



Interreg 
EUROPEAN UNION
Grande Région | Großregion
CoMinGreat
Fonds européen de développement régional | Europäischer Fonds für regionale Entwicklung

Das Bilanzmodell StoffFLUSS – Ein Planungsinstrument zur Analyse und Prognose der Spurenstoffbelastung von Fließgewässern

CoMinGreat-Abschlusskonferenz am 12. Juli 2023 in Saarbrücken

Dr. Henning Knerr

Prof. Dr. Ulrich Dittmer | Jonas Wilhelm M.Sc.



R
P **TU** Rheinland-Pfälzische
Technische Universität
Kaiserslautern
Landau

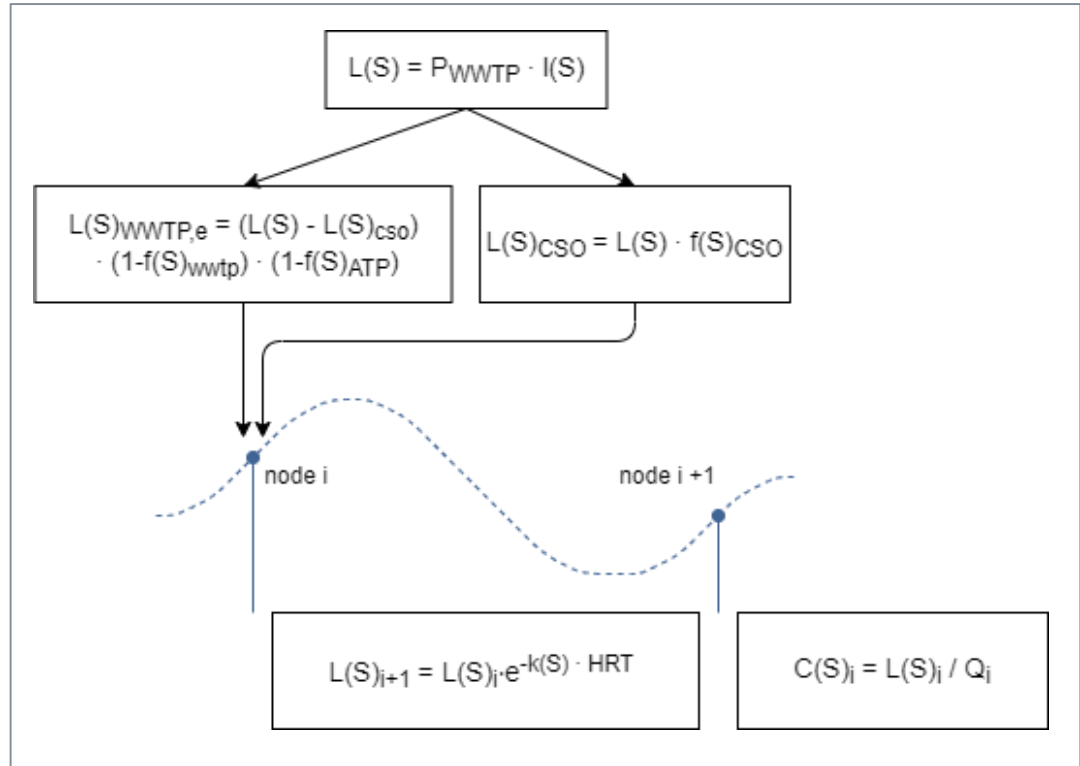
Ausgangssituation

- **Spurenstoffe werden in vielen Gewässern nachgewiesen**
 - **Gewässerkonzentrationen weisen auf eine Überschreitung der Qualitätskriterien (UQN) für die aquatische Umwelt hin**
 - **Diskussion um Elimination von Spurenstoffen aus kommunalem Abwasser mittels weitergehenden Reinigungsverfahren**
 - **Priorisierung der nachzurüstenden Kläranlagen ist nach der „Spurenstoffstrategie des Bundes“ auf Landesebene vorzunehmen**
- **Stoffflussmodelle können hier als praktikables Hilfsmittel eingesetzt werden**

- **Multimedia fate models:** Beschreiben den Verbleib von Chemikalien, die aus einem Medium (Luft, Wasser, Boden etc.) in ein anderes entweichen
- **In-stream water quality models:** Beschreiben den Chemikalieneintrag in Gewässer sowie den Verbleib dieser im Gewässer
 - ... bei zeitlich variablen (instationären und ungleichförmigen) Abflussbedingungen (dynamische Stoffflussmodelle)
 - ... bei stationären Abflussbedingungen durch Bilanzierung von eingeleiteten Stofffrachten über Gewässerabschnitte (Bilanzmodelle)

Knoten-Kanten-Modell

- Berechnung der Belastung aus Punktquellen erfolgt abschnittsweise unter Annahme eines **Fließgleichgewicht** mit **Massenerhaltung** für verschiedene Abflusssituationen
 - Nebengewässer werden in Berechnung des Hauptgewässers eingehängt
 - Berücksichtigung **substanzspezifischer Stoffrückhalt und -abbau** im Gewässer
- **Konzentrationsverläufe** im Gewässer längs der Fließstrecke
- **Durchschnittliche Belastung** für den jeweiligen Abfluss

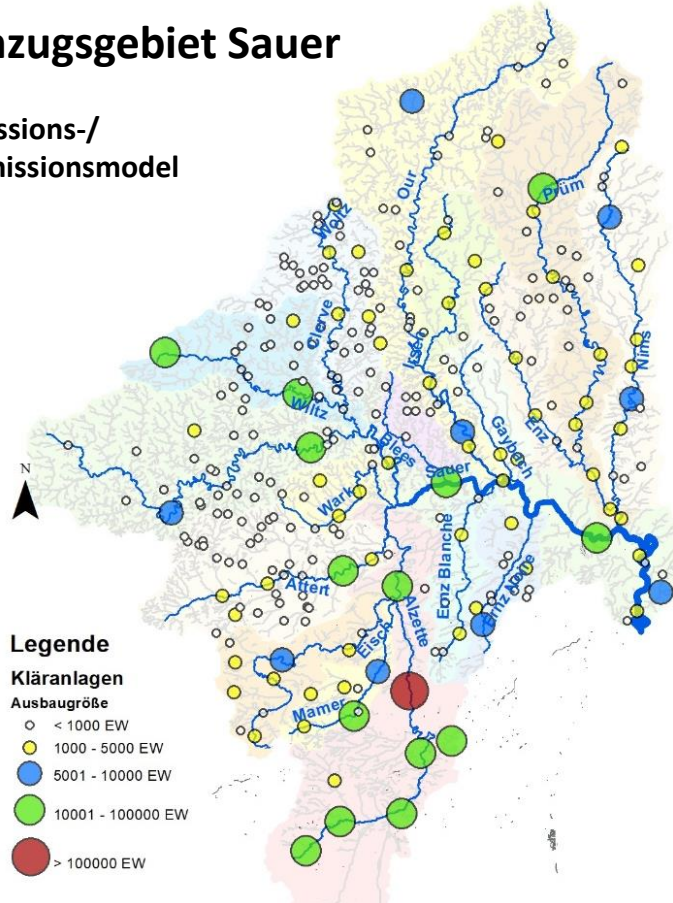


Quelle: Venditti, S.; Kiesch, A.; Brunhoferova, H.; Schlienz, M.; Knerr, H.; Dittmer, U.; Hansen, J. (2022): Assessing the impact of micropollutant mitigation measures using vertical flow constructed wetlands for municipal wastewater catchments in the greater region: a reference case for rural areas. *Water Science & Technology* 86(1). <https://doi.org/10.2166/wst.2022.191>

Modell EmiSûre situationsanalyse

Einzugsgebiet Sauer

Emissions-/ Immissionsmodell



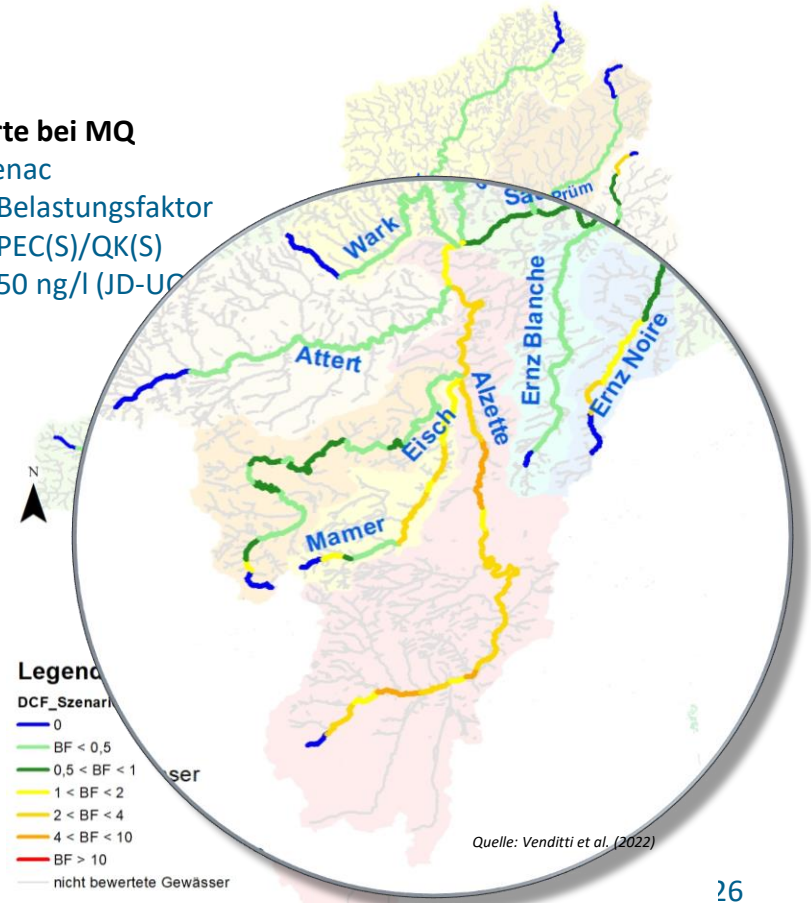
BF-Karte bei MQ

Diclofenac

BF = Belastungsfaktor

= $PEC(S)/QK(S)$

QK = 50 ng/l (JD-UQ)

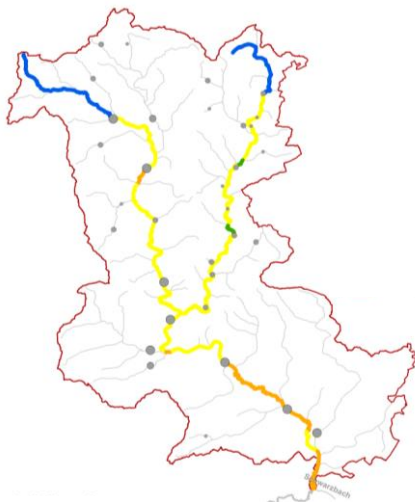


Quelle: Venditti et al. (2022)

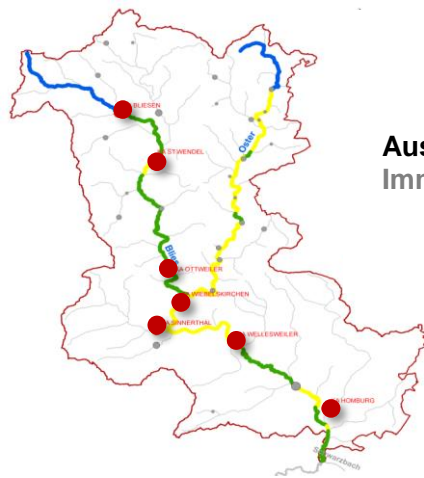
Modell EmiSûre

Varianten-/ Szenarienbetrachtung

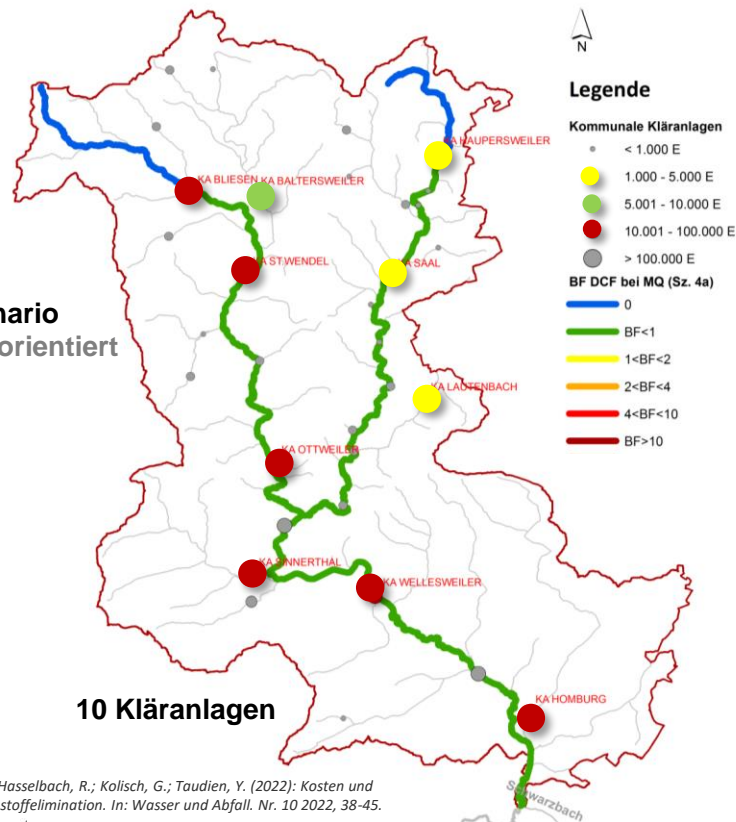
Flussgebiet Blies
Ist-Zustand



Ausbauszenario
Frachtorientiert



Ausbauszenario
Immissionsorientiert

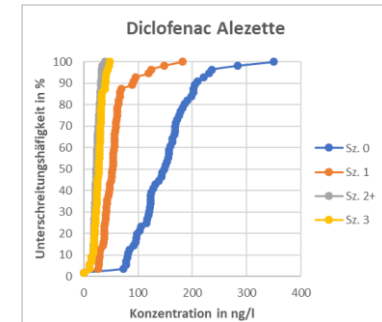
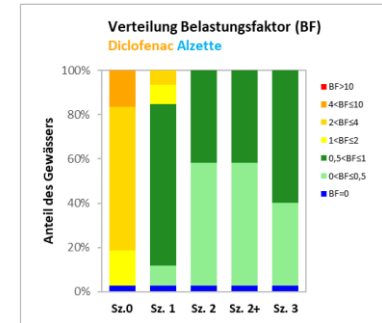


7 Kläranlagen

10 Kläranlagen

- **Situationsanalyse**
 - **Flächendeckende Beurteilung der Belastung größerer Gewässersysteme mit Spurenstoffen**
 - **Abschätzung des Konzentrationsverlaufs im Abstrom einer Einleitungsstelle für unterschiedliche Abflusssituationen und damit unterschiedliche Verdünnungsverhältnisse**
 - **Hochrechnung der punktuellen Informationen des Gewässermonitorings auf sämtliche Abschnitte der Fließgewässer eines Bilanzraums**
 - **Beschreibung von Gewässersystemen an unbeobachteten Punkten und von unbeobachteten Zuständen**

- **Varianten-/ Szenarienbetrachtung**
 - **Detaillierte Beurteilung der Wirkungsweise von verschiedenen Maßnahmen oder Maßnahmenkombinationen zur Verringerung der Einleitungsfrachten**
 - **Prognose der Auswirkung von Veränderungen im Bilanzraum**
 - **Kosten-Nutzen-Analysen**
 - **Kosten-Wirksamkeits-Analysen**
- **Optimierung von Monitoringprogrammen**
- ...

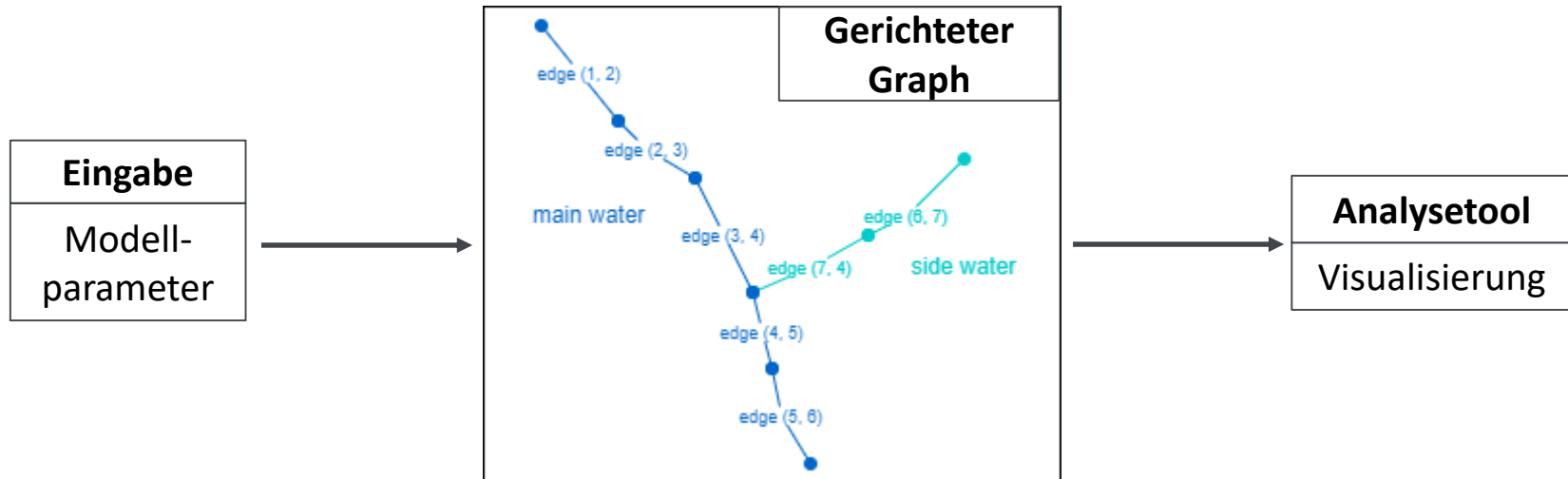


- Emissions- und Immissionsbetrachtung erfolgt unter stationären, also von der Zeit unabhängigen Bedingungen
 - Zeitliche und stoffliche Variabilität der Einträge wird nicht berücksichtigt
 - Zeitliche Variabilität des Abflussgeschehens wird nicht berücksichtigt
 - Räumliche und zeitliche Differenzierung der Gewässerkonzentrationen unter verschiedenen Umwelt- und Randbedingungen ist nicht möglich
- Mangelnde Benutzer- bzw. Bedienerfreundlichkeit

- **Weiterentwicklung des stationären Bilanzmodells zu einem Modell, mit dem das zeitlich variable Abflussgeschehen in Gewässern abgeschätzt werden kann**
 - **Entwicklung und Integration von deterministischen Lösungsansätzen**
- **Entwicklung eines benutzerfreundlichen Modellsystems zur Simulation ganzer Gewässergebiete**
 - **Migration in Python**
 - **Ausbau zur Software „StoffFLUSS“**
- **Entwicklung eines Kläranlagenmodells, mit dem das zeitlich und stofflich variable Emissionsgeschehen in Kläranlagen abgebildet wird (→ Vortrag CNRS)**
- **Bereitstellung Schnittstelle zum Datenaustausch mit Kläranlagenmodell**
- **Entwicklung eines Instrument zur modellgestützten Ableitung von Planungs-, Betriebs- und Ausbaustrategien zur ganzheitlichen, einzugsgebietsbezogenen Betrachtung von Gewässersystemen und Kläranlagen**

■ Anwendung Graphentheorie

- Modell erstellt das Gewässernetz automatisch basierend auf den Modellparametern mithilfe eines gerichteten Graphen (Directed Graph)
- Graphenstruktur gibt die Reihenfolge der berechneten Knoten und Kanten vor
- Modellergebnisse werden automatisch visualisiert und analysiert



StoffFLUSS Benutzeroberfläche

StoffFLUSS

Selection of the substances: Diclofenac START Model

Scenario	Model Area	Capacity [EW]	Ozon	PAC	GAC	CW	Partial flow treatme
6	KA Bliesen	13000	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
7	KA Godesweiler	1600	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
8	KA Winterbach	2300	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
10	KA Baltersweiler	8000	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
10	KA Heisterberg	100	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
10	KA Steinberg-Deckenhardt	1000	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
11	KA St. Wendel	32000	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
13	KA Mainzweiler	1200	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
13	KA Remmesweiler	950	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
14	KA Niederlinxweiler	2400	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
18	KA Ottweiler	13000	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
20	KA Wiebelskirchen	1950	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
22	KA Sinnerthal	30000	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
22	KA Heinitz	7900	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
24	KA Wellesweiler	67000	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
27	KA Eschweilerhof	200	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
28	KA Limbach	9900	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
30	KA Homburg	75000	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
36	KA Haupersweiler	4000	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
37	KA Osterbrücken	750	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
38	KA Neumühle	30	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
39	KA Hoof/Betzelbach	1250	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
39	KA Grugelborn/Bleichbach	1100	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
39	KA Leitersweiler/Hottenbach	600	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
40	KA Bubach	350	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
41	KA Saal	1900	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Input and Comparison Calculated/Measured

Substancespecific Parameters

Water	Bezaifibrat	Carbamazepin	Diclofenac	Metoprolol
Water Degradation Rate Average [1/h]:	<input type="text" value="0.000962704417444368"/>	<input type="text" value="0.01"/>	<input type="text" value="0.04"/>	<input type="text" value="0.000792"/>
Water Degradation Rate Winter [1/h]:	<input type="text" value="0.000962704417444368"/>	<input type="text" value="0.01"/>	<input type="text" value="0.0132486465067344"/>	<input type="text" value="0.000792"/>
Water Degradation Rate Summer [1/h]:	<input type="text" value="0.000962704417444368"/>	<input type="text" value="0.01"/>	<input type="text" value="0.0712892386265391"/>	<input type="text" value="0.000792"/>
Water Quality Criteria MQ [ng/l]:	<input type="text" value="2300"/>	<input type="text" value="500"/>	<input type="text" value="40"/>	<input type="text" value="43000"/>
Water Quality Criteria MNQ [ng/l]:	<input type="text" value="762000"/>	<input type="text" value="1990000"/>	<input type="text" value="None"/>	<input type="text" value="180000"/>

Wastewater Treatment Plant: KA Bliesen reset values

Substancespecific Parameters

Wastewater Treatment Plant

Connected Population Equivalents [E]:

Specific Input [mg/(E*d)]:	Bezaifibrat	Carbamazepin	Diclofenac	Metoprolol
	<input type="text" value="0.177284867536059"/>	<input type="text" value="0.143573330567764"/>	<input type="text" value="0.562952486053976"/>	<input type="text" value="0.537108461457867"/>
Combined Sewer Overflow [%]:	<input type="text" value="3.29776143542099"/>	<input type="text" value="3.29776143542099"/>	<input type="text" value="3.29776143542099"/>	<input type="text" value="3.29776143542099"/>
Removal Biological Treatment [%]:	<input type="text" value="73.3333333333333"/>	<input type="text" value="6.14545454545455"/>	<input type="text" value="26.4545454545455"/>	<input type="text" value="24.3636363636364"/>
Removal Mechanical Treatment [%]:	<input type="text" value="0.0"/>	<input type="text" value="0.0"/>	<input type="text" value="0.0"/>	<input type="text" value="0.0"/>
Removal Ozone [%]:	<input type="text" value="80.3333333333333"/>	<input type="text" value="94.2"/>	<input type="text" value="85.2"/>	<input type="text" value="95.2"/>
Removal PAC [%]:	<input type="text" value="86.7142857142857"/>	<input type="text" value="89.7"/>	<input type="text" value="83.0"/>	<input type="text" value="93.625"/>
Removal GAC [%]:	<input type="text" value="86.7142857142857"/>	<input type="text" value="89.7"/>	<input type="text" value="83.0"/>	<input type="text" value="93.625"/>
Removal CW [%]:	<input type="text" value="89.5591647331786"/>	<input type="text" value="41.2960609911055"/>	<input type="text" value="87.7777777777778"/>	<input type="text" value="95.4493894708748"/>
Partial flow treatment [%]:	<input type="text" value="0.8"/>			

Catchmentspecific Parameters

Blies		Oster	
Faktor MedianQ [-]:	<input type="text" value="1.82"/>	<input type="text" value="1.88"/>	
Faktor MHQ [-]:	<input type="text" value="20.9"/>	<input type="text" value="25.18"/>	
	MQ	MNQ	MQ
Flow Speed Point 1 [m/s]:	<input type="text" value="1.4"/>	<input type="text" value="0.7"/>	<input type="text" value="1.2"/>
Flow Speed Point 2 [m/s]:	<input type="text" value="1.1"/>	<input type="text" value="0.55"/>	<input type="text" value="0.4"/>
Flow Speed Point 3 [m/s]:	<input type="text" value="0.8"/>	<input type="text" value="0.4"/>	
Flow Speed Point 4 [m/s]:	<input type="text" value="0.45"/>	<input type="text" value="0.25"/>	

result window

Niederlinxweiler - Oberthal (Blies)

Ingweiler - AIsfassen (Blies)

Wiebelskirchen - Ottweiler (Blies)

StoffFLUSS Benutzeroberfläche

StoffFLUSS
Selection of the substances: Diclofenac
START Model

Scenario | Model Area

Node Id Wastewater treat

6	KA Bliesen
7	KA Gudesweiler
8	KA Winterbach
10	KA Baltersweiler
10	KA Heisterberg
10	KA Steinberg-D
11	KA St. Wendel
13	KA Mainzweiler
13	KA Remmeswe
14	KA Niederlinw
18	KA Ottweiler
20	KA Welsweiler
22	KA Sinnerthal
22	KA Heinitz
24	KA Welsesweiler
27	KA Eschweiler
28	KA Limbach
30	KA Homburg
36	KA Hauperswei
37	KA Osterbrücke
38	KA Neumühle
39	KA Hoof/Betzel
39	KA Grügelborn
39	KA Leitweiler
40	KA Bubach
41	KA Saal

Input and Comparison Calculated/Measured

	Bezafibrat	Carbamazepin	Diclofenac	Metoprolol
892704417444368	0.01		0.04	0.000792
982704417444368	0.01	0.01324866465067344	0.000792	0.000792
982704417444368	0.01	0.0712892386265391	0.000792	0.000792
00	500	40	43000	
	1990000	None	180000	

reset values

	Bezafibrat	Carbamazepin	Diclofenac	Metoprolol
284867536059	0.143573330567764		0.562952486053976	0.537108461457867
776143542099	3.29776143542099	3.29776143542099	3.29776143542099	3.29776143542099
133333333333	6.14545454545455	26.4545454545455	24.3636363636364	
	0.0	0.0	0.0	
133333333333	94.2	95.25	95.25	
42857142857	89.7	83.0	93.625	
42857142857	89.7	83.0	93.625	
91647331786	41.2660609911055		87.7777777777778	95.4493894708748

Catchmentspecific Parameters

Blies

Faktor MedianQ [-]:

Faktor MH-Q [-]:

Flow Speed Point 1 [m/s]:

Flow Speed Point 2 [m/s]:

Flow Speed Point 3 [m/s]:

Flow Speed Point 4 [m/s]:

result window

thal (Blies)

Ingweiler - Alsfassen (Blies)

Wiebelskirchen - Ottweiler (Blies)

StoffFLUSS

StoffFLUSS

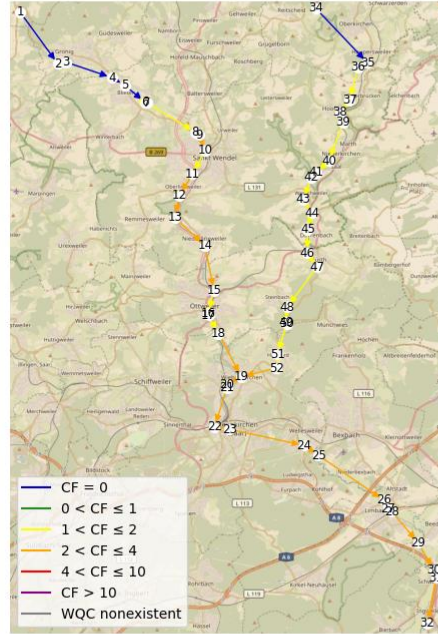
Selection of the substances: Diclofenac

Scenario	Model Area	Capacity [EW]	Ozon	PAC	GAC
6	KA Blesen	13000	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
7	KA Gudesweiler	1600	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
8	KA Winterbach	2300	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
10	KA Baltersweiler	8000	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
10	KA Heisterberg	100	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
10	KA Steinberg-Deckenhardt	1000	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
11	KA St. Wendel	32000	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
13	KA Mainzweiler	1200	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
13	KA Remmesweiler	950	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
14	KA Niederfinxweiler	2400	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
18	KA Ottweiler	13000	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
20	KA Weibersweiler	1900	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
22	KA Sinnerthal	30000	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
22	KA Heinitz	7900	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
24	KA Wellesweiler	67000	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
27	KA Eschweilerhof	200	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
28	KA Limbach	9900	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
30	KA Homburg	75000	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
36	KA Haupersweiler	4000	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
37	KA Osterbrücken	750	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
38	KA Neumühle	30	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
39	KA Hoof/Betzelbach	1250	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
39	KA Grugelborn/Bleichbach	1100	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
39	KA Leitersweiler/Hottenbach	600	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
40	KA Bubach	350	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
41	KA Saal	1900	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

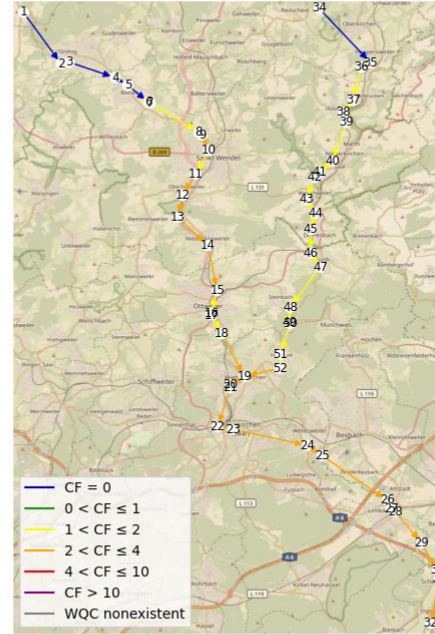
scenario wind

Input and Comparison Calculated/Measured Contamination Map Concentration Profile Concentration Profile Variable Flow Concentration Profile Variable WWTP Effluent Concentration Profile At The Gauge Concentration Profiles Regionalized

Contaminationfactor Map Current Situation - Diclofenac



Contaminationfactor Map Scenario - Diclofenac



Bles absolute values

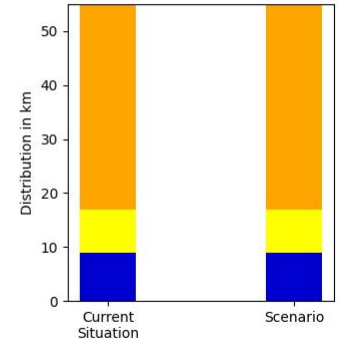
Current Situation:

Flow length	CF = 0:	9.35 km (17%)
Flow length	0 < CF ≤ 1:	0 km (0%)
Flow length	1 < CF ≤ 2:	7.5 km (14%)
Flow length	2 < CF ≤ 4:	38.1 km (69%)
Flow length	4 < CF ≤ 10:	0 km (0%)
Flow length	CF > 10:	0 km (0%)
Flow length	WQC nonexistent:	0 km (0%)

Scenario:

Flow length	CF = 0:	9.35 km (17%)
Flow length	0 < CF ≤ 1:	0 km (0%)
Flow length	1 < CF ≤ 2:	7.5 km (14%)
Flow length	2 < CF ≤ 4:	38.1 km (69%)
Flow length	4 < CF ≤ 10:	0 km (0%)
Flow length	CF > 10:	0 km (0%)
Flow length	WQC nonexistent:	0 km (0%)

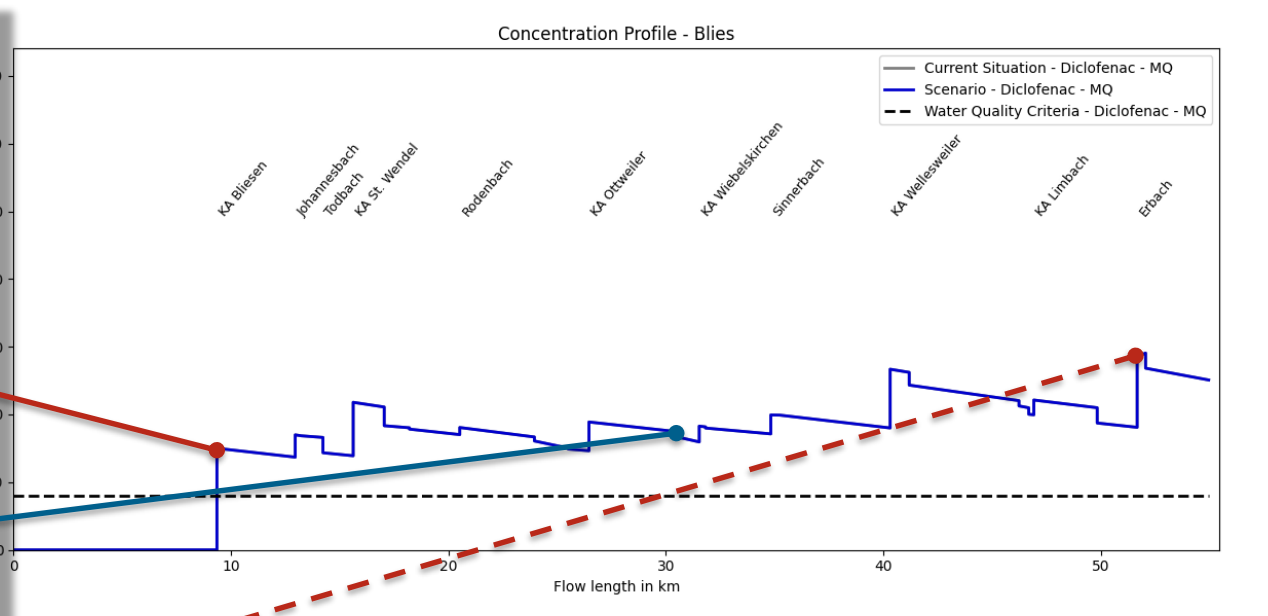
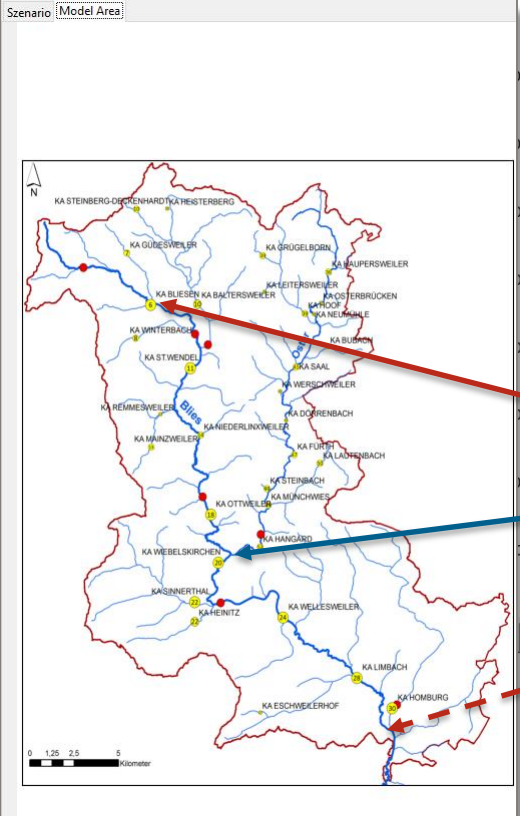
Distribution Contaminationfactor Diclofenac



Input and Comparison Calculated/Measured Contamination Map Concentration Profile Concentration Profile Variable Flow Concentration Profile Variable WWTP Effluent Concentration Profile At The Gauge Concentration Profiles Regionalized

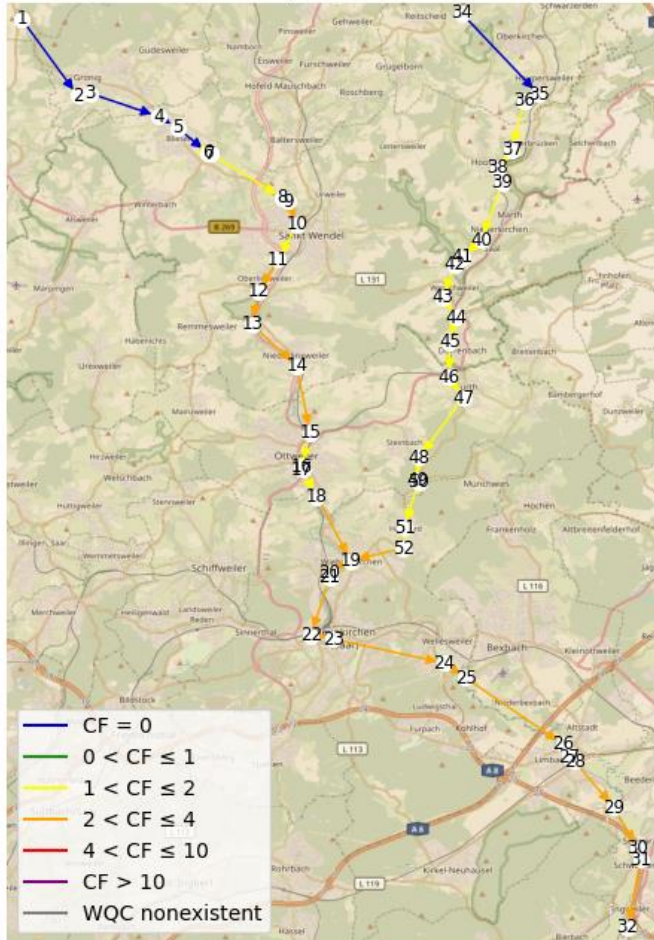
Blies Show Measured Values: CSV Export

MQ



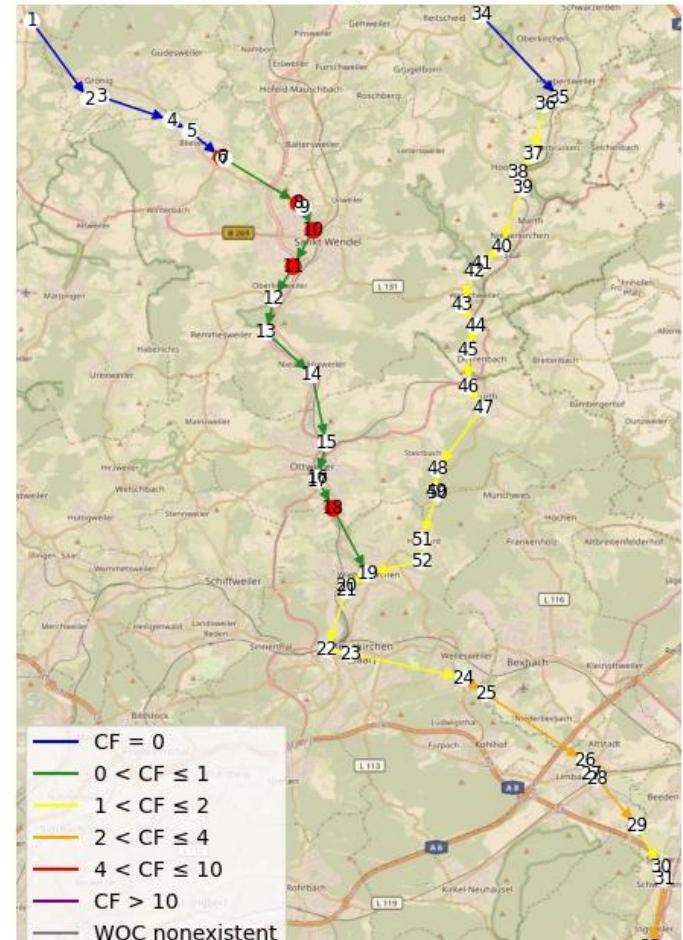
Evaluation Criteria	Current Situation	Scenario	Unit
Treatment plants with advanced treatment processes (All/Ozon/PAC/GAC/CW):	(0 / 0 / 0 / 0)	(0 / 0 / 0 / 0 / 0)	[-]
Treated population equivalents (All/Ozon/PAC/GAC/CW):	(0 / 0 / 0 / 0)	(0 / 0 / 0 / 0 / 0)	[E]
Annual volume of treated wastewater (All/Ozon/PAC/GAC/CW):	(0 / 0 / 0 / 0)	(0 / 0 / 0 / 0 / 0)	[m³/a]
Flow length below WQC:	15.7	15.7	[km]
Flow length above WQC:	70.1	70.1	[km]

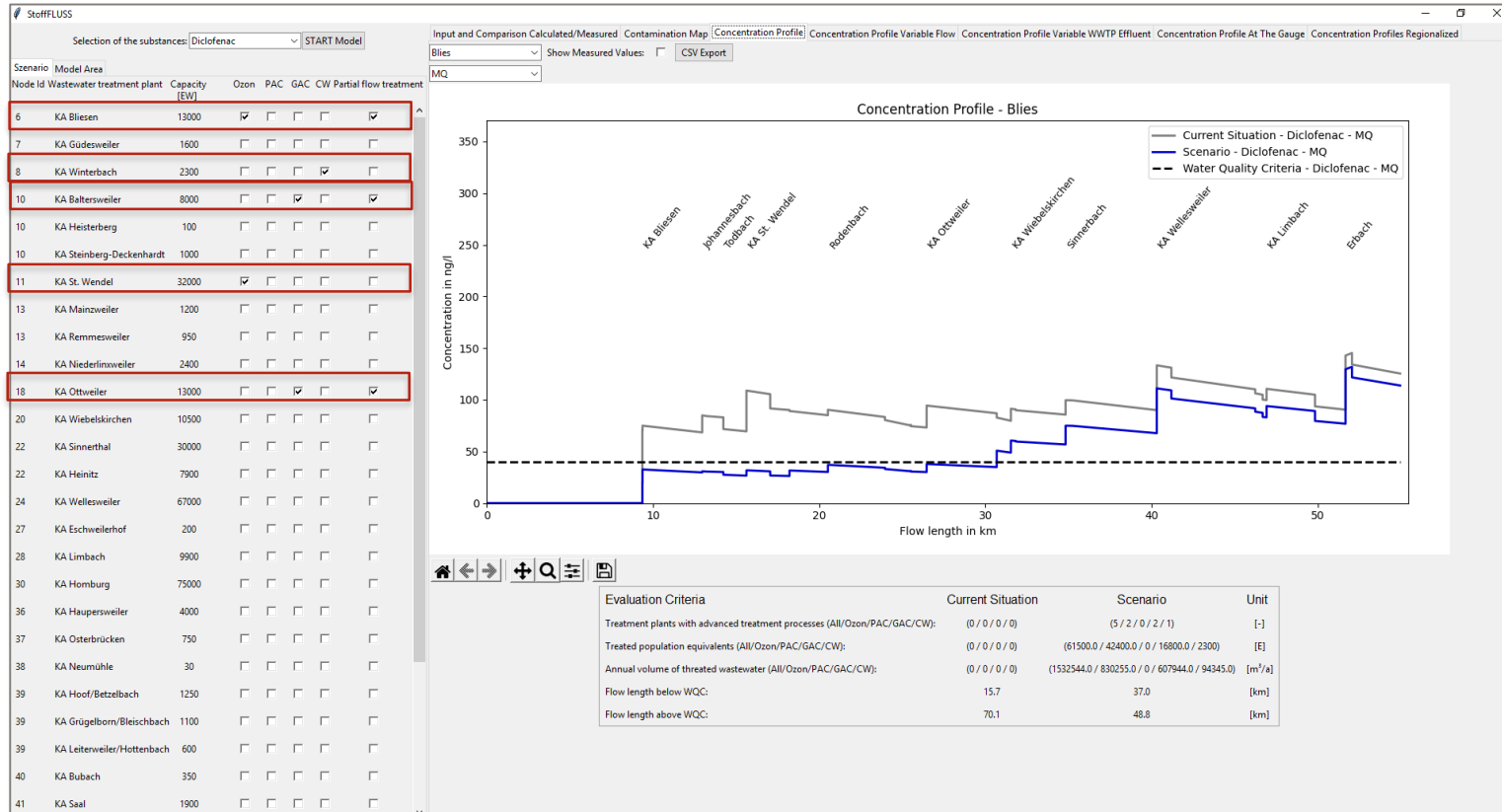
Contaminationfactor Map Current Situation - Diclofenac



6
7
8
10
10
10
11
13
13
14
18
20
22
22
24
27
28
30
36
37
38
39
39
40
41

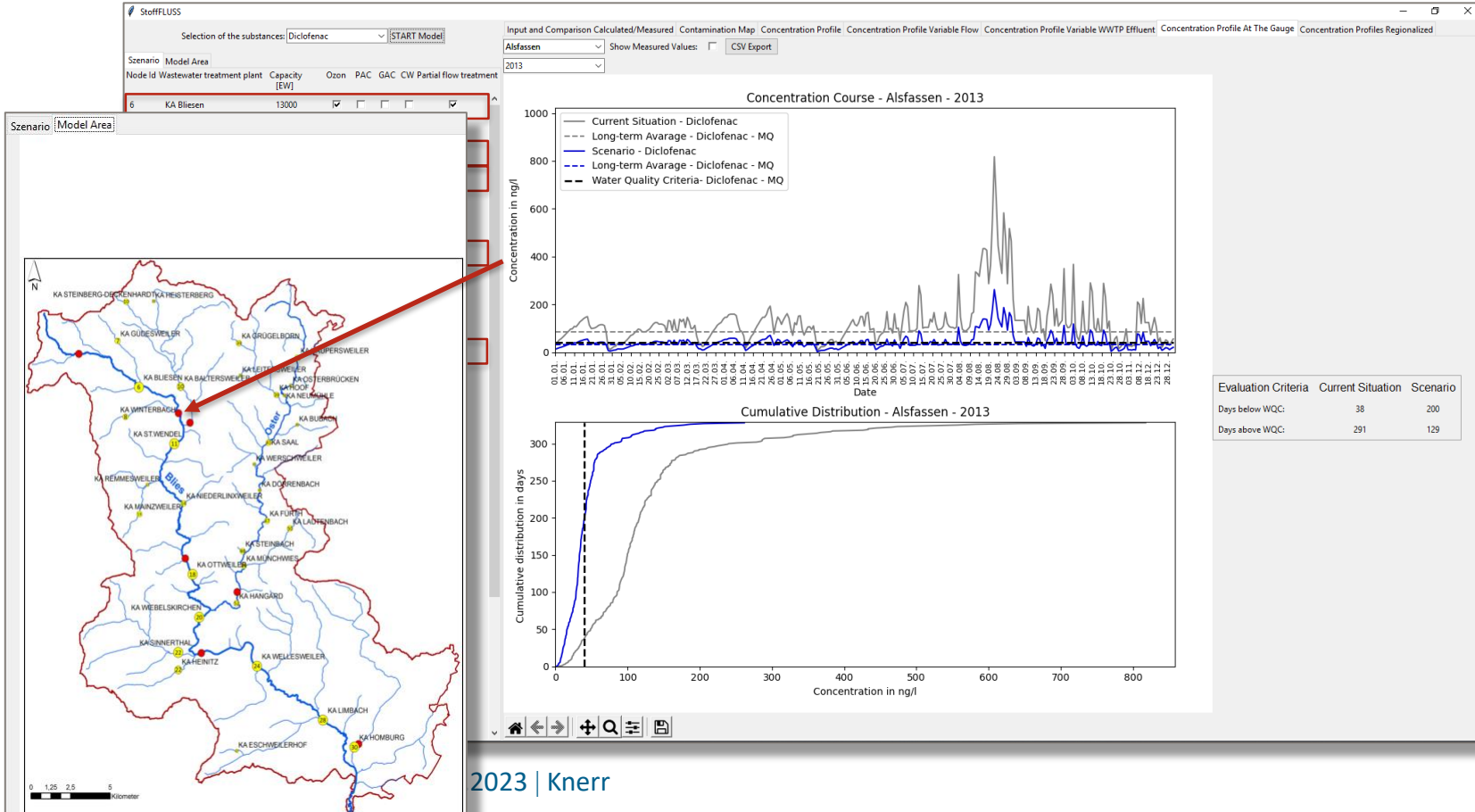
Contaminationfactor Map Scenario - Diclofenac

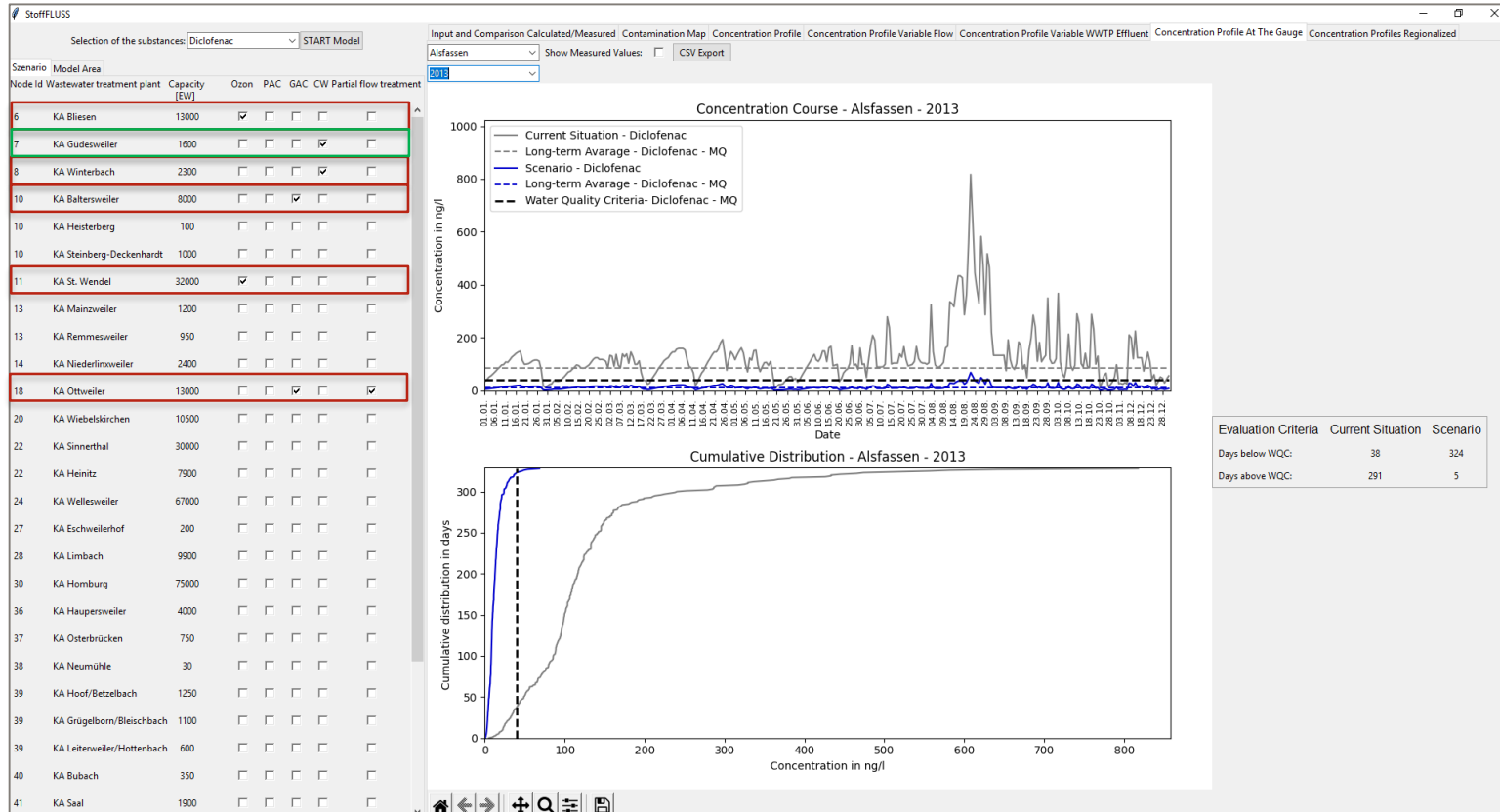




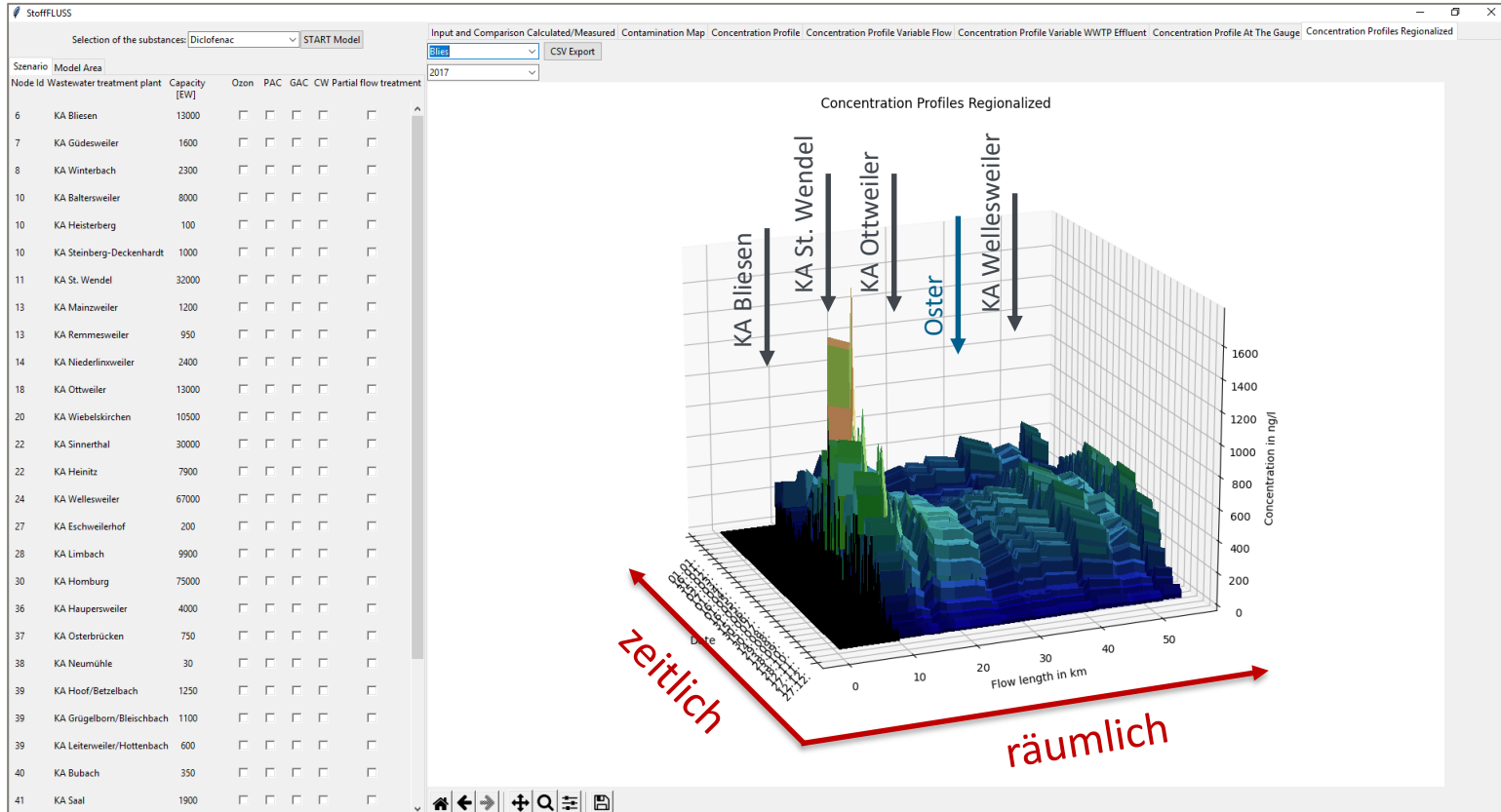
- **Gewässerweise Betrachtung über Abflusskenngrößen**
 - Berechnung der Konzentrationen entlang der Fließstrecke anhand der stationär ermittelten Fracht für die hydrologischen Kenngrößen MQ und MNQ, MHQ und MedianQ der Gewässerabflussregionalisierung
- **Tagesgenaue Betrachtung an Pegeln**
 - Berechnung der Konzentrationen an Pegeln anhand stationär ermittelten Fracht und zeitlich hochaufgelösten Pegelabflussdaten
- **Tagesgenaue Betrachtung entlang der Fließstrecke**
 - Berechnung der Konzentrationen anhand stationär ermittelten Fracht und regionalisierten Pegelabflüssen

StoffFLUSS punktuell, zeitlich hochaufgelöst





StoffFLUSS räumlich, zeitlich hochaufgelöst



- **Modellsystem StoffFLUSS** ist ein einfaches, benutzerfreundliches und editierbares Instrument zur Analyse von Stoffflüssen in Gewässersystemen
- **Entwicklung von Ausbau- und Betriebsstrategien für additive Reinigungsstufen zur Spurenstoffelimination unter Berücksichtigung variabler/ veränderlicher Randbedingungen**
 - **Verfahrensauswahl (Ozon, PAK, GAK, BF)**
 - **Behandlungsabwassermengen**
 - **Gewässerabflussbedingungen**
 - **Kläranlagenemissionen (über Schnittstelle)**

- **Systematische Ermittlung emissions- und immissionsorientierter Maßnahmenkombinationen und Ableitung zielführender Strategien**
 - **Varianten-/ Szenarienanalysen**
 - **Kosten-Nutzen-Analysen**
 - **Kosten-Wirksamkeits-Analysen**
- **Identifikation von Handlungsfeldern, die für eine Zielerreichung in einem optimierten Handlungskonzept berücksichtigt werden sollten**
 - **Maßnahmen an der Quelle**

- **Weiterentwicklung des Modells i. R. der PhD – Thesis von A. Multhaupt**
 - **Entwicklung von Standardalgorithmen zur Varianten- und Szenarienbetrachtung**
 - Emissionsbasierte Varianten/ Szenarien
 - Immissionsbasierte Varianten/ Szenarien
 - ...
 - **Ergänzung weiterer Validierungsmöglichkeiten**
 - Unsicherheitsbetrachtung
 - Sensitivitätsanalyse
 - ...
 - **Entwicklung automatisches Entscheidungstools**
 - Optimale Kosten
 - Beste Gewässerqualität
 - Geringstes Risiko
 - ...

- **Weiterentwicklung des Modells i. R. beantragen INTERREG GR Projektes QualiSûre**
 - **Integration variables Abflussgeschehen Mischwasserentlastungen**
 - ...
- **Anwendungen**
 - **Bundeslandübergreifende Betrachtung der Einzugsgebiete der Blies (SL) bis zur Mündung in die Saar und des Schwarzbachs (RLP)**
 - **Einzugsgebiet der Ill und Theel (SL)**
 - **Einzugsgebiet der Prims (SL)**

Danksagung

- INTERREG/ Gemeinsames Sekretariat
- MUEEF Rheinland-Pfalz
- Lead Partner/ Projektpartner
- Projektteam der RPTU
 - Jonas Wilhelm
 - Anja Multhaup



Vielen Dank für die Aufmerksamkeit!

Dr. Henning Knerr

henning.knerr@rptu.de

RPTU - Fachgebiet Siedlungswasserwirtschaft
Paul-Ehrlich-Str. 14, Gebäude 14, 67663 Kaiserslautern



R
P **TU** Rheinland-Pfälzische
Technische Universität
Kaiserslautern
Landau