

Großskalige hydrologische Modellierung von Landnutzungsänderungen vor dem Hintergrund unsicherer Eingangsdaten

W. Lahmer¹, B. Pfützner², A. Becker¹

¹Potsdam-Institut für Klimafolgenforschung e.V. (PIK), Telegrafenberg, Postfach 60 12 03, 14412 Potsdam

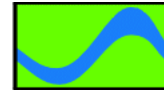
²Büro für Angewandte Hydrologie (BAH), Wollankstr. 117, 13187 Berlin

Vortrag im Rahmen des
2. Workshop

„Modellierung des Wasser- und Stofftransports in großen Einzugsgebieten“
am 19./20. November 1998 in Rauischholzhausen bei Gießen

- **Das Projekt WaStor**
- **Methodisches Konzept**
- **Ziele der Untersuchungen**
 - **Grad der räumlichen Aggregation**
 - **Räumliche Interpolation meteorologischer Eingangsdaten**
 - **Erfassung von Extremereignissen**
 - **Parameterunsicherheiten**
- **Schlußfolgerungen**





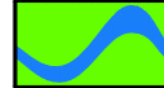
ZIELSTELLUNG

- Um die Auswirkungen anthropogen verursachter Einflüsse auf den Wasserhaushalt abschätzen zu können, ist zunächst eine umfassende Analyse des „**Ist-Zustands**“ durchzuführen.
- Diese erfordert eine **möglichst realitätsnahe Erfassung der gegenwärtigen hydrologischen Verhältnisse** des Einzugsgebietes als Bezugsbasis für die zu erwartenden Änderungen aufgrund einer veränderten Landnutzung.
- Dazu gehört eine Analyse der auftretenden **Fehler**, die das durch Landnutzungsänderungen hervorgerufene „Signal“ möglicherweise überdecken können.

1. Auswirkungen des Präprocessing auf die Ergebnisqualität (Regionalisierungsverfahren, räumliche Diskretisierung)

➤ Variation der Hydrotopklassifizierung

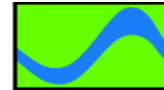
Unangemessen vereinfachende räumliche Aggregations- oder Regionalisierungsverfahren können eine effektive Beschreibung hydrologischer Gebietseigenschaften verhindern



ZIELSTELLUNG

2. Einfluß von Parameterunsicherheiten und Informationsdichte auf großskalige Modellierungsergebnisse

- **Räumliche Interpolation meteorologischer Eingangsgrößen am Beispiel eines Extremereignisses (Informationsdichte)**
 - *Die Informationsdichte meteorologischer Eingangsgrößen ist für eine flächendeckende Ableitung verschiedener Wasserhaushaltsgrößen oft zu gering.*
 - *Insbesondere die modellhafte Berücksichtigung lokal begrenzter Starkregenereignisse ist nur näherungsweise möglich.*
 - *Verschiedene Interpolationsverfahren zur Flächenübertragung der meteorologischen Eingangsgrößen können darüber hinaus zu großen Fehlern führen.*
- **Variation der Eingangsparameter der Landnutzungskarte (Parameterunsicherheiten)**
 - *Unsicherheiten der zur Verfügung stehenden räumlichen Eingangsdaten können eine exakte hydrologische Beschreibung des Untersuchungsgebietes zusätzlich erschweren*



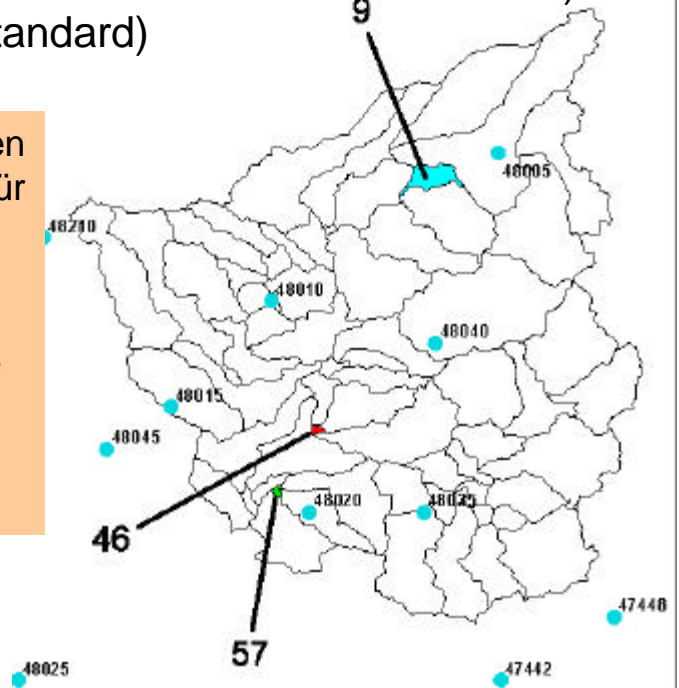
Wasser- und Stoffrückhalt im Tiefland des Elbeinzugsgebietes

Erfassung von Extremereignissen

Vergleich verschiedener Interpolationsverfahren

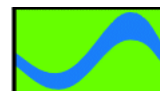
Verfahren: **N=x** (Berücksichtigung der x=1-6 nächsten Stationen)
Quadrantenverfahren (Standard)

1. Vergleich der nach diesen Verfahren **räumlich** interpolierten Niederschläge für das Extremereignis vom 12.06.1993
2. Vergleich der nach diesen Verfahren interpolierten und für 3 Teileinzugsgebiete **zeitlich** aggregierten Niederschläge für das Extremereignis am 12.06.1993 und den Gesamtzeitraum 1981-1994



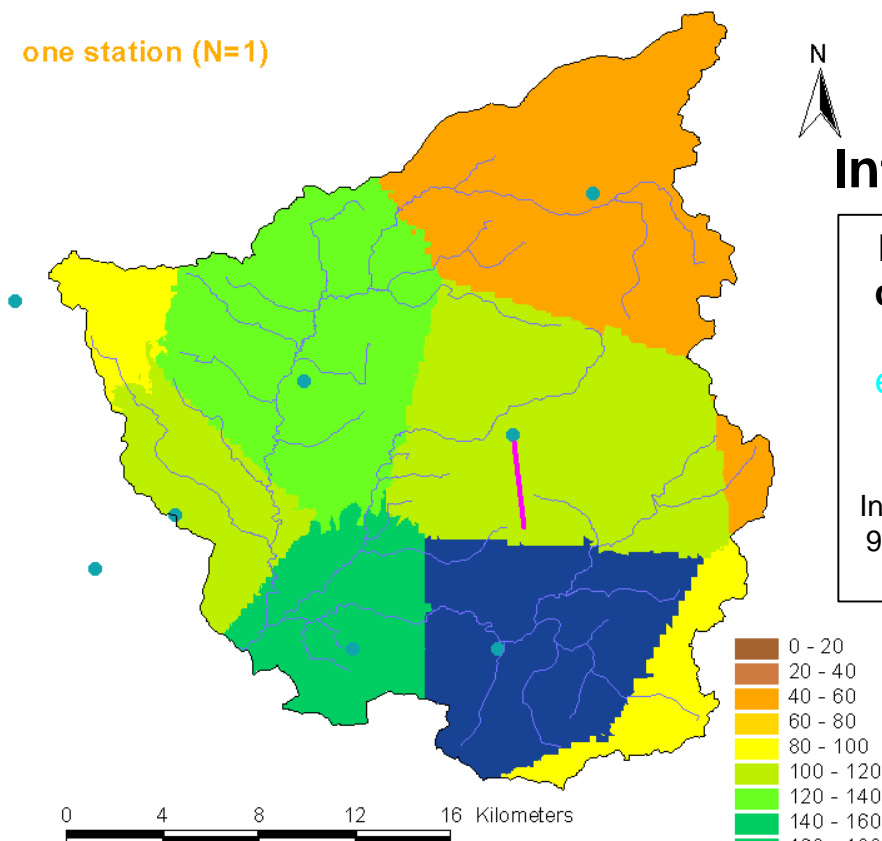
SCHLUßFOLGERUNGEN

- Das **N=x**-Verfahren ist u.U. dann besser als das Quadrantenverfahren, wenn keine Stationen außerhalb der Gebietsgrenzen zur Verfügung stehen. Dann werden für Randgebiete auf jeden Fall mehrere Stationen herangezogen (und nicht wie beim Quadrantenverfahren u.U. lediglich eine).
- Die Größe räumlich begrenzter Ereignisse dürfte auch mit dem **Quadrantenverfahren** aus zwei Gründen überschätzt werden: Zum einen handelt es sich um Tageswerte des Niederschlages, zum anderen führt die Interpolation selbst zu einer räumlichen „Verschmierung“ des Ereignisses.
- Hochwasserauslösende, **konvektive Ereignisse** lassen sich bei der mesoskaligen Modellierung nur dann modellhaft abbilden, wenn sie von einer (oder mehreren Stationen) hinreichend erfaßt werden.
- Dazu ist i.d.R. eine erheblich höhere **Stationsdichte** notwendig.

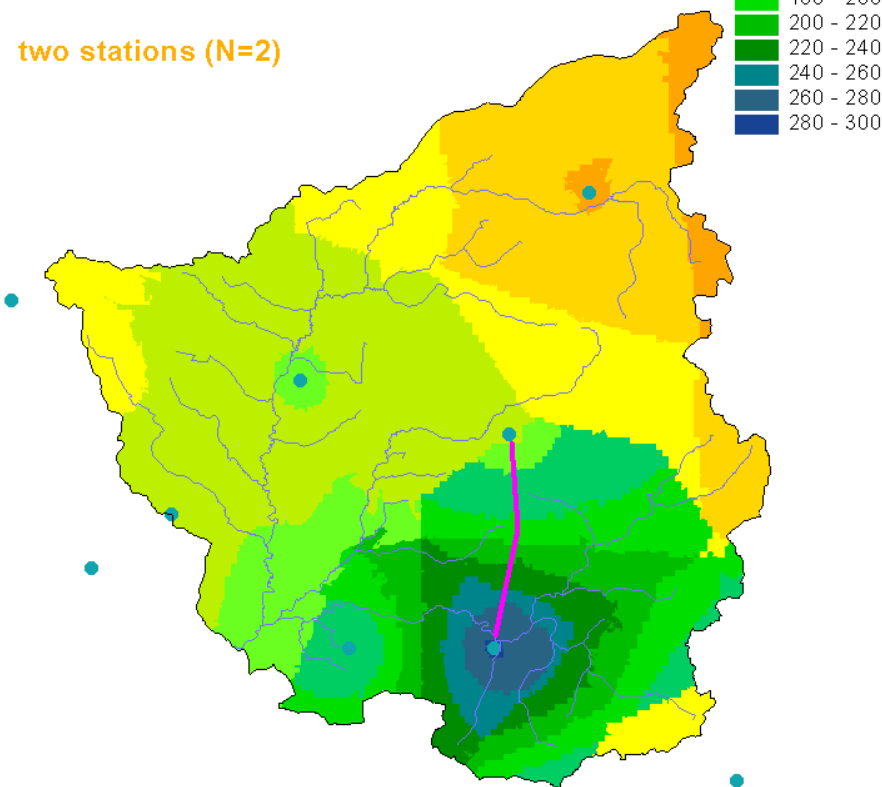


Wasser- und Stoffrückhalt im Tiefland des Elbeeinzugsgebietes

one station (N=1)



two stations (N=2)



Vergleich verschiedener Interpolationsverfahren

Räumliche Verteilung des **Niederschlages** im Einzugsgebiet der Stepenitz für das **extreme Niederschlagsereignis** am 12. Juni 1993.

Interpolation anhand der Punktdaten von 9 Klima- und 24 Niederschlagsstationen auf EFL-Basis.

N=1

- Eine Station definiert jeweils den Niederschlag der Umgebung.
- Ähnlich zum Thiessen-Verfahren, das aber keine 1/r-Abhängigkeit enthält!
- Abweichungen von rein geometrischen Fünfecken beruhen auf der endlichen Größe der zugrundegelegten Elementarflächen.
- Unrealistische Interpolationsmuster!

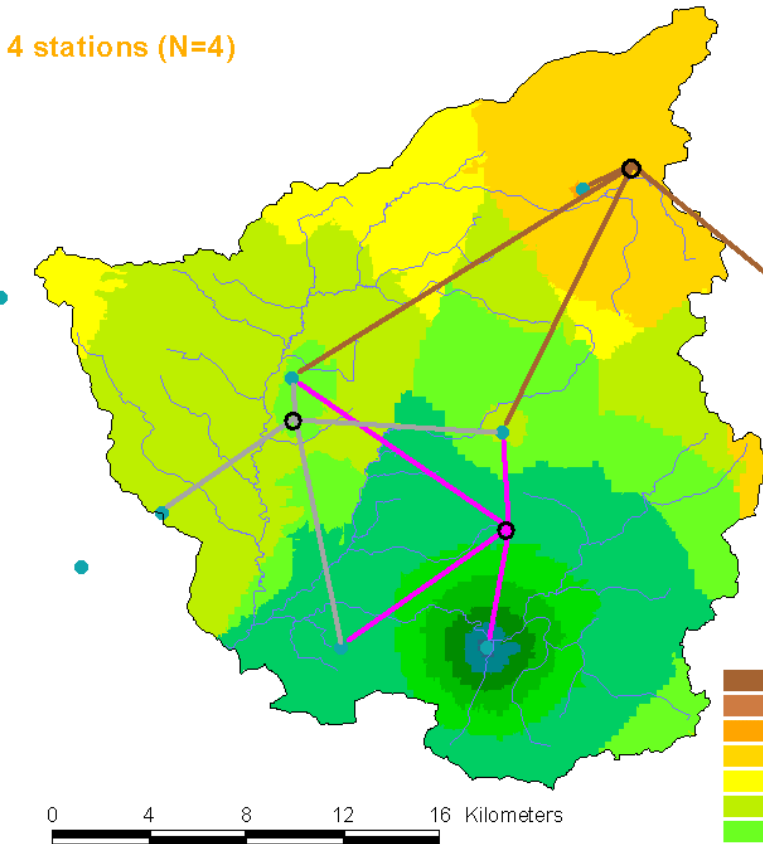
N=2

- Höhere räumliche Differenzierung. Die Lage der verwendeten Stationen spiegelt sich in der Verteilung wider



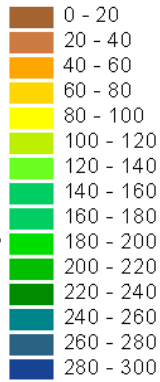
4 stations (N=4)

Vergleich verschiedener Interpolationsverfahren



Räumliche Verteilung des **Niederschlages** im Einzugsgebiet der Stepnitz für das **extreme Niederschlagsereignis** am 12. Juni 1993.

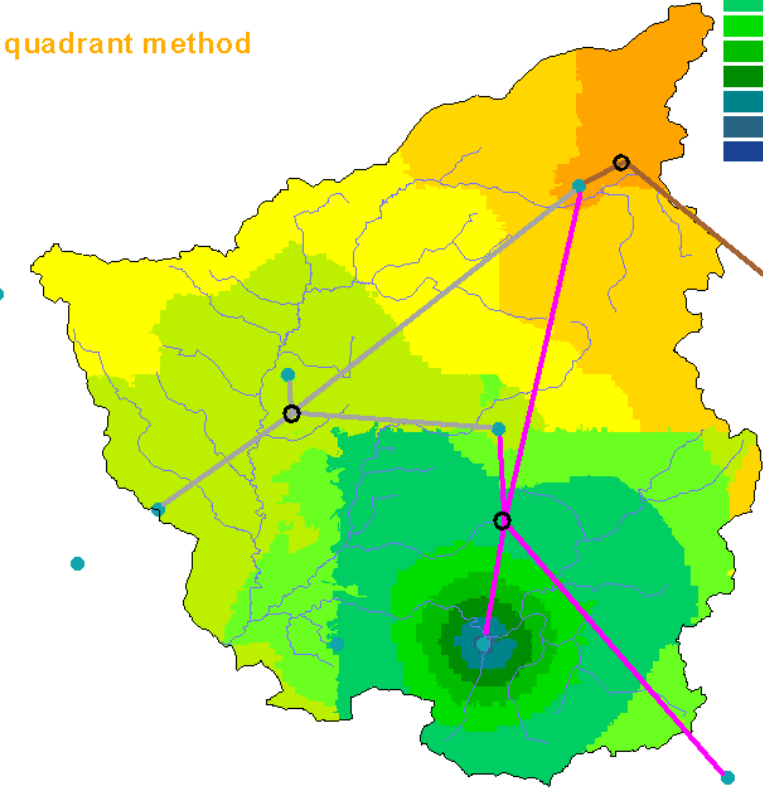
Interpolation anhand der Punktdaten von 9 Klima- und 24 Niederschlagsstationen auf EFL-Basis.



N=4

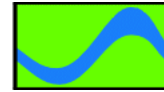
- Mit zunehmender Anzahl berücksichtigter Stationen werden zu hohe Niederschlagswerte in den Norden des Gebietes übertragen, der durch geringere Stationsdichte gekennzeichnet ist.

quadrant method



Quadrantenverfahren

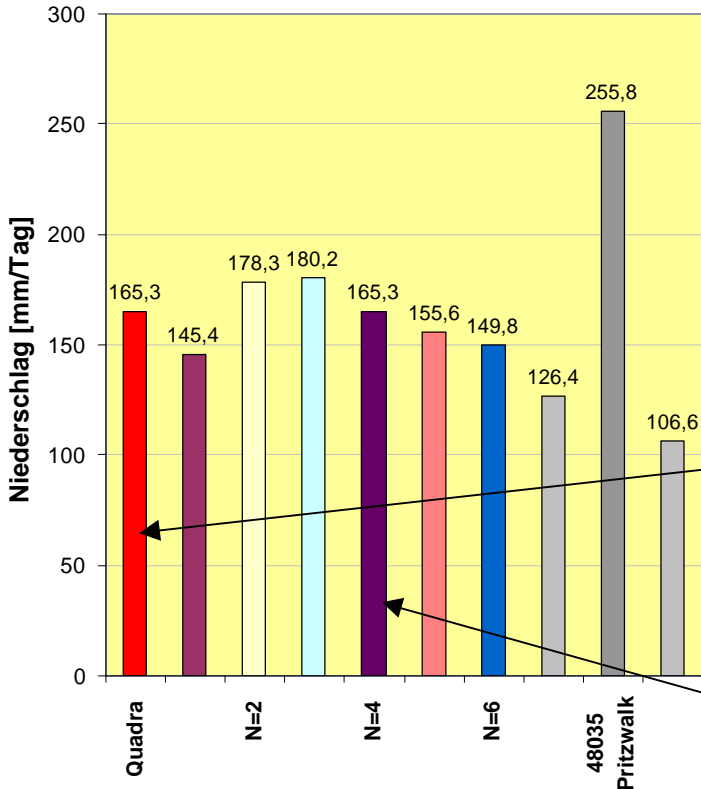
- Liefert im vorliegenden Fall das beste Interpolationsergebnis.
- Fehlt eine Station in einem Quadranten, so wird keine alternative Station in größerer Entfernung zur Interpolation herangezogen.



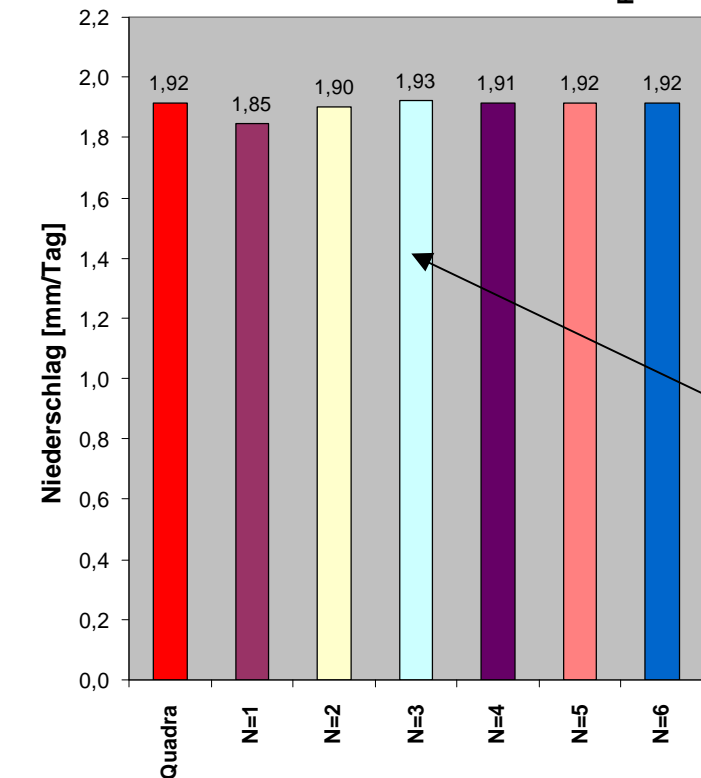
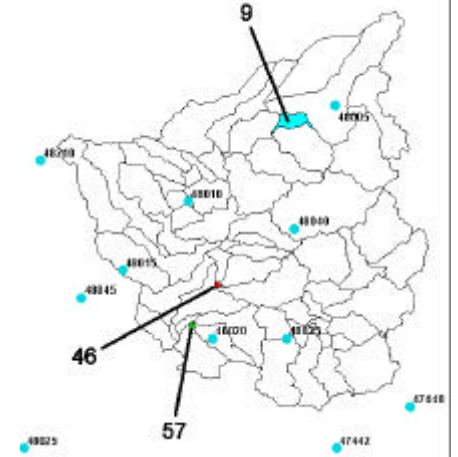
Wasser- und Stoffrückhalt im Tiefland des Elbeinzugsgebietes

Vergleich verschiedener Interpolationsverfahren

Teileinzugsgebiet 46



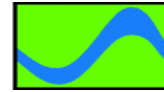
Interpolierte Tagesniederschläge für **Extremereignis** am 12.06.1993



- Die **Quadrantenmethode** liefert für den Fall des Extremereignisses relativ hohe Werte, da die Station Pritzwalk (48035) stets in die Interpolation eingeschlossen wird.
- **N=4** liefert einen zum Quadrantenverfahren identischen Wert, da die selben Stationen berücksichtigt werden.
- Mit zunehmender Anzahl berücksichtigter Stationen liefert das **N=x**-Verfahren geringere Werte, da zunehmend Stationen im Norden (die nicht vom Extremereignis betroffen sind) berücksichtigt werden.
- Die Unterschiede zwischen den verschiedenen Interpolationsverfahren werden bei Betrachtung längerer Zeiträume erheblich geringer.

Interpolierte mittlere Tagesniederschläge für den **Gesamtzeitraum** 1981-1994

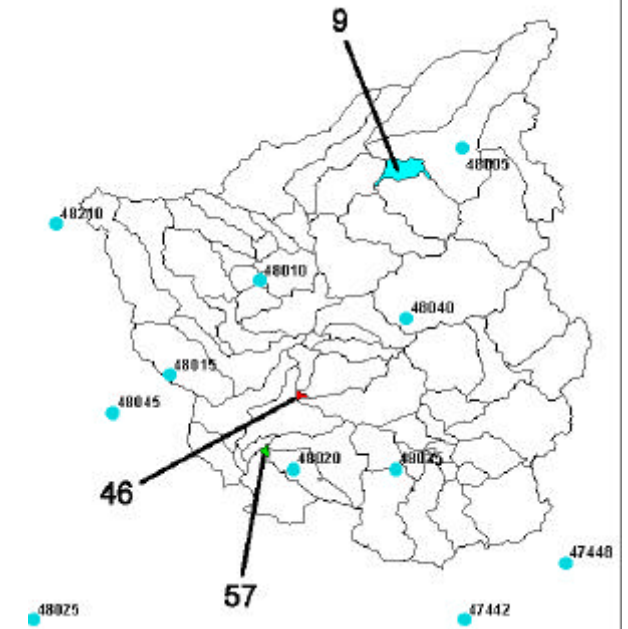
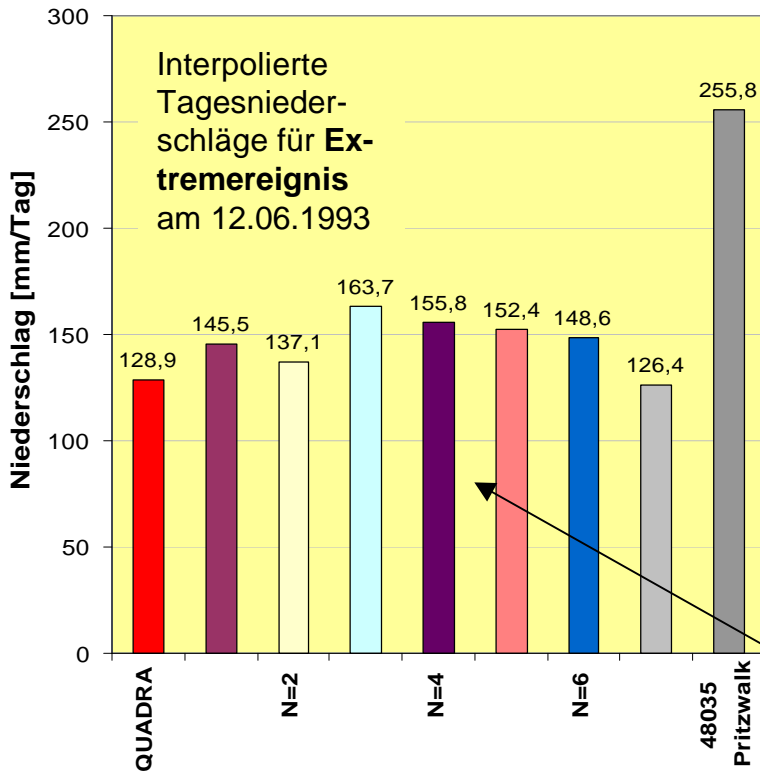




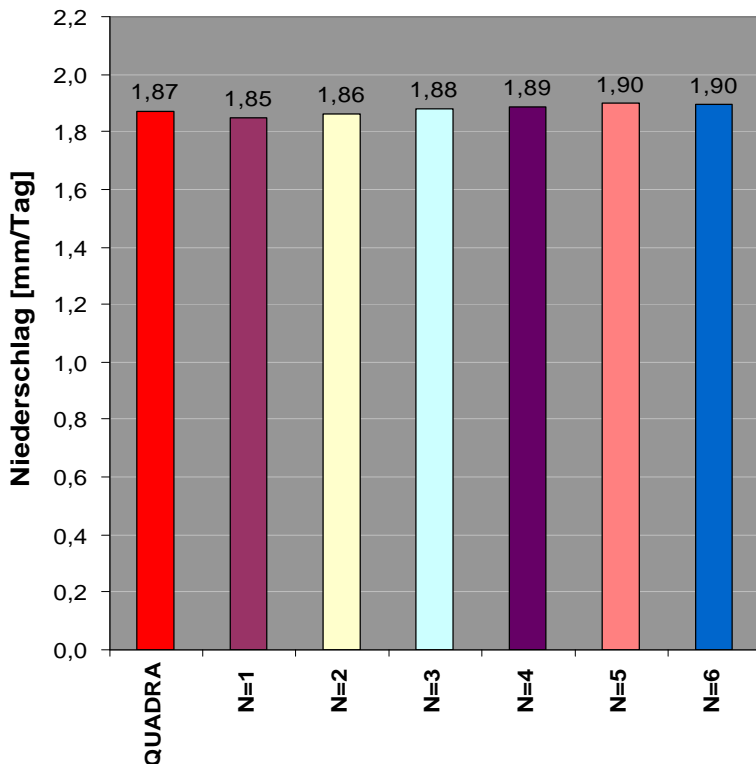
Wasser- und Stoffrückhalt im Tiefland des Elbeinzugsgebietes

Vergleich verschiedener Interpolationsverfahren

Teileinzugsgebiet 57

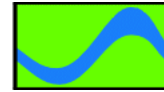


- Es treten keine gravierenden Unterschiede zwischen den verschiedenen Verfahren auf, da die Stationen eher gleichmäßig um das Teilgebiet verteilt sind.



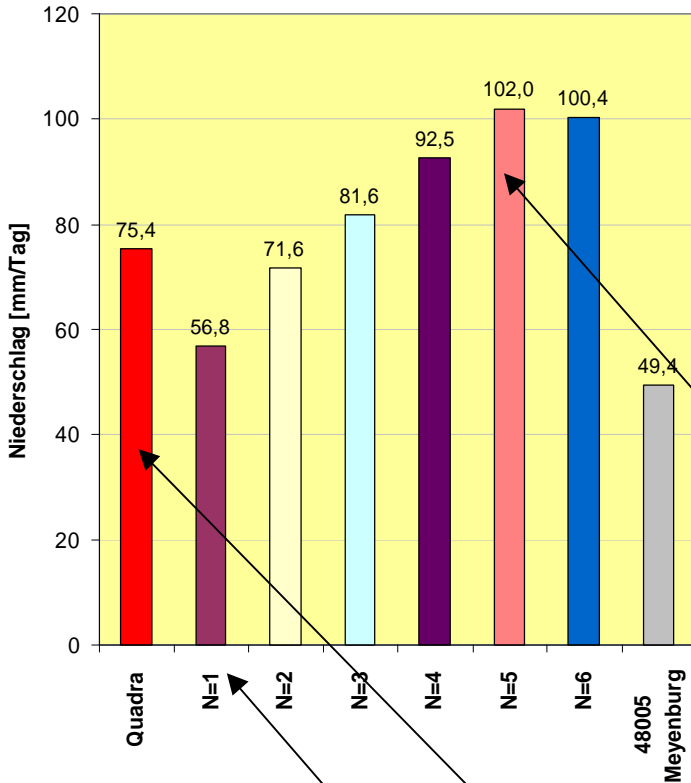
Interpolierte mittlere Tagesniederschläge für den **Gesamtzeitraum** 1981-1994



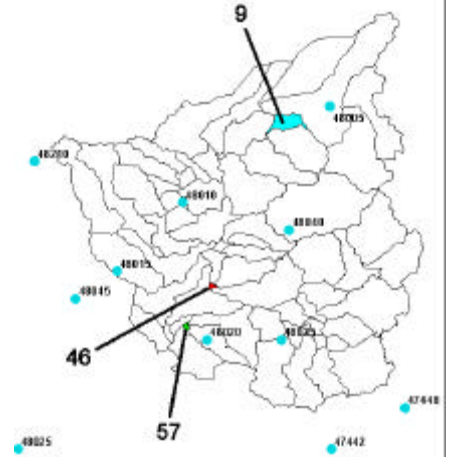


Vergleich verschiedener Interpolationsverfahren

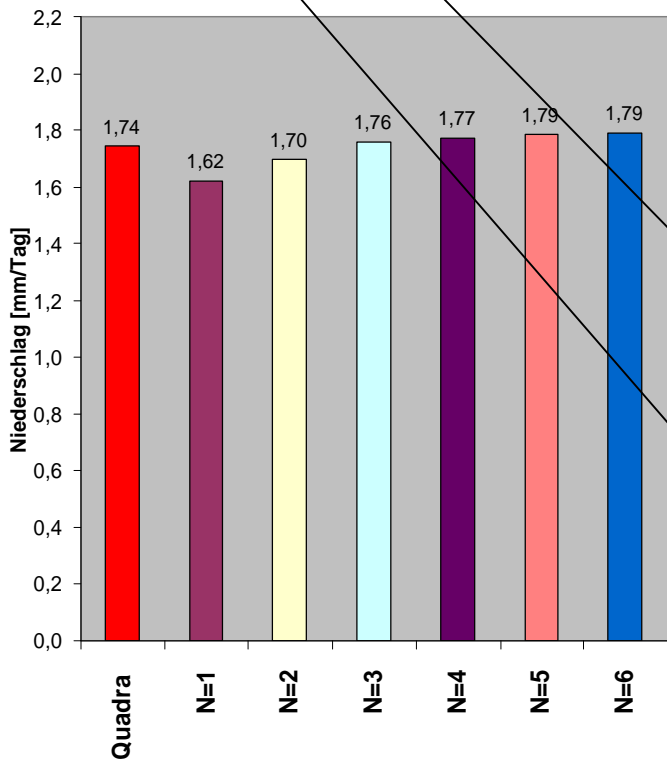
Teileinzugsgebiet 9



Interpolierte Tagesniederschläge für **Extremereignis** am 12.06.1993

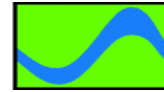


- Für dieses im Norden liegende Teilgebiet wird das Problem des **N=x**-Verfahrens am deutlichsten: Bei Berücksichtigung von immer mehr Stationen werden zu hohe Niederschlagswerte von Stationen aus dem regenreichen Süden zur Interpolation herangezogen.
- Dabei werden auch Werte weit entfernter Stationen verwendet, deren Werte für das regional begrenzte Extremereignis vom 12.06.1993 nicht verwendet werden dürften.
- Auch das **Quadrantenverfahren** liefert hier keine genauen Werte, da ebenfalls nicht-relevante Stationen verwendet werden.
- N=1 kommt den an der nächsten Station Meyenburg gemessenen



Interpolierte mittlere Tagesniederschläge für den **Gesamtzeitraum** 1981-1994





Wasser- und Stoffrückhalt im Tiefland des Elbeeinzugsgebietes

Parameterunsicherheiten

Variation von Parametern der Landnutzungskarte

Welchen Einfluß hat die Variation der Parameter der Landnutzungskarte auf die Jahreswerte verschiedener WH-Größen?

Für die in der *Landnutzungstabelle* abgelegten Kennwerte

- **Versiegelungsgrad** (10, 30 %)
- **Wurzeltiefe** (0.4, 0.8 m)
- **Interzeptionsspeicherkapazität** (3, 5 mm)
- **Bedeckungsgrad** (80, 90 %)
- **Rauhigkeit** nach Strickler (0.02, 0.18 m^{1/3}/s)

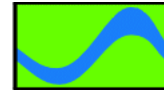
wurden bei der Simulation des Ist-Zustandes der jeweilige **Minimalwert**, **Maximalwert** bzw. der aus diesen berechnete **Mittelwert** (default) verwendet (in Klammern: Min/Max-Werte für Siedlungsflächen).

ERGEBNIS

- Für die über 1983-1993 gemittelten Jahressummen verschiedener Wasserhaushaltsgrößen ergeben sich folgende **Änderungen**:

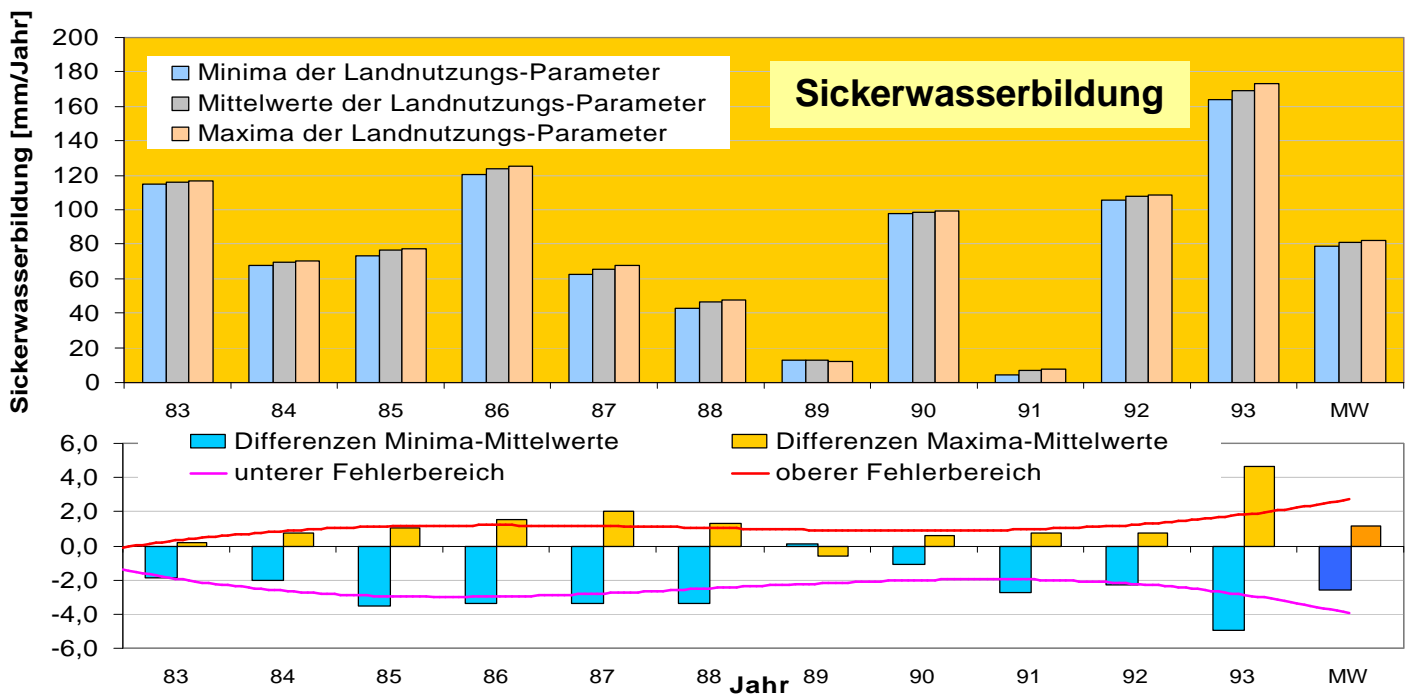
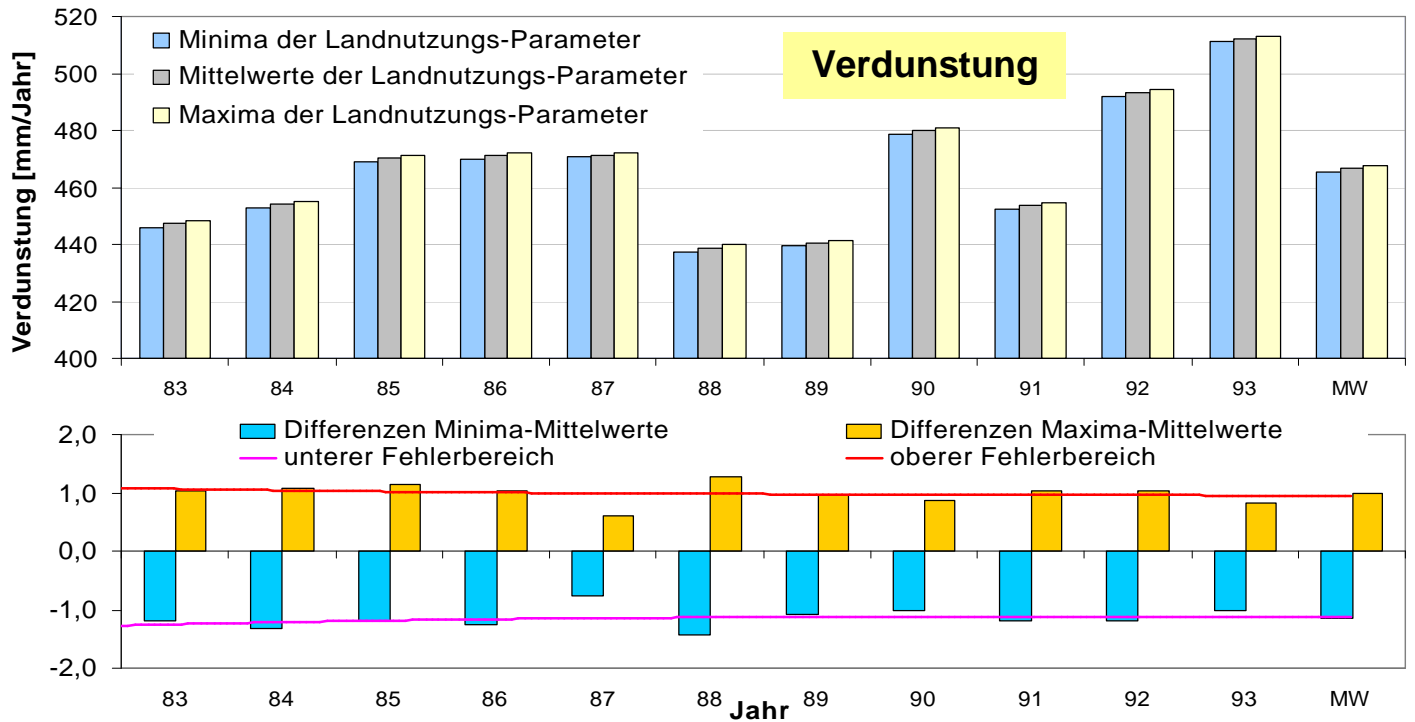
Verdunstung:	ca. +0.2% bis -0.2%
Sickerwasserbildung:	ca. +1.5% bis -3.2%
Oberflächenabflußbildung:	ca. -2.1% bis +3.6%
Gesamtabfluß:	ca. -0.4% bis +0.7%

- Diese Änderungen sind äußerst gering und liegen erheblich unter den Fehlern, die sich z.B. aus einer unzureichenden Erfassung der meteorologischen Eingangsgrößen ergeben.
- Größere Änderungen sind bei Variation der Bodenparameter zu erwarten, insbesondere des Kf-Wertes.



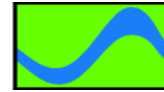
Wasser- und Stoffrückhalt im Tiefland des Elbeinzugsgebietes

Variation von Parametern der Landnutzungskarte



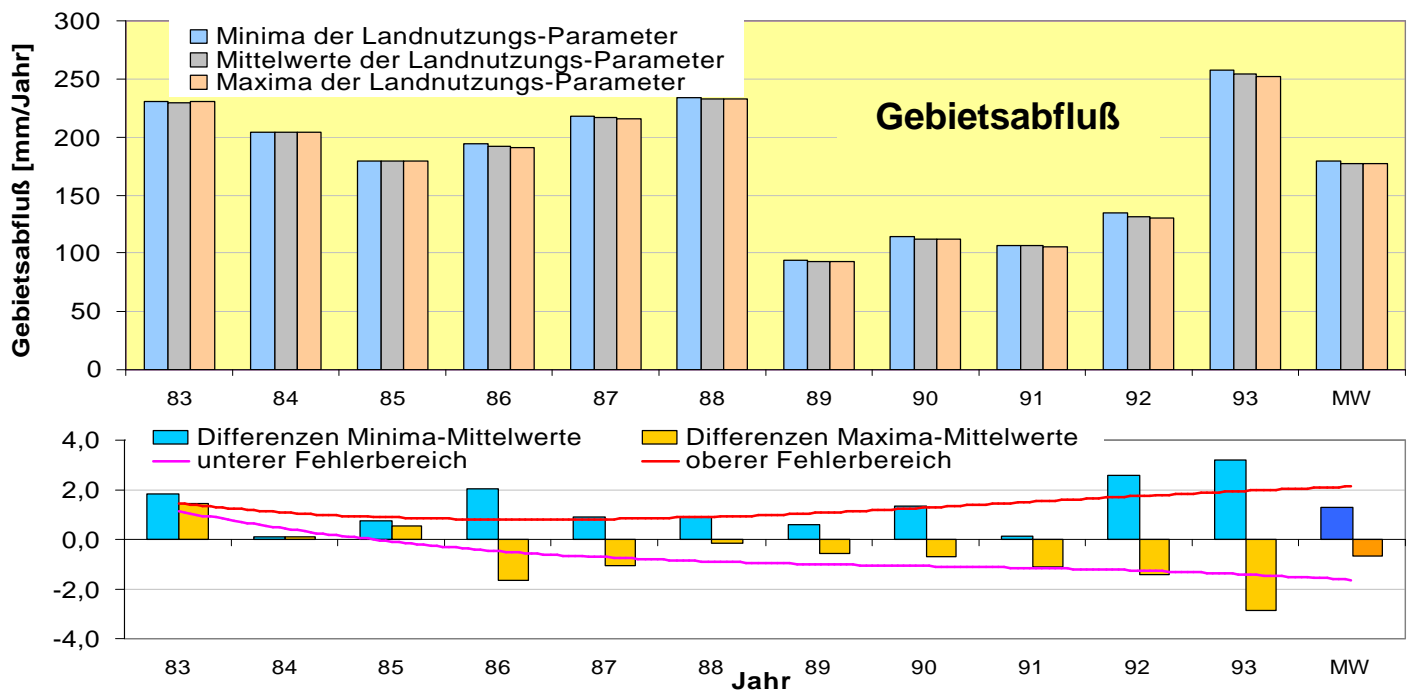
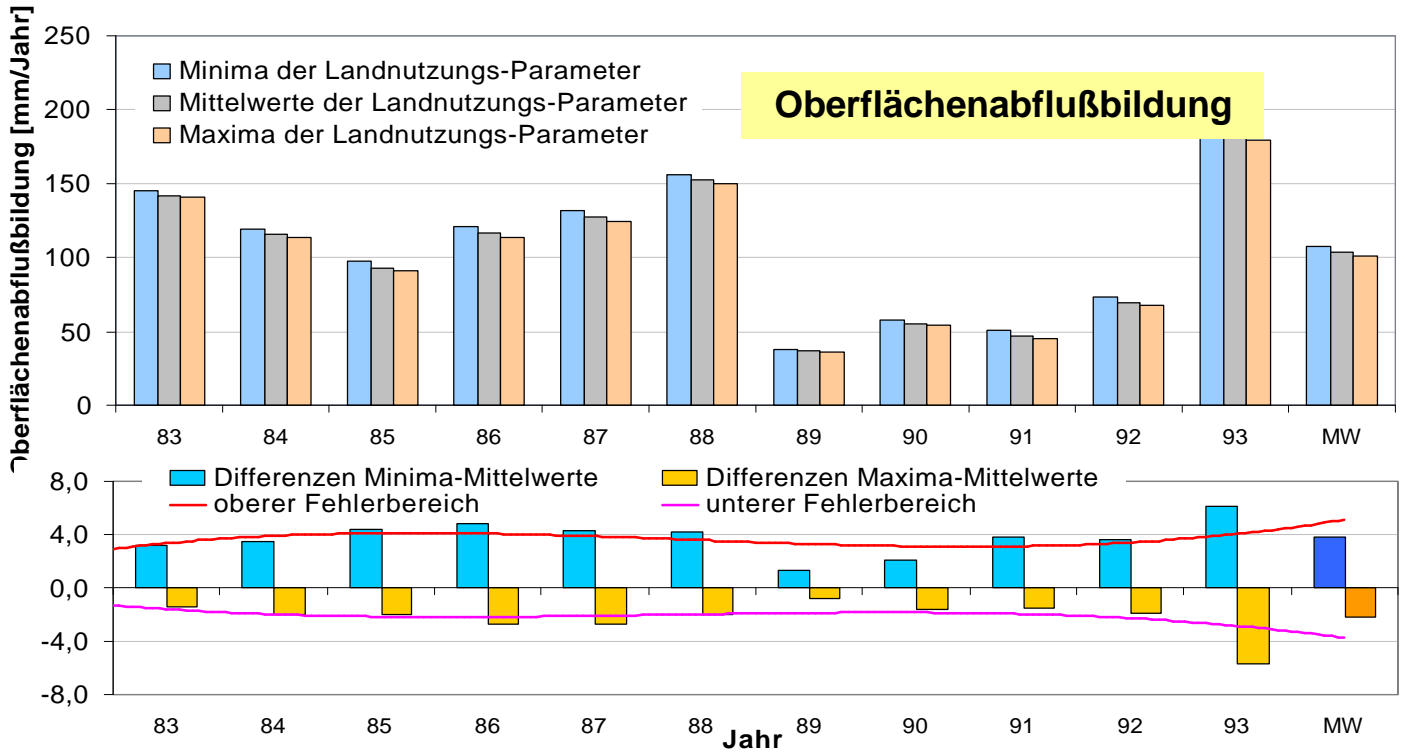
Jahressummen 1983-1993 der **Verdunstung** und der **Sickerwasserbildung** bei Variation der Parameter in der Landnutzungstabelle





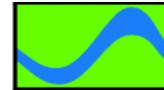
Wasser- und Stoffrückhalt im Tiefland des Elbeinzugsgebietes

Variation von Parametern der Landnutzungskarte



Jahressummen 1983-1993 der **Oberflächenabflußbildung** und des **Gebietsabflusses** bei Variation der Parameter in der Landnutzungstabelle





SCHLUßFOLGERUNGEN UND AUSBLICK

Für eine möglichst realitätsnahe Erfassung des „Ist-Zustandes“ eines meso-bis makroskaligen Einzugsgebietes ist ein Kompromiß zu finden zwischen

- hinreichend begründbaren **Modellvereinfachungen** (räumliche Disaggregation und Aggregation),
- ausreichend hoher räumlicher und zeitlicher **Informationsdichte** (Dichte meteorologischer Stationen, Auflösung hydrometeorologischer Daten) und
- einer geeigneten Berücksichtigung von **Unsicherheiten** der verwendeten Raumdaten (in Tabellen abgelegte Parameter der verschiedenen Basiskarten).

Nur dann sind umfangreiche Sensitivitätsanalysen sowie langjährige Szenarienrechnungen unter der Annahme eines geänderten **Klimas** und/oder einer geänderten **Landnutzung** möglich und sinnvoll.