

Dr.-Ing. Marie Launay

Spurenstoffelimination in Baden-Württemberg – Strategie des Landes

Bislang wurden in Baden-Württemberg 17 Kläranlagen mit einer Stufe zur Spurenstoffelimination ausgerüstet, 22 Anlagen sollen in den nächsten fünf Jahren folgen. Wie gelingt die technische Umsetzung der Spurenstoffelimination, wie ist der Stand der Forschung?

Bereits seit Mitte der neunziger Jahre wird auf drei Kläranlagen in Baden-Württemberg Pulveraktivkohle (PAK) zur Entfärbung des Abwassers eingesetzt. Die damaligen Untersuchungsergebnisse dienten als Basis für die Untersuchungen zur gezielten Anwendung von PAK zur verbesserten Abwasserreinigung auf der Kläranlage Steinhäule in Neu-Ulm. Bereits im Jahr 2005 konnte nachgewiesen werden, dass mit dem Betrieb des entwickelten Verfahrens, unter Anwendung von 10 mg/l PAK, eine Vielzahl an Spurenstoffen zu mehr als 80 % gegenüber der heutigen Ablaufqualität einer Kläranlage aus dem Abwasser entfernt werden kann.

In Deutschland wurde erstmals im Jahr 2010 auf der Kläranlage Mannheim auf Basis der Erkenntnisse aus Neu-Ulm eine Adsorptionsstufe in Form einer Teilstrombehandlung in Betrieb genommen. Gegenwärtig wird in Baden-Württemberg auf 17 Kläranlagen ein Verfahren zur gezielten Spurenstoffelimination betrieben, 22 weitere Anlagen befinden sich in Planung oder Bau.

Im Jahr 2018 hat das Umweltministerium Baden-Württemberg in Zusammenarbeit mit dem Kompetenzzentrum Spurenstoffe (KomS) Baden-Württemberg ein Arbeitspapier erstellt, anhand dessen die Wasserbehörden im Land Zielvorstellungen entwickeln sollen, für welche Kläranlagen eine Spurenstoffelimination anzustreben ist. In diesem Beitrag werden der derzeitige Stand der technischen Umsetzung zur Spurenstoffelimination auf baden-württembergischen Kläranlagen und aktuelle Forschungsaktivitäten des KomS Ba-

den-Württemberg präsentiert sowie der neue Handlungsrahmen zum Ausbau von Kläranlagen in Baden-Württemberg beschrieben.

Handlungsrahmen zum Ausbau von Kläranlagen in Baden-Württemberg

Arbeitspapier des Umweltministeriums Baden-Württemberg

Das Land Baden-Württemberg will den Ausbau der Kläranlagen mit einer Spurenstoffelimination aus Vorsorgegründen auf konsensorientierter Basis voranbringen. Im Arbeitspapier des Ministeriums für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft Baden-Württemberg „Spurenstoffelimination auf kommunalen Kläranlagen in Baden-Württemberg“, das am 20. November 2018 veröffentlicht wurde, werden die fachlichen Kriterien für die Priorisierung des weiteren Ausbaus konkretisiert, die Anforderungen an die Eliminationsleistung der Anlagen definiert sowie Hinweise zur rechtlichen Umsetzung gegeben /1/.

Die Kriterien für die Priorisierung von Maßnahmen geben den derzeitigen Diskussionsstand wieder und sind auch in die Diskussionen zur Spurenstoffstrategie des Bundes eingeflossen. Die eindeutigen Kriterien betreffen die Einleitung des Ablaufs der Kläranlage

- in den Bodensee bzw. im Bodenseeeinzugsgebiet, inkl. Obere Donau vor der Versickerungsstelle,
- in das Grundwasser,
- in ein Gewässer, das bei ungünstigen Untergrundverhältnissen (bspw. Karst) zeitweise oder ganzjährig versickert,

- in ein Gewässer mit einem Abwasseranteil im Abstrom bei MNQ größer als die Hälfte (50 %) des Gesamtabflusses (Ausnahme hiervon sind Kläranlagen der Größenklasse 1 bis 3),
- der Größenklasse 5 mit einer Ausbaugröße von ≥ 500.000 EW.

Etwa 125 Kläranlagen fallen unter die eindeutigen Kriterien für einen Ausbau. Sechs weitere Kriterien zur Einzelfallprüfung sind im Arbeitspapier aufgelistet. Anhand der Kriterien sollen die Wasserbehörden Zielvorstellungen entwickeln, für welche Kläranlagen eine Spurenstoffelimination im Sinne von „No-Regret-Maßnahmen“ angestrebt werden soll. Zudem ist eine Betrachtung in Zusammenhang mit gegebenenfalls erforderlichen Maßnahmen zur Phosphorelimination erforderlich.

Die Anforderungen an die Spurenstoffelimination auf kommunalen Kläranlagen in Baden-Württemberg sind im Arbeitspapier klar definiert: 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 % aufweist (gleitende Mittel, gebildet aus den Eliminationsraten der letzten sechs Messkampagnen). Der Spurenstoffeliminationsumfang einer jeden Messkampagne errechnet sich als Mittelwert aus den Eliminationsraten der folgenden Einzelsubstanzen: Carbamazepin, Diclofenac, Hydrochlorothiazid, Irbesartan, Metoprolol, Benzotriazol, Σ 4- und 5-Methylbenzotriazol. Die Ausführungen gelten für Anlagen zur Spurenstoffelimination, die neu errichtet oder erweitert werden.

Neue Handlungsempfehlungen des KomS

Im März 2018 sind die neuen „Handlungsempfehlungen für die Vergleichskontrolle und den Betrieb von Verfahrenstechniken zur gezielten Spurenstoffelimination“ des

KomS Baden-Württemberg erschienen /2/. Dieses Dokument richtet sich vorrangig an Kläranlagenbetreiber, Behörden sowie Ingenieurbüros und steht auf der Homepage des KomS zum Download zur Verfügung (<https://koms-bw.de/publikationen/koms/>).

Die Zeitspanne von der Planung bis zum Dauerbetrieb des Verfahrens zur Spurenstoffelimination unterteilt sich in sechs Phasen. Je Phase sind unterschiedliche Handlungsempfehlungen anzuwenden. Eine Übersicht über die Zeitpunkte zur Anwendung der jeweiligen Handlungsempfehlung und die Anzahl an durchzuführenden Messkampagnen für die Untersuchung auf Spurenstoffe ist in Tabelle 1 dargestellt. Mit den Messungen zur Vergleichskontrolle soll die Belastung einer Kläranlage mit unterschiedlichen Spurenstoffen sowie die Spurenstoffemissionen 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 gezielten Spurenstoffelimination.

Für die Erlangung erster Erkenntnisse zur Spurenstoffeliminationsleistung des neuen Verfahrens sind während der Inbetriebnahmephase zwei bis drei Messkampagnen durchzuführen (Tab. 1). Während der Optimierungsphase gilt es die Reinigungsleistung bei unterschiedlichen Betriebsbedingungen zu bestimmen, um darauf basierend einen optimalen Betrieb des Verfahrens einstellen zu können. Hierzu sind eine ausreichende Anzahl an Messkampagnen (empfohlen werden 6 bis 10) durchzuführen.

Während der zweijährigen Testphase des „Normalbetriebs“ sind für den Nachweis einer ausreichenden Spurenstoffelimination pro Jahr sechs Messkampagnen an Tagen mit Abflüssen zur Kläranlage bis zu maximal $Q_{Spur,max}$ durchzuführen. Zusätzlich ist bei Anlagen, deren Spurenstoffverfahren für die Behandlung eines Teilstroms ausgelegt wurde, während dieser Phase 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.

Tab. 1: Übersicht zur Anwendung der KomS Handlungsempfehlungen /2/

Phase			Überwachungskonzeption		
Abk.	BEZEICHNUNG // Zielsetzung	Dauer	Handlungsempfehlung		
			Vergleichskontrolle	Betriebsüberwachung Überprüfung Spurenstoffelimination	Dokumentation ordnungsgemäßer Betrieb
A	PLANUNG Voruntersuchungen zur Ermittlung der Spurenstoffbelastung/-elimination der Kläranlage		 2 bzw. 3 MK*		
B	BAU				
C	INBETRIEBNAHME Einfahrbetrieb: • Anfahren des Spurenstoffeliminationsverfahrens • Funktionskontrolle der technischen Komponenten, bei Bedarf Mängelbeseitigung • Einstellung eines dauerhaft sicheren Betriebs und Bestandsaufnahme → Bei Bedarf Nachrüstung von Maschinen- und Messtechnik zur Optimierung des Betriebs	ca. 1 Jahr		2-3 MK	X
D	OPTIMIERUNG Untersuchungen zur Erlangung von Erkenntnissen zur Spurenstoffeliminationsleistung bei unterschiedlichen Betriebseinstellungen → Definition der Betriebsweise zur Einhaltung der Zielvorgabe für die Spurenstoffelimination	ca. 1 Jahr		6-10 MK	X
E	TEST DES „NORMAL-BETRIEBS“ Überprüfung, inwieweit mit dem gewählten Betriebskonzept die Vorgaben an die Spurenstoffelimination eingehalten werden können, ggf. Anpassung der Betriebsweise → Festlegung der Vorgaben für die Betriebsüberwachung des Dauerbetriebs durch die Behörde	ca. 2 Jahre	2 bzw. 3 MK*	6 MK/a	X
F	DAUERBETRIEB			Analytik gemäß Ergebnis der Phase E	

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

Erweiterung von Kläranlagen mit einer Anlage zur Spurenstoffelimination

Anlagen in Betrieb

Aktuell befinden sich in Baden-Württemberg 17 Anlagen zur gezielten Spuren-

stoffelimination im Betrieb (Bild 1). Sieben davon behandeln 100 % der Jahresabwassermenge (Vollstrombehandlung).

Anlagen in Planung oder Bau

Derzeit befinden sich 22 weitere Anlagen zur gezielten Spurenstoffelimination in Planung oder Bau. Auf dem Hauptklärwerk Mühlhausen (HKW) der Stadt Stuttgart werden bereits seit Frühjahr 2015 Versuche zur Direktdosierung von Pulveraktivkohle vor einen Filter in einer Versuchsanlage durch das Kompetenzzentrum Spurenstoffe Baden-Württemberg durchgeführt. Im Zuge der bisherigen Untersuchungen hat sich gezeigt, dass das Verfahren der Direktdosierung von Pulveraktivkohle auf einen Filter eine mögliche Option zur Anwendung von Pulveraktivkohle im HKW darstellt.

Jedoch bedarf es nach gegenwärtigem Stand mit dem Verfahren der Direktdosierung einer etwas höheren Dosiermenge an PAK um eine vergleichbare Spurenstoffentnahme sicherzustellen wie mit dem Verfahren der Adsorptionsstufe. Für eine erfolgreiche Umsetzung des Verfahrens im HKW Mühlhausen gilt es die Ausnutzung

der Pulveraktivkohle beim Verfahren der Direktdosierung zu optimieren, um somit den Betriebsmitteleinsatz reduzieren zu können. Zudem gilt es Erfahrungen zur Betriebssicherheit in Bezug auf den Aktivkohlerückhalt und die Filterlaufzeit zu erlangen.

Die Stadtentwässerung Stuttgart (SES) beauftragte das KomS hierzu weitere Untersuchungen durchzuführen. Die Versuche untergliedern sich in zwei Module: Das Modul 1 beinhaltet den Betrieb der Versuchsanlage zur Erlangung von langfristigen Betriebserfahrungen. Das Modul 2 umfasst begleitende Untersuchungen zur Optimierung des Verfahrens. In den begleitenden Untersuchungen soll zunächst eine Methode zur Bewertung der Ablaufqualität im Hinblick auf den Aktivkohlegehalt im Ablauf des Filters erarbeitet werden. Zudem sollen Einflüsse auf das Betriebsverhalten der Direktdosierung, insbesondere den Rückhalt der PAK und die damit verbundene Filterlaufzeit untersucht werden, da bei Anwendung von PAK ein weitestgehender Feststoffrückhalt sicherzustellen ist. Zudem hat die Filterlaufzeit einen Effekt auf die Wirkung der Pulveraktivkohle.

Neben dem Kontakt von frisch dosierter Aktivkohle und dem zu behandelnden Abwasser im Einmischbecken und dem Filterüberstau, kann die während des Filterlaufs im Filterbett eingelagerte Aktivkohle weiter beladen werden. Eine Optimierung der Filterlaufzeit führt somit zu einer verbesserten Ausnutzung der Adsorptionskapazität der PAK und damit zu einer Einsparung beim Betriebsmitteleinsatz. Des Weiteren soll in den Versuchen die Rückführung der teilbeladenen PAK in die biologische Stufe untersucht werden.

Die Erkenntnisse aus den einzelnen Untersuchungen werden, nach Abschluss der einzelnen Module, im fortlaufenden Betrieb der Versuchsanlage umgesetzt, um so den Erfolg der Optimierungsmaßnahme für den Dauerbetrieb bewerten zu können.

Aktuelle Forschungsaktivitäten des KomS

Vergleichsmessungen zur Spurenstoffelimination beim Ausbau von Kläranlagen um eine weitergehende Reinigungsstufe

In Baden-Württemberg wurden bereits vor 2014 mehrere Kläranlagen unterschiedli-

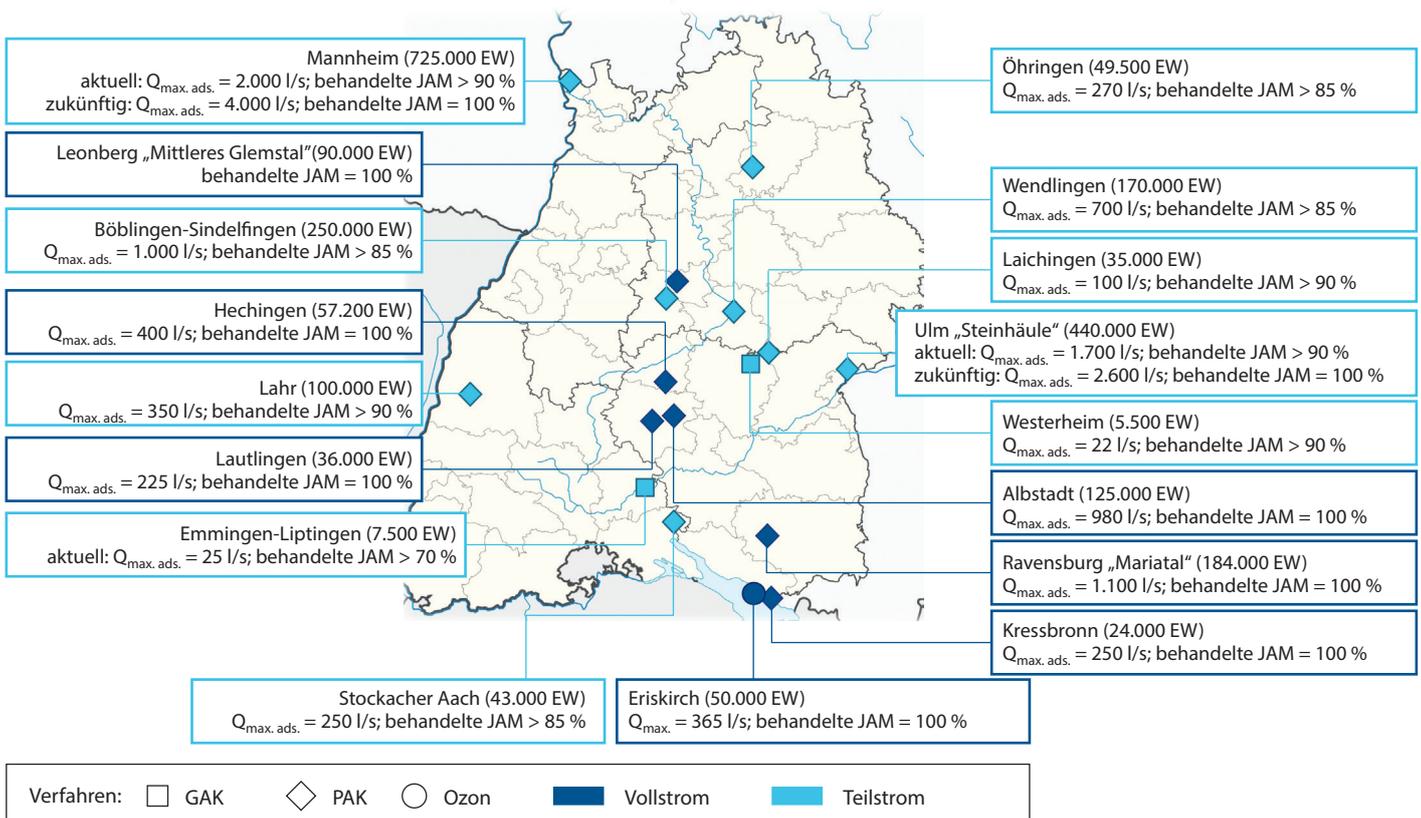


Bild 1 Kläranlagen mit einer Stufe zur gezielten Spurenstoffelimination in Betrieb in Baden-Württemberg

Quelle: KomS

cher Größenordnung um eine Reinigungsstufe zur gezielten Spurenstoffelimination erweitert. Weitere Anlagen befanden sich bereits im Bau bzw. in der Planung. Spurenstoffuntersuchungen wurden zwar in einzelnen Fällen durchgeführt, jedoch gab es keine einheitliche Vorgehensweise hinsichtlich der Probenahme und -aufbereitung sowie des zu untersuchenden Parametersatzes.

Ziel dieses Projektes war es daher eine umfassende Untersuchungskampagne durchzuführen, anhand derer zum einen der Umfang der Spurenstoffelimination durch die neue Verfahrenstechnik bestimmt werden kann und die zum anderen durch eine Vereinheitlichung der Vorgehensweise (Beprobung und Substanzauswahl) einen Vergleich zwischen den Reinigungsleistungen verschiedener Kläranlagen ermöglicht.

In den Jahren 2014–2016 wurde zunächst die Spurenstoffsituation von Anlagen bestimmt, die um eine weitergehende Reinigungsstufe erweitert werden sollten bzw. bei denen der Bau einer solchen Stufe bereits begonnen hatte. Im Jahr 2018 wurden diejenigen Anlagen, die zwischenzeitlich eine gezielte Spurenstoffelimination durchführen, erneut untersucht. Anhand der Ergebnisse von fünf Anlagen, davon vier Anlagen mit einem „Ulmer Verfahren“ und eine Anlage mit einem granulierten Aktivkohlefilter, lässt sich nach Abschluss des Projektes (April 2019) erstmals in einem größeren Umfang die Verbesserung der Reinigungsleistung durch die neue Verfahrenstechnik beziffern. Hierzu wurde vor dem Ausbau sowohl der Zulauf dieser Kläranlagen als auch der bisherige Ablauf auf rund 50 Einzelsubstanzen untersucht /3/. Anhand dieser beiden Probenahmestellen lässt sich bilanzieren, in welchem Umfang die Substanzen allein durch die biologische Reinigung eliminiert werden.

Nach Ausbau der Kläranlagen wurden an insgesamt drei Stellen Proben gezogen (Zulauf Kläranlage, Ablauf Nachklärung und Ablauf Kläranlage), wodurch sich im Falle des „Ulmer Verfahrens“ sowohl die Verringerung durch das „adsorptive Gesamtsystem“ (= Adsorptionsstufe + Filter) als auch die zusätzliche Verringerung in der biologischen Stufe durch die zurückgeführte Pulveraktivkohle bestimmen lässt. Der Abschlussbericht kann unter www.koms-bw.de/publikationen/koms heruntergeladen werden.

Überprüfung der Spurenstoffelimination aus Abwässern mit Ozon und Aktivkohle

In Baden-Württemberg liegen wenige Erfahrungen zur Behandlung von Abwasser mit Ozon zur Spurenstoffelimination vor. Es hat sich gezeigt, dass sich nicht jedes Abwasser für die Behandlung mit Ozon gleich gut eignet, da unerwünschte Transformationsprodukte entstehen können. Ähnlich dem Schweizer Ozontestverfahren („Abklärungen zur Verfahrenseignung Ozonung“) wird im Rahmen des Projekts „Entwicklung einer Untersuchungskonzeption zur Überprüfung der Spurenstoffelimination aus Abwässern mit Ozon und Aktivkohle“ eine Laboranlage konzipiert, um Voruntersuchungen zur Eignung verschiedener Abwässer für die Ozonung durchführen zu können. Des Weiteren soll im Labormaßstab eine Methodik entwickelt werden, um den Betriebsmitteleinsatz der Kombination Ozon und Aktivkohle (PAK und GAK) zu untersuchen.

Zusätzlich wird eine portable halbtechnische Versuchsanlage für mehrmonatige Versuchsphasen beschafft, mit der die Reinigungsleistung des Kombinationsverfahrens Ozon und granuliert Aktivkohle im Dauerbetrieb untersucht wird. Es soll geprüft werden, inwieweit die Ergebnisse der bereits durchgeführten Laboruntersuchungen auf die halbtechnische Versuchsanlage übertragbar sind.

Untersuchungen zu möglichen Nachbehandlungsverfahren für die Ozonung sollen im Rahmen der halbtechnischen Versuche durchgeführt werden. Die ersten Untersuchungen sollen mit dem Abwasser des Lehr- und Forschungsklärwerts (LFKW) der Universität Stuttgart durchgeführt werden. Um die Übertragbarkeit der Ergebnisse zu prüfen, werden danach die Laboruntersuchungen und die halbtechnischen Untersuchungen mit dem Abwasser der Kläranlage Donaueschingen durchgeführt.

Durch die Beschaffung der beiden Versuchsanlagen können nach Projektabschluss in Baden-Württemberg umfangreiche Untersuchungen für Kläranlagen durchgeführt werden, die eine Reinigungsstufe zur gezielten Spurenstoffelimination bauen möchten.

Fazit

Aktuell befinden sich in Baden-Württemberg 17 Anlagen zur gezielten Spuren-

stoffelimination im Betrieb, 22 weitere Anlagen sind in Planung oder Bau. Das Umweltministerium Baden-Württemberg hat in Zusammenarbeit mit dem KomS ein Arbeitspapier erstellt, anhand dessen die Wasserbehörden im Land Zielvorstellungen entwickeln sollen, für welche Kläranlagen eine Spurenstoffelimination anzustreben ist. Dieses Arbeitspapier wurde am 20. November 2018 veröffentlicht.

Im März 2018 sind die neuen „Handlungsempfehlungen für die Vergleichskontrolle und den Betrieb von Verfahrenstechniken zur gezielten Spurenstoffelimination“ des KomS erschienen. Sie bilden den Leitfaden für das Vorgehen bei den durchzuführenden Untersuchungen im Zuge der Erweiterung einer Kläranlage um ein Spurenstoffeliminationsverfahren. Zusammen mit den Vorgaben des Umweltministeriums Baden-Württemberg ist damit der Handlungsrahmen für die Umsetzung von Verfahren zur Spurenstoffelimination auf kommunalen Kläranlagen in Baden-Württemberg definiert.

■ **Dr.-Ing. Marie Launay**

**Leiterin des KomS Kompetenzzentrum
Spurenstoffe Baden-Württemberg**
marie.launay@koms-bw.de
www.koms-bw.de

Literatur:

- /1/ Ministerium für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft Baden-Württemberg (2018): Arbeitspapier „Spurenstoffelimination auf kommunalen Kläranlagen in Baden-Württemberg“, 29. März 2018, 14 Seiten. https://um.baden-wuerttemberg.de/fileadmin/redaktion/m-um/intern/Dateien/Dokumente/3_Umwelt/Schutz_natuerlicher_Lebensgrundlagen/Wasser/181120_Arbeitspapier-Spurenstoffelimination-kommunale-Klaeranlagen.pdf, abgerufen am 28.01.2019
- /2/ Kompetenzzentrum Spurenstoffe Baden-Württemberg (2018): Handlungsempfehlungen für die Vergleichskontrolle und den Betrieb von Verfahrenstechniken zur gezielten Spurenstoffelimination, Stuttgart, März 2018, 32 Seiten. https://koms-bw.de/cms/content/media/KomS_Handlungsempfehlung_Stand_07.2018_korrigiert.pdf, abgerufen am 28.01.2019
- /3/ Röbler, A.; Rau, W.; Metzger, S. (2018): Spurenstoffvorkommen im Zulauf von Kläranlagen in Baden-Württemberg, Wasser und Abfall 06/2018, Springer Vieweg, S. 40–49