

Heidelberg, den 24. Februar 2021

TOP 149 A 4**Einrichtung einer 4. Reinigungsstufe**

- Variantenauswahl

THH 700 - I 700 700 03 002

Beschlussvorlage

	Sitzungstermin	öff.	nö.	Zustimmung zur Beschlussempfehlung	Hand- zeichen
Verbandsversammlung	20. April 2021	X		O ja O nein O ohne	

Beschlussvorschlag

Die Verbandsversammlung nimmt die Ergebnisse der Vorentwurfsplanung über die Elimination von Phosphor und Spurenstoffen zur Kenntnis und stimmt der Fortführung der Planung auf Basis der Variante 6 (Ozonung, Fällung und biologisch aktive granuliert Aktivkohlefiltration (BioGAK)) zu.

Baden-Württemberg hat zur Umsetzung der EU-Wasserrahmenrichtlinie einen Maßnahmenplan aufgestellt, in dem der Neckar in die ökologische Zustandsklasse 3 (mäßig belastet) eingestuft und die Notwendigkeit der Absenkung der Ortho-Phosphat-Konzentration im Neckar auf unter 0,1 mg/l formuliert wird. Kläranlagen sind mit fast 50 % der Gesamtfracht der Haupteintragspfad für Phosphor in den Neckar. Um einen guten ökologischen Zustand des Neckars zu erreichen, wird für die Kläranlagen im Einzugsgebiet des Neckars, ein neuer Zielwert für den Gesamtposphor (P_{ges}) im Ablauf der Kläranlagen formuliert. Für das Klärwerk Nord wird zukünftig ein P_{ges} -Zielwert von 0,2 mg/l (bisher 0,5 mg/l) als Jahresmittelwert im Auslauf des Klärwerks einzuhalten sein. Daraus ergibt sich die Notwendigkeit, die im Klärwerk Nord zur Phosphorelimination vorhandene Technik zu erweitern. Im Rahmen der Erweiterung hat sich der Abwasserzweckverband Heidelberg entschieden, neben der Phosphorreduzierung auch die Spurenstoffe zu reduzieren, die nachweislich mit dem Ablauf der Kläranlagen in die Gewässer eingetragen werden.

In einer Machbarkeitsstudie hat der Abwasserzweckverband Heidelberg geprüft, welche Verfahren zur Phosphorentfernung und zur Spurenstoffentfernung unter Berücksichtigung der spezifischen Bedingungen am Standort umsetzbar und wirtschaftlich vertretbar sind. Über die Ergebnisse der Studie wurde im Rahmen der Verbandsversammlung am 11. April 2019 ausführlich berichtet. In der Sitzung der Verbandsversammlung am 26. November 2020 wurde das Ergebnis des Planerauswahlverfahrens (VgV-Verfahren) vorgestellt und die Vergabe der Planungsleistungen an die Holinger Ingenieure GmbH, Merklingen, erteilt.

Im Rahmen der Vorentwurfsplanung wurde nun eine detaillierte Variantenbetrachtung mit 8 Varianten und einer Untervariante durchgeführt:

Variante1 - Pulveraktivkohledosierung (PAK) / Fällung & Tuchfiltration:

Hierbei wird zur Spurenstoffelimination Pulveraktivkohle in einen Kontaktreaktor dosiert. Anschließend wird überschüssige Pulveraktivkohle im Sedimentationsbecken abgetrennt und dem bestehenden biologischen Prozess zugeführt. Zur weitergehenden Phosphorelimination ist eine zusätzliche Fällmitteldosierung mit anschließender Tuchfiltration vorgesehen. Ein Vorteil dieses Verfahrens ist die Unempfindlichkeit gegenüber Feststoffen. Ein gravierender Nachteil ist der Einfluss der neuen Verfahrensstufe auf die bestehende Biologie, was einen zusätzlichen Ausbau der Belebungs- und Nachklärbecken notwendig machen würde.

Variante 2 - Pulveraktivkohledosierung (PAK) / Fällung & Sandfiltration:

Hierbei finden sowohl Spurenstoff-, als auch Phosphorelimination im Kontaktreaktor statt. Zur Feststoffabtrennung dient ein nachgeschalteter Sandfilter. Auch bei diesem Verfahren ist der größte Nachteil die Auswirkung auf die bestehende Anlage.

Variante 3 - Fällung / Tuchfiltration & Granulierte Aktivkohle Filtration (GAK):

Die chemische Phosphorelimination erfolgt durch Dosierung eines Fällmittels in einen Fällungsreaktor. Der gelöste Phosphor wird dort in einen festen Zustand überführt und anschließend mittels Tuchfilter aus dem Abwasserstrom entnommen. Das Abwasser wird anschließend zur Spurenstoff-elimination auf einen Filter geleitet, der mit granulierter Aktivkohle gefüllt ist (GAK-Filter). In den Poren der granulierten Aktivkohle werden die Spurenstoffe adsorbiert. Der Vorteil dieses Verfahrens liegt darin, dass die bestehende Kläranlage nur gering beeinflusst wird. Die granulierte Aktivkohle kann extern reaktiviert und erneut im Prozess eingesetzt werden.

Variante 4 - Ozonung mit Wirbelbett / Fällung & Tuchfiltration:

Die Spurenstoffelimination erfolgt durch eine Ozonung des Abwassers. Durch das Versetzen des Abwassers mit Ozon werden verschiedene chemische Verbindungen (Spurenstoffe) aufgebrochen und zu Metaboliten umgewandelt. In einem zweiten Verfahrensschritt wird das Abwasser über ein Wirbelbett geführt. Dort erfolgt die biologische Umsetzung der bei der Ozonung entstehenden Metaboliten. Die Phosphorelimination aus dem Abwasser erfolgt mittels Fällmitteldosierung und Tuchfiltration. Hierbei wird der gelöste Phosphor mit einem Fällmittel in Flocken überführt und mit einem Filtertuch aus dem Abwasser entfernt. Der Vorteil dieses Verfahrens ist, dass keine Reststoffe anfallen, der Nachteil liegt in der Notwendigkeit eines zusätzlichen biologischen Reaktors (Wirbelbett), da die Tuchfiltration hierfür nicht geeignet ist.

Variante 5 - Ozonung / Fällung & Sandfiltration:

Die Spurenstoffelimination erfolgt im Ozonreaktor. Die Spurenstoffe werden zu verschiedenen chemischen Verbindungen aufgebrochen und im nachgeschalteten Sandfilter einem biologischen Abbauvorgang zugänglich gemacht. Die Phosphorelimination erfolgt im Anschluss mittels Punktfällung des gelösten Phosphors und dessen Überführung in feste Flocken. Die Trennung der Phosphorflocken aus dem Abwasser erfolgt ebenfalls im Sandfilter. Durch Rückspülvorgänge werden die Feststoffe aus dem Sandfilter entnommen, in die Biologie der Kläranlage geführt und mit dem Überschussschlamm entnommen und entsorgt. Durch die Variation der Ozonkonzentration kann der Reinigungsprozess optimiert bzw. verschiedensten Randbedingungen angepasst werden. Ein besonderer Vorteil der Ozonung liegt darin, dass durch Variation der Ozonkonzentration der Reinigungsprozess angepasst werden kann.

Variante 5-op - Ozonung / Fällung & Sandfiltration vergrößert:

Die optimierte Variante V5-op basiert auf Variante 5, mit dem Unterschied, dass das Volumen für die Sandfiltration um ca. 25 % vergrößert wird (vergleichbar Variante 6), um eine mögliche zukünftige Nutzung als biologisch aktive granulierte Aktivkohlefiltration (BioGAK) sicher zu stellen. Dadurch entsteht die Möglichkeit nach Jahren des Betriebs den Sand aus den Filtern zu entnehmen und zu entsorgen, um die Filter anschließend mit granulierter Aktivkohle zu füllen. Der Vorteil dieser Variante ist in der erweiterten Spurenstoffentnahme durch die Umstellung auf BioGAK zu sehen.

Variante 6 - Ozonung / Fällung & biologisch aktive granuliert Aktivkohlefiltration (BioGAK):

Die Spurenstoffelimination erfolgt sowohl über die Ozonierung, als auch in der nachgeschalteten BioGAK-Filtration. Durch einen zwischen den Verfahrensstufen angeordneten Fällmittelreaktor wird der gelöste Phosphor in Feststoffpartikel überführt (Phosphorelimination). In der BioGAK-Filtration werden die Phosphorflocken zurückgehalten und durch die biologische Aktivität, die durch die Ozonung zusätzlich verfügbar gemachten Verbindungen abgebaut. Vorteile des Verfahrens liegen insbesondere darin, dass durch die Kombination Ozon / BioGAK die erforderliche Ozonkonzentration deutlich reduziert und die Standzeiten für die BioGAK-Filtration deutlich erhöht sind. Durch die kombinierte Fahrweise mit Ozon und Aktivkohle kann mit dieser Variante eine sehr hohe Spurenstoffeliminationsleistung erzielt werden. Auf zukünftige veränderte gesetzliche Vorgaben kann mit einem kombinierten Verfahren am besten reagiert werden. Die granuliert Aktivkohle kann extern reaktiviert und erneut im Prozess eingesetzt werden.

Variante 7 - Mikrogranuliert Aktivkohle (MikroGAK) mit Fällung & Tuchfiltration:

Die Spurenstoffelimination erfolgt in einem MikroGAK-Filter. Hierbei wird das Abwasser unter dem MikroGAK eingeströmt, so dass die damit erzeugten Auftriebskräfte ein Schwebebett aus MikroGAK erzeugen. Die Spurenstoffe werden in den Poren der MikroGAK angereichert. Bei nachlassender Adsorptionswirkung muss die mikrogranuliert Aktivkohle abgepumpt und erneuert werden. Die Phosphorelimination erfolgt durch Fällung in einem separaten Fällungsreaktor. Mit der Tuchfiltration als letzten Verfahrensschritt erfolgt die Feststoffentnahme.

Variante 8 - Tuchfilter & DynaSand Carbon-Filter:

Die chemische Phosphorelimination erfolgt durch Fällung in einem Reaktor mit anschließender Tuchfiltration. Für die Spurenstoffentfernung sind DynaSand-Filtereinheiten vorgesehen. Die DynaSand-Filtereinheiten sind mit granuliert Aktivkohle (GAK) befüllt. In den Poren der Aktivkohle werden die Mikroschadstoffe angereichert. Die Adsorptionswirkung der Aktivkohle wird durch regelmäßige Analyse des Ablaufs beurteilt. Bei einem Durchbruch der Mikroschadstoffkonzentration muss die Aktivkohle erneuert werden. Eine Regeneration der GAK ist möglich.

In Abb. 1 sind die Investitionskosten der verschiedenen Varianten dargestellt. Dabei wurden verschiedene Fördermittelszenarien zugrunde gelegt. Unter Berücksichtigung der Fördermittel in Höhe von 20 % und der Verrechenbarkeit mit der Abwasserabgabe in Höhe von ca. 4,0 Mio. € über 6 Jahre, stellen sich die Investitionskosten mit 13,8 Mio. € für Variante 4 (Ozonung, Wirbelbett, Fällung und Tuchfiltration) am günstigsten dar. Am kostenintensivsten sind die Verfahren mit Pulveraktivkohle auf Grund eines großen bautechnischen Anteils (24,3 – 27,6 Mio. €). Die Variante 5 (Ozonung, Fällung, Sandfiltration) liegt bei 15,3 Mio. €, die Variante 5-op bei 18,6 Mio. € und die Variante 6 (Ozonung, Fällung, BioGAK-Filtration) bei 20,4 Mio. €.

Investitionskosten (Brutto) - Vergleich Fördermittelszenarien

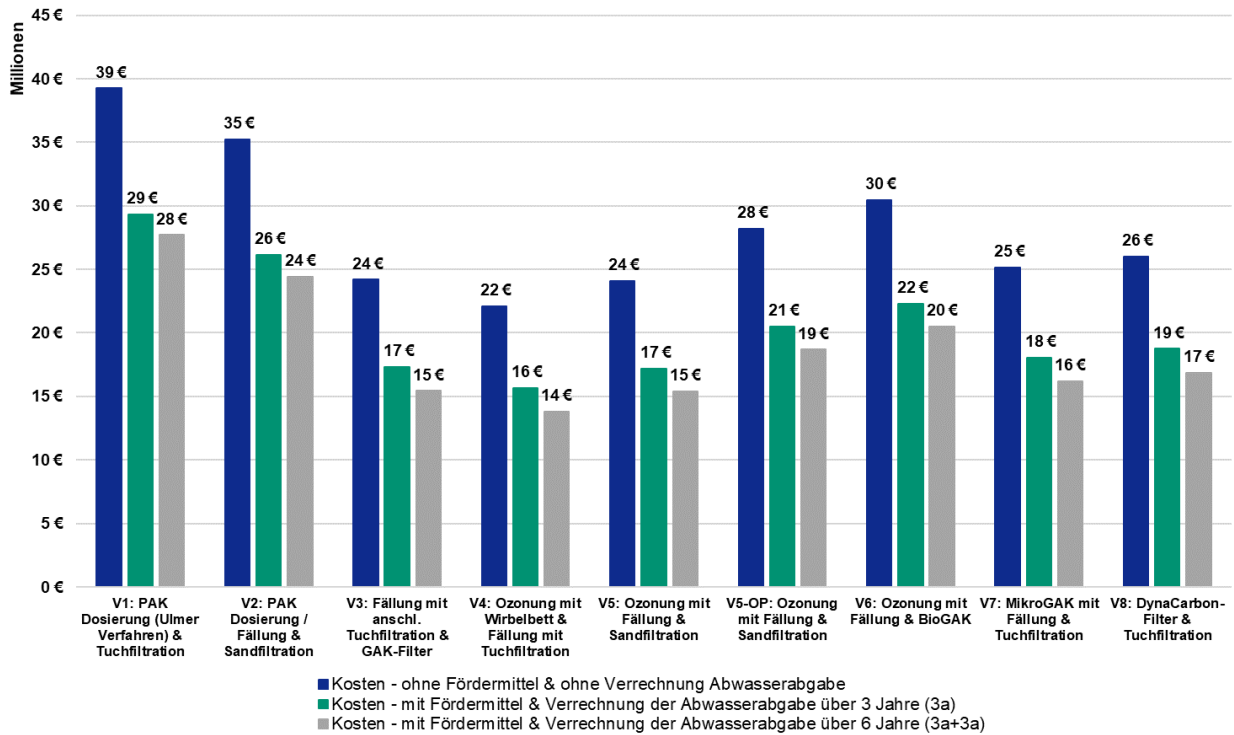


Abb. 1: Investitionskosten im Vergleich der Fördermittelszenarien

Zusammensetzung der Investitionskosten (Brutto)

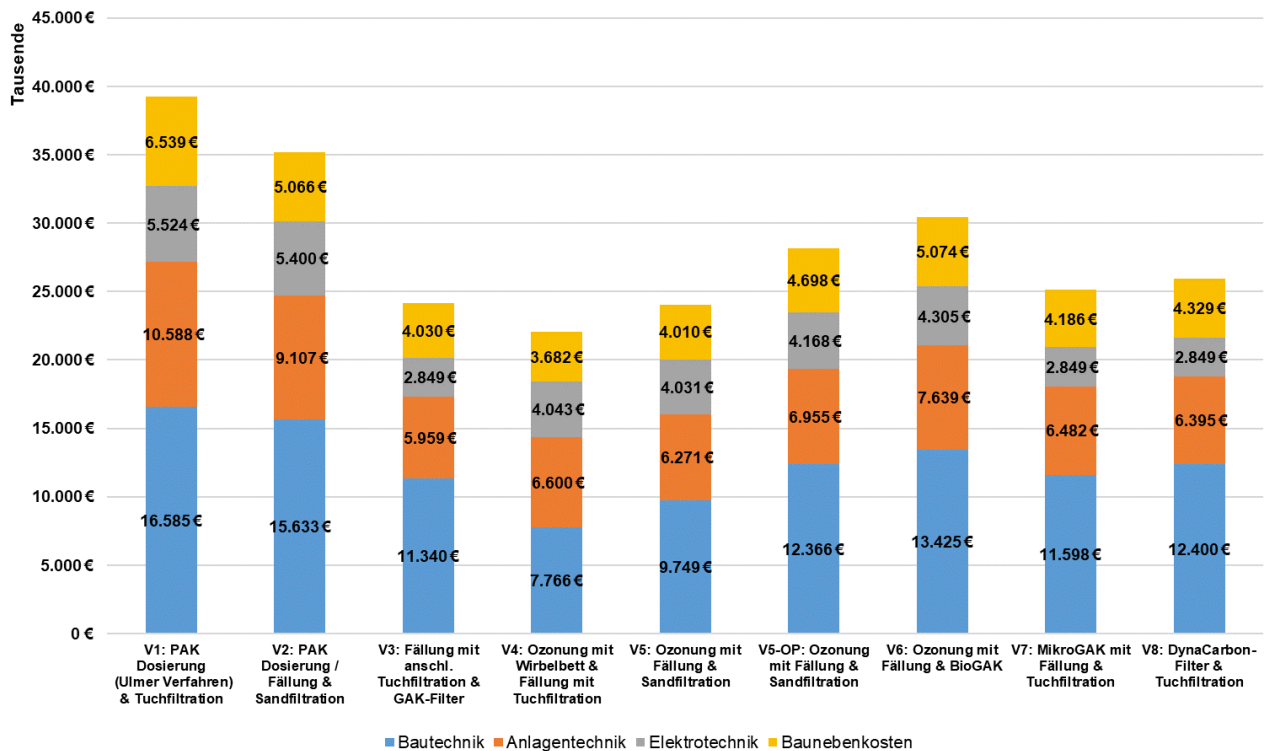


Abb. 2: Investitionskosten mit Darstellung der jeweiligen Zusammensetzungen

:

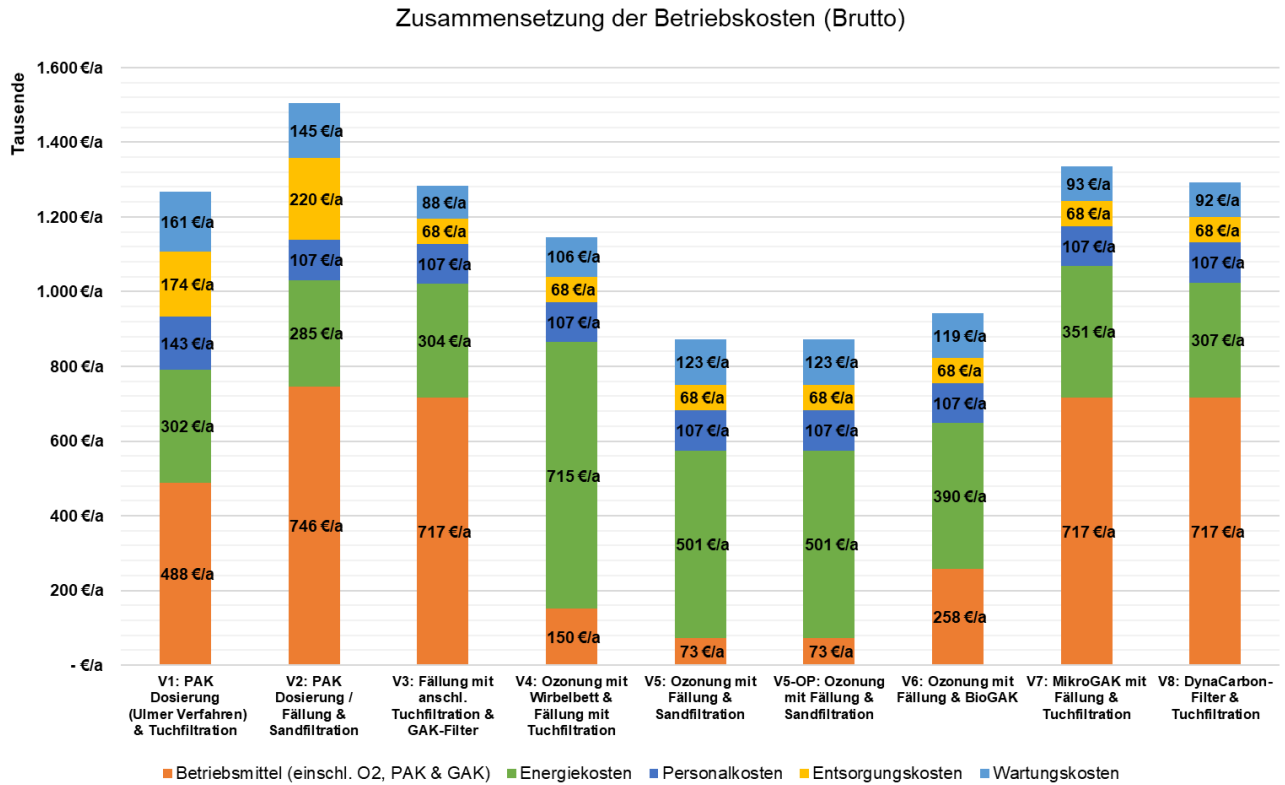


Abb. 3: Betriebskosten

Die geringsten Betriebskosten (Abb. 3) werden mit 875.000,- € für Variante 5 (Ozonung, Fällung, Sandfiltration) und Variante 5-op erreicht. Für Variante 6 (Ozonung, Fällung, BioGAK) betragen die Betriebskosten 940.000,- €. Die höchsten Betriebskosten wurden für das Pulveraktivkohleverfahren (Variante 2) mit 1,45 Mio. € ermittelt. Ein wesentlicher Kostenpunkt ist hierbei das Verbrauchsmittel Pulveraktivkohle.

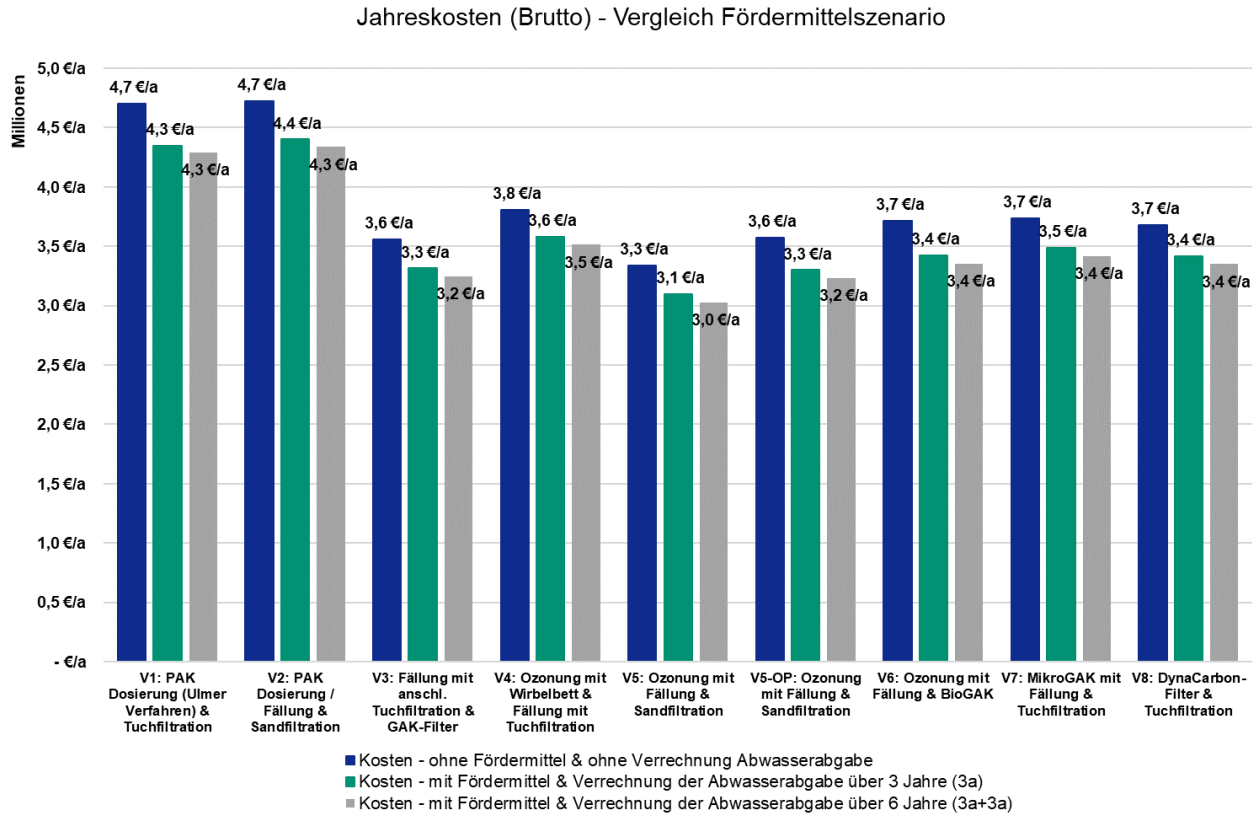


Abb. 4: Jahreskosten

Auf Basis der Investitionskosten, der Reinvestitionskosten und der Betriebskosten wurden die Jahreskosten ermittelt. Die ersten beiden untersuchten Varianten, die Pulveraktivkohleverfahren, haben einen deutlichen Einfluss auf die bestehende Kläranlage, die entsprechend ausgebaut werden müsste. Das zeigt sich bei den Jahreskosten, die mit ca. 4,3 Mio. € (mit 20 % Förderung und Verrechnung mit der Abwasserabgabe über 6 Jahre) deutlich höhere Kosten verursachen als die anderen Varianten. Bei den Varianten V3 bis V8 bewegen sich die Jahreskosten zwischen 3,0 und 3,5 Mio. €.

Bei der abschließenden Bewertung wurden die Jahreskosten als monetärer Faktor mit 50 % gewichtet. Die weichen Faktoren, die nicht monetären Faktoren, ebenfalls mit 50 %. Bei den weichen Faktoren wurde der Spurenstoffeliminationsgrad, die Ökologie, die Flexibilität des Verfahrens, sowie die Zukunftsfähigkeit mit jeweils 25 % angesetzt.

Beim Spurenstoffeliminationsgrad wurde berücksichtigt, dass sich einige Spurenstoffe besser mit dem Verfahren der Ozonung (z.B. Diclofenac, Sulfamethoxazol), andere besser mit dem Aktivkohleadsorptionsverfahren (z.B. Metoprolol, Candesartan, Röntgenkontrastmittel) entfernen lassen. Die höchste Effektivität lässt sich mit einer Kombination beider Verfahren erzielen. Bei der Bewertung der Ökologie wurden die Verfahren hinsichtlich der Nachhaltigkeit von Verbrauchsmaterialien bei der Herstellung (hauptsächlich Energie) und Verfügbarkeit (Transport) eingestuft.

Die Flexibilität des Verfahrens berücksichtigt die Anpassungsfähigkeit der Reinigungsleistung im laufenden Betrieb. Bei der Zukunftsfähigkeit wurde der Anpassungsfähigkeit des Verfahrens für mögliche zukünftige veränderte Vorgaben bei der Spurenstoffelimination Rechnung getragen.

Kriterien / Bewertung		Jahreskosten	Mikroschadstoff-Eliminationsgrad	Ökologie	Flexibilität des Verfahrens	Zukunftsfähigkeit	Gewichtete Gesamtpunktzahl
Gewichtung		50%	50%				100%
Untergewichtung			25%	25%	25%	25%	100%
Varianten	1	PAK Dosierung (Ulmer Verfahren) & Tuchfilter 7,0 ☹️	10,0 ☺️	8,0 ☹️	6,0 ☹️	4,0 ☠️	7,0 ☹️
	2	PAK Dosierung / Fällung & Sandfiltration 6,8 ☹️	10,0 ☺️	6,0 ☹️	6,0 ☹️	4,0 ☠️	6,7 ☹️
	3	Fällung mit Tuchfiltration & GAK-Filter 11,1 ☺️	8,0 ☹️	8,0 ☹️	7,0 ☹️	8,0 ☹️	9,4 ☺️
	4	Ozonung mit Wirbelbett & Fällung mit Tuchfiltration 10,1 ☺️	8,0 ☹️	9,0 ☺️	9,0 ☺️	6,0 ☹️	9,0 ☺️
	5	Ozonung mit Fällung & Sandfiltration 12,0 ☺️☺️	8,0 ☹️	10,0 ☺️	9,0 ☺️	8,0 ☹️	10,4 ☺️
	5-OP	Ozonung mit Fällung & Sandfiltration 11,2 ☺️☺️	8,0 ☹️	10,0 ☺️	10,0 ☺️	11,0 ☺️☺️	10,5 ☺️
	6	Ozonung mit Fällung & BioGAK 10,7 ☺️	12,0 ☺️☺️	9,0 ☺️	12,0 ☺️☺️	12,0 ☺️☺️	11,0 ☺️☺️
	7	MikroGAK mit Fällung & Tuchfiltration 10,5 ☺️	10,0 ☺️	8,0 ☹️	7,0 ☹️	8,0 ☹️	9,4 ☺️
8	Tuchfiltration & DynaSand Carbon-Filter 10,7 ☺️	10,0 ☺️	8,0 ☹️	7,0 ☹️	8,0 ☹️	9,5 ☺️	

Notenschlüssel		
Punkte	Note	Grafik
11 / 12	1	☺️☺️
9 / 10	2	☺️
7 / 8	3	☹️
5 / 6	4	☹️
3 / 4	5	☠️
0 / 1 / 2	6	☠️☠️

Abb. 5: Bewertungsmatrix

Die höchste Gesamtpunktzahl erhält die Variante 6 mit insgesamt 11 Punkten. Die Variante 6, bestehend aus Ozonung, Fällung und biologisch aktive granuliert Aktivkohlefiltration, ist das einzige Verfahren, dass die Vorteile der Ozonung mit den Vorteilen der Aktivkohleadsorption kombiniert. Dadurch punktet das Verfahren insbesondere bei den Faktoren Ökologie, Flexibilität und Zukunftsfähigkeit.

Nach einer ersten Kostenschätzung werden die Jahreskosten für die vierte Reinigungsstufe (inklusive weitergehender Phosphorelimination) ca. 3,5 Mio. € betragen. Das entspricht einem Aufwand, bezogen auf die Abwassergebühr von ca. 30 Cent / m³ gebührenfähiger Abwassermenge.

Es ist geplant, die Baumaßnahme in zwei Funktionsabschnitte zu untergliedern. Im ersten Teilschritt wird die Filtration im Vollstrom und die Spurenstoffelimination im Teilstrom errichtet werden. Die Umsetzung der ersten Stufe ist von 2023-2026 vorgesehen. Die Investition der Stufe 1 kann mit der Abwasserabgabe in der Höhe von ca. 2,0 Mio. € verrechnet werden. Die Stufe 2 beinhaltet den Endausbau der Spurenstoffelimination und schließt sich direkt an. Der AZV Heidelberg wird auch für diesen Zeitraum eine Verrechnung mit der Abwasserabgabe beantragen. Zur Beantragung einer Förderung durch das Land Baden-Württemberg in der Höhe von 20 %, ist bis zum 01. Oktober 2021 der Förderantrag mit Genehmigungsplanung beim Regierungspräsidium Karlsruhe als höherer Wasserbehörde einzureichen.

Es wird vorgeschlagen, die Planung mit der Variante 6 (Ozonung, Fällung und biologisch aktive granuliert Aktivkohlefiltration (BioGAK)) fortzuführen.

gez.

EBM Jürgen O d s z u c k
Verbandsvorsitzender