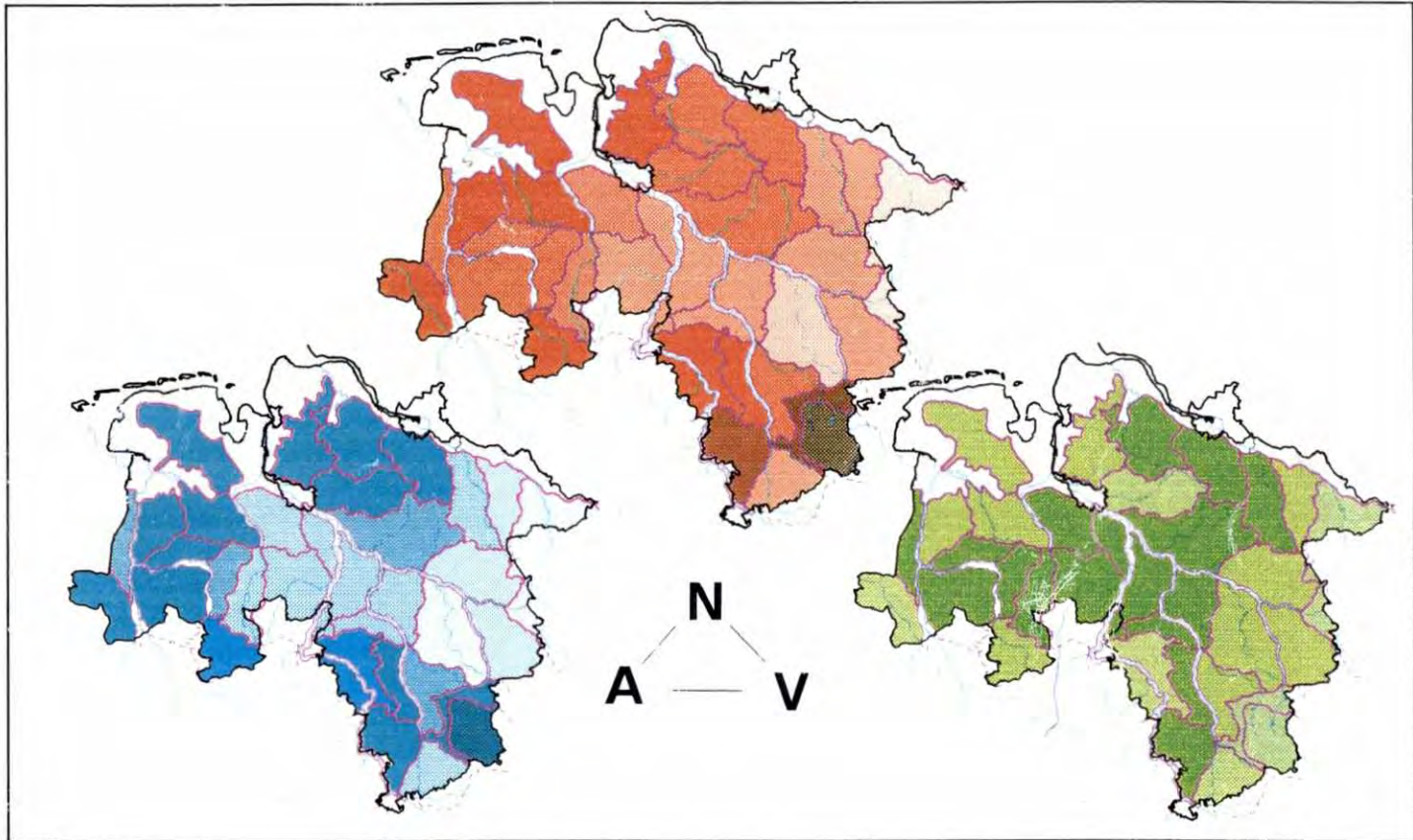




Niedersächsisches  
Landesamt für  
Ökologie



Meinhard Elsholz  
Hartwig Berger

## Hydrologische Landschaften im Raum Niedersachsen



Niedersächsisches  
Landesamt für  
Ökologie

Meinhard Elsholz  
Hartwig Berger

## Hydrologische Landschaften im Raum Niedersachsen

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 34: Oberirdische Gewässer

1. Auflage: Februar 1998, 200 Stück  
Schutzgebühr: 10.- DM

Bezug:

Niedersächsisches Landesamt für Ökologie  
An der Scharlake 39  
31135 Hildesheim

Gestaltung:

Claus Hamann  
Niedersächsisches Landesamt für Ökologie

Gedruckt auf 100% Recyclingpapier

# Inhaltsverzeichnis

Seite

	Einleitung.....	7
1	Daten.....	8
1.1	Bestandsaufnahme der Pegel .....	8
1.2	Abflußdaten, Prüfung auf Konsistenz und erste Plausibilität .....	9
1.3	Gebietsniederschlag .....	9
2	Aufbereitung der Daten .....	10
2.1	Anforderungen an die Untersuchungsreihe .....	10
2.2	Einbinden kurzer Meßreihen.....	10
2.3	Hauptwerte der Niedrig- und Hochwasserbereiche .....	11
2.4	Gebietsniederschlag kleiner Einzugsgebiete .....	11
3	Vorgehensweise bei der Regionalisierung.....	12
3.1	Gebietswasserhaushalt.....	12
3.2	Morphologie, Geologie, Pedologie .....	12
3.3	Gebietstypische Richtwerte.....	13
3.4	Beeinflussungen des Abflußregimes .....	13
3.5	Niedrig- und Hochwasserabflüsse als weitere Regionalisierungshilfen .....	14
4	Ergebnisse der Regionalisierung .....	16
4.1	Hydrologische Landschaften im Raum Niedersachsen .....	16
4.2	Gebietstypische Richtwerte in den Hydrologischen Landschaften .....	18
4.3	Beeinflußte Pegel .....	22
4.4	Beziehung von Gebietsniederschlag zu Gebietsabfluß .....	24
	Ausblick .....	25
	Zusammenfassung .....	25
	Verwendete Literatur .....	26
	Verwendete Daten .....	26



# Einleitung

Die Abflußdaten einer vor ca. 30 Jahren in Niedersachsen eingeleiteten flächendeckenden hydrologischen Erkundung der Oberflächengewässer liegen für etwa 350 Pegel vor. Zusätzlich stehen von einigen Pegeln Abflußdaten mit bis zu einhundert Beobachtungsjahren zur Verfügung.

Diese mit großem Personal- und Geräteeinsatz gewonnenen langjährigen Reihen mit täglichen Abflüssen stellen ein großartiges Datenpotential dar, das jetzt, nach Erreichen erster statistisch akzeptabler Beobachtungszeiten, notwendigerweise auch hydrologisch aufgearbeitet werden muß.

Zu einzelnen Pegeln oder Pegelgruppen wurden schon in großer Zahl hydrologische Aussagen mit zu meist lokalen Fragestellungen getroffen. Bei Anfragen zu Gewässern, für die keine Meßdaten vorliegen, wurde versucht mit Kurzzeitmeßstellen und/oder Analogieschlüssen zu benachbarten Meßstellen eine Antwort zu finden.

Dieses übliche Vorgehen hat den Nachteil, daß mangels umfassender hydrologischer Aufarbeitung nicht bekannt war, ob die hinzugezogenen Pegel repräsentativ für ihr Einzugsgebiet sind, bzw. welche Größenordnungen für den Wasserhaushalt im betrachteten Gebiet anzusetzen sind.

Erstmalig werden daher in einer Gesamtbetrachtung alle verfügbaren Pegel plausibilisiert und auf Gemeinsamkeiten hinsichtlich ihres hydrologischen Verhaltens untersucht, wobei zwei grundlegende Fragen in den Vordergrund gestellt wurden:

Erfüllt der einzelne Pegel seine gewässerkundliche Aufgabe, d.h. repräsentieren seine langjährigen Meßdaten das natürliche Abflußgeschehen des Einzugsgebietes?

Können Einzugsgebiete identifiziert werden, in denen die Pegel ähnliches hydrologisches Verhalten aufzeigen und lassen sich diese zu hydrologischen Gebieten zusammenfassen?

Eine Antwort auf die eine Frage ist nur bei Beantwortung auch der anderen Frage möglich.

Dieses Problem soll durch ein Optimierungsverfahren gelöst werden, bei dem iterativ in immer kleiner werdenden Gebieten die Meßdaten der einzelnen Pegel mit gebietstypischen Richtwerten abgeglichen werden.

Dieses Vorgehen ist vergleichbar mit einer Endlosschleife und fortlaufend verfeinerten Wahr/Falsch-Bedingungen.

Neben der Plausibilisierung bestehender Pegel soll dieses Vorgehen auch die Möglichkeit bieten, über gebietstypische Richtwerte die Größenordnungen des Wasserhaushaltes für meßtechnisch bisher nicht erfaßte Gewässer anzugeben.

# 1 Daten

## 1.1 Bestandsaufnahme der Pegel

Gewässerkundliche Untersuchungen einzelner Einzugsgebiete, insbesondere aber auch größerer hydrologischer Einheiten basieren auf den Abflußdaten möglichst vieler Pegel mit zuverlässigen und möglichst langen und lückenlosen Beobachtungsreihen.

Daher ist zunächst eine umfassende Bestandsaufnahme aller verfügbaren gewässerkundlichen Pegelmeßstellen erforderlich.

Im Rahmen dieser Untersuchung wurden alle bekannten und verfügbaren Pegel in Niedersachsen sowie darüber hinaus auch Pegel aus angrenzenden Gebieten benachbarter Bundesländer einbezogen. Erfäht wurden alle Pegel der Niedersächsischen Wasserwirtschaftsverwaltung sowie Pegel der Wasser- und Schifffahrtsverwaltung, der Harzwasserwerke sowie Pegel sonstiger Betreiber, soweit ein Minimum an zusammenhängenden Beobachtungsdaten vorlag. Historische Pegel mit zu meist kurzen, lückenhaften und für die heutige Zeit nicht mehr zutreffenden Datenreihen wurden nicht mit einbezogen.

Die wichtigsten Stammdaten aller Pegel wurden zusammengetragen, insbesondere wurden die Beobachtungszeitspannen sowie die Verfügbarkeit der bei den Meßstellenbetreibern vorliegenden Daten ermittelt.

Tabelle 1: Zusammenstellung der erfaßten Pegel in Niedersachsen

Pegel in Niedersachsen			
	Pegel gesamt	davon in Betrieb	davon Hauptpegel
Pegel insgesamt	909	697	258
Pegel nur W-Registrierung	378	262	47
Pegel mit Q-Ermittlung	531	435	211
Pegel mit Q-Daten	413	368	211
Pegel mit Q-Daten ab 1972	163	159	133
Betreiber Land Niedersachsen			
	Pegel gesamt	davon in Betrieb	davon Hauptpegel
Pegel insgesamt	649	466	208
Pegel nur W-Registrierung	209	118	29
Pegel mit Q-Ermittlung	440	348	179
Pegel mit Q-Daten	384	338	179
Pegel mit Q-Daten ab 1972	146	142	116

Erläuterung zu Tabelle 1:

Pegel mit Q-Ermittlung: Pegel mit Abflußermittlungen

Pegel mit Q-Daten: Pegel mit verfügbaren Abflußdaten in Form von Tagesmittelwerten

Die Tabelle 1 enthält nur die Pegel in Niedersachsen. Weitere 10 Pegel aus angrenzenden Bundesländern an bedeutenden nach Niedersachsen einfließenden Gewässern stehen darüber hinaus zur Verfügung.

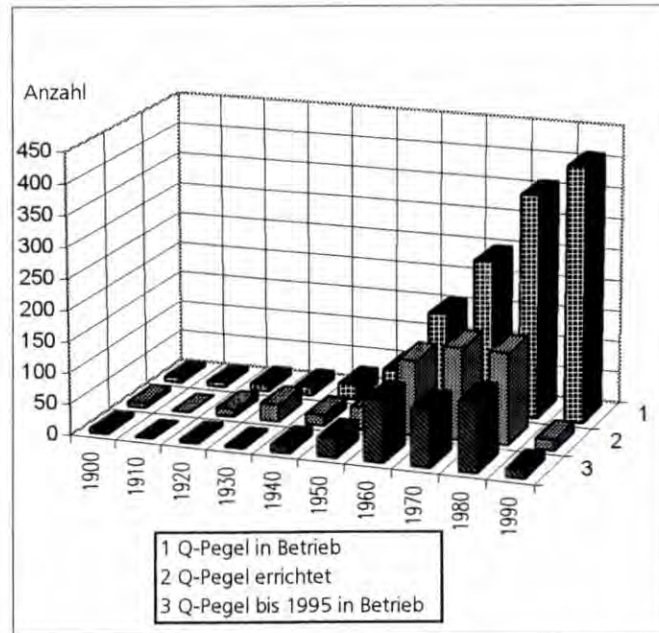


Abbildung 1: Historische Entwicklung der Anzahl von Abfluß-Pegeln in Niedersachsen

Für hydrologische Untersuchungen, insbesondere auch für die hier durchzuführenden Wasserhaushaltsuntersuchungen sind nur Pegel mit Abflußdaten in Form von Tagesmittelwerten von Interesse. Der Abfluß  $Q$  wird (bei allen hier registrierten Pegeln) über eine Funktion  $Q=f(W)$  aus kontinuierlich registrierten Wasserständen  $W$  ermittelt.

Seit 1820 liegen erste regelmäßige und bis heute lückenlose Aufzeichnungen von Abflußwerten an Pegeln in Niedersachsen vor.

An den großen Strömen Weser und Elbe, später auch an der Ems, der Aller und der Leine wurden damals von der königlich hannoverschen und später preußischen Wasserbauverwaltung aufwendige Durchflußmengenmessungen durchgeführt. Aber erst seit dem Jahr 1900 können vorliegende Tagesmittelwerte der Abflüsse von 7 Pegeln in Niedersachsen als plausibel und überprüft betrachtet werden.

Weitere 14 Abflußpegel an Oker, Aller, Vechte und Ems wurden bis 1950 eingerichtet.

Erst die zunehmende Beanspruchung der Ressource Wasser mit ersten z.T. gravierenden Auswirkungen auf den Wasserhaushalt führten in den Jahren ab 1960 zur Errichtung von Pegeln primär zum Zwecke der gewässerkundlichen Erkundung auch in kleineren Einzugsgebieten

Beinahe flächendeckend wurde die hydrologische Erkundung auch an kleineren Fließgewässern durchgeführt, ein Höhepunkt dieser Aktivitäten ist zwischen 1970 und 1990 mit über 300 Pegelneubauten zu verzeichnen. Seit 1990 wurden völlig neue Pegel in Niedersachsen nur noch in wenigen Einzelfällen errichtet.

## 1.2 Abflußdaten, Prüfung auf Konsistenz und erste Plausibilität

Die Abflüsse von 413 Pegeln in Niedersachsen sowie von weiteren 10 Pegeln außerhalb Niedersachsens wurden von den Betreibern der Meßstellen als Tagesmittelwerte zur Verfügung gestellt. Nach Überprüfung dieser Daten auf Konsistenz erfolgte eine erste fachliche Plausibilisierung durch Vergleiche der Abflußpenden aller Hauptwerte, durch visuellen Vergleich der Ganglinien, durch Abgleich unter Zuhilfenahme von Pegeldreiecken, durch Korrelieren der Zeitreihen sowie mit Hilfe der Summen- und Doppelsummenkurve.

Nach Aussondern der Pegel mit inkonsistenten Datenreihen, und der Pegel mit Einzugsgebieten  $<10\text{km}^2$ , sowie der Pegel, deren Meßergebnisse nur für örtliche Fragestellungen von Belang sind, verblieben noch etwa 380 Pegel, die in die weitere Untersuchung einbezogen wurden.

## 1.3 Gebietsniederschlag

Für die Beurteilung des Abflußverhaltens eines Gebietes ist die Kenntnis des jeweiligen Gebietsniederschlages erforderlich. Dieser Gebietsniederschlag wird vom Deutschen Wetterdienst mit Hilfe des Sammelgebietsverfahrens monatsweise seit 1951 ermittelt und zur Verfügung gestellt.

Das Sammelgebietsverfahren orientiert sich an den in der Hydrographischen Karte festgelegten Wasserscheiden. Dabei werden für Gebiete von ca.  $100\text{km}^2$ , den Basisgebieten, die monatlichen Niederschlagssummen angegeben. Alle im Einzugsgebiet eines Pegels liegenden Basisgebiete werden zusammengestellt - es entsteht das sog. Sammelgebiet. Durch flächenanteilige Wichtung der Niederschlagssummen aller in diesem Sammelgebiet liegenden Basisgebiete ergibt sich der Gebietsniederschlag im Einzugsgebiet eines Pegels. Es können so für beliebige Pegel und beliebige Zeitreihen die Gebietsniederschläge errechnet werden.



## 2 Aufbereitung der Daten

### 2.1 Anforderungen an die Untersuchungsreihe

Hydrologische Langzeituntersuchungen erfordern möglichst viele Meßstellen mit möglichst langen Datenreihen. Es können nur die Werte gleicher Untersuchungszeiträume betrachtet werden, auch soll die festgelegte Untersuchungsreihe das mittlere Verhalten wieder geben.

Der zuletzt genannte Gesichtspunkt wird um so bedeutender, je kürzer eine gemeinsame Untersuchungsreihe aufgrund der Datenlage gewählt werden muß und je anspruchsvoller das Untersuchungsziel ist. Bei einer ausschließlichen Betrachtung langjähriger Mittelwerte machen sich extreme Einzeljahre oder längerfristige Schwankungen im Abflußgeschehen nur gering bemerkbar, bei höherwertiger Statistik, z.B. Trenduntersuchungen, kann das Ergebnis jedoch entscheidend durch einzelne Extreme im Verlauf des langjährigen Abflußgeschehens geprägt werden.

Bei Betrachtung des langjährigen Abflußgeschehens wird erkennbar, daß sich periodisch alle 7 bis 15 Jahre Feucht- und Trockenphasen wiederholen.

Die Eintrittszeiten dieser Phasen sind bei allen Pegeln weitgehend gleich, nur die Amplituden zeigen eine pegelspezifische Ausprägung. Abbildung 2 zeigt diese Periodik in der Ganglinie des Gleitenden Mittels für den langjährig beobachteten Pegel Intschede/Weser.

Repräsentative Reihen sollten mehrere Feucht- und Trockenphasen enthalten, insbesondere sollten die Anfangs- und Endpunkte der Reihe einheitlich entweder in einem Minimum oder einem Maximum liegen.

Die Ganglinie des Fortschreitenden Mittelwertes zeigt die Veränderung des Mittelwertes im Verlauf der Beob-

achtungszeit. Sie ähnelt - in gedämpfter Form - der Ganglinie des Gleitenden Mittels. Je länger die Reihe, desto geringer werden die Abweichungen vom Mittelwert (s. Abb. 2).

Nähert sich die Ganglinie des Fortschreitenden Mittels dem langjährigen Mittelwert, so kann unter Berücksichtigung der o.a. Aussage das entsprechende Jahr als Reihenbeginn in Betracht gezogen werden.

Die Untersuchung der Datenreihen von 7 langjährig ab 1900 beobachteten Pegeln sowie auch weiterer nur kürzer beobachteter Pegel zeigt für alle Teile Niedersachsens einen tendenziell ähnlichen Verlauf der Ganglinien der Gleitenden Mittel und der Fortschreitenden Mittel.

Als Untersuchungszeitraum wurde, den obigen Ausführungen entsprechend, die Reihe 1972-1995 gewählt.

Diese Untersuchungsreihe repräsentiert das langjährige Abflußverhalten, sie ist hinreichend lang und gestattet die Einbeziehung einer ausreichend großen Anzahl von Pegeln mit vollständigen Datenreihen.

### 2.2 Einbinden kurzer Meßreihen

Wie aus Tabelle 1 ersichtlich, liegen nur für etwa 40% aller Pegel Beobachtungsdaten für die Reihe 1972 bis 1995 vor, die Mehrzahl der Pegel weist kürzere Beobachtungszeiten auf. Um eine möglichst große Anzahl dieser nur kürzer beobachteten oder bereits aufgegebenen Pegel verwenden zu können, wurde ein einfaches Verfahren entwickelt, das es ermöglicht, diese Meßstellen in die Untersuchung mit einzubinden.

Aus einer Gruppe von etwa 70 repräsentativen Pegeln mit der vollständigen Beobachtungsreihe 1972-1995 wur-

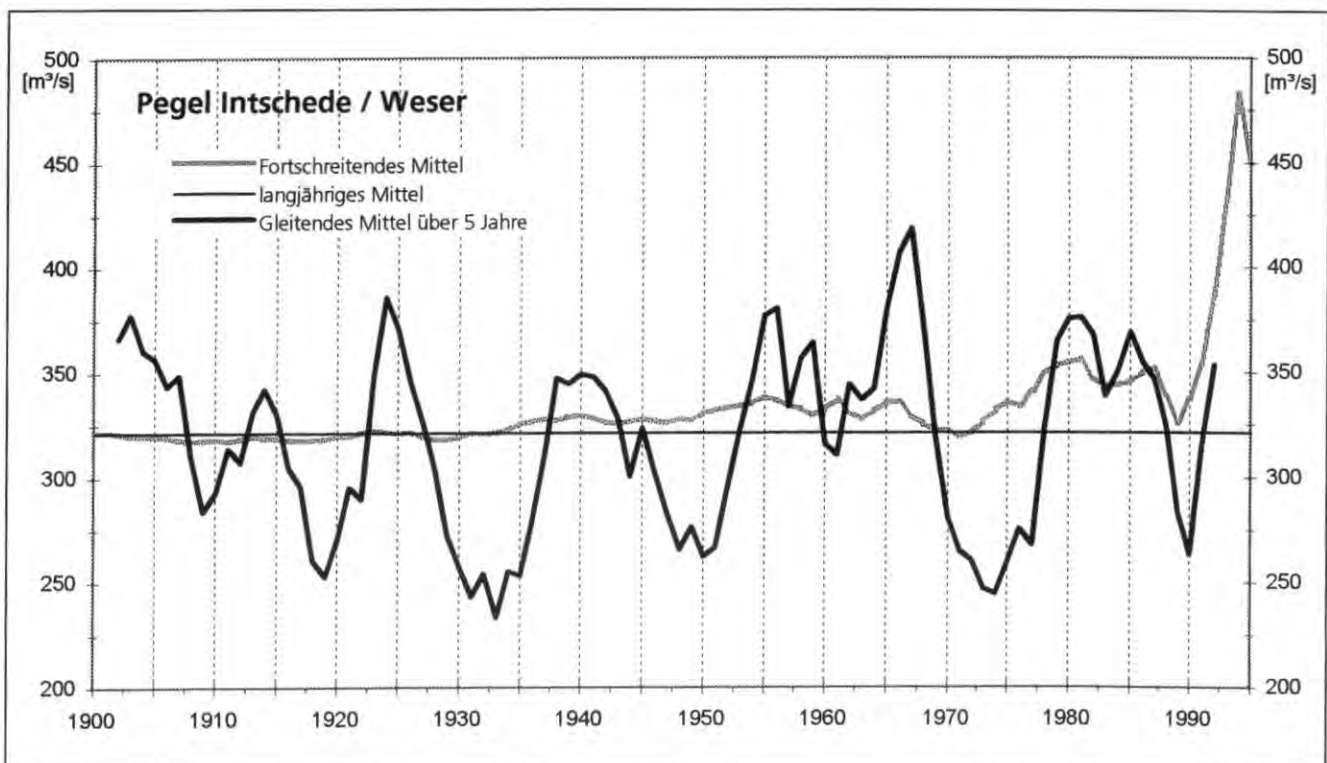


Abbildung 2: Ganglinien der Mittelwerte für den Pegel Intschede

den die fortschreitenden Mittelwerte ab 1972 jährlich abnehmend bis 1995 errechnet und daraus für jedes Jahr die relative Abweichung zum Mittleren Abfluß (MQ) der Reihe 1972-95 als 'Jahresfaktor' ermittelt.

Diesen 70 Leitpegeln wurden nach regionalen Gesichtspunkten kürzer beobachtete Pegel zugeordnet.

Mit dem 'Jahresfaktor' des Leitpegels wurde das MQ der kürzer beobachteten Pegel korrigiert und so das wahrscheinliche MQ der Reihe 1972-95 für kürzer beobachtete Pegel berechnet. Mit der Zahl der Fehljahre steigt dieser Jahresfaktor regional unterschiedlich. Ein Faktor von 10% wird im Emsgebiet bereits nach 6 Fehl Jahren erreicht, während im übrigen Gebiet ein Faktor von 10% erst nach 15 Fehl Jahren erreicht und überschritten wird.

In die weitere Untersuchung wurden nur Pegel mit einem Korrekturfaktor < 10% einbezogen. Pegel mit einem Beobachtungsbeginn ab 1978 (Emsgebiet) bzw. 1987 (übriges Gebiet) wurden bis auf wenige Ausnahmen nicht berücksichtigt.

Bei bereits eingestellten Pegeln wurde in ähnlicher Weise verfahren.

Auf diese Weise konnten über 80% aller vorliegenden Q-Pegel (333) in die Untersuchung einbezogen werden.

### 2.3 Hauptwerte der Niedrig - und Hochwasserbereiche

Neben den langjährigen Mittelwerten des Abflusses wurden zusätzlich auch die Hauptwerte der Niedrig - und Hochwasserbereiche ermittelt und in die Betrachtung einbezogen.

Als geeignet erwiesen sich der mittlere Niedrigwasserabfluß MNQ sowie der mittlere Hochwasserabfluß MHQ, errechnet als Mittel der Jahresextremwerte der Beobachtungsreihe. Die Extreme NNQ und HHQ sind weniger geeignet, da sie als Einzelwerte in hohem Maße abhängig sind von natürlich oder anthropogen erzeugten Zufallsereignissen sowie von eingesetzter Meßtechnik und Interpretation des Bearbeiters.

Der MNQ-Wert kann angenähert auch definiert werden als der Abfluß, der im langjährigen Mittel an 15-30 Tagen im Jahr unterschritten wird, d.h. er beschreibt einen Abflußzustand im oberen Bereich der Trockenwetterauslauflinie mit i.d.R. rein grundwasserbürtigem Abfluß.

Statistisch nicht so deutlich faßbar ist der MHQ-Wert. Er wird im langjährigen Mittel an etwa 364 Tagen im Jahr unterschritten, d.h. es wird ein durchschnittlicher Hochwasserabfluß beschrieben, der im Mittel jährlich einmal auftritt.

Weiterhin wurden die Hauptwerte des Mittelwasserbereiches in die Untersuchung einbezogen (nMq/hMq= niedrigster und höchster mittlerer Jahresabflusses der Reihe). Sie vermitteln einen Eindruck über den Schwankungsbereich des Mittleren Abflusses.

### 2.4 Gebietsniederschlag kleiner Einzugsgebiete

Im Rahmen dieser Untersuchung wurde für alle o.a. Pegel der Gebietsniederschlag der Reihe 1972-95 berechnet.

Hierzu wurde zunächst aus den vorliegenden ca. 100 km<sup>2</sup> großen Basisgebieten das jeweilige pegelspezifische Sammelgebiet (1 bis n Basisgebiete) gebildet und der Gebietsniederschlag durch flächenanteilige Wichtung der vom DWD je Basisgebiet zur Verfügung gestellten monatlichen Niederschlagssummen errechnet.

Da Pegel selten am untersten Punkt eines Basisgebietes liegen, können Flächendifferenzen zwischen dem hydrographischen Einzugsgebiet des Pegels und der Fläche des dem Pegel zugeordneten Sammelgebietes auftreten, - d.h., der Gebietsniederschlag des (untersten) Basisgebietes, in dem der Pegel liegt, ist nicht unbedingt auch für das zumeist kleinere Pegel-einzugsgebiet gültig.

Zur Kontrolle wurden diese Flächendifferenzen verglichen und beispielhaft in Tabelle 2 für einige Pegel zusammengestellt.

Diese Beispiele zeigen, daß bei großen Pegel-einzugsgebieten die Flächendifferenzen und damit mögliche Fehler beim Gebietsniederschlag vernachlässigbar sind.

Erst bei Pegeln mit kleinen Einzugsgebieten, die deutlich kleiner sind, als das zugehörige Sammelgebiet, können gravierende Flächendifferenzen auftreten.

Hierbei ist allerdings zu berücksichtigen, daß für weite Teile des Niedersächsischen Flachlandes eine Überregnung innerhalb eines etwa 100 km<sup>2</sup> großen Basisgebietes kaum um mehr als 5 % schwankt.

Dies bedeutet, daß im Flachland auch bei sehr großen Flächendifferenzen der berechnete Gebietsniederschlag durchaus noch akzeptabel sein kann.

Beispiel: Pegel Gräpel (Gebiet der Oste) mit einem Einzugsgebiet von 13 km<sup>2</sup> und einem Basisgebiet von 132 km<sup>2</sup>. Trotz dieser großen Flächendifferenz dürfte der Fehler beim Gebietsniederschlag nur etwa + - 2,5 % betragen.

Anders ist die Situation bei kleinen Einzugsgebieten im Bergland. Hier kann bei starkem Geländegefälle die Überregnung innerhalb eines Basisgebietes weit über 50 % schwanken.

Beispiel: Pegel Harzburg mit einem Einzugsgebiet von 18,3 km<sup>2</sup> und einer Basisgebietsgröße von 59 km<sup>2</sup>. Der dem Basisgebiet zugeordnete Gebietsniederschlag liegt bei 909 mm. Da aber in diesem Basisgebiet die Überregnung zwischen 900 und 1.500 mm schwankt, wäre es sicherlich falsch, dem Pegel Harzburg diesen Gebietsniederschlag zuzuordnen.

In derartigen Fällen wurde der berechnete Gebietsniederschlag mit Hilfe einer Isohyetenkarte korrigiert, im Falle des Pegels Harzburg ergab sich ein Gebietsniederschlag von 1.180 mm.

Tabelle 2: Differenz zwischen Pegel-einzugsgebiet und zugehörigem Sammelgebiet

Pegel/Gewässer	Einzugsgebiet des Pegels [km <sup>2</sup> ]	pegelspezifisches Sammelgebiet [km <sup>2</sup> ]	Differenz [%]	Gebietsniederschlag [mm]
Poppenburg/Leine	3463	3465	< 1	795
Vlotho/Weser	17618	17643	< 1	789
Scharzfeld/Oder (Harz)	154	155	< 1	1197
Thansen/Luhe	133	144	8	781
Gräpel/Gräpeler M.	13	132	> 100	797
Harzburg/Radau	18,3	59	> 100	1180

### 3 Vorgehensweise bei der Regionalisierung

Es wurde der Versuch unternommen, hydrologische Regionen und Landschaften in Niedersachsen festzulegen, d. h. Gebiete mit weitgehend einheitlichen natürlichen Gegebenheiten zu identifizieren, in denen die zugehörigen Einzugsgebiete einen weitgehend ähnlichen Gebietswasserhaushalt aufweisen.

Hierzu wurde das gesamte Untersuchungsgebiet schrittweise in immer kleiner werdende, hydrologisch immer ähnlichere Teilgebiete unterteilt, wobei prinzipiell stets in gleicher Weise vorgegangen wurde:

1. Errechnen der Komponenten des Gebietswasserhaushaltes für alle Pegel.
2. Abgrenzen eines Teilgebietes nach morphologischen, geologischen und pedologischen Gesichtspunkten - als erste Arbeitshypothese -.
3. Ableiten gebietstypischer hydrologischer Richtwerte für das Teilgebiet aus den Daten langjährig beobachteter und unbeeinflusster Leitpegel.
4. Plausibilisieren aller weiteren Pegel im Teilgebiet anhand dieser Richtwerte und ggf. Ermittlung des Beeinflussungsgrades.
5. Berücksichtigen des Niedrig- und Hochwasserhaltens der Pegel als weiterer Indikator für gebietstypisches Verhalten.

Die endgültige Abgrenzung des Teilgebietes ergibt sich - nach zumeist mehrmaligem Durchlaufen der Punkte 2 bis 4 - aus den schließlich verbleibenden Pegeln.

#### 3.1 Gebietswasserhaushalt

Der Gebietswasserhaushalt in hydrologischen Einzugsgebieten wird beschrieben durch den Gebietsniederschlag  $N$ , den Gebietsabfluß  $A$  und die Gebietsverdunstung  $V$ . Diese drei Komponenten der Wasserhaushaltsgleichung stehen zueinander in der festen Beziehung

$$N - A - V = 0 \text{ [mm]}$$

Im Rahmen dieser Untersuchung wurden die drei Komponenten der Wasserhaushaltsgleichung sowie daraus abgeleitete Größen für alle Pegel ermittelt, wobei folgende Annahmen getroffen wurden:

- Der Gebietsniederschlag  $N$  ist bekannt.
- Der Gebietsabfluß  $A$  ist unbekannt. Als Hilfsgröße gilt zunächst der Durchfluß am jeweiligen Pegel.
- Die Gebietsverdunstung  $V$  ist unbekannt. Ein erster Anhalt ergibt sich aus der Differenz von Gebietsniederschlag und Durchfluß.

Dem Gebietsabfluß  $A$  kommt somit bei den Wasserhaushaltsbetrachtungen im Rahmen dieser Arbeit eine entscheidende Schlüsselstellung zu.

Im Prinzip wird erwartet, daß der langjährige an einem Pegel ermittelte Durchfluß auch dem vom Einzugsgebiet her zu erwartenden Abfluß entspricht. D.h. man

erwartet, daß der gesamte im Einzugsgebiet entstandene Abfluß, einschließlich zeitweilig zwischengespeicherter Abflußanteile des Grund- oder Brauchwasserpfades, wieder in das Oberflächengewässer eingetreten ist und am Pegel registriert wird.

#### 3.2 Morphologie, Geologie, Pedologie

Bei der Regionalisierung entsprechend oben beschriebener Vorgehensweise ergeben morphologische Betrachtungen des Untersuchungsgebietes zunächst den entscheidenden Ansatz zur Identifikation einer hydrologischen Großeinheit, bzw. einer hydrologischen Region. Ebenso werden die hydrologischen Landschaften, als Untereinheiten der Regionen, zunächst nach morphologischen Gesichtspunkten abgegrenzt.

Eine Hydrologische Region wird geprägt durch ein höher gelegenes Ursprungsgebiet (Culmination), von dem aus kleinere Gewässer in alle Himmelsrichtungen abfließen, um schließlich in überregionale, die Region begrenzende, größere Gewässer einzumünden. Pedologische und geologische Gegebenheiten in der Region sind zumeist weitgehend ähnlich hinsichtlich ihrer hydrologischen Wirkung. Alle Gewässer, die einem derartigen hoch gelegenen Ursprungsgebiet entspringen, weisen hydrologische Gemeinsamkeiten immer dann auf, wenn sie gleichen klimatischen Bedingungen unterliegen. Bedingt u.a. durch Luv- und Leewirkungen und z.T. erhebliche Höhen- bzw. Temperaturunterschiede, können sich große Unterschiede im Gebietswasserhaushalt einer Region ergeben.

Eine Hydrologische Landschaft, als Teil einer Region, umfaßt die Gewässer eines Ursprungsgebietes, die in einer Hauptrichtung einem überregionalen Fluß zufließen. Pedologische und geologische Gegebenheiten im Gebiet sind ähnlich hinsichtlich ihrer hydrologischen Wirkung. Klimatisch bedingte Einflüsse auf den Gebietswasserhaushalt werden durch diese Aufteilung minimiert. Begrenzt wird eine Landschaft durch (Haupt-) Wasserscheiden und durch überregionale Gewässer bzw. durch das Tidegebiet.

Diese grundsätzlichen Vorgaben konnten nicht immer eingehalten werden. An den Landesgrenzen, bei Übergängen von Fest- zu Lockergestein sowie in sehr flachen Gebieten wurden daher in Einzelfällen auch Regionen oder Landschaften zusammengefaßt, die mehrere Ursprungsgebiete, mehrere große Gewässer sowie mehrere Hauptrichtungen der Entwässerung aufweisen.

Ausschlaggebend waren stets die hydrologischen Daten der Pegel.

Die überregionalen Gewässer Aller, Oker, Leine, Weser, Hunte, Hase, Ems und Elbe wurden mit ihren jeweiligen Pegeln den Regionen und Landschaften nicht zugeordnet. Diese Gewässer repräsentieren das Abflußverhalten des gesamten oberhalb liegenden Einzugsgebietes mit zumeist mehreren hydrologischen Regionen und Landschaften. Die Pegel an diesen Gewässern haben jedoch als Leitpegel mit zumeist langjährigen Abflußwerten richtungweisende Bedeutung. Tidebeeinflusste Gebiete oder Flußmarschen nicht betrachtet, da in derartigen Gebieten Abflußpegel kaum betrieben werden.

### 3.3 Gebietstypische Richtwerte

Gebietstypische Richtwerte (oder Plausibilitätsgrenzwerte) geben für ein betrachtetes Gebiet die möglichen Schwankungsbereiche der einzelnen Komponenten der Wasserhaushaltsgleichung an.

Anhand derartiger Richtwerte kann der Gebietswasserhaushalt einzelner Pegel überprüft werden, ebenso ergeben gebietstypische Richtwerte einen Anhalt über zu erwartende Größenordnungen der Wasserhaushaltskomponenten an meßtechnisch bisher nicht erfaßten Gewässern im Gebiet.

Gebietstypische Richtwerte machen allerdings nur dann einen Sinn, wenn die niedrigsten und höchsten Grenzwerte in möglichst engen Bereichen schwanken. Anzustreben sind Schwankungsbereiche von etwa 10 bis 20% für die drei Wasserhaushaltskomponenten.

Betrachtet man ein sehr großes Gebiet mit verschiedenen Landschaftstypen und unterschiedlichsten Strukturen in den einzelnen Einzugsgebieten, so kann man davon ausgehen, daß die Wasserhaushaltskomponenten von allen einbezogenen Pegeln noch erhebliche Schwankungsbereiche aufweisen.

Je gleichartiger das Gebiet wird - zumeist nach Verkleinerung und Abgrenzung nach hydrologischen Gesichtspunkten -, um so geringer schwanken diese Werte, bis sie schließlich die Qualität von gebietstypischen hydrologischen Richtwerten erlangen.

Erste Näherungswerte für die im gesamten Untersuchungsgebiet (Raum Niedersachsen) möglichen Größenordnungen der Komponenten der Wasserhaushaltsgleichung ergeben die kleinsten und größten langjährigen mittleren Abflüsse von etwa 70 langjährig beobachteten Pegeln (siehe Tabelle 3).

Bei diesen Pegeln, zumeist im unteren Bereich der größeren Einzugsgebiete gelegen, wurde (zunächst) davon ausgegangen, daß die gemessenen Durchflüsse weitgehend auch den vom Einzugsgebiet her zu erwartenden Abflüssen entsprechen und alle evtl. Beeinflussungen im Oberlauf zwischenzeitlich ausgeglichen wurden bzw. sich am Pegel nur noch unwesentlich bemerkbar machen.

Tabelle 3: Erste hydrologische Richtwerte für den gesamten Raum Niedersachsen

Wert	Flachland	Bergland
Niederschlag [mm]	550-850	650-1500
Abfluß [mm]	100-350	200-1000
Verdunstung [mm]	400-510	400-500
A/N [%]	20-50	35-70
Abflußspende [l/skm <sup>2</sup> ]	3-13	8-30

Alle weiteren Pegel im Raum Niedersachsen können innerhalb dieser Schwankungsbereiche vermutet werden.

Diese ersten Richtwerte mit ihren noch sehr großen Schwankungsbereichen, z.T. weit über 100%, lassen nur eine sehr grobe Überprüfung des Gebietswasserhaushaltes zu. Rückschlüsse auf gebietstypisches Verhalten sind kaum möglich.

Es wurde daher eine weitere Unterteilung des gesamten Gebietes in immer kleiner werdende, hydrologisch immer ähnlicher reagierende Teilgebiete mit immer geringeren Schwankungsbereichen der gebietstypischen Richtwerte vorgenommen.

### 3.4 Beeinflussungen des Abflußregimes

In der vorliegenden Untersuchung wird angenommen, daß der Gebietswasserhaushalt an einem Pegel als ausgeglichen betrachtet werden kann, wenn der Gebietsniederschlag, der Gebietsabfluß und die Gebietsverdunstung am Pegel innerhalb der gebietstypischen Richtwerte liegt.

Im Zuge der schrittweise durchgeführten Regionalisierung traten bei verschiedenen Pegeln immer deutlicher werdende Abweichungen hervor. Erkennbar wurden diese Abweichungen durch zu geringen oder zu hohen gemessenen Abfluß gegenüber dem gebietstypischen Abfluß, bzw. auch durch teilweise nicht realistische Verdunstungswerte.

Selbst einige der bisher als Leitpegel betrachteten 70 langjährig beobachteten Pegel wichen mit ihren Mittelwerten für Niederschlag, Abfluß und Verdunstung z.T. deutlich von den gebietstypischen Richtwerten ab.

Dieses atypische Verhalten ist bei der überwiegenden Zahl aller Fälle auf Störungen bzw. Beeinflussungen des Abflußregimes im Einzugsgebiet des Pegels zurückzuführen.

In jedem Einzelfall wurde versucht, die Ursache und die Größenordnung der Beeinflussung zu ermitteln.

Naturbedingte Beeinflussungen wurden in der Regel als Abweichungen zwischen dem ober- und unterirdischen Einzugsgebiet erkannt. Im Festgestein tritt dies auf bei Verwerfungen oder Verkarstungen und im Lockergestein bei übergroßen, fehlenden oder nur teilweise vorhandenen Grundwasserhemmschichten.

Aus der Differenz zwischen dem oberirdischen zum unterirdischen Einzugsgebiet läßt sich der Zu- oder Abstrom aus oder in Fremdgebiete ermitteln.

Auf vorliegenden Erkenntnissen der Grundwassererkundung basierend, konnten bei naturbedingten Beeinflussungen in vielen Fällen Näherungen für die jeweilige Beeinflussungsgröße gefunden werden. Auch durch gebietsübergreifende Bilanzierungen mit Flächenausgleich zu benachbarten, ebenfalls beeinflussten Meßstellen konnten relativ deutlich die Beeinflussungsgrößen an den einzelnen Meßstellen ermittelt werden.

Anthropogene Beeinflussungen wurden festgestellt als Folge direkter Entnahmen und Einleitungen, infolge von Grundwasserentnahmen und infolge von Talsperrenbewirtschaftungen und Ableitungen.

In den meisten Fällen konnten Ursachen und Größenordnungen dieser anthropogenen Beeinflussungen aus Wasserrechten oder ähnlichen Unterlagen eindeutig festgestellt werden.

Als weitere Ursache für atypisches Abflußverhalten an einzelnen Pegeln wurden auch Fehler bei der Meßwerterfassung und - Auswertung in Betracht gezogen. Bei nochmaliger Überprüfungen der entsprechenden Grundlagendaten konnte in Einzelfällen die Ursache und letztlich die Größenordnung der 'Beeinflussung' ermittelt werden.

Mit der für den jeweiligen natur- oder/oder anthropogen bedingten Einzelfall ermittelten Beeinflussungsgröße wurde eine Neuberechnung der Wasserhaushaltsgleichung durchgeführt. In der Regel ergab sich ein Abflußwert im Rahmen des gebietstypischen Schwankungsbereiches, d.h. die unbeeinflusste Abflußsituation am Pegel.

Die ermittelte Beeinflussungsgröße (+/- Aeo bzw. +/- Q) im Verhältnis zum ursprünglich gemessenen Abfluß ergibt in Prozent die Abweichung zum ausgeglichenen gebietstypischen Wasserhaushalt. Diese Größe ergibt auch einen Hinweis auf die Repräsentativität des Pegels für sein Einzugsgebiet.

### 3.5 Niedrig - und Hochwasserabflüsse als weitere Regionalisierungshilfen

Die Hauptwerte der Niedrig - und Hochwasserbereiche (MNq und MHq = Mittel aus den jährlichen Extremen der Reihe) streuen im gesamten Untersuchungsgebiet zunächst erheblich. Bei regionalisierter Betrachtung zeigen sie jedoch deutlich gebietstypisches Verhalten in den einzelnen hydrologischen Landschaften.

In schwierigen Einzelfällen, bei denen die Zugehörigkeit einzelner Pegel zu einer Hydrologischen Landschaft nicht eindeutig aus den Mittelwerten erkennbar war, ergaben diese Hauptwerte der Niedrig- und Hochwasserbereiche wichtige Hinweise für die Zuordnung und Abgrenzung der Hydrologischen Landschaften.

Dies trat insbesondere in Mischgebieten mit einander überlagerndem Abflußverhalten aus unterschiedlichen Gebieten auf, z.B. in den Vorländern der Festgesteinsgebiete.

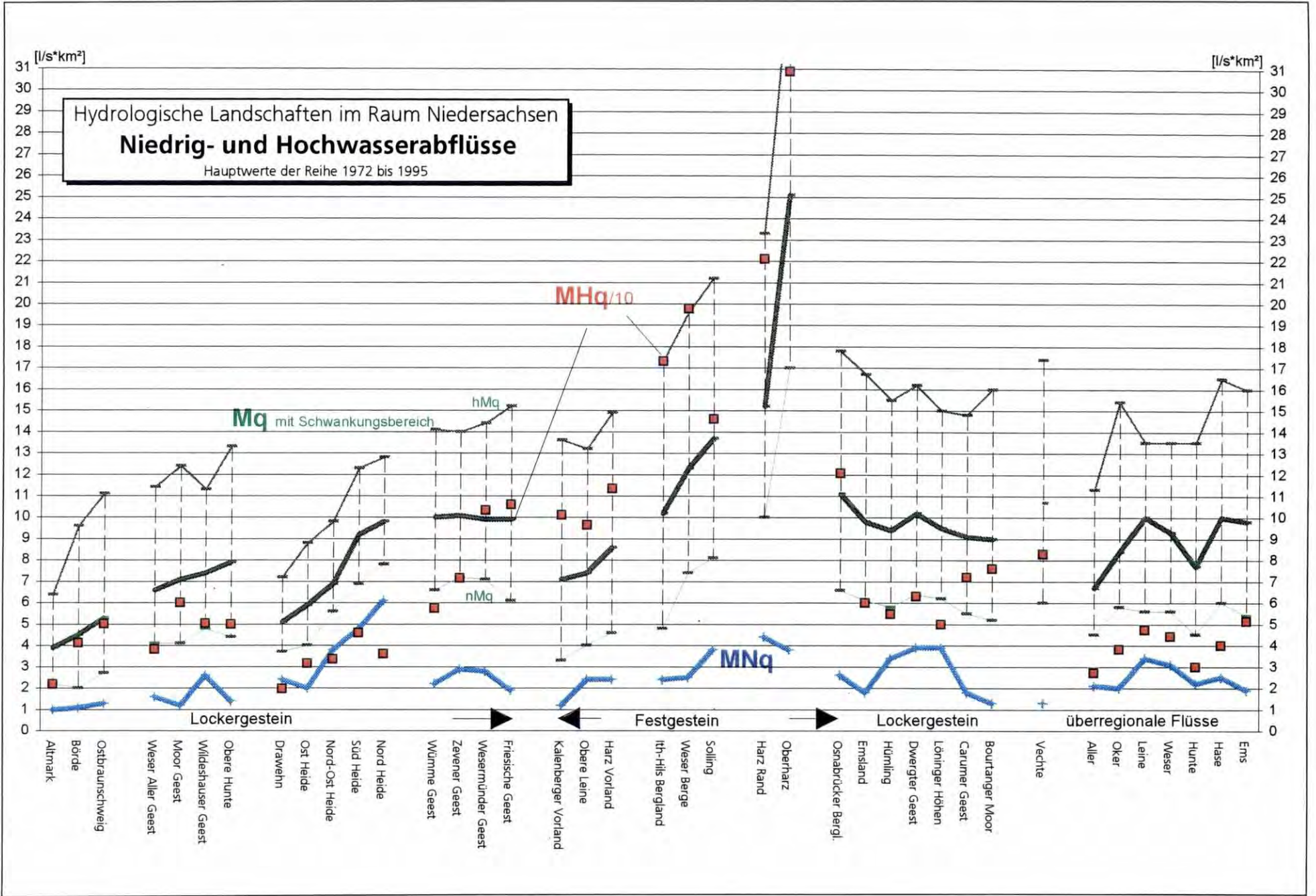
Folgende Regelmäßigkeiten sind erkennbar:

MNq < 2	östliche Region, Moorgebiete, Übergänge zum Festgestein
MNq 2-3	Festgestein, Küstengebiet
MNq > 3	Endmoränengebiete, Harz und Solling
MHq > Mq*	10 im Festgestein (und an der Küste)
MHq > Mq*	20 im Harz

Die Hauptwerte des Mittelwasserbereiches (nMq und hMq = niedrigster und höchster mittlerer Jahresabfluß der Reihe) vermitteln einen Eindruck über den Schwankungsbereich des Mittleren Abflusses in den Hydrologischen Landschaften. Die geringsten Schwankungsbereiche des Mittleren Abflusses können im Gebiet der Heide festgestellt werden, während im Festgestein die höchsten Schwankungen zu verzeichnen sind.

Die Abbildung 3 zeigt das mittlere Verhalten dieser Hauptwerte in den jeweiligen Hydrologischen Landschaften. Aus Gründen der Übersichtlichkeit wurde in der Darstellung das Mittlere Hochwasser (MHq) durch den Faktor 10 geteilt.

Abbildung 3: Niedrig- und Hochwasserabflüsse



## 4 Ergebnisse der Regionalisierung

### 4.1 Hydrologische Landschaften im Raum Niedersachsen

Entsprechend oben beschriebener Vorgehensweise wurde das Untersuchungsgebiet in neun Regionen gegliedert, in denen jeweils annähernd gleichartige morphologische, pedologische und geologische Gegebenheiten vorliegen. In den Regionen schwanken allerdings die gebietstypischen Richtwerte für Niederschlag, Abfluß und Verdunstung noch so erheblich, daß deren praxisorientierte Anwendung wenig sinnvoll erscheint.

Es erfolgte daher eine weitere Unterteilung des Untersuchungsgebietes in 32 hydrologische Landschaften, mit nur noch mäßig schwankenden gebietstypischen Richtwerten.

Eine weitere Unterteilung der Gebiete erscheint aus fachlichen Gründen, aber auch wegen der in diesem Unterteilungsstadium erreichten geringen Datendichte als wenig sinnvoll.

Die identifizierten Hydrologischen Landschaften mit Größen zwischen 300 bis 3000 km<sup>2</sup>, wurden der Örtlichkeit entsprechend benannt. Mit dem Namen verbunden ist zumeist einen Hinweis auf das Ursprungsgebiet der Gewässer.

Die Abbildung 4 zeigt eine Übersichtskarte des Untersuchungsgebietes mit den wesentlichen hydrologischen Informationen:

- Gewässer,
- Wasserscheiden,
- Pegel,
- Hydrologische Landschaften.

Es werden neben den in die Untersuchung einbezogenen Abflußpegeln auch alle weiteren Pegel dargestellt, an denen nur Wasserstände gemessen werden, bzw. von denen Abflußdaten nicht verfügbar sind, oder die vorliegenden Abflußreihen zu kurz, oder lückenhaft sind (s. auch Tab. 1).

Über Landesgrenzen hinaus wirkende hydrologische Zusammenhänge wie Gewässerverlauf und Einzugsgebiete werden in der Karte aufgezeigt.

Die hydrologischen Landschaften werden mit ihren Begrenzungen und Namen angegeben. Zusätzlich sind die Regionen an gleicher Farbgebung aller zugeordneten Landschaften erkennbar.

Von der Tide beeinflusste Gebiete, aber auch Flußmarschen werden durch entsprechende Farbgebung gekennzeichnet. Diese Gebiete, mit meßtechnisch derzeit kaum erfaßbarem Wasserhaushalt, wurden im Rahmen dieser Untersuchung nicht betrachtet.

## Übersichtskarte



Abbildung 4: Übersichtskarte



## 4.2 Gebietstypische Richtwerte in den Hydrologischen Landschaften

Den Hydrologischen Landschaften konnten gebietstypische Richtwerte zugeordnet werden mit Schwankungsbereichen von im Mittel etwa 10 % beim Niederschlag, etwa 15 % beim Abfluß und etwa 5 % bei der Verdunstung.

Diese Schwankungsbereiche entsprechen den im Meßwesen üblichen Toleranzbereichen, ihre praxisbezogene Anwendung erscheint möglich.

Die Schwankungsbereiche für die drei Komponenten der Wasserhaushaltsgleichung werden nachstehend in absoluten Werten angegeben.

Die Tabelle 4 gibt die gebietstypischen Richtwerte der Wasserhaushaltsparameter in den einzelnen Hydrologischen Landschaften als minimale und maximale Grenzwerte der Schwankungsbereiche in der Dimension [mm] an.

Diese Grenzwerte der Schwankungsbereiche ergeben sich aus den niedrigsten und höchsten Werten der Pegel einer Hydrologischen Landschaft, wobei nach unten bzw. nach oben in 10-er Schritten gerundet wurde.

Auf die Angabe eines Mittelwertes wurde bewußt verzichtet, da auf Grund der Datenlage bzw. der Pegel Anzahl und deren Verteilung weder das arithmetische Mittel aller in einer Hydrologischen Landschaft einbezogenen Pegel, noch ein Mittel aus den Extremen in der jeweiligen Landschaft zu einem fachlich verbindlichen Mittelwert führt.

In den Lockergesteinsgebieten treten in den einzelnen Landschaften geringe bis mäßige Schwankungsbereiche auf:

- der Niederschlag schwankt um 20 bis 70 mm,
- der Abfluß schwankt um 20 bis 50 mm, dies entspricht Abflußspenden von 0,6 bis 1,6 l/s·km<sup>2</sup>,
- die Verdunstung schwankt um 20 bis 40 mm.

In den Festgesteinsgebieten treten in den einzelnen Hydrologischen Landschaften größere Schwankungsbereiche auf. Hier liegen, zumeist reliefbedingt, auf kleinem Raum stark unterschiedliche Gebietsniederschläge vor. Dies ist insbesondere der Fall im Harz mit Schwankungsbereichen für Niederschlag und Abfluß zwischen 250 bis 350 mm

In allen übrigen Berglandgebieten treten folgende Schwankungsbereiche auf:

- der Niederschlag schwankt um 60 bis 140 mm,
- der Abfluß schwankt um 50 bis 120 mm, dies entspricht Abflußspenden von 1,6 bis 3,8 l/s·km<sup>2</sup>,
- die Verdunstung schwankt um 30 bis 40 mm

Die Abbildung 5 stellt die gebietstypischen Richtwerte graphisch dar. Deutlich sichtbar werden die Schwankungsbereiche der Wasserhaushaltsparameter für Niederschlag, Verdunstung und Abfluß in den jeweiligen Hydrologischen Landschaften. Verdeutlicht werden hier nochmals die erheblichen Unterschiede im gesamten Untersuchungsgebiet, und die Vorzüge, die sich aus der Regionalisierung des gesamten Untersuchungsgebiets ergeben.

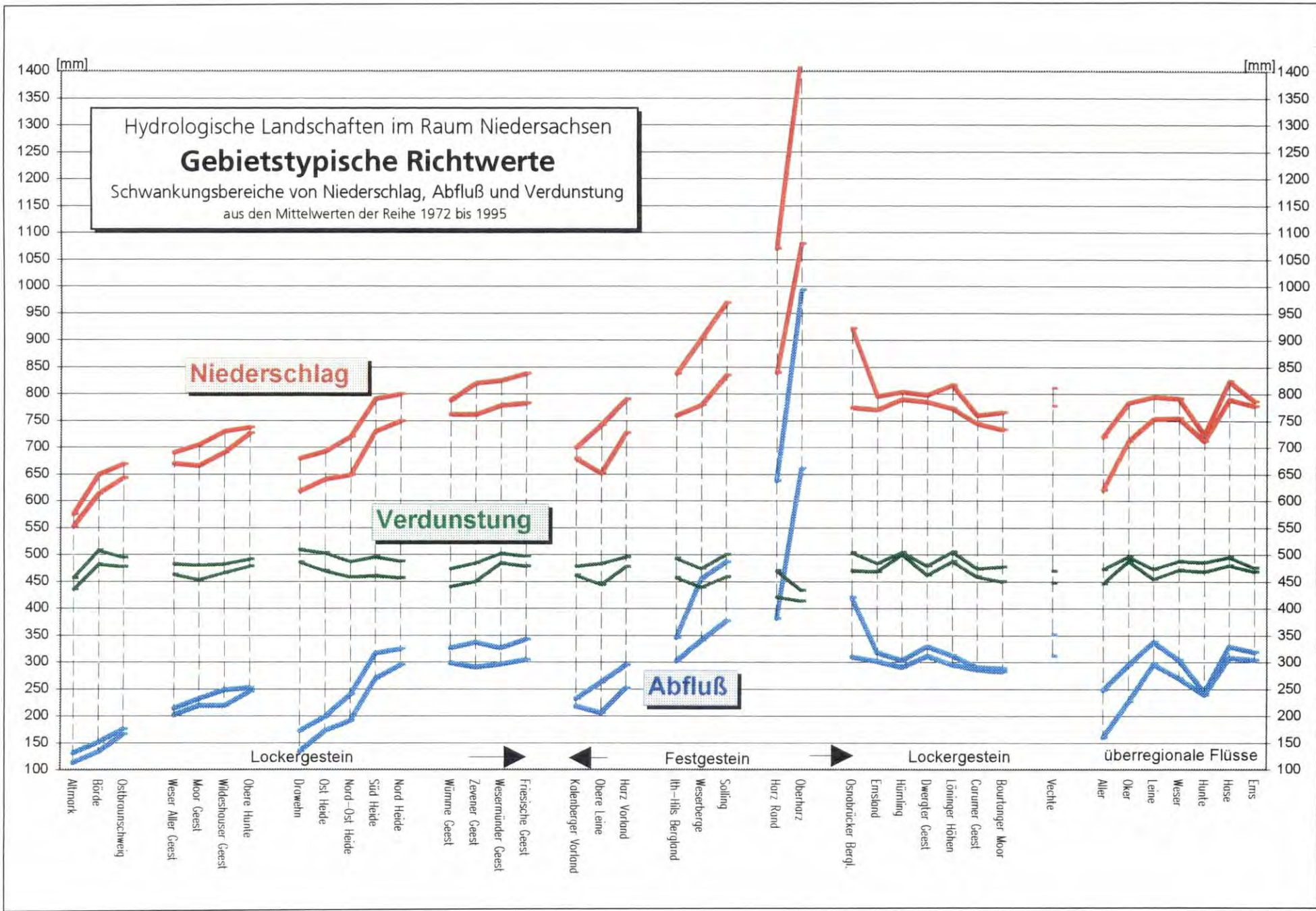
In Abbildung 6 werden in kartenähnlichen Darstellungen die einzelnen Hydrologischen Landschaften mit ihren ermittelten gebietstypischen Wasserhaushaltsparametern durch abgestufte Farben dargestellt. Der räumliche Bezug zum Untersuchungsgebiet wird hergestellt.

Deutlich wird die generell von Ost nach West zunehmende Niederschlagsmenge erkennbar, die Harzregion und der Solling treten mit extremen Werten hervor. Tendenziell ist ein ähnliches Verhalten auch beim Abfluß erkennbar.

Bei der Verdunstung kann ein derartiges Verhalten nicht so deutlich erkannt werden, da neben dem Niederschlag vermutlich auch starke Abhängigkeiten von Temperatur, Wind, Vegetation und Boden auf kleinstem Raum bestehen.

Hydrologische Landschaften im Raum Niedersachsen				Gebietstypische Richtwerte		aus den Mittelwerten der Reihe 1972 bis 1995
Hydrologische Landschaften	Anzahl Pegel	Niederschlag	Abfluß	Verdunstung	Bemerkungen	
		Schwankung von - bis mm	Schwankung von - bis mm	Schwankung von - bis mm		
Altmark	8	550 - 580	110 - 130	440 - 460	Lockergestein. östlichste Gebiete. Jeetzel und obere Aller, niedrigste Werte überhaupt.	
Börde	12	610 - 650	130 - 150	480 - 500	Lockergestein. -bis in der Hildesheimer Börde, Fuhsegebiet mit Industrie-Beeinflussung, GW-Entnahmen und Einleitungen	
Ostbraunschweig	6	640 - 670	160 - 180	470 - 490	Lockergestein, Festgestein im oberen Elm, nördlicher Flachlandbereich ohne Pegel	
Weser Aller Geest	9	670 - 690	200 - 220	460 - 480	Lockergestein, drei Teilbereiche zwischen Aller, Leine und Weser, von Ost nach West zunehmend. Starke GW-Entnahmen im Fuhrberger Feld	
Moor Geest	12	660 - 710	210 - 240	450 - 480	Lockergestein, anmoorig. Gebiet der Gr. Aue	
Wildeshauser Geest	11	690 - 730	220 - 250	460 - 480	Lockergestein. Grundwasserentnahmen	
Obere Hunte	5	720 - 740	240 - 260	470 - 490	Lockergestein, gering Festgesteinseinfluß aus Wiehengebirge. Dümmer-Niederung	
Drawehn	5	620 - 680	130 - 170	480 - 510	Lockergestein. Starke Versickerung in tiefliegende GW-Horizonte, nicht erfaßbarer GW-Abstrom in Fremdgebiete, Aeo und Aeu ungleich	
Ost Heide	6	640 - 690	170 - 200	470 - 500	Lockergestein (Sander)	
Nord-Ost Heide	6	650 - 720	190 - 240	460 - 490	Lockergestein (Endmoränen). Nicht erfaßbarer GW- Austausch mit Fremdgebieten, ungleiche ober- und unterirdische Einzugsgebiete	
Süd Heide	10	730 - 790	270 - 320	460 - 480	Lockergestein (Endmoränen). GW-Austausch mit Fremdgebieten, ungleiche ober- und unterirdische Einzugsgebiete	
Nord Heide	11	750 - 800	290 - 330	450 - 490	Lockergestein (Endmoränen). GW-Austausch mit Fremdgebieten, ungleiche ober- und unterirdische Einzugsgebiete	
Wümme Geest	12	760 - 790	300 - 330	440 - 470	Lockergestein (Endmoränen), im Niederungsbereich anmoorig. GW-Austausch mit Fremdgebieten, ungleiche ober- und unterirdische Einzugsgebiete	
Zevener Geest	14	760 - 820	290 - 340	450 - 490	Lockergestein (Endmoränen). GW-Austausch mit Fremdgebieten, ungleiche ober- und unterirdische Einzugsgebiete	
Wesermünder Geest	8	780 - 830	290 - 330	480 - 500	Lockergestein	
Friesische Geest	7	780 - 840	300 - 340	470 - 500	Lockergestein. GW-Austausch mit Fremdgebieten, ungleiche ober- und unterirdische Einzugsgebiete. Geringe Pegeldichte im Westen.	
Kalenberger Vorland	4	680 - 710	210 - 240	460 - 480	Mischgebiet aus Lockergestein und Festgestein. Flachlandcharakter mit hohem HW-Anteil	
Obere Leine	16	650 - 740	200 - 270	450 - 490	Festgestein. Im obersten Leineabschnitt erhebliche Fremdzufüsse, vermutlich Karstwasser	
Harz Vorland	9	730 - 790	250 - 300	470 - 500	Festgestein, hoher HW-Anteil, Einflüsse durch Talsperrenbewirtschaftung	
Ith-Hils Bergland	6	760 - 840	300 - 350	460 - 500	Festgestein, teilweise Störungszonen, GW-Austausch mit Fremdgebieten, ungleiche ober- und unterirdische Einzugsgebiete	
Weserberge	11	780 - 910	340 - 460	440 - 480	Festgestein, starke GW-Entnahmen, Gebiet links der Weser wurde einbezogen. Reliefbedingt große Schwankungsbereiche	
Solling	14	830 - 970	370 - 490	460 - 500	Festgestein, Buntsandstein, z.T. nicht erfaßbarer GW-Abstrom in Störungszonen. Starke GW-Entnahmen. Reliefbedingt große Schwankungsbereiche	
Harz Rand	14	830 - 1080	390 - 640	430 - 460	Festgestein. Schmäler Übergangsbereich am Harzfuß. Einflüsse durch Talsperrenbewirtschaftung. Reliefbedingt große Schwankungsbereiche	
Oberharz	11	1080 - 1430	660 - 1000	410 - 440	Festgestein Einflüsse durch Talsperrenbewirtschaftung. Reliefbedingt große Schwankungsbereiche	
Osnabrücker Bergland	14	770 - 920	310 - 420	460 - 500	Festgestein, starke GW-Entnahmen. Reliefbedingt große Schwankungsbereiche	
Emsland	13	770 - 800	300 - 320	470 - 490	Lockergestein. Geringe Pegeldichte	
Hümling	6	790 - 810	290 - 310	500 - 510	Lockergestein, Beeinflussungen unklar, vermutl. anthropogen	
Dwergter Geest	6	780 - 800	310 - 330	460 - 480	Lockergestein, z.T. anmoorig	
Löninger Höhen	11	770 - 820	290 - 310	480 - 500	Lockergestein. Beeinflussungen durch GW-Entnahmen und Talsperrenbewirtschaftung	
Carumer Geest	4	740 - 760	280 - 300	460 - 480	Lockergestein, z.T. anmoorig. Geringe Pegeldichte im Süden	
Bourtanger Moor	6	730 - 770	270 - 290	460 - 480	Kultivierte Mooregebiete,	
Vechte	10	770 - 810	310 - 350	450 - 470	Lockergestein	
<b>Überregionale Flüsse</b>						
Aller	5	620 - 720	160 - 250	440 - 480	überregional ab Südheide (KI.Aller)	
Oker	3	710 - 790	220 - 300	480 - 500	überregional ab Harz Rand. Einflüsse der Harz-Talsperren	
Leine	4	750 - 800	290 - 340	450 - 480	überregional ab Harz Rand (Rhume)	
Weser	8	750 - 790	270 - 310	470 - 490	in NI durchgehend überregional	
Hunte	2	710 - 730	230 - 250	470 - 490	überregional ab Wildeshauser Geest	
Hase	7	790 - 830	300 - 330	480 - 500	überregional ab Osnabrücker Bergland	
Ems	3	770 - 790	300 - 320	460 - 480	in NI durchgehend überregional	
Elbe	1	-	-	-	in NI durchgehend überregional. Daten z.Z. nicht verfügbar, bzw. noch zu prüfen	

Abbildung 5: Gebietstypische Richtwerte



## Gebietstypische Richtwerte

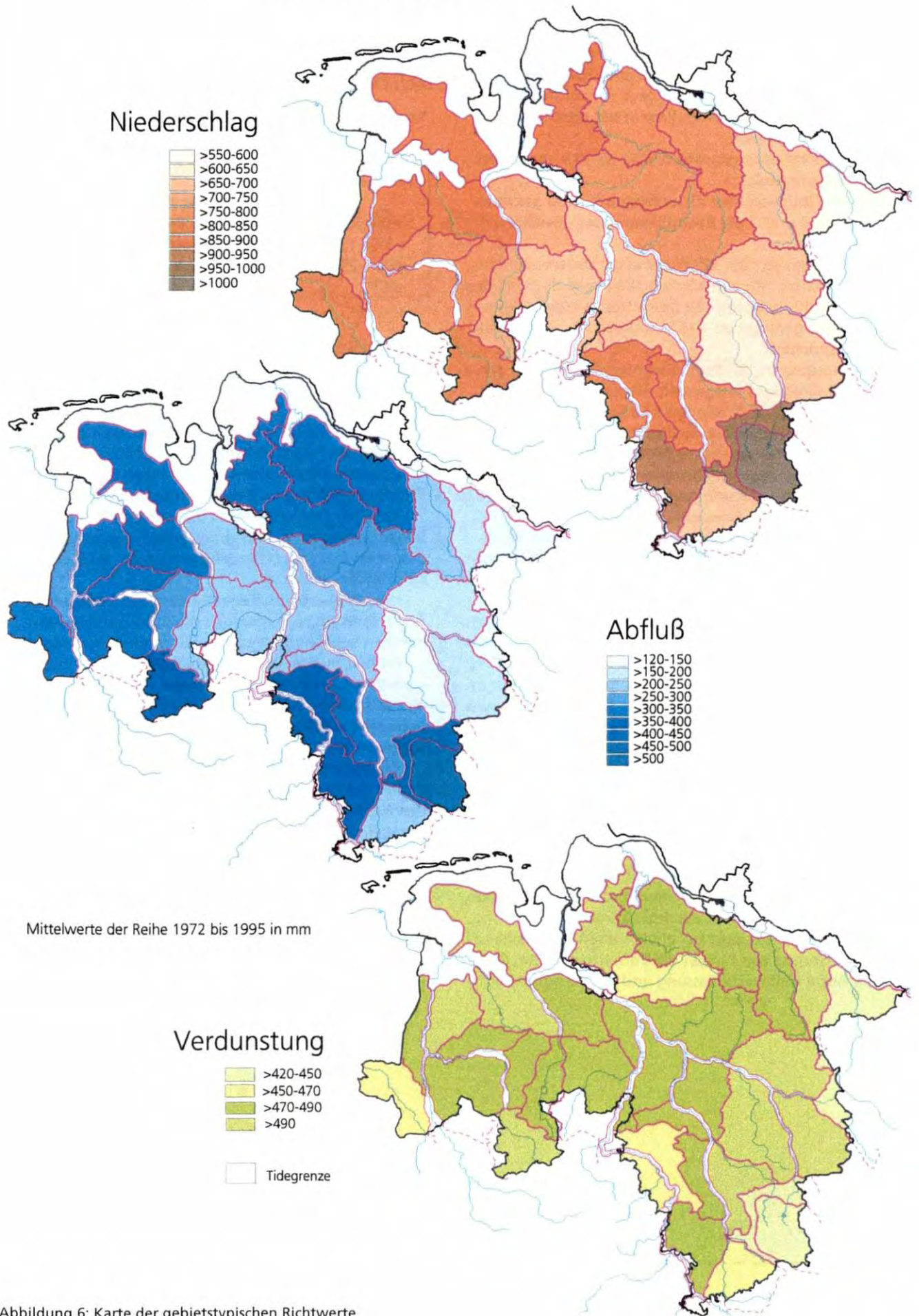


Abbildung 6: Karte der gebietstypischen Richtwerte

### 4.3 Beeinflusste Pegel

Entsprechend der unter 3.4 beschriebenen Vorgehensweise wurden aus den Daten aller Pegel die Wasserhaushaltsgrößen ermittelt und mit den immer weiter verfeinerten gebietstypischen Richtwerten abgeprüft.

Beeinflusste Pegel zeigen bei ihren Abfluß- und/oder Verdunstungswerten Abweichungen gegenüber den gebietstypischen Richtwerten, bzw. Abweichungen gegenüber den benachbarten Pegeln der gleichen hydrologischen Landschaft.

Die Beeinflussungsgröße wurde für den jeweiligen Einzelfall ermittelt.

Das Verhältnis von Beeinflussungsgröße zum gemessenem Abfluß ergibt die Beeinflussung des jeweiligen Pegels in Prozent.

Es wurden letztlich 315 Pegel in die Untersuchung einbezogenen. Hiervon können 188 Pegel als nicht, bzw. nur geringfügig beeinflusst betrachtet werden. Beeinflussungen geringer als + -5 % wurden als nicht beeinflusst betrachtet.

Bei insgesamt 127 Pegeln wurden Beeinflussungen des Abflußregimes festgestellt. Hierzu zählen auch 80 Hauptpegel sowie 30 Sonder- und Ergänzungspegel des Gewässerkundlichen Landesdienstes Niedersachsen.

Bei diesen festgestellten Beeinflussungen handelt es sich in der Mehrzahl um bekannte und mengenmäßig nachvollziehbare Einwirkungen auf das Abflußregime im Einzugsgebiet des jeweiligen Pegels. Eine Neuberechnung unter Berücksichtigung der festgestellten Beeinflussungsgröße ergibt in der Regel die zu erwartenden gebietstypischen Wasserhaushaltsgrößen.

Beispiele hierfür sind: bekannte Talsperrenbewirtschaftungen, Einleitungen, Entnahmen, aber auch nachgewiesene Abweichungen zwischen oberirdischen und unterirdischen Einzugsgebieten.

Andererseits gibt es aber auch etwa 20 Pegel mit offensichtlichen Beeinflussungen, bei denen die Ursachen relativ sicher als anthropogen und/oder naturbedingt erkannt werden können, jedoch die Größenordnungen nur schwer exakt nachweisbar sind. In diesen Fällen wurde die Beeinflussungsgröße aus den gebietstypischen Richtwerten ermittelt.

Beispiele hierfür sind : Verkarstung im Gebiet der Oberen Leine. Fehlende, unregelmäßige oder gegenüber dem Aeo abweichende schwer durchlässige Schichten, etwa im Drawehn und in den Endmoränengebieten der Nordheide, sowie diffuse Entnahmen aus dem Grundwasser.

Darüber hinaus liegt bei einer weiteren, jedoch nur kleinen Gruppe von Pegeln die Vermutung nahe, daß fehlerhafte Meßwerterfassung und Auswertung der

Grund für die festgestellte 'Beeinflussung' sind. In diesen Fällen wurde eine anthropogene Ursache angenommen und die zur Bereinigung erforderliche Größenordnung durch Überprüfung der Grundlagendaten bzw. aus den gebietstypischen Richtwerten ermittelt.

Tabelle 5: Anzahl der beeinflussten Pegel

insgesamt unbeeinflusst	315 Pegel 188 Pegel		
		anthropogen	naturbedingt
beeinflusst	127 Pegel	80 Pegel	47 Pegel
> 5 %-15%	60 Pegel	41 Pegel	19 Pegel
>15%-25%	26 Pegel	15 Pegel	11 Pegel
>25%	41 Pegel	24 Pegel	17 Pegel

In dieser Tabelle wird die Anzahl der überwiegend anthropogen verursachten und die Anzahl der überwiegend naturbedingten Beeinflussungen des Abflußregimes angegeben.

Die Abbildung 7 zeigt die beeinflussten Pegel in den zugehörigen Hydrologischen Landschaften.

Es werden darin die naturbedingten sowie die anthropogen bedingten Beeinflussungen gezeigt.

Deutlich sichtbar werden die starken anthropogenen Beeinflussungen durch Talsperrenbewirtschaftungen, ausgehend von den Harztalsperren, aber auch von der Thülsfelder-Talsperre.

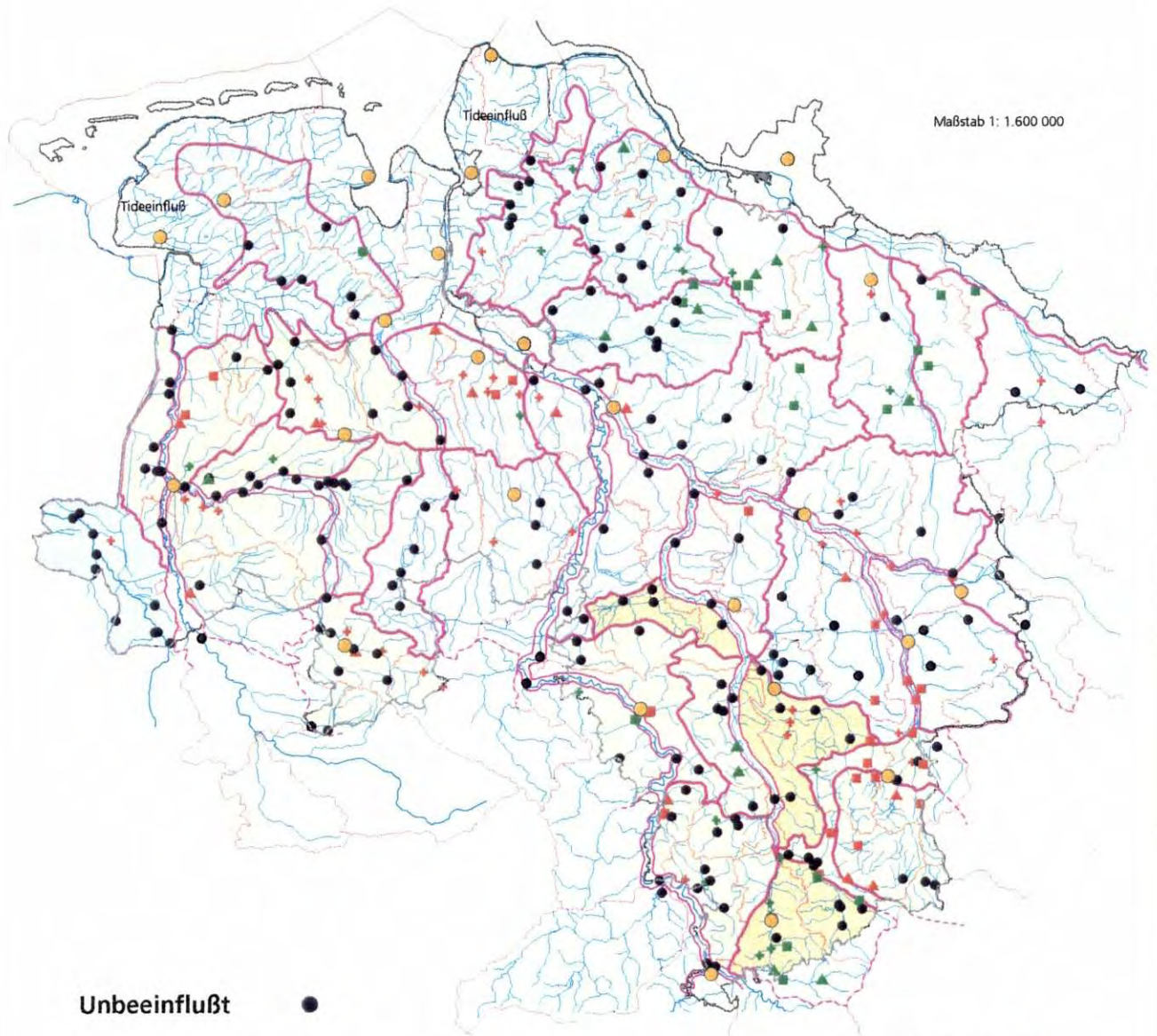
Industriebedingte Beeinflussungen im Gebiet der Fuhse sowie Beeinflussungen durch Grundwasserentnahmen bei Hannover und bei Bremen werden deutlich.

Da hier nur die überwiegende Beeinflussungsart dargestellt wird, erscheinen die Pegel im Heidegebiet hier als naturbedingt beeinflusst, obwohl auch dort z.T. erhebliche Beeinflussungen durch Grundwasserentnahmen vorliegen.

Die naturbedingten Beeinflussungen häufen sich im Gebiet der Oberen Leine (mögl. Verkarstung) sowie in den Heide Gebieten mit übergroßen, fehlenden oder unregelmäßig ausgebildeten das Grundwasser hemmenden Schichten.

Diese vorliegende Arbeit beschränkt sich auf die Identifikation beeinflusster Pegel und stellt Ursachen und Größenordnungen der Beeinflussungen fest. Alle weiterführenden Fragen hinsichtlich Bewertung und Behandlung beeinflusster Pegel müssen im Rahmen einer nachfolgenden Untersuchung abgeklärt werden.

## Beeinflusste Pegel



Unbeeinflußt ●

Beeinflussung

überwiegend

überwiegend

naturbedingt

anthropogen

bis 15 %



>15 bis 25 %



> 25 %



größere Städte ●



Abbildung 7: Beeinflusste Pegel

## 4.4 Beziehung von Gebietsniederschlag zu Gebietsabfluß

Bei der schrittweise durchgeführten Regionalisierung bildete der Gebietsniederschlag eine wichtige Orientierungshilfe für die Gebietsabgrenzung und Zuordnung von Pegeln. Schon eine erste Gegenüberstellung aller Gebietsniederschläge und Gebietsabflüsse mit noch unbereinigten Abflußdaten läßt eine Abhängigkeit des Gebietsabflusses vom Gebietsniederschlag erkennen - bei anfangs allerdings noch unbefriedigender Korrelation.

Im Zuge der fortschreitenden Regionalisierung wurden die Abflußwerte an den beeinflussten Pegeln sukzessive bereinigt, die Straffheit der Beziehung verbesserte sich deutlich.

Die Abbildung 8 zeigt in einer einfachen X-Y-Darstellung die langjährigen Mittelwerte aller Pegel für den Gebietsniederschlag und den Gebietsabfluß nach erfolgter Regionalisierung und Bereinigung der beeinflussten Pegel. Der Korrelationsfaktor beträgt jetzt 0,977, die Abflußwerte in den dargestellten Umhüllenden schwanken nur noch um etwa 10%.

Deutlich erkennbar wird der dominierende Einfluß des Niederschlages auf den Abfluß.

Es kann gefolgert werden, daß im langjährigen Mittel in erster Linie unterschiedliche Niederschlagsverteilungen ursächlich für unterschiedliches Abflußverhalten sind.

Eine ähnliche Gegenüberstellung der Werte des Gebietsniederschlages zu den Werten der Gebietsverdunstung läßt nur schwache Abhängigkeiten erkennen.

In Anbetracht dieser hier festgestellten straffen Beziehung zwischen dem Niederschlag und dem Abfluß ist an dieser Stelle nochmals zu betonen, daß diese auf langjährigen Mittelwerten basierende Wasserhaushaltsbetrachtung lediglich das mittlere Verhalten der Pegel in einer 24-jährigen Beobachtungsreihe darstellt und keinesfalls weitere von einem Pegel zu erwartende hydrologische Informationen ersetzen kann.

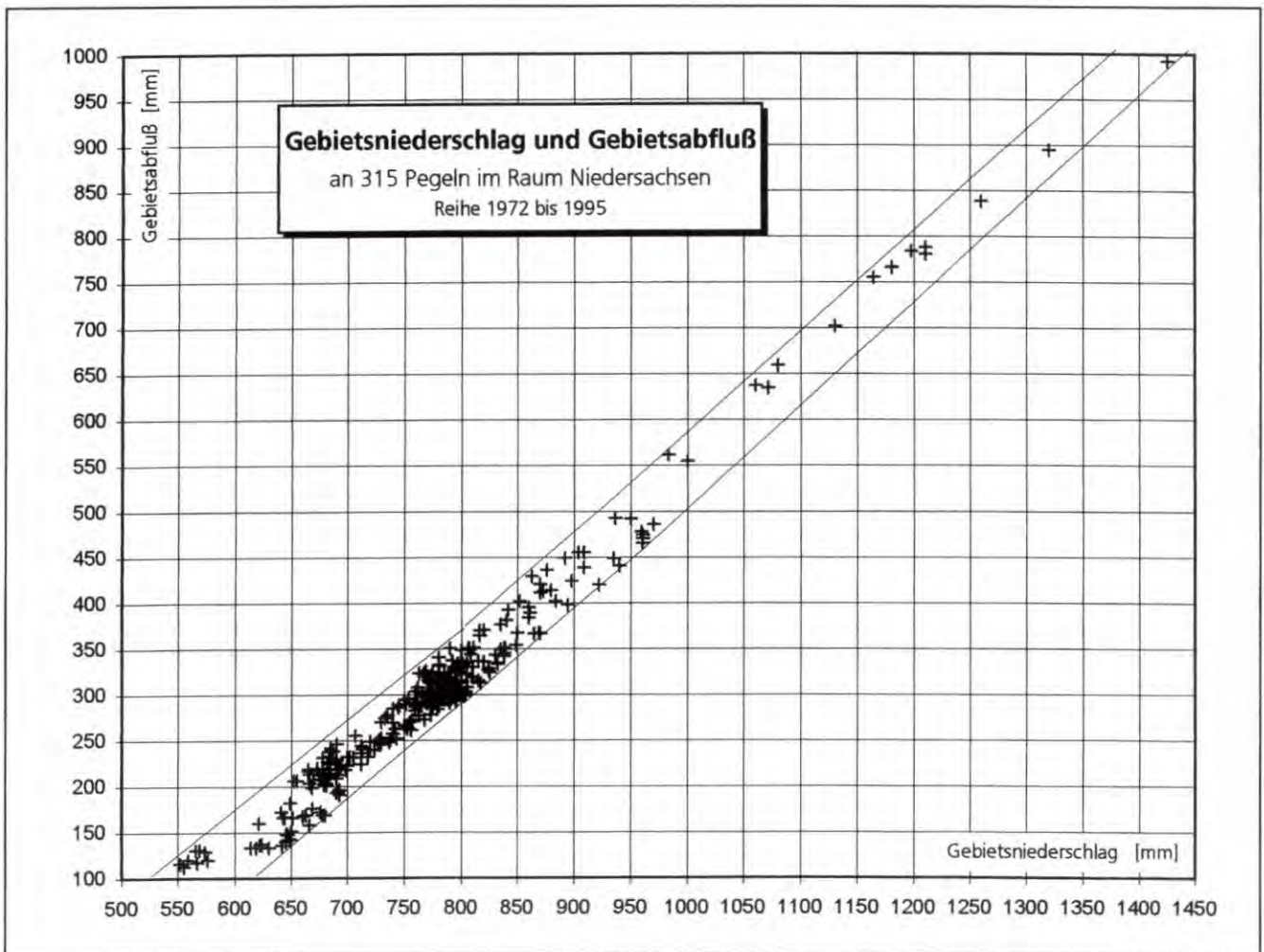


Abbildung 8: Gebietsniederschlag und Gebietsabfluß

# Ausblick

Die Untersuchungsergebnisse zeigen, daß mit den vorliegenden Daten und dem eingesetzten Verfahren einer schrittweisen Regionalisierung der Raum Niedersachsen in 32 Hydrologische Landschaften gegliedert werden kann. Die hier angegebenen Richtwerte und Abgrenzungen dieser Hydrologischen Landschaften sind sicher noch nicht endgültig zu betrachten. Neue, auch über die Grenzen Niedersachsens hinausgehende Erkenntnisse werden Fortschreibungen erforderlich machen.

Hinsichtlich der beeinflussten Pegel müssen in weitergehenden Untersuchungen - ggf. auch im Rahmen einer Meßnetzkonzeption - nachstehende Fragen geklärt werden:

Wie sieht das grundsätzliche Aufgabenprofil für Gewässerkundliche Pegel aus, ist die Erfüllung der Wasserhaushaltsgleichung die eigentliche Kernaufgabe ?

- Können Sonder - und Betriebspegel diese Aufgaben erfüllen ?
- Welche Beeinflussungen bis zu welchem Grade können toleriert werden ?
- Welche Meßwerte, welche Hauptwerte können bei welcher Beeinflussung noch verwendet werden?
- In welcher Form ist eine erkannte Beeinflussung bei den unterschiedlichsten hydrologischen Aussagen grundsätzlich und im jeweiligen Einzelfall zu berücksichtigen ?

## Zusammenfassung

Eine große Anzahl relativ gleichmäßig in Niedersachsen verteilter Pegel mit Abflußdaten über hinreichend lange Beobachtungszeiten steht zur Verfügung. Auf der Grundlage dieser Daten wird eine erste, das gesamte Gebiet umfassende Bilanzierung des Wasserhaushaltes und eine Regionalisierung möglich.

Der Wasserhaushalt in hydrologischen Einzugsgebieten kann bei Betrachtung langjähriger Mittelwerte mit der verkürzten Wasserhaushaltsgleichung

$$\text{Niederschlag} - \text{Abfluß} - \text{Verdunstung} = 0$$

hinreichend genau dargestellt werden. Klima, Morphologie und Boden sind die wesentlichsten, die Größenordnungen der drei Wasserhaushaltskomponenten bestimmenden Faktoren. Zusätzlich kann insbesondere der Gebietsabfluß infolge anthropogener Einwirkungen, aber auch naturbedingt erheblichen Beeinflussungen unterliegen.

In großen Gebieten mit unterschiedlichsten Voraussetzungen streuen anfangs die Werte der Wasserhaushaltskomponenten an allen einbezogenen Meßstellen erheblich.

Erst bei Betrachtung kleinerer räumlicher Einheiten mit ähnlichen natürlichen Bedingungen wird ein gebietstypisches, hydrologisch ähnliches Verhalten erkennbar, wobei beeinflusste Pegel deutlich hervortreten.

Mit vorliegender Arbeit wurde der Versuch unternommen, die im Gebiet Niedersachsen deutlich erkennbaren Unterschiede im Gebietswasserhaushalt zu inter-

pretieren und durch Aufgliederung des Gebietes in hydrologische Regionen und Landschaften zu räumlichen Einheiten mit gebietstypischem, hydrologisch ähnlichem Verhalten zu gelangen.

Hierzu wurde eine Vorgehensweise gewählt, bei der iterativ über Wasserhaushaltsbilanzierungen einander ergänzende Gebietsanalysen und Datenanalysen durchgeführt wurden.

Aus den Untersuchungsergebnissen geht hervor, daß die Mehrzahl der betriebenen Pegel als repräsentativ für ihr jeweiliges Einzugsgebiet betrachtet werden kann. Jedoch wurden etwa 40% aller einbezogenen Pegel als mehr oder weniger stark beeinflusst erkannt. In jedem Einzelfall wurde versucht, Ursache und Größenordnung der Beeinflussung zu ermitteln, um auf diesem Wege den ungestörten, natürlichen Gebietsabfluß zu errechnen.

Für die identifizierten hydrologischen Regionen und insbesondere die Hydrologischen Landschaften konnten gebietstypische Richtwerte mit nur noch geringen Schwankungsbereichen ermittelt werden, diese Richtwerte können auch auf meßtechnisch bisher nicht erfaßte Gewässer übertragen werden.

Nach Abschluß der Regionalisierung und Bereinigung der beeinflussten Pegel erfolgte eine Gegenüberstellung von Gebietsniederschlag und Gebietsabfluß aller einbezogenen Pegel. Eine straffe Beziehung mit nur noch geringer Schwankungsbreite verdeutlicht den dominierenden Einfluß des Niederschlages auf die Abflußbildung.



## Verwendete Literatur

Niederschlag, Abfluß und Verdunstung im Weser - und Allergebiet, Berlin 1932, Preußische Landesanstalt für Gewässerkunde

20 Jahre Wasserhaushaltsuntersuchungen im Oberharz, BfG Koblenz 1975, Prof. Liebscher, Besondere Mitteilungen zum DGJ Nr.39

Hydrochemische und isotonenchemische Untersuchungen im Einzugsgebiet der Rhumequelle, Diplomarbeit Ernst Böttcher, 1989, Sedimentpedographisches Institut der Georg-August-Universität Göttingen

Zur Wasserbilanz der Rhumequelle und ihres Einzugsgebietes, des Pöhlder Beckens. Klaus-Martin Liersch, 1987, Neues Archiv für Niedersachsen

Forstlich-hydrologische Untersuchungen in bewaldeten Versuchsgebieten im Oberharz, Liebscher und Wagenoff 1974, Aus dem Walde, Heft 22

Bodenkundliche Übersichtskarte von Niedersachsen und Bremen, 1:500.00, Niedersächsisches Landesamt für Bodenforschung, 1995

Geologische Karte Niedersachsen, Niedersächsisches Landesamt für Bodenforschung, 1986

Wasserwirtschaftlicher Rahmenplan Niedersachsen, Niedersächsisches Umweltministerium, 1993

Dyck, Angewandte Hydrologie, Teil 2, Berlin 1978

## Verwendete Daten

Niederschlagsdaten: Deutscher Wetterdienst

Abflußdaten:

Staatliche Ämter für Wasser und Abfall, Niedersachsen  
Harzwasserwerke

Hamburger Wasserwerke

Bundesanstalt für Gewässerkunde

Gewässerkundliche Dienststellen der Bundesländer

Hessen, Thüringen, Sachsen Anhalt, Nordrhein-Westfalen