

Hydrogeologisch - Hydrologisches Gutachten Hülser und Orbroicher Bruch

Objekt: Hülser und Orbroicher Bruch
Krefeld

Auftraggeber: Stadt Krefeld
Fachbereich 36

Projektnummer: Kr 052/2001 RS
Projektleiter: Dr. R. Strotmann und Dipl.-Geogr. L. Krob
Mitarbeiter: Dipl.-Ing. S. Schoolmann

Krefeld, den 17.12.2002

Der Bericht umfasst 66 Seiten, 15 Anlagen und 4 Dokumentationen



Inhaltsverzeichnis:

1	Anlass und Aufgabenstellung	8
2	Umfang der Untersuchungen	10
2.1	Bestandsaufnahme vorhandener Daten und Unterlagen	10
2.2	Durchgeführte Untersuchungen	10
3	Übersicht über das Untersuchungsgebiet	13
3.1	Geographische Verhältnisse	13
3.2	Klima	14
3.3	Geologische Verhältnisse	14
3.4	Bodenverhältnisse	15
3.5	Hydrogeologische Verhältnisse	16
3.5.1	Aufbau des Grundwasserleiters	16
3.5.2	Grundwasserfließrichtung	18
3.5.3	Flurabstände	19
3.6	Gewässernetz	19
3.7	Nutzungen und Naturfunktionen	20
3.7.1	Flächennutzung	20
3.7.2	Naturschutzfachliche Planung	20
3.7.3	Wasserwirtschaftliche Nutzung	21
3.7.3.1	Grundwasserbewirtschaftung	21
3.7.3.2	Gewässerbewirtschaftung und -unterhaltung	23
4	Darstellung der räumlich -zeitlichen Entwicklung von Einflussfaktoren auf das hydrologische System	25
4.1	Rahmenbedingungen grundwassergeprägter Lebensräume	25
4.2	Räumlich-zeitliche Entwicklung der Flächennutzung/- erschließung	26
4.2.1	Urbarmachung und Erschließung im 19. Jahrhundert	26
4.2.2	Urbarmachung und Erschließung im 20. Jahrhundert	27
4.3	Folgen der Bergsenkungen auf den Wasserhaushalt	29
4.4	Regulierungsmaßnahmen des Grundwassers infolge Bergbau	30



5	Ergebnisse der Untersuchungen	32
5.1	Langjährige Entwicklung der Grundwasserstände	32
5.1.1	Langjährige Entwicklung der Grundwasserstände im Raum Krefeld	32
5.1.2	Räumlich-zeitliche Entwicklung der Grundwasserstände in den Bruchgebieten	
5.1.3	Entwicklung der Grundwasserstandsminima- und maxima	36
5.1.4	Auswirkungen der Grundwasserpumpanlage auf die Entwicklung der Grundwasserstände	38
5.2	Hydrologisch-hydrogeologische Verhältnisse bei hohen, mittleren und niedrigen Grundwasserständen	40
5.2.1	Hohe Grundwasserstände (März 1995 und April 2002)	40
5.2.2	Mittlere Grundwasserstände (November 2001)	42
5.2.3	Niedrige Grundwasserstände (April 1992)	42
5.3	Wasserführung der Oberflächengewässer	42
5.3.1	Wasserführung bei geringen Flurabständen (März 1995 und Apr. 2002)	
5.3.2	Wasserführung bei mittleren Flurabständen (Nov. 2001)	
5.3.3	Wasserführung bei großen Flurabständen (April 1992)	
5.4	Zusammenfassung	44
6	Schlußfolgerung für Maßnahmen im Untersuchungsgebiet	46
6.1	Wirkungszusammenhänge zwischen Grund- und Oberflächenwasser im Untersuchungsgebiet	48
6.2	Hydrologisch-wasserwirtschaftliche Problempunkte / -bereiche	50
7	Maßnahmenvorschläge	51
7.1	Maßnahmenkatalog	52
7.2	Prioritäten	64
8	Schriften- und Kartenverzeichnis	65



Verzeichnis der Abbildungen:

- Abbildung 1:** Übersichtskarte zum Untersuchungsgebiet
- Abbildung 2:** Darstellung zur Vorgehensweise der Datenerhebung
- Abbildung 3:** Hydrogeologischer Systemschnitt in SW-NE-Richtung
- Abbildung 4:** Skizze über die Entwässerung des Hülser Bruches 1886 (nach Hofacker in Schmid-Riss (1954/55))
- Abbildung 5:** Grundwasserganglinie der Messstelle L 729 über den Zeitraum von 1950 bis 2001
- Abbildung 6:** Entwicklung der Grundwasserstände unter Einfluss der Regulierungsmaßnahmen der LINEG am Beispiel der Grundwasserstandsganglinie L 658
- Abbildung 7:** Schematische Darstellung der Veränderungen der wasserhaushaltlichen Bedingungen

Anlagen:

- Anlage 1:** Untersuchungsgebiet (Maßstab 1:25.000)
- Anlage 2:** Gewässerkarte (Maßstab 1:25.000) *
- Anlage 3:** Hydrogeologie (Maßstab 1:25.000)
- Anlage 4:** Bodentypen (Maßstab 1:25.000) *
- Anlage 5:** Flächennutzung (Maßstab 1:25.000)
- Anlage 6:** Naturschutzfachliche Planung (Maßstab 1:25.000)
- Anlage 7:** Wasserwirtschaftliche Nutzung (Maßstab 1:25.000)
- Anlage 8:** Darstellung ausgewählter Grundwasserstandsganglinien
- Anlage 8.1: Grundwasserstandsganglinie LGD 81080219 *
- Anlage 8.2: Grundwasserstandsganglinien TB 19 und TB 13
- Anlage 8.3: Grundwasserstandsganglinien L 1616; L 728 und L 726
- Anlage 8.4 : Grundwasserstandsganglinien L 1021 und L 729 *
- Anlage 8.5: Grundwasserstandsganglinien L 658 *
- Anlage 9:** Entwicklung der jährlichen minimalen/maximalen Grundwasserstände ausgewählter Grundwasserstandsmessstellen
- Anlage 9.1: Grundwasserstandsmessstelle L 1021 *
- Anlage 9.2: Grundwasserstandsmessstelle L 658 *



- Anlage 9.3: Grundwasserstandsmessstelle L 726
- Anlage 9.4: Grundwasserstandsmessstelle L 728 *
- Anlage 9.5: Grundwasserstandsmessstelle L 729 *
- Anlage 9.6: Grundwasserstandsmessstelle TB 12 *
- Anlage 9.7: Grundwasserstandsmessstelle TB 13
- Anlage 9.8: Grundwasserstandsmessstelle P 413 *

Anlage 10: Darstellung der jährlichen Schwankungsbreiten ausgewählter Grundwasserstandsganglinien als Box & Whisker Diagramme *

- Anlage 10.1: Grundwasserstandsmessstelle L 726 *
- Anlage 10.2: Grundwasserstandsmessstelle L 728 *
- Anlage 10.3: Grundwasserstandsmessstelle L 729 *
- Anlage 10.4: Grundwasserstandsmessstelle P 413 *
- Anlage 10.5: Grundwasserstandsmessstelle TB 13 *
- Anlage 10.6: Grundwasserstandsmessstelle TB 12 *

Anlage 11: Grundwassergleichenpläne (Maßstab 1:25.000)

- Anlage 11.1: Sehr hohe Grundwasserstände (März 1995) *
- Anlage 11.2: Hohe Grundwasserstände (April 2002)
- Anlage 11.3: Mittlere Grundwasserstände (November 2001) *
- Anlage 11.4: Niedrige Grundwasserstände (April 1992) *

Anlage 12: Darstellung der Flurabstände in den Pegeln, des Abstandes der Grabensohle zum Grundwasser und der Wasserführung der Gewässer (Maßstab 1:25.000)

- Anlage 12.1: Hohe Grundwasserstände (April 2002)
- Anlage 12.2: Mittlere Grundwasserstände (November 2001) *
- Anlage 12.3: Niedrige Grundwasserstände (April 1992) *

Anlage 13: Gegenüberstellung der Ganglinien Grundwasser zu Oberflächengewässer ausgewählter Pegel *

- Anlage 13.1: Grundwasserstandsmessstelle L 1059 zu Vorflutmessstelle NK 360008 *
- Anlage 13.2: Grundwasserstandsmessstelle L 2649 zu Vorflutmessstelle NK 360036 *



Anlage 14: Maßnahmen (Maßstab 1:25.000)

Anlage 15: Maßnahmenkatalog*

Dokumentation: *

Dok. 1: Messstellen *

Dok. 1.1: Messstellenplan (Maßstab 1:25.000) *

Dok. 2: Querprofile *

Dok. 2.1: Lage der Querprofile (Maßstab 1:25.000) *

Dok. 2.2: Grabenprofile (Vermessungsamt der Stadt Krefeld) *

Dok. 3: Dokumentaion zu Grundwasser- und Vorfluterständen *

Dok. 3.1: Stichtagsmessung Grundwasser *

Dok. 3.2: Datengrundlage der Grundwassergleichenpläne *

Dok. 3.3: Stichtagsmessung Gewässer *

Dok. 4: Fotodokumentation *



0 Vorbemerkung

Bei diesem Text handelt es sich um die Internet-Version zum Gutachten. Das Gutachten beinhaltet den vollständigen Text und ausgewählte Anlagen. Nicht dargestellt ist die Dokumentation. Wie die Darstellung aller Anlagen würde dies den Datenumfang sprengen oder den Aufwand zur Darstellung im Internet zu aufwendig machen. Nicht dargestellte Anlagen sind im Anlagen- und Dokumentationsverzeichnis mit * gekennzeichnet.

Die Veröffentlichung erfolgt im Einvernehmen mit der:

Stadt Krefeld, Fachbereich Umwelt

Bietergemeinschaft Dr. Strotmann & Leendertz Umweltberatung GmbH und der BWS GmbH.

Das vorliegende Gutachten hat nur Gültigkeit in der unterschriebenen Originalfassung in Verbindung mit den Originalanlagen- und anhängen.

Krefeld, den 18.8.2003

gez. Dr. R. Strotmann

1 Anlass und Aufgabenstellung

Das Untersuchungsgebiet Orbroicher und Hülser Bruch liegt im Norden des Stadtgebietes von Krefeld (vgl. Abbildung 1). Verschiedene anthropogen bedingte Einflüsse haben in den letzten drei Jahrhunderten deutliche Auswirkungen auf die Grundwasserverhältnisse gehabt. Trotz dieser Veränderungen des hydrologischen Systemes und damit einhergehenden Absenkungen des Grundwasserspiegels, stellen beide Bruchgebiete heute noch Flächen mit grundwassernahen Bereichen dar. An diese Flächen ist ein besonderer Artenreichtum an Fauna und Flora gekoppelt. Weitere Absenkungen der Grundwasserstände durch anthropogene Eingriffe können somit zu empfindlichen Störungen des Ökosystems führen.

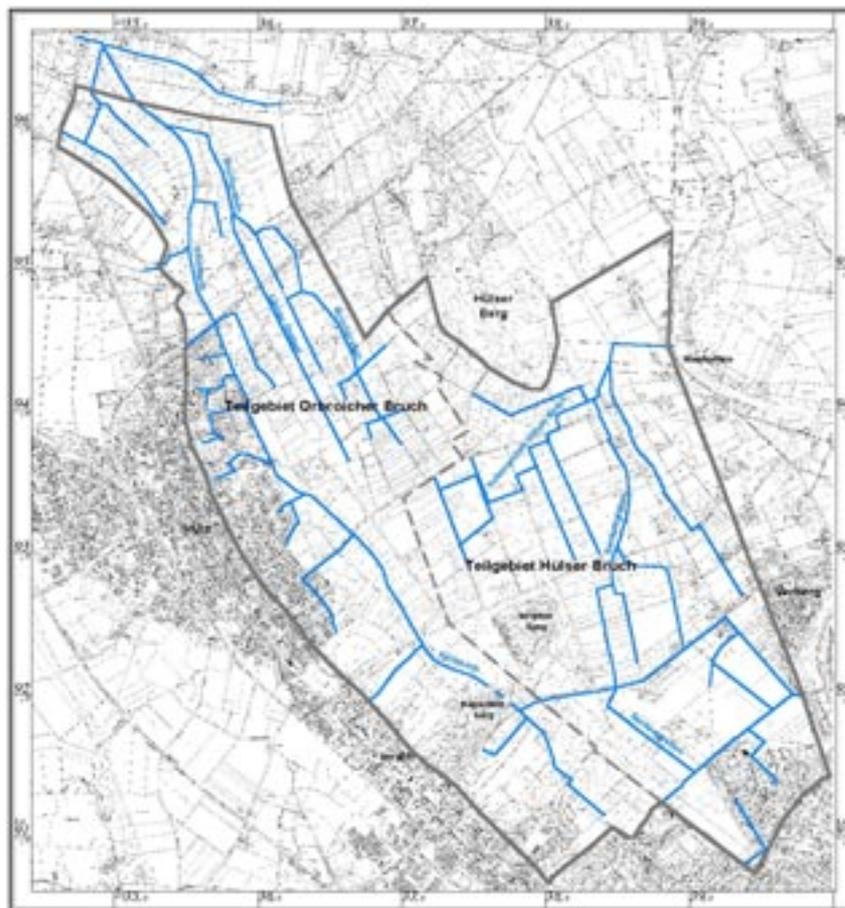


Abbildung 1: Übersichtskarte zum Untersuchungsgebiet

Für das Untersuchungsgebiet sind die von Altstromrinnen des Rheins durchzogene Niederterrasenlandschaft und die Stauchmoräne des Hülser Berges prägend. Diese Naturräume bildeten die Grundlage zur Entwicklung einer typischen niederrheinischen Landschaft, aus der sich unter dem Einfluß ehemals hoher Grundwasserstände ein Bruchgebiet mit grundwasserbeeinflussten Böden entwickelt hat. Hieraus konnte sich eine Landschaftsform mit Feucht- und Nasswäldern, Sümpf-



fen, Mooren und Fließgewässern entwickeln, die zur Ansiedlung einer artenreichen Fauna und Flora führte.

Durch die Siedlungsentwicklung im Laufe des 19. und 20. Jahrhunderts haben sich die Standortfaktoren, insbesondere der Standortfaktor Grundwasser, nachhaltig verändert. Die damit einhergehende und immer weiter fortschreitende Nutzung durch den Menschen in Form von Land- und Forstwirtschaft, Erholung und Siedlungstätigkeit hat den Charakter dieser Flächen stark überprägt. Der Siedlungsdruck auf diese ökologisch sensiblen Freiflächen steigt auch heute noch stetig. Hieraus sind für die Zukunft weitere Nutzungskonflikte mit landschafts-, wasser- und privatrechtlichen Belangen zu erwarten.

Trotz dieser veränderten Standortbedingungen können das Orbroicher und Hülser Bruch weiterhin als ein Stück niederrheinische Landschaft bezeichnet werden.

Ziel des hydrologisch-hydrogeologischen Gutachtens ist es, die aktuelle Situation des Oberflächen- und Grundwassers zu beschreiben und in Bezug zu den Nutzungen zu setzen, von denen potenziell ein Nutzungskonflikt zu erwarten ist. Unter Berücksichtigung der aktuellen Randbedingungen (Bebauungspläne, Flächennutzungsplan, Pflege- und Entwicklungsplan, Regenwassereinleitungen, Grundwasserentnahmen, etc.) sollen sowohl Möglichkeiten als auch Risiken von Wasserregulierungsmaßnahmen in den vorhandenen Gräben aufgezeigt werden.

Folgende Untersuchungen wurden mit dem FB 36 bei der Stadt Krefeld abgestimmt:

- punktuelle Aktualisierung des Höhenmaßes der Gräben,
- Darstellung von Flächen, in denen durch verschiedene Maßnahmen schadlose Wasserrückhaltungen in den Gräben betrieben werden können,
- Betrachtung der Flächen im Bereich der Altstromrinnen hinsichtlich einer möglichst weitgehenden Vernetzung,
- Berücksichtigung aktueller Planungen wie Bebauungspläne, Flächennutzungspläne, Pflege- und Entwicklungspläne, Regenwassereinleitungen, sowie Grundwasserhaltungen und Grundwasserregulierungen.

Eine Verschneidung all dieser Informationen und Planungen soll letztlich dazu führen, daß konkrete Maßnahmen zum Erreichen der o. g. Ziele durchgeführt werden können. Dabei ist zu berücksichtigen, daß vorhandene Nutzungen nicht entschädigungspflichtig beeinträchtigt werden oder die Gewässervorflut unzulässig behindert wird.



2 Umfang der Untersuchungen

2.1 Bestandsaufnahme vorhandener Daten und Unterlagen

Die Auswertung und Darstellung der Daten erfolgt mittels eines Geoinformationssystems (GIS). Seitens der verschiedenen Ämter der Stadt Krefeld wurden hierzu folgende Unterlagen zur Verfügung gestellt werden:

- Deutsche Grundkarte im Maßstab 1:5000 in Form von tiff-Dateien,
- Unterhaltungsplan der Gewässer,
- Planungskarten (NSG, WSG, B-Pläne) in analoger Form,
- digitaler Landschaftsplan,
- Pflege- und Entwicklungsplan in analoger Form,
- Verzeichnis bekannter Grundwasser- und Vorflutermessstellen,
- verschiedene gutachterliche Stellungnahmen (hydrogeologischer Art),
- Höhenfestpunkte mit Angaben von Rechts- und Hochwerten und mNN,
- Vermessungsdaten zum Flöthbach (Graben Nr. 3.00) als Längs- und Querprofile aus den 60er und 70er Jahren,
- Angaben zu Abwassereinleitungen bzw. Grundwasserentnahmen,
- Entwicklung von Höhenfestpunkten insbesondere im nördlichen Hülser Bruch in Bezug auf den umgehenden Bergbau,
- Bodenkarte zur forstwirtschaftlichen Standortkartierung des GLA (1992) in analoger Form (handkolloriert) aus dem Bereich des Hülser Bruches.

2.2 Durchgeführte Untersuchungen

Die Ausgangssituation in Krefeld mit einem sehr heterogenen Datenbestand kann als eine typische Ausgangssituation für vergleichbare Fragestellungen bezeichnet werden. Ziel ist es, die Vielzahl an Daten und Planungen, die in unterschiedlicher Qualität und bei verschiedenen Ämtern vorliegen, hinsichtlich der Aufgabenstellung planungsrelevant auszuwerten und zielgerichtet in der angemessenen Detailschärfe durch möglichst einfache eigene Untersuchungen zu ergänzen.



zen. Der Datenbestand ist teilweise aktuellem Datums und teilweise Jahrzehnte alt.

Als Beispiel für die Problematik kann die Datenbasis zu den Wasserständen der Oberflächengewässer im Untersuchungsgebiet angeführt werden. Es befinden sich im Untersuchungsgebiet mit Ausnahme des Flöthbaches, wo Messtellen eingerichtet waren, keine Gewässerpegel. Darüber hinaus bestand vor Beginn der Untersuchungen kein aktuelles Höhenaufmaß der Gewässer.

Bei der Bearbeitung wurde nun wie folgt vorgegangen. Neben der Auswertung der vorhandenen Unterlagen erfolgte ein Abgleich der Daten durch die punktuelle Einmessung von Querprofilen sowie von zwei Stichtagsmessungen am Grundwasser und an Oberflächengewässern (mittlere und hohe Grundwasserverhältnisse). In Ergänzung wurden bei den Stichtagsmessungen die gewässermorphologischen Strukturen an markanten Punkten erfasst, so dass für den Bearbeitungszeitraum von Juni 2001 bis April 2002 eine Vielzahl von Daten erhoben wurden.

Neben den hydrologisch-hydrogeologischen Daten erfolgte eine Aufnahme der Nutzungen und Naturfunktionen im Untersuchungsgebiet. Durch einen Abgleich der Schlussfolgerungen, die sich aus den hydrologisch-hydrogeologischen Untersuchungen ergaben, mit den Einschränkungen, die durch Ansprüche der Nutzungen und Naturfunktionen im Untersuchungsgebiet und den angrenzenden Bereichen bestanden, wurde ein Maßnahmenkatalog abgeleitet.

In Abbildung 2 ist schematisch die Vorgehensweise dargestellt.

Das Untersuchungsgebiet wird in Kapitel 3 beschrieben. Zur Beschreibung der hydrologisch-hydrogeologischen Situation werden in Kapitel 4 die räumlich-zeitliche Entwicklung der Einflussfaktoren auf das hydrologische System und in Kapitel 5 die Ergebnisse der Erhebungen und Vor-Ort-Untersuchungen zusammengestellt. In Kapitel 6 werden die hydrologisch wasserwirtschaftlichen Wirkungszusammenhänge bzw. Problembereiche aufgezeigt. Ein aus den Schlußfolgerungen abgeleiteter Maßnahmenkatalog wird in Kapitel 7 vorgestellt.



Sichtung, Zusammenstellung und Wertung vorhandener Unterlagen

- Beschreibung des Untersuchungsgebietes bzgl. Lage, Geologie, Hydrogeologie
- Ableitung des Untersuchungsbedarfs

Erhebungen/ Vor-Ort-Untersuchungen

- Punktuelle Einmessung von Querprofilen
- Stichtagsmessungen im November 2001 und April 2002 zur Erfassung der Grund- und Oberflächenwasserstände

Erfassung der Nutzungen und Naturfunktionen

- Beschreibung der Flächennutzung, der naturschutzfachlichen Planung und der wasserwirtschaftlichen Nutzung

Beschreibung der hydrologisch / hydrogeologischen Situation

- Räumlich-zeitliche Entwicklung der Einflussfaktoren
- Darstellung der Ergebnisse der Erhebungen / Vor-Ort-Untersuchungen

Schlussfolgerungen

- Einschränkungen durch Ansprüche der Nutzungen und Naturfunktionen
- Hydrologisch wasserwirtschaftliche Wirkungszusammenhänge
- Hydrologisch wasserwirtschaftliche Problempunkte/-bereiche

Maßnahmenkonzept

- Maßnahmenkatalog
- Auswirkungen der Maßnahmen

Abbildung 2: Darstellung zur Vorgehensweise der Datenerhebung



3 Übersicht über das Untersuchungsgebiet

3.1 Geographische Lage

Das Untersuchungsgebiet liegt in der linksniederrheinischen Terrassenebene und ist naturräumlich durch folgende Einheiten charakterisiert:

- Niederterrassenebene
- Altstromrinnen des Rheins
- Hülser Berg –Stauchmoräne – als Relikt des saalezeitlichen Inlandeises

Morphologisch ist das Gebiet schwach gegliedert. Mit dem Übergang von der Mittel- zur Niederterrasse fällt das Gelände auf ein mittleres Niveau von 32,0 bis 32,5 mNN ab. Morphologische Hochpunkte bilden die anthropogenen Anschüttungen des Inrather und Kapuziner Berges wie die Stauchmoräne des Hülser Berges. Die Altstromrinnen bilden sich als schwache Senken im Gelände aus und liegen auf einem Niveau von etwa 31,5 mNN.

Im Bereich nordöstlich des Hülser Berges fällt das Gelände infolge von Bergsenkungen ab. Am tiefsten Punkt liegen die Höhen bei rund 28,5 mNN.

Das Untersuchungsgebiet (vgl. Anlage 1) untergliedert sich in das Orbroicher Bruch im Westen und dem Hülser Bruch im Osten. Die Grenze zwischen beiden Bruchgebieten wird nach dem Grenzverlauf des Wasser- und Bodenverbandes (WBV) Gelderner Fleuth festgelegt (vgl. Anlage 2). Der Grenzverlauf zwischen den beiden Einzugsgebieten 277.68 (Einzugsgebiet Sankert Graben / Hülser Bruch) und 286.44 (Einzugsgebiet Flöthbach / Orbroicher Bruch) ist in weiten Bereichen mit der Abgrenzung des WBV Geldener Fleuth identisch.

Im Norden wird das Untersuchungsgebiet durch die Stadtgrenze und durch den Hülser Berg begrenzt. Im Nordosten reicht das Gebiet bis an die Niepkuhlen heran. Die Nieper Straße (L475) stellt die östliche Begrenzung dar. Die südliche Grenze des Teilgebietes Hülser Bruch bilden der Nassauerring und der Blumenholzgraben. Das Teilgebiet Orbroicher Bruch reicht im Süden bis an das Kleingartengelände Rosengarten heran. Im Südwesten wurde die Grenze des Untersuchungsgebietes so festgelegt, dass die Siedlungen überwiegend außerhalb liegen. Die Grenze verläuft in diesem Bereich östlich etwa parallel zur Inrather Straße entlang der Einzugsgebietsgrenze von 286.44. Im Bereich des Stadtteils Hüls begrenzen die Straßen Bruckersche Straße und Am Brustert das Untersuchungsgebiet.



3.2 Klima

Das Klima besitzt maritimen Charakter und unterliegt kontinentalen Einflüssen. Typisch sind Jahresniederschläge von etwa 780 mm mit mild-feuchten Wintern und warm-feuchten Sommern. Der kontinentale Einfluß kann zu Trockenheit in den Monaten Februar, März, September, Oktober und Dezember führen. Die Jahresmitteltemperatur liegt bei 10,2 °C.

Der mittlere Jahresniederschlag über den Zeitraum von 1951 bis 2000 an der Station St. Tönis (DWD) liegt bei etwa 784 mm (STROTMANN 2002). Im Winterhalbjahr fielen durchschnittlich 370 mm und im Sommerhalbjahr 414 mm Niederschlag. Die maximalen Jahresniederschläge wurden mit 1053 mm im Jahr 1966, die geringsten Niederschläge mit 505 mm im Jahr 1973 ermittelt. Die jährliche Niederschlagsverteilung weist ein Hauptmaximum im Juni und ein geringeres Maximum im Dezember auf.

Die mittlere potentielle Jahresverdunstung nach HAUDE über den Zeitraum von 1955 bis 2000 liegt bei rund 554 mm. Im Winterhalbjahr lag die mittlere potentielle Verdunstung bei durchschnittlich 134 mm und im Sommerhalbjahr bei 420 mm. Der Anteil der Verdunstung im Sommerhalbjahr an der Jahresverdunstung liegt aufgrund der höheren Temperaturen mit ca. 76 % erwartungsgemäß hoch.

Bei grundwasserbeeinflussten Böden mit Flurabständen < 1,5 m ist die Grundwasserneubildung aufgrund der erhöhten Verdunstung grundsätzlich geringer einzustufen. Innerhalb der Bruchgebiete findet gegenüber terrestrischen Böden damit eine deutlich reduzierte Grundwasserneubildung statt.

Diese kann für das Gebiet mit ursprünglichem Bruchcharakter im langjährigen Mittel mit rund 60 bis 100 mm/a (STROTMANN 1997) angesetzt werden. Der Verlust der Feuchtgebietsflächen infolge Grundwasserabsenkung hat aber auf Teilflächen insgesamt zu einer Erhöhung der Grundwasserneubildung geführt, so dass diese aktuell im langjährigen Mittel zwischen 125 und 175 mm/a schwankt.

3.3 Geologische Verhältnisse

Das Hülser Bruch liegt im Norden des Stadtgebietes von Krefeld und somit im zentralen Bereich der Niederrheinischen Bucht. Diese stellt ein ausgedehntes tertiäres Senkungsfeld dar und wurde während des Tertiärs mit marin-fluviatilen und im Quartär vorwiegend mit fluviatilen Sedimenten gefüllt. Das heutige Landschaftsbild im Raum Krefeld wird von den quartären Terrassenabla-

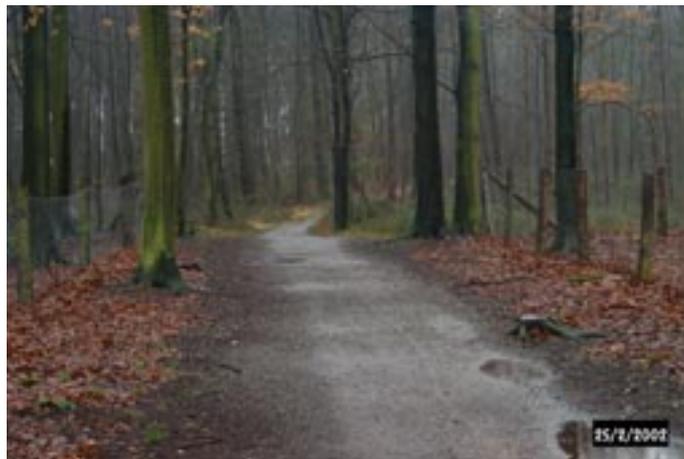


gerungen (Mittelterrasse/Niederterrasse) des Rheins mit ihren unterschiedlichen Deckschichten bestimmt. Im Nordosten des Stadtgebietes sind Überreste eines Vorstoßes des nordischen Inland-eises während der Saale Kaltzeit in Form des Hülser Berges und des Egelsberg vorhanden.

Regional sind in die Terrassenablagerungen Ton- und Schluffhorizonte mit humosen und torfigen Partien eingeschaltet. Bei diesen Ablagerungen handelt es sich um die sogenannten Holstein-Schichten (Interglazial).

Die Verbreitung der Mittel- und Niederterrasse sowie des Interglazials sind in Anlage 3 dargestellt.

Basierend auf der Kartenaufnahme der Rheinlande durch Tranchot und v. Müffling (1803 - 1820) 1: 25.000, Krefeld 36 wurde für das Untersuchungsgebiets der Verlauf der Altstromrinnen aufgenommen. Es zeigt sich, dass die Gewässer, insbesondere im Teilgebiet Hülser Bruch, entlang dieser Rinnen verlaufen.



Geländesenken im Bereich Am Steegerschen Bruch (Altstromrinnen)

3.4 Bodenverhältnisse

Die Niederterrasse ist von Hochflutsedimenten und bereichsweise von Flugsand bzw. Sandlöß bedeckt. Aus den ca. 1,5 bis 2,0 m mächtigen Hochflutablagerungen (lehmyger Sand bis Lehm) entwickelten sich Parabraunerden und Gley-Parabraunerden, Gleye und Braunerden. In Rinnen und Bachtälern wurden stark tonige Lehme abgelagert.



Im Bereich des Orbroicher und Hülser Bruches liegt eine sich von Süden nach Norden verbreitende Fläche mit ehemals geringen Flurabständen des Grundwassers vor. Hier haben sich unter dem Einfluß des Grundwassers Böden mit hydromorphen Merkmalen wie Gley (grundwasserbeeinflusster A-Horizont) und Naßgley (zeitweiliger Grundwasserstand im Bereich der Geländeoberfläche) gebildet (vgl. Anlage 4).

Die Altstromrinnen spiegeln sich als i.w. Süd-Nord verlaufende Rinnensysteme wider. Lokal sind noch Naßgleye ausgebildet. Zwischen diesen Flächen überwiegen Böden vom Typ Braunerde-Gley oder Pseudogley. Diese weisen abgesenkte Flurabstände von über 0,8 m auf.

Als Bodenart überwiegen schwere bindige Böden, auf denen es bei starken Niederschlägen oberflächlich auch zum Aufstau von Wasser kommt.

In Bereichen mit ständig hohen Grundwasserständen entwickelten sich Niedermoore (z.B. im Bereich der Niepkuhlen).

Bei den vorhandenen hydromorphen Böden handelt es sich i.w. um sogenannte Reliktböden. Diese wurden unter anderen, als den heute vorhandenen Rahmenbedingungen gebildet. Dies betrifft insbesondere die Grundwasserverhältnisse. Zur Ausbildung von Gleyböden sind Flurabstände von 0,5 bis 0,8 m erforderlich. Diese sind unter den heutigen Bedingungen nicht mehr flächig gegeben.

3.5 Hydrogeologische Verhältnisse

3.5.1 Aufbau des Grundwasserleiters

Der quartäre Grundwasserleiter im Bereich der Bruchgebiete besteht aus der Mittleren und Unteren Mittelterrasse (MT) und den Ablagerungen der Niederterrasse (NT). Er setzt sich aus kiesigen Mittel- bis Grobsanden mit Einschaltungen von Feinkiesen und Feinsanden zusammen. Die Terrassenablagerungen können als gut durchlässige Grundwasserleiter mit einer Durchlässigkeit von 1 bis 5×10^{-3} m/s eingestuft werden. Die Mächtigkeit der Terrassenablagerungen im Bereich der Bruchgebiete liegt bei ca. 30 bis 35 m; nach Nordosten nimmt sie sprunghaft auf 15 m ab.

Insbesondere im Hülser Bruch ist der Grundwasserleiter durch die Einschaltung der schluffig-tonigen Holstein-Schichten im Liegenden der Ablagerungen der Niederterrasse in zwei Stockwerke

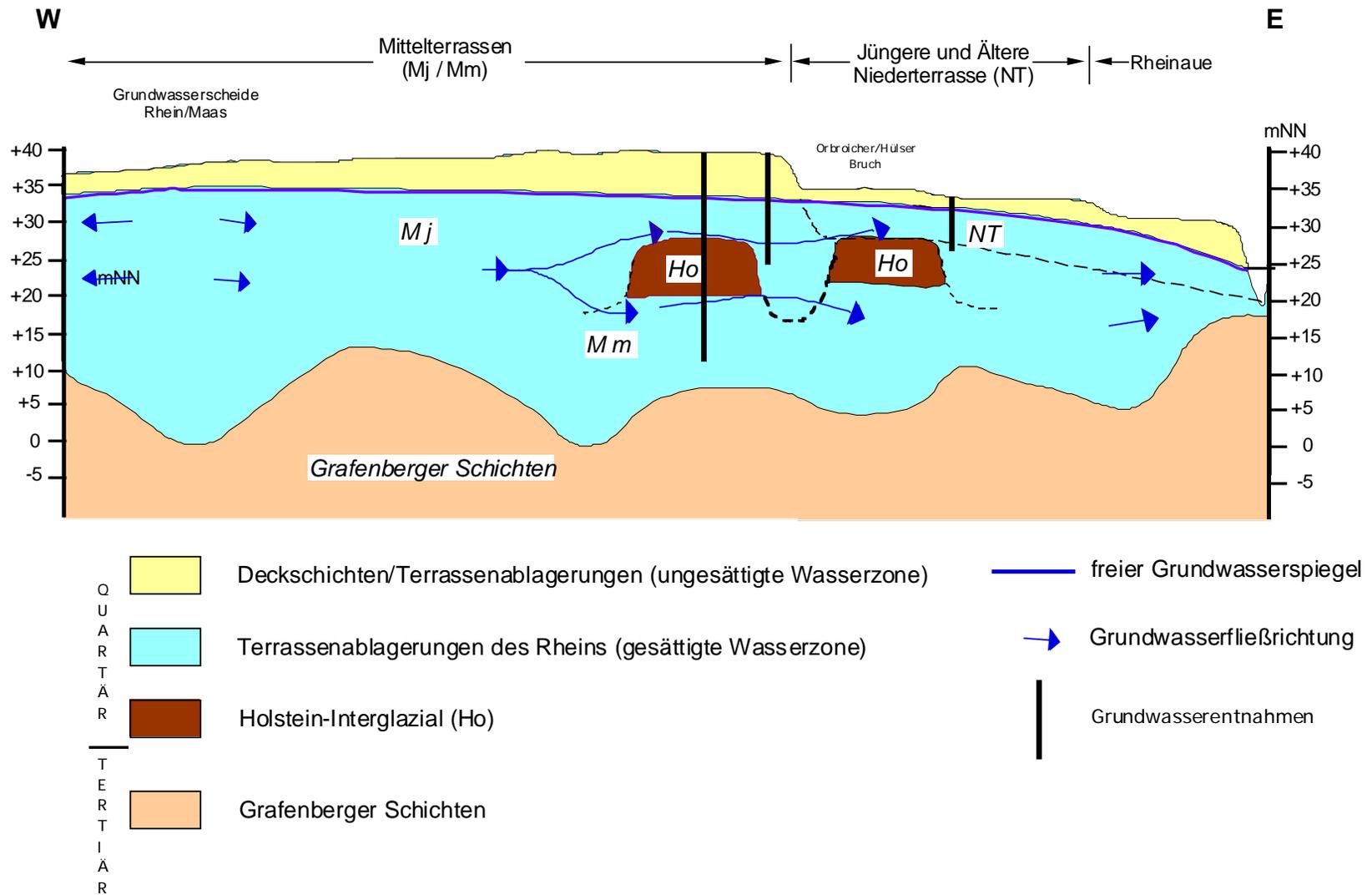


Abbildung 3: Hydrogeologischer Systemschnitt in SW-NE



unterteilt. Die Holstein-Ablagerungen sind mit einer Durchlässigkeit von 1×10^{-9} m/s als Grundwasserstauer einzustufen. Ihre Verbreitung ist durch die Erosion des Rheins während der Niederterrassenzeit lückenhaft. In Südost –Nordwest- Richtung verläuft eine Zone, wo das Holstein-Interglazial erosionsbedingt fehlt. Im Orbroicher Bruch fehlen die Ablagerungen der Holstein-Schichten weitgehend (vgl. Abbildung 3 und Anlage 3). Bei der Darstellung der Verbreitung des Interglazials wurden die Gutachten des Ingenieurbüros AHU:" Sanierungsuntersuchung Kapuziner Berg" wie des Ingenieurbüros Bieske & Partner:" Wasserrechtliche Bewilligung zur Wasserfassungsanlage III Krefeld Hüls" berücksichtigt.

Die Tiefenlage der Holstein-Schichten nimmt von Westen mit etwa 4 m unter Gelände nach Osten auf 12 m ab. Seine Mächtigkeit kann mit etwa 5 bis maximal 10 m angenommen werden. Die Ränder sind als steil abfallende Erosionskanten ausgebildet (KELLER 1995). Die Einschaltung der Holstein-Schichten in den Terrassenkörper führt zu einer Querschnittsverengung des Grundwasserleiters. Im Verbreitungsgebiet der Holstein-Schichten ist die Gesamtmächtigkeit des Grundwasserleiters deswegen auf 25 bis 30 m bzw. im Nordosten auf 15 –20 m reduziert.

Das **obere freie Teilstockwerk** besitzt im Hülser Bruch eine grundwassererfüllte Mächtigkeit von ca. 3 bis 7 m. Nach Nordosten nimmt sie aufgrund der zunehmenden Tiefenlage der Oberkante der Holstein-Schichten auf bis zu 10 m zu.

Die grundwassererfüllte Mächtigkeit des **2. gespannten Stockwerks** beträgt etwa 15-20 m. Nach Nordosten nimmt sie durch den Anstieg der Quartärbasis ab.

Die Basis wird durch tertiäre Feinsande (Grafenberger Schichten) gebildet (Durchlässigkeit 1×10^{-6} m/s), die lokal als Basis des quartären Grundwasserleiters angesehen werden können.

3.5.2 Grundwasserfließrichtung

Das Einzugsgebiet des Grundwassers im Raum Krefeld reicht über die Stadtgrenzen nach Westen und Süden hinaus. Im Westen und Südwesten wird das Einzugsgebiet von einem etwa Südost - Nord verlaufenden Scheitel - der Grundwasserscheide zwischen Rhein und Maas – begrenzt. Die Grundwasserscheide bildet die westliche und südliche Stadtgrenze unterirdisch nahezu nach.

In einem regionalen Grundwassergleichenplan von Oktober 1997 verläuft dieser Scheitelpunkt von Willich im Südwesten über Anrath, westlich St. Tönis nach Norden bis nach St. Hubert. Von diesem höchsten Punkt aus fließt das Grundwasser großräumig jeweils zu seinem Tiefstpunkt; das heißt westlich der Grundwasserscheide über die Niers in die Maas und östlich in den Rhein.



Insbesondere im Raum Hüls rückt die Scheitelzone nahe an das Orbroicher Bruch heran.

Die Lage der Grundwasserscheide ist eine Momentaufnahme. Ihre Lage unterliegt in Abhängigkeit von den Höhen der Grundwasserstände räumlichen Schwankungen.

Grundsätzlich strömt das Grundwasser mit einer nach Ost bis Nordost gerichteten Fließrichtung in die Bruchgebiete ein. Im Orbroicher Bruch herrscht eine nach Nordosten gerichtete Fließrichtung vor. Im nördlichen Bereich des Hülser Bruches strömt das Grundwasser, aufgrund des Einflusses der Grundwasserpumpanlage der LINEG, in nordnordöstliche Richtung. Im Süden des Hülser Bruches bildet sich eine lokale Grundwasserscheide aus, deren Lage abhängig ist von der Höhe der Grundwasserstände und sich somit bei unterschiedlichen Grundwasserständen verschiebt. Vorherrschende Fließrichtungen in diesem Bereich ist Nordost bis Ost.

3.5.3 Flurabstände

Die Grundwasserflurabstände, die lotrechten Abstände zwischen der Geländeoberfläche und dem Grundwasser, geben Hinweise auf die jeweils örtlich vorhandenen Feuchteverhältnisse. Im Zusammenhang mit der Konzeption hydrologisch wirksamer Maßnahmen sind Kenntnisse zu den Grundwasserflurabständen von hoher Bedeutung. Maßnahmen zur Wiedervernässung sind mit dem Ziel verbunden, ganzjährig geringe Grundwasserflurabstände zu bewirken.

Die morphologische Geländestufe zwischen Mittel- und Niederterrasse leitet in die östlich gelegenen Gebiete der Niederterrasse über. Die Bruchgebiete haben sich östlich dieser Geländestufe bei ursprünglichen Grundwasserflurabständen von flächenhaft weniger als 1,5 m, in größeren Bereichen von weniger als 1 m (Hülser Bruch) entwickelt.

Innerhalb der Bruchgebiete überwiegen heute Grundwasserflurabstände zwischen 1,0 m und 2,0 m. Im Zentrum des Hülser Bruches liegen aber auch Grundwasserflurabstände von mehr als 2 m vor.

3.6 Gewässernetz

In Anlage 2 ist das Gewässernetz des Untersuchungsgebietes mit Fließrichtung und Gewässerbezeichnung dargestellt. Das Untersuchungsgebiet weist insgesamt eine hohe Gewässerdichte auf.

Im **Teilgebiet Orbroicher Bruch** ist der Flöthbach (3.00) das Hauptgewässer. Der Flöthbach



fließt von Süden nach Norden. Im Bereich des Kapuzinerbergs ist er zur Zeit verrohrt und verläuft unterhalb der Deponie. Die untergeordneten Gewässer im Bereich des Stadtteils Hüls leiten das vorhandene Niederschlagswasser in den Flöthbach. Durch den Flöthbach muß der Abfluss aus den angrenzenden Siedlungsbereichen gewährleistet werden. Im Nordosten befinden sich der Bruchgraben (3.49) und der Lange Graben (3.49.2).

Das Teilgebiet Orbroicher Bruch liegt im Verbandsgebiet des Wasser- und Bodenverbandes (WBV) Geldener Fleuth. Die Gräben im Teilgebiet liegen innerhalb des Einzugsgebiets 286.44. Der Grenzverlauf ist in weiten Bereichen mit der Abgrenzung des WBV Geldener Fleuth identisch.

Im **Teilgebiet Hülser Bruch** ist der Sankertgraben (Graben Nr. 22) das Hauptgewässer. Der Sankertgraben fließt von Süden nach Norden. Dem Graben 22 werden im Bereich Steeger Dyk der Graben mit der Nr. 25 und weiter im Norden der Graben mit der Nr. 45 zugeführt.

Zur Zeit ist der Sankertgraben auf Höhe der Einmündung des Graben Nr. 18 am Flünnertzdyk unterbrochen. Eine dort installierte Pumpenanlage, die im wesentlichen das dränierte Wasser aus der östlich des Sankertgrabens und südlich des Flünnertzdyk angrenzenden Fläche abführt, ist nicht mehr in Betrieb. Im Betriebszustand wurde das Wasser der Kanalisation zugeführt.

Der Sankertgraben hat eine geringere Wasserführung als der Flöthbach. Das Einzugsgebiet ist vergleichsweise wenig besiedelt. Im Siedlungsbereich (südliches Teilgebiet) wird der Abfluss des Niederschlagswassers über die Gräben Nr. 31, Nr. 23 und Nr. 21 gewährleistet.

Im Nordosten des Teilgebietes verlaufen die Gräben Nr. 26, 27, 28 und 29. Die Gräben im Teilgebiet Hülser Bruch liegen innerhalb des Einzugsgebiets 277.68.

3.7 Nutzungen und Naturfunktionen

3.7.1 Flächennutzung

Das Untersuchungsgebiet wird fast ausschließlich land- und forstwirtschaftlich genutzt (Anlage 5). Grünland und Wald stellen die natürlichen Nutzungen beider Bruchgebiete dar. Infolge der Grundwasserabsenkungen der vergangenen Jahrhunderte sind heute weite Teile ackerfähig geworden. Parallel hierzu wurde die Grünlandnutzung durch Neuansaat mit ertragsreichen Futtergräsern und erhöhter Düngung intensiviert. Daraus wiederum erfolgt ein erhöhter Viehbesatz der landwirtschaftlichen Flächen.



Auf den forstwirtschaftlichen Flächen haben Misch- und Buchenwälder Bestand. Diese Flächen werden im wesentlichen als Naherholungsflächen genutzt.

Insbesondere im Westen und Süden der Flächen greifen an den Rändern der Bruchgebiete Siedlungsgebiete über.

Im Untersuchungsgebiet befinden sich drei Deponien, der Kapuzinerberg, der Inrather Berg und eine Deponie am Langen Dyk.

3.7.2 Naturschutzfachliche Planung

Die naturschutzfachliche Planung beruht für das Untersuchungsgebiet hauptsächlich auf dem Landschaftsplan. Für wechselfeuchte Gebiete wichtige Bestandteile des Landschaftsplans sind in Anlage 6 dargestellt.

Ein wesentliches Entwicklungsziel ist der Erhalt der Flächen in ihrer derzeitigen Nutzung.

Nicht besiedelte Gebiet des Untersuchungsgebietes sind als Landschaftsschutzgebiet ausgewiesen. Kernbereiche des Hülser Bruchs wurden im Jahr 2002 als Naturschutzgebiet unter Schutz gestellt. Innerhalb des Naturschutzgebietes sind Sicherung und Verbesserung der Standortqualität für den Natur- und Artenschutz vorgesehen.

Im Nordosten des Untersuchungsgebietes (Teilgebiet Orbroicher Bruch mit Floethbach) ist die Ausweisung eines weiteren Naturschutzgebietes geplant. Dieses neue Gebiet soll das vorhandene Naturschutzgebiet Hülser Berg/Hülser Bruch mit dem geplanten Naturschutzgebiet im Süden des Kreises Viersen – Verlängerung des Floethbaches - verknüpfen.

Als Entwicklungs- und Pflegemaßnahmen sind für den Flöthbach im Bereich der Deponien Inrather Berg und Kapuzinerberg im Zuge der Sanierung dieser beiden Altablagerungen Pflegemaßnahmen sowie im nördlichen Bereich des Flöthbaches eine Renaturierung des Bachlaufes vorgesehen.

3.7.3 Wasserwirtschaftliche Nutzung

3.7.3.1 Grundwasserbewirtschaftung

Die wasserwirtschaftliche Nutzung innerhalb des Untersuchungsgebiets ist in Anlage 7 dargestellt.

Im Nordosten des Untersuchungsgebiet befindet sich die Grundwasserpumpanlage Kliebruch,



die von der LINEG betrieben wird. Hierbei handelt es sich um aktuell insgesamt fünf einzelne Grundwasserentnahmestellen, die zur Trockenhaltung von Kellern im Bereich einzelner Gebäude installiert sind. Drei der fünf Entnahmenstellen liegen nördlich des Untersuchungsgebietes.

Das von der Anlage Kliebruch entnommene Grundwasser wird größtenteils über die außerhalb des Stadtgebietes liegende Vorflutpumpanlage Niep den Niepkuhlen zugeführt. Ein bei weniger als 10 % liegender Anteil wird versickert und ein nicht weiter bestimmbarer Anteil in Gräben eingeleitet und dort zur Versickerung (s.u.) gebracht.

Weitere Grundwasserentnahmen sind nur lokal und in geringen Mengen ($< 10.000 \text{ m}^3/\text{a}$) innerhalb der Bruchgebiete vorhanden. Diese sind im Bereich Orbroicher Bruch auf das östliche Siedlungsgebiet von Hüls und im Hülser Bruch i.w. auf das Gebiet am Flünnerdyk zwischen Luisenhof und Reitplatz beschränkt.

Größere Entnahmen liegen nur im Zustrom zum Orbroicher Bruch bzw. im Bereich Bönnersdyk im Süden des Untersuchungsgebietes.

Im Zustrom zum Orbroicher Bruch und damit westlich davon, liegen ausserhalb des Untersuchungsgebietes eine Vielzahl weiterer industrieller Entnehmer von Grundwasser. Des weiteren liegt im Bereich der Kempener Allee die Wasserfassungsanlage I der SWK Energie GmbH. Insbesondere die industriellen Entnahmen aus dem Gebiet Kempener Allee, Hülser Str. und Girmesgath haben sich in den letzten Jahren deutlich reduziert bzw. sind eingestellt worden. Die Entnahmen in diesem Gebiet haben sich gegenüber den 60er Jahren um über 2 Mio cbm im Jahr reduziert.

Einleitungen von Grundwasser in Gewässer finden im Süden und Norden an der Ostgrenze des Hülser Bruches statt. Im Norden wird das geförderte Grundwasser aus den Grundwasserhaltungen der Anlage Kliebruch 1 & 2 (s.o.) auf Höhe Lousbill in den Graben 22 geleitet, wo es sich zum Teil zurückstaut und kleinräumig versickert oder größtenteils in die Niepkuhlen entwässert.

Im Süden erfolgt zur Zeit die Einleitung von Grundwasser aus einer Wasserhaltungsmaßnahme aus dem Bereich Bönnersdyk in den Graben Nr. 2 (Hökendyk / Ecke MoerserStr.), das ebenfalls direkt in die Niepkuhlen weitergeleitet wird. Die Grundwasserentnahmen stammen aus einer Fläche, die nicht im unmittelbaren Einzugsgebiet des Hülser Bruches liegt.

Die Wassermengen aus beiden Einleitungen stehen durch die unmittelbare Abführung in die Niepkuhlen bzw. deren Versickerung dem Untersuchungsgebiet nicht zur Verfügung.



Einleitstelle LINEG am Graben 22

Der Süden des Untersuchungsgebietes (Kliedbruch) liegt im Bereich der Wasserschutzzone IIIB der Wasserfassungsanlage IV der SWK Energie GmbH. Der Nordwesten des Orbroicher Bruches liegt in der Wasserschutzzone III B des ausserhalb des Stadtgebietes gelegenen Wasserfassungsanlage Niep der ENI AG.

3.7.3.2 Gewässerbewirtschaftung und -unterhaltung

Aus den Siedlungsbereichen Hüls und Inrath erfolgt die Einleitung von Niederschlagswasser in den Flöthbach. Hierbei handelt es sich um die Einleitungsstellen R 02, R 03, R 04; R 09 bis R 15 im Bereich des Orbroicher Bruches (Generalenwässerungsplan 2000); im südlichen Hülser Bruch befindet sich die Einleitstelle R 17.

Aus dem Siedlungsbereich Kliedbruch wird Niederschlagswasser in den Graben Nr. 33 eingeleitet.

Die Unterhaltung der Gewässer ist in einem Unterhaltungsplan geregelt. Die Gewässer im Untersuchungsgebiet werden ein – bis zweimal im Jahr gepflegt. Eine Besonderheit ist hierbei der Sankertgraben (Nr. 22). Der einmalige Pflegedurchgang wird in Abschnitten von ca. 500 m in Frühjahr- und Herbstströmung unterteilt.

In einigen Grabenabschnitten sind im Jahr 2001 folgende Entschlammungsmaßnahmen durchge-



führt worden:

- am Flöthbach (3.00) zwischen Steegerdyk und Plankerdyk,
- am Graben 3.48 im Bereich des Gehöftes Schmidhülsen,
- am Graben 3.49.3 auf einer Gewässerstrecke vom 100 m im Unterlauf und
- am Graben 3.5.1 auf einer Gewässerstrecke von 200 m im Mündungsbereich



4 Darstellung der räumlich-zeitlichen Entwicklung von Einflussfaktoren auf das hydrologische System

4.1 Rahmenbedingungen grundwassergeprägter Lebensräume

Ist das Grundwasser Standortfaktor für die Entwicklung von Pflanzen- oder Tiergesellschaften, können sinkende Grundwasserstände zu Veränderungen innerhalb der Biotope führen. Deren hydrologische Entwicklung wie auch Artenreichtum der Fauna und Flora ist an geringe Flurabstände gekoppelt. Sinkt der Wasserstand unter den Wurzelraum der Pflanzen, so dass er vom Kapillarsaum des Grundwassers nicht mehr erreicht wird, können Absenkungen des Grundwassers bereits im Dezimeterbereich zu empfindlichen Störungen des Ökosystems führen. Besonders ausgeprägt ist dies in grundwasserabhängigen Moor- und Feuchtgebieten.

Moor- und Feuchtgebiete sind durch hohe Verdunstungsraten gekennzeichnet. Neben dem Niederschlagswasser nehmen die Pflanzen Wasser aus dem Grundwasser auf, wodurch die aktuelle Verdunstung oftmals deutlich oberhalb der potenziellen Verdunstung liegt. Die hohe Verdunstung führt zu einer Reduzierung der Grundwasserneubildung. Die geringen Flurabstände führen flächenhaft zur Ausbildung hydromorpher Böden vom Typ Gley oder Niedermoor.

Das Hülser Bruch ist ein ehemaliges Versumpfungsmoor. Charakteristisch sind geringmächtige Torfe über einem gut durchlässigen Untergrund (SUCCOW & JESCHKE 1990). Die Torfablagerungen sind durch geringe Flurabstände in flachen Niederungsgebieten entstanden; basal können sich Raseneisensteinlagen bilden.

Die Ausbildung der Bruchgebiete an der Terrassenkante ist grundsätzlich durch die günstige morphologische Situation östlich der Grenze zwischen Mittel- und Niederterrasse mit einem Geländesprung um 3 bis 5 m begünstigt. Als weitere Faktoren, insbesondere für die in West-Ost-Richtung sehr breite Ausbildung der Bruchgebiete sind:

- die ursprünglich nahe Hüls gelegene Grundwasserscheide zwischen Rhein und Maas mit den hohen Grundwasserständen
- die Querschnittsverengung des Grundwasserleiters durch die Einschaltung der Holstein-Schichten



- die weite morphologisch schwach gegliederte Ebene im Bereich der Altstromrinnen

Grundsätzlich muss berücksichtigt werden, dass das Grundwasser in Abhängigkeit von der klimatischen Entwicklung natürlichen Schwankungen unterliegt. Sofern das Maß der Absenkungen des Grundwassers über den natürlichen Grundwasserschwankungen liegen, kann dies in Bruchgebieten, insbesondere für die niedrigsten Grundwasserständen, Auswirkungen auf den Gesamtkomplex haben.

4.2 Räumlich-zeitliche Entwicklung der Flächennutzung / -erschließung

4.2.1 Urbarmachung und Erschließung im 19. Jahrhundert

Die Urbarmachung der ehemals unwirtschaftlich und schwer zugänglichen Bruchgebiete erfolgte ab dem 14. Jahrhundert (HERBST, 1983). Erste Entwässerungsmaßnahmen wurden am Rande des Bruchgebietes durchgeführt. In den folgenden Jahrhunderten nahm die wirtschaftliche Bedeutung der Bruchgebiete wie der östlich angrenzenden Niepkuhlen ständig zu als:

- Brennstofflieferant,
- Torfstichgebiete,
- Grieserdegewinnung (als Felddünger),
- Raseneisenerzabbau für lokale Hüttenwerke (1860-1880),
- Weideland.

Das Torfstechen wurde ab dem Ende des 17. Jahrhunderts gewerblich betrieben. Die zunehmende Nutzung der natürlichen Ressourcen führte bis zum Anfang des 19. Jahrhunderts zu einer verstärkten Urbarmachung und landwirtschaftlichen Nutzung. Die Trockenlegung wurde intensiviert, nachdem die Bruchgebiete 1805 aus dem Gemeindebesitz privatisiert und anschließend parzelliert wurde.

Bis zum Ende des 19. Jahrhunderts fand in weiten Teilen des Bruches eine deutliche Reduzierung der Feuchtgebietsflächen zugunsten landwirtschaftlich genutzter Flächen statt. Der Wandel des ehemals wasserreichen Sumpfgebietes über ein Bruchgebiet in ein zeitweise feuchtes Waldgebiet vollzog sich ab Anfang des 19. Jahrhunderts rasch durch:

- Das Anlegen von Entwässerungsgräben seit 1800 und der Bau einer Kanalisation und der Anla-



ge des Hauptabwasserkanals von Krefeld nach Uerdingen im Jahre 1875 (z.B. Dießemer Bruch). Die Kanäle wirkten bei den geringen Flurabständen als Dränagen.

- Die stetige Erschließung der Bruchgebiete für den Wohnungsbau von den Rändern aus nach "Austrocknung" der Feuchtgebiete. Die Straßennamen "Dyk" (Dämme) sind heute oftmals die einzigen Zeugen der ehemals flurnahen Wasserstände.

In Abbildung 4 ist das zum Ende des 19. Jahrhunderts vorhandene Grabnesystem im Bruchgebiet skizziert.

4.2.2 Urbarmachung und Erschließung im 20. Jahrhundert

Seit Beginn des 20. Jahrhunderts wirkten sich anthropogen bedingte Eingriffe in die wasserwirtschaftliche Entwicklung im Stadtgebiet von Krefeld auf die Grundwasserstände auch in den Bruchgebieten aus. Die Feuchtgebietsflächen wurden auf die Kernzonen des Bruches zurückgedrängt. Bis in die 50er Jahre verdichtete sich das anthropogen angelegte Grabensystem zur Entwässerung des Bruches; die Zahl der ganzjährig fließenden Gewässer reduzierte sich weiter. Die Quelle des Flöthbaches verlagerte sich nach Norden. Aus Hüls wird er von Abwässern gespeist. Sankert und Liebich führen nicht mehr ganzjährig Wasser. Der Liebich stellte die ursprüngliche Fortsetzung des Sankert nach NE dar. Heute besitzen beide Grabensysteme keine Verbindung mehr. Im Süden und Osten des Hülser Bruches sind keine fließenden Gewässer mehr vorhanden.

Neben dem Anlegen von weiteren Meliorationsgräben und der Begradigung des Flöthbaches durch den Reichsarbeitsdienst in den 30er Jahren ist das Absinken zurückzuführen auf:

- Die Tiefenerosion des Rheins zur Jahrhundertwende. Ihr Einfluss ist bis zum Beginn der neuzeitlichen Stromregulierung durch TULLA im Jahre 1817 zurückzuführen. Im Laufe dieses Jahrhunderts beträgt die Sohleneintiefung des Rheins etwa 2 m. Die höchsten Eintiefungsraten sind über den Zeitraum von 1850 bis 1950 zu beobachten. In den folgenden Jahren reduziert sich die Sohleneintiefung (STROTMANN 1997). Sie hat damit zum Ende des letzten wie zum Beginn dieses Jahrhunderts zu einer Tieferlegung der Grundwasseroberfläche in den Anstromgebieten zum Rhein geführt. Ihr Einfluss auf die Grundwasserstände in den Bruchgebieten hat sich in den letzten 30 bis 40 Jahren reduziert und ist heute als gering einzustufen, da die Auswirkungen der Tiefenerosion durch erhöhte Abflussmengen zum Teil kompensiert werden.



Abbildung 4: Skizze über die Entwässerung des Hülser Bruches 1886 (nach Hofacker in Schmid-Riss (1954/55))

- Die Verlagerung der Grundwasserscheide zwischen Rhein und Maas im Westen des Stadtgebietes nach Westen. Die Lage der Grundwasserscheitelzone wird mit Inbetriebnahme der öffentlichen Wasserversorgung der Stadt Krefeld im Jahr 1877 und durch die zunehmenden industriellen Grundwasserentnahmen im Westen und Südwesten Krefelds beeinflusst. 1926 ver-



lief die Wasserscheide etwa über Willich nach Forstwald, den Stadtkern von St. Tönis bis nach Hüls. Im Norden reichte sie bis an die Terrassenkante. Die unbeeinflusste Lage der Grundwasserscheide dürfte im 19. Jahrhundert am Orbroicher Bruch gelegen haben, da die Grundwasserstände des Jahres 1926 bereits um mehr als 1,5 m unter dem Ausgangsgrundwasserstand des Jahres 1886 lagen. Der Einfluss ist durch die deutliche Reduzierung der industriellen Entnahmen seit den 70er Jahren zurückgegangen.

- Der Siedlungsraum dehnt sich seit den 60er Jahren immer weiter in das Bruchgebiet aus. Die damit einhergehende Überbauung und die Abführung der Niederschläge über das Kanalsystem führt zu einer weiteren Beeinflussung.

4.3 Folgen der Bergsenkungen auf den Wasserhaushalt

Im nördlichen Stadtgebiet führt der untertägige Steinkohlebergbau im Raum Moers - Kapellen - Traar seit 1960 zu Geländevertorfungen, Senkungen der Geländeoberfläche und Bodenbewegungen. Der aus den Bergsenkungen resultierende, relative Anstieg der Grundwasseroberfläche macht Regulierungsmaßnahmen im Bereich der Senkungsmulden bzw. an deren Rändern notwendig. Diese werden von der Linksniederrheinischen Entwässerungsgenossenschaft (LINEG) ausgeführt.

Bezogen auf die absolute Höhe wird die Lage der Grundwasseroberfläche durch die Bergsenkungen nicht verändert; sie führen vielmehr zur Verringerung des Abstandes zwischen der Geländeoberfläche und dem Grundwasser. Das Grundwasser steigt relativ zum Gelände an, die Flurabstände sinken, so dass tiefer gelegene Flächen weiträumig sogar vernässen können. Zum Ausgleich der Geländesenkungen werden Regulierungsmaßnahmen notwendig:

- Abpumpen und Absenken des Grundwassers unter Einhaltung des natürlichen Flurabstandes (Polderung),
- Wiederherstellung des Gefälles bzw. der Vorflutrichtung an Vorflutern mittels Vorflutpumpenpanlagen.

Ziel der Polderung ist die Wiederherstellung der alten Flurabstände. Dies bedeutet für Siedlungsräume Flurabstände von maximal 3 m und für landwirtschaftliche Flächen von maximal 1,5 m.

Im Stadtgebiet von Krefeld beschränken sich die Bergsenkungen auf die nördlichen Gebiete zwischen dem Hülser Berg und Traar. Der untertägige Steinkohlebergbau ging dort von der Mitte der 60er Jahre bis 1988 um. Das Zentrum des Abbaus lag bei Traar und dem Egelsberg. Er setzt sich



nördlich und nordwestlich des Stadtgebietes fort.

Angaben über die Höhe der Bergsenkungen bzw. deren räumlichen Verteilung im Raum Krefeld liegen nicht vor. Nach MECHTOLD (1986) können die Bergsenkungen im Bereich des Egelsbergs bei 3,5 m liegen. An der nördlich des Stadtgebietes gelegenen Vorflutpumpanlage Niep erreichen die Bergsenkungen seit 1957 ca. 5,5 m (KÖNIG & SCHMID 1993). Südlich des Fischerheims treten nach KÖNIG & SCHMID (1993) keine Bergsenkungen mehr auf.

Aus den im Rahmen dieser Untersuchung ausgewerteten Zeitreihen vorhandener Höhenpunkte läßt sich ableiten, dass Bergsenkungen innerhalb des Untersuchungsgebietes im Nordosten, insbesondere östlich des Hülser Berges, von Bedeutung sind. An einzelnen Vermessungspunkten lassen sich hier Senkungen des Geländes von bis zu 2 m rekonstruieren.

Des weiteren lassen sich geringere Senkungen des Geländes auch westlich des Hülser Berges erkennen. Ob diese, kleiner als 0,4 m hohen Geländesenkungen, auf Bergsenkungen zurückzuführen sind, kann nicht beurteilt werden. Eine weitere Ursache könnten Mineralisationsprozesse in den Torfen infolge Trockenlegung durch sinkende Grundwasserstände sein.

Zusammenfassend läßt sich festhalten, dass sich nach Süden auslaufend, etwa auf der Linie der südlichen Spitze des Hülser Berges bis Lousbill beschränkt, Geländeabsenkungen zu beobachten sind. Angaben zur absoluten Höhe der Bergsenkungen können daraus aber nicht abgeleitet werden.

4.4 Regulierungsmaßnahmen des Grundwassers infolge Bergbau

Im Norden des Untersuchungsgebiet befindet sich die Grundwasserpumpanlage Kliebruch, die von der LINEG unterhalten wird. Hierbei handelt es um insgesamt fünf einzelne Grundwasserentnahmestellen, die zur Trockenhaltung von Kellern im Bereich einzelner Gebäude installiert sind. Drei der fünf Entnahmenstellen liegen nördlich des Untersuchungsgebietes.

Die Grundwasserentnahmen (vgl. Tabelle 1) an diesen Anlagen werden über die Höhe der Grundwasserstände reguliert. Infolgedessen unterliegen die Entnahmenmengen starken Schwankungen. Bei niedrigen Grundwasserständen sind i.d.R. keine oder nur geringere Förderungen erforderlich. Die Förderungen setzen erst bei Überschreiten eines, für jedes Gebäude im Einzelfall festgelegten, Grundwasserstandes ein.

Eine Übersicht über die Entnahmen der Anlagen gibt folgende Tabelle 1. Die Anlagen Klie-



bruch 1 und 2 sowie 3 und 5 werden jeweils zusammen erfaßt.

Die Mindestentnahmemenge liegt damit, unabhängig von klimatischen Entwicklungen, im Jahr bei rund 900.000 m³.

Angaben zur Reichweite der Absenkungen liegen nicht vor; nach unserem Kenntnisstand befindet sich der Antrag zur wasserrechtlichen Bewilligung beim RP Düsseldorf zur Bearbeitung.

Überschlägig kann die Reichweite einer Absenkung jedoch mit der sog. Zylinderformel abgeschätzt werden. Demnach liegt die Austauschreichweite bei Förderleistungen von 35.000 bis 60.000 cbm/Monat etwa bei 100 bis 200 m. Alleine für die am weitesten südlich gelegene Pumpanlage Kliebruch 1 ergibt sich somit eine Reichweite der Entnahmen von rund 50 bis 75 m. Die Reichweite der Absenkung läßt sich nach der Formel von Sichard überschlägig mit 300 m angeben.

Damit haben die Entnahmen Einfluss auf die hydraulische und die wasserwirtschaftliche Situation im Nordosten des Untersuchungsgebietes. Betrachtet man die vorhandenen Grundwassergleichpläne, so lassen sich hier die Einflüsse der Pumpanlagen aus dem Verlauf der Grundwassergleichen bis auf Höhe von "Haus Klieb" ableiten.

Tabelle 1: Angaben zu den monatlichen Entnahmen der Grundwasserpumpanlage Kliebruch (1990-2001) in m³

	Jahresentnahmemengen	mittlere monatliche Entnahmen	maximale monatliche Entnahmen	minimale monatliche Entnahmen
Kliebruch 1 & 2	552.000 - 2.174.000	31000	98000	3
Kliebruch 3 & 5	34.000 - 352.000	39000	100000	0
Kliebruch 6	136.000 - 543.000	26000	78000	0
Kliebruch 7	0 - 214.000	7250	55000	0
Summe 1)	916.000 - 2.750.000			

1) Die Summe der Jahresentnahmemengen ergibt sich nicht aus der Addition der Summen der einzelnen Anlagen, da bezogen auf jede Anlage, die geringsten bzw. höchsten Entnahmemengen in den Anlagen nicht zeitgleich auftreten



5 Ergebnisse der Untersuchungen

5.1 Langjährige Entwicklung der Grundwasserstände

Innerhalb der beiden Bruchgebiete existieren eine Vielzahl von Grundwasserstandsmessstellen, die bereits seit Mitte der 50er des letzten Jahrhunderts monatlich gemessen werden. Ausgewählte Messstellen hiervon sind in der Tabelle 2 dargestellt sowie in der Anlage 8 in Form von Grundwasserstandsganglinien dokumentiert. Zu beachten ist dabei die unterschiedliche Laufzeit der Zeitreihen.

Veränderungen des Grundwasserspiegels resultieren aus der vertikalen Zusickerung von Niederschlagswasser durch die Deckschichten (Grundwasserneubildung) und annähernd horizontalen kontinuierlichen Fließbewegungen im Grundwasserleiter.

Ist die Grundwasserneubildung größer als der horizontale Abfluss kommt es zu einem Anstieg der Grundwasserstände (in der Regel im Winter). Umgekehrt hat eine reduzierte oder fehlende Neubildung (z.B. in den Sommermonaten) bei einem kontinuierlichen Abfluss des Grundwassers sinkende Grundwasserstände zur Folge. Diese Änderungen des Grundwasserspiegels mit der Zeit lassen sich graphisch als Grundwasserstandsganglinien darstellen.

Wegen der geringen Flurabstände reagiert das Grundwasser im Bereich von Bruchgebieten aufgrund der kurzen Sickerstrecke unmittelbar auf Niederschlagsereignisse bzw. auf den Entzug von Wasser z.B. durch Verdunstung. Dies drückt sich in den Ganglinien durch ausgeprägte mehrfache jährliche Maxima und Minima aus. Die Ganglinien zeigen einen sogenannten "nervösen" Verlauf. Je "ruhiger" und ausgeglichener der jährliche Verlauf ist, desto geringer ist der unmittelbare Einfluß der klimatischen Faktoren auf den Gang des Grundwassers.

5.1.1 Langjährige Entwicklung der Grundwasserstände im Raum Krefeld

Im Allgemeinen wurden die höchsten Grundwasserstände des 20. Jahrhunderts im Raum Krefeld in den Jahren 1904, 1906, 1907 und 1926/ 1927 gemessen; hohe bis sehr hohe Grundwasserstände wurden in den Jahren 1931, 1946 und 1957 beobachtet. Die Grundwasserhochstände der Jahre 1962, 1967, 1988 und 1995 und 1999/2000 stellen, bezogen auf die Zeit nach 1950, absolute



Höchststände dar; in Relation zu den Grundwasserständen um 1900 liegen sie jedoch bedingt durch sinkende Grundwasserstände auf einem um 1 bis 1,5 m niedrigeren Niveau.

Die niedrigsten Grundwasserstände wurden in den Jahren 1974 bis 1978 gemessen. Wie auch die sehr niedrigen Grundwasserstände der Jahre 1990 bis 1992 resultierten sie aus einer Folge niederschlagsarmer Jahre; zugleich sind sie aber, insbesondere in den 70 er Jahren des letzten Jahrhunderts, auch Folge anthropogener Einflüsse. In der ersten Hälfte dieses Jahrhunderts wurden derart niedrige Grundwasserstände nicht gemessen.

Die natürlichen Schwankungen des Grundwassers können im Raum Krefeld bei bis zu 4 m liegen. Im Bereich der Bruchgebiete liegt die Schwankungsbreite dagegen in unbeeinflussten Messstellen bei 2 bis 2,5 m.

5.1.2 Räumlich-zeitliche Entwicklung der Grundwasserstände in den Bruchgebieten

Für Gebiete mit geringen Flurabständen sind Grundwasserstandsganglinien mit langjährig geringen Amplituden und im Jahresrhythmus hohen Schwankungen typisch. Daran macht sich die starke Abhängigkeit der Grundwasserstandsentwicklung von den Niederschlagsereignissen bemerkbar. Ein Beispiel zeigt die Abbildung 5. Diese ist in Bruchgebieten durch den geringen Flurabstand besonders stark ausgeprägt. Die Ganglinien können deswegen jährlich mehrfach Spitzen aufweisen.

Für die Bruchgebiete sind über den Zeitraum von 1950/59 bis 2001 absolute Grundwasserschwankungshöhen von etwa 2,0 bis 2,5 m typisch. Aufgrund der hohen Niederschlagsabhängigkeit können in Relation zur langjährigen absoluten Schwankungsbreite sehr hohe jährliche Schwankungsbreiten von bis zu 1,4/ 1,7 m auftreten.

Betrachtet man den Verlauf der Grundwasserstandsganglinien (Anlage 8) in den verschiedenen Bereichen der Bruchgebiete, so zeigen sich unterschiedliche Entwicklungen.



Grundwasserstandganglinien L 1021 und L 729

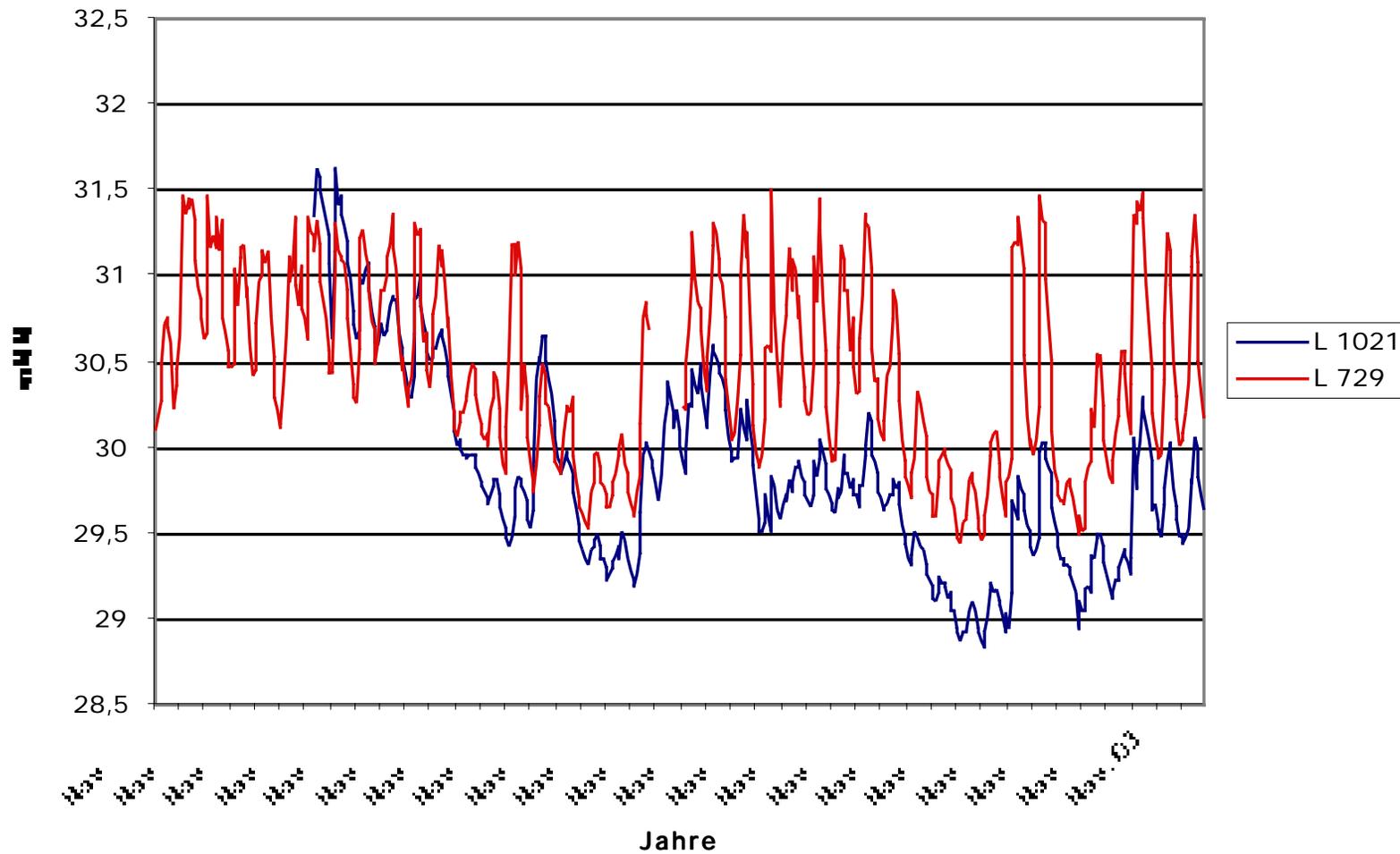


Abbildung 5: Grundwasserganglinie der Messstelle L 729 und L1021 über den Zeitraum von 1950 bis 2001



Insbesondere **östlich des Hülser Berges** läßt sich an den Grundwasserstandsganglinien eine deutliche Abnahme der Grundwasserstände erkennen. Diese Abnahme der Grundwasserstände erfolgt über den Zeitraum von 1959 bis 1983 kontinuierlich. Ab 1983 ist eine einmalige Tieferlegung der Grundwasserstände zu beobachten. Diese geht einher mit der Inbetriebnahme der Grundwasserpumpanlage Kriedbruch (siehe Kapitel 6.1.4). Exemplarisch zeigt sich der Einfluss der Grundwasserpumpanlage an der Grundwasserstandsganglinien der Messstelle L 658 (Anlage 8.5) sowie L 1021 (Anlage 8.4). Zu berücksichtigen ist jedoch, das der aufgezeigte Trend der Grundwasserstände in den Messstellen aufgrund ihrer unmittelbaren Nachbarschaft zu den Pumpanlagen Extremwerte darstellen.

An den übrigen, im Norden der Bruchgebiete gelegenen, Messstellen läßt sich grundsätzlich feststellen, daß die Grundwasserhöchststände der 60er Jahre heute nicht mehr erreicht werden. Hierfür kann auf die Messstellen L 728 und L 726 (Anlage 8.3) verwiesen werden. Lediglich die Messstelle L 729 scheint insgesamt einen unbeeinflußten Verlauf aufzuzeigen. An dieser Messstelle lassen sich tendenziell scheinbar keine sinkenden Grundwasserstände beobachten. Dies trifft insbesondere für die Grundwasserhöchststände zu. Diese überschreiten in den 90er Jahren teilweise die Höchststände der 60er Jahre. An den niedrigen Grundwasserständen läßt sich aber eine leichte Abnahme zu erkennen.

Tabelle 2: Zusammenstellung der langfristigen Schwankungen ausgewählter Grundwasserstandsmessstellen

Pegelbezeichnung	Lage	Meßzeitraum	Min	Max	delta	Jahresamplitude
			mNN	mNN	m	m
TB 13	südliches Hülser Bruch	1959-2001	29,53	31,5	1,97	0,61 (0,25-1,11)
TB 12	südliches Hülser Bruch	1959-2001	29,42	32,17	2,75	0,64 (0,24-1,02)
L 728	westlich Hülser Berg	1959-2001	28,51	31,2	2,69	0,80 (0,37-1,40)
L 726	westlich Hülser Berg	1959-2001	28,56	31,01	2,45	0,77 (0,29-1,42)
L 729	südlich Hülser Berg	1959-2001	29,44	31,5	2,06	0,98 (0,32-1,67)
L 658	östlich Hülser Berg	1959-2001	28,04	31,11	3,07	0,68 (0,20-1,31)

An den Messstellen im **Süden der Bruchgebiete** (Anlage 8.2) lassen sich keine relevanten negativen Tendenzen in der Entwicklung der Grundwasserstände erkennen. Der Gang des Grundwassers entspricht im wesentlichen dem klimatisch bedingtem Verlauf.



5.1.3 Entwicklung der Grundwasserstandsminima und –maxima

Eine Betrachtung der jährlichen minimalen und maximalen Grundwasserstandsentwicklung ist für die Bewertung des ökologischen Zustandes der Bruchgebiete von Bedeutung. Im Allgemeinen werden Höchststände bei niedrigen Flurabständen aufgrund der unmittelbaren Reaktion des Grundwassers auf ein Niederschlagsereignis schnell erreicht. Insofern zeigt das Erreichen der Höchststände nicht unbedingt den intakten Charakter eines Feuchtgebietes an.

Von Bedeutung sind hier vielmehr die niedrigsten Grundwasserstände, da sie als limitierender Faktor für das Ökosystem auftreten. In der Anlage 9 sind für ausgewählte Grundwasserstandsmessstellen die jährlichen Minima und Maxima als Zeitreihen dargestellt.

Im **Norden der Bruchgebiete** sind die Messstellen L 729 und L 728 (Anlage 9.4 und 9.5) charakteristisch. Sie zeigen geringere Absenkungen. Dabei fällt die Absenkung der Niedrigwasserstände geringfügig stärker aus. Der scheinbar unbeeinflusste Pegel L 729 zeigt ebenfalls eine sinkende Tendenz der jährlichen Maxima und Minima, die über den Zeitraum bei ca. 0,5 m liegt. An beiden Pegeln liegen insbesondere die Minima auf einem Niveau, wie es nur in den sehr trocknen Zeiten Anfang der 70iger Jahre erreicht wurde. Obwohl die Maxima ebenfalls sinkende Tendenzen aufweisen, werden die alten Höchststände aus den 60er Jahren noch erreicht, zuweilen sogar überschritten.

Im Bereich des unmittelbaren Einflusses der Grundwasserpumpenanlagen spiegeln sich an der Messstelle L 658 (Anlage 9.2) die Absenkungen sowohl an den Höchst- wie Niedrigständen wider. Dies läßt sich auch an der Messstelle L 1059 beobachten. Die Abnahme der Niedriggrundwasserstände ist besonders an diesen Messstellen deutlich ausgeprägt. Hier ergibt sich aus dem Vergleich der sehr niedrigen Grundwasserstände der 70er Jahre zu den sehr niedrigen Grundwasserständen Mitte der 90er Jahren grundsätzlich, daß die in den 90er Jahren gemessenen Grundwasserstände unter dem Niveau aus den 70er Jahren liegen.

Die minimalen Grundwasserstände weisen im Norden des Hülser Bruches eine stärker sinkende Tendenz auf und die niedrigsten gemessenen Grundwasserstände der 70er Jahre werden 1992 unterschritten. Insgesamt ist die absolute Schwankungsbreite damit größer geworden.

Für den **Süden der Bruchgebiete** sind die Messstellen TB 12 und TB 13 charakteristisch. Hier zeigt sich für die niedrigsten wie höchsten jährlichen Grundwasserstände insgesamt eine neutrale bis positive Entwicklung. Die Grundwasserhöchststände der 60iger Jahre werden nicht bzw. nur



knapp erreicht, die höchsten Wasserstände liegen aber insgesamt auf einem relativ hohem Niveau. Das gleiche gilt auch für die Niedrigstände. Diese liegen in den 90er Jahren durchweg geringfügig über dem Niveau der 70iger Jahre.

Im Süden der Bruchgebiete liegen die Grundwasserniedrigstände zu Beginn der 90er Jahre damit oberhalb der Grundwasserniedrigstände aus den 70er Jahren. Die langfristige Entwicklung der Grundwasserstände hat hier keinen bzw. nur geringen Einfluß auf die Höhe der Grundwasserniedrigstände; die Grundwasserhöchststände dagegen zeigen, wie Messstellen aus dem Norden der Bruchgebiete, eine abnehmende Tendenz. Gegenüber dem nördlichen Bruchgebiet fällt diese aber deutlich geringer aus.

Diese oben beschriebene Entwicklung für Messstellen aus dem Norden des Hülser Bruches mag typisch für den Grundwassergang in Feuchtgebieten sein, die langsam trocken fallen. Auf hohe Niederschlagsereignisse reagieren die Grundwasserstände mit extremen Spitzen, und der Grundwasserspiegel stellt sich in dem alten Niveau ein. Das System ist scheinbar intakt, da es eine hohe Niederschlagsabhängigkeit aufzeigt. Veränderungen des Systems zeigen sich aber in der stärker ausgeprägten sinkenden Tendenz der Niedrigwasserstände. Gerade diese stellen für ein intaktes grundwasserabhängiges Feuchtgebiet aber den limitierenden Standortfaktor des Ökosystems dar. Bei einer Abfolge niederschlagsarmer Jahre reicht das durch Mineralisation reduzierte Wasserspeichervermögen der Böden nicht mehr aus, um eine Trockenzeit zu überbrücken.

Insgesamt ist damit die jährliche Schwankungsbreite des Grundwassers im Norden der Bruchgebiete angestiegen. Dies zeigen auch die Box & whisker-plots (Anlage 10) der Messstellen L 726, L 728 und L 729 für die jährlichen Mittelwerte (incl. Vertrauensbereiches von 25-75 % wie der Streubreite der Min- und Max-Werte). Bei niedrigen mittleren jährlichen Grundwasserständen ist die Streubreite der Grundwasserstände innerhalb eines Jahres gering. Je höher die Grundwasserstände, desto größer wird die jährliche Streubreite der Grundwasserstände. Über die letzten 40 Jahre hat sich zeitgleich aber bei mittleren und hohen Grundwasserständen die jährliche Streubreite erhöht.

Für Messstellen aus dem Süden der Bruchgebiete (TB 13; TB 12) läßt sich die Zunahme der jährlichen Streubreite mit der Laufzeit nicht beobachten.



5.1.4 Auswirkung der Grundwasserpumpanlage auf die Entwicklung der Grundwasserstände

Seit etwa 1950 werden die Grundwasserverhältnisse im Norden des Hülser Bruches und der Niepkuhlen durch die Bergsenkungen beeinflusst. Die bei Niep um 1950 einsetzenden Bergsenkungen erreichen heute 5,5 m. Die infolge der Geländesenkung verringerten Flurabstände des Grundwassers werden im nördlichen Stadtgebiet von Krefeld durch die Grundwasserpumpanlage Kliebruch (Inbetriebnahme 1983) und zwei Vorflutpumpanlagen reguliert. Unmittelbar nördlich der Stadtgrenze liegen weitere Anlagen, deren Wirkungsbereiche bis in das Stadtgebiet reichen. Die Anlage Kliebruch hat bei klimatisch bedingten hohen Grundwasserständen bis zu 2,8 Mio. m³ Grundwasser gefördert, bei klimatisch bedingten niedrigen Grundwasserständen liegt die Fördermenge mit ca. 0,26 Mio. m³ deutlich niedriger. Die Entnahmemengen sind wesentlich von der klimatischen Entwicklung abhängig.

Der punktuelle Einfluss der Regulierungsmaßnahmen auf die langjährige Entwicklung der Grundwasserstände soll anhand von Grundwasserstandsganglinie der Messstelle L 658 (Abb. 6) erläutert werden. Die Messstelle liegt nahe der Pumpanlage Kliebruch. Der Trend der Grundwasserstandsentwicklung über den gesamten Zeitraum von 1960 bis 2002 ist negativ. Er wird durch die Inbetriebnahme der Pumpanlage Kliebruch im Jahr 1983 verstärkt. Die Grundwasser Oberfläche wurde mit Inbetriebnahme zusätzlich um annähernd 1 m abgesenkt. In den folgenden Jahren wurde der Verlauf der Grundwasserstände von der Pumpanlage gesteuert, so daß diese einen insgesamt ausgeglichenen Trend aufweisen, der die jährlichen Schwankungen wiedergibt, aber von der langjährigen Niederschlagsentwicklung nahezu unbeeinflusst ist.

Der Zeitraum vor Inbetriebnahme der Pumpanlage (1960 bis 1983) ist hier durch einen negativen Trend gekennzeichnet. Der Verlauf der Grundwasserstände wird schon durch andere Maßnahmen - z.B. die Vorflutpumpanlage Niep im Norden des Stadtgebietes - beeinflusst. Der negative Trend an der Messstelle L 658 setzt sich damit aus einem kontinuierlichen Absinken der Grundwasserstände aus der Zeit vor 1983 und der einmaligen Tieferlegung der Grundwasserstände mit Inbetriebnahme der Pumpanlage Kliebruch im Jahr 1983 zusammen. Die Absenkungen vor 1983 sind auf außerhalb des Stadtgebietes durchgeführte Regulierungsmaßnahmen zurückzuführen und sind von ihrer Größenordnung her nicht natürlich bedingt. Zu berücksichtigen ist jedoch, daß der aufgezeigte Trend der Grundwasserstände in den Messstellen aufgrund ihrer unmittelbaren Nachbarschaft zu den Pumpanlagen Extremwerte darstellen.

Da im Stadtgebiet von Krefeld derartig fallende Grundwasserstände über den Zeitraum von

1960-1983 nicht zu beobachten sind, können andere Einflüsse, wie z.B. die Rheinerosion oder Grundwasserentnahmen, für die sinkenden Grundwasserstände ausgeschlossen werden (STROTMANN 1997).

Die Regulierungsmaßnahmen führen zu großräumigen Veränderungen der Grundwasserfließrichtung und lokal auch zum Absinken der Grundwasserstände über das Maß der Geländeabsenkungen hinaus. Heute ist die Fließrichtung im nördlichen Hülser Bruch nach Norden bis Nordostnord in Richtung der Vorflutpumpenanlagen Niep gerichtet (siehe Anlage 8). Die Veränderung der Fließrichtung reicht bis südlich und westlich des Hülser Berges sowie lokal auch über die Niepkuhlen nach Osten hinaus. Haupteinzugsgebiet der Entnahmen ist das südlich gelegene Hülser Bruch bis zu der in West-Ost Richtung verlaufenden lokalen Grundwasserscheide.

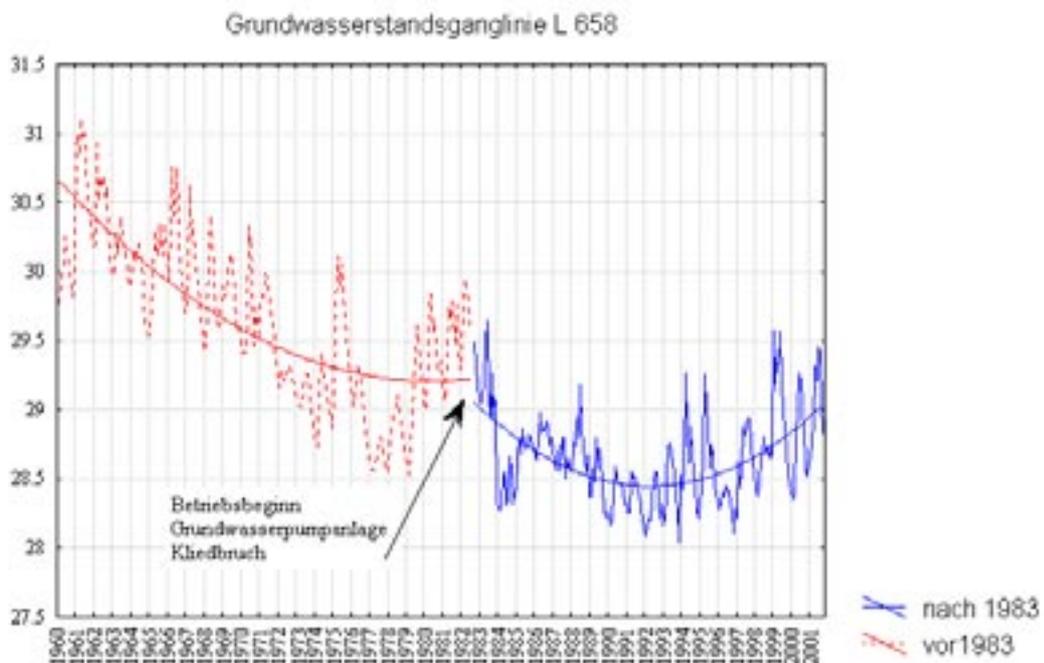


Abbildung 6: Entwicklung der Grundwasserstände unter Einfluss der Regulierungsmaßnahmen der LI-NEG am Beispiel der Grundwasserstandsganglinie L 658



Zusätzlich verursachen die Regulierungsmaßnahmen eine Erhöhung der Fließgradienten des Grundwassers. Diese steht deutlich im Kontrast zu den geringen Fließgradienten im Kern der Bruchgebiete.

5.2 Hydrologisch-hydrogeologische Verhältnisse bei hohen, mittleren und niedrigen Grundwasserständen

Der Grundwasserstand bzw. der Grundwasserspiegel reflektiert einen augenblicklichen Gleichgewichtszustand des Grundwasserfließens. Im folgenden werden deshalb Gleichgewichtszustände bei hohen, mittleren und niedrigen Grundwasserständen beschrieben.

Die Darstellung der Grundwasserstände, der Flurabstände und der Wasserstände in den Gräben basiert für die Zeitpunkte November 2001 und April 2002 aus aktuellen Messungen im Zuge dieser Untersuchungen. Die Darstellung der Grundwasserstände und Flurabstände der für den April 1995 basiert auf der Auswertung einer vorhandener Stichtagsmessung, der Zeitpunkt November 1992 auf einer Darstellung von vorhandenen Aufzeichnungen der LINEG und der SWK in diesem Gebiet. Die Messstellendichte der aktuellen Messungen hat sich gegenüber dem Jahr 1992 mehr als verdreifacht.

Tabelle 3: Übersicht zu den beschriebenen Zuständen der Grundwasserstände (mNN)

Pegelbezeichnung	Meßzeitraum	Min	Max	April 92	März 95	November 01	April 02
Grundwasserstand				niedrig	sehr hoch	mittel	hoch
Anzahl Pegel				46	63	140	142
L 658	1959-2001	28,04	31,11	28,5	28,92	28,69	29,36
L 728	1959-2001	28,51	31,2	29,01	30,34	29,33	30,11
L 729	1959-2001	29,44	31,5	29,82	31,32	30,03	31,15
TB 13	1959-2001	29,53	31,5	30,08	31,39	30,87	31,24
TB 12	1959-2001	29,42	32,17	30,83	31,31	30,94	31,12

Alle dargestellten Grundwassergleichenpläne beziehen sich ausschließlich auf das obere freie Teilstockwerk.

5.2.1 Hohe Grundwasserstände (März 1995 und April 2002)

Die Grundwassergleichenplänen von März 1995 (Anlage 11.1) und April 2002 (Anlage 11.2) repräsentieren hohe bis sehr hohe Grundwasserstände. Mit der Fließrichtung fallen die Grundwas-



serstände von etwa 31,75 auf 29,00 mNN ab.

Das Grundwasser strömt mit einer nach Ost bis Nordost gerichteten Fließrichtung in die Bruchgebiete ein. Im nördlichen Teil des Orbroicher Bruch herrscht aufgrund der Nähe zur westlich gelegenen Grundwasserscheide zwischen Rhein und Maas eine stärker nach Nordnordosten gerichtete Fließrichtung vor.

Im Hülser Bruch verläuft in SW-NE Richtung zwischen dem Kapuziner/Inrather Berg und etwa Maria Schütz eine lokale Grundwasserscheide, so dass der Grundwasserabstrom aus dem Hülser Bruch zwei Richtungskomponenten aufweist. Im südlichen Teil des Hülser Bruches schwenkt die Fließrichtung im Bereich Verberg in eine östliche Richtung um. Im Norden des Hülser Bruches ist die Fließrichtung nach Nordnordosten gerichtet. Sie wird hier durch die Grundwasserpumpenanlagen der LINEG beeinflusst, so daß diese z.T. nach Norden dreht.

Die lokale Grundwasserscheide ist im Bereich des Inrather Berges durch eine lokal ausgebildete Hochlage des Grundwassers, von der aus das Grundwasser in alle Richtungen abströmt, charakterisiert. Die Höhendifferenzen bewegen sich jedoch im cm-Bereich, so daß die Ausbildung dieser Hochlage sowohl räumlich wie auch lagemäßig zwischen beiden Zeiträumen variiert.

Als Ursache für die Ausbildung dieser Hochlage wird angesehen:

- die Querschnittsverengung des Grundwasserleiters durch die Einschaltung des Interglazials,
- der evtl. oberirdische Zufluss bzw. die mögliche Aussickerung aus den Deponien,
- die Druckentlastungen durch das im Zustrom fehlende Interglazial infolge von mit Grundwasserentnahmen aus dem 2. Teilstockwerk verbundenen Absenkungen des Grundwassers,
- Grundwasserkontakt des Flöthbaches auf der Fließstrecke Ausgang Kapuziner Berg bis etwa Planker/Steeger Dyk bei hohen Grundwasserständen.

Im April 2002 läßt sich an der Südspitze des Hülser Berges eine weitere kleinräumige Hochlage des Grundwassers beobachten. Hier zeigen sich vermutlich unmittelbar die Einflüsse des oberirdischen Abflusses vom Hülser Berg.

Im gesamten südlichen Teil der Bruchgebiete und insbesondere im Bereich dieser Hochlage herrscht ein äußerst geringes hydraulisches Gefälle von $i=0,00025$ vor. Das geringe Gefälle im Kern des Bruchgebietes führt hier zu einer langen Verweildauer des Grundwassers. Erst auf Höhe des Steeger Dyk steigt der hydraulische Gradient, insbesondere aufgrund der nördlich gelegenen Grundwasserpumpenanlagen der LINEG, wieder deutlich auf $i=0,001$ an. Die Grundwassergleichen



springen hier auch weit nach Süden zurück.

Im nördlichen Orbroicher Bruch liegt ein Gradient von ca. $i=0,0008$ vor.

Flurabstände von < 1 m liegen selbst bei hohen Grundwasserständen nur noch lokal unmittelbar am Hülser Bergs (L 728, 729), am Steeger Bruch (P 442) und im Bereich der Deponien Inrather und Kapuziner Berg vor.

Ausserhalb dieser Bereiche herrschen Flurabstände zwischen 1,0 und 2,0 m vor.

5.2.2 Mittlere Grundwasserstände (November 2001)

Der Grundwassergleichenplan vom November 2001 (Anlage 11.3) spiegelt ein mittleres Grundwasserstands-niveau wider. Die Fließrichtung ist i.w. nach Nordosten bis Norden gerichtet. Mit der Fließrichtung fallen die Grundwasserstände von etwa 31,25 auf 28,25 mNN ab.

Die Situation der Grundwasserstände ähnelt dem Zustand bei hohen bis sehr hohen Grundwasserständen sehr. Nicht zu erkennen sind jedoch die lokalen Hochlagen des Grundwassers im Bereich Inrather Berg. Die lokale Grundwasserscheide hat sich nach Osten verlagert. Des weiteren liegen die hydraulischen Gradienten, insbesondere im Bereich nördlich des Steeger Dyks, gegenüber der Situation mit hohen Grundwasserständen auf einem geringeren Niveau.

Die geringsten ermittelten Flurabstände liegen um 1,5 m. Im mittel herrschen Flurabstände von 1,75 bis 2,5 m vor.

5.2.3 Niedrige Grundwasserstände (April. 1992)

Der Grundwassergleichenplan von April 1992 (Anlage 11.4) stellt die Grundwasserströmungsverhältnisse zu einem Zeitpunkt mit sehr niedrigen Grundwasserständen dar. Die Fließrichtungen des Grundwassers entsprechen i.w. den vorherigen Zuständen. Auch hier sind geringe hydraulische Gradienten im südlichen Hülser Bruch zu beobachten. Östlich des Hülser Berges steigen sie dann wieder an. Die Gleichen springen im Bereich des Steeger Dyks, östlich des Hülser Berges, weit nach Süden zurück und machen hier den Einfluß der Grundwasserpumpenanlagen deutlich.

Die geringsten Flurabstände liegen um 2,0 m. Im mittel herrschen Flurabstände von 2,5 bis 3 m vor.



5.3 Wasserführung der Oberflächengewässer

Die Darstellung der Flurabstände beruhen auf der Auswertung stationärer Grundwasserstandsdaten. Die geringen Flurabstände im Untersuchungsgebiet führen zu einem direkten Einfluss der Niederschlagsmenge auf den Grundwasserstand und somit auf den Flurabstand. Aufgrund der unter Kapitel 5 und 6.1 beschriebenen Entwicklung der hydrologischen Situation im Untersuchungsgebiet hat sich das Bruchgebiet vom **Defizitgebiet in ein wechselfeuchtes Gebiet gewandelt**. Das Grabensystem, das ehemals zur Entwässerung des Bruchgebietes diente, ist heute in weiten Bereichen nur noch temporär wasserführend. Im folgenden werden deshalb die drei Zeitpunkte niedrige, mittlere und hohe Flurabstände beschrieben.

5.3.1 Wasserführung bei geringen Flurabständen (März 1995 und 2002)

Die Anlage 12.1 zeigt die Flurabstände von April 2002, sie spiegelt einen Zeitpunkt mit niedrigen Flurabständen wider. Die Flurabstände schwanken zwischen ca. 0,15 m und 2 m.

Die Gräben im Untersuchungsgebiet haben zu diesem Zeitpunkt zum größten Teil Verbindung zum Grundwasser. Dies verdeutlicht die Darstellung des Abstands der Grabensohle zum Grundwasserspiegel. Lediglich in den Bereichen der Querprofile V, 0, 1, 2, 13 und 19 ist der Abstand zwischen Grabensohle und Grundwasser > 0 .

5.3.2 Wasserführung bei mittleren Flurabstände (November 2001)

Die Anlage 12.2 zeigt die Flurabstände an den gemessenen Pegel sowie den Abstand der Grabensohlen an den vermessenen Querprofilen zur Grundwasseroberfläche.

Die Flurabstände liegen durchweg bei 1 bis 2 m.

Nur im Bereich des Sankertgraben und am Flöthbach liegen lokal mit weniger als 1,0 bis 0,25 m deutlich geringere Flurabstände vor. Die Anlage 12.2 zeigt, dass der Flöthbach im Bereich nördlich des Kapuzinerberges direkten Kontakt zum Grundwasser aufweist. Hier liegt der Abstand zwischen Grabensohle und Grundwasserspiegel < 0 .

Im Osten des Hülser Bruches liegen die Flurabstände zum Teil bei über 3 m.

5.3.3 Wasserführung bei großen Flurabstände

Die Anlage 12.3 spiegelt die großen Flurabstände von Nov. 1992 wider. An den damals gemessenen



nen Pegeln liegen die Flurabstände bei > 2 m. Die Darstellung des Abstandes der Grabensohlen zum Grundwasser verdeutlicht, dass die Grabensohlen nicht in das Grundwasser einschneiden. Es gibt keinen direkten Kontakt zwischen Oberflächen- und Grundwasser. Die Abstände zwischen Grabensohle und Grundwasser liegen überwiegend bei 0,3 – 1,0 m. In einigen Bereichen steigen sie auch auf > 2 m an.

Der Flöthbach weist nur im Bereich des Steeger Dyk bis auf Höhe des Lookdyk noch einen geringen Grundwasserkontakt dar.

5.4 Zusammenfassung

Zusammenfassend läßt sich die Entwicklung der Grundwasserstände in den beiden Bruchgebieten wie folgt darstellen:

- Die Grundwasserfließrichtung ist unabhängig von den Grundwasserstandshöhen i.w. nach Nordosten bis Osten gerichtet. Insbesondere im südlichen Hülser Bruch liegt großflächig ein Gebiet mit sehr geringen hydraulischen Gradienten vor. Bei ausreichender Messstellendichte läßt sich hier auch einelokale Hochlage und Wasserscheide erkennen.
- Im Kern des Bruchgebietes liegen nur bei sehr hohen Grundwasserständen geringe Flurabstände von weniger als 0,5 m vor. Schon bei hohen Grundwasserständen reduzieren sich die Flächen mit geringen Flurabständen deutlich. Bei niedrigen bis mittleren Grundwasserständen liegen verbreitet Flurabstände von 1 bis 2 m vor.
- Die Grabensohlen liegen dagegen bei sehr hohen und hohen Grundwasserständen im Grundwasser, das heißt Grundwasser kann direkt in die Gräben aussickern. Ab einem mittleren Grundwasserstandsniveau liegen die Grabensohlen jedoch deutlich oberhalb des Grundwassers. Lediglich im südlichen Bereich des Flöthbaches, wie im Sankert, im Bereich Flünnertzdyk, haben die Grabensohlen noch Kontakt zum Grundwasser. Bei niedrigen Grundwasserständen reißt der Kontakt der Grabensohlen zum Grundwasser fast überall nahezu ab.
- Im Süden der Bruchgebiete hat ein Absinken der Grundwasserstände in den 60er Jahren des letzten Jahrhunderts stattgefunden. Seit diesem Zeitpunkt hat sich die Entwicklung weitestgehend stabilisiert. In den 90er Jahren und aktuell werden die sehr hohen Grundwasserstände zumindestens teilweise wieder erreicht. Eventuell hängt dies mit der Reduzierung der Grundwasserentnahmen im westlichen Zuströmgebiet zusammen. Die geringen negativen Einflüsse auf die Entwicklung der Grundwasserstände spiegeln sich auch in den relativ konstanten



Trends der jährlichen Minima und Maxima wider.

- Im Westen des Hülser Berges hat grundsätzlich ein Absinken der Grundwasserstände stattgefunden. Dieses ist jedoch auf den Zeitraum von vor 1970 beschränkt. Seit diesem Zeitraum haben sich die Grundwasserstände in den Messstellen stabilisiert. Die jährlichen maximalen Grundwasserstände werden i.d. R. wieder erreicht. Die jährlichen minimalen Grundwasserstände weisen dagegen eine sinkende Tendenz auf.
- Im Nordosten des Untersuchungsgebietes wird die Grundwasserstandsentwicklung durch die Grundwasserpumpenanlagen der Anlage Kliebruch beeinflusst. Hier ist es insbesondere infolge der Geländeabsenkungen und daraus resultierenden Regulierungsmaßnahmen der LINEG in den 70/80er Jahren des letzten Jahrhunderts zu einer deutlichen Absenkung der Grundwasserhöchst- wie -niedrigstände gekommen. Heute werden die Grundwasserstände so reguliert, dass die langjährigen Grundwasserstandsentwicklungen gedämpft werden und die jährlichen Schwankungen sich deutlich widerspiegeln.
- Als “unbeeinflusste” Grundwasserganglinie kann der Pegel 729, südlich des Hülser Berges, betrachtet werden. Auch hier muss allerdings einschränkend aufgeführt werden, dass die minimalen jährlichen Grundwasserstände ebenfalls eine sinkende Tendenz aufweisen.



6 Schlußfolgerungen für Maßnahmen im Untersuchungsgebiet

Die Auswirkungen der Grundwasserstandsänderungen auf die wasserhaushaltliche Situation ist schematisch anhand der Abbildungen 7 dargestellt. Der Grundwasserzustrom ist stark reduziert, das Grundwasser sickert nicht mehr aus und das Hülser Bruch wird unterströmt. Das Hülser Bruch hat sich von einem Grundwasserüberschussgebiet mit Grundwasseraussickerung in ein Grundwasserneubildungsgebiet gewandelt.

Durch die in Kap. 5 geschilderten Prozesse erfolgten in den letzten zwei Jahrhunderten räumlich stark schwankende Grundwasserstandsabsenkungen, die in der Größenordnung von 0,5 bis 1,5 m liegen. Die Absenkungen im unmittelbaren Bereich der Grundwasserpumpenanlagen bleiben davon unberücksichtigt, zumal diese durch die Absenkung der Geländeoberfläche zum Teil ausgeglichen werden.

Im Untersuchungsgebiet haben sich sowohl die morphologischen und hydrologischen Verhältnisse wie auch die Bodeneigenschaften infolge Austrocknung und, im Bereich von Moorböden, auch durch Mineralisation verändert. Ursprüngliche natürliche Verhältnisse sind nicht wieder herzustellen. Die hydrologischen und morphologischen Rahmenbedingungen haben sich dauerhaft verändert.

Bei den zu planenden Maßnahmen muss diesen aktuellen Rahmenbedingungen Rechnung getragen werden. Ursprüngliche Verhältnisse, z.B. des 19. Jahrhunderts, lassen sich auch bei optimal umgesetzten Maßnahmen heute nicht mehr "zurückentwickeln".

Flächenhaft erscheint eine Entwicklung von ganzjährig nassen Feuchtgebieten nicht möglich. Ziel ist vielmehr, lokal Vernässungen zu initiieren, an deren "Rändern" sich aus heute trockenen Standorten wechselfeuchte Standorte entwickeln lassen. Einer weiteren Degradation des Orbroicher und Hülser Bruches wird so entgegengewirkt.

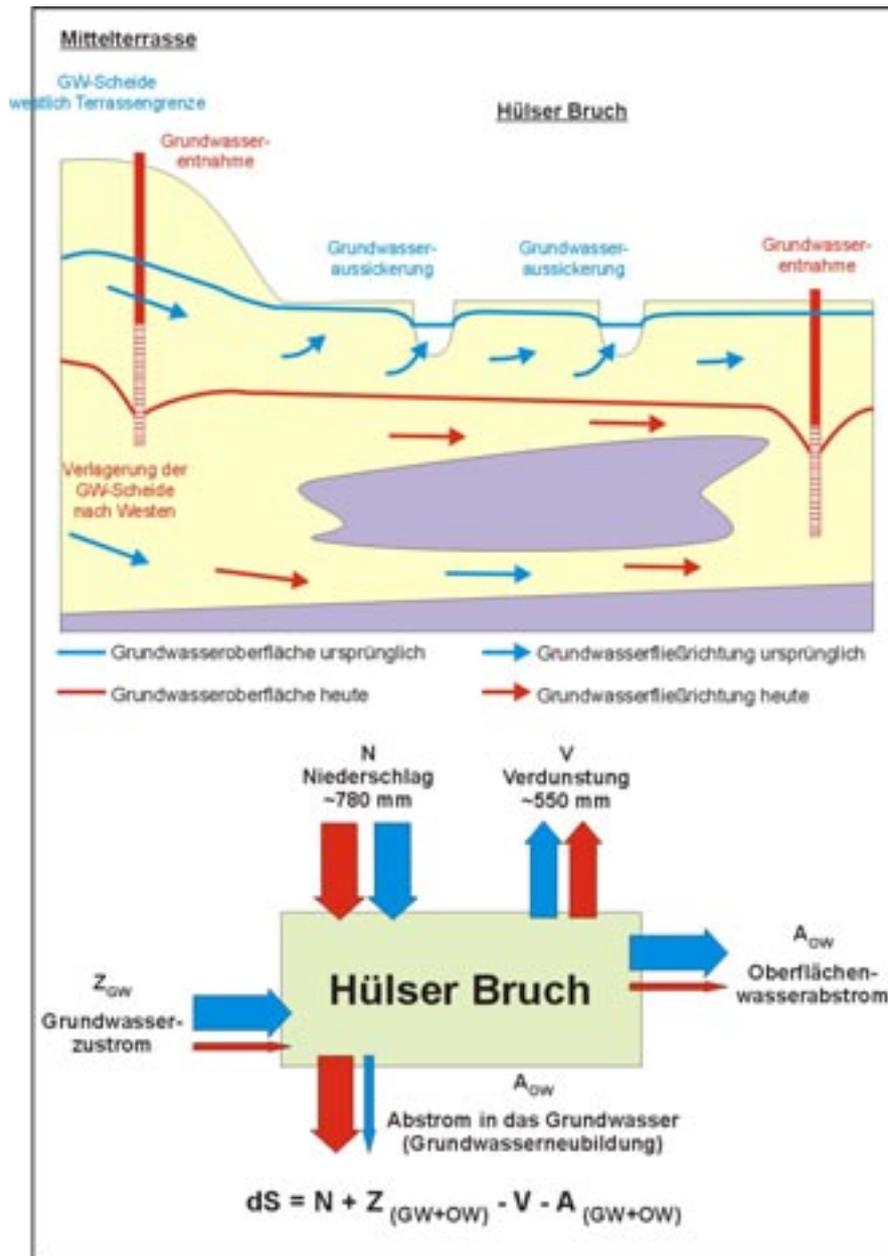


Abbildung 7: Schematische Darstellung der Veränderungen der wasserhaushaltlichen Bedingungen

Ziel des vorliegenden Gutachtens ist es auch, auf der Grundlage der Untersuchungen Hinweise für einen möglichst konfliktarmen Ausgleich zwischen der Landwirtschaft (Flächennutzung) und einer Wasserstandshaltung zu erarbeiten, die aus naturschutzfachlicher Sicht eine positive Entwicklung dieses Naturraumes ermöglicht. Landwirtschaft und eine auch an naturschutzfachlichen Zielen orientierte Wasserbewirtschaftung stehen nicht grundsätzlich in einem Interessenkonflikt.



6.1 Wirkungszusammenhänge zwischen Grund- und Oberflächenwasser im Untersuchungsgebiet

Im Rahmen der Stichtagsmessungen und der Ortsbegehungen im Untersuchungszeitraum wurde aufgenommen, welche Gräben ganzjährig Wasser führen, temporär Wasser führen oder ganzjährig, ausser in extremen Nassperioden, trocken fallen.

Von großer Bedeutung für die Wasserführung der Gewässer sind die aus den Niederschlagswassereinleitungen anfallenden Wassermengen. Hinsichtlich der Wasserführung in Trockenzeiten sind darüber hinaus die Wirkungszusammenhänge zwischen dem Grund- und dem Oberflächenwasser von Bedeutung. In Anlage 12 sind hierzu die Flurabstände an den Grundwassermessstellen, die Abstände der Grabensohle (an den aufgenommenen Gewässerquerprofilen) zum Grundwasser sowie die Wasserführung in den Gewässern dargestellt.

Die Gräben innerhalb des Untersuchungsgebiets liegen überwiegend in geringdurchlässigen Bodenschichten (Decksschichten). Sie lassen sich in folgende Grabentypen unterscheiden:

Typ 1a: Der Graben führt Wasser, der Grundwasserspiegel liegt unterhalb der Grabensohle und das Oberflächenwasser sickert ins Grundwasser.

Typ 1b: Der Graben ist trocken, der Grundwasserspiegel liegt unterhalb der Grabensohle.

Typ 1c: Der Graben führt Wasser, der Grundwasserspiegel liegt oberhalb der Grabensohle, Grundwasser sickert in den Graben aus.

Im **Teilgebiet Orbroicher Bruch** ist der Flöthbach ganzjährig wasserführend. Beim Vergleich der Abstände der Grabensohle des Flöthbaches zum Grundwasserstand bei hohen und mittleren Grundwasserständen, zeigt sich, dass im Bereich nördlich des Kapuzinerberges bis Plankerdyk der Flöthbach dem Graben Typ 1c entspricht. In diesem Bereich liegt der Grundwasserstand ganzjährig oberhalb der Grabensohle, Grundwasser sickert ganzjährig in den Graben aus und wird dort abgeleitet. In den weiteren Bereichen des Flöthbaches wechselt der Grabentyp zwischen 1a und 1c. Der Flöthbach führt auch in diesen Bereichen kontinuierlich Wasser, jedoch liegt der Grundwasserstand temporär unterhalb der Grabensohle. In diesen Bereichen findet zeitweise ein Aussickern des Grundwassers in den Bach und zeitweise ein Versickern des Oberflächenwassers in das Grundwasser statt. Liegt der Grundwasserstand unterhalb der Grabensohle wird der Flöthbach hauptsächlich aus den Einleitungen des Niederschlagswassers



aus den angrenzenden Siedlungsbereichen und aus den Zuflüssen der Nebengewässer gespeist. Bei extremen Niederschlagsereignissen wird die Kapazität des Flöthbaches im Bereich von Hüls voll ausgenutzt.

Der Bruchgraben und der Lange Graben führen weniger als drei Monate im Jahr Wasser. Die Nebengewässer des Bruchgrabens sowie der südliche Bereich des Langen Graben sind ganzjährig, ausser in extremen Nassperioden, trocken. Die trockenen Grabenbereiche entsprechen dem Grabentyp 1b. Der Grundwasserstand liegt ganzjährig unterhalb der Grabensohle. In den anderen Bereichen wechselt der Grabentyp zeitweise zum Typ 1c. Der Grundwasserstand steigt kurzzeitig über die Grabensohle, das Grundwasser sickert in den Graben aus.

Im **Teilgebiet Hülsener Bruch** führen die Gräben überwiegend nur temporär Wasser. Bei mittleren und niedrigen Grundwasserständen fallen die Gräben trocken. Der Grundwasserstand liegt unterhalb der Grabensohle. In diesem Zeitraum entsprechen die Gräben dem Typ 1b.

Der Sankertgraben führt überwiegend weniger als sechs Monate im Jahr Wasser. Die Seitengräben führen nur in max. drei Monaten des Jahres Wasser. In diesem Zeitraum wechselt der Grabentyp zwischen 1a und 1c. Bei starken Niederschlagsereignissen sammelt sich das Oberflächenwasser im Grabensystem und sickert ins Grundwasser (1a), bei gestiegenen Grundwasserständen liegt der Grundwasserspiegel oberhalb der Grabensohle, Grundwasser sickert in den Graben aus (1c). Die Verweilzeit des Wassers im Sankertgraben wird durch Wehre künstlich erhöht.

Der Graben Nr. 29 /29.1 führt nur nach extremen Niederschlägen Wasser. In diesem Bereich liegt der Grundwasserstand immer unterhalb der Grabensohle. Nur bei starken Niederschlagsereignissen wird das Wasser in dem Graben sowie in den nebenliegenden Rinnen aufgrund der geringdurchlässigen Deckschichten zurück gehalten (Typ 1a).

Nur in drei sehr kleinräumigen Bereichen des Teilgebiets Hülsener Bruch führen die Gräben ganzjährig Wasser. Im Bereich des Querprofils 19 (Sankertgraben) und im Bereich des Profils 3 (Graben Nr. 21) beruht dies auf den vorliegenden Einleitungen. Im Bereich des Profils 6 des Sankertgrabens befindet sich die zur Zeit nicht betriebene Pumpanlage. In diesem Bereich ist der Graben Nr. 22 unterbrochen, es kommt hier zu einem Rückstau.



6.2 Hydrologisch-wasserwirtschaftliche Problempunkte/-bereiche

Die Durchführung von Maßnahmen zur Unterstützung der Wasserrückhaltung im Untersuchungsgebiet kann in einigen Bereichen zu Nutzungskonflikten führen.

Diese Konfliktpunkte werden im folgenden kurz beschrieben:

Siedlungsdruck auf Gewässer

Maßnahmen zum Anstieg des Grundwasserstandes können dazu führen, dass der Grundwasserstand soweit steigt, dass in den angrenzenden Siedlungen nasse Keller auftreten.

Der Bau geplanter Siedlungen im Süden und Westen des Orbroicher Bruches kann aufgrund der Versiegelung und der evtl. Ableitung des Niederschlagswassers in das Gewässer zur hydraulischen Überlastung des Flöthbaches führen.

Des weiteren erfolgt durch die geplanten Bebauungen grundsätzlich auch ein Eingriff in das allgemein als empfindlich zu beschreibende Ökosystem, was sich nicht zuletzt auch auf das hydrologische-/hydrogeologische System auswirken wird.

Deponiebereiche - Grundwasseranstieg

Maßnahmen zum Anstieg des Grundwasserstandes können dazu führen, dass das Grundwasser aufgrund der natürlichen Grundwasserschwankungen zu Schadstoffausträgen aus dem Deponiekörper führt.

Ackerflächen oder Buchenwald an Gewässern

Maßnahmen zum Anstieg des Grundwasserstandes können dazu führen, dass die derzeitige Nutzung aufgrund von Vernässung gravierend beeinträchtigt wird.

Wasserschutzzonen

Maßnahmen zur Anreicherung des Grundwasser können den wasserrechtlichen Vorschriften innerhalb der Wasserschutzzonen widersprechen.



7 Maßnahmenvorschläge

7.1 Maßnahmenkatalog

Die nachfolgend aufgeführten Maßnahmen orientieren sich an den in Kap. 5 und 6 genannten Untersuchungsergebnissen und Schlussfolgerungen. Es wurden dabei insbesondere folgende Sachverhalte bei der Maßnahmenkonzeption berücksichtigt:

1.: Die Zeiträume mit Niedrig- und Mittelwasser im Gewässersystem sollen verlängert werden, so dass die Zeiträume trockenfallender Gewässerabschnitte verringert werden. Die Wasserverfügbarkeit soll durch Gebietsrückhalt im Hochwasserfall bzw. in nassen Perioden mittels gezielter lokal wirksamer Maßnahmen verbessert werden.

2.: Im Hochwasserfall weist der Unterlauf des Flöthbaches des öfteren einen bordvollen Abfluss auf. Zur Hochwasserentlastung sind Maßnahmen im Oberlauf des Flöthbaches vorgesehen.

Bei der Umsetzung der Maßnahmen kann es zu Konflikten mit der derzeitigen Nutzung kommen (vgl. Kap. 6.2). Dieser Sachverhalt wurde bei der Maßnahmenkonzeption berücksichtigt, um einen möglichst konfliktarmen, umsetzbaren Maßnahmenkatalog zu erstellen.

Im Folgenden werden die einzelnen Maßnahmen näher erläutert. Eine kartographische Übersicht zu den Maßnahmen ist in Anlage 14 dargestellt. Die Maßnahmen sind tabellarisch in Anlage 15 aufgeführt.



Verlegung des Flöthbaches im Bereich der Altdeponie Kapuzinerberg (Maßnahme 1.01)

Kurzbeschreibung:

Im Bereich der Altdeponie Kapuzinerberg besteht zur Zeit eine Verrohrung des Flöthbaches unterhalb der Altdeponie. Es ist geplant, den verrohrten Gewässerabschnitt durch einen offenen Gewässerabschnitt, der östlich um die Deponie geführt werden soll, zu ersetzen.

Ziele / Auswirkungen:

Mit der Schaffung eines offenen Gewässerabschnittes im Bereich des Kapuzinerberges und der damit verbundenen Aufhebung des verrohrten Abschnitts sind sowohl aus Sicht der Wasserbeschaffenheit (verminderte Möglichkeit des Eintrages deponiebürtiger Stoffe) sowie aus gewässerökologischer Sicht positive Auswirkungen zu erwarten.



Flöthbach, Austritt Kapuziner Berg, Blickrichtung Norden (Feb. 2002)

Ferner bestehen ggf. Retentionsmöglichkeiten zur Hochwasserentlastung östlich und nordöstlich des Kapuzinerberges. Die Retentionsmöglichkeiten können durch Nutzung der bereits bestehenden Grabenstruktur erschlossen werden (ehemalige Entwässerungsrinnen).

Die Auswirkungen der Maßnahme sind lokal und auf das Gewässerumfeld beschränkt. Durch



eine enge Abstimmung mit der Sanierungsplanung zu den Altdeponien Kapuziner-/Inratherberg kann sichergestellt werden, dass negative Auswirkungen in Zusammenhang mit den Altdeponien nicht eintreten.



Flöthbach; Austritt Kapuziner Berg Blickrichtung SW,
ehemalige Entwässerungsrinnen verlaufen senkrecht zum Flöthbach

Rahmenbedingungen / weiterer Untersuchungsbedarf:

Es ist eine Abstimmung mit der Sanierungsplanung zur Altdeponie Kapuzinerberg notwendig.

Für die Umsetzung ist eine ingenieurtechnische Planung (Entwurfs- und Genehmigungsplanung) erforderlich.



Retentionsmaßnahme am Flöthbach zwischen dem Kapuzinerberg und Plankerdyk (Maßnahme 1.02) sowie im Bereich zwischen Plankerdyk und Steegerdyk (Maßnahme 1.03)

Kurzbeschreibung:

Die Uferwälle des Flöthbaches sollen im Bereich der anschließenden Gräben auf Höhe der Mittelwasserlinie gekappt werden. Dadurch soll Oberflächenwasser bei Überschreiten des Mittelwassers in die vorhandene Grabenstruktur eingeleitet und dort zurückgehalten werden. Zur Unterstützung der Maßnahme 1.02 soll die Möglichkeit eines zusätzlichen Aufstaus am Durchlass Plankerdyk geprüft werden.



Flöthbach zwischen Plankerdyk und Kapuziner Berg (Feb. 2002)

Ziel / Auswirkungen:

In erster Linie dient diese Maßnahme der Schaffung feuchter bzw. wechselfeuchter Strukturen im Gewässerumfeld des Flöthbaches. Durch Nutzung dieses Retentionsraumes erfolgt darüber hinaus eine Entlastung des Unterlaufes des Flöthbaches im Hochwasserfall. Kleinräumig wird in diesem Bereich aufgrund der Versickerung des Oberflächenwassers innerhalb der Rinnen der Grundwasserspiegel angehoben. Die Auswirkungen der Maßnahme sind lokal und auf das Gewässerumfeld beschränkt.

Rahmenbedingungen / weiterer Untersuchungsbedarf:

Für die Detailplanung ist eine Vermessung der Graben und Rinnenstrukturen sowie eine Klärung



der Eigentumsverhältnisse erforderlich. Hinsichtlich des Baumbestandes ist eine Abstimmung mit dem Forstbezirk notwendig.



Flöthbach, Plankerdyk 141 Blickrichtung Süden (Feb. 2002)



Flöthbach, Plankerdyk 141 Blickrichtung Süden (Mai. 2001)



Flöthbach, Durchgang Steeger Dyk, Blickrichtung S (Feb 2002)



Langen Graben zur Vorflut für die Niederschlagsableitung aus dem Graben 3.62 nutzen (Maßnahme 1.04)

Kurzbeschreibung:

Das Niederschlagswasser, das in Graben 3.62 gesammelt wird, soll in den Langen Graben weitergeleitet werden. Hierzu soll die ehemalige Grabenstruktur reaktiviert bzw. neue Gewässerabschnitte hergestellt werden.

Ziel/Auswirkungen:

Die Einleitung des Niederschlagswassers aus Graben 3.62 in den Langen Graben dient der Entlastung des Unterlaufs des Flöthbaches. Darüber hinaus führt diese Maßnahme zu einer verbesserten Wasserführung von heute fast ganzjährig trockenfallenden Gewässerabschnitten.

Rahmenbedingungen / weiterer Untersuchungsbedarf:

Für die Umsetzung ist eine ingenieurtechnische Planung (Entwurfs- und Genehmigungsplanung) erforderlich.



Unterhaltung des Flöthbaches im Bereich zwischen Steegerdyk und Lookdyk/ Bahntrasse/ Entwicklung von Gewässerrandstreifen (Maßnahme 1.05)

Kurzbeschreibung:

Im Nahbereich der Siedlung Hüls werden keine Maßnahmen im Flöthbach vorgeschlagen, die zu einer Verzögerung der Ableitung des Niederschlagswassers aus dem Siedlungsbereich Hüls führen können. Für diesen Bereich ist - in Abstimmung mit den Grundstückseigentümern - eine Entwicklung von Gewässerrandstreifen vorgesehen. Darüber hinaus soll eine auf die wasserwirtschaftlichen und naturschutzfachlichen Erfordernisse abgestimmte Gewässerunterhaltung durchgeführt werden.

Ziel / Auswirkungen:

Die Unterhaltung des Gewässerabschnittes dient der Gewährleistung des hydraulischen Leistungsfähigkeit des Gewässers, die zur schadlosen Einleitung des Niederschlagswassers erforderlich ist. In diesem Zusammenhang ist lokal eine Verbesserung der gewässerökologischen und -strukturellen Verhältnisse geplant.

Rahmenbedingungen / weiterer Untersuchungsbedarf:

Es sind die Bestandsunterlagen zur hydraulischen Leistungsfähigkeit des Gewässers zu aktualisieren. Dabei sind die im Oberlauf des Flöthbaches geplanten Maßnahmen zu berücksichtigen. Für die Detailplanung hinsichtlich der Gewässerrandstreifen ist eine Klärung der Eigentums- und Nutzungsverhältnisse erforderlich.



Naturnahe Umgestaltung / gewässerökologische Planung des Flöthbachs zwischen Lookdyk und der nördlichen Grenze des Untersuchungsgebiets

(Maßnahme 1.06)

Kurzbeschreibung:

Für diesen Gewässerabschnitt soll eine naturnahe Umgestaltung des Flöthbachs unter Berücksichtigung gewässerökologischer Aspekte, der hydraulischen Leistungsfähigkeit des Gewässers (zur Gewährleistung der Vorflut der Niederschlagswassereinleitungen aus Hüls) und der hydrologischen Verhältnisse im Gewässerumfeld erfolgen.

Ziele / Auswirkungen:

In Zusammenhang mit der geplanten Ausweisung eines Naturschutzgebietes im Bereich des Orbroicher Bruchs soll für den Grabenabschnitt zwischen Lookdyk und der nördlichen Grenze des Untersuchungsgebiets des Flöthbaches die gewässerökologische und wasserwirtschaftliche Situation verbessert werden.

Rahmenbedingungen / weiterer Untersuchungsbedarf:

Es sind Untersuchungen zur Entwicklung von Leitbildern bzw. Entwicklungszielen zu Verbesserung der gewässerökologischen und wasserwirtschaftlichen Situation am o.g. Gewässerabschnitt erforderlich. Aufgrund der engen Wirkungszusammenhänge zwischen möglichen gewässerökologischen Maßnahmen und den hydrologisch-wasserwirtschaftlichen Verhältnissen in den oberliegenden Gewässerabschnitten ist eine Gesamtbetrachtung des Flöthbaches vom Quellgebiet bis zur Einmündung in den Landwehrbach zweckmäßig.



Reaktivierung der nicht intakten Pumpanlage und Wiederherstellung der Grabenverbindung des Sankertgrabens unterhalb der Straße Flünnertzdyk (Maßnahme 2.01) und Abtrennung des Sankertgrabens vom Graben Nr. 21 (Maßnahme 2.02)

Kurzbeschreibung:

Der Abschnitt des Sankertgrabens zwischen Graben Nr. 21 und Nr. 18 ist vom Unterlauf getrennt. Diese Trennung soll durch Reaktivierung der nicht intakten Pumpanlage aufgehoben werden. Darüber hinaus soll eine Abtrennung des Sankertgrabens vom Graben Nr. 21 in Höhe der Straße Hökendyk erfolgen.

Ziele / Auswirkungen:

Diese Maßnahme dient der Zuführung des Oberflächenwassers aus dem Oberlauf des Sankertgrabens über die Pumpanlage in die nördlich des Flünnertzdyk gelegenen Gewässerabschnitte, wo es für Retentionsmaßnahmen (vgl. Maßnahme 2.03 und 2.04) genutzt werden kann.

Ziel ist es, durch eine Teilung des Sankertgrabens vom Graben Nr. 21 in Höhe der Straße Hökendyk zu gewährleisten, dass Maßnahmen am Sankertgraben sich nicht negativ auf den Bereich des Grabens Nr. 21 auswirken.



Sankert im Bereich Reithalle Bayer, Graben verschlammmt (Mai 2002)



Rahmenbedingungen / Weiterer Untersuchungsbedarf:

Für die Reaktivierung der Pumpanlage und für die Wiederherstellung der Grabenverbindung unterhalb der Straße Flännertzdyk ist eine ingenieurtechnische Planung (Entwurfs- und Genehmigungsplanung) erforderlich.



Graben 22 am Flännertzdyk, Blickrichtung Norden (oben) und Süden (unten) vom Nov. 2002





Retentionsmaßnahme am Sankertgraben zwischen dem Graben Nr. 18 und der Einmündung von Graben Nr. 24 (Maßnahme 2.03) und am Sankertgraben zwischen der Einmündung des Grabens Nr. 24 und dem Steggerdyk (Maßnahme 2.04)

Kurzbeschreibung:

Die Uferwälle des Sankertgrabens sollen im Bereich der Altstromrinnen auf Höhe des Mittelwassers gekappt werden. Dadurch soll Oberflächenwasser bei hohen Wasserständen in die vorhandenen morphologischen Senken eingeleitet und dort zurückgehalten werden. Bei der Auswahl der Flächen und dem Maß des Grundwasseranstieges ist die vorhandene Bebauung zu berücksichtigen.

Ziele / Auswirkungen:

Diese Maßnahme dient der Schaffung bzw. Erhaltung feuchter bzw. wechselfeuchter Strukturen im Gewässerumfeld des Sankertgrabens. Kleinräumig wird in diesem Bereich der Grundwasserspiegel aufgrund der Versickerung des Oberflächenwassers innerhalb der Rinnen angehoben.



Sankertgraben, Blickrichtung SW etwa Höhe Teich (Feb 2002)



Sankertgraben; Blickrichtung Osten, Geländekante (Feb. 2002)

Rahmenbedingungen / weiterer Untersuchungsbedarf:

Für die Detailplanung ist eine Vermessung der Graben- und Rinnenstrukturen sowie eine Klärung der Eigentumsverhältnisse erforderlich. Hinsichtlich des Baumbestandes ist eine Abstimmung mit dem Forstbezirk erforderlich.



Einleitung von Teilmengen des über die Grundwasserpumpanlage Kliebruch entnommenen Grundwassers in die Gräben Nr. 22 und Nr. 45 (Maßnahme 2.05) und Wiederanbindung des Sankertgrabens an das nördlich gelegene Grabensystem (Maßnahme 2.06)

Kurzbeschreibung:

Teilmengen des über die Grundwasserpumpanlage Kliebruch entnommenen Grundwassers sollen im Bereich der Gräben Nr.22 und Nr. 45 eingeleitet werden. Der Sankertgraben soll entsprechend des historischen Gewässerverlaufes wieder an das nördlich gelegene Grabensystem angeschlossen werden. Das Grabenstück am Lousbill soll aufgehoben werden.

Ziele / Auswirkungen:

Der Unterlauf des Sankertgrabens und die Nebengräben fallen in den Sommermonaten regelmäßig trocken. Die Maßnahme dient der Auffüllung des Wasserdargebots in den o.g. Gräben und der kontinuierlichen Wasserführung innerhalb dieses Gewässerabschnittes. Darüber hinaus wird ein ehemals vorhandener Gewässerverbund wiederhergestellt.

Rahmenbedingungen / Weiterer Untersuchungsbedarf:

Diese Maßnahme wird aufgrund der vergleichsweise hohen Investitionskosten zunächst zurückgestellt. Beide Maßnahmen sind in einem engem Zusammenhang zu sehen. Die LINEG ist in weitere Planungen einzubeziehen.

Einleitstelle LINEG im Graben Nr. 22 mit Rückstau





7.2 Prioritäten

Bei der Festlegung der zeitlichen Abfolge wird empfohlen, die Maßnahmen vorrangig zu realisieren, die in Zusammenhang mit der Verbesserung der Wasserrückhaltung am Flöthbach und am Sankertgraben stehen.

Hohe Priorität haben daher Untersuchungen zur Entwicklung von Leitbildern bzw. Entwicklungszielen zur Verbesserung der gewässerökologischen und wasserwirtschaftlichen Situation am Flöthbach.

Aufgrund der engen Wirkungszusammenhänge zwischen möglichen Maßnahmen und den hydrologisch-wasserwirtschaftlichen Verhältnissen in den oberliegenden Gewässerabschnitt ist eine Gesamtbetrachtung des Flöthbachs vom Quellgebiet bis zur Einmündung in den Landwehrbach zweckmäßig. Auf dieser Gesamtbetrachtung können die empfohlenen Detailplanungen aufgebaut werden (Maßnahmen 1.01, 1.02, 1.03 und 1.06).

Im Zusammenhang mit den Maßnahmen am Sankertgraben werden die Maßnahmen 2.01, 2.02, 2.03 und 2.04 mit hoher Priorität betrachtet.

Für die Umsetzung der Maßnahmen sind die wasserrechtlichen Genehmigungsbescheide erforderlich.

gez. L. Krob
BWS GmbH

gez. Dr. R. Strotmann
SLU GmbH



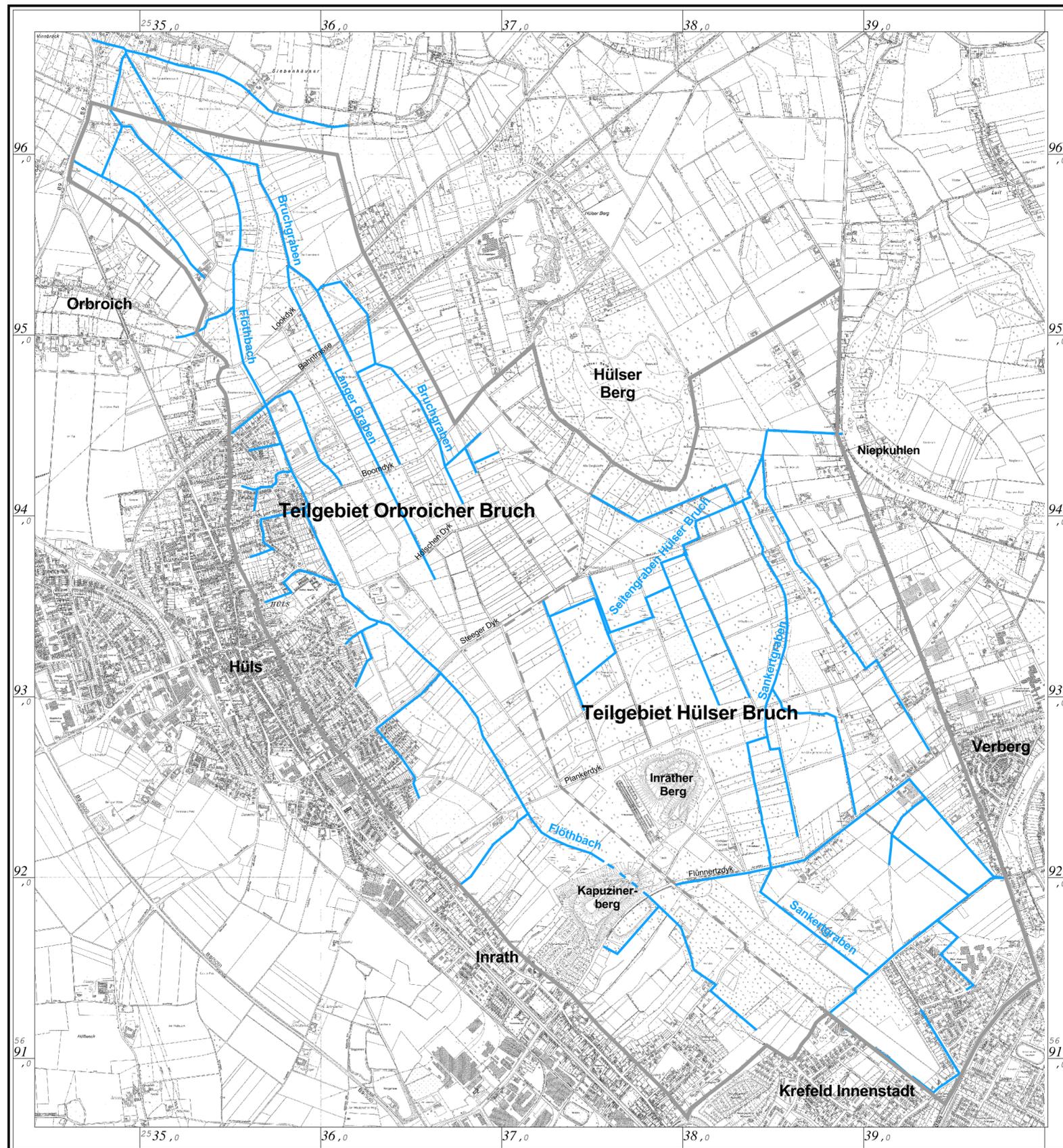
8 Schriften- und Kartenverzeichnis

- AHU / PBO (Stand Mai 2001): Erweiterte Sanierungsuntersuchung Altdeponien Kapuzienerberg/ Inrather Berg.- (unveröffentlicht)
- BIESKE & Partner (2000): Hydrogeologisches Gutachten zum wasserrechtlichen Bewilligungsantrag für die WFA Hüls der Städtischen Werke Krefeld AG.- (unveröffentlicht)
- HERBST, H.-V. (1983): Veränderungen des Feuchtraumes Hülser Bruch (Gewässer). - In: Beiträge zur Naturgeschichte des Krefelder Raumes. Niederrhein. Landeskde., 8: 204-207; Krefeld.
- KELLER, M. (1995): Hydrogeologische Untersuchungen im Bereich der Grundwasserscheide zwischen Rhein und Maas bei Krefeld. - Geol. Paläont. Institut der Westfälischen Wilhelms Universität Münster (unveröffentlichte Diplomarbeit): 84 S., 34 Abb., 15 Tab., 8 Anlagen; Münster.
- KÖNIG, Ch. & SCHMID, G. (1993): Grundwassersituation Niepkühlen im südlichen Einzugsgebiet. - Ruhr-Universität Bochum, Fakultät für Bauingenieurwesen, 12 S., 24 Bilder; unveröffentlichtes Gutachten, Bochum.
- KÜMMEL, K. (1938): Das Verschwinden der Sümpfe und Moore am Niederrhein. - Decheniana, 97 B: 63 - 84, 15 Karten, 11 Tafeln; Bonn.
- MECHTOLD, F. (1986): Bergbau Entstehung - Entwicklung - Belastung. - In: Heimatverein Krefeld-Traar (Hrsg.): Traar Ein Haus- und Heimatbuch, Krefeld.
- SCHMIDT-RISS; H. (1955): Das Hülserbruch, ein Beispiel für den Gewässerschwund am linken Niederrhein. - Gewässer und Abwasser, H 8.
- SUCCOW, M., JESCHKE, L. (1990): Moore in der Landschaft. - S. 268; Verlag Harri Deutsch, Thun & Frankfurt/Main.
- STEEGER, A. (1941). Der Nieper Altrhein.- Der Niederrhein 16 Nr.1: 6-10, 4 Abb.; Krefeld.
- STROTMANN, R. (2002): Das Klima im Raum Krefeld.- Natur am Niederrhein 16, ; Krefeld
- STROTMANN, R. (2000): Das Hülser Bruch – ein hydrologischer Überblick.- Natur am Niederrhein 15, S. 33-43, 8 Abbildungen; Krefeld
- STROTMANN, R. (1997): Hydrologische Auswirkungen der Siedlungsentwicklung auf den Wasserkreislauf am Beispiel der Stadt Krefeld über den Zeitraum von 1800 bis 1995. - Dissertation RWTH Aachen, Lehrstuhl für Ingenieur- und Hydrogeologie: 169 S., 50 Abb., 44 Tab. 36 Taf., 16 Kartenanlagen; Aachen.



Verwendete Kartenunterlagen

- Bodenkarte von Nordrhein-Westfalen 1: 50000. - Hrsg. Geol. L.-Amt Nordrh.-Westf.; Krefeld. Blatt 4704 Krefeld (1980)
- Ingenieurgeologische Karte von Nordrhein-Westfalen 1: 25000. - Hrsg. Geol. L.-Amt Nordrh.-Westf.; Krefeld. Blatt 4605 Krefeld (1989)
- Topographische Karte von Nordrhein-Westfalen 1: 25000. - Hrsg. Landesvermessungsamt Nordrh.-Westf.; Bonn.
- Blatt 4605 Krefeld in den Ausgaben von: 1892-1896, 1923, 1957, 1962-1964, 1975, 1988-1990
- Kartenaufnahme der Rheinlande durch Tranchot und v. Müffling (1803 - 1820) 1: 25000 - Hrsg. Landesvermessungsamt Nordrh.-Westf.; Bonn. Krefeld 36
- Preußische Kartenaufnahme 1: 25000, Uraufnahme. - Hrsg. Landesvermessungsamt Nordrh.-Westf.; Bonn. Blatt 4605 Krefeld (1844)
- Topographische Karte Stadt und Landkreis Crefeld von Hofacker (1886)
- Städtische Werke Krefeld (unveröffentlicht)
- Grundwassergleichenplan Okt. 1997 im Maßstab 1: 50000
- Linksniederrheinische Entwässerungsgenossenschaft (unveröffentlicht):
- Grundwassergleichenplan Südgebiet 1: 25000: Mai 1992



Zeichenerklärung

- Untersuchungsgebiet
- Fließgewässer
- offen
- - - verrohrt

Maßstab 1:20.000



Abb. 1: Untersuchungsgebiet

Datum: August 2001

gez.: Schoolmann

**Hydrogeologisches Gutachten
zur Grundwassersituation
im Hülsberg und Orbroicher Bruch**

Auftraggeber:



Stadt Krefeld FB 36

Postfach 102164
47721 Krefeld

Auftragnehmer:

Büro Prof. Dr. Harro Stolpe
Beratende Geowissenschaftler und Ingenieure GmbH

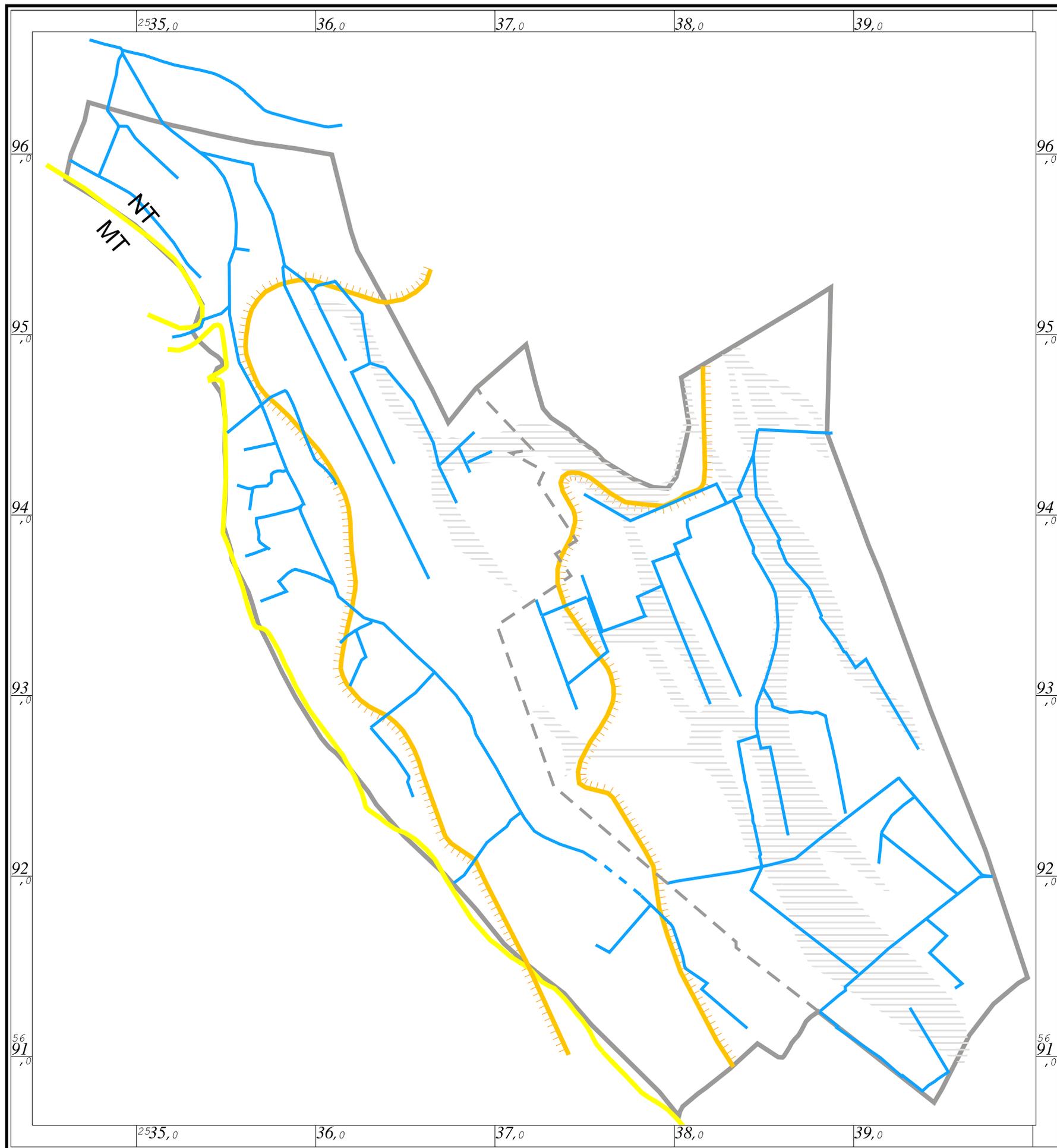
DR. STROMMANN

Altlasten
Hydrogeologie
Umwelttoxikologie



Umweltberatung
GmbH

LEENDERTZ



Zeichenerklärung

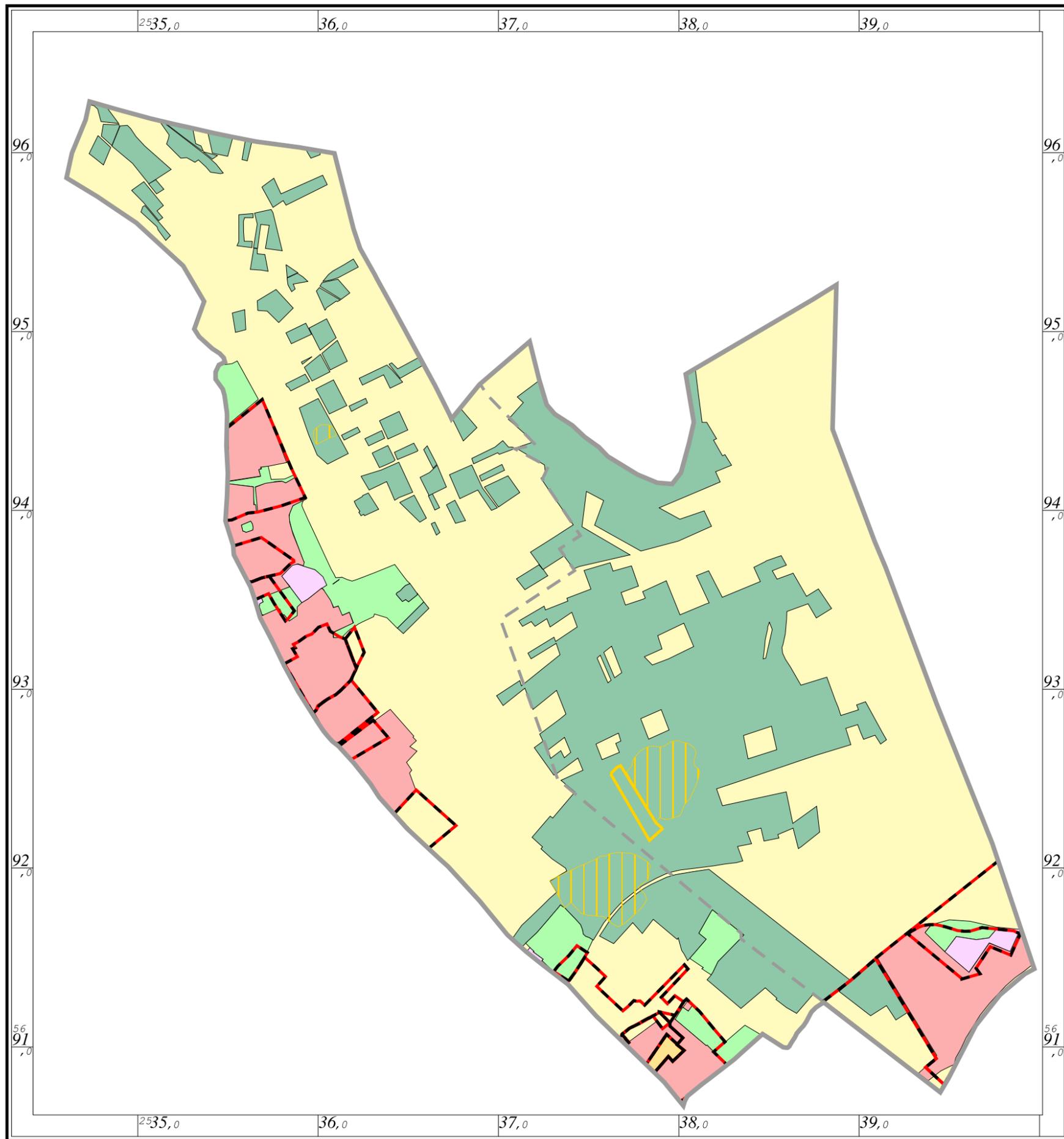
- Untersuchungsgebiet
- - Teilgebiet
- Fließgewässer**
- offen
- · - verrohrt
- Grenze Mittelterrasse / Niederterrasse
- Grenze Interglazial
- Altstromrinnen

Quelle:
 Ingenieurgeologische Karte von NRW,
 1:25.000, Hrsg. GLA NRW,
 Blatt 4605 Krefeld (1989)

Kartenaufnahme der Rheinlande
 durch Tranchot und v. Müffling (1803-1820),
 1:25.000, Hrsg. LVA NRW, Bonn,
 Krefeld 36



Anlage 3: Hydrogeologie	
Datum: November 2002	gez.: Schoolmann
Hydrogeologisches Gutachten zur Grundwassersituation im Hülser und Orbroicher Bruch	
Auftraggeber:	Stadt Krefeld FB 36 Postfach 102164 47721 Krefeld
Auftragnehmer:	<div style="display: flex; justify-content: space-between; align-items: center;"> <div style="text-align: center;"> BWS GmbH <small>BODEN ■ WASSER ■ WATER ■ SOIL</small> </div> <div style="text-align: center;"> <small>DR. STROTMANN</small> LEENDERTZ <small>Umweltberatung GmbH</small> </div> </div> <p style="font-size: small; margin-top: 5px;"> Altlasten Hydrogeologie Umwelttoxikologie Universitätsstr. 142 - 44799 Bochum Bockumer Platz 5a- 47800 Krefeld </p>



Zeichenerklärung

— Untersuchungsgebiet

- - Teilgebiet

Flächennutzung

■ landwirtschaftliche Nutzung

■ forstliche Nutzung

■ Naherholung

■ Wohnbebauung

■ öffentliches Gebäude

■ Schießstand

— geplanter Siedlungsbereich

■ Deponie

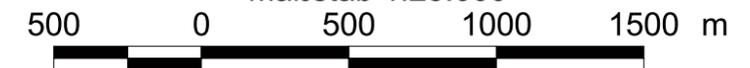
Quelle: Flächennutzungsplan Krefeld (1993)

Maßstab 1:10.00, Nord-West Blatt

Bebauungsplan Krefeld, (August 2000)

Maßstab 1:20.000

Maßstab 1:25.000



Anlage 5: Flächennutzung

Datum: November 2002

gez.: Schoolmann

Hydrogeologisches Gutachten zur Grundwassersituation im Hülser und Orbroicher Bruch

Auftraggeber:



Stadt Krefeld FB 36

Postfach 102164
47721 Krefeld

Auftragnehmer:

BWSGmbH
BODEN ■ WASSER ■ WATER ■ SOIL

DR. STROTMANN

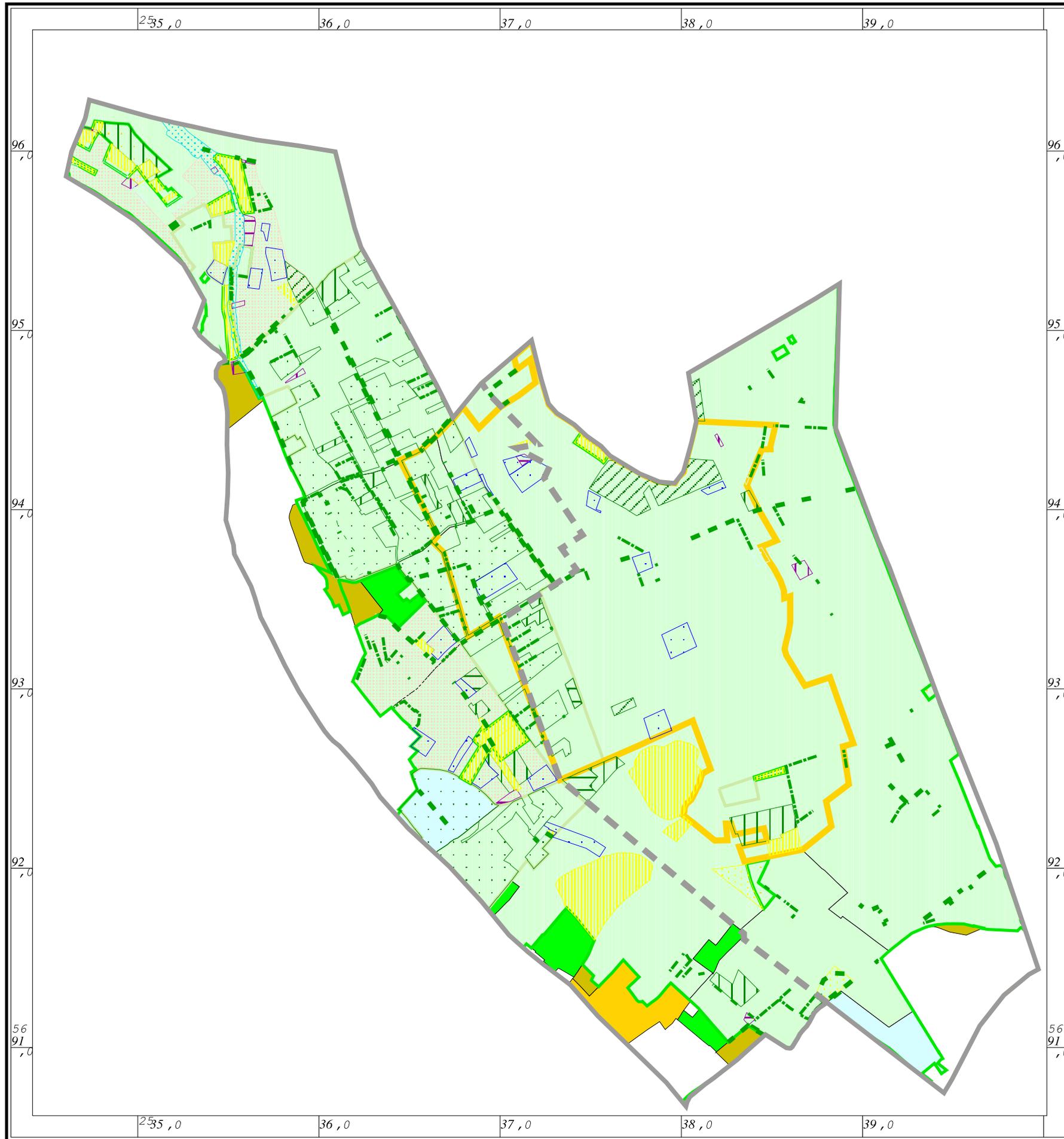
Altlasten
Hydrogeologie
Umwelttoxikologie



Umweltberatung
GmbH

Universitätsstr. 142 - 44799 Bochum

Bockumer Platz 5a- 47800 Krefeld



Zeichenerklärung (Auszug Landschaftsplan)

Besonders geschützte Teile von Natur und Landschaft

- Naturschutzgebiet
- Landschaftsschutzgebiet
- Naturdenkmal
- geschützte Landschaftsbestandteile
- Fläche mit Umbruchverbot, Erhaltung v. Grünflächen
- Fläche mit Umbruchverbot Wiederherstellung v. naturnahen Grünflächen

Entwicklungsziele für die Landschaft

- Erhaltung
- Erhaltung als Grünfläche
- Anreicherung
- Wiederherstellung ökologisch stabiler Landschaft
- Wiederherstellung geschädigter Landschaft
- Ausbau für Erholung
- Ausstattung
- Temp. Erhaltung von Freiflächen für Bau- und Verkehrsflächen
- Temp. Erhaltung von Freiflächen für Grünflächen
- Ausbau für Grünflächen
- Sicherung und Verbesserung für Natur- und Artenschutz

Entwicklungs- und Pflegemaßnahmen

- Erhalt von Grünflächen
- Anlage/Wiederherstellung naturnahen Lebensraums
- Anlage/Wiederherstellung Kleingewässer
- Anlage Wildkräuterwiesen
- Pflegemaßnahmen
- Renaturierung Bachläufe
- Rekultivierung
- Baumreihe
- Gehölzstreifen
- Bepflanzungsmaßnahmen
- Pflege von Kopfbaum

Zweckbestimmung für Brachflächen

- natürliche Entwicklung
- Bewirtschaftung und Pflege

Besondere Festsetzung für die forstliche Nutzung

- Erstaufforstung
- Wiederaufforstung
- Untersagung bestimmter Endnutzungen

Maßstab 1:25.000



Anlage 6: Naturschutzfachliche Planung

Datum: November 2002

gez.: Schoolmann

Hydrogeologisches Gutachten zur Grundwassersituation im Hülser und Orbroicher Bruch

Auftraggeber:



Stadt Krefeld FB 36

Postfach 102164
47721 Krefeld

Auftragnehmer:

BWSGmbH

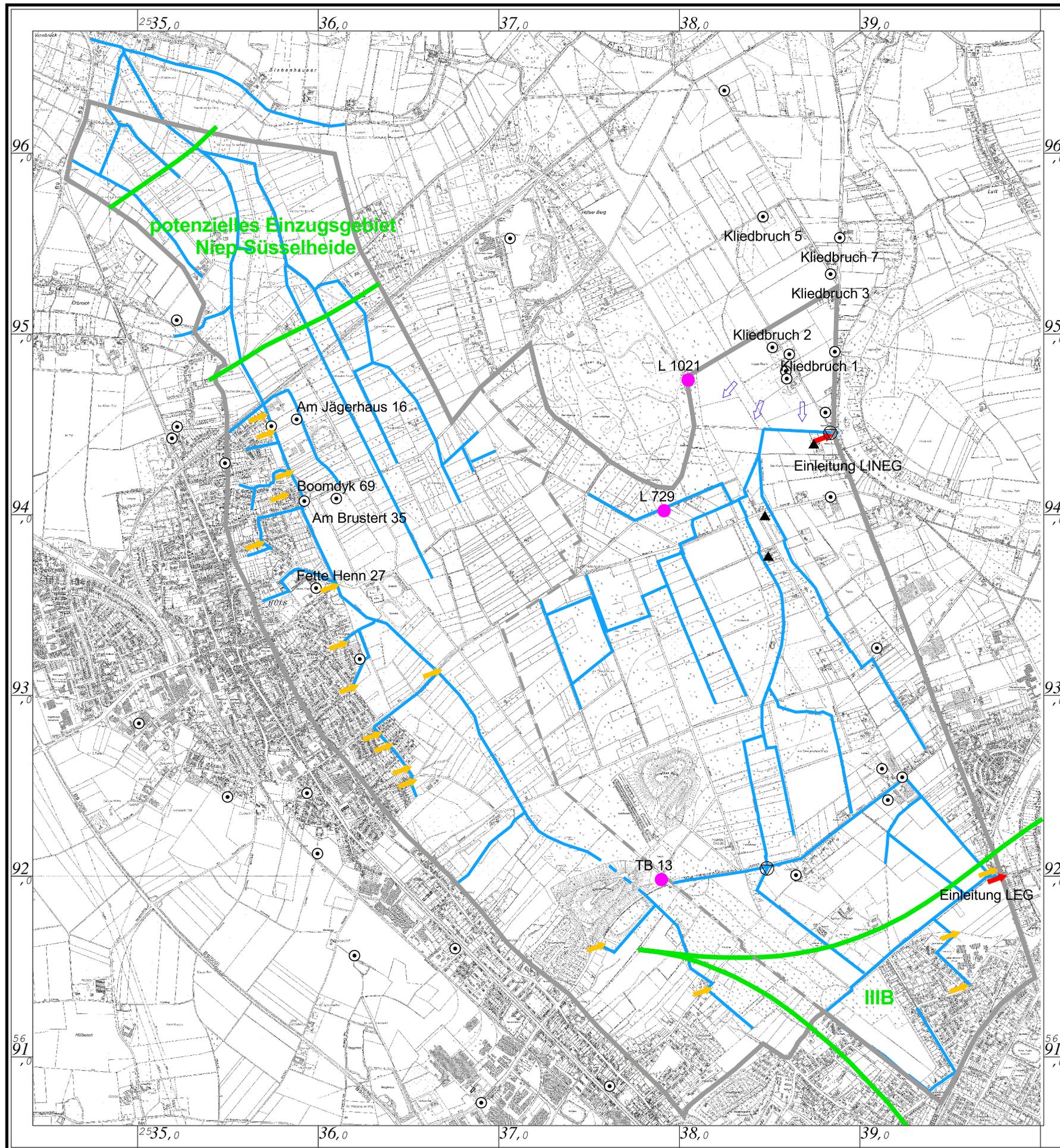
BODEN ■ WASSER ■ WATER ■ SOIL

Altlasten
Hydrogeologie
Umwelttoxikologie



Universitätsstr. 142 - 44799 Bochum

Bockumer Platz 5a- 47800 Krefeld



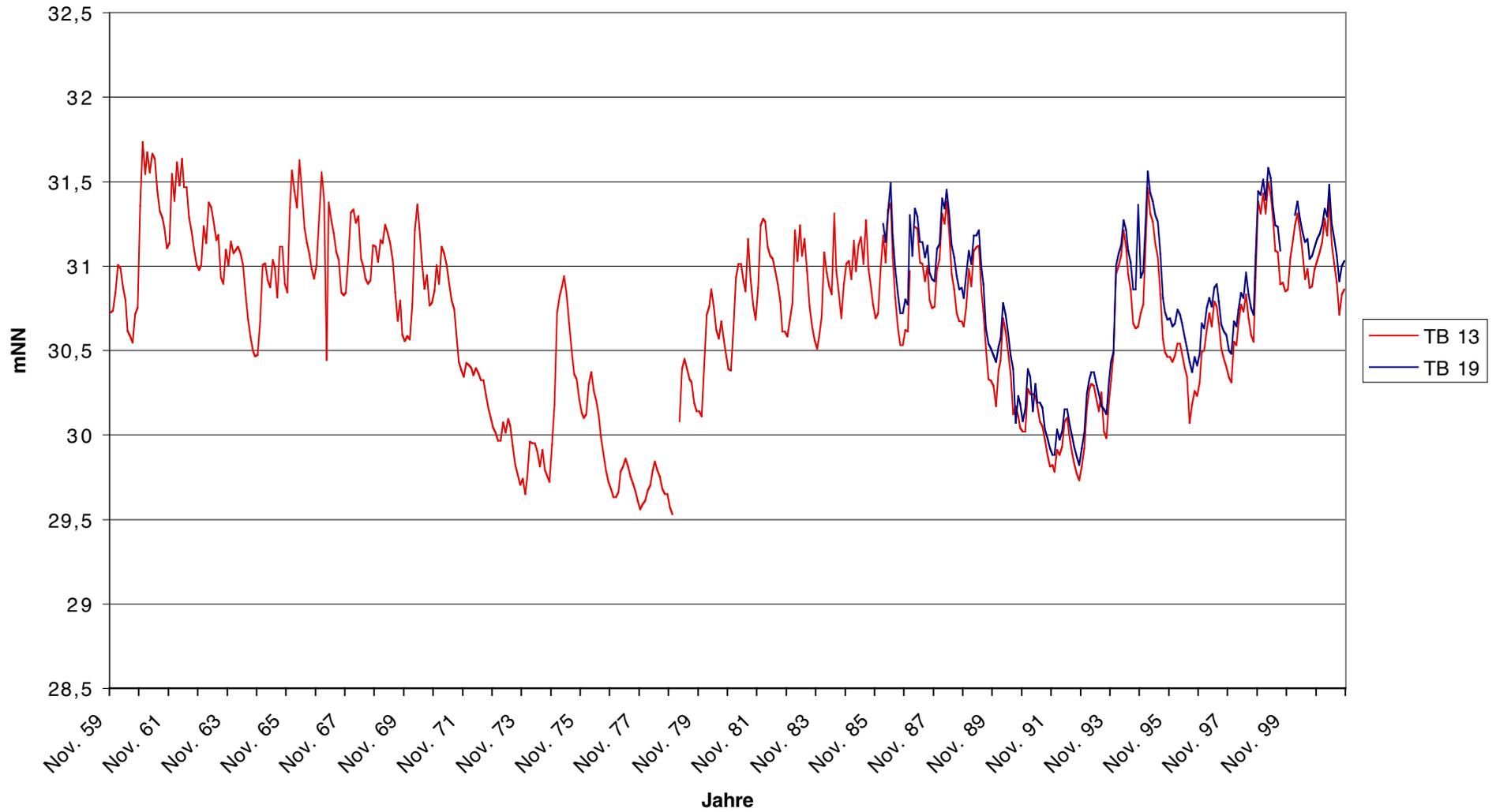
Zeichenerklärung

- Untersuchungsgebiet
- - - Teilgebiet
- Fließgewässer**
- offen
- · - · verrohrt
- ↗ Einleitung von Oberflächenwasser in Niepkuhlen
- ↘ siedlungsnaher Einleitung von Niederschlagswasser
- ⊗ Pumpe
- ▲ Kleinkläranlage
- ⊙ Grundwasserentnahme
- Grundwassermessstelle
- Wasserschutzzone / Einzugsgebiet
- ↓ Einflußbereich LINEG

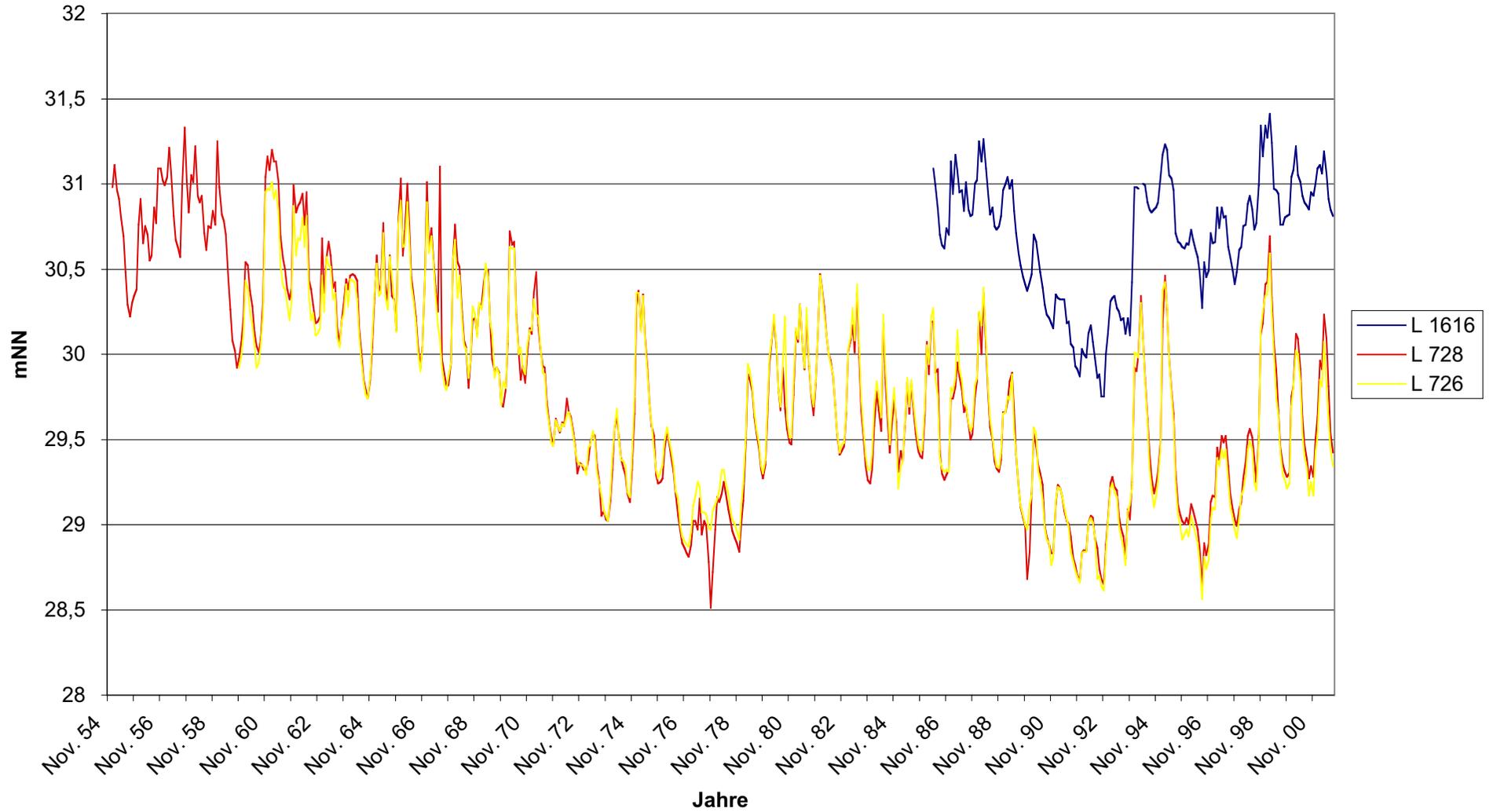


Anlage 7: Wasserwirtschaftliche Nutzung	
Datum: November 2002	gez.: Schoolmann
Hydrogeologisches Gutachten zur Grundwassersituation im Hülser und Orbroicher Bruch	
Auftraggeber:	Stadt Krefeld FB 36 Postfach 102164 47721 Krefeld
Auftragnehmer:	
BWS GmbH BODEN ■ WASSER ■ WATER ■ SOIL	
DR. STROTSMANN LEENDERTZ Altlasten Hydrogeologie Umwelttoxikologie Umweltberatung GmbH	
Universitätsstr. 142 - 44799 Bochum	Bockumer Platz 5a- 47800 Krefeld

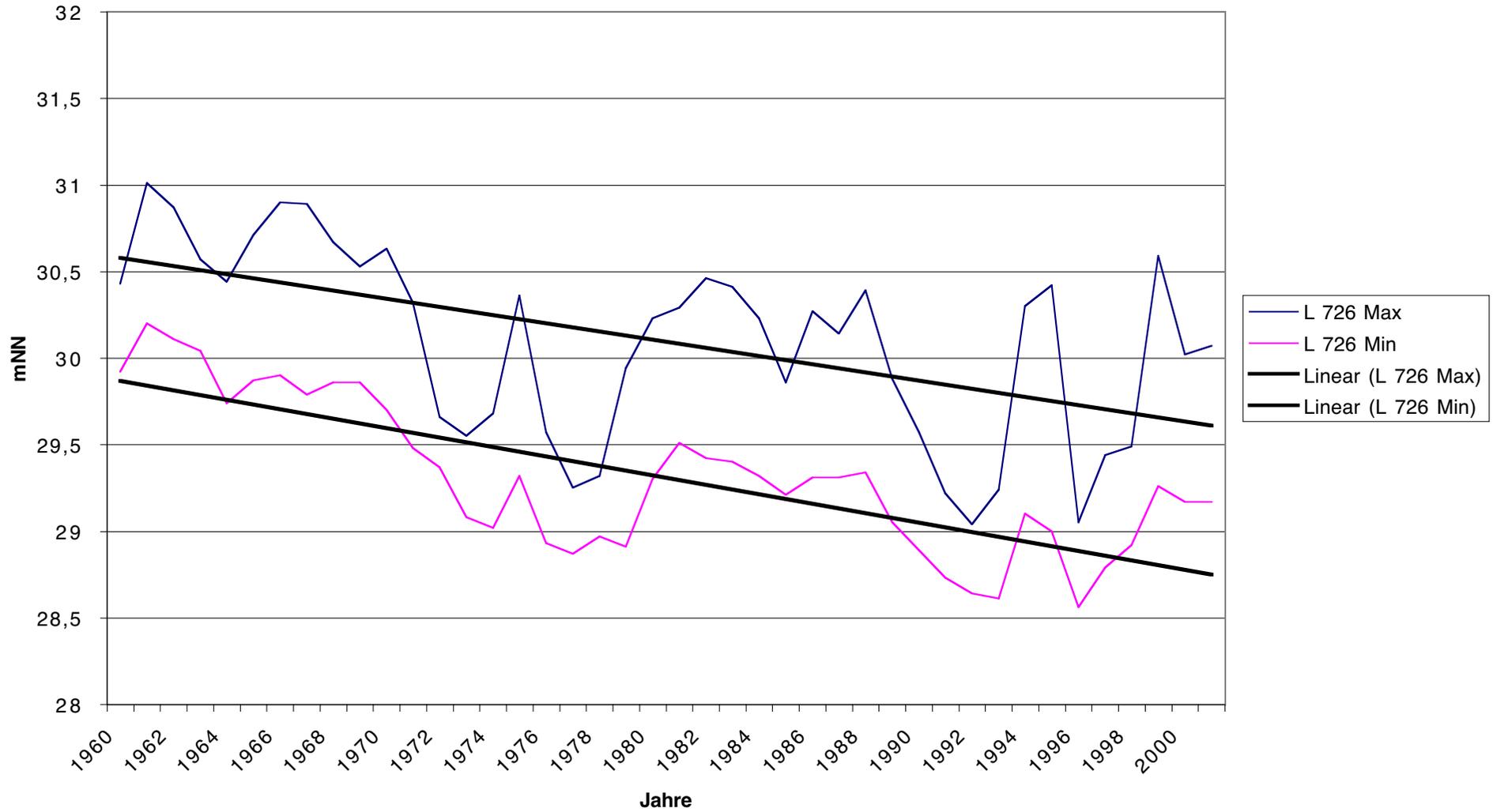
Grundwasserstandsganglinien TB 19 und TB 13



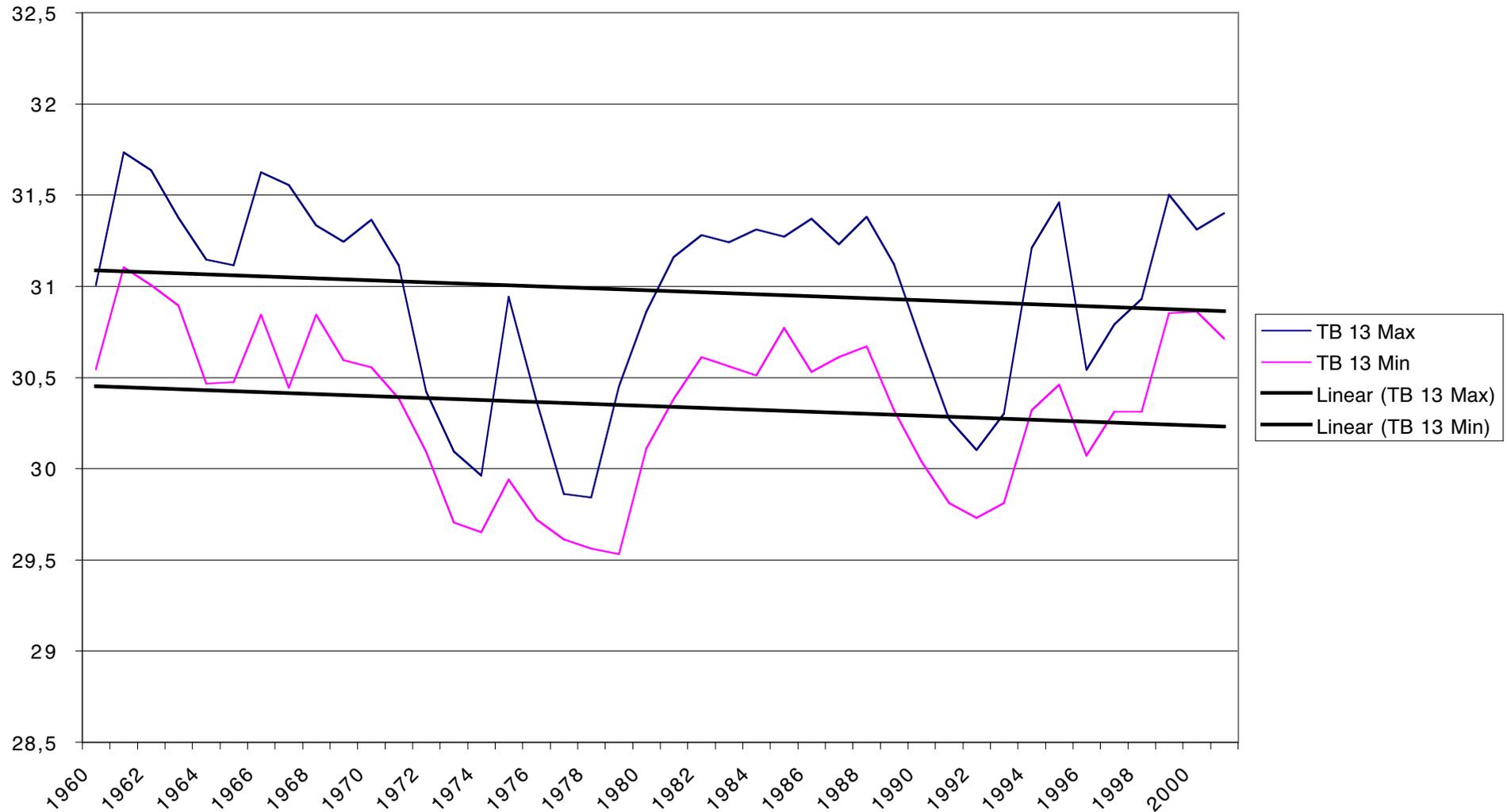
Grundwasserstandsganglinien L 1616, L 728 und L 726

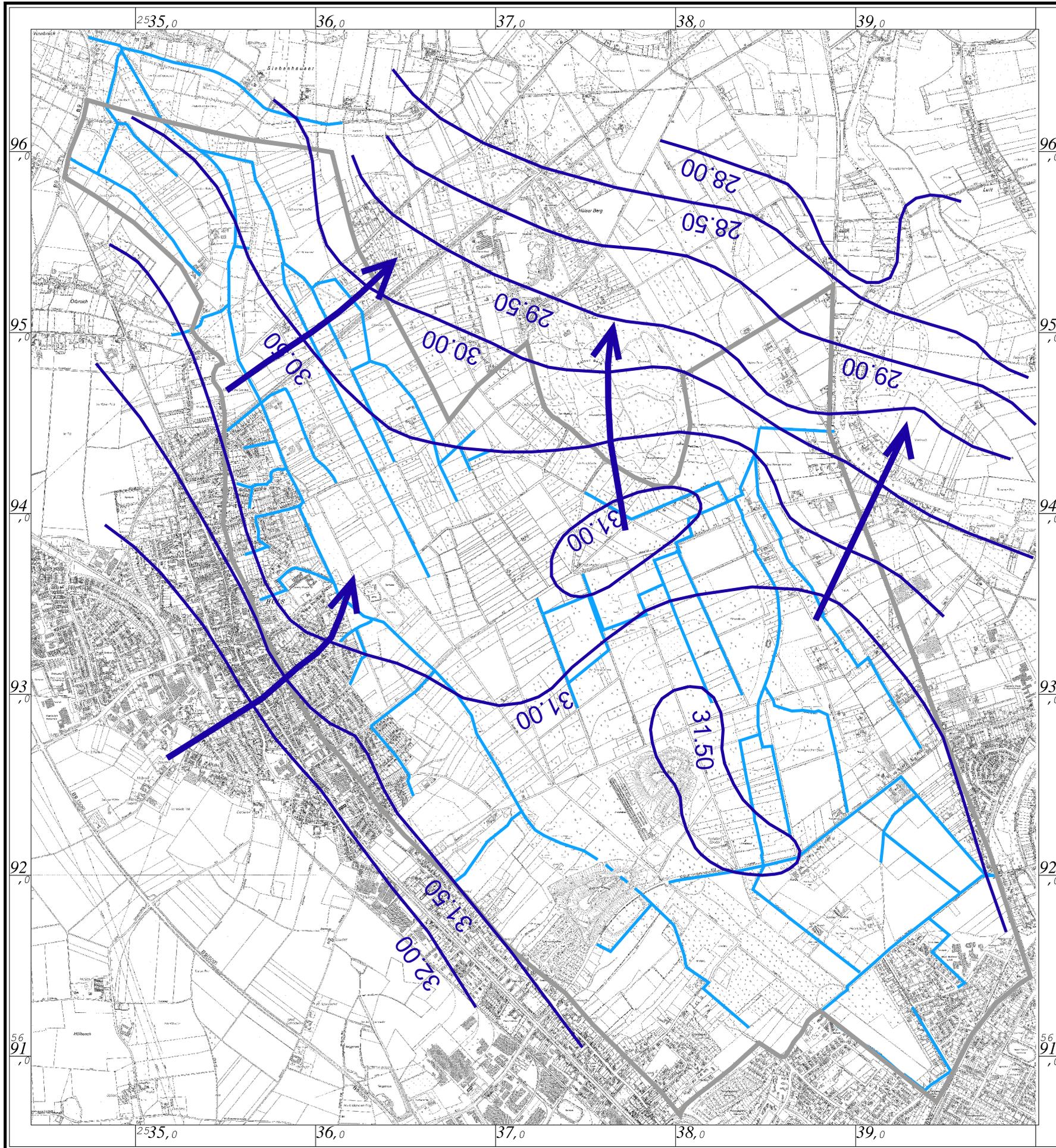


Entwicklung der jährlichen Extremwerte L 726



Entwicklung der jährlichen Extremwerte TB 13





- Zeichenerklärung**
- Untersuchungsgebiet
 - Fließgewässer**
 - offen
 - - - verrohrt
 - Grundwasser**
 - Grundwassergleiche
 - 30.50 Grundwasserhöhe [mNN]
 - ← Grundwasserfließrichtung



**Anlage 11.2: Hohe Grundwasserstände
(April 2002)**

Datum: November 2002 gez.: Schoolmann

**Hydrogeologisches Gutachten
zur Grundwassersituation
im Hülser und Orbroicher Bruch**

Auftraggeber:  Stadt Krefeld FB 36
Postfach 102164
47721 Krefeld

Auftragnehmer:

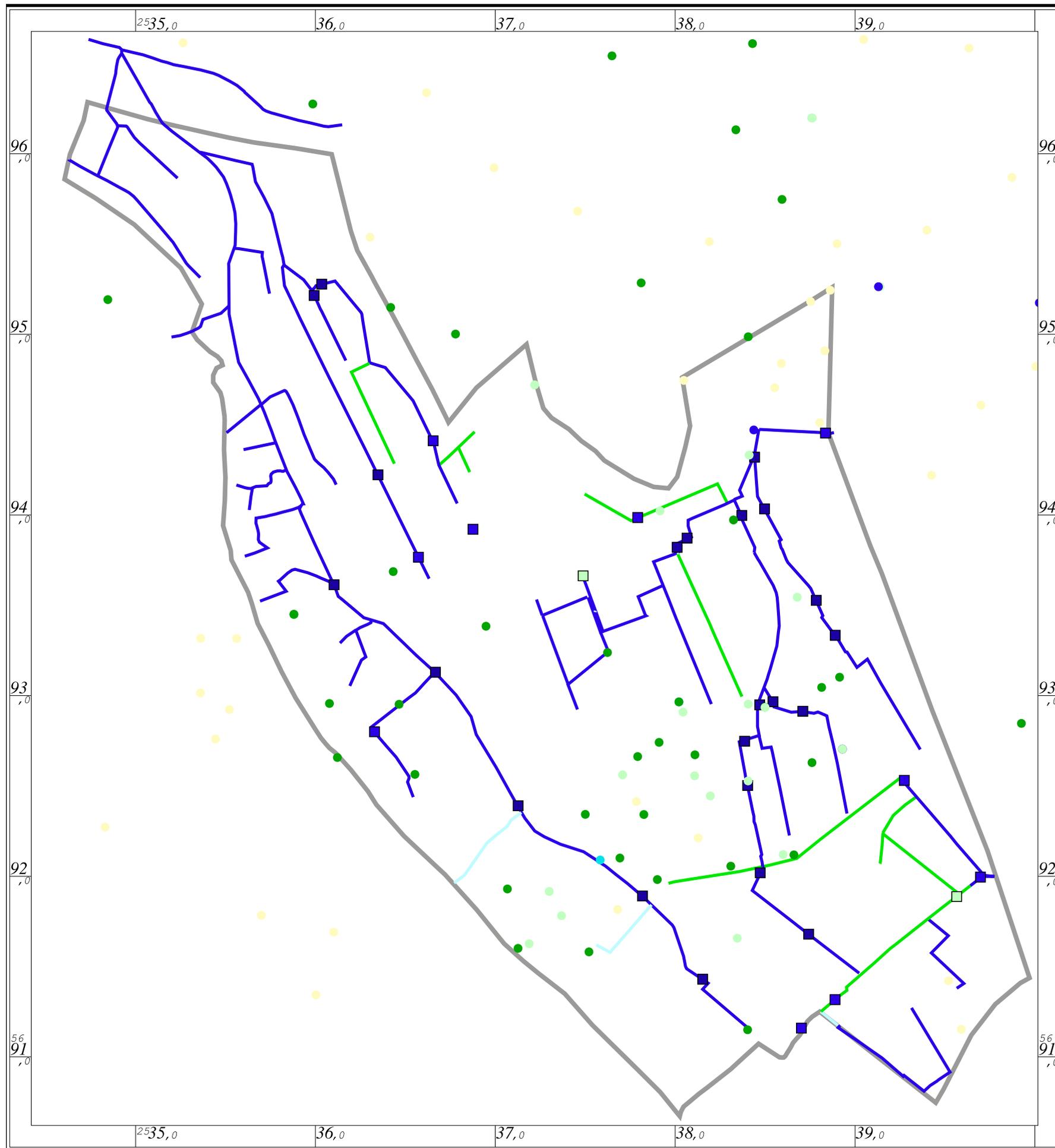


BWS GmbH
BODEN ■ WASSER ■ WATER ■ SOIL



DR. STROTSMANN LEENDERTZ
Umweltberatung GmbH

Universitätsstr. 142 - 44799 Bochum Bockumer Platz 5a- 47800 Krefeld



Zeichenerklärung

— Untersuchungsgebiet

Wasserführung

- wasserführend
- Sohle feucht
- trocken
- keine Angaben

□ Abstand der Grabensohle zum Grundwasser (<0 m, Aussickerung von Grundwasser)

● Flurabstand im Pegel

Abstand in m

- < 0
- 0 - 0.3
- 0.3 - 0.5
- 0.5 - 1
- 1 - 2
- > 2



Anlage 12.1: Hohe Grundwasserstände (April 2002)

Datum: November 2002

gez.: Schoolmann

Hydrogeologisches Gutachten zur Grundwassersituation im Hülser und Orbroicher Bruch

Auftraggeber:



Stadt Krefeld FB 36

Postfach 102164
47721 Krefeld

Auftragnehmer:

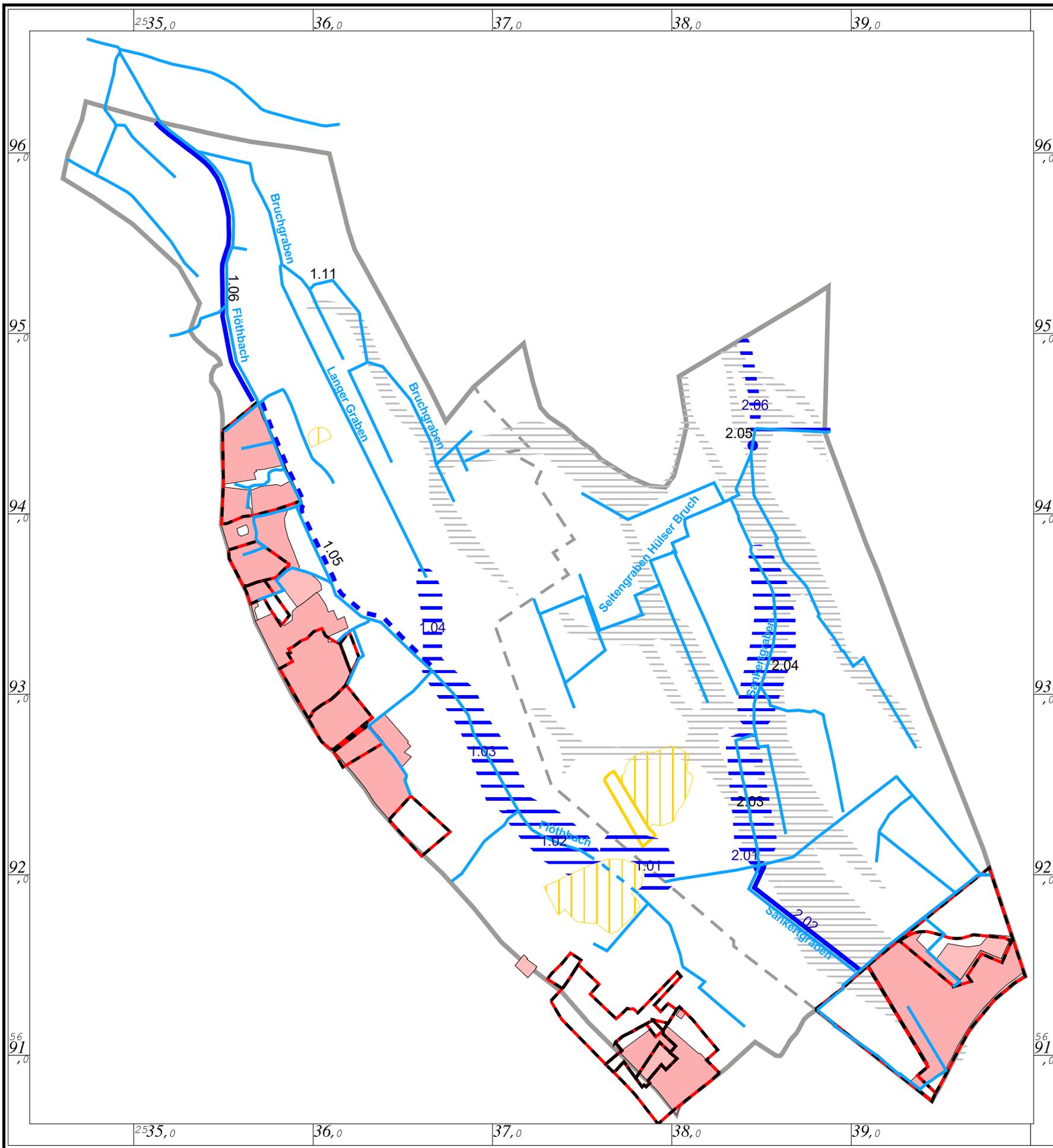
BWSGmbH
BODEN ■ WASSER ■ WATER ■ SOIL

Altlasten
Hydrogeologie
Umwelttoxikologie



Universitätsstr. 142 - 44799 Bochum

Bockumer Platz 5a- 47800 Krefeld



Zeichenerklärung

— Untersuchungsgebiet

- - - Teilgebiet

Fließgewässer

— offen

- · - · - verrohrt

≡≡≡ Altstromrinne

▤▤▤ Deponie

■ Wohnbebauung

- · - · - geplanter Siedlungsbereich

Maßnahme

● punktuelle Maßnahme

— Maßnahme im Gewässer

- · - · - Fortführung von Maßnahme im Gewässer

▬ flächige Maßnahme



Anlage 14: Maßnahmen

Datum: November 2002

gez.: Schoolmann

**Hydrogeologisches Gutachten
zur Grundwassersituation
im Hülser und Orbroicher Bruch**

Auftraggeber:



Stadt Krefeld FB 36

Postfach 102164
47721 Krefeld

Auftragnehmer:

BWS GmbH
BODEN ■ WASSER ■ WATER ■ SOIL



Universitätsstr. 142 - 44799 Bochum Bockumer Platz 5a- 47800 Krefeld