

## Kläranlage Schwarzenbruck

Dynamische Kostenvergleichsrechnung  
(KVR) für die beiden Realisierungsvarian-  
ten „Neubau einer Kläranlage“ und die  
„Abwasserüberleitung nach Nürnberg“

**für:**

Kanalisationzweckverband Schwarzachgruppe  
Gufidauner Straße 16b  
90592 Schwarzenbruck

**bearbeitet von:**

Dipl.-Ing. Regine Schatz; Dr.-Ing., Dipl.-Wirtsch.-Ing. Tosca Zech  
Ingenieurbüro Dr. Resch + Partner  
Holzgasse 28  
91781 Weißenburg

Weißenburg, 6. Februar 2019



## Inhalt:

1.	Veranlassung und Zweck der KVR .....	1
2.	Vorausgegangene Entscheidungen der Verbandsversammlung .....	1
3.	Verwendete Unterlagen .....	3
4.	Beschreibung der Varianten.....	3
4.1.	Variante 1: Neubau der Kläranlage.....	3
4.2.	Variante 2: Abwasserüberleitung nach Nürnberg.....	3
5.	Prüfung methodische Eignung der KVR .....	5
6.	Leistungsvergleich der Varianten .....	5
6.1.	Anforderungen an die Abwasserqualität an der Einleitungsstelle .....	5
6.2.	Anforderungen an die Abwassermenge an der Einleitungsstelle Kläranlagen .....	7
6.3.	Anforderungen an die Mischwasserbehandlung im Einzugsgebiet der KA ...	7
6.4.	Externe Effekte (Sozialkosten) .....	8
6.5.	Nutzenvergleich der Varianten.....	8
7.	Kostenermittlung .....	8
7.1	Investitions- und Reinvestitionskosten .....	8
7.2	Laufende Kosten/Betriebskosten .....	10
7.3	Ermittlung Projektkostenbarwert .....	12
7.3.1	Untersuchungszeitraum .....	12
7.3.2	Zinssatz.....	12
7.3.3	Berücksichtigung künftiger realer Preisänderungen.....	12
7.4	Kostengegenüberstellung.....	12
7.5	Sensitivitätsanalyse und Ermittlung kritischer Werte .....	13
8.	Gesamtbeurteilung und Ergebnisinterpretation .....	16

## Verzeichnis der Anlagen:

Anlage 1	Präsentation SUN vom 2.11.2016
Anlage 2	Niederschrift Überprüfung der Wirtschaftlichkeitsberechnung der SUN vom November 2016 durch Verwaltung des KZV und IB Dr. Resch + Partner vom 12.12.2016
Anlage 3	Kostenfortschreibung Energieintelligente Kläranlage Schwarzenbruck des IB Dr. Resch + Partner vom 8.6.2018



## **1. Veranlassung und Zweck der KVR**

Nach Abschluss der Planungen für die neue Kläranlage Schwarzenbruck wird von der Verbandsversammlung ein Beschluss benötigt, der sich über die Planung hinaus auf die Errichtung und den Betrieb der neuen Kläranlage bezieht. Damit die Verbandsversammlung den Bau der neuen Kläranlage beschließen kann, benötigt Sie einen aktuellen Wirtschaftlichkeitsvergleich zwischen den Varianten „Neubau einer Kläranlage“ und der „Abwasserüberleitung nach Nürnberg“.

Der Wirtschaftlichkeitsvergleich wird im Rahmen einer dynamischen Kostenvergleichsrechnung nach DWA (2012) (KVR) durchgeführt /1/. Diese Wirtschaftlichkeitsvergleichsrechnung wurde von der Länderarbeitsgemeinschaft Wasser (LAWA) zur Vorbereitung von Investitionsentscheidungen über wasserwirtschaftliche Infrastrukturmaßnahmen entwickelt.

## **2. Vorausgegangene Entscheidungen der Verbandsversammlung**

Im Rahmen der Planung wurden bereits mehrfach Wirtschaftlichkeitsuntersuchungen durchgeführt und den Gremien des KZV als Entscheidungsgrundlage vorgelegt. Nach einer Studie /4/ wurde der Vorentwurf /5/ zur Erweiterung der Kläranlage Schwarzenbruck in der Verbandsversammlung am 28.09.2015 durch das IB Dr. Resch + Partner vorgestellt. Für die drei untersuchten Varianten „Neubau der Kläranlage Schwarzenbruck östlich der Freileitung“, „Neubau der Kläranlage Schwarzenbruck westlich der Freileitung“ und „Ertüchtigung der Kläranlage Schwarzenbruck im Bestand“ wurde eine dynamische Kostenvergleichsrechnung (KVR) entsprechend den KVR-Leitlinien der DWA/1/ mit anschließender Sensitivitätsanalyse durchgeführt. Die Berechnungen wurden den Verbandsräten vorgestellt. Die fertig gestellten Vorentwurfsunterlagen tragen das Datum 15.7.2016.

Die Variante „Ertüchtigung der Kläranlage Schwarzenbruck im Bestand“ wurde nicht weiter verfolgt, weil eine Sanierung im Bestand ebenfalls sehr kostenintensiv wäre. Wesentliche Anlagenteile und Bauwerke müssten vollständig erneuert werden (NKB und Mechanik). Aufgrund der angrenzenden Bebauung und aufgrund der zu erwartenden Emissionen wäre eine baurechtliche Genehmigung nur unter extremen Auflagen zu erwirken gewesen. Zudem war die Variante „Umbau im Bestand“ die Variante mit der größten Kostenunsicherheit, da die Kläranlage bereits dreimal umgebaut bzw. erweitert wurde und es keine genaue Dokumentation der im Boden verbliebenen Rohrleitungen und Schächte gibt.

Die Variante „Neubau der Kläranlage Schwarzenbruck östlich der Freileitung“ wurde zur weiteren Ausplanung im Rahmen des Entwurfes beschlossen, da sie die Variante, die am plausibelsten und wirtschaftlichsten ist, darstellte.

Der Vorentwurf mit KVR aus dem Jahr 2016 wurde dem Bayerischen Kommunalen Prüfungsverband (BKPV) im Jahr 2016 zur Prüfung übermittelt. Der Prüfbericht



des BKPV vom 11.1.2017 wurde der Verbandsversammlung am 26.01.2017 vorgestellt.

Der 1. Vorsitzende Bgm. Meyer des KZV berichtet erstmals in der Verbandsversammlung am 21.09.2016, dass die Stadtentwässerung und Umweltanalytik Nürnberg (SUN) Interesse an einer Überleitung des Abwassers aus Schwarzenbruck zum Klärwerk Muggenhof in Nürnberg hat. Hierzu hatte der 1. Vorsitzende bereits Gespräche mit dem Werkleiter des SUN geführt. Die Verbandsversammlung beauftragte die Verwaltung in ihrer Sitzung vom 21.9.2016 sich mit den SUN in Verbindung zu setzen und die Anschlussmöglichkeit nach Nürnberg näher zu prüfen. Hierzu fanden verschiedene Termine mit dem Werkleiter des SUN beim KZV statt. Der KZV stellte dem SUN alle notwendigen Daten zur Verfügung bzw. füllte die vom Werkleiter zur Verfügung gestellten Kalkulationsansätze für die Alternative „Neubau Kläranlage“ für den dynamische Vergleich aus und leitete diese an den SUN weiter. Der SUN führte den dynamischen Kostenvergleich für zwei Alternativen durch und stellte die Ergebnisse anhand einer Präsentation in der Verbandsversammlung am 02.11.2016 (Anlage 1) vor. Die Datengrundlage für die Alternative „Neubau Kläranlage“ hatte Vorentwurfscharakter. Die Datengrundlage für die „Alternative Überleitung“ wurde vom SUN selbst abgeschätzt und aufgrund von Erfahrungswerten festgelegt. Der Werkleiter erklärte im Resümee, dass der dynamische Barwertvergleich zeigt, dass die „Alternative Überleitung“ als wirtschaftlich vertretbar? (mit Fragezeichen versehen) angesehen werden kann. Nach 30 Jahren zeigt der Barwertvergleich der SUN, dass der Neubau der Kläranlage wirtschaftlicher ist (s. Anlage, Folie 22). Die Verbandsversammlung hat aufgrund der erstmals in der Sitzung am 02.11.2016 geäußerten Aussage des SUN, dass eine Beteiligung des KZVs an den Investitionskosten der Überleitung notwendig und wegen der hohen Betriebskosten die Alternative Überleitung nach Nürnberg aus wirtschaftlichen Gründen abgelehnt. Darüber hinaus waren auch die Unwägbarkeiten bzgl. der Möglichkeit zur Reduzierung des Fremdwassers und unbekannter investiver Aufwand zur Reduzierung der Mischwassermenge sowie die künftige Abhängigkeit von Entscheidungen der Stadt Nürnberg Gründe für die Ablehnung. Die Verbandsversammlung beauftragte die Verwaltung den Sachverhalt nochmals niederzuschreiben und ein Gespräch mit dem SUN zu führen. Das Gespräch mit dem SUN fand am 13.12.2016 im Rathaus in Burgthann statt. Hier bestätigte der Werkleiter nochmals, dass die Wirtschaftlichkeit einer Überleitung langfristig nur durch eine Reduzierung der Mischwassermenge und des Fremdwassers verbessert werden kann. Im Januar 2017 fand ein weiteres Gespräch zwischen dem 1. Vorsitzenden und dem Werkleiter des SUN statt. Der Vorsitzende berichtet in der Verbandsversammlung am 26.01.2017 hierüber.

Die überprüften Ansätze des SUN wurden im Anschluss an die Sitzung durch die Verwaltung des KZV dokumentiert. Gemeinsam mit dem IB Dr. Resch + Partner wurde im Dezember 2016 eine Bewertung der Option Überleitung nach Nürnberg durchgeführt (s. Anlage 2). Die Ergebnisse wurden durch die Verwaltung des KZV in der Sitzung am 26.01.2017 den Verbandsräten im nicht öffentlichen Teil unter Verschiedenes mündlich mitgeteilt.



Die hiermit vorgelegte, überarbeitete KVR vom 06.02.2019 dient dazu, den Wirtschaftlichkeitsvergleich für die Verbandsversammlung des KZV auf Grundlage der vorausgegangenen Untersuchungen mit den aktuellen Erkenntnissen insb. über die Kosten der Realisierungsvarianten und die seit November 2018 geänderten Fördermöglichkeiten fortzuschreiben.

### **3. Verwendete Unterlagen**

- Planungsunterlagen Entwurf Kläranlage Schwarzenbruck des IB Dr. Resch + Partner vom Dezember 2017
- Planungsunterlagen Pilotprojekt Energieintelligente Kläranlage Schwarzenbruck des IB Dr. Resch + Partner vom Januar 2018
- Präsentation SUN vom 2.11.2016 (Anlage 1)
- Niederschrift Überprüfung der Wirtschaftlichkeitsberechnung der SUN vom November 2016 durch Verwaltung des KZV (Anlage 2)
- Kostenfortschreibung Energieintelligente Kläranlage Schwarzenbruck des IB Dr. Resch + Partner vom 8.6.2018 (Anlage 3)

### **4. Beschreibung der Varianten**

Die optimale Kläranlagengröße und Ableitungsmenge des Mischwassers wurde im Rahmen einer Schmutzfrachtberechnung ermittelt. Im Rahmen der Prüfung des Vorentwurfes für den Neubau der Kläranlage durch den kommunalen Prüfungsverband BKPV wurde die Herleitung der Bemessungswerte (Wassermengen und Frachten) als plausibel und schlüssig befunden.

#### 4.1. Variante 1: Neubau der Kläranlage

Lt. Entwurf Kläranlage Schwarzenbruck des IB Dr. Resch + Partner vom Dezember 2017 /6/ soll am Standort Schwarzenbruck eine neue Kläranlage gebaut werden. Zudem wird die Kläranlage als Energieintelligente Kläranlage Schwarzenbruck mit netzdienlichem Betrieb vom Bundesumweltministerium gefördert. Die Variante ist der Verbandsversammlung bekannt. Sie stellt einen Fortschritt gegenüber dem Stand der Technik dar und wird deutschlandweiten Vorbildcharakter haben.

#### 4.2. Variante 2: Abwasserüberleitung nach Nürnberg

In dieser Variante wird das Mischwasser, das bisher in der Kläranlage Schwarzenbruck gereinigt wird über Kanäle und Pumpstationen in die Kläranlage Muggenhof in Nürnberg zur Reinigung und Ableitung in die Pegnitz übergeleitet. Der von SUN erstellte Trassenverlauf ist der Anlage 1 zu entnehmen. Um diese Variante umzusetzen bedarf es weiterer Investitionen im Verbandsgebiet des KZV. Es müssen das Pumpwerk Moor im Leitungsnetz des KZV ertüchtigt, die zugehörige Druckleitung verlängert und ein neues Pumpwerk in Gsteinach hergestellt werden, um das Abwasser dieses Ortsteils zum Hochpunkt an der Ortsverbindungs-



straße Gsteinach-Feucht zu fördern. Dort erst beginnt das gemeinsam mit der SUN neu zu errichtende gemeinsame Überleitungsteilstück von ca. 6,5 km Länge. Dieses enthält die Verbindungsleitung, das neue Hauptpumpwerk und die Druckleitung bis zum Anschlusspunkt an das Nürnberger Netz (vgl. Anlage 1). Die alte Kläranlage wird in dieser Variante ebenfalls zurückgebaut.

Durch die unterschiedlichen Planungstiefen der beiden Varianten, ist die Variante „Überleitung nach Nürnberg“ mit wesentlich höheren Risiken behaftet als der Bau einer eigenen Kläranlage für den bereits Baurecht besteht.

Folgende Risikoauflagen sind daher bei der Variante „Überleitung nach Nürnberg“ zu beachten und abschließend zu bewerten:

- Trassenführung: Besitzverhältnisse der Grundstücke ungeklärt, Lage der Trasse vom geplanten Hauptpumpwerk bis zur Kläranlage Feucht in Ökokontoflächen der Deutschen Bahn. Kosten für Querungen der Autobahn und der ICE-Trasse realistisch abgeschätzt?
- Planungstiefe: keine Vermessung und kein Baugrundgutachten vorhanden -> höhere Kostenunsicherheit, da geringere Planungstiefe
- Anschlusspunkt: genaue Definition steht noch aus, es ist davon auszugehen, dass der Anschlusskanal in Altenfurt bis zur Liegnitzer Straße verlängert werden muss.
- Mischwasserbehandlung im Nürnberger Netz: keine Aussagen zu erforderlichen Umbaumaßnahmen an den vorhandenen Becken und Beckendrosseln.
- Fremdwasserreduzierung auf < 25 % -> weitere Investitionen des KZV in nicht abschätzbarer Höhe erforderlich
- Reduzierung der maximalen Mischwassermenge zur Überleitung auf z.B. 140 l/s – weitere Investitionen in grob abschätzbarer Höhe erforderlich
- Unumkehrbare Abhängigkeit und nur marginale Beeinflussbarkeit der Abwasserreinigungskosten für die Abwassergäste
- Das Klärwerk Nürnberg wird vermutlich mittelfristig eine 4. Reinigungsstufe benötigen -> Beteiligung an weiteren Investitions- und Betriebskosten in schwer abschätzbarer Höhe (Gebührenerhöhung lt. Literatur: 0,10-0,30 €/m<sup>3</sup>)
- Das Klärwerk Nürnberg muss Phosphor ab 2029 rückgewinnen -> Beteiligung an weiteren Investitions- und Betriebskosten in nicht abschätzbarer Höhe
- Standort des Klärwerk Nürnberg-Muggenhof in unmittelbarer Nähe zu Wohngebieten langfristig haltbar? (Artikel Nürnberger Zeitung vom 30.08.14: Klärwerk-Nachbarn in Muggenhof stinkt es gewaltig)
- Alter und Auslastungsgrad des Klärwerks Muggenhof -> ständige Sanierungen, Erweiterungen und Verbesserungen erforderlich.

Dem gegenüber steht der Risikoabschlag, dass bei allen erforderlichen Investitionen im Klärwerk Nürnberg die Kosten durch eine wesentlich größere Gemeinschaft an Anschlussnehmern getragen werden.

Die Projektkostenbarwertermittlung wird mit einem Risikoauflagen in Höhe von 30 % der Investitionskosten durchgeführt. Das Ergebnis wird dann in der Sensitivitätsanalyse auch ohne Berücksichtigung der o.g. Risikoauflagen bewertet. Der Risikoauflagen beinhaltet noch keine Investitionskosten für zusätzli-



ches Beckenvolumen im Verbandsgebiet des KZV. Nach grober Schätzung des IB Dr. Resch + Partner sind mindestens 5.000 m<sup>3</sup> zusätzliches Beckenvolumen mit einem Investitionsaufwand von ca. 6,8 Mio. € brutto inkl. Nebenkosten notwendig.

## **5. Prüfung methodische Eignung der KVR**

Eine Kostenvergleichsrechnung nach DWA (2012) ist dann eine ausreichende Entscheidungshilfe für einen Wirtschaftlichkeitsvergleich, wenn

- ein relativer Wirtschaftlichkeitsvergleich ausreicht und gleichzeitig
- die zu vergleichenden Alternativen hinsichtlich Nutzens und Sozialkosten äquivalent sind.

Da es sich bei beiden Varianten um komplexe wasserwirtschaftliche Vorhaben handelt, ist zwar die erste Bedingung erfüllt (normative Zielvorgabe), die zweite kann jedoch nicht zutreffend sein. Die Alternativen sind daher zusätzlich zur Ermittlung des Projektkostenbarwertes einem Leistungsvergleich zu unterziehen.

## **6. Leistungsvergleich der Varianten**

Die Abwägung der unterschiedlichen Leistungen bzw. Nutzen der beiden Varianten erfolgt verbal-argumentativ.

### 6.1. Anforderungen an die Abwasserqualität an der Einleitungsstelle

Die Anforderungen an die Abwasserreinigung und die sich daraus ergebenden Überwachungswerte werden auf Grundlage der Leistungsfähigkeit der Vorfluter (Mischungsverhältnis  $MNQ/Q_{T,GM}$  an der Einleitungsstelle) festgelegt. Sowohl die Kläranlage Schwarzenbruck, als auch die Kläranlage Nürnberg liegen an leistungsschwachen Vorflutern, d.h. es gilt an beiden Einleitungsstellen die höchste Anforderungsstufe 3.

Die Kläranlage Schwarzenbruck wird dabei in Größenklasse 4, die Kläranlage Nürnberg in Größenklasse 5 eingeordnet. Damit ergeben sich folgende Mindestanforderungen an die Überwachungswerte gemäß LfU-Merkblatt 4.4/22:





Tabelle 1: Anforderungen an CSB, BSB<sub>5</sub>, NH<sub>4</sub>-N, N<sub>ges</sub> (jeweils sowohl bei Q<sub>T</sub> als auch bei Q<sub>M</sub> einzuhalten) und AFS (nur bei Q<sub>T</sub>) in mg/l für die qualifizierte Stichprobe (Quelle: LfU, 4.4/22)

Größenklasse Bemessungswert BSB <sub>5</sub> Bemessungswert EW <sub>60</sub>	Anforderungsstufe 3				
	CSB	BSB <sub>5</sub>	NH <sub>4</sub> -N	N <sub>ges</sub>	AFS
			Im Zeitraum 01.05. – 31.10.		
GK 1 < 60 kg/d BSB <sub>5</sub> (roh) < 1.000 EW <sub>60</sub>	110 (110)	25 (25)	Nitr (Nitr)	E (E)	- (-)
GK 2 60 - 300 kg/d BSB <sub>5</sub> (roh) 1.000 - 5.000 EW <sub>60</sub>	90 (90)	20 (20)	Nitr (Nitr)	Deni, E (Deni, E)	- (-)
GK 3 > 300 - 600 kg/d BSB <sub>5</sub> (roh) > 5.000 – 10.000 EW <sub>60</sub>	75 (75)	15 (15)	5 (5)	18 (18)	20 (-)
GK 4 > 600 - 6.000 kg/d BSB <sub>5</sub> (roh) > 10.000 – 100.000 EW <sub>60</sub>	75	15	5	18	15
GK 5 > 6.000 kg/d BSB <sub>5</sub> (roh) > 100.000 EW <sub>60</sub>	75	15	5	13	15

Beide Kläranlagen liegen innerhalb des Phosphor-Handlungsgebietes, sodass für diesen Parameter ebenfalls weitergehende Anforderungen entsprechend der Größenklasse gelten:

Tabelle 2: Weitergehende Phosphor-Anforderungen in Fließgewässern, wenn die Einleitungsstelle innerhalb eines Phosphor-Handlungsgebietes liegt (Quelle: LfU, 4.4/22)

Größenklasse	Anforderungen	Mischungsverhältnis (MV) MQ/Q <sub>T,aM</sub>
GK 4	1	-
GK 5	0,5	-

Die Reinigungsanforderungen am Standort der Kläranlage Nürnberg sind auf Grund der größeren Abwassermenge bei den Parametern N<sub>ges</sub> und P strenger als am Standort der Kläranlage Schwarzenbruck.

An beiden Standorten ist bzw. wird eine leistungsfähige, moderne Abwasserreinigungsanlage betrieben. Es ist daher davon auszugehen, dass beide Anlagen die o.g. Anforderungswerte im Betrieb wesentlich unterschreiten werden. Insbesondere die Stickstoffparameter NH<sub>4</sub>-N und N<sub>ges</sub> werden durch die biologischen Reinigungsstufen auf ähnliche Werte um die 3,0 bzw. 10 mg/l reduziert.





Zur Einhaltung des Phosphor-Grenzwertes ist auf beiden Anlagen eine chemische Fällung vorhanden, damit können beide Anlagen die gesetzlichen Werte einhalten.

Die abgebaute Fracht der Nährstoffe im Abwasser kann damit für beide Varianten als sehr gut eingeschätzt werden mit leichten Vorteilen bei der Variante Überleitung nach Nürnberg.

## 6.2. Anforderungen an die Abwassermenge an der Einleitungsstelle Kläranlagen

Die Abwassermenge in Schwarzenbruck setzt sich aus dem Schmutzwasser, dem Fremdwasser und dem Regenwasser zusammen. Der Anteil an Fremdwasser im Abwasser soll aus wasserwirtschaftlichen Gründen auf das unvermeidbare Maß reduziert werden. Eine Verdünnung bis maximal 25 % Fremdwasser im Jahresmittel führt bei häuslichem Abwasser zu keinen rechtlichen Konsequenzen. Ein Fremdwasseranteil zwischen 25 % und 50 % wird seitens der Wasserwirtschaftsämter toleriert (Variante Neubau Kläranlage Schwarzenbruck). Bei der Variante Überleitung nach Nürnberg wurde von der SUN eine Reduzierung des Fremdwasseranteils auf unter 25 % verlangt.

Fremdwassermessungen im Verbandsgebiet Schwarzenbruck zeigen, dass der tatsächliche Fremdwasseranteil bei ca. 40 % liegt. Auch dieser Wert liegt noch im seitens der Wasserwirtschaftsämter tolerierten Rahmen. Bei der Variante Überleitung des Abwassers nach Nürnberg müssten zahlreiche Baumaßnahmen im Verbandsgebiet des KZV durchgeführt werden, um den Fremdwasseranteil zu reduzieren. Neben dem hierdurch ausgelösten finanziellen Aufwand stellt sich die Frage, ob es aufgrund der Gebietsstruktur überhaupt möglich ist, eine wesentliche Fremdwasserreduzierung nur im öffentlichen Bereich zu erreichen. Darüber hinaus müssten auch auf den privaten Grundstücken Fremdwasserquellen, wie z. B. Hangwasserdrainagen, aus dem Kanalnetz ausgebunden und rückgebaut werden.

Wenn die Fremdwassermenge im Verbandsgebiet des KZV bei der Variante Überleitung nach Nürnberg reduziert werden würde, ergäben sich leichte Nutzensvorteile bei der Variante Überleitung nach Nürnberg.

## 6.3. Anforderungen an die Mischwasserbehandlung im Einzugsgebiet der Kläranlagen

Die Mischwasserbehandlungsanlagen des KZVs wurden im Rahmen der Schmutzfrachtberechnung vom März 2016 /7/ für den Ist- und Prognosezustand nachgewiesen. Hierbei wurde ein zukünftiger Mischwasserabfluss von 220 l/s berechnet, bei diesem sind die vorhandenen Becken und Behandlungsanlagen ausreichend. Es müssen lediglich Einstellungen an den Drosseln und Beckenüberläufen vorgenommen werden sowie die vorgeschriebenen Messeinrichtungen nachgerüstet werden. Der Bau von zusätzlichem Beckenvolumen ist nicht erforderlich.



Die Mischwasserbehandlungsanlagen der Stadt Nürnberg werden derzeit überrechnet. Bei der Überrechnung wurde der Anschluss des KZVs nicht berücksichtigt. Ergebnisse hierzu liegen nicht vor. Seitens der SUN wurde die Erwartung ausgedrückt bei einem Anschluss an Nürnberg den Mischwasserabfluss des KZVs von 220 l/s auf 140 l/s (entspricht der Pumpleistung des Überleitungssystems) zu begrenzen. Um diese Erwartung zu erfüllen und den Schmutzaustrag aus der Mischwasserbehandlung weiterhin einhalten zu können, müsste in Schwarzenbruck weiteres Beckenvolumen geschaffen werden. Dadurch ergibt sich keine nennenswerte Reduzierung der Abwassermenge, sondern es ergeben sich wesentlich längere Entleerungszeiten der Regenüberlaufbecken.

Die Variante Neubau der Kläranlage Schwarzenbruck weist dabei im Sinne von vermiedenen Nachteilen (vermiedene Emissionen durch Verzicht auf zahlreiche Baustellen im Verbandsgebiet des KZV) erhebliche Vorteile auf.

#### 6.4. Externe Effekte (Sozialkosten)

Die Belastung Dritter auch als externe Effekte, Sozialkosten, indirekte Kosten oder nicht monetär bewertbare Kosten bezeichnete betreffen Emissionen der Abwasserreinigung wie Luftverschmutzung z.B. durch Kohlendioxidproduktion, Lärmemissionen durch Verkehr und Maschinen, Lichtemissionen, Flächenverbrauch, Erhalt von Arbeitsplätzen etc. wurden bei beiden Varianten geprüft und auf ein volkswirtschaftlich vertretbares Maß reduziert. Internalisierbare externe Effekte (z.B. Wasserverschmutzung durch Abwasserabgabe, Lärm durch Auflagen oder Geruch durch Einhausungen von Anlagenteilen) wurden den Varianten entsprechend zugeordnet.

#### 6.5. Nutzenvergleich der Varianten

Der Nutzen der neuen Abwasserreinigung ist bei der Nährstoffelimination (Punkt 6.1) und der behandelten Abwassermenge (Punkt 6.2) bei der Variante Überleitung nach Nürnberg mit leichten Nutzen-Vorteilen gegenüber der Variante Kläranlagenneubau in Schwarzenbruck zu bewerten. Für die Mischwasserbehandlung im Verbandsgebiet des KZV (Punkt 6.3) hat dagegen die Variante Kläranlagenneubau in Schwarzenbruck deutliche Vorteile. Bei den externen Effekten gibt es bei beiden Varianten Vor- und Nachteile, die aber nicht zum Abschluss einer der beiden Varianten führen.

## 7. Kostenermittlung

### 7.1 Investitions- und Reinvestitionskosten

Sämtliche Investitionskosten ohne KGr. 100 werden inklusive 19 % Mehrwertsteuer und 17,5 % Nebenkosten für die Variante 1 und 11 % Nebenkosten für die Variante 2 angesetzt.



Die Reinvestitionskosten werden ohne Nebenkosten angesetzt, da es sich hier um reine Ersatzmaßnahmen handelt, die keiner Fachplanung, Genehmigung etc. bedürfen.

### Variante 1: Neubau Kläranlage Schwarzenbruck

Die Gesamtkosten des Kläranlagenneubaus werden der fortgeschriebenen Kostenberechnung vom 08.06.2018 (Anlage 3) entnommen. Die dort ermittelten Kosten wurden auf die Kostengruppen nach Bautechnik, Maschinentechnik, Elektro-/Mess- und Regeltechnik (EMSR) und Heizung, Lüftung Sanitär (HLS) aufgeteilt und nach der mittlerer Nutzungsdauer der Einzelkomponenten zusammengefasst:

Investitionskosten:		Nutzungsdauer	Reinvestitionskosten
<b>Kosten des Baugrundstücks (KGr. 100)</b>	1.042.000,00 €		
<b>Bautechnik (KGr. 200 + 300 + 500)</b>			
Bautechnik KA	11.999.346,41 €		
Kosten der Erschließung + Zulaufkanal KA	1.140.972,00 €		
Pumpwerk Gsteinach	271.260,50 €		
Abbruch und Rückbau Altanlage	587.265,00 €		
	<b>13.998.843,91 €</b>	50 a	
<b>Maschinentechnik (KGr. 400)</b>			
Maschinentechnik KA	4.037.766,09 €		
Pumpwerk Gsteinach	33.558,00 €		
	<b>4.071.324,09 €</b>	25 a	<b>3.464.956,67 €</b>
<b>EMSR- und HLS-Technik (KGr. 400)</b>			
EMSR-und HLS Technik KA	5.463.239,42 €		
Pumpwerk Gsteinach	98.415,83 €		
	<b>5.561.655,25 €</b>	12,5 a	<b>4.733.323,62 €</b>
<b>Gesamtinvestitionskosten</b>	<b>24.673.823,25 €</b>		

Zusätzlich werden bei der Variante Neubau Energieintelligente Kläranlage Schwarzenbruck Fördermittel des Bundesumweltministeriums in Höhe von 3.933.671 € berücksichtigt.

Die Gesamtinvestitionskosten der **Variante 1** betragen damit 20.740.015,25 €. Dies entspricht ca. **20,7 Mio. € brutto** inklusive 17,5 % Nebenkosten.

### Variante 2: Überleitung nach Nürnberg

Die Investitionskosten für die Variante 2 Überleitung nach Nürnberg enthalten die Kosten für den Rückbau der Kläranlage (A) in gleicher Höhe wie in Variante 1. Die Kosten für das Pumpwerk Gsteinach sind ebenfalls in gleicher Höhe wie in Variante 1 angesetzt.

Die Kosten für die Beteiligung des KZV für die Überleitung nach Nürnberg werden auf Grundlage der im November 2016 ermittelten Kosten angesetzt (vgl. Anlage 2). Sie werden mit den seit dieser Zeit um ca. 10 % gestiegenen Bau-Kosten nach dem Baupreisindex beaufschlagt (11 Mio. €). Die Verrechnung der Abwasserabgabe durch die Stadt Nürnberg in Höhe von 5,6 Mio. € wird von den erfor-

derlichen Investitionskosten für die Überleitung (Ziffer C Beteiligung KZV) abgezogen. Der Investitionskostenanteil der Maschinenteknik und der EMSR-Technik des Hauptpumpwerks wird auf Grund unserer Erfahrungen grob abgeschätzt. Investitionskosten für die Fremdwassersanierung und für die Reduzierung der Mischwassermenge werden vorerst nicht angesetzt. Damit wird die Variante günstiger bewertet, als die Variante 1.

Die angesetzten Investitionskosten ergeben sich damit zu:

	Investitionskosten	Nutzungsdauer	Reinvestitionskosten
<b>Bautechnik</b>		50 a	
A Kosten Rückbau KA	587.265,00 €		
B Umbau PW Moor + Verlängerung Druckleitung	914.375,00 €		
Pumpwerk Gsteinach	271.260,50 €		
C Beteiligung KZV	5.605.500,00 €		
D FW-Sanierung			
E Reduzierung der MW-Menge auf 140 l/s			
	<b>7.378.400,50 €</b>	50 a	
<b>Maschinenteknik</b>			
A Kosten Rückbau KA	- €		
Pumpwerk Gsteinach	33.558,00 €		28,56 €
B Umbau PW Moor	240.625,00 €		240.625,00 €
C Beteiligung KZV	277.500,00 €		277.500,00 €
D FW-Sanierung			
E Reduzierung der MW-Menge auf 140 l/s			
	<b>551.683,00 €</b>	25 a	<b>518.153,56 €</b>
<b>EMSR-Technik</b>			
A Kosten Rückbau KA	- €		
B Umbau PW Moor	82.500,00 €		82.500,00 €
C Beteiligung KZV	111.000,00 €		111.000,00 €
Pumpwerk Gsteinach	98.415,83 €		85.578,98 €
D FW-Sanierung			
E Reduzierung der MW-Menge auf 140 l/s			
	<b>291.915,83 €</b>	12,5 a	<b>279.078,98 €</b>
<b>Gesamtinvestitionskosten</b>	<b>8.221.999,33 €</b>		

Die Gesamtinvestitionskosten der Variante 2 betragen damit 8,2 Mio. € brutto inklusive 11 % Nebenkosten ohne Risikoaufschlag. Mit Risikoaufschlag in Höhe von 30 % betragen die Investitionskosten 10.688.599 €. Dies entspricht Gesamtinvestitionskosten der **Variante 2** mit Risikoaufschlag in Höhe von **10,7 Mio. € brutto** inkl. 11 % Nebenkosten.

## 7.2 Laufende Kosten/Betriebskosten

Die laufenden Kosten werden wie folgt angesetzt:

### Variante 1: Neubau Kläranlage Schwarzenbruck

Die Betriebskosten für den Neubau der Kläranlage Schwarzenbruck wurden im Projektantrag für die Energieintelligente Kläranlage Schwarzenbruck in 2017 erarbeitet. Die Kostenansätze für Wartung und Instandhaltung sind dabei prozen-

tuale Aufschläge auf die Investitionskosten aus Erfahrungswerten /2/. Berücksichtigt wurden die nach den Richtlinien geltenden Personalstunden in Höhe von 6160 h/a und nicht die auf der Kläranlage aktuell eingesetzten 2.640 h/a. Alle Preise wurden auf den Kostenstand 2019 aktualisiert. Lt. Projektantrag Energieintelligente Kläranlage wird die Kläranlage in der Jahresbilanz zukünftig von Seiten des Stroms energieautark. Das Stromnetz wird hierbei als Puffer verwendet. Als Risikoaufschlag für die neue Technologie sind trotzdem Stromkosten in Höhe von 14.246 €/a berücksichtigt. Die Mengenansätze sind aus den IST-Mengen auf die Prognosemenge (Betrachtungshorizont: 20 Jahre) hochgerechnet. Damit sind die Betriebskosten für die ersten 20 Betriebsjahre der neuen Kläranlage tendenziell zu hoch angesetzt. Erst im Jahr 20 nach der Inbetriebnahme entsprechen die unten angesetzten Mengen der Belastung der Kläranlage. Die Betriebskosten der Energieintelligenten Kläranlage sind im Folgenden tabellarisch zusammengestellt:

	Energieintelligente Kläranlage		
		27.500	EW <sub>i.M.</sub>
Personal	6.160 h/a	42,40 €/h	261.184,00 €/a
Wartung			107.600,00 €/a
Instandhaltung			72.540,00 €/a
Polymerdosierung	20,8 t/a	2.915,50 €/t	60.549,77 €/a
Fällmitteldosierung	214,8 t/a	284,00 €/t	61.015,63 €/a
Strombedarf	19 kWh/EW.a	522.500 kWh/a	
Eigenstromerzeugung	80%	418.000 kWh/a	
Strombezug/Einspeisung		83.800 kWh/a	14.246,00 €/a
Klärschlamm Entsorgung	1.485 t/a	125,00 €/t	185.625,00 €/a
Rechengut Entsorgung	119 Behälter/a	83,90 €/Behälter	9.974,05 €/a
Abwasserabgabe			46.900,00 €/a
Summe			819.634,00 €/a

Angesetzt wurden bei der Projektkostenbarwertermittlung für die Variante 1 Betriebskosten in Höhe von rund 820.000 € pro Jahr.

#### Variante 2: Überleitung nach Nürnberg

Die Betriebskosten für das Überleiten nach Nürnberg werden basierend auf der Präsentation von Herrn Hagspiel (SUN) sowie den aktuellen Reinigungskosten in 2017 in Höhe von 0,60 €/m<sup>3</sup> (SUN nachrichtlich per Email 16.1.2019) ermittelt. Ein



hiervon abweichender Berechnungsansatz für die Reinigungskosten in Nürnberg nach dem Frachtmodell wurde seitens der SUN nicht ausgearbeitet, er wäre auf alle Abwassergäste der SUN gleichermaßen zu übertragen. Im Moment wird der Berechnungsansatz auf Basis der übergeleiteten Abwassermengen bei den Abwassergästen der Abrechnung zu Grunde gelegt. Die jährlichen Betriebskosten der Überleitung ergeben sich damit zu:

Reinigungskosten in Nürnberg lt. SUN:	0,60 €/m <sup>3</sup>	2.882.000 m <sup>3</sup> /a	1.729.200,00 €
Pumpkosten nach Nürnberg lt. SUN:			230.000,00 €
Zugabe vom Nutrox lt. SUN			30.000,00 €
Unterhaltsmaterial und Verwaltung lt. SUN			4.000,00 €
Personalkosten lt. SUN			12.000,00 €
			<hr/>
			2.005.200,00 €

Zusätzlich anfallende Stromkosten für die Verlängerung der Druckleitungen vom Pumpwerk Moor und vom Pumpwerk Gsteinach bleiben unberücksichtigt. Ebenso sind die Kostensteigerungen bei Strom, Chemikalien, Personalkosten seit 2016 noch nicht eingerechnet.

### 7.3 Ermittlung Projektkostenbarwert

#### 7.3.1 Untersuchungszeitraum

Für beide Varianten wird ein Untersuchungszeitraum von 50 Jahren festgelegt. Die Nutzungsdauer der Einzelkomponenten wird in den Gewerken EMSR, HLS, Maschinentechnik und Bautechnik durchschnittlich wie folgt gewählt:

- o EMSR- und HLS-Technik 12,5 Jahre
- o Maschinentechnik 25 Jahre
- o Bautechnik 50 Jahre

#### 7.3.2 Zinssatz

Als langfristiger Zinssatz wird im Basisszenario 3 % gewählt.

#### 7.3.3 Berücksichtigung künftiger realer Preisänderungen

Für die laufenden Kosten wird eine Preissteigerungsrate von 2 % p.a. zu Grunde gelegt. Sie berücksichtigt insbesondere Energiekosten als Inflationstreiber, Lohnabschlüsse im öffentlichen Dienst, Strompreis- und Schlamm Entsorgungskostensteigerungen und wurde daher etwas höher als der aktuelle durchschnittliche Verbraucherpreisindex für Deutschland gewählt.

### 7.4 Kostengegenüberstellung

Mit den oben aufgeführten Definitionen und Kosten wurde eine Berechnung des zeitlichen Verlaufs des Projektkostenbarwerts (PKBW) für die beiden Varianten



erstellt. Der PKBW ist eine finanzwirtschaftliche Kennzahl, um Investitions- und Betriebskosten verschiedener Varianten miteinander vergleichen zu können. Der Verlauf des PKBW über die Nutzungsdauer der Bauwerke ist für beide Varianten in der nachfolgenden Abbildung abgedruckt:

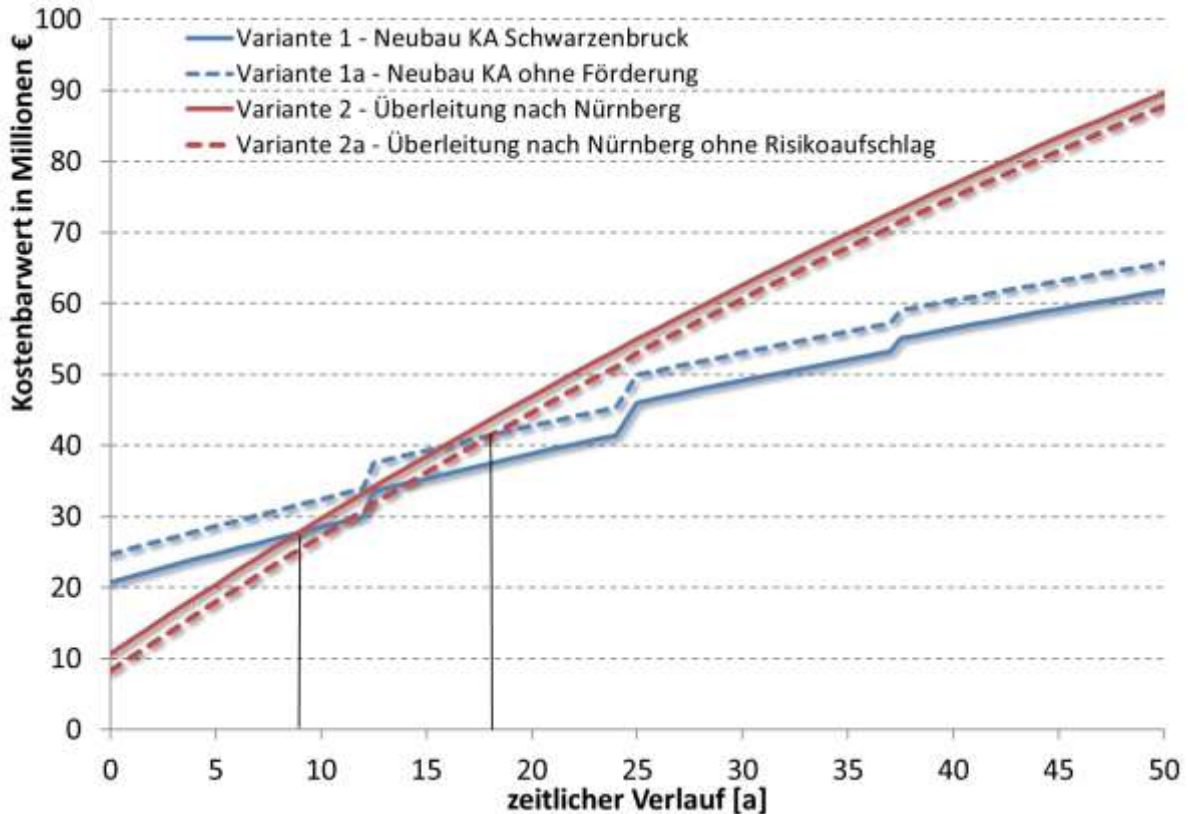


Abbildung 1: zeitlicher Verlauf des Projektkostenbarwerts (kalk. Zinssatz 3 % , Preissteigerung 2 %)

Die Variante 1 Neubau der Kläranlage ist gegenüber der Variante 2 Überleitung nach Nürnberg relativ wirtschaftlich. Der Projektkostenbarwert beträgt nach 50 Jahren ca. 62 Mio. € für die Variante 1 und ca. 90 Mio. € für die Variante 2. Die höheren Investitionskosten für den Kläranlagenbau sind bereits nach 9 Jahren durch die deutlich höheren Betriebskosten bei der Variante 2 „Überleitung“ aufgewogen.

## 7.5 Sensitivitätsanalyse und Ermittlung kritischer Werte

Zur Ermittlung des Einflusses kritischer Eingangswerte auf das Ergebnis der Wirtschaftlichkeitsbetrachtung wurde eine Sensitivitätsanalyse durchgeführt.

Abbildung 2 zeigt den Verlauf des PKBW für beide Varianten ceteris paribus (unter sonst gleichen Bedingungen) mit den Reinigungskosten für die Abwasserbehandlung in Muggenhof in Höhe von 0,66 €/m<sup>3</sup>. Diese Kosten entsprechen dem Mittelwert der 2016 angegebenen Abwasserbehandlungskosten durch SUN (Anlage 2) in Höhe von 0,60 - 0,71 €/m<sup>3</sup>. Die Vorteilhaftigkeit der Variante 1 gegenüber der Variante 2 steigt deutlich an. Die Variante 2 ist bereits nach 8 Jahren unwirtschaftlich.



Um den Einfluss von Risiken bei der Ermittlung der Investitionskosten zu prüfen wurde die Variante 2a ohne Risikoaufschlag ermittelt. Zusätzlich wurde die Variante 1a ohne Fördermittel in Höhe von 3,9 Mio € brutto ermittelt. Die sich ergebenden Kurven sind in Abbildung zusätzlich zu den ermittelten Kostenbarwertverläufen als gestrichelte Linie dargestellt.

Selbst in der ungünstigsten Betrachtung ist die Variante 1 bereits nach 18 Jahren wirtschaftlich. Damit sind die Zuwendungsvoraussetzungen nach RZWas 2018 für die Variante 2 nach Punkt 4.1 RZWas 2018 nicht gegeben. Für die Variante 2 sind in allen Betrachtungen die verrechnete Abwasserabgabe in Höhe von 5,6 Mio. € als Förderung berücksichtigt.

Die Untersuchung des Einflusses der Preissteigerung und der JAM auf das Ergebnis der PKBW wurde mit der Variante 1 und 2 wiederum ceteris paribus durchgeführt.

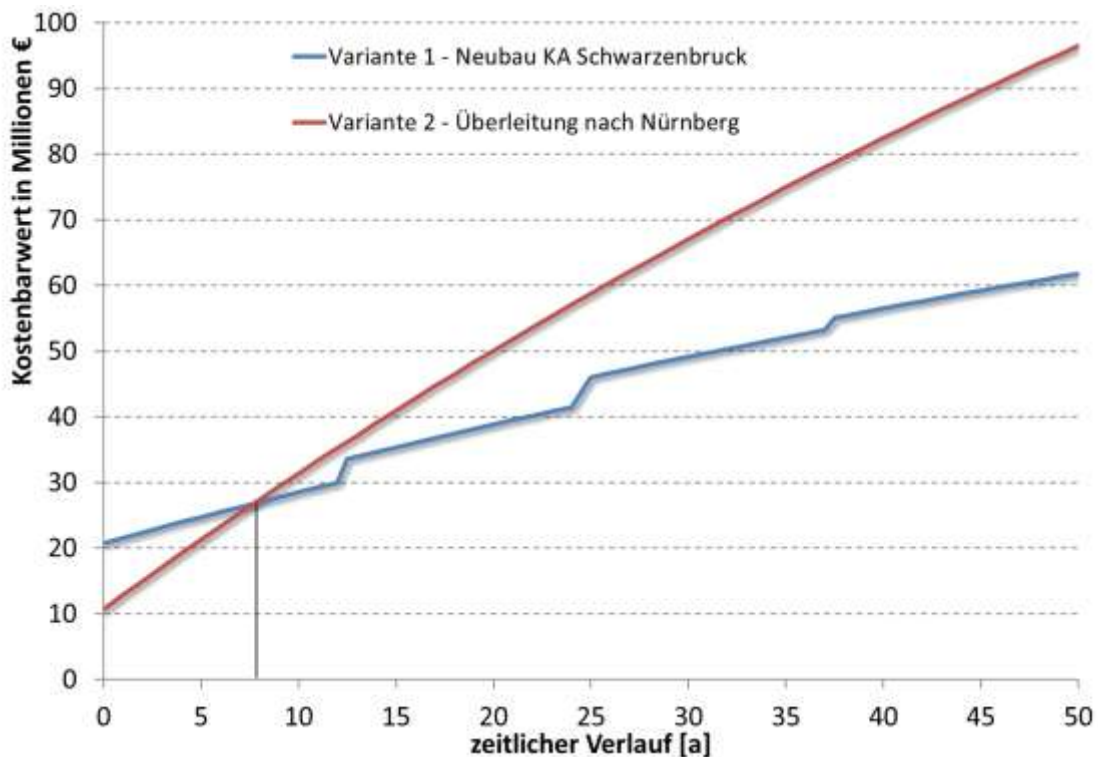


Abbildung 2: PKBW mit Reinigungskosten für Behandlung in Muggenhof in Höhe von 0,66 €/m<sup>3</sup>

Wie die Abbildung 3 zeigt herrscht Kostengleichheit des Kostenbarwerts erst bei Deflation über -1 % im langjährigen Mittel. Bei Betrachtung des Kostenbarwerts nach 50 Jahren bleibt Variante 1 grundsätzlich günstiger als die Variante 2.

Zur Überprüfung der Sensitivität der Variante 1 und 2 für verschiedene Jahresabwassermengen wurde der Kostenbarwert nach 25 Jahren herangezogen. Die Betriebskosten für den Neubau der Kläranlage wurden für die zu reinigenden Abwassermengen konstant gehalten. Hierbei zeigt sich, dass die Überleitung nach Nürnberg mit den angenommenen Kosten bei einer Reduktion der Jahresabwassermenge auf unter 2.200.000 m<sup>3</sup>/a wirtschaftlich günstiger wird. Das würde eine Reduktion der mittleren JAM gegenüber dem Prognose-Zustand von ca. 680.000 m<sup>3</sup>/a und gegenüber dem IST-Mittelwert in Höhe von 320.000 m<sup>3</sup>/a



bedeuten. Dies ist bei dem geplanten Flächenzuwachs ohne weitere, zusätzliche Investitionen in das bestehende Kanalnetz unrealistisch.

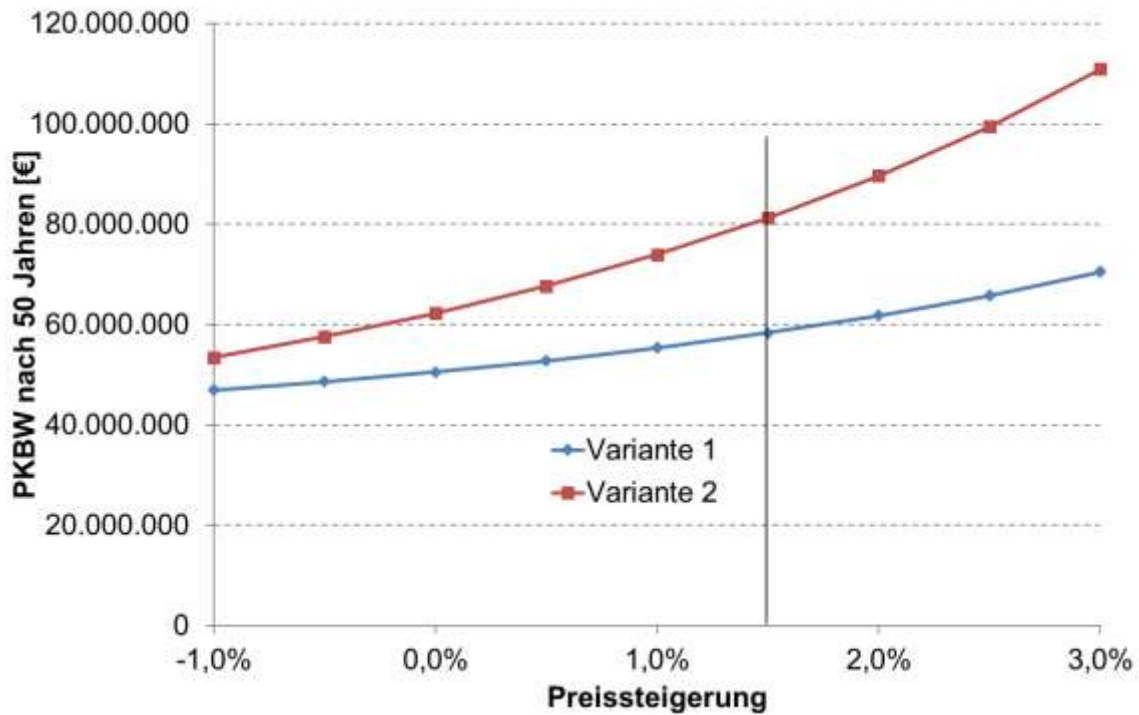


Abbildung 3: Sensitivitätsanalyse nach 50 Jahren für reale Preissteigerung von -1,0 % von 3,0 %

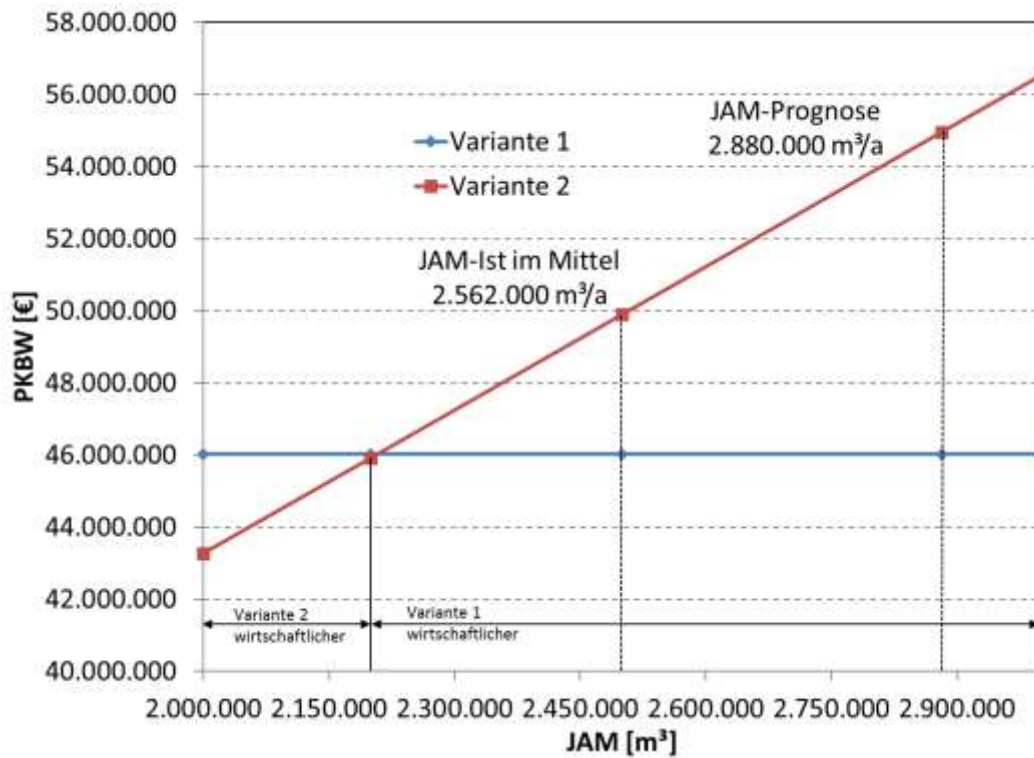


Abbildung 4: Sensitivitätsanalyse für PKBW nach 25 Jahren mit verschiedene Jahresabwassermengen (JAM)



## 8. Gesamtbeurteilung und Ergebnisinterpretation

Bereits in der Verbandsversammlung am 02.11.2016 wurde beschlossen die Variante Überleitung des Abwassers aus dem Verbandsgebiet des KZV nach Nürnberg aus wirtschaftlichen Gründen nicht weiter zu verfolgen.

Mit dem hier vorgelegten, aktualisierten Wirtschaftlichkeitsvergleich bestätigen sich die Ergebnisse aus 2016. Obwohl die Investitionskosten für eine Überleitung positiver dargestellt sind, als der Neubau einer eigenen Kläranlage hebt sich der Investitions-Kostenvorteil für die Variante 2 innerhalb kürzester Zeit aufgrund der hohen Betriebskosten für eine Überleitung nach Nürnberg wieder auf.

Nachdem der Förderbescheid für das Umweltinnovationsprogramm seit Mitte Januar 2019 vorliegt, kann aus unserer Sicht in der Verbandsversammlung am 11.02.2019 der Grundsatzbeschluss zum Neubau der Kläranlage Schwarzenbruck, wie im Entwurf des IB Resch+Partner vom Dezember 2017 beschrieben, gefasst werden. Die Beschlussfassung der Verbandsversammlung für den Neubau einer Energieintelligenten Kläranlage am Standort Schwarzenbruck kann aus Gründen der Wirtschaftlichkeit dieser Variante gegenüber einer Überleitung nach Nürnberg empfohlen werden.

Weißenburg, den 6.2.2019  
Ingenieurbüro Dr. Resch + Partner

Dipl.-Ing. Regine Schatz  
Beratende Ingenieurin





## Literatur

- (1) DWA (Hrsg.): Leitlinien zur Durchführung dynamischer Kostenvergleichsrechnungen (KVR-Leitlinien), 8. überarbeitete Auflage, Hennef (Juli 2012)
- (2) Horstmeyer, N., Rocktäschel, T. und Rapp-Fiegle, S. (2013) Investitions- und Sanierungskosten bei kommunalen Abwasseranlagen, Abschlussbericht Technische Universität München, 30.6.2013
- (3) Bayerisches Landesamt für Umwelt LfU – Merkblatt Nr. 4.4/22 Stand März 2018, Referat 67
- (4) T. Zech und R. Schatz (2014): Ausbaustudie Kläranlage Schwarzenbruck, Studie Ingenieurbüro Dr. Resch + Partner, 29.1.2014
- (5) T. Zech und R. Schatz (2016): Vorentwurf Kläranlage Schwarzenbruck, Ingenieurbüro Dr. Resch + Partner, 15.7.2016
- (6) T. Zech, A. Schuster und R. Schatz (2017): Entwurf Kläranlage Schwarzenbruck, Ingenieurbüro Dr. Resch + Partner, 19.12.2017
- (7) V. Schaardt und K. Wissmüller (2016): Nachweis der Mischwasserbehandlungsanlagen, Schmutzfrachtberechnung Ingenieurbüro Dr. Resch + Partner, Ordner 1-3, 23.3.2016