

Universitätsstadt Tübingen

Fachbereich Tiefbau

Füger, Albert Telefon: 07071-204-2266

Gesch. Z.: 9/Fü/

Vorlage

81/2016

Datum

03.03.2016

Beschlussvorlage

zur Vorberatung im **Ausschuss für Planung, Verkehr und Stadtentwicklung**

zur Behandlung im **Gemeinderat**

Betreff: **Weitergehende Abwasserreinigung -
Planungsbeschluss**

Bezug:

Anlagen: 0

Beschlussantrag:

1. Für die Kläranlage wird eine 4. Reinigungsstufe geplant.
2. Um die Möglichkeit einer Phosphorrückgewinnung zu klären, wird eine Machbarkeitsstudie beauftragt.

Ziel:

Die Kläranlage soll mit einer 4. Reinigungsstufe zur Spurenstoffelimination ausgestattet werden und die Möglichkeit einer Phosphorrückgewinnung aus dem Abwasser soll geklärt werden.

Begründung:

1. Anlass / Problemstellung

Für die mittelfristige Planung der Abwasserklärung ergeben sich vier Handlungsfelder

1.1. Belastung des Abwassers durch Spurenstoffe

Die Belastung der Gewässer, des Grundwassers und des Trinkwassers mit Spurenstoffen (Arzneimittel, Chemikalien aus Industrie und Haushalt) kommt in erster Linie aus dem Abwasser, das gereinigt in die Gewässer eingeleitet wird. Die kommunale Kläranlage entnimmt diese Spurenstoffe nur unzureichend. Der größte Anteil der Stoffe passiert die Kläranlage ungeklärt. Die EU hat im Rahmen der beschlossenen Gewässerbeobachtung als Indikatortranssubstanz Diclofenac (Schmerzmittel) mit aufgenommen. Nach den bislang vorliegenden Ergebnissen wird sich ein Handlungsbedarf für die Abwasserreinigung ergeben. In der Schweiz haben die landesweiten Untersuchungen bereits zu einer gesetzlichen Verpflichtung zur Spurenstoffelimination geführt. Derzeit ist die Spurenstoffelimination in Deutschland noch nicht zwingend vorgeschrieben.

1.2. Phosphorbelastung des Kläranlagenablaufs

Landesweit durchgeführte Untersuchungen der Gewässer haben eine zu hohe Phosphorbelastung der Fließgewässer gezeigt. Daraus abgeleitet werden sich zukünftig schärfere Anforderungen bezüglich der Rest P-Gehalte für die kommunalen Kläranlagen ergeben. Dies betrifft in besonderem Maße die großen Kläranlagen, die in den Neckar einleiten. Da der Neckar durch seine extreme Stauregelung sehr geringe Fließgeschwindigkeiten aufweist, sind die schädlichen Auswirkungen einer zu hohen Phosphorbelastung hier besonders ausgeprägt. Derzeit ist die Kläranlage Tübingen noch in der Lage, die geltenden Grenzwerte einzuhalten. Sollte es zu einer Verschärfung kommen, wird dies aber ohne eine zusätzliche Behandlungsstufe nicht mehr möglich sein. Wird eine Flockungsfiltration umgesetzt, sind Ablaufwerte erreichbar, die seit langem im Bodenseeeinzugsgebiet gefordert werden.

1.3. Prozesswasserbehandlung

Die wasserrechtliche Genehmigung von 2010 sah für die Kläranlage Tübingen eine Prozesswasserbehandlung vor. Zweck der Anlage war die Stickstoffwerte im Ablauf zu reduzieren. Im Wirtschaftsplan 2015 der KST waren hierfür noch 1,5 Mio. Euro eingestellt. Durch eine Modifikation des Anlagenbetriebs und die Zugabe einer externen Kohlenstoffquelle (Essigsäure) können die Stickstoffwerte derzeit auch ohne eine Behandlung des Prozesswassers eingehalten werden. Deshalb wurde im Jahr 2015 die Wasserrechtliche Genehmigung dahingehend angepasst, dass die Verpflichtung zum Bau dieser Anlage gestrichen wurde. Aus betrieblicher Sicht kann diese dennoch vorteilhaft sein, wenn durch neuartige Verfahren (Deammonifikation) Betriebskosten (Energie, Essigsäure) eingespart werden kann.

1.4. Phosphor im Klärschlamm

Der Klärschlamm der Kläranlage Tübingen wird thermisch verwertet (Müllverbrennung). Dabei wird der im Klärschlamm enthaltene Phosphor gemeinsam mit den anderen Verbrennungsrückständen deponiert. Ein Punkt, der sowohl in der Fachwelt als auch in der Presse diskutiert wird, ist die Phosphorrückgewinnung aus Klärschlamm. Der gewonnene Phosphor könnte wieder als Düngemittel eingesetzt werden. Das Land hat ein Förderprogramm aufgelegt, welches Anlagen fördert, in denen großtechnisch die Rückgewinnung von Phosphor technisch umgesetzt und dabei weiter erforscht werden kann.

2. Sachstand

2.1 Spurenstoffe und Phosphat im Abwasser

Die Kommunalen Servicebetriebe haben eine Machbarkeitsstudie anfertigen lassen, die sich damit auseinandersetzt, welche Technologien eingesetzt werden könnten, um die zukünftigen Anforderungen an die Abwasserreinigung zu erfüllen. Dabei hat sich gezeigt, dass die Belastung durch Spurenstoffe im Tübinger Abwasser weitestgehend dem bundesweiten Durchschnitt entspricht. Eine erwartete besondere Belastung vor allem bei den Röntgenkontrastmitteln, die durch die große Anzahl an Kliniken im Einzugsgebiet zu erwarten wäre, konnte nicht nachgewiesen werden.

Im Grundsatz bestehen sechs Möglichkeiten, mit denen Spurenstoffe und Phosphat reduziert werden können, die in der Tabelle dargestellt werden.

Spurenstoffe können mittels Oxidation (Ozon) zerstört oder durch eine Adsorption an Aktivkohle mit nachfolgender Verbrennung (pulverisierte Kohle) oder Regenerierung (granuliert Kohle) entfernt werden. Keine Technologie ist in der Lage alle Stoffe gleich gut zu eliminieren. Eine Kombination beider Verfahrenstechnologien wäre mit Blick auf die insgesamt erzielbare Entnahmwirkung die beste Lösung, verursacht aber insgesamt die höchsten Aufwendungen.

Unabhängig vom Verfahren ist die Anwendung im weitgehend gereinigten Abwasser und damit im Ablauf der Nachklärung aus Gründen der Entnahmwirkung und auch der Betriebskosten am günstigsten. Unabhängig von der gewählten Technologie ist immer eine Filtration als Endstufe notwendig. Bei Ozon wird dieser Filter als biologisch aktive Einheit verwendet. Im Falle der pulverisierten Aktivkohle hält der Filter unter Zugabe von Fällungsmitteln feinste Kohlepartikel zurück. Wird der Filter nicht mit Sand und Hydroanthrazit befüllt sondern mit granulierter Aktivkohle, können in ihm auch Spurenstoffe eliminiert werden.

Für die Ozonanwendung im gereinigten Abwasser ist vor dem Filter ein Becken mit einer hydraulischen Verweilzeit von ca. 30 Minuten notwendig und eine Anlage zur Erzeugung des Ozons aus Reinsauerstoff. Die Ozonerzeugung erfolgt durch elektrische Entladung und verbraucht Energie. Der Reinsauerstoff wird in flüssiger Form angeliefert.

Bei der pulverisierten Aktivkohle sind vor dem Filter ein Reaktions- und ein Sedimentationsbecken erforderlich. Deren hydraulische Verweilzeit bewegt sich in der Summe im Bereich von 3 Stunden. Anlagen zur Kohlezugabe (Silo und Dosiereinrichtungen) sowie der Dosierung von Fällmittel- und Flockungshilfsmitteln sind erforderlich. Die Pulverkohle wird per LKW angeliefert und in das Vorratssilo eingeblasen. Um die Investitionskosten deutlich zu verringern, könnte auf die eigenständige und zusätzliche Stufe verzichtet werden und die Aktivkohle direkt in die Belebungsbecken dosiert werden. Damit wird die Kohle nicht im bereits weitgehend gereinigten Abwasser eingesetzt. Sie wird dadurch mit anderen im Abwasser noch enthaltenen Stoffen zusätzlich belastet. Dadurch erhöhen sich die notwendigen Dosiermengen. Auch bei hohen Dosiermengen konnte dabei nicht die Entnahmwirkung erreicht werden, die bei der nachgeschalteten Dosierung möglich ist.

Die granulierten Aktivkohle kann als abwärts durchströmte Filterschicht realisiert werden. Damit ist ein Bauwerk erforderlich, das mit einem Flockungsfilter vergleichbar ist. Es sind keine weiteren Zusatzstoffe notwendig. Die granulierten Kohle wird eingebaut und bei entsprechender Beladung aus den Filtern abgesaugt und durch regenerierte Kohle ersetzt.

Die Spurenstoffelimination und die weitergehenden Phosphorentnahme basieren somit in

Teilen auf derselben Anlagenkomponente (Filtration). Wird die Spurenelimination schrittweise umgesetzt, wäre der Bau einer Filterstufe der Einstieg in die weitergehende Abwasserreinigung. Ist diese Stufe in Betrieb, kann danach entschieden werden, ob Ozon oder Aktivkohle zur Spurenelimination eingesetzt wird. Die entsprechenden Anlagenteile können eigenständig und getrennt von der Filtration realisiert werden.

Die Konzentration an Ozon und pulverisierte Aktivkohle kann vom Betreiber in Abhängigkeit der Anforderungen in das Abwasser gezielt eingebracht werden. Eingangsgrößen sind dabei die Abwassermenge und ein online erfasster Leitparameter. Granulierte Kohle hat den Nachteil, dass sie nicht dosiert werden kann und dadurch die anfänglich hervorragende Entnahmewirkung in der aus frischer Kohle bestehenden Filterschicht mit zunehmender Betriebszeit geringer wird. Ist die Kohle beladen und weist eine zu geringe Entnahmewirkung auf, muss sie ausgetauscht und regeneriert werden. Regenerierte granulierte Kohle kann wiederverwendet werden, so dass deren Bedarf im Vergleich zur Pulverkohle nur etwa ein Fünftel beträgt.

Bezüglich der Entnahmewirkung ist zwischen Ozon und pulverisierter Aktivkohle in der Praxis bei der Spurenstoffelimination kein relevanter Unterschied erkennbar. Die Entnahmeleistung der granulierten Aktivkohle ist im Vergleich dazu etwas schlechter. Sie erreicht in Kombination mit Ozon aber die insgesamt besten Entnahmewirkungen.

Ozon weist im Vergleich zur Aktivkohle generell eine bessere Ökobilanz auf. Diese wird noch besser, wenn der Strombedarf vollständig aus regenerativer Energie gedeckt werden kann. Die granulierten Aktivkohle ist durch die Regenerierung besser zu beurteilen als die pulverisierte Kohle.

Kosten für die Entnahmewirkungen sind in folgender Tabelle dargestellt:

	Baukosten Mio. €	Betriebskosten T€ / a	Gesamtkosten €/E*a	Entnahme Spurenstoffe %
PAK in Belebung + Sandfilter	9,25	769,6	11,8	80
Granulierte Aktivkohle	9,60	752,3	11,7	80
O3 + Sandfilter	11,5	560,8	11,1	85
PAK + Tuchfilter	12,4	640,2	12,5	90
PAK + Sandfilter	14,8	647,1	13,7	90
O3 + Granulierte Aktivkohle	12,3	798,4	13,9	95

Energiebedarf

Jedes der Verfahren verbraucht zusätzlich Energie. Der Bedarf der Kläranlage beträgt bei der heute verwendeten Technologie ca. 32 kWh je Einwohner und Jahr. Die Flockungsfiltration erfordert zusätzlich ca. 2-3 kWh/EW a und der Ozoneinsatz weitere 5 kWh/EW a. In Tübingen wird ca. 77% der im Klärwerk verbrauchten Energie aus Faulgas selbst erzeugt.

Derzeit besteht kein Zwang eine Flockungsfiltration oder eine Spurenstoffelimination zu bauen. Eine Umsetzung geschieht auf freiwilliger Basis. Für die Spurenstoffelimination und den dafür notwendigen Filter hat das Land derzeit ein Sonderförderungsprogramm mit einer Förderquote von 20 % der Investitionskosten aufgelegt.

Durch eine Verminderung der Phosphorwerte im Anlagenablauf um 20 % kann der Filter zusätzlich auch mit der Abwasserabgabe verrechnet werden. Wird getrennt danach Ozon oder Aktivkohle eingesetzt und dadurch der CSB um 20 % abgesenkt, ist auch der dafür notwendige Investitionsaufwand mit der Abwasserabgabe verrechenbar.

Es ist mit einer sehr großen Wahrscheinlichkeit damit zu rechnen, dass in Zukunft der Grenzwert für Phosphat verschärft und es einen neuen Grenzwert für Diclofenac geben wird. Damit wäre eine rechtliche Notwendigkeit sowohl für eine Flockungsfiltration als auch für eine Spurenstoffelimination gegeben. Eine Förderung wird es dann aber aller Voraussicht nach nicht mehr in dem bisherigen Umfang geben. Allerdings ist derzeit noch nicht abzusehen, wie die Grenzwerte der Zukunft aussehen werden.

Mit dem Bau einer Flockungsfiltrationsanlage ist der Einstieg in die weitergehende Abwasserreinigung möglich. Durch die schrittweise Erweiterung um eine spezifische Stufe zur Spurenstoffelimination kann danach die Technologie gezielt ausgewählt werden, wenn seitens des Gesetzgebers verbindliche Vorgaben zu Entnahmewirkungen und der zu überwachenden Parameter vorliegen.

2.2 Prozesswasserbehandlung

Innerhalb der Kläranlage fällt bei der Schlammwässerung Prozesswasser an, das eine relativ hohe Stickstoffkonzentration aufweist (700 - 1.000 mg/l). Dieser Stickstoff muss unter Luftzufuhr in der Kläranlage zuerst nitrifiziert und danach denitrifiziert werden. Reicht zur Denitrifikation die organische Belastung des kommunalen Abwassers nicht aus, muss zeitweise eine teure externe Kohlenstoffquelle (Essigsäure, Methanol) zugegeben werden. Diese Betriebsweise wird derzeit in Tübingen umgesetzt.

Die Behandlung des Prozesswassers kann verfahrenstechnisch modifiziert werden und durch die Züchtung spezieller Mikroorganismen so gestaltet werden, dass nur noch sehr wenig Sauerstoff und keine C-Quelle mehr benötigt werden. Die sogenannte Deammonifikation ist aber in der Praxis nicht immer prozessstabil zu betreiben. Großtechnische Erfahrungen mit einem zweistufigen System, bei dem die Biozönose wesentlich stabiler arbeiten kann, liegen bis Mitte 2016 vor. Die Vorversuche im halbtechnischen Maßstab unter den Bedingungen eines technischen Anlagenbetriebes waren optimal. Würde diese Technologie in Tübingen umgesetzt, könnte dadurch der Energiebedarf um 1 bis 2 kWh/EW·a verringert und die Kosten für die C-Quelle eingespart werden.

Bezogen auf die Flockungsfiltration könnten damit durch die Deammonifikation zwischen ca. 30 % und 100 % der benötigten Energie ausgeglichen werden. Würde zusätzlich auch noch eine Spurenstoffelimination realisiert, wäre mit der Deammonifikation, je nachdem welches Verfahren gewählt wird, zwischen ca. 10 % und 50 % des Energiebedarfs ersetzbar.

2.3 Die Phosphorgewinnung aus Klärschlamm

Derzeit ist die Phosphorgewinnung aus Klärschlamm wirtschaftlich nicht darstellbar. Allerdings wird darüber diskutiert einen Grenzwert für Phosphor in der Klärschlammverordnung aufzunehmen. Dann wäre der derzeitige Entsorgungsweg über eine gemeinsame Verbrennung mit anderen Stoffen nicht mehr möglich. Der Schlamm müsste in einer Monoverbrennung entsorgt werden. Dies würde zu deutlich höheren Kosten führen. Auch in diesem Punkt ist nicht absehbar, wann mit den Konsequenzen einer Änderung der Rechtslage zu rechnen ist.

Derzeit gibt es keine Untersuchungen wie eine Phosphorrückgewinnung in der Kläranlage Tübingen aussehen könnte. Um in den Genuss des vom Umweltministerium aufgelegten Förderprogramms zu kommen, muss zunächst eine Projektskizze vorgelegt werden. Erst wenn diese genehmigt ist, darf ein Förderantrag gestellt werden. Die Verwaltung plant eine Machbarkeitsstudie zu beauftragen, auf Grundlage derer entschieden werden kann, ob und in welcher Form das Thema weiter bearbeitet werden soll. Die Machbarkeitsstudie wird vom Umweltministerium mit 50 % gefördert.

3. Vorschlag der Verwaltung

Die Verwaltung schlägt vor, das Thema „4. Reinigungsstufe“ offensiv anzugehen, um zu einem früheren Zeitpunkt noch Fördermittel in Anspruch nehmen zu können. Technisch soll das Thema wie nachstehend dargestellt angegangen werden:

3.1 Spurenstoffe und Phosphor im Abwasser

Die Verwaltung schlägt ein stufenweises Vorgehen vor. Zunächst soll der Filter geplant und errichtet werden. Die Planung der Spurenstoffelimination wird erarbeitet, wenn abzusehen ist, welche Eliminationsraten in Zukunft gefordert werden. Der Förderantrag wird für die komplette Anlage gestellt. Somit werden sowohl der Filter als notwendige Vorstufe die später gebaute Spurenstoffelimination eine Förderung von 20 % erhalten. Sollte die Spurenstoffelimination im Nachgang nicht gebaut werden, müssen nachzeitigem Kenntnisstand die Fördermittel für den Filter nicht zurückerstattet werden, da der Flockungsfilter nach den Ergebnissen des vom Land unterstützten Schussen Aktivplus Projektes solitär betrachtet nicht nur positiv für die Phosphatrückhaltung ist, sondern darüber hinaus auch noch durch die Wirkung der Fällungschemikalien einzelne Spurenstoffe spezifisch zurückgehalten werden. Der Filter wird in der Form vorbereitet, dass er als Flockungsfilter zur alleinigen P-Elimination aber auch in Verbindung mit Ozon oder pulverisierter Aktivkohle zur Spurenstoffelimination eingesetzt werden kann. Darüber hinaus wird das Bauwerk so gestaltet, dass die Filterschicht zu einem späteren Zeitpunkt ausgetauscht und durch granulierten Aktivkohle ersetzt werden kann. Die Abwasserabgabe kann mit den Investitionskosten voll verrechnet werden.

3.2. Prozesswasserbehandlung

Sollte es sich im Laufe des Jahres zeigen, dass die derzeit an anderer Stelle in Betrieb genommenen großtechnischen Anlagen zur Prozesswasserbehandlung stabil laufen, soll geprüft werden, ob eine Umsetzung in Tübingen wirtschaftlich sinnvoll wäre. Die Verwaltung wird dann erneut darüber berichten.

3.3. Phosphor im Klärschlamm

Die Verwaltung beauftragt eine Machbarkeitsstudie, die die technischen Verfahren, die Betriebseinflüsse und die Kosten erstellt.

4. **Lösungsvarianten**

Grundsätzlich könnte mit der Planung und Realisierung der 4. Reinigungsstufe so lange gewartet werden bis die Genehmigungsbehörde dies vorschreibt. Allerdings könnten dann keine Fördermittel mehr in Anspruch genommen werden.

Aus technischer Sicht gibt es die nachstehend dargestellten Varianten für eine 4. Reinigungsstufe:

Spurenstoffe und Phosphor

Variante 1: Es wird schrittweise in die weitergehende Abwasserreinigung investiert und eine Flockungsfilteranlage realisiert. Die Festlegung auf ein Verfahren zur Spurenstoffelimination erfolgt zu einem späteren Zeitpunkt. Fördermittel und die Abwasserabgabe werden zur Finanzierung verwendet.

Variante 2: Es wird keine Investition getätigt und abgewartet bis Vorgaben des Gesetzgebers Maßnahmen erfordern. Auf derzeit mögliche Fördermittel wird verzichtet.

Phosphorrückgewinnung

Variante 1: Es wird eine Machbarkeitsstudie durchgeführt und die in Tübingen in Frage kommenden Lösungsmöglichkeiten abgeklärt. Das Ergebnis bildet die Grundlage für weitere Entscheidungen. Die Studie wird zu 50 % gefördert.

Variante 2: Es wird nichts unternommen und abgewartet bis Vorgaben des Gesetzgebers Maßnahmen erfordern.

5. **Finanzielle Auswirkungen**

5.1. Spurenstoffe und Phosphor im Abwasser

Für die Planungsleistung und den Bau der Flockungsfiltration mit Einbindung in den Bestand werden in den Jahren 2016 bis 2018 ca. 9 Mio. Euro benötigt. Für die weitergehende Spurenstoffelimination werden je nach gewählter Technologie weitere Mittel in Höhe von zwei bis sechs Mio. Euro benötigt. Im Wirtschaftsplan der KST sind bislang 12,5 Mio. € eingestellt. Den Ausgaben stehen Fördermittel zwischen ca. 1,8 und 3 Mio. Euro entgegen sowie die mögliche Verrechnung mit der Abwasserabgabe. Ohne Berücksichtigung der Fördermittel kann die Flockungsfiltration und die Spurenstoffelimination eine Gebührenerhöhung von bis zu 30 Cent/m³ verursachen.

5.2. Prozesswasserbehandlung

Da es keine rechtliche Verpflichtung mehr gibt und die stabile technische Realisierung noch immer strittig ist, wurde die Maßnahme im Wirtschaftsplan 2016 nicht mehr dargestellt. Sollte sie sich als wirtschaftlich sinnvoll erweisen, muss das Projekt für 2017/2018 neu in den Etat aufgenommen werden.

5.3. Phosphor im Klärschlamm

Für die Machbarkeitsstudie werden Mittel in Höhe von ca. 40.000 Euro benötigt. Die Hälfte davon wird durch das Land getragen. Die notwendigen Mittel sind nicht finanziert. Sie können durch Minderausgaben im Bereich kleine Kanalbaumaßnahmen gedeckt werden.

