

Kläranlage Gütersloh Putzhagen

Großtechnische Umsetzung einer Anlage zur Elimination von
Spurenstoffen mit granulierter Aktivkohle (GAK)

-Konzeptstudie-



Auftraggeber:

Stadt Gütersloh
FB Tiefbau
Berliner Straße 70
33330 Gütersloh

Projektleiter: Hr. Schröder

Erstellt durch:

ATEMIS GmbH
Technologiezentrum am Europaplatz
Dennewartstraße 25-27
52068 Aachen

Hydro-Ingenieure Planungsgesellschaft für Siedlungswasserwirtschaft mbH
Beratende Ingenieure
Stockkampstraße 10
40477 Düsseldorf

Aachen, Düsseldorf, 25. Mai 2016

SLR/XW

KA522LP0R04_Konzeptstudie GAK großtechnisch

Projektleiter ATEMIS:
gez. Dipl.-Ing. Frank Schlösser

Projektleiter Hydro-Ingenieure:
gez. Dr.-Ing. Xin Wu

Zur Konzeptstudie gehören:

Erläuterungsbericht

Anlage 1: Kostenschätzung

Anlage 2: Fließbilder

Anlage 3: Pläne

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	1
1.1	Veranlassung	1
1.2	Aufgabenstellung	2
2	Kurzbeschreibung der Kläranlage	3
3	Kurzbeschreibung der durchgeführten Versuche	6
4	Ermittlung der Grundlagendaten	11
4.1	Auswertung der Wassermenge	11
4.2	Ermittlung des Bemessungszuflusses zur Vordimensionierung der Aktivkohlestufe	13
4.3	Konzeptionelle Einbindung der Aktivkohlestufe in die bestehende Reinigungsanlage	15
5	Vordimensionierung der Anlagentechnik der Aktivkohlestufe	18
5.1	Vordimensionierung der Adsorber	18
5.2	Betriebskonzept unter Berücksichtigung der Filterspülung	20
5.3	Vordimensionierung der Komponenten für die Filterspülung	21
5.4	Vordimensionierung der Rohrleitungen	22
5.5	Vordimensionierung der Zulaufpumpen	23
6	Vordimensionierung der Bautechnik der Aktivkohlestufe	24
6.1	Ermittlung des Hallenvolumens	24
6.1.1	Vorauswahl der Bauart der Halle und der Speicherbehälter	25
6.2	Ermittlung geeigneter Standorte	26
6.2.1	Bewertung und Vorauswahl eines favorisierten Standortes	27
7	Kostenschätzung	29
8	Zusammenfassung	34

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 2-1:	Schematischer Schnitt durch eine Biofor-Filterzelle	4
Abbildung 2-2:	Schematische Darstellung der Filtrationsstufe (ATEMIS 2011)	4
Abbildung 3-1:	Verfahrensschema für die Versuche in großtechnischem und Pilotmaßstab inklusive der Probenahmestellen in den Phasen 1 und 2	7
Abbildung 3-2:	Blick in einen der Großadsorber (GA)vor der Befüllung mit Aktivkohle	8
Abbildung 3-3:	Blick auf GA1 (oben) und GA2 (unten) nach Befüllung mit Aktivkohle	9
Abbildung 3-4:	SPS-Screenshot mit den Zeitphasen des Spülprogramms für GA1 und GA2	9
Abbildung 4-1:	Tägliche Abflussmengen im Ablauf der Flockungsfiltration, 2011-2015	11
Abbildung 4-2:	Stündliche Abflussmengen im Ablauf der Flockungsfiltration, 2013-2015	12
Abbildung 4-3:	Unterschreitungshäufigkeit der stündlichen Abflüsse	14
Abbildung 4-4:	Anteil der Spurenstoffbehandlungsmenge an der Jahresabwassermenge bei verschiedenen Bemessungszuläufen	15
Abbildung 4-5	Grundfließbild Bestandsanlage	16
Abbildung 4-6	Grundfließbild Einbindung GAK-Anlage in den Bestand	16
Abbildung 6-1	Grundriss der GAK-Halle mit Speicherbehältern	25
Abbildung 6-2	Mögliche Standorte für eine neue GAK-Stufe	27
Abbildung 6-3	Favorisiertes Standortkonzept	28

Tabellenverzeichnis

Tabelle 4-1:	Charakteristische Werte der Abflussmengen	12
Tabelle 4-2:	Charakteristische Werte der stündlichen Abflussmengen	13
Tabelle 4-3:	Ermittlung der Anlagenkapazität bei 90 % Verfügbarkeit	14
Tabelle 5-1:	Teilstrommengen zur Aktivkohlestufe	18
Tabelle 5-2:	Bevorzugte Prozessparameter aus den Forschungsversuchen	18
Tabelle 5-3:	Vordimensionierung der Adsorber für $Q_{Bem} = 200$ l/s	19
Tabelle 5-4:	Vordimensionierung der Adsorber für $Q_{Bem} = 250$ l/s	20
Tabelle 5-5:	Vordimensionierung der Filterspülung	21
Tabelle 5-6:	Vordimensionierung der Rohrleitungen	22
Tabelle 5-7:	Vordimensionierung der Zulaufpumpen	23
Tabelle 7-1:	Investitionskosten 10 Druckkessel	29
Tabelle 7-2:	Investitionskosten 12 Druckkessel	29
Tabelle 7-3:	Jahreskosten 10 Druckkessel	31
Tabelle 7-4:	Jahreskosten 12 Druckkessel	32
Tabelle 7-5:	Jahreskosten 12 Druckkessel	33
Tabelle 7-5:	Spezifische Kosten GAK-Filtration im Vergleich	33

1 Einleitung

1.1 Veranlassung

Die Stadt Gütersloh betreibt im Ablauf des Hauptklärwerkes Putzhagen eine Abwasserfiltration (BIOFOR-Filteranlage).

Vor dem Hintergrund der vom Land NRW geförderten Projekte zur Spurenstoffelimination wurden im Jahr 2011 im Rahmen einer Konzeptstudie verschiedene Verfahren zur Spurenstoffentfernung auf der Kläranlage Gütersloh-Putzhagen vorgestellt und verglichen. Im Ergebnis wurde empfohlen, eine Spurenstoffentfernung mittels granulierter Aktivkohle in zwei der vorhandenen Filterbecken zu realisieren. Im Rahmen eines Forschungsvorhabens wurden hierzu verschiedene Versuche durchgeführt.

Im ersten Teil des Forschungsvorhabens wurden verschiedene Umbauten an der Filteranlage sowie der zugehörigen Anlagensteuerung vorgenommen. Hierzu wurde das vorhandene alte Filtermaterial zweier Filterbecken gegen granuliert Aktivkohle ausgetauscht. Der Versuchsbetrieb wurde im Januar 2013 gestartet und endete im Juli 2013. Im November 2013 wurden die Versuchsergebnisse vom IWW vorgestellt und in einem Zwischenbericht zusammengefasst.

Aufbauend auf den Ergebnissen der ersten Versuchsphase wurde am 26.11.2013 von der Stadt Gütersloh ein Antrag auf Erhöhung der Fördermittel zur Durchführung einer zweiten Projektphase gestellt.

In der zweiten Projektphase sollte die vorhandene Anlage auf Basis der Ergebnisse aus der ersten Phase dahingehend umgebaut werden, dass eine Beschickung der Aktivkohlefilter mit vorfiltriertem Abwasser ermöglicht wird. Hierzu wurden weitere Umbauten an der Anlage erforderlich. Des Weiteren wurde die Aktivkohle zu Beginn der zweiten Projektphase ausgetauscht. Während in der ersten Versuchsphase Aktivkohlen zweier verschiedener Hersteller getestet wurden, wurden in der zweiten Versuchsphase eine Frischkohle sowie eine regenerierte Kohle eines Herstellers getestet. Aufbauend auf den positiven Zwischenergebnissen der zweiten Projektphase, die Mitte 2016 abgeschlossen werden soll, sollen die Kosten für eine großtechnische Umsetzung einer 4. Reinigungsstufe mittels Kornaktivkohle als eigenständige, der BIOFOR-Filteranlage nachgeschaltete Verfahrensstufe ermittelt werden.

1.2 Aufgabenstellung

Aufbauend auf den positiven Zwischenergebnissen der zweiten Projektphase, die Mitte 2016 abgeschlossen werden soll, sollen die Kosten für eine großtechnische Umsetzung einer 4. Reinigungsstufe mittels Kornaktivkohle als eigenständige, der BIOFOR-Filteranlage nachgeschaltete Verfahrensstufe ermittelt werden.

Das Ingenieurbüro ATEMIS wurde gebeten, die erforderlichen Ingenieurleistungen zur Erstellung einer Konzeptstudie zu erbringen. Ziel der Konzeptstudie ist es, aufbauend auf den Ergebnissen der zweiten Versuchsphase eine Vordimensionierung der Aktivkohlestufe und eine Ermittlung der erforderlichen Hallengröße durchzuführen, um die Kosten für eine großtechnische Umsetzung abschätzen zu können.

Die erforderlichen Ingenieurleistungen werden in Zusammenarbeit mit dem Büro Hydro-Ingenieure GmbH aus Düsseldorf unter der Federführung von ATEMIS GmbH erbracht.

2 Kurzbeschreibung der Kläranlage

Das Hauptklärwerk Putzhagen der Stadt Gütersloh liegt am westlichen Stadtrand, hat eine Ausbaugröße von 150.600 EW und eine Anschlussgröße von 145.000 EW. Die Kläranlage besteht aus folgenden Reinigungsstufen:

- 2 parallele Feinrechen (6 mm)
- 2 parallele Feinrechen (3 mm)
- 2-straßiger Sand- und Fettfang ($V_{\text{ges}} = 600 \text{ m}^3$)
- 1 Vorklärbecken ($V_{\text{ges}} = 2.500 \text{ m}^3$)
- 1 Ausgleichsbecken (ehem. Vorklärbecken, $V_{\text{ges}} = 2.500 \text{ m}^3$)
- Belebungsbecken: $V_{\text{ges}} = 27.700 \text{ m}^3$
- 4-straßige vorgeschaltete Denitrifikation als 2er-Kaskade
- 16 Nachklärbecken ($V_{\text{ges}} = 11.600 \text{ m}^3$)
- Flockungsfiltration vom Typ „Biofor“ (9 Filterzellen, Filterfläche $A_{\text{ges}} = \text{ca. } 370 \text{ m}^2$)

Das so gereinigte Abwasser wird in den Vorfluter „Dalke“ eingeleitet.

Die nachgeschaltete Flockungsfiltration (Dosierung des Fällmittels FeCl_3) dient im Wesentlichen der Ausfällung von Restkonzentrationen an Phosphor sowie einem weitergehenden Partikelrückhalt. Während die Kläranlage Putzhagen für einen Volumenstrom von $3.500 \text{ m}^3/\text{h}$ ausgelegt wurde, ist die Filterstufe auf $3.600 \text{ m}^3/\text{h}$ dimensioniert. Die Jahresschmutzwassermenge des Klärwerks beträgt im Mittel $5,93 \text{ Mio. m}^3/\text{a}$.

Der Aufbau der Biofor-Filter (Baujahr 1992) und ihrer Schüttungen sind in dem Schema der Abbildung 2-1 skizziert. Die Filter werden – wie bei dem Biofor-Prinzip üblich – von unten nach oben durchströmt. In den 9 Filterzellen befinden sich jeweils 100 m^3 des Filtermaterials Liaperl[®] G 4-8 R (Fa. Cleanswater Ökotau GmbH) mit einem Kornband von 4 bis 8 mm (effektive Korngröße von 4,5 mm). Die im Düsenboden verschraubten Luftpolsterdüsen haben eine Schlitzweite von ca. 2,3 mm.

Wie aus Abbildung 2-2 ersichtlich ist, läuft der Ablauf der Nachklärung zunächst zu einer Pumpenvorlage. Aus dieser wird er mit fünf Pumpen, von denen zwei FUGeregelt sind, über einen Verteilschacht in die Verteilerrinne für den Filterzulauf zu

den 9 Biofor-Filtern geführt. Zwischen der Pumpenvorlage und der Verteilerrinne wird sowohl das Fällmittel (FeCl_3) als auch das Flockungshilfsmittel dosiert.

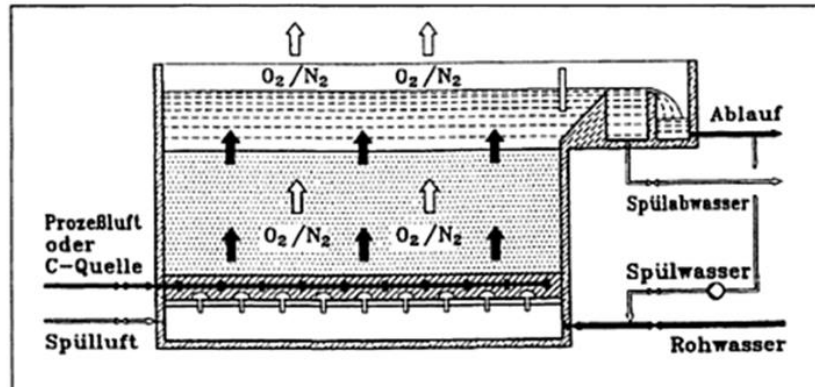


Abbildung 2-1: Schematischer Schnitt durch eine Biofor-Filterzelle

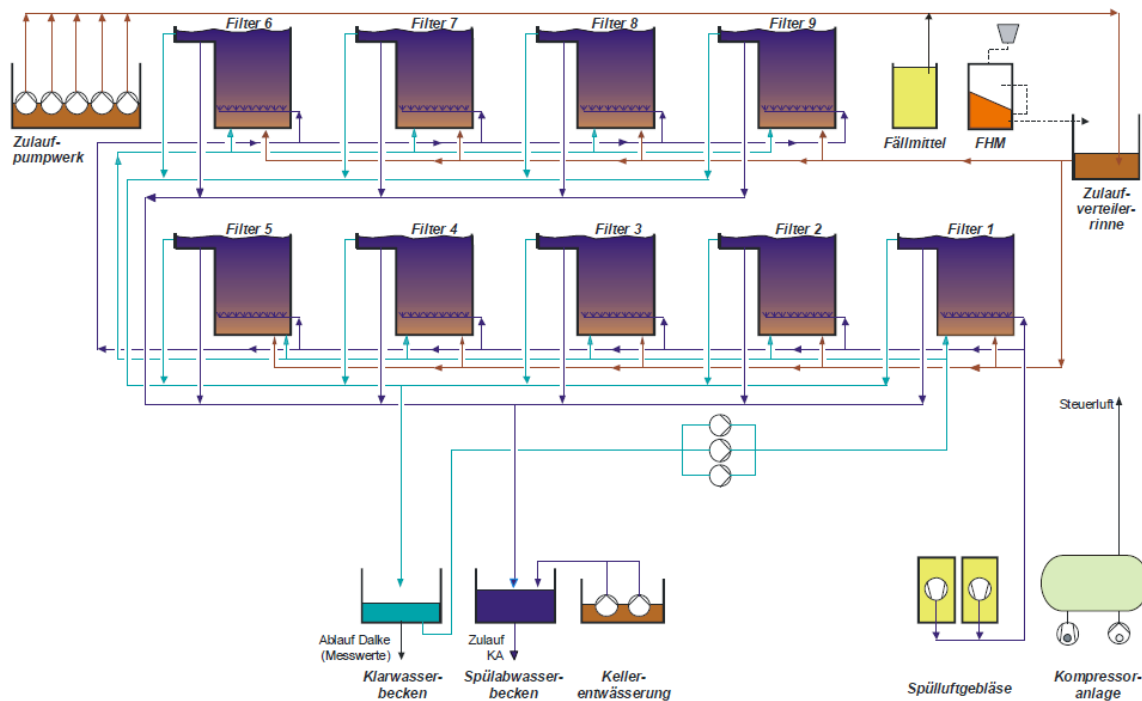


Abbildung 2-2: Schematische Darstellung der Filtrationsstufe (ATEMIS 2011)

Die Zuführung des Filterzulaufs erfolgt also ohne Zwangsverteilung der Volumenströme, sondern stellt sich bei konstantem Filterüberstau gemäß dem jeweiligen Durchströmungswiderstand individuell ein. Die Filtrate werden über einen gemeinsamen Klarwasserschacht mit einem Fassungsvermögen von ca. 340 m^3 , welcher

gleichzeitig als Spülwasservorlage dient, dem Vorfluter zugeführt. Die Verfahrensstufe verfügt über eine Siemens-S7-Steuerung.

Weiterhin sind an die Biofor-Filter Spülluftgebläse und Spülwasserpumpen zur Reinigung angeschlossen.

Das Spülabwasser wird über ein separates Becken (ca. 270 m³ Inhalt) wieder dem Zulauf der Kläranlage geregelt zugeführt und dort gereinigt. Über eine Schiebersteuerung wird hier sichergestellt, dass das Spülabwasser mit maximal 280-300 m³/h abgelassen wird, um einen Rückstau in dem vorhandenen Rohrleitungssystem zu verhindern. Die Biofor-Filter werden nach dem Erreichen eines der beiden Spülkriterien „maximale Filterlaufzeit“ oder „maximaler Differenzdruck“ gespült. Die Spülung erfolgt derzeit täglich, in der Regel in den Nachtstunden.

3 Kurzbeschreibung der durchgeführten Versuche

Die Versuche zur Elimination von Spurenstoffen mittels granulierter Aktivkohle wurden in zwei Projektphasen durchgeführt, die nachfolgend vereinfacht als Phase 1 und Phase 2 bezeichnet werden. Für die Versuche wurde das konventionelle Filtermaterial zweier Biofor-Filter gegen granulierte Aktivkohle ausgetauscht.

Die Verfahrensschemata für die Versuche in der Phase 1 und 2 inklusive der genutzten Probenahmestellen zeigt Abbildung 3-1

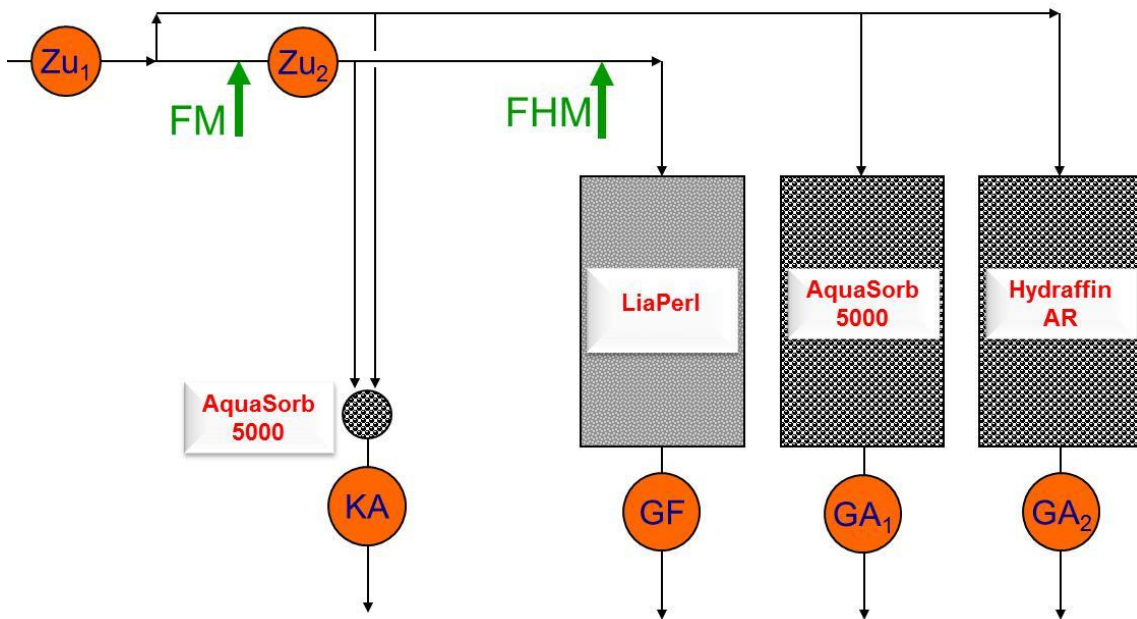
Alle untersuchten Adsorber wurden in Phase 1 mit dem Zulauf der Filterstufe ohne weitere Zusätze an Fäll- oder Flockungsmittel beschickt. Lediglich der parallel betriebene Kleinadsorber im Pilotmaßstab wurde temporär für vergleichende Untersuchungen auch mit Fällmittel (FeCl_3) haltigem Zulauf beaufschlagt.

Die Beschickung der beiden Adsorber erfolgte in Phase 2 nicht wie in Projektphase 1 mit Ablauf der Nachklärung, sondern mit dem Filtrat der Biofor-Filter der Flockungsfiltration. Dafür wurde eine neue Pumpe installiert, die Filtrat der Biofor-Filter unter den Düsenboden beider Adsorber für die maximale Aufbereitungsmenge fördert. Die Fördermengen werden strangweise erfasst und mit Hilfe der vorhandenen Regelklappen aus der 1. Phase eingestellt. Die Beschickung der Adsorber erfolgt ohne Zugabe von Fäll- oder Flockungsmittel.

Ein, wie alle übrigen Biofor-Filter, unter Fällmittelzusatz betriebener Großfilter (GF) aus dem Bestand diente als Referenz für die Elimination des $\text{PO}_4\text{-P}$ und für die CSB-Verminderung infolge von Trübstoffabscheidung und biologischem Abbau.

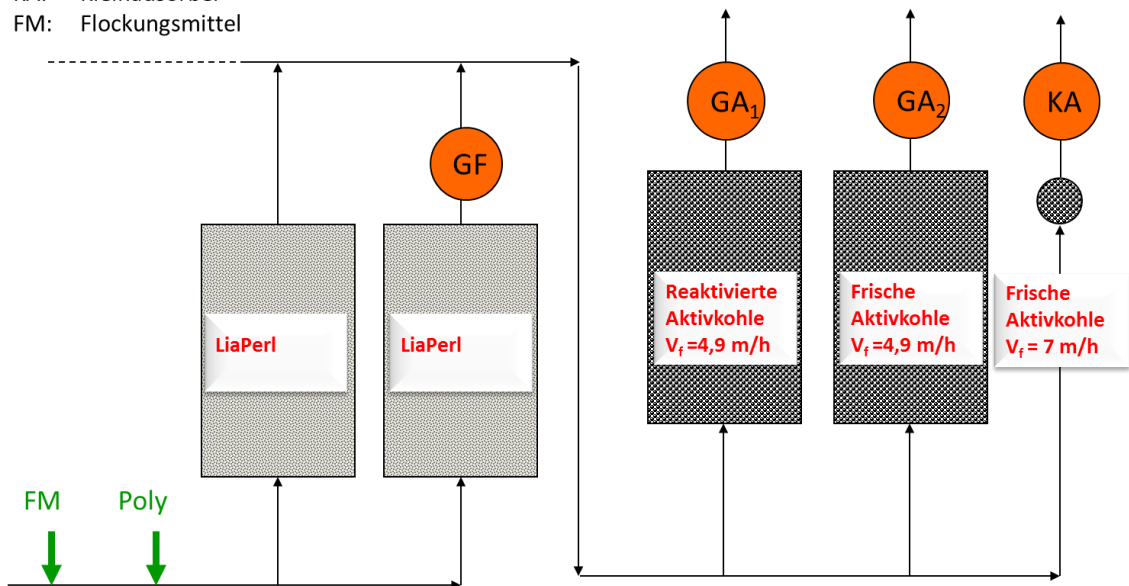
Die Adsorber wurden jeweils mit einem konstanten Durchsatz (kontinuierlich/ diskontinuierlich) betrieben, während der untersuchte Biofilter einem unregelmäßigen Betrieb unterlag.

Phase 1:



Phase 2:

- GF: Großfilter
- GA: Großadsorber
- KA: Kleinadsorber
- FM: Flockungsmittel



2

Abbildung 3-1: Verfahrensschema für die Versuche in großtechnischem und Pilotmaßstab inklusive der Probenahmestellen in den Phasen 1 und 2

Filterkammer Nr. 1 und Nr. 2 der Biofor-Verfahrensstufe (leere Filterzelle siehe Abbildung 3-2) und deren Steuerung wurde gemäß der Planung durch ATEMIS so umgebaut, dass sie sich ab Januar 2013 als durchflussgeregelter großtechnischer Adsorber (GA1 und GA2) im Aufstrom betreiben ließen. Die Filterfläche der Großadsorber (GA) lag bei jeweils 42 m².



Abbildung 3-2: Blick in einen der Großadsorber (GA) vor der Befüllung mit Aktivkohle

Auf dem mit Filterdüsen und Luftverteilungsrohren bestückten Düsenboden (siehe Abbildung 3-2) wurde eine Stützschrift aus grober Aktivkohle aufgebracht, auf die dann die eigentliche Aktivkohle mit feinerer Körnung aufgebracht wurde. Während in der Phase 1 zwei Frischkohlen verschiedener Hersteller verglichen wurden, beinhaltete Phase 2 den Vergleich einer Frischkohle mit dem Regenerat der zuvor beladenen Kohle. Beide Aktivkohlesorten stammten von dem gleichen Hersteller.



Abbildung 3-3: Blick auf GA1 (oben) und GA2 (unten) nach Befüllung mit Aktivkohle

Im Rahmen von Vorversuchen am GA und zur Kontrolle der dabei erzielten Bettexpansion wurde die Spülwassergeschwindigkeit mit 27 m/h festgelegt. Damit wurde die Wasserspülung so optimiert, dass mit etwa 15 % Bettexpansion eine ausreichende Fluidisierung des gesamten Bettes erzielt werden konnte, was einen effektiven Trübstoffaustrag, aber keinen Aktivkohleaustrag, sicherstellen sollte.

Das resultierende Spülprogramm zeigt die SPS-Grafik in Abbildung 3-4.

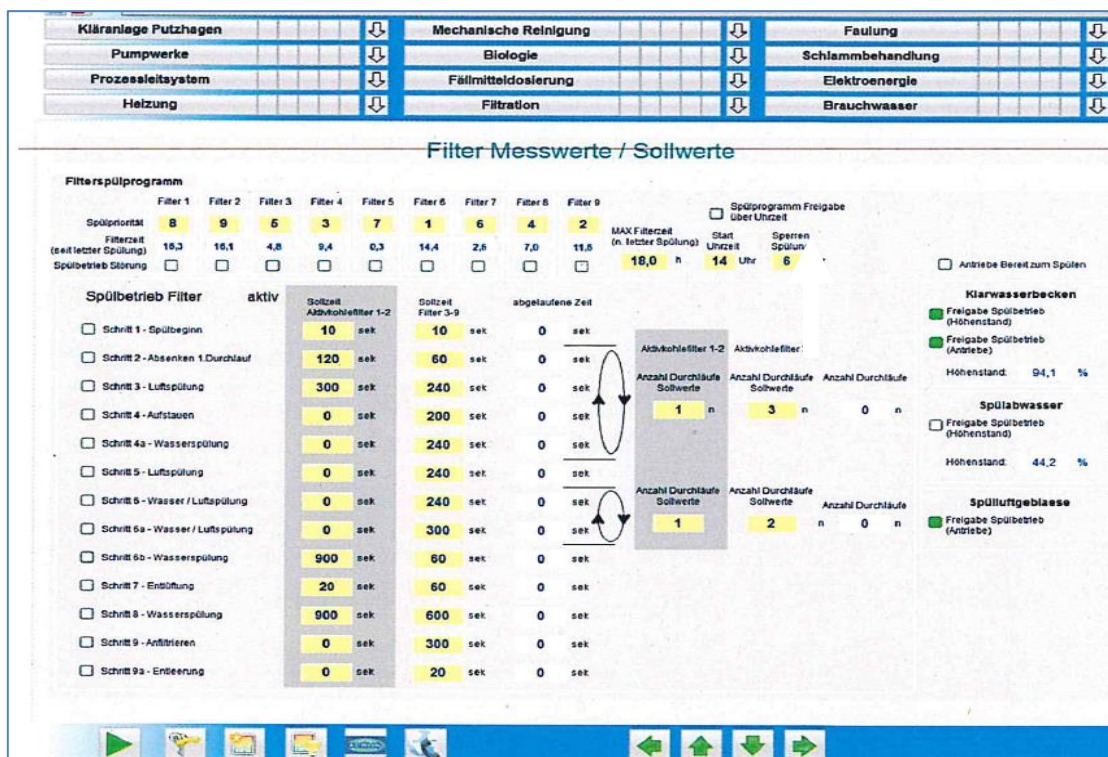


Abbildung 3-4: SPS-Screenshot mit den Zeitphasen des Spülprogramms für GA1 und GA2

Als wesentliches Auslegungskriterium für den Betrieb eines Festbettadsorbers ist die Aufenthaltszeit des Wassers im Schüttvolumen des Adsorberbettes zu nennen, welche die Kontaktzeit zwischen Wasser und GAK vorgibt und entsprechend die Kinetik für den Stoffübergang limitiert. Die Leerbett-Kontaktzeit (Empty Bed Contact Time, EBCT) ergibt sich somit als Quotient von Betthöhe und Filtergeschwindigkeit. Wirtschaftlich sinnvolle Leerbett-Kontaktzeiten liegen zwischen 10 und 30 Minuten bei Filtergeschwindigkeiten zwischen 5 und 15 m/h (Benstöm et al., 2016). Bei einer Betthöhe von 2,75 m und einer Filtergeschwindigkeit von 5 m/h beträgt die Leerbett-Kontaktzeit 33 Minuten.

Um den Einfluss verschiedener Filtergeschwindigkeiten auf den Adsorptionsprozess trotz schwankender Zusammensetzung des Zulaufs exakt vergleichen zu können, war ein Parallelbetrieb von zwei Adsorbern mit identischem Bettaufbau und identischer Aktivkohle unerlässlich. Daher wurde in der 2. Versuchsphase parallel zum GA mit der frischen GAK ein kleintechnischer Adsorber (KA) im Pilotmaßstab mit gleicher GAK-Schüttung betrieben.

Die Dauer eines Filtrationszyklus bis zur Spülung richtet sich nach der Geschwindigkeit des auftretenden Druckverlustanstiegs. Durch den freien Überlauf der oben offenen Großfilter und Adsorber lässt sich der Druckverlust aus dem Gesamtdruck im Filterzulauf abzüglich des hydrostatischen Drucks aus geodätischer Höhendifferenz zwischen Messstelle Zulauf und Überlaufkante ermitteln. Ein sinnvoller Maximaldruck im Zulauf, der den Filtrationsprozess stoppt und die Spülung auslöst, wurde nach den ersten Filterläufen bestimmt. Hierbei sind die Kriterien Pumpenergie, Verbackungsgefahr in den Filterschüttungen und Störung der Sorptionsfronten im Aktivkohlebett gegeneinander abzuwiegen. Die einzelnen Spülparameter (Schrittfolge, Volumenströme, Zeitintervalle) wurden in der Phase 1 des Projektes detailliert optimiert und in dieser Konfiguration in dieses Folgeprojekt übernommen.

4 Ermittlung der Grundlagendaten

Der wesentliche Auslegungsparameter für die Aktivkohlestufe ist der Bemessungsabfluss. Nachfolgend werden zur Festlegung des Bemessungsabflusses die Abflussmengen der Kläranlage Gütersloh-Putzhagen ausgewertet.

4.1 Auswertung der Wassermenge

Zur Auswertung der Wassermenge wurden die täglichen sowie stündlichen Abflussmengen im Ablauf der Flockungsfiltration von 2011 bis 2015 herangezogen.

In Abbildung 4-1 werden die täglichen Abflussmengen grafisch dargestellt. Die Trockenwetterabflüsse, die nach der Methode des 21-Tage-Miniums ermittelt wurden, werden farblich getrennt markiert.

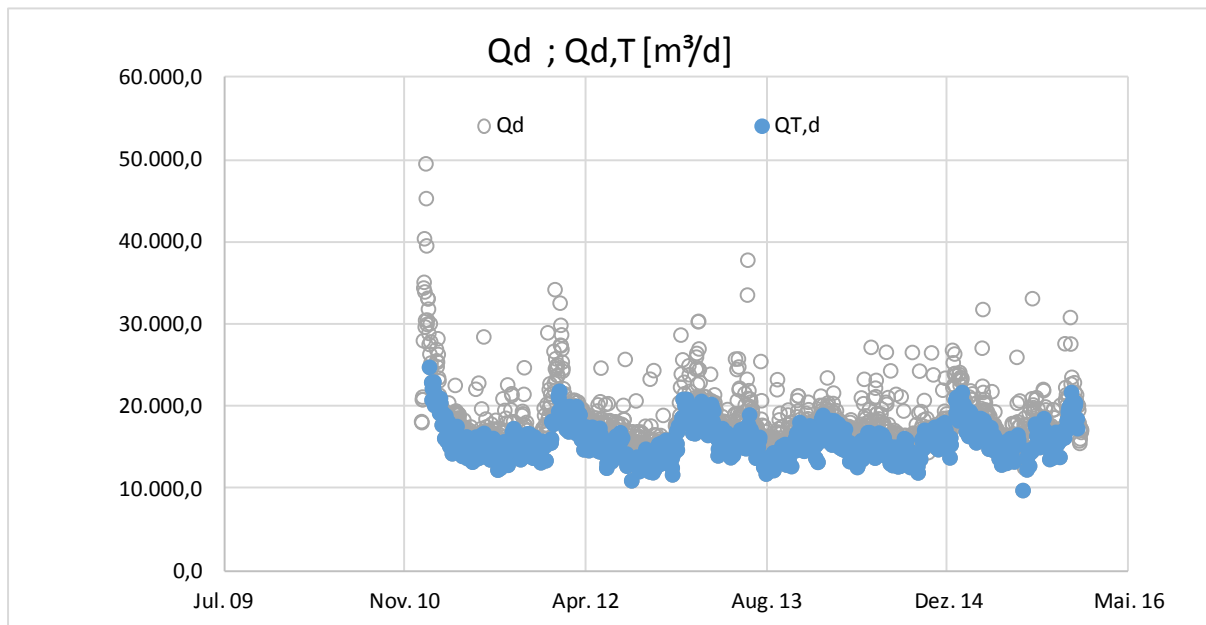


Abbildung 4-1: Tägliche Abflussmengen im Ablauf der Flockungsfiltration, 2011-2015

Insgesamt wird die Abflussganglinie durch deutlich erhöhte Wassermengen in den Wintermonaten geprägt. Die Auswertung in Tabelle 4-1 zeigt, dass die jährliche Abwassermenge in den betrachteten Jahren 2011-2015 relativ konstant geblieben ist. Im Mittel liegt die Jahresabwassermenge (JAM) bei ca. 6,5 Mio. m³/a. Der mittlere jährliche Trockenwetterabfluss liegt bei 16.360 m³/d. Die Jahresschmutzwassermengen-

ge (JSM) beträgt zwischen 2011 und 2015 ca. 6,1 Mio. m³/a. Damit liegt das Verhältnis JSM/JAM in der Kläranlage Gütersloh-Putzhagen bei ca. 94%. Im Vergleich zu den anderen Kläranlagen ist dieses Verhältnis hier sehr hoch.

Tabelle 4-1: Charakteristische Werte der Abflussmengen

	Jahresabwassermenge [m ³ /a]	Jahresschmutzwassermenge [m ³ /a]	Mittlerer jährlicher Trockenwetterabfluss [m ³ /d]
2011	6.666.552	6.110.603	16.147
2012	6.392.903	5.948.285	16.215
2013	6.519.736	6.106.990	16.611
2014	6.086.410	5.995.702	15.834
2015	6.626.052	6.255.650	16.957
2011- 2015	<u>6.458.331</u>	<u>6.083.446</u>	<u>16.360</u>

In Abbildung 4-2 werden die stündlichen Abflussmengen von 2013 bis 2015 grafisch dargestellt. Der mittlere und maximale stündliche Trockenwetterabfluss liegen jeweils bei 191 und 551 l/s (Tabelle 4-2). Der maximale und der minimale 1h-Trockenwetterabfluss $Q_{T,h,max}$ und $Q_{T,h,min}$ wurden nach DWA A-198 ermittelt und liegen bei 297 und 81 l/s

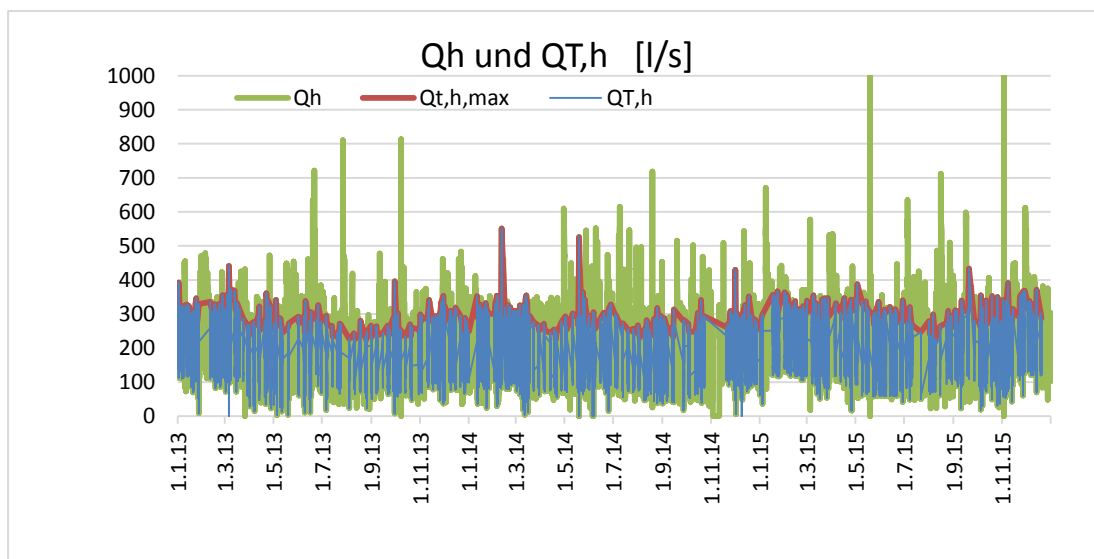


Abbildung 4-2: Stündliche Abflussmengen im Ablauf der Flockungsfiltration, 2013-2015

Tabelle 4-2: Charakteristische Werte der stündlichen Abflussmengen

	Stündlicher Abfluss Qh [l/s]	Stündlicher Trockenwetterabfluss QT,h [l/s]
Mittelwert	203	191
Max	1.098	551

4.2 Ermittlung des Bemessungszuflusses zur Vordimensionierung der Aktivkohlestufe

Zur Dimensionierung der Aktivkohlestufe wurden zwei Bemessungszuflüsse mit 200 l/s und 250 l/s diskutiert. Der $Q_{\text{Bem},1}$ von 200 l/s entspricht ungefähr dem mittleren Trockenwetterabfluss $Q_{\text{T,h}}$. Er wird in 47% der Zeit unterschritten (Abbildung 4-3). Mit $Q_{\text{Bem},1}$ von 200 l/s kann 84% der Jahresabwassermenge in der Aktivkohlestufe behandelt werden (Abbildung 4-4).

Der $Q_{\text{Bem},2}$ von 250 l/s stellt den mittleren Wert zwischen dem mittleren $Q_{\text{T,h}}$ von 191 l/s und dem $Q_{\text{T,h,max}}$ von 297 l/s dar. Er wird in 73% der Zeit unterschritten (Abbildung 4-3). Mit $Q_{\text{Bem},2}$ von 250 l/s kann 95% der Jahresabwassermenge in der Aktivkohlestufe behandelt werden (Abbildung 4-4). Somit deckt die Behandlungsmenge auch gleichzeitig die Jahresschmutzwassermenge (JSM).

Aufgrund des vorhandenen Trennsystems im Einzugsgebiet der Kläranlage Gütersloh Putzhagen ist zu erwarten, dass im Rahmen einer Genehmigung für den Bau einer Aktivkohlestufe eine Vollstrombehandlung gefordert werden wird. Dies bedeutet, dass der Nachweis zu führen wäre, dass die Anlage aufgrund ihrer Behandlungskapazität in der Lage ist, die anfallende Jahresabwassermenge, als Mittelwert der letzten 5 Jahre, zu behandeln.

In der nachfolgenden Tabelle 4-3 wird die jährliche Anlagenkapazität unter Berücksichtigung einer 90 %-igen Verfügbarkeit der mittleren Jahresabwassermenge der Jahre 2011-2015 gegenübergestellt. Demnach wäre eine Anlagenleistung von 200 l/s nicht ausreichend, um die Jahresabwassermenge behandeln zu können. Mit einer Anlagenleistung von 250 l/s ließe sich unter den getroffenen Annahmen eine

jährliche Anlagenkapazität von 7.095.000 m³/a erreichen, was über der mittleren Jahresabwassermenge von 6.458.331 m³/a liegen würde.

Tabelle 4-3: Ermittlung der Anlagenkapazität bei 90 % Verfügbarkeit

	Jahresabwassermenge	Anlagenkapazität	Anlagenkapazität
	Im Mittel [m ³ /a]	bei 200 l/s [m ³ /a]	bei 250 l/s [m ³ /a]
2011-2015 Ø	6.458.331	5.676.480	7.095.600

In der nachfolgenden Vordimensionierung werden beide zuvor genannten Bemessungszufüsse von 200 und 250 l/s zugrunde gelegt und auch im weiteren Verlauf der vorliegenden Studie betrachtet.

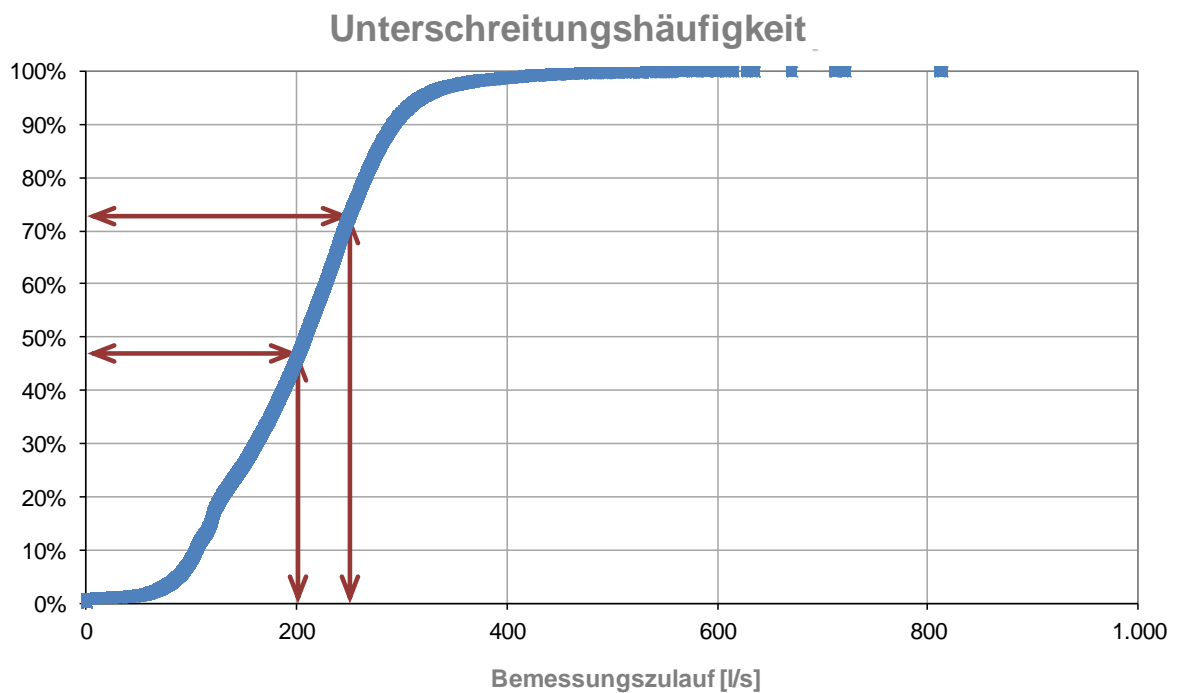


Abbildung 4-3: Unterschreitungshäufigkeit der stündlichen Abflüsse

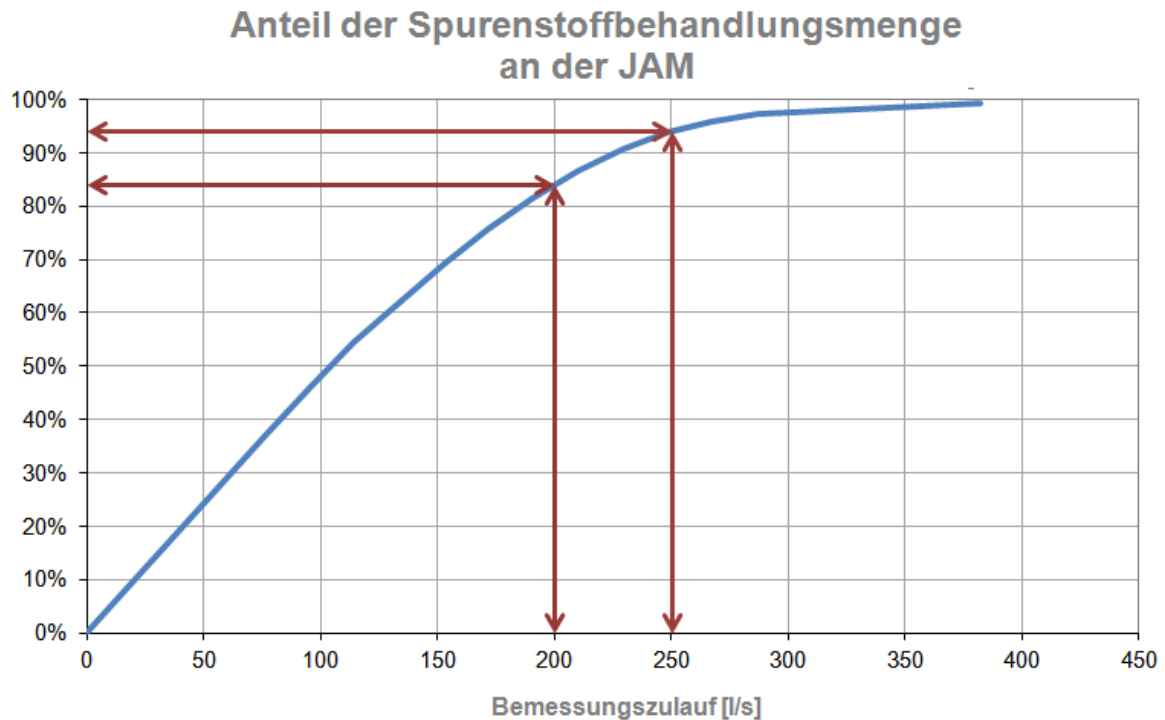


Abbildung 4-4: Anteil der Spurenstoffbehandlungsmenge an der Jahresabwassermenge bei verschiedenen Bemessungszuläufen

4.3 Konzeptionelle Einbindung der Aktivkohlestufe in die bestehende Reinigungsanlage

In der nachfolgenden Abbildung 4-5 ist ein Grundfließbild der bestehenden Flockungsfilteranlage auf der Kläranlage Gütersloh-Putzhagen dargestellt. Demnach wird der Zulauf aus den Nachklärbecken über eine Zulaufpumpstation mittels Verteilrinnen auf die 9 Flockungsfilter verteilt. Das Filtrat der Flockungsfilter wird in eine Spülwasservorlage mit einem Nutzvolumen von 340 m³ geleitet. Von dort aus fließt das Filtrat im Freigefälle in den vorhandenen Ablaufkanal und über diesen in den Vorfluter. Gleichzeitig wird das für die Spülung der Flockungsfilter erforderliche Spülwasser mittels Spülwasserpumpen aus der Spülwasservorlage entnommen. Das bei der Filterspülung entstehende Spülabwasser wird in einer Spülabwasservorlage mit einem Nutzvolumen von 270 m³ zwischengespeichert. Von dort aus wird das Spülabwasser im Freigefälle, jedoch mittels Schieber geregelt, über eine Abwasserleitung zum Zulauf der Kläranlage abgeleitet. Die Ableitung erfolgt so, dass ein Rückstau in dieser Abwasserleitung verhindert wird.

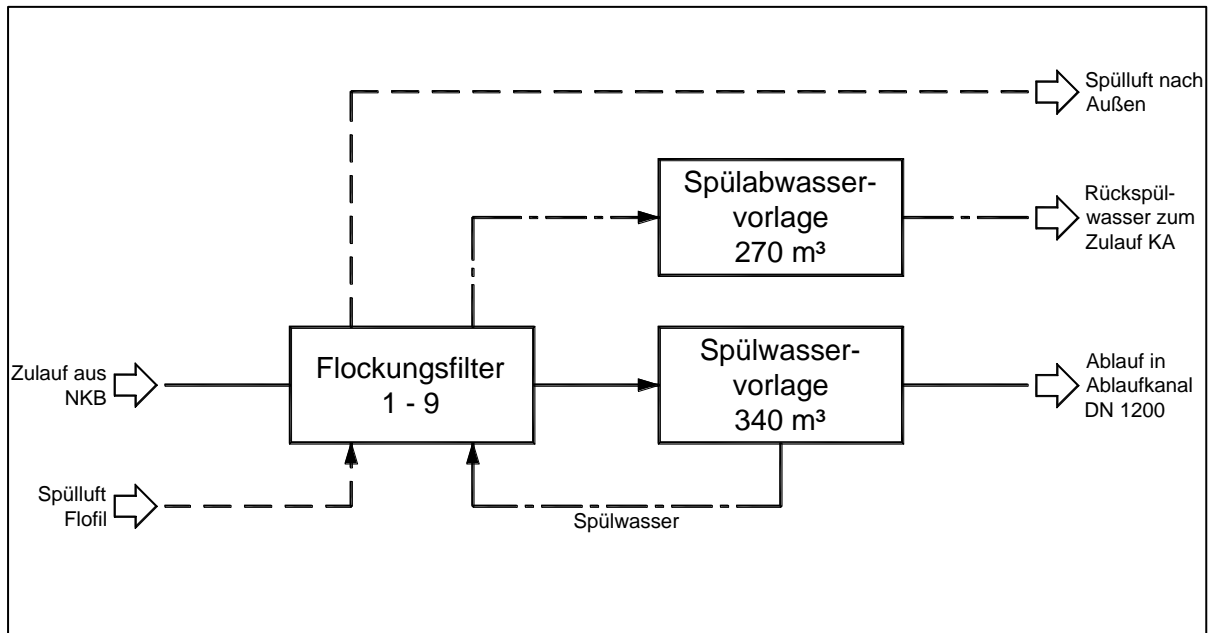


Abbildung 4-5 Grundfließbild Bestandsanlage

Die nachfolgende Abbildung 4-6 zeigt, wie eine nachgeschaltete GAK-Stufe in den Bestand eingebunden werden könnte.

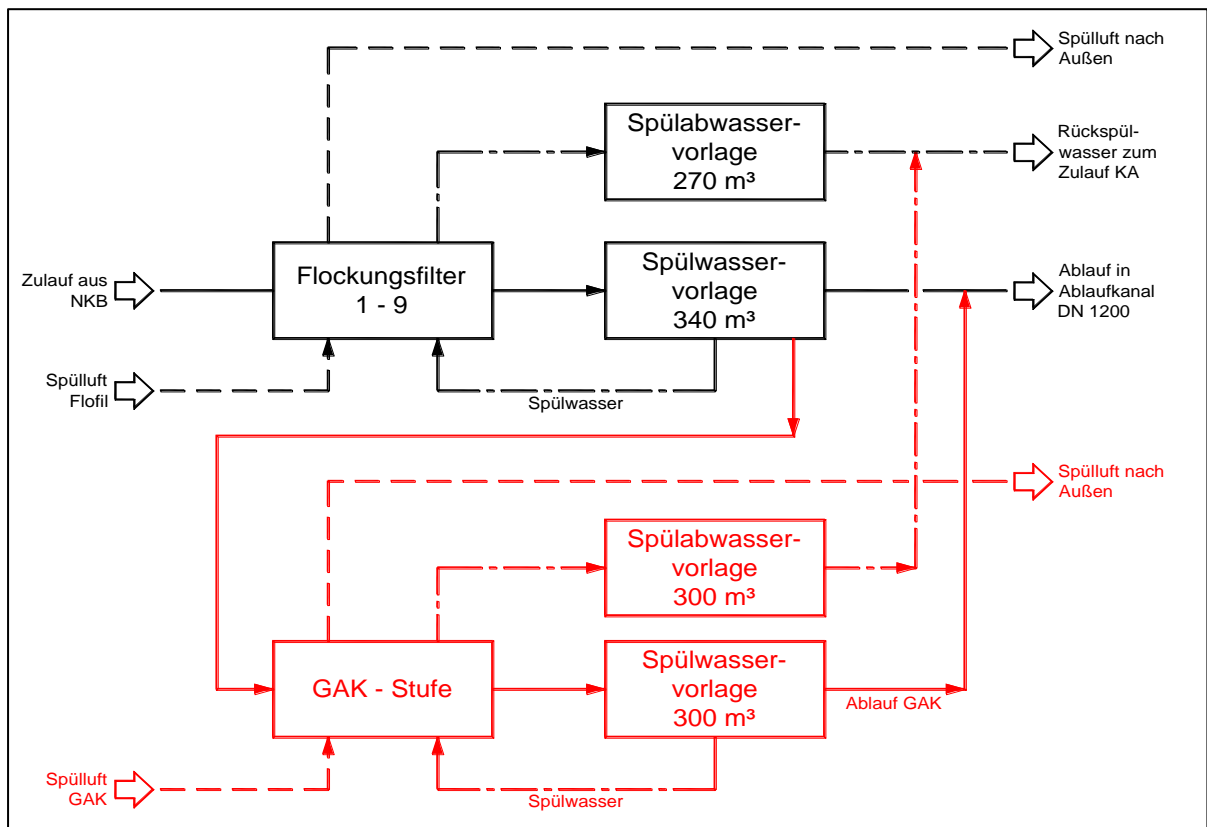


Abbildung 4-6 Grundfließbild Einbindung GAK-Anlage in den Bestand

Zur Beschickung der neuen GAK-Stufe wird empfohlen, den zu behandelnde Abwasserstrom direkt aus der vorhandenen Spülwasservorlage zu entnehmen. Hierzu könnten die erforderlichen Zulaufpumpen im Kellergeschoss der Flockungsfiltration aufgestellt werden. Dort stehen ausreichende Freiflächen zur Verfügung. Von dort aus kann die GAK-Stufe über eine neue Druckrohrleitung beschickt werden. Am Standort der GAK-Stufe wird zudem eine neue Spülwasser- und Spülabwasservorlage errichtet. Dadurch wird ein von der Flockungsfilteranlage unabhängiger Betrieb ermöglicht, was die Betriebssicherheit erheblich erhöht.

Von den zuvor genannten Vorlagen aus erfolgt jeweils die Ableitung der gereinigten GAK-Filtrate in den bestehenden Ablaufkanal der Kläranlage sowie die Ableitung der Spülabwässer in den Zulauf der Kläranlage zur Mitbehandlung.

5 Vordimensionierung der Anlagentechnik der Aktivkohlestufe

Nachfolgend erfolgt die Bemessung der Hauptkomponenten der Anlagentechnik einer Aktivkohlestufe als Grundlage für die anschließende Dimensionierung der zugehörigen Maschinenhalle, der Speicherbecken sowie der zugehörigen Investitionskosten.

5.1 Vordimensionierung der Adsorber

Je nach dem Bemessungszufluss (Kapitel 4) können die folgenden Teilströmmen als Q_{\max} , Q_{mittel} und Q_{\min} der Aktivkohlestufe zufließen. Sofern die Zulaufmengen den Bemessungszufluss zur GAK-Stufe übersteigen, wird die darüber hinausgehende Menge an der GAK-Stufe vorbei in den Ablauf der Kläranlage eingeleitet.

Tabelle 5-1: Teilströmmen zur Aktivkohlestufe

		Bemessungszufluss = 200 l/s	Bemessungszufluss = 250 l/s
Maximaler Zufluss	Q_{\max}	200	250
Mittlerer Zufluss	Q_{mittel}	172	193
Minimaler Zufluss	Q_{\min}	81	81

In den Forschungsversuchen wurden als wesentliche Parameter die Leerbett-Kontaktzeit, die Filtergeschwindigkeit und die Filterbetthöhe untersucht. Für die folgenden Einstellungen der Prozessparameter wurden aufgrund der erzielten Reinigungsleistungen Empfehlungen ausgesprochen:

Tabelle 5-2: Bevorzugte Prozessparameter aus den Forschungsversuchen

Parameter	Wert
Leerbett-Kontaktzeit:	33 min
Filtergeschwindigkeit:	5 m/h
Filterbetthöhe:	2,75 m

Darauf basierend wird in Tabelle 5-3 und Tabelle 5-4 für die beiden Bemessungszuflüsse eine Vordimensionierung der Adsorber vorgenommen. Für einen Bemessungszufluss

sungszufluss von 200 l/s werden 10 Adsorber á 4,15 m angesetzt. Für den Bemessungszufluss von 250 l/s sind es 12 Adsorber á 4,15 m. Die angestrebten Prozessparameter (Tabelle 5-2) werden für die mittleren Zuflüsse eingehalten und nur bei maximalen Zuflüssen geringfügig überschritten/unterschritten.

Tabelle 5-3: Vordimensionierung der Adsorber für $Q_{Bem} = 200$ l/s

Vorgaben			
Bemessungszufluss	Q_{Bem}	=	200 l/s
Vorgabe Kontaktzeit (bei Q_{max})	t	=	30,0 min
erf. Volumen	V	=	360,0 m ³
Vorgabe Filtergeschwindigkeit (bei Q_{max})	v	=	5,5 m/h
erf. Filterfläche	A	=	130,9 m ²
Filterbetthöhe	H	=	2,75 m
Gewählte Abmessungen			
Durchmesser Filterkessel	D	=	4,15 m
Anzahl der Filterkessel	n	=	10
Filterfläche pro Filter	A	=	13,5 m ²
Filterfläche gesamt	A_{ges}	=	135,3 m ²
Filterbetthöhe	H	=	2,75 m
Bettexpansion		=	30 %
	H	=	0,83 m
Freibord	H	=	0,50 m
Filterbettvolumen pro Filter	V	=	37,2 m ³
Filterbettvolumen pro Filter	V_{ges}	=	372,0 m ³
Resultierende Prozessparameter			
Filtergeschwindigkeit (Leerrohrgeschwindigkeit)			
bei Q_{max}	v	=	5,3 m/h
bei Q_{mittel}	v	=	4,6 m/h
bei Q_{min}	v	=	2,2 m/h
Kontaktzeit (empty bed contact time)			
bei Q_{max}	t_R	=	31,0 min
bei Q_{mittel}	t_R	=	36,0 min
bei Q_{min}	t_R	=	76,5 min
Wenn nur n-1 Filter in Betrieb (1 Filter in Spülung)			
Filtergeschwindigkeit bei Q_{max}^*	v	=	5,9 m/h
Kontaktzeit bei Q_{max}^*	t_R	=	27,9 min

Tabelle 5-4: Vordimensionierung der Adsorber für $Q_{Bem} = 250$ l/s

Vorgaben			
Bemessungszufluss	Q_{Bem}	=	250 l/s
Vorgabe Kontaktzeit (bei Q_{max})	t	=	30,0 min
erf. Volumen	V	=	450,0 m ³
Vorgabe Filtergeschwindigkeit (bei Q_{max})	v	=	5,5 m/h
erf. Filterfläche	A	=	163,6 m ²
Filterbetthöhe	H	=	2,75 m
Gewählte Abmessungen			
Durchmesser Filterkessel	D	=	4,15 m
Anzahl der Filterkessel	n	=	12
Filterfläche pro Filter	A	=	13,5 m ²
Filterfläche gesamt	A_{ges}	=	162,3 m ²
Filterbetthöhe	H	=	2,75 m
Bettexpansion			30 %
	H	=	0,83 m
Freibord	H	=	0,50 m
Filterbettvolumen pro Filter	V	=	37,2 m ³
Filterbettvolumen pro Filter	V_{ges}	=	446,4 m ³
Resultierende Prozessparameter			
Filtergeschwindigkeit (Leerrohrgeschwindigkeit)			
bei Q_{max}	v	=	5,5 m/h
bei Q_{mittel}	v	=	4,3 m/h
bei Q_{min}	v	=	1,8 m/h
Kontaktzeit (empty bed contact time)			
bei Q_{max}	t_R	=	29,8 min
bei Q_{mittel}	t_R	=	38,5 min
bei Q_{min}	t_R	=	91,8 min
Wenn nur n-1 Filter in Betrieb (1 Filter in Spülung)			
Filtergeschwindigkeit bei Q_{max}^*	v	=	6,0 m/h
Kontaktzeit bei Q_{max}^*	t_R	=	27,3 min

5.2 Betriebskonzept unter Berücksichtigung der Filterspülung

Die Erfahrungen aus den Forschungsversuchen zeigten, dass jeder Adsorber lediglich 1 Mal pro Woche mit Luft und Wasser gespült werden muss. Die Spülintensität beträgt für die Wasserspülung 27 m/h und für die Luftspülung 35 m/h. Ein Spülvorgang dauert ca. 38 min.

Es wird daher für den Betrieb der 10/12 Adsorber vorgesehen, dass immer nur ein Adsorber gespült wird. Der zeitliche Bedarf für die Spülung aller Adsorber beträgt in der Woche 6,25 / 7,5 h. Das bedeutet, dass in weniger als 19% der Zeit die Aktivkohlestufe mit (n-1) Adsorber auskommen muss, während in mehr als 80% der Zeit alle Adsorber für die Filtration zur Verfügung stehen.

5.3 Vordimensionierung der Komponenten für die Filterspülung

Basierend auf den Betriebserfahrungen aus den Forschungsversuchen wird eine Vordimensionierung der Filterspülung in Tabelle 5-5 vorgenommen. Die Dimensionierung der Filterspülung unterscheidet nicht zwischen den beiden Fällen der Bemessungszuflüsse.

Tabelle 5-5: Vordimensionierung der Filterspülung

Luftspülung				
max. Spülgeschwindigkeit (Luft) für GAK	=	40	Nm/h	
max. Spülluftbedarf pro Spülvorgang	=	541	m ³ /h	
Anzahl Gebläse	n	=	1 +1	(FU-geregelt)
max. Ansaugvolumen je Gebläse	Q	=	541	Nm ³ /h
Wasserspülung				
max. Spülgeschwindigkeit (Wasser) für GAK	=	30	m/h	
max. Spülwasserbedarf pro Spülvorgang	=	406	m ³ /h	
Anzahl Filterspülpumpen	n	=	1 +1	(FU-geregelt)
max. Fördermenge Filterspülpumpe	Q	=	406	m ³ /h
angenommene Spüldauer (Wasserspülung)	t	=	30	min
Spülwasserbedarf pro Spülvorgang	Q	=	203	m ³
berücksichtigte Anzahl der Spülvorgänge bei Dimensionierung des Spülwasserspeichers	n	=	1	
Spülwasserspeicher	V	=	203	m ³
Spülabwasser				
Filterüberstau	V	=	18	m ³
Spülabwasseranfall pro Spülgang	Q	=	221	m ³
berücksichtigte Anzahl der Spülvorgänge bei Dimensionierung des Spülabwasserspeichers	n	=	1	
Spülabwasserspeicher	V	=	221	m ³

5.4 Vordimensionierung der Rohrleitungen

Die wesentlichen Rohrleitungen werden wie folgt vordimensioniert:

Tabelle 5-6: Vordimensionierung der Rohrleitungen

Zulauf-/Ablaufleitung			
Durchmesser Zulauf-/Ablaufleitung gesamt	D	=	500 mm
Zulaufgeschwindigkeit	v		
bei Q_{\max}		=	1,27 m/s
bei Q_{mittel}		=	0,98 m/s
bei Q_{\min}		=	0,41 m/s
Durchmesser Zulauf-/Ablaufleitung einzelner Filter			
Durchmesser Zulauf-/Ablaufleitung einzelner Filter	D	=	200 mm
Zulaufgeschwindigkeit bei Q_{\max} *	v	=	0,72 m/s
Luftspülung			
max. Spülgeschwindigkeit (Luft) für GAK		=	40 Nm/h
max. Spülluftbedarf pro Spülvorgang		=	541 m ³ /h
Durchmesser Spülluftleitung	D	=	200 mm
Geschwindigkeit Spülluftleitung	v	=	4,90 m/s
Wasserspülung/Spülabwasser			
max. Spülgeschwindigkeit (Wasser) für GAK		=	30 m/h
max. Spülwasserbedarf pro Spülvorgang		=	406 m ³ /h
Durchmesser Spülwasser-/Abwasserleitung	D	=	300 mm
Geschwindigkeit Spülwasser-/Abwasserleitung	v	=	1,59 m/s

5.5 Vordimensionierung der Zulaufpumpen

Die Zulaufpumpen werden wie folgt dimensioniert:

Tabelle 5-7: Vordimensionierung der Zulaufpumpen

		Bemessungszu- fluss = 200 l/s	Bemessungszu- fluss = 250 l/s	
Zulaufpumpen				
Anzahl Zulaufpumpen	n =	2	+1	(FU-geregelt)
max. Fördermenge je Zulaufpumpe	Q =	100	125	l/s
		360	450	m ³ /h
Zulaufpumpenvorlage				
max. Schaltzahl pro Stunde	n =	10	10	
Zulaufpumpenvorlage	V =	18	22,5	m ³

6 Vordimensionierung der Bautechnik der Aktivkohlestufe

6.1 Ermittlung des Hallenvolumens

Wie zuvor beschrieben, sind für die Aktivkohlefiltration – je nach zu behandelnder Abwassermenge – 10 bis 12 Stück Adsorber erforderlich. Jeder Adsorber hat einen Innendurchmesser von 4,15 m und eine Gesamthöhe von 7,00 m.

Neben den Adsorbern müssen folgende Komponenten in der Maschinenhalle untergebracht werden:

- 2 Stck Spülwasserpumpen,
- 2 Stck Spülluftgebläse,
- 2 Stck Spülabwasserpumpe,
- Schaltschrankanlage für die Anlagensteuerung und Stromversorgung und
- Treppenaufstieg mit Gitterrostebene für die Filterbehälter.

Es wird vorgeschlagen, die Beschickungspumpe für die Aktivkohlestufe im Kellergeschoss der Flockungsfiltration aufzustellen, da hier die Entnahme des Klarwassers direkt aus der vorhandenen Vorlage erfolgen kann. Näheres hierzu wird nachfolgend beschrieben.

Um einen kompakten Baukörper zu erhalten, wird vorgeschlagen, die Adsorber 2-straßig und in jeweils 2 Reihen anzuordnen. Unter Berücksichtigung der Freiräume zwischen den Behältern sowie der Freiflächen zur Aufstellung der o.g. Anlagen- und Steuerungstechnik, ergibt sich die Grundfläche der Halle zu ca. 21,30 m x 23,90 m. Die Firsthöhe beträgt etwa 9,70 m, die Traufhöhe 8,50 m. Das Dach wird als Satteldach ausgebildet.

Aufgrund der zu erwartenden hohen Grundwasserstände auf der Kläranlage Gütersloh-Putzhagen wird empfohlen, die erforderlichen Speicherbehälter nicht als unterirdische Betonbauwerke unterhalb der Maschinenhalle zu realisieren. Es wird eine oberirdische Behälteraufstellung empfohlen. Die Aufstellung kann unmittelbar stirnseitig der neuen Maschinenhalle erfolgen, sodass insgesamt kurze Rohrleitungswege und ein kompaktes Baufeld realisiert werden können.

Ein Grundriss der Halle mit den vorgelagerten Speicherbehältern, ist nachfolgend in Abbildung 6-1 dargestellt und als Zeichnung im Anhang enthalten.

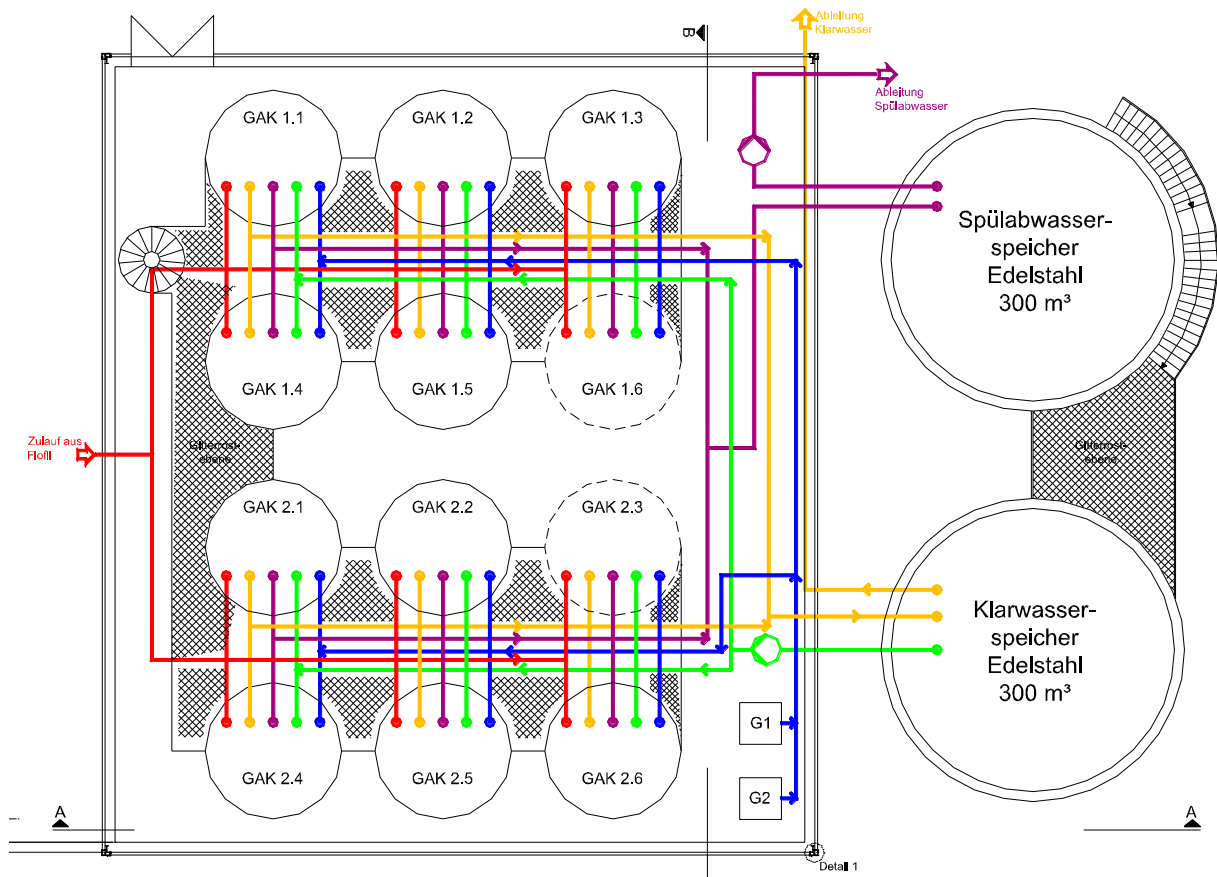


Abbildung 6-1 Grundriss der GAK-Halle mit Speicherbehältern

6.1.1 Vorauswahl der Bauart der Halle und der Speicherbehälter

Es wird empfohlen, die neue Maschinenhalle für die Aktivkohlefiltration als Stahlleichtbauhalle zu errichten. Dabei wird eine Tragkonstruktion aus geschweißten Stahlträgerrahmen auf eine Stahlbetonbodenplatte aufgestellt. Diese Tragkonstruktion wird mit gedämmten Sandwichpaneelen verkleidet. Der Vorteil dieser Bauweise liegt in der kurzen Bauzeit und den im Vergleich zur Massivbauweise geringeren Herstellungskosten. Durch die Modulbauweise ist es zudem möglich, für den Fall, dass zunächst nur 10 Adsorber aufgestellt werden, zwei weitere Adsorber nachträglich über das Hallendach einzubringen. Die Halle erhält ein Eingangstor sowie beidseitig Lichtbänder.

Wie bereits zuvor beschrieben, wird empfohlen, die Speicherbehälter für das anfallende Klarwasser (Spülwasservorlage) sowie das anfallende Spülabwasser oberirdisch anzuordnen. In diesem Zusammenhang bietet es sich an, die Behälter als Fertigteilbehälter auszuführen. Fertigteilbehälter können in folgenden Materialien ausgeführt werden:

- Stahlbeton,
- Stahl emailliert oder
- Edelstahl

Da keine signifikanten Kostenunterschiede für die unterschiedlichen Materialien bestehen, wird nachfolgend davon ausgegangen, dass die Behälter als Edelstahl-Fertigteilbehälter ausgeführt werden. Die Ausführung in Edelstahl bietet im Vergleich zu den anderen genannten Werkstoffen den Vorteil, dass Änderungen wie z.B. weitere Stützen für Rohrleitungen oder Messgeräte nachträglich leicht ohne den Einsatz von darauf spezialisierten Firmen ausgeführt werden können.

6.2 Ermittlung geeigneter Standorte

In der nachfolgenden Abbildung 6-2 ist ein Luftbildausschnitt der Kläranlage Gütersloh-Putzhagen dargestellt, in dem mögliche Freiflächen zum Bau der neuen Aktivkohlestufe markiert und nummeriert sind.

Beim Standort 1 handelt es sich um eine Freifläche im Bereich der Belebungs- und Nachklärungsstufe. In diesem Geländeteil war in der Vergangenheit eine alte Versuchskläranlage angeordnet, die jedoch – zumindest was die oberirdischen Bauwerke betrifft – zurückgebaut wurde.

Die Standorte 2 und 3 sind ehemalige Schlamm lagerplätze, die jedoch nicht mehr in Betrieb sind und lediglich als Stellflächen genutzt werden.



Abbildung 6-2 Mögliche Standorte für eine neue GAK-Stufe

6.2.1 Bewertung und Vorauswahl eines favorisierten Standortes

Beim Standort 1 ist nachteilig, dass er am weitesten von der Flockungsfiltrationsanlage entfernt ist. D. h. die Zu- und Ableitung der Abwässer sowie die Versorgung mit Strom sowie der Signalaustausch erfolgen auf vergleichsweise langen Wegen. Des Weiteren befinden sich an diesem Standort noch Teile der unterirdischen Betonbecken der alten Versuchskläranlage, die je nach statischem Erfordernis ganz oder teilweise zurückgebaut werden müssen.

Die Standorte 2 und 3 befinden sich auf der gegenüberliegenden Seite der vorhandenen Flockungsfiltrationsanlage. Damit liegen sie tendenziell auf der günstigeren Hallenseite in Bezug auf die Anbindung der Zu- und Ableitungen sowie der EMSR-Technik an den Bestand. An beiden Standorten sind die Flächen betoniert und mittels Betonwänden dreiseitig

eingefasst. Diese Betonflächen müssten zurückgebaut werden, bevor an den Standorten die neue GAK-Stufe errichtet werden kann. Da die Flächen oberirdisch erkennbar sind, sind die Rückbauarbeiten hier jedoch besser kalkulierbar, als bei den nicht mehr sichtbaren unterirdischen Bauwerken am Standort 1.

Im Vergleich zum Standort 3 hat der Standort 2 die kürzesten Wege zur Anbindung an den Bestand. Hier würde sich die GAK-Anlage genau parallel neben der bestehenden Flockungsfiltrationsanlage befinden. Zudem ist hier im Gegensatz zum Standort 3 keine weitere Straßenquerung erforderlich, was den Bau deutlich vereinfacht.

Vor diesem Hintergrund wird für die nachfolgenden Betrachtungen im Rahmen der Konzeptstudie der Standort 2 als favorisierter Standort vorausgewählt. In der nachfolgenden Abbildung 6-3 ist das favorisierte Standortkonzept dargestellt.

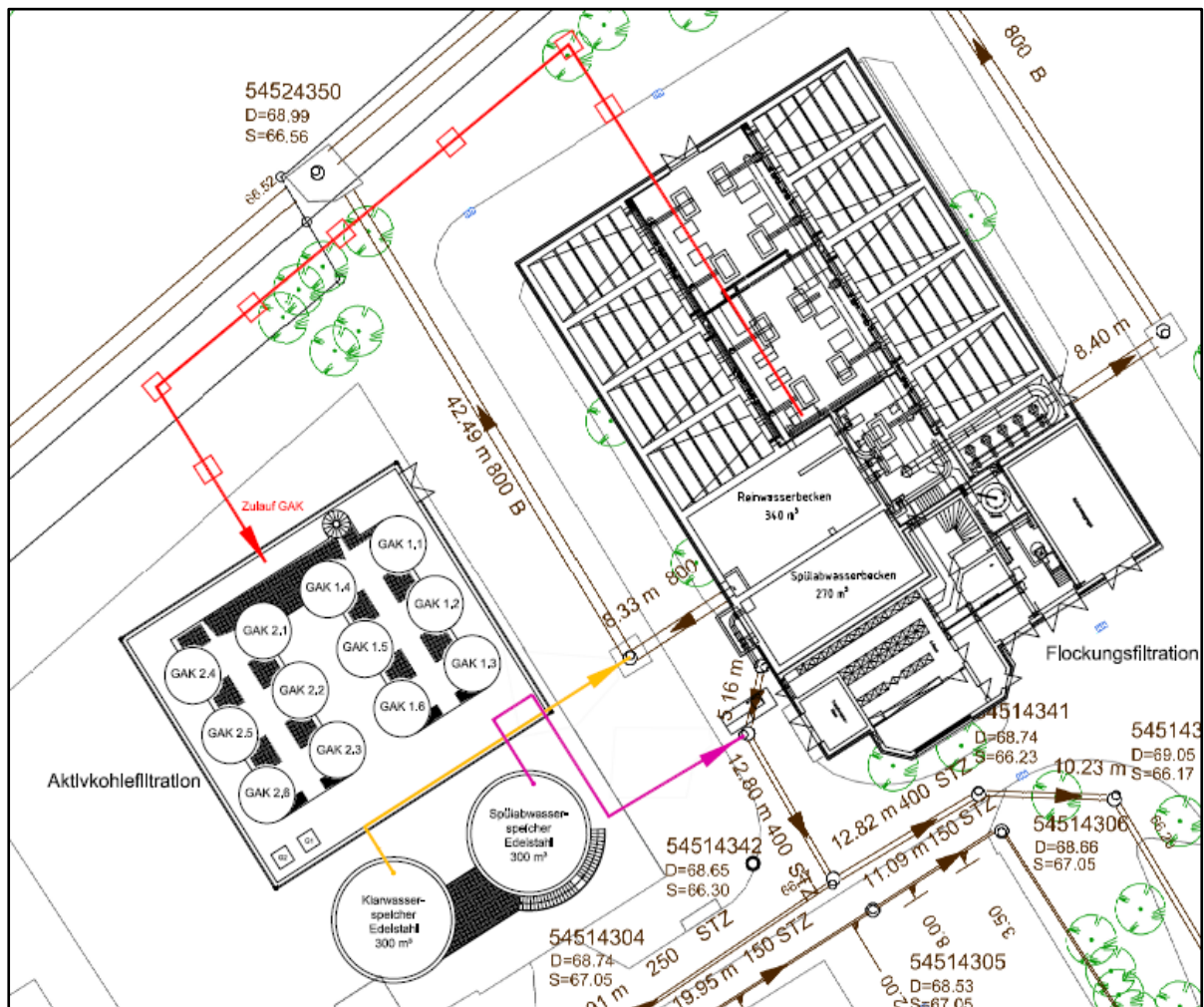


Abbildung 6-3 Favorisiertes Standortkonzept

7 Kostenschätzung

In den nachfolgenden Tabelle 7-1 und

Tabelle 7-2 werden die erwarteten Investitionskosten für die untersuchten Varianten mit 200 l/s und 250 l/s Anlagenkapazität dargestellt.

Tabelle 7-1: Investitionskosten 10 Druckkessel

Pos	Kurztext	10 Druckkessel mit Halle
1	Bautechnik	1.171.464,00 €
2	Maschinenteknik	1.261.100,00 €
3	EMSR-Technik	323.400,00 €
4	Ingenieurhonorare	413.400,00 €
	Investkosten netto	3.169.364,00 €
	+19 % MwSt.	602.179,16 €
	Investkosten brutto	3.771.543,16 €

Tabelle 7-2: Investitionskosten 12 Druckkessel

Pos	Kurztext	12 Druckkessel mit Halle
1	Bautechnik	1.201.240,00 €
2	Maschinenteknik	1.459.800,00 €
3	EMSR-Technik	357.000,00 €
4	Ingenieurhonorare	452.800,00 €
	Investkosten netto	3.470.840,00 €
	+19 % MwSt.	659.459,60 €
	Investkosten brutto	4.130.299,60 €

Aufgrund der beiden zusätzlichen Adsorber und der damit verbundenen Peripherie wie Rohrleitungen, Armaturen und Messgeräte sowie der zusätzlichen Aktivkohlemenge, liegen die Investitionskosten bei der Variante für 250 l/s um 301.476,00 € höher, als die Variante mit 200 l/s.

Neben den Investitionskosten wurden auch die Betriebskosten sowie die Jahreskosten ermittelt, die sich aus dem Kapitaldienst für die Investitionen und den Betriebskosten zusammensetzen. Des Weiteren wurden die zu erwartenden Ingenieurhonorare anteilig den jeweiligen Investitionskosten zugerechnet und somit bei der Ermittlung der Jahreskosten berücksichtigt. Diese sind nachfolgend tabellarisch dargestellt.

Tabelle 7-3: Jahreskosten 10 Druckkessel

	10 Druckkessel mit Halle	
	€/a	
Kapitalkosten		
1. Anteil Bau		
Investitionskosten (€)	1.171.464 €	92.372 €/a
Anteil Ingenieurhonorare (€)	175.722 €	
Abschreibungsdauer (Jahre)	40	
Verzinsung (%)	6,25	
Kapitalwiedergew.-fakt.	0,0686	
2. Anteil Maschinentechnik		
Investitionskosten (€)	1.261.100 €	129.019 €/a
Anteil Ingenieurhonorare (€)	189.167 €	
Abschreibungsdauer (Jahre)	20	
Verzinsung (%)	6,25	
Kapitalwiedergew.-fakt.	0,0890	
3. Anteil EMSR-Technik		
Investitionskosten (€)	323.400 €	42.627 €/a
Anteil Ingenieurhonorare (€)	48.511 €	
Abschreibungsdauer	13	
Verzinsung (%)	6,25	
Kapitalwiedergew.-fakt.	0,1146	
Summe Investitionskosten inkl. Honorare (€)	2.755.964 €	
Summe Kapitalkosten		264.018 €/a
Betriebskosten Gesamt		302.828 €/a
Jahreskosten (netto) + 19 % MwSt.		566.846 €/a
Jahreskosten (brutto)		674.546 €/a

Tabelle 7-4: Jahreskosten 12 Druckkessel

		12 Druckkessel mit Halle	
		€/a	
Kapitalkosten			
1. Anteil Bau			
	Investitionskosten (€)	1.201.240 €	94.722 €/a
	Anteil Ingenieurhonorare (€)	180.223 €	
	Abschreibungsdauer (Jahre)	40	
	Verzinsung (%)	6,25	
	Kapitalwiedergew.-fakt.	0,0686	
2. Anteil Maschinentechnik			
	Investitionskosten (€)	1.459.800 €	149.351 €/a
	Anteil Ingenieurhonorare (€)	219.015 €	
	Abschreibungsdauer (Jahre)	20	
	Verzinsung (%)	6,25	
	Kapitalwiedergew.-fakt.	0,0890	
3. Anteil EMSR-Technik			
	Investitionskosten (€)	357.000 €	47.057 €/a
	Anteil Ingenieurhonorare (€)	53.561 €	
	Abschreibungsdauer	13	
	Verzinsung (%)	6,25	
	Kapitalwiedergew.-fakt.	0,1146	
	Summe Investitionskosten inkl. Honorare (€)	3.018.040 €	
Summe Kapitalkosten			291.130 €/a
Betriebskosten Gesamt			346.882 €/a
Jahreskosten (netto) + 19 % MwSt.			638.012 €/a
Jahreskosten (brutto)			121.222 €/a
			759.234 €/a

Die Jahreskosten liegen demnach bei 674.546 €/a bzw. 759.234 €/a brutto.

In

Tabelle 7-5 sind die aus den Jahreskosten resultierenden spezifischen Aufbereitungskosten bezogen auf verschiedene Jahresmengen dargestellt. Bezogen auf die gebührenfähige Abwassermenge liegen die spezifischen Kosten bei 0,132 €/m³ für eine GAK-Anlage mit einer erforderliche Anlagenleistung von 250 l/s.

Tabelle 7-5: Spezifische Aufbereitungskosten

Benennung	10 Druckkessel 200 l/s	12 Druckkessel 250 l/s
Jahreskosten brutto inkl. Honoraranteile	674.546 €/a	759.234 €/a
Anlagenkapazität gem. <i>Tabelle 4-3</i>	5.676.480 m³/a	7.095.600 m³/a
Jahresabwassermenge i.M. gem. <i>Tabelle 4-3</i>	6.458.331 m³a	6.458.331 m³a
Gebührenfähige Abwassermenge	5.750.000 m³/a	5.750.000 m³/a
Spez. Aufbereitungskosten bezogen auf die Anlagenkapazität	0,119 €/m³	0,107 €/m³
Spez. Aufbereitungskosten bezogen auf die Jahresabwassermenge	0,104 €/m³	0,118 €/m³
Spez. Aufbereitungskosten bezogen auf die gebührenfähige Abwassermenge	0,117 €/m³	0,132 €/m³

Die nachfolgende Tabelle zeigt einen Vergleich der spezifischen Jahreskosten anderer bereits ausgeführter GAK-Filteranlagen. Die Tabelle zeigt, dass auch eine Anlage mit der größeren Anlagenleistung von 250 l/s mit spezifischen Aufbereitungskosten von ca. 13 Ct/m³ im Bereich anderer bereits ausgeführter Anlagen liegt.

Tabelle 7-6: Spezifische Kosten GAK-Filtration im Vergleich

Kläranlage	EW	spez. Jahreskosten bezogen auf Schmutzwasser (Ct/m³) ¹	spez. Jahreskosten bezogen auf Frischwasser (Ct/m³) ¹	Status quo (Stand 01/2015)
KA Mannheim	145.000	5	7	in Betrieb
KW Steinhäule (Ulm)	400.000	8 (2) ^{2,3}	19 (13) ^{2,3}	im Bau
KA Böblingen-Sindelfingen	250.000	3 (3) ²	7 (6) ²	in Betrieb
KA Stockacher Aach	48.000	7	14	in Betrieb
KA Kressbronn-Langenargen	30.000	8	16	in Betrieb
KA Schwerte	50.000	13	34	in Betrieb
KA Obere Lutter	380.000	6	11	in Betrieb
KA Bad Oeynhausen	78.500	7	14	im Bau
KA Dülmen	55.000	7	14	im Bau

¹ Ohne Berücksichtigung der Förderung der Investkosten und Reduzierung der Abwasserabgabe

² Werte in Klammern unter Berücksichtigung der Reduzierung der Abwasserabgabe

³ Unter Berücksichtigung der Förderung der Investitionskosten

8 Zusammenfassung

Im Rahmen eines vom Land NRW geförderten Pilotprojektes wurden auf der Kläranlage Gütersloh-Putzhagen seit Januar 2013 verschiedene Versuche zur Filtration des Abwassers mittels Granulierter Aktivkohle mit dem Ziel der Mikroschadstoffelimination durchgeführt und ausgewertet.

Aufbauend auf den positiven Zwischenergebnissen der zweiten Projektphase, die Mitte 2016 abgeschlossen wird, sollten die Kosten für eine großtechnische Umsetzung einer 4. Reinigungsstufe mittels Kornaktivkohle als eigenständige, der BIO-FOR-Filteranlage nachgeschaltete Verfahrensstufe ermittelt werden.

Hierzu wurden zunächst die Grundlagendaten ermittelt und darauf aufbauend eine Vordimensionierung der wesentlichen Anlagenkomponenten vorgenommen.

Darauf aufbauend wurde das Hallenvolumen sowie der Platzbedarf für zwei zusätzliche Speicherbehälter ermittelt. Unter Berücksichtigung des erforderlichen Platzbedarfs wurden verschiedene mögliche Standorte aufgezeigt und ein favorisierter Standort ausgewählt.

Aufbauend auf die ermittelten Zahlen wurden die Investitionskosten sowie die erwarteten Betriebskosten abgeschätzt. Dabei wurden wie zuvor beschrieben die zwei unterschiedliche Bemessungsabwassermengen von 200 l/s und 250 l/s zugrunde gelegt. Aufgrund der zu erwartenden Vorgabe der Bezirksregierung Detmold, dass die nachgeschaltete Aktivkohlestufe auf den Vollstrom (mittlere Jahresabwassermenge) bemessen werden muss, sollten zur Einschätzung der zu erwartenden Kosten die Werte für die Variante mit 250 l/s herangezogen werden.

Für diese Variante ergeben sich, unter anteiliger Berücksichtigung der Ingenieurhonorare, Jahreskosten in Höhe von brutto 759.234 €/a. Die daraus resultierenden spezifischen Aufbereitungskosten, bezogen auf die gebührenfähige Abwassermenge von 5.750.000 m³/a, ergeben sich zu rund 13 Ct/m³. Damit liegen die Kosten im Vergleich zu anderen bereits ausgeführten Anlagen in der gleichen Größenordnung.

Eine mögliche Förderung der Investitionskosten sowie eine eventuelle Verrechnung mit der Abwasserabgabe wurden in diesem Zusammenhang nicht betrachtet.