



**Handlungsempfehlungen**  
für die Vergleichskontrolle und  
den Betrieb von Verfahrenstechniken zur gezielten Spurenstoffelimination

## Hinweise

Die vorliegenden Handlungsempfehlungen richten sich vorrangig an Kläranlagenbetreiber, Behörden und Ingenieurbüros. Das Dokument löst die Handlungsempfehlungen zur Vergleichskontrolle und zur Betriebsüberwachung der 4. Reinigungsstufe, erschienen im Oktober 2014, ab.

Die Überarbeitung erfolgte durch das Kompetenzzentrum Spurenstoffe Baden-Württemberg in Abstimmung mit dem Ministerium für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft Baden-Württemberg.

Die Autoren behalten sich vor, die vorliegende Version der Handlungsempfehlungen gemäß den neuesten wissenschaftlichen Erkenntnissen sowie dem Stand der Realisierung von Verfahrenstechniken zur Spurenstoffelimination in Baden-Württemberg anzupassen.

Sowohl die in diesem Dokument benannten Dokumentationsblätter zur Protokollierung von Messkampagnen als auch die Arbeitshilfen in Form von Formularen können über folgenden Link heruntergeladen werden:

<http://koms-bw.de/publikationen/koms/handlungsempfehlungen/>

Für Rückfragen zu den Handlungsempfehlungen stehen Ihnen die MitarbeiterInnen des Kompetenzzentrums Spurenstoffe Baden-Württemberg zur Verfügung. Die Kontaktdaten finden Sie unter:

<http://www.koms-bw.de/kontakt/team/>

## Impressum

### Herausgeber

#### Kompetenzzentrum Spurenstoffe Baden-Württemberg

c/o Universität Stuttgart

Bandtäle 2 · 70569 Stuttgart

Fon: 0711. 685-65420

Fax: 0711. 685-63729

Mail: [info@koms-bw.de](mailto:info@koms-bw.de)

[www.koms-bw.de](http://www.koms-bw.de)

Stand 03/2018

© 2018 KomS, alle Rechte vorbehalten

## Vorwort

Durch den zunehmenden Einsatz unterschiedlichster chemischer Verbindungen im menschlichen Umfeld und aufgrund der Entwicklung von immer feineren Messmethoden kann in den Gewässern zwischenzeitlich eine Vielzahl an anthropogen bedingten Substanzen nachgewiesen werden. Obwohl diese sogenannten ›Spurenstoffe‹ nur in sehr geringen Konzentrationen vorliegen, d. h. im Bereich von Nanogramm bis Mikrogramm pro Liter, können für einige Stoffe nachteilige Wirkungen auf die aquatische Umwelt nicht ausgeschlossen werden.

Als ein bedeutender Eintragspfad für viele Spurenstoffe in die Gewässer werden kommunale Kläranlagen angesehen: Diese sind aufgrund der geschichtlichen Entwicklung der Abwasserreinigung technisch primär für den Rückhalt von Feststoffen, den biologischen Abbau von organischen Stoffen sowie die Elimination von Nährstoffen ausgelegt. Der überwiegende Anteil an Spurenstoffen wird jedoch mit diesen Reinigungsverfahren, auch wenn sie dem Stand der Technik entsprechen, nur in geringem Umfang oder gar nicht eliminiert. Um diese Substanzen gezielt aus dem Abwasser zu entfernen, bedarf es daher eines zusätzlichen Verfahrens. Als geeignet und technisch umsetzbar haben sich bislang Verfahren mit Ozon oder Aktivkohle bzw. mit einer Kombination beider Medien erwiesen.

Bislang existieren keine gesetzlichen Vorgaben, die den Betrieb eines Verfahrens zur gezielten Spurenstoffelimination zwingend erfordern und folglich Anforderungen an einzuhaltende Ablaufkonzentrationen bzw. eine Mindestentnahme an Spurenstoffen definieren. In Baden-Württemberg wurden jedoch bereits mehrere Kläranlagen um ein Verfahren mit Aktivkohle erweitert. Um die Messdaten dieser Anlagen besser miteinander vergleichen und aus diesen weiterführende Erkenntnisse zur Reinigungsleistung und Optimierung der Verfahren generieren zu können, wurden bereits im Jahr 2014 vom Kompetenzzentrum Spurenstoffe (KomS) Baden-Württemberg die ›Handlungsempfehlungen zur Vergleichskontrolle und zur Betriebsüberwachung der 4. Reinigungsstufe‹ herausgegeben. Zugleich wurden damit in Baden-Württemberg erstmals einheitliche Stofflisten für die Erhebung der Spurenstoffsituation im Zu- und Ablauf von Kläranlagen wie auch für die Betriebskontrolle von Verfahren mit Pulveraktivkohle festgelegt.

Zwischenzeitlich liegen aus der Forschung und dem Betrieb von Kläranlagen mit einem Verfahren zur Spurenstoffelimination weitergehende Erfahrungen vor, welche eine Überarbeitung der bisherigen ›Handlungsempfehlungen‹ gemäß dem aktuellen Wissensstand notwendig machten.

So wurde beispielsweise in diesem Zuge die bislang gültige Spurenstoffliste A um weitere Substanzen ergänzt. Die Spurenstoffliste B zur Prozesskontrolle und Betriebsüberwachung wurde dahingehend überarbeitet, als dass diese nun sowohl für die Ozonung als auch für Verfahren mit Aktivkohle angewendet werden kann.

Bei der Überwachung des Betriebs eines Verfahrens zur Spurenstoffelimination besteht die Schwierigkeit für den Kläranlagenbetreiber nach wie vor darin, dass die Analyse von Spurenstoffen nicht im eigenen Betriebslabor erfolgen und somit der Umfang der Spurenstoffelimination folglich nicht zeitnah vor Ort überprüft werden kann. Inzwischen hat sich jedoch der spektrale Absorptionskoeffizient bei einer Wellenlänge von 254 nm (SAK<sub>254</sub>) als geeigneter Parameter zur Beurteilung der Spurenstoffelimination bei Verfahren mit Ozon und Aktivkohle, insbesondere Pulveraktivkohle, herausgestellt. Dessen prozentualer Rückgang korreliert mit der prozentualen Verringerung einzelner Spurenstoffe. Eine kontinuierliche Messung des SAK<sub>254</sub> im Zu- und Ablauf des Spurenstoffeliminationsverfahrens erlaubt es damit dem Kläranlagenbetreiber den Reinigungsprozess dauerhaft zu

überwachen und bietet somit gleichzeitig die Möglichkeit auf Änderungen zeitnah Einfluss nehmen zu können. Auch wenn damit eine indirekte Kontrolle der Reinigungsleistung gegeben ist, so sind aufgrund von möglichen Änderungen der Abwasserzusammensetzung dennoch nach wie vor in regelmäßigen Zeitabständen Untersuchungen auf Spurenstoffe notwendig.

Zwischenzeitlich wurde zudem vom Ministerium für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft Baden-Württemberg, auf Basis der Erfahrungen zur Reinigungsleistung von Kläranlagen mit einer Ozonung oder einem Aktivkohleverfahren, der Mindestumfang für die Spurenstoffelimination in Baden-Württemberg festgelegt. Dieser wird anhand der Elimination einiger weniger Substanzen beschrieben. Im selben Zuge wurde der zu behandelnde Abfluss definiert.

Das vorliegende Dokument soll, wie bereits die erste Version der »Handlungsempfehlungen«, auch weiterhin zu einer einheitlichen Vorgehensweise in Baden-Württemberg bei der Durchführung von Spurenstoffmessungen auf Kläranlagen beitragen, um so auch zukünftig auf Basis der praktischen Erfahrungen das »Wissen« zur Spurenstoffelimination weiterzuentwickeln. Zugleich bilden die »Handlungsempfehlungen« den Leitfaden für das Vorgehen bei den durchzuführenden Untersuchungen im Zuge der Erweiterung einer Kläranlage um ein Spurenstoffeliminationsverfahren. Zusammen mit den Vorgaben des Ministeriums für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft Baden-Württemberg ist damit der Handlungsrahmen für die Umsetzung von Verfahren zur Spurenstoffelimination auf kommunalen Kläranlagen in Baden-Württemberg definiert.

Stuttgart, im März 2018  
Dr. Steffen Metzger

# Inhaltsübersicht

<b>1</b>	Abkürzungen	5
<b>2</b>	Verfahrenstechniken	6
<b>3</b>	Auslegungswassermenge und Betriebsweise von Verfahren zur Spurenstoffelimination	8
3.1	Auslegungswassermenge	8
3.2	Betriebsweise	8
<b>4</b>	Handlungsabfolge	9
4.1	Zeitpunkte zur Anwendung der einzelnen Handlungsempfehlungen	9
4.2	Berichterstellung	12
<b>5</b>	Allgemeingültige Hinweise zur Durchführung von Spurenstoffuntersuchungen im Rahmen der Handlungsempfehlungen	13
5.1	Probenahme, Probenaufbereitung und -aufbewahrung	13
5.1.1	Durchführung der Probenahme	13
5.1.2	Probenahmeequipment	14
5.1.3	Probenahmestellen	14
5.1.4	Probenaufbereitung	16
5.1.5	Probenaufbewahrung	16
5.1.6	Probentransport zum Analyseninstitut	16
5.1.7	Dokumentation einer Messkampagne	16
5.2	Spurenstoffanalytik	16
5.2.1	Substanzauswahl	16
5.2.2	Analytik	17

<b>6</b>	Handlungsempfehlung zur VERGLEICHSKONTROLLE	18
6.1	Zielsetzungen	18
6.2	Häufigkeit	18
6.3	Probenahme	18
6.3.1	Probenahmedauer	18
6.3.2	Probenahmetage	18
6.4	Analytik	18
6.4.1	Spurestoffanalytik	18
6.4.2	Eigenanalysen	20
6.5	Dokumentation der Messkampagnen	20
<b>7</b>	Handlungsempfehlung zur BETRIEBSÜBERWACHUNG bei Verfahren zur Spurenstoffelimination	21
7.1	Überprüfung der Spurenstoffeliminationsleistung	21
7.1.1	Zielsetzungen	21
7.1.2	Häufigkeit	21
7.1.3	Probenahme	22
7.1.4	Analytik	22
7.1.5	Dokumentation der Messkampagne	24
7.1.6	Berechnung der Eliminationsleistung	25
7.2	Dokumentation des ordnungsgemäßen Betriebs	25
7.3	Erstellung eines Jahresberichts	27
7.3.1	Zielsetzung	27
7.3.2	Inhalt	27
7.3.3	Abgabefrist	28
<b>Anhang</b>		
	Anhang A: Ermittlung von $Q_{T, \max}$	29
	Anhang B: Vorgehen zur Festlegung der Auslegungswassermenge $Q_{\text{Spur, max}}$ ausgehend von $Q_{T, \max}$	31
	Anhang C: Berechnungsbeispiel Spurenstoffeliminationsleistung	32

# 1 Abkürzungen

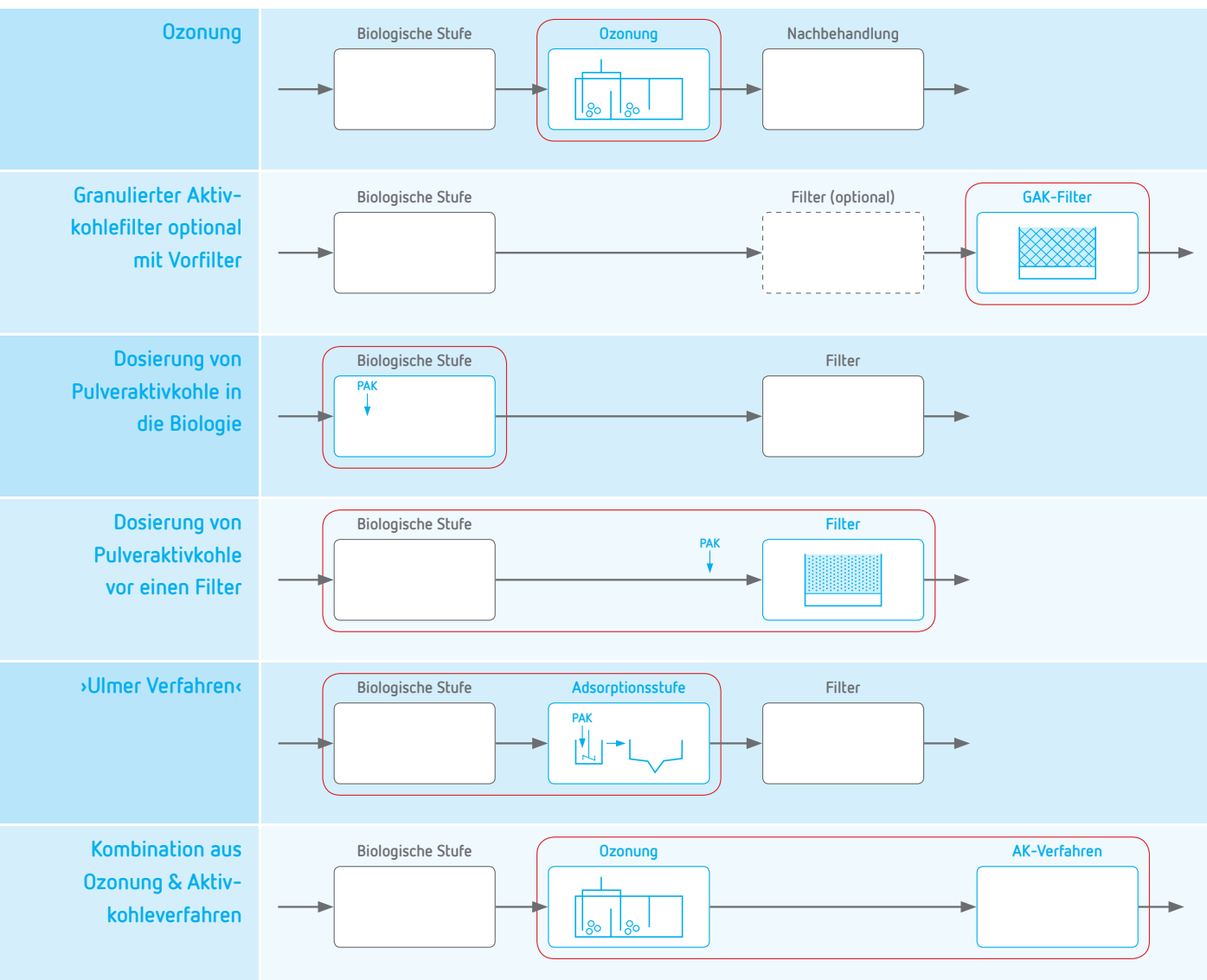
Abkürzung	Erläuterung	Einheit
AK	Aktivkohle	
BG	Bestimmungsgrenze	$\mu\text{g/l}$ oder $\text{ng/l}$
BG <sub>Ablauf</sub>	geltende Bestimmungsgrenze für Ablaufproben	$\mu\text{g/l}$ oder $\text{ng/l}$
BV	Bettvolumen: das auf das Schüttvolumen der granulierten Aktivkohle bezogene durchgesetzte Wasservolumen	$\text{m}^3_{\text{Abwasser}} / \text{m}^3_{\text{GAK}}$
CSB	Chemischer Sauerstoffbedarf	$\text{mg/l}$
DOC	dissolved organic carbon (gelöster organischer Kohlenstoff)	$\text{mg/l}$
GAK	granulierte Aktivkohle	
JAM	Jahresabwassermenge	$\text{m}^3/\text{a}$
JAM (Q <sub>x</sub> )	Abwassermenge, die bei Auslegung eines Verfahrens auf den Abfluss Q <sub>x</sub> in einem Jahr behandelt wird	$\text{m}^3/\text{a}$
KA	Kläranlage	
MK	Messkampagne; diese umfasst die Probenahme an verschiedenen Stellen innerhalb der Kläranlage über eine festgelegte Zeitdauer sowie die anschließende Aufbereitung und Analyse der Proben	
Q <sub>d</sub>	täglicher Abfluss	$\text{m}^3/\text{d}$
Q <sub>d, Spur</sub>	Summe aller Abflüsse eines Tages bis zur Auslegungswassermenge Q <sub>Spur, max</sub>	$\text{m}^3/\text{d}$
Q <sub>Inv15 – 60</sub>	durchschnittlicher Abfluss eines Zeitintervalls von $\geq 15$ min bis $\leq 60$ min	$\text{l/s}$
Q <sub>Inv15 – 60, max</sub>	maximaler Abfluss eines Tages als Mittelwert eines Zeitintervalls von $\geq 15$ min bis $\leq 60$ min	$\text{l/s}$
Q <sub>JAM, 70</sub>	Abfluss, bei dessen Wahl als Auslegungsabfluss 70 % der Jahresabwassermenge behandelt wird	$\text{l/s}$
Q <sub>M</sub>	Mischwasserabfluss	$\text{l/s}$
Q <sub>Spur, max</sub>	Abfluss, für den das Verfahren zur Spurenstoffelimination ausgelegt ist	$\text{l/s}$
Q <sub>T, d</sub>	täglicher Trockenwetterabfluss	$\text{m}^3/\text{d}$
Q <sub>T, max</sub>	maximaler Trockenwetterabfluss	$\text{l/s}$
Q <sub>T, max, 85</sub>	maximaler Trockenwetterabfluss, abgeleitet von dem an 85 % der Trockenwettertage unterschrittenen maximalen Abfluss	$\text{l/s}$
PAK	Pulveraktivkohle	
SAK <sub>254</sub>	Spektraler Absorptionskoeffizient bei einer Wellenlänge von 254 nm	$1/\text{m}$

## 2 Verfahrenstechniken

Von der Fachwelt wird derzeit für kommunale Kläranlagen sowohl die Anwendung von Aktivkohle (AK) als auch der Einsatz von Ozon bzw. eine kombinierte Anwendung beider Medien als Möglichkeit angesehen, um gelöste organische Spurenstoffe gezielt aus dem Abwasser zu eliminieren.

Tabelle 1 zeigt die Einbindung der unterschiedlichen Verfahrenstechniken in den Klärprozess sowie deren Wirkungsraum.

**TABELLE 1: MÖGLICHE VERFAHRENSTECHNIKEN FÜR EINE GEZIELTE SPURENSTOFFELIMINATION**



   ›Wirkungsraum‹



Die verfahrenstechnische Anwendung von **Ozon**<sup>1</sup> erfolgt in der Regel nach der biologischen Stufe in einem gesonderten Ozonreaktor. Um die durch den Prozess der Ozonung bioverfügbar gemachten Stoffe abzubauen, wird nach derzeitigem Kenntnisstand empfohlen, einer Ozonung eine biologisch aktive Stufe (meist ein Sandfilter) nachzuschalten.

Zum Einsatz von Aktivkohle bestehen mehrere verfahrenstechnische Möglichkeiten. Primär gilt es bei der Anwendung von Aktivkohle zwischen pulverförmiger und granulierter Aktivkohle zu unterscheiden.

**Granulierte Aktivkohle (GAK)** findet in der Regel in einem Festbettfilter Anwendung, der nach der biologischen Reinigung angeordnet ist. Optional kann diesem eine Filtereinheit zum Rückhalt von partikulären Abwasserinhaltsstoffen vorgeschaltet werden, um einer Belegung des granulierten Aktivkohlefilterbetts mit Feststoffen vorzubeugen. Folglich kann die Anzahl der Spülzyklen reduziert sowie die Art der Spülung gezielt auf das Filtermedium der granulierten Aktivkohle angepasst werden.

**Pulveraktivkohle (PAK)** kann in unterschiedlichen Verfahrensvarianten in der kommunalen Abwasserreinigung eingesetzt werden. Diese unterscheiden sich im Wesentlichen in der Art der Adsorbensführung innerhalb des Reinigungsprozesses (Gleich- oder Gegenstrom) als auch in Bezug auf die Art der Mehrfachbeladung innerhalb einer Reinigungsstufe. Bei der Anwendung von Pulveraktivkohle ist ein weitestgehender Adsorbensrückhalt sicherzustellen, nach derzeitigem Stand z.B. durch die Nachschaltung einer Filteranlage. Die einfachste Art Pulveraktivkohle einzusetzen, stellt die Dosierung in die biologische Reinigungsstufe dar. Baulich und verfahrenstechnisch aufwändiger gestaltet sich die Anwendung von Pulveraktivkohle im Gegenstromprinzip: Hierbei wird das Adsorbens dem Abwasser zunächst nach der biologischen Reinigung zugegeben und im Anschluss daran zur besseren Ausnutzung in die biologische Stufe zurückgeführt. Für die Ausbildung der eigentlichen, nachgeschalteten adsorptiven Reinigungsstufe stehen nach derzeitigem Stand sowohl die Dosierung von Pulveraktivkohle vor einen Filter als auch die Dosierung in eine separate Adsorptionsstufe, bestehend aus einem Kontaktreaktor und einem Sedimentationsbecken (›Ulmer Verfahren‹), zur Verfügung. Beide Verfahren zeichnen sich durch die Entkopplung der Aufenthaltszeit des Abwassers von der Aufenthaltszeit der Pulveraktivkohle im System aus: Bei der Dosierung von Pulveraktivkohle vor einen Filter erfolgt die Mehrfachbeladung durch die im Filterbett eingelagerte Aktivkohle, wohingegen beim ›Ulmer Verfahren‹ der im Sedimentationsbecken abgesetzte ›Aktivkohleschlamm‹ zur Mehrfachbeladung wieder in das Kontaktbecken zurückgeführt wird. Ein weiterer wesentlicher Unterschied zwischen den beiden Verfahren besteht darin, dass bei der Dosierung vor einen Filter die gesamte Adsorbensmenge im Filterbett zurückgehalten werden muss, wohingegen es beim Betrieb des ›Ulmer Verfahrens‹ nur noch einer Abtrennung der aus dem Sedimentationsbecken abtreibenden Aktivkohlepartikel bedarf.

Bei den sogenannten **Kombinationsverfahren (Ozon & AK)** wird das Abwasser sowohl ozoniert als auch mit Aktivkohle behandelt. Verfahrenstechnisch kann die Ozonung sowohl mit einem granulierten Aktivkohlefilter als auch mit einem Pulveraktivkohleverfahren kombiniert werden. Gründe für den Betrieb von Kombinationsverfahren können beispielsweise die Forderung nach der Elimination eines breiteren Stoffspektrums gegenüber dem Betrieb eines einzelnen Verfahrens, der Wunsch nach einer Verlängerung der Standzeit des granulierten Aktivkohlefilters oder auch einer reduzierten Bildung von Oxidationsnebenprodukten sein.

<sup>1</sup> Sofern bei der Verfahrenswahl eine Ozonung in Betracht gezogen wird, ist möglichst frühzeitig zu prüfen, ob sich das Abwasser hierfür eignet, da durch die Ozonbehandlung in Einzelfällen unerwünschte Oxidationsnebenprodukte, wie z. B. Bromat, gebildet werden können.

Für die Ermittlung der Entnahmeleistung als auch einen Vergleich zwischen den Leistungen unterschiedlicher Verfahrenstechniken gilt es zu beachten, dass sich das Prozessdesign einzelner Verfahrenstechniken zur Spurenstoffelimination nicht zwangsläufig auf eine baulich abgegrenzte Reinigungsstufe beschränkt. Dies erschwert oftmals die Bestimmung der eigentlichen Reinigungsleistung des Verfahrens.

## 3 Auslegungswassermenge und Betriebsweise von Verfahren zur Spurenstoffelimination

### 3.1 AUSLEGUNGSWASSERMENGE

---

Für die Festlegung der Auslegungswassermenge  $Q_{\text{Spur,max}}$  gelten folgende Kriterien<sup>2</sup>:

Für Kläranlagen, deren Einzugsgebiete vorwiegend aus **Mischsystemen** bestehen, kann das Verfahren zur Spurenstoffelimination als Teilstrombehandlung ausgelegt werden. Die Auslegungswassermenge für die Spurenstoffelimination ist hierbei so zu wählen, dass mindestens der maximale Trockenwetterabfluss ( $Q_{\text{T,max}}$ ) und mindestens 70 % der Jahresabwassermenge gezielt behandelt wird.

Falls eine Auslegung auf den maximalen Trockenwetterabfluss dazu führen würde, dass mehr als 90 % der Jahresabwassermenge zu behandeln wären, so soll der Wert der Auslegungswassermenge so angepasst werden, dass 90 % der Jahresabwassermenge gezielt behandelt wird.

Die Vorgehensweisen zur Ermittlung von  $Q_{\text{T,max}}$  und zur Festlegung von  $Q_{\text{Spur,max}}$  sind im Anhang beschrieben. Als Grundlage hierfür sind die Betriebsdaten der letzten 3 Jahre heranzuziehen. Änderungen von  $Q_{\text{M}}$  in diesem Zeitraum sind entsprechend zu berücksichtigen. Sollten die für die Ermittlung notwendigen Daten nicht vorhanden sein, so ist die Auslegungswassermenge  $Q_{\text{Spur,max}}$  mit der Aufsichtsbehörde abzustimmen.

Für Kläranlagen, deren Einzugsgebiete vorwiegend aus **Trennsystemen** bestehen, ist die Spurenstoffelimination als Vollstrombehandlung auszulegen.

### 3.2 BETRIEBSWEISE

---

Das Spurenstoffeliminationsverfahren ist so zu betreiben, dass die Kläranlage an Tagen mit Abflüssen von maximal  $Q_{\text{Spur,max}}$  im Mittel eine Spurenstoffeliminationsleistung von mindestens 80 %<sup>3</sup> aufweist<sup>2</sup>.

<sup>2</sup>Arbeitspapier des Ministeriums für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft Baden-Württemberg zur Spurenstoffelimination auf kommunalen Kläranlagen in Baden-Württemberg vom 29.03.2018

<sup>3</sup>Die Berechnung der Spurenstoffeliminationsleistung als auch die Vorgaben zum Nachweis der Einhaltung einer ausreichenden Spurenstoffelimination sind in der Handlungsempfehlung zur Betriebsüberwachung beschrieben.

An Tagen mit Abflüssen von mehr als  $Q_{\text{Spur, max}}$  ist mindestens der Auslegungsabfluss gezielt zu behandeln. Hierbei gilt:

- Bei der **Ozonung** ist in jedem Fall dem zu reinigenden Teilstrom mindestens die gleiche Fracht an Ozon zuzugeben wie durchschnittlich an Tagen mit Abflüssen von maximal  $Q_{\text{Spur, max}}$  für die gezielte Spurenstoffelimination eingesetzt wird. Die Ozonzugabe hat dauerhaft zu erfolgen.
- Bei Verfahren mit **granulierter Aktivkohle** ist mindestens der Auslegungsabfluss über die GAK-Schüttung zu führen.
- Bei Verfahren mit **Pulveraktivkohle** ist dem Abwasserreinigungsprozess zu jeder Zeit frische Pulveraktivkohle zuzugeben. Die Zugabe kann sowohl in die biologische Stufe als auch in eine der biologischen Stufe nachgeschalteten Verfahreseinheit erfolgen. Dabei ist mindestens die gleiche Fracht an Pulveraktivkohle zu dosieren wie durchschnittlich an Tagen mit Abflüssen von maximal  $Q_{\text{Spur, max}}$  für die gezielte Spurenstoffelimination eingesetzt wird.
- Bei **Kombinationsverfahren** sind die jeweiligen Anforderungen an die Betriebsweise der Einzelverfahren einzuhalten.

## 4 Handlungsabfolge

### 4.1 ZEITPUNKTE ZUR ANWENDUNG DER EINZELNEN HANDLUNGSEMPFEHLUNGEN

Die Zeitspanne von der Planung bis zum Dauerbetrieb des Verfahrens zur Spurenstoffelimination unterteilt sich in sechs Phasen. Je Phase sind unterschiedliche Handlungsempfehlungen anzuwenden. Tabelle 2 beinhaltet eine Übersicht über die Zeitpunkte zur Anwendung der jeweiligen Handlungsempfehlung und die Anzahl an durchzuführenden Messkampagnen für die Untersuchung auf Spurenstoffe.

Im Rahmen der **Planungsphase** gilt es mit der Durchführung von Messungen gemäß der Handlungsempfehlung ›Vergleichskontrolle‹ die Belastung einer Kläranlage mit unterschiedlichen Spurenstoffen als auch den bisherigen Eliminationsumfang dieser Substanzen in der Kläranlage vor dem Ausbau zu bestimmen. Diese Messungen können je nach zeitlichem Fortschritt bei der Umsetzung des Spurenstoffeliminationsverfahrens auch noch während der **Bauphase** durchgeführt werden.

Im Anschluss daran erfolgt die **Inbetriebnahme** des neuen Verfahrens mit einer gemäß den bisherigen Erfahrungen auf anderen Kläranlagen typischen Dosiermenge an Ozon oder Pulveraktivkohle bzw. typischen Betriebsweise bei granulierten Aktivkohlefiltern. Zu Beginn dieser Phase ist die Funktionsfähigkeit der für den Betrieb des Verfahrens zur Spurenstoffelimination notwendigen Dosieranlagen, Aggregate oder Messgeräte zu prüfen. Nach Einstellung eines stabilen Betriebszustandes sind erste Messungen zur Reinigungsleistung des Verfahrens entsprechend den Vorgaben der Handlungsempfehlung ›Betriebsüberwachung‹ für eine erste Bestandsaufnahme durchzuführen. Bei Bedarf ist im Anschluss an die Inbetriebnahmephase die für einen optimalen Betrieb des Verfahrens notwendige Maschinen- und Messtechnik nachzurüsten.

Die **Optimierungsphase** hat zur Aufgabe die notwendige Betriebsweise der neuen Verfahrenstechnik zur Erlangung der geforderten Spurenstoffeliminationsleistung zu bestimmen. Um Erfahrungen zur Abhängigkeit der Reinigungsleistung von der Einsatzmenge der Betriebsmittel sowie zur indirekten Kontrolle des Umfangs der Spurenstoffelimination mittels des prozentualen SAK<sub>254</sub>-Rückgangs zu erlangen, sind die Betriebsbedingungen (Ozon-/Pulveraktivkohledosiermenge, Bettvolumina der granulierten Aktivkohle) so zu variieren, dass idealerweise bezogen auf die gesamte Kläranlage Spurenstoffeliminationsraten zwischen 70 und 90 % erzielt werden. Die hierzu notwendigen Messkampagnen sind entsprechend der Handlungsempfehlung ›Betriebsüberwachung‹ durchzuführen. Zur Gewährleistung der Interpretierbarkeit der Messwerte ist dabei auf eine ausreichende Anzahl an Messkampagnen zu achten. Für Kläranlagen mit einer Ozonung oder einem Pulveraktivkohleverfahren ist für die Dauer der Optimierungsphase von einem Jahr auszugehen. Beim Betrieb eines granulierten Aktivkohlefilters ist die Optimierungsphase über ein Jahr hinausgehend so lange fortzuführen bis die granulierten Aktivkohle aufgrund einer unzureichenden Reinigungsleistung erstmalig ausgetauscht werden muss.

In der sich anschließenden **Testphase**, welche sich über einen Zeitraum von etwa zwei Jahren erstreckt, soll überprüft werden, inwiefern die Zielvorgabe für die Spurenstoffeliminationsleistung dauerhaft eingehalten werden kann und die Vorgaben zur Betriebsüberwachung ausreichend sind. Während der Testphase sind Spurenstoffuntersuchungen gemäß den Handlungsempfehlungen ›Vergleichskontrolle‹ und ›Betriebsüberwachung‹ durchzuführen sowie die in der Handlungsempfehlung ›Betriebsüberwachung‹ aufgeführten Werte für den Nachweis eines ordnungsgemäßen Betriebs zu dokumentieren. Bei Bedarf sind die Vorgaben entsprechend zu erweitern. Am Ende der Phase stehen somit umfangreiche Erkenntnisse für die Möglichkeiten einer eigenen Kontrolle der Reinigungsleistung des Spurenstoffeliminationsverfahrens als auch zu dessen Betriebsüberwachung zur Verfügung. Darauf basierend werden die weiteren Vorgaben für die Betriebsüberwachung des **Dauerbetriebs** von der zuständigen Wasserbehörde festgelegt.

Die Messungen zum Nachweis des Erfolgs der Maßnahme gemäß **Förderbescheid** sind ab der Einstellung eines dauerhaft sicheren Betriebs während der Inbetriebnahmephase bis zur Beendigung der Optimierungsphase durchzuführen. Hierauf wird in diesem Leitfaden nicht näher eingegangen.

TABELLE 2: ÜBERSICHT ZUR ANWENDUNG DER HANDLUNGSEMPFEHLUNGEN

Phase		Überwachungskonzeption		
Abk.	BEZEICHNUNG // Zielsetzung	Dauer	Handlungsempfehlung	
			Vergleichs- kontrolle	Betriebsüberwachung Überprüfung Spurenstoff- elimination
<b>A</b>	<b>PLANUNG</b> Voruntersuchungen zur Ermittlung der Spurenstoff- belastung/-elimination der Kläranlage		↑ <b>2 bzw. 3 MK*</b> ↓	
<b>B</b>	<b>BAU</b>			
<b>C</b>	<b>INBETRIEBNAHME</b> Einfahrbetrieb: <ul style="list-style-type: none"> <li>■ Anfahren des Spurenstoffeliminationsverfahrens</li> <li>■ Funktionskontrolle der technischen Komponenten, bei Bedarf Mängelbeseitigung</li> <li>■ Einstellung eines dauerhaft sicheren Betriebs und Bestandsaufnahme → Bei Bedarf Nachrüstung von Maschinen- und Messtechnik zur Optimierung des Betriebs</li> </ul>	ca. 1 Jahr		2–3 MK  X
<b>D</b>	<b>OPTIMIERUNG</b> Untersuchungen zur Erlangung von Erkenntnissen zur Spurenstoffeliminationsleistung bei unterschied- lichen Betriebseinstellungen → Definition der Betriebsweise zur Einhaltung der Zielvorgabe für die Spurenstoffelimination	ca. 1 Jahr		6–10 MK  X
<b>E</b>	<b>TEST DES ›NORMAL-BETRIEBS‹</b> Überprüfung, inwieweit mit dem gewählten Betriebs- konzept die Vorgaben an die Spurenstoffelimination eingehalten werden können, ggf. Anpassung der Betriebsweise → Festlegung der Vorgaben für die Betriebsüber- wachung des Dauerbetriebs durch die Behörde	ca. 2 Jahre	2 bzw. 3 MK*	6 MK/a  X
<b>F</b>	<b>DAUERBETRIEB</b>			Analytik gemäß Ergebnis der Phase E

\* Ausbaugröße ≤ 50.000 E → 2 MK  
 Ausbaugröße > 50.000 E → 3 MK  
 MK = Messkampagne

## 4.2 BERICHTERSTELLUNG

Die Ergebnisse der jeweiligen Untersuchungen sind in einem Bericht zu dokumentieren. In Tabelle 3 sind neben den Zeitpunkten zur Erstellung der Berichte auch die jeweils darin darzustellenden Ergebnisse aufgelistet.

Die Berichte der Inbetriebnahme-, Optimierungs- und Testphase ›Normalbetrieb‹ dienen als Grundlage für die Festlegung eines reduzierten Messaufwandes für den Dauerbetrieb.

TABELLE 3: BERICHTERSTELLUNG

Zeitpunkt	Inhalt
	<b>Allen Berichten sind im Anhang die Analysenprotokolle der Spurenstoffmessungen sowie die zugehörigen Dokumentationen der Messkampagnen beizufügen.</b>
nach Abschluss der Voruntersuchungen	<b>Dokumentation des Zustands vor Ausbau:</b> → Beschreibung der Kläranlage → Ergebnisse der Untersuchungen zur Vergleichskontrolle
nach Abschluss der Inbetriebnahmephase	<b>Dokumentation des Bestands:</b> → Beschreibung der Verfahrenstechnik Integration des Verfahrens in die Kläranlage, Anordnung der Messtechnik ... → Beschreibung der Betriebsbedingungen → Ergebnisse zur Reinigungsleistung Spurenstoffelimination, Verbesserung der Ablaufqualität klassischer Abwasserparameter ... → bei Bedarf: Beschreibung der notwendigen Maschinen- und Messtechnik sowie baulicher Maßnahmen zur Optimierung des Verfahrens
nach Abschluss der Optimierungsphase	<b>Dokumentation der Ergebnisse der Optimierungsuntersuchungen:</b> → Umfang der Eliminationsleistung bei unterschiedlichen Betriebs-einstellungen → Beschreibung der zukünftigen Betriebsweise des Spurenstoff-eliminationsverfahrens und Vorgehensweise für die indirekte Kontrolle der Reinigungsleistung
während und nach Abschluss der Testphase ›Normalbetrieb‹	<b>Dokumentation der Betriebsweise zur Einhaltung der Zielvorgabe für die Spurenstoffelimination in Baden-Württemberg und des Erfolgs des Ausbaus der Kläranlage nach Ablauf des ersten Jahres der Testphase:</b> → Jahresbericht gemäß der Handlungsempfehlung ›Betriebsüberwachung‹ für den Zeitraum des ersten Jahres der Testphase

TABELLE 3: BERICHTERSTELLUNG

Zeitpunkt	Inhalt
	nach Beendigung der Testphase: → Jahresbericht gemäß der Handlungsempfehlung ›Betriebsüberwachung‹ für den Zeitraum des zweiten Jahres der Testphase → Ergebnisse der Untersuchungen zur Vergleichskontrolle Vergleich Spurenstoffelimination vor/nach Ausbau
Dauerbetrieb: nach Ablauf eines jeden Jahres	Einhaltung der Zielvorgabe für die Spurenstoffelimination in Baden-Württemberg: Jahresbericht gemäß der Handlungsempfehlung ›Betriebsüberwachung‹

## 5 Allgemeingültige Hinweise zur Durchführung von Spurenstoffuntersuchungen im Rahmen der Handlungsempfehlungen

### HINWEIS:

Die nachfolgenden Ausführungen haben nur bei Untersuchungen auf die in diesem Dokument aufgeführten Spurenstoffe Gültigkeit. Bei einer Erweiterung der Stofflisten sind die Anforderungen an die Durchführung der Probenahme, Probenaufbereitung sowie -konservierung und -aufbewahrung mit der/dem AnalytikerIn abzustimmen.

### 5.1 PROBENAHEME, PROBENAUFBEREITUNG UND -AUFBEWAHRUNG

#### 5.1.1 DURCHFÜHRUNG DER PROBENAHEME

Die Proben sind vom Personal der Kläranlage zu entnehmen.

Für Untersuchungen auf Spurenstoffe sind durchfluss- oder volumenproportionale Mischproben zu ziehen.

Für 48- oder 72-Stunden-Mischproben sind jeweils zwei bzw. drei aufeinanderfolgende 24-Stunden-Mischproben zu entnehmen. Die 24-Stunden-Mischproben sind in separate Glasflaschen abzufüllen und zunächst gekühlt und dunkel zu lagern. Nach Beendigung der Probenahme sind die 24-Stunden-Mischproben jeder Probenahmestelle proportional zu den Tagesabflussmengen an der jeweiligen Probenahmestelle zu je einer Sammelprobe zusammenzumischen. Für die Berechnung des für die Mischung notwendigen Probenvolumens jeder 24-Stunden-Mischprobe steht auf der Homepage des KomS ein Formular zum Download zur Verfügung (→ <http://koms-bw.de/publikationen/koms/handlungsempfehlungen/>).

### 5.1.2 PROBENAHMEEQUIPMENT

Veränderungen der Proben durch Wechselwirkung mit den verwendeten Gerätschaften und Probenahmegefäßen sind auszuschließen. Es wird daher empfohlen, im Probenehmer keine neuen Gefäße zu verwenden sowie einzelne Bauteile des Probenehmers (wie z. B. Schläuche, Dichtungen, Verteilerplatte) vor der Probenahme nicht auszutauschen. Nach Möglichkeit sind Glasgefäße für die Probensammlung im Probenehmer dem Einsatz von Kunststoffgefäßen vorzuziehen.

### 5.1.3 PROBENAHMESTELLEN

Die Probenahme hat in Abhängigkeit der Ausbausituation einer Kläranlage an jeweils unterschiedlichen Stellen des Reinigungsprozesses zu erfolgen. Die zu beprobenden Stellen sind in Tabelle 4 aufgeführt.

Für die Bestimmung der Spurenstoffsituation im Zu- und Ablauf einer Kläranlage als auch des Umfangs der Spurenstoffelimination über die gesamte Kläranlage sind in jedem Fall die Probenahmestellen »Zu- und Ablauf Kläranlage« zu wählen. Ist vor Ausbau der Kläranlage um ein Verfahren zur Spurenstoffelimination bereits eine Filteranlage vorhanden, so ist zudem der Ablauf der Nachklärung zu beproben.

Wird die Kläranlage um ein nachgeschaltetes Spurenstoffverfahren erweitert, so ist vor dem eigentlichen Reinigungsverfahren zur Spurenstoffelimination eine zusätzliche Mischprobe zu ziehen um die Leistung des Verfahrens bewerten zu können.

Da für die Anordnung der Probenahmestelle »Zulauf Kläranlage« innerhalb der mechanischen Stufe keine einheitliche Regelung besteht, ist die Stelle der Probenahme zu dokumentieren. Bei der Auswahl der Probenahmestelle ist darauf zu achten, dass der beprobte Volumenstrom keine internen Kreislaufströme beinhaltet. Die Probenahme hat in jedem Fall vor der biologischen Stufe zu erfolgen. Als sinnvolle Stelle wird in diesem Zusammenhang der Zulauf zur Vorklärung erachtet.

**TABELLE 4: PROBENAHMESTELLEN FÜR ABWASSERUNTERSUCHUNGEN AUF SPURENSTOFFE**

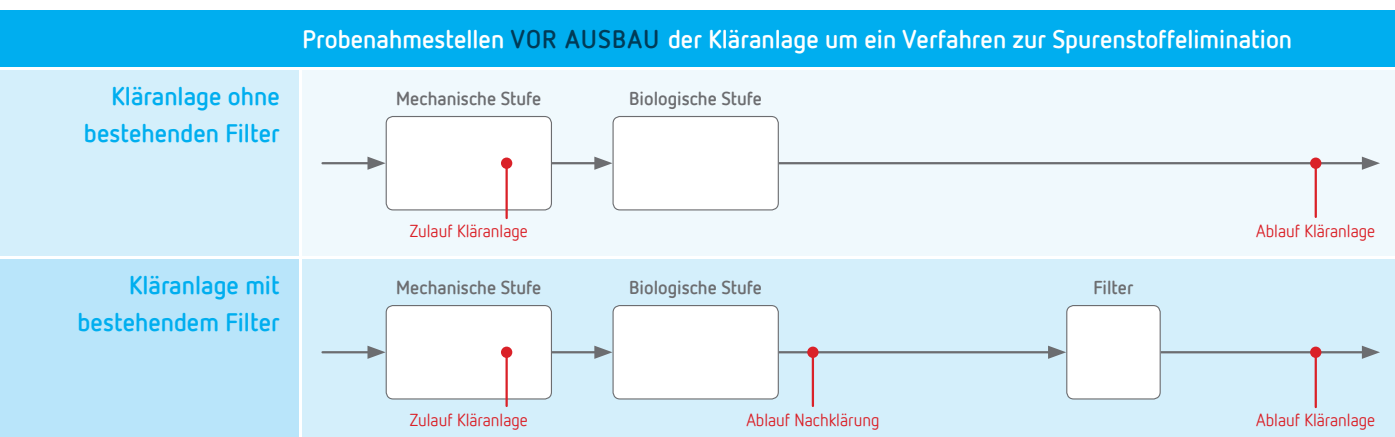




TABELLE 4: PROBEHAHMESTELLEN FÜR ABWASSERUNTERSUCHUNGEN AUF SPURENSTOFFE

Probenahmestellen NACH AUSBAU der Kläranlage um ein Verfahren zur Spurenstoffelimination

<p><b>Ozonung</b></p>	
<p><b>Granulierter Aktivkohlefilter mit Vorfilter</b></p>	
<p><b>Granulierter Aktivkohlefilter ohne Vorfilter</b></p>	
<p><b>Dosierung von Pulveraktivkohle in die Biologie</b></p>	
<p><b>Dosierung von Pulveraktivkohle vor einen Filter</b></p>	
<p><b>Ulmer Verfahren</b></p>	
<p><b>Kombination aus Ozonung &amp; Aktivkohleverfahren</b></p>	

#### 5.1.4 PROBENAUFBEREITUNG

Da mit dem Betrieb eines Verfahrens zur Spurenstoffelimination primär darauf abgezielt wird, gelöste Spurenstoffe aus dem Abwasser zu entfernen, sind die Abwasserproben vor der Analyse zu filtrieren. Zur Filtration sind Membranfilterpapiere mit einer Porengröße von 0,45 µm zu verwenden. Bei der Auswahl des Filterpapiers ist darauf zu achten, dass die gelöste Phase der Abwasserprobe durch das Filtrieren nicht beeinträchtigt wird (bspw. Sorptionseffekte, Ablösen des Filtermaterials). Das Filtrieren der Proben ist direkt nach dem Mischen der 24-Stunden-Mischproben durchzuführen.

#### 5.1.5 PROBENAUFBEWAHRUNG

Zur Aufbewahrung der Proben sind geeignete Glasgefäße zu wählen. Eine Aufbewahrung der Proben in Kunststoffgefäßen ist zu vermeiden, da Wechselwirkungen mit dem Behälterwerkstoff nicht auszuschließen sind. Bei Verwendung von Kunststoffdeckeln ist auf eine geeignete Beschichtung des Kunststoffes zu achten.

Die Sauberkeit der Probenaufbewahrungsbehälter ist zu gewährleisten. Eine mögliche Kontaminierung der Proben durch unsaubere Behälter ist auszuschließen. Hierzu sind die Behälter vor Wiederverwendung gründlich zu reinigen und mit vollentsalztem oder destilliertem Wasser auszuspülen. Um möglichen Fehlergebnissen durch ungeeignete Probenaufbewahrungsbehälter vorzubeugen, wird empfohlen, die Behältnisse zur Probenaufbewahrung direkt vom Analyseninstitut bereitstellen zu lassen.

Die Proben dürfen zur Konservierung nicht angesäuert werden. Die Lagerung der Proben hat im Dunkeln und gekühlt zu erfolgen.

#### 5.1.6 PROBENTRANSPORT ZUM ANALYSENINSTITUT

Der Transport der Proben zum Analyseninstitut sollte spätestens am Tag nach der Probenaufbereitung erfolgen.

#### 5.1.7 DOKUMENTATION EINER MESSKAMPAGNE

Für eine Auswertung der Messwerte und für mögliche Rückfragen zu den Abwasserproben sind die Namen der durchführenden Personen der Probenahme und der Probenaufbereitung, ausgewählte Angaben zum Betrieb der Kläranlage sowie ausgewählte Messwerte zu dokumentieren. Die zu erfassenden Angaben sind in den jeweiligen Dokumentationsblättern der einzelnen Handlungsempfehlungen vermerkt.

## 5.2 SPURENSTOFFANALYTIK

---

#### 5.2.1 SUBSTANZAUSWAHL

Die Schwierigkeit bei der Beschreibung des Umfangs und somit der Bewertung der Spurenstoffelimination besteht darin, dass der Begriff ›Spurenstoffe‹ eine Vielzahl von Einzelsubstanzen mit unterschiedlichen physikalisch-chemischen Eigenschaften umschreibt. Zudem weisen die Substanzen eine unterschiedliche Umweltrelevanz auf. Die Gemeinsamkeit der Spurenstoffe beschränkt sich lediglich darauf, dass sie im Bereich von Nanogramm bis Mikrogramm pro Liter im Abwasser vorliegen.

Bislang gibt es keinen Summenparameter, anhand dessen das Vorkommen der einzelnen Substanzen abgeleitet sowie deren Wirkung in Summe gemessen werden kann. Sowohl die Beschreibung der Spurenstoffsituation als auch -elimination muss folglich immer anhand einzelner Substanzen festgemacht werden, wobei entsprechend der jeweiligen Fragestellung unterschiedliche Einzelsubstanzen zu analysieren sind.

Während mit der Vergleichskontrolle der Zweck verfolgt wird, Erkenntnisse über das Vorliegen einer Vielzahl von Substanzen und deren Verhalten in der Kläranlage zu generieren, wird mit der Substanzauswahl für die Betriebsüberwachung das Ziel verfolgt, anhand weniger Einzelsubstanzen die Funktionstüchtigkeit des Spurenstoffeliminationsverfahrens und dessen ›Stabilität‹ zu überprüfen. Darüber hinaus wird ein Teil dieser Substanzen zur Definition des Mindestumfangs der Spurenstoffeliminationsleistung einer Kläranlage herangezogen.

**Der Zusammenstellung des Analysenumfangs für die Vergleichskontrolle liegen folgende Anforderungen zu Grunde:**

- Berücksichtigung von Einzelsubstanzen aus unterschiedlichen Herkunfts- und Anwendungsbereichen
- Berücksichtigung von internationalen und nationalen Erkenntnissen zur Gewässerbelastung (bspw. EU, IKS, Schweiz, OGGewV)
- Berücksichtigung von Leit- und Indikatorsubstanzen anderer Bundesländer und Länder
- Berücksichtigung regionaler/lokaler Besonderheiten, ggf. Trinkwasserrelevanz
- überschaubare Analysekosten

**An die Auswahl der für die Betriebsüberwachung zu analysierenden Substanzen wurden folgende Anforderungen gestellt:**

- dauerhaftes Vorliegen im heutigen Kläranlagenablauf
- dauerhaftes Vorliegen im Kläranlagenzulauf in ausreichender Konzentration
- unterschiedliches Eliminationsverhalten in der Reinigungsstufe zur Spurenstoffelimination
- Kenntnis über das Abbauverhalten in herkömmlichen Kläranlagen vorhanden
- Berücksichtigung von Leit- bzw. Indikatorsubstanzen anderer Studien
- geringe Analysekosten

Zudem erfolgte die Substanzauswahl jeweils unter Berücksichtigung eines vertretbaren Aufwandes für die Probenahme sowie für die Probenaufbereitung.

## 5.2.2 ANALYTIK

**Die Analysen sind von einem geeigneten Labor durchzuführen. Mögliche Kriterien für die Eignung können sein:**

- Erfahrung mit der Spurenstoffanalytik in Abwasserproben (Zu- und Ablauf von Kläranlagen)
- Möglichkeit zur Analyse des vorgegebenen Parameterumfangs unter Einhaltung der geforderten Bestimmungsgrenzen für die Ablaufproben und ggf. zur Erweiterung der Stofflisten um weitere Einzelsubstanzen
- benötigtes Probevolumen
- durchschnittliche Bearbeitungsdauer von Anlieferung der Proben bis zum Erhalt der Analysenergebnisse
- Bei eigener Anlieferung der Proben: Entfernung zum Auftraggeber und Öffnungszeiten bzw. Möglichkeiten zur Probenannahme bei Nichtbesetzung des Labors

## 6 Handlungsempfehlung zur Vergleichskontrolle

### 6.1 ZIELSETZUNGEN

Mit den Messungen zur Vergleichskontrolle soll zum einen die Belastung einer Kläranlage mit unterschiedlichen Spurenstoffen als auch die Spurenstoffemission vor und nach dem Ausbau einer Kläranlage erfasst werden.

Die Vergleichskontrolle dient darüber hinaus dem Nachweis der Verbesserung der Reinigungsleistung einer Kläranlage bezüglich der Spurenstoffelimination durch die Erweiterung um ein Verfahren zur Spurenstoffelimination.

### 6.2 HÄUFIGKEIT

Während der Planungs- und Bauphase sowie während der Testphase ›Normalbetrieb‹ ist in Abhängigkeit der Ausbaugröße einer Kläranlage jeweils folgende Anzahl an Messkampagnen durchzuführen:

- Ausbaugröße  $\leq 50.000$  E → 2 Messkampagnen
- Ausbaugröße  $> 50.000$  E → 3 Messkampagnen

### 6.3 PROBENAHEME

Neben den allgemeingültigen Hinweisen zur Probenahme, Probenaufbereitung und -aufbewahrung (vgl. Kapitel 5) gelten für die Durchführung der Messkampagnen der Vergleichskontrolle folgende Vorgaben:

#### 6.3.1 PROBENAHEMEDAUER

Für die Vergleichskontrolle sind 72-Stunden-Mischproben heranzuziehen. Die Probenahmen haben ohne die Berücksichtigung eines Zeitversatzes zu erfolgen.

#### 6.3.2 PROBENAHEMETAGE

Die Proben sind zur Vermeidung möglicher Einflüsse durch Regenwasser vorrangig an Trockenwettertagen, jedoch auf jeden Fall an Tagen mit Abflüssen zur Kläranlage bis zu maximal  $Q_{\text{Spur, max}}$  zu ziehen.

Um wöchentliche Schwankungen zu erfassen, sind die Messkampagnen an unterschiedlichen Wochentagen, vorrangig von Dienstag bis Samstag, durchzuführen.

### 6.4 ANALYTIK

#### 6.4.1 SPURENSTOFFANALYTIK

Im Rahmen der Vergleichskontrolle ist das Filtrat der Proben auf die in Tabelle 5 angegebenen Spurenstoffe zu untersuchen. Bei Bedarf ist die Zusammenstellung um lokal relevante Stoffe zu erweitern.

TABELLE 5: SPURENSTOFFLISTE A-2017 DES KOMS

Stoffgruppe	Nr.	Einzelsubstanz	BG <sub>Ablauf</sub> [ $\mu\text{g/L}$ ]
Arzneimittelwirkstoffe und Metabolite	1	10,11-Dihydro-10,11-dihydroxycarbamazepin	0,025
	2	Azithromycin	0,05
	3	Bezafibrat	0,05
	4	Candesartan	0,05
	5	Carbamazepin	0,025
	6	Ciprofloxacin	0,05
	7	Clarithromycin	0,05
	8	Dehydrato-Erythromycin A	0,05
	9	Diclofenac	0,025
	10	Erythromycin A	0,05
	11	Gabapentin	0,05
	12	Guanylarnstoff	0,25
	13	Hydrochlorothiazid	0,05
	14	Ibuprofen	0,025
	15	Irbesartan	0,05
	16	Metformin	0,05
	17	Metoprolol	0,025
	18	Sulfamethoxazol	0,025
Röntgenkontrastmittel	19	Amidotrizoesäure	0,05
	20	Iohexol	0,05
	21	Iomeprol	0,05
	22	Iopamidol	0,05
	23	Iopromid	0,05
Estrogene	24	17-alpha-Ethinylestradiol	0,0001
	25	17-beta-Estradiol	0,0001
	26	Estron	0,0001
Pestizide	27	Carbendazim	0,025
	28	DEET	0,025
	29	Mecoprop	0,025
	30	Terbutryn	0,025
Korrosionsschutzmittel	31	Benzotriazol	0,05
	32	$\Sigma$ 4- und 5-Methylbenzotriazol	0,05
Komplexbildner	33	DTPA	1,0
	34	EDTA	1,0
	35	NTA	1,0
Weitere Chemikalien	36	Melamin	0,1
Perfluorierte Tenside	37	PFBA	0,005
	38	PFBS	0,005
	39	PFOA	0,005
	40	PFOS	0,005
Synthetische Duftstoffe	41	AHTN	0,025
	42	HHCB	0,025
Flammschutzmittel	43	TCEP	0,05
	44	TCPP	0,05
Synthetische Süßstoffe	45	Acesulfam	0,1
	46	Cyclamat	0,1
	47	Sucralose	0,1

### 6.4.2 EIGENANALYSEN

Zusätzlich zur Spurenstoffanalytik ist vom Filtrat der Ablaufprobe(n) der CSB zu bestimmen. Sofern im eigenen Labor die Möglichkeit zur Messung des DOC besteht, ist dieser Parameter ebenfalls zu bestimmen.

Nach Ausbau der Kläranlage um eine Ozonung bzw. ein nachgeschaltetes PAK-Verfahren ist darüber hinaus in jedem Fall der SAK<sub>254</sub> mittels Labormessung aus dem Filtrat der Ablaufproben zu bestimmen.

## 6.5 DOKUMENTATION DER MESSKAMPAGNEN

Folgende Angaben und Messwerte einer jeden Messkampagne sind zu dokumentieren. Hierfür kann das Dokumentationsblatt »Dokumentation VK«, welches auf der Homepage des KomS zum Download zur Verfügung steht, verwendet werden (→ <http://koms-bw.de/publikationen/koms/handlungsempfehlungen/>). Die verfahrensspezifischen Angaben sind nur bei den Messkampagnen nach Ausbau zu dokumentieren.

### Name der Kläranlage

#### Angaben zur Probenahme

- ▮ Datum und Uhrzeit (von – bis) der Probenahme
- ▮ durchführende Person der Probenahme

#### Standort des Zulaufprobenehmers

#### Angaben zur Probenaufbereitung

- ▮ durchführende Person der Probenaufbereitung
- ▮ Hersteller und Typ des verwendeten Filterpapiers

#### Name des Labors/Instituts für die Spurenstoffanalytik

#### Ergebnisse der Eigenanalysen

#### Verfahrensunabhängige Betriebsdaten der Kläranlage

- ▮ Abflussmenge während der Dauer der Probenahme
- ▮ mittlerer TS-Gehalt im Belebungsbecken

#### Verfahrensspezifische Angaben

##### Ozonung

- ▮ eingetragene Ozonmenge während der Dauer der Probenahme

##### Granulierter Aktivkohlefilter

- ▮ Hersteller und Bezeichnung der eingesetzten GAK
- ▮ über die GAK-Schüttung geführte Abwassermenge während der Dauer der Probenahme
- ▮ durchschnittliches Bettvolumen aller GAK-Filterzellen zu Beginn und am Ende der Probenahme

##### Pulveraktivkohleverfahren

- ▮ Hersteller und Bezeichnung der verwendeten PAK
- ▮ Verbrauch an PAK während der Dauer der Probenahme
- ▮ mittlerer Trübungswert im Ablauf der Kläranlage während der Dauer der Probenahme

##### Kombinationsverfahren

- ▮ entsprechende Angaben der Einzelverfahren

## 7 Handlungsempfehlung zur Betriebsüberwachung bei Verfahren zur Spurenstoffelimination

Für die Betriebsüberwachung sind neben der regelmäßigen Überprüfung der Spurenstoffeliminationsleistung der Kläranlage zusätzliche Messungen im Labor durchzuführen und ausgewählte Betriebswerte zu dokumentieren. Alle Daten sind in einem Jahresbericht zusammenzustellen und der zuständigen Behörde zu übermitteln.

### 7.1 ÜBERPRÜFUNG DER SPURENSTOFFELIMINATIONSLEISTUNG

#### 7.1.1 ZIELSETZUNGEN

Die Bestimmung von Spurenstoffen in ausgewählten Abwasserproben soll dem analytischen Nachweis der Einhaltung des geforderten Eliminationsumfangs beim Betrieb eines Spurenstoffeliminationsverfahrens dienen.

Zugleich soll der Anlagenbetreiber mit den Messungen Erfahrungen zur Einschätzung der Spurenstoffeliminationsleistung seiner Anlage erlangen.

#### 7.1.2 HÄUFIGKEIT

- Für die Erlangung erster Erkenntnisse zur Spurenstoffeliminationsleistung des neuen Verfahrens sind während der **Inbetriebnahmephase** 2 bis 3 Messkampagnen durchzuführen.
- Während der **Optimierungsphase** gilt es die Reinigungsleistung bei unterschiedlichen Betriebsbedingungen zu bestimmen (Variation der Ozon-/Pulveraktivkohledosiermenge bzw. bei granulierten Aktivkohlefiltern Beprobung bei unterschiedlichen Bettvolumina), um darauf basierend einen optimalen Betrieb des Verfahrens einstellen zu können. Hierzu ist eine ausreichende Anzahl an Messkampagnen (empfohlen 6 bis 10 MK) durchzuführen. Idealerweise sind in der Optimierungsphase durch die verschiedenen Betriebsbedingungen Spurenstoffeliminationsraten, bezogen auf die gesamte Kläranlage, zwischen 70 und 90 % zu erzielen.
- Während der zweijährigen **Testphase des »Normalbetriebs«** sind für den Nachweis einer ausreichenden Spurenstoffelimination pro Jahr 6 Messkampagnen an Tagen mit Abflüssen zur Kläranlage bis zu maximal  $Q_{\text{Spur,max}}$  durchzuführen. Zusätzlich ist bei Kläranlagen, deren Spurenstoffverfahren für die Behandlung eines Teilstroms ausgelegt wurde, während der Testphase mindestens einmal pro Jahr eine Messkampagne an Tagen mit Bypassbetrieb durchzuführen.
- Nach Beendigung der Testphase »Normalbetrieb« ist mit der zuständigen Aufsichtsbehörde abzustimmen, inwieweit die Häufigkeit der Messkampagnen für den **Dauerbetrieb** reduziert werden kann.

#### 7.1.3 PROBENAHMEN

Neben den allgemeingültigen Hinweisen zur Probenahme, Probenaufbereitung und -aufbewahrung (vgl. Kapitel 5) gelten für die Durchführung der Messkampagnen zur Betriebsüberwachung folgende Vorgaben:

##### 7.1.3.1 PROBENAHMEDAUER

Für die Überprüfung der Spurenstoffeliminationsleistung sind 48-Stunden-Mischproben heranzuziehen. Die Probenahmen haben ohne die Berücksichtigung eines Zeitversatzes zu erfolgen.

### 7.1.3.2 FESTLEGUNG DER PROBEHAHMETAGE

Die Terminierung der Probenahmen erfolgt durch den Kläranlagenbetreiber.

Für die Probenahmen während der Testphase ›Normalbetrieb‹ zum Nachweis einer ausreichenden Spurenstoffelimination gilt zusätzlich:

- ▮ Die Probenahmetage sind so festzulegen, dass bei 6 aufeinanderfolgenden Messkampagnen an jedem Wochentag mindestens 1x eine Probe entnommen wird.
- ▮ Die Probenahmen haben verteilt über das Jahr zu erfolgen, wobei in einem Zeitraum von 2 Monaten jeweils eine Messkampagne durchzuführen ist. Die Zeitspanne zwischen zwei Messkampagnen sollte mindestens 4 Wochen betragen.

## 7.1.4 ANALYTIK

### 7.1.4.1 SPURENSTOFFE

Für die Betriebsüberwachung ist das Filtrat der Proben auf die in Tabelle 6 aufgeführten Arzneimittelwirkstoffe und Korrosionsschutzmittel zu untersuchen. Bei Bedarf ist in Abstimmung mit der zuständigen Behörde der Analysenumfang für ein Monitoring von lokal relevanten Stoffen zu erweitern.

Bei Kläranlagen, die einen Nachweis über eine bestimmte Eliminationsrate einzelner Röntgenkontrastmittel erbringen müssen, ist der Analysenumfang um die in Tabelle 6 aufgeführten Röntgenkontrastmittel zu erweitern.

**TABELLE 6: SPURENSTOFFLISTE B-2017 DES KOMS**

Stoffgruppe	Nr.	Einzelsubstanz	BG <sub>Ablauf</sub> [µg/L]
Arzneimittelwirkstoffe	1	Candesartan	0,05
	2	Carbamazepin*	0,025
	3	Diclofenac*	0,025
	4	Hydrochlorothiazid*	0,05
	5	Ibuprofen	0,025
	6	Irbesartan*	0,05
	7	Metoprolol*	0,025
	8	Sulfamethoxazol	0,025
Korrosionsschutzmittel	9	Benzotriazol*	0,05
	10	∑ 4- und 5-Methylbenzotriazol*	0,05
Folgende Röntgenkontrastmittel sind optional mitzubestimmen			
Röntgenkontrastmittel	11	Amidotrizoesäure	0,05
	12	Iohexol	0,05
	13	Iomeprol	0,05
	14	Iopamidol	0,05
	15	Iopromid	0,05

\* Substanzen, die in Baden-Württemberg für den Nachweis der Einhaltung einer ausreichenden Spurenstoffeliminationsleistung herangezogen werden (Arbeitspapier des Ministeriums für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft Baden-Württemberg zur Spurenstoffelimination auf kommunalen Kläranlagen in Baden-Württemberg vom 29.03.2018)



#### 7.1.4.2 ZUSATZANALYSEN BEIM BETRIEB EINER OZONUNG

Bei der Ozonung entstehen möglicherweise Transformations- und Oxidationsnebenprodukte, die für die Umwelt problematisch sind. Bei Kläranlagen mit einer Ozonung sind daher neben den Spurenstoffen auch folgende Substanzen zu analysieren:

- Bromid [ $\mu\text{g/L}$ ]
- Bromat [ $\mu\text{g/L}$ ]
- weitere Substanzen, wie z. B. NDMA, in Absprache mit der zuständigen Behörde

#### 7.1.4.3 EIGENANALYSEN

##### CSB und DOC

Um die Spurenstoffeliminationsleistungen verschiedener Kläranlagen miteinander vergleichen zu können, gilt es den spezifisch auf die gelöste Restorganik bezogenen Ozon- oder Aktivkohleeinsatz zu berücksichtigen. Daher ist zusätzlich zur Spurenstoffanalytik vom Filtrat der Ablaufprobe(n) der CSB zu bestimmen. Sofern im eigenen Labor die Möglichkeit zur Messung des DOC besteht, ist dieser Parameter ebenfalls zu bestimmen.

##### SAK<sub>254</sub>

Beim Betrieb einer Ozonung bzw. eines nachgeschalteten Pulveraktivkohleverfahrens ist darüber hinaus in jedem Fall der SAK<sub>254</sub> mittels Labormessung aus dem Filtrat der Ablaufproben zu bestimmen.

Die Kenntnis über den SAK<sub>254</sub>-Rückgang durch das nachgeschaltete Spurenstoffeliminationsverfahren erlaubt es dem Betriebspersonal einschätzen zu können, ob die geforderte Spurenstoffeliminationsleistung für die Kläranlage eingehalten ist.

Der prozentuale SAK<sub>254</sub>-Rückgang errechnet sich wie folgt:

$$\text{SAK}_{254} - \text{Rückgang} [\%] = \frac{\text{SAK}_{254, \text{ Abl. Nachklärung}} - \text{SAK}_{254, \text{ Abl. Kläranlage}}}{\text{SAK}_{254, \text{ Abl. Nachklärung}}} \times 100$$

Die Korrelation zwischen dem prozentualen SAK<sub>254</sub>-Rückgang und der prozentualen Spurenstoffelimination ist abwasserspezifisch und muss deshalb für jedes Abwasser individuell ermittelt werden. Diese Korrelation gilt es mit den Messungen der Optimierungsphase zu erarbeiten. Bei einer Veränderung der Abwasserzusammensetzung kann sich diese Korrelation ändern. Daher ist zur Ergänzung der Daten aus der Optimierungsphase sowie zur ständigen Überprüfung dieser Korrelation bei Spurenstoffuntersuchungen gemäß der Betriebsüberwachung von der Probe des Ablaufs der Nachklärung als auch vom Ablauf der Kläranlage der SAK<sub>254</sub> im Labor zu bestimmen.

#### 7.1.4.4 DOKUMENTATION DES PULVERAKTIVKOHLEGEHALTS IM KLÄRANLAGENABLAUF

Bei Pulveraktivkohleverfahren besteht die Forderung nach einem möglichst vollständigen Rückhalt der beladenen Pulveraktivkohle, einerseits um den Wirkungsgrad des Verfahrens nicht zu mindern, andererseits um die beladene Pulveraktivkohle nicht ins Gewässer gelangen zu lassen. Nicht zuletzt gilt auch hier der Grundsatz, dass Stoffe, die zur Abwasserreinigung verwendet werden, weitestgehend zurückzuhalten sind.

Da die Spurenstoffanalyse der Kläranlagenablaufprobe aus dem Filtrat erfolgt, ist bei Pulveraktivkohleverfahren daher zusätzlich zu dokumentieren, dass in der originären Kläranlagenablaufprobe, welche für die Spurenstoffanalyse herangezogen wurde, nahezu keine Aktivkohle enthalten war und somit der berechnete Eliminationsumfang auch weitgehend den tatsächlichen Verhältnissen entspricht.

Hierzu ist in jedem Fall der Trübungswert des Kläranlagenablaufs zu dokumentieren. Bei erhöhten Trübungswerten ist zusätzlich eine Sichtfilterscheibe mit Angabe des filtrierte Probevolumens anzufertigen.

### 7.1.5 DOKUMENTATION DER MESSKAMPAGNE

Folgende Angaben und Messwerte einer jeden Messkampagne sind zu dokumentieren. Hierfür kann das Dokumentationsblatt »Dokumentation BÜ«, welches auf der Homepage des KomS zum Download zur Verfügung steht, verwendet werden (→ <http://koms-bw.de/publikationen/koms/handlungsempfehlungen/>).

#### Name der Kläranlage

---

##### Angaben zur Probenahme

- ▮ Datum und Uhrzeit (von – bis) der Probenahme
  - ▮ durchführende Person der Probenahme
- 

##### Standort des Zulaufprobenehmers

---

##### Angaben zur Probenaufbereitung

- ▮ durchführende Person der Probenaufbereitung
  - ▮ Hersteller und Typ des verwendeten Filterpapiers
- 

##### Name des Labors/Instituts für die Spurenstoffanalytik

---

##### Ergebnisse der Eigenanalysen

---

##### Verfahrensunabhängige Betriebsdaten der Kläranlage

- ▮ Abflussmenge während der Dauer der Probenahme
  - ▮ davon prozentual im Bypass geführt (nur bei Abflüssen  $> Q_{\text{Spur, max}}$ )
  - ▮ mittlerer TS-Gehalt im Belebungsbecken
- 

##### Verfahrensspezifische Angaben

---

##### Ozonung

- ▮ Eingetragene Ozonmenge während der Dauer der Probenahme
- 

##### Granulierter Aktivkohlefilter

- ▮ Hersteller und Bezeichnung der eingesetzten GAK
  - ▮ über die GAK-Schüttung geführte Abwassermenge während der Dauer der Probenahme
  - ▮ durchschnittliches Bettvolumen aller GAK-Filterzellen zu Beginn und am Ende der Probenahme
- 

##### Pulveraktivkohleverfahren

- ▮ Hersteller und Bezeichnung der verwendeten PAK
  - ▮ Verbrauch an PAK während der Dauer der Probenahme
  - ▮ mittlerer Trübungswert im Ablauf der Kläranlage während der Dauer der Probenahme
- 

##### Kombinationsverfahren

- ▮ entsprechende Angaben der Einzelverfahren
-

### 7.1.6 BERECHNUNG DER ELIMINATIONSLEISTUNG

Für die gezielte Spurenstoffelimination auf Kläranlagen in Baden-Württemberg gilt<sup>5</sup>:

Eine ausreichende Spurenstoffelimination liegt vor, wenn das gleitende Mittel, gebildet aus den Spurenstoffeliminationsraten der letzten 6 Messkampagnen an Tagen mit Abflüssen zur Kläranlage bis zu maximal  $Q_{\text{Spur, max}}$  mindestens 80 % beträgt.

**Der Spurenstoffeliminationsumfang einer jeden Messkampagne errechnet sich als Mittelwert aus den Eliminationsraten der folgenden Einzelsubstanzen:**

▮ Carbamazepin, Diclofenac, Hydrochlorothiazid, Irbesartan, Metoprolol, Benzotriazol,  $\Sigma$  4- und 5 Methylbenzotriazol

**Bei der Berechnung des Mittelwertes ist folgendes zu beachten:**

- ▮ Es sind nur die Eliminationsraten jener Substanzen zu berücksichtigen, deren Zulaufkonzentration mindestens 5-mal so groß ist wie die Bestimmungsgrenze für die Ablaufkonzentration der Substanz (vgl. Tabelle 6).
- ▮ Sofern die Konzentration einer Substanz im Zulauf dauerhaft nicht quantifiziert werden kann, ist mit der Behörde abzustimmen, inwieweit für die geforderte mittlere Eliminationsleistung ein anderer Umfang als 80 % festzulegen ist.

**Für die Berechnung der Eliminationsrate einer Substanz sind die gemessenen Konzentrationen im Zu- und Ablauf der Kläranlage heranzuziehen. Bei der Berechnung ist folgendes zu beachten:**

- ▮ Bei Unterschreitung der Bestimmungsgrenze (BG) im Ablauf ist für die Berechnung des Eliminationsumfangs dieser Substanz die halbe BG anzusetzen.
- ▮ Sollte sich für eine Substanz eine negative Eliminationsrate ergeben, so ist der Eliminationsumfang für diese Substanz bei der Berechnung des Mittelwertes mit 0 % anzusetzen.

Im Anhang ist beispielhaft die Berechnung des Spurenstoffeliminationsumfangs einer Messkampagne sowie die Ermittlung der Spurenstoffeliminationsleistung über das gleitende Mittel dargelegt.

## 7.2 DOKUMENTATION DES ORDNUNGSGEMÄSSEN BETRIEBS

Für den Nachweis eines ordnungsgemäßen Betriebs des Verfahrens zur Spurenstoffelimination sind als Mindestumfang die in Tabelle 7 aufgeführten Werte, die sich in verfahrensunabhängige und verfahrensspezifische Werte untergliedern, in der angegebenen Häufigkeit zu dokumentieren.

Für eine erste Bestandsaufnahme sind die je nach Verfahren geforderten Eigenanalysen häufiger durchzuführen als angegeben. Empfohlen wird eine Häufigkeit von 3- bis 5-mal pro Woche. Bei Bedarf ist das Analysenprogramm während der Einfahrphase zur Erlangung von Erkenntnissen zur Reinigungsleistung um weitere abwasertypische Parameter zu ergänzen.

<sup>5</sup>Arbeitspapier des Ministeriums für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft Baden-Württemberg zur Spurenstoffelimination auf kommunalen Kläranlagen in Baden-Württemberg vom 29.03.2018

Der bei der Ozonung und den nachgeschalteten Pulveraktivkohleverfahren mindestens einmal wöchentlich zu dokumentierende SAK<sub>254</sub>-Rückgang kann entweder über 24-Stunden-Mischproben im Labor bestimmt oder als Tagesmittelwert der Online-Messung angegeben werden. Die Plausibilität der kontinuierlich ermittelten Messwerte der UV-Sonden ist regelmäßig zu prüfen, die Plausibilitätsprüfungen sind zu dokumentieren, bei Bedarf sind die Messgeräte zu justieren.

Störungen und Außerbetriebnahmen sind zu dokumentieren.

**TABELLE 7: MINDESTANGABEN ZUR DOKUMENTATION EINES ORDNUNGSGEMÄSSEN BETRIEBS**

Wert	Einheit	Häufigkeit
<b>VERFAHRENSUNABHÄNGIGE DATEN</b>		
Q <sub>d</sub> täglicher Abfluss	[m <sup>3</sup> /d]	t
Q <sub>d, Spur</sub> täglicher Abfluss bis zur Auslegungswassermenge	[m <sup>3</sup> /d]	t
Q <sub>Inv15-60, max</sub> maximaler Abfluss eines Tages als Mittelwert eines Zeitintervalls von ≥ 15 min bis ≤ 60 min	[l/s]	t
<b>Ozonung</b>		
Sauerstoffverbrauch	[kg O <sub>2</sub> /d]	t
eingetragene Ozonmenge	[kg O <sub>3</sub> /d]	t
SAK <sub>254</sub> -Rückgang (24-h-Mittelwert) zwischen Abl. Nachklärung und Abl. Kläranlage	[%]	1x w
<b>Granulierter Aktivkohlefilter</b>		
Hersteller und Bezeichnung der eingesetzten GAK		nach Einbau
täglich über die GAK-Schüttung geführte Abwassermenge	[m <sup>3</sup> /d]	t
durchschnittliches Bettvolumen aller GAK-Filterzellen am Ende des Tages	[m <sup>3</sup> Abw./m <sup>3</sup> GAK]	t
<b>Pulveraktivkohleverfahren (allgemein)</b>		
Hersteller und Bezeichnung der verwendeten PAK		bei Anlieferung
Verbrauch an PAK	[kg/d]	t
Trübung im Kläranlagenablauf (kontinuierliche Messung)	[FNU]	t
Bei erhöhten Trübungswerten: Erstellung einer Sichtfilterscheibe zur Dokumentation des PAK-Gehalts im Ablauf mit Angabe des filtrierten Probevolumens		
<b>+ zusätzlich bei ›PAK-Dosierung vor einen Filter‹</b>		
Anzahl an Stunden je Tag, - mit Dosierung von PAK vor den Filter - mit Dosierung von PAK in die Biologie	[h] [h]	t
SAK <sub>254</sub> -Rückgang (24-h-Mittelwert) zwischen Abl. Nachklärung und Abl. Kläranlage	[%]	1x w
<b>+ zusätzlich beim ›Ulmer Verfahren‹</b>		
SAK <sub>254</sub> -Rückgang (24-h-Mittelwert) zwischen Abl. Nachklärung und Abl. Kläranlage	[%]	1x w
ISV des Aktivkohleschlammes (Laborwert)	[ml/g]	1x w
<b>Kombinationsverfahren</b>		
entsprechend der jeweiligen Einzelverfahren		

t = täglich    w = wöchentlich

## 7.3 ERSTELLUNG EINES JAHRESBERICHTS

### 7.3.1 ZIELSETZUNG

Der Jahresbericht dient dem Nachweis eines ordnungsgemäßen Betriebs des Spurenstoffeliminationsverfahrens gegenüber der Behörde. Dieser ist erstmalig nach Ablauf des ersten Jahres der Testphase ›Normalbetrieb‹ zu erstellen.

### 7.3.2 INHALT

Der Jahresbericht zur Spurenstoffelimination hat folgende Angaben zu beinhalten:

■ Jahresabfluss [ $\text{m}^3/\text{a}$ ]

■ Anteil am Jahresabfluss, der einer Spurenstoffelimination unterzogen wurde ( $= \frac{\text{Summe Abflüsse} \leq Q_{\text{Spur, max}}}{\text{Jahresabfluss}} \times 100$ ) [%]

■ Verfahrensspezifische Angaben

#### Ozonung

■ Sauerstoffverbrauch [ $\text{kg O}_2/\text{a}$ ]

■ eingetragene Ozonmenge [ $\text{kg O}_3/\text{a}$ ]

■ grafische Auswertung aus der hervorgeht, welche Ozonmengen an Tagen mit Abflussmengen  $\leq Q_{\text{Spur, max}}$  und an Tagen mit Abflüssen  $> Q_{\text{Spur, max}}$  eingetragen wurden

#### Granulierter Aktivkohlefilter

■ Dokumentation der eingesetzten GAK (Hersteller und Produkt)

■ Ganglinienverlauf des durchschnittlichen Bettvolumens aller GAK-Filterzellen am Ende des Tages

■ minimales, maximales und durchschnittliches Bettvolumen des GAK-Filters [ $\text{m}^3_{\text{Abw.}} / \text{m}^3_{\text{GAK}}$ ]

#### Pulveraktivkohleverfahren

■ Dokumentation der verwendeten PAK (Hersteller und Produkt)

■ Jahresganglinien Abfluss und Trübung<sub>Ablauf Kläranlage</sub>

■ eingesetzte Jahresmenge an PAK [ $\text{t}/\text{a}$ ]

■ grafische Auswertung aus der hervorgeht, welche PAK-Mengen an Tagen mit Abflussmengen  $\leq Q_{\text{Spur, max}}$  und an Tagen mit Abflüssen  $> Q_{\text{Spur, max}}$  dosiert wurden

■ zusätzlich beim Verfahren ›Dosierung von Pulveraktivkohle vor einen Filter‹:

Anzahl der Stunden in denen die PAK vor den Filter und Anzahl der Stunden in denen die PAK in die Biologie dosiert wurde

#### Kombinationsverfahren

■ entsprechende Angaben der Einzelverfahren

■ Dokumentation der Spurenstoffelimination

■ Spurenstoffeliminationsrate je Messkampagne (= mittlere Elimination der sieben in Kap. 7.1.6 aufgeführten Substanzen) mit Angabe des Datums der Probenahme und der Betriebsbedingung ›ohne/mit Bypass‹

■ neben den Spurenstoffeliminationsraten des Berichtsjahrs sind auch die davorliegenden letzten 5 Spurenstoffeliminationsraten mit anzugeben

■ Verlauf des gleitenden Mittels der Spurenstoffelimination

- Dokumentationen zu den Probenahmen der einzelnen Messkampagnen sowie die zugehörigen Analyseergebnisse
- Ergebnisse der Eigenanalysen gemäß Kapitel 7.2 unter Angabe des Probenahmedatums (z. B. SAK<sub>254</sub>-Rückgang, ISV)

### 7.3.3 ABGABEFRIST

Der Abgabetermin für den Jahresbericht bei der zuständigen Überwachungsbehörde ist mit dieser zu vereinbaren.

# Anhang A

## Ermittlung von $Q_{T, \max}$

### GRUNDLAGEN FÜR DIE ERMITTLUNG VON $Q_{T, \max}$

- Für die Ermittlung des maßgeblichen Trockenwetterspitzenabflusses  $Q_{T, \max}$  zur Festlegung der Auslegungswassermenge  $Q_{\text{Spur, max}}$  sind die Betriebsdaten der letzten 3 Jahre heranzuziehen.
- Der tägliche maximale Abflusswert muss als Mittelwert des Zeitintervalls von  $\geq 15$  min bis  $\leq 60$  min ( $Q_{\text{Inv } 15-60, \max}$ ) vorliegen.

### VORGEHENSWEISE ZUR ERMITTLUNG VON $Q_{T, \max}$

Hinweis: Bei lokalen Besonderheiten im Einzugsgebiet der Kläranlage sind die in der nachfolgenden Beschreibung festgelegten Faktoren für die Ermittlung von  $Q_{T, \max}$  (mit \* gekennzeichnet) an die vorherrschenden Bedingungen anzupassen. Die Modifikationen sind mit der Behörde abzustimmen.

#### 1. Bestimmung der Tage mit Trockenwetterabfluss

Die Bestimmung der Tage mit Trockenwetterabfluss kann entweder über den Wetterschlüssel (Tage mit Kennziffer 1-trocken oder 2-Frost) oder rechnerisch über die Methode des gleitenden Minimums erfolgen. Für die rechnerische Ermittlung ist entsprechend der Empfehlung des Arbeitsblattes DWA A-198 vom April 2003 das Polygon der gleitenden 21-Tage-Minima der täglichen Abflüsse zu bilden (Intervall 10 Tage vor und 10 Tage nach dem betrachteten Tag). Alle bis zu 20%\* über diesem Polygon vorhandenen täglichen Abflüsse gelten dann als Trockenwetterabflüsse. In Abbildung 1 ist diese Vorgehensweise beispielhaft dargestellt.

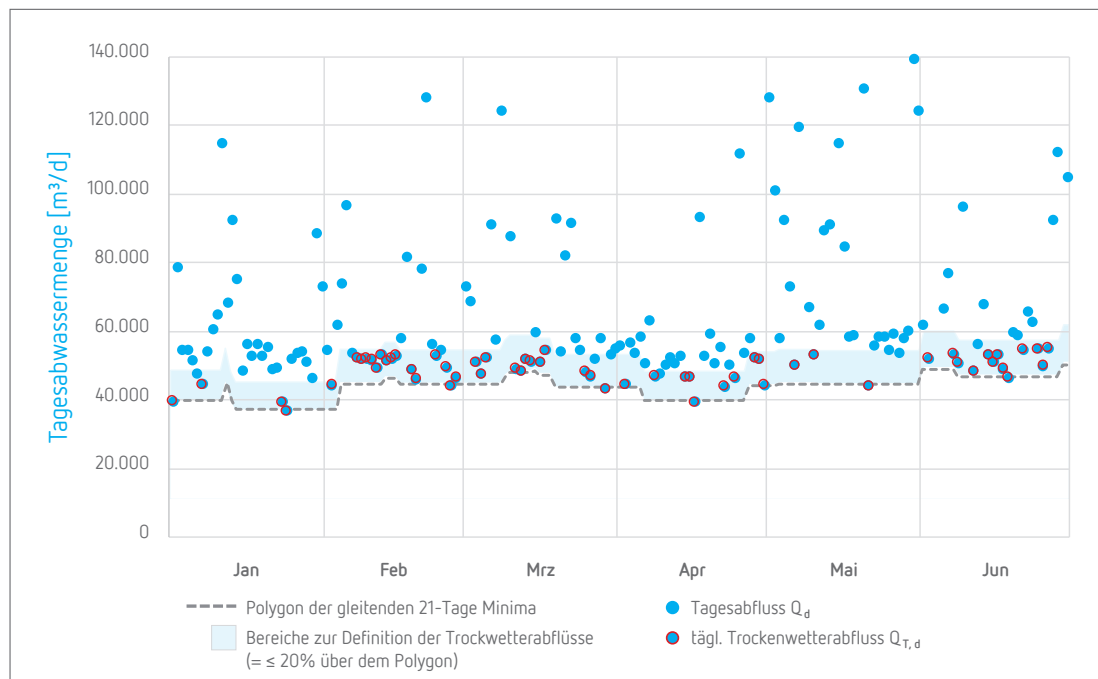


Abbildung 1: Ermittlung der Trockenwetterabflüsse über das Polygon der gleitenden 21-Tage-Minima

## 2. Ermittlung des Trockenwetterspitzenabflusses $Q_{T, \max, 85}$

$Q_{T, \max, 85}$  stellt den Spitzenabfluss dar, der an 85 % aller Tage mit Trockenwetterabfluss unterschritten wird (vgl. Abbildung 2). Für dessen Ermittlung sind die  $Q_{\text{Inv } 15-60, \max}$ -Werte aller unter Ziff. 1) ermittelten Tage heranzuziehen. Die Werte der drei Jahre sind dabei als ein Datensatz zu behandeln.

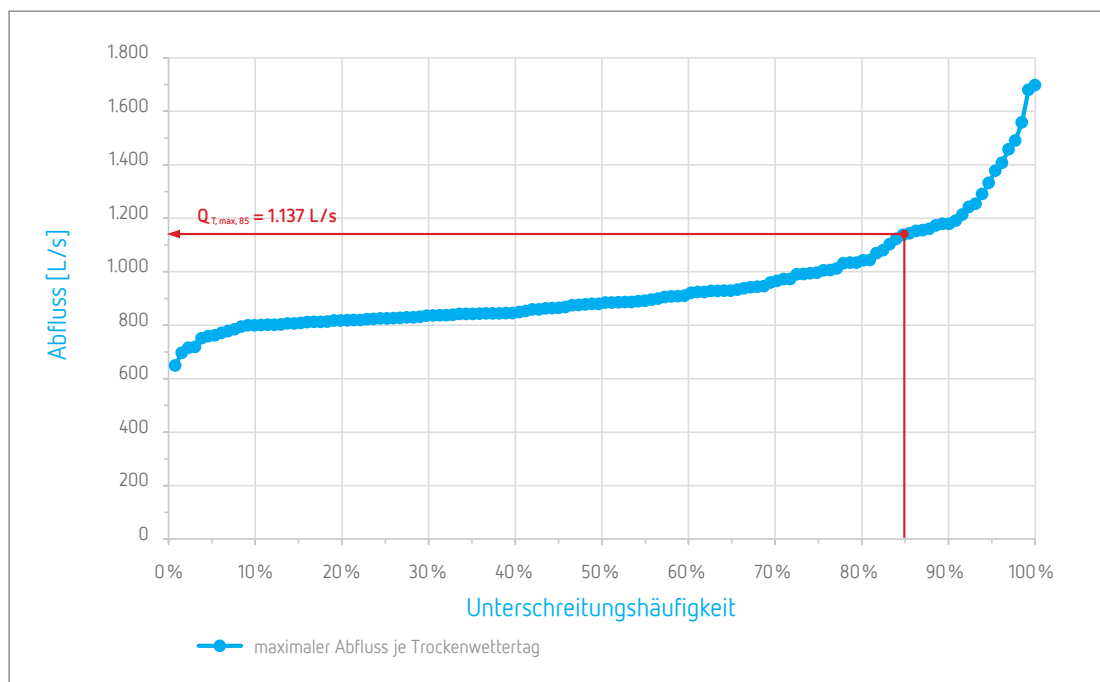


Abbildung 2: Ermittlung des Trockenwetterspitzenabflusses  $Q_{T, \max, 85}$

## 3. Berechnung von $Q_{T, \max}$

Um das Verfahren zur Spurenstoffelimination an mehr als 85 % der Trockenwettertage als Vollstrombehandlung zu betreiben, ist für die Ermittlung von  $Q_{T, \max}$  der  $Q_{T, \max, 85}$ -Wert mit 20 %\* zu beaufschlagen:

$$Q_{T, \max} = 1,2 \times Q_{T, \max, 85}$$



## Anhang B

# Vorgehen zur Festlegung der Auslegungswassermenge $Q_{\text{Spur, max}}$ ausgehend von $Q_{\text{T, max}}$

Für die Festlegung von  $Q_{\text{Spur, max}}$  ist zu prüfen, inwieweit mit dem in Anhang A unter Ziff. 3. ermittelten  $Q_{\text{T, max}}$  mindestens 70 % maximal jedoch 90 % der Jahresabwassermenge (JAM) behandelt werden kann. Sollten diese Bedingungen nicht eingehalten werden, so ist die Abflussmenge, ausgehend von  $Q_{\text{T, max}}$  entsprechend zu erhöhen bzw. abzumindern.

In Tabelle 8 ist aufgezeigt, welcher Abfluss fallspezifisch für die Festlegung von  $Q_{\text{Spur, max}}$  heranzuziehen ist.

**TABELLE 8: MASSGEBENDER ABFLUSS FÜR DIE FESTLEGUNG VON  $Q_{\text{SPUR, MAX}}$**

Fall Nr.	Gegebenheit	Maßgebender Abfluss für die Festlegung von $Q_{\text{Spur, max}}$
1	$JAM(Q_{\text{JAM, 70}}) < JAM(Q_{\text{T, max}}) < JAM(Q_{\text{JAM, 90}})$	$Q_{\text{T, max}}$
2	$JAM(Q_{\text{JAM, 70}}) \geq JAM(Q_{\text{T, max}})$	$Q_{\text{JAM, 70}}$
3	$JAM(Q_{\text{T, max}}) \geq JAM(Q_{\text{JAM, 90}})$	$Q_{\text{JAM, 90}}$

# Anhang C Berechnungsbeispiel

## SPURENSTOFFELIMINATION EINER MESSKAMPAGNE

Wird bei der Berechnung der mittleren Eliminationsraten nicht berücksichtigt, da  $c_{\text{Zulauf}} < 5 \times BG_{\text{Ablauf}}$

Da im Ablauf die Bestimmungsgrenze für diese Substanz unterschritten ist, wird für die Berechnung der Eliminationsrate die halbe BG angesetzt:  $= (0,46 - 0,0125) / 0,46$

Die Eliminationsrate wird bei der Berechnung der mittleren Eliminationsleistung zu 0 % angesetzt. Grund hierfür ist die sich rechnerisch ergebende negative Eliminationsrate.

Substanz	BG <sub>Ablauf</sub> [µg/L]	MESSKAMPAGNE 5			MESSKAMPAGNE 8			MESSKAMPAGNE 10		
		Zulauf [µg/L]	Ablauf [µg/L]	Eli. %	Zulauf [µg/L]	Ablauf [µg/L]	Eli. %	Zulauf [µg/L]	Ablauf [µg/L]	Eli. %
Candesartan	0,05	0,80	0,38	52,5 %	1,00	0,80	20,0%	0,70	0,26	62,9%
Carbamazeptin	0,025	0,33	0,06	81,8 %	0,46	< 0,025	97,3%	0,26	0,05	80,8%
Diclofenac	0,025	1,35	0,18	86,7 %	1,60	0,55	65,6%	1,10	0,11	90,0%
Hydrochlorothiazid	0,05	1,70	0,34	80,0 %	2,20	0,80	63,6%	1,70	0,21	87,6%
Ibuprofen	0,025	8,10	< 0,025	99,8 %	12,0	< 0,025	99,9%	11,0	< 0,025	99,9%
Irbesartan	0,05	0,23	0,06	73,9%	0,44	0,22	50,0%	0,27	0,29	-7,4%
Metoprolol	0,025	1,40	0,08	94,3 %	1,80	0,26	85,6%	1,20	0,08	93,3%
Sulfamethoxazol	0,025	0,24	0,13	45,8 %	0,35	0,20	42,9%	0,25	0,04	84,0%
Benzotriazol	0,05	30,0	1,80	94,0 %	16,0	1,60	90,0%	14,0	2,40	82,9%
Σ 4- und 5-Methylbenzotriazol	0,05	32,0	2,95	90,8 %	20,0	2,50	87,5%	10,5	3,20	69,5%
		Mittel 87,9 %			Mittel 77,1 %			Mittel 72,0 %		

■ Kennzeichnung der Substanzen, die für den Nachweis einer ausreichenden Spurenstoffelimination in BW herangezogen werden

## ERMITTLUNG DER MITTLEREN SPURENSTOFFELIMINATIONSLEISTUNG

MK Nr.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Datum Probenahme	10./11.01.2017	03./04.03.2017	26./27.04.2017	17./18.05.2017	09./10.07.2017	14./15.09.2017	20./21.11.2017	17/18.01.2018	10./11.03.2018	25./26.05.2018	11./12.07.2018
beprobte Wochentage	Di/Mi	Fr/Sa	Mi/Do	Mi/Do	So/Mo	Do/Fr	Mo/Di	Mi/Do	Sa/So	Do/Fr	Di/Mi
Bemerkung	TW	TW	RW	TW	TW	TW	TW	TW	TW	TW	TW
mittlere Eli.-leistung je MK	84,3 %	81,7 %	62,3 %	82,1 %	87,9 %	82,3 %	81,7 %	77,1 %	84,6 %	72,0 %	87,4 %
gleitendes Mittel							83,3 %	82,1 %	82,6 %	80,9 %	80,9 %

TW = Trockenwetter  
RW = Regenwetter  
(zeitweise  $Q_{\text{Inv15} - 60} > Q_{\text{Spur, max}}$ )

■ Diese Eliminationsrate wird bei der Berechnung der mittleren Spurenstoffeliminationsleistung nicht berücksichtigt, da an diesen Tagen zeitweise ein höherer Abfluss zur Kläranlage als die Auslegungswassermenge für die Spurenstoffelimination vorhanden war.



