

fischnetz- publikation

**Projekt «Netzwerk Fischrückgang Schweiz»
Projet «Réseau suisse poissons en diminution»**

Synthese Ökotox
Abschätzung der Konzentration
östrogener Stoffe in Fliessgewässern

Teilprojekt-Nr. 02/01
Adrian Strehler, Karin Scheurer
EAWAG
August 2003

INHALTSVERZEICHNIS

1	Einleitung	1
2	Vorgehen	2
2.1	BERECHNUNG DER FRACHT VON ÖSTROGENEN VERBINDUNGEN.....	2
2.1.1	Ethinylestradiol.....	2
2.1.2	Estron, Estradiol und Estriol.....	2
2.1.3	Verhalten von östrogenen Verbindungen in Gewässern.....	3
2.1.4	Umrechnungsfaktor Östrogene Belastung anhand der Zahl der angeschlossenen Einwohnern	3
2.2	GEWÄSSERBELASTUNG AN DER EINLEITUNGSSTELLE DER KLÄRANLAGE	4
2.2.1	Abflussabschätzung	4
2.3	GEWÄSSERBELASTUNG ALS STRECKENPROFIL IN DEN TESTGEBIETEN	7
2.3.1	Angeschlossene Einwohner	8
2.3.2	Beurteilung der Belastung.....	8
3	Resultate	9
3.1	BERECHNUNG DER FRACHT VON ÖSTROGENEN VERBINDUNGEN.....	9
3.1.1	Korrelation der östrogenen Belastung mit gemessenen Vitellogeninkonzentrationen	11
3.2	GEWÄSSERBELASTUNG ALS STRECKENPROFIL IN DEN TESTGEBIETEN	11
4	Diskussion	16
4.1	GEWÄSSERBELASTUNG AN DER EINLEITUNGSSTELLE DER KLÄRANLAGEN	16
4.2	KORRELATION VON ESTRADIOLÄQUIVALENTEN BEI KLÄRANLAGENEINLEITUNGEN MIT VITELLOGENINMESSUNGEN IN MÄNNLICHEN BACHFORELLEN	16
4.3	GEWÄSSERBELASTUNG ALS STRECKENPROFIL IN DEN TESTGEBIETEN	16
5	Literaturnachweis	17

1 EINLEITUNG

Die Kläranlagen stellen wichtige Punktquellen für die Belastung der Gewässer dar. Über Konzentrationen oder Frachten in Kläranlagenausläufen sind Messdaten im Bereich der organischen Spurenstoffe nur sehr punktuell verfügbar. Die Beurteilung der Gewässerbelastung aufgrund dieser Daten kann nur in Einzelfällen durchgeführt werden. In dieser Arbeit wird deshalb versucht, anstelle der Einzelverbindungen die Gewässerbelastung aufgrund von geeigneten Summenparametern zu beurteilen. Für die Belastung des häuslichen Abwassers kann zum Beispiel die Anzahl angeschlossener Personen beigezogen werden. Es darf vermutet werden, dass die Belastung des häuslichen Abwassers mit Pharmazeutika mit der Anzahl angeschlossener Einwohner korreliert. Für die Belastung des Vorfluters mit Pharmazeutika gibt demzufolge die Anzahl angeschlossener Personen pro Abflussmenge der Kläranlage einen Hinweis auf die Belastungsintensität der Kläranlage auf den Vorfluter.

Im Folgenden werden zwei Abschätzungen durchgeführt:

- Örtliche Belastung der Vorfluter an der Einleitungsstelle der Kläranlagen. Es wurden 106 Kläranlagen ausgewählt, an welchen innerhalb der Teilprojekte von Fischnetz Untersuchungen zur Fischgesundheit durchgeführt wurden.
- Belastung der vier Testgewässer Necker, Liechtensteiner Binnenkanal, Emme, Venoge) in den Testgebieten als Streckenprofil von der Quelle bis zur Mündung. Aufgrund der dichten Besiedlung der Schweiz werden verschiedene Kläranlagen in den gleichen Vorfluter entwässert. Der Abwasseranteil in einem Fließgewässer nimmt deshalb einerseits von der Quelle zur Mündung mit jeder weiteren Abwassereinleitung zu. Andererseits nimmt der Abwasseranteil bei jeder Einmündung eines Seitenflusses aufgrund der besseren Verdünnung wieder ab.

Eine wichtige Verbindungsgruppe, die über die Kläranlagen in die Gewässer gelangt, sind die Östrogene. Für Östrogen darf angenommen werden, dass die Fracht im Kläranlagenauslauf proportional ist zu den angeschlossenen Einwohnern. Ausserdem wird vermutet, dass die gefundenen erhöhten Vitellogeninkonzentrationen im Blut von männlichen Fischen in direktem Zusammenhang stehen mit der Belastung der Gewässer durch Östrogene oder östrogen wirksame Substanzen. Im Folgenden werden die östrogenen Verbindungen als Leitverbindungen verwendet. Es wird versucht aufzuzeigen, ob die erhöhte Vitellogeninkonzentration im Blut von männlichen Bachforellen mit der Gewässerbelastung durch die Kläranlagen korreliert.

2 VORGEHEN

2.1 Berechnung der Fracht von östrogenen Verbindungen

Das Belastungszenario ist in Tabelle A.1 im Anhang zusammengefasst. Im Folgenden wird das Belastungszenario einer durchschnittlichen Schweizer Kläranlage abgeschätzt.

2.1.1 Ethinylestradiol

Ethinylestradiol wird als Antikonzeptivum oral aufgenommen. Ein Teil wird unverändert ausgeschieden und gelangt via Kläranlage in die Gewässer. Um die Belastung eines Gewässers mit Ethinylestradiol zu berechnen, wurden folgende Annahmen gemacht:

- 25% der Frauen im Alter zwischen von 16 bis 49 Jahren nehmen die Pille (Johnson, 2000)
- pro Tag wird durchschnittlich 35 µg Ethinylestradiol eingenommen (Johnson, 2000)
- 26% des eingenommenen Ethinylestradiols wird ausgeschieden (Johnson, 2000)
- konjugiert ausgeschiedene Steroide, werden im Abwasserkanal dekonjugiert (Johnson, 2001)
- 85% wird in der Kläranlage zurückgehalten (Sorption, Bioabbau) (Johnson, 2001)

In der Schweiz wurden 1999 7'164'444 Personen zur ständigen Wohnbevölkerung der Schweiz gezählt. 51% davon waren Frauen, wovon 47% im Alter zwischen 16 und 49 Jahren waren. Mit den obigen Annahmen beträgt der mittlere Verbrauch an Ethinylestradiol pro Einwohner somit 2.1 µg/Tag oder 5.5 kg/Jahr. Dies stimmt relativ gut mit dem Verbrauch in der Schweiz von 4kg/Jahr (1992) überein¹.

Das eingenommene Ethinylestradiol wird zum Teil ausgeschieden und gelangt über die Kläranlagen in die Gewässer. Bei einem Rückhalt von 85% in den Kläranlagen kann von einer Gewässerbelastung von 0.47 µg/Tag•Person ausgegangen werden.

2.1.2 Estron, Estradiol und Estriol

Die natürlichen Östrogene Estron, Estradiol und Estriol können ebenfalls aufgrund der Anzahl Einwohner im Einzugsgebiet einer Kläranlage abgeschätzt werden (Johnson, 2000)

- Estron 8.75 µg/Tag•Person
- Estradiol 3.81 µg/Tag•Person
- Estriol 42.30 µg/Tag•Person

¹ BUWAL 1994

In der Kläranlage werden die natürlichen Östrogene unterschiedlich eliminiert (Johnson, 2001).

- Estron 61%
- Estradiol 87%
- Estriol 85%

Um eine Aussage über die gesamte Belastung der natürlichen und künstlichen Östrogene in einem Fließgewässer zu machen, wird die Konzentration aufgrund der Resultate vom in-vitro-Hefetest in Estradioläquivalente umgerechnet (Johnson, 2001).

- Estron 0.5
- Estradiol 1
- Estriol 0.005
- Ethinylestradiol 1-2

Untersuchungen von Purdom et al. (1994) zeigten jedoch, dass bereits eine EE2-Konzentration von 0.1 ng/l eine VTG-Induktion in Regenforellen auslöst. Für Ethinylestradiol wird deshalb im Folgenden ein Estradiolequivalentsfaktor von 10 verwendet.

Da die Relevanz von Estriol klein und keine Angaben über das Verhalten in der Kläranlage bekannt ist, wird Estriol für die weiteren Betrachtungen vernachlässigt.

2.1.3 Verhalten von östrogenen Verbindungen in Gewässern

Der Abbau von Ethinylestradiol in Gewässern ist bedeutend langsamer als für Estradiol. Für den aeroben Bioabbau wurde für Ethinylestradiol eine Halbwertszeit von 17 Tagen ermittelt, während sie für Estradiol bei 1.2 liegt (Jürgens, 2001). Die Halbwertszeit von Ethinylestradiol und von Estradiol mit Photolyse wird mit 10 Tagen bei 12 Stunden Tageslicht angegeben (Jürgens, 2001). Für Ethinylestradiol und Estradiol ergibt sich damit eine kombinierte Halbwertszeit von 6.3 bzw. 1.07 Tagen.

Wird eine mittlere Fließgeschwindigkeit von 1 m/s angenommen, ergibt sich für Ethinylestradiol eine Abbaurate von $1.3 \cdot 10^{-3} \text{ km}^{-1}$ und für Estradiol entsprechend eine Abbaurate von $7.5 \cdot 10^{-3} \text{ km}^{-1}$.

2.1.4 Umrechnungsfaktor Östrogene Belastung anhand der Zahl der angeschlossenen Einwohnern

In Tabelle A.1 im Anhang sind die obigen Angaben zusammengestellt. Für eine Kläranlage in der Schweiz resultiert eine Fracht von 3.01 μg Estradioläquivalente pro Tag und pro angeschlossenen Einwohner an die Kläranlage. Im Fließgewässer werden die Estradioläquivalente anschliessend mit $1.3 \cdot 10^{-3} \text{ km}^{-1}$ bzw. $7.5 \cdot 10^{-3} \text{ km}^{-1}$ eliminiert.

2.2 Gewässerbelastung an der Einleitungsstelle der Kläranlage

Die Gewässerbelastung (Konzentration im Gewässer) hängt von der eingebrachten Fracht und dem Abfluss im Gewässer ab. Im Folgenden wird deshalb zuerst eine Abschätzung für den Abfluss gemacht und anschliessend ein Belastungsmodell für die eingebrachte Fracht einer Verbindung.

2.2.1 Abflussabschätzung

Der Abfluss in einem Gewässer ist abhängig von seinem Einzugsgebiet. Geht man von gleichmässigen Niederschlagsmengen in einer Region und ähnlichen geologischen Bedingungen aus, erwartet man, dass der Abfluss mit der Grösse des Einzugsgebietes korreliert. In Abbildung 2.1 ist die Korrelation zwischen der Fläche des Einzugsgebietes und dem mittleren Abfluss (1990-2000) von 34 BWG Stationen (Bundesamt für Wasser und Geologie) dargestellt

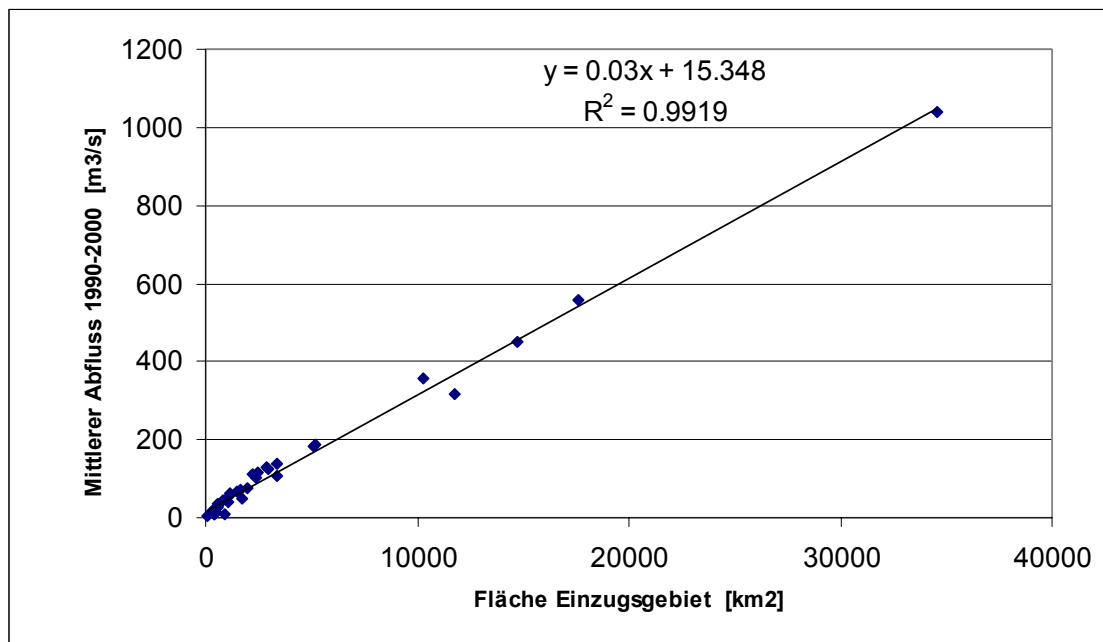


Abbildung 2.1: Korrelation zwischen der Fläche des Einzugsgebietes und dem mittleren Abfluss. Es wurden 34 Standorte in der ganzen Schweiz miteinbezogen.

Der Abfluss entlang einer Fliesstrecke kann demzufolge aus der Grösse des Einzugsgebietes abgeschätzt werden. Prinzipiell ist das mit GIS (Geografisches Informations Modell) möglich, indem aus einem Höhenmodell die Wasserscheiden berechnet werden. Der Arbeitsaufwand ist jedoch erheblich. Deshalb wird im Folgenden auf eine zweite Näherung ausgewichen. Anstelle der Grösse des Einzugsgebietes wird die gesamte Fliesstrecke in einem Einzugsgebiet zusammengezählt. In der Immissionsdatenbank wurde eine Funktion programmiert, die die gesamte Fliesstrecke oberhalb einer gewählten Kilometrierung berechnet. Die Funktion basiert auf den GEWISS Daten (Gewässerinformationssystem Schweiz). Wie Abbildung 2.2 zeigt, korreliert die Fliesstrecke im Einzugsgebiet ebenfalls mit dem Abfluss.

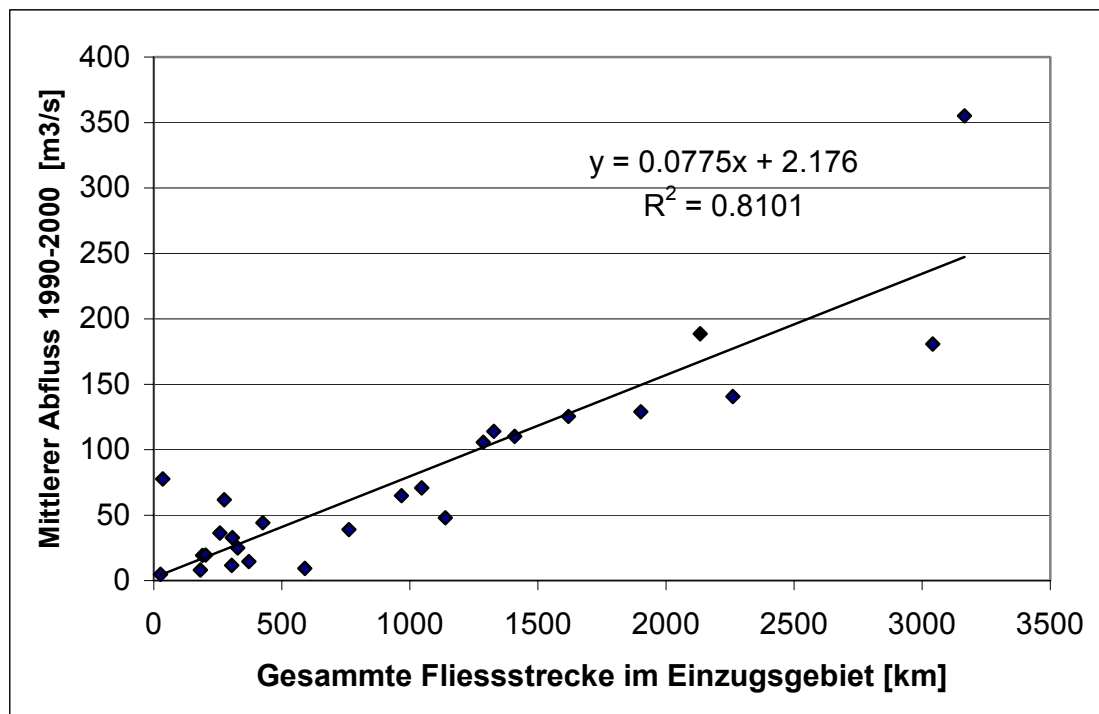


Abbildung 2.2: Korrelation zwischen Fließstrecke im Einzugsgebiet und mittlerem Abfluss.

Die folgende Abbildung 2.3 zeigt die Abflussganglinie der Venoge bei Ecublens. Die Abflussganglinie gibt an, an wie vielen Tagen im Jahr der Abfluss grösser als ein bestimmter Wert ist. Typisch für kleinere Gewässer ist der grosse Unterschied zwischen Niedrigwasser und Hochwasser. Q_{347} gibt den Abfluss an, der an 95% der Tage überschritten wird.

Der Abbildung 2.3 ist zu entnehmen, dass der mittlere Abfluss von $4 \text{ m}^3/\text{s}$ nur an 120 Tagen überschritten wird. Wird die Gewässerbelastung mit dem mittleren Abfluss berechnet, wird die Belastung in 60% der Zeit unterschätzt, da in dieser Zeit die Verdünnung effektiv schlechter ist. Können für einen bestimmten Effekt auch erhöhte Belastungen während einer kürzeren Zeitperiode kritisch sein, kann die Berechnung mit Q_{347} sinnvoll sein.

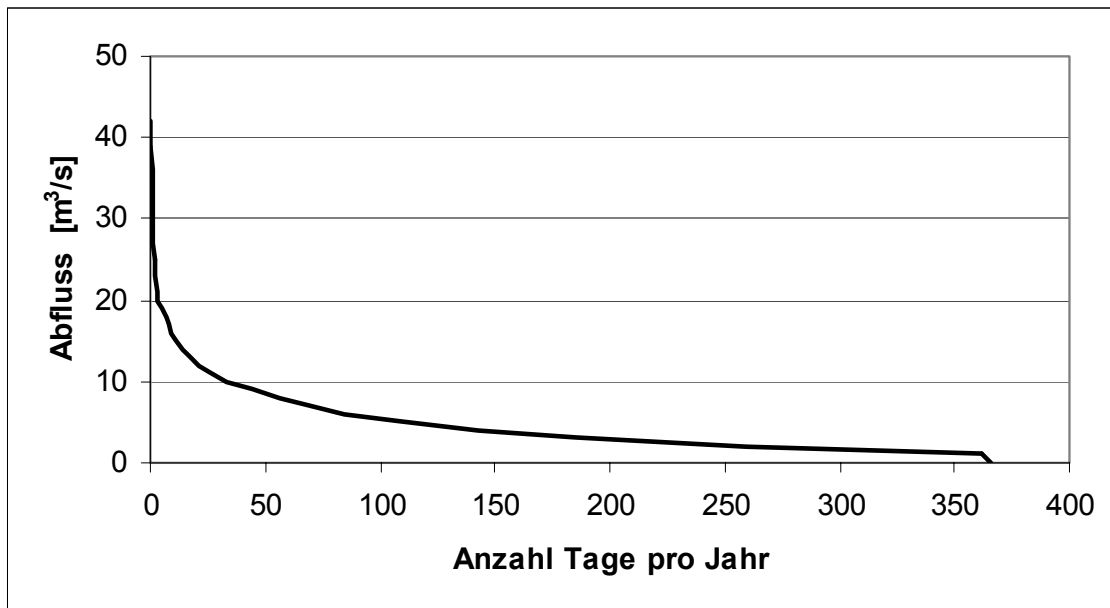


Abbildung 2.3: Abflussganglinie der Venoge bei Ecublens (Tagesmittelwerte 1996-2000).

Je nach gewünschter Aussage müssen deshalb verschiedene Kennwerte beigezogen werden. Im Folgenden werden der mittlere Abfluss, der Median (Q_{182}) und Q_{347} aus den Tagesmittelwerten der Abflussmessstationen berechnet. Diese Abflusskennwerte der Abflussstationen werden auf das Einzugsgebiet des Vorfluters an der Einleitungsstelle extrapoliert. Für die Extrapolation werden die Gesamtlängslängen des Einzugsgebietes der Abflussmessstation und der Einleitungsstelle der Kläranlage verglichen. Abbildung 2.4 zeigt an einem Beispiel, wie die Summe der Fließstrecken berechnet wird.

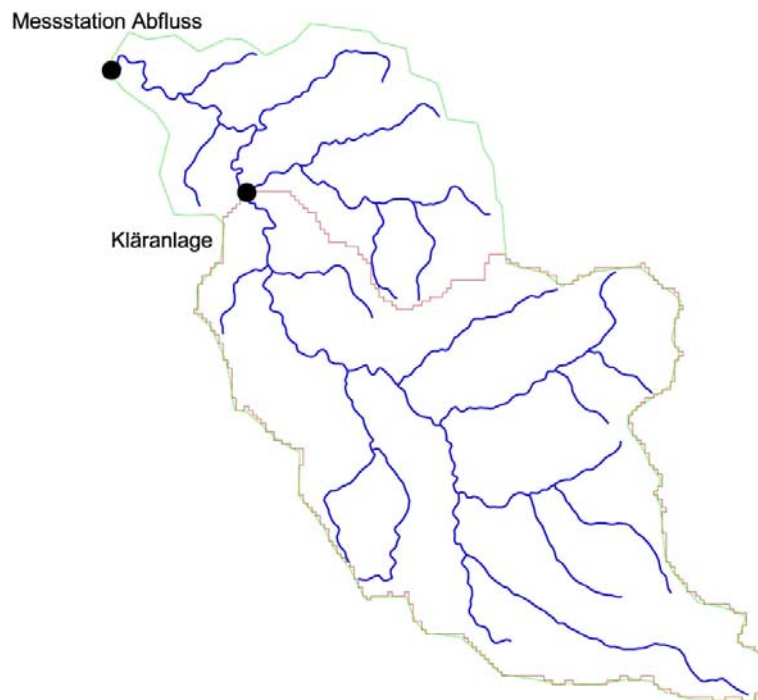


Abbildung 2.4: Beispiel für die Summen der Fließstrecken. Die Fließstrecke des Einzugsgebietes der Kläranlage umfasst alle Gewässer oberhalb der Kläranlage (innerhalb rote Grenze). Die Fließstrecke der Messstation für den Abfluss umfasst alle angegebenen Gewässer (innerhalb der grünen Grenze).

2.3 Gewässerbelastung als Streckenprofil in den Testgebieten

Um die Belastung eines Fließgewässers entlang einer Fließstrecke oder einer einzelnen Stelle zu berechnen, muss neben dem Abflussmodell noch ein Belastungsmodell erstellt werden. Das Belastungsmodell reduziert sich im einfachsten Fall auf die Anzahl angeschlossener Einwohner der Kläranlage. Für die Abschätzung der Belastung mit Östrogenen wird die Belastung der einzelnen Verbindungen pro angeschlossenen Einwohner an die Kläranlage abgeschätzt und in Estradioläquivalente umgerechnet.

In Abbildung 2.5 ist das Stoffflussmodell für östrogene Verbindungen dargestellt. Die Verbindungen gelangen über die Kläranlagen in die Gewässer. Das Untersuchungsgewässer wird von der Quelle bis zur Mündung in homogene Fließstrecken unterteilt, das heißt, in Gewässerabschnitte ohne Eintrag von östrogenen Verbindungen. Der Eintrag östrogenen Verbindungen kann direkt in das Untersuchungsgewässer erfolgen oder in ein Seitengewässer des Untersuchungsgewässers.

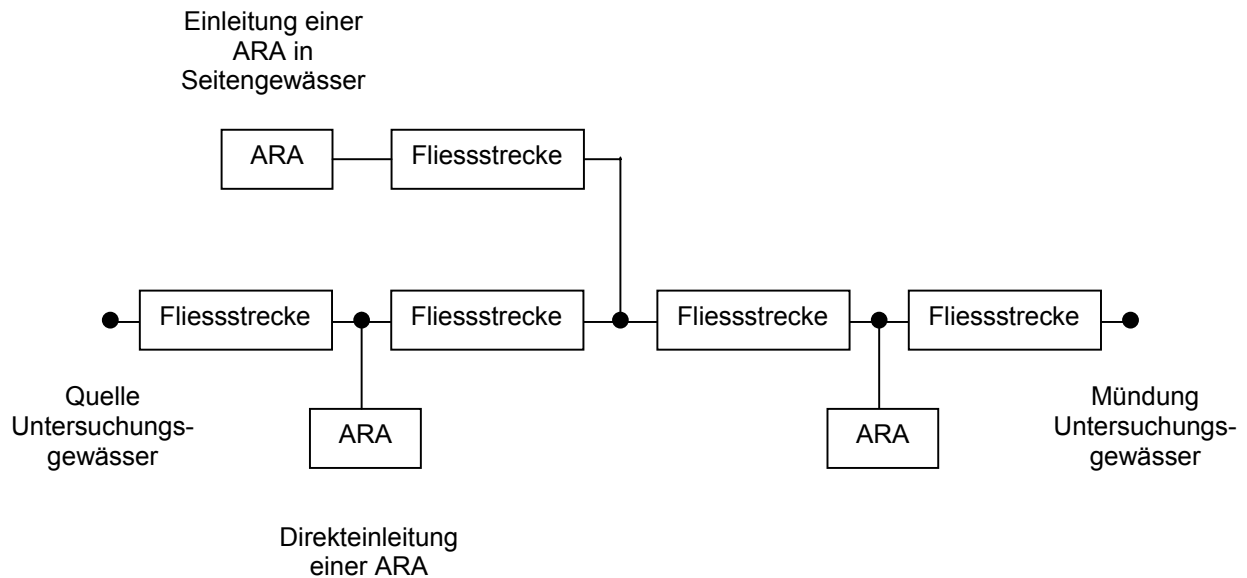


Abbildung 2.5: Stoffflussmodell östrogenen Verbindungen

Die Östrogene verschwinden zum Teil durch Sorption und Abbau während der Flie遝sstrecke. Diese Prozesse werden mit einer Abbaurrate pro Kilometer Flie遝sstrecke berücksichtigt.

2.3.1 Angeschlossene Einwohner

Die Anzahl der angeschlossenen Einwohner ist nicht immer erhältlich, da für den Kläranlagenbetreiber in erster Linie der biologische Einwohnergleichwert massgebend ist. Der biologische Einwohnergleichwert setzt sich sowohl aus der Anzahl angeschlossener Einwohner als auch aus dem Abwasseranteil der Industrie zusammen. Wo die Anzahl der angeschlossenen Einwohner nicht bekannt ist, wird deshalb der biologische Einwohnergleichwert beigezogen.

2.3.2 Beurteilung der Belastung

Um eine Beurteilung der Belastung vorzunehmen, wird die Belastung des Vorfluters in Zusammenhang mit einem Effekt gesetzt. Im Folgenden wird aufgrund der angeschlossenen Einwohner einer Kläranlage die Fracht an Estradioläquivalenten an der Einleitungsstelle abgeschätzt. Die Belastung eines Gewässers mit Estradiol steht im Zusammenhang mit der Vitellogeninkonzentration in männlichen Fischen.

3 RESULTATE

3.1 Berechnung der Fracht von östrogenen Verbindungen

Im Anhang B Tabelle A.2 sind die Belastungen der untersuchten Kläranlagen zusammengestellt.

In Abbildung 3.1 und 3.2 ist die Belastung der Vorfluter an der Einleitungsstelle der Kläranlagen mit Estradiol-Äquivalenten dargestellt. Während die Abbildung 3.1 die Verhältnisse bei Niederwasser (Q347) wiedergibt, zeigt Abbildung 3.2 die gleiche Darstellung bei einem Abflussmedian.

Die meisten Vorfluter haben bei einem Abflussmedian eine Estradiolbelastung von 0 ng/l bis 1 ng/l. Einige wenige haben deutlich höhere Belastungen mit bis zu 4 ng/l. Bei der Interpretation muss beachtet werden, dass aufgrund der gemachten Vereinfachungen die abgeschätzte Belastung als Grössenordnung interpretiert wird.

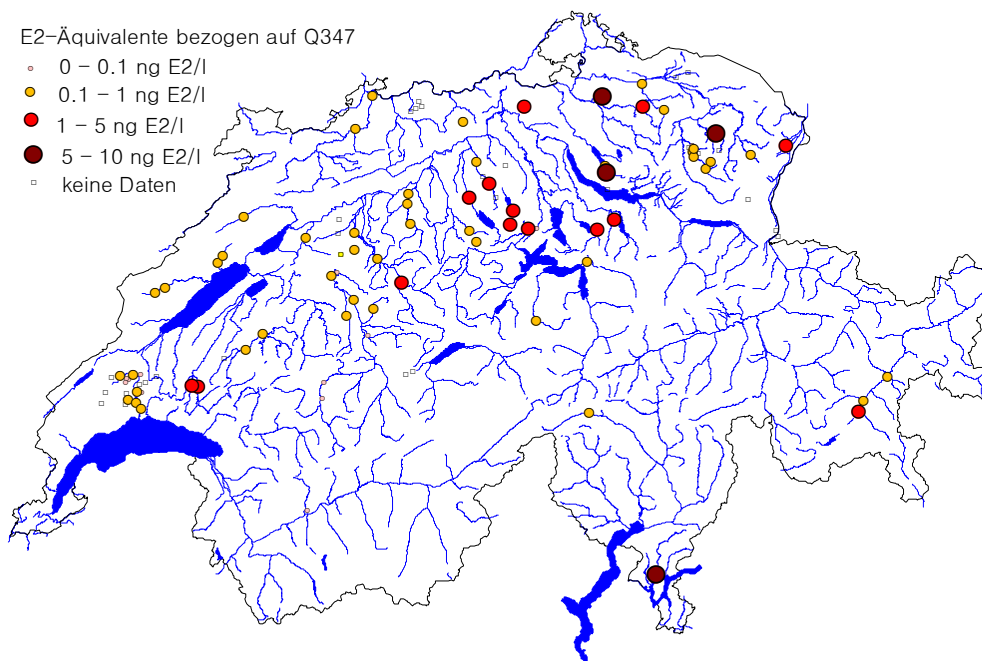


Abbildung 3.1: Belastung der Vorfluter an der Einleitungsstelle in Estradioläquivalenten bei Abfluss Q₃₄₇.

E2-Äquivalente bezogen auf QMedian

- 0 – 0.1 ng E2/l
- 0.1 – 1 ng E2/l
- 1 – 5 ng E2/l
- keine Daten

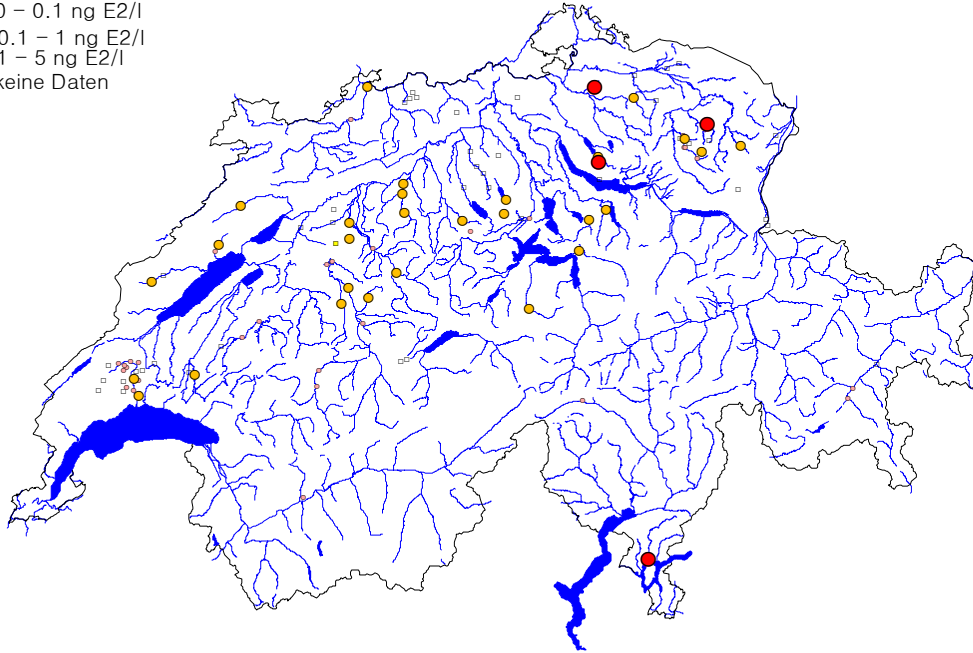


Abbildung 3.2: Belastung der Vorfluter an der Einleitungsstelle in Estradioläquivalenten bei Q_{182} (Median)

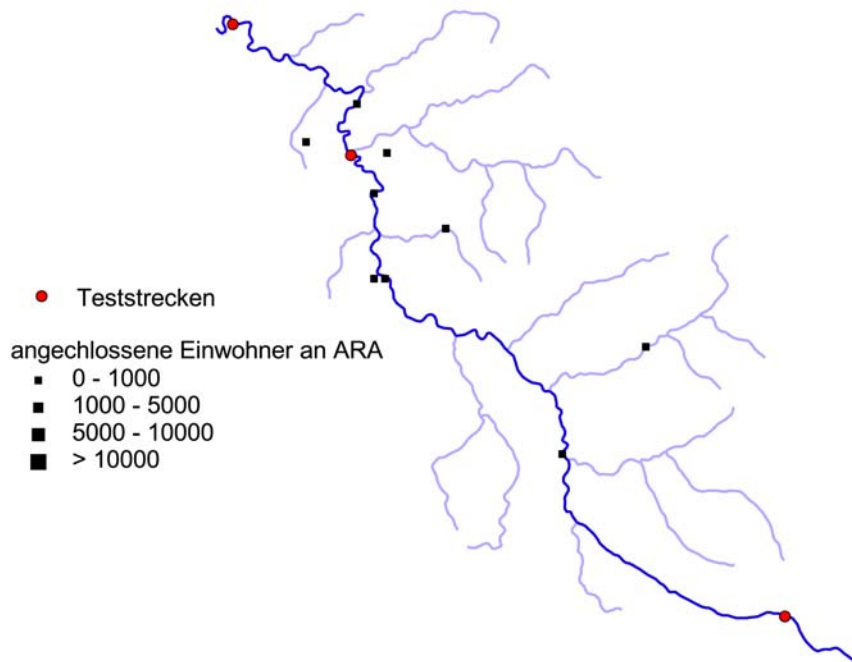


Abbildung 3.5: Gewässersystem und Belastungsquellen des Testgebietes Neckar.

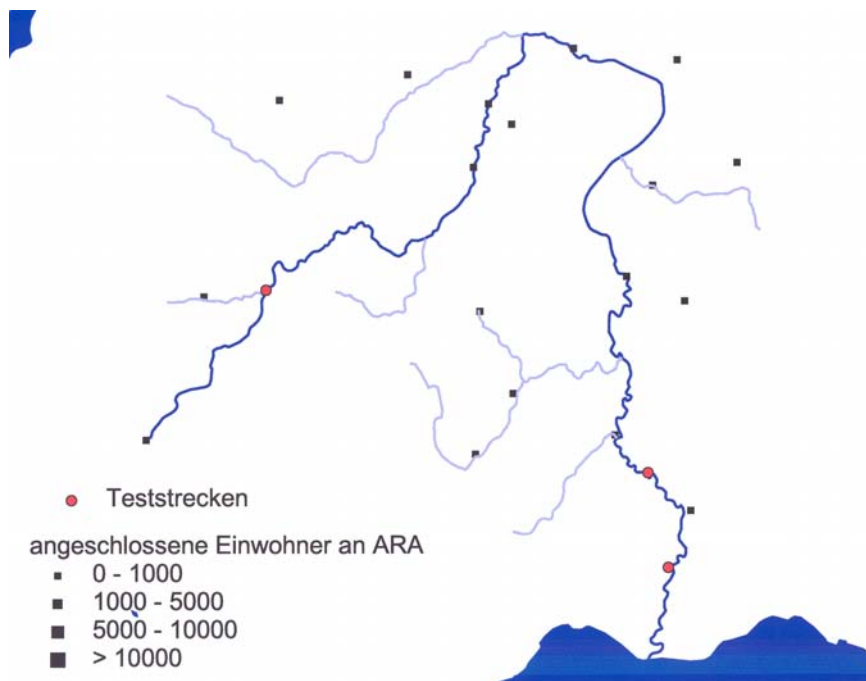


Abbildung 3.6: Gewässersystem und Belastungsquellen des Testgebietes Venoge.

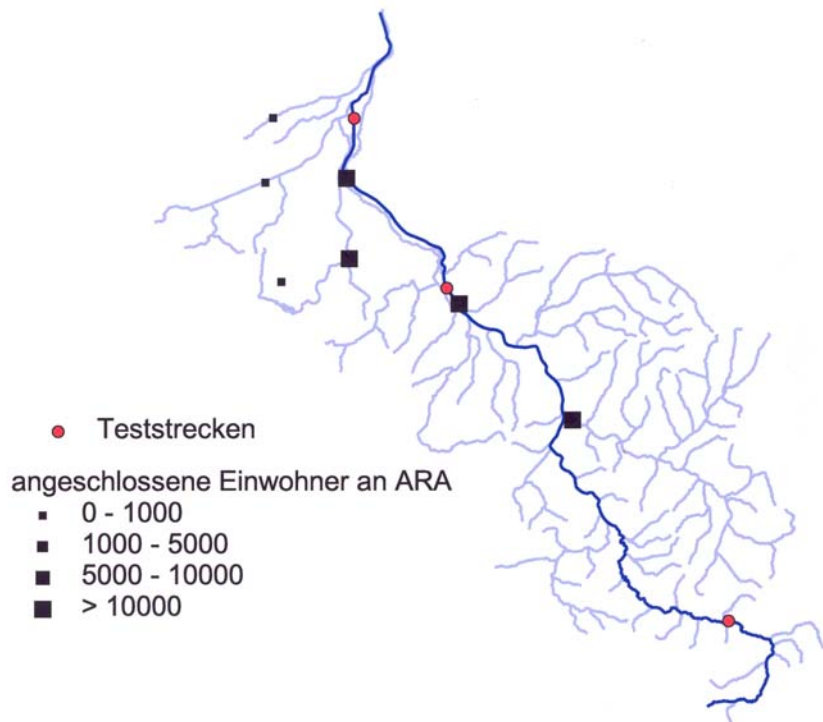


Abbildung 3.7: Gewässersystem und Belastungsquellen des Testgebietes Emme.

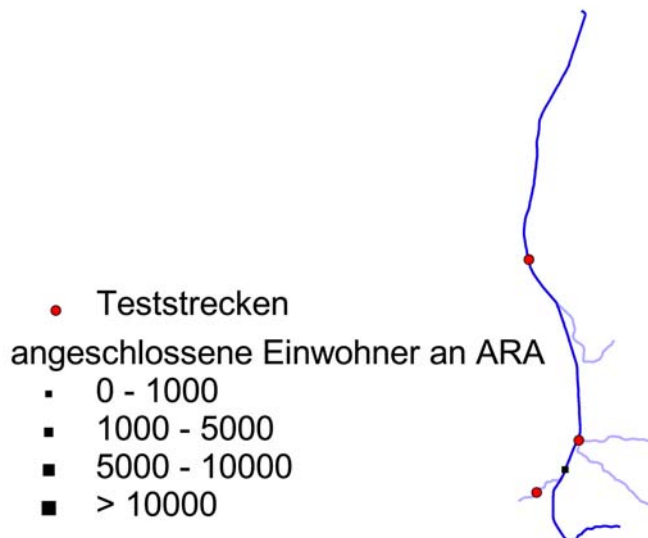


Abbildung 3.8: Gewässersystem Liechtensteiner Binnenkanal

Im Folgenden werden die Konzentrationsverläufe in den Testgebieten gezeigt. Im Anhang C sind die entsprechenden Werte in tabellarischer Form zusammengestellt.

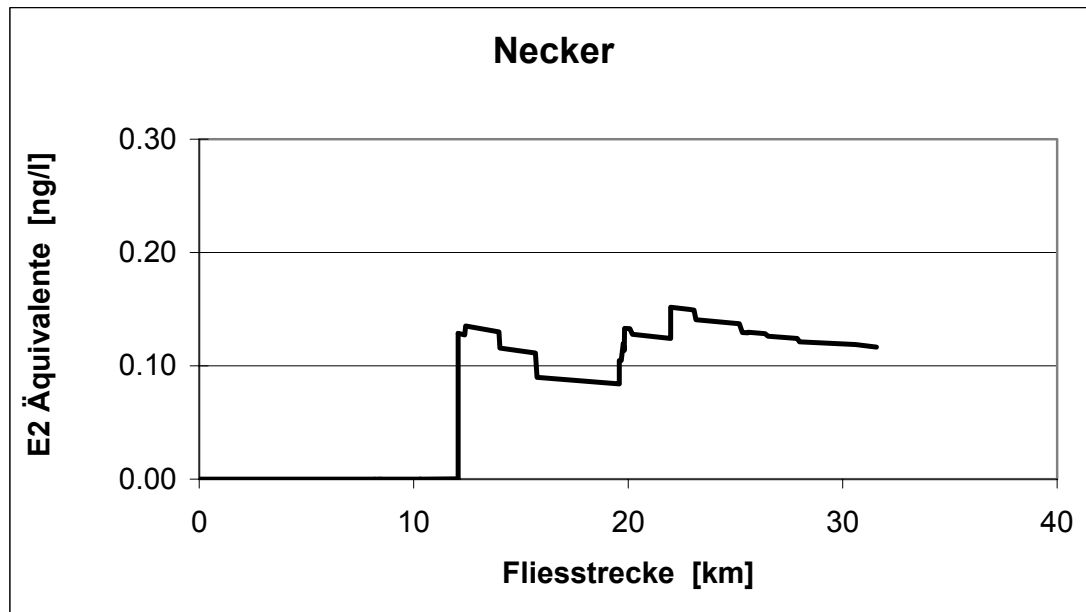


Abbildung 3.9: Konzentrationsverlauf von Estradioläquivalente für das Testgebiet Necker bei Q_{182}

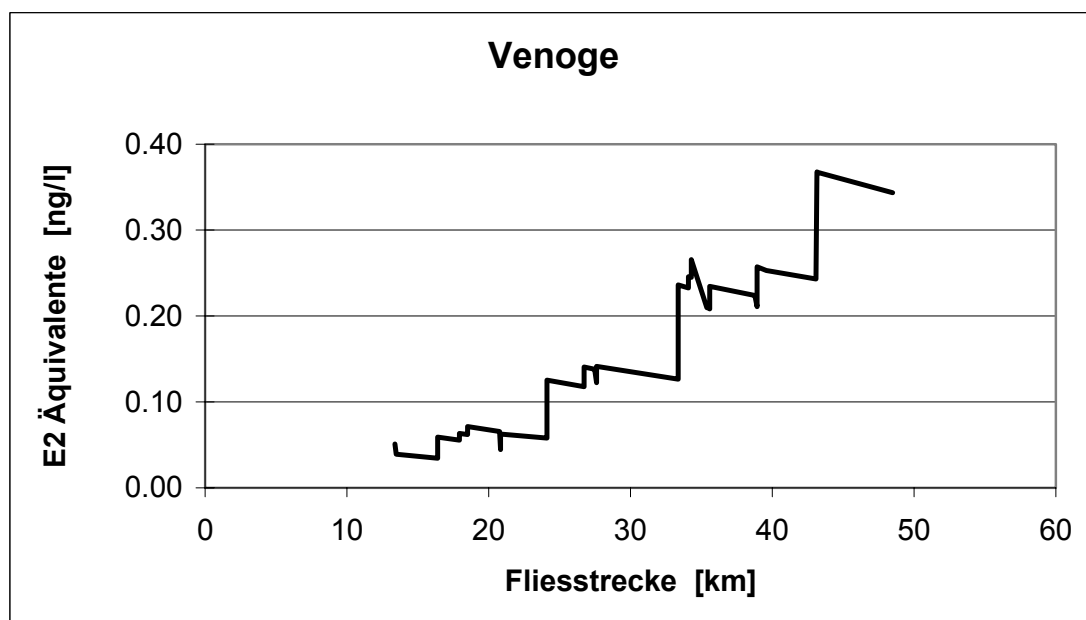
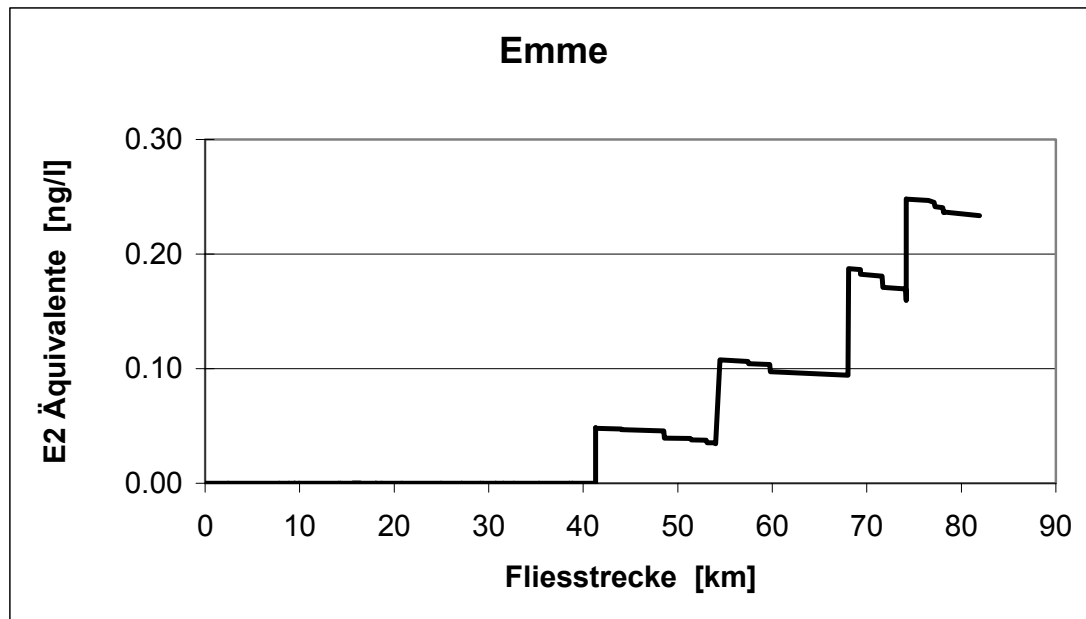


Abbildung 3.10: Konzentrationsverlauf der Estradioläquivalente in der Venoge bei Q_{182} . Im Oberlauf der Venoge kann keine Aussage gemacht werden, da der Abfluss mit der gewählten Methode unterschätzt wird.

Abbildung 3.11: Konzentrationsverlauf in der Emme bei Q_{182}

In der Tabelle 3.1 sind die Belastungen für die Teststrecken in den Testgebieten zusammengestellt.

Tabelle 3.1: Zusammenstellung der berechneten Belastung der Teststrecken.

Testgebiet	Standort	Fließstrecke von Quelle [km]	Abfluss Q_{182} [m ³ /s]	Personen im Einzugsgebiet	E2-Äquivalente bei Q_{182} [ng/l]
Necker	Hemberg	8.18	0.21	0	0.000
	Achsaeege	23.08	2.4	10380	0.120
	Letzi	30.58	2.86	12001	0.119
Venoge	Montricher	1.18	0.03	0	0.00
	Bussigny	35.38	2.30	14110	0.210
	Ecublens	39.58	2.59	19260	0.253
Emme	Bumbach	15.6	1.41	0	0.000
	Burgdorf	60.6	11.86	33709	0.097
	Bätterkinden	76.5	14.06	101572	0.244
LBK	Balzers	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
	Triesen	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
	Schaan	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.

4 DISKUSSION

Für die Interpretation muss beachtet werden, dass aufgrund der gemachten Vereinfachungen die abgeschätzte Belastung als Grössenordnung interpretiert werden muss.

4.1 Gewässerbelastung an der Einleitungsstelle der Kläranlagen

Die meisten Vorfluter haben eine Estradiolbelastung von <0 ng/l bis 1 ng/l. Einige wenige haben deutlich höhere Belastungen mit bis zu 4 ng/l.

4.2 Korrelation von Estradioläquivalenten bei Kläranlageneinleitungen mit Vitellogeninmessungen in männlichen Bachforellen

Wie das Beispiel zeigt, ist es schwierig aus den vorhandenen Daten eine schlüssige Aussage zu machen. Die Streuung der Vitellogeninkonzentration an einem Standort ist relativ hoch. Dazu fehlen Daten bei mittleren Belastungen. Es lässt sich eine Korrelation rechnen, die den Erwartungen entspricht (höhere Vitellogeninkonzentrationen bei höherer Belastung). Diese Korrelation ist jedoch aufgrund der Punkteverteilung nicht sichtbar.

4.3 Gewässerbelastung als Streckenprofil in den Testgebieten

In den Testgebieten liegen die Belastungen an Östrogenen zwischen 0 und 0.35 ng /l. Diese Belastung bezieht sich auf den Abflussmedian. Für einen Abfluss von Q_{347} werden die Belastungen entsprechend höher.

5 LITERATURNACHWEIS

Johnson A.C., Belfroid A., Di Corcia A. (2000). Estimating steroid oestrogen input activated sludge treatment works and observations on their removal from the effluent; *Science of the Total Environment* 256 (2-3):163-173.

Johnson A.C., Sumpter J.P. (2001). Removal of endocrine-disrupting chemicals in activated sludge treatment works. *Environmental Science & Technology* 35 (24): 4697-4703.

Jürgens M.D., Holthaus K.I.E., Johnson A., Smith J.J.L., Hetherige M., Williams R.J. (2001). The potential for Estriol and Ethinylestradiol degradation in English Rivers. *Environmental Toxicology and Chemistry* 21 (3): 480-488.

Purdom C.E, Hardimann P.A., Bye V.J., Eno N.C., Tyler C.R., Sumpter J.P. (1994). Estrogenic effects of effluents from sewage treatment works. *Chemistry and Ecology* 8: 275-285.

Anhang Synthese Oekotox

Anhang A: Abschätzung der Estradioläquivalente pro Person

Tabelle A.1: Abschätzung der Belastung des Kläranlagenauslaufes mit Estradiol pro angeschlossenen Einwohner

	Ethinylestradiol EE2	Estron E1	Estradiol E2	Estriol E3
Abschätzung Verbrauch				
Frauenanteil der Bevölkerung 1999	51.1 %			
Frauenanteil im Alter von 16 bis 49 Jahren 1999	47.1 %			
Anteil der Frauen von 16 - 49 die die Pille nehmen	25.0 %			
Mittlere EE2 Aufnahme pro Tag	35 µg/Tag			
Mittlerer Verbrauch pro Person	2.106 µg/Tag/Pers			
Ständige Wohnbevölkerung in der Schweiz 1999	7164444			
Gesamtverbrauch für die Schweiz	15088024 µg/Tag (5.507 kg/Jahr)			
Belastung der ARA				
Anteil von EE2 der ausgeschieden wird	26 %			
Belastung der ARA pro Einwohner	0.548 µg/Tag/Pers	8.75 µg/Tag/Pers	3.81 µg/Tag/Pers	42.3 µg/Tag/Pers
ARA Auslauf				
Elimination in ARA	85 %	61 %	0.87 %	
Gewässerbelastung	0.082 µg/Tag/Pers	3.41 µg/Tag/Pers	0.49 µg/Tag/Pers	
In Vitro Estradiol-Äquivalente				
Summenbelastung unter Berücksichtigung der In Vitro Estradiol-Äquivalente	10 3.02 µg/Tag/Pers	0.5	1	0.005

Anhang Synthese Oekotox

Kläranlage / Vorfluter	Kanton	Koordinaten	Angeschlossene Einwohner	Einwohnergleichwert	Abfluss [m ³ /s]			E2 Belastung [ngE2/L]			Index
					Median	Mittel	Q ₃₄₇	Median	Mittel	Q ₃₄₇	
Lotzwil (Lindenholz) -											
Langete	BE	626460/227750	5696	18750	1.2	1.5	0.7	0.16	0.13	0.27	0
Lyss - Alte Aare	BE	590150/215700	53000	84000	-	-	4.0	-	-	0.46	2
Rohrbach (Huttwil) -											
Langete	BE	627400/220800	7941	35833	1.1	1.3	0.6	0.26	0.22	0.50	0
Rubigen - Giessen	BE	607450/193890	2243	3750	-	0.4	-	0.27	0.21	0.60	9
Ruegsau (Mittl.Emmental) -											
Emme	BE	615900/208250	22716	76667	10.2	16.1	2.7	0.08	0.05	0.29	0
Uetendorf (Thun) - Aare	BE	612200/181050	100086	232500	92.0	119.1	36.0	0.04	0.03	0.10	0
Villeret (St.Imier Sese) -											
Suze	BE	568500/223400	6624	22133	1.2	1.7	0.5	0.19	0.13	0.48	0
Zweisimmen											
(Ob.Simmental) - Simme	BE	595800/158400	6675	30383	7.0	8.7	2.7	0.03	0.03	0.09	0
Zwingen (Laufental-L-Tal) -											
Birs	BE	607900/254300	21000	73750	9.3	13.8	3.8	0.08	0.05	0.19	0
Buus - Buuser Bach	BL	631450/262150	960	960	-	-	-	-	-	-	4,9
Maisprach - Buuser Bach	BL	630150/263840	900	630	-	-	-	-	-	-	4,9
Nusshof - Magdener Bach	BL	627400/260320	210	310	-	-	-	-	-	-	4,9
Wintersingen											
Wintersingerbach	BL	629100/261600	635	630	-	-	-	-	-	-	4,9
Autigny (Aegn) - Glâne	FR	569100/175800	8740	15000	3.9	4.3	1.2	0.08	0.07	0.25	0
Ecublens (Vog) - Broye	FR	552250/162650	12400	21500	1.5	3.3	0.3	0.29	0.13	1.38	0
Romont - Glâne	FR	561400/172550	8500	8917	-	-	-	-	-	-	4,9
Villars-Sur-Glane - Glâne	FR	575200/181500	12500	47500	4.9	5.5	1.6	0.09	0.08	0.28	0
Celerina (Staz) - Inn	GR	786150/153950	83333	83333	11.5	15.9	3.0	0.10	0.07	2.51	0
Samedan (Sax) - Inn	GR	788050/157750	12417	12417	13.8	19.2	3.6	0.01	0.01	0.46	0
S-Charf (Furnatsch) - Inn	GR	796400/166180	12533	12533	-	-	2.4	-	-	0.18	2
Buttisholz - Rot	LU	648220/218280	2150	1883	0.2	0.3	0.1	0.39	0.27	0.99	9
Gunzwil (Winon,Berom.) -											
Wyna	LU	657400/229860	3749	2917	-	-	-	-	-	-	4,9
Hochdorf - Ron	LU	663850/225500	11667	50000	0.4	0.5	0.1	0.98	0.84	3.34	0
Inwil-(Eschenbach)-											
Gerligenbach	LU	669250/218850	3700	10000	-	-	0.1	-	-	2.59	2

Anhang Synthese Oekotox

Kläranlage / Vorfluter	Kanton	Koordinaten	Angeschlossene Einwohner	Einwohnergleichwert	Abfluss [m ³ /s]			E2 Belastung [ngE2/L]			Index
					Median	Mittel	Q ₃₄₇	Median	Mittel	Q ₃₄₇	
Messen (Limpachtal)	-										
Limpach	SO	601450/217250		0	-	-	-	-	-	-	4
Einsiedeln (Rabennest)	-										
Alp	SZ	699600/222100	11347	12500	1.2	2.1	0.4	0.32	0.19	1.07	0
Rothenthurm - Biber	SZ	693450/218620		1867	0.2	0.4	0.1	0.30	0.15	1.04	5, 9
Schwyz - Muota	SZ	689900/207500	25787	50000	7.7	11.1	1.9	0.12	0.08	0.48	0
Aadorf (Luetzelmurgtal)	-										
Lützelburg	TG	709700/262000	11887	21417	1.0	1.6	0.4	0.40	0.26	1.08	0
Frauenfeld - Murg	TG	709420/270125	28500	114500	-	-	1.0	-	-	0.97	0
Kemmental - Chemibach	TG	725870/274200	2165	3500	-	-	-	-	-	-	4, 9
Maerstetten - Chemibach	TG	721440/272420	2830	6200	0.7	1.0	0.2	-	-	-	4, 9
Münchwilen (Ob.Murgtal)	-										
Murg	TG	717300/261125	16100	40000	-	-	0.8	-	-	0.70	2
Airolo - Ticino	TI	690888/153450	3000	5433	1.3	2.0	0.7	0.08	0.05	0.14	9
Bioggio (Lugano)	-										
Vedeggio	TI	714570/96460	100000	187500	1.8	3.6	0.6	1.98	0.98	6.35	0
Ballens (Veyron) - Veyron	VD	517660/156880	733	1750	-	-	-	-	-	-	4, 9
Bettens - Molombe	VD	533340/164200	280	500	-	-	-	-	-	-	4, 9
Bremblens (Aiev) - Venoge	VD	530100/157000	3401	6033	2.7	4.3	0.7	0.04	0.03	0.17	9
Bussigny-Pres-L. - Venoge	VD	532110/155000	9531	10000	2.5	4.1	0.7	0.13	0.08	0.49	0
Chevilly - Veyron	VD	526750/165750	210	383	0.7	1.2	0.2	0.01	0.01	0.04	9
Colombier - Senoge	VD	526400/156500	738	1067	-	-	-	-	-	-	4, 9
Daillens - Molombe	VD	531100/163600	590	633	-	-	-	-	-	-	4, 9
Dizy - Veyron	VD	527360/165210	180	400	0.7	1.2	0.2	0.01	0.01	0.03	9
Echallens - Talent	VD	537450/166450	5695	10000	-	-	-	-	-	-	4
Eclepens - Venoge	VD	531750/166900	915	2417	1.4	2.1	0.4	0.02	0.01	0.09	9
La Chaux - Veyron	VD	526350/164080	508	633	0.7	1.1	0.2	0.03	0.02	0.10	9
La Sarraz - Venoge	VD	529000/167200	2589	5000	1.3	2.0	0.3	0.07	0.04	0.27	9
Moiry - Venoge	VD	524600/166520	331	733	0.3	0.5	0.1	0.03	0.02	0.13	9
Mont-La-Ville - Venoge	VD	521200/165850	411	1000	-	-	-	-	-	-	4, 9
Montricher - Malagne	VD	519200/160675	680	1410	-	-	-	-	-	-	4, 9
Penthaz (Aie) - Venoge	VD	530410/161200	5610	10633	1.7	2.7	0.5	0.12	0.07	0.43	0

Anhang Synthese Oekotox

Kläranlage / Vorfluter	Kanton	Koordinaten	Angeschlossene Einwohner	Einwohnergleichwert	Abfluss [m ³ /s]			E2 Belastung [ngE2/L]			Index
					Median	Mittel	Q ₃₄₇	Median	Mittel	Q ₃₄₇	
Penthaz/Sullens - Venoge	VD	531950/160550	1072	1250	1.7	2.8	0.5	0.02	0.01	0.08	9
Senarclens (Siegs) - Broye de Vullierens	VD	526520/160280	621	900	-	-	-	-	-	-	4, 9
Vulliens (Siemv) - Carrouge	VD	550000/163220	2724	5917	-	-	0.0	-	-	2.38	6, 9
Vullierens - Senoge	VD	527400/158100	390	783	0.3	0.5	0.1	0.04	0.03	0.16	9
Sion / Chateauneuf - Rhône	VS	590800/118800	36700	81250	65.1	104.4	33.8	0.02	0.01	0.04	0
Egg-Oetwil - Mettlenbach	ZH	696700/238860	11500	10633	0.2	0.4	0.1	1.86	1.12	6.57	0
Mönchaltorf - Mönchaltorfer Aa	ZH	696550/241140	3200		0.8	1.0	0.4	0.14	0.11	0.26	0
Seuzach - Chrebsbach	ZH	695200/265550	6442	10000	0.1	0.1	0.0	2.55	1.85	7.42	0
Staefa (Oetikon) - Zürichsee	ZH	697250/232720	8761		-	-	-	-	-	-	1
Neugrüt, Balzers - Oberaukanal		757500/216300	4350		-	-	-	-	-	-	-

Indexnummern

- 1 Einleitung in See
- 2 Die Abflussberechnung basiert auf Q₃₄₇ Angabe des Vorfluters (BUWAL)
- 3 Für die Abflussberechnung wird Q₃₄₇ von Vorfluter (BUWAL) und die angegebene Abflussmessstationen berücksichtigt.
- 4 Keine geeignete Abflussmessstation für Vorfluter
- 5 Für angeschlossene Einwohner wird die Grössenklasse verwendet
- 6 Q₃₄₇ aus BUWAL Bericht: Einfluss von Abwassereinleitungen aus Kläranlagen auf Fischbestände und Bachforellen. Für die Kläranlagen Densbüren, Reinach und Teufental ist die Q347-Angabe im BUWAL-Bericht um Faktor 1000 falsch (mündliche Auskunft von Daniel Bernet, FIWI Bern)
- 7 Abflusswerte aus Bericht: Vollzugskonzept Siedlungsentwässerung; Mittlere Abflussmengen der Fließgewässer im Kanton Bern
- 8 Die Angabe der angeschlossene Einwohner fehlt
- 9 Projektierungswert für Einwohnergleichwert

Anhang Synthese Oekotox

Anhang C: Konzentrationsverläufe der Estradioläquivalente (E2)

Tabelle A.3: Necker

Mündung Gewässer ARA	Standortart	Flie遡sstrecke	Abfluss _{Median} [m ³ /s]	Einwohner / Q _{Median}	Summe E2- Äquivalente bei Q _{median} [ng/l]
Quelle Necker	Gewässer	0.0	0.00	0	0.000
Hemberg	Probenahme	8.2	0.21	0	0.000
Starkenbach	Gewässer	8.5	0.22	0	0.000
Zwislerbach	Gewässer	10.4	0.70	0	0.000
Hemberg	ARA	12.1	0.75	3673	0.129
Tüfenbach	Gewässer	12.4	1.07	2580	0.090
St.Peterzell/Wald- Schönengrund	ARA	12.4	1.07	5752	0.135
Schwindelbach	Gewässer	14.0	1.24	4934	0.116
Schwendibach	Gewässer	15.8	1.59	3853	0.090
Brunnadern	ARA	19.6	1.69	4221	0.105
Brunnadern(U-Reitenberg)	ARA	19.8	1.69	4651	0.120
Josenbach	Gewässer	19.8	1.79	4406	0.114
Mogelsberg / Ebersol	ARA	19.8	1.79	4966	0.133
Lochbach	Gewässer	20.2	1.86	4771	0.128
Mogelsberg / Necker	ARA	22.0	1.91	5444	0.152
Mogelberg, Achsäge	BWG	22.9	1.93	5378	0.150
Achsäge	Probenahme	23.1	2.40	4326	0.120
Aachbach	Gewässer	23.2	2.42	4285	0.119
Mogelsberg / Dorf	ARA	23.2	2.42	4904	0.141
Jomerbach	Gewässer	25.3	2.62	4530	0.129
Ganterschwil (Anzenwil) Oberhelfenschwil (Fueberg)	ARA	25.6	2.63	4535	0.130
Ibach	Gewässer	26.5	2.72	4417	0.126
Winzenbergbach	Gewässer	26.5	2.72	4414	0.126
Winzenbergbach	Gewässer	28.0	2.82	4259	0.121
Letzi	Probenahme	30.6	2.86	4194	0.119
Mündung Necker	Gewässer	31.6	2.91	4126	0.116

Anhang Synthese Oekotox

Tabelle A.4: Venoge

Mündung Gewässer ARA	Standortart	Fließstrecke	Abfluss _{Median} [m ³ /s]	Einwohner / Q _{Median}	Summe E2- Äquivalente bei Q _{median} [ng/l]
Quelle Veyron	Gewässer	0.0	0.00	0	0.000
Montricher	Probenahme	1.2	0.03	0	0.000
Ballens (Veyron)	ARA	2.1	0.06	11878	0.415
Malagne	Gewässer	6.5	0.29	2545	0.088
Ruisseau de Lamponex	Gewässer	13.5	0.64	1144	0.039
La Chauz	ARA	16.4	0.72	1717	0.059
Dizy	ARA	17.9	0.77	1853	0.064
Chevilly	ARA	18.5	0.78	2079	0.071
Venoge	Gewässer	20.8	1.25	1303	0.045
Mont-La-Ville	ARA	20.8	1.25	1631	0.056
Moiry	ARA	20.8	1.25	1896	0.063
La Sarraz	ARA	24.1	1.34	3695	0.125
Eclepens	ARA	26.7	1.42	4141	0.140
Molombe	Gewässer	27.6	1.63	3617	0.122
Bettens	ARA	27.6	1.63	3789	0.128
Daillens	ARA	27.6	1.63	4152	0.141
Penthaz (Aie)	ARA	33.4	1.79	6905	0.236
Montricher	ARA	34.1	1.81	7190	0.246
Penthaz/Sullens	ARA	34.3	1.82	7756	0.265
Bussigny	Probenahme	35.4	2.30	6141	0.210
Senoge	Gewässer	35.6	2.31	6101	0.208
Colombier	ARA	35.6	2.31	6420	0.219
Senarclens (Siegs)	ARA	35.6	2.31	6688	0.229
Vullierens	ARA	35.6	2.31	6857	0.234
Arena	Gewässer	38.9	2.55	6210	0.211
Bremblens (Aiev)	ARA	38.9	2.55	7542	0.257
Ecublens	Probenahme	39.6	2.59	7426	0.253
Bussigny-Pres-L.	ARA	43.2	2.68	10754	0.368
Ecublens, Les Bois	BWG	43.3	2.68	10743	0.367
Mündung Venoge	Gewässer	48.5	2.83	10163	0.343

Anhang Synthese Oekotox

Tabelle A.5: Emme

Mündung Gewässer ARA	Standortart	Fließstrecke	Abfluss _{Median} [m ³ /s]	Einwohner / Q _{Median}	Summe E2- Äquivalente bei Q _{Median} [ng/l]
Quelle Emme	Gewässer	0.0	0.00	0	0.000
Laublägerlibach	Gewässer	2.5	0.12	0	0.000
Leimbach	Gewässer	7.9	0.42	0	0.000
Mürenbach	Gewässer	8.9	0.48	0	0.000
Schöniseibach	Gewässer	9.4	0.60	0	0.000
Bärselbach	Gewässer	9.9	0.82	0	0.000
Buembachgraben	Gewässer	14.2	1.02	0	0.000
Chaltbach	Gewässer	14.4	1.07	0	0.000
Bumbach	Probenahme	15.6	1.14	0	0.000
Bütlerschwandgraben	Gewässer	16.5	1.20	0	0.000
Schwarzbach	Gewässer	18.0	1.33	0	0.000
Färzbach	Gewässer	18.7	1.42	0	0.000
Hombach	Gewässer	20.8	1.55	0	0.000
Teuffigraben	Gewässer	25.0	1.70	0	0.000
Sorbach	Gewässer	27.2	2.02	0	0.000
Geissbach	Gewässer	29.2	2.29	0	0.000
Eggiwil, Heidbüel	BWG	29.4	2.3	0	0.000
Rötenbach	Gewässer	30.8	3.21	0	0.000
Schmittengraben	Gewässer	31.5	3.29	0	0.000
Dieboldsbach	Gewässer	32.7	3.39	0	0.000
Äschaugraben	Gewässer	35.4	3.52	0	0.000
Schüpbachkanal	Gewässer	38.6	3.96	0	0.000
Nidermattgraben	Gewässer	38.9	4.05	0	0.000
Ilfis	Gewässer	41.3	7.93	0	0.000
Langnau i.E.	ARA	41.3	7.93	1386	0.048
Längenbach	Gewässer	41.4	8.01	1371	0.048
Emmenmatt	BWG	41.5	8.0	1371	0.048
Unterer Frittenbach	Gewässer	44.1	8.18	1344	0.047
Grünen	Gewässer	48.6	9.57	1149	0.039
Goldbach	Gewässer	51.4	9.93	1107	0.038
Biglenbach	Gewässer	53.1	10.57	1040	0.035
Rüegsbach	Gewässer	54.0	10.85	1013	0.034
Ruegsau (Mittl.Emmental)	ARA	54.5	10.86	3105	0.108
Heimiswilbach	Gewässer	57.5	11.10	3036	0.104
Dorfbach Oberburg	Gewässer	59.8	11.85	2845	0.097
Burgdorf	Probenahme	60.6	11.86	2842	0.097
Aefligen (Burgdorf)	ARA	68.1	12.01	5464	0.187
Dorfbach (Aefligen)	Gewässer	69.3	12.31	5333	0.182
Urtenen	Gewässer	71.7	13.04	5032	0.171

Anhang Synthese Oekotox

Mündung Gewässer ARA	Standortart	Flie遝sstrecke	Abfluss _{Median} [m ³ /s]	Einwohner / Q _{Median}	Summe E2- Äquivalente bei Q _{median} [ng/l]
Limpach	Gewässer	74.2	13.90	4722	0.160
Ballmoos	ARA	74.2	13.90	4725	0.160
Kernenried (Moossee- Urtb.)	ARA	74.2	13.90	6840	0.232
Messen (Limpachtal)	ARA	74.2	13.90	7307	0.248
Wiler (Limpachmündung)	BWG	74.3	13.90	7307	0.248
Bätterkinden	Probenahme	76.5	14.06	7225	0.244
Strackbach	Gewässer	77.2	14.19	7159	0.241
Biberenbach	Gewässer	78.1	14.48	7017	0.236
Bibern	ARA	78.1	14.48	7034	0.237
Mündung Emme	Gewässer	81.9	14.56	6993	0.233