Institut für Kanalisationstechnik
Gelsenkirchen

Fremdwasser durch Dränageanschlüsse

Abschlußbericht, März 1995

Im Auftrag des Ministeriums für Umwelt, Raumordnung und Landwirtschaft NRW

Bericht zu den Untersuchungen über die Herkunft und Wirkung von

Fremdwasser durch Dränageanschlüsse

AUFTRAGGEBER

Ministerium für Umwelt, Raumordnung und Landwirtschaft NRW
Schwannstr. 3
40 190 Düsseldorf

AUFTRAGNEHMER

Institut für Kanalisationstechnik
Exterbruch 1
45 809 Gelsenkirchen

WISSENSCHAFTLICHE LEITUNG

Univ.-Prof. Dr.-Ing. Dietrich Stein

WISSENSCHAFTLICHE BEARBEITUNG

Dr. Sabine Cremer
Dipl.-Ing. Christian Falk

BEARBEITUNGSZEITRAUM

1. April 1994 - 31. März 1995

INHALTSVERZEICHNIS SEITE

1 EINLEITUNG 1

2 DAS PROBLEM "FREMDWASSER" 2

2.1 Definition des Begriffs "Fremdwasser" 2
2.1.1 Der Terminus technicus der DIN 4045 und der DIN EN 752 3
2.1.1.1 Infiltration von Grundwasser in undichte Kanäle 4
2.1.1.2 Einleitung von Dränagewasser 6
2.1.1.2.1 Dränagen im Flachland 7
2.1.1.2.2 Dränagen in Hanglage 8
2.1.1.2.3 Dränagen in der Ebene und in Hanglage im Vergleich 10
2.1.1.3 Einleitung von Oberflächenwasser 11
2.1.1.4 Kühlwassereinleitung 12
2.1.1.5 Regenwasserableitung von versiegelten Flächen 13
2.1.2 Fremdwasser als rechtlicher Begriff 14

2.2 Verfahren zur Bestimmung des Fremdwasseranteils am Gesamtabfluß 15

3 UNTERSUCHUNG DES FREMDWASSERABFLUSSES AM MODELLSTANDORT ENGELSKIRCHEN 17

3.1 Die Entwässerungssituation der Gemeinde Engelskirchen 17
3.1.1 Das Einzugsgebiet der Kläranlage Ehreshoven in Engelskirchen 18
3.1.2 Der Zustand der Kanalisation 19

3.2 Klimatische und hydrogeologische Situation 19
3.2.1 Wasserwirtschaftliche Zusammenhänge 20

3.3 Fremdwasser im Kanalnetz von Engelskirchen 24
3.3.1 Eingesetzte Meßmittel 24
3.3.2 Erkennbare Folgen der Fremdwasseranteile 28
3.3.2.1 Überlastung der Transportkapazität der Kanalisation 28
3.3.2.1.1 Das Starkregenereignis am 11.01.1993 29
3.3.2.2 Überschreitung der Kläranlagenkapazität 31
3.3.3 Herkunft des Fremdwassers 32
3.3.3.1 Auswertung der Abflußganglinien an der Kläranlage Engelskirchen 34
3.3.3.1.1 Einfluß des Grundwasserstands 34
3.3.3.1.2 Erkennbare Zusammenhänge zwischen dem Niederschlag und dem Mindestabfluß Q_{min} an der Kläranlage 37
3.3.3.1.3 Die Dauerlinie der täglichen Abwassermenge 37
3.3.3.2 Untersuchungen an ausgewählten Punkten im Kanalnetz 39
3.3.3.2.1 Untersuchungen im Hauptsammler"Märkische Straße" 40
3.3.3.2.2 Untersuchungen im Einzugsbereich des Sammlers "Im Leppegarten" 41
3.3.3.2.3 Untersuchungen im Einzugsbereich des Sammlers „Wohlandstraße“ 45
3.3.3.2.4 Untersuchungen im Einzugsbereich des Sammlers "Bruchstraße" 51
3.3.3.2.5 Untersuchungen im Sammler "Im Auel" 55

3.4 Bewertung der Untersuchungsergebnisse 60

4 LÖSUNGSANSÄTZE ZUM PROBLEM "FREMDWASSER DURCH DRÄNAGEANSCHLÜSSE" 61

4.1 Der technische Ansatz 61
4.1.1 Abtrennung der Dränage von der Hausentwässerungsanlage 61
4.1.2 Ableitung des Dränagewassers 64
4.1.2.1 Ableitung von Dränagewasser aus Dränagen des Typs LL 64
4.1.2.2 Ableitung von Dränagewasser aus Dränagen des Typs HL 65

4.2 Die juristische Sichtweise 66
4.2.1 Rechtliche Aspekte vorhandener Dränageanschlüsse 67
4.2.2 Haftung bei Überschwemmungsschäden 68
4.2.3 Rechtliche Grundlagen zum Bau und zur Finanzierung eines Dränagewasserkanals 69

5 KONSEQUENZEN FÜR KANALNETZBETREIBER IN NRW 70

6 ZUSAMMENFASSUNG UND AUSBLICK 71

7 LITERATURVERZEICHNIS 74

Danksagung

Das Institut für Kanalisationstechnik (IKT) bedankt sich an dieser Stelle bei dem Ministerium für Umwelt, Raumordnung und Landwirtschaft NRW für das entgegengebrachte Vertrauen und bei dem Landesumweltamt NRW sowie dem Staatlichen Umweltamt Herten für die fachliche Begleitung des Projekts.

Dem Tiefbauamt der Gemeinde Engelskirchen mit seinem Amtsleiter, Herrn Dipl.-Ing. Neubauer, gebührt besonderer Dank für die Bereitstellung des vielfältigen Informations- und Datenmaterials und die weitreichende Unterstützung durch fachliche Diskussionen und technische Mitwirkung bei den Geländeuntersuchungen. Ein besonderes Dankeschön geht an zwei Mitarbeiter der Tiefbaubehörde, Herrn Krause und Herrn Tesche, die bei der Auswahl der Meßplätze ihre langjährige Erfahrung einbrachten und während der Kanalinspektionen unschätzbare Hinweise gaben, die entscheidend zum Gelingen des Projekts beitrugen.

Der Dank des IKT geht außerdem an den Aggerverband, der freundlicherweise umfangreiche Datenreihen zum Kläranlagenablauf, Niederschlagsganglinien und Abflußganglinien der Agger zur Betrachtung des Bilanzzeitraums zur Verfügung stellte.

Nicht zuletzt richtet sich der Dank an die Mitarbeiter des Instituts für Umweltrecht (IUR) in Bremen, die es verstanden haben, eine umfangreiche Rechtsmaterie ohne die Verwendung der ansonsten gebräuchlichen, aber für den Laien schwer verständlichen juristischen Sprachregelung klar darzustellen.

1 Einleitung

Die immer drängenderen Probleme des Schutzes und Erhalts unserer Umwelt haben die Weiterentwicklung von Techniken der Abwasserbehandlung und -beseitigung stark forciert Nachdem jetzt bereits die vierte Generation von Kläranlagen den Betrieb aufgenommen hat, ist es an der Zeit, die Aufmerksamkeit auf das dahinterliegende Netz von Abwasserleitungen zu richten.

Die systematische Bestandsaufnahme der vorhandenen Kanalinfrastruktur durch die inzwischen sehr leistungsfähige TV-Inspektion hat ein Problem in den Mittelpunkt des Interesses gerückt, dem bislang nur unzureichende Beachtung geschenkt wurde: eine Vielzahl von Dränageeinrichtungen ist über die Grundstücksentwässerungsanlage mit der öffentlichen Kanalisation verbunden und gibt ständig oder während der niederschlagsreichen Perioden unverschmutztes Wasser an den Abwassersammler ab. Die Einleitung von Dränagewasser entspricht nicht dem Zweck der Abwasserkanalisation, daher muß Dränagewasser wie z. B. in eine defekte Kanalisation infiltrierendes Grundwasser unter den Begriff des "Fremdwassers" gefaßt werden. Fremdwasser unterschiedlicher Herkunft stellt nicht nur eine mengenmäßige Mehrbelastung dar, sondern bedeutet durch die Zusatzkosten der Abwasserbehandlung auch einen bedeutenden volkswirtschaftlichen Schaden. Nicht zuletzt ist paradoxerweise auch die Umwelt durch die Einleitung unverschmutzter Fremdwässer betroffen: die Herabsetzung der Reinigungsleistung der Kläranlage bewirkt einen erhöhten Schadstoffaustrag in die Gewässer.

Beeinträchtigungen durch unkalkulierbare Fremdwasseranteile im Kanalisationsnetz sind nicht nur auf einzelne Gemeinden beschränkt, sondern stellen ein landes- und bundesweites Problem dar, das dringend einer Lösung bedarf.
Das Ministerium für Umwelt, Raumordnung und Landwirtschaft (MURL) NRW nahm daher eine Anfrage der Gemeinde Engelskirchen zum Anlaß, im April des Jahres 1994 einen Forschungsauftrag an das Institut für Kanalisationstechnik (IKT) in Gelsenkirchen zu vergeben. Im Rahmen der auf ein Jahr befristeten Untersuchungen sollten Kriterien zur Entscheidungsfindung für bauliche Veränderungen zur Reduzierung der Fremdwassermengen gefunden werden. Diese Ergebnisse sollten zum einen eine Empfehlung für die Gemeinde Engelskirchen ermöglichen, zum anderen aber die Behandlung von Problernstellungen in Entwässerungsgebieten mit ähnlicher Charakteristik zulassen. Das Untersuchungsprogramm umfaßte neben der Auswertung vorhandener Unterlagen nach den Vorgaben des Auftraggebers folgende Schwerpunkte:

- Qualitative Erfassung des Fremdwassers und dessen Herkunft durch Kanalinspektionen und Durchflußmengenmessungen unter besonderer Berücksichtigung hydrologischer und hydrogeologischer Einflußgrößen,
- Begutachtung der Problemstellung aus rechtlicher Sicht bezüglich der Zulässigkeit bestehender Dränageanschlüsse unter besonderer Berücksichtigung rechtlicher Grundlagen zur Beseitigung der Anschlüsse und der Gebührenregelung bei baulichen Maßnahmen zur Fremdwassermengenreduzierung,
- Beurteilung von Maßnahmen zur Fremdwasserableitung (speziell eines Dränagewasserkanals) aus technischer und rechtlicher Sicht.

Mit dem vorliegenden Abschlußbericht des Vorhabens werden die in dem kurzen Untersuchungszeitraum bisher erkannten Zusammenhänge dargestellt und Hinweise auf weiterführende Untersuchungen und mögliche Maßnahmen auf rechtlicher und technischer Basis gegeben.

2 Das Problem "Fremdwasser"

Kanalisationen wurden und werden zur Sammlung und Ableitung von Wässern gebaut, die entweder aufgrund ihrer Qualität (Abwasser) oder ihrer Quantität (Niederschlagswasser von befestigten Flächen) unerwünscht sind und schadlos entsorgt werden sollen. Alle Wässer, die nicht dem Bestimmungszweck der Kanalisation entsprechen, müssen aus diesem Blickwinkel heraus als "fremd" eingestuft werden. Auf der einen Seite können sie die Kapazität der Kanalisation, die entsprechend ihrer Bestimmung dimensioniert wurde, überlasten [1], zum andern können Fremdwässer direkt oder indirekt zu einer verstärkten Verschmutzung der aquatischen Systeme führen [2]. Wenn Schmutzwässer entgegen dem Bestimmungszweck in einen Regenwasserkanal eingeleitet werden, erreichen sie ungeklärt den nächsten Vorfluter. Die erhöhte hydraulische Auslastung von Mischwasserkanalisationen durch Fremdwasser führt dazu, daß Regenüberlaufbauwerke rascher und häufiger ansprechen und die Schmutzfrachtausträge in ein Oberflächengewässer verstärken [3]. Eine indirekte Belastung ergibt sich, wenn unerwünschte Anteile unverschmutzten Wassers in einen Schmutz- oder Mischwasserkanal eingeleitet werden. In diesem Fall wird die Reinigungsleistung der Kläranlage durch die Verdünnung herabgesetzt [4] und mehr Schmutzfracht in den Vorfluter entlassen. Alle Möglichkeiten stehen in direktem Widerspruch zu der Forderung von § 18a Abs. 1 des Wasserhaushaltsgesetzes (WHG), daß Abwasser so zu beseitigen ist, daß das Wohl der Allgemeinheit nicht beeinträchtigt wird.

Die Ableitung von Teilströmen des natürlichen Wasserkreislaufs über die Kanalisation stellt ohne Notwendigkeit einen unnötigen Eingriff in hydrologische Regelsysteme dar. Speziell die Ableitung von Grundwasser - sei es durch Dränagen oder durch undichte Kanalisationssysteme - hat weitreichende Folgen. Nicht nur, daß die Absenkung des Grundwasserspiegels das für die öffentliche Trinkwasserversorgung nutzbare Dargebot vermindert und grundwasserabhängige Biotope negativ beeinflußt, wird durch die Ableitung von Grundwasser in den Vorfluter ein Rückhalteelement des Wasserkreislaufs kurzgeschlossen. Die Begradigung von Flußläufen und die zunehmende Oberflächenversiegelung haben aus dem gleichen Grund zu extremen Hochwassersituationen geführt.

Fremdwasser im Kanalnetz stellt nicht nur ein technisches und ökologisches, sondern auch ein ökonomisches Problem dar. Eine Fremdwassermenge von 25 L/s bedeutet für den Betreiber der Kläranlage bei angenommenen Aufbereitungskosten von DM 0,30/m^3 Mehraufwendungen von über DM 200.000 im Jahr. Erforderliche Kapazitätserhöhungen bei der Kanalisation und der Kläranlage können genauso Kosten verursachen wie erhöhte Aufwendungen für Energie, die beim Betrieb von Pumpwerken und Kläranlagen durch die vermehrte Wassermenge entstehen. Dazu zählt unter anderem die zusätzlich notwendige Leistung zur Aufheizung des Frischschlamms, dessen Temperatur durch die teilweise sehr kalten Fremdwässer unter den optimalen Betriebspunkt gesenkt wird [5].

2.1 Definition des Begriffs "Fremdwasser"

Im vorangegangenen Kapitel wurde bereits grob umrissen, welche Zuläufe zu Kanalisationen als "Fremdwasser" bezeichnet werden müssen und welche Auswirkungen sie in den jeweiligen Systemen haben können. In den folgenden Abschnitten soll eine konkretere Definition des Begriffs gegeben werden, die auch die juristische Sichtweise einschließt, die letztlich die Grundlage zur Unterbindung fahrlässig oder vorsätzlich eingerichteter Fehlanschlüsse bildet.

2.1.1 Der Terminus technicus der DIN 4045 und der DIN EN 752

In der DIN-Norm 4045 (Abwassertechnik, Begriffe) [6] wird "Fremdwasser" für das Bezugssystem der Schmutz- und Mischwasserkanalisation durch folgende Beschreibung definiert:

> *„In die Kanalisation eindringendes Grundwasser (Undichtigkeiten), unerlaubt über Fehlanschlüsse eingeleitetes Wasser (z. B. Dränwasser, Regenwasser) sowie einem Schmutzwasserkanal zufließendes Oberflächenwasser (z. B. über Schachtabdeckungen). "*

In dem neuerschienenen Normenentwurf DIN EN 752, Teil 1 [7], der als teilweiser Ersatz der DIN 4045 vorgesehen ist, wird der Begriff "Fremdwasser" durch den Begriff "Externwasser" ersetzt[i]. Die Begriffsdefinition lautet:

> *In einem Entwässerungssystem fließendes Wasser, das in der Bemessung nicht berücksichtigt war. "*

Beide Definitionen orientieren sich hauptsächlich an der durch Fremdwasserzuflüsse unkalkulierbar werdenden *Wassermenge, die* in der Kanalisation fließt und sie hydraulisch überlasten kann Im Normenentwurf DIN EN 752 wird dieser Zusammenhang explizit so formuliert, in der DIN 4045 ist es unter anderem daran zu erkennen, daß Regenwasser in der Kanalisation unerwünscht ist, wenn es nicht in die Berechnung der zu entwässernden Flächen einbezogen ist. Da Fremdwasser bei der hydraulischen Dimensionierung von Kanalisationssystemen als eine Art "unvermeidliches Übel" routinemäßig in Form eines Zuschlag von 100 % auf die Schmutzwassermenge eingeplant wird [8], schafft eine Definition nach DIN EN 752 gegenüber der Begriffsbestimmung nach DIN 4045 einen Teil des Fremdwassers rechnerisch aus der Welt.

Die Normen geben neben dieser rein hydraulischen Problematik keinen Hinweis auf weitere Wirkungen dieser im Kanalnetz unerwünschten Zuflüsse. Neben der möglichen mengenmäßigen Überlastung des Kanalnetzes, die in erster Linie zu Lasten des Kanalisationsbetreibers geht, steht jedoch eine Herabsetzung der Reinigungsleistung der Kläranlage durch einen erhöhten Anteil an Fremdwasser, die direkt zu Lasten der Umwelt geht. Im Extremfall wird das Abwasser soweit verdünnt, daß es der Qualität des Kläranlagenablaufs entspricht und somit gar nicht mehr gereinigt wird. In jedem Fall stellt die Verdünnung des Abwassers durch den verminderten Abbau der Schadstoff*fracht* unmittelbar eine Mehrbelastung des Oberflächengewässers dar, dem dieses Bauwerk zur Reinigung vorgeschaltet ist.

Die schädliche Auswirkung der Verdünnung sind aber auch mit Wasser aus ganz anderen Quellen zu erreichen, beispielsweise durch die Einleitung unverschmutzten Kühlwassers. Nach den Definitionen der DIN 4045 und DIN EN 752, die nur die Kalkulierbarkeit der in der Kanalisation fließenden Wässer fordern, handelt es sich bei Kühlwasser natürlich nicht um Fremd- bzw. Externwasser. Gemeinsames Merkmal aller unerwünschten Einleitungen in Schmutz- und Mischwassersysteme sollte aber sein, daß das im Abwasserkanal abgeleitete qualitativ minderwertige Wasser - paradoxerweise - durch qualitativ hochwertiges Wasser in seinen Eigenschaften nachteilig verändert wird [2].

---

[i] Da sich die harmonisierte Norm DIN EN 752 noch im Entwurfsstadium befindet, wird im folgenden weiterhin der Begriff "Fremdwasser" und nicht die hier vorgeschlagene Bezeichnung "Externwasser" verwendet. Diese Sprachregelung vermeidet außerdem Unstimmigkeiten mit dem Titel des Untersuchungsvorhabens.

In Erweiterung der auf Schmutz- und Mischwasserkanalisationen abgestellten Begriffsbestimmung nimmt die DIN 4045 auch auf nicht erwünschte Zuflüsse zu Regenwasserkanälen Bezug. Hier sind es in erster Linie natürlich Einleitungen von Schmutzwasser, die dem Zweck der Kanalisation als Vorflut für Niederschlagswasser widersprechen und damit als "fremd" angesprochen werden müssen. Es liegt gleichzeitig auf der Hand, daß die schädlichen Auswirkungen einer derartigen Fehleinleitung unmittelbar die aquatische Umwelt betreffen, wenn das schmutzbefrachtete Wasser aus der Kanalisation völlig unbehandelt in ein Oberflächengewässer übertritt. Das gemeinsame Merkmal aller Fehleinleitungen in Regenwasserkanäle ist, daß qualitativ hochwertiges Wasser durch qualitativ minderwertiges Wasser in seinen Eigenschaften nachteilig verändert wird.

Die oben geschilderten Zusammenhänge lassen erkennen, daß die Begriffsdefinition des Fremdwassers sich hauptsächlich an seiner *Qualität* und den damit verknüpften *Wirkungen* auf die Kanalisation und auf aquatische Systeme orientieren sollte. PFEIFF [2] fordert daher eine wesentlich weiter gefaßte Definition von Fremdwasser in Schmutz- und Mischwasserkanalisationen:

> *In die Kanalisation eingeleitetes Wasser, dessen Qualität durch die Kläranlage nicht mehr verbessert werden kann und das das Kanalsystem und die Abwasserreinigung unnötig belastet [2].*

Diese Definition wirft natürlich automatisch die Frage auf, ob nicht nachteilig verändertes Niederschlagswasser, das von versiegelten Flächen und Dächern abgeleitet werden muß, in bezug auf den Mischwasserkanal als "Fremdwasser" bezeichnet werden muß. Tatsächlich ist das einzige Kriterium, das die Anwesenheit dieser Wässer im Mischwasserkanal rechtfertigt, darin begründet, daß die Menge des abzuführenden Niederschlagswassers mit in die Planung des Kanalisationsnetzes einbezogen wurde, und bei korrekter Auslegung keine mengenmäßige Überlastung zu erwarten ist. Unter dem Gesichtspunkt der Abwasserklärung und damit des Gewässerschutzes ist die Anwesenheit dieser nicht nachteilig verunreinigten Wässer genauso negativ zu bewerten ist wie die eines "Fremdwassers" nach der Definition der DIN 4045 bzw. eines "Externwassers" nach DIN EN 452.

2.1.1.1 Infiltration von Grundwasser in undichte Kanäle

Wenn Teile eines schadhaften Kanalisationsnetzes (einschließlich der Grundstücks-entwässerungsanlage) zeitweise oder permanent unterhalb des Grundwasserspiegels liegen, kann Grundwasser aufgrund des höheren hydraulischen Potentials in den Kanal eindringen. Genau wie bei natürlichen Vorflutern (Oberflächengewässern) kann das Grundwasser aufgrund des Potentialunterschieds über den gesamten schadhaften Querschnitt des Rohrs eintreten. Bei sehr starker Infiltration oder schlecht wasserwegsamem Grundwasserleiter kann die Grundwasseroberfläche im Nahbereich der schadhaften Kanalisation bis auf die Höhe der freien Wasseroberfläche im Kanal abgesenkt werden. Beobachtungen aus der Praxis zeigen, daß das Grundwasser unter diesen Bedingungen bei fehlendem Abwasserfluß durch die schadhafte Kanalisation bis auf das Niveau der Kanalsohle abgesenkt werden kann [2]. Sowohl der Kanal selber als auch das Verfüllmaterial des Grabens weisen einem gegenüber dem Grundwasserleiter wesentlich höheren Durchlässigkeitsbeiwert auf Ein intakter Kanal ist daher noch keine Garantie für einen unbeeinflußten Grundwasserspiegel da eine sandige, schluffarme Grabenfüllung bereits als Dränage in Richtung des Vorfluters wirken kann. Für die Problemstellung "Fremdwasser im Kanal" ist allerdings nur die Betrachtung des Abflusses über den schadhaften Kanal von Bedeutung, denn die Ableitung von Grundwasser durch die Grabenfüllung

hat zwar erhebliche Auswirkungen auf den Wasserhaushalt, ist aber für das Kanalnetz und die angeschlossene Kläranlage völlig ohne Belang.

Nach der DIN 4049 (Teil 3, Oktober 1994) [9] wird Grundwasser wie folgt definiert:

„Grundwasser ist unterirdisches Wasser, das die Hohlräume der Lithosphäre zusammenhängend ausfüllt und dessen Bewegungsmöglichkeit ausschließlich durch die Schwerkraft bestimmt wird. "

In der "Richtlinie über den Schutz des Grundwassers gegen Verschmutzung durch bestimmte gefährliche Stoffe" des Rats der Europäischen Gemeinschaften wird der Begriff "Grundwasser" etwas weiter gefaßt, als

„das gesamte unterirdische Wasser in der Sättigungszone, das in unmittelbarer Berührung mit dem Untergrund stehe'.

Der eigentliche Grundwasserkörper, in dem der hydrostatische Druck größer oder gleich dem Atmosphärendruck ist, wird von dem sogenannten geschlossenen Kapillarsaum überdeckt, in dem negative Drücke, d. h. Saugspannungen, auftreten. Der geschlossene Kapillarsaum stellt wie der Grundwasserkörper ein Zweiphasensystem mit den Phasen Wasser und Feststoff dar und kann im Sinne der EU-Richtlinie mit zum Grundwasser gerechnet werden, während die Definition der DIN den geschlossenen Kapillarsaum durch die zweite Bedingung ausschließt. Anders sieht es mit dem offenen Kapillarwasser aus, das den Porenraum nicht mehr vollständig erfüllt: dieses Kapillarwasser und das darüber anschließende Sickerwasser können weder auf der Basis der DIN-Norm noch der EU-Richtlinie als Grundwasser angesprochen werden, da es sich in beiden Fällen um Dreiphasensysteme handelt, die neben Feststoff und Wasser außerdem die Bodenluft einschließen.

Bei der Betrachtung der Grundwasserinfiltration in ein Kanalsystern ist auschließlich der Teil des so unterschiedlich definierten Grundwassers relevant, der unter positivem Druck steht. Kapillarwasser kann aufgrund der anliegenden Saugspannung nicht in den Kanal übertreten. Der im folgenden gebrauchte Begriff "Grundwasser" beschränkt sich also ausschließlich auf die Definition der DIN 4049.

Defekte Kanalisationssysteme können ganzjährig unter Grundwassereinfluß stehen, wenn sich die Kanalsohle unterhalb des jahreszeitlichen oder sogar unterhalb des langjährigen Grundwasserschwankungsbereichs befindet.

Liegt der schadhafte Kanalabschnitt innerhalb des jahreszeitlichen Schwankungsbereichs, werden während eines wasserwirtschaftlichen Zyklus unterschiedliche Szenarien beobachtet. Je nach Tiefenlage des Kanals setzt die Infiltration nach Beginn des wasserwirtschaflichen Bilanzzeitraums im Oktober mit der Bildung von Grundwasserrücklagen ein. Der Grundwasserspiegel steigt langsam an und erreicht irgendwann die defekte Kanalsohle. In der zweiten Hälfte des wasserwirtschaftlichen Jahres, nach den Frühjahrsniederschlägen im April, beginnt der Aufbrauch der im Winter ergänzten Grundwasservorräte. Der Grundwasserspiegel sinkt zu einem von der Tiefenlage des Kanals abhängigen Zeitpunkt unter die Sohle des betroffenen Kanalsystems; die Infiltration setzt aus.

Der jahreszeitliche Rhythmus wird zusätzlich von langfristigen Zyklen überlagert. So können die langjährig beobachteten winterlichen Fremdwasserzuflüsse ausfallen, wenn die Grundwasservorräte

durch veränderte klimatische Bedingungen nicht ausreichend ergänzt werden. Bei der Beurteilung derartiger Zusammenhänge muß berücksichtigt werden, daß die Niederschlagsmenge noch keinen unmittelbaren Schluß auf die Ergänzung von Grundwasservorräten zuläßt. Ein Starkniederschlag mit 30 mm Höhe trägt aufgrund des enormen Oberflächenabflusses nur unwesentlich zur Grundwasserneubildung bei, während die gleiche Menge Regen, über mehrere Tage verteilt, unter durchschnittlichen Bodenverhältnissen mit etwa einem Drittel zur Ergänzung des Grundwasservorrats beisteuert. Gleiche Niederschlagssummen in wasserwirtschaftlichen Bilanzzeiträumen bedeuten also nicht unmittelbar die gleiche Grundwasserneubildung.

Dem Eintritt von Grundwasser in die Kanalisation wird allgemein der größte Stellenwert bei der Diskussion des Problems "Fremdwasser" eingeräumt [10]. Tatsächlich existieren aber keine sicheren Nachweise darüber, ob Grundwasser tatsächlich den Hauptteil der beobachteten Fremdwasserzuflüsse trägt, oder ganz andere Quellen mengemäßig dominierend sind [2].

2.1.1.2 Einleitung von Dränagewasser

Fremdwasser aus Dränageeinrichtungen ist das zentrale Thema dieser Studie. Die Art und die Menge des Wassers, die über derartige Dränageeinrichtungen aufgefangen werden muß, hängt von dem Einzugsbereich der Dränung und damit unmittelbar von der Reliefierung des Geländes und der Art des Wassers – Oberflächen-, Sicker- oder Grundwasser -, ab.

Die DIN 4095 [11], die Dränageanlagen zum Schutz baulicher Anlagen regelt, gibt noch keinen Hinweis auf die unterschiedlichen Qualitäten und Quantitäten der auftretenden Wässer, sondern orientiert sich bei der Definition der Dränung zunächst an der Verhinderung der Schadwirkung auf unterirdische Gebäudeteile:

> *„Dränung ist die Entwässerung des Bodens durch Dränschicht und Dränleitung, um das Entstehen von drückendem Wasser zu verhindern. "*

Bevor der versickernde Anteil des Niederschlagswassers den Grundwasserspiegel erreicht, kann er sich speziell bei schlecht wasserwegsamen bindigen Böden partienweise konzentrieren. Versickernde Niederschlagsanteile bewegen sich in der ungesättigten Zone relativ langsam. Während Grundwasser in einem sandig-kiesigen Leiter mit einer Geschwindigkeit von durchschnittlich einen Meter pro *Tag* fließt, bewegt sich Sickerwasser in der weniger durchlässigen Bodenzone mit nur einem Meter pro *Jahr* [12], also rund drei Millimetern pro Tag. Stauende Nässe kann während starker oder langanhaltender Regenereignisse zu Problemen bei schlecht gegen Feuchtigkeit isolierter Bausubstanz führen. Ähnliche Probleme treten bei Bauten auf, deren Kellergeschoß zeitweise unter Grundwassereinfluß gerät, die aber aus Kostengründen nicht mit einer "schwarzen" oder "weißen Wanne" ausgeführt worden sind. Hier werden bereits beim Bau oder bei nachträglichen Isolationen rund um das Haus Dränageleitungen gelegt, die das Wasser abführen sollen.

2.1.1.2.1 Dränagen im Flachland

Im einfachsten Fall besteht eine Dränageeinrichtung nach DIN 4095 aus einem umlaufenden Graben, der mit nichtbindigem Material verfüllt ist und Kontakt zu einer Flächendränage unterhalb des Hauses hat. An der weniger wasserwegsamen Basis nehmen poröse Dränrohre das sich ansammelnde Wasser auf und leiten es ab (vgl. Bild 1). In der gängigen Praxis älterer Bebauung ist die Dränagewasserleitung mit anderen Anlagen der Grundstücksentwässerung im Bereich der Grundleitungen zusammengefaßt; der Dränagewasserstrom läßt sich daher nachträglich nur unter erheblichem, nicht verhältnismäßigem Aufwand von den anderen Teilströmen in der Hausentwässerung abtrennen.

Wenn sich das betreffende Haus in einer morphologisch wenig gegliederten Ebene (dazu zählen auch ausgedehnte Flußniederungen) befindet, nimmt die Dränage zunächst den versickerungsfähigen Anteil des Niederschlagswasser auf, der über ihrer Oberfläche niedergeht, und den Teil des Oberflächenabflusses, der aufgrund des Kleinreliefs im Nahfeld auf die Dränage

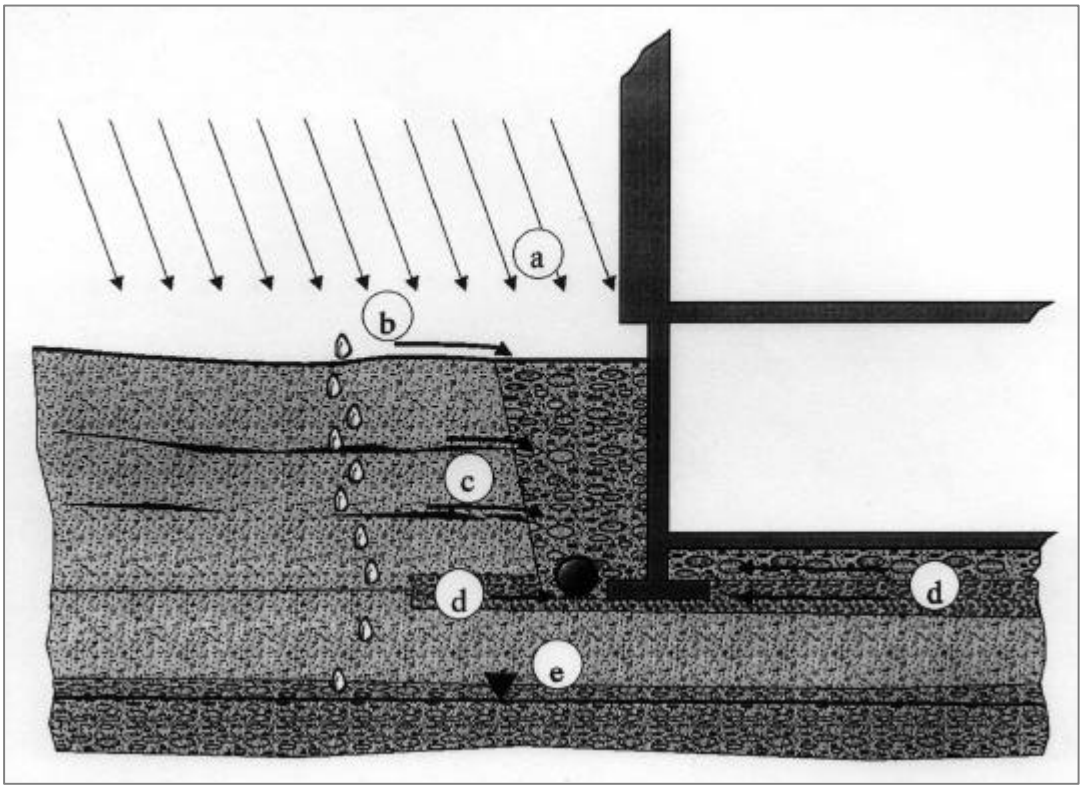


Bild 1: Zuflüsse zu einer Hausdränage in ebenem Gelände:

a) Direkte Präzipitation auf die Dränage
b) Kleinreliefabhängiger Oberflächenzufluß
c) Hypodermischer Zufluß auf stauenden Horizonten (Schichtwasser)
d) Zuflüsse über gut wasserwegsame Horizonte (z. B. Recyclingmaterial an der Sohle des Bauwerks)
e) Grundwasserzufluß bei steigendem Grundwasserspiegel

zufließt (vgl. Bild 1a) und b)). Die Bewegung des Sickerwassers in der ungesättigten Zone folgt der Schwerkraft und ist bis auf die Komponente der Dispersion ausschließlich nach unten gerichtet. Eine seitliche Ausbreitung wird erst dann möglich, wenn Sättigung eintritt. Dieses Phänomen kann auf der Sickerstrecke im ebenen Gelände außer in den wassergesättigten ersten Bodenzentimetern nur dann

auftreten, wenn Sickerwasser an einer weniger durchlässigen Schicht gestaut wird und auf dieser Einlagerung dem Gefälle folgend seitlich abfließt. Die Wasserbewegung in den obersten Bodenzentimetern und auf wasserhemmenden Schichten in der ungesättigten Zone wird als hypodermischer Abfluß [13] oder im allgemeinen technischen Sprachgebrauch als Schichtwasser bezeichnet (vgl. Bild 1 c)). Ein Dränagegraben in ebenem Gelände nimmt sowohl Niederschlagswasser direkt über seine Oberfläche als auch Anteile des hypodermischen Zuflusses von der Seite her auf Die hypodermische Abflußkomponente führt zu einem "Nachlaufen" der Dränage, da die wassergesättigten Teile des Oberbodens erst während einer Trockenwetterphase vollständig entwässert werden.

Wenn in der ehemaligen Baugrube ein weitgehend homogener Verwitterungshorizont (beispielsweise eine Lößlehmdecke) ausgeräumt und durch geschichtete Füllstoffe ersetzt wurde, wird der hypodermische Abfluß noch wesentlich verstärkt. An der Sohle der Baugrube kann sich über dem ungestörten lehmigen Untergrund zum Beispiel eine mehrere Dezimeter mächtige Schicht aus grobstückig gebrochenem Recyclingmaterial befinden, die von wiedereingebautem bindigem Bodenmaterial überlagert wird (vgl. Bild 1d)). Diese als Artefakt der Baumaßnahme zurückgebliebene Dränierung entspricht weitgehend einer bewußt an die Hausdränage angeschlossenen Flächendränage, die beispielsweise Gartenanlagen vor Vernässung schützen soll. In beiden Fällen wird der Einzugsbereich des Dränagesystems gegenüber der einfachen Hausdränage wesentlich vergrößert.

Bei geringen Flurabständen kann die Dränage auch unter Grundwassereinfluß geraten, allerdings nicht mit der Häufigkeit von Kanalisationsanlagen, da sich die Gründungstiefe von Häusern und damit der Hausdränage in der Regel auf einem höheren Niveau befindet als der Straßenkanal. Im Prinzip gelten aber auch hier die bereits in Kapitel 2.1.1.1 beschriebenen Zusammenhänge. Bei Porengrundwasserleitern in Niederungen sind große Speicherkapazitäten zu erwarten, die während entsprechender Grundwasserstände (vgl. hier auch Kapitel 2.1.1.1) zu einem stetigen Abstrom über die Hausdränage führen. Wenn sich ein Vorfluter in unmittelbarer Nähe befindet, können bei starken Niederschlägen Spitzenbelastungen der Dränage auftreten, weil der infiltrierende Fluß im Nahbereich unmittelbar den Grundwasserstand anhebt. Porengrundwasserleiter reagieren bei geringen Flurabständen generell verzögert, aber mit großer Amplitude auf Niederschlagsereignisse. In Bild 1e) ist die Situation bei niedrigem Grundwasserstand zum Ende des wasserwirtschaftlichen Bilanzzeitraums dargestellt. Mit Beginn der Herbst- und Winterniederschläge kann der Grundwasserspiegel ohne weiteres auf das Niveau der Dränageeinrichtung steigen und konstant Wasser infiltrieren. Im Vergleich mit den Zuflüssen von der Oberfläche und der Sickerwasserzone erreichen die Beiträge aus dem Grundwasser aufgrund des hohen Speichervolumens im Aquifer mengenmäßig eine erheblich größere Bedeutung.

2.1.1.2.2 Dränagen in Hanglage

Wurde das dränierte Gebäude nicht auf ebenem Gelände, sondern in Hanglage auf Festgestein errichtet, erweitert sich das Einzugsgebiet der Dränage ober- und unterirdisch auf die Bereiche des Hangs, deren Gradienten den Drängraben berühren (vgl. Bild 2). Um die Standsicherheit zu erhöhen, sind die Fundamente wahrscheinlich im Festgestein gegründet, die dränierten Bereiche liegen aber zum größten Teil in der mehrere Meter mächtigen aufgelokkerten Hangschuttüberdeckung. In Hanglagen der deutschen Mittelgebirge ist der Oberflächenabfluß um wenigstens 20 % gegenüber flachem Gelände erhöht. Der der Schwerkraft folgende Oberflächenabfluß bewegt sich zum Teil in Form von Rinnsalen mit freier Wasseroberfläche, hauptsächlich aber als hypodermischer Abfluß in den

wassergesättigten oberen Zentimetern des Bodens. Auch der hypodermische Abfluß im tieferen Niveau der Sickerzone wird durch das Gefälle in Richtung des Hangfußes verstärkt (vgl. Bild 2 b) und c)). Ganz im Gegensatz zu den oben beschriebenen Verhältnissen in wenig reliefierten Ebenen trägt der Zustrom von Oberflächen- und hypodermischem Wasser aus dem Hangbereich durch das sehr große Einzugsgebiet ganz wesentlich zum Dränagewasser bei.

Die in den Hanglagen der Mittelgebirge gegründeten Häuser werden außer von den bereits behandelten Niederschlagskomponenten von einem Grundwasserstrom in der mehrere Meter mächtigen Verwitterungsschicht betroffen (vgl. Bild 2 e)). Die Wasserwegsamkeit dieser Porengrundwasserleiter ist allerdings äußerst gering, meistens jedoch höher als die der unterlagernden Kluftgrundwasserleiter, mit denen sie in hydraulischem Kontakt stehen. Ein Teil dieser Grundwässer tritt daher in Form von Hangschuttquellen aus und speist periodisch wasserführende Bäche (in den Mittelgebirgen auch als „Siefen“ bezeichnet).

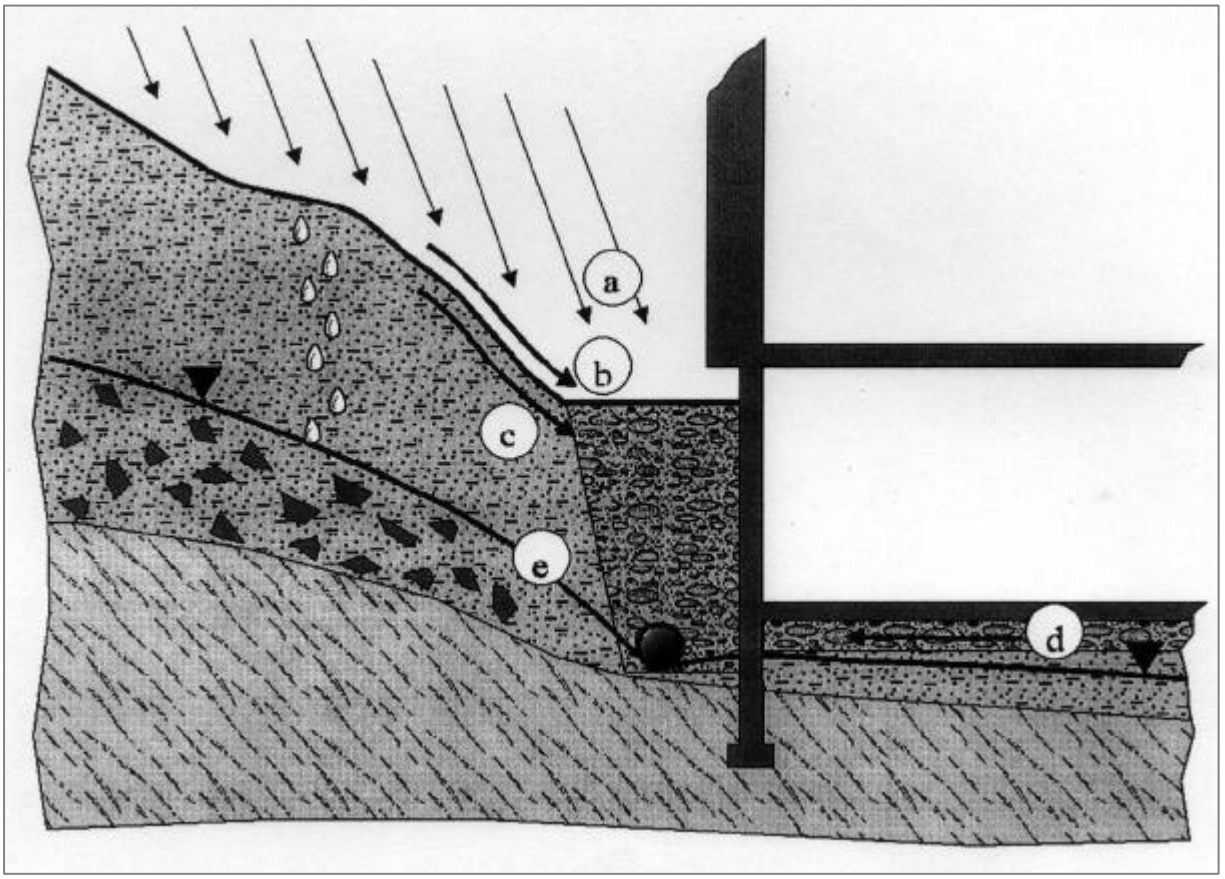


Bild 2: Zuflüsse zu einer Hausdränage in Hanglage:

a) Direkte Präzipitation auf die Dränage
b) Oberflächenzufluß
c) Hypodermischer Zufluß (Schichtwasser)
d) Zuflüsse über gut wasserwegsame Horizonte (z. B. Kieslage unter der Kellersohle)
e) Grundwasserzufluß aus dem Hangschuttbereich

Gebäude werden hauptsächlich von diesem Porengrundwasserstrom in der Auflockerungszone betroffen, der zwar aufgrund der geringen wassererfüllten Mächtigkeit bei Trockenheit wenig ergiebig ist, aber mit einer gewissen Verzögerung auf Niederschlagsereignisse antwortet. Bei fehlender

Verwitterungsdecke werden Gebäude in Hanglage seltener von Grundwasserströmen berührt. Das nutzbare Speichervolumen der Kluftgrundwasserleiter ist meist gering, seine Wasserwegsamkeit abhängig von der Ausbildung und Verteilung der Trennfugen.

In den deutschen Mittelgebirgen sind die Klüfte bis in mehrere Zehnermeter Tiefe stark verlehmt und behindern die Bewegung von Sicker- und Grundwässern. Die Grundwasservorkommen sind oft lokal begrenzt und wenig ergiebig.

2.1.1.2.3 Dränagen in der Ebene und in Hanglage im Vergleich

Zusammenfassend können mehrere Kategorien von Dränagewassereinleitungen unterschieden werden[ii]:

Typ LL[iii] stellen Hausdränagen in wenig reliefierten Tiefebenen dar, die nur untergeordnet von Oberflächenabfluß betroffen sind und hauptsächlich dann große Wassermengen ableiten, wenn der Grundwasserstand das Niveau der Dränage erreicht.

Typ LL_{tg}[iv] befindet sich in der saisonabhängigen Grundwasserschwankungszone. Das bedeutet, daß sich der Zufluß von Grundwasser in die Dränage im Rhythmus des jährlichen hydrologischen Zyklus' ändert. Zu Beginn des wasserwirtschaftlichen Bilanzjahrs im Oktober wird die Dränageeinrichtung nicht von Grundwasser berührt; die Infiltration setzt erst mit steigendem Grundwasserspiegel im Laufe der Herbst- und Winterniederschläge ein, um im Sommer mit fallenden Grundwasserständen wieder abzuklingen. Längerfristige Zyklen - wie oben beschrieben - können die zeitlichen Abschnitte der Infiltration zusätzlich vergrößern oder verkleinern. Dränagen vom Typ LL_{tg} belasten die Kanalisation hauptsächlich während der Winter- und Frühjahrsniederschläge. Der Dränagewasserabfluß erhöht sich in Abhängigkeit von dem Niederschlagsereignis mit verzögerter Phase, wenn sich der durch die Dränage abgesenkte Grundwasserspiegel durch Zusickerung oder einen infiltrierenden Fluß erholt und das Gefälle zur Dränage größer wird.

Typ LL_g[v] befindet sich in Niederungen mit extrem niedrigem Flurabstand und wird durch kurzfristige hydrologische Zyklen nicht beeinflußt; d. h., daß die Dränage während des gesamten wasserwirtschaftlichen Jahrs unter Grundwassereinfluß steht. Nur langfristige Zyklen, die sich in den klimatischen Bedingungen und damit in der Grundwasserneubildung unterscheiden, können Änderungen in der Infiltration bewirken.

Die ausschlaggebenden Abflußkomponenten des Niederschlags, die Dränagen des Typs LL betreffen, sind *langsam*, die Reaktion einer Dränage vom Typ LL_{tg} auf Niederschlagsereignisse ist *verzögert*. Bei Dränagen des Typs LL_g kann überhaupt keine Abhängigkeit von Niederschlagsereignissen beobachtet werden. Die Kapazität der Ressource (meist eines Porengrundwasserleiters) ist groß und kann für Dränagen des Typs LL_g vereinfacht als *unendlich* betrachtet werden.

[ii] Um Begriffsverwirrungen bei eventueller Übertragung des Textes ins Englische zu vermeiden, orientieren sich die verwendeten Kürzel von vornherein an angelsächsischen Bezeichnungen

[iii] LL LowLand = Ebene, Niederung

[iv] LL_{tg} LowLand, temporary groundwater = Ebene, Niederung, unter temporärem Grundwassereinfluß

[v] LL_g LowLand, groundwater = Ebene, Niederung, unter ständigem Grundwassereinfluß

Dränagen vom Typ LL_{tg} erzeugen in der Kanalisation Abflußerhöhungen, die einem Niederschlagsereignis verzögert folgen und mit der durch die Dränung verursachten Absenkung des Grundwasserspiegels wieder auf den Basiswert zurückgehen. Die Belastung für die Kanalisation durch Dränagen des Typs LL_g ist kontinuierlich und weitgehend unabhängig von Niederschlagsereignissen. Beide können aufgrund der Phasenverschiebung zum Niederschlagsereignis durch Abflußmessungen im Kanal erkannt werden.

Typ HL[vi] umfaßt Dränageeinrichtungen von Häusern in Hanglage, die im Gegensatz zu Typ LL sehr stark von oberflächlichem Zufluß berührt werden.

Typ HL_s[vii] befindet sich in einer mächtigen Verwitterungsdecke mit tiefliegendem oder sehr geringmächtigem Hangschuttgrundwasserleiter. Eine derartige Dränage nimmt ausschließlich Wasser aus dem Oberflächen- und dem hypodermischen Abfluß auf Der Hauptteil dieser Abflußkomponente fällt während des Niederschlagsereignisses an, zwischengespeicherte Wassermengen aus den wassergesättigten oberen Bodenzentimetern laufen daneben noch Tage nach.

Die Gründungstiefe von Typ HL_{sg}[viii] liegt unterhalb des Grundwasserspiegels im Hangschuttgrundwasserleiter. Diese Dränage muß sowohl Anteile des Oberflächenabflusses während und kurz nach dem Niederschlagsereignis abführen, als auch den Teil, der im Einzugsgebiet der Dränage versickert ist und zur Auffiöhung des Grundwasserspiegels beigetragen hat. Der Anteil aus dem Grundwasserstrom ist immer saisonabhängig, da das Speichervolumen der geringmächtigen Hangschuttgrundwasserleiter begrenzt ist.

Die ausschlaggebenden Abflußkomponenten, die Dränagen des Typs HL betreffen, sind *schnell,* die Reaktion einer Dränage vom Typ HL ist weitgehend *unverzögert.* Bei Dränagen des Typs HL_{sg} tritt zusätzlich noch eine langsame Abflußkomponente aus dem Grundwasserzufluß hinzu, die eine verzögerte Reaktion hervorruft. Die Kapazität der Ressource für den verzögerten Abfluß (einem Hangschuttgrundwasserleiter) ist im Vergleich zu dem Speichervolumen der Ressource des Typs LL *gering.*

Dränagen vom Typ HL_s erzeugen in der Kanalisation Abflußerhöhungen, die mit dem Niederschlagsereignis zusammenfallen. Die Phasensynchronität mit dem Niederschlagsereignis macht ihre Identifikation durch Abflußmessungen in der Kanalisation nahezu unmöglich. Nachweisbar ist nur das "Nachlaufen" der im wassergesättigten Oberboden zwischengespeicherten Niederschlagsanteile und die phasenverschobene Gruridwasserkomponente des Typs HL_{sg}.

2.1.1.3 Einleitung von Oberflächenwasser

Quellaustritte, kleine Bäche und Entwässerungsgräben führen zeitweise oder ständig Wasser, das bei der Geländenutzung durch den Menschen hinderlich sein kann. In einem ersten Schritt werden diese Wasseraustritte gefaßt und in Rohrleitungen unterirdisch weitergeführt, bis die Nutzung es zuläßt, sie weiter oberirdisch fortzusetzen. In eng bebauten städtischen Gebieten wird die Verrohrung meist bis

---

[vi] HL Highland = Hochland, Hanglage
[vii] HL_s Highland, surface flow = Hochland, Hanglage, Zufluß von Oberflächenwasser
[viii] HL_{sg} HighLand, surface flow, groundwater = Hochland, Hanglage, Zufluß von Oberflächenwasser, Grundwassereinfluß

zum Austritt in den Vorfluter fortgesetzt. Kleinere oder nur zeitweise wasserführende Bäche und Entwässerungsgräben, die per Definition bereits unerwünschtes Wasser führen, wurden in der Vergangenheit häufig eingerohrt an die Kanalisation angeschlossen. Nicht immer sind diese Anschlüsse durch Verfolgung der ehemaligen natürlichen Gewässerläufe zu identifizieren, weil zahlreiche Gewässer bei der Fassung verlegt wurden. In den Katastern der Wasser- und Tiefbaubehörden sind meist nur lückenhafte Einträge über derartige Anschlüsse zu finden, weil aufgrund der langen Zeiträume und Kriegseinwirkungen Unterlagen verlorengegangen sind.

Die Beiträge aus eingeleiteten Quellen, Bachläufen und Entwässerungsgräben können erheblich sein. Speziell Bachläufe haben je nach Fassungsort zum Teil große ober- und unterirdische Einzugsgebiete und nehmen sowohl den Niederschlagsanteil aus dem Oberflächenabfluß als auch die Zuflüsse aus dem Grundwasserleiter auf

2.1.1.4 Kühlwassereinleitung

Wasser, das zur Kühlung von z. B. Werkzeugmaschinen oder Klimaanlagen verwendet wird, ist nach dem Gebrauch normalerweise nicht verschmutzt, wenn es in geschlossenen Kühlsystemen geführt wird und keinen Kontakt zu Werk- oder Schmierstoffen hat. Die einzige Veränderung, die das Wasser beim Einsatz als Kühlmittel erfährt, ist eine zum Teil beträchtliche Erwärmung. Anders als bei der Direkteinleitung in ein oberirdisches Gewässer oder in das Grundwasser spielt diese Aufheizung in der Kanalisation nur eine untergeordnete Rolle. Im Mischwassersystem fließen Abwässer aus dem häuslichen Bereich, die ebenfalls teilweise sehr hoch temperiert sind; im Regenwasserkanal des Trennsystems kann das Kühlwasser auf der Fließstrecke noch Wärme an die Rohrwandung und die umgebende Luft abgeben, bevor es in den Vorfluter eintritt.

Ein mittelständischer Betrieb der metallverarbeitenden Branche benötigt beispielsweise wenigstens 100.000 m^3 Kühlwasser pro Jahr. Dieses Wasser wird aus dem Netz der öffentlichen Trinkwasserversorgung bezogen oder in Eigenförderung als Brauchwasser direkt dem Grundwasser entnommen. Die Einleitung in die Abwasserkanalisation verursacht während der Betriebszeiten des Unternehmens einen kontinuierlichen Strom chemisch und hygienisch nicht nachteilig veränderten Wassers, der ebenso wie Fremdwässer aus anderen Quellen zu einer Mehrbelastung der Kanalisation und zur Verdünnung des Abwassers beiträgt. Bei konsequenter Auslegung des Fremdwasserbegriffs muß also auch Kühlwasser von der Ableitung im Abwasserkanal ausgeschlossen werden [2, 10].

In Bereichen, in denen aufgrund der hydrologischen bzw. hydrogeologischen Gegebenheiten eine Ableitung des Kühlwassers in ein Oberflächengewässer oder das Grundwasser möglich ist, wird diese Alternative von den Kühlwasseremittenten gern genutzt. Im Gegensatz zu den erheblichen Abwassergebühren ist die Infiltration von nicht nachteilig verändertem Wasser in ein natürliches Gewässer relativ kostengünstig. Für das eingangs angeführte Beispiel einer Kühlwassermenge von 100.000 m^3 pro Jahr werden beispielsweise DM 0,40/m^3 pro Jahr als Verwaltungsgebühr berechnet [14]. Die Rückführung erwärmter Wässer stellt für das ökologische und chemophysikalische Gleichgewicht ober- und unterirdischer Gewässer jedoch ein Problem dar. Gut bekannt sind die Auswirkungen von Kühlwasser großer Kraftwerke auf den Wärmehaushalt des Rheins und anderer Flüsse, die große Veränderungen in Flora und Fauna nach sich ziehen. Auch im Grundwasserbereich zieht die Einleitung großer Mengen erwärmter Wässer Probleme nach sich. Bei kontinuierlicher Infiltration bildet sich innerhalb einiger Jahre eine stationäre Wärmeanomalie im Untergrund aus, in der

die physikalischchemischen Gleichgewichte zwischen Grundwasser und Gestein verschoben sind. Durch die so veränderten Bedingungen kann die Selbstreinigungskraft des Grundwassers erheblich gestört werden, weil die den Grundwasserleiter bevölkernden Bakterienpopulationen nicht mehr die optimalen Lebensbedingungen vorfinden [15]. Bezirksregierungen und Untere Wasserbehörden fordern daher in Gebieten mit intensiver Grundwassernutzung zur Trinkwassergewinnung häufig strenge Höchstwerte für die Temperatur versickerungsfähiger Kühlwässer, die eine Versickerung ohne vorherige Abkühlung erschweren.

2.1.1.5 Regenwasserableitung von versiegelten Flächen

Als "Regenwasser" wird nach dem Normenentwurf DIN EN 752, Teil 1, der Anteil des Niederschlags bezeichnet, der

> *"nicht im Boden versickert ist und von Bodenoberflächen oder von Gebäudeaußenflächen in das Entwässerungssystem eingeleitet ist. "*

Bei konsequenter Anwendung der erweiterten Fremdwasserdefinition [2] müssen Einleitungen von Niederschlagswasser in einen Abwasserkanal immer dann als "Fremdwasser" bezeichnet werden (vgl. Kapitel 2.1.1), wenn das Niederschlagswasser vor der Fassung (bspw. beim Abfließen über eine versiegelte Fläche) nicht nachteilig in seinen Eigenschaften verändert wird und damit durch die Behandlung in der Kläranlage nicht verbessert werden kann. Darunter fallen normalerweise alle Ableitungen von Hausdächern, versiegelten Flächen aus dem privaten Bereich und reinen Wohnstraßen. Hier werden dem Schadstoffspektrum, das durch atmosphärische Auswaschung bereits im Niederschlag enthalten ist [16, 17], nur noch unwesentliche Anteile hinzugefügt. Bei betrieblich, industriell oder landwirtschaftlich genutzten Flächen und öffentlichen Verkehrswegen müssen im Einzelfall zahlreiche Einschränkungen gemacht werden, da die Nutzung eine starke Anreicherung von wassergefährdenden Stoffen wahrscheinlich macht [18].

Die Ableitung von Niederschlagswasser von versiegelten Dach- und Geländeoberflächen ist eine der traditionellen Aufgaben des Mischwassersystems und als solche in § 51, Abs. 1 des Landeswassergesetzes NRW verankert:

> *"Abwasser im Sinne dieses Gesetzes sind das durch häuslichen, gewerblichen, landwirtschaftlichen oder sonstigen Gebrauch in seinen Eigenschaften veränderte und das bei Trockenwetter damit zusammen abfließende Wasser (Schmutzwasser) sowie das von Niederschlägen aus dem Bereich von bebauten oder befestigten Flächen abfließende und gesammelte Wasser (Niederschlagswasser). "*

Folgerichtig faßt die DIN 4045 Regenwasser nur im Zusammenhang mit einem Fehlanschluß unter den Begriff "Fremdwasser" (vgl. auch Kapitel 2.1.1).

Niederschlagswässer, die nicht nachteilig verändert sind, können über geeignete Bauwerke in den Untergrund versickert werden. Ansätze zur dezentralen oder zentralen Versickerung sind beispielsweise in der Pilotstudie des Lands Nordrhein-Westfalen zur Abwasserableitung im ländlichen Raum [19] enthalten und werden bereits von zahlreichen Kommunen anhand der technischen Regelung durch das ATV-Arbeitsblatt A 138 [20] umgesetzt. Dieser Weg, unerwünschtes Oberflächenwasser

zu beseitigen, muß grundsätzlich begrüßt werden. Eine direkte Ableitung von Niederschlagswasser in einen Vorfluter, sei es durch eine Misch- oder Trennkanalisation, ist einem Kurzschluß gleichzusetzen, der das Rückhaltemedium "Grundwasser" umgeht und Hochwasserspitzen begünstigt.

Bei zu geringem Flurabstand des Grundwassers, zu mächtigen nicht versickerungsfähigen Deckschichten (Schachtversickerung) oder nicht ausreichender Fläche (Mulden-, Rigolenversickerung) können Versickerungen aber oft nicht realisiert werden. Emissionsarme Gewerbegebiete werden daher auch in Zukunft sehr oft an ein Misch- oder Trennsystem angeschlossen werden müssen, weil keine ausreichende Kapazitäten für eine Versickerung zur Verfügung stehen.

2.1.2 Fremdwasser als rechtlicher Begriff

Unter technischen Gesichtspunkten umschreibt der Terminus "Fremdwasser" - wie in den vorangegangenen Kapiteln ausgeführt - zahlreiche, von der Ursache sehr unterschiedliche Phänomene des ungewollten Zuflusses in ein Kanalisationssystem. Im deutschen Rechtssystem dagegen ist "Fremdwasser" als Rechtsbegriff unbekannt [211.

Durch § 51, Abs. 1 des Landeswassergesetzes (LWG) NRW sind genau drei Begriffe definiert, die die übergeordnete Bezeichnung "Abwasser" näher beschreiben:

a) das Schmutzwasser,
"das durch häuslichen, gewerblichen, landwirtschaftlichen und sonstigen Gebrauch in seinen Eigenschaften veränderte und das bei Trockenwetter damit zusammen abfließende Wasser ",

b) das Niederschlagswasser,
" das von Niederschlägen aus dem Bereich von bebauten oder befestigten Flächen abfließende und gesammelte Wasser",

c) die Sickerwässer,
*"die aus Anlagen zum Behandeln, Lagern und Ablagern von Abfällen austretenden Flüssigkeiten "***.**

Fremdwasser, wie es als technischer Begriff in den vorangegangenen Kapiteln in seinen möglichen Erscheinungsformen diskutiert wurde, wird in Pkt. a) eindeutig unter dem Begriff "Schmutzwasser" als *" bei Trockenwetter damit zusammen abfließendes Wasser " subsumiert* und ist damit im rechtlichen Sinne Bestandteil des Abwassers, obwohl Fremdwasser nicht in allen Fällen dem subjektiven Abwasserbegriff entspricht, der voraussetzt, daß man sich dieser Wässer entledigen will [22]. Auch in den anderen wasser- und abwasserrechtlichen Vorschriften finden sich keine Hinweise, die Wässer, die nicht als Schmutz-, Niederschlags- oder Deponiesickerwässer ansprechbar sind, vom Transport in der Kanalisation ausschließen [20]. Weder das Wasserhaushaltsgesetz (WHG) noch das Abwasserabgabengesetz (AbwAG) untersagen neben den Abwässern im eigentlichen Sinne eine Mitführung von Wässern anderer Qualität. Allein die Rahmen-Abwasserverwaltungsvorschrift (Rahmen-AbwasserVwV) gibt unter der Ziff. 2.2.1 mit dem im allgemeinen Sprachgebrauch als "Verdünnungs- und Vermischungsverbot bekannten Satz einen Hinweis auf Einschränkungen dieser Regelung:

"Die in den Anhängen genannten Werte beziehen sich auf das Abwasser im Ablauf der Abwasserbehandlungsanlage. Sie dürfen nicht entgegen denjeweils in Betracht kommenden Regeln der Technik durch Verdünnung oder Vermischung erreicht werden. "

Wie das vorangehende Zitat zeigt, ist die juristische Bewertung von derartigen Sachverhalten nur unter Zugrundelegung des sogenannten "unbestimmten Rechtsbegriffs" einer "allgemein anerkannten Regel der Technik" (a. a. R. d. T.) möglich. Darunter versteht man "von der Mehrheit der Fachleute anerkannte, wissenschaftlich begründete, praktisch erprobte und bewährte Regeln zum Lösen technischer Aufgaben". Zu diesen allgemein anerkannten Regeln der Technik gehören beispielsweise die nicht-justiablen DIN-Normen oder das ATV-Regelwerk. Trotz ihrer rechtlichen Unverbindlichkeit können Gerichte diese technischen Richtlinien zur Konkretisierung eines normativen unbestimmten Rechtsbegriffs heranziehen, sind aber grundsätzlich nicht an deren Auslegung gebunden [23].

2.2 Verfahren zur Bestimmung des Fremdwasseranteils am Gesamtabfluß

Die in einem Kanalisationsnetz fließende Fremdwassermenge wird bevorzugt indirekt ermittelt, da die Quellen unterschiedlich und gewöhnlich nicht bekannt sind. Wenn alle bekannten Abwasserflüsse aufsummiert und von der gemessenen Gesamtschmutzwassermenge abgezogen werden, muß die verbleibende Menge das in keinen Kalkulationen enthaltene Fremdwasser sein. Um bei Mischwasserkanalisationen die Unsicherheiten durch die schwer bestimmbare Regenwassermenge auszuschließen, wird während einer längerfristigen Trockenwetterperiode der Verbrauch an Frischwasser, der sich aus Entnahmen aus dem Netz der öffentlichen Trinkwasserversorgung und Eigenförderungen aus Oberflächen- und Grundwasser zusammensetzt, ermittelt. Die hierfür notwendigen Daten werden von dem öffentlichen Trinkwasserversorger und der Unteren Wasserbehörde erhoben und sind, wenn keine datenschutzrechtlichen Einwände bestehen, leicht verfügbar.

Dauerlinie der täglichen Abwassermenge einer Kläranlage

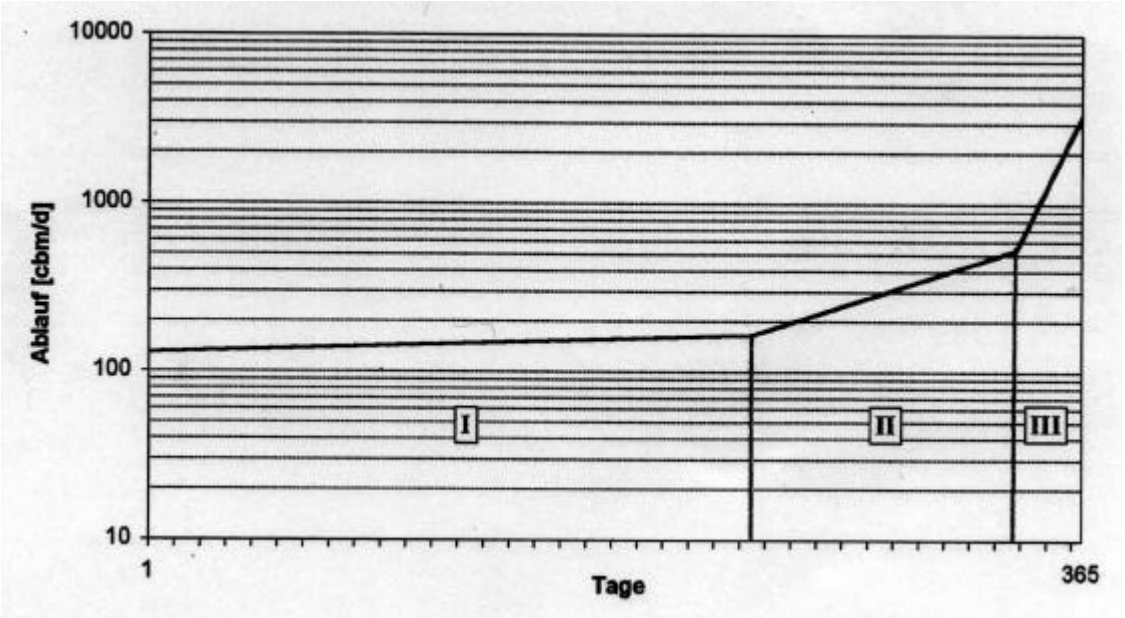


Bild 3: Ermittlung der Fremdwassermenge mit Hilfe der halblogarithmischen Abflußdauerlinie [1]

Ein graphisches Hilfsmittel ist beispielsweise die Konstruktion der Dauerlinie der täglichen Abflüsse [1]. Hierbei werden die täglichen Zulaufmengen an der Kläranlage in aufsteigender Reihenfolge aneinandergereiht (vgl. Bild 3). In halblogarithmischer Darstellung lassen sich mehrere Geradenabschnitte ausgliedern, die nach Lage, Steigung und Länge Schlüsse auf die anfallenden Fremdwassermengen und ihre Quellen zulassen. Die Gerade I repräsentiert hauptsächlich Schmutzwasser zusammen mit ständig fließendem Grundwasser, die Gerade II wird durch zulaufendes Oberflächenwasser bestimmt. Im Abschnitt III sind vor allen Dingen außergewöhnliche Ereignisse enthalten [1]. LIERSCH [1] nennt hier als Beispiel den Rückstau aus Gewässern.

Eine direkte Methode zur Ermittlung der Fremdwassermenge ist die nächtliche Abflußmessung an der Kläranlage und eventuell zusätzlich an ausgewählten Stellen im Kanalnetz. Zwischen etwa drei und vier Uhr nachts fließen nahezu keine häuslichen Abwässer, die gewerblichen Abwässer sind auf Betriebe beschränkt, die rund um die Uhr produzieren. Mit einer gewissen Unsicherheit, die abhängig ist von der prozentualen Beteiligung nächtlicher Abwasseremittenten, läßt sich so die Fremdwassermenge meßtechnisch vom Abwasserstrom separieren. In reinen Schmutzwasserkanalisationen können diese Messungen kontinuierlich durchgeführt werden und geben so sichere Zahlen zum langfristigen Fremdwasseraufkommen, in Mischsystemen müssen die Abflußmessungen wie bei allen anderen Meßverfahren auch auf Trockenwetterperioden beschränkt werden. Die hiermit verbundenen Unsicherheiten sind relativ groß: durch die große Niederschlagshäufigkeit in Mitteleuropa wird hier nur ein relativ geringer Ausschnitt des Gesamtgeschehens betrachtet und - ganz wesentlich - können Fremdwasseranteile, die zeitgleich mit dem Niederschlag anfallen, gar nicht erfaßt werden.

Fremdwasser aus Teilströmen des natürlichen Wasserkreislaufs kann wesentlich besser von Abwasser unterschieden werden, wenn die Durchflußmessungen durch Temperaturmessungen im Abwasserstrom unterstützt werden. Häusliches und gewerbliches Schmutzwasser ist selten unter 10-13°C temperiert, während Fremdwasser aus oberflächlichem Zulauf von Niederschlagswasser oder Komponenten des

unterirdischen Wassers in Abhängigkeit von der Jahreszeit deutlich niedrigere Temperaturen aufweisen kann. Niederschlagswasser, das beispielsweise im Januar mit Temperaturen nahe des Gefrierpunkts auf ebenso kalten Untergrund fällt, wärmt sich in der Sickerzone mit Annäherung an das Grundwasser langsam auf. Auch im oberflächennahen Grundwasser läßt sich ein Temperaturgradient erkennen, bis in einer Tiefe von etwa 20 m stabile Temperaturen erreicht werden, die der lokalen durchschnittlichen Jahreslufttemperatur (7-10°C) entsprechen. Während der Winterzeit nächtlich im Mischwasserkanal fließende kalte Wässer können mit großer Wahrscheinlichkeit als Fremdwasser identifiziert werden. Gleiches gilt für kalte Wässer, die in einem Schmutzwasserkanal nachgewiesen werden, in dem nach seinem Bestimmungszweck ausschließlich höher temperierte Abwässer fließen sollten.

Eine Unterstützung der Fremdwassermessungen ist außerdem durch Kanal-TV-Inspektionen möglich, mit deren Hilfe Frerndwasserzuläufe, die sich durch Wasserzutritte durch Schadstellen oder den steten Fluß von optisch erkennbar sauberem Wasser verraten, qualitativ erfassen lassen. Bereits grob lokalisierte Fremdwassereinläufe lassen sich durch Tracereinsatz (Uranin, Rauch, Feststoff) näher eingrenzen oder bestätigen [1, 5].

Unabhängig davon, welche Methode zur Ermittlung des Fremdwasseranfalls gewählt wird, ist die Aussagekraft unmittelbar davon abhängig, über welche Zeiträume die Untersuchungen durchgeführt werden. Viele Fremdwasserzuflüsse sind saisonabhängig, weil sie ursächlich mit wasserwirtschaftlichen Zyklen verknüpft sind. Aussagen von Fremdwasseruntersuchungen, die einen Meßzyklus von nur wenigen Tagen umfassen, gelten streng genommen nur für den Abschnitt des wasserwirtschaftlichen Zyklus', in dem sie ermittelt wurden. Sichere Ergebnisse können nur erzielt werden, wenn diese Untersuchungen sowohl in den niederschlagsreichen Wintermonaten als auch in den niederschlagsarmen Sommermonaten durchgeführt werden. Zur Bestätigung der gefundenen Ergebnisse sollten die Messungen außerdem wenigstens während zwei wasserwirtschaftlicher Zyklen gemacht werden. Auch wenn Fremdwasserinengenbestimmungen in einer niederschlagsreichen Periode bei nahezu abgeschlossener Grundwasserrücklagenbildung ausgeführt werden, müssen langfristigere Zyklen beachtet werden, die sich entweder negativ oder positiv zu den saisonalen Abhängigkeiten addieren (vgl. auch Kapitel 3.2).

3 Untersuchung des Fremdwasserabflusses am Modellstandort Engelskirchen

Die Gemeinde Engelskirchen bietet als Ort der Wahl für Fremdwasseruntersuchungen einige Vorteile. Die Verknüpfungen des Kanalisationsnetzes werden entscheidend durch die Reliefierung des Stadtgebiets bestimmt und sind im Gegensatz zu Netzen weitaus größerer Städte, die zum Teil einen Zusammenschluß von strukturellen Untereinheiten bilden, relativ gut überschaubar. Engelskirchen bietet außerdem den Vorteil, daß hier auf engstem Raum der Vergleich zwischen Einzugsgebieten in der Ebene als auch der Hanglage möglich ist.

3.1 Die Entwässerungssituation der Gemeinde Engelskirchen

Die zu entwässernde Fläche der Gemeinde Engelskirchen umfaßt rund 304 ha. Zu den von 7.800 Einwohnern produzierten häuslichen Schmutzwässern addieren sich rund 1.100 Einwohnergleichwerte industrieller Abwässer (Zahlen von 1993). In der Summe fallen in Engelskirchen durchschnittlich 15,5

L/s Schmutzwasser an, die einer täglichen Abwassermenge von 13,4 m^3 entsprechen. Das hauptsächlich als Mischwassersystem ausgelegte Kanalisationsnetz führt das Abwasser und das Niederschlagswasser von befestigten Flächen der stromab rechtsseitig der Agger angeordneten Kläranlage Ehreshoven (KA 228) zu. Die vom Aggerverband betriebene Kläranlage hat eine hydraulische Kapazität von 145 L/s (entsprechend rund 14 000 m^3 pro Tag). Ein bereits genehmigter Entwurf zur Erweiterung der Kläranlage soll die Kapazität auf 160 L/s erhöhen und eine Vergrößerung des bisherigen Einzugsgebiets von 304 ha auf 394 ha im Endausbau ermöglichen. 279 ha dieses Einzugsgebiets entfallen dann auf die erweiterte Mischwasserkanalisation, 115 ha werden in der Zukunft durch ein Trennsystern entwässert.

3.1.1 Das Einzugsgebiet der Kläranlage Ehreshoven in Engelskirchen

Der Hauptsammler der Kläranlage Ehreshoven folgt entsprechend den Gegebenheiten des Reliefs in voller Länge dem Aggertal. Er beginnt im Ortsteil Hardt und verläuft bis zur Aggerbrücke in Loope in der Bundesstraße B 55 (vgl. Anlage 1). Kurz vor der Kläranlage unterquert der Hauptsammler die Agger in einem Düker. Die Rohmennweite beträgt am Haltungsanfang DN 300 und nimmt in Annäherung an die Kläranlage bis auf DN 1.400 bzw. 1.500/1.000 (Eiprofil) zu. Auf einer Strecke von 7 km sind insgesamt sechs Regenüberlaufbauwerke (RÜs) und ein Regenüberlaufbecken (RÜB) als Ersatz des RÜs Leppe zur Entlastung des Sammlers bei starken Regenereignissen angeordnet. Das der Kläranlage Ehreshoven unmittelbar vorgeschaltete RÜB springt bei einer Zulaufmenge von 160 L/s an, wenn die maximale Förderleistung der Schneckenpumpe im Zulauf der Kläranlage erreicht und überschritten wird. Bei kurzzeitigen heftigen Regenereignissen (beispielsweise einem Gewitter) bleibt das RÜB nach Auskunft des Aggerverbands etwa eine Stunde eingestaut. Länger andauernde Niederschlagsereignisse führen zu einem Volleinstau von mehreren Tagen. Keines der vorhandenen Entlastungsbauwerke ist mit Meßeinrichtungen ausgerüstet, so daß bisher keine Daten über die Reaktion auf Fremdwasserzuläufe oder ergiebige Niederschlagsmengen und die darauf folgenden Einstauzeiten systematisch erhoben werden konnten.

Die Hausentwässerungsanlagen im Bereich der Flußniederung sind meist direkt an den Hauptsammler angeschlossen. Die beidseitig der Niederung gelegenen bebauten Hänge werden über Nebensammler entwässert. Auch diese Nebensammler werden vor dem Eintritt in den Hauptsammler durch Regenüberlaufbauwerke entlastet.

Das Kanalisationssystem und die Kläranlage der Gemeinde Engelskirchen wurden nach anerkannten Regeln der Technik und geltenden Vorschriften so dimensioniert, daß sie neben dem Schmutzwasser und dem Niederschlagswasser von versiegelten Flächen und Hausdächern ein bestimmtes Volumen an sogenanntem "Fremdwasser" aufnehmen können (Fremdwasser bezeichnet in diesem Zusammenhang den Anteil am Abwasserstrom, der nicht über den Trinkwasserverbrauch bzw. die versiegelte Fläche kalkuliert werden kann und nicht dem Bestimmungszweck der Kanalisation entspricht). In der Genehmigung für die Kläranlage Engelskirchen wurde entsprechend dem gemessenen nächtlichen Trockenwetterabfluß eine Fremdwassermenge von 25 L/s angesetzt. Auswertungen der Jahresmessungen durch den betreibenden Agger-Verband ergaben jedoch, daß diese Menge bevorzugt nach Regenereignissen um bis zu 500 % überschritten wird. Im Jahr 1990 ließ die Gemeinde Engelskirchen das Fremdwasseraufkommen im Einzugsgebiet der Kläranlage Engelskirchen erneut durch ein Ingenieurbüro untersuchen. Der Gutachter konnte in jeweils dreitägigen Messungen an

verschiedenen Punkten im Kanalnetz im Frühjahr 1990 die vorher ermittelte Fremdwassermenge von 25 L/s bestätigen.

3.1.2 Der Zustand der Kanalisation

Die Gemeinde Engelskirchen saniert zur Zeit die Teile ihres Kanalisationssystems, in denen durch die von den Aufsichtsbehörden geforderten TV-Untersuchungen Schäden festgestellt worden waren, die unter Umständen bei ungünstiger Tiefenlage den Zutritt von Grundwasser ermöglichen. Offen ist bisher die Frage, welchen Anteil die Einleitung von Wasser aus Hausdränagen an den beobachteten unerwünschten Mengen an Fremdwasser im Kanalisationsnetz von Engelskirchen hat.

Die umfangreichen Kanal-TV-Inspektionen der letzten Jahre haben zahlreiche Abschnitte von Haupt- und Nebensammlem im Kanalisationnetz von Engelskirchen als schadhaft markiert. Dazu gehörte auch eine Untersuchung der an den Hauptsammler angeschlossenen Hausanschlüsse. Hier wurden auf der Märkischen Straße im Bereich der Ortsdurchfahrt Engelskirchen bereits zahlreiche Hausanschlüsse durch Austausch saniert. Gegen Ende des Jahres 1992 wurde ein Regenüberlaufbecken (RÜB) im Hauptsammler der Gemeinde Engelskirchen in Betrieb genommen. Das Bauwerk war aufgrund der bestätigten Meßdaten wiederum für eine Fremdwassennenge von 25 L/s dimensioniert worden und nutzt einen Teil des Hauptsammlers als zusätzlichen Rückstauraum. Ein dreitägiges Starkregenereignis mit insgesamt 66 mm Gesamtniederschlagshöhe führte in der Niederschlagsspitze am 11. Januar 1993 zu Überflutungen in den Kellern von Häusern längs des Hauptsammlers, unter anderem ausgelöst durch Rückstau in den Hausanschlüssen und Grundleitungen. Auch hier verhindern wahrscheinlich nicht in die Dimensionierung einkalkulierte Fremdwassermengen den ordnungsgemäßen Betrieb des Entlastungsbauwerks.

Die sukzessive mit dem Ausbau der Straße durchgeführten Arbeiten sind jetzt abgeschlossen und werden 1995 durch die Sanierung des Hauptsammlers selbst abgelöst, an die sich die Reparatur von Nebensammlem und weiteren Hausanschlüssen anschließen wird. Mit dem Abschluß der Sanierung, für die pro Jahr ein Finanzvolumen von 2 Mio. DM aufgewandt wird, ist zur Jahrtausendwende zu rechnen.

3.2 Klimatische und hydrogeologische Situation

Der Ort Engelskirchen liegt im stark reliefierten, niederschlagsreichen oberbergischen Landschaftsraum. Das paläozoische Faltengebirge wird hier von dem Fluß Agger und seinen Nebenflüssen (bspw. der Leppe) durchschnitten. Gering durchlässige Kluftgrundwasserleiter der Höhenzüge grenzen an gut durchlässige Lockergesteine der pleistozänen Talfüllung an.

In der Periode zwischen 1931 bis 1960 wurden mittlere jährliche Jahresniederschlagssummen von rund 1100 mm ermittelt [24]. In dem sehr trockenen Wasserwirtschaftsj ahr (WWJ) 1958/59 fielen nur 732 mm Niederschlag, in dem sehr nassen WWJ 1965/66 lagen die Niederschläge dagegen deutlich über dem Durchschnittswert und erreichten fast 1500 mm [25].

Das klüftige Grundgebirge setzt sich aus Wechsellagerungen von Sand- und Tonsteinen des Unterdevons (Siegen und Ems) zusammen, die kein nutzbares Porenvolumen aufweisen. Die tektonisch

bedingten Trennfugen treten massiert in den Umbiegungszonen der Faltenstruktur, also in den Sätteln und Mulden auf Sie sind in den oberen 10-15 m zum Teil verlehmt, die Gebirgsdurchlässigkeit in den wasserwegsamen Partien der Festgesteine liegt bei 10^{-6}-10^{-7} m/s. Die Wasserwegsamkeit des Festgesteinskörpers ist also äußerst gering. Eine Ausnahme bilden Störungszonen, die bereichsweise wie eine Dränage auf das wassererfüllte Gebirge wirken [25]. Der Trockenwetterabfluß aus den Schichten der Siegen- und Emsstufe wurde 1973 während der geologischen Geländeaufnahme durch Jux [25] mit 1,5 - 4 L/s/km^2 festgestellt.

Die durchschnittlich 2m mächtigen Verwitterungsdecken auf den paläozoischen Festgesteinen bilden einen sogenannten Hangschuttgrundwasserleiter, der in hydraulischem Kontakt zu dem unterlagemden Kluftgrundwasserleiter steht. Da die schluffreiche, lehmig ausgebildete Bodenbildung eine nur geringe Porendurchlässigkeit aufweist, treten die Grundwässer als Hangschuttquellen am oberen Ende kleinerer Täler aus und speisen kleinere Bäche, von denen viele die Bezeichnung "Siefen" tragen.

Die quartäre Talfüllung der Agger wird durch Kies, Sand und darüberliegende schluffige Hochflutsedimente gebildet. Die grobkömigeren sandig-kiesigen Partien mit einer durchschnittlichen Mächtigkeit von 6-8 m bilden einen gut wasserwegsamen Porengrundwasserleiter mit kf-Werten zwischen 10^{-4} und 10^{-3} m/s [25]. In Bereichen mächtiger Überdeckung mit schluffigen Hochflutsedirnenten dürften sich teilweise gespannte Grundwasserverhältnisse einstellen. Im Bereich des Bahnhofsvorplatzes mit dem unterirdischen Regenüberlaufbecken (RÜB) wurde unter einer Überdeckung von 2,5 m sandig-kiesige Schichten mit Schluffanteilen von wenigstens 4,5 m Mächtigkeit angetroffen. Hier werden bei Grundwasserdruckhöhen oberhalb von 122 m ü. NN (lokale Basis der Schluffschicht) (halb-) gespannte Grundwasserverhältnisse erreicht.

Der Oberflächenabfluß des Niederschlagswassers ist in Hanglagen durch den Neigungswinkel und die geringe Wasserwegsamkeit der oberflächlich verlehmten Klüfte stark erhöht. Die Versickerungssrate, die in flachem Gelände unter den Witterungsbedingungen Mitteleuropas bei rund 30-40 % des Niederschlags liegt, wird um etwa 20 % vermindert.

Der Vorfluter, dessen Einzugsgebiet im Raum Engelskirchen 400 km^2 umfaßt, wird vom Aggerverband bewirtschaftet. Die Abflußverhältnisse werden entscheidend von der oberstromig bei Gummersbach gelegenen Genkel- und der Aggertalsperre beeinflußt. Die Pegelganglinie der Agger spiegelt also nicht unmittelbar die Niederschlagssituation wider. Bei Trockenwetter werden etwa 1,5 m^3/s aus den Speicherräumen in den Fluß entlassen; Hochwasserspitzen werden durch Rückhaltung in den Talsperren des Verbandsgebiets gedämpft. Im Beobachtungszeitraum 1965-1975 lag das mittlere Hochwasser (MHq), gemessen am inzwischen aufgegebenen Pegel Engelskirchen [26, 25], mit 406 L/s/km^2 allerdings etwa einhundertmal oberhalb des mittleren Niedrigwassers (MNq), das im Meßzeitraum 3,93 L/s/km^2 betrug. In den wasserwirtschaftlichen Bilanzjahren 1993 und 1994 ist die Dämpfung wesentlich besser zu erkennen: das mittlere Hochwasser (MHq) am oberstromigen Pegel Rebbelroth erreichte durchschnittlich 154 L/s/km^2 und war damit etwa um den Faktor 18 größer als das mittlere Niedrigwasser (MNq) von durchschnittlich 8,5 L/s/km^2. Im Großraum Engelskirchen sind zur Zeit keine Trinkwasserschutzgebiete ausgewiesen [27]. Die Gemeinde wird durch den Aggerverband aus den Trinkwassertalsperren Genkel- und Wiehltalsperre versorgt, nur wenige Anwohner betreiben eigene Versorgungsbrunnen.

3.2.1 Wasserwirtschaftliche Zusammenhänge

In den Jahren 1988/89 erreichte die Grundwasserneubildung im Niederrheingebiet als Folge hoher und versickerungsintensiver Niederschläge ein Maximum. Danach sanken die Grundwasserstände mit abnehmender Niederschlagsmenge kontinuierlich ab und erreichten 1991 ein Minimum. Erst seit Beginn des wasserwirtschaftlichen Jahrs (WWJ) 1992/93 füllen sich die Grundwasserleiter durch steigende Niederschlagsmengen und höhere Versickerungsanteile langsam wieder auf [28]. Im Raum Engelskirchen sind wegen der nur geringen Ausdehnung von Porengrundwasserleitern keine Grundwassermeßstellen des Landesgrundwasserdienstes eingerichtet, die eine kontinuierliche und langfristige Beobachtung der Grundwasserganglinie ermöglichen. Die Verhältnisse des Niederrheins, insoweit sie die Grundwasserneubildung und damit die Entwicklung des Grundwasserstands betreffen, müssen daher ohne die Möglichkeit der Verifizierung als vergleichbar angenommen werden.

An der Kläranlage Engelskirchen wurden sowohl im Wasserwirtschaftsjahr 1992/93 als auch im Wasserwirtschaftsjahr 1993/94 eine kumulative Niederschlagsmenge von rund 1330 mm gemessen (vgl. Bild 4 und Bild 5). Besondere Bedeutung haben die extrem hohen Niederschläge an der Jahreswende zwischen 1993 und 1994: hier fielen auch im Raum Engelskirchen innerhalb der Monate Dezember bis Februar über 400 mm Regen. Die mittlere jährliche Niederschlagssumme von 1100 mm in dieser Region wurde daher bereits im Spätsommer des wasserwirtschaftlichen Jahrs 1993/94 erreicht und Ende Oktober mit rund 1326 mm erheblich überschritten.

Der durch Regulierungsmaßnahmen des Aggerverbands im Mittel auf 60 - 70 cm gehaltene Wasserstand der Agger zeigt im Wasserwirtschaftsjahr 1992/93 (vgl. Bild 4) einen wesentlich ausgeglicheneren Verlauf als im WWJ 1993/94 (vgl. Bild 5).

Aus den einzelnen Hochwasserspitzen des Jahrs 1992/93 ragt vor allen Dingen die Hochwasserwelle in der Mitte des Monats Januar hervor. Als Reaktion auf ein Starkregenereignis am 11. Januar (vgl. auch Kapitel 3.3.2.1.1) war der Wasserstand der Agger am Pegel Rebbelroth auf fast 200 cm (rund dreimal so hoch wie im Mittel) angestiegen; am unterstromig zu Engelskirchen gelegenen Pegel Overath wurden sogar weit über 250 cm gemessen.

Die Abweichungen des Aggerwasserstands von dem angestrebten Mittelwert von 60 - 70 cm sind im WWJ 1993/94 wesentlich häufiger und von längerer Dauer. Die Hochwasserereignisse des Winters und Frühjahrs sind weniger Spitzen, sondern mehr Plateaus; die Abnahme der Wasserführung in den Sommermonaten ist aufgrund der langen Trockenperiode des Jahrs 1994 wesentlich ausgeprägter. Zu Beginn des wasserwirtschaftlichen Jahrs 1994/95 wurde die extreme Hochwasserspitze des Jahrs 1992/93 am 27. Dezember noch übertroffen. Nach heftigen Niederschlägen an der Jahreswende lief eine Hochwasserwelle durch die Agger, die am oberstromig von Engelskirchen liegenden Pegel Rebbelroth ein Signal von fast 250 cm erzeugte. Die starken Regenfälle dauerten während des Februars an und ließen zahlreiche Flüsse des Bundesgebiets weit über alte Rekordmarken ansteigen.

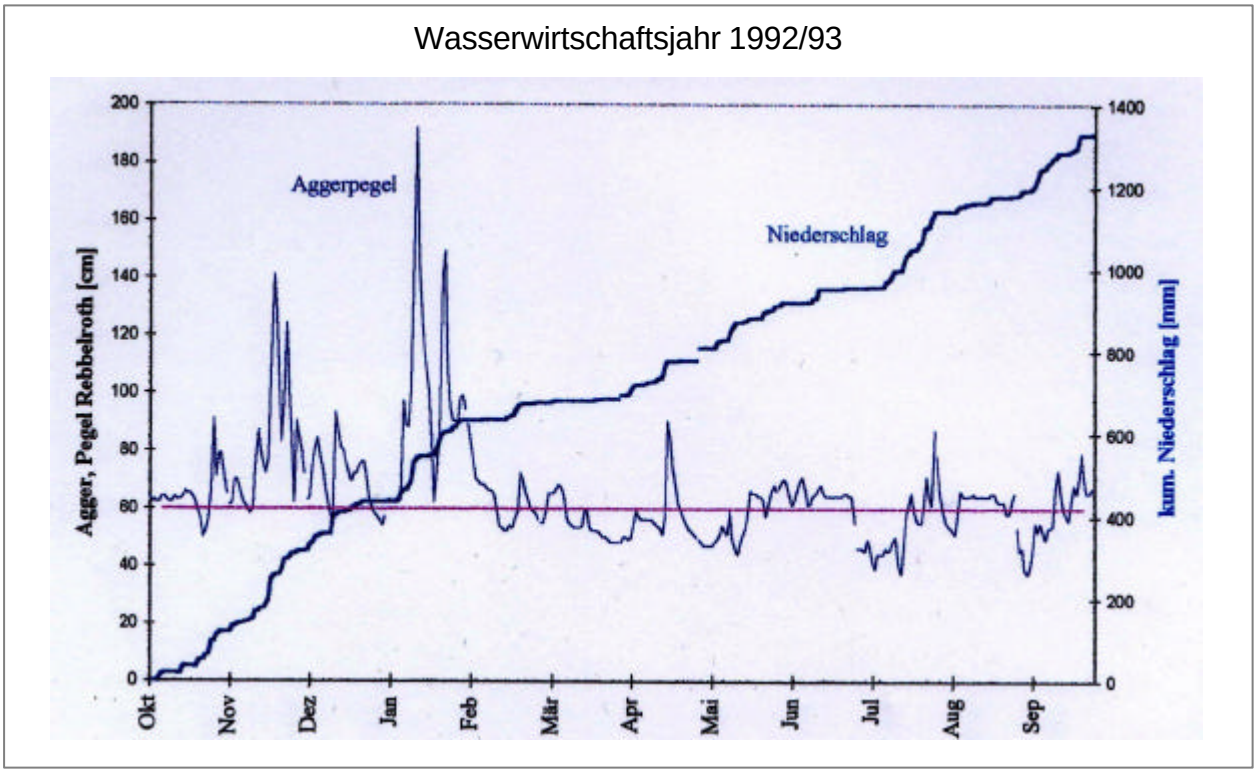


Bild 4: Die im wasserwirtschaftlichen Jahr 1992/93 relativ ruhige Ganglinie der Agger

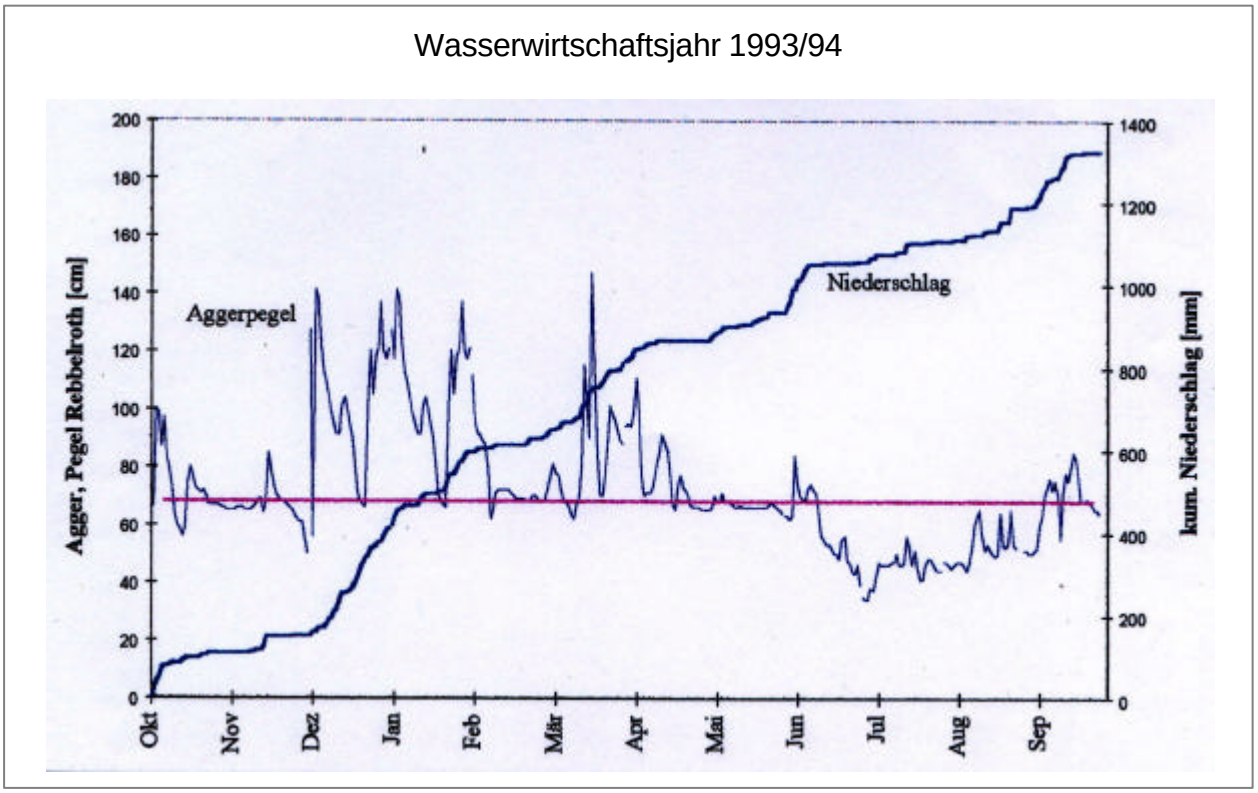


Bild 5: Die durch die klimatischen Gegensätze zwischen Sommer und Winter sehr ungleichmäßig verlaufende Ganglinie der Agger im wasserwirtschaftlichen jahr 1993/94 (Pegel Rebbelroth)

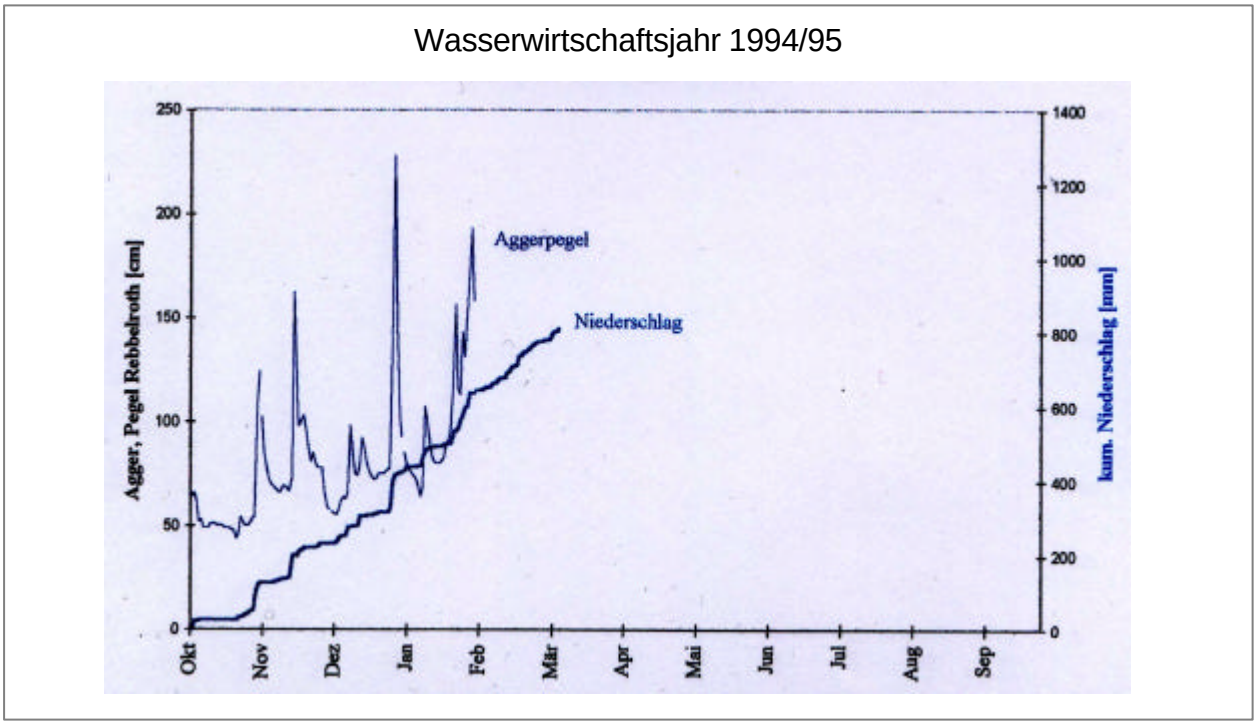


Bild 6: Die durch extreme Hochwasserspitzen gekennzeichnete Ganglinie der Agger zu Beginn des Wasserwirtschaftsjahres 1994/95 (Pegel Rebbelroth)

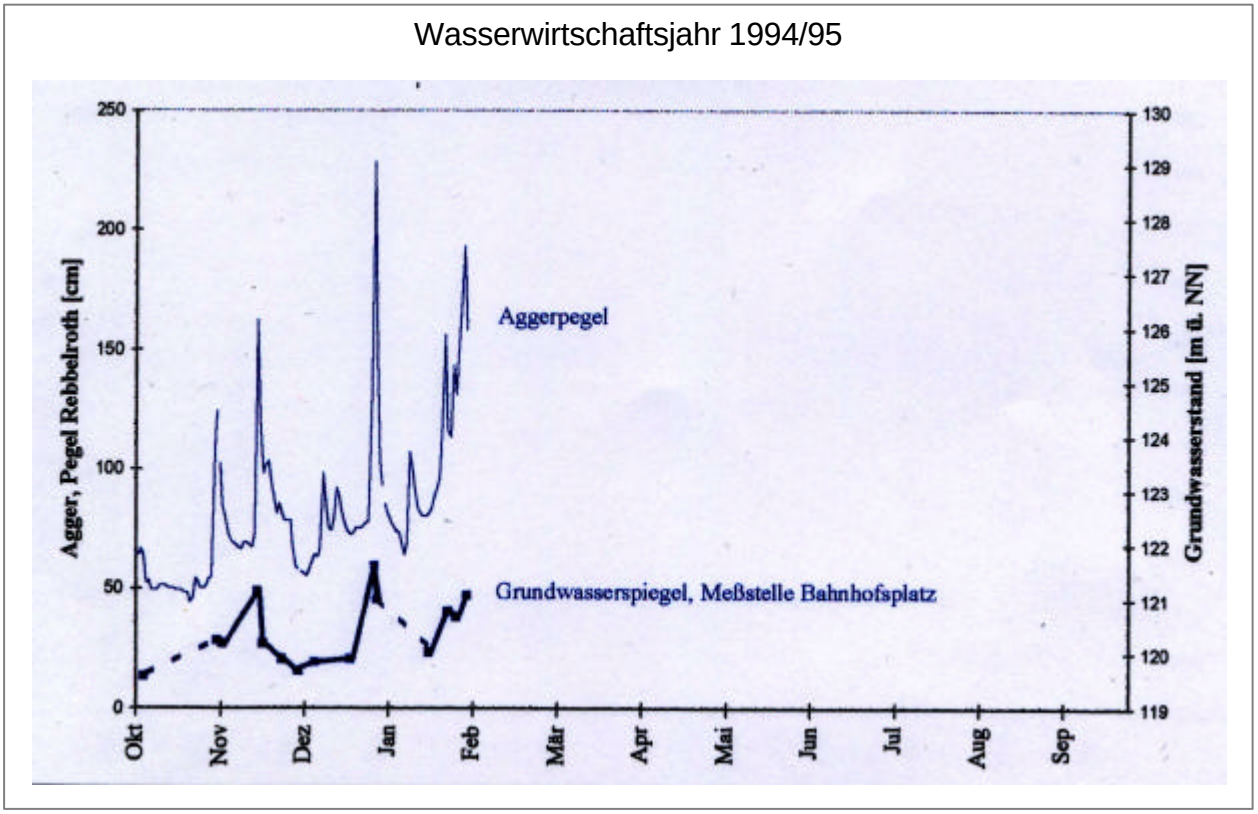


Bild 7: Die durch starke Niederschläge im Winter 1994/95 ausgelösten Hochwasserwellen führten zu rapidem Ansteigen des Grundwasserspielgels (vgl. auch Bild 8) in der Aggerniederung.

3.3 Fremdwasser im Kanalnetz von Engelskirchen

Zur Erfassung und Beschreibung des Phänomens "Fremdwasser" standen mehrere Informationsquellen zur Verfügung, darunter Abflußganglinien der Agger, Niederschlagsdaten und Ablaufdaten der Kläranlage Ehreshoven in Engelskirchen. Während der gesamten Projektphase wurden sowohl der Grundwasserstand als auch der Leppepegel vom Tiefbauamt der Gemeinde Engelskirchen an drei eng benachbarten Meßstellen beobachtet (vgl. Bild 8), in den niederschlagsintensiven Abschnitten der Untersuchungszeit wurden kontinuierlich in verschiedenen Positionen Durchfluß- und Wassertemperaturmessungen durchgeführt. Die zugehörigen Einzugsgebiete wurden, wenn der Zustand der Kanalisation es zuließ, möglichst weiträumig durch Kamerabefahrung inspiziert.

3.3.1 Eingesetzte Meßmittel

Die in den folgenden Kapiteln dokumentierten Durchflußdaten der Kläranlage Ehreshoven wurden mit einem fest im Ablauf installierten magnetisch-induktiven Durchflußmesser (MID) ermittelt. Dieses Meßprinzip ist zur Zeit eines der wenigen bekannten, das in einem vollgefüllten Rohr eine verläßliche Bestimmung der Geschwindigkeit über den gesamten Querschnitt und damit des Durchflusses ermöglicht. Um die Vollfüllung zu erreichen, wird der Abwasserstrom auf der Meßstrecke in einem Druckrohr geführt. Die in den Aufzeichnungen immer wieder auftretenden Ausreißer zu sehr niedrigen Durchflußwerten hin sind eine Folge von Ausfällen der Pumpstation im Zulauf der Kläranlage. Die hier dokumentierten Ablaufdaten der Kläranlage sind mit den Zulaufmengen gleichzusetzen, da die zeitliche Differenz im Bereich von 5 bis 10 Minuten liegt.

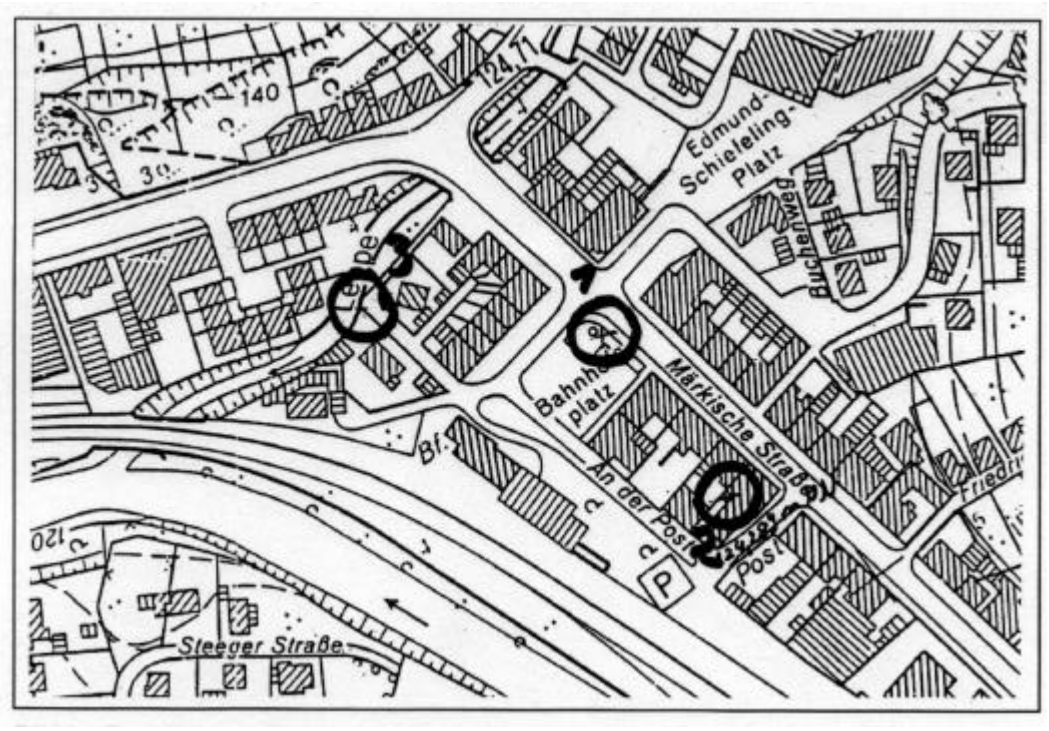


Bild 8: Grundwassermeßstellen und Leppepegel.
1 Schachtbrunnen am Bahnhofsplatz
2 Schachtbrunnen am Fernmeldeamt

3 Leppe

Die Niederschlagsdaten, die ebenfalls an der Kläranlage Ehreshoven aufgenommen wurden, werden jeweils um acht Uhr morgens ermittelt. Wenn in den Grafiken der folgenden Kapitel Niederschlagsmengen in [mm/d] aufgeführt sind, handelt es sich um die Niederschlagshöhe, die von acht Uhr morgens am angegebenen Datum bis zur gleichen Uhrzeit des nächsten Tags kumuliert wurde. Grafiken mit Balkendarstellungen des Niederschlags berücksichtigen den Versatz in der Darstellung.

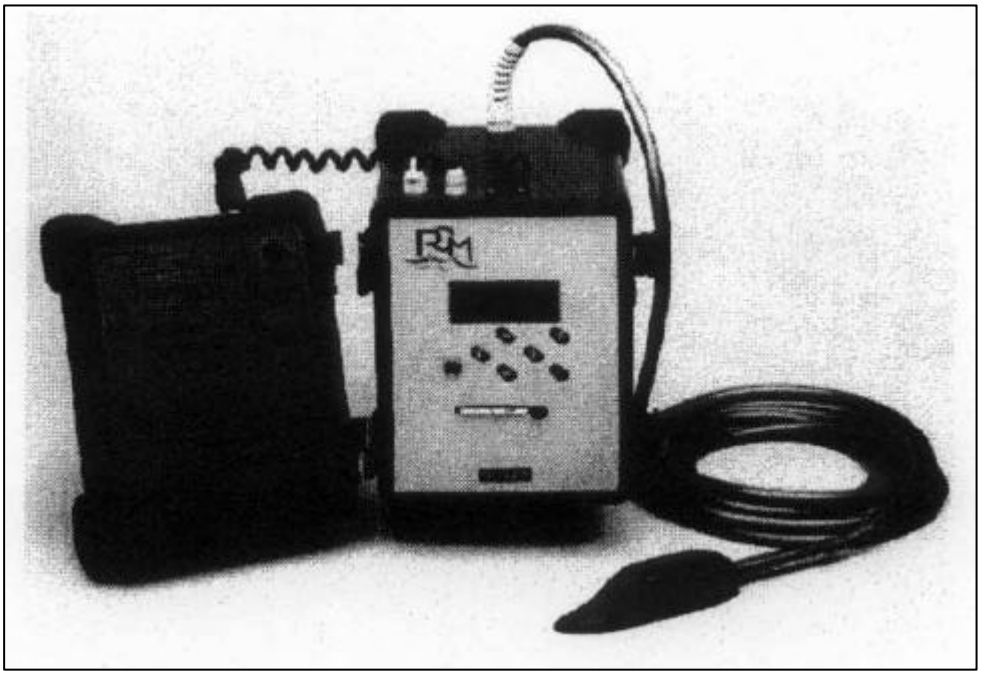


Bild 9: Der verwendete Durchflußmengenmesser PCM II der Firma NIVUS

Die Abflußmessungen zur Ermittlung des Frerndwasseraufkommens in Nebensammlem des Kanalisationsnetzes Engelskirchen wurden mit portablen Durchflußmeßgeräten PCM Il der Firma NIVUS durchgeführt (vgl. Bild 9). Die Geräte bestehen aus einem keilförmigen Sensor, der mit einer kreisförmigen Edelstahlmanschette in der Nennweite des untersuchten Rohrs an der Sohle befestigt wird (vgl. Bild 10), und einer nach IP 68 staub- und wasserdichten Meßdatenerfassungseinheit, die mit einem Käfig an den Steigeisen des Einsteigschachts fixiert wird. Der Sensor wird so eingebaut, daß das Kabel, das ihn mit der Datenerfassung verbindet, über den gesamten Schachtquerschnitt an der Sohle weggeführt wird, um die unvermeidbare Störung durch die Herausführung nach oben möglichst weit vom Meßort weg zu legen.

Das Meßprinzip der Geräte ist eine Kombination einer Füllstandsmessung durch einen Drucksensor nach dem Dual-Pressure-Verfahren (DPS) und einer Geschwindigkeitsmessung nach dem Ultraschalldopplerverfahren, ergänzt durch eine Temperaturmessung mit einem integrierten PT-100-Meßfühler. Während die Wasserstandsmessung durch Druck- oder andere Verfahren mit einiger Genauigkeit durchführbar ist, sind die Messungen der Geschwindigkeit, unter anderem auch durch das hier verwendete Ultraschalldopplerprinzip, großen Ungenauigkeiten und Einschränkungen unterworfen.

Bei der Geschwindigkeitsmessung mittels Ultraschalldopplerprinzip wird ein mit konstanter Frequenz in eine bewegte Flüssigkeit gestrahlter Ultraschallimpuls an zahlreichen kleinen Partikeln unterschiedlicher Position teilreflektiert. Die reflektierten Schallimpulse sind durch die Eigengeschwindigkeiten der Reflektoren in ihrer Frequenz zum länger- oder kürzerwelligen Spektrum verschoben. Diese Vielzahl an Dopplerfrequenzen kann nicht einzelnen Partikeln und ihren Geschwindigkeiten zugeordnet werden,

sondern muß frequenzanalytisch aufbereitet werden, um die mittlere Fließgeschwindigkeit im Gerinne bestimmen zu können. Voraussetzung für eine fehlerfreie Messung ist, daß der Ultraschallstrahl den gesamten Meßquerschnitt erfaßt. Beim NIVUS PCM Il wird diese Bedingung durch eine an der Basis des Gerinnes liegende keilförmige Meßsonde erreicht, deren Ultraschallgeber entgegen der Fließrichtung schräg gegen die Wasseroberfläche strahlt. Die durch die Frequenzanalyse ermittelte maximale Fließgeschwindigkeit steht bei voll gefüllten Rohren in einem exakten Zusammenhang mit der gesuchten mittleren Fließgeschwindigkeit. Bei nur teilgefüllten Gerinnen müssen bereits Näherungen gerechnet werden [29].

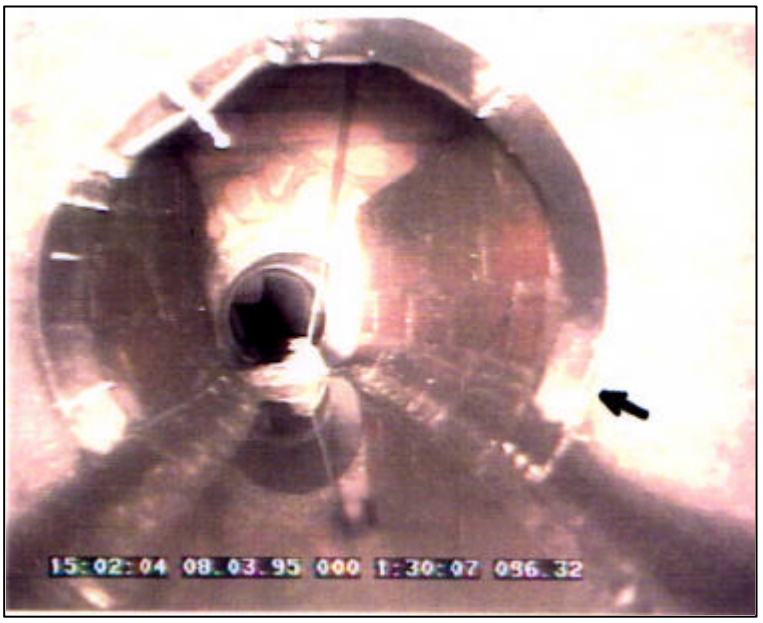


Bild 10: Der mit einer ringförmigen Manschette (Pfeil) unterhalb der Wasseroberfläche im Kanal befestigte PCM-Sensor, durch die Inspektionskamera in Fließrichtung aufgenommen

Die Ultraschalldopplermessung funktioniert nur dann zufriedenstellend, wenn der Wasserstand nicht unter ein bestimmtes Niveau sinkt und in der Strömung Partikel vorhanden sind. Die Bestimmung der Durchschnittsgeschwindigkeit beschränkt sich auf die erfaßte Meßgerade und repräsentiert keinesfalls unmittelbar die mittlere Fließgeschwindigkeit des gesamten Querschnitts, die die Summe aus örtlich stark differierenden Einzelgeschwindigkeiten darstellt. Jeder so ermittelte Meßwert enthält bereits Annahmen und Berechnungen [30]. Die Verläßlichkeit einer solchen Messung ist aber bereits wesentlich höher als bei einer punktförmigen Ermittlung der Geschwindigkeit durch beispielsweise einen Meßflügel oder ein Staurohr. Die tatsächliche Bestimmung der Querschnittsgeschwindigkeit ist nur mit magnetoinduktiven Durchflußmessern (MID) oder mit Hilfe der Kernspinresonanz möglich [31], deren Einsatz aber bisher auf vollgefüllte Querschnitte beschränkt ist. Ein Ansatz für einen Teilfüllungs-MID wurde bisher nur für rechteckige Profile entwickelt [32].

Der strömungsoptimierte Sensor des PCM II erreicht eine Höhe von maximal etwa 2 cm. Für eine Begrenzung des Meßfehlers ist es unerläßlich, daß der Wasserstand im Gerinne mindestens 5 cm beträgt. Wenn der Wasserstand unter diesen Grenzwert sinkt, wird die Geschwindigkeitsmessung abgeschaltet. Der PCM II zeichnet ab diesem Zeitpunkt ausschließlich den Füllstand auf, eine näherungsweise Bestimmung des Durchflusses ist dann nur bei der Kenntnis von Randbedingungen wie den geometrischen Abmessungen des Rohrs, seiner Rauhigkeit und dem Gefälle auf rechnerischem

Wege möglich. Durch die geringen Abflußmengen in den in diesem Vorhaben untersuchten Nebensammlem blieb der Wasserstand während eines Großteils der Meßzeit und speziell während der Phasen des nächtlichen Fremdwasserabflusses in der Nähe oder unterhalb des Grenzwerts von 5 cm. Der hohe Anteil an Feststoffen (hauptsächlich Hygienepapiere) führte während der Meßzeiten oft dazu, daß der Ultraschallsensor praktisch "blind" war, weil sich dicke Knäuel vor der Sendeempfangseinheit abgelagert hatten. In der vorliegenden graphischen Auswertung wurden daher *ausschließlich Füllstandsdaten verwendet,* um die Gefahr von Fehlinterpretationen möglichst klein zu halten. Angaben im Text oder in den Grafiken zu Durchflußmengen basieren immer auf der Kombination von Füllstands- und Fließgeschwindigkeitsmessungen.

Der Sensor stellt bei diesen niedrigen Wasserständen eine massive Störung des Abflusses dar. Sehr kritisch ist auch zu bewerten, daß sich an der Sonde selbst und vor allen Dingen an ihrem Anschlußkabel zu dem im Einsteigsschacht hängenden Meßdatenaufnehmer Feststoffe fangen, die einen Aufstau des Abwassers bei niedrigen Abflußraten und damit eine Verfälschung des Meßergebnisses bewirken. Die Sensoren wurden durch Mitarbeiter des Tiefbauamtes Engelskirchen in unregelmäßigen Abständen von diesen Ansammlungen befreit, ebenso dürften Niederschlagsereignisse eine Freispülung der Meßeinrichtung bewirkt haben. Jedoch bleiben alle Meßdaten, speziell die bei geringstem Wasserstand, die die nächtlichen Fremdwassermengen betreffen, mit einer großen Unsicherheit behaftet, weil im Nachhinein natürlich nicht mehr feststellbar ist, wann ein Aufstau durch Feststoffe wirksam wurde und wann er durch Lösen der Barriere wieder zurückging.

Als Ergebnis der Untersuchungen standen die Fremdwassermengen natürlich weit im Vordergrund, daher war die Wahl auf einen Durchflußmengemnesser gefallen. Das Fazit der Messungen mit diesen Geräten kann aber nur sein, daß zur Ermittlung aussagekräftiger Ganglinien eine berührungslose Meßmethode, beispielsweise nach dem Prinzip der Ultraschall Echolotmessung bevorzugt werden sollte.

3.3.2 Erkennbare Folgen der Fremdwasseranteile

Wie in vorangegangenen Kapiteln bereits eingehend beschrieben, hat Fremdwasser eine mehrfache Wirkung auf das Kanalnetz und angeschlossene Kläranlagen. Neben den qualitativen Aspekten sind es vor allen Dingen die Auswirkungen, die die vermehrte *Wassermenge* hat, die am augenfälligsten beobachtet werden können.

3.3.2.1 Überlastung der Transportkapazität der Kanalisation

Fremdwasser addiert sich zu den Wassermengen, die entsprechend dem Zweck der Kanalisation transportiert werden sollen. Aus der Mehrbelastung der Kanalisation kann sehr schnell eine Überlastung werden, wenn die regulär abfließenden Wassermengen an die Maximalkapazität des Netzes heranreichen. Fremdwasser löst wahrscheinlich in den seltensten Fällen eine Überlastung direkt aus, trägt aber entscheidend dazu bei, daß solche Ereignisse schneller und öfter eintreten.

3.3.2.1.1 Das Starkregenereignis am 11.01.1993

Am 11. und 12. Januar 1993 wurden die Keller von mehreren Häusern an der Bahnhofsund der Märkischen Straße überflutet (zu den Lokalitäten vgl. Bild 8). Ursache war ein drei Tage ununterbrochen andauerndes starkes Regenereignis von insgesamt 66 mm Höhe, das am 11. Januar 1993 mit 42 mm Niederschlag ein Maximum erreichte. Da Anfang 1993 ein unterirdisches Regenüberlaufbecken (RÜB) unterhalb des Bahnhofsplatzes in Betrieb genommen worden war, ließ die zeitliche Koinzidenz zwischen dieser baulichen Änderung und dem Schadensereignis die Vermutung aufkommen, daß zwischen dem RÜB und dem Schadensfall ein Zusammenhang bestehen könnte. Vor Errichtung des RÜBs wurde eine Überlastung der Kanalisation durch Niederschlagswasser durch ein Regenüberlaufbauwerk (RÜ) in der Nähe der Märkischen Straße abgefangen, über das das unbehandelte Abwasser direkt in die Leppe geleitet wurde. Das Regenüberlaufbecken hat eine Kapazität von 425m^3. Zusätzlich wird das Rückstauvolumen der Kanäle in der Straße "Im Grengel" und der Märkischen Straße von rund 75m^3 zur Regenrückhaltung mitgenutzt, so daß sich eine Gesamtkapazität von 500m^3 ergibt.

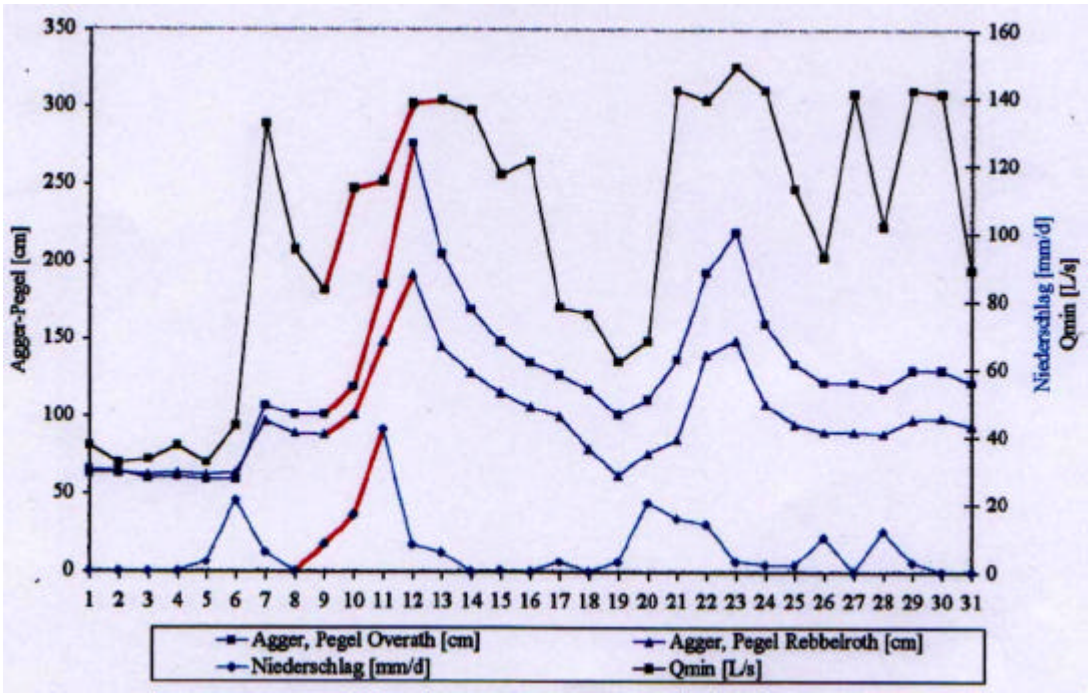
Die betroffenen Anwohner berichten [33], daß das Wasser über tiefliegende Abflüsse und Kontrollschächte im Keller eindrang und bis auf 50 cm über die Kellersohle anstieg. Einige der befragten Bürger gaben außerdem an, daß auch Wasser direkt durch die Kellerwände eintrat. An der Märkischen Straße 13 wurde ausschließlich ein Wassereinbruch durch die Kellerwände beobachtet, der ebenfalls eine Überflutung der Kellersohle um mehrere Zentimeter nach sich zog, an der Märkischen Straße 12 wurden die Kellerwände durch von außen eindringendes Wasser geschädigt (hier ist im Keller kein Bodenabfluß vorhanden).

Die herbeigerufene Feuerwehr pumpte in drei der betroffenen Gebäude an der Märkischen Straße und am Bahnhofsplatz zum Teil die ganze Nacht vom 11. auf den 12. Januar Wasser aus dem Keller in den Straßenkanal, ohne eine dauerhafte Absenkung des Wasserspiegels erreichen zu können. Die Kellerräume konnten erst trockengelegt werden, als die Feuerwehr den Ablauf der Pumpen direkt in die Agger richteten. Offensichtlich war das in den Straßeneinlauf eingeleitete Wasser vorher über die Hausanschlüsse im ständigen Kreislauf zurück in die Keller geflossen. Bei den drei betroffenen Gebäuden war offensichtlich ein durch den massiven Regenfall ausgelöster Rückstau in der Kanalisation die Ursache für die beobachteten Wassereinbrüche. Der maximale Wasserstand im RÜB und dem angeschlossenen Hauptsammler erreicht bei vollem Einstau etwa 122,7 m ü. NN, während die Bauwerkssohlen in der Märkischen Straße bis auf 121,7 m ü. NN herabreichen [33]. Ein Einstau bis über die Gründungstiefe ist also durchaus plausibel.

In den Ganglinien des Niederschlags, des Aggerwasserstands und dem Mindestabfluß an der Kläranlage Engelskirchen für den Monat Januar stellt sich das Ereignis wie folgt dar:

Zu Beginn des Jahres 1993 bewegte sich die Mindestabflußganglinie (Qmin) der Kläranlage aufgrund einer seit 13 Tagen anhaltenden Trockenwetterperiode zunächst auf der Trockenabflußlinie bei etwa 35 L/s (vgl. Bild 11). Unter anhaltenden ergiebigen Niederschlägen zwischen dem 4. und 8. Januar stieg der gemessene Mindestabfluß dann mit einer Phasenverzögerung von einem Tag auf einen Spitzenwert von fast 140 L/s an. An dem niederschlagsfreien 8. Januar lief aus einem Reservoir immer noch Wasser mit einer Abflußrate

von rund 90 L/s über das Kanalisationssystem in die Kläranlage. Als am 9. Januar dann wiederum ergiebige Niederschläge einsetzten, war der Abfluß in der Kanalisation noch durch das



Januar 1993

Bild 11: Ein heftiges Niederschlagsereignis von 42 mm führte am 11. und 12. Januar zu einer Überlastung des Hauptsammlers und zu hohen Wasserpegeln in der Agger

verzögert abfließende Wasser aus dem vorangegangenen Regenereignis belastet und reagierte mit einem kräftigen Anstieg der Mindestabflußrate Qmin Noch bevor die maximale Kapazität der Kläranlage am 12, Januar mit rund 14 000 m^3/d (dargestellt durch die unterlegten Datenpunkte von Q_{min} in Bild 11) erreicht war, wurde am 11. Januar die Transportkapazität der Kanalisation an der Bahnhofs- und Märkischen Straße durch einen Starkregen von 42 mm überschritten. Die Folge waren die oben beschriebenen Auswirkungen des Rückstaus auf die angeschlossenen Hausentwässerungsanlagen.

Zusätzlich muß aber noch ein erhöhter Grundwasserstand für die Wassereinbrüche verantwortlich gemacht werden, da einige Betroffene nur das diffuse Eintreten von Wasser durch die Kellersohle und -wände beschrieben haben. Diese Annahme wird durch die erkennbare Hochwasserwelle in der Agger gestützt, die innerhalb der beiden wasserwirtschaftlichen Jahre 1992/93 und 1993/94 einmaligen Charakter hat (vgl. Bild 4 und Bild 5, S. 21). Das dem Hochwasser vom 11. Januar 1993 vergleichbare Ereignis am 27. Dezember 1994 ließ, wie Grundwasserstandsmessungen in diesem Zeitraum belegen, den Grundwasserspiegel zeitgleich zur Hochwasserwelle in der Agger (vgl. Bild 12) und in der Leppe (nicht dargestellt) um rund 2 m ansteigen. Da die zeitliche Auflösung der Grundwasserstandsmessungen äußerst gering ist, besteht die Möglichkeit, daß dieser Wert nicht das Maximum der Amplitude darstellt. In Bild 12 ist deutlich zu erkennen, daß bereits der gemessene höchste Grundwasserstand an diesem Tag die Kellersohlen einiger Häuser an der Märkischen Straße erreicht hat.

Es läßt sich natürlich an dieser Stelle nicht ausschließen, daß eine massive Exfiltration von Abwasser aus dem überlasteten und streckenweise schadhaften Hauptsammler in die Leitungszone eine weitere lokale Erhöhung des Grundwasserspiegels ausgelöst hat.

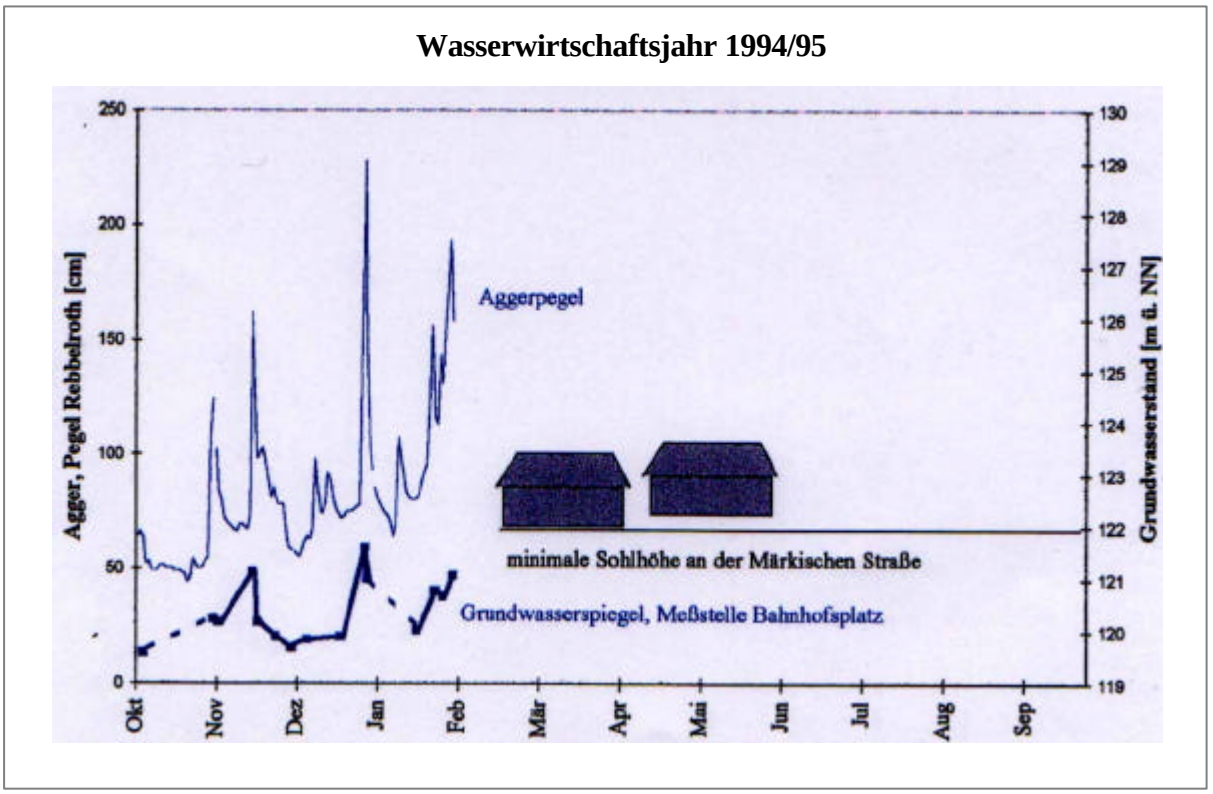


Bild 12: Der durch die Infiltration der Agger um rund 2 m angehobene Grundwasserspiegel erreichte am 28 Dezember 1994 die Keller einiger Häuser an der Märkischen Straße

Auffällig ist, daß die Hochwasserwelle der Agger Engelskirchen mit einem Tag Verzögerung nach den heftigen Überflutungen in den Kellern von Häusern in der Märkischen Straße erreichte. Der durch Infiltration des Flusses in den Grundwasserleiter beeinflußte Grundwasserstand folgte zeitgleich. Das bedeutet, daß Wassereinbrüche durch erhöhten Grundwasserstand auch Tage nach dem beschriebenen Schadensereignis am 11./12. Januar beobachtet worden sein müßten. Leider berichtet BIERMANN [33] nur über die Art des Schadens, nicht aber über die genaue zeitliche Ausdehnung.

Das RÜB unter dem Bahnhofsplatz, dessen Überlaufschwelle 1,2 m gegenüber dem alten RÜ höher liegt, wurde nach dem Regenereignis im Januar 1993 außer Betrieb genommen. Der Hauptsammler wird seit diesem Zeitpunkt wieder durch das RÜ in die Leppe entlastet, für das eine Genehmigung bis einschließlich des 30.6.1995 beantragt ist. Trotzdem traten bei den starken Niederschlägen an der Wende 1994/95 (vgl. Bild 12 bzw. Bild 6, S. 22), die das Ereignis im Januar 1993 an Intensität und Dauer noch überschritten, wiederum Überflutungen in den Kellern der Anwohner des Bahnhofsplatzes und der Märkischen Straße auf Das RÜB ist möglicherweise an den Schadwirkungen beteiligt, hat aber bei weitem nicht die Bedeutung, die ihm von den Anwohnern beigemessen wurden, die auf die Erstmaligkeit des Schadensereignisses pochten und einen unmittelbaren Zusammenhang mit dem RÜB herstellen wollten.

3.3.2.2 Überschreitung der Kläranlagenkapazität

Die Mindestabflußganglinie Qmin der Kläranlage reagiert empfindlich auf starke Niederschlagsereignisse. Wie aus monatlichen Einzelanalysen hervorgeht, muß die täglich gemessene Niederschlagsmenge wenigstens 10 mm erreichen, um ein erkennbares Signal in der Abflußganglinie zu erzeugen. Bei Niederschlagsraten von 20 bis 25 mm pro Tag und/oder Zustrom von Fremdwasser aus einem Reservoir, das Niederschlagswasser verzögert an den Kanal abgibt, kann die hydraulische Maximalkapazität der Kläranlage Ehreshoven von 150 L/s bereits erreicht werden.

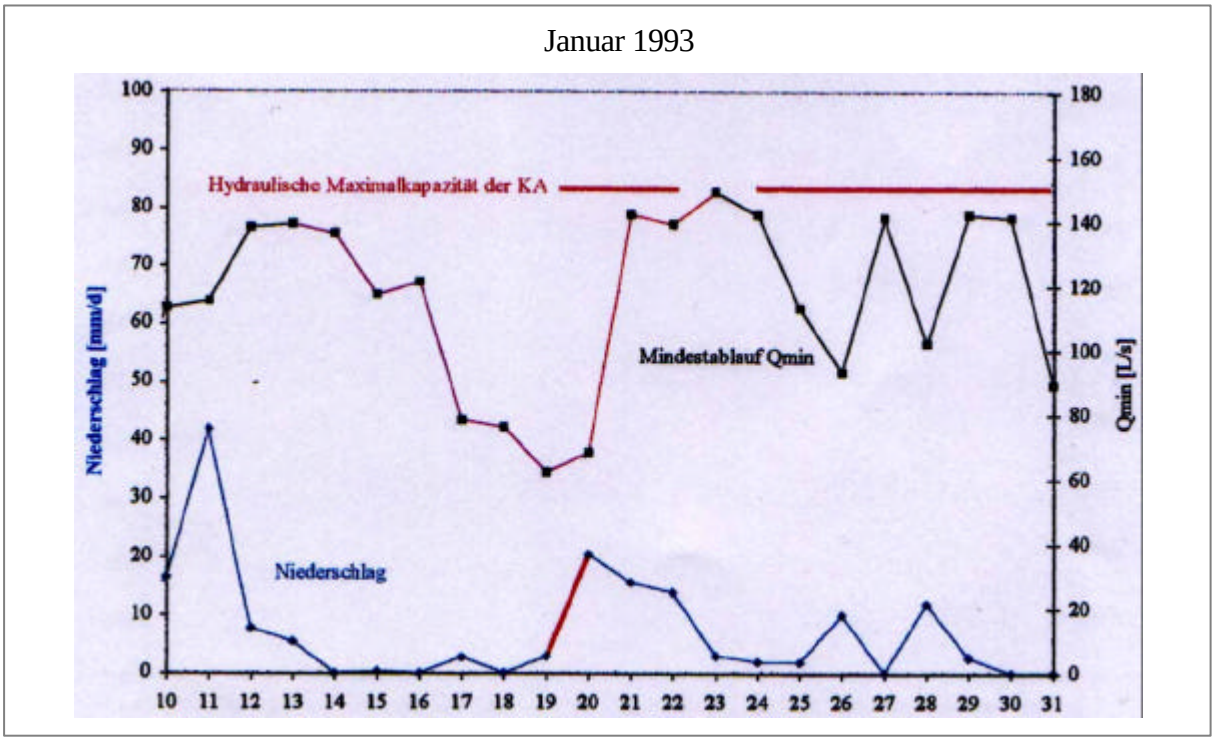


Bild 13: Ein Niederschlagsereignis von 20 mm Höhe führt zur Überlastung der Kläranlage, weil bereits eine Grundlast von über 30 % durch "nachlaufendes" Fremdwasser besteht

Das im vorangegangenen Kapitel beschriebene heftige Niederschlagsereignis am 11. Januar 1993 hatte ein tagelanges "Nachlaufen" an der Kläranlage Ehreshoven zur Folge. Dieses "Nachlaufen" wird einerseits durch die Speicherkapazitäten der auf der Strecke angeordneten Regenüberlaufbecken verursacht, andererseits aber auch durch Rückhaltung in natürlichen Speichermedien. Dazu gehören zum einen die Oberböden, die in Hanglage noch Tage nach einem Niederschlagsereignis hypodermisch gespeicherte Feuchtigkeit an hangabwärts liegende Straßen und an Hausdränagen abgeben. Grundwasserreservoire, die entweder aufgrund geringer Flurabstände (Hangschuttgrundwasser) oder durch die Infiltrationswirkung eines Flusses (Porengrundwasser im Agger- oder Leppetal) nur leicht verzögert reagieren, können ebenfalls zu vermehrtem Abfluß von Fremdwasser über undichte Kanäle oder Hausdränagen vom Typ LL oder HL führen.

3.3.3 Herkunft des Fremdwassers

Die vorangegangenen Kapitel, die die erkennbaren Auswirkungen von Fremdwasser zum Inhalt hatten, deuteten bereits Interpretationsmöglichkeiten der beobachteten Phänomene an. Bevor eine Lösung des Problems "Fremdwasser" überhaupt angedacht werden kann, muß die Herkunft dieser im Kanalnetz unerwünschten Wässer anhand der vorliegenden Daten und Messungen im Gelände bestimmt werden.

3.3.3.1 Auswertung der Abflußganglinien an der Kläranlage Engelskirchen

Die Darstellung der Abflußganglinien über die beiden wasserwirtschaftlichen Jahre 1992/93 und 1993/94 (vgl. Bild 13 und Bild 14) läßt erkennen, daß die Kläranlage Ehreshoven der Gemeinde Engelskirchen besonders im ersten Drittel des Bilanzzeitraums von hohen Mindestabflüssen betroffen ist, die die hydraulische Kapazität der Anlage maximal ausschöpfen. Diese Ereignisse sind sowohl gekoppelt mit sehr heftigen, als auch mit langandauernden ergiebigen Regenfällen. Eine Rückkehr des Mindestabflusses auf ein Niveau, das während der niederschlagsarmen Sommermonate gehalten wird, ist nur nach einer längeren Trockenperiode möglich (vgl. Bild 13: Monatswende Dezember/Januar, Mitte Februar; Bild 14: Ende Dezember, Mitte Februar).

3.3.3.1.1 Einfluß des Grundwasserstands

Der in Bild 13 und Bild 14 markierte Basistrockenwetterabfluß liegt bei etwa 25 - 30 L/s und entspricht damit den vorher, speziell im Gutachten von FELDMANN [34] ermittelten Fremdwassermengen. Auffällig ist, daß dieser Grundabfluß während längerer niederschlagsfreier Perioden unabhängig von der Jahreszeit ein konstantes Niveau hält. Hier fließt der Kanalisation offensichtlich Fremdwasser aus einem Reservoir zu, dessen Pufferkapazität so hoch ist, daß es die klimatischen Unterschiede zwischen Sommer und Winter ausgleicht. Die Konstanz dieses Basisabflusses wird besonders im Zeitabschnitt zwischen Juni und September 1994 deutlich (vgl. Bild 14): obwohl während des heißen Sommers 1994 nahezu kein Niederschlag fiel, flossen ununterbrochen etwa 25 - 30 L/s über die Kläranlage Ehreshoven ab. Dieses Verhalten entspricht prinzipiell einer Dränage vom Typ LLg Ob diese Dränage vom Typ LLg physikalisch durch Hausdränagen repräsentiert wird, die permanent unter Grundwassereinfluß liegen, oder ob sich hier die Wirkung des schadhaften Hauptsammlers in der B 55 (Infiltration von Grundwasser) widerspiegelt, läßt sich anhand der Daten nicht entscheiden.

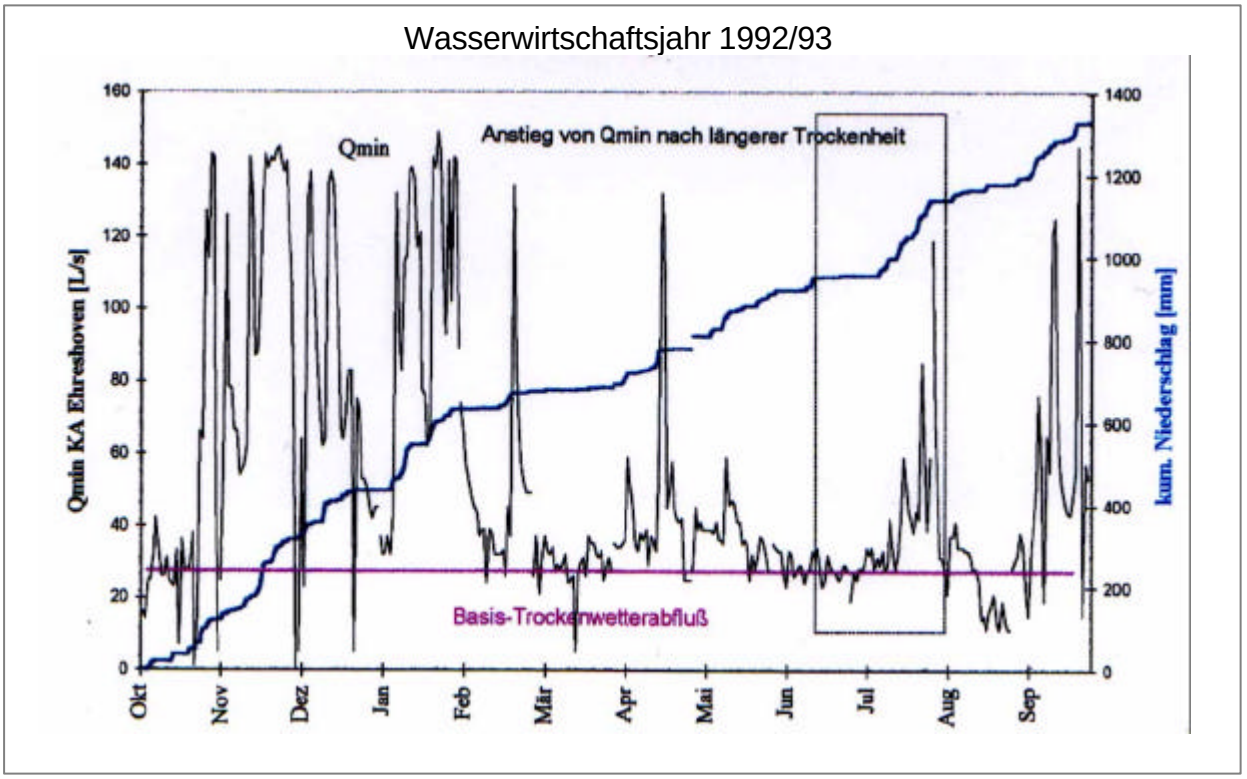


Bild 14: Reaktionen des Mindestabflusses Q_{min} der Kläranlage Ehreshoven auf Niederschlagsereignissen im Wasserwirtschaftsjahr (WWJ) 1992/93

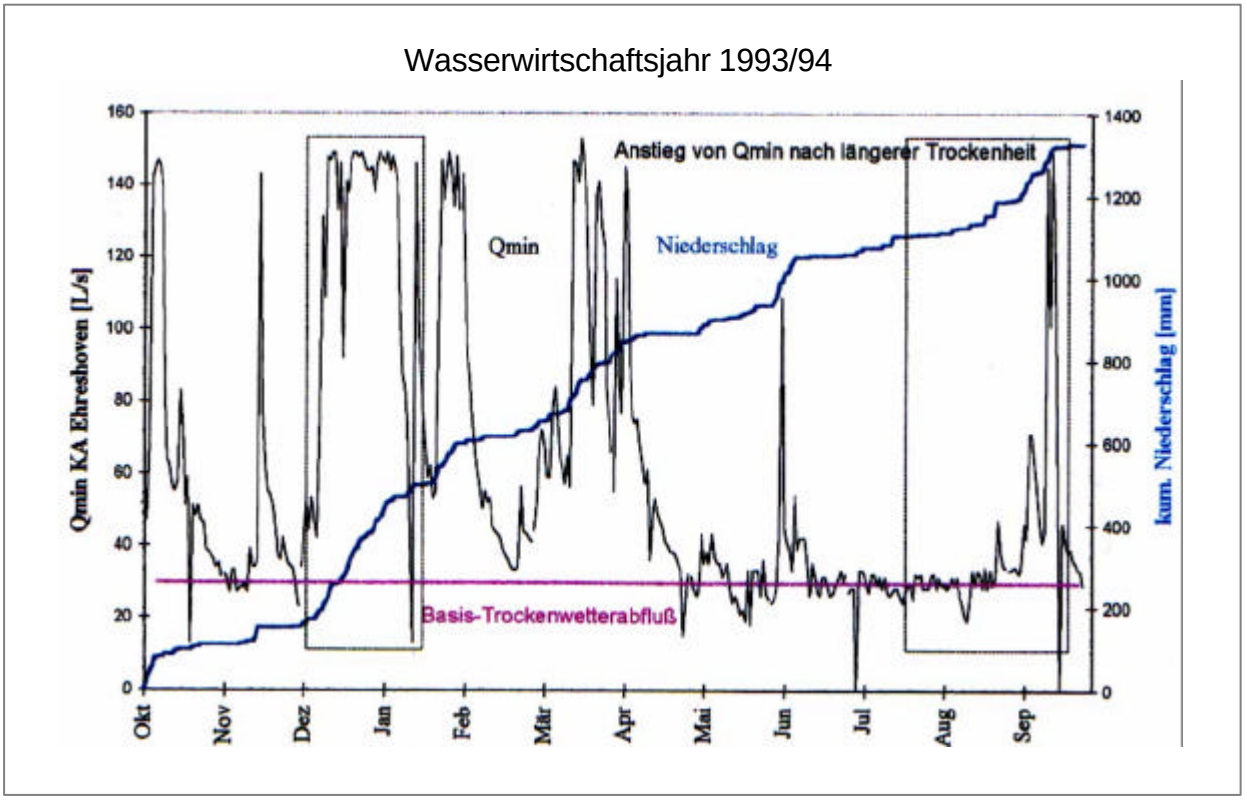


Bild 15: Reaktionen des Mindestabflusses Q_{min} der Kläranlage Ehreshoven auf Niederschlagsereignissen im Wasserwirtschaftsjahr (WWJ) 1993/94

3.3.3.1.2 Erkennbare Zusammenhänge zwischen dem Niederschlag und dem Mindestabfluß Q_{min} an der Kläranlage

Ganz anders als der Basisabfluß verhalten sich die Reaktionen des Mindestabflusses an der Kläranlage Ehreshoven auf Niederschlagsereignisse. Während der Winterzeit steigt der Mindestabfluß auch nach einer längeren niederschlagsarmen Periode bei wiedereinsetzendem Regen sofort an und verweilt während der Niederschlagsphase mit großer Trägheit in der Nähe der hydraulischen Maximalkapazität (vgl. den markierten Abschnitt in Bild 14). Im Sommer dagegen ist die Reaktion des Mindestabflusses längst nicht so spektakulär (vgl. die markierten Abschnitte in Bild 13 und Bild 14). Bevor der Mindestabfluß durch die Kläranlage an die Grenzen der hydraulischen Kapazität stößt, ist eine längere Regenperiode notwendig, in der sich der Mindestabfluß eher sukzessive erhöht. Dieses Verhalten weist auf den Einfluß unbefestigter Außengebiete hin, die im Sommer wesentlich mehr Niederschlag aufnehmen können, bevor ein nennenswerter Oberflächen- und hypodermischer Abfluß auftritt, als im Winter, wo die tiefen Temperaturen und die größere Niederschlagshäufigkeit für stärkere und andauernde Durchfeuchtung sorgen. Während der Winterzeit sind aufgrund der hier stattfindenden Grundwasserergänzung sowohl die Grundwasserspiegel in den Porengrundwasserleitern der Flußebene als auch in den Hangschuttgrundwasserleitern erhöht. Wenn also Hausdränagen maßgeblich an den Mindestabflußspitzen beteiligt sind, handelt es sich um den Typ LL_{tg} und um beide Varianten des Typs HL.

3.3.3.1.3 Die Dauerlinie der täglichen Abwassermenge

Ordnet man die Werte der täglich gemessenen Abwassennengen unabhängig von ihrem zeitlichen Zusammenhang in aufsteigender Folge an, so ergibt sich im Diagramm eine stetig steigende Kurve mit 365 Datenpunkten (vgl. Kapitel 2.2). In Bild 16 und Bild 17 sind die Dauerlinien der täglichen Abwasserinenge für die beiden wasserwirtschaftlichen Jahre 1992/93 und 1993/94 mit ihren charakteristischen Abschnitten dargestellt.

Abschnitt I markiert die Tage im Jahresverlauf, in denen hauptsächlich Schmutzwasser und Fremdwasser aus einem Reservoir mit hoher Pufferkapazität (entsprechend einer Dränage vom Typ LL_g) den Zulauf zur Kläranlage bestimmen. Die in Bild 16 und Bild 17 eingetragenen korrespondierenden Datenpunkte für den Mindestabfluß Qmin bewegen sich in der Nähe des Basistrockenwetterabflusses von 25 - 30 L/s [34] und werden wahrscheinlich hauptsächlich von kleineren und kurzen Niederschlagsereignissen beeinflußt. Der Übergang zwischen dem Abschnitt I und dem Abschnitt II ist nicht so ideal ausgebildet, wie von LIERSCH [l] beschrieben (vgl. auch Kapitel 2.2) und äußert sich in einer in der halblogarithmischen Darstellung eher sanften Steigungserhöhung der Datenreihe. Parallel zu dem Kurvenverlauf der täglichen Abwassermenge nehmen auch die korrespondierenden Werte des täglich ermittelten Mindestabflusses Q_{min} zu.
Abschnitt II beschreibt die Abflußverhältnisse, die sich bei Niederschlagsereignissen von mehr als 10 mm/d oder langanhaltendem Regen einstellen. Der Verlauf der Dauerlinie im Bereich III in Bild 16 und Bild 17 entspricht nicht dem Verhalten der Typkurve (vgl. Bild 3, S. 15).
Abschnitt III der Dauerlinie der Kläranlage Ehreshoven markiert den Bereich, in dem als Folge starker oder langanhaltender Niederschläge die hydraulische Kapazität der Kläranlage überschritten wird, so daß sowohl die Kurve der täglichen Abwassermenge wie auch des Mindestabflusses in die Waagerechte umschwenken.

Dauerlinie der täglichen Abwassermenge und des Mindestabflusses

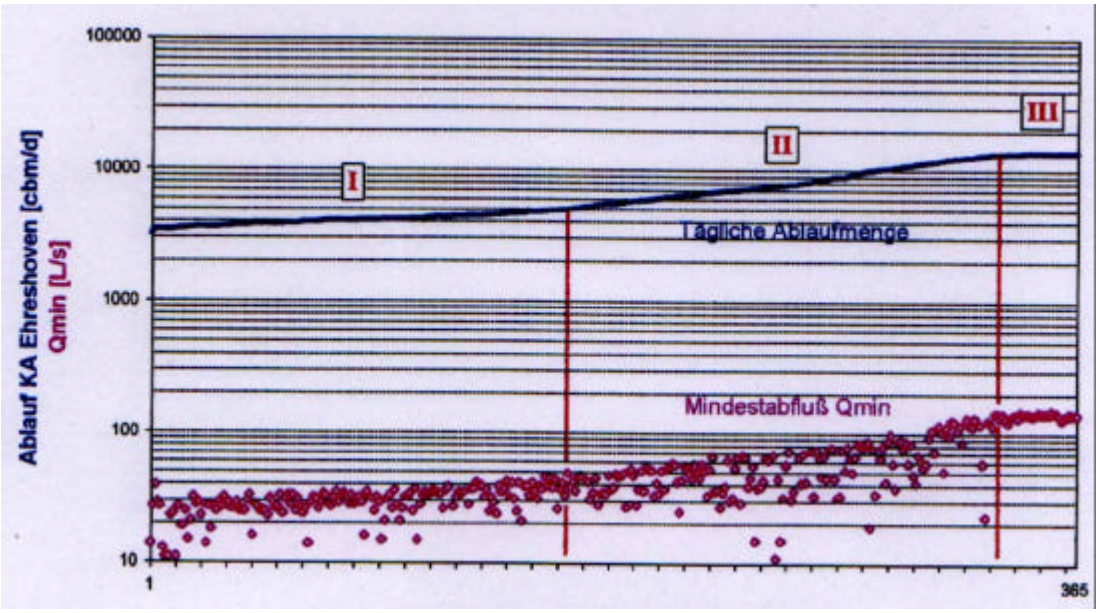


Bild 16: Tägliche Abwassermenge im WWJ 92/93, aufsteigend geordnet, im Vergleich mit den zugehörigen Werten für den Mindestabfluß

Dauerlinie der täglichen Abwassermenge und des Mindestabflusses

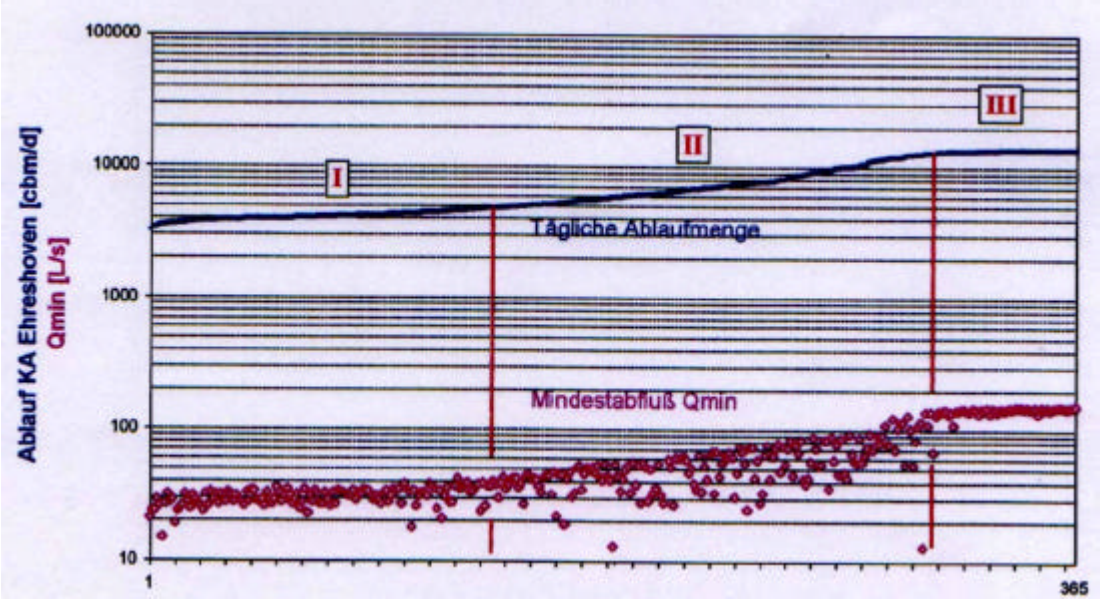


Bild 17: Tägliche Abwassermenge im WWJ 93/94, aufsteigend geordnet, im Vergleich mit den zugehörigen Werten für den Mindestabfluß

Im wasserwirtschaftlichen Jahr 1992/93 nehmen die Abschnitte I und II nahezu die gleiche zeitliche Wertigkeit ein, während der Bereich III, der die Überlastung der Kläranlage bei außergewöhnlichen und damit statistisch unwahrscheinlicheren Ereignissen beschreibt, nur an 30 Tagen im Jahr Gültigkeit hat. Das bedeutet, daß während etwa der Hälfte dieses wasserwirtschaftlichen Jahrs Abflußverhältnisse herrschen, die Trockenwetterabflußbedingungen nahekommen. Im Jahr 1993/94 haben sich die Bereiche II und III aufgrund der starken Winterniederschläge an der Wende 1993/94 auf Kosten des Bereichs I verbreitert. Der "Normalzustand" mit Bedingungen in der Nähe des Trockenwetterabflusses wird damit stark in den Hintergrund gedrängt.

Im Abschnitt I der Dauerlinie des Kläranlagenablaufs kann der Anteil des Abwassers, der nicht aus dem Schmutzwasser stammt, in der Hauptsache Fremdwasser zugeordnet werden, da die Niederschläge im Nahbereich des Trockenwetterabflusses vernachlässigbar sind. Dagegen bleibt die Interpretation der nicht schmutzwasserbürtigen Anteile in den Bereichen II und III schwierig. Hier werden neben dem Schmutzwasser unterschiedliche Anteile an Niederschlagswasser und Fremdwasser wirksam, die im Kläranlagenablauf nur in der Summe erfaßt werden können. Die starke Streuung der Datenpunkte für den Mindestabfluß Q.in im Bereich II weist darauf hin, daß die Verteilung der hohen Wassermengen auf Niederschlags- und Fremdwasser in diesem Abschnitt stark variiert. Im Bereich hoher Zuläufe zur Kläranlage ist teilweise eine hohe Punktdichte im Feld niedriger Mindestabflüsse zu erkennen. Dieser Zusammenhang deutet auf unverzögerte Oberflächenabläufe als direkte Reaktion auf Niederschlagsereignisse hin. Hier können zum einen Hausdränagen des Typs HL wirksam werden, zum anderen aber auch Abflüsse von Außenflächen, die über Straßeneinläufe aufgenommen werden.

Wenn der Abwasserzufluß im Abschnitt III die Kläranlagenkapazität überlastet, beträgt die zusätzliche Abwassermenge 400 - 500 % des durchschnittlichen Trockenwetterabflusses von 25 - 30 L/s. Wie aber bereits oben ausgeführt, kann diese Mehrbelastung nicht direkt als erhöhter Fremdwasserzufluß gewertet werden. Diese Interpretation ist nur dann plausibel, wenn sichergestellt ist, daß das Niederschlagswasser statistisch häufiger Regenereignisse korrekt in die Dimensionierung des Kanalisationsnetzes und der angeschlossenen Kläranlage eingegangen ist.

Bevor auf der Basis einer Summenkurve aus Niederschlags-, Fremd- und Schmutzwasser, die die Dauerlinie der täglichen Abwassermenge letztendlich darstellt, die Entscheidung getroffen werden kann, daß das Kanalisationsnetz von Engelskirchen in den wegen der Überlastung kritischen Bereichen II und III hauptsächlich von Fremdwasser betroffen ist, muß in erster Linie eine hydraulische Berechnung des Kanalisationsnetzes vorgenommen werden. Vorrangig besteht immer die Möglichkeit, daß in der Planungsphase beispielsweise der Zustrom von Niederschlagswasser von Außenflächen nicht korrekt in die Dirnensionierung des Kanalnetzes eingegangen ist.

Aus den vorliegenden Ablaufdaten kann aufgrund der unbekannten Größe "Niederschlagswasser" auf keinen Fall direkt abgeleitet werden, daß der Fremdwasseranteil 400 - 500 % beträgt.

3.3.3.2 Untersuchungen an ausgewählten Punkten im Kanalnetz

Die Abflußganglinien der Kläranlage stellen ein summarische Bild von Einzelprozessen dar, die zum Teil zeitlich gegeneinander versetzt sind. Um die Herkunft einzelner Fremdwasserkomponenten detailliert bestimmen zu können, sind exemplarische Messungen an verschiedenen Stellen des

Kanalnetzes notwendig. Abfluß- und Temperaturmessungen geben dabei Aufschluß über die Menge und die Herkunft des Wassers, Inspektionen mit Kanal-TV-Kameras helfen zusätzlich, das Bild möglicher Fremdwasserzuflüsse zu verdichten.

Erste Untersuchungen wurden im Bereich des Ortskems von Engelskirchen durchgeführt[ix], in dem während starker Niederschlagsereignisse im Winter wiederholt Keller unter anderem durch rückstauende Abwässer überflutet worden waren. Für diesen Raum wurden exemplarisch der Abschnitt des Hauptsammlers im Bereich der Märkischen Straße und Haltungen im Einzugsbereich des Sammlers „Im Leppegarten" untersucht. Beide Lokalitäten sind eng benachbart und liegen auf dem Niveau der Flußniederung im Einflußbereich der Agger und ihres Nebenflusses Leppe.

Den weiteren Arbeitsschritten wurden die Ergebnisse von Fremdwassennessungen des Ingenieurbüros Feldmann vom März 1990 [34] zugrundegelegt, in denen einige Einzugsgebiete des Kanalnetzes von Engelskirchen als besonders kritisch ausgewiesen worden waren. Ein erster Ansatzpunkt war das Einzugsgebiet des Sammlers "Wohlandstraße" im Ortsteil Grünscheid. In diesem westlich des Ortskerns von Engelskirchen gelegenen Gebiet wurde von FELDMANN [34] ein nächtlicher Abfluß von 2,4 L/s gemessen, der in scharfem Kontrast zu der durch Differenzenbildung aus dem Gesamtabfluß ermittelten Schmutzwassermenge von nur 0,6 L/s lag. Die im Rahmen dieser Studie aufgenommenen Temperaturprofile belegen jedoch eindeutig, daß der nächtliche Abfluß weitgehend durch die Abwässer zweier Krankenhäuser bestimmt wird. Als Ersatzstandort wurde der Ortsteil Loope in unmittelbarer Nähe der Kläranlage Ehreshoven ausgewählt. Das Gebiet wird durch den Sammler "Bruchstraße" entwässert, der nach den Untersuchungen von FELDMANN [34] im März 1990 neben 2,5 L/s Schmutzwasser 1,1 L/s Fremdwasser führte. Zeitgleich wurden vergleichende Messungen im Einzugsgebiet des räumlich eng benachbarten Schmutzwasserkanals der Straße jm Auel" durchgeführt.

Obwohl ein technischer Defekt zum Verlust wesentlicher Durchflußdaten aus dem Einzugsbereich des Sammlers "Bruchstraße" führte, konnten mit den Untersuchungsergebnissen in ihrer Gesamtheit die eingangs erörterten Thesen zum Ursprung von Fremdwasser aus Dränageanschlüssen (vgl. Kapitel 2.1.1.2. 1, S. 6, und Kapitel 2.1.1.2.2, S. 8) weitreichend belegt werden. Die Datenbasis kann aufgrund des kurzen Untersuchungszeitraums (eine winterliche Niederschlagsperiode) und dem prozentual geringen räumlichen Ausschnitt aus dem Gesamteinzugsgebiet nicht als repräsentativ gelten. In der folgenden Darstellung der Untersuchungsergebnisse wird daher bewußt weitgehend auf eine zahlenmäßige Quantifizierung des Fremdwassers verzichtet. In dieser Entscheidung ist außerdem die Erkenntnis berücksichtigt worden, daß ein nicht unerheblicher Teil des Fremdwassers phasengleich mit dem über die Kanalisation abgeführten Niederschlagswasser auftritt und mengenmäßig nicht erfaßt werden kann.

3.3.3.2.1 Untersuchungen im Hauptsammler"Märkische Straße"

Am 22. Juni 1994 wurden mehrere Hausanschlüsse an einem Abschnitt des Hauptsammlers im Verlauf der Märkischen Straße (vgl. Bild 8, S. 23 und Anhang 2) mittels TV-Kanal-Inspektion untersucht. Von den Häusern an der Märkischen Straße Nr. 4-6, 8 und 20 waren einige von den Überflutungen am 11. Januar 1993 [33] betroffen. Die Untersuchungen hatten zum Ziel, Einleitungen von

[ix] Wenn es in den einzelnen Kapiteln nicht anders erwähnt ist, handelt es sich bei den untersuchten Sammlern um Mischwasserkanäle.

Dränagewasser nachzuweisen, blieben aber ohne Erfolg, weil sie zu einem Zeitpunkt durchgeführt wurden, als der Grundwasserstand in der Aggerniederung wahrscheinlich äußerst niedrig war. Der sehr heiße und trockene Sommer des Jahres 1994 hatte zu einer ungewöhnlich niedrigen Wasserführung in der Agger geführt (vgl. Bild 5, S. 2 1), die gegen Ende des Monats Juni ein Minimum erreicht hatte. Der mit dem Wasserstand im Vorfluter hydraulisch verknüpfte Grundwasserstand dürfte sich ebenfalls in der Nähe eines Minimums befunden haben.

3.3.3.2.2 Untersuchungen im Einzugsbereich des Sammlers "Im Leppegarten"

Die kleine Anliegerstraße "Im Leppegarten" (Zur Lokalität vgl. Anhang 2) befindet sich auf dem Niveau der Leppeaue in einem schmalen Kastental mit steil ansteigenden Flanken. Der Standort repräsentiert die Verhältnisse, die ebenfalls in der Aggerniederung angetroffen werden. Die an den Sammler angeschlossenen Wohnhäuser und ein kleiner Gewerbebetrieb (Produktion von Zahnarztbohrern) liegen teilweise im Grundwasserschwankungsbereich bzw. unter dem Einfluß des Leppehochwassers. Ältere Anwohner berichten, daß die Grünflächen vor dem Bau des Abwasserkanals ständig vernäßt waren. Die Häuser jüngeren Baudatums sind mit einer weißen Wanne ausgerüstet, ältere besitzen diese Schutzmaßnahme dagegen nicht und sind daher bei starken Regenfällen von Überflutungen im Keller betroffen.

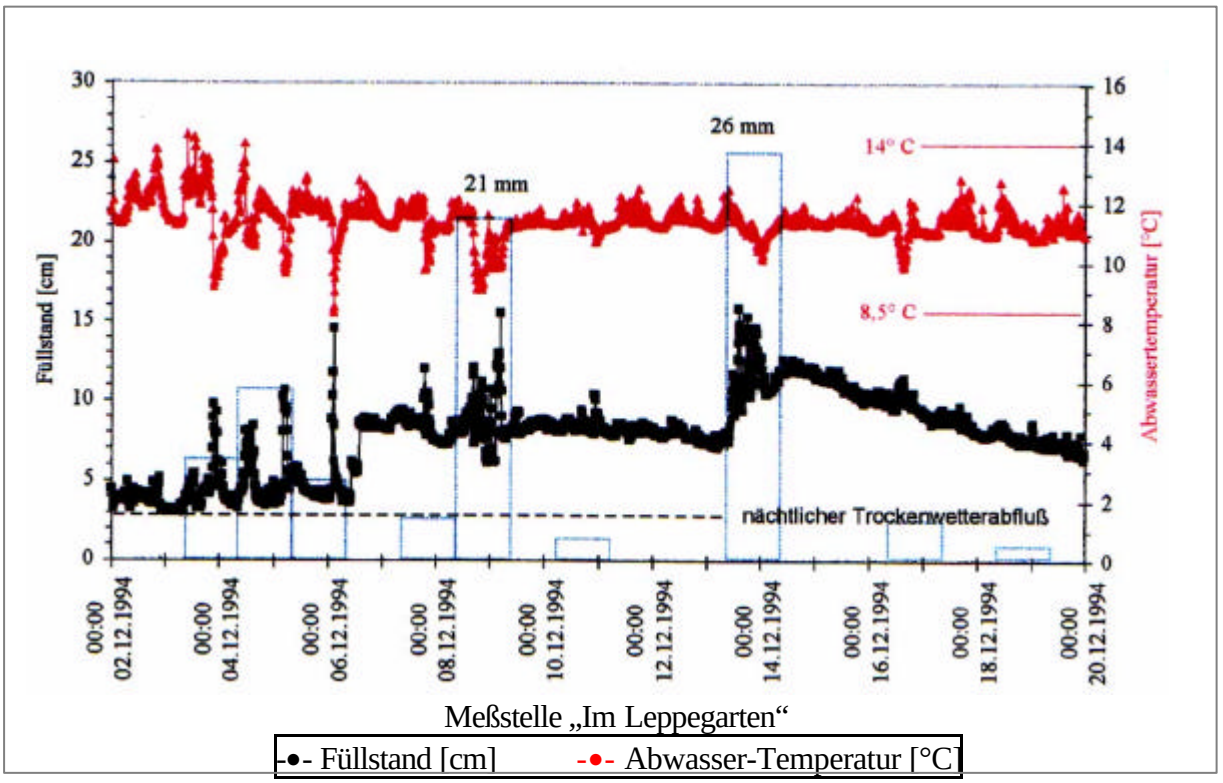


Bild 18: Ein Niederschlagsereignis von 26 mm Höhe am 13.12.1994 verursachte an der Meßstelle ‚jm Leppegarten" in der Leppeniederung eine erhebliche Zunahme des bereits erhöhten Grundabflusses

Die geschädigten Hausbesitzer schildern drei Arten von Wassereinbrüchen in die tieferliegenden Geschosse:

1. Diffus durch Wände und Kellersohle eindringendes Grundwasser bzw. Leppehochwasser,
2. Zufluß von Oberflächenwasser über die hangseitig gelegenen steilen Zufahrtswege von der Leppestraße durch Garageneinfahrten und Kellereingänge,
3. Rückstau im Kanal, der offensichtlich unter anderem durch die hohen Oberflächenabflüsse auf versiegelten Flächen in Hanglage überlastet wird.

In Bild 18 sind die Ergebnisse von Durchfluß- und Temperaturmessungen im Sammler "Im Leppegarten" über den gesamten Meßzeitraum von 18 Tagen dargestellt. Der nächtliche Mindestabfluß, repräsentiert durch die äußerst geringe Füllhöhe von 3 cm in einem Rohr der Nennweite DN 500, reagiert zunächst nicht signifikant auf einen dreitägigen ergiebigen Regen von insgesamt 21 mm Höhe zwischen dem 3. und 5. Dezember, steigt dann aber mit steiler Flanke an. Da ein weitereres Niederschlagsereignis von über 21 mm Höhe keine Auswirkung auf den Mindestabfluß zeigt, muß davon ausgegangen werden, daß es sich bei dem vorher beobachteten Anstieg des Mindestabflusses um ein Artefakt handelt, verursacht durch einen Aufstau von Feststoffen am Meßaufnehmer (vgl. auch Kapitel 3.3. 1, S. 23).

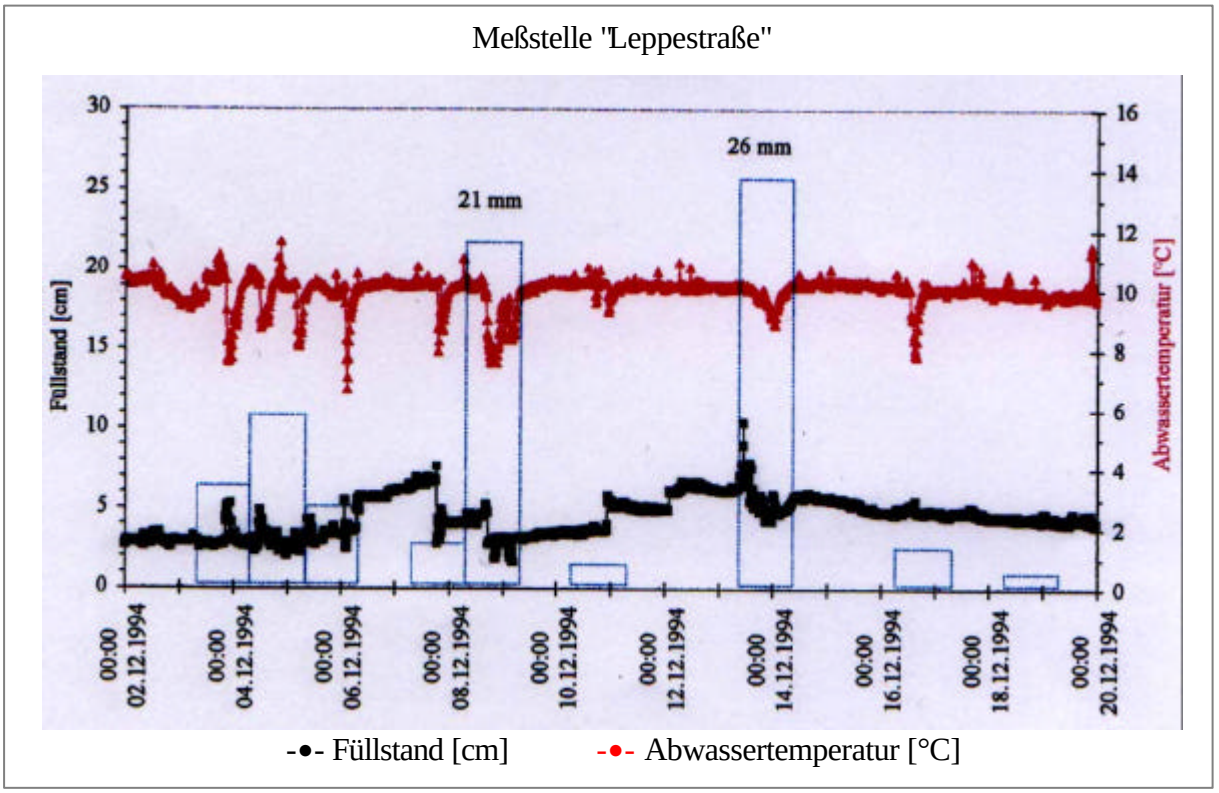


Bild 19: Im Gegensatz zu Bild 18 sind bei der oberstromig gelegenen Meßstelle "Leppestraße" im Hangbereich keine deutlichen Reaktionen auf das Niederschlagsereignis am 13.12. zu erkennen

Im Gegensatz dazu stehen die Aufzeichnungen nach dem Regenereignis vom 13. Dezember: hier ist deutlich zu erkennen, wie der Mindestabfluß in Reaktion auf zwischengespeicherte Wassermengen ansteigt und nur langsam wieder zurückgeht. Der Abfluß beträgt anfänglich rund 7,7 L/s und geht auf 2,7 L/s zurück. Temperaturschwankungen, die durch unterschiedlich warme Abwässer verursacht

wurden, werden nach dem 13. Dezember durch den nun dominierenden Fremdwasseranteil stark gedämpft, die Temperatur liegt nun im Minimum relativ konstant bei etwa 11°C.

Die große Kapazität des Reservoirs weist darauf hin, daß der Abfluß aus dem Grundwasser der Leppeniederung gespeist wird. Wahrscheinlich sind zu einem nicht geringen Teil Undichtigkeiten des Kanals selber verantwortlich für die erhöhte Wasserführung. Auf der anderen Seite müssen aber auch undichte Hausentwässerungsanlagen und Hausdränagen des Typs LL_{tg} sowie LL_g an dem verstärkten Abfluß im Sammler jm Leppegarten" beteiligt sein, Die Annahme wird dadurch gestützt, daß in der Ganglinie der oberstromig gelegenen Meßstelle 'Leppestraße", mit der nur Häuser im Hangbereich erfaßt wurden, keine derart signifikante Reaktion auf das Niederschlagsereignis zu erkennen ist (vgl. Bild 19). Die zahlreichen Unstetigkeitsstellen lassen vermuten, daß die Meßstelle „Leppestraße" wahrscheinlich in noch größerem Maße von Artefakten betroffen ist als die Meßstelle „Im Leppegarten".

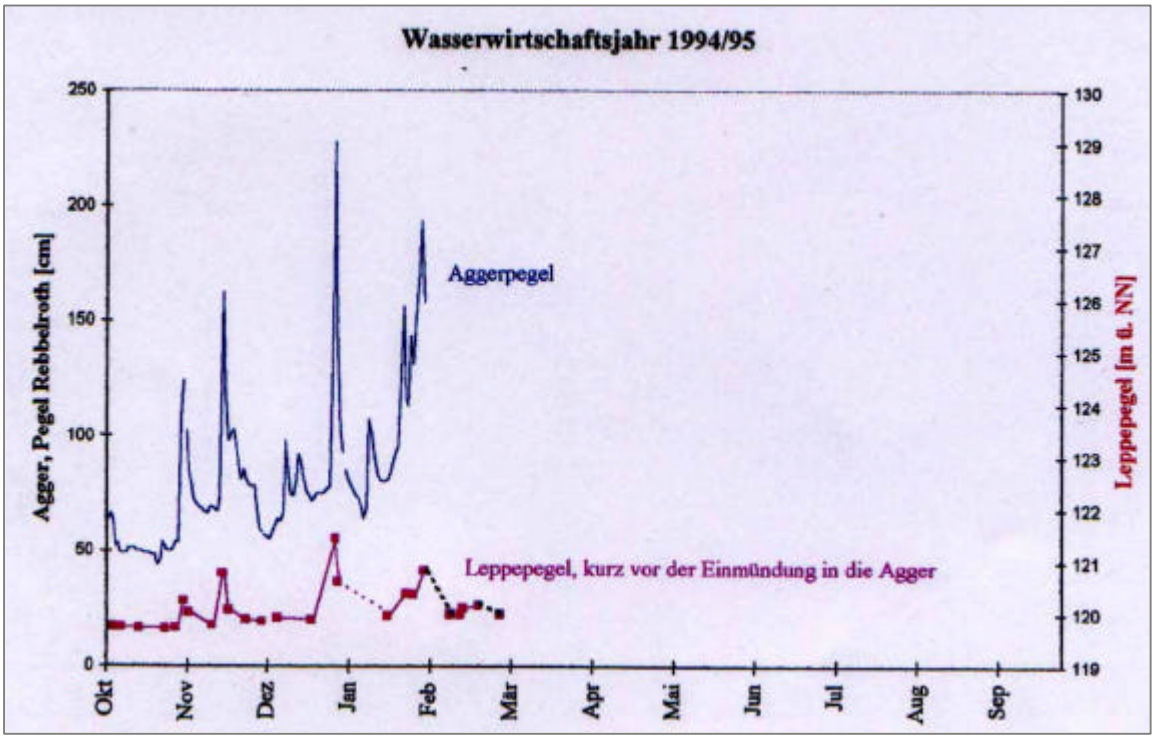


Bild 20: Pegel der Flüsse Agger und Leppe zu Beginn des wasserwirtschaftlichen Jahrs 1994195

Die vom Tiefbauamt der Gemeinde Engelskirchen in unregelmäßigen Abständen vorgenommene Messung des Pegelstands der Leppe zeigt für den Beobachtungszeitraum keine Auffälligkeiten (vgl. Bild 20). Interessant wäre die Periode ab dem 27. Dezember gewesen: hier hatte die Leppe aufgrund eines starken Rückstaus aus der Agger nach heftigen Niederschlägen weite Teile ihrer Auen überschwemmt und wahrscheinlich ein wochenlanges "Nachlaufen" über die nun nachweislich betroffenen Hausdränagen verursacht. Zu diesem Zeitpunkt befanden sich die Durchflußmeßgeräte aber bereits im Einzugsgebiet des Sammlers ..Wohlandstraße" im Einsatz.

Der Sammler „Im Leppegarten" wurde am 7. März, am zweiten Tag einer mehrtagigen Trockenwetterperiode, durch Kanal-TV-Befahrung inspiziert. Die Inspektion begann entgegen der

Fließrichtung und mußte nach 173 m wegen eines unüberwindlichen Hindernisses auf der Kanalsohle unterbrochen werden. Auf der durchfahrenen Strecke wurden insgesamt dreizehn Anschlüsse angetroffen, davon führten sieben kontinuierlich unverschmutztes Wasser. Ein

Einsteigschacht war mangelhaft mit dem Abwasserrohr verbunden; an der undichten Nahtstelle trat deutlich sichtbar Grundwasser ein.

Aufgrund der schwierigen Geländeverhältnisse (der Kanal verläuft zu großen Teilen unter einem nicht befahrbaren schmalen Fußweg) wurde der Sammler in einem zweiten Ansatz in Fließrichtung inspiziert. Der Ausgangspunkt der Inspektion lag unterhalb und abstromig der Meßstelle "Leppestraße" wiederum auf dem Niveau der Leppeaue; die Nennweite des Kanals beträgt an dieser Stelle DN 300. Beim Übergang von DN 300 auf DN 500 mußte die Kamerafahrt nach 143 m abgebrochen werden, weil die für die Nennweite von DN 300 notwendige Bereifung des Kamerawagens für diesen Wechsel nicht geeignet war. Von zehn inspizierten Stutzen, die auf diesem Streckenabschnitt an den Kanal angeschlossen sind, führten vier während der Beobachtungszeit ständig unverschmutztes Wasser. Ein Stutzen war unsachgemäß eingebaut; über nahezu den gesamten Umfang der Rohrverbindung trat gut erkennbar Grundwasser ein.

Sowohl die Abflußmessungen als auch die Kanalinspektionen belegen eindeutig, daß große Teile des Sammlers jm Leppegarten" durch Fremdwasser aus undichten Hausentwässerungsanlagen und Hausdränagen des Typs LL_{tg} bzw. unter Umständen auch LL_g belastet wird.

3.3.3.2.3 Untersuchungen im Einzugsbereich des Sammlers „Wohlandstraße“

Das Einzugsgebiet des Sammlers "Wohlandstraße" (zur Lokalität vgl. Anhang 3) ist in der Fremdwasseruntersuchung des beratendenden Ingenieurs Feldmann [34] mit der Nummer 9 bezeichnet und als besonders kritisch in bezug auf den Fremdwasseranteil beurteilt worden. FELDMANN [34] hatte an der Meßstelle 8 durch Differenzenbildung zwischen dem Gesamtabfluß und dem nächtlichen Trockenwetterabfluß im März 1990 eine Fremdwasserrnenge von 2,4 L/s und eine Schmutzwassermenge von nur 0,6 L/s ermittelt. Das bedeutet, daß die Fremdwassermenge 400 % des Schmutzwasseranteils betrug.

Die Durchflußmeßgeräte wurden am 22.12.1994 zu Beginn einer viertägigen Trockenwetterperiode eingebaut, die bis einschließlich des 25.12.1994 anhielt. Der Sammler 'Wohlandstraße" entwässert ein 16 ha großes Gebiet in Hanglage, angeschlossen sind die beiden Nebenstraßen jn. den Gärten" und "Am Sondersiefen". Die Hauptabwasseremittenten dieses Einzugsgebiets sind zwei Krankenhäuser, davon entwässert die Aggertalklinik in die Straße "Am Sondersiefen", während die Abwässer des St.-Josefs-Hospitals zum Teil in den Kanal der Straße "In den Gärten" als auch direkt in den Sammler "Wohlandstraße" eingeleitet werden. Je ein Meßgerät wurde am Ende des Kanalstrangs der beiden Nebenstraßen plaziert (DN 250 und DN 300), ein drittes am tiefsten Punkt der Wohlandstraße (DN 600; Meßstelle 8 in der Untersuchung von FELDMANN [34] kurz vor dem Anschluß an den Hauptsammler in der B 55. An dieser Stelle befindet sich ein Regenüberlaufbauwerk, das bei Überlastung des Kanals Wasser in die Agger abschlägt.

In Bild 21 ist der durch die täglich wiederkehrende Krankenhausroutine geprägte Rhythmus des Trockenwetterabflusses im Sammler 'Wohlandstraße" deutlich zu erkennen. Nach einem Minimum in den Nachtstunden steigt der Abfluß tagsüber ab etwa 6:30 Uhr steil an und erreicht noch vor 8:00 Uhr sein Maximum. Der langsame Rückgang der Abwassermenge wird in den Abendstunden um etwa 23:00 durch ein zweites, kleineres Maximum unterbrochen, bevor der Abfluß gegen 3:00 Uhr morgens

erneut sein Minimum erreicht. Besonders deutlich wird dieser zweigipfelige Abflußzyklus am 25.12., einem Sonntag, an dem die an Werktagen zu beobachtende steile Anstiegsflanke am Morgen durch einen sanften Anstieg biszur Mittagszeit ersetzt ist. Eine sich stark heraushebende Abflußspitze in der Mittagszeit des 23.12. wird von einem kräftigen Peak im Temperaturgang des Abwassers begleitet. Dieser Peak ist auch in den drei folgenden Zyklen des 24. bis 26.12. gut erkennbar, während sich hier die Abwassermenge nicht signifikant ändert. Die Unregelmäßigkeit im Abfluß- bzw. Temperaturgang markiert wahrscheinlich einen sich täglich regelmäßig wiederholenden Wasch- oder Spülvorgang der beiden an die Kanalisation angeschlossenen Krankenhäuser. Das Abflußminimum während der hier betrachteten viertägigen Trockenwetterperiode, gemessen um 3:00 Uhr nachts, liegt bei etwa 0,5 L/s, entsprechend 1,8 m^3/h.

In Bild 21 kommt klar zum Ausdruck, daß die Temperatur des Abwassers sehr stark mengenabhängig ist: Abfluß- und Temperaturzyklen sind eng miteinander gekoppelt. Die Wärmekapazität des Abwassers wird während des Transports offensichtlich durch Wärmeverluste an die kälteren Leitungen und an die Umgebungsluft stark erschöpft. Im Abflußminimum um 3:00

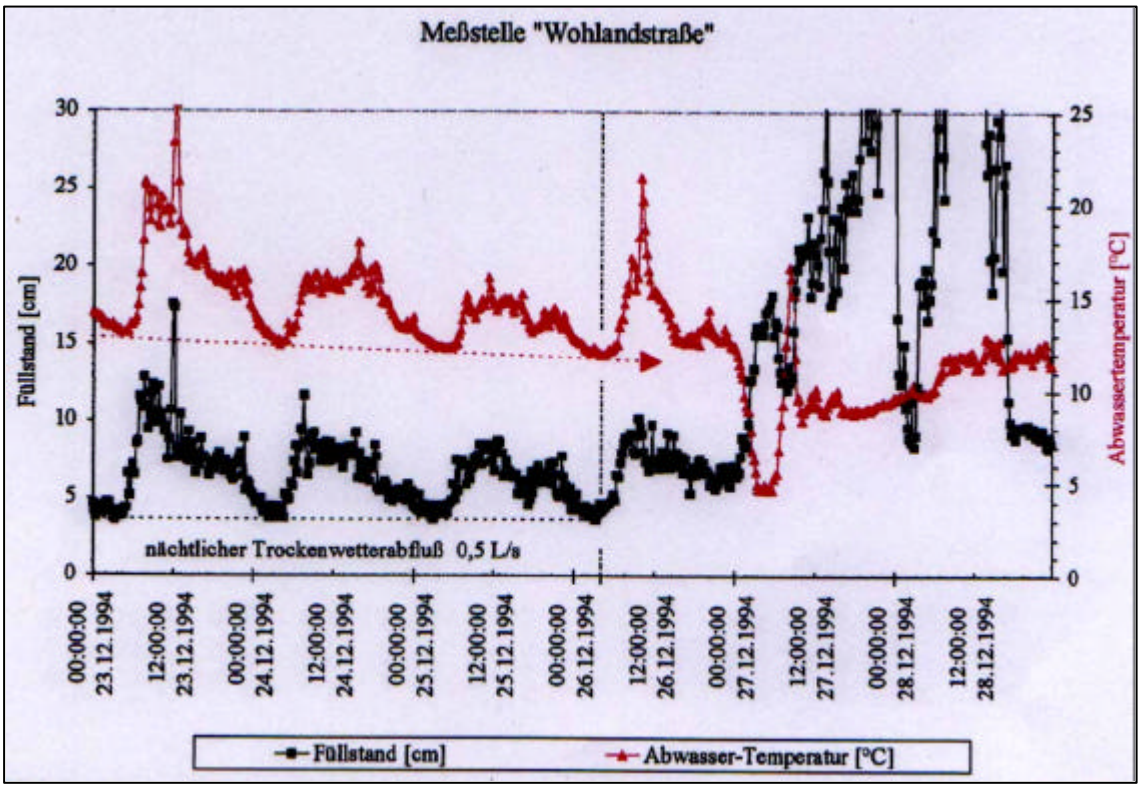


Bild 21: Trockenwetterabfluß im Sammler " Wohlandstraße"

Uhr nachts liegen die Temperaturwerte auf einer Geraden mit negativer Steigung, am 23.12. wurden 13°C gemessen, am 26.12. 12°C.

Bild 22 zeigt, daß die im Sammler 'Wohlandstraße" gemessene Wassertemperatur einen Mischwert darstellt, der durch Zufluß unterschiedlich temperierter Abwässer aus den Sammlern jn den Gärten" und "Arn Sondersiefen" verändert ist. Die Temperatur des Wassers, das während der Nachtstunden im Sammler "In den Gärten" abfließt, erreichte maximal Werte zwischen 14 und 16°C; im Sammler

"Am Sondersiefen" fließt während der Nachtstunden dagegen ein wesentlich kälteres Wasser, das innerhalb der Meßperiode maximale Temperaturen von 11°C bis 12°C aufwies.
Alle drei Meßstellen haben die auffälligen Einbrüche in der Temperatur registriert, die am 27. Dezember durch ein heftiges Niederschlagsereignis von 70 mm Höhe und am 10. Januar durch die am Tag vorher unter ergiebigem Regen eingeleitete Schneeschmelze verursacht wurden. Hier ging die Temperatur des nächtlichen Abflusses in allen drei Kanälen gleichzeitig auf den sehr niedrigen Wert von 6 bzw. 4°C zurück.

Im Einzugsbereich rein häuslicher Abwässer wird für die Nachtstunden zwischen drei und vier Uhr ein Minimum des Abwasserflusses erwartet. Zu diesem Zeitpunkt sollte Schmutzwasser aus dem häuslichen Bereich allenfalls sporadisch auftreten, auf keinen Fall aber als kontinuierlicher Fluß beobachtbar sein. Der hier registrierte nächtliche Abfluß, der im Beobachtungszeitraum nicht unter 0,5 L/s gesunken ist, kann seinen Ursprung nur in niederschlagsbürtigen Abflußanteilen haben, die sich während der Winterzeit durch deutlich niedrigere Temperaturen von dem häuslichen Schmutzwasser abheben. Der Niederschlag ist in seiner Temperatur weit-

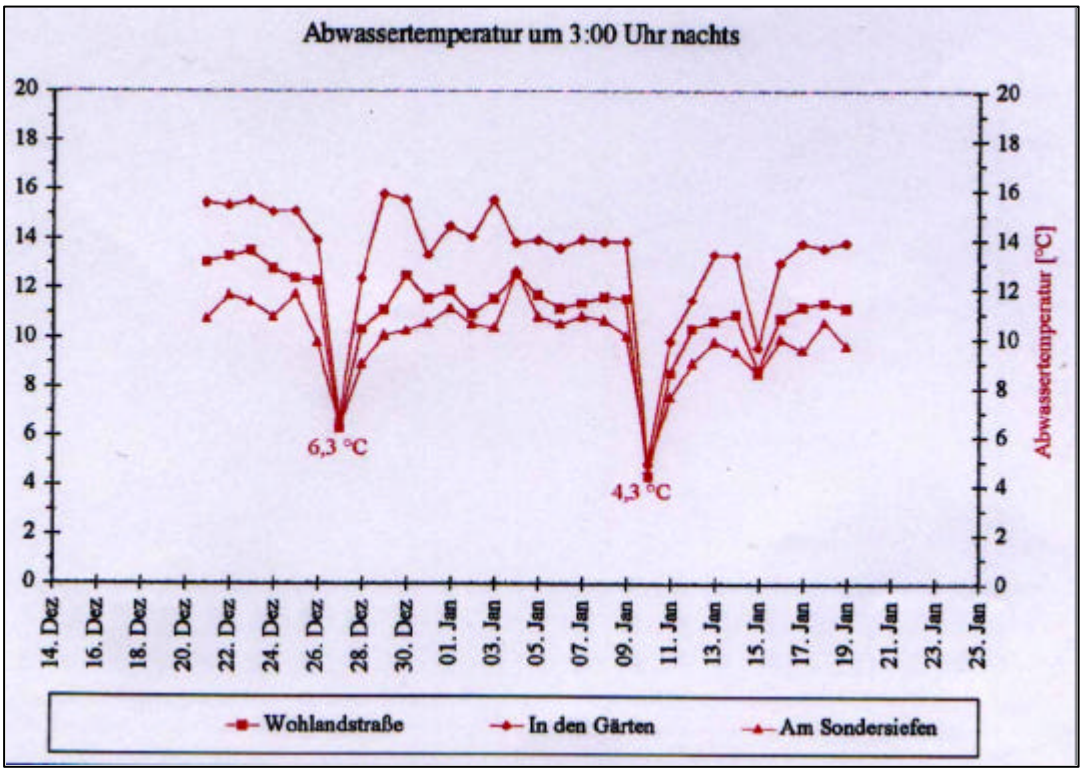


Bild 22: Wassertemperatur im Sammler "Wohlandstraße" und den beiden angeschlossenen Nebensammlern während der Nachtstunden

gehend seinem Bildungsraum angeglichen, oberflächlich ablaufendes Wasser nimmt die Temperatur der Luft und des Oberbodens an. Im unterirdischen Wasser bildet sich ein Temperaturgradient aus, wobei das Wasser tieferer Bodenschichten ab etwa 15 m konstant die mittlere Jahreslufttemperatur von 8-10°C widerspiegelt. Oberflächennahes Grundwasser ändert seine Temperatur im jahreszeitlichen Rhythmus, die mittlere Jahrestemperatur entspricht aber unabhängig von der Tiefe ebenfalls der mittleren Jahreslufttemperatur [35].

In den drei untersuchten Mischwasserkanälen (mit Einschränkungen für die Meßstelle „Am Sondersiefen") lagen die Temperaturen im Meßzeitraum sowohl signifikant über der zu erwartenden Temperatur des Grundwassers, als auch deutlich über der Lufttemperatur, die zur Jahreswende um den Gefrierpunkt schwankte. Es bestehen prinzipiell mehrere Möglichkeiten zur Interpretation dieser Beobachtung, die Hinweise auf die Herkunft des nächtlichen Mindestabflusses geben:

1. Sowohl das System Kanal/Boden/Umgebungsluft wie auch das eingeleitete Wasser haben die gleiche Temperatur.
2. Ein Teil des Wassers, das den Minimalabfluß um 3:00 nachts bildet, hat bei der Abgabe an die Kanalisation eine höhere Temperatur als das System Kanal/Boden/Umgebungsluft. Durch Mischung mit kälterem Wasser und durch Wärmeverluste auf der Strecke stellt sich die beobachtete Temperatur ein.
3. Das Wasser hat eine niedrigere Temperatur als der Kanal und die Umgebungsluft. Es nimmt Wärme aus dem Reservoir Kanal/Boden/Umgebungsluft auf, die von tagsüber durchströmenden, im Durchschnitt wesentlich höher temperierten Abwässern gespeichert wurde.

Die Deutung nach Pkt. 1 ist ein Spezialfall, der nur in wenigen Fällen zutreffend sein kann, und daher nur wenig Wahrscheinlichkeit besitzt.

Das unter Pkt. 3 beschriebene Modell läßt sich gut auf den niedrigtemperierten Abfluß im Sammle "Am Sondersiefen" anwenden. Hier werden in Trockenperioden während der Nachtzeit Temperaturen von 10-12°C gemessen, die sich in der Nähe der Temperaturen von bodenbürtigem Wasser (auch Grundwasser) bewegen. Für den Sammler "In den Gärten" muß dagegen wahrscheinlich die unter Pkt. 2 genannte Möglichkeit angenommen werden. Die Temperaturen des nächtlich abfließenden Wassers sinken ohne Einfluß von Oberflächenabfluß nicht unter 14-16°C ab. Um bodenbürtiges Wasser auf diese Temperaturen zu bringen, sind hohe Wärmekapazitäten im Untergrund nötig. Wahrscheinlicher ist, daß der Abfluß hier doch durch eine Abwasserkomponente dominiert wird.

Um die in Bild 22 deutlich zu erkennender! Temperaturunterschiede des nächtlichen Abflusses zwischen den Sammlem "Arn Sondersiefen" und "In den Gärten" beide auf das Modell unter Pkt. 3 zurückführen zu können, müssen unterschiedlich hohe Wärinekapazitäten des Systems Kanal/Boden/Luft angenommen werden. Im Sammler "Arn Sondersiefen" schwankten die Tagesdurchschnittstemperaturen des Abwassers innerhalb des vierwöchigen Meßzeitraums mit geringer Varianz um 12°C, beim Sammler "In den Gärten" lag der Tagesmittelwert dagegen bei 16°C, die Varianz zwischen der größten und kleinsten gemessenen Temperatur war sehr groß. Entweder ist die Wärmekapazität (nicht die Temperatur!) der während der Tageszeit im Sammler "Am Sondersiefen" fließenden Abwässer von vornherein geringer als beim Sammler "In den Gärten", oder die Wärme wird im Kanal wesentlich schneller abgeleitet. Die Folge ist in jedem Fall eine verminderte Wärmekapazität im Kanalsystem; während der Nacht eintretende kalte Wässer können im Sammler "Am Sondersiefen" nicht soviel Wärme aufnehmen wie im Sammler "In den Gärten" und haben daher am Ende des Strangs eine tiefere Temperatur.

Unabhängig von der Deutung ist auf der Basis der Temperaturmessung wenigstens für den Sammler "Arn Sondersiefen" belegbar, daß das nächtlich abfließende Wasser auch während Trockenperioden aus bodenbürtigem Wasser gespeist wird und nur eine geringe oder gar keine Abwasserkomponente besitzt. Bei den Sammlem "Wohlandstraße" und "An den Gärten" kann aufgrund der ungewöhnlich

hohen Temperatur mit Sicherheit angenommen werden, daß das nächtlich abfließende Wasser hauptsächlich Abwasser des St.-Josefs-Hospital ist.

Die vierwöchige Beobachtungszeit erstreckte sich über die letzten Dezemberwochen und die die ersten Wochen des Januars 1995. Während der Dezembertage ging der Niederschlag hauptsächlich als Regen nieder, während der Januar in den ersten Wochen vorwiegend Schnee erhielt. Am 27. Dezember gingen 70 mm Niederschlag nieder, denen am nächsten Tag weitere 21 mm Regen folgten. Die durch die reichen Niederschläge des '94er Winters bereits stark belasteten Vorfluter erreichten an diesem Tag nicht nur im Raum Engelskirchen Rekordmarken; auch aus anderen Teilen der Bundesrepublik Deutschland wurden in den Medien extrem hohe Pegelstände und Überschwemmungen gemeldet.

Zu Beginn der Messung lag der nächtliche Mindestabfluß in der dreitägigen Trockenperiode vom 23. bis zum 25. Dezember bei etwa 0,5 L/s, entsprechend einem Füllstand des Rohrs der Nennweite DN 600 von unter 5 cm. Das Resultat bestätigt nicht das Untersuchungsergebnis von FELDMANN [34], der im März 1990 an der gleichen Stelle einen nächtlichen Mindestabfluß von 2,4 L/s ermittelt hatte; diese Diskrepanz kann aber wegen der hohen Fehlerwahrscheinlichkeit bei Messungen in nur gering gefüllten Rohren nicht allzu hoch bewertet werden.

Der Extremniederschlag von 70 mm am 27. Dezember zog einen Anstieg des nächtlichen Mindestabflusses auf 16 L/s nach sich. Die Temperatur fiel von vorher gleichmäßig 13°C auf 6,3°C ab und belegt eindeutig, daß das zu diesem Zeitpunkt im Kanal fließende Wasser einer direkten Niederschlagsabflußkomponente entstammte. Mit den nachlassenden Niederschlägen ging der Mindestabfluß langsam wieder zurück, verharrte am 29. Dezember (3 mm Regen) bei etwa 4 L/s und erreichte am 30. Dezember nahezu das alte Niveau von hier etwa 0,65 Us. Die Schulter auf der rechten Flanke des Füllstandspeaks in Bild 20 markiert mit großer Wahrscheinlichkeit das "Nachlaufen" von zwischengespeichertem Niederschlagswasser der vorherigen zwei Tage. Die beobachtbaren Zusammenhänge entsprechen dem Verhalten einer Dränage vom Typ HL_s (vgl. Kapitel 2.1.1.2.2, S.8). Die Dränageeinrichtung reagiert durch Aufnahme des Oberflächenabflusses unverzögert auf das Niederschlagsereignis; das im Oberboden zwischengespeicherte Wasser trägt zu einem über das Niederschlagsereignis hinausgehenden hypodermischen Abfluß in die Dränage bei. Wie bereits ausgeführt, werden die Reaktionen einer Dränage vom Typ HL_s von der Entwässerung versiegelter Flächen während des Niederschlags und der Entwässerung gesättigter Oberböden nach dem Ereignis durch Straßeneinläufe überdeckt und können nicht eindeutig identifiziert werden. Ob der ab dem 30. Dezember schwach erhöhte nächtliche Abfluß die Auswirkungen eines angehobenen Hangschuttgrundwasserleiters widerspiegelt (Dränage vom Typ HL_{sg}) ist fraglich. Der Effekt ist im restlichen Meßzeitraum nicht noch einmal aufgetreten und außerdem wenig ausgeprägt.

Nach der Jahreswende bis zur Schneeschmelze am 9. Januar fielen die Niederschläge hauptsächlich als Schnee, daher sind die in diesem Zeitraum beobachtbaren Verzögerungen in der Reaktion des nächtlichen Abflusses auf Niederschlagsereignisse teilweise auf Speicherung in Schneedecken zurückzuführen. Die durch starke Regenfälle am 9. Januar ausgelöste Schneeschmelze löst einen abrupten Anstieg des nächtlichen Mindestabflusses auf über 125 L/s aus, dessen Herkunft durch die extrem niedrige Temperatur von 4,3°C bestätigt wird.

Teilabschnitte der steil gelagerten Sammler "Am Sondersiefen" und "Wohlandstraße" wurden am 7. März mit Hilfe der Kanal-TV-Kamera in Fließrichtung untersucht. Sowohl am 7. März wie auch am

vorhergehenden Tag war kaum Niederschlag gefallen. Der Kanal in der Straße „Am Sondersiefen" befindet sich in einem äußerst schlechten Zustand. Auf einer Strekke von nur 41 m zwischen zwei Einsteigschächten wurden mehrere starke Höhenversätze und weit geöffnete Fugen angetroffen. Die Kamera mußte schließlich im zweiten Schacht von Hand geborgen werden, weil sie aufgrund der mehrfachen Höhenversätze nicht mehr mit der Winde zurückgezogen werden konnte. Da die Kamera auch diesen Schacht nur mühsam erreicht hatte, wurde die Inspektion an dieser Stelle abgebrochen.

Auf der untersuchten Distanz von 41 m wurden zwei Hausanschlüsse angetroffen. Einer von ihnen gab kontinuierlich sauber wirkendes Wasser an den Sammler ab. Es handelte sich dabei sehr wahrscheinlich um Dränagewasser.

In der Wohlandstraße wurde die Inspektion auf Höhe der Schulbushaltestelle unterhalb des St.-Josefs-Hospitals aufgenommen, mußte aber aus den gleichen Gründen wie in der Straße „Am Sondersiefen" bereits nach 35 m Fahrt abgebrochen werden. Von den drei untersuchten Hausanschlüssen führte keiner erkennbares Fremdwasser.

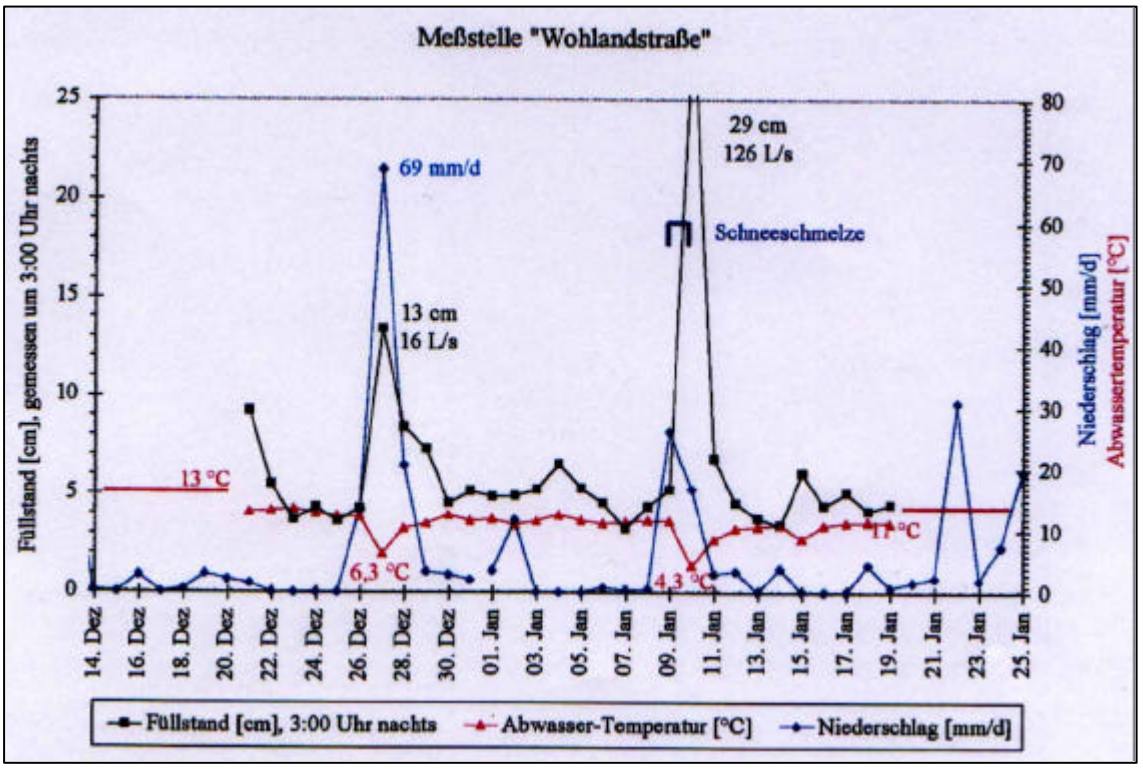


Bild 23: Nächtlicher Mindestabfluß im Sammlers" Wohlandstraße"

In der schmalen Anliegerstraße „In den Gärten" war keine Inspektion in Fließrichtung des ebenfalls steil gelagerten Kanals möglich, weil die Straße auf voller Länge einseitig zugeparkt war und als zweite Zufahrt zum Krankenhaus nicht blockiert werden konnte. Eine Wiederholung der Aktion, unterstützt durch behördliche Absperrungen, war aufgrund des engen Terminrahmens des Projekts (Berichtsvorlage drei Wochen später) nicht mehr möglich.

Fazit der Untersuchungen im Einzugsbereich des Samrnlers "Wohlandstraße" ist, daß es sich hier mitnichten um ein in bezug auf Fremdwasser besonders kritisch zu bewertendes Gebiet handelt. Ein

Großteil des von FELDMANN [34] wie auch im Rahmen der aktuellen Untersuchung ermittelten nächtlichen Abflusses geht, wie die hohe Temperatur eindeutig belegt, auf einen kontinuierlichen Abwasserstrom aus einem oder beiden angeschlossenen Kranken auf einen kontinuierlichen Abwasserstrom aus einem oder beiden angeschlossenen Krankenhäusern zurück. FELDMANN [34] konnte diesen Zusammenhang nicht erkennen, weil er bei seinen Untersuchungen offensichtlich keine Temperaturmessung durchgeführt hatte.

3.3.3.2.4 Untersuchungen im Einzugsbereich des Sammlers "Bruchstraße"

Der Mischwassersammler "Bruchstraße" entwässert einen Siedlungsbereich in Hanglage, der sich im Westen von Engelskirchen im Ortsteil Loope befindet (vgl. Anlage 4). Die Siedlung wird von mehreren kleinen Oberflächengewässern durchschnitten (sogenannten Siefen), die aus dem Hangschuttgrundwasserleiter und hypodermisch abfließenden Wässern gespeist werden. Straße und Sammler sind nahezu senkrecht zu den Höhenlinien angelegt und haben starkes Gefälle. Die angeschlossenen Mischwasserkanäle entwässern kleinere Nebenstraßen, die weitgehend parallel zum Hang verlaufen. Während der Begehungen am 1. und 15. Februar sowie 7. März wurde im Sammler "Bruchstraße" ein kontinuierlich mit hoher Geschwindigkeit fließender Strom weitgehend unverschmutzten Wassers beobachtet. Auch in den angeschlossenen Sammlern konnten gleichmäßig fließende klare Wassennengen registriert werden, die offensichtlich entscheidend zu dem Abfluß im Sammler "Bruchstraße" beitrugen.

Am 1. Februar wurden je ein Durchflußmeßgerät in der Straße "Quellenweg" am Fuß des Hangs im unmittelbaren Anschluß an die Bruchstraße und auf der Bruchstraße selbst oberhalb des Quellenwegs eingebaut und am 8. März wieder entfernt (das dritte zur Verfügung stehende Meßgerät wurde zeitgleich im Sammler „Im Auel" betrieben, vgl. Kapitel 3.3.3.2.5, S. 49). Bei der anschließenden Auswertung der gesammelten Meßdaten mußte leider festgestellt werden, daß der Datensammler der Meßstelle "Bruchstraße" aus bisher nicht geklärten Umständen zwar die Messung korrekt durchgeführt[x], die Daten aber nicht auf dem angeschlossenen Speichermedium, einer RAM-Card, abgelegt hatte. Da diese Daten Hinweise auf das Verhalten des gesamten Einzugsgebiets enthielten, bedeutet der Verlust ein ganz entscheidendes Handicap bei der Interpretation der Gesamtlage.

Eine Wiederholung der Messung war drei Wochen vor der Berichtsabgabe absolut ausgeschlossen, da aussagekräftige Daten nicht innerhalb eines verbleibenden Meßzeitraums von höchstens zwei Wochen hätten ermittelt werden können.

Die Füllstandsganglinie (vgl. Bild 24) des Sammlers "Quellenweg" zeigt die typischen Reaktionen auf die zum Teil ergiebigen Winterniederschläge im Februar und März. Der Wasserstand im Kanal steigt durch die vermehrte Ableitung von Niederschlagswasser von befestigten Flächen stark an und hält zum Teil noch einen Tag nach dem Ereignis bei allenfalls geringen Niederschlägen sein Niveau bei. Der nächtliche Abfluß (vgl. Bild 25) reagiert beispielsweise auf ein Niederschlagereignis von über 20 mm Höhe am 19. Februar durch einen heftigen Anstieg in der darauffolgenden Nacht und "läuft' auch danach unter gemäßigteren Regenfällen weiterhin "nach". Insgesamt ist im Verlauf der Mindestabflußlinie ein negativer Trend zu erkennen, der durch den Einfluß der Niederschlagsereignisse wiederholt unterbrochen wird. Die Temperatur des nächtlich abfließenden Wassers liegt bei dem

[x] Die Meßgeräte wurden beim Einbau jeweils auf korrekte Meßwertermittlung überprüft.

relativ konstanten Wert von 8,5°C. Aufgrund der fehlenden Vergleichswerte (s. o.) müssen die Untersuchungsergebnisse am Quellenweg sehr vorsichtig interpretiert werden. Wahrscheinlich handelt es sich bei den gemessenen Fremdwassermengen ähnlich wie beim Sammler „Im Auel“ (vgl. Kapitel 3.3.3.2.5, S. 49) tun Zuflüsse aus Undichtigkeiten des Kanals und Hausentwässerungsanlagen bzw. um Dränagen des Typs LL.

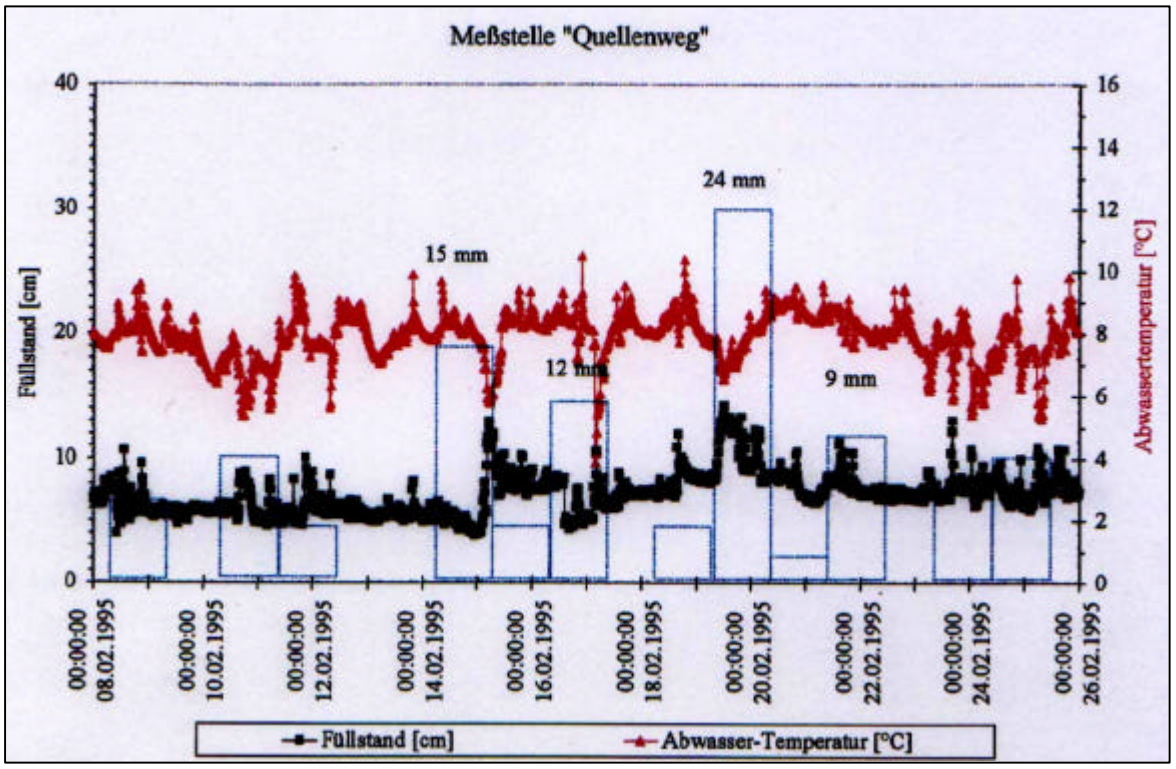


Bild 24: Die Füllstandsganglinie im Sammler „Quellenweg“ am Fuß der Ortschaft Loope

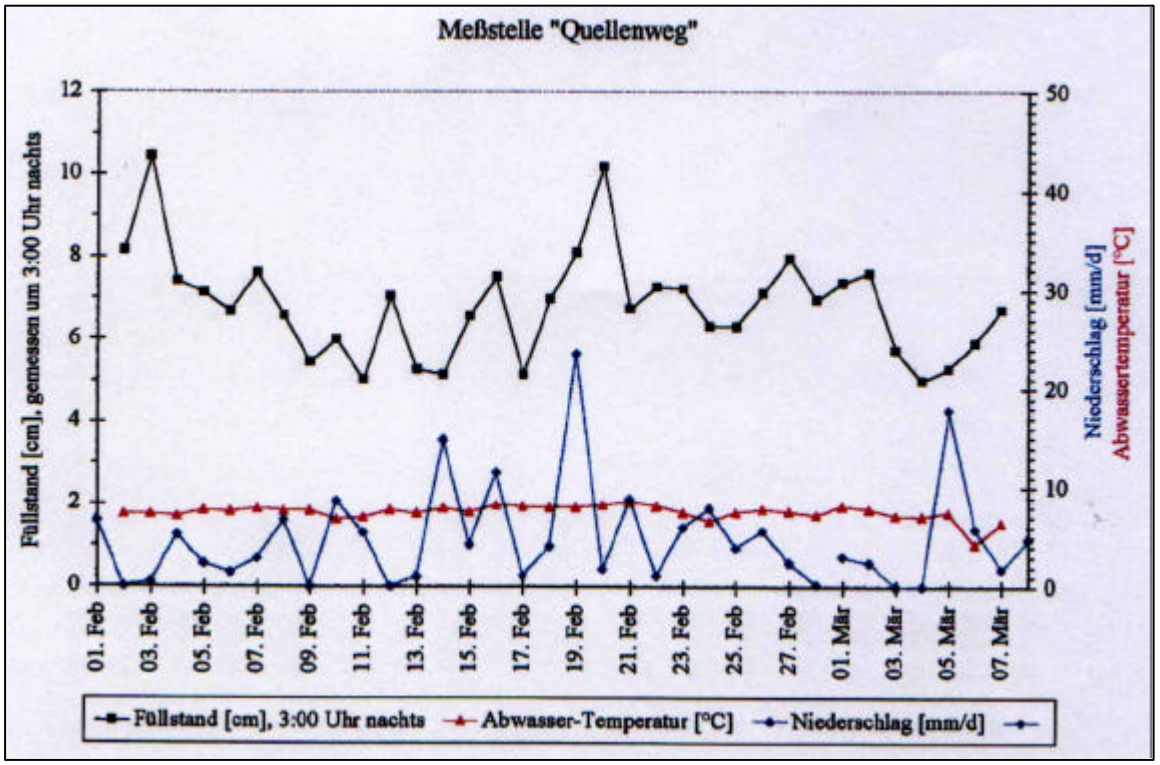


Bild 25: Nächtlicher Abfluß im Sammler „Quellenweg“

Am 15. Februar und 7. März 1995 wurden die Kanäle aller angeschlossenen Nebenstraßen durch Kanalinspektion auf mögliche Fremdwasserzutritte untersucht. Während der Nacht und der Morgenstunden des 15. Februars waren zum Teil ergiebige Niederschläge gefallen, die zum Zeitpunkt der Inspektion ausgesetzt hatten und sich erst in den späten Abendstunden fortsetzten; der 7. März setzte einen am Vortag begonnenen Trockenwetterabschnitt fort. Am 15. Februar konnte bereits in einer kleinen Stichstraße von nur 50 m Länge knapp unterhalb der Kuppe ein stetig fließender Strom unverschmutzten Wassers im Mischwasserkanal beobachtet werden. Auch in den Kanälen der hangabwärts folgenden Nebenstraßen strömte kontinuierlich unverschmutztes Wasser in Richtung des Sammlers "Bruchstraße".

In der Straße "An der alten Heide" wurden am 15. Februar 48,9 m des Kanals entgegen der Fließrichtung inspiziert. Auf dieser Distanz wurden drei Anschlußstutzen im Scheitel des Kanals festgestellt, die alle drei ohne Unterbrechung unverschmutztes Wasser abgaben. Zwei der Anschlußstutzen lagen im Bereich von unbebauten Flächen rechts und links der Straße, einer davon gehörte zu einem Straßeneinlauf, der zweite war möglicherweise an eine Flächendränage in der hangaufwärts liegenden Freifläche angeschlossen, die zum Zeitpunkt der Untersuchung stark vernäßt war und hypodermisch gespeichertes Wasser auf die Straße aussickern ließ. Der dritte Anschlußstutzen im Scheitel des Kanals lag auf der Höhe des ersten Hauses links der Straße. Hier wurden wahrscheinlich verzögert nachfließende Anteile des hypodermisehen Abflusses beobachtet, die von der Hausdränage aufgenommen wurden. Die Inspektion mußte an einem Einsteigschacht in der Mitte des Kanalstrangs abgebrochen werden, weil die Kamera aufgrund der baulichen Verhältnisse ihren Weg nicht fortsetzen konnte. Der Kanal ist an dieser Stelle oberstromig um etwa einen Meter nach oben versetzt; das Abwasser strömt durch die zerstörte Sohle des höherliegenden Kanalabschnitts in ein tieferliegendes Rohrstück ein, das in den Einsteigschacht eintritt.

Dem Gefälle folgend zweigt als nächstes die Straße "Auf dem Langenfeld" ab. Hier wurden mit der Kanalkamera am 15. Februar insgesamt 76,6 m entgegen der Fließrichtung bis zum Haltungsanfang untersucht. Auf der inspizierten Länge wurden insgesamt sieben Rohranschlüsse angetroffen, davon wurde einer als Straßeneinlauf identifiziert, die anderen sind aufgrund ihrer Position jeweils einem Haus zuzuordnen. Von den sieben Anschlüssen führten fünf unverschmutztes Wasser. Einer der beiden trockenen Einlaufstutzen gehört zu dem bereits erwähnten Straßeneinlauf, der zweite zu einem Haus, das nach Auskunft von Anwohnem Brauchwasser aus einer Zisterne entnimmt. Welche Teilströme des Niederschlags in dieser Zisterne aufgefangen werden, konnte nicht ermittelt werden. An den Anschlußstutzen in unmittelbarer Nähe des Haltungsanfangs ist zur Zeit eine Baudränage angeschlossen (Mitteilung des Bauherrn). Die Grundfläche des Neubaus beträgt etwa 50 m^2; während der Inspektion war der Dränagegraben rund um die Kellerbodenplatte mit Niederschlagswasser gefüllt und entwässerte kontinuierlich in den Hausanschluß.

In der hangabwärts folgenden Schelmerather Straße wurde der Strom unverschmutzten Wassers ohne Einsatz der Kanalkamera durch Kontrolle der Einsteigschächte zurückverfolgt. Die Menge des beobachteten unverschmutzten Wassers nahm bis zurn Haltungsanfang an einer lokalen Kuppe nicht wesentlich ab. Die Ursache des hohen Fremdwasseranteils konnte an einem befestigten Wirtschaftsweg lokalisiert werden, der oberhalb der Bebauung an der Schelmerather Straße hangparallel an einer steil gelagerten Grünfläche entlangläuft. Die durch die Niederschläge der letzten Tage und der vorangegangenen Nacht noch wassergesättigte Weidefläche gab über den gesamten Böschungsabschnitt nicht sichtbar austretendes hypodermisches Wasser ab, das sich auf dem

befestigten Wirtschaftsweg sammelte und hangabwärts einem Straßeneinlauf auf der Höhe der Schelmerather Straße zuströmte. Diese über den Straßeneinlauf entwässernde Außenfläche stellt das Äquivalent zu einer Hausdränage vom Typ HL_s dar: wird diese Außenfläche längs des Wirtschaftswegs bebaut, müssen die weiterhin anfallenden Wassermengen des hangabwärts laufenden hypodermischen Abflusses über Hausdränagen aufgefangen und abgeleitet werden.

Die oben bereits beschriebene Straße "Auf dem Langenfeld" macht auf Höhe des Haltungsanfangs einen Bogen und erreicht schräg zum Hang dem Gefälle folgend unterhalb der Einmündung der Schelmerather wieder die Bruchstraße. Am 7. März wurde diese Haltung vom Scheitelpunkt des Bogens mit Hilfe der Kanal-TV-Kamera auf mögliche Fremdwasserzuflüsse durch Hausanschlüsse untersucht. Die Inspektion begann am dritten Einsteigschacht, da der Kanal, der bis zu diesem Punkt zwei Hausanschlüsse aufgenommen hatte, bis hierhin trocken war. Auf einer TV-untersuchten Länge von 85 m wurden sechs Anschlüsse angetroffen, von denen vier kontinuierlich unverschmutztes Wasser an die Kanalisation abgaben. Die Inspektion wurde an dem hier folgenden Fallschacht abgebrochen, weil an dem unterhalb folgenden Kanalabschnitt nur noch ein einziges Haus angeschlossen ist.

Die Inspektion des am Hangfuß verlaufenden Quellenwegs begann auf der Höhe des dem Haltungsbeginn folgenden ersten Einsteigschachts. Die Kamera mußte nach einer Distanz von rund 130 m wegen eines Hindernisses umgesetzt werden und durchfuhr im Anschluß weitere 96 m bis zu dem Einsteigschacht kurz vor der Einmündung in die Bruchstraße, in dem sich zu diesem Zeitpunkt noch das Durchflußmeßgerät befand. Auf der gesamten Inspektionsstrecke wurden sechs Stutzen registriert, die von rechts (gesehen in Fließrichtung) in den Kanal ragten. Diese Anschlüsse konnten nicht zugeordnet werden, da rechts neben der Straße "Quellenweg" direkt eine einspurige Trasse der Bundesbahn anschließt. Alle Stutzen waren absolut trocken; möglicherweise handelt es sich um Dränageeinrichtungen, die inner- oder unterhalb des Schotterbetts verlegt sind und nur bei Niederschlag Wasser führen. Insgesamt wurden zwölf Anschlüsse an den Sammler "Quellenweg" registriert, von denen drei während der Beobachtungszeit ständig unverschmutztes Wasser führten.

Fazit der Untersuchungen im Einzugsbereich des Sammlers "Bruchstraße" ist trotz der fehlenden Ergebnisse einer quantitativen Durchflußmessung, daß dieses hanglägerige Gebiet über alle angeschlossenen Nebensammler unabhängig von der Höhenlage wenigstens während der Winterzeit große Mengen an Fremdwasser an den Sammler "Bruchstraße" abführt, die an dem hier beobachteten hohen Abfluß wesentlich beteiligt sind. In allen inspizierten Nebenstraßen leiteten durchschnittlich die Hälfte der vorhandenen Hausanschlüsse kontinuierlich unverschmutztes Wasser in den Kanal ein. Der Vergleich mit den Verhältnissen an der Schelmerather Straße, wo dem Kanal hypodermisch gespeichertes Wasser aus einer Außenfläche zufloß, stützt die Annahme, daß die Fremdwasserzuflüsse im Hangbereich aus Dränagen des Typs HL_s und eventuell zusätzlich aus Dränagen des Typs HL_{sg} stammen. Im bebauten Bereich wirken diese Dränagen als Senke für Wasser, das bei fehlender Bebauung direkt auf einer vorhandenen Straße austreten kann.

3.3.3.2.5 Untersuchungen im Sammler "Im Auel"

Die Straße im Auel" ist die direkte Fortsetzung des Quellenwegs über die Bruchstraße hinaus nach Westen (vgl. Anlage 5). Sie befindet sich wie der Quellenweg in der Flußniederung und verläuft parallel zu dem südlich steil ansteigenden Hang. Im Bereich der Straße „Im Auel" und der

angeschlossenen Nebenstraßen ist statt der Mischwasserkanalisation ein Trennsystem eingerichtet worden. Der Schmutzwasserkanal ist nicht an die Bruchstraße angeschlossen, sondern entwässert direkt in den Hauptsammler der Overather Straße (B 55).

Bei den Untersuchungen am 1. und 15. Februar wurden den ganzen Tag über konstante Mengen an unverschmutztem Wasser in dem Schmutzwasserkanal beobachtet. In einer Trennkanalisation sollten aber nur im Regenwasserkanal unverschmutzte Wässer fließen, daher konnte das beobachtete Wasser im Gegensatz zur Mischwasserkanalisation bereits zu diesem Zeitpunkt der Untersuchung eindeutig als Fremdwasser identifiziert werden. Im östlichen Teil der Straße dominiert Wohnbebauung mit Ein- und Mehrfamilienhäusern, während der westliche Abschnitt von einem großen Industriegebiet eingenommen wird.

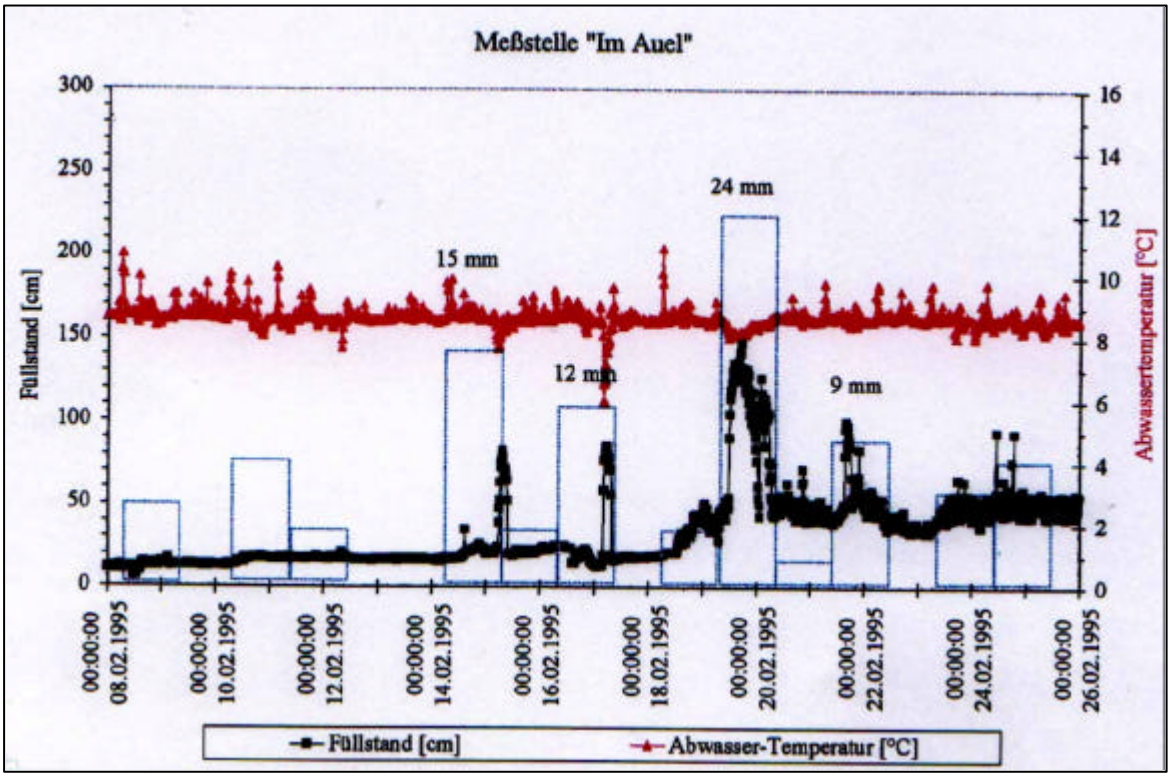


Bild 26: Der Schmutzwasserkanal "Im Auel" ist massiv von Fremdwassereinleitungen betroffen, wie die Reaktion auf Niederschlagsereignisse und der Temperaturverlauf deutlich belegen

Der Durchflußmengenmesser wurde am 1. Februar gegen 23 Uhr im letzten Einsteigschacht vor dem Anschluß an den Hauptsammler in der B 55 eingebaut und nahm bis zum 8. März kontinuierlich Meßdaten auf Bei der Bergung des Geräts am Ende der Meßperiode war der Meßaufnehmer im Kanal hoch mit Feststoffen überschichtet, die einen starken Aufstau verursacht hatten. Der in Bild 26 nach dem 18. Februar zu beobachtende angehobene Grundpegel des Abflusses ist daher wahrscheinlich ein durch diesen Effekt verursachter Artefakt, Kritisch zu bewerten sind auch die viel zu hohen Ergebnisse der Füllstandsmessung. Das Rohr hatte eine Nennweite von DN 300, in den Spitzen wurden aber ein Wasserstand von bis zu 1,50 m gemessen. Die hoch im Einsteigschacht aufgehängte Datenerfassungseinheit war bei der Bergung am 8. März sehr stark verschlammt, daher besteht die Möglichkeit, daß der Druckausgleichschlauch des Füllstandsmessers bei einem Rückstau im Kanal

überflutet und in seiner Funktion stark beeinträchtigt worden ist. Die vorliegenden Daten können daher unter Vernachlässigung der Absolutwerte nur als Trend bewertet werden.

Die starken Aufhöhungen des Füllstands nach Niederschlagsereignissen am 14., 16., 19. und 21. Februar sind wahrscheinlich signifikant. Hier ist an den synchronen Peaks des Füllstands und der Temperatur klar zu erkennen, daß der Schmutzwassersammler „Im Auel" massiv durch Fehlanschlüsse betroffen ist. Die niedrigen Temperaturen, die mit den genannten Abflußspitzen gekoppelt sind (mit Ausnahme des 21. Februars) belegen, daß hier Niederschlagswasser als Oberflächenabfluß von versiegelten Flächen bzw. über Dränageeinrichtungen eingeleitet wird. Auch während der Nachtzeiten hält der während der tagsüber bei Begehungen festgestellte Abfluß offensichtlich an. Die Wassertemperaturen lagen nachts während des gesamten Beobachtungszeitraums bei konstant 8,5°C. Für den konstanten nächtlichen Abfluß sind unter anderem die festgestellten Undichtigkeiten (s.u.) zwischen Kanal und mehreren Einsteigschächten auf der Strecke verantwortlich, sowie Hausdränagen, die offensichtlich unterhalb des in der Flußniederung sehr hohen Grundwasserspiegels liegen.

Bild 27. Infiltration von Grundwasser an einem undichten Schachtanschluß

Die Kanalinspektion wurde im Übergang zwischen der Wohnbebauung und dem Industriegebiet angesetzt und zu beiden Seiten ausgedehnt. In Richtung der Wohnbebauung konnten insgesamt 73,5 m geschlossen befahren werden. Auf 46 m Länge konnten keine Wassereintritte beobachtet werden, obwohl die Rohrverbindungen an vielen Stellen ungenügend ausgeführt waren und zum Teil über den ganzen Umfang offene Fugen beobachtet werden konnten. Der erste Hausanschluß an der durchfahrenen Strecke jedoch leitete sowohl bei der Inspektion am 1. wie auch 15. Februar kontinuierlich Fremdwasser in den Schmutzwasserkanal ein. Nach weiteren 20 m konnte eine zweite Fremdwasserinfiltration beobachtet werden. An der Auslaufseite eines gemauerten Einsteigschachts (vgl. Bild 27) war das Rohr mangelhaft eingebunden, so daß an beiden Rohrkämpfern durch undichte Mörtelfugen in waagerechtem Strahl Wasser eintrat. Der hierfür notwendige hydrostatische Druck läßt vermuten, daß es sich bei dem infiltrierenden Wasser um Grundwasser handelt. In dem Schachtbauwerk befindet sich ein Zulauf aus der Nebenstraße 'Lerchenweg". Auch hier floß ständig Wasser. Eine während des 1. Februars im Lerchenweg durchgeführte Kanalinspektion mußte allerdings ohne Erfolg abgebrochen werden, weil die Kamerafahrt nach Passieren eines "trockenen" Hausanschlusses durch Hindernisse auf der Sohle des Kanals nicht fortgesetzt werden konnte.

Im weiteren Verlauf des Sammlers „Im Auel" wurde in 2,5 m Distanz zu dem defekten Schachtbauwerk ein undichter Hausanschluß festgestellt. An der unsachgemäß ausgeführten Einbindung des nachträglich hinzugefügten Hausanschlusses drang unter schwachem Druck Wasser in den Kanal ein, während der Zulauf selber während der Beobachtungszeit sowohl am 1. und 15. Februar trocken war. Vor Erreichen des nächsten Einsteigschachts mußte die Inspektion abgebrochen werden, weil die Kamera nach Durchfahren einer leichten Kurve auf dem rutschigen Untergrund des nicht gespülten Steinzeugrohrs bei beiden Inspektionsterminen zu hohe Traktionsverluste hatte. Durch Öffnen weiterer Schachtdeckel in Kamerafahrtrichtung konnte jedoch festgestellt werden, daß oberhalb der letzten festgestellten Fremdwasserinfiltration nur wenig Wasser im Schmutzwasserkanal vorhanden war, das an einigen Stellen offensichtlich durch Aussackungen des Kanals zum Stehen kam.

In Fließrichtung des Wassers in das Industriegebiet hinein konnte nach 23 m Wegstrecke kurz vor einem Einsteigschacht ein Zulauf von der linken Seite festgestellt werden, der entweder zu einer dort angesiedelten Autoverwertung oder einem Getränkegroßhandel gehört. Hier floß ständig Fremdwasser in den Schmutzwasserkanal. Nach Passieren des direkt anschließenden Einsteigschachts mußte die Inspektion nach 77 m am darauffolgenden Schacht abgebrochen werden, weil die Kamera wiederum aufgrund mangelnder Traktion nicht weiter konnte. Nach Umsetzen der Kamera konnte nach 29,9 m ein weiterer Anschluß an der linken Seite inspiziert werden, der jedoch zum Zeitpunkt der Untersuchung kein Wasser führte. Nach 55 m mußte auch dieser Inspektionsabschnitt abgeschlossen werden, weil die Kamera aufgrund von Hindernissen an der Kanalsohle nicht mehr weiterfahren konnte.

Während der Untersuchung des Kanals im Bereich des Industriegebiets setzte ein heftiger Platzregen ein, der in einen etwa einstündigen ergiebigen Niederschlag überging. Der Wasserstand im Schmutzwasserkanal reagierte nahezu unverzögert, und der Abfluß erhöhte sich für die Dauer des Niederschlagsereignisses erheblich und ging auch nach Aussetzen des Regens nur langsam wieder zurück.

Am 8. März wurde erneut versucht, den noch nicht untersuchten Abschnitt des Schmutzwassersammlers bis zum Übergabepunkt an den Hauptsammler zu inspizieren. Aufgrund des starken LKW-Verkehrs im Gewerbegebiet während der Tageszeit konnte die Inspektion nicht in Fließrichtung durchgeführt werden (das Fahrzeug hätte sonst die Straße blockiert), der hohe Wasserstand verhinderte aber die Kamerafahrt in Gegenrichtung. In dem benutzten Einsteigschacht konnte eine weitere Undichtigkeit zwischen Ausmauerung und Kanalisationsrohr festgestellt werden, durch die während der Beobachtungszeit kontinuierlich Grundwasser in den Kanal eindrang.

Auf der Basis der Durchflußmessungen und der durchgeführten Inspektionen konnte belegt werden, daß der Schmutzwassersammler „Im Auel" durch erhebliche Mengen eindeutig identifizierbaren Fremdwassers betroffen ist. Die Ursache ist in Infiltrationen durch undichte Rohranschlüsse und in Fehlanschlüssen privater und industrieller Einleiter zu suchen. Sofern es sich auch im industriellen Bereich ausschließlich um eingeleitetes Dränagewasser handelt, müssen die Dränagen dem Typ LL zugeordnet werden. Eine Differenzierung in die Untereinheiten LL_g oder LL_{tg} ist nur durch ergänzende Untersuchungen während der trockenen Jahreszeit möglich. Offen bleibt auch die Herkunft der ganz erheblichen Wassermengen, die sich auf dem bisher noch nicht inspizierten Abschnitt zu den Mengen addieren, die bisher diskreten Quellen zugeordnet werden konnten. Hier sind weitere Inspektionsfahrten notwendig.

3.4 Bewertung der Untersuchungsergebnisse

Bei der Diskussion der Abflußganglinien der Kläranlage Ehreshoven deutete sich bereits an, daß das Problem "Fremdwasser" vielschichtig ist. Hier konnten in der Analyse bereits zwei unterschiedliche Szenarios voneinander getrennt werden; zum einen ein ganzjährig weitgehend konstanter Basisabfluß, zum anderen Spitzenbelastungen während der Niederschlagsperiode im Winter.

Bei der Reduzierung der Problemstellung auf den Komplex "Fremdwasser durch Dränageanschlüsse" vereinfacht sich die Situation durchaus nicht, wie Untersuchungen in ausgewählten Einzugsgebieten der Gemeinde Engelskirchen zeigen. Mit Durchfluß- und Temperaturmessungen sowie umfangreicher. Kanalinspektionen konnte nachgewiesen werden, daß in der für das Kanalnetz und die Kläranlage kritischen Phase des wasserwirtschaftlichen Zyklusses, d. h. während der niederschlagsreichen Winterzeit, nicht nur undichte Kanäle (sowie undichte Hausentwässerungsanlagen) und Hausdränagen unter dem Einfluß von Grundwasser in der Flußniederung zu dem gemessenen Fremdwasser beitragen, sondern zu einem ganz gravierenden Teil Wassermengen, die von undichten Hausentwässerungsanlagen und Hausdränagen in *Hanglage* in den Kanal eingeleitet werden.

Bei den drei untersuchten Sammlem im Einflußbereich der Flüsse Agger ("Im Auel", "Quellenweg") und Leppe („Im Leppegarten") führten 50 % der untersuchten Hausanschlüsse Fremdwasser. Diese Fremdwasserzuflüsse können unter Vorbehalt den Dränagetypen LL_{tg} und LL_{g} zugeordnet werden. Unter Vorbehalt deshalb, weil zunächst durch Inspektionen der Hausanschlüsse mit Hilfe einer Satellitenkamera ausgeschlossen werden muß, daß das Wasser über defekte Hausentwässerungsanlagen aufgenommen wird. An den untersuchten Standorten konnten mehrfach Grundwasserinfiltrationen im Bereich mangelhaft ausgeführter Anschlußstutzen und undichter Verbindungen zwischen Schacht und Kanalrohr nachgewiesen werden, die zum Teil ganz erhebliche Wassermengen in den Kanal aufnahmen.

Insgesamt wurden zwei Einzugsgebiete in Hanglage intensiv untersucht. Das Einzugsgebiet des Sammlers "Wohlandstraße" mußte aufgrund hoher nächtlicher Abwasserflüsse von den angeschlossenen Krankenhäusern weitgehend aus der Betrachtung ausgeschlossen werden. Von dem Einzugsgebiet "Bruchstraße" liegen aussagekräftige Ergebnisse einer detaillierten TV-Inspektion vor, die Daten der einmonatigen Abflußmessung gingen jedoch durch ein technisches Versagen vollständig verloren. Hier ist also nur eine qualitative bis halbquantitative Betrachtung möglich.

Das Erscheinungsbild des Einzuggebiets "Bruchstraße" in Hanglage unterscheidet sich während der niederschlagsreichen Zeit nicht grundsätzlich von der Situation, wie sie in den Kanälen beobachtet wurde, die aufgrund ihrer Lage zum Grundwasserspiegel in der Flußniederung als erste verdächtigt werden, zu dem hohen Fremdwasseraufkommen beizutragen. Tatsächlich führten auch in Hanglage über 50 % aller untersuchten Hausanschlüsse während der Beobachtungszeit (Trockenwetter) ständig unverschmutztes Wasser. Wie der Vergleich mit einer frei auf einen befestigten Wirtschaftsweg entwässernden Außenfläche zeigte, entstammen diese Beiträge zu einem nicht geringen Teil Niederschlagswasser, das in den unbefestigten Hangflächen hypodermisch zwischengespeichert vorliegt. Dieses Wasser folgt dem Gefälle und kann genau wie Grundwasser aus einem Hangschuttgrundwasserleiter bei einem Anschnitt durch eine Straßenanlage oder eine Hausdränage über die Querschnittsfläche austreten. Die Beobachtungen stützen intensiv die Annahme, daß sich ein Großteil der Fremdwasserzuflüsse aus Hausdränagen in Hanglage unter den Abflüssen während des Niederschlagsereignisses verbirgt, wenn Niederschlagswasser ohne wesentliche Rückhaltung auf

Außenflächen hangabwärts fließt. Wenn ergänzende Inspektionen der Hausanschlüsse mit Hilfe einer Satellitenkamera ausschließen können, daß an dem Phänomen undichte Hausentwässerungsanlagen beteiligt sind, können die beobachteten Fremdwasserzuflüsse Hausdränagen des Typs HLS und eventuell HLsg zugeordnet werden.

Die Untersuchungen an ausgewählten Standorten in Flußniederungen und Hanglagen belegen eindeutig, daß während der winterlichen Niederschlagsphase sowohl Hausdränagen der Tiefebene (LL) als auch in Hanglage (HL) mit vergleichbaren Anteilen zu den Fremdwasserabflüssen beitragen können.

Es ist unbedingt erforderlich, während der sommerlichen Niederschlagsphase weitere Untersuchungen durchzuführen, um den Beitrag der so identifizierten Dränagetypen LL und HL aus ihren Subtypen differenzieren zu können. Diese Analyse wird außerdem Aufschluß darüber geben, welche Teile des Fremdwasserstroms den in der Ganglinie der Kläranlage nachgewiesenen Grundabfluß bilden.

4 Lösungsansätze zum Problem "Fremdwasser durch Dränageanschlüsse"

Auf der Basis der in dieser Studie geleisteten Untersuchungen steht fest, daß Hausdränagen zu einem festgestellten Frerndwasseraufkommen beitragen können. Die erforderliche Lösung des Problems wird im folgenden sowohl unter technischen wie juristischen Aspekten beleuchtet. Das Ziel eines jeglichen Lösungswegs sollte eine Minimierung der Belastung von Mensch und Umwelt sein.

4.1 Der technische Ansatz

Prinzipiell bestehen zwei Möglichkeiten zur Lösung der oben näher eingegrenzten Problemstellung. Die einfachste, aber auch gleichzeitig sozial unverträglichste ist, alle vorhandenen Dränageanschlüsse zu beseitigen. Mit dieser Maßnahme ist direkt eine Verschlechterung der Wohnqualität die Folge, da durch die fehlende Dränage Feuchtigkeitsschäden und (speziell bei Dränagen des Typs LL, vgl. Kapitel 2.1.1.2.1, S. 6) unter Umständen Überflutungen im Souterrainbereich zu erwarten sind. Damit verbunden ist nicht nur eine Einschränkung der Nutzungsmöglichkeit, sondern auch eine erhebliche Wertminderung des Objekts, bzw. erhöhte Kosten zur Instandhaltung der Bausubstanz. Die Entscheidung zugunsten dieser Variante macht eine Überprüfung der Rechtmäßigkeit hinsichtlich anlagen- und benutzungsrechtlicher, gebührenrechtlicher und haftungsrechtlicher Gesichtspunkte notwendig (vgl. Kapitel 4.2. 1, S. 60).

4.1.1 Abtrennung der Dränage von der Hausentwässerungsanlage

Die zweite grundsätzliche Lösung besteht darin, den vorhandenen Anschluß der Hausdränage von der Hausentwässerungsanlage abzutrennen und das Dränagewasser separat zu beseitigen. Dieser Ansatz wird (ähnlich wie eine vollständige Beseitigung des Anschlusses) dadurch entscheidend erschwert, daß sich die Verbindung zwischen der Dränageleitung und der Hausentwässerungsanlage meistens im Bereich der Grundleitungen befindet, die unzugänglich unterhalb des Gebäudes im Boden liegen (vgl. Bild 28). Nachträgliche Änderungen an der Hausentwässerungsanlage werden in der Zukunft nur dann

möglich sein, wenn das Konzept der Sammelleitung [36] verbindlich eingeführt wird. Sammelleitungen werden im Gegensatz zu Grundleitungen oberhalb der Kellersohle zugänglich verlegt und sind jederzeit veränderbar. Leider werden derartige Einrichtungen zur Zeit nur dann installiert, wenn das Niveau des Abwasserkanals in der Straße zu hoch liegt. WELTER [37] skizziert in seinen Lösungsansätzen zum Fremdwasserproblem auch nur den günstigen Fall, daß die einzelnen Wasserströme (Abwasser, Niederschlags- und Dränagewasser) wenigstens teilweise getrennt erst außerhalb des Hauses in einem zugänglichen Revisionsschacht zusammengeführt werden (vgl. Bild 29). In diesem Fall ist es natürlich relativ einfach, die Hausdränage von der Hausentwässerungsanlage abzutrennen und gesondert an einen Dränage- oder Regenwasserkanal anzuschließen (vgl. Bild 30). WELTER [37] empfiehlt in diesem Zusammenhang, statt des vorhandenen und möglicherweise schadhaften Mischwassersammlers den neu verlegten Kanal als Schmutzwasserkanal zu nutzen, um Exfiltrationen von wassergefährdenden Stoffen in den Untergrund zu vermeiden.

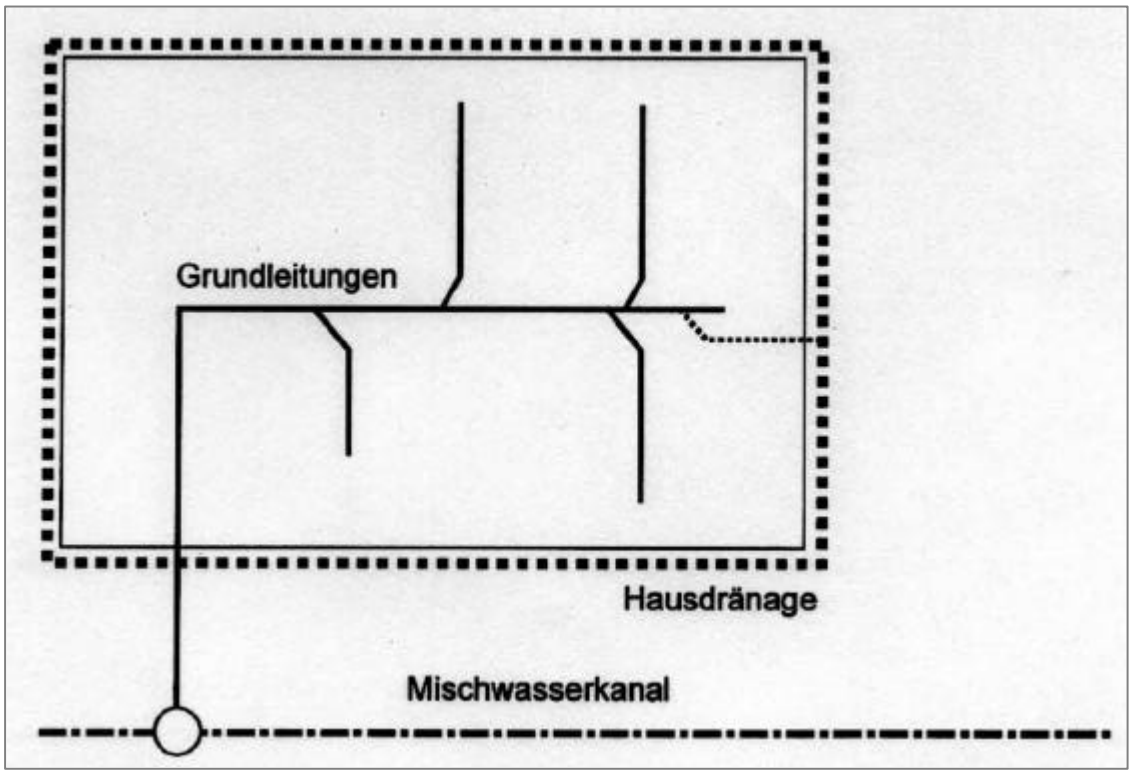


Bild 28: Wenn die Hausdränage unterhalb der Kellersohle an die Grundleitungen angeschlossen ist, wird eine nachträgliche Abtrennung schwierig

Wenn aus den Leitungsplänen des Hauses ersichtlich ist, an welcher Stelle die Ableitung des Dränagerohrs unter die Grundplatte führt, wäre hier mit relativ geringem Aufwand eine Abtrennung von der Hausentwässerungsanlage möglich. Allerdings muß durch Verdämmung des verbleibenden Blindstutzens unter der Kellersohle gewährleistet werden, daß bei einem Rückstau in der Kanalisation kein Abwasser auf diesem Weg in den Boden austreten kann.

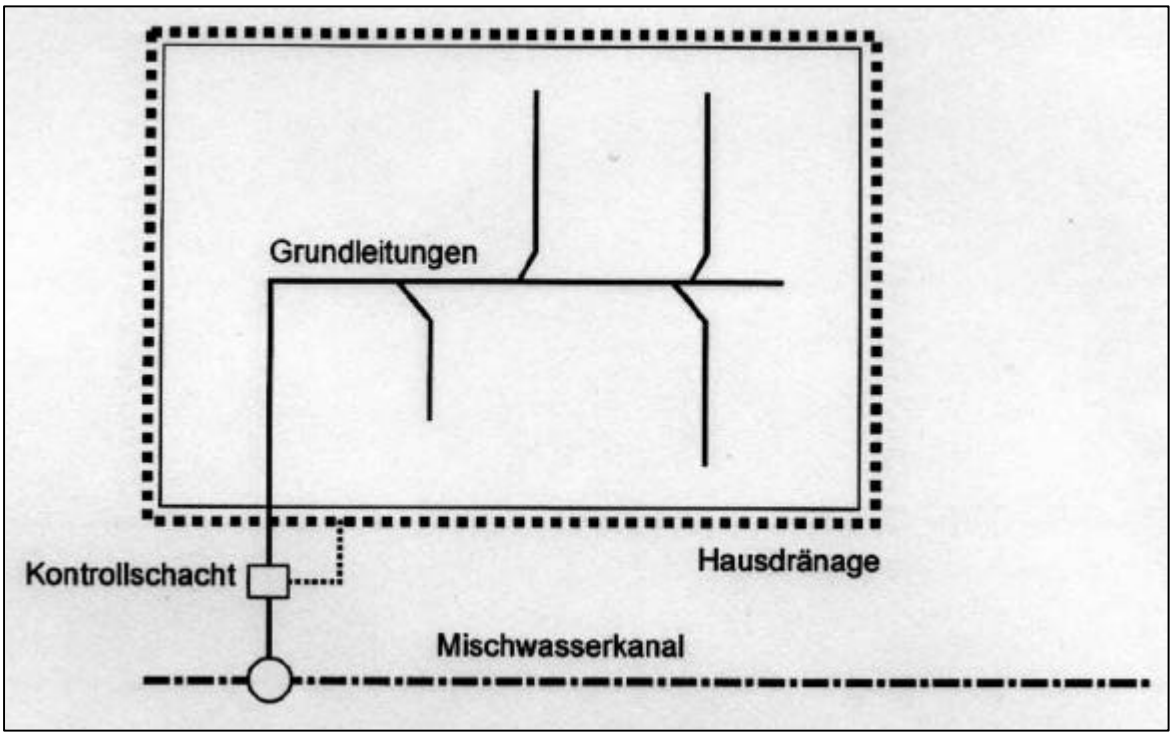


Bild 29. Schmutzwasser- und Dränagewasserleitung sind außerhalb des Hauses in einem Revisionsschacht zusammengeführt und können nachträglich voneinander entkoppelt werden (vereinfacht nach [37])

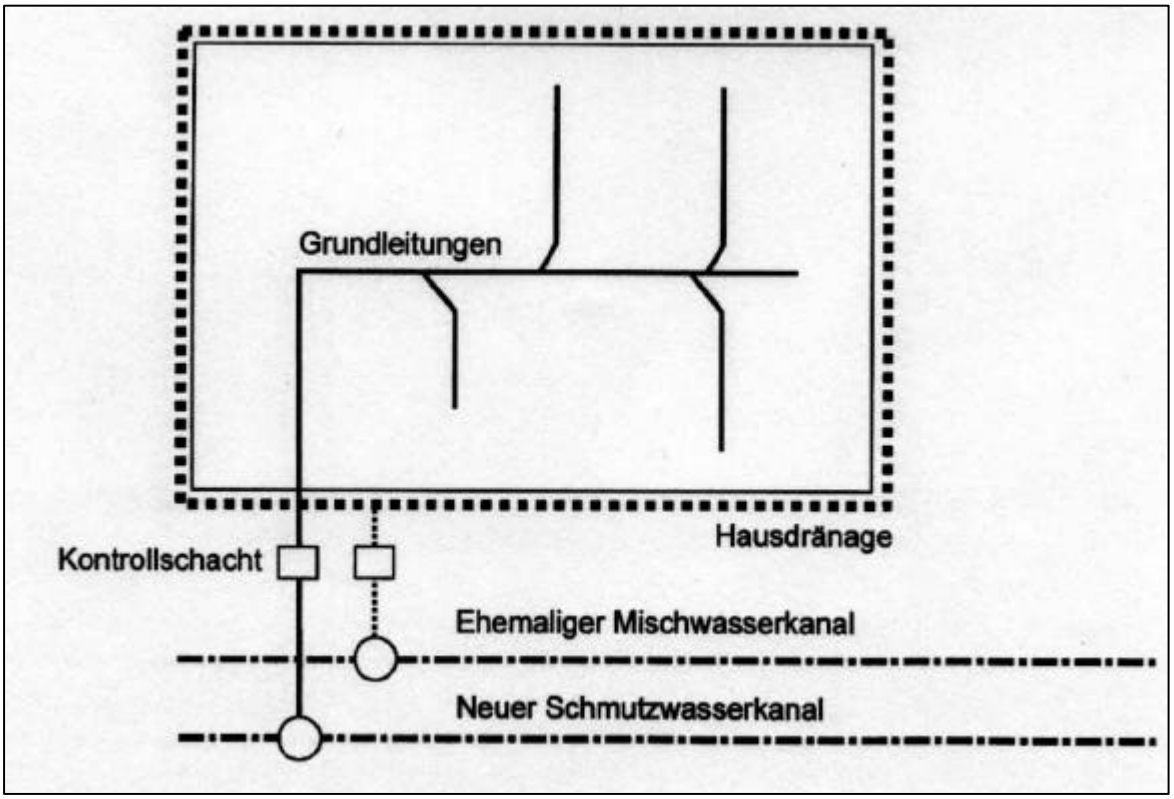


Bild 30: Trennung von Schmutz- und Dränagewasser nach Anlage eines neuen Schmutzwassersammlers (vereinfacht nach [37])

Ist der Anschlußpunkt in den vorhandenen Unterlagen nicht zu lokalisieren oder bestehen Zweifel über die Position, besteht nur noch die Möglichkeit, die Abwasserableitung vollständig von den Grundleitungen abzutrennen und mittels einer neu zu errichtenden Sammelleitung abzuführen. Die Grundleitungen führen dann nur noch Dränage- und eventuell Niederschlagswasser; die bisherige Hausentwässerungsanlage kann somit zur separaten Ableitung der unverschmutzten Wässer genutzt werden.

4.1.2 Ableitung des Dränagewassers

Nach der Bewältigung dieser Anfangsschwierigkeiten stellt sich die Frage, wohin das Wasser abgeleitet werden soll. Hier müssen mehrere Ansätze, getrennt nach den oben diskutierten unterschiedlichen Dränagetypen, angesprochen werden. Grundsätzlich sollte nicht immer der am leichtesten gangbare Weg bevorzugt werden. Sicherlich liegt es sehr nahe, die Wässer, die durch Dränagen dem natürlichen Wasserkreislauf entzogen werden, "auf dem kürzesten Weg der natürlichen Vorflut wieder zuzuführen", wie man es so oder ähnlich oft genug lesen kann. Die Hochwasserereignisse der letzten Jahre und speziell des Jahrs 1995, die weite Teile der Niederlande während des Februars zu Notstandsgebieten haben werden lassen, geben deutlich genug Anlaß zu einem Umdenken in allen Belangen, die Eingriffe in den Wasserhaushalt bedeuten. Am weltweiten jag des Wassers" wiesen Vertreter der Bundesregierung verstärkt darauf hin, daß Hochwasserschutz nicht nur als eine Verbesserung von Deich- und Schutzbauten verstanden werden könne (Westfälische Rundschau vom 22.3.95).

Tatsächlich ist es bei allen Teilströmen des versickernden Niederschlags ungünstig, sie nach dem Auffangen, z. B. auf versiegelten Flächen, direkt in das nächstgelegene Gewässer zu leiten. Hier wird nämlich ein wichtiges Speicherelement des Wasserkreislaufs, die Sicker- und Grundwasserstrecke, kurzgeschlossen. Niederschlagsanteile, die den Vorfluter normalerweise erst lange nach einem Regenereignis verzögert erreichen, addieren sich bei direkter Einleitung zeitgleich zu der durch natürlichen Oberflächenabfluß erhöhten Wasserführung. Bei allen Anlagen, die eine Ableitung von Niederschlagskomponenten erforderlich machen, sollte daher die Ausnutzung natürlicher Rückhalteräume immer berücksichtigt werden.

4.1.2.1 Ableitung von Dränagewasser aus Dränagen des Typs LL

Bei der Ableitung von Dränagewasser aus Dränagen des Typs LL wirft die Forderung nach Rückführung des Wassers in natürliche Rückhaltemedien Schwierigkeiten auf Die Anlage von Sickerschächten zur Versickerung von nicht nachteilig veränderten Wässern nach den Richtlinien des ATV-Arbeitsblatts A 138 ist bei geringen Flurabständen generell schwierig, da die Auflagen für Mindestabstände zum Grundwasserspiegel nicht erfüllt werden können und der notwendige Speicherraum nicht zur Verfügung steht. Im Umfeld von Häusern, die im Kellerbereich durch Grundwasser gefährdet werden, sind diese Verhältnisse natürlich in extremern Maße gegeben. Daneben macht eine Versickerung im engen städtischen Raum natürlich auch wenig Sinn, weil die räumlich ausgedehnte Aufhöhung des Grundwasserspiegels möglicherweise weitere Bauwerke in Mitleidenschaft zieht. Hier kommt oftmals, wie auch von WELTER [37] vorgeschlagen, nur der Bau eines Dränagewasserkanals in Frage, der nach Möglichkeit (bei ausreichend niedrigem ständigen Grundabfluß) mit einem Rückhaltebecken gekoppelt sein sollte. Da das abgeführte Wasser nach

hydrogeologischen und rechtlichen Gesichtspunkten [38] Grundwasser ist, sollte der künstliche Speicherraum durch einen durchlässigen Untergrund als Versickerungsbecken ausgelegt werden, so daß der Hochwasserwelle nur bei vollem Einstau des Beckens Abschlagwasser addiert wird. WELTER [37] schlägt vor, bei der Einrichtung eines separaten Kanals gleichzeitig die Sicherheit des Systems dadurch zu erhöhen, daß der neu angelegte Kanal als Schmutzwasserkanal genutzt wird. Der alte Kanal, von dem anzunehmen ist, daß er die Forderungen nach Dichtheit nicht mehr an allen Punkten erfüllt, kann dann zur Ableitung der Wässer verwendet werden, von denen unter normalen Umständen keinerlei Gefährdung für den Boden und das Grundwasser ausgeht.

Der Dränagewasserkanal und die angeschlossenen Rückhalteeinrichtungen sollten erst nach Abschluß aller Sanierungsarbeiten am Hauptsammler und allen von infiltrierendem Grundwasser betroffenen Kanalabschnitten geplant und dimensioniert werden. Die Wiederherstellung einer dichten Kanalisation hat unter Umständen ein lokales Ansteigen des Grundwasserspiegels zur Folge, der wiederum den Anteil an Dränagewasser erhöhen kann, weil nun mehr Hausdränagen unter Grundwassereinfluß geraten. Dieser Hinweis betrifft vor allen Dingen den jahreszeitlich unabhängigen Grundabfluß. Die Zuflüsse, die durch Infiltration eines Flusses in einen Grundwasserleiter als Folge einer flußab laufenden Hochwasserwelle erzeugt werden, dürften davon nicht oder nur unwesentlich berührt werden. In jedem Fall muß dem Bau eines zentralen Dränagewasserkanals ein umfangreiches Meßprogramm zur Quantifizierung der Fremdwassermengen vorausgehen. Die Fremdwasseranteile sollten im Idealfall haltungsweise bestimmt werden. Dabei sollten die negativen Erfahrungen mit Messungen geringer und geringster Wassermengen, die auch in dieser Studie gemacht wurden (vgl. Kapitel 3.3.1, S. 23), nicht außer acht gelassen werden.

Kosten- und Aufwandsreduzierungen sind vorstellbar, wenn statt des zentralen Dränagewasserkanals eine dezentrale Ableitung des Dränagewassers als Einzellösung für jede Dränage gewählt wird. Dieses Konzept ermöglicht es auch, statt der direkten Einleitung in einen nahegelegenen Vorfluter im Einzelfall eine Versickerung zu wählen, wenn die räumlichen und hydrogeologischen Gegebenheiten es zulassen.

4.1.2.2 Ableitung von Dränagewasser aus Dränagen des Typs HL

Neben den Dränagen des Typs LL müssen, wie die Ergebnisse der vorliegenden Studie gezeigt haben, Dränagen von Häusern im Hangbereich (Typ HL) bei der Eindämmung des Problems "Fremdwasser durch Dränageanschlüsse" berücksichtigt werden. Die Anteile aus diesen Dränagen sind wegen der großen Einzugsgebiete sehr hoch, der Hauptteil tritt aufgrund der in Hanglage stark verringerten Versickerungsrate zeitgleich zum Niederschlagsereignis auf. Eine Versickerung der abzuleitenden Dränagewässer in der Verwitterungszone des Festgesteinskörpers fällt wegen der geringen Durchlässigkeit aus. Das Festgestein selber kann aber eine ausreichende Trennfugendurchlässigkeit besitzen, die eine Versickerung von Dränage- und eventuell Dachflächenwässern von Wohnhäusern ermöglicht. Hier sollten verstärkt Möglichkeiten geprüft werden, auch im Mittelgebirge versickerungsfähige Niederschlagsanteile auf diesem Weg wieder in die natürlichen Speichervolumina zurückzugeben. Das erfordert unter anderem auch eine Erweiterung des ATV-Arbeitsblatts A 138, das bisher ausschließlich auf die Versickerung in Lockergesteinskörper eingeht, um Ausführenden und Behörden die notwendige Richtlinie an die Hand zu geben. Im Bereich Engelskirchen sind gute Versickerungsmöglichkeiten hauptsächlich östlich des Ortsteils Hardt im Verbreitungsfeld klüftiger Kalke und Sandsteine zu erwarten. Im übrigen Ortsgebiet ist die Trennfugendurchlässigkeit mäßig bis gering [25], wird aber lokal durch Störungszonen wesentlich verbessert.

In Hanglage besteht aufgrund des hohen Anteils hypodermischen Wassers in der Dränage wahrscheinlich die Möglichkeit, eine kostenaufwendige Abtrennung der Hausdränage unter der Grundplatte zu umgehen. Wenn hangaufwärts ein neuer Drängraben angelegt wird, der Anschluß an ein zentrales oder dezentrales Versickerungssystem hat, kann die ursprüngliche Hausdränage wahrscheinlich weitgehend "trockengelegt" werden. Derartige Möglichkeiten sollten in Pilotprojekten an geeigneter Stelle untersucht werden. Diese Lösung betrifft auch den Fremdwasseranteil, der als Oberflächenabfluß von Außenflächen der Straßenkanalisation zuläuft, oder über planumsparallel verlaufende Entwässerungsgräben direkt dem Vorfluter zugeführt wird.

Es sollte nicht außer acht gelassen werden, daß die Anteile des Niederschlagswassers, die von Außenflächen in den Straßenkanal gelangen, äquivalent zu den Dränagewasseranteilen sind. Um eine allumfassende Lösung des Problems "Fremdwasser aus Dränageanschlüssen" zu realisieren, müssen derartige Fremdwasseranteile mit berücksichtigt werden.

Ein Anschluß an ein neu zu errichtendes Dränagewasserkanalsystem würde enorme Investitionen in den Neubau der entsprechenden Kanalinfrastruktur notwendig machen. In diesem Fall sollte unbedingt geprüft werden, ob nicht eher dezentrale Versickerungsanlagen, die bei der Gründung im Festgestein erheblich teurer ausfallen, bezuschußt werden können. Hier sollten auch von Bund und Land im Rahmen des Hochwasserschutzprogramms Gelder bereitgestellt werden, um Techniken einer sinnvollen Rückführung von Niederschlags- und Dränagewasser in Grundwasserspeicherräume im Festgestein zu ermöglichen, und damit eine weitreichende Entlastung der Flüsse von bisher direkt eingeleitetem Hangflächenwasser zu erreichen.

4.2 Die juristische Sichtweise

Wie in vorangegangenen Kapiteln gezeigt wurde, ist die Ableitung von Dränwasser in die öffentliche Kanalisation nicht zulässig, sofern man technische Regelwerke wie die DIN-Norm 4045 oder die DIN EN 752 als Grundlage der Beurteilung heranzieht (vgl. Kapitel 2.1.1, S. 3). Dränagewasser ist auf dieser Basis Bestandteil des Fremdwassers, das dem Bestimmungszweck des Misch- und Schmutzwasserkanals nicht entspricht und daher nicht über diese Systeme abgeleitet werden darf Der juristische Ansatz zur Lösung des Problems "Fremdwasser durch Dränageanschlüsse" ist dagegen nicht so einfach, wie die technische Sichtweise es vermuten läßt.

Zur Klärung der rechtlichen Fragestellungen wurde im Rahmen der vorliegenden Studie ein Gutachten durch das Institut für Umweltrecht (IUR) in Bremen erarbeitet [38], das als Bestandteil des Gesamtberichts in diese Schlußfolgerungen eingeht. Das Rechtsgutachten sollte insbesondere entscheiden, ob die negativen Folgen der Einleitung von Dränagewasser in die Kanalisation hingenommen werden müssen, oder ob eine Rechtsgrundlage dafür besteht, entweder die Anschlüsse nachträglich zu beseitigen oder eine andersartige Ableitung durchzusetzen. Das IUR hat den status quo der Dränageanschlüsse sowohl in anlagen- und benutzungsrechtlicher, gebührenrechtlicher wie auch haftungsrechtlicher Sicht geprüft. Das Gutachten erläutert außerdem die rechtlichen Voraussetzungen zum Bau und zur Finanzierung eines Dränagekanals, der als eine technische Möglichkeit zur Lösung des Fremdwasserproblems genannt worden war, und gibt Hinweise auf die rechtlichen Probleme der Nutzung der Kanalisation als Stauraum.

4.2.1 Rechtliche Aspekte vorhandener Dränageanschlüsse

Bei der Entwässerung von Böden durch Dränageeinrichtungen wird unterirdisches Wasser abgeleitet. Formell handelt es sich dabei um eine Anlage zur Gewässerbenutzung, für die eine wasserrechtliche Erlaubnis bzw. Bewilligung nach §§ 2, 3 Abs. 1 Nr. 6, 7 Wasserhaushaltsgesetz (WHG) NRW vorliegen muß, da keiner der im WHG formulierten Ausnahmetatbestände auf den vorliegenden Sachverhalt der Hausdränage anwendbar ist. Da es sich bei einer Dränage um eine bauliche Anlage im Sinne von § 2 Abs. 1 Bauordnung (BauO) NRW handelt, ist daneben eine vor dem Bau der Dränageeinrichtung einzuholende Baugenehmigung nach § 60 Abs. 1 (Bau0) notwendig, die erst dann erteilt werden darf, wenn die wasserechtliche Erlaubnis (resp. Bewilligung) für die Benutzung des unterirdischen Wassers vorliegt. Wenn im Ortsentwässerungsrecht eine entsprechende Genehmigungserfordernis enthalten ist, muß zusätzlich eine Erlaubnis bei der Gemeinde eingeholt werden.

§ 15 Abs. 1 Satz 1 BauO NRW fordert die Gewährleistung der Standsicherheit eines Bauvorhabens. Ein Einflußfaktor ist die Tragfähigkeit des Baugrunds, die durch unterirdisches Wasser beeinträchtigt werden kann. Wenn also keine Möglichkeiten bestehen, dem Bauwerk durch geeignete Maßnahmen (bspw. weiße Wanne) die nötige Standsicherheit zu verleihen, müssen andere Alternativen in Betracht gezogen werden. Bei bestehenden Gebäuden, die nicht nachträglich durch wasserdichte Kapselung zu schützen sind, besteht daher nach § 15 Abs. 1 Satz 1 BauO NRW unmittelbar ein Gebot zur Dränung. Eine Dränage ist in diesen Fällen nur dann unzulässig, wenn durch die Entwässerung die Standsicherheit baulicher Anlagen oder die Tragfähigkeit des Baugrunds des Nachbargrundstücks beeinträchtigt wird. Wenn keine technischen Maßnahmen zur Vermeidung derartiger Beeinträchtigungen zur Verfügung stehen, verstößt die Dränung gegen das Verbot des § 15 Abs. 1 Satz 2 BauO NRW.

Auch § 16 Abs. 1 BauO NRW gebietet, daß bauliche Anlagen so anzuordnen, zu errichten und zu unterhalten sind, daß durch Wasser und Feuchtigkeit Gefahren oder unzumutbare Belästigung nicht entstehen können. Das bedeutet wiederum, daß eine Pflicht zur Dränung eines Gebäudes besteht, wenn keine anderen technischen Maßnahmen zur Verfügung stehen.

Zusammenfassend kann daher festgehalten werden, daß nur bei Neubaumaßnahmen oder bestehenden Gebäuden, die mit anderen technischen Mitteln als einer Dränage gegen das Eindringen von unterirdischem Wasser geschützt werden können oder geschützt sind, rechtliche Grundlagen bestehen, auf deren Basis die Einrichtung oder der Betrieb einer Hausdränage untersagt werden kann. Bei bestehenden Gebäuden, die beim Bau nicht durch geeignete technische Maßnahmen geschützt wurden oder die nicht nachträglich mit einer derartigen Einrichtung versehen werden können, ergibt sich die Notwendigkeit einer Dränageeinrichtung aus den Forderungen der §§ 15 und 16 BauO NRW. Der Grundstückseigentümer hat aufgrund der bauordnungsrechtlichen Verpflichtungen einen Rechtsanspruch auf die Erteilung einer Baugenehmigung und wasserrechtlicher Gestattungen. Darüberhinaus darf ihm nicht die Genehmigung versagt werden, das Dränagewasser in die öffentliche Kanalisation einzuleiten, wenn keine anderen Möglichkeiten zur Entledigung bestehen (bspw. durch Einleitung in ein Oberflächengewässer oder in den tieferen Untergrund).

Daraus ergibt sich unmittelbar, daß die Kommunalverwaltung zur Verringerung des Fremdwasseranteils in der Kanalisation die ersatzlose Beseitigung aller bestehenden Dränageanschlüsse an die Grundstücksentwässerungsanlage *nicht* verlangen kann.

4.2.2 Haftung bei Überschwemmungsschäden

Dränagewasser bewirkt eine erhöhte Auslastung eines Kanalisationsnetzes und kann unter ungünstigen Bedingungen (Starkregenereignisse) die Wahrscheinlichkeit einer Überlastung und damit die Möglichkeit für einen Rückstau und damit verbundenen Überflutungen erheblich erhöhen.

Wenn sich Wasser in einem Kanalisationssystem staut und in den Kellern angeschlossener Häuser austritt, muß eine Gemeinde nach §§ 276, 278 BGB, aus Amtshaftung oder aus enteignungsgleichem Eingriff haften, wenn ihr eine schuldhafte Pflichtverletzung nachgewiesen werden kann.

Kein Anspruch nach §§ 276, 278 BGB besteht, wenn der Rückstau nicht unmittelbar über die Hausanschlüsse wirkt, sondern mittelbar durch die Überschwemmung der Straße das Gebäude beeinträchtigt. In diesem Fall wird der Grundstückseigentümer nicht in seiner Eigenschaft als Anschlußnehmer der Kanalisation, sondern als Bewohner der Straße betroffen; der Schadensfall hätte auch eintreten können, wenn das Gebäude gar nicht an die Kanalisation angeschlossen gewesen wäre. Zu den aber auch hier bestehenden Ansprüchen aus Amtspflichtverletzung und enteignungsgleichem Eingriff tritt die verschuldensunabhängige Haftung nach § 2 Abs. 1 Satz 1 Haftpflichtgesetz (HPflG).

Kann Oberflächenwasser wegen einer überlasteten Kanalisation erst gar nicht gefaßt werden und beeinträchtigt so ein Gebäude, sind nur Ansprüche aus der Amtspflichtverletzung und aus enteignungsgleichem Eingriff möglich. Die Wirkungshaftung nach § 2 Abs. 1 Satz 1 HPflG erstreckt sich nur auf die Auswirkung von Flüssigkeiten, die von einer Rohrleitungsanlage ausgehen, da mit der Konzentration der Flüssigkeit eine erhöhte Gefahr verbunden ist. Ungefaßtes Wasser verwirklicht diese Gefahr nicht, weil es nicht „von" einer Rohrleitung ausgeht. Eine andersartige Auslegung hätte auch zur Folge, daß eine Kommune mit einer unzureichenden Kanalisation gegenüber einer Kommune, die gar keine Maßnahmen zur Entwässerung getroffen hat, wesentlich benachteiligt wäre.

Um eine Haftung nach §§ 276, 278 BGB, aus Amtshaftung oder aus enteignungsgleichem Eingriff zu vermeiden, muß die Kanalisation ausreichend dimensioniert sein und den Gemeindebürgern eine Rückstausicherung nach DIN 1986 vorgeschrieben werden. Eine Haftung nach § 2 Abs. 1 Satz 1 HPflG ist nur dann ausgeschlossen, wenn höhere Gewalt vorliegt.

Nach Ansicht des BGH darf bei der Planung einer Kanalisationsanlage nicht ein Bemessungsregen mit einer Wiederkehrzeit von nur einem Jahr angesetzt werden, da dem Anwohner nicht zugemutet werden darf, sich einmal im Jahr den Folgen einer überlasteten Kanalisation auszusetzen. Stattdessen müssen im Einzelfall die konkreten örtlichen Verhältnisse (Höhenlage, Wasserführung), die bereits getroffenen Maßnahmen (Rückhaltebecken) und die Kosten von Abwehrmaßnahmen im Schadensfall berücksichtigt werden. Wenn die Kanalisation nicht einmal ausreicht, diesen einjährigen Berechnungsregen abzuführen, besteht in jedem Fall eine Haftung der Gemeinde.

Zur Ablehnung der Wirkungshaftung durch höhere Gewalt darf auf keinen Fall jede Überschreitung des einjährigen Bemessungsregens herangezogen werden. Hier ist auch der Einzelfall zu prüfen und die

konkreten örtlichen Verhältnisse zu ermitteln. Eine allgemein gültige Festlegung ist nach Ansicht der Gerichte nicht möglich.

Tatsächlich stellt der Einfluß von Dränagewasser genau den Fall individueller örtlicher Gegebenheiten dar, der nach Ansicht des BGH unbedingt in die Dimensionierung der Abwasseranlage mit einbezogen werden muß. Da bei bereits vorhandenen Bauten eine Pflicht der öffentlichen Hand zur Ableitung von Dränagewasser besteht (vgl. Kapitel 4.2.1), muß die Kanalisation dem örtlichen Bedarf zur Ableitung von Dränagewasser angepaßt oder eine andere Möglichkeit zur Beseitigung dieser unerwünschten Wässer geschaffen werden. Andemfalls muß die Gemeinde entsprechend den oben genannten Einschränkungen für durch die falsch dimensionierte Kanalisation verursachte Einwirkungen haften.

4.2.3 Rechtliche Grundlagen zum Bau und zur Finanzierung eines Dränagewasserkanals

Eine Gemeinde oder eine Stadt kann ein Vorhaben umsetzen, wenn eine Rechtsnorm dies ausdrücklich vorsieht. Zum Bau eines Dränagewasserkanals sind daher abwasser-, bau- und gemeinderechtliche Gesetze auf eine derartige Ermächtigung hin zu prüfen.

Sowohl § 18a WHG als auch § 53 Abs. 1 LWG NRW verpflichten die Gemeinden, das auf ihrem Gebiet anfallende Abwasser schadlos zu beseitigen und die dafür notwendigen Anlagen zu betreiben. Da Dränagewasser aber - wie an anderer Stelle des rechtlichen Gutachtens [38] festgestellt wurde - in der Dränage Grundwasser ist und erst in der Grundstücksentwässerungsanlage durch die Vermischung mit Abwasser seine Grundwasserqualität verliert, können die genannten Vorschriften nicht zur Legitimierung des Baus eines Dränagewasserkanals herangezogen werden.

Nach § 123 BauGB ist die Erschließung von Bauland eine Aufgabe der Gemeinde. Dazu gehören die Baumaßnahmen, Grundstücke zur baulichen oder gewerblichen Nutzung vorzubereiten und die Erleichterung der Nutzung eines (u. U. bereits bebauten) Grundstücks durch Verbesserung der vorangegangenen Erschließung.

In den §§ 123 Abs. 2, 4 und § 126 Abs. 1 Satz 1 Nr. 2 BauGB sind Erschließungsanlagen u. a. als Anlagen zur Ableitung von Abwasser sowie zur Versorgung mit Elektrizität, Gas, Wärme und Wasser beschrieben. Es ist anerkannt, daß diese Aufzählung nur als Beispiel für Erschließungsanlagen zu verstehen ist, so daß eine Dränagewasserkanalisation durchaus als Erschließungsanlage definiert werden kann. Wenn der Einbau von „Weißen Wannen“ gegenüber dem Bau eines Dränagewasserkanals kostengünstiger ist, muß sich die Gemeinde im Rahmen der haushaltsrechtlichen Grundsätze allerdings zugunsten der "Weißen Wanne" entscheiden.

Auch in bebauten Gebieten ist eine weitergehende Erschließung durch den Bau eines Dränagewasserkanals möglich, weil sie eine Erleichterung der Nutzung eines Grundstücks darstellt. Da die nachträgliche Kapselung von Gebäuden in eine "Weiße Wanne" nur mit unverhältnismäßig hohem technischen und finanziellen Aufwand zu erreichen ist, wird die Erschließungsmaßnahme „Dränagekanal“ aus wirtschaftlichen Gründen erforderlich.

Aus der Sicht der Grundstückseigentümer ist diese Erforderlichkeit allerdings nicht ersichtlich, da er sein Dränagewasser bereits über die Hausentwässerungsanlage an die Kanalisation abgibt und durch

die weitere Erschließung keinen Vorzug genießt. Diese Tatsache wirft auch Pro bleme bei der Finanzierung eines Dränagewasserkanals über das kommunale Beitragsrecht auf, weil kein wirtschaftlicher Vorteil für den Grundstückseigentümer nachweisbar ist. In Fortführung dieses Gedankens wird auch die Erhebung von Benutzungsgebühren fraglich.
Die fehlenden Vorteile für den Grundstückseigentümer verhindern auch eine Erstattung von Kosten, die durch die Abtrennung einer Dränagewasser führenden Grundleitung oder eines Anschlußkanals, Neuanschluß an ein Dränagewassersystem und der gleichzeitig notwendigen Neuverlegung eines Anschlußkanals zu einem Abwasserkanal gemäß § 10 Kommunalabgabengesetz (KAG) NRW entstehen.

Einzig und allein aus § 4 Abs. 2 Nr. 3 WHG läßt sich die Notwendigkeit ableiten, Beiträge für einen Dränagewasserkanal zu erheben, wenn nachgewiesen werden kann, daß durch den Bau des Dränagewasserkanals Beinträchtigungen des Wohls der Allgemeinheit vermieden werden können.

5 Konsequenzen für Kanalnetzbetreiber in NRW

Neben den grundlegenden Ergebnissen, die die Studie zu den technischen und rechtlichen Hintergründen des Problems "Fremdwasser durch Dränageanschlüsse" beitragen kann, müssen einige praktische Aspekte nochmals in aller Deutlichkeit betont werden, um Fehlinvestitionen zu vermeiden, die durch eine unzureichende Datenbasis zustandekommen.

Die Entscheidung für bauliche Maßnahmen zur Dränagewasserverringerung darf nicht aufgrund von stichprobenartigen Mengenmessungen an ausgewählten Stellen des Kanalnetzes getroffen werden, die innerhalb eines kurzen und damit nicht repräsentativen Zeitraums durchgeführt wurden. Es ist zwingend notwendig, eine Sanierung nicht allein unter baulichen Aspekten durchzuführen, sondern im Sinne der DIN EN 752, *Entwässerungssysteme außerhalb von Gebäuden, Teil 5: Sanierung* (derzeit als Entwurf vom Mai 1994 vorliegend) eine ganzheitliche Lösung unter hydraulischen, umweltrelevanten und baulichen Gesichtspunkten anzustreben. Die Basis für einen entsprechenden Sanierungsplan muß eine "erweiterte Zustandserfassung" sein. Dazu gehören:

- Hydraulische Berechnung des Kanalsysterns. Diese Maßnahme muß immer an erster Stelle stehen, da nicht ausgeschlossen werden kann, daß das vermutete Fremdwasser Ausdruck einer fehlerhaften Dimensionierung des Kanalisationsnetzes ist (bspw. unzureichende Berücksichtigung von Außenflächen). Daneben kann der Einfluß von Speicherbauwerken, die nicht mit einer eigenen Durchflußmeßeinrichtung versehen sind, auf die Zulaufcharakteristik der Kläranlage bestimmt werden. Verzögert an das Kanalisationsnetz abgegebene Wassennengen bspw. aus einem RRB können nicht existente Fremdwassermengen vortäuschen.

- Erfassung der Anzahl und Verteilung von Dränagen im Einzugsgebiet und Abschätzung ihrer hydraulischen Leistungsfähigkeit. Nach Möglichkeit sollte der Zustand durch optische Inspektion untersucht werden.

- Langfristige Durchflußmessungen über den gesamten wasserwirtschaftlichen Zyklus, die repräsentativ für das Einzugsgebiet der Kanalisation sind

  - zur Lokalisierung der Verursacher und –

- zur Quantifizierung der jahreszeitabhängigen Menge an Dränagewasser.

- Optische und quantitative Inspektion des Kanalnetzes.

- Aufnahme von Grundwasserganglinien zur Dokumentation von Grundwasserstandsänderungen als Folge eingeleiteter Sanierungen. Im Idealfall liegen Ganglinien des Landesgrundwasserdienstes über die letzten Jahrzehnte vor, mit denen sich auch längerperiodische Zyklen erkennen lassen.

6 Zusammenfassung und Ausblick

Die Problemstellung des vom Ministerium für Umwelt, Raumordnung und Landwirtschaft des Landes Nordrhein-Westfalen initiierten Forschungsprojekts bestand in einer Analyse des erheblichen Fremdwasseranfalls in öffentlichen Kanalisationsnetzen und der Erarbeitung von Kriterien zur Verringerung bzw. Beseitigung dieser unerwünschten Wassermengen. Als maßgebliche Ursache wurde der Anschluß von Dränageleitungen aus dem privaten und industriellen Bereich gesehen. Unter anderem sollten Möglichkeiten wie die Beseitigung dieser Anschlüsse oder die Fassung der Dränagewässer in einem separaten Dränagewasserkanal berücksichtigt werden. Die Untersuchungen wurden am Modellstandort Engelskirchen durchgeführt, die Ergebnisse sollten aber auf andere Standorte übertragbar sein.

Die Basis des Arbeitsprogramms bildete eine Sichtung und Bewertung vorhandener Unterlagen, speziell von Abfluß- und Fremdwassermengenmessungen, die durch externe Gutachter im Auftrag der Gemeinde Engelskirchen durchgeführt worden waren, und von Abflußganglinien der durch das Fremdwasseraufkommen betroffenen Kläranlage Ehreshoven. Daneben standen noch Inspektionsdaten ausgewählter Haltungen und Betriebsdaten des Regenüberlaufbeckens unter dem Bahnhofsplatz von Engelskirchen zur Verfügung.

Zur Erfassung der Fremdwassermengen und ihrer Herkunft wurden nach der Vorgabe des Auftraggebers Durchflußmessungen und Kanalinspektionen an ausgewählten Standorten unter besonderer Berücksichtigung von hydrologischen und hydrogeologischen Rahmenbedingungen durchgeführt.

Daneben wurde vom Auftraggeber die rechtliche Beurteilung der Zulässigkeit bestehender Dränageanschlüsse an die öffentliche Kanalisation bzw. die Erarbeitung rechtlicher Grundlagen für ihre Beseitigung gefordert. Darüberhinaus sollte die Gebührenregelung bei baulichen Maßnahmen zur Reduzierung der Fremdwassermenge beleuchtet werden.

In der vorliegenden Studie konnte durch Messungen belegt werden, daß nicht nur Hausdränagen in Niederungen (Typ LL[xi]), die aufgrund geringer Flurabstände unter Grundwassereinfluß stehen, erheblich zu dem Fremdwasseraufkommen beitragen, sondern zu einem ganz gravierenden Teil Dränagen, die zu Häusern in *Hanglage (Typ* HL[xii]) gehören. Sowohl gedankliche Modelle wie auch Beobachtungen im Gelände lassen erwarten, daß gerade dieser Dränagentyp aufgrund seiner raschen

[xi] LL LowLand = Ebene, Niederung
[xii] HL HighLand = Hochland, Hanglage

Reaktion auf große oberflächlich abfließende Niederschlagsanteile erheblich zu den Spitzenbelastungen des Kanalisationssystems und der Kläranlage während des Niederschlagsereignisses beiträgt.

Die Studie zeigt auf, welche Möglichkeiten zur Lösung des Problems "Fremdwasser aus Dränageanschlüssen" sowohl aus technischer wie auch aus juristischer Sicht möglich sind. Dabei wurde bei der technischen Lösung dem Aspekt der Rückführung des Wassers in natürliche Speichermedien großer Stellenwert beigemessen, da die in den letzten Jahren wesentlich verschärfte Hochwassersituation ein radikales Umdenken in bezug auf Einleitungen in Oberflächengewässer erforderlich macht.

Eine Möglichkeit der Ableitung von Dränagewasser aus Dränagen des Typs LL, die ständig oder saisonabhängig unter Grundwassereinfluß stehen, ist der Bau einer zentralen Dränagewasserkanalisation, die das Dränagewasser außerhalb des Stadtgebiets über ein Rückhaltebecken mit versickerungsfähigem Untergrund wieder in den Grundwasserleiter infiltriert bzw. bei Überlastung in den Vorfluter abschlägt. Die Kosten und der Aufwand für eine solche neu zu errichtende Kanalinfrastruktur können vorstellbar reduziert werden, wenn statt der zentralen Ableitung Einzellösungen in Bebauungsabschnitten oder bei einzelnen Häusern gewählt werden. Dieses Konzept ermöglicht es auch, statt der direkten Einleitung in einen nahegelegenen Vorfluter im Einzelfall eine Versickerung zu wählen, wenn die räumlichen und hydrogeologischen Gegebenheiten es zulassen.

Bei Dränagen des Typs HL in Hanglage sollten verstärkt Wege gesucht werden, Dränagewässer in den Kluftgrundwasserleiter unterhalb der Hangschuttlage zu versickern, das bereichsweise eine ausreichende Trennfugendurchlässigkeit für dezentrale Versickerungseinrichtungen aufweisen kann. Ein Anschluß an ein neu zu errichtendes Dränagewasserkanalsystem würde enorme finanzielle Aufwendungen für den Neubau der entsprechenden Kanalinfrastruktur notwendig machen. Hier sollten eher Möglichkeiten geprüft werden, Investitionshilfen von Bund und Land im Rahmen des Hochwasserschutzprogranuns zu erhalten, um Techniken einer sinnvollen Rückführung von Niederschlags- und Dränagewasser in Grundwasserspeicherräume im Festgestein zu ermöglichen, und damit eine weitreichende Entlastung der Flüsse von bisher direkt eingeleitetem Hangflächenwasser zu erreichen.

Durch ein Rechtsgutachten belegte Tatsache ist, daß die Beseitigung bereits bestehender Anschlüsse von Dränageleitungen an die öffentliche Kanalisation zur Verminderung der Fremdwassermenge *nicht* gefordert werden kann. Bei Gebäuden, die beim Bau nicht durch geeignete technische Maßnahmen geschützt wurden oder nicht nachträglich mit vergleichbaren Einrichtungen versehen werden können, ergibt sich die Notwendigkeit einer Dränageeinrichtung aus den Forderungen der §§ 15 und 16 BauO NRW. Der Grundstückseigentümer hat aufgrund der bauordnungsrechtlichen Verpflichtungen einen Rechtsanspruch auf die Erteilung einer Baugenehmigung und wasserrechtlicher Gestattungen. Darüberhinaus darf ihm nicht die Genehmigung versagt werden, das Dränagewasser in die öffentliche Kanalisation einzuleiten, wenn keine anderen Möglichkeiten zur Entledigung bestehen.

Nur bei Neubaumaßnahmen oder bestehenden Gebäuden, die mit anderen technischen Mitteln als einer Dränage gegen das Eindringen von unterirdischem Wasser geschützt werden können oder geschützt sind, bestehen rechtliche Grundlagen, auf deren Basis die Einrichtung oder der Betrieb einer Hausdränage untersagt werden kann.

Je nach konkreter Lage, die im Einzelfall geprüft werden muß, ist eine Kommunalverwaltung bei Überschwemmungsschäden, die von Fremdwasseranteilen im Kanalisationssystem begünstigt werden, haftungspflichtig.

Der Bau eines Dränagewasserkanals kann als Erschließungsmaßnahme oder weitergehende Erschließungsmaßnahme auf der Basis gültiger Rechtsnormen legitimiert werden. Im Gegensatz dazu stößt die Erstattung der mit der Errichtung verbundenen Kosten auf große Schwierigkeiten. Da kein wirtschaftlicher Vorteil für den Grundstückseigentümer erkennbar ist, ist eine Finanzierung über das kommunale Beitragsrecht ausgeschlossen. Das gleiche gilt auch für die Erstattung von Kosten, die durch die Abtrennung einer Dränagewasser führenden Grundleitung oder eines Anschlußkanals, Neuanschluß an ein Dränagewassersystem und der gleichzeitig notwendigen Neuverlegung eines Anschlußkanals zu einem Abwasserkanal gemäß § 10 Kommunalabgabengesetz (KAG) NRW entstehen. Allein aus § 4 Abs. 2 Nr. 3 WHG läßt sich die Notwendigkeit ableiten, Beiträge für einen Dränagewasserkanal zu erheben, wenn nachgewiesen werden kann, daß durch den Bau des Dränagewasserkanals Beinträchtigungen des Wohls der Allgemeinheit vermieden werden können.

Diese Studie kann nur ein erster Ansatz sein, das Phänomen "Fremdwasser", wie es sich durch Anschluß von Dränageleitungen, aber auch durch andere Mechanismen als Problem für die moderne Kanalisation und unsere Umwelt präsentiert, zu beschreiben und einzudämmen. Es zeigt die Notwendigkeit auf, weitere Untersuchungen zum saisonabhängigen Verhalten niederschlagsbürtiger Anteile des Fremdwassers durchzuführen und neue Techniken zu entwickeln, Wassermengen des natürlichen Kreislaufs so zurückzuführen, daß die Bedrohung für Mensch und Natur eingedämmt werden kann. Die Hochwasserkatastrophe zu Beginn des Berichtsjahrs 1995, die weite Teile des Rheins und seiner Nebenflüsse betraf, weist mit aller Deutlichkeit darauf hin, daß es nicht mehr allein darum gehen kann, sich unerwünschter Wassermengen auf dem einfachsten und oft kostengünstigsten Weg zu entledigen, indem man sie direkt in den Vorfluter leitet.

7 Literaturverzeichnis

[1] Liersch, K.-M.: Fremdwasser überlastet viele Schmutzwasserkanalisationen. - Korrespondenz Abwasser 32 (1985), H. 10: S. 820-824 .

[2] Pfeiff, S. H.: Das Problem "Fremdwasser". - Korrespondenz Abwasser 36 (1989), H. 4: S.471-481 .

[3] Dohmann, M., R. Haussmann & M. Weyand: Aspekte der Abwasserableitung: Abwasserteilstrom - Umwelteinflüsse durch undichte Kanäle - Kanalnetzbewirtschaftung. - In: Handbuch Wasserversorgungs- und Abwassertechnik (1989), S. 191-205, Essen.

[4] Damiecki, R. & K. Hibbeln: Leistungsfähigkeit und Prozeßstabilität von ein- und zweistufigen Kläranlagen. - Gewässerschutz, Wasser, Abwasser 62 (1985); Aachen.

[5] Greiner, Th.: Fremdwasser im Kanalnetz, - Manuskript zur ATV-Landesgruppentagung 1983: Informationsveranstaltung Unbelüftete Abwasserklärteiche; St. Augustin 1984.

[6] DIN 4045, Abwassertechnik, Begriffe; Berlin 1985.

[7] DIN EN 752, Teil 1, Entwässerungssysteme außerhalb von Gebäuden, Allgemeines; Berlin 1992.

[8] ATV-Regelwerk, Arbeitsblatt A 118: Richtlinien für die hydraulische Berechnung von Schmutz-, Regen- und Mischwasserkanälen. - 26 S.; St. Augustin 1977.

[9] DIN 4049, Teil 1, Hydrologie, Begriffe quantitativ; Berlin 1994.

[10] Fischer, M.: Fremdwasser im Kanal - jetzt noch teurer. - Korrespondenz Abwasser 37 (1990): S. 1196-1201 .

[11] DIN 4095, Dränung zum Schutz baulicher Anlagen; Planung, Bemessung und Ausführung; Berlin 1990.

[12] Moser, H. & W. Rauert: Isotoperimethoden in der Hydrologie. - Lehrb. d. Hydrogeologie, Bd. 8, 400 S.; Stuttgart 1980.

[13] Dyck, S. & G. Peschke: Hydrologie. - 408 S., Berlin 1989.

[14] RdErl. d. MURL NRW (17.3.1994): Gebührenrechtliche Behandlung der Entscheidungen über Bewilligung, gehobene Erlaubnis und Erlaubnis der Gewässerbenutzung. Ministerialblatt für das Land Nordrhein-Westfalen 47 Nr. 29: S. 534-536; Düsseldorf 1994.

[15] Werner, D. & K.-1). Balke: Die Wärmeausbreitung in der Umgebung eines KühlwasserSickerbrunnens. - gwf - Wasser, Abwasser (1977) H. 11: 528-531.

[16] Schwefringhaus, M.: Der Filter als Möglichkeit der weitergehenden Regenwasserbehandlung. - Info Nr. 8 des Ingenieurbüros Reinhard Beck, 30 S.; Wuppertal 1993.

[17] Sowa, W. & 0. Felschen: Vermeidung und Verminderung von Regenwasserabflüssen aus Siedlungsgebieten durch Rückhaltung und Versickerung. - Wasser und Boden (1993) H. 10: S. 798-804.

[18] Borgwardt, S.: Entsiegelung im Straßenraum. - Korrespondenz Abwasser 41 (1994): S. 530-540.

[19] Ministerium für Raumordnung, Umwelt und Landwirtschaft NRW [Hrsg.]: Pilotprojekt: Abwasserableitung im ländlichen Raum. - 27 S., Düsseldorf 1990.

[20] ATV-Regelwerk, Arbeitsblatt A 138: Bau und Bemessung von Anlagen zur dezentralen Versickerung von nicht schädlich verunreinigtem Niederschlagswasser. - 15 S.; St. Augustin 1990.

[21] Mock, B. & P. Nisipeanu: "Fremdwasser" im Wasserrecht und Abwasserabgabenrecht Eine rechtliche Bewertung und technische Würdigung. - Korrespondenz Abwasser 41 (1994): S. 1130-1138.

[22] Spillecke, H: Rechtliche Anforderungen an die Abwasserbeseitigung. - Manuskript zum 882. Lehrgang des Landesverbandes NRW des vhw am 24.-25.2.1994; Bonn 1994.

[23] Sander, H. P.: Rechtliche Bedeutung technischer Regelwerke im Abwasserbereich. Ratgeber Abwasser - Recht, Planung, Bau und Betrieb; Baden-Baden 1992.

[24] Landesamt für Wasser und Abfall [Hrsg.]: Mittlere jährliche Niederschlagssummen (mm) der Periode 1931-1960 im Lande Nordrhein-Westfalen. - NSK 500, Düsseldorf 1982.

[25] Jux, U.: Geologische Karte von Nordrhein-Westfalen 1:25 000; Erläuterungen zu Blatt 5010 Engelskirchen. - 148 S.; Krefeld 1983.

[26] Landesanstalt für Gewässerkunde und Gewässerschutz NRW [Hrsg.]: Ergänzungsheft zu den Deutschen gewässerkundlichen Jahrbüchern, Rheingebiet sowie Weser- und Ernsgebiet, Pegel Il. Ordnung in Nordrhein-Westfalen, AbflußJahr 1975. - 68 S.; Düsseldorf 1977.

[27] Landesamt für Wasser und Abfall [Hrsg.]: Wasserschutzgebiete, L 5110 Waldbröl. WSG 50, Düsseldorf 1985.

[28] Schumacher, D. & M. Wellens: Zehn Jahre Hydrologische Station MönchengladbachRheindahlen. - Mönchengladbach 1993.

[29] Benz, K.: Ultraschalldurchflußmessung im offenen Gerinne. - In: Begleitband zum ATV-Seminar für die Abwasserpraxis, 23/94: Durchflußmessungen in Abwasseranlagen; St. Augustin, Dresden 1994.

[30] Uhl, M.: Meßprinzipien. - In: Begleitband zum ATV-Seminar für die Abwasserpraxis, 23/94: Durchflußmessungen in Abwasseranlagen; St. Augustin, Dresden 1994.

[31] Bonfig, K. W.: Technische Durchflußmessung unter besonderer Berücksichtigung neuartiger Durchflußmeßverfahren. - 231 S.; Essen 1987.

[32] Lang, M.: Magnetisch-induktive Abflußmessung im offenen Gerinne. - In: Begleitband zum ATV-Seminar für die Abwasserpraxis, 23/94: Durchflußmessungen in Abwasseranlagen; St. Augustin, Dresden 1994.

[33] Biermann, E.: Die Ursache der Überschwemmungen in den Kellern der Häuser Bahnhofstraße und Märkische Straße der Gemeinde Engelskirchen, verursacht durch heftige Regenfälle am 11. und 12.01.1993. - Gutachten Nr. 215- 6/94, 51 S.; Aachen 1994.

[34] Feldmann: Fremdwasseruntersuchung Engelskirchen, Einzugsgebiet zum Klärwerk Engelskirchen. - Durch die Gemeinde Engelskirchen beauftragtes Gutachten, 11 S., Nümbrecht 1990.

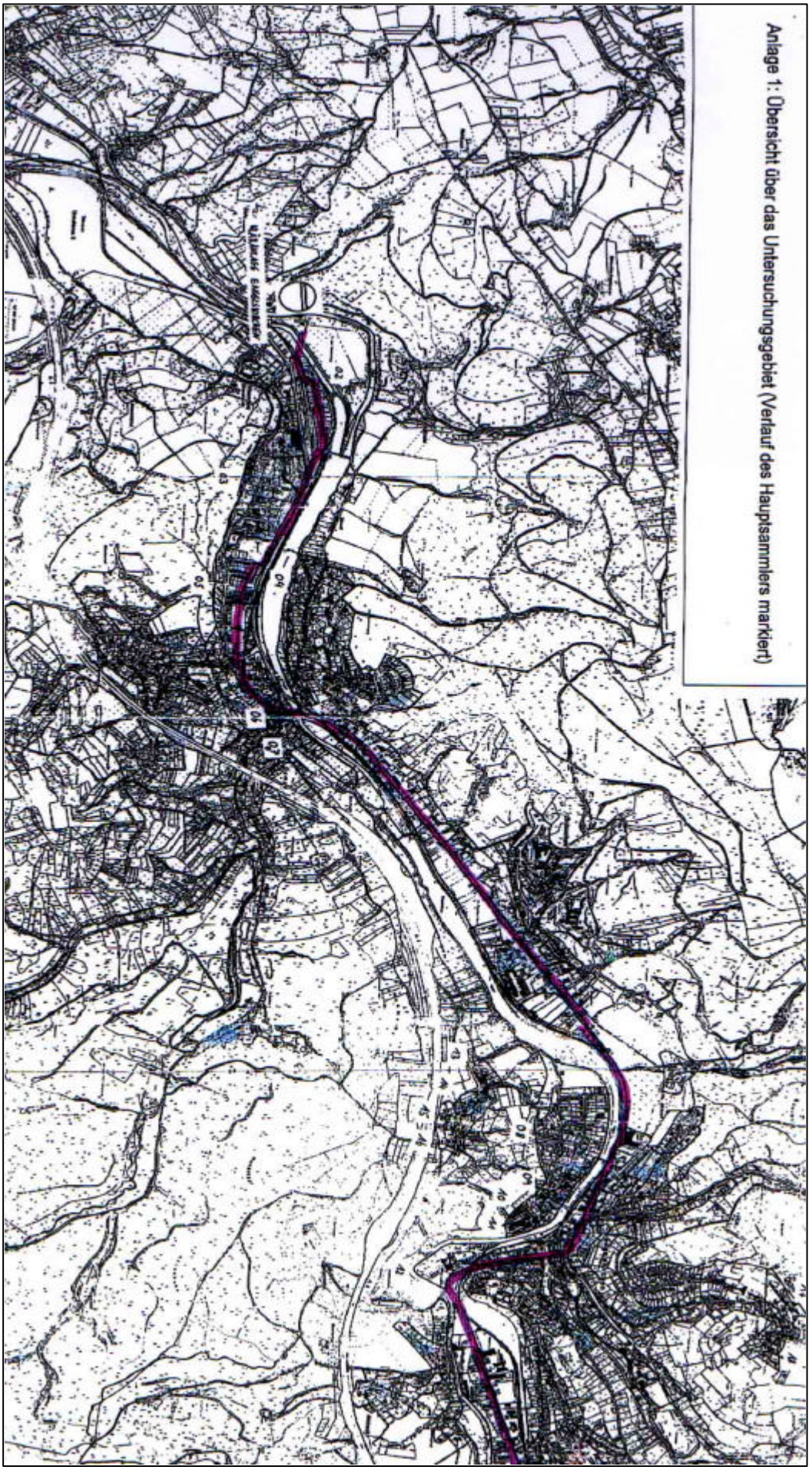
[35] Kappelmeyer, 0. & R. Hänel: Geothermics with special reference to application. - 238 S.; Berlin 1974.

[36] Stein, D. & W. Niederehe: Instandhaltung von Kanalisationen. - 814 S.; Berlin 1992.

[37] Welter, U.: Beseitigung von Fremdwasser. - Manuskript zum 882. Lehrgang des Landesverbandes NRW des vhw am 24.-25.2.1994; Bonn 1994.

[38] Barth, S., N. Griem, Th. Schiller: Fremdwasserzutritt zur Kanalisation durch Drainageleitungen. -Rechtsgutachten im Auftrag der Gesellschaft zur Erforschung der Kanalisationstechnik mbH, 124 S., Bremen 1994.

Anlagen



Anlage 1: Übersicht über das Untersuchungsgebiet (Verlauf des Hauptsammlers markiert)

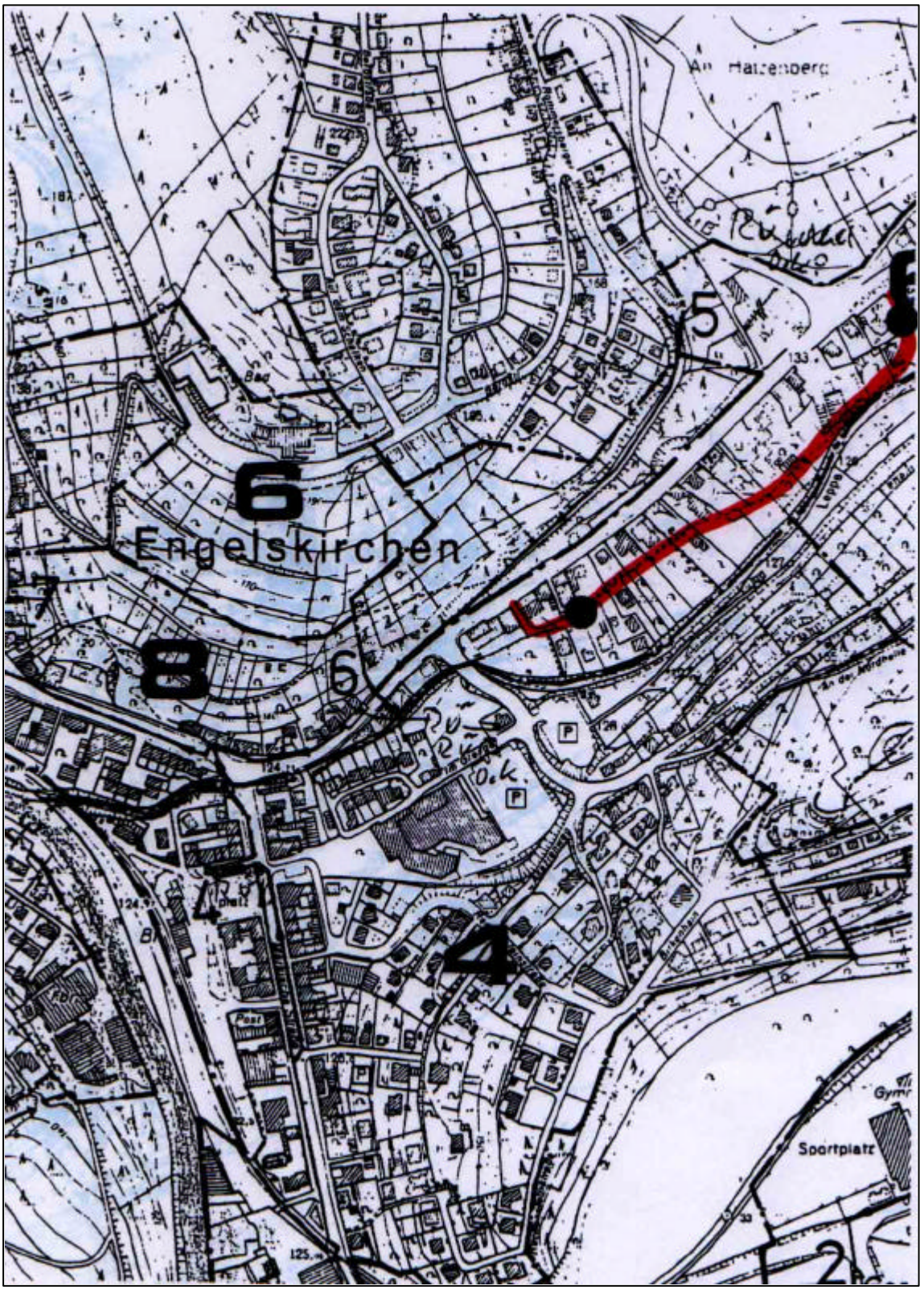
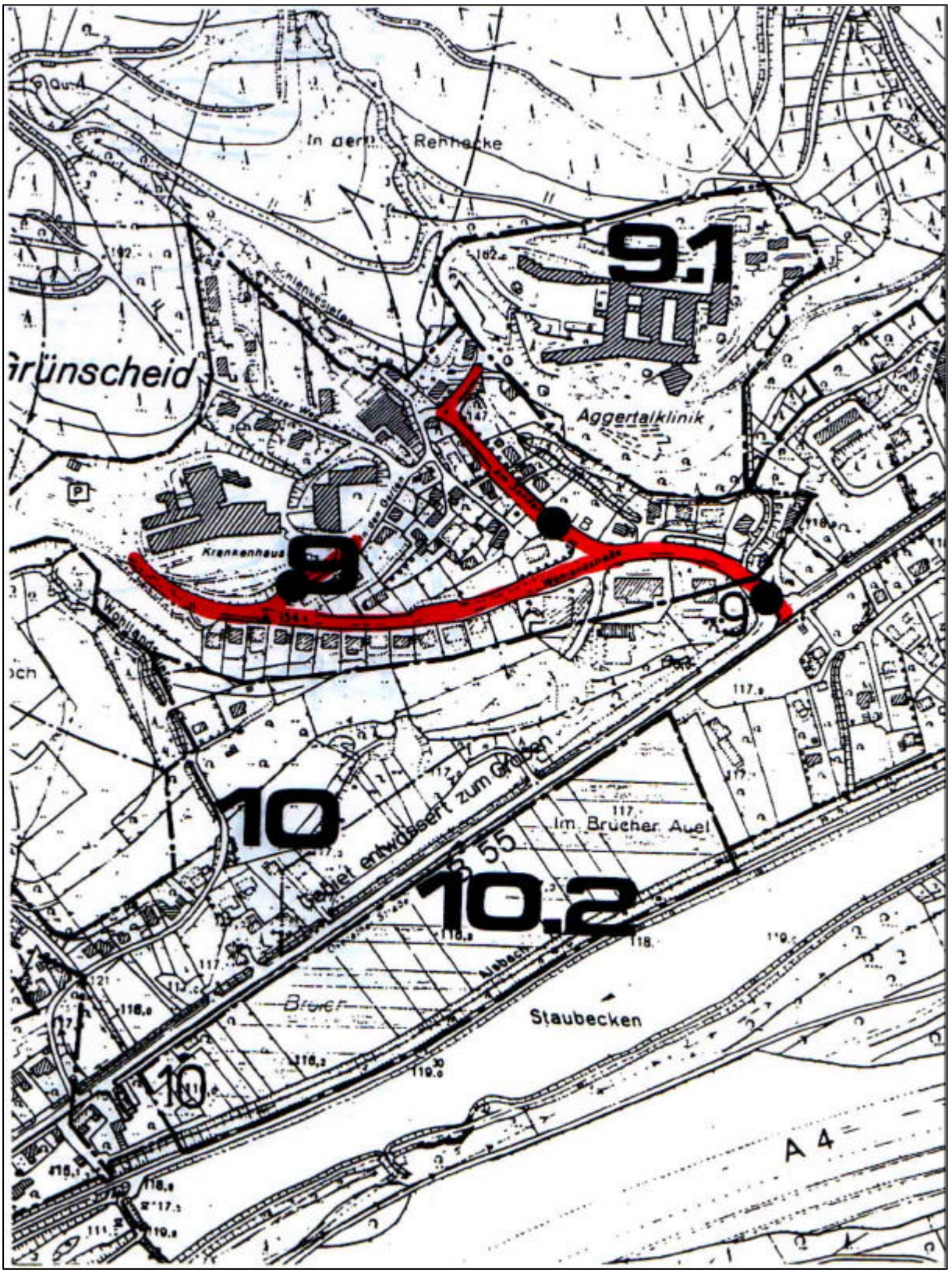
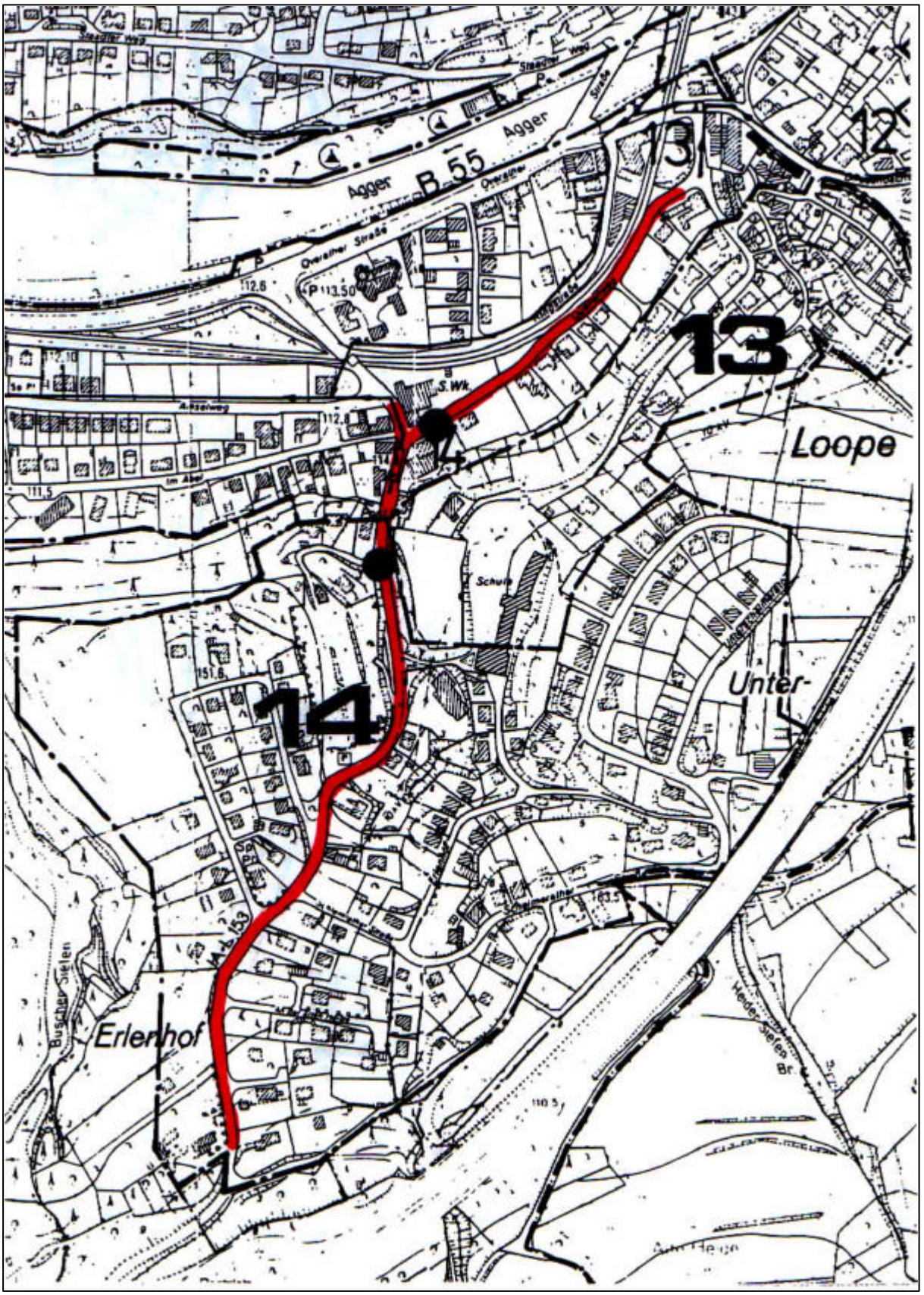


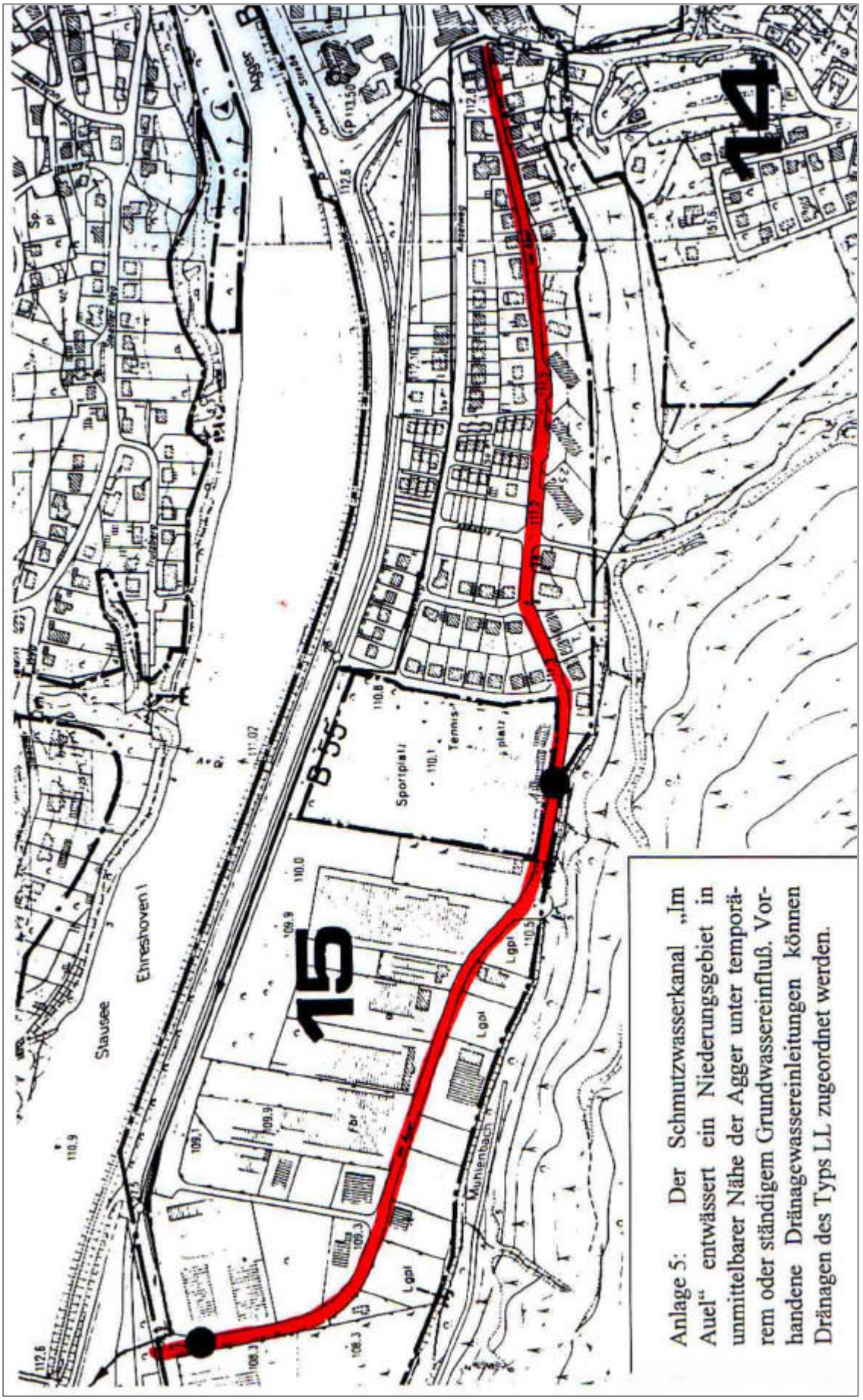
Bild 2: Der Mischwasserkanal „Im Leppegarten“ mit einer im Osten angeschlossenen Stichstraße von der Leppestraße (Markierung). Der Sammler befindet sich in der Niederung des kleinen Nebenflusses Leppe, der kurz darauf in die Agger einmündet. Eingeleitetes Dränagewasser stammt hauptsächlich aus Dränagen des Typs LL.



Anlage 3: Der Mischwasserkanal „Wohlandstraße“ mit den angeschlossenen Nebensammlern „Am Sondersiefen“ und „In den Gärten“. Der Sammler entwässert ein Gebiet in Hanglage. Neben privaten Einleitern sind zwei große Krankenhäuser angeschlossen, die auch nachts große Mengen Abwasser in den Kanal leiten



Anlage 4: Der Mischwasserkanal „Bruchstraße“ und einer der angeschlossenen Nebensammler „Quellenweg“ im Ortsteil Loope (Markierung). Der sammler entwässert ein Gebiet in Hanglage. Alle Nebenstraßen im Einzugsgebiet „Bruchstraße“ verlaufen mehr oder weniger parallel zum Hang.



Anlage 5: Der Schmutzwasserkanal „Im Auel“ entwässert ein Niederungsgebiet in unmittelbarer Nähe der Agger unter temporärem oder ständigem Grundwassereinfluß. Vorhandene Dränagewassereinleitungen können Dränagen des Typs LL zugeordnet werden.