

Stoffstromanalysen für kleine bis mittlere Flussgebiete als Grundlage für die Planung und Umsetzung von Gewässerschutzmaßnahmen (Phase II)



Institut für Siedlungswasserwirtschaft
der Universität Karlsruhe (TH)

A. Bechtel, J. Butz, S. Fuchs & H.H. Hahn

- Bild oben:
Blick auf die vielfältige Kulturlandschaft des Kraichbacheinzugsgebietes: Im Vordergrund auf der Hügelkuppe ist ein abgeerntetes Feld zu sehen; in der Bildmitte ist die südliche Hanglage mit Wein bepflanzt; zwischen den beiden Hügeln liegt eine kleinräumig Talsenke; der Hintergrund zeigt steilere, bewaldete Hänge der angrenzenden Keuperlandschaft.
- Bild unten links:
Erosionserscheinungen am Fuße eines Feldes, das vollständig bearbeitet wurde, ohne erosionsverhindernde Maßnahmen wie z.B. Zwischenfrüchte oder Mulchsaat durchzuführen.
- Bild unten rechts:
Einmündung einer sedimentführenden Einleitung – wahrscheinlich einer Drainage – in einen Graben. Die Einleitung konnte wegen des hohen Wasserstandes im Graben nicht beprobt werden.

Gliederung des Vortrages

- Zielsetzung des Projektes
- Stand der Arbeiten zum Abschluss des Vorprojektes
- Weiterführende Arbeiten:
 - Messprogramm
 - Bilanzüberschüsse landwirtschaftlicher Flächen
 - Schwerpunkt Siedlungsentwässerung**
- Zusammenfassung/Ausblick

Zielsetzung in Erinnerung rufen und nochmals kurz die Ergebnisse des Vorprojektes zusammenfassen, das im April des letzten Jahres abgeschlossen wurde und über das im März letzten Jahres referiert wurde.

Anschließend eine Zusammenfassung der im vergangenen Jahr geleisteten Arbeiten, die sich intensiv verschiedenen Themenbereichen widmeten.

Es wurde ein Routine Messprogramm durchgeführt, um Informationen zu stofflichen Parametern im Kraichbach zusammenzutragen. Hierbei wurde besonderer Wert auf den Parameter Nitrat gelegt, da er als Naturtracer zur Validierung des Wasserhaushaltsmodells herangezogen werden soll.

Es wurden die Daten zur Ermittlung der Bilanzüberschüsse auf Gemeindeebene zusammengetragen.

Und es wurde insbesondere der Arbeitsschwerpunkt Siedlungsentwässerung bearbeitet.

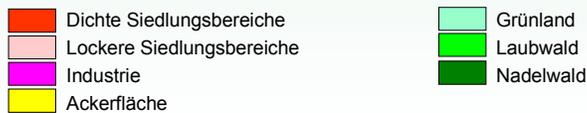
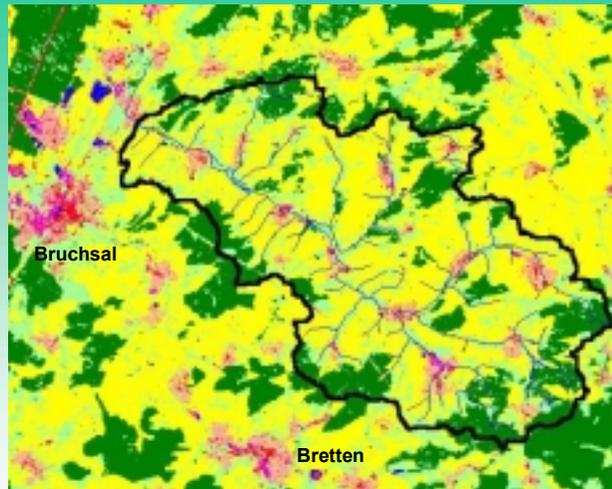
Zielsetzung des Gesamtvorhabens

- Für mittelgroße Flussgebiete (100 - 1.000 km²) sollen übertragbare Modellansätze zur Abschätzung der Stoffeinträge ins Gewässer entwickelt werden.
- Die räumliche und zeitliche Auflösung soll dabei so gewählt werden, dass konkrete Maßnahmen zur Minderung der Einträge formuliert werden können.

Die Zielsetzung des Vorhaben besteht in der Entwicklung übertragbarer Modellansätze, die im Gegensatz zu den existierenden makroskaligen Modellen eine wirkliche Regionalisierung von Stoffströmen ermöglichen.

Zu diesem Zweck ist es erforderlich mit einer bestmöglichen räumlichen Auflösung zu arbeiten und zu prüfen wo eine von der Jahresfracht ausgehende weitere zeitliche Differenzierung der Stoffeinträge erforderlich ist. Diese notwendige zeitliche Differenzierung leitet sich insbesondere von der Wirkung möglicher Maßnahmen zur Minderung der Stoffeinträge ab.

Das Untersuchungsgebiet

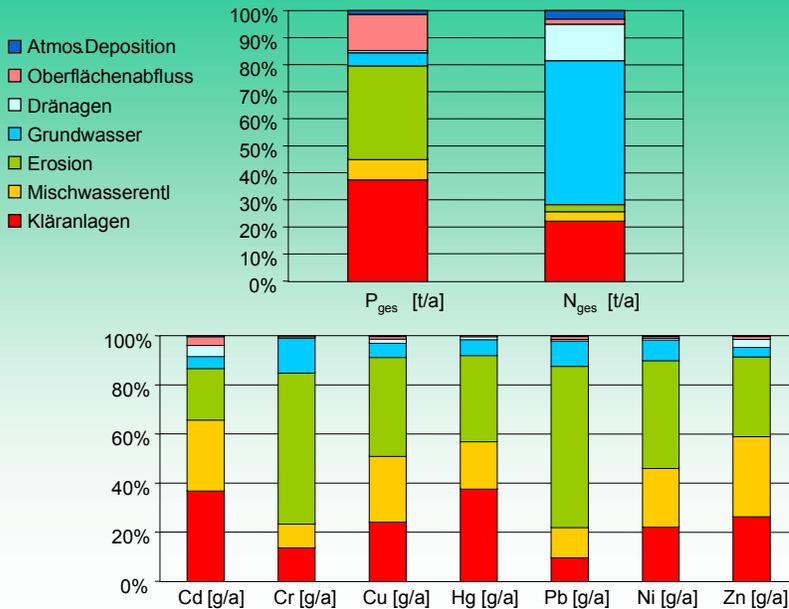


Das Untersuchungsgebiet ist der obere Kraichbach, der Nordwestlich von Karlsruhe liegt. Sein Einzugsgebiet ist dominiert durch landwirtschaftliche Nutzung, wie unschwer an diesem klassifizierten Satellitenbild mit einer Auflösung von 30 x 30 m zu erkennen ist. Ein Arbeitsschwerpunkt des Projektes sind damit natürlich die Stoffausträge aus landwirtschaftlich genutzten Flächen.

Aber auch die im Gebiet liegenden Siedlungsräume sollen detailliert betrachtet werden, da für diese, wie im Laufe des Vortrags deutlich wird, große Unsicherheiten bestehen.

In einer späteren Projektphase steht das Einzugsgebiet des unteren Kraichbaches (Rheinebene) zur Verfügung, um die Übertragbarkeit der Modellansätze zu prüfen.

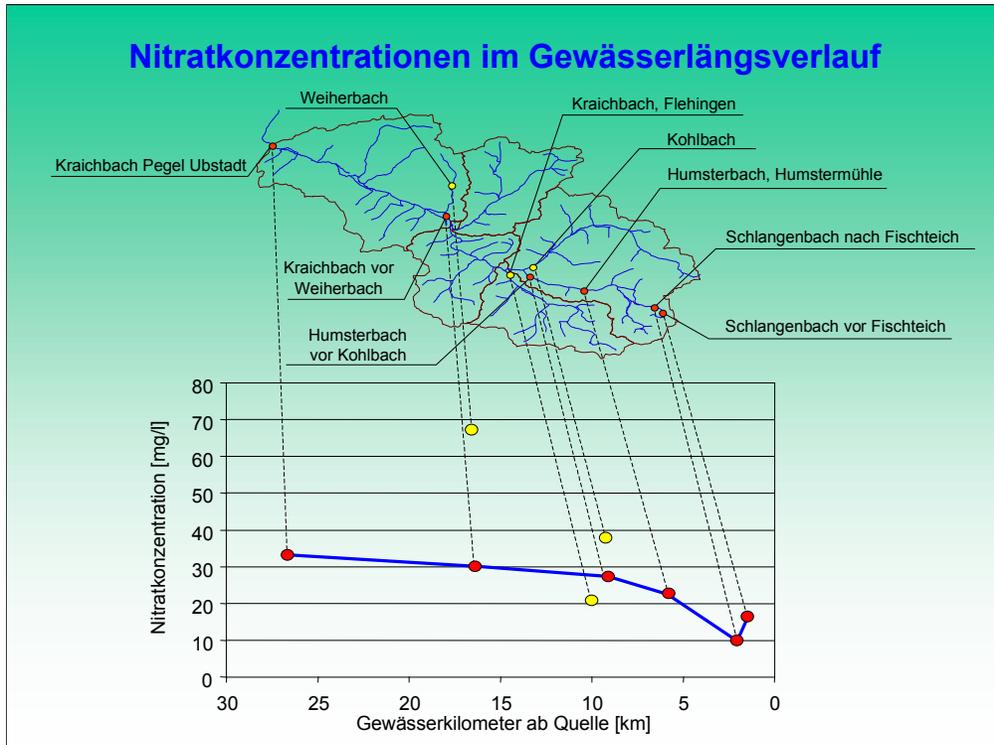
Bilanzierungsergebnisse des Vorprojektes



Am Ende des Vorprojektes wurde eine Großbilanz erstellt, um die zukünftigen Arbeitsschwerpunkte quantitativ darzustellen und den zu leistenden Entwicklungsbedarf offenzulegen. Die Ergebnisse für Stickstoff und Phosphor sowie für die Schwermetalle sind auf dieser Folie dargestellt. Hervorzuheben sind die hohen P-Einträge über den Pfad EROSION, die hohen N-Einträge über den Pfad GRUNDWASSER sowie die Bedeutung der Siedlungsgebiete (KLÄRANLAGE und KANALISATION) für die Schwermetallbelastung des Kraichbaches.

Die Siedlungsgebiete sollen daher einen Schwerpunkt des heutigen Vortrages bilden. Zuvor jedoch schlaglichtartig die Arbeiten, die im Bereich der landwirtschaftlichen Nutzflächen geleistet wurden.

Nitratkonzentrationen im Gewässerlängsverlauf



Im Längsverlauf des Kraichbaches, und in einigen wichtigen Zuflüssen wurde eine Routinemessnetze eingerichtet. In 14-tägigem Abstand werden Wasserproben aus den Gewässerläufen und identifizierbaren Drainageeinleitungen gezogen und auf verschiedene Parameter analysierte. Von besonderer Bedeutung und hier dargestellt sind die Nitratkonzentrationen und ihre zeitliche Entwicklung. Dieses Messprogramm soll während der gesamten Projektlaufzeit beibehalten werden, um eine ausreichende Datendichte zur Plausibilisierung unserer Modellergebnisse und zur Validierung des Wasserhaushaltsmodells zu erhalten.

Erkennbar sind die stark ansteigenden Nitratkonzentrationen im Gewässerlängsverlauf, sowie Belastungsschwerpunkte in den Nebenbächen Weierbach und Kohlbach.

Stand der Arbeiten bezüglich des Stickstoff-Modells

N-Bilanz

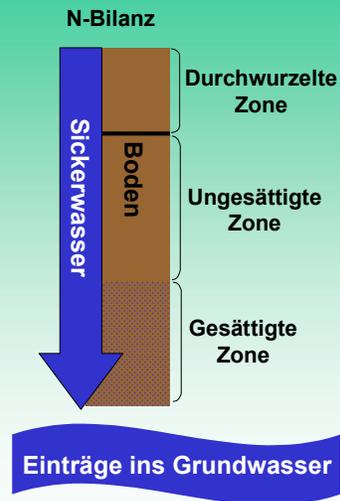
- Landnutzung
- Düngung
- N₂-Fixierung
- Entzüge

Sickerwasser

- Niederschläge
- Evapotranspiration
- nutzbar. Feldkapazität

Umsetzungsprozesse im Boden

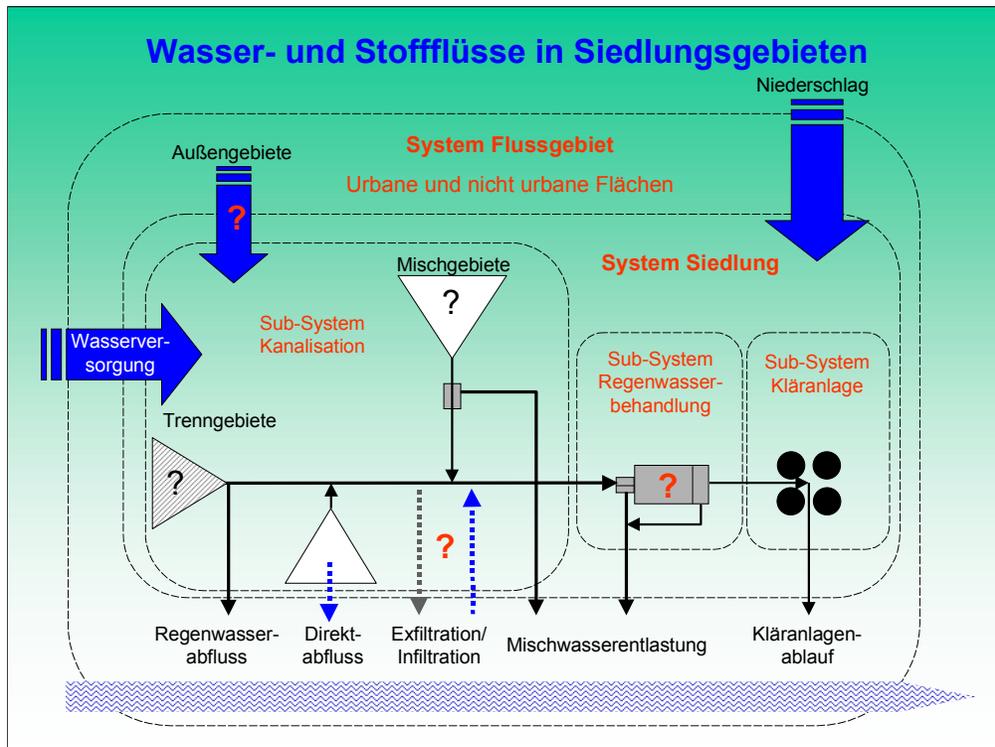
- Mineralisierung / Immobilisierung
- Denitrifikation / Nitrifikation
- Makroporenfluss
- Mächtigkeit der ungesättigten Zone



Neben dem Messnetz wurden die Grundlagen zur Abschätzung der Stickstoffeinträge über den Grundwasserpfad erarbeitet. Hierzu zählen insbesondere die Nährstoffüberschüsse, die auf Ebene von Gemeindegrenzen berechnet wurde. Aus dem Wasserhaushaltsmodell stehen weitere wesentliche Eingangsgrößen zur Verfügung, so dass sich die weitere Projektarbeit auf die schwierig abzubildenden Umsetzungs- und Retentionsprozesse im Boden konzentrieren kann.

Wie auch bei den anderen Pfaden werden hierzu verschiedene Modellansätze recherchiert und erprobt.

Ziel ist es, einfache und zutreffende Zusammenhänge herauszuarbeiten, um die Stickstoffverlagerung beispielsweise unter Verwendung von Bodentypen, Sickerstrecken, Bewirtschaftung abzuschätzen.



Der eigentliche Schwerpunkt des Vortrages sollen die Siedlungsgebiete sein. Sie sehen das System Siedlung mit den Sub-Systemen Kanalisation, Regenwasserbehandlung und Kläranlage eingebettet in das übergeordnete System Flussgebiet (nach Brombach, 1999). Zahlreiche Pfeile, die Im- oder Exporte zwischen den Systemen andeuten, unterstreichen die Komplexität des Gesamtsystems. Es steht in nichts den Problemen bei der Quantifizierung der Stickstoffverlagerung in landwirtschaftlich genutzten Böden nach.

Die Fragezeichen markieren die größten Unsicherheiten die beim heutigen Kenntnisstand bei der Quantifizierung der Wasser- und damit der Stoffströme bestehen.

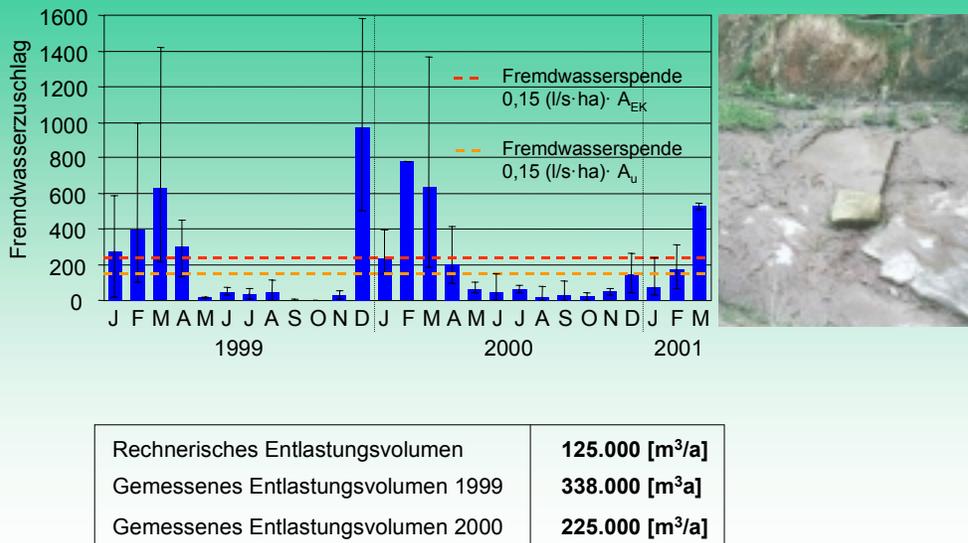
So ist die realitätsnahe Abschätzung der abflusswirksamen Flächen unter Nutzung der verfügbaren Datenquellen (Gemeindestatistik, Landsat-Bilder) schwierig. Über angeschlossene Außengebiete liegen in der Regel keine oder nur unzureichende Daten vor.

Gleiches gilt für Infiltrationen von Grundwasser oder Zwischenhorizontabflüssen. Beides, Außengebiete und Infiltrationen, lassen sich unter dem Stichwort Fremdwasser zusammenfassen.

Und letztlich ist auch die Regenwasserbehandlung selbst als terra incognita anzusehen. Wirkungsgrade oder auch so einfache Informationen wie realisierte Drosselabflüsse sind flächendeckend nicht verfügbar.

Einzig am Ende des Systems, auf der Kläranlage, stehen belastbare Daten zur Verfügung. Ziel ist es daher, aus diesem Datenmaterial, sozusagen rückschauend so viele wie möglich Informationen abzuleiten.

Fremdwasserzuschläge und Auswirkung auf das Entlastungsverhalten von Regenüberlaufbecken

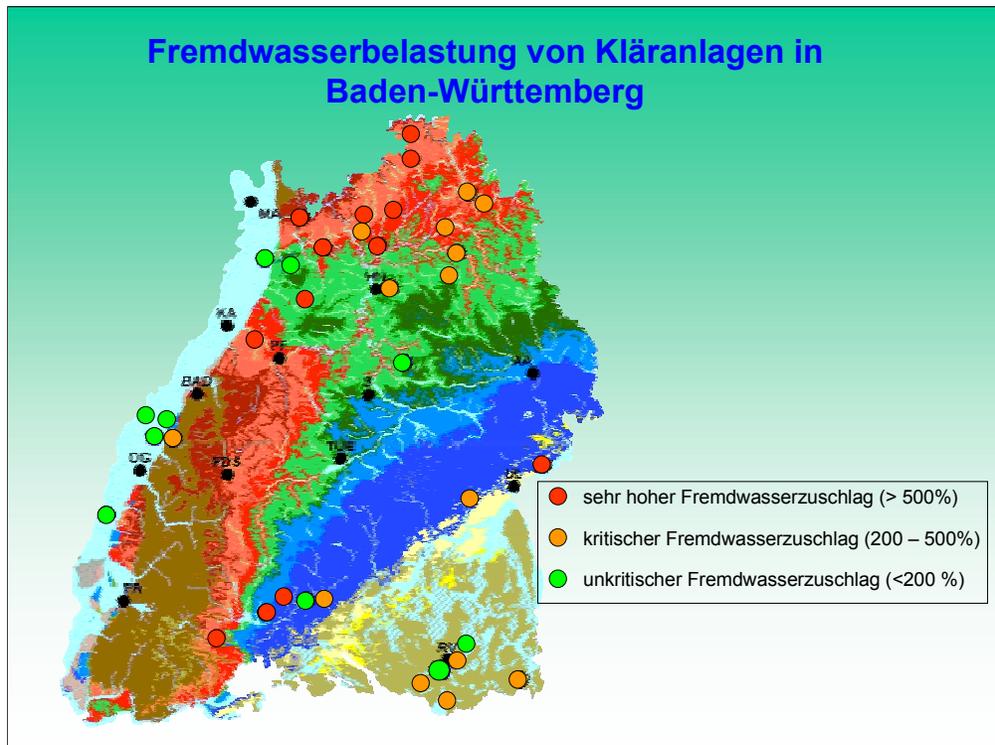


Welche Auswirkungen die bestehenden Kenntnislücken haben können, soll dieses Beispiel aus dem Nordschwarzwald verdeutlichen. Aufgetragen sind die Fremdwasserzuschläge über einen Zeitraum von etwas mehr als 2 Jahren. Weiterhin wurden die bei der Planung zugrundegelegten Fremdwasserzuschläge, berechnet aus den Empfehlungen der ATV, als orange und rote Linie eingezeichnet. Auf diese Werte müsste auch eine Abschätzung der Austräge zurückgreifen, wenn keine weiteren standortspezifischen Informationen vorliegen.

Die sehr hohen Fremdwasserzuschläge führen in diesem Beispiel dazu, dass im Entlastungsgerinne und auch im Vorfluter während der Wintermonate deutlich sichtbare Beläge von Abwasserbakterien zu erkennen sind.

Sie führen weiterhin dazu und dies ist für unser Projektziel von großer Bedeutung, dass die entlasteten Wassermengen erheblich unterschätzt werden. Eine Schmutzfrachtsimulation kommt zu etwa **125.000 m³** während die Messungen **338.000 bzw. 225.000 m³** ergaben. In einem weiteren Beispiel wurden die berechneten Entlastungsvolumina um den **Faktor 5** überschritten.

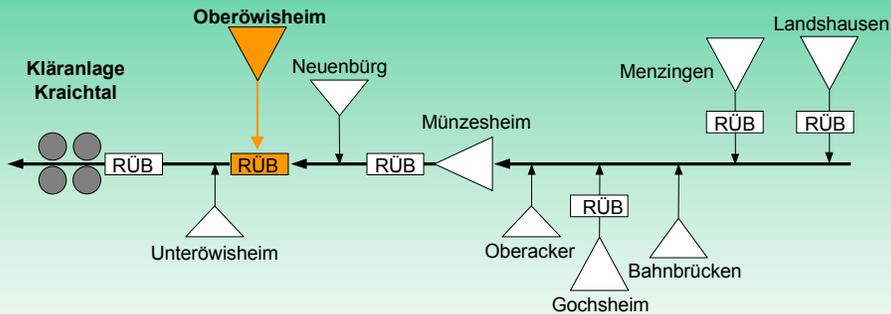
Diese Befunde haben uns veranlasst, die Siedlungsgebiete im Kraichbach detailliert zu betrachten.



Diese Folie soll verdeutlichen, dass das gezeigte Beispiel keineswegs als Einzelfall abzutun ist. Die Kreise verdeutlichen den Fremdwasseranfall auf 35 Kläranlagen in Baden-Württemberg, der in einem parallel bearbeiteten Projekt mit der Methode des gleitenden Minimum auf der Datenbasis von 4 Jahren ermittelt wurde. Die orange bis roten Punkte markieren Kläranlagen deren Netze durch kritische (bis 500%) und sehr hohe Fremdwasserspendsen gekennzeichnet sind. Ein Zusammenhang mit dem Naturraum bzw. mit den hydrogeologischen Verhältnissen des Naturraumes lässt sich unschwer erkennen.

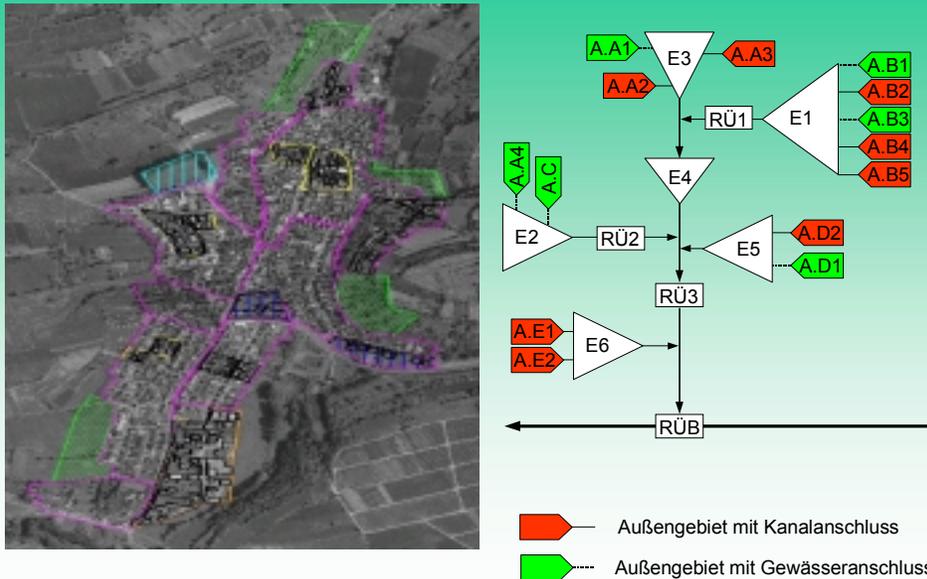
Im unsere Untersuchungsgebiet charakterisierenden Naturraum treten sehr unterschiedliche Fremdwasserzuschläge von unkritisch bis sehr hoch auf, so dass auch diesbezüglich eine detaillierte Analyse durchgeführt wurde.

Einzugsgebiet der Kläranlage Kraichtal



Am Beispiel des Entwässerungsnetzes der Kläranlage Kraichtal sollen die durchgeführten Analysen erläutert werden. Im Gebiet, das grob etwa die Hälfte der Fläche des oberen Kraichbaches abdeckt, befinden sich 6 Regenüberlaufbecken und insgesamt 19 Regenüberläufe. Im folgenden sollen die durchgeführten Arbeiten am Beispiel der Gemeinde Oberöwisheim (orange unterlegt) dargestellt werden.

Detailanalyse der abflusswirksamen Flächen



Das Detailnetz der Gemeinde Oberöwisheim umfasst 6 Teileinzugsgebiete, die teilweise mit einem Regenüberlauf an das Gesamtgebiet angekoppelt sind. Hierdurch werden hydraulische Überlastungen der untenliegenden Kanalstrecken vermieden.

Auffällig ist die hohe Zahl der Außengebiete, die an das Mischsystem angeschlossen sind. Dies ist eine Situation, die einerseits die Quantifizierung der Wasser- und Stoffströme erheblich erschwert und andererseits einen dringenden Sanierungsbedarf darstellt.

Anhand eines Orthofotos und mehrerer Ortsbegehungen wurden die **abflusswirksamen Flächen** der Gemeinde ermittelt. Die gelb umrandeten Gebiete stellen Testflächen dar.

Darüber hinaus wurden die tatsächlichen **Drosselabflüsse** der RÜ und RÜB festgestellt. Die weitergeleitete Wassermenge ist neben den Flächen eine sensitive Größe bei der Berechnung der Entlastungsrate (also des Anteils des Niederschlagsabflusses, der entlastet wird).

Für die Kläranlage Kraichtal wurde eine **Fremdwasseranalyse** durchgeführt.

Auf Basis dieser Daten ergeben sich die im Folgenden dargestellten Ergebnisse.

Ergebnisse der detaillierten Analyse

	undurchlässige Fläche A_u [ha]	Entlastungsrate e_0 [%]	Fremdwasser- zuschlag FWZ [%]	Fracht Zn [kg/a]	Fracht Cu [kg/a]
Grobbilanz	298,5	29	-	193	29,7
Detailanalyse	192,3 	36 	250	136	21,0
Detailanalyse mit Außengebieten	247,3 *	50	250	? 	? 

* A_u + Außengebiete · 0,1 (an die Kanalisation angeschlossene Außengebiete ca. 550 ha)

Gegenübergestellt sind die bisher vorliegenden Ergebnisse der Grobanalyse und das Ergebnis der durchgeführten Detailanalyse. Entgegen der Erwartung, die sich aus dem Beispiel des Beckens im Nordschwarzwald ergibt, wurden die Frachten der Grobanalyse unterschritten.

Dies ist zurückzuführen auf verschiedene gegensätzlich wirkende Befunde.

1. Die undurchlässige Fläche wurde in der Auswertung des Satellitenbildes in diesem Gebiet erheblich überschätzt.
2. Die Entlastungsrate wurde im Gegensatz hierzu bei der Grobanalyse unterschätzt (fehlende Information zum Fremdwasseraufkommen).
3. In gegebenen Beispiel liegen die Drosselabflüsse der Becken sehr hoch, so dass deutlich mehr Wasser zur Kläranlage geleitet wird als dies üblicherweise der Fall ist.

Die Ansätze der beiden ersten Zeilen enthalten unrichtigerweise keine Außengebiete. Fügt man diese hinzu, so steigt die abflusswirksame Fläche und die Entlastungsrate erheblich. Selbstverständlich hat dies auch Auswirkungen auf die entlasteten Frachten. Sie werden steigen. Um wie viel lässt sich weder in diesem noch in anderen Fällen sagen.

Zusammenfassung/Ausblick

- In der vergangenen Projektphase wurden für verschiedene Eintragspfade (z.B. Erosion, Grundwasser u.a.) weiterführende Arbeiten durchgeführt
- Ein weiterer Schwerpunkt der Arbeiten lag auf den Siedlungsgebieten
- Als sensitive Größen bei der Abschätzung der über die Kanalisationssysteme eingetragenen Stofffrachten erwiesen sich:
 - Größe der abflusswirksamen Flächen
 - Drosselabflüsse der Regenbecken
 - Fremdwasserzuflüsse zum Entwässerungsgebiet
- In Sinne einer Übertragbarkeit der benutzten Ansätze sind zu entwickeln:
 - Transfer-Faktoren für die Fremdwasserzuschläge auf Kläranlagen in das dahinterstehende Netz
 - Ansätze zur realitätsnahen Abschätzung der abflusswirksamen Flächen unter Nutzung allgemein zugänglicher Daten (z.B. Gemeindestatistik, Fernerkundungsdaten)