Oberirdische Gewässer 18/2003



Niedersächsisches Landesamt für Ökologie

Hochwasserbemessungswerte für die Fließgewässer in Niedersachsen

– Abflüsse in Hydrologischen Landschaften über Regionalisierungsansätze –



Oberirdische Gewässer 18/2003



Niedersächsisches Landesamt für Ökologie

Hochwasserbemessungswerte für die Fließgewässer in Niedersachsen

– Abflüsse in Hydrologischen Landschaften über Regionalisierungsansätze –



Herausgeber: Niedersächsisches Landesamt für Ökologie Abt. 3: Wasserwirtschaft, Gewässerschutz An der Scharlake 39 31135 Hildesheim

Verfasser: Meinhard Elsholz Hartwig Berger Niedersächsisches Landesamt für Ökologie Dezernat 3.4: Oberirdische Gewässer

Auflage: April 2003, 480 Stück

Gebühr: 60,- Euro zuzügl. Versandtkostenpauschale z.Z. 2,50 Euro

Bezug: Niedersächsisches Landesamt für Ökologie Postfach 10 10 62 31110 Hildesheim

Telefon 05121-509-244 Telefax 05121-509-233

e-mail: heinrich.klaholt@nloe.niedersachsen.de http://www.nloe.de

Verzeichnis der bisher erschienenen Hefte siehe Seite 122

Inhaltsverzeichnis

	Seite			Seite
1	Einführung5	5.6	Oder-Rhume	83
		5.7	Innerste	85
2	Anwendung	5.8	Harzrand-Gewässer Söse, Radau,	
			Ecker, Ilse	87
3	Übersichtskarte Maßstab 1: 100.000.000 7	5.9	Krummes Wasser	89
		5.10	Westaue	91
4	Hydrologische Landschaften –	5.11	Emmer	93
	landschaftstypische Bemessungskurven	5.12	Große Aue	95
4.1	Solling9	5.13	Wümme	97
4.2	Obere Leine11	5.14	Hunte	99
4.3	Weserberge	5.15	Ems	101
4.4	Oberharz	5.16	Hase	103
4.5	Harzvorland17	5.17	Düte	105
4.6	Ith-Hils-Bergland	5.18	Soeste	107
4.7	Kalenberger Land	5.19	Vechte	109
4.8	Ost-Braunschweig 23	5.20	Jeetzel	111
4.9	Börde	5.21	Stederau Ilmenau	113
4.10	Weser-Aller-Geest	5.22	Oste	115
4.11	Wildeshauser Geest29			
4.12	Moorgeest	6	Erläuterungsbericht	116
4.13	Obere Hunte33	6.1	Entwicklung der	
4.14	Ostheide		Hydrologischen Landschaften	116
4.15	Südheide	6.1.1	Regionalisierung	
4.16	Wümmegeest	6.1.2	Datenaufbereitung	
4.17	Wesermünder Geest 41		und Regionalisierungsvorgang	116
4.18	Friesische Geest43	6.2	Bemessungshochwasser in den	
4.19	Dwergter Geest45		Hydrologischen Landschaften	117
4.20	Hümling	6.2.1	Datenaufbereitung zur Hochwasseranaly	
4.21	Löninger Höhen49		in den Hydrologischen Landschaften	
4.22	Carumer Geest 51	6.2.1.	1 Aufbereitung der Beobachtungsreihen	
4.23	Emsland		für Hochwasseruntersuchungen	117
4.24	Bourtanger Moor	6.2.1.2	2 Ermittlung der	
4.25	Obere Vechte		Hochwasserwahrscheinlichkeiten	117
4.26	Osnabrücker Bergland59	6.2.2	Regionalisierung mit Hochwasserwerten	118
4.27	Münsterland 61	6.2.3	Entwicklung der landschaftstypischen	
4.28	Altmark		Hochwasserbemessungskurven	118
4.29	Drawehn	6.2.4	Abweichungen vom landschaftstypischer	
4.30	Nord-Ost Heide67		Verhalten bei Hochwasser	120
4.31	Nordheide69	6.2.5	Weitere Hochwasserwahrscheinlichkeiter	
4.32	Zevener Geest		in den Hydrologischen Landschaften	120
		6.3	Bemessungshochwasser in den	
5	Übergreifende Gewässer –		übergreifenden Gewässern	121
	Abflussspendenlängsschnitte	6.3.1	Datenaufbereitung zur Hochwasseranaly	
5.1	Fulda-Werra73		in den übergreifenden Gewässern	
5.2	Weser	6.3.2	Entwicklung der Hochwasserspendenlini	
5.3	Aller		für übergreifende Gewässer	
5.4	Leine	6.3.3	Weitere Hochwasserwahrscheinlichkeiter	
5.5	Oker		in den übergreifenden Gewässern	121

,

4

1. Einführung

Ziel der hier vorliegenden Arbeit ist es, die Bestimmung des maßgebenden Hochwasserabflusses für nahezu jeden beliebigen Punkt an den Fließgewässern im niedersächsischen Binnenland zu ermöglichen.

Veranlassung war eine z.T. erheblich veränderte Datenlage seit der letzten landesweiten Festlegung der maßgebenden Bemessungshochwasserabflüsse vor etwa 20 Jahren.

Ausgangsdaten für dieses Vorhaben bilden die an den Pegeln gemessenen Hochwasserscheitelabflüsse. Da aber die Anzahl langjährig beobachteter Pegel begrenzt ist und daher eine flächenhafte Abdeckung aller Landesteile mit Messwerten nicht zu verwirklichen ist, wurden regionale Übertragungsfunktionen über Regionalisierungen entwickelt.

Derartige Regionalisierungsansätze bieten die Möglichkeit, aus den Pegeldaten in überschaubaren und in sich ähnlichen Regionen das gebietstypische hydrologische Verhalten zu erkennen und somit flächenhaft gültige hydrologische Richtwerte zu ermitteln. Die mit der Regionalisierung einhergehende intensive Plausibilisierung der Pegeldaten bietet darüber hinaus die Möglichkeit bisher unerkannte Messfehler zu beheben.

Es konnte hierbei aufgebaut werden auf einer in den Vorjahren durchgeführten Regionalisierung mit dem mittleren Abfluss, bei der eine Unterteilung des Landes in 32 Hydrologische Landschaften und in die gebietsübergreifenden Gewässer vorgenommen wurde.

Bei dem jetzt durchgeführten Schritt zur Überarbeitung und Aktualisierung der maßgebenden Hochwasserabflussspenden wurde eine Regionalisierung mit den Abflusswerten des 100-jährlich zu erwartenden Hochwassers durchgeführt. Für diese aus den Pegeldaten mit statistischen Verfahren ermittelten Werte wurden mindestens 40-jährige Beobachtungsreihen bis einschließlich 2002 zu Grunde gelegt.

Für alle Hydrologischen Landschaften konnten die gebietstypischen funktionalen Zusammenhänge zwischen dem Hochwasserabfluss und der Einzugsgebietsgröße ermittelt werden. Aus entsprechenden landschaftstypischen Kurven sind die Werte für das gefragte Bemessungshochwasser direkt zu entnehmen.

Für die großen linienförmig ausgerichteten übergreifenden Gewässer mit subsumierten Hochwasserabflüssen aus den einmündenden Hydrologischen Landschaften wurden Abflussspendenlängsschnitte entwickelt.

Dem hydrologisch geschulten Anwender wird hiermit ein landesweit einsetzbares Instrument zur einfachen Abschätzung der Hochwasserbemessungswerte übergeben. Auf Grund der Komplexität der auch heute noch in vielen Bereichen unerforschten Hochwasserthematik kann der Anwender aber nicht entbunden werden von eigenständigem hydrologischen Denken und Handeln. Nicht akribisches Befolgen einzelner hier vorgeschlagener Werte, sondern die hydrologische Gesamtschau unter kritischer Berücksichtigung ggf. lokaler Besonderheiten sollte die Entscheidungsgrundlage für den letztlich anzusetzenden Bemessungswert bilden.

Im Verlauf dieser Arbeiten traten mehrfach größere Hochwasserereignisse ein, die eine deutliche Anhebung der bisher berechneten Bemessungshochwasserwerte bewirkten. Ursprünglich war 1997 als Endjahr für die Bearbeitungsreihen vorgesehen. Aber die ungewöhnlichen Hochwasserereignisse der Jahre 1998, 2000, 2001 und 2002 machten jedes Mal erneut eine Aktualisierung der bisherigen statistischen Berechnungen erforderlich.

Daneben hat sich auch durch diese Hochwasserereignisse der letzten Jahre das langjährige Trendverhalten bei Hochwasser verändert. Während sich der bisherige Trendanstieg im Mittelgebirge und im Bergland verstärkt hat, können nach erfolgter Trendumkehr jetzt auch im westlichen Flachland zumeist leicht steigende Trends festgestellt werden. Schwach fallende Trends liegen derzeit nur noch in den östlichen Flachlandregionen vor.

Es bleibt zu hoffen, dass diese ungewöhnliche Häufung größerer Hochwasserereignisse in den letzten Jahren noch erklärt werden kann mit den bekannten zyklischen Wechseln zwischen Feucht- und Trockenphasen und daher in absehbarer Zeit eine Umkehr zu trockneren Jahren zu erwarten ist.

Von dieser künftigen Entwicklung des klimatischen Geschehens hängen u.a. auch die künftig anzuwendenden statistischen Verfahren ab, auch wird das erforderliche Fortschreibungsintervall für die hier vorgelegten Bemessungswerte hiernach auszurichten sein.

2. Anwendung

Bei der Anwendung hier angegebener Bemessungswerte wird davon ausgegangen, dass der Anwender über hydrologischen Sachverstand verfügt und folglich die Übertragbarkeit hier angegebener Werte auf die Örtlichkeit seines speziellen Vorhabens überprüft.

In jedem Einzelfall sollte der erfahrene Hydrologe mit eigenen Überlegungen die hier dargestellten Bemessungswerte verifizieren. Aus hiesiger Sicht sind Sicherheitszuschläge bzw. Abminderungen entsprechend der jeweiligen Aufgabenstellung möglich, auch erscheint die Einbeziehung beobachteter kritischer Wasserstände bei bestimmten Fragestellungen sinnvoll.

Die Genauigkeit bei Ablesung der Werte aus den grafischen Darstellungen sollte nicht überstrapaziert werden. Es wird empfohlen, die angegebenen Scalierungsschritte zu nutzen, aber höchstens einmal optisch zu unterteilen. Die hier anzusetzende Größe der Einzugsgebiete ergibt sich grundsätzlich durch die angeschlossenen hydrologisch wirksamen Gebiete. (DIN 4049:..durch oberirdische Wasserscheiden begrenzte Einzugsgebiete, aus denen das Wasser einem bestimmten Ort zufließt...)

Zu- oder Ableitungen sind wie folgt zu behandeln:

- 1. Zu- oder Ableitungen aus definierten Flächen sind bei den abgebenden und aufnehmenden Einzugsgebieten durch entsprechende Änderung der Einzugsgebietsgröße zu berücksichtigen (z. B. sind die in einen Kanal entwässernden Flächen vom natürlichen Einzugsgebiet abzuziehen und dem Kanal zuzuschlagen)
- 2. Zu- oder Ableitungen definierter Abflussmengen, denen eine Einzugsgebietsfläche nicht zugeordnet werden kann, sind im weiteren Gewässerverlauf als definierte Abflussmenge zu berücksichtigen (z. B. werden

die an einer Bifurkation definierten Abflussmengen im weiteren Verlauf der betroffenen Gewässer als +- Abflusszuschläge berücksichtigt, die Einzugsgebietsgrößen ändern sich nicht).

2.1 Hydrologische Landschaften

Die Bemessungskurven für die Hydrologischen Landschaften wurden aus den vorliegenden Pegeldaten für das jeweils in Fließrichtung sich entwickelnde Einzugsgebiet erstellt, nur so sind diese Kurven auch anzuwenden. Stets ist das gesamte oberhalb eines betrachteten Punktes angeschlossene Einzugsgebiet bei der Bestimmung des jeweiligen Hq-100-Wertes anzusetzen.

Für Einzugsgebiete < 20 km² können hier Angaben nicht gemacht werden. Derartige Gebiete ergeben sich im obersten Bereich einer Hydrologischen Landschaft, aber auch in den Randlagen zwischen Landschaftsabgrenzung und Einzugsgebietsgrenzen. Im Bedarfsfall sind Sonderuntersuchungen mit Berücksichtigung der jeweiligen Gegebenheiten erforderlich.

2.2 Übergreifende Gewässer

Mit den Abflussspendenlängsschnitten werden Angaben über das Hq-100 nur für den genannten Flusslauf gemacht. Dünne schwarze Linien zeigen die Auswirkungen hinzutretender Nebengewässer auf den zu betrachtenden Flusslauf nach Durchmischung, keinesfalls jedoch die Hq-100-Wert der Nebengewässer selber. Die spezifischen Daten für einmündende Nebengewässer sind der entsprechenden Hydrologischen Landschaft zu entnehmen.

2.3 Berechnungsbeispiel

Für kleinere übergreifende Gewässer wurden hier keine gesonderten Abflussspendenlängsschnitte angegeben (nicht zuletzt, weil Daten nicht zur Verfügung stehen). Diese Gewässer treten aus einer zumeist dominanten Hydrologischen Landschaft aus und durchfließen eine anders geartete anschließende Landschaft. Das ursprüngliche Abflussverhalten aus der dominanten Landschaft ändert sich durch die andersartigen Abflussspenden aus den hinzukommenden Teilgebieten der neuen Landschaft.

Derartige Fälle treten i.d.R. an den Übergängen des Mittelgebirges/Berglandes zum angrenzenden Flachland auf. Die Grenzen der Hydrologischen Landschaften schneiden dort auch z.T. die Einzugsgebietsgrenzen.

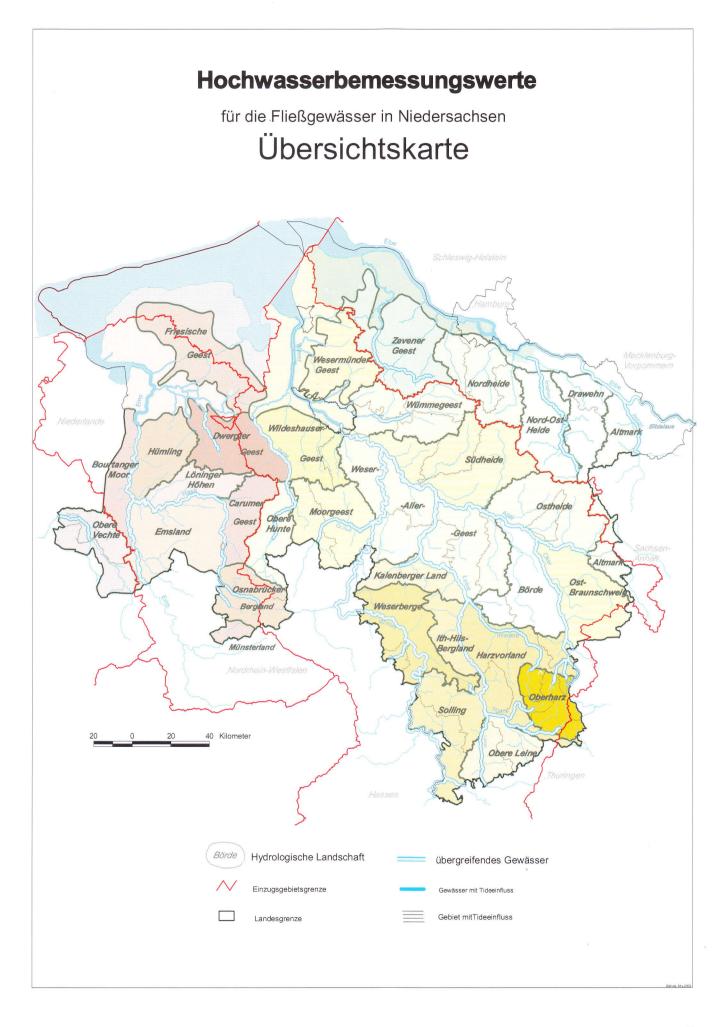
Als Beispiel kann hierzu die Rodenberger Aue genannt werden, die bei Ae= 154 km² aus der Ursprungslandschaft Weserberge austritt und das Kalenberger Land durchfließt, wo sie mit einem Ae von 170 km² in die Westaue einmündet. Zur Ermittlung des Hq-100-Wertes der Rodenberger Aue an der Mündung in die Westaue sind die beiden landschaftstypischen Hq-100-Kurven für die Weserberge und das Kalenberger Land heranzuziehen.

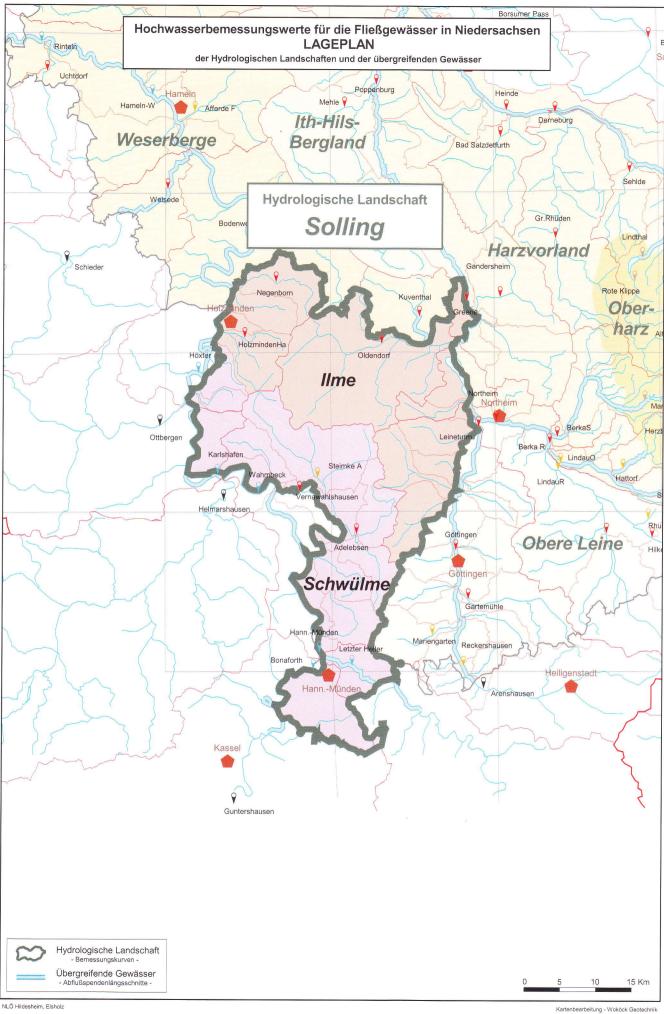
Rodenberger Aue am Ende der Landschaft Weserberge bei Ae 154 km²: Hq-100 = 400 l/skm² entspr. 61,6 m³/s Rodenberger Aue in der Landschaft Kalenberger Land von Ae 154 km² bis Ae 170 km²:

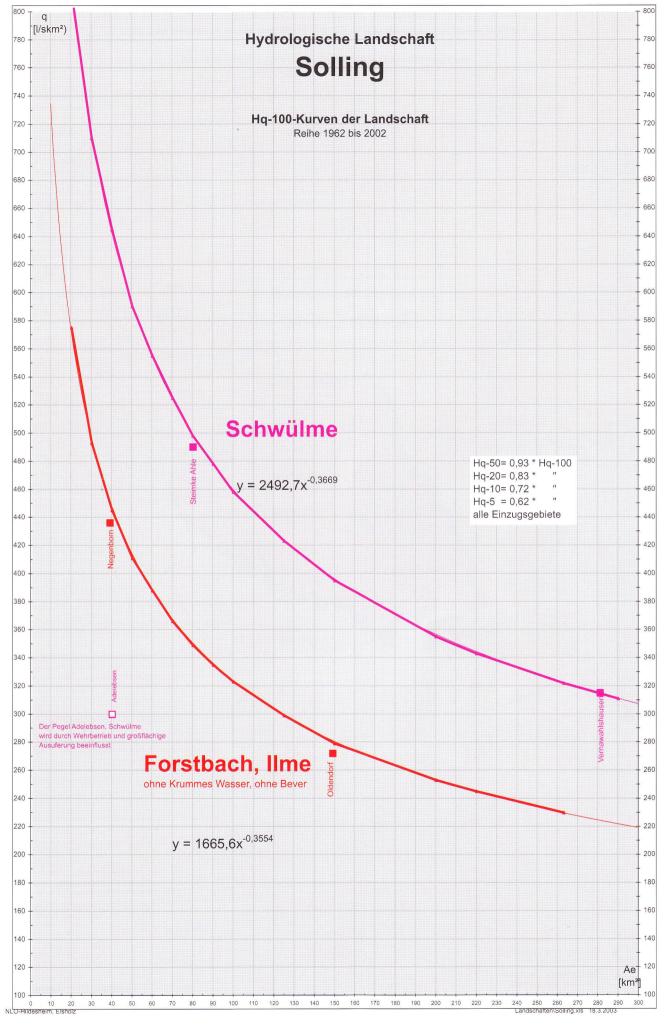
zusätzliches Einzugsgebiet: $170 \text{ km}^2 - 154 \text{ km}^2 = 16 \text{ km}^2$ aus der Kurve zwischen 154 u. 170 km² gemittelt:

 $Hq-100 = 220 l/skm^2$

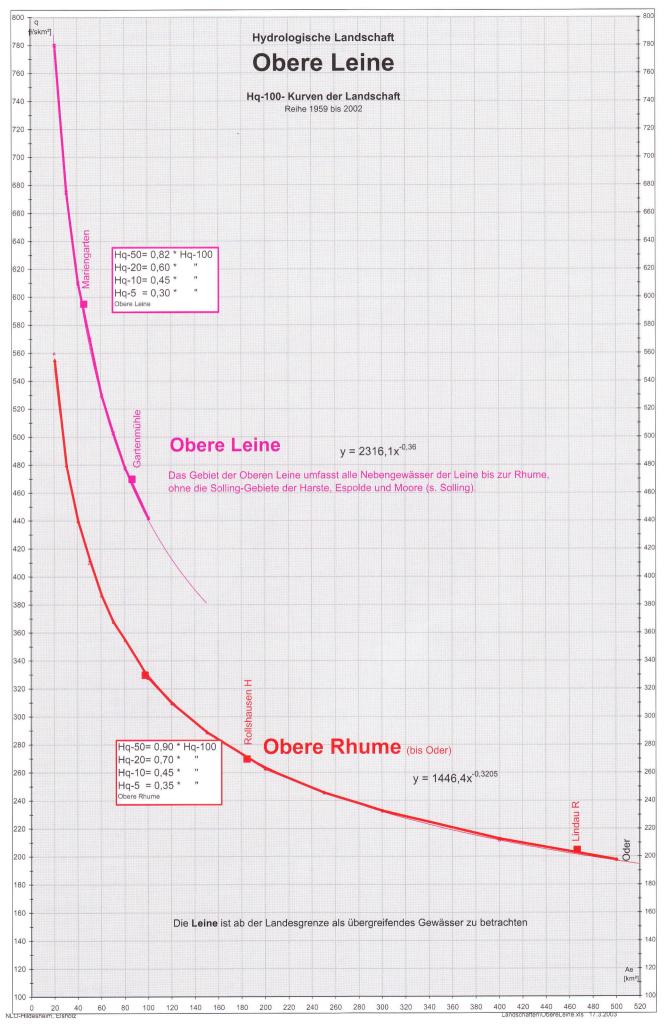
daraus die Abflusszunahme: 16 km² * 220 l/skm² = 3,52 m³/s. Hieraus ergibt sich für die Rodenberger Aue an der Mündung bei Ae 170 km²: HQ-100 = 61,6 + 3,52 = 65,1 m³/s bzw.Hq-100 = 383 l/skm²

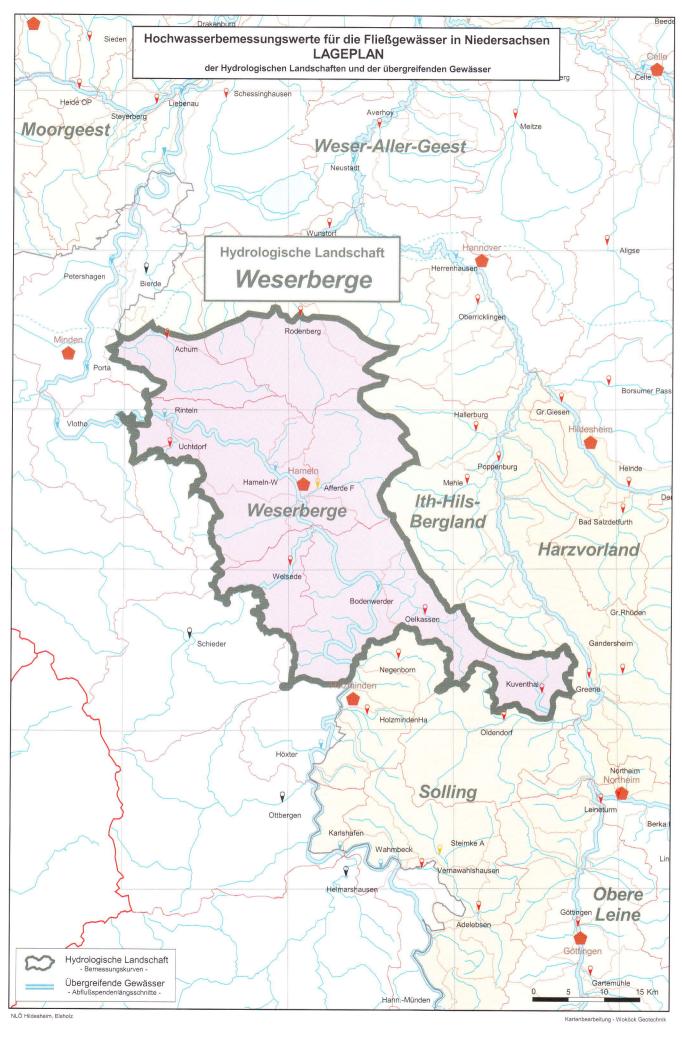


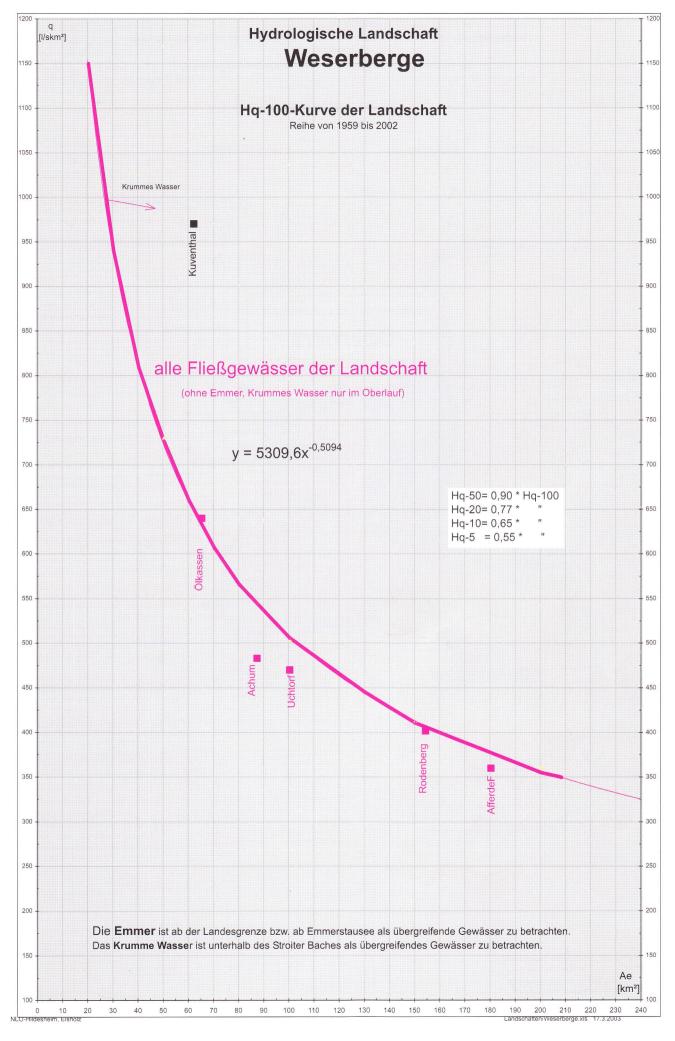


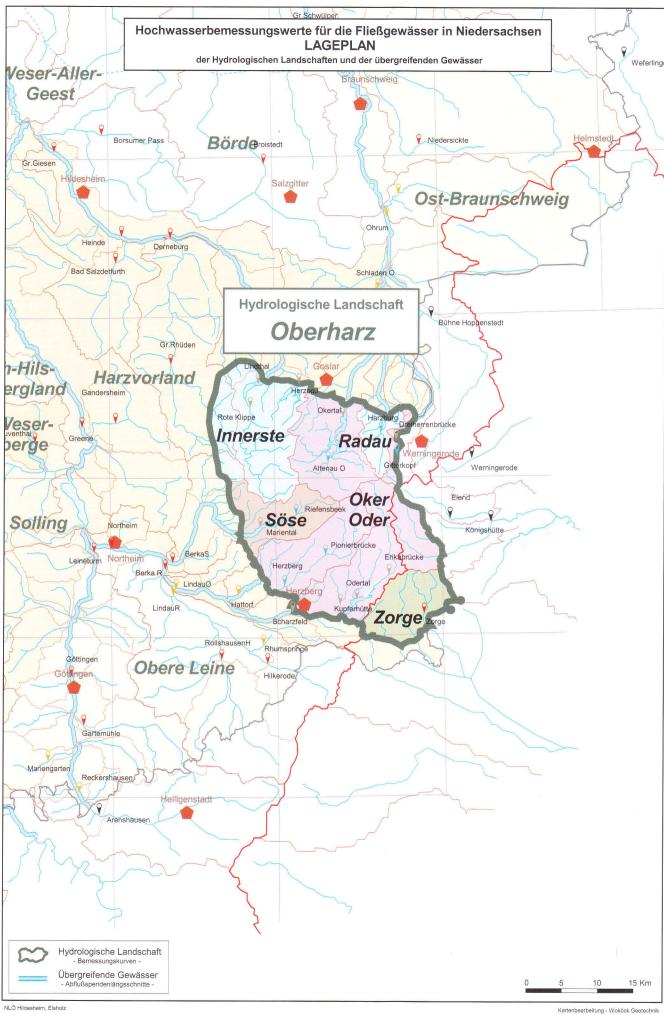


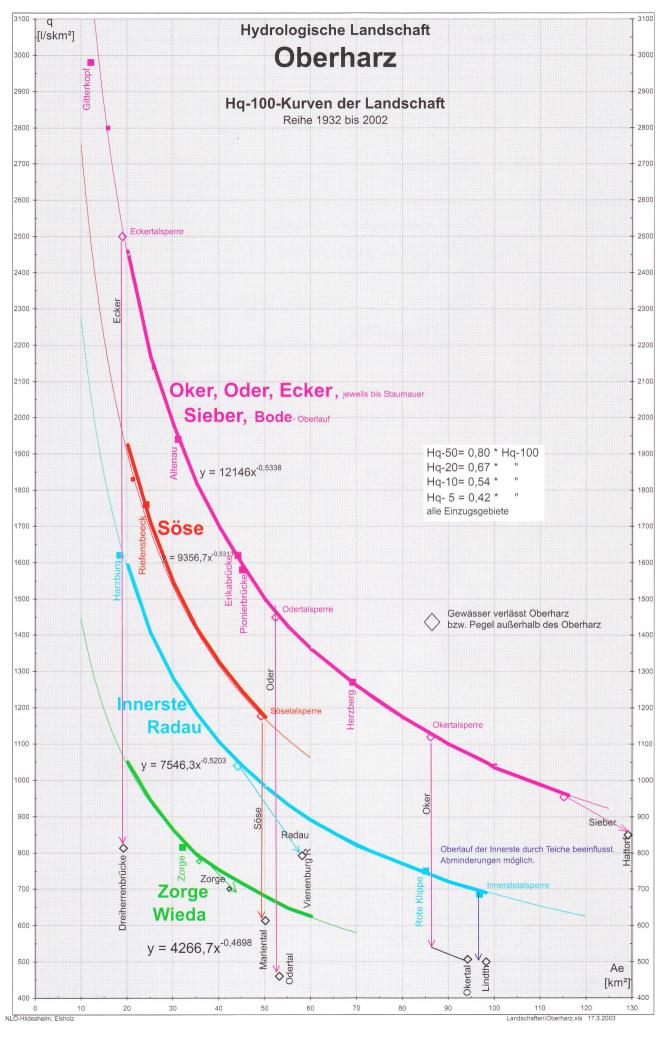




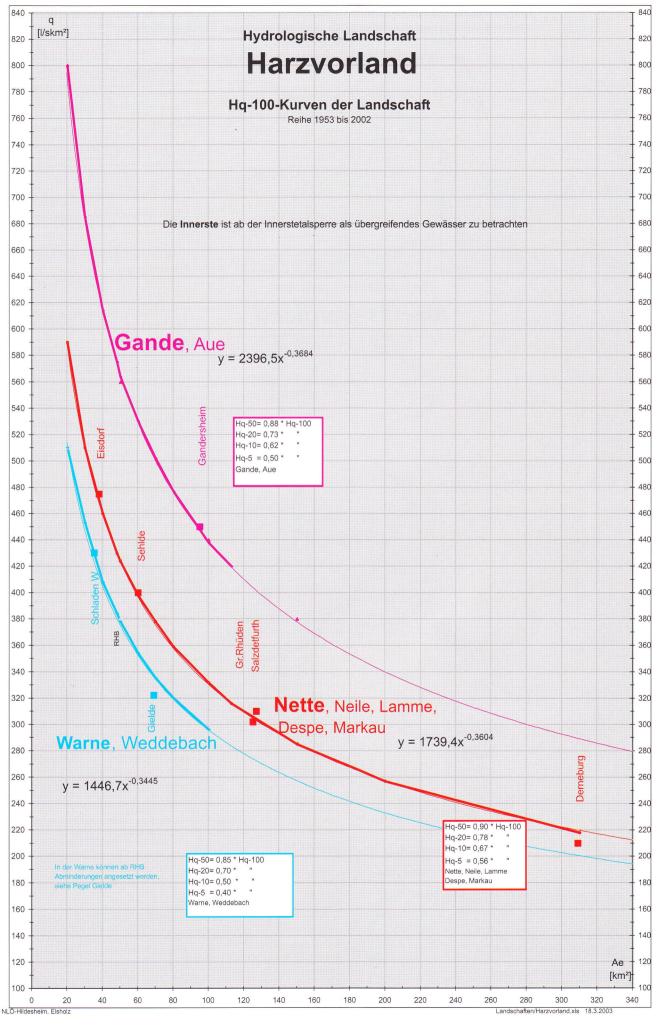


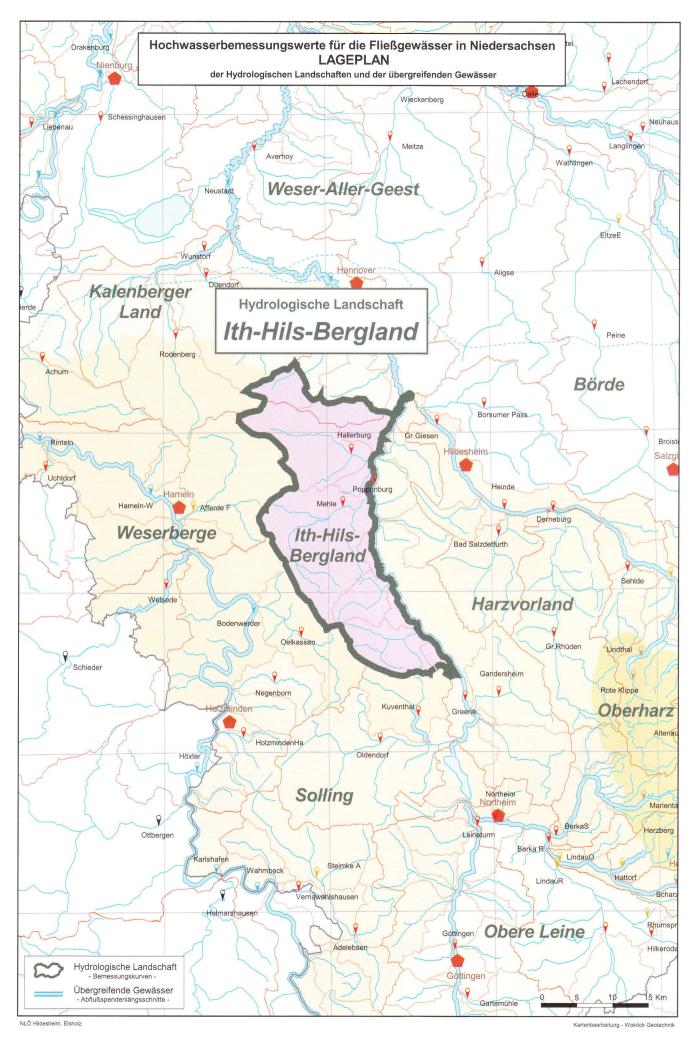


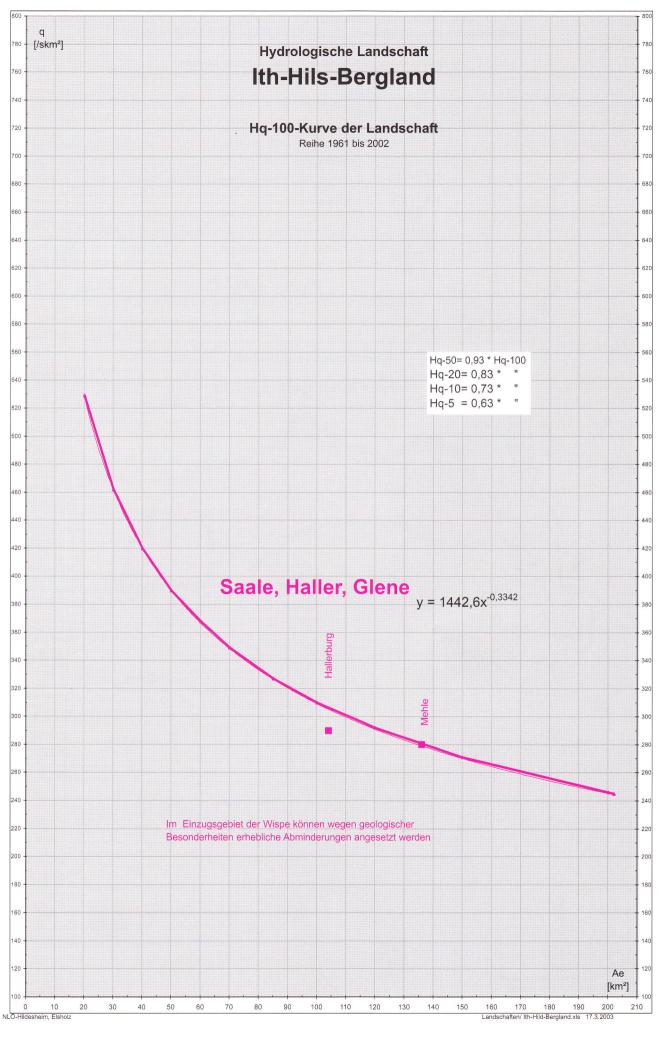


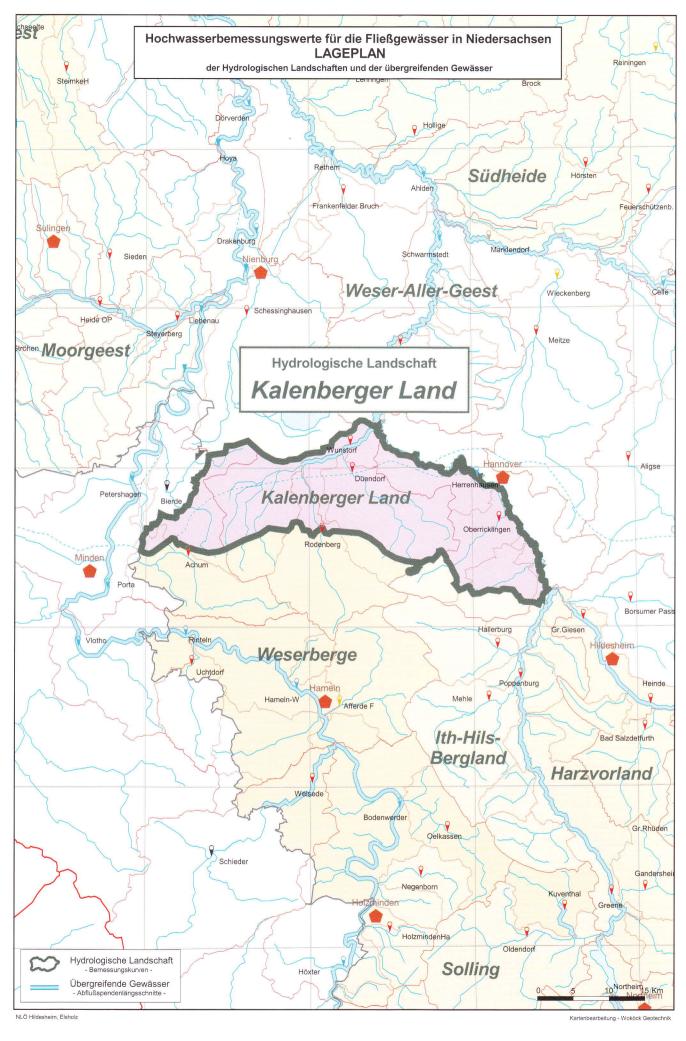


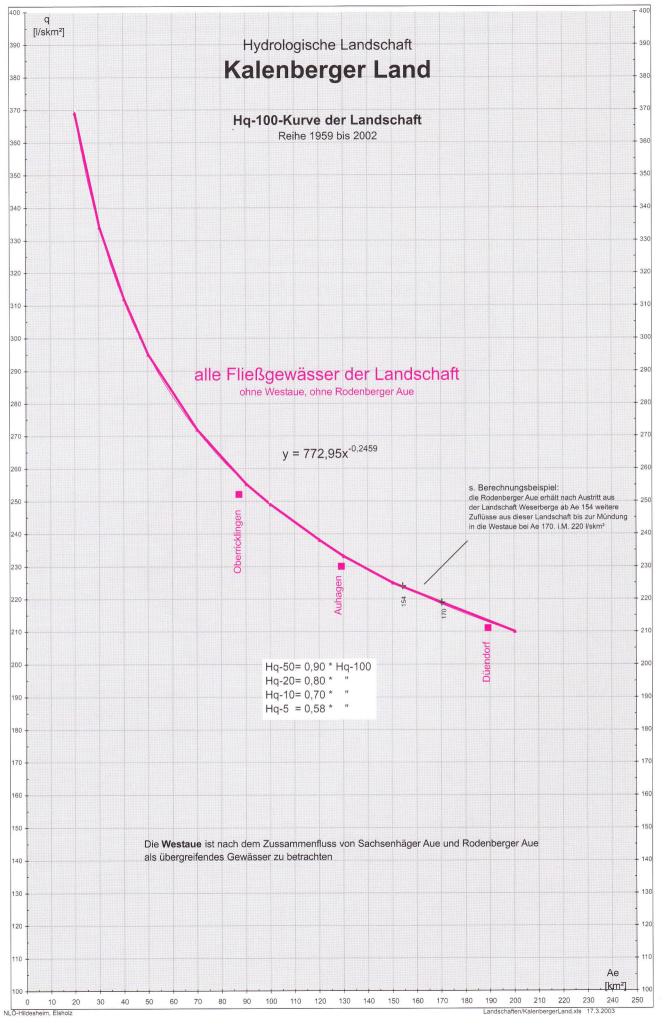




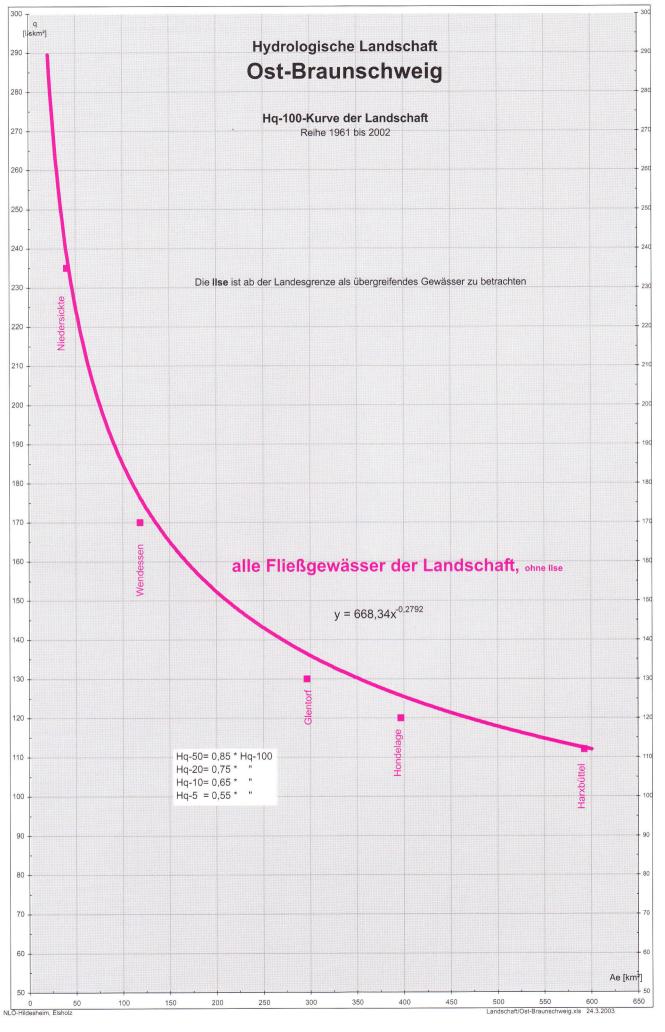


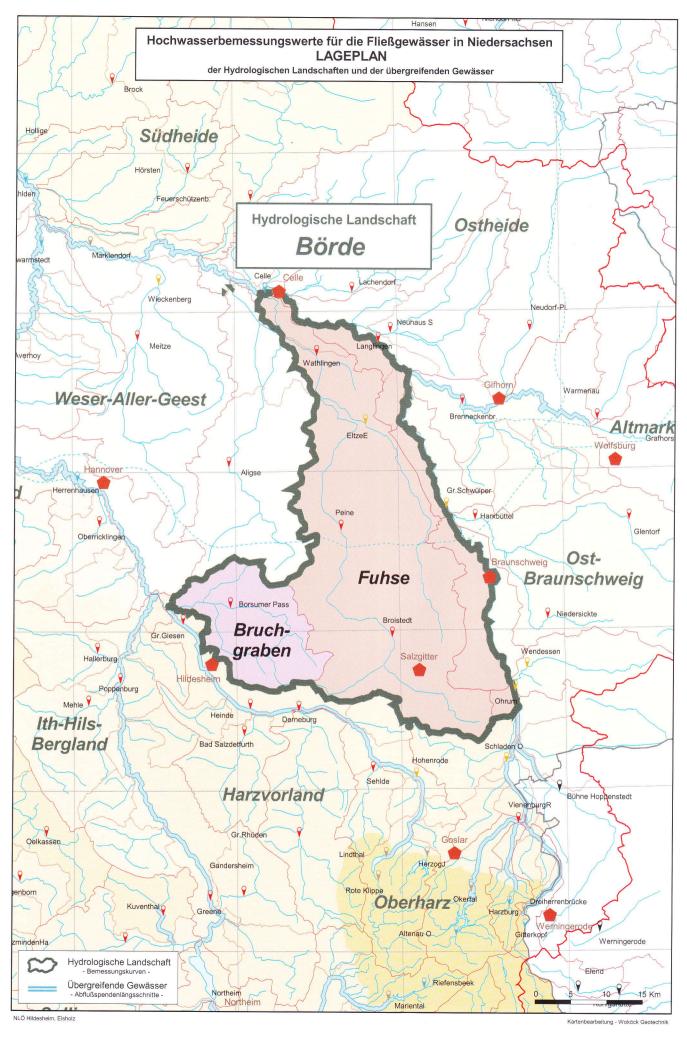


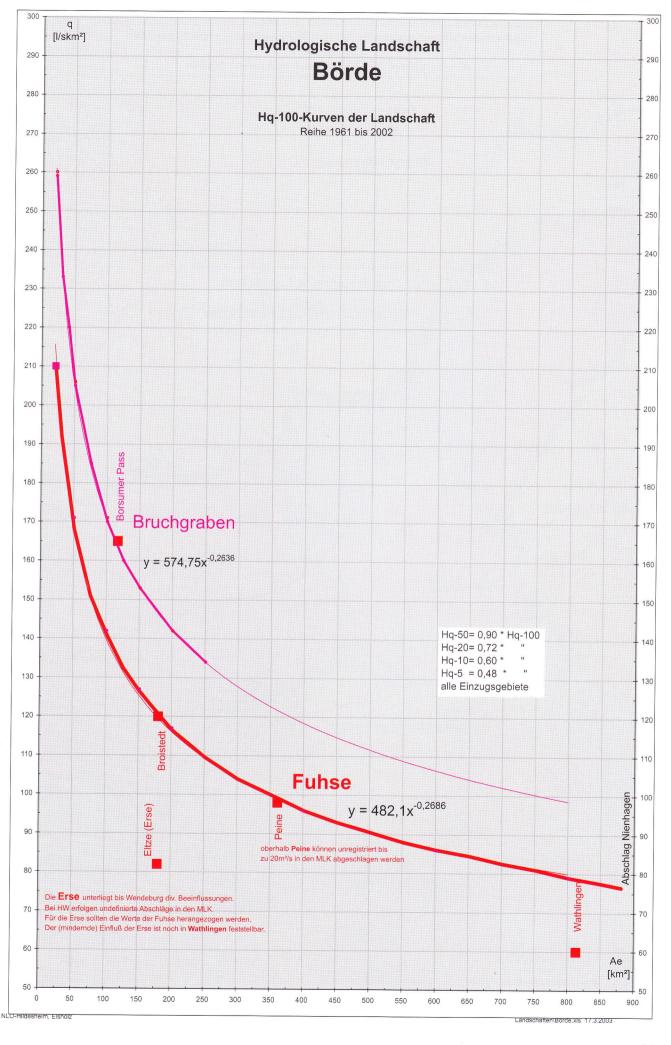


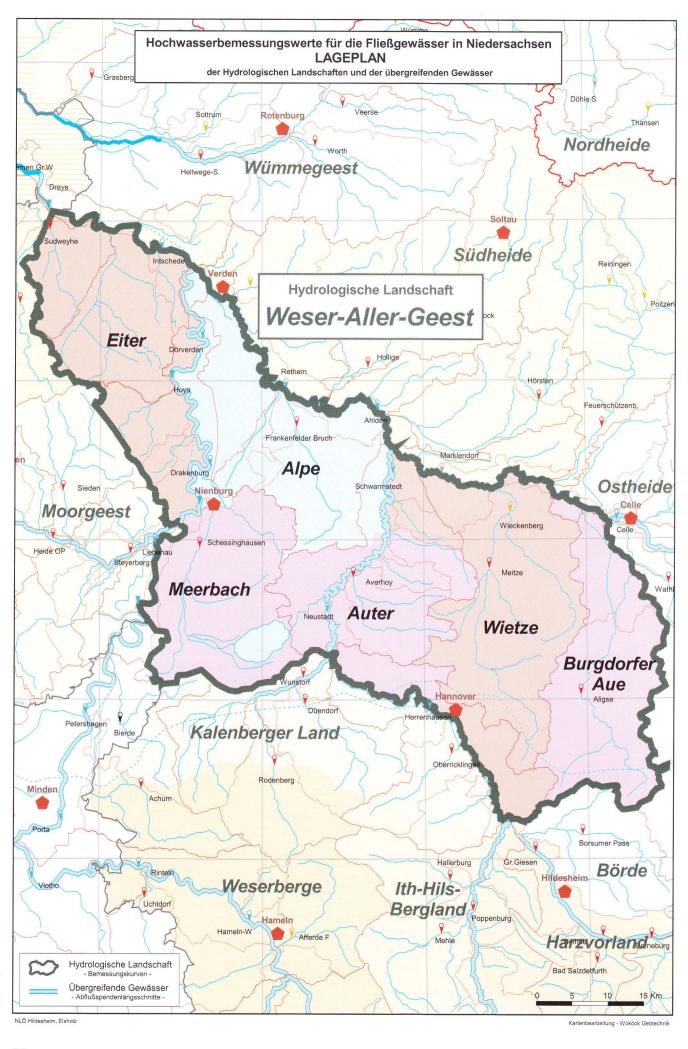


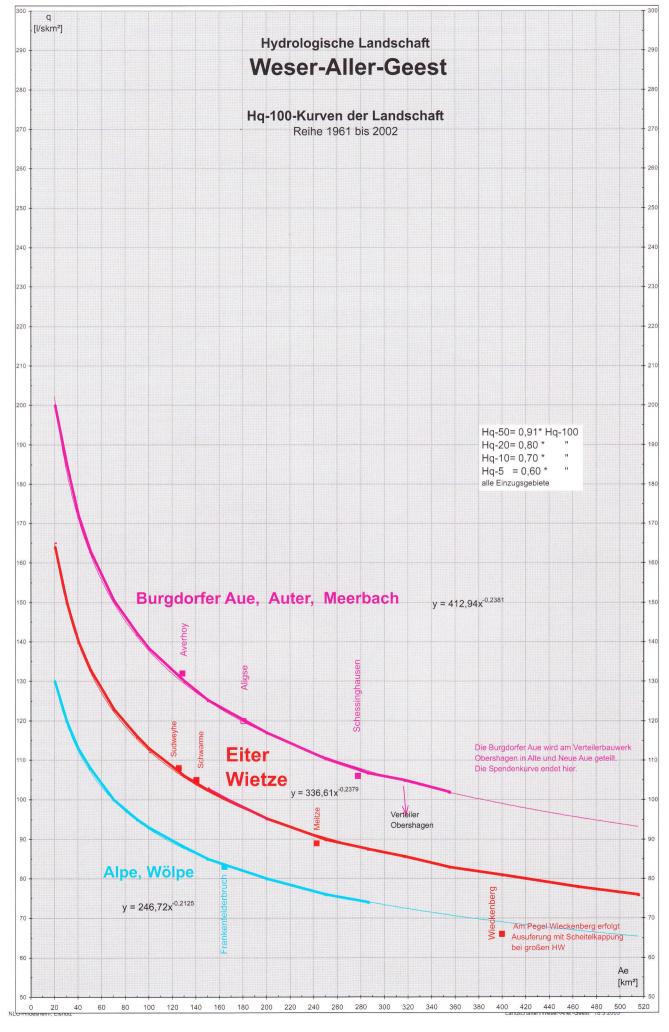


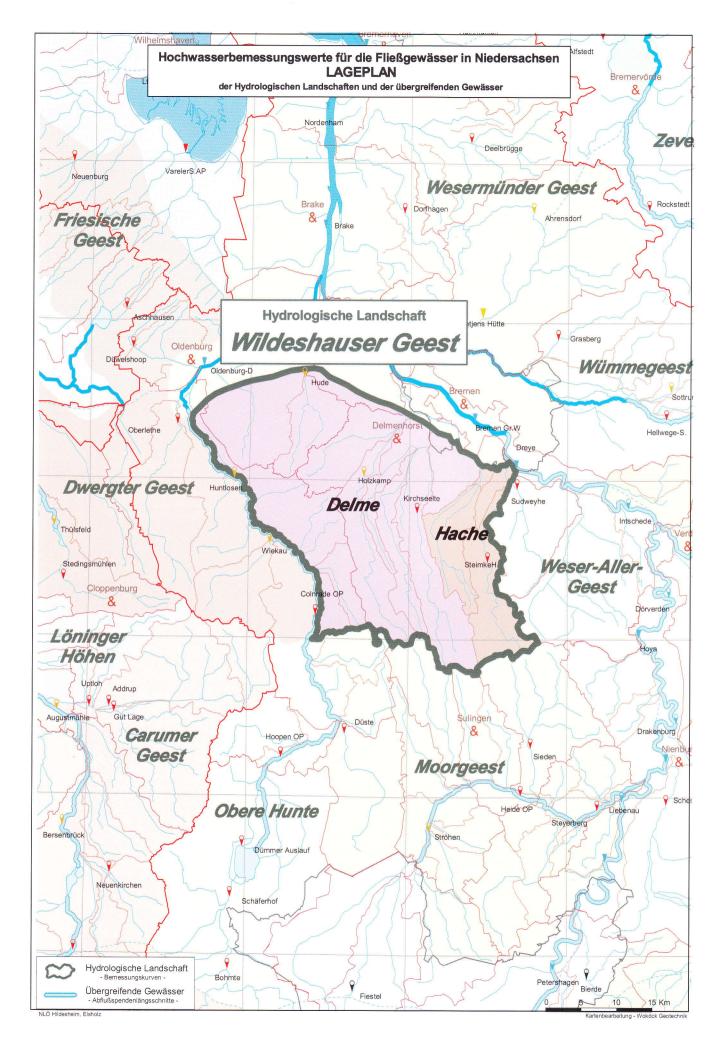


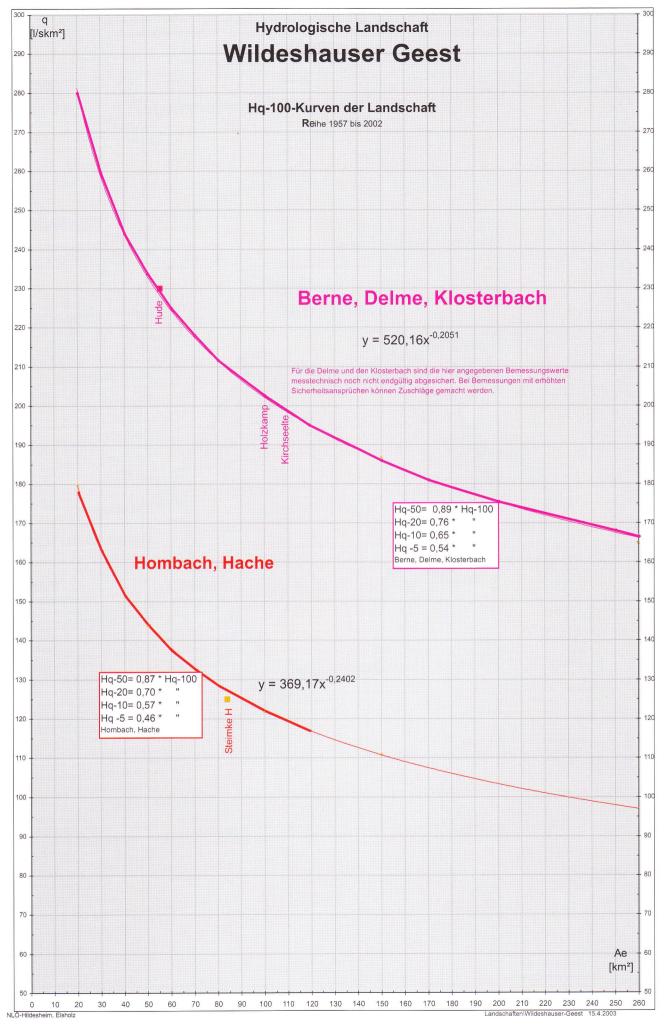


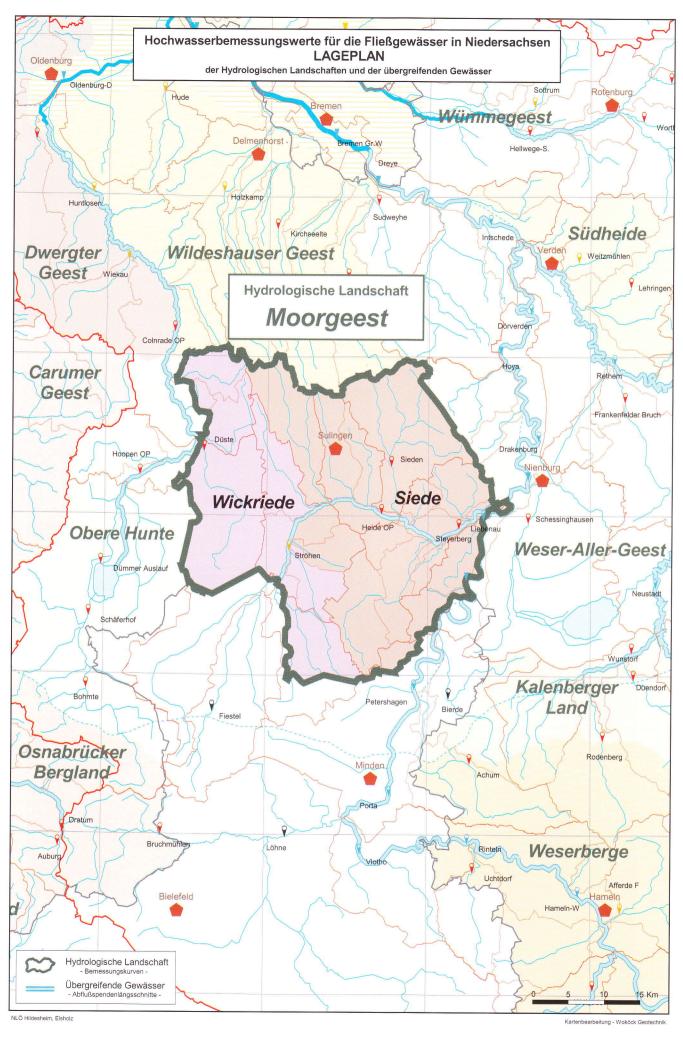


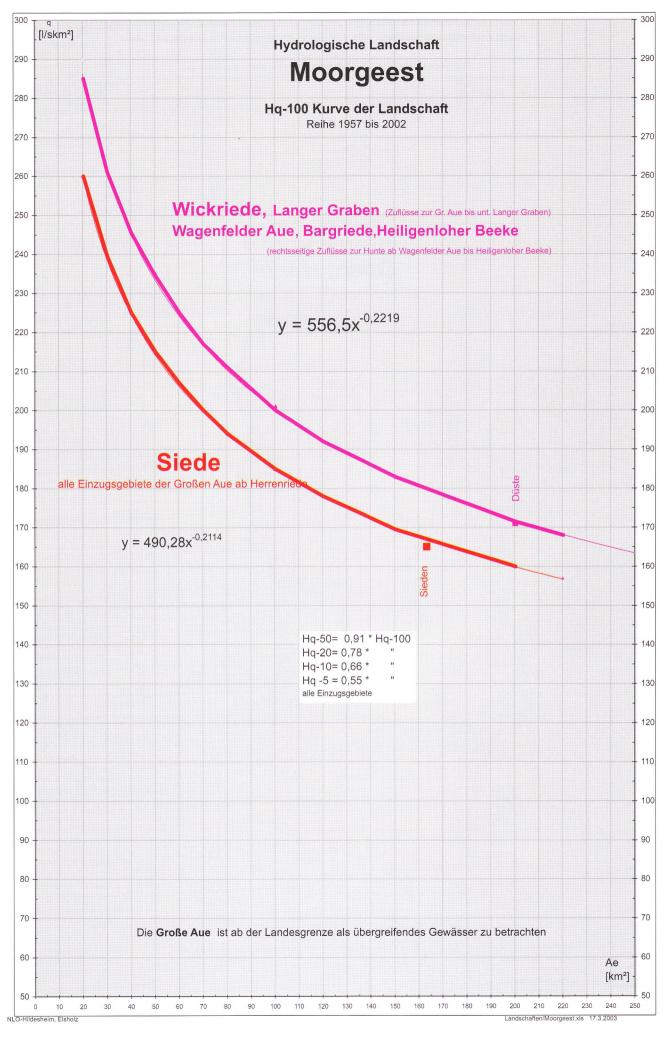


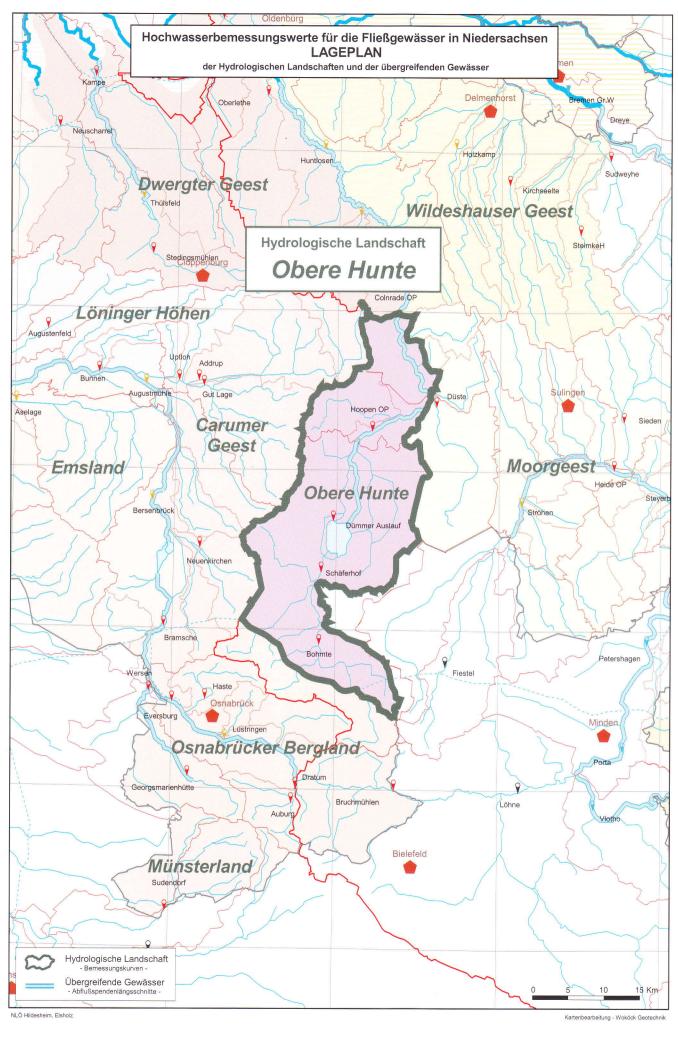


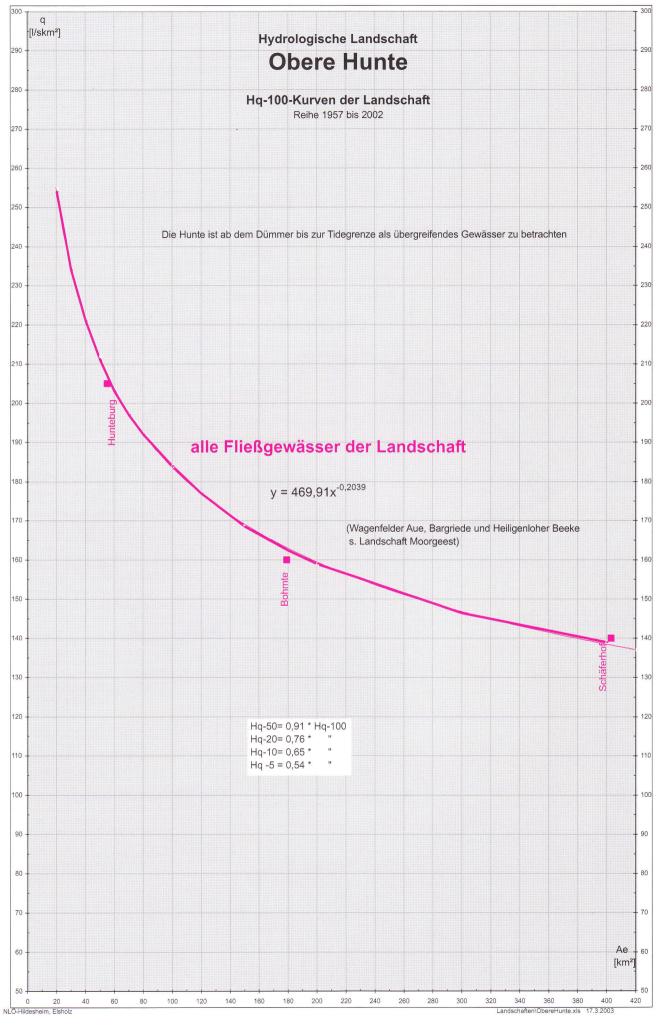


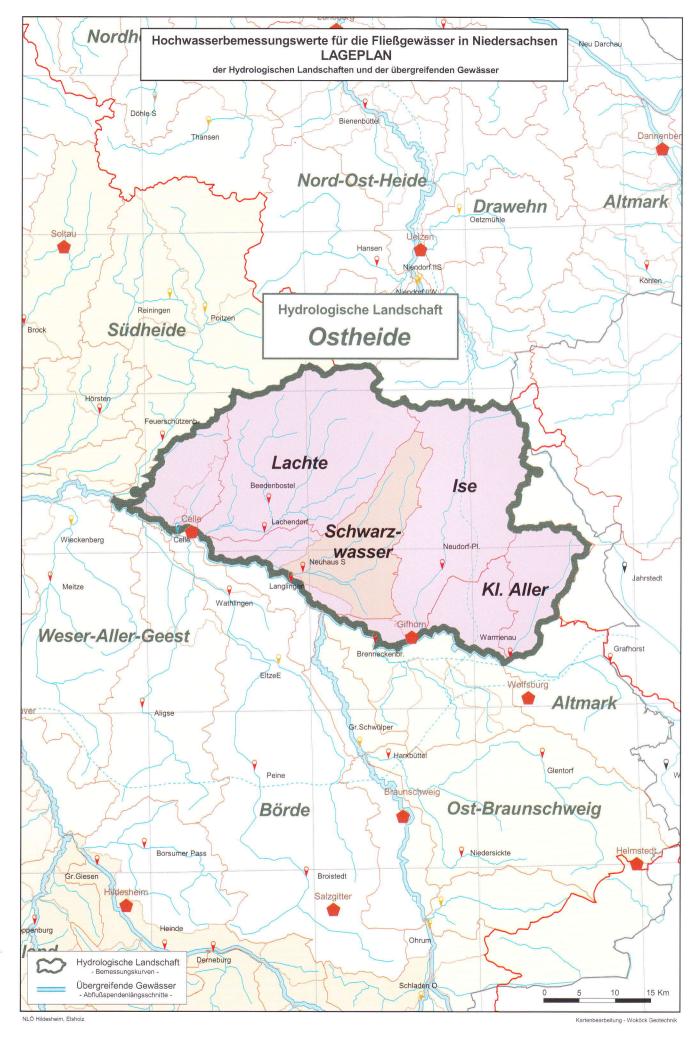


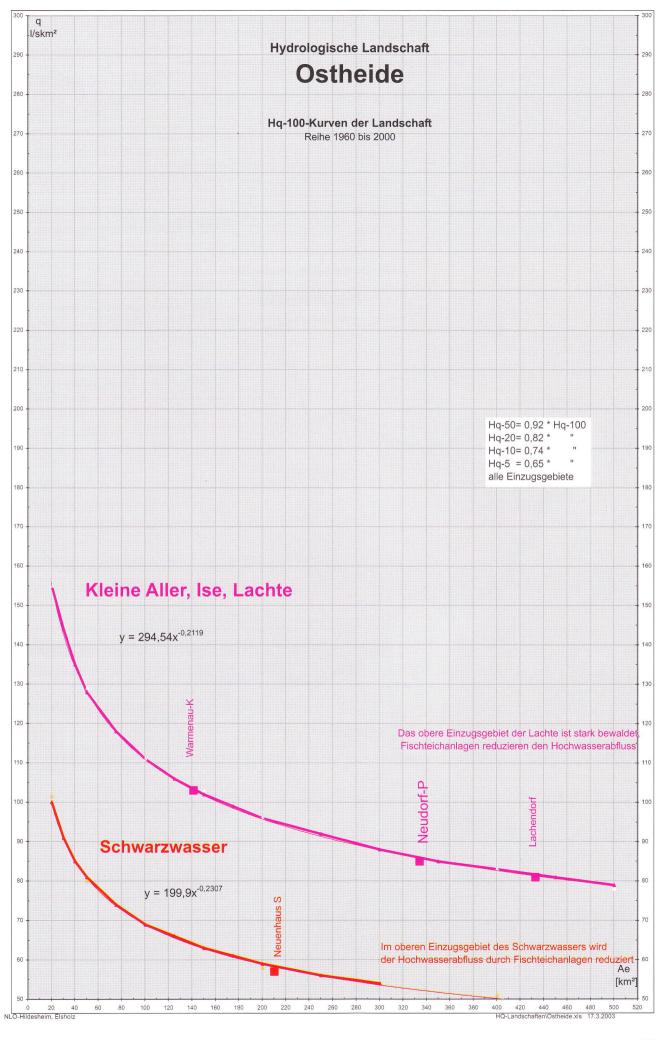


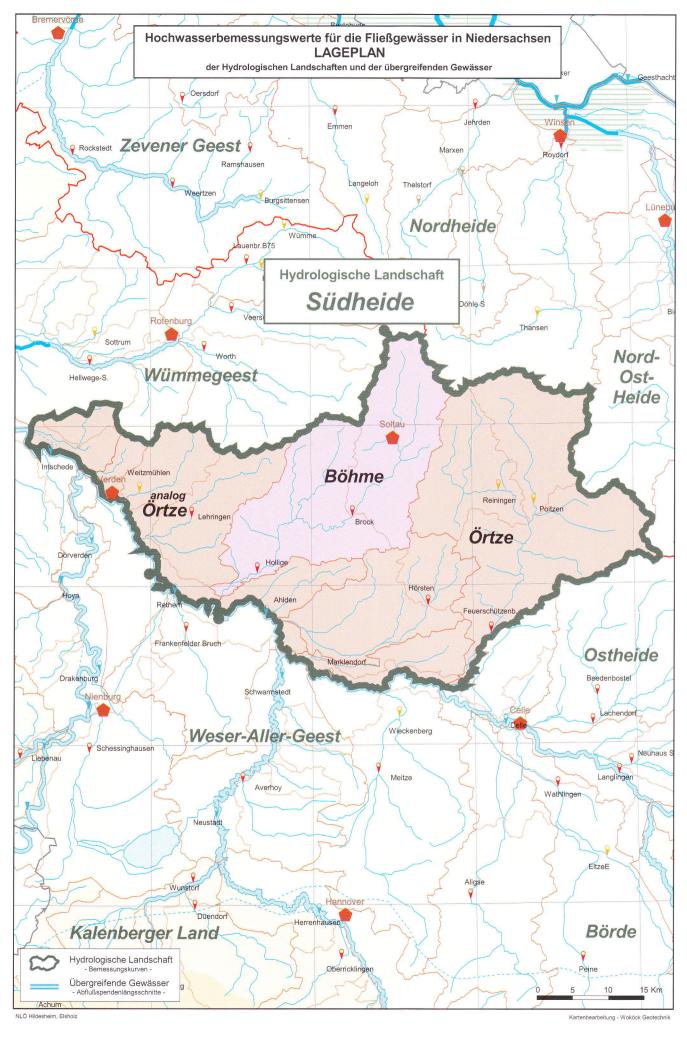


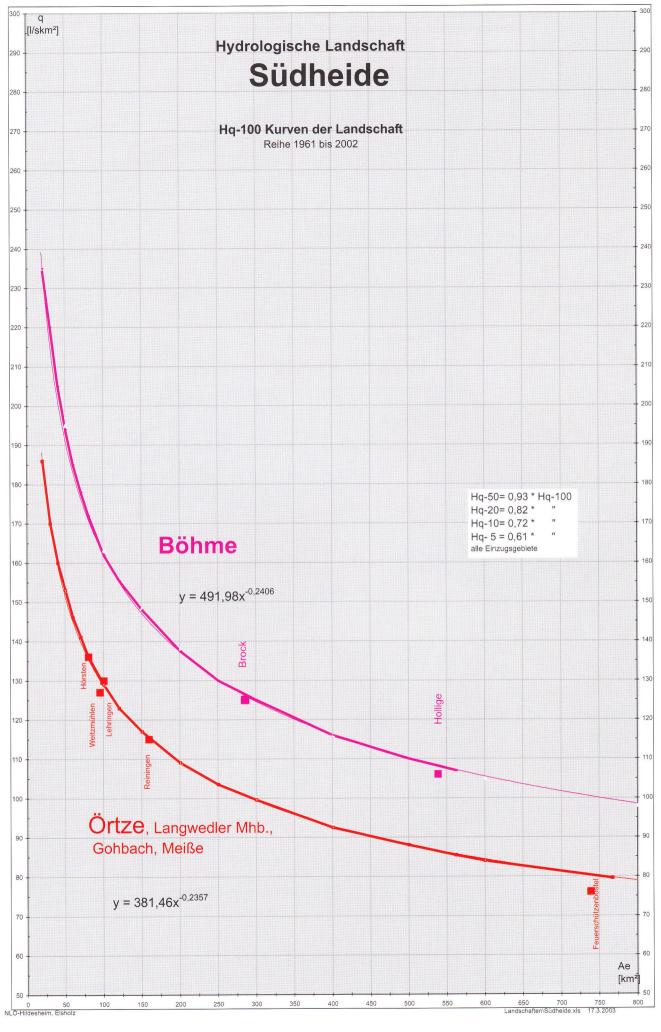


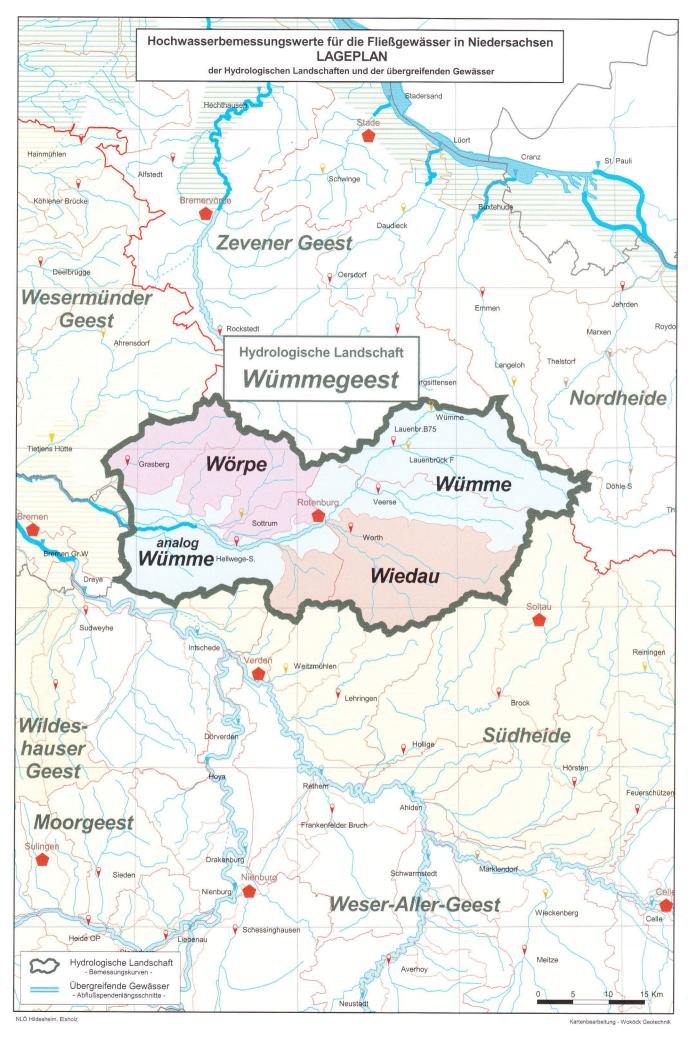


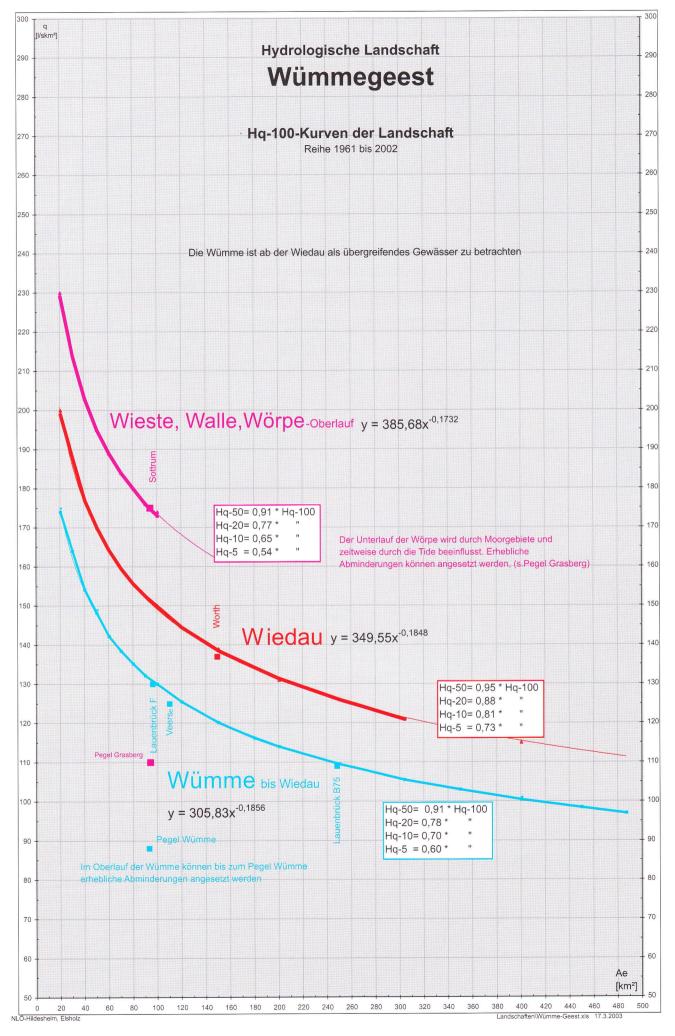


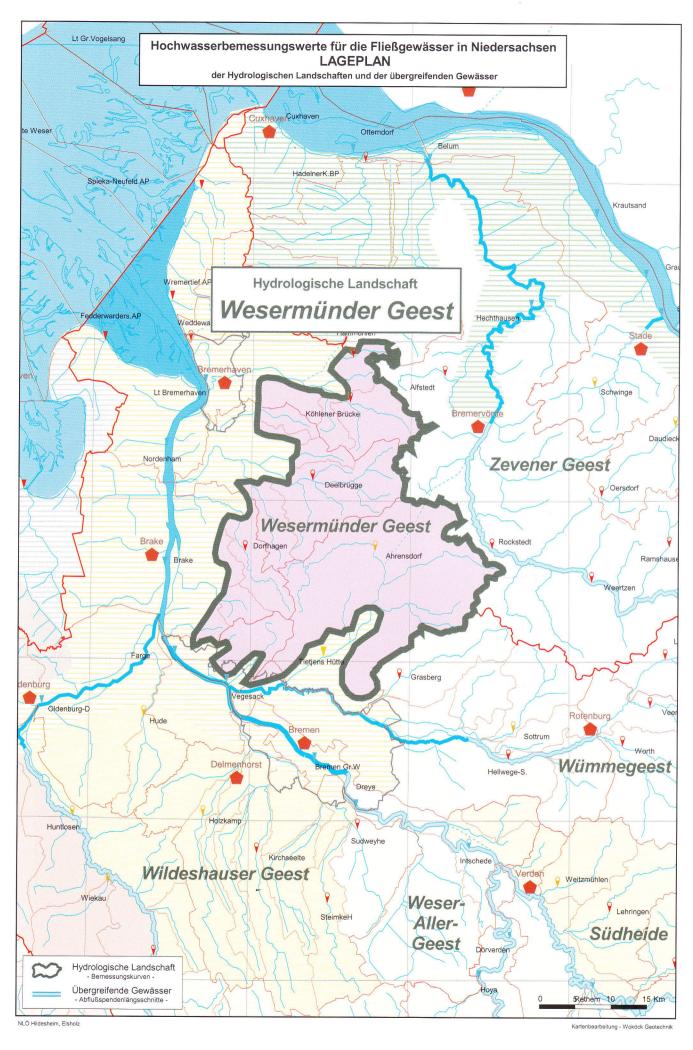


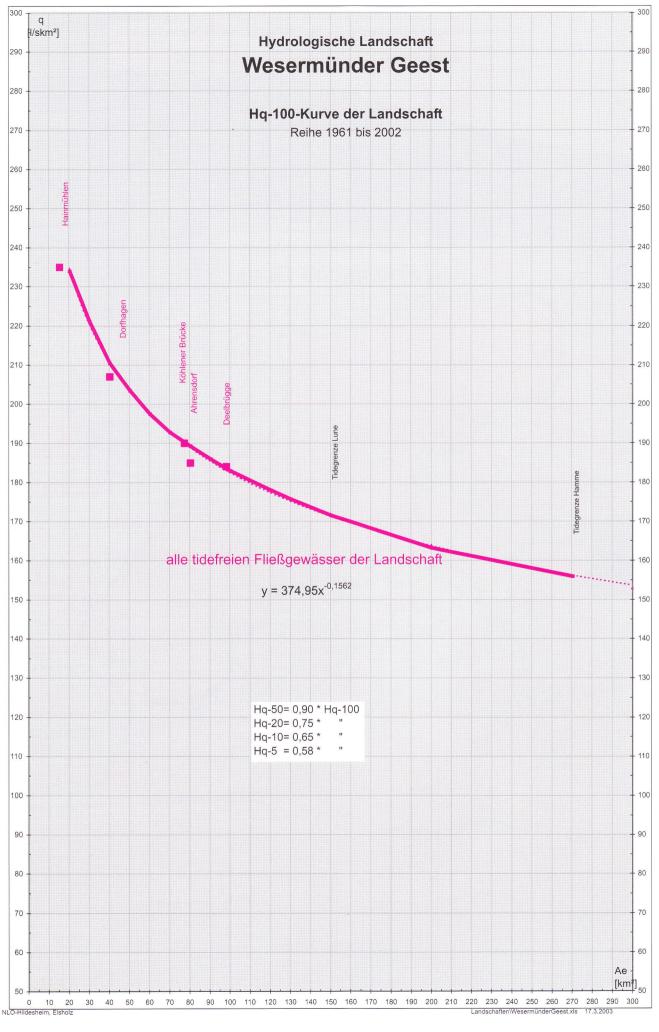


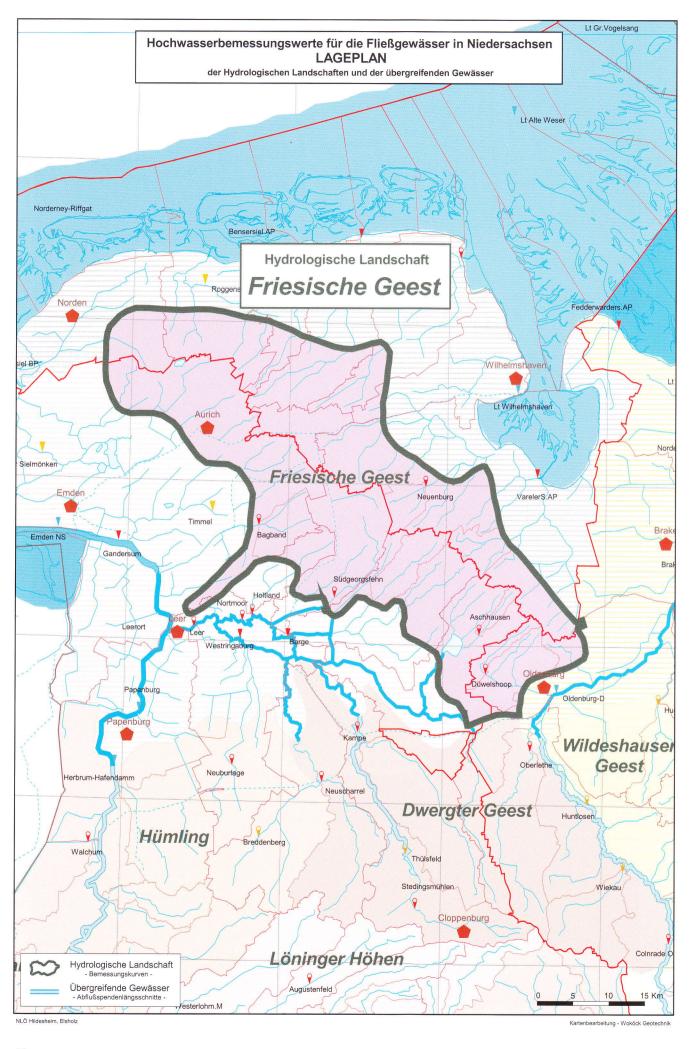


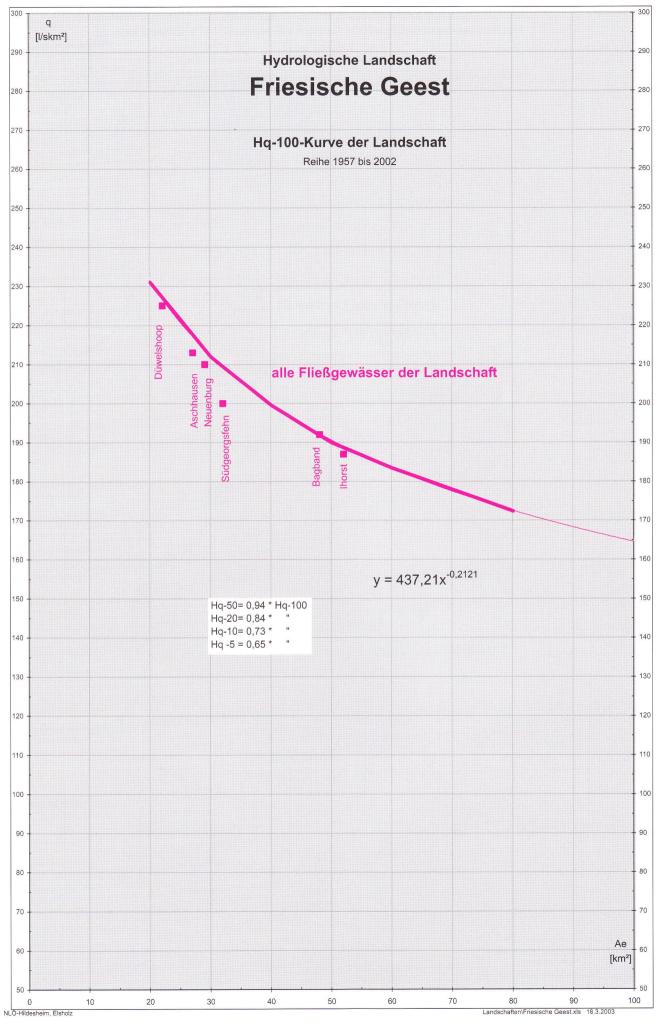


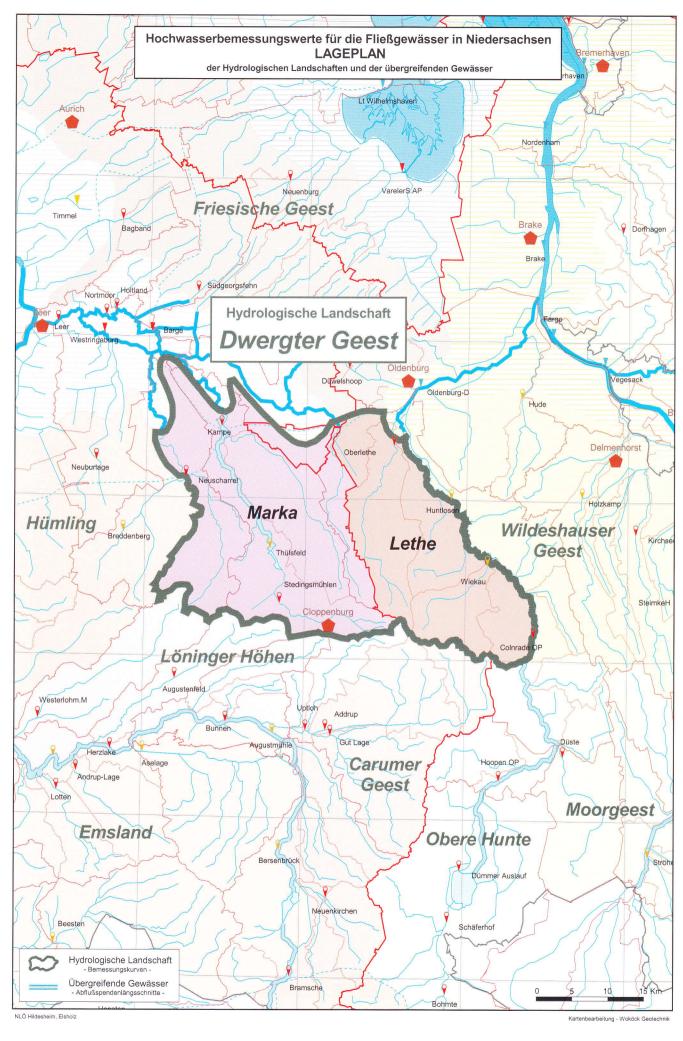


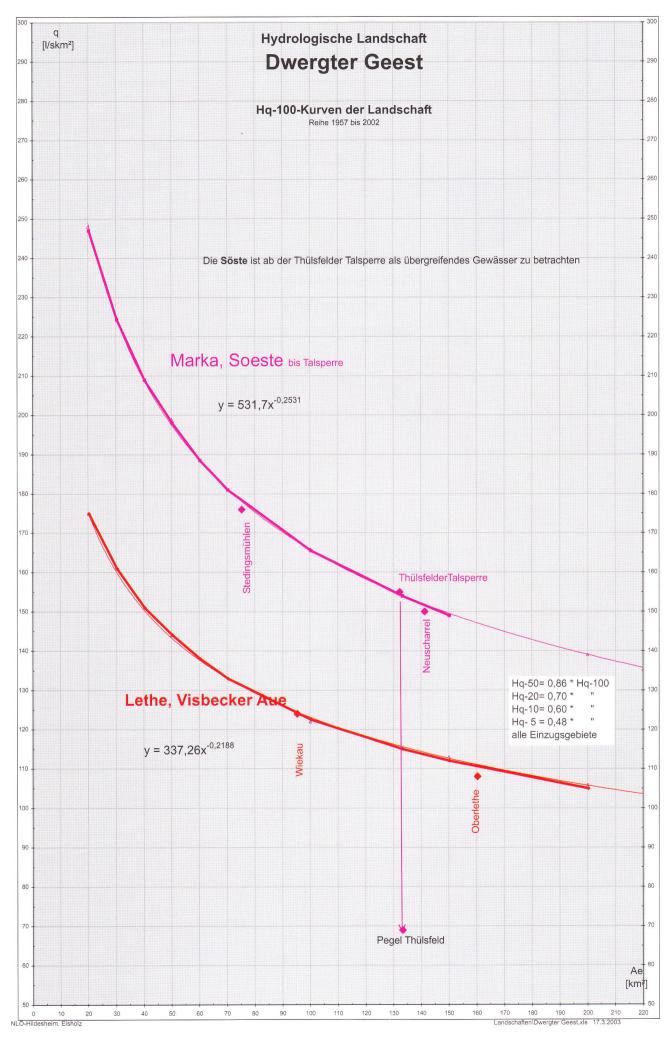


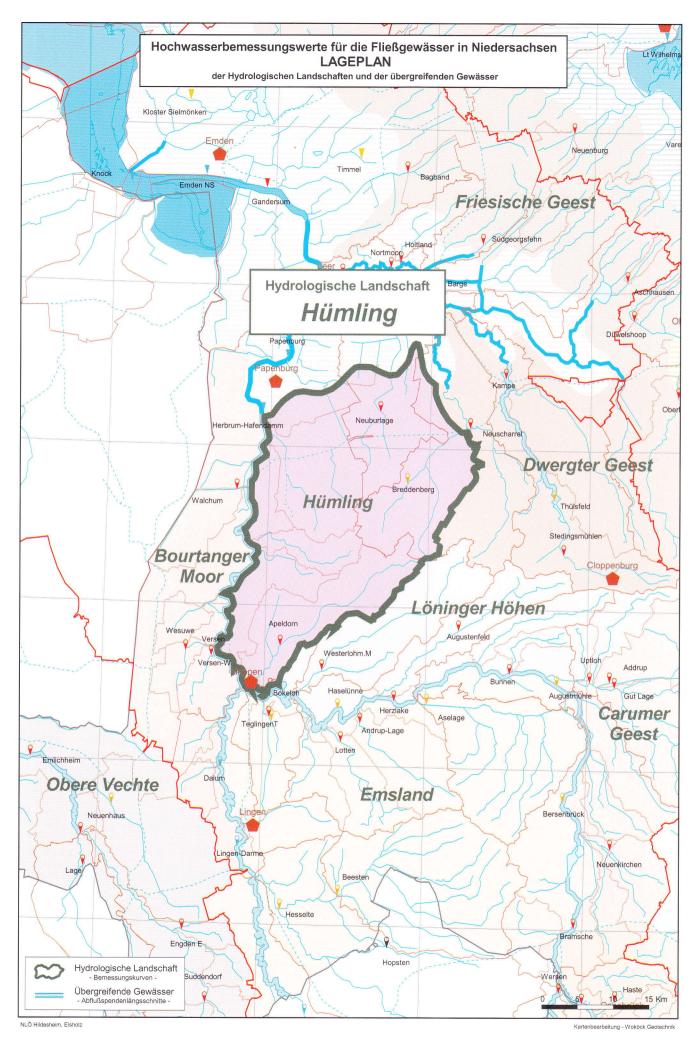


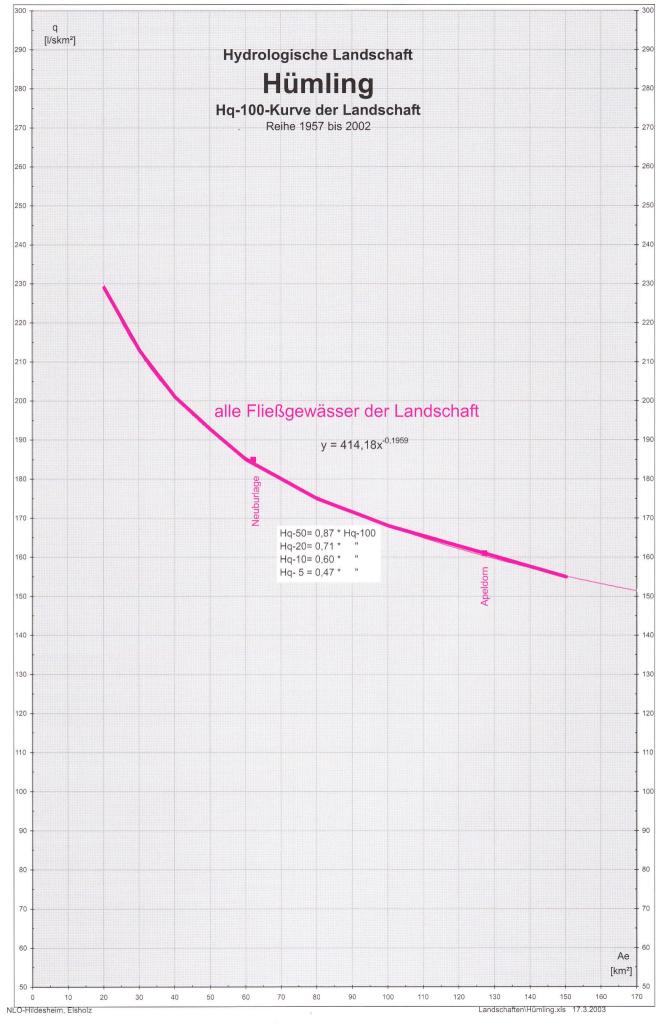


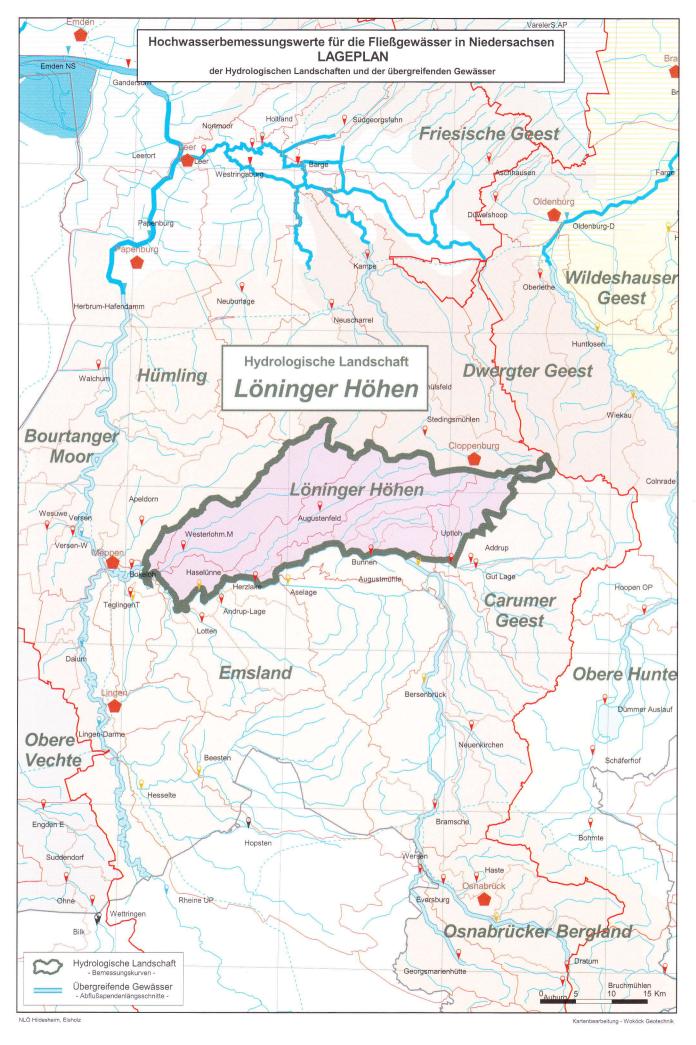


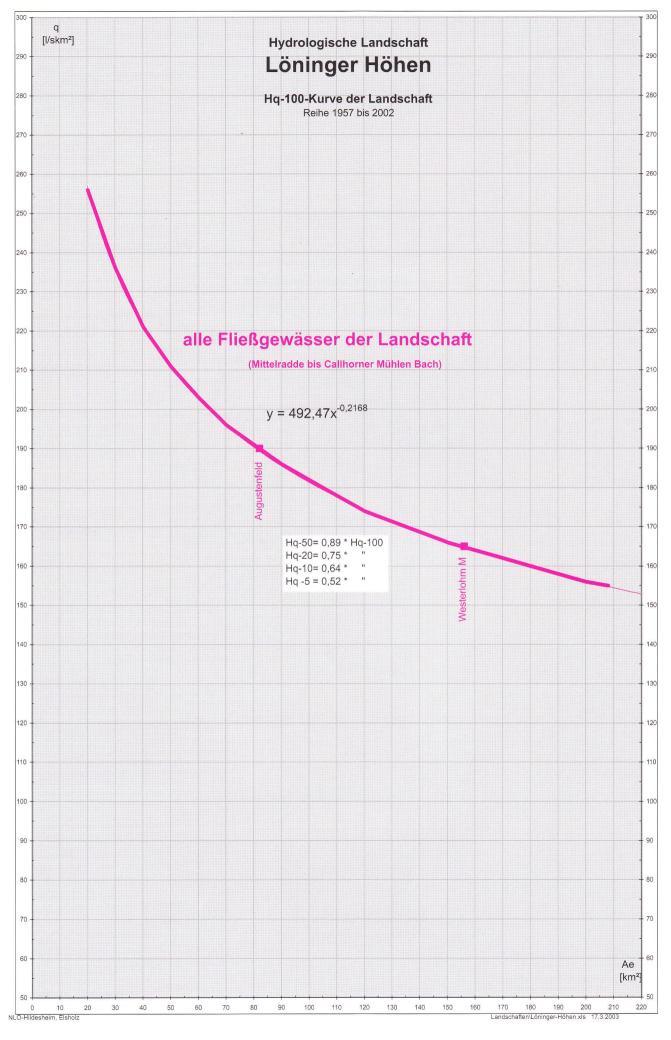


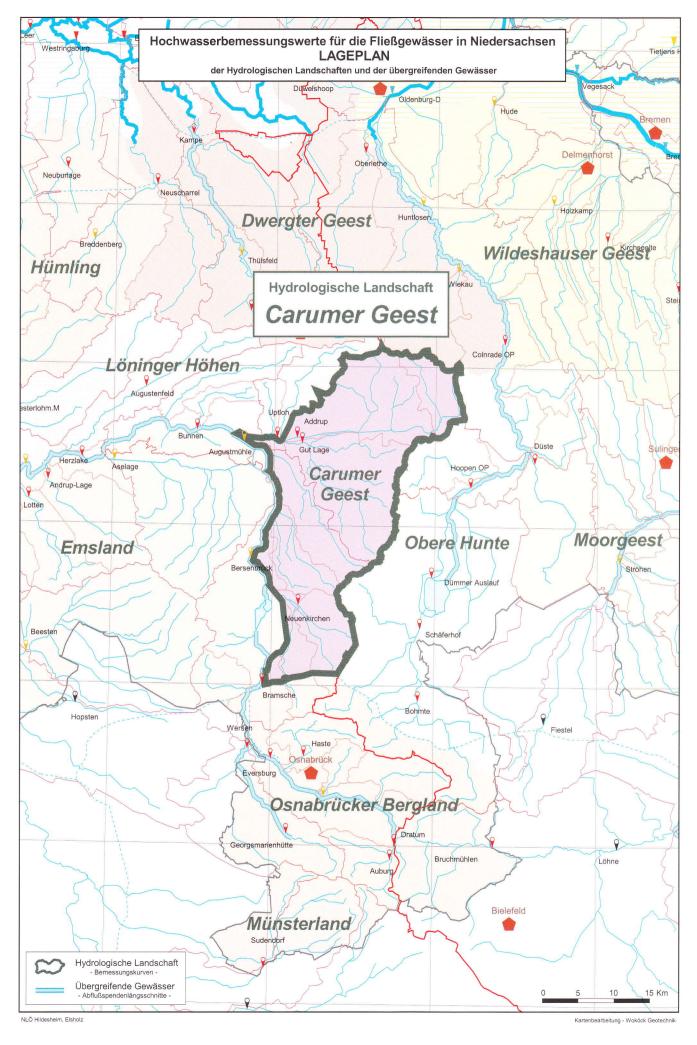


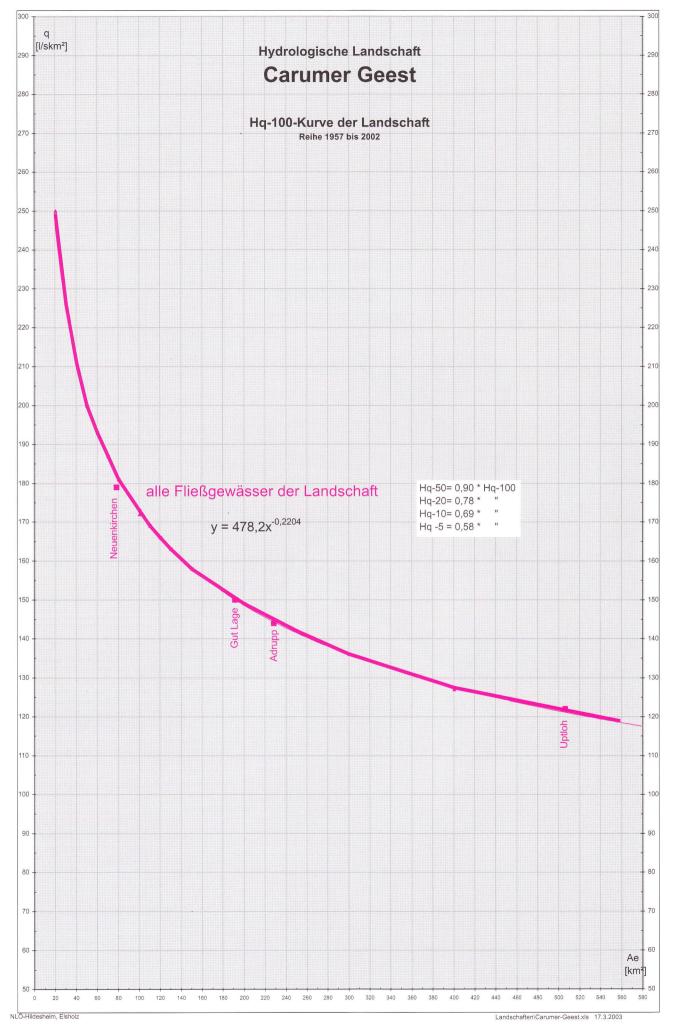


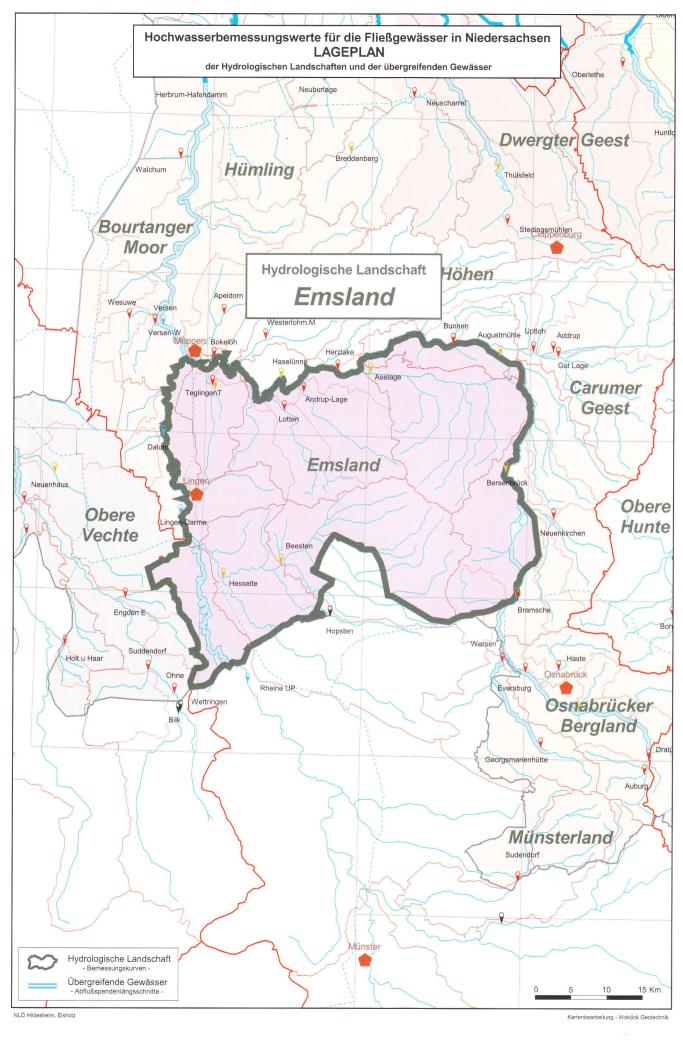


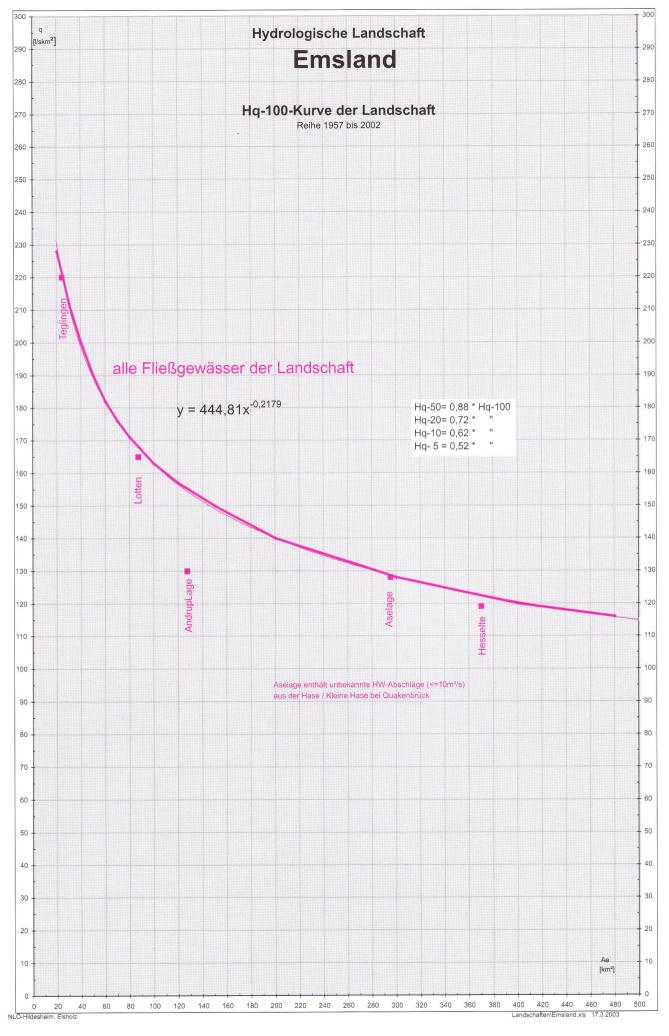


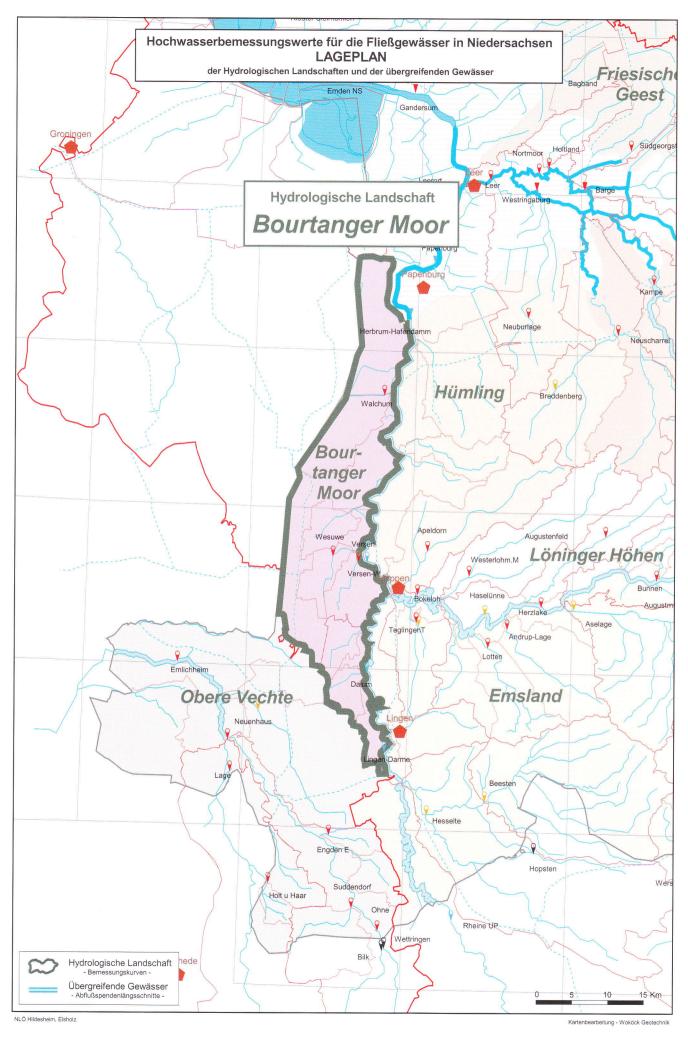


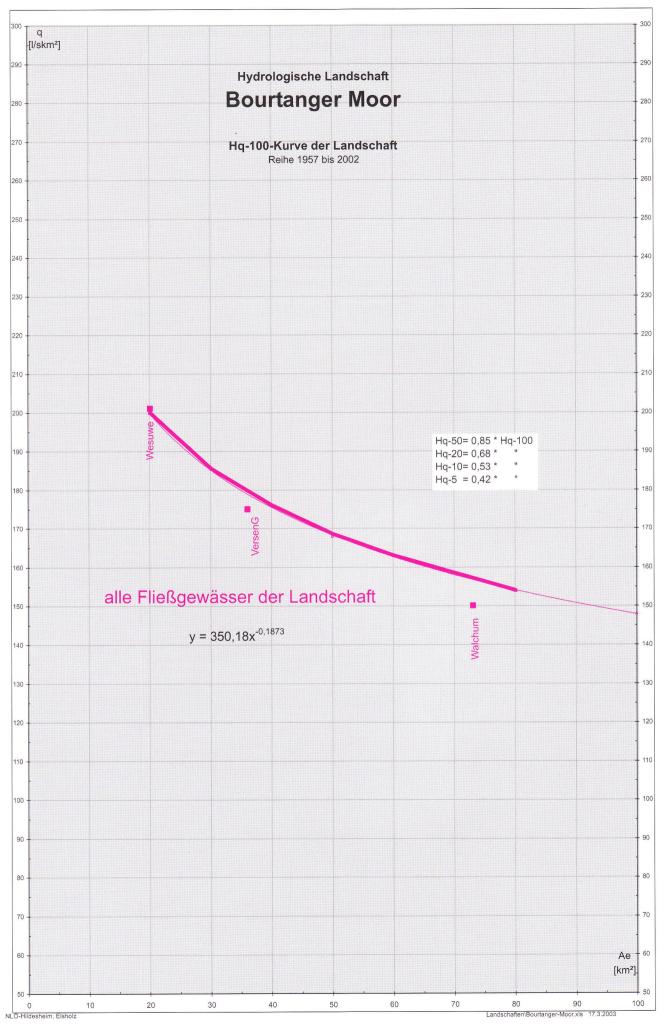


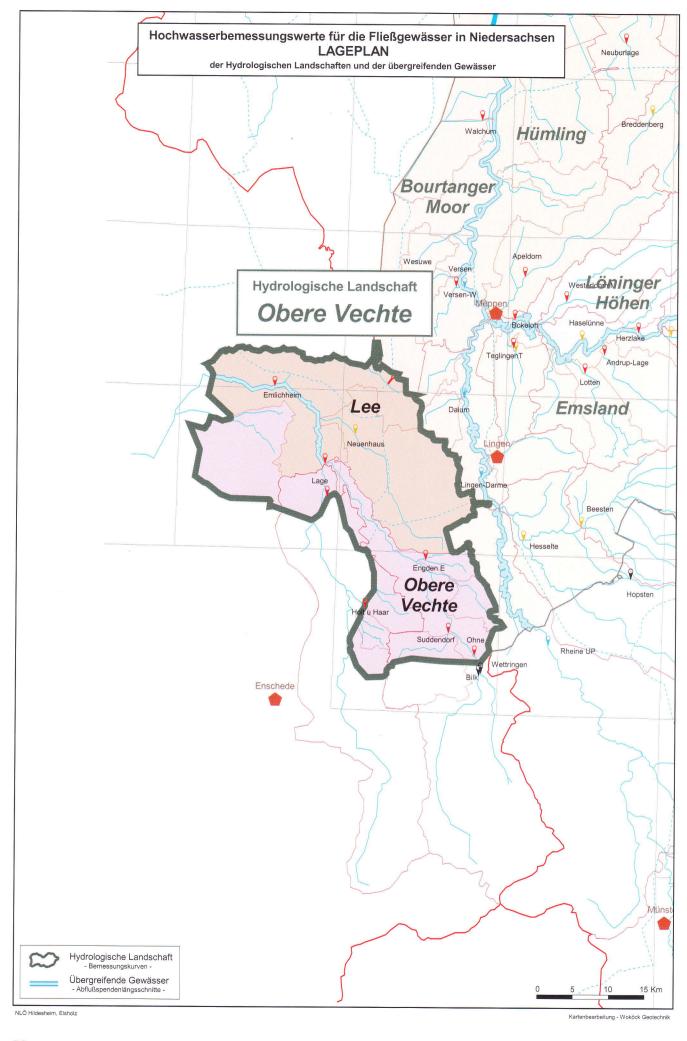


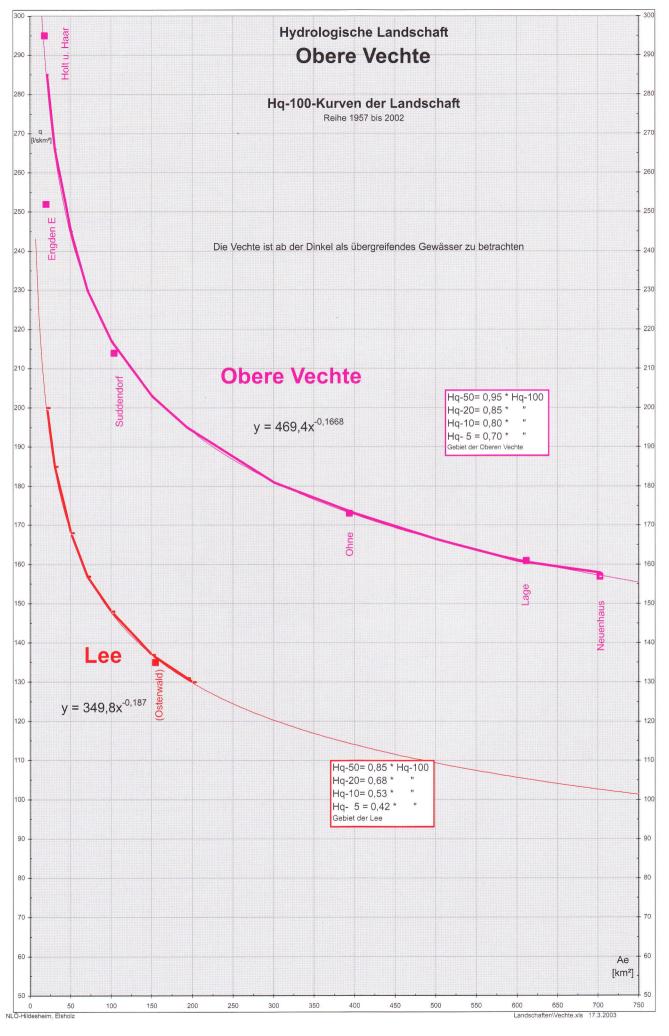


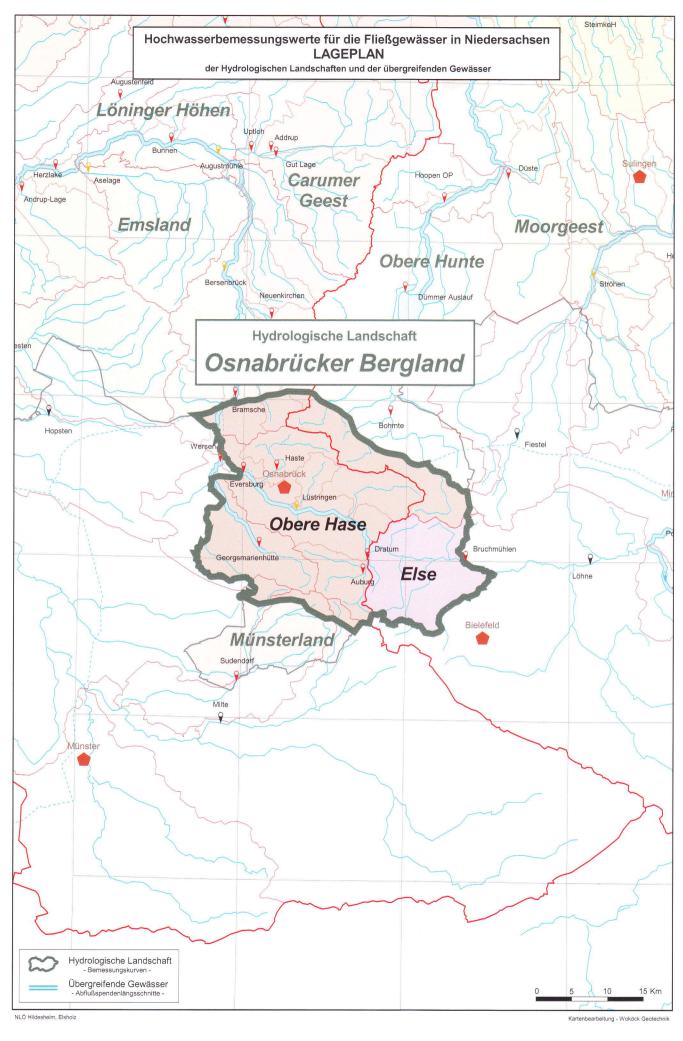


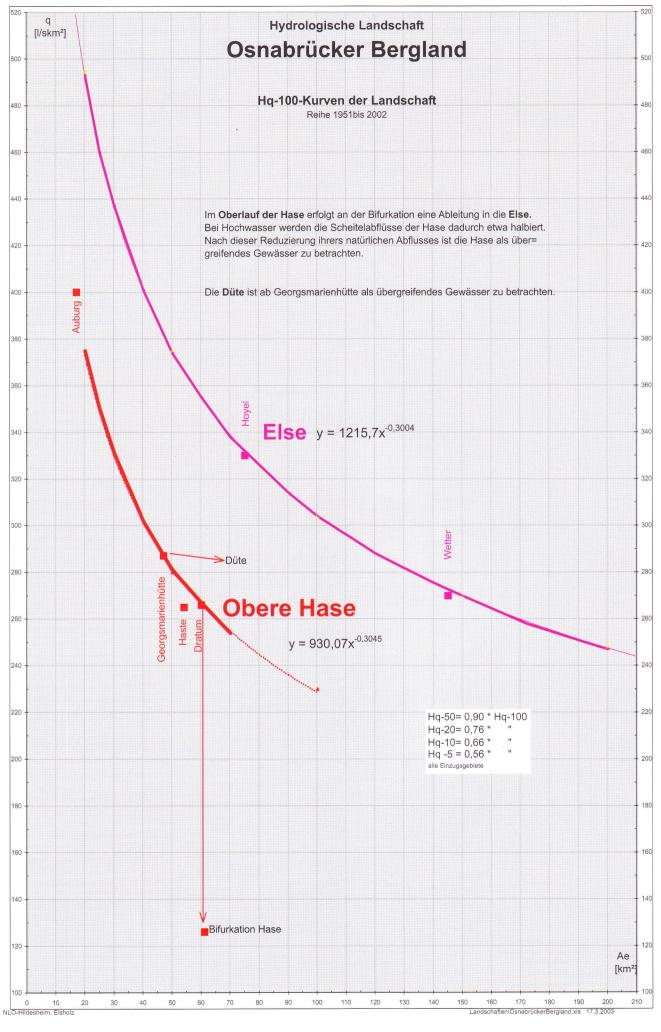


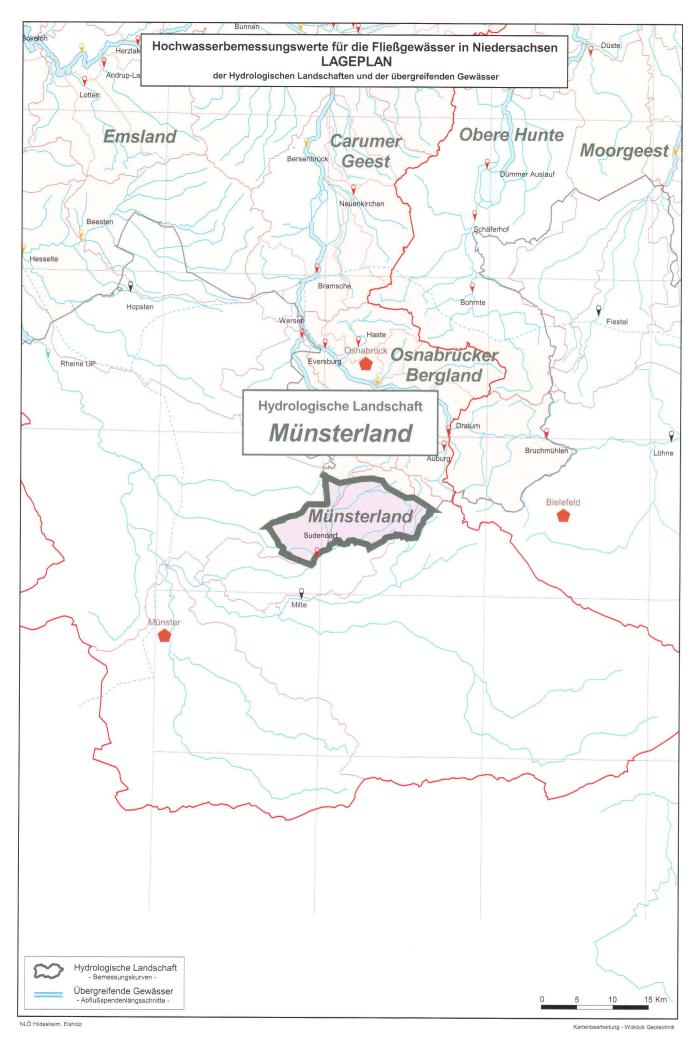


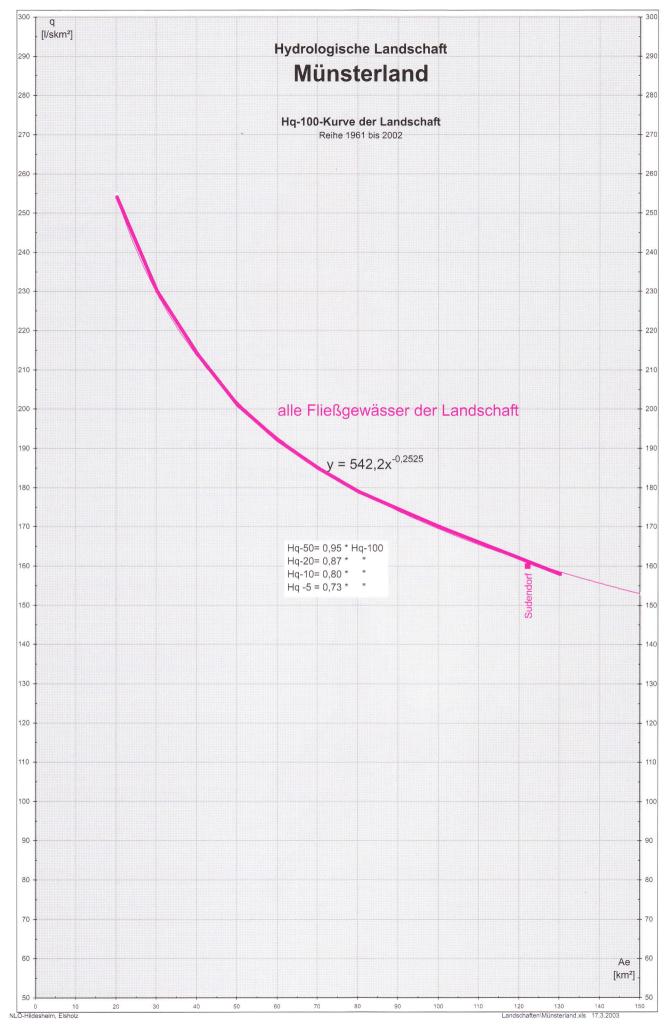


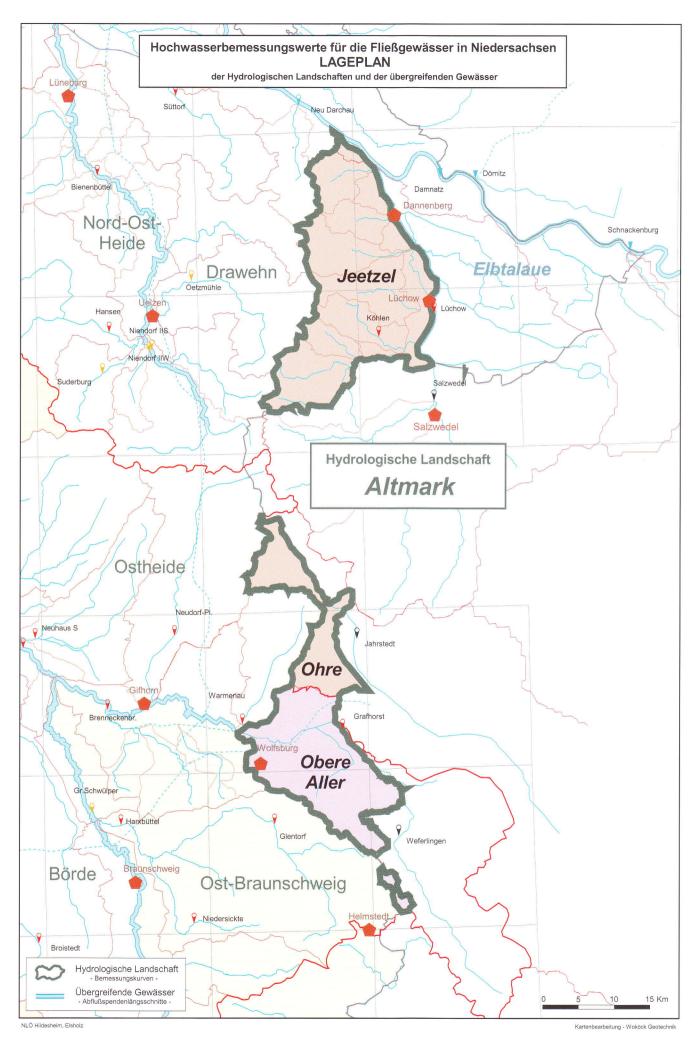


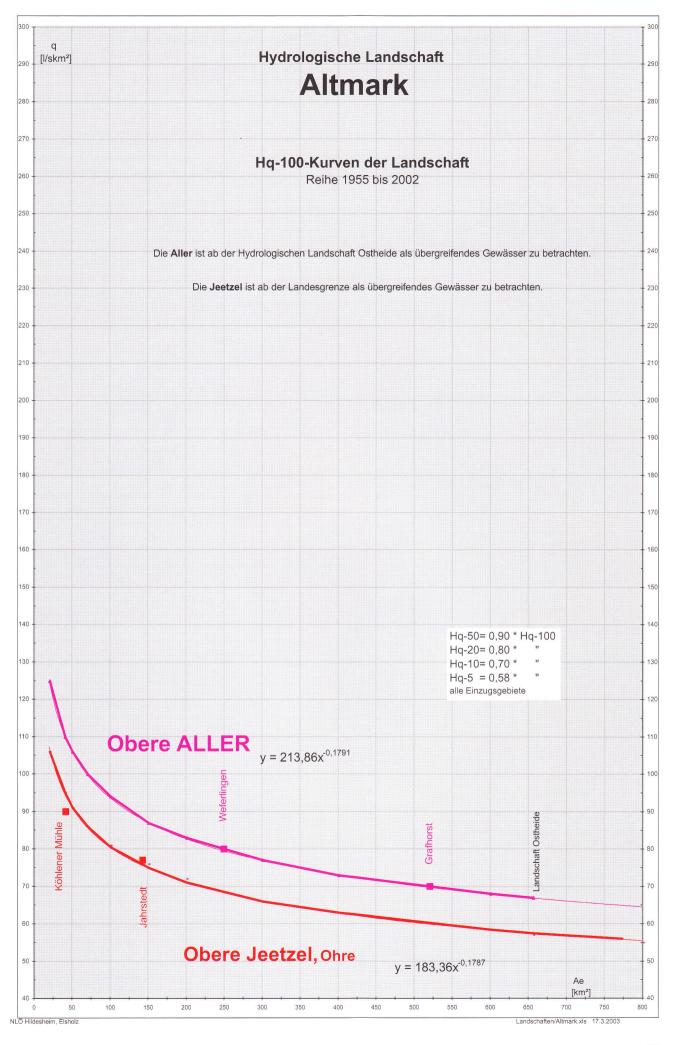


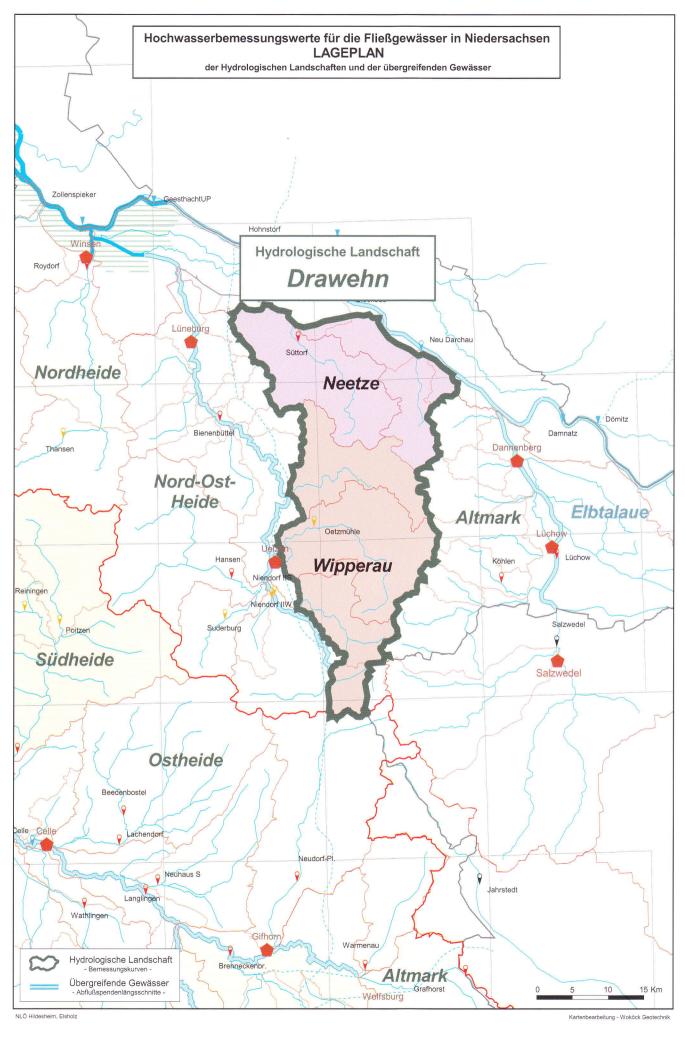


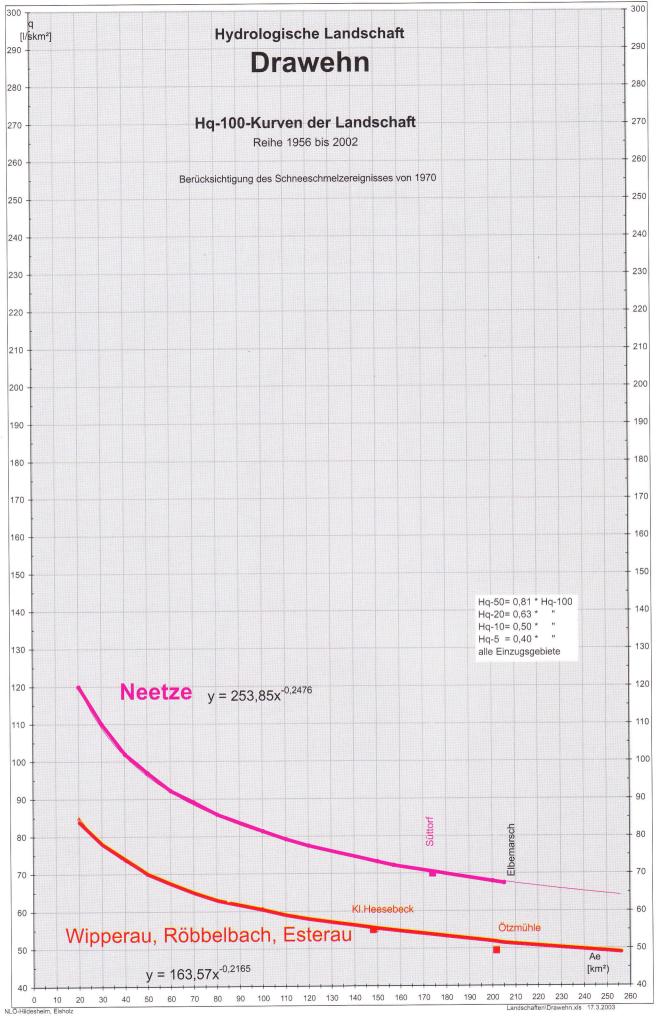


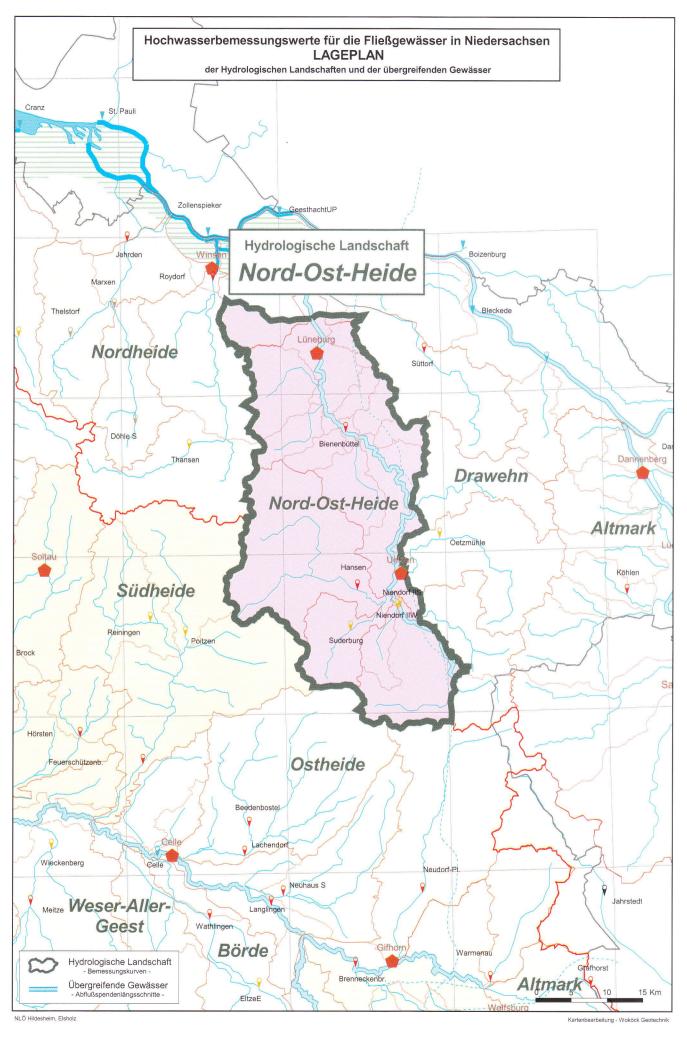


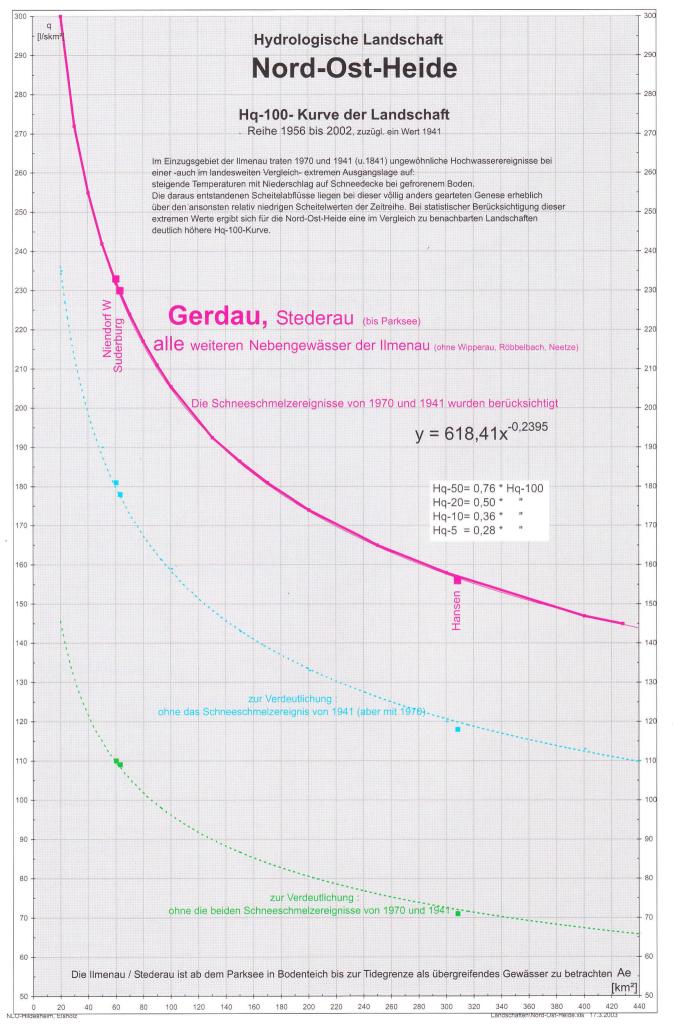


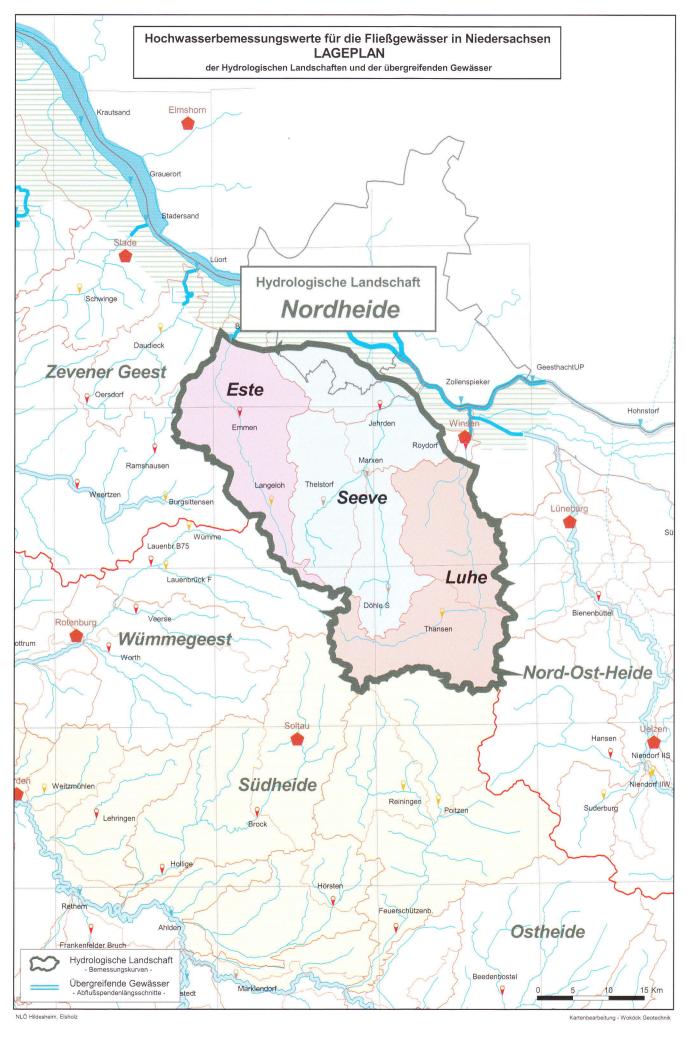


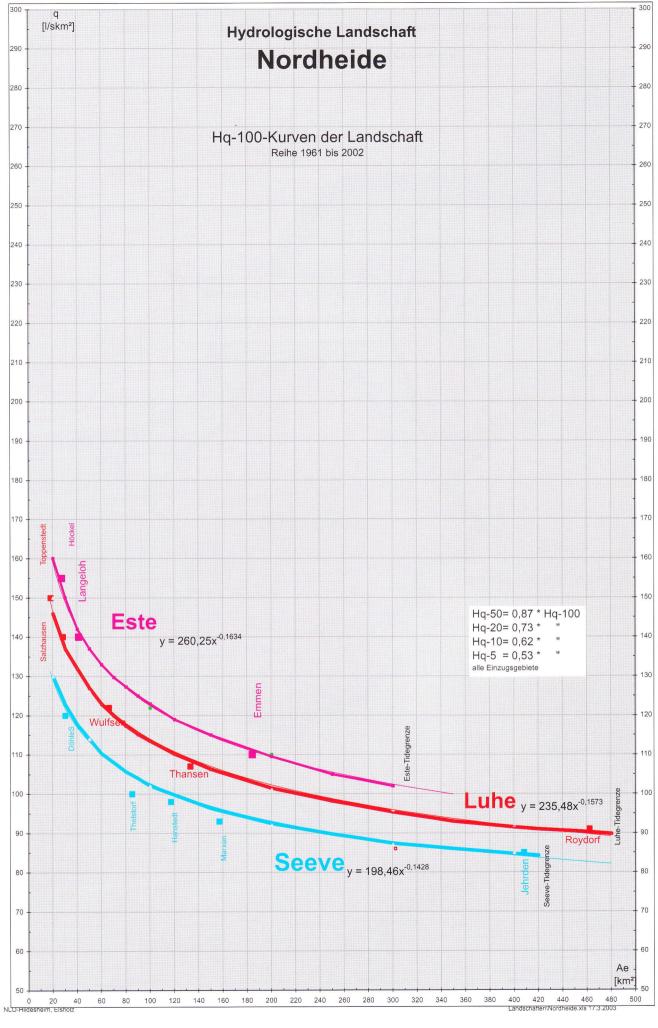




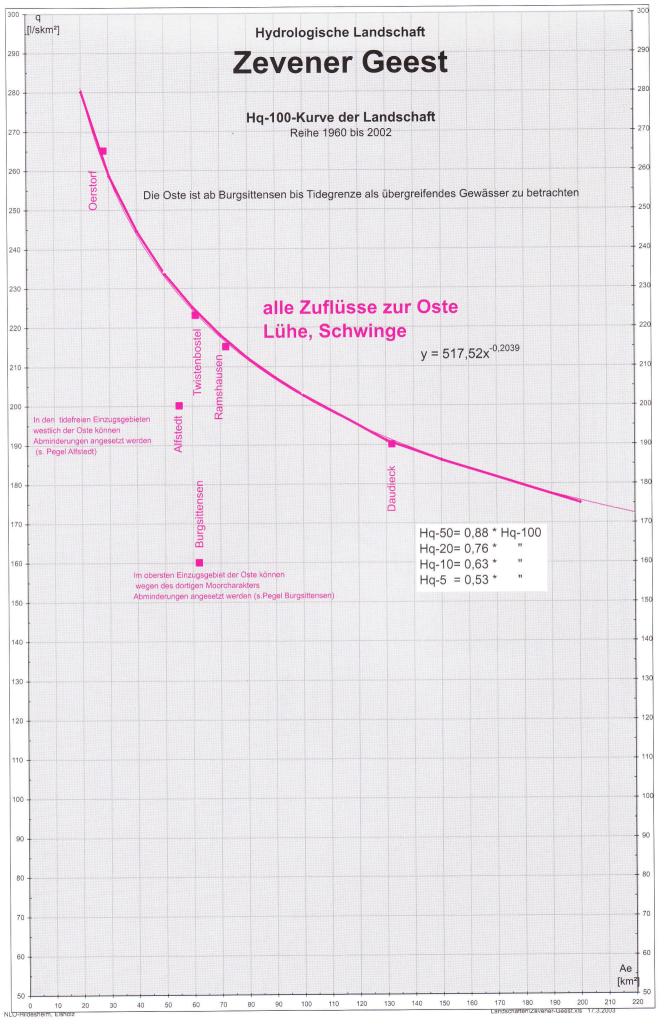


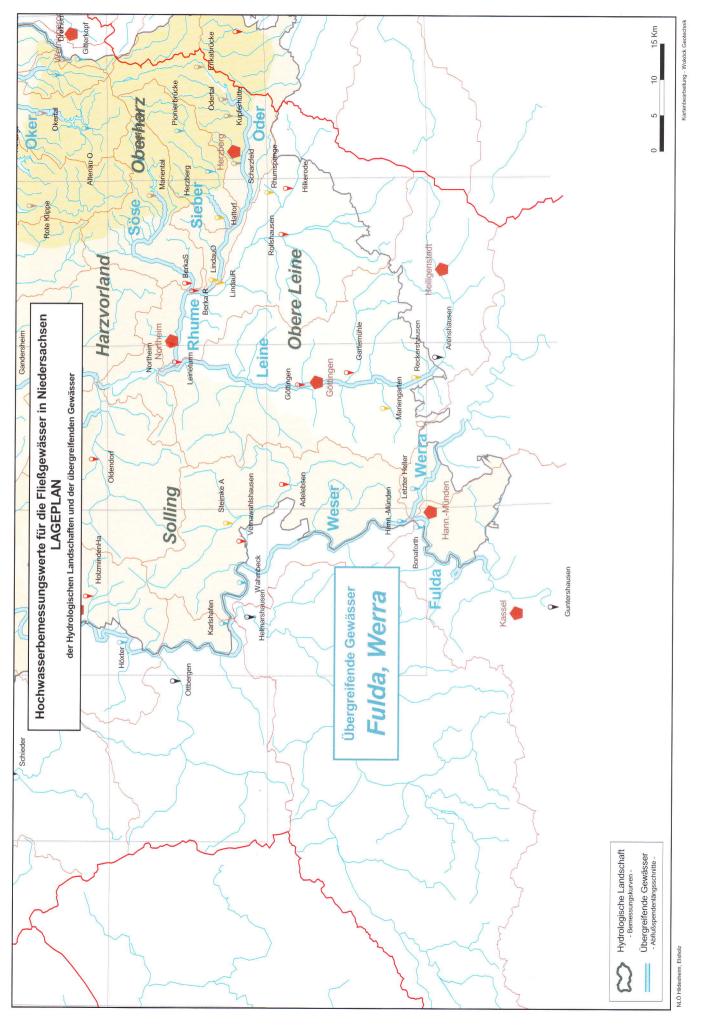


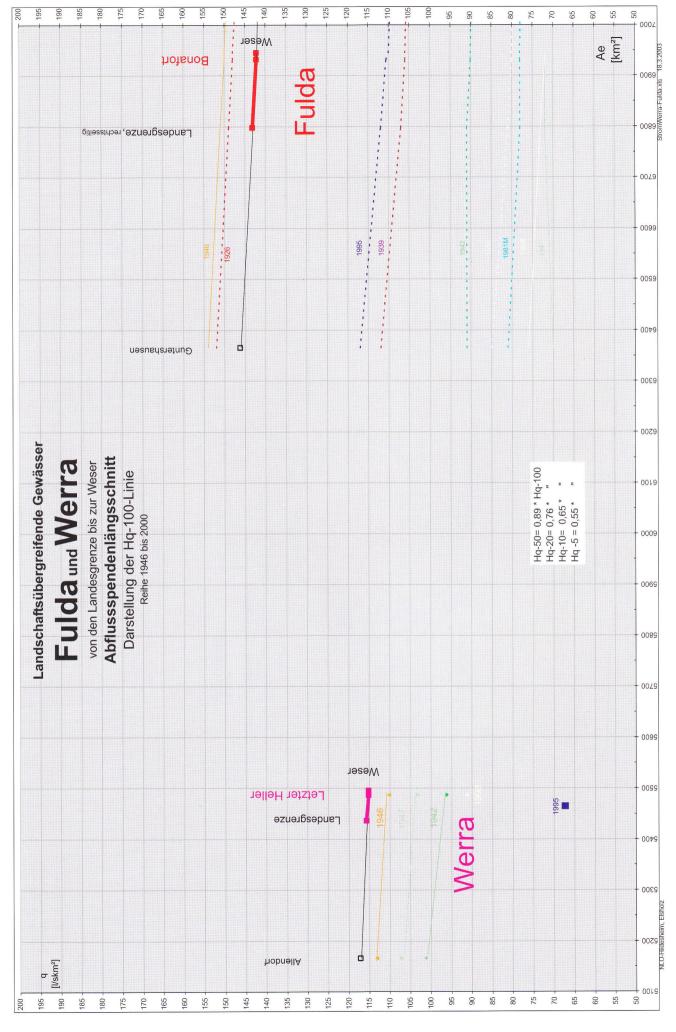


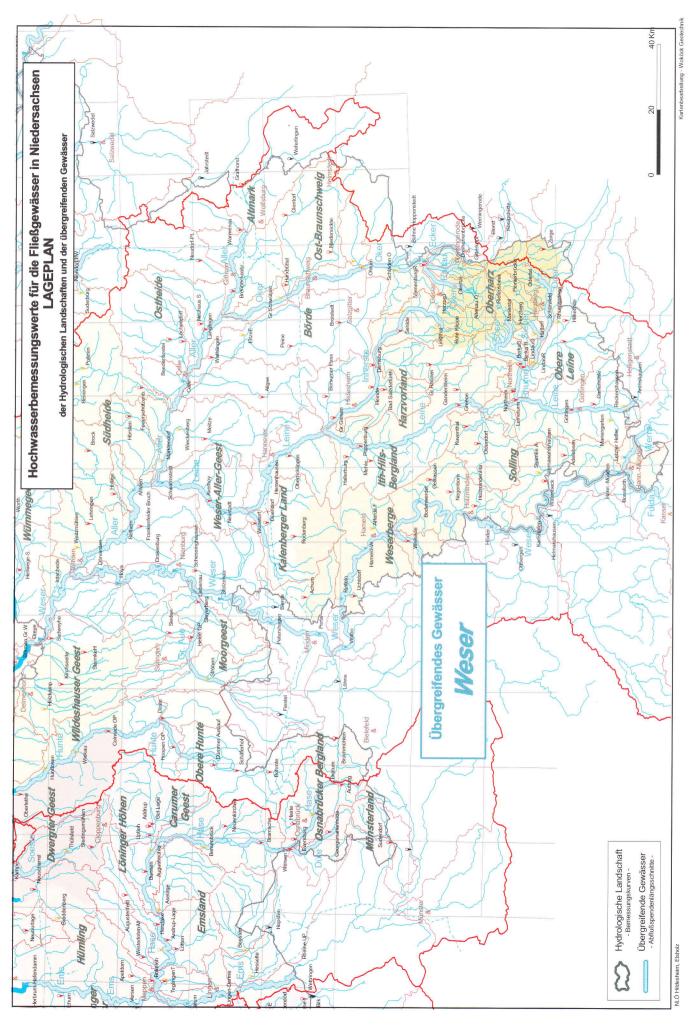


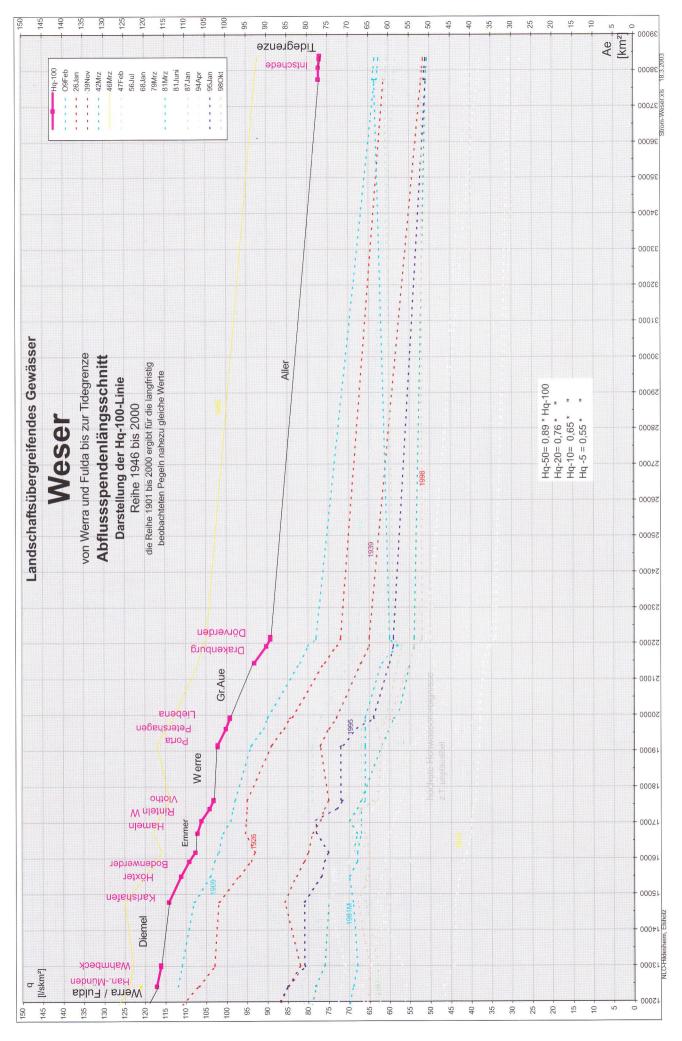


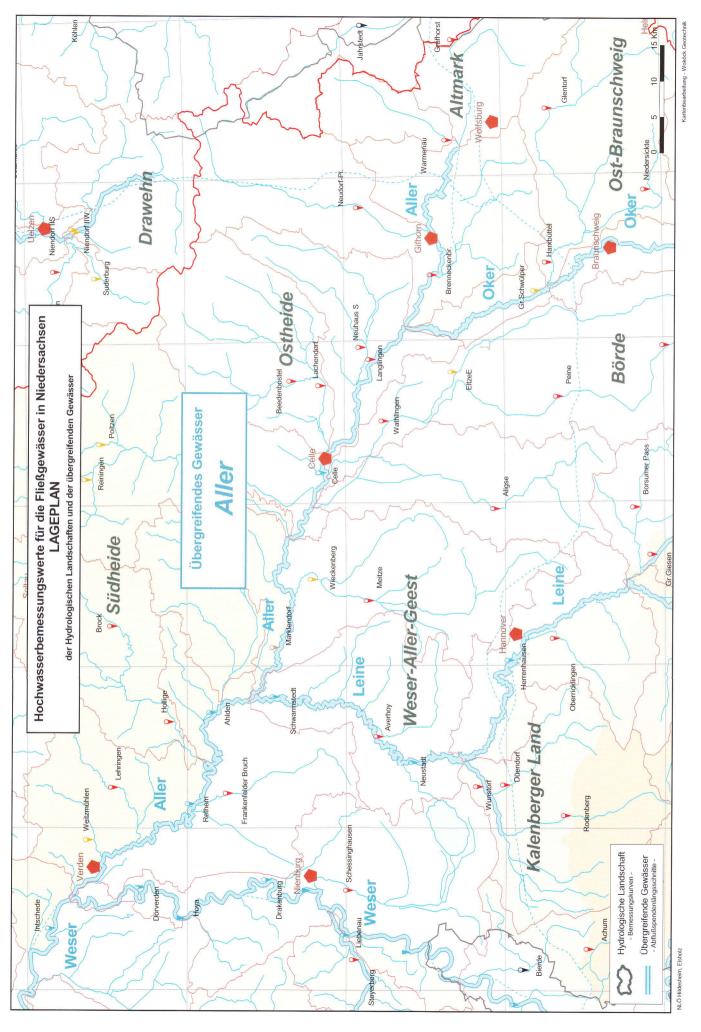


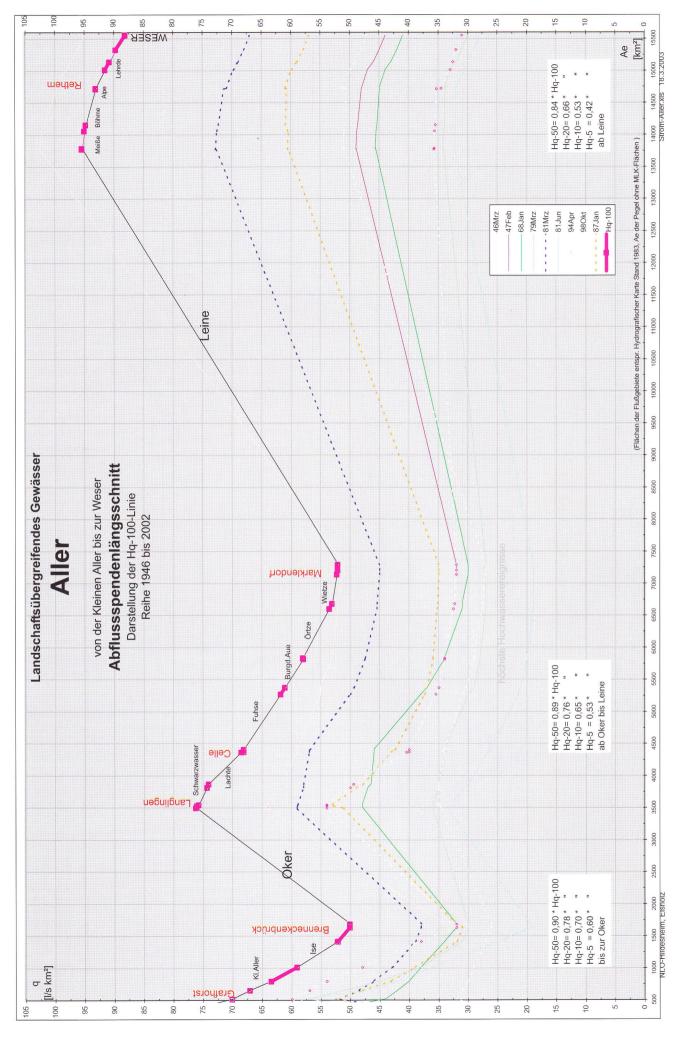


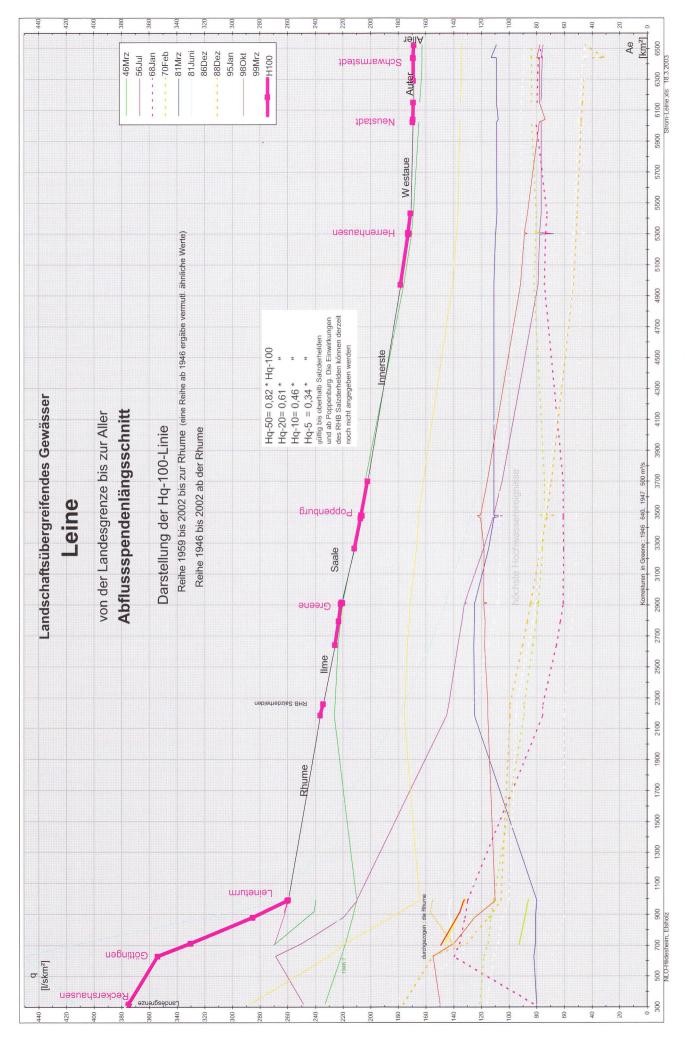


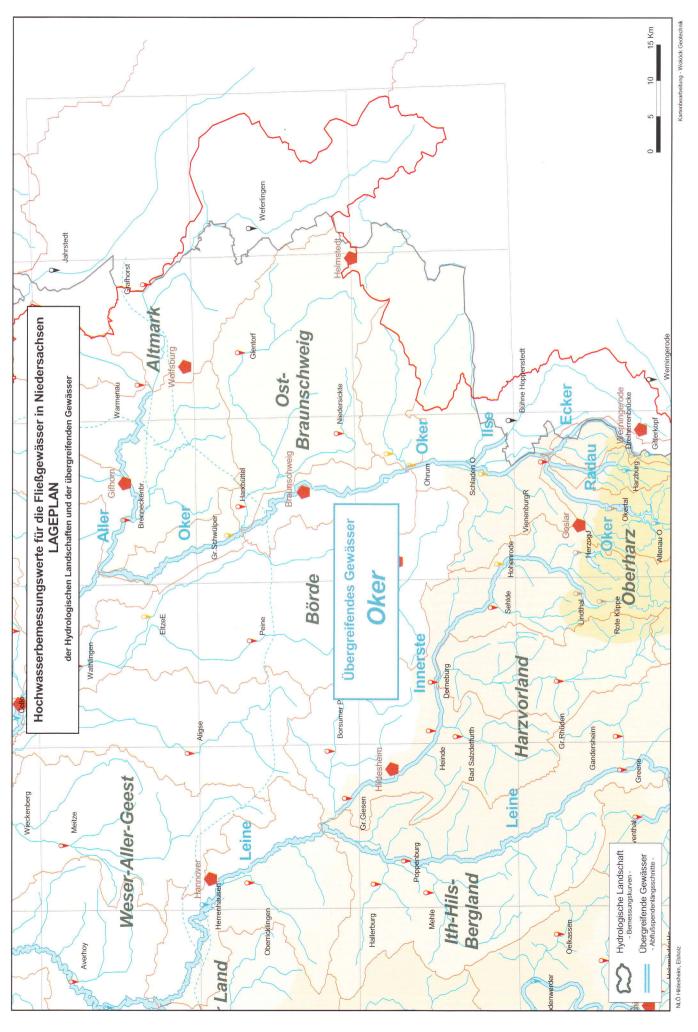


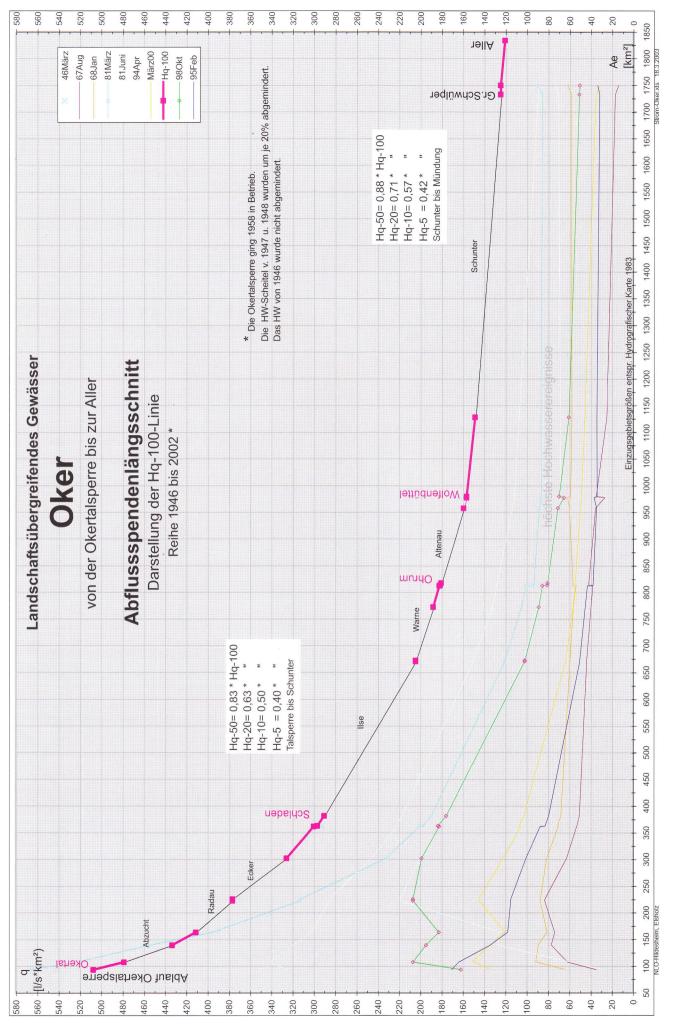


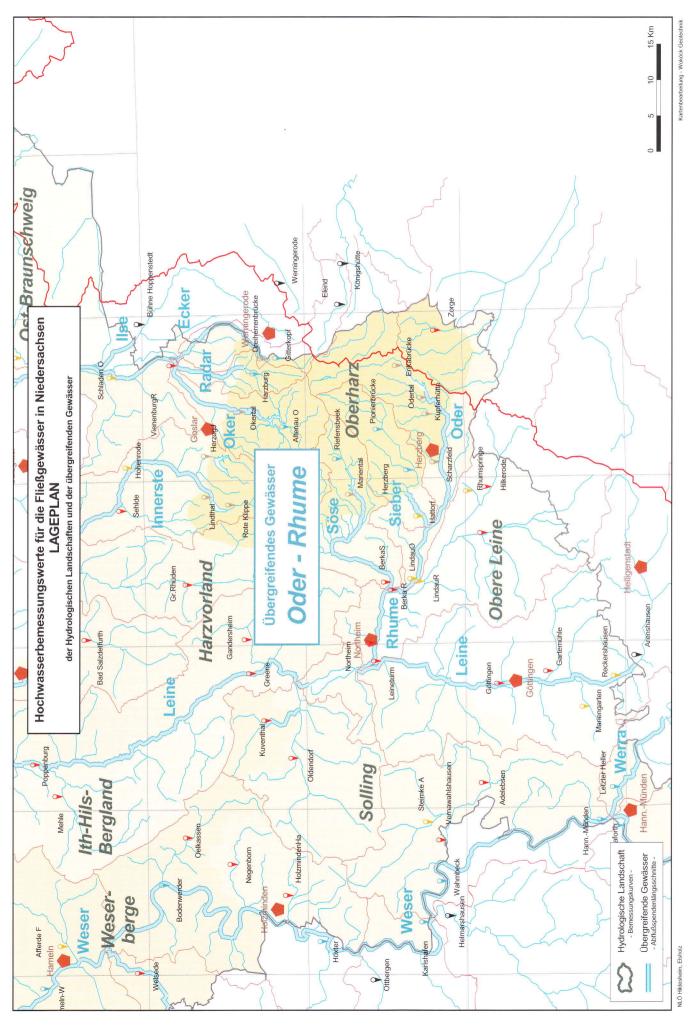


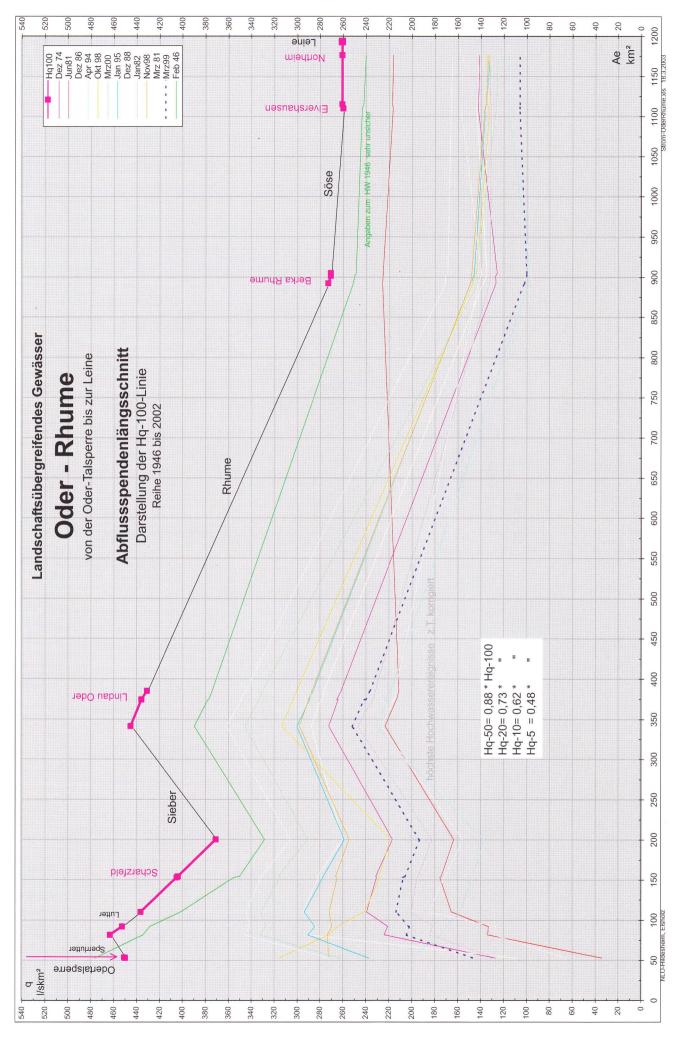


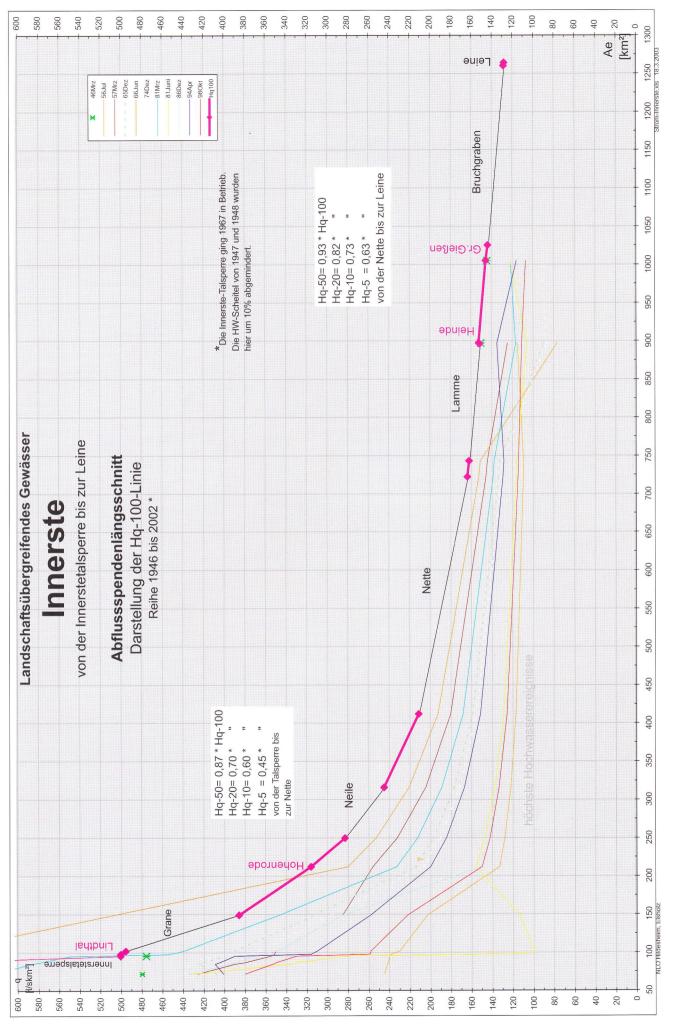


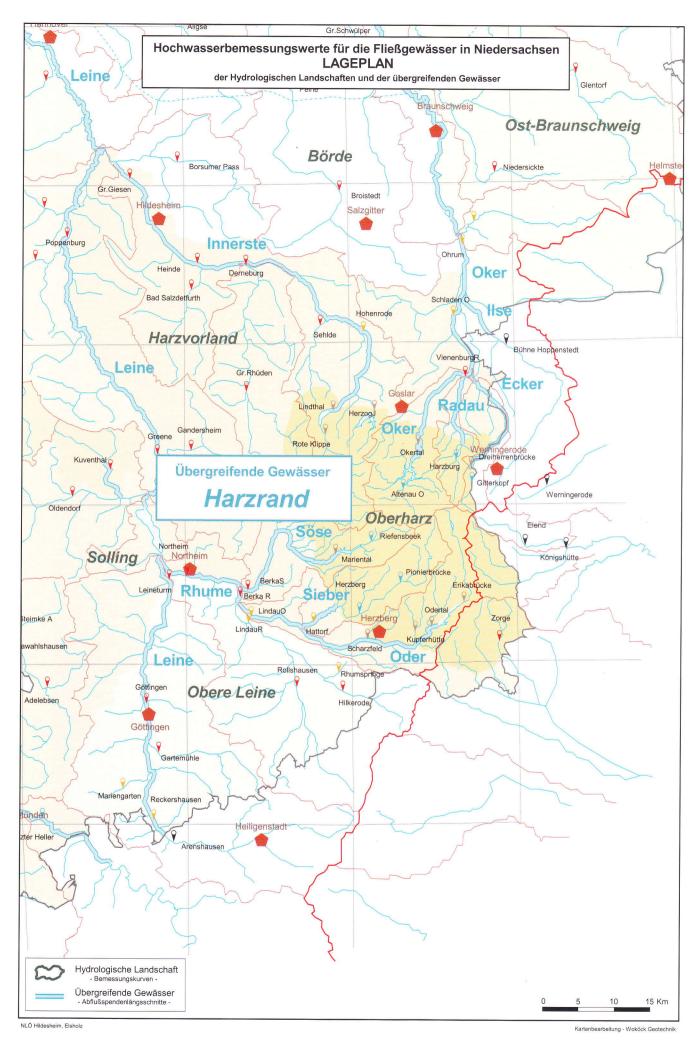


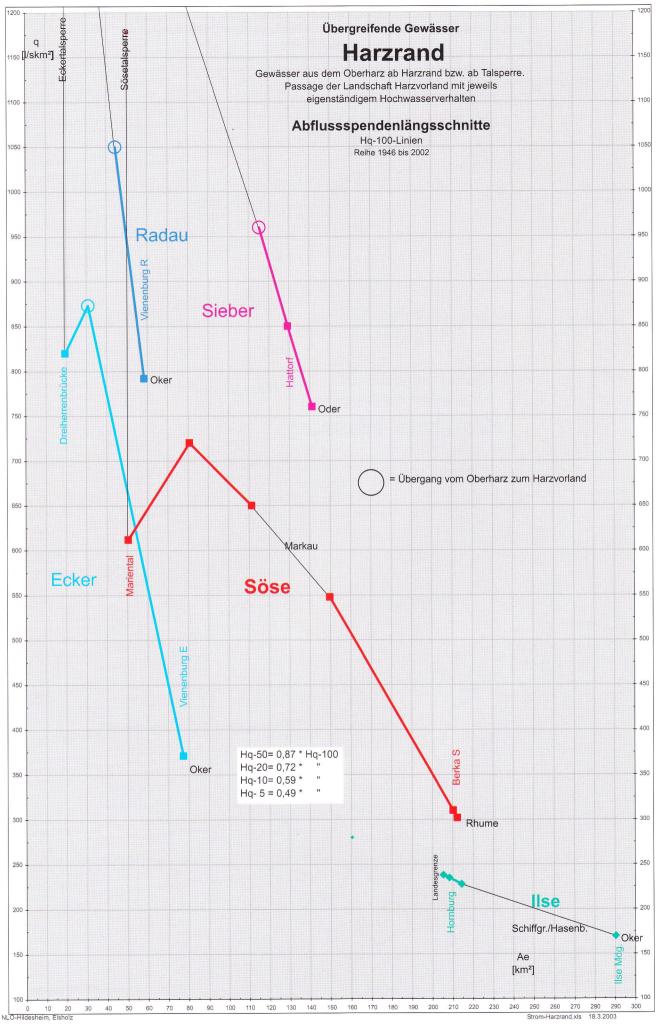


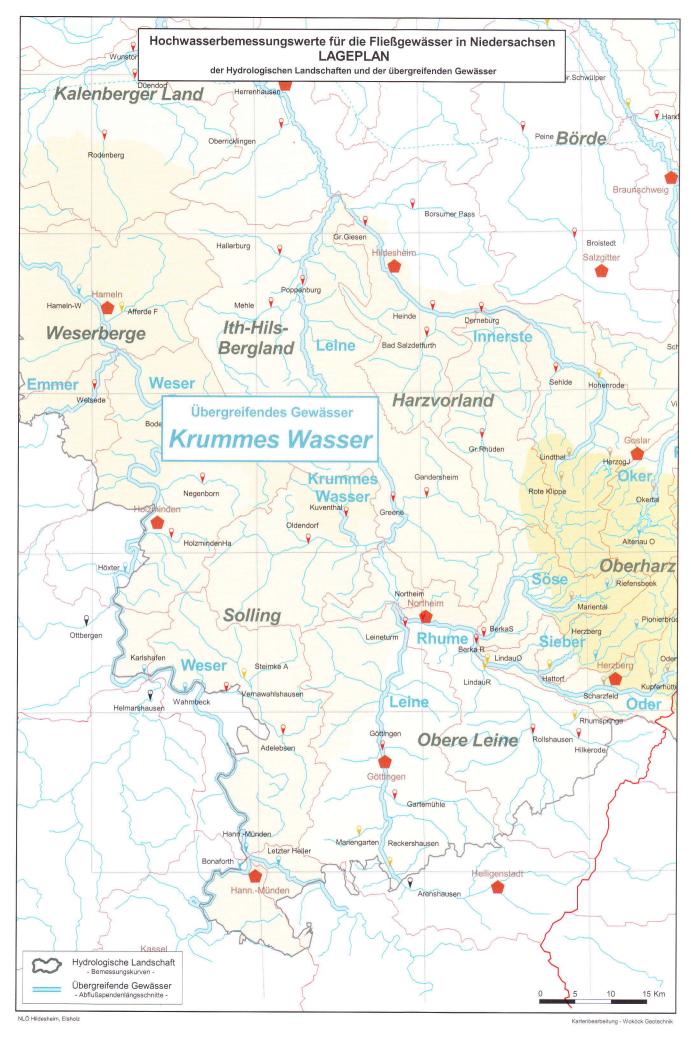


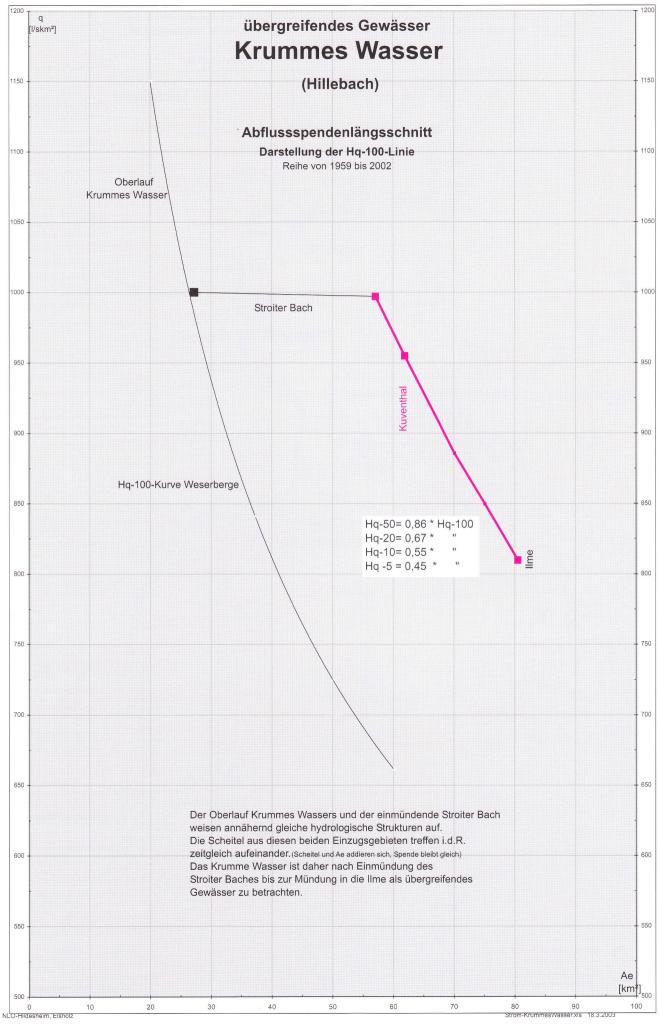


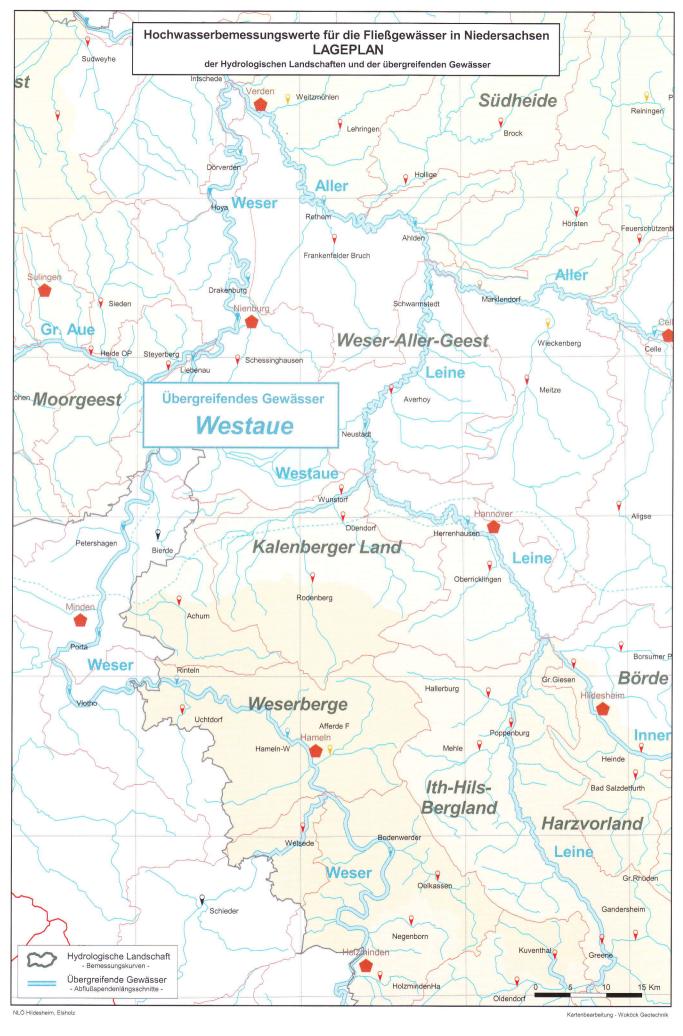


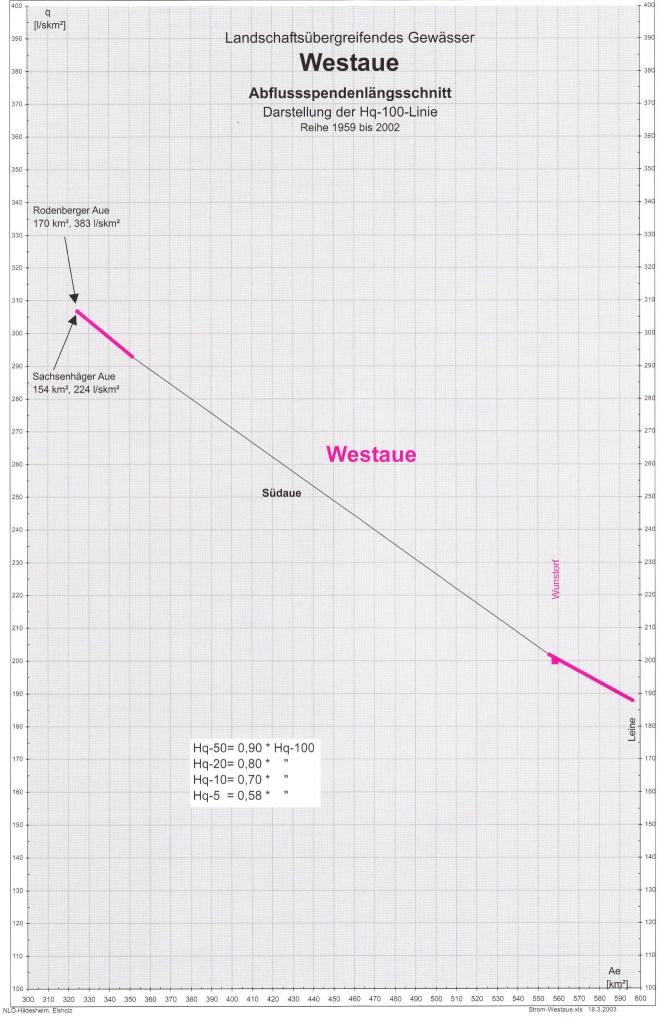


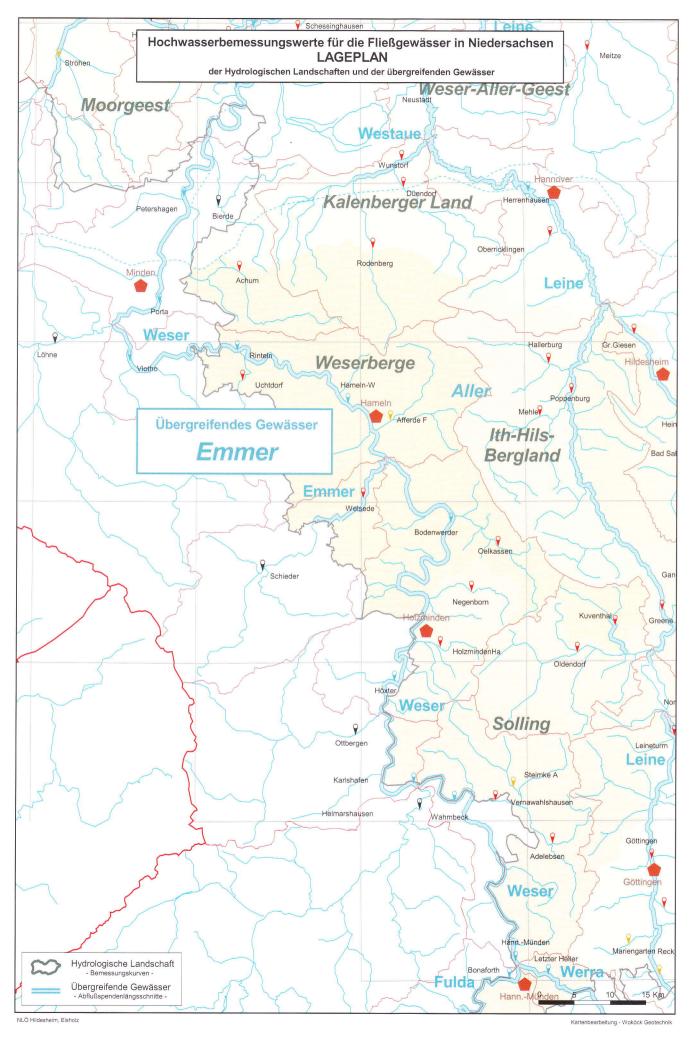


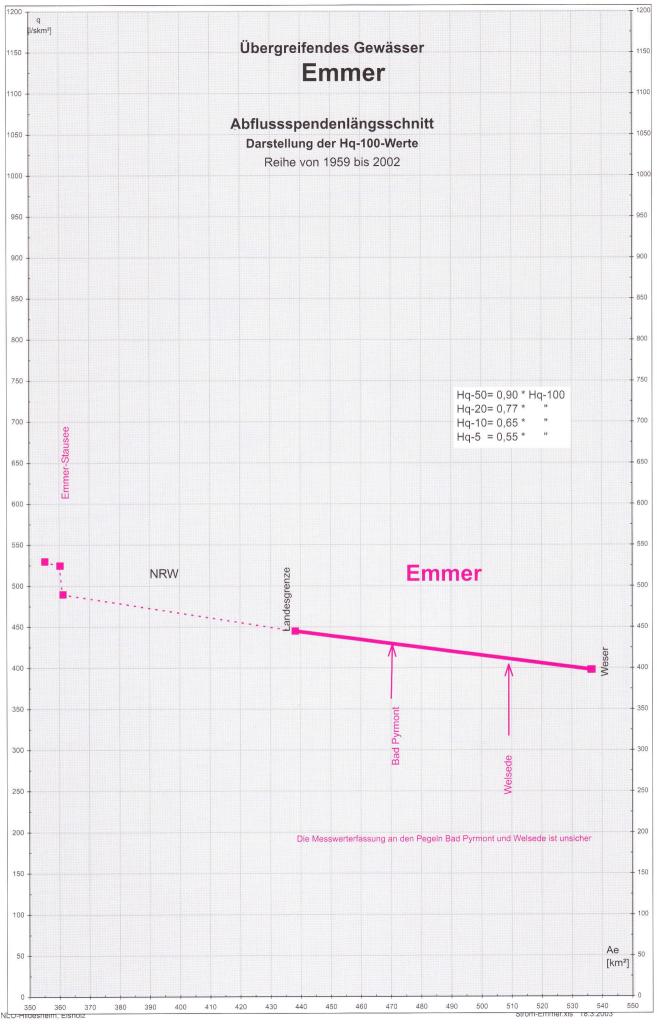


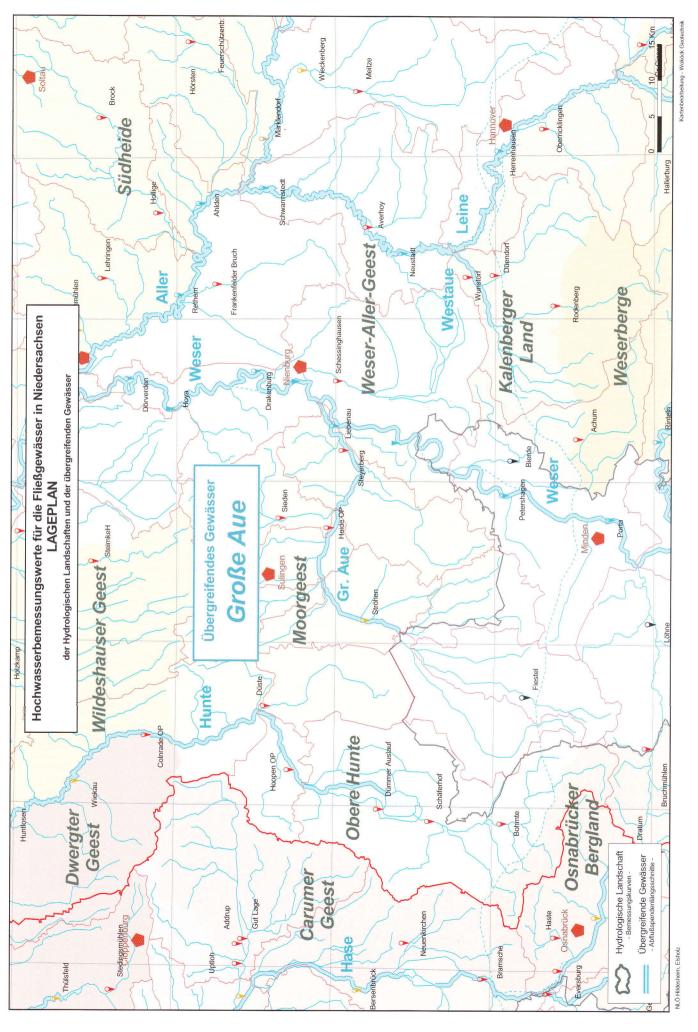


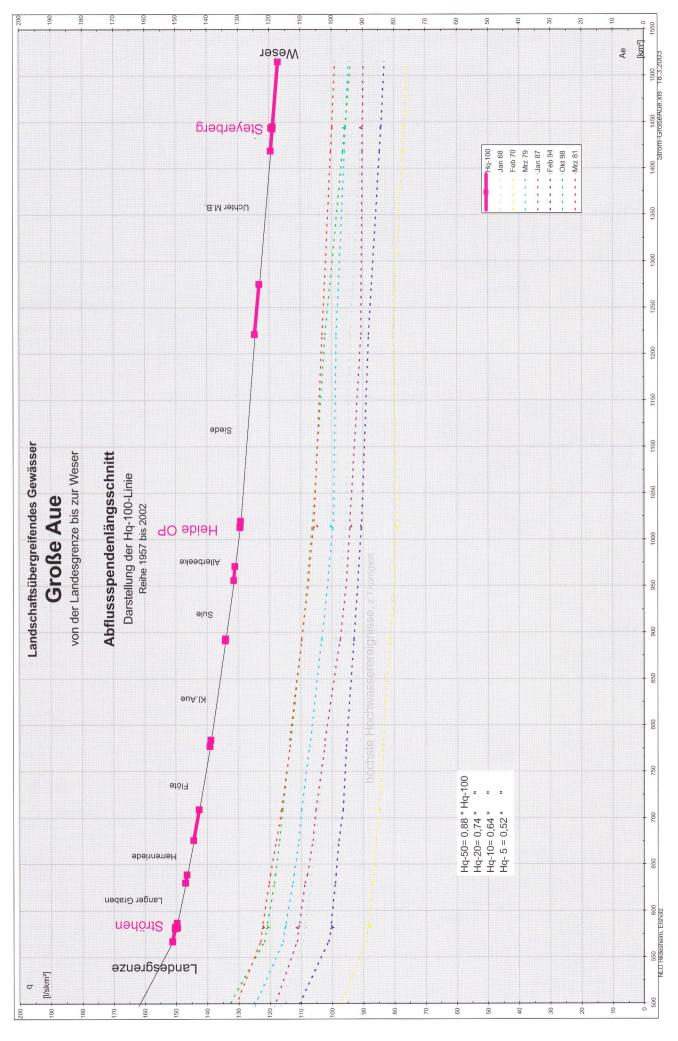


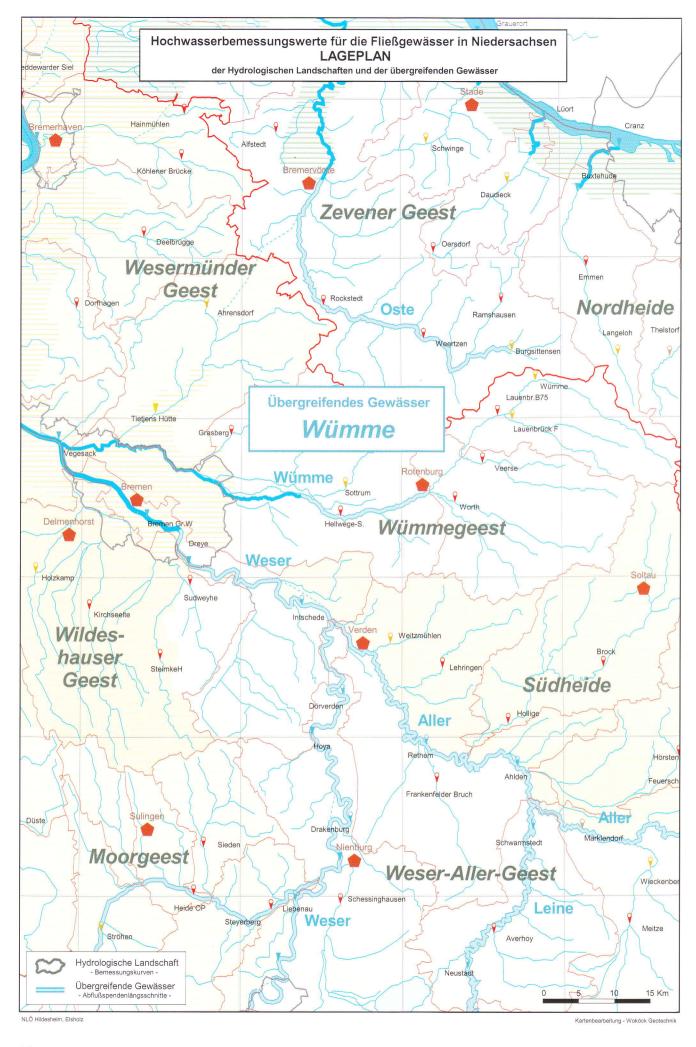


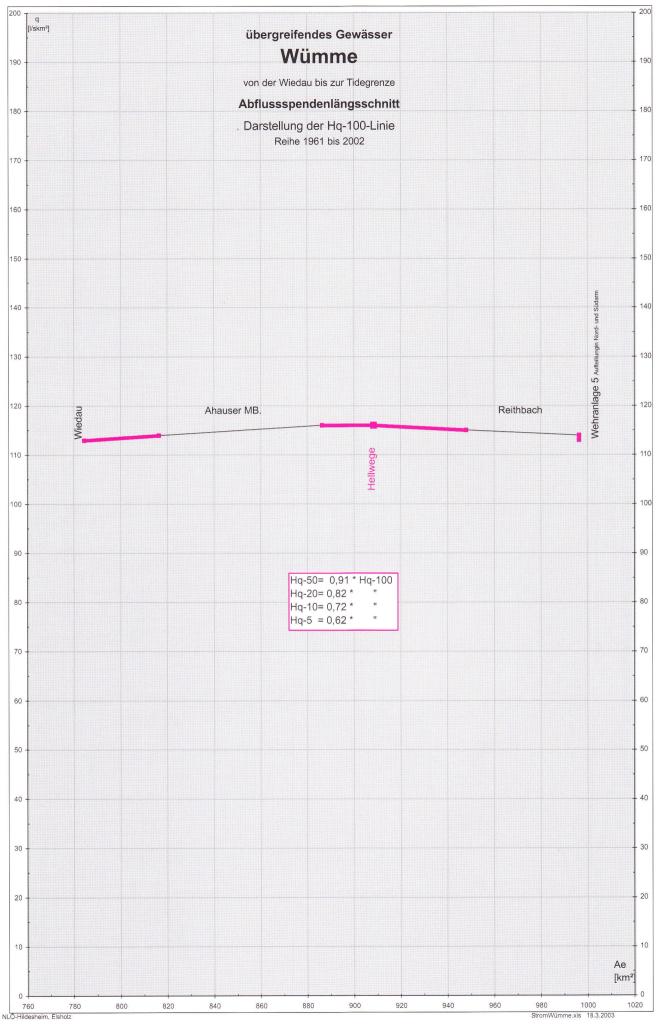


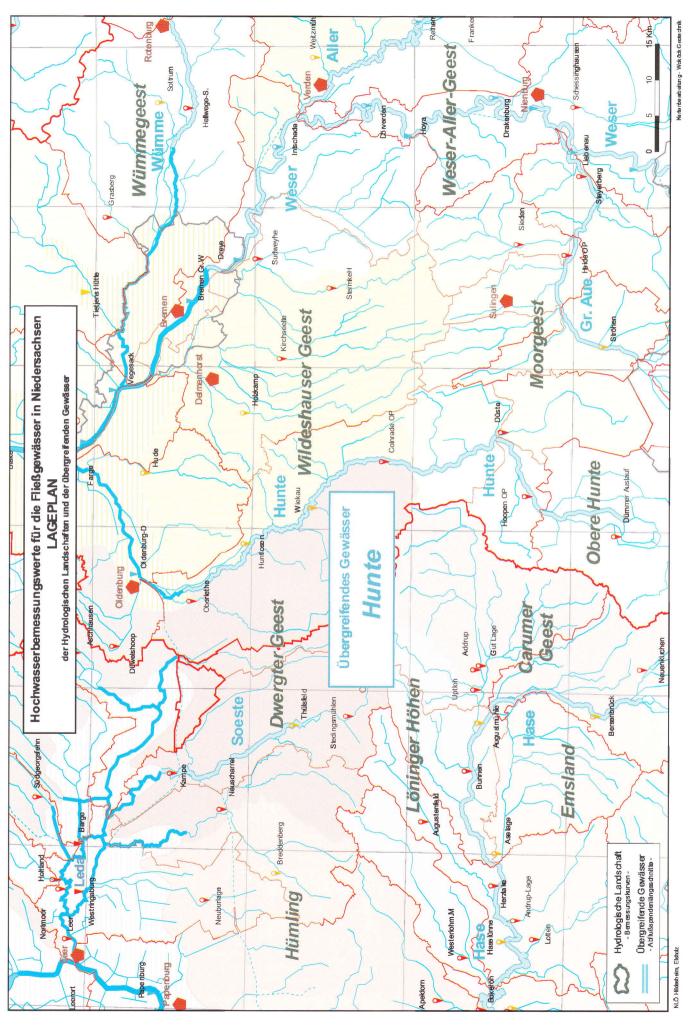


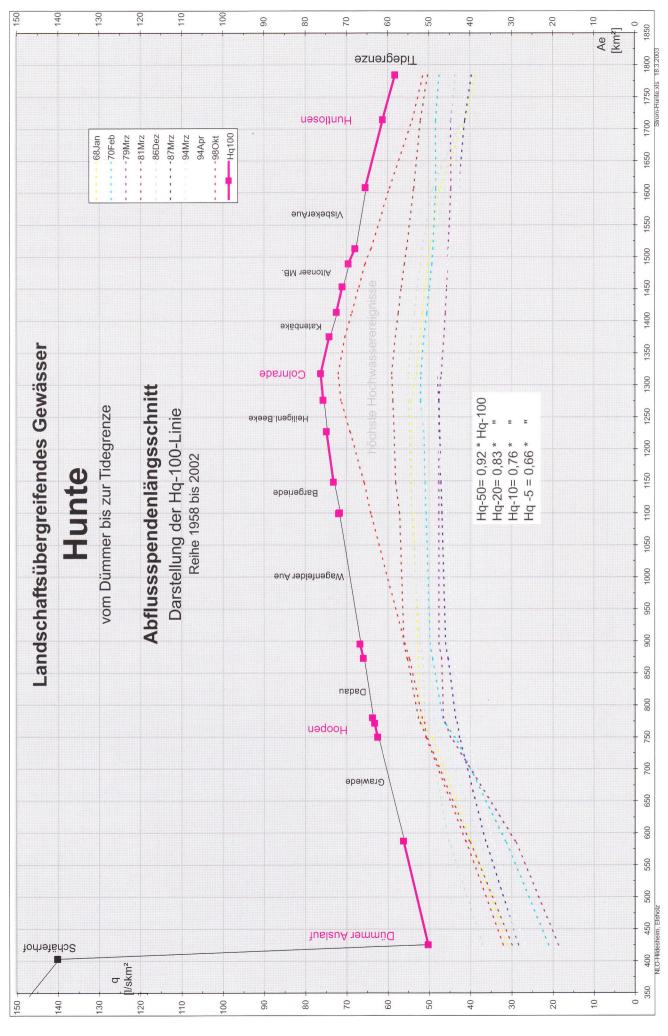


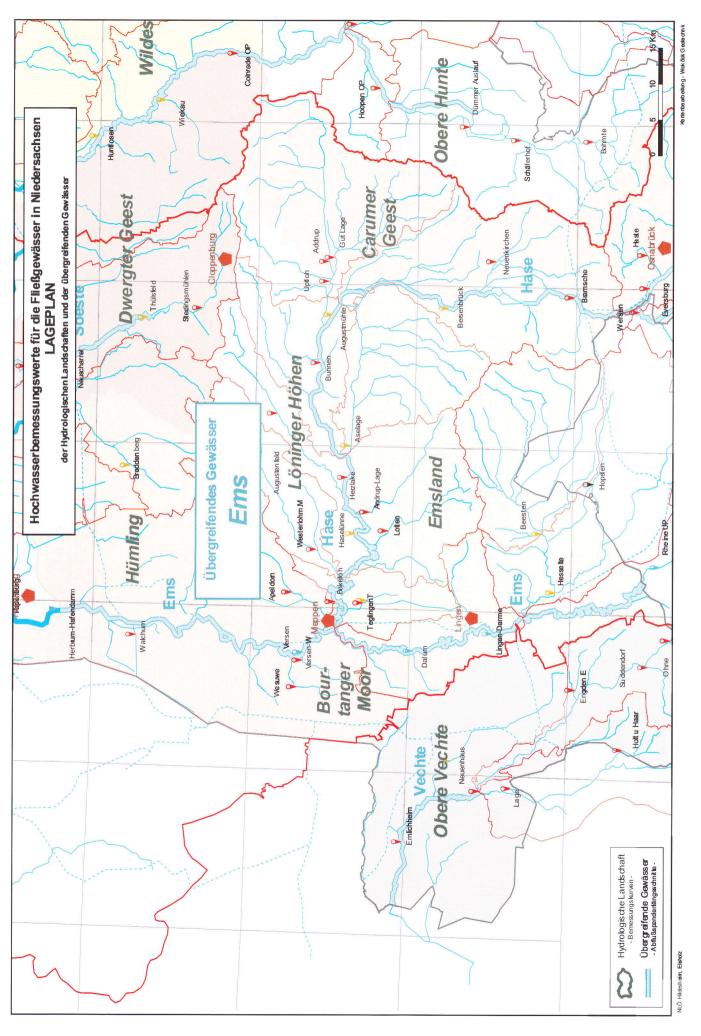


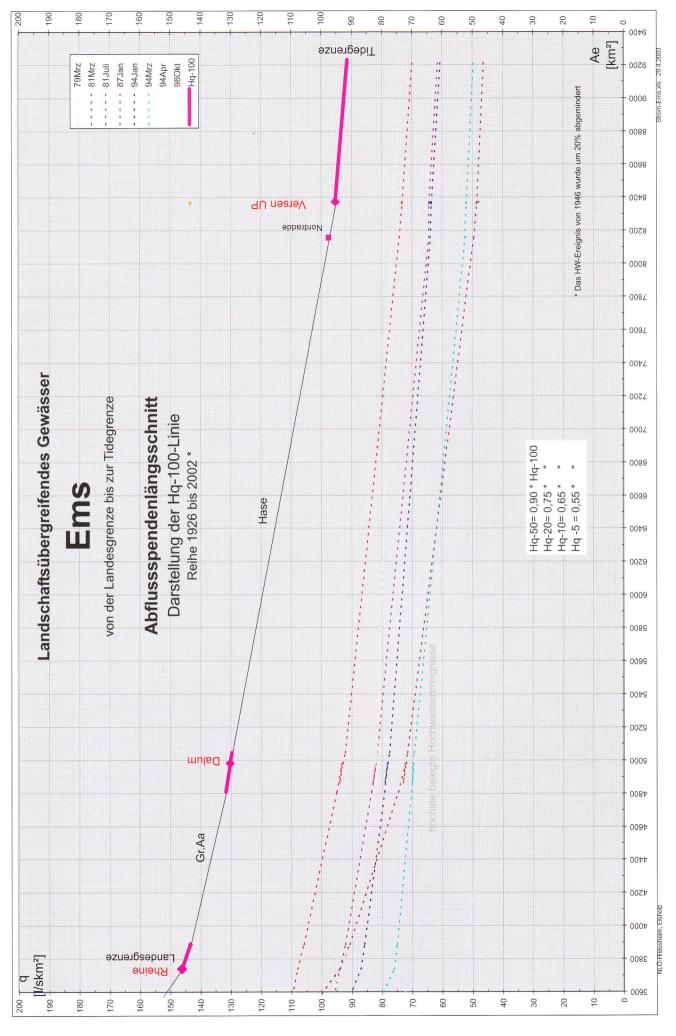


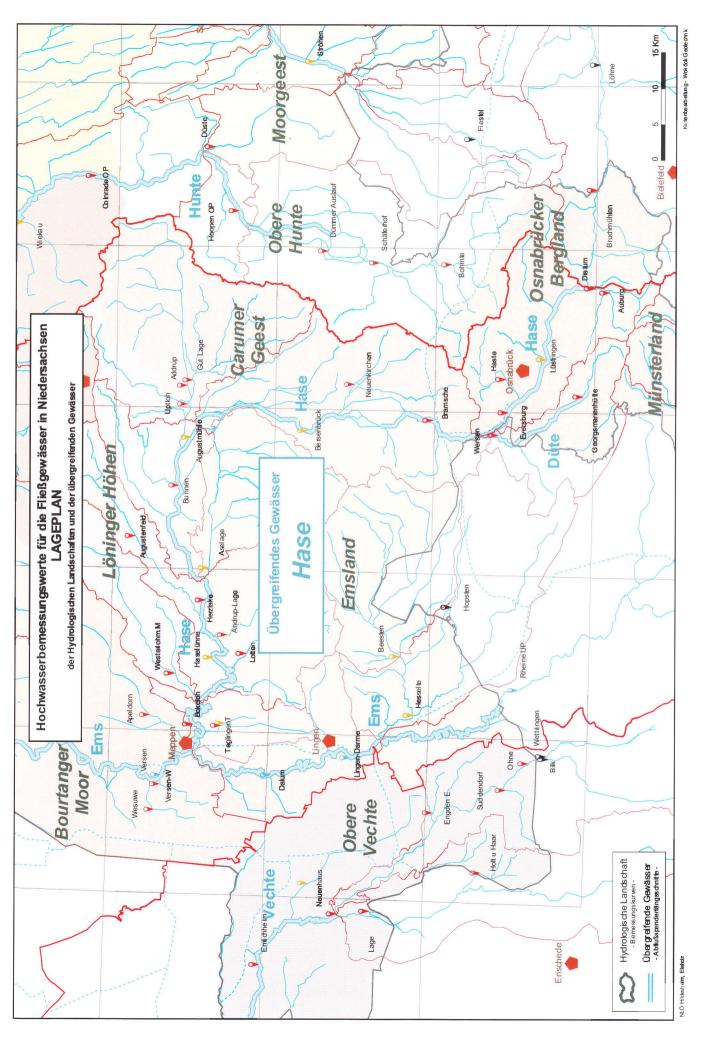


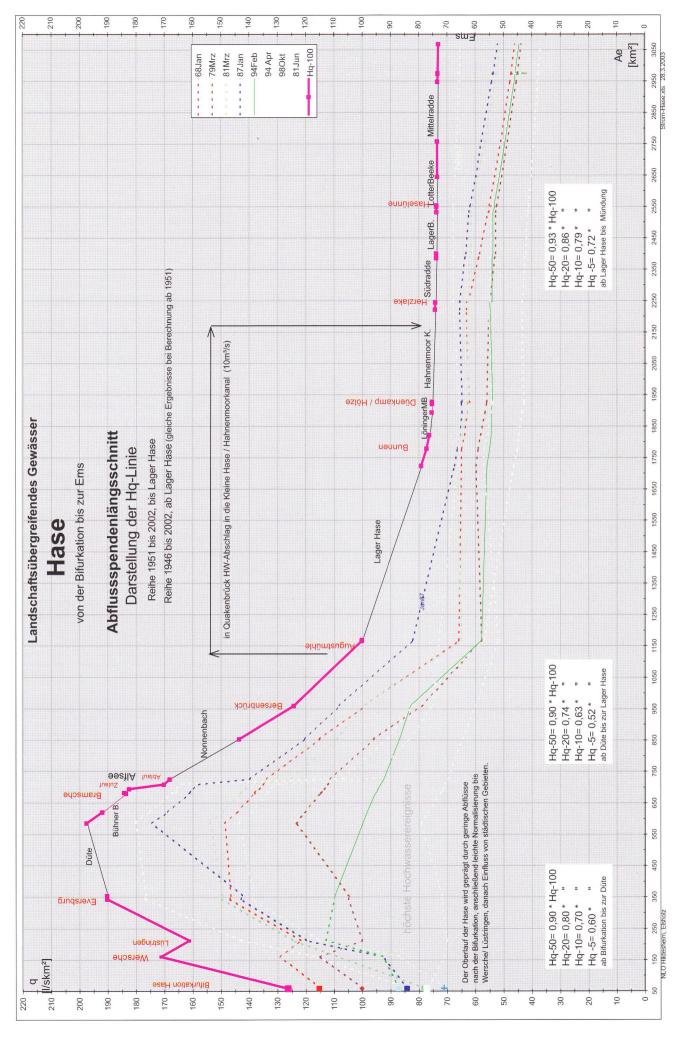


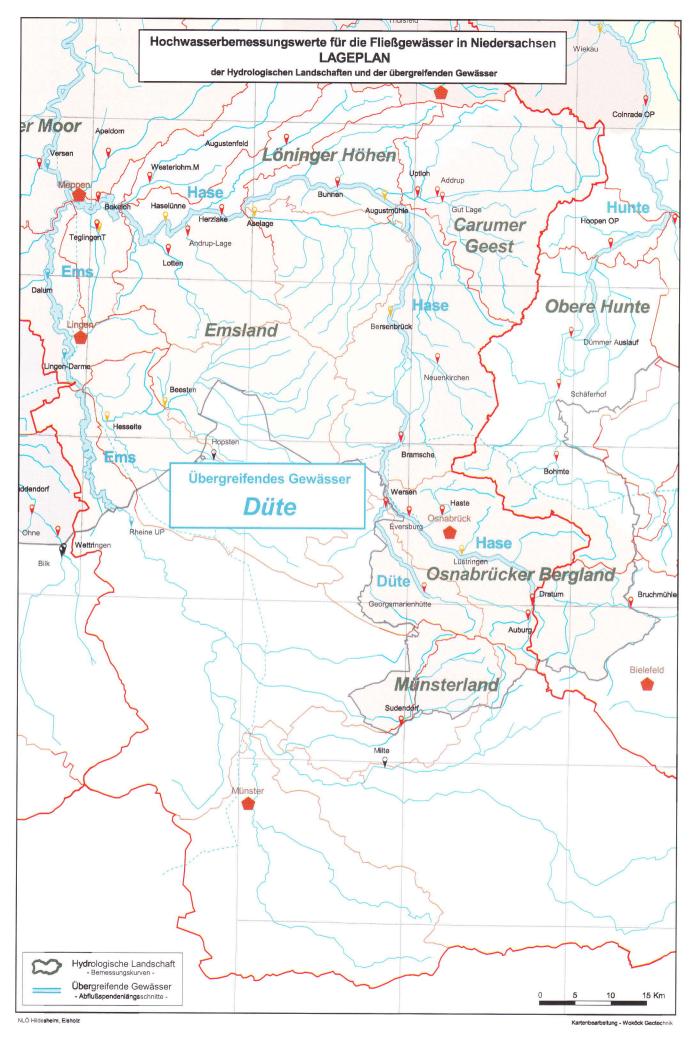


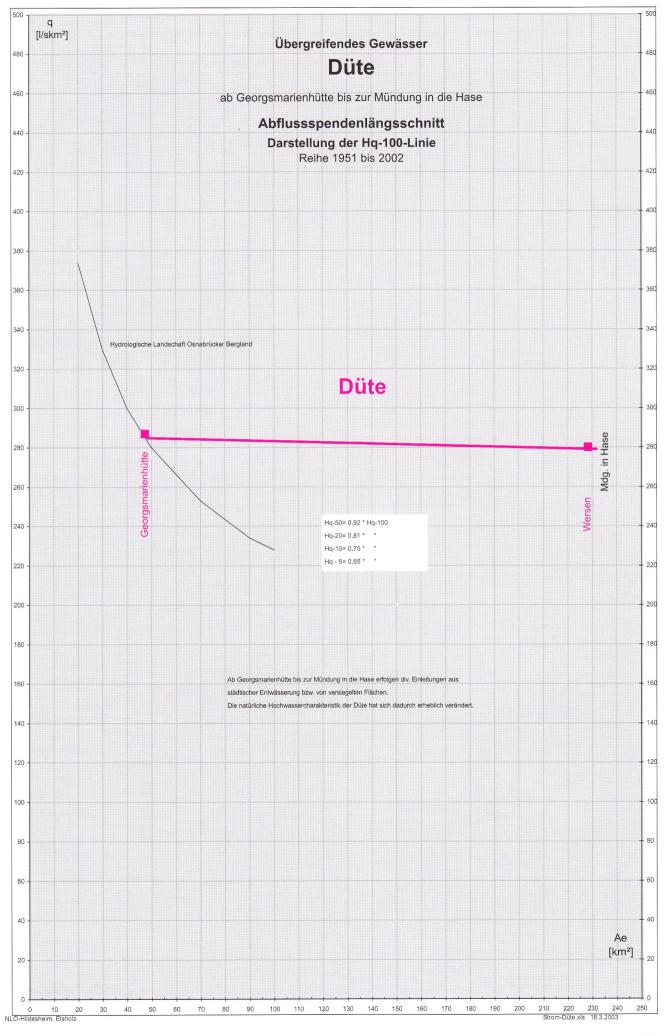


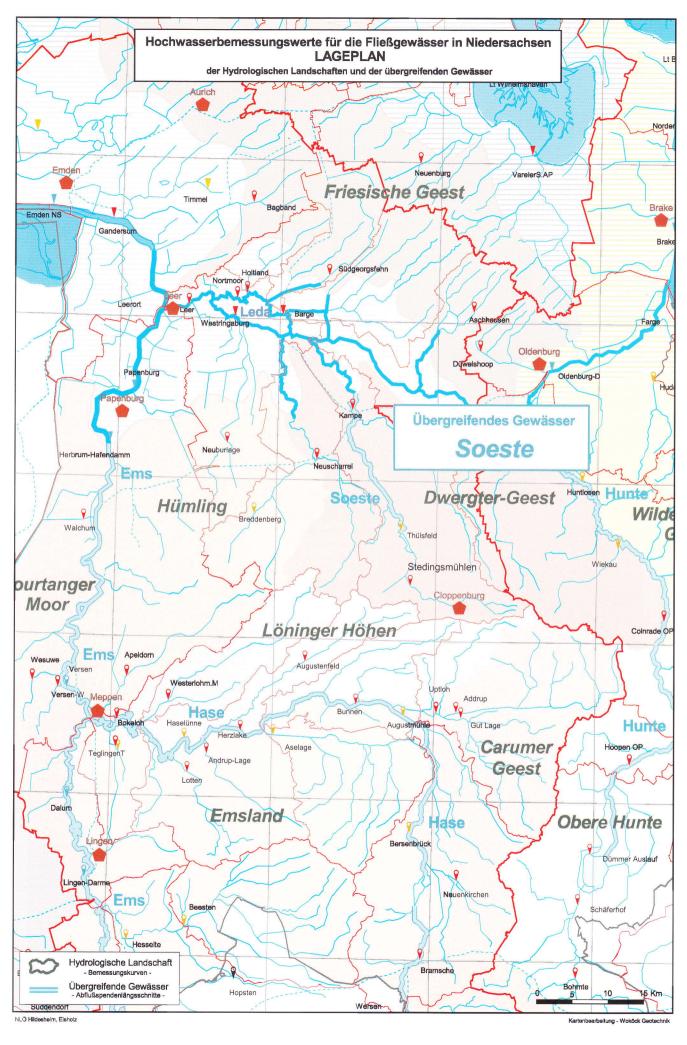


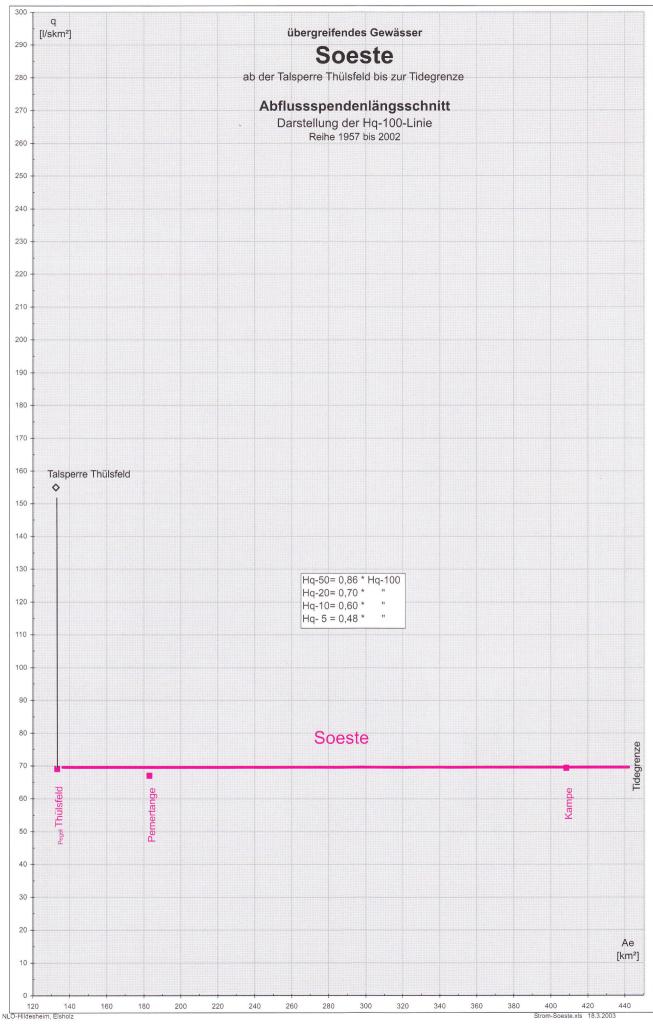


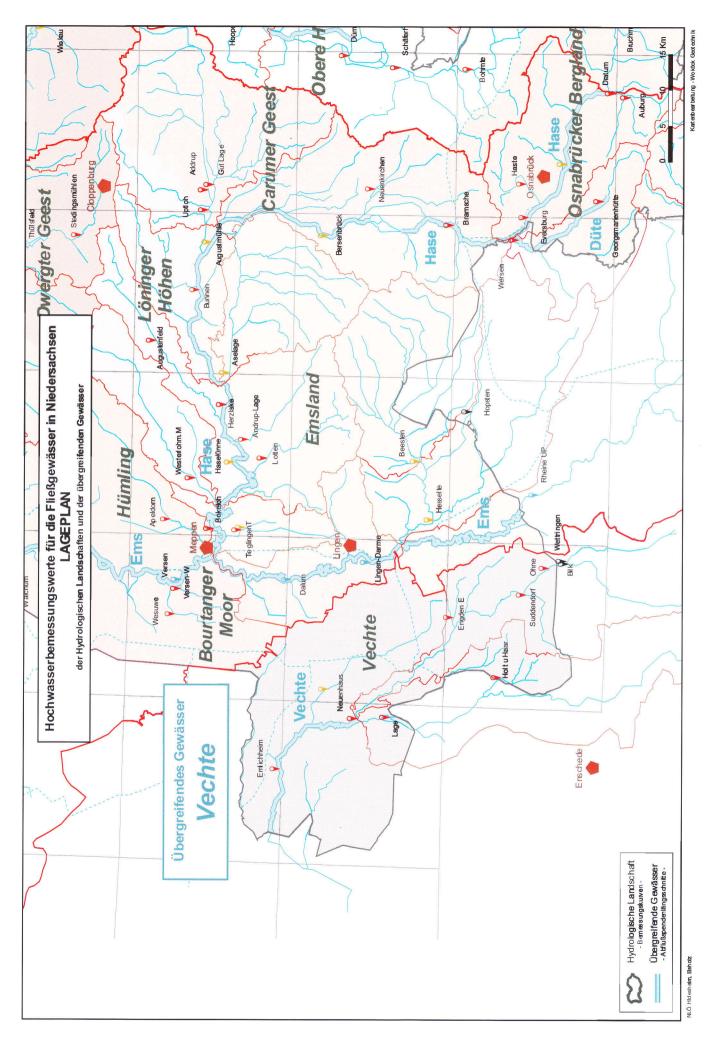


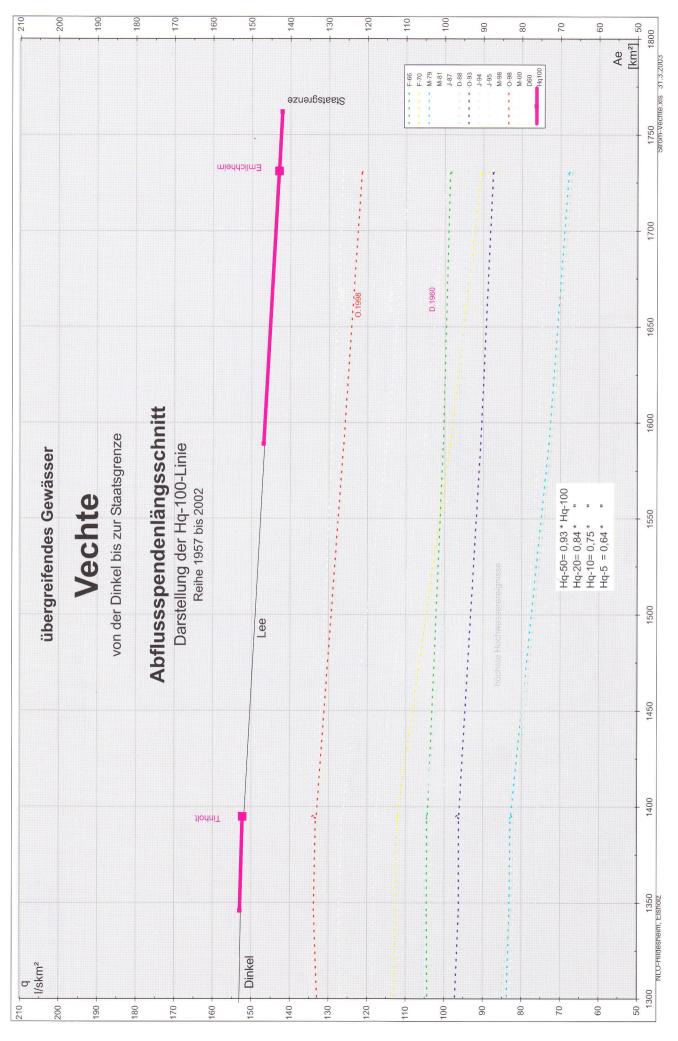


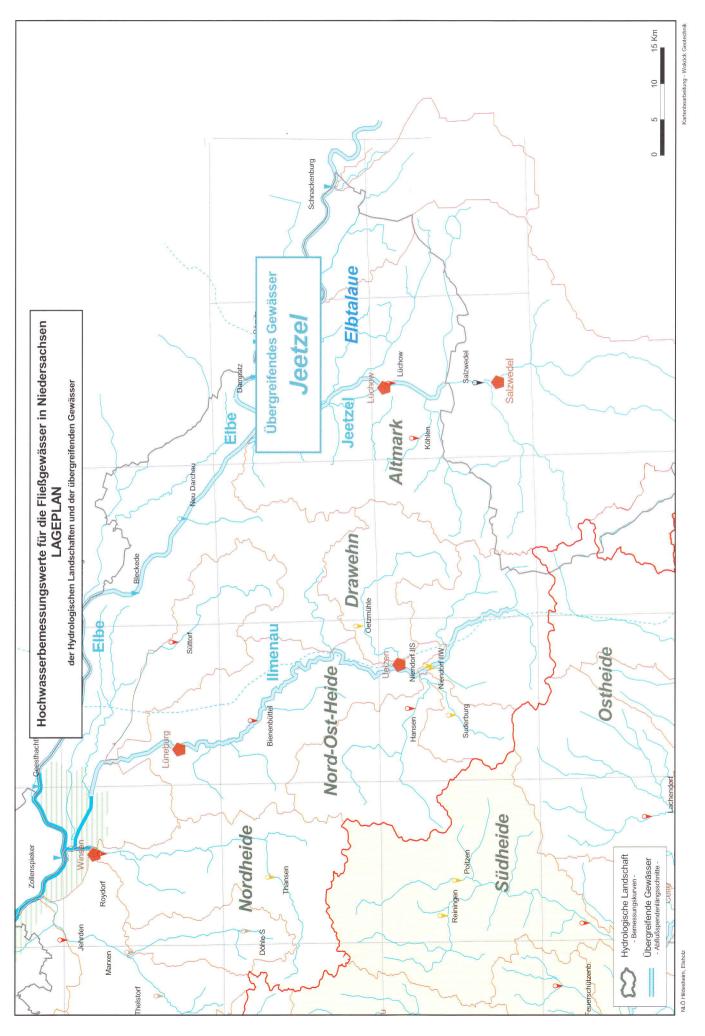


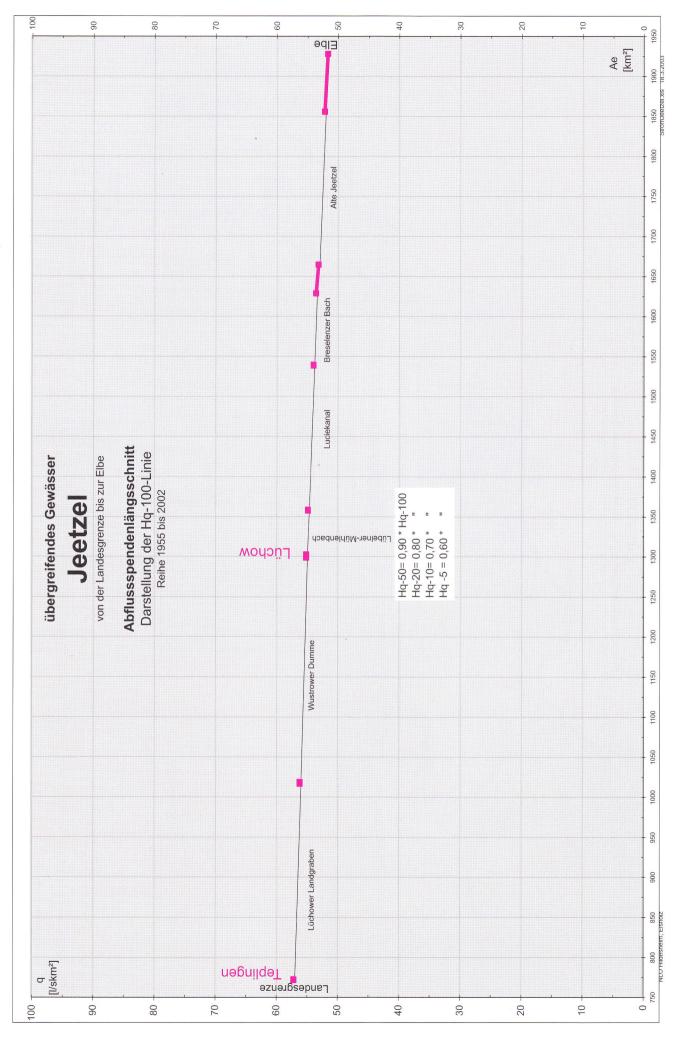


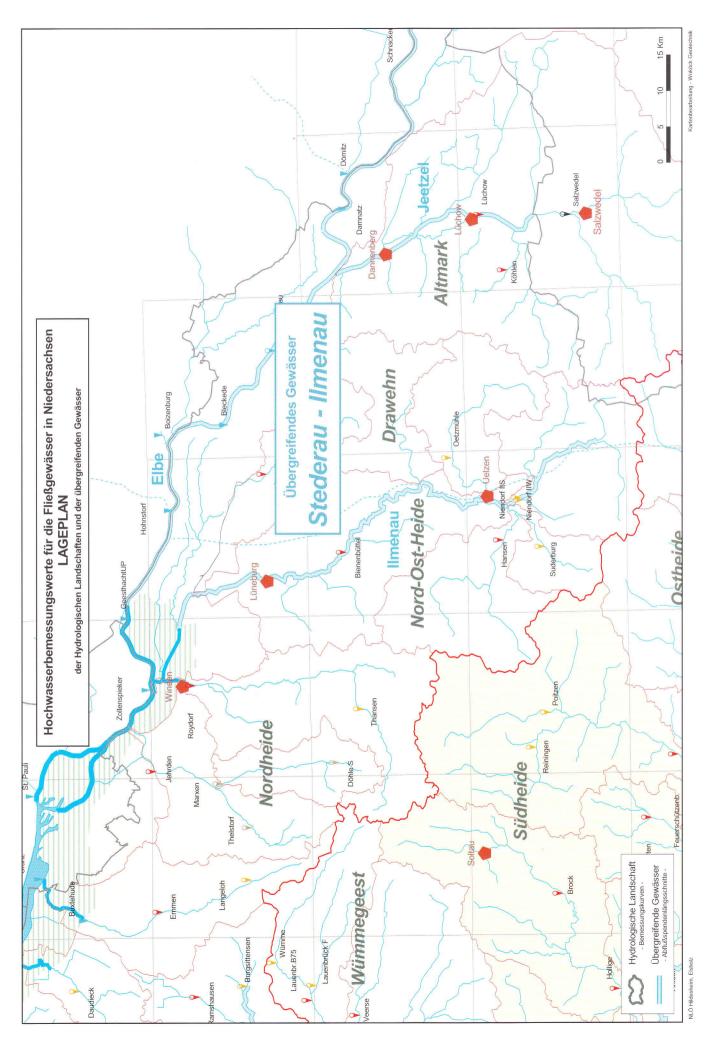


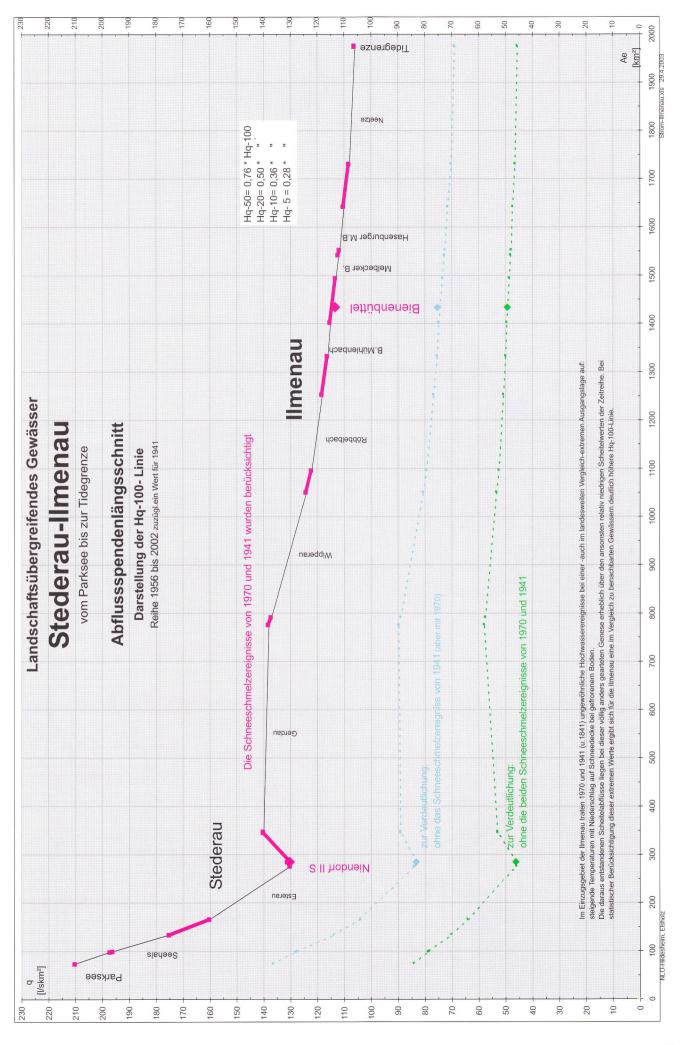


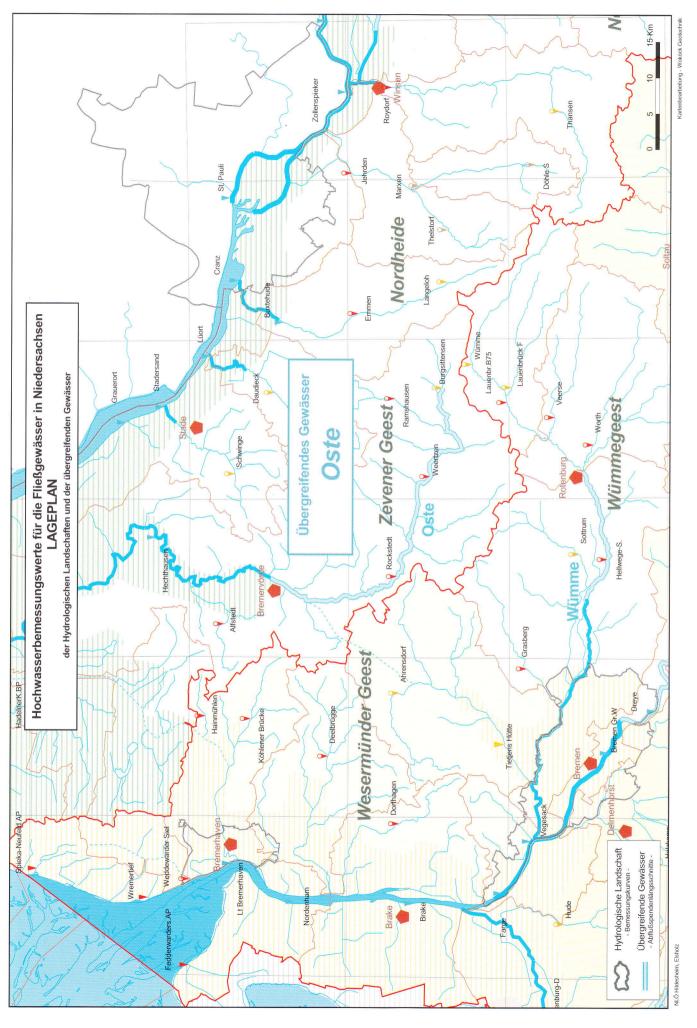


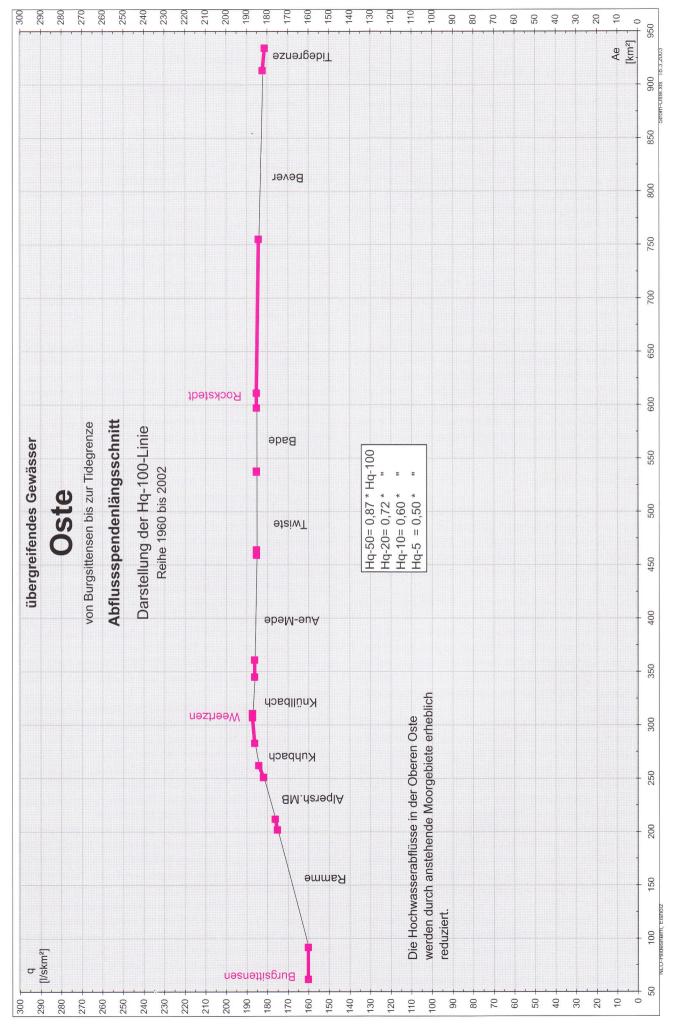












6 Erläuterungsbericht

6.1 Entwicklung der Hydrologischen Landschaften

Die zentrale Frage bei hydrologischen Untersuchungen aller Art ist die Frage nach dem "hydrologischen Wert" des betrachteten Pegels, bzw. die Frage, ob der Pegel – über punktuelle Aussagen hinausgehend – das Abflussgeschehen des oberhalb angeschlossenen Einzugsgebietes im Sinne der Wasserhaushaltsgleichung repräsentiert.

Nur wenn dies der Fall ist, erfüllt der Pegel seine eigentliche hydrologische Leitfunktion, nur dann können seine Daten auch übertragen werden auf angrenzende hydrologisch unerschlossene Gebiete.

Zur Beantwortung dieser entscheidenden Fragen wurde nach Bestandsaufnahme und vollständiger Datenerfassung die mittlere Abflussspende (Mq) aller Pegel den natürlichen Gegebenheiten in den unterschiedlichen Naturräumen Niedersachsens gegenübergestellt und eine systematische Strukturierung hydrologisch ähnlicher Gebiete über Regionalisierungsansätze vorgenommen.

Nachstehend wird die Methodik dieses erstmals 1996 durchgeführten Regionalisierungsvorhabens mit den wichtigsten Ergebnissen gestrafft dargestellt. Sie bildet die Voraussetzung und Grundlage für alle nachfolgenden Regionalisierungsansätze, insbesondere auch für die Erarbeitung der nachfolgenden Hochwasserbemessungswerte.

6.1.1 Regionalisierung

Regionalisierungen werden für die unterschiedlichsten Vorhaben und Fragestellungen eingesetzt.

Zumeist handelt es sich hierbei um die Identifikation von Flächen mit ähnlichen Flächeneigenschaften, in denen punktförmig vorliegende Messwerte einander weitgehend ähneln.

Die Identifikation und Abgrenzung der Flächen ist ein sukzessiver Optimierungsprozess.

Über schrittweise Veränderungen – zumeist Verkleinerungen – wird versucht, die Flächen so abzugrenzen, dass in ihnen schließlich bestimmte Flächeneigenschaften dominieren und gleichzeitig die hiervon zumeist logisch abhängigen punktförmigen Messwerte weitestgehend übereinstimmen.

Das Optimum ist erreicht, wenn die abgegrenzten Flächen nahezu identische Flächeneigenschaften aufweisen und die darin enthaltenen punktförmigen Messwerte nur noch gering streuen. Jeder Fläche wird jetzt ein aus den Messwerten zu ermittelnder repräsentativer Wert zugeordnet, der an allen Punkten der Fläche Gültigkeit besitzt.

Entsprechend der jeweiligen Fragestellung können sich sehr unterschiedliche Maßstabsebenen mit sehr unterschiedlichen Flächengrößen für derartige Regionalisierungsvorhaben ergeben, begrenzende Faktoren stellen stets die verfügbaren Daten, insbesondere eine noch vertretbare Mindestanzahl einzubeziehender punktförmiger Messwerte dar.

Durch eine Regionalisierung werden neben einer verbesserten Kontroll- und Plausibilisierungsmöglichkeit auch Rationalisierungseffekte erwartet.

Regionalisierung im hydrologischen Sinne kann als regionale Zusammenfassung von Einzugsgebieten mit ähnlichen hydrologischen Flächeneigenschaften und davon abhängigen, einander ähnelnden hydrologischen Messgrößen verstanden werden.

6.1.2 Datenaufbereitung und Regionalisierungsvorgang

Vor der eigentlichen hydrologischen Regionalisierung erfolgte zunächst eine Gliederung des gesamten Untersuchungsraumes in flächenhafte Einzugsgebiete mit überwiegend natürlichen Abflussbildungsprozessen und in linienförmige gebietsübergreifende Flüsse mit überwiegend Abflusskonzentrationsprozessen. Denn nur in den flächenhaften Gebieten mit definierten Flächeneigenschaften und davon abhängigen flächenhaft ansetzbaren Abflussgrößen ist eine hydrologische Regionalisierung möglich. In den größeren Flüssen hingegen erfolgt die Abflusskonzentration nach überwiegend hydraulischen Gesetzmäßigkeiten mit nur punktuell gültigen Abflussgrößen; dies schließt eine Regionalisierung aus.

Beim Regionalisierungsvorgang zur Entwicklung der Hydrologischen Landschaften wurden die regionalen Flächenmerkmale wie Klima bzw. Gebietsniederschlag, Morphologie und Boden als Eingangsgrößen herangezogen. Als Ausgangsgröße, bzw. als Regionalisierungsparameter wurde der in hohem Maße davon abhängige Messwert der mittleren Abflussspende (Mq) der Pegel angesetzt.

Die langjährige mittlere Abflussspende (Mq in I/s*km²) ist der Quotient aus der Abflussmenge (I/s) und dem zugehörigen Einzugsgebiet (km²), sie gibt den Abfluss je km² an und ermöglicht dadurch einen Vergleich von Abflüssen in unterschiedlich großen Einzugsgebieten. Als langjähriger Mittelwert, bei dem alle Extreme durch fortwährende Mittelung nivelliert wurden, eignet sich dieser Parameter in besonderem Maße für den gebietsübergreifenden Vergleich von Abflussbildungsvorgängen.

Bei der Datenaufbereitung wurde auf eine gemeinsame hydrologisch repräsentative Bearbeitungsreihe als unbedingte Voraussetzung für vergleichende Betrachtungen geachtet. Nach Zeitreihenanalysen an langjährig beobachteten Messstationen wurde die Reihe 1972 bis 1995 mit etwa gleicher Anzahl von Feucht- und Trockenphasen gewählt.

Für die Pegelstationen konnte mit dieser gewählten Reihe gleichzeitig auch ein Maximum der vorliegenden Beobachtungsreihen abgedeckt werden. Bei kürzer beobachteten Pegeln wurden fehlende Jahresmittel über Vergleichsbetrachtungen mit benachbarten langjährig beobachteten Pegeln ergänzt, wodurch – zumindest tendenziell – auch das Abflussverhalten der fehlenden Jahre in das langjährige Mittel eingehen konnte.

Der eigentliche Regionalisierungsvorgang gestaltete sich als Optimierungsprozess mit ständiger Rückkopplung zwischen den entstehenden Gebietsabgrenzungen entsprechend den Flächenmerkmalen und den darin immer deutlicher sich herauskristallisierenden gebietstypischen punktuellen Messwerten, wobei sukzessiv immer feinere Prüfkriterien zum Ansatz gebracht werden konnten.

Hierbei traten bei bestimmten Pegeln immer deutlicher werdende Abweichungen hervor. Stellte sich bei deren Überprüfungen schließlich heraus, dass Messfehler oder anthropogene bzw. geogene Beeinflussungen vorlagen, wurde der Pegel von den weiteren Betrachtungen ausgenommen, bzw. eine grundlegende Über-

arbeitung des Pegels angeregt.

Auf diese Weise konnte das gesamte Pegelmessnetz verifiziert werden, wobei messtechnisch bedingte Fehler bei einer nicht unerheblichen Anzahl von Pegeln schließlich behoben wurden. Eine weitere Gruppe von Pegeln mit nachvollziehbaren Beeinflussungen wurde zwecks Dokumentation im Messnetz belassen. Etliche Pegel wurden aber auch aus dem Pegelmessnetz entfernt, da die Beeinflussungen nicht zu identifizieren waren und/oder irreparable messtechnische Mängel vorlagen.

Mit dieser Regionalisierung wurden schließlich 32 Hydrologische Landschaften identifiziert, die sich hinsichtlich Klima, Morphologie, dem Boden und dem resultierenden natürlichen Gebietsabfluss z. T. erheblich voneinander unterscheiden, – entsprechend der Vielfalt der natürlichen Gegebenheiten in Niedersachsen. Innerhalb einer jeden Hydrologischen Landschaft liegen jedoch annähernd gleiche hydrologische Bedingungen vor mit gebietstypischen flächenhaft gültigen Richtwerten für die Wasserhaushaltsparameter Niederschlag, Abfluss und Verdunstung. Übertragungen auf messtechnisch bisher nicht erfasste Gewässer innerhalb der Landschaft sind damit möglich, die Repräsentativität eines Pegels kann hieran ermessen werden.

Die 32 Hydrologischen Landschaften decken etwa 83 % der niedersächsischen Festlandsfläche ab. Bei den restlichen 17 % handelt es sich um tidebeinflusste Gebiete, bzw. die tideunabhängige Elbeniederung, Gebiete, für die hinreichende Messwerte nicht vorliegen und zudem das Abflussregime insbesondere im Hochwasserfall in starkem Maße geprägt wird durch das hydrologische Geschehen in der Nordsee bzw. in der tidefreien Elbe.

6.2 Bemessungshochwasser in den Hydrologischen Landschaften

Eine landesweite Überarbeitung und Aktualisierung der Bemessungshochwasserwerte für die niedersächsischen Fließgewässer des Binnenlandes wurde im Jahr 1999 aufgenommen. Seit der letzten Festlegung dieser Werte im Jahr 1982 hat sich die Datenlage z.T. erheblich verändert, da neben den jetzt etwa 20 Jahre längeren und damit statistisch besser abgesicherten Beobachtungsreihen auch von zwischenzeitlich neu installierten Pegeln erweiterte Erkenntnisse über bis dahin hydrologisch unerschlossene Gebiete vorliegen.

Bei erster vergleichender Betrachtung aller jetzt verfügbaren Hochwasserdaten im niedersächsischen Binnenland entsteht zunächst der verwirrende Eindruck einer unsystematischen Sammlung unterschiedlichster Zufallsergebnisse. Erst bei Ansatz der Gebietsabgrenzungen entsprechend den Hydrologischen Landschaften ordnen sich die Verhältnisse, deutlich treten jetzt einzelne "Hochwasserlandschaften" hervor, von denen sich klar die linienförmigen großen Fließgewässer mit ihren landschaftsübergreifenden Funktionen abheben.

Die durch Regionalisierungen mit dem Mq abgegrenzten Hydrologischen Landschaften erwiesen sich somit auch geeignet für Hochwasserbetrachtungen, so dass hierauf aufbauend und mit ähnlichem methodischem Ansatz die Regionalisierung mit Hochwasserwerten vorgenommen werden konnte.

6.2.1 Datenaufbereitung zur Hochwasseranalyse in den Hydrologischen Landschaften

Hochwasserabflussdaten von insgesamt über 400 Pegeln

wurden in die Untersuchung einbezogen. Daten von über 20 Pegeln an den nach Niedersachsen einfließenden Gewässern wurden von benachbarten Bundesländern zur Verfügung gestellt. Alle relevanten Abflusspegel der Bundeswasserstraßenverwaltung, der Harzwasserwerke und der Hamburger Wasserwerke wurden hinzugezogen.

6.2.1.1 Aufbereitung der Beobachtungsreihen für Hochwasseruntersuchungen

Für alle Pegel wurden die Jahresserien der höchsten jährlichen Abflüsse sowie die partiellen Serien markanter Hochwasserscheitel aus den vorliegenden Datenreihen erstellt und im Laufe der Arbeiten bis einschließlich zum Jahr 2002 fortgeschrieben.

Nach Zuordnung aller Pegel zu den entsprechenden Hydrologischen Landschaften wurde landschaftsweise eine Vereinheitlichung der Beobachtungsreihen durchgeführt, mit dem Ziel, für alle Pegel einer Landschaft gleiche und ausreichend lange Jahresserien zu erstellen.

Hierzu wurden die partiellen Serien (aber mindestens ein Wert pro Jahr) aller markanten Hochwasserscheitel gleichen Datums der Pegel einer Landschaft miteinander verglichen. Bei guter Korrelation mit der parallel vorliegenden Reihe eines benachbarten ausreichend lang beobachteten Referenzpegels, wurden fehlende Jahreswerte des kürzer beobachteten Pegels entsprechend dem Verhältnis der parallelen Beobachtungsreihe ergänzt. Hierdurch konnte – zumindest tendenziell – das Hochwassergeschehen der Fehljahre nachgebildet werden und damit die Möglichkeit von Fehlinterpretationen durch zu kurze und zu ungleiche Reihen bei der anschließenden Berechnung der Hochwasserwahrscheinlichkeit minimiert werden.

Die Anzahl der ergänzten Jahre lag in der Regel unter 5 Jahren, in Einzelfällen, bei sonst fehlenden Daten in einer Landschaft wurden versuchsweise auch größere Zeitspannen ergänzt.

Auf diese Weise konnten für alle Pegel innerhalb einer Landschaft gleich lange Jahresserien von zumindest 40 Jahren bis einschließlich 2002 erzeugt werden, – als elementare Grundvoraussetzung für vergleichende Betrachtungen des langjährigen Hochwassergeschehens.

6.2.1.2 Ermittlung der Hochwasserwahrscheinlichkeiten

Die Berechnung der Hochwasserwahrscheinlichkeiten wurde entsprechend DVWK-Richtlinie Nr. 251/1999 mit den o. g. erzeugten Jahresserien für alle Pegel durchgeführt.

Als wichtigster Leit- und Arbeitswert wurde jeweils die Hochwasserwahrscheinlichkeit für das Hq-100, d.h. für die in 100 Jahren einmal zu erwartende Überschreitung einer Hochwasserabflussspende ermittelt. Dabei wurde aus den drei besten durch Anpassungstests ermittelten Verteilungsfunktionen grundsätzlich die mittlere gewählt. Damit wurde sichergestellt, dass bei allen Anwendungen die mathematisch/ statistischen Rechenabläufe und die Auswahl der Verteilungsfunktionen stets gleich und nachvollziehbar erfolgt.

Bei diesen in stets gleicher Weise durchgeführten Berechnungen des Hq-100 hat sich gezeigt, dass eine sinnvolle Schätzung der Hochwasserwahrscheinlichkeit für einen Pegel in entscheidendem Maße von der Beobachtungsdauer, der gewählten Zeitreihe, der Datenqualität und in starkem Maße von extremen "Ausreißern" abhängt.

Erst ab einer Beobachtungsreihe von über 30 Jahren kann eine hinreichend zuverlässige statistische Schätzung des Hg-100-Wertes angenommen werden.

Bei kürzeren Beobachtungsreihen, insbesondere aber bei fehlenden mehrjährigen ausgeprägten Feucht- oder Trockenphasen können sich völlig abwegige Hq-100 Werte ergeben.

Doch auch über 30-jährige Beobachtungsreihen können bei der Schätzung des Hq-100 noch in ganz erheblichem Maße durch extreme Einzelwerte oder durch "geschickte" Auswahl des Berechnungszeitraumes, oder z. B. durch systematisch fehlerhafte Bemessungen höchster aufgetretener Scheitel (W-Q-Beziehung) in erheblichem Maße beeinflusst werden.

Die entscheidenden Hinweise ergeben sich letztlich immer durch Vergleiche des ermittelten Hq-100-Wertes mit Nachbarpegeln innerhalb der Hydrologischen Landschaft und den Nachbarlandschaften. Erst durch diesen Vergleich fallen häufig die errechneten Wahrscheinlichkeiten einzelner Pegel als unplausibel auf.

Kritisches Hinterfragen einzelner herausragender Werte und/oder die Überprüfung der W-Q-Beziehungen insbesondere im obersten Bereich führte in vielen Fällen zu grundlegenden Korrekturen der Eingangswerte mit anschließend erheblich veränderten Hq-100 Werten.

Auf die Angabe des jeweiligen statistischen Vertrauensbereiches (Konfidenzintervall) wurde bewusst verzichtet, weil dies wiederum Genauigkeiten suggerieren würde, die aufgrund der Datenlage (Beobachtungsdauer) nur bei wenigen Pegeln gerechtfertigt wäre.

6.2.2 Regionalisierung mit Hochwasserwerten

Die Hydrologischen Landschaften mit ihren relativ kleinräumigen, hydrologisch in sich ähnlichen Flächeneinheiten und mit ihren bereits über das **Mq** plausibilisierten Pegeln hatten sich bereits bei ersten Versuchen als geeignet für eine Regionalisierung auch mit Hochwasserwerten erwiesen.

Als Regionalisierungsparameter wurde daher das für alle Pegel errechnete Hq-100 angesetzt, u.a. auch deshalb, weil dieser Wert über statistische Verfahren viele streuende Einzelwerte gewissermaßen ausgleicht und in der Regel extreme Einzelwerte dämpft. Messstellen mit Einzugsgebieten < 20 km² wurden dabei nicht berücksichtigt, da Daten von nur wenigen Pegeln dieser Größenordnung vorliegen und deren Plausibilisierung kaum mit den hier verwendeten Methoden möglich ist.

Der Regionalisierungsvorgang verlief ähnlich wie beim **Mq** (s. Abs. 6.1.2), mit Gebietsabgrenzungen und Zuordnung der Pegel, wie sie im wesentlichen bereits dort vorgenommen worden waren. Zu betonen ist wiederum der mit der Regionalisierung einhergehende Plausibilisierungseffekt, durch den eine größere Anzahl von Pegeln grundlegend korrigiert werden konnte.

Bei der Regionalisierung mit dem Hq-100 konnte in einigen Landschaften, die bisher bei der Regionalisierung mit dem Mq noch homogen erschienen, jetzt unterschiedliches Gebietsverhalten bei Hochwasser festgestellt werden. Dies führte zu weitergehenden Untergliederungen einiger Hydrologischer Landschaften in zusätzliche Teilgebiete.

Des weiteren wurde auch die Ausgliederung einzelner, bisher beim **Mq** nicht auffälliger Gewässer wegen eines jetzt deutlich hervortretenden unterschiedlichen Hochwasserverhaltens im Vergleich zur sonstigen Land-

schaft vorgenommen. Diese Gewässer wurden der Gruppe der übergreifenden Gewässer zugeordnet (s. Abs. 6.2.4).

6.2.3 Entwicklung der landschaftstypischen Hochwasserbemessungskurven

Die funktionale Abhängigkeit zwischen dem Hochwasserscheitelabfluss und der Einzugsgebietsgröße hat bereits Wundt 1949 untersucht. Er stellte fest, dass mit zunehmender Einzugsgebietsgröße die max. Scheitelabflussspende (HHq) abnimmt. Ursächlich hierfür ist die Reibung im Gewässer und zeitungleiche Scheitelzutritte aus den Nebengewässern. Auf Grund der damaligen Datenlage wurden noch sehr große und unterschiedliche Gebiete mit kurzen Pegelreihen betrachtet. Zwischenzeitlich hat sich die Datenlage erheblich verbessert, eine weitergehende Differenzierung vergleichbarer Pegel und Einzugsgebiete wird möglich, so dass jetzt auf der Maßstabsebene der Hydrologischen Landschaften operiert werden kann.

Trägt man nun die für alle Pegel ermittelten Hq-100-Spenden in Abhängigkeit zur Einzugsgebietsgröße landschaftsweise in X-Y-Koordinatensysteme ein (Ae/Spende), so erkennt man deutliche Abhängigkeiten in allen Landschaften, Kurven mit abnehmender Spende bei zunehmender Einzugsgebietsgröße zeichnen sich ab. Auch werden zwischen den einzelnen Landschaften z.T. erheblich unterschiedliche Spendenniveaus deutlich.

Bei der Suche nach einer geeigneten Kurvenanpassung an die Messpunkte in allen Landschaften hat sich die Funktion $\mathbf{q} = \mathbf{Ga} * \mathbf{Ae^{-m}}$ als optimal erwiesen, da mit ihr bei äußerster Sensibilität die landschaftsspezifischen Merkmale aller 32 Hydrologischen Landschaften herausgearbeitet werden konnten.

In dieser Funktion ist \mathbf{q} die gesuchte Spende, \mathbf{Ga} die gebietstypische Anfangsspende (q bei Ae = 1 km²), \mathbf{Ae} die bekannte Einzugsgebietsgröße und \mathbf{m} die gebietstypische Kurvensteigung.

Andere Verteilungsfunktionen erwiesen sich als nur partiell einsetzbar mit z. B. guten Anpassungen in allen Flachlandregionen, jedoch nicht mehr akzeptablen Anpassungen im Bergland.

Die landschaftstypischen Unterschiede werden deutlich bei Betrachtung der beiden Parameter **Ga** und **m**.

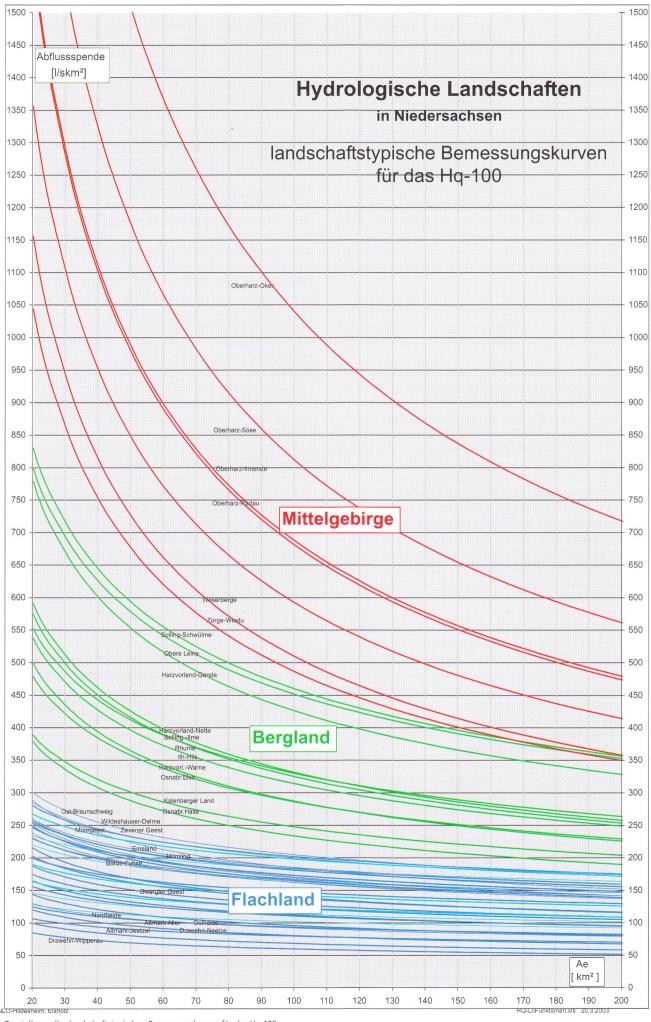
Während **Ga** – gut nachvollziehbar – regional unterschiedliche Anfangswerte angibt, deuten die Unterschiede bei den Steigungen **m** auf unterschiedliche Konzentrationsprozesse in den Landschaften hin.

Starkes Kurvengefälle im Mittelgebirge weist auf eine schnelle Abnahme der Anfangsspende hin, d.h. hier konzentriert sich nur ein geringer Anteil der im Einzugsgebiet ablaufenden Hochwasserabflüsse.

Geringes Kurvengefälle im Flachland weist auf eine langsame Abnahme der Anfangsspende hin, was auf eine hohe Konzentration aller im Einzugsgebiet zusammenlaufenden Hochwasserabflüsse hindeutet.

Neben regional unterschiedlicher Reibung dürften auch die regional erheblich unterschiedlichen Scheitelverweildauern ursächlich sein.

In der nachstehenden Abbildung werden die landschaftstypischen Hq-100-Kurven aller 32 Hydrologischen Landschaften mit ihren insgesamt 55 unterschiedlichen Teilgebieten gemeinsam dargestellt.



Alle Kurven beginnen bei einer Einzugsgebietsgröße von 20 km², das Ende der Kurven wurde hier aus Darstellungsgründen bei 200 km² gewählt (unabhängig von der tatsächlichen Größe der jeweiligen Landschaft).

Auffallend an dieser Darstellung ist die klare Sortierung aller Kurven entsprechend ihrer Zugehörigkeit zu den Landschaftstypen. Höchste Spenden, aber auch größte Kurvensteigungen erkennt man im Mittelgebirge, zum Bergland hin nehmen die Spenden und Steigungen ab und erreichen im Flachland geringste – allerdings auch stärker streuende – Werte.

Trägt man zusätzlich die für alle Landschaften ermittelte gebietstypische Anfangsspende Ga und die zugehörige gebietstypische Kurvensteigung m in ein Koordinatensystem ein (hier nicht dargestellt), so ergibt dies eine relativ straffe Beziehung, aus der u. a. auch hervorgeht, dass in den verschiedenen Landschaftsräumen nur bestimmte Wertepaarungen auftreten (können):

Landschaftsraum	Ga	m
Mittelgebirge	12000 bis 3000	-0,55 bis -0,45
Bergland	3000 bis 800	-0,45 bis -0,25
Flachland	800 bis 160	-0.25 bis -0.15

Die starken Streuungen im Flachland erklären sich vermutlich durch z.T. grundlegende Unterschiede der dortigen 25 Hydrologischen Landschaften mit ihren insgesamt 38 hier dargestellten Hq-100-Kurven, die alle dem Flachland zugerechnet werden können, die aber hinsichtlich Niederschlag, Boden, Abfluss etc. z. T. erheblich differieren.

Einschränkend muss nochmals darauf hingewiesen werden, dass der oberste Bereich aller Kurven bis zu einer Einzugsgebietsgröße von 20 km² aufgrund mangelnder Messwerte nicht in diese Anpassungen einbezogen werden konnte und somit alle über die Funktion errechenbaren Spendenwerte für Einzugsgebiete < 20 km² rein mathematischer Natur sind. Für derart kleine Einzugsgebiete werden in der Regel andere Bemessungsverfahren (s. Siedlungswasserbau) herangezogen. Mit generalisierenden hydrologischen Verfahren sind diese kleinen Gebiete kaum verlässlich zu beurteilen, da dort häufig bestimmte Gebietseigenschaften dominieren und somit ganz spezifische, vom späteren Gebietsverhalten häufig stark abweichende Abflussreaktionen auftreten. Nur eine detaillierte Untersuchung des jeweiligen Einzelfalls kann hier Sicherheit ergeben

6.2.4 Abweichungen vom landschaftstypischen Verhalten bei Hochwasser

Die landschaftstypischen Spendenkurven ergeben sich durch optimale Anpassung an die aus den Pegelmesswerten ermittelten Hq-100-Werte. Bestimmte Pegel konnten jedoch wegen zu starker Abweichungen nicht in diese Kurvenanpassung einbezogen werden. Nach intensiver Ursachenforschung, angefangen bei der Messwerterfassung bis hin zu lokalen Erklärungsansätzen ergaben sich für die meisten dieser Problempegel schließlich befriedigende Erklärungs- und Lösungsansätze.

Eine größere Anzahl dieser zunächst abweichenden Pegel fügte sich nach notwendig erkannten Korrekturen (i.d.R. oberster Bereich der W-Q) zumeist problemlos in die entsprechende landschaftstypische Kurve ein.

Daneben verblieb schließlich eine Gruppe von Pegeln, bei denen die Abweichungen vom landschaftstypischen Hochwasserverhalten auf plausible Ursachen zurückzuführen sind, bzw. diese Abweichungen erst jetzt bei der Regionalisierung mit dem Hq-100 deutlich hervortraten. In erster Linie sind dies :

- Auswirkungen von Talsperren und Seen, sowie Zu- oder Ableitungen.
- Durchleitung eines Hochwassers durch eine anders geartete Landschaft
- Anomalien in einer Landschaft

Solcherart betroffene Gewässer wurden den übergreifenden Gewässern zugeordnet und die Abflussentwicklung durch Abflussspendenlängsschnitte dargestellt.

Ein markant abweichender Ausnahmefall ist besonders hervorzuheben :

In einem Einzugsgebiet des Berglandes von 60 km² Größe entwickelt sich das Einzugsgebiet sprunghaft, d.h. zwei gleich große und gleich ausgeformte Teileinzugsgebiete mit annähernd gleichem Gefälle und gleicher Fließzeit bei vermutlich gleicher Überregnung treffen aufeinander. Jedes der einzelnen Teilgebiete liegt mit seiner jeweiligen Scheitelspende durchaus noch auf der landschaftstypischen Kurve. Nach dem Zusammenfluss aber verdoppeln sich Abflussmenge und Einzugsgebietsfläche, so dass die hohen Spenden der einzelnen Teilgebiete in das anschließende Hauptgewässer übergehen.

In diesem Fall endet die landschaftstypische Kurve bei 30 km² und bei gleichbleibender Spende wird ab 60 km² der weitere Gewässerverlauf als Abflussspendenlängsschnitt dargestellt.

Bei den hier durchgeführten Untersuchungen wurde im gesamten niedersächsischen Raum nur dieser klar erkennbare Fall von zeitgleicher Scheitelüberlagerung erkannt. Bei zwei weiteren möglicherweise ähnlichen Fällen im Flachland konnten trotz modellhafter Aufbereitung die Sachverhalte nicht deutlich abgeklärt werden.

Nicht auszuschließen sind weitere derartige Gebiete, die hier jedoch wegen fehlender Messwerte nicht erkannt werden konnten.

6.2.5 Weitere Hochwasserwahrscheinlichkeiten in den Hydrologischen Landschaften

Die im ersten Schritt erstellten landschaftstypischen Bemessungskurven für das Hq-100 sind das Ergebnis einer auch mit visuellen Mitteln durchgeführten optimalen Funktionsanpassung an die errechneten Hq-100 Werte der Pegel. Die Kurve folgt dabei in erster Linie den prägenden Leitpegeln, weniger typische Pegel können von dieser Hq-100-Kurve abweichen. Aus diesem Vorgehen ergibt sich, dass die weiteren Bemessungskurven für das Hq-50, 20, 10 und 5 ebenfalls aus diesen maßgebenden Leitpegeln abzuleiten sind.

Daher wurden für alle Leitpegel die weiteren Eintrittswahrscheinlichkeiten ermittelt und dem Hq-100 gegenübergestellt. Bei zumeist straffen Abhängigkeiten konnten hieraus die jeweiligen landschaftstypischen Hq-50, 20, 10, 5-Kurven entwickelt und das Verhältnis zum jeweiligen Hq-100-Wert festgelegt werden.

Einzelne Pegel mit ungewöhnlich stark konkav- oder konvexgeneigten Verteilungsfunktionen zeigten größere Abweichungen; in derartigen Ausnahmefällen waren die sonstigen Leitpegel der Landschaft maßgebend.

Auf eine Darstellung der Kurvenbänder für die weiteren Wahrscheinlichkeiten wird verzichtet, vielmehr kann die jeweils gewünschte Wahrscheinlichkeit über das Hq-100 mit den angegebenen Faktoren errechnet werden.

6.3 Bemessungshochwasser in den übergreifenden Gewässern

Als übergreifende Gewässer werden nachstehend größere Fließgewässer bezeichnet, deren Abflussspenden sich deutlich von denen der gerade durchflossenen Hydrologischen Landschaft unterscheiden. Diese Gewässer wurden folglich aus der regionalisierten flächenhaften Betrachtung herausgenommen und als linienförmige übergreifende Gewässer betrachtet.

Die wichtigste Gruppe dieser übergreifenden Gewässer wurden bereits bei der Regionalisierung mit dem mittleren Abfluss identifiziert.

Es sind dies:

– die Ströme und großen Flüsse mit zumeist mehreren angeschlossenen Hydrologischen Landschaften, aber ohne nennenswertem verbliebenem eigenem Einzugsgebiet (bei der hier gewählten hydrologischen Maßstabsebene ist der eigentliche Abflussbildungsprozess nur in der Hydrologischen Landschaft anzusetzen). Die Abflüsse in den übergreifenden Gewässern können als das Resultat eines komplexen, direkt im Gewässer ablaufenden hydraulisch gesteuerten Mischvorganges der Zuflüsse aus allen angeschlossenen Hydrologischen Landschaften angesehen werden.

Eine weitere Gruppe übergreifender Gewässer kristallisierte sich im Zuge der Regionalisierung mit Hochwasserwerten heraus. Bei dieser spezifischen Abflusssituation zeigten sich jetzt in weiteren – bisher bei Mq noch unauffälligen Gewässern – z.T. erhebliche Unterschiede gegenüber der gerade durchflossenen Landschaft. Bis zum Punkt der Einwirkung verhält sich das Gewässer analog zur zugehörigen Hydrologischen Landschaft, infolge der Einwirkung weichen die Hochwasserabflusswerte ab.

Es sind dies in erster Linie:

- Gewässer nach Talsperren und Seen bzw. großen Retentionsflächen, aber auch nach größeren Zu- oder Ableitungen.
- Gewässer aus Extremgebieten, die ihre Hochwasserabflüsse durch völlig anders geartetes Gebiet hindurchleiten, z.B. beim Übergang vom Mittelgebirge zum Bergland / Flachland (ohne Talsperren)
- Gewässer mit (erkannten) Anomalien im Einzugsgebiet, z.B. Einzugsgebiete mit zeitgleich aufeinander treffenden Scheiteln, oder Einzugsgebietsteile mit gravierenden ein Hochwasser vermindernden oder verschärfenden Eigenschaften (Moorgebiete bzw. versiegelte Flächen).

Derart beeinflusste Gewässer wurden folglich aus der jeweiligen Hydrologischen Landschaft ausgegliedert und als übergreifendes Gewässer mit einem Abflussspendenlängsschnitt dargestellt.

6.3.1 Datenaufbereitung zur Hochwasseranalyse in den übergreifenden Gewässern

Die Datenaufbereitung zwecks Ermittlung des Hq-100 erfolgte in der gleichen Vorgehensweise, wie sie bereits oben bei den Hydrologischen Landschaften dargestellt wurde. Bei zumeist längeren und somit statistisch besser abgesicherten Beobachtungsreihen, aber auch wegen der allgemein besseren Datenqualität dieser zumeist als Hauptpegel betriebenen Messstellen gestaltete sich die Datenaufbereitung vergleichsweise einfacher.

Sofern die Datenlage es gestattete, wurde für die übergreifenden Gewässer grundsätzlich die Reihe 1946 bis 2002 angesetzt. Es wurde versucht, die insbesondere im südlichen Niedersachsen aufgetretenen extremen Hochwässer der Jahre 1946, 1947 und 1948 bei der Berechnung des Hq-100 zu berücksichtigen. Hierbei wurde die hochwasserreduzierende Wirkung der heutigen Talsperren angesetzt und die vor Talsperrenbau aufgetreten HW-Scheitel entsprechend den heutigen Betriebsplänen abgemindert.

6.3.2 Entwicklung der Hochwasserspendenlinien für übergreifende Gewässer

Die Entwicklung der Hochwasserabflussspendenlinien für die übergreifenden Gewässer erfolgte über die bekannte graphische Darstellungsform in einem X-Y-Koordinatensystem. Auf der X-Achse wird die Einzugsgebietsentwicklung mit den wichtigsten einmündenden Nebengewässern sowie die Pegel dargestellt, auf der Y-Achse wird die zugehörige Abflussspende angegeben.

In einem nächsten Schritt wurden die Scheitelwerte der höchsten abgelaufenen Hochwasserwellen an allen Pegeln eingetragen und mit einer modellartigen schrittweisen Berechnung die Abflüsse und Spenden für alle Knotenpunkte entlang des Gewässers auch unter Einbeziehung der Messwerte aus den Nebengewässern angeeicht. Hierbei galt die Annahme, dass die Abflussmenge i.d.R. zunimmt, die Abflussspende aber i.d.R. abnimmt. Die Berechnung und Darstellung erfolgte zwischen den Knotenpunkten linear.

Bei dieser modellartigen Nachrechnung der verschiedenen aufgetretenen Hochwasserwellen wurden neben erkannten Unplausibilitäten mit ggf. Korrekturen einzelner Pegel auch Eichwerte über das Verhalten von Zwischengebieten und einmündenden Gewässern gewonnen. Mit diesen Eichwerten und mit den für die Pegel berechneten Hq-100-Werten wurde die Hochwasserabflussspendenlinie für das Hq-100 entlang des gesamten Gewässerverlaufes festgelegt.

Bei allen Talsperren wurde grundsätzlich deren hochwasserreduzierende Wirkung berücksichtigt, d.h. das Hq-100 für den Gewässerpunkt unterhalb einer Talsperre wurde maßgebend aus den langjährigen Ablaufwerten der Talsperre ermittelt.

Bei den erst seit wenigen Jahren in Betrieb befindlichen Talsperren bzw. Hochwasserrückhaltebecken mit noch statistisch unzureichenden Beobachtungsreihen (Salzderhelden/Alfhausen) konnten Angaben nicht gemacht werden bzw. es wurden Abschätzungen anhand bereits abgelaufener Hochwasserereignisse vorgenommen.

Für den tidefreien Elbeabschnitt zwischen Schnackenburg und Geesthacht können derzeit von hier aus Hq-100-Werte nicht angegeben werden, da vorab eine Überarbeitung der gewässerkundlichen Basiswerte vorgenommen werden muss.

6.3.3 Weitere Hochwasserwahrscheinlichkeiten in den übergreifenden Gewässern

Für die in einem ersten Schritt erarbeiteten und abgestimmten Bemessungswerte für das Hq-100 gelten im wesentlich die Ausführungen aus Abs. 6.2.5

Hinsichtlich der Abhängigkeit der weiteren Wahrscheinlichkeiten vom Hq-100-Wert ergab sich hier eine deutlich höhere Straffheit, begründbar mit den zumeist

sehr ähnlichen Verteilungsfunktionen an den Pegeln in einem Gewässerverlauf.

Auf eine Darstellung der Kurvenbänder für die weiteren Wahrscheinlichkeiten wurde verzichtet, vielmehr

kann – bei gleicher Genauigkeit – über die angegebenen Faktoren die jeweils gewünschte Wahrscheinlichkeit errechnet werden.

Verzeichnis der bisher in dieser Reihe erschienenen Berichte

Das Ziel der Schriftenreihe "Oberirdische Gewässer" des NLÖ besteht darin, möglichst kurzfristig über aktuelle Themen sowie aus Sonderprojekten resultierende Ergebnisse aus dem weit gefächerten Bereich der Hydrologie zu berichten. Diese Berichte erscheinen in unregelmäßigen Zeitabständen, die Nummerierung, z. B. "1/2001", setzt sich aus der insgesamt fortlaufenden Nummer (hier 14) und dem Erscheinungsjahr (hier 2001) zusammen.

Bisher sind die folgend aufgeführten Berichte erschienen: Nr. 1/96: Pflanzenschutzmittel und Nitromoschusverbindungen in ausgewählten niedersächsischen Fließgewässern, 2. Auflage 1997, von D. Steffen, 13 S., 2,50 €.

Nr. 2/97: Schadstoffuntersuchungen im Seston von Weser und Aller – Probengewinnung mittels einer stationären Durchlaufzentrifuge, 1997, von D. Steffen, 78 S., 5,- €.

Nr. 3/97: Orientierende Untersuchungen von Gewässersedimenten auf Nitro-/Polymoschusverbindungen und die Flammschutzmittel TCEP und TCPP, 1997, von G. Lach und D. Steffen, 13 S., 2,50 €.

Nr. 4/97: Untersuchung der Wasserstands-Durchfluss-Beziehung, 1997, von D. Tegtbauer, H. Berger und M. Elsholz, 57 S., 5,– €.

Nr. 5/98: Abflussmessungen im 19. Jahrhundert, 1998, von H. Berger, 28 S., 5,– €.

Nr. 6/98: Hydrologische Landschaften im Raum Niedersachsen, 1998, von M. Elsholz und H. Berger, 26 S., 5,– \in .

Nr. 7/98: Trendbetrachtung über die Belastung von Gewässersedimenten mit Schwermetallen im Zeitraum von 1986–1996, 1998, von D. Steffen und D. Rischbieter, 88 S., 5,–€.

Nr. 8/99: Anwendungen der Wasserstands-Durchfluss-Beziehung, 1999, von M. Elsholz und H. Berger, 28 S., 2,50 €.

Nr. 9/2000: Aktuelles von niedersächsischen Flachseen, Großes Meer / Hieve / Steinhuder Meer, 2000, von J. Poltz, 34 S., 2,50 €. Nr. 10/2000: Phthalate und Triclosan in Sedimenten und Schwebstoffen niedersächsischer Gewässer, 2000, von D. Steffen und G. Lach, 24 S., 2,50 €.

Nr. 11/2000: Schwermetallfrachten der Aller und deren Auswirkung auf die Weser – Bilanzierung auf der Basis von Schwebstoffuntersuchungen des Jahres 1999, 2000, von D. Steffen, 22 S., 2,50 €.

Nr. 12/2000: Pegel an kleineren Fließgewässern – Anforderungen aus hydraulischer und fließgewässerökologischer Sicht, 2000, von M. Elsholz und P. Sellheim, 18 S., 2.50 €.

Nr. 13/2001: Gewässergütebericht 2000, einschl. CD-ROM, diverse Karten, 2001, 7,50 €.

Nr. 14/2001: Zinnorganische Verbindungen im Bioindikator Fisch, 2001, von D. Steffen, H. Wunsch, M. Kämmereit, J. Kuballa, 19 S., 7,50 €.

Nr. 15/2002: Triphenylzinn in Gewässern Niedersachsens – Betrachtung der Kompartimente Wasser, Schwebstoff, Sediment und aquatische Organismen – sowie ein Vergleich zu Butylzinnverbindungen, 2002, von D. Steffen, 170 S., 10,− €

Nr. 16/2003: Gewässerüberwachungssystem Niedersachsen – GÜN – Pegelmessnetz (Messnetz und Messstrategie), 2003, von M. Elsholz und H. Berger, 27 S., 5,– €.

Nr. 17/2003: Polycyclische aromatische Kohlenwasserstoffe in Schwebstoffen und Sedimenten niedersächsischer Fließgewässer (1995 – 2000), 2003, von G. Pelzer, D. Steffen und G. Lach, 33 S., einschl. CD-ROM, 7,50 €.

Nr. 18/2003: Hochwasserbemessungswerte für die Fließgewässer in Niedersachsen, Abflüsse in Hydrologischen Landschaften über Regionalisierungsansätze, 2003, von M. Elsholz und H. Berger, 122 S., 60,– €.