

PIK Report

No. 87

HOCHWASSERRISIKO IM MITTLEREN
NECKARRAUM

Charakterisierung unter Berücksichtigung
regionaler Klimaszenarien
sowie dessen Wahrnehmung
durch befragte Anwohner

Markus Wolff



POTSDAM INSTITUTE
FOR
CLIMATE IMPACT RESEARCH (PIK)

Veröffentlicht als Diplomarbeit im Mai 2003 am
Institut für Geographie der Universität Potsdam

Autor:

Dipl. Geogr. Markus Wolff
Potsdam-Institut für Klimafolgenforschung e.V.
PF 60 12 03, D-14412 Potsdam
Tel.: +49-331-288-2565
Fax: +49-331-288-2695
E-mail: Markus.Wolff@pik-potsdam.de

Ansprechpartner:

Dr. Lucas Menzel (Gutachter)
Abt. Globaler Wandel und Natürliche Systeme
Potsdam-Institut für Klimafolgenforschung e.V.
PF 60 12 03, D-14412 Potsdam
Tel.: +49-331-288-2673
Fax: +49-331-288-2695
E-mail: Lucas.Menzel@pik-potsdam.de

Herausgeber:

Dr. F.-W. Gerstengarbe

Technische Ausführung:

U. Werner

POTSDAM-INSTITUT
FÜR KLIMAFOLGENFORSCHUNG
Telegrafenberg
Postfach 60 12 03, 14412 Potsdam
GERMANY
Tel.: +49 (331) 288-2500
Fax: +49 (331) 288-2600
E-mail-Adresse:pik@pik-potsdam.de

Abstract

The aim of this diploma thesis is twofold: Firstly to show for a given subcatchment how the risk “flood” could possibly **alter** under climate change. Secondly it will be analysed how potentially affected persons individually **perceive** this change of risk. To accomplish this aim the thesis is based on an interdisciplinary approach which combines methods of the natural- and social sciences. The methods of the natural sciences are mainly based on hydrological techniques and the application of climate change szenarios while the methods of the social sciences deal with perception- and speculation horizons of individual persons. Within this context different definitions of the term “risk” will be discussed. Further it will be pointed out that the term risk can be understood as a result of different, respectively process related, correlations.

The **first part** includes calculations on the possible future development of floodrisk in a subcatchment of the river Neckar in southwest Germany. These analyses will be based on applications of the hydrological model HBV-D and the integration of statistically downscaled and therefore regionalized climate change szenarios.

The **second part** deals with the perceptions of selected stakeholders, who were confronted with the results from the hydrological studies. These analyses will primarily be based on statsitical evaluations of interviews in the surrounding area of the city of Pforzheim, involving housholds, decision-makers and also pupils from two local grammar schools.

Inhaltsverzeichnis

EINLEITUNG	11
1 BESCHREIBUNG DER VERWENDETEN DIGITALEN DATENSÄTZE	13
2 LAGE DES UNTERSUCHUNGSGEBIETS	15
3 NATURRÄUMLICHE CHARAKTERISTIKA DES UNTERSUCHUNGSGEBIETS	17
3.1 GEWÄSSERNETZ	17
3.2 GEOMORPHOLOGIE.....	20
3.3 KLIMA	22
3.3.1 <i>Temperatur</i>	<i>24</i>
3.3.2 <i>Niederschlag.....</i>	<i>25</i>
4 LANDNUTZUNG IM UNTERSUCHUNGSGEBIET.....	27
5 MODELLIERUNG DES NIEDERSCHLAG-ABFLUSSVERHALTENS ANHAND GEMESSENER KLIMADATEN	31
5.1 HYDROLOGISCHE MODELLE IM ÜBERBLICK.....	31
5.2 DAS MODELL HBV-D.....	34
5.3 MODELLKALIBRIERUNG	34
5.3.1 <i>Spezifische Problematik bei der Kalibrierung</i>	<i>35</i>
5.4 MODELLVALIDIERUNG	37
5.5 BEURTEILUNG DER REFERENZMODELLIERUNG.....	38
5.5.1 <i>Abflussregime nach Pardé</i>	<i>42</i>
5.5.2 <i>Diskussion „gemessener“ und simulierter Abflussregime des Neckars sowie einzelner Hochwasserereignisse aus Kalibrierungs- und Validierungszeitraum44</i>	
6 DIE EINBINDUNG REGIONALER KLIMASZENARIEN: MÖGLICHE ENTWICKLUNGEN IM ZUKÜNFTIGEN ABFLUSSGESCHEHEN.....	50
6.1 DIE ERSTELLUNG REGIONALER KLIMASZENARIEN FÜR DAS UNTERSUCHUNGSGEBIET...	50
6.2 AUSWIRKUNGEN VERÄNDERTER KLIMATISCHER RANDBEDINGUNGEN.....	53
6.2.1 <i>Modifikationen im Niederschlagsverhalten</i>	<i>53</i>
6.2.2 <i>Konsequenzen veränderter Niederschlagscharakteristika für die Abflussbedingungen</i>	<i>62</i>
6.2.3 <i>Modifikationen in der Schneebedeckung.....</i>	<i>66</i>
6.2.4 <i>Beeinflussung des Klimasystems durch die veränderte Schneebedeckung</i>	<i>68</i>
7 ZUSAMMENFASSUNG I: HOCHWASSER UND KLIMAÄNDERUNGEN	76

8	EINFÜHRUNG IN DEN ZWEITEN TEIL DER ARBEIT	78
9	NATURGEFAHREN UND NATURRISIKEN AUS SOZIALGEOGRAPHISCHER PERSPEKTIVE.....	79
10	KONZEPTION DES SOZIALGEOGRAPHISCHEN UNTERSUCHUNGSDE-SIGNS.....	83
10.1	ENTWICKLUNG DES ERHEBUNGSINSTRUMENTS.....	85
10.2	IMPLEMENTIERUNG DER ERGEBNISSE AUS TEIL I IN DAS ERHEBUNGSINSTRUMENT ...	86
11	DIE SITUATION IM RAUM PFORZHEIM: HOCHWASSER ALS PROBLEM ..	88
11.1	DIE HOCHWASSERSITUATION IM RAUM PFORZHEIM AUS SICHT DER REGIONALPLANUNG	89
11.1.1	<i>Exkurs: Ursachen und Verlauf des Hochwassers vom Dezember 1993</i>	<i>92</i>
11.2	DIE HOCHWASSERSCHUTZGEMEINSCHAFT PFORZHEIM-EUTINGEN	95
11.3	DIE HOCHWASSERSITUATION IN DER STADT MÜHLACKER.....	96
11.4	DIE HOCHWASSERSITUATION IN DER STADT NEUENBÜRG	98
12	HOCHWASSERRISIKOWAHRNEHMUNG I: HAUSHALTSBEFRAGUNGEN	101
12.1	AUSWAHL DER PROBANDEN.....	101
12.2	HOCHWASSERBEZOGENER WISSENS- UND ERFAHRUNGSSCHATZ.....	106
12.3	EINSCHÄTZUNG VON WAHRSCHEINLICHKEITEN DURCH BEFRAGTE ANWOHNER.....	117
12.4	KONFRONTATION DER BETROFFENEN MIT DEN MODELLIERUNGSERGEBNISSEN.....	125
12.5	FAZIT	130
13	HOCHWASSERRISIKOWAHRNEHMUNG II: SCHÜLERBEFRAGUNGEN ...	131
13.1	AUSWAHL DER PROBANDEN.....	131
13.2	HOCHWASSERBEZOGENER WISSENS- UND ERFAHRUNGSSCHATZ.....	132
13.3	EINSCHÄTZUNG VON WAHRSCHEINLICHKEITEN DURCH BEFRAGTE SCHÜLER	134
13.4	KONFRONTATION DER SCHÜLER MIT DEN MODELLIERUNGSERGEBNISSEN.....	137
13.5	FAZIT	139
	ZUSAMMENFASSUNG UND AUSBLICK.....	140
	DANKSAGUNG	
	ANHANG	
	LITERATURVERZEICHNIS	

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Lage des Untersuchungsgebiets.....	S.15
Abbildung 2: Gliederung des Neckareinzugsgebietes sowie Lage und Größe der Teileinzugsgebiete	S.16
Abbildung 3: Überblick über die wichtigsten Fließgewässer im Gebiet Lauffen.....	S.17
Abbildung 4: Überblick über das Gewässernetz des Untersuchungsgebiets.....	S.18
Abbildung 5: Überblick über das südwestdeutsche Gewässernetz und anstehende Gesteine.....	S.19
Abbildung 6: Orientierungswerte für die Gebirgsdurchlässigkeit bei unterschiedlichen Gesteinen ..	S.19
Abbildung 7: Topographie des Untersuchungsgebiets. Unten rechts: Überblick über die wichtigsten Landschaftstypen des östlichen Untersuchungsgebiets.....	S.20
Abbildung 8: Geologische Karte Südwest-Deutschlands.....	S.22
Abbildung 9: Jahresgang von Temperatur und Niederschlag der ausgewerteten Klimastationen.....	S.24
Abbildung 10: Mittlere jährliche Niederschlagshöhen im Schwarzwald.....	S.26
Abbildung 11: Prozentuale Verteilung der Landnutzungsklassen im Einzugsgebiet.....	S.27
Abbildung 12: Landnutzung im Teileinzugsgebiet Lauffen.....	S.28
Abbildung 13: Bodentypen im Untersuchungsgebiet.....	S.29
Abbildung 14: Bodentypen und deren Landnutzung im Untersuchungsgebiet.....	S.29
Abbildung 15: Stellung des in dieser Arbeit verwendeten Modells HBV-D innerhalb des allgemeinen Klassifikationsschemas hydrologischer Modelle.....	S.32
Abbildung 16: Abflusskurven an den Neckarpegeln Plochingen und Lauffen im Vergleich.....	S.36
Abbildung 17: Vergleich von „gemessenen“ und simulierten täglichen Abflüssen am Pegel Lauffen	S.39
Abbildung 18: Regressionsanalytische Darstellungen „gemessener“ und simulierter Abflüsse aus Kalibrierungsphase und Validierungsphase.....	S.41
Abbildung 19: Monatsmittel des Jahresganges des Abflusses für die wichtigsten Abflussregimetypen	S.43
Abbildung 20: „Gemessenes“ Abflussregime des Neckars zwischen den Pegeln Plochingen und Lauffen.....	S.44
Abbildung 21: Mit HBV-D simuliertes Abflussregime des Neckars zwischen den Pegeln Plochingen und Lauffen.....	S.46
Abbildung 22: Prozentuale Abweichungen der simulierten mittleren monatlichen Abflüsse und des Schwankungskoeffizienten von den „gemessenen“ Werten am Pegel Lauffen.....	S.46

Abbildung 23: Darstellung des Zusammenhangs zwischen Hochwasserwelle und Gebietsniederschlag für ein konkretes Ereignis aus der Kalibrierungsphase und Validierungsphase.....	S.47
Abbildung 24: Darstellung der „gemessenen“ und simulierten Abflussvolumen der Hochwasserereignisse aus dem Jahr 1970 sowie deren prozentuale Abweichung.....	S.48
Abbildung 25: Darstellung der „gemessenen“ und simulierten Abflussvolumen der Hochwasserereignisse aus dem Jahr 1997 sowie deren prozentuale Abweichung.....	S.48
Abbildung 26: Konzeptioneller Überblick über die in dieser Arbeit durchgeführten Arbeitsschritte bezüglich der hydrologischen Modellierung von Klimaszenarien.....	S.52
Abbildung 27: Entwicklung von Gebietsniederschlag und Gebietstemperatur im Zeitraum 1861 bis 2100 (<i>sca</i> Szenario) bzw. 1961 bis 2100 (<i>hdl</i> Szenario)	S.54
Abbildung 28: Vergleich der Gebietsniederschläge des Referenzzeitraumes für das Untersuchungsgebiet. Die gestrichelten blauen Linien kennzeichnen den Maximal- bzw. Minimalwert der jährlichen Gebietsniederschläge unter gemessenen Klimabedingungen.....	S.55
Abbildung 29: Niederschlags-, Temperaturdiagramme der Stationen Freudenstadt und Schömberg	S.57
Abbildung 30: Niederschlags-, Temperaturdiagramme der Stationen Murrhardt und Schwäbisch Gmünd.....	S.58
Abbildung 31: Darstellung der saisonal unterschiedlich ausgeprägten Abweichungen der durch die Klimaszenarien <i>sca</i> und <i>hdl</i> berechneten Gebietsniederschläge [mm] vom gemessenen Gebietsniederschlag [mm].....	S.61
Abbildung 32: Vergleich des mit HBV-D unter gemessenem Klima berechneten Abflussregime mit dem des <i>hdl</i> Szenarios und dem des <i>sca</i> Szenarios.....	S.63
Abbildung 33: Mit HBV-D simulierte Abflussregime der Klimaszenarien <i>hdl</i> (oben) und <i>sca</i>	S.64
Abbildung 34: Saisonale Veränderungen in der Schneedecke der Klimaszenarien.....	S.67
Abbildung 35: Schematische Darstellung der sich verändernden Zugbahnen winterlicher Sturmtiefs aufgrund sich ostwärts verlagernder Kältehochdruckgebiete.....	S.69
Abbildung 36: Darstellung über die Zunahme zonaler Großwetterlagen über Europa bei gleichzeitigem Zurückgehen zyklonaler – meridionaler Großwetterlagen.....	S.70
Abbildung 37: 11-jähriges gleitendes Mittel des maximalen jährlichen Abflusses am Pegel Köln, des Gebietsniederschlags Rheinland-Pfalz und Saarland sowie die mittlere Andauer der Zonalzirkulation (WA, WZ, WS und WW) von Dezember bis Februar).....	S.72
Abbildung 38: Räumliche Verteilung extremer Winterniederschläge in Baden-Württemberg für die Zeitreihe 1931 bis 1994.....	S.73
Abbildung 39: Extremwertstatistische Analyse des Abflusses am Pegel Lauffen mit der Gumbel-Verteilung für das <i>sca</i> -Szenario.....	S.74
Abbildung 40: Extremwertstatistische Analyse des Abflusses am Pegel Lauffen in der Gumbel-Verteilung für das <i>hdl</i> -Szenario.....	S.75

Abbildung 41: Darstellung des behavioristischen Verhaltensmodells.....	S.80
Abbildung 42: Schnittstellen-Transportmedium „Fiktiver Zeitungsartikel“ zum Zwecke der Konfrontation der Probanden mit den Ergebnisse der zuvor durchgeführten Niederschlag-Abflussmodellierungen.....	S.87
Abbildung 43: Überschrift aus „Der Enztäler - Wildbader Tageblatt“	S.91
Abbildung 44: Jahresextremwerte der Abflüsse und Ausgleichskurve am Pegel Pforzheim für den Zeitraum 1932 bis 1994.....	S.92
Abbildung 45: Darstellung der Niederschlagssummen der Periode 19. bis 20. Dezember 1993 im Vergleich zu den monatlichen Niederschlagshöhen beziehungsweise dem langjährigen Mittel für den Dezember 1993.....	S.93
Abbildung 46: Abflussganglinie des Hochwassers vom Dezember 1993 am Pegel Pforzheim.....	S.94
Abbildung 47: Überblick über die Lage der in Mühlacker am stärksten betroffenen Stadtteile Dürrmenz und Mühlhausen an der Enz sowie Fotografien aus dem überfluteten Mühlhausen vom Dezember 1993.....	S.96
Abbildung 48: Überblick über Enz und öffentliche Hochwasserschutzbauten in Mühlacker-Dürrmenz.	S.97
Abbildung 49: Öffentliche Hochwasserschutzbauten in der Stadt Neuenbürg.....	S.100
Abbildung 50: Schematische Darstellung der im Winter 1993 durch die Enz überflutete Flächen in Mühlacker-Dürrmenz und Mühlacker-Mühlhausen.....	S.102
Abbildung 51: Markierung des Wasserstandes der Enz an einem Wohnhaus in Mühlacker-Dürrmenz.	S.102
Abbildung 52: Altersstruktur der befragten Bürger.....	S.104
Abbildung 53: Anzahl der Personen im Haushalt und Familienstand der befragten Bürger.....	S.104
Abbildung 54: Höchster Bildungsabschluss sowie gegenwärtiger Beruf der befragten Bürger.....	S.105
Abbildung 55: Höhe der durch das 1993er Hochwasser verursachten Schäden.....	S.108
Abbildung 56: Beurteilung der Wirksamkeit hinsichtlich der Durchführung baulicher Maßnahmen am eigenen Haus sowie der Anschaffung privater Hochwasserschutzvorrichtungen durch die befragten Bürger.....	S.111
Abbildung 57: Beurteilung der Wirksamkeit hinsichtlich des Umräumens wertvollen Inventars aus Keller und Erdgeschoss in höhere Stockwerke sowie der Anschaffung von Informationsmaterialien zum privaten Hochwasserschutz durch die befragten Bürger.....	S.112
Abbildung 58: Durch die befragten Bürger geäußerte Umzugsgedanken: Wurde im Haushalt bereits einmal über einen Umzug nachgedacht, und wäre der/die Befragte auch dann in die Gemeinde gezogen, wenn er/sie vor möglichem Hochwasser gewarnt gewesen wäre?	S.113
Abbildung 59: Beurteilung der Wirksamkeit der öffentlichen Hochwasserschutzbauten auf das persönliche Schutzempfinden der befragten Bürger.....	S.114

Abbildung 60: Beurteilung der Wahrscheinlichkeit zukünftiger Hochwasser durch befragten Bürger	S.116
Abbildung 61: Einschätzung der persönlichen Betroffenheit bei einem möglichen zukünftigen Hochwasser durch die befragten Bürger.....	S.117
Abbildung 62: Einschätzung der Jährlichkeit für das nächste große Hochwasser durch befragte Bürger	S.119
Abbildung 63: Stellenwert der durch die befragten Bürger geäußerten Hochwasserangst im Vergleich zur angenommenen Jährlichkeit.....	S.120
Abbildung 64: Einschätzung des zu erwartenden Schadensniveaus bei einem möglichen zukünftigen Hochwasser durch die befragten Bürger.....	S.121
Abbildung 65: Fragen und Antworten zum Klimawandel.....	S.122
Abbildung 66: Von den befragten Bürgern geäußerte Antworten auf die Frage, was sie nach Lesen des fiktiven Zeitungsartikels am ehesten tun würden.....	S.124
Abbildung 67: Durch die befragten Bürger geäußertes Grad der wahrgenommenen Ernsthaftigkeit hinsichtlich der Auswirkungen regionaler Klimaänderungen auf die lokale Hochwassersituation.....	S.125
Abbildung 68: Neubewertungsprozesse: Verschiebungen in der Wahrnehmung des Schutzgrades öffentlicher Hochwasserschutzbauten nach dem Lesen des „Zeitungsartikels“.....	S.126
Abbildung 69: Von den Schülern beurteilte Wirksamkeit des Umzuges in hochwassersichere Regionen	S.131
Abbildung 70: Einschätzung der Jährlichkeit für das nächste große Hochwasser durch die befragten Schüler.....	S.133
Abbildung 71: Fragen und Antworten zum Klimawandel.....	S.134
Abbildung 72: Von den befragten Schülern geäußerte Antworten auf die Frage, was sie nach dem Lesen des fiktiven Zeitungsartikels am ehesten tun würden.....	S.135
Abbildung 73: Neubewertungsprozesse: Verschiebungen in der Wahrnehmung des Schutzgrades öffentlicher Hochwasserschutzbauten nach dem Lesen des „Zeitungsartikels“.....	S.137

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Reklassifizierung des Corine-Datensatzes in 8 HBV Klassen.....	S.14
Tabelle 2: Eingangsdaten für die Niederschlag-Abflussmodellierung mit HBV-D.....	S.33
Tabelle 3: Ausgewählte Gütekriterien für verschiedene Modellierungszeiträume.....	S.37
Tabelle 4: Überblick über „gemessene“ und simulierte Abflüsse des Neckars zwischen den Pegeln Plochingen und Lauffen [in m ³ /s].....	S.42
Tabelle 5: Überblick über die Niederschlagsbedingungen unmittelbar vor Auftreten zweier ausgewählter Hochwasserereignisse aus Kalibrierungs- und Validierungsphase (1970er und 1997er Hochwasser) im Teileinzugsgebiet Lauffen (Neckar).....	S.49
Tabelle 6: Überblick über die im Rahmen dieser Arbeit verwendeten Namenskonventionen bezüglich der durch EDS regionalisierten Klimaszenarien.....	S.52
Tabelle 7: Überblick über gemessene und durch EDS berechnete Jahresmitteltemperaturen sowie deren Differenzen (2061-2098).....	S.60
Tabelle 8: Überblick über gemessene und durch EDS berechnete Jahresmitteltemperaturen sowie deren Differenzen (1961-1998).....	S.60
Tabelle 9: Prozentuale Zunahme des MQ Jahr (2061-2098; Klimaszenarien) im Vergleich zum „gemessenen“ MQ Jahr (1961-1998) der Referenzmodellierung.....	S.65
Tabelle 10: Auswirkungen des Elbehochwassers vom August 2002 auf die befragten Bürger.....	S.106
Tabelle 11: Durchführung von baulichen Maßnahmen durch befragte Bürger.....	S.109
Tabelle 12: Auswirkungen des Elbehochwassers vom August 2002 auf die befragten Schüler.....	S.130

Einleitung

Hochwasser sind heutzutage Ereignisse, die gesellschaftlich als gefährlich und „risikobehaftet“ eingestuft werden. Dabei war es der Mensch selbst, der durch seine Eingriffe in den Naturhaushalt natürliche Prozesse aus dem Gleichgewicht brachte, sodass sich infolgedessen das *Naturereignis* Hochwasser in die *Naturgefahr* verwandelte. Beispielsweise wurden in der Bundesrepublik Deutschland während der „Blütezeit“ des technischen Gewässerbaus bis Ende der 70er Jahre des zwanzigsten Jahrhunderts täglich etwa 3,5 km Gewässer durch Begrädnung oder Vertiefung ihres natürlichen Bettes beraubt – nahezu 10% der Gesamtlänge des deutschen Gewässernetzes (*Mendel et al, 1997*).

Mit der vorliegenden Arbeit wird die Zielstellung verfolgt, das „Risiko“ Hochwasser für ein bestimmtes Gebiet a) in seinen möglichen Entwicklungstendenzen und -Prozessen zu charakterisieren und b) zu erheben, wie es von den, im Eintrittsfall höchstwahrscheinlich betroffenen, Bewohnern individuell wahrgenommen wird.

Um diesem Anspruch gerecht werden zu können, liegt der Arbeit ein interdisziplinärer Ansatz zu Grunde, der die Anwendung naturwissenschaftlich fundierter hydrologischer Techniken ebenso erfordert wie die Erforschung individueller menschlicher Wahrnehmungs- und Spekulationshorizonte. In diesem Zusammenhang wird die Notwendigkeit aufgezeigt werden, verschiedene Definitionen des Begriffes „Risiko“ zu bemühen. Es wird herausgearbeitet werden, dass der Begriff Risiko das Resultat unterschiedlicher, jeweils prozessbezogener Zuordnungen ist. Daher unterscheidet sich auch der Risikobegriff der Naturwissenschaften oftmals von dem der Sozialwissenschaften – je nachdem, welches Risikoverständnis dem jeweiligen Betrachter inne ist, durch welche Art von Risiko-„Brille“ dieser die risikobehaftete Welt beobachtet (vgl. *Holzheu, Wiedemann, 1993*). Um dem interdisziplinären Anspruch dieser Arbeit gerecht zu werden, die naturwissenschaftliche „Säule“ gleichwertig neben der sozialwissenschaftlichen zu behandeln, erwächst für den Verfasser dieser Arbeit in letzter Konsequenz die Notwendigkeit, sich zuweilen selbst unterschiedliche „Risikobrillen“ aufzusetzen.

Entsprechend dem geschilderten Ansatz gliedert sich die Arbeit in zwei große Teile, einen eher naturwissenschaftlich-hydrologisch ausgerichteten und einen eher sozialgeographisch orientierten. Der erste Teil soll dabei im Wesentlichen die Auswirkungen möglicher Klimaänderungen auf das Abflussgeschehen und damit auf das generelle Hochwasserrisiko der Untersuchungsregion darlegen. Um jedoch die Auswirkungen von klimatischen Veränderungen auf den Abfluss korrekt beurteilen zu können, ist es zunächst notwendig, das *gegenwärtige* Klima des Untersuchungsgebiets zu charakterisieren. Daher schließt sich nach einer kurzen Vorstellung der Datengrundlagen (Kapitel 1) und der geographischen Lage der

Untersuchungsregion (Kapitel 2) eine physisch-geographische Charakterisierung des Naturraumes (Kapitel 3) an. Innerhalb dieses Kapitels werden neben den Temperaturverhältnissen besonders die räumlichen Verteilungsmuster der regionalen Niederschläge von besonderem Interesse sein. Sie stellen neben der Topographie und der Landnutzung (Kapitel 4) die wesentlichen Einflussgrößen für die zeitliche und räumliche Diskretisierung des Abflusses im Einzugsgebiet dar.

Anschließend werden die Niederschlag-Abflussbedingungen mit Hilfe eines hydrologischen Modells für gegenwärtige Klimabedingungen modelliert (Kapitel 5). Erst danach können im letzten Kapitel dieses ersten Teils mögliche *zukünftige* klimatische Parameter anstelle der gegenwärtigen verwendet werden (Kapitel 6). Auf Basis der so erhaltenen Ergebnisse ist es letztendlich möglich, Aussagen zum zukünftigen Abflussgeschehen, und damit zur möglichen zukünftigen Hochwassercharakteristik des Untersuchungsgebiets insgesamt, zu treffen. Abschließend werden die Ergebnisse dieses Teils noch einmal zusammengefasst und ein Ausblick auf den sich anschließenden zweiten sozialgeographischen Teil gegeben (Kapitel 7).

In diesem zweiten Teil soll dargelegt werden, wie die im Fall neuer Hochwasser höchstwahrscheinlich betroffenen Menschen auf die präsentierten Ergebnisse reagieren. Nach einer kurzen Einführung (Kapitel 8) und einer ausführlicheren Schilderung der unterschiedlichen Risikobegriffe (Kapitel 9) wird das weitere Untersuchungsdesign vorgestellt (Kapitel 10). Ferner wird in diesem Zusammenhang über die Entwicklung und Implementierung eines geeigneten Mediums berichtet, das es ermöglicht, die Ergebnisse des ersten Teils (die Entwicklung des zukünftigen regionalen Hochwasserrisikos) den Menschen vor Ort vorzustellen. Es gilt daher, die wissenschaftlich bearbeiteten, komplexen Prozesse und Zusammenhänge mit möglichst geringem Informationsverlust in eine für den wissenschaftlichen Laien verständliche Form zu transformieren.

Hieran anschließen wird sich ein Überblick über die nähere Untersuchungsregion im Allgemeinen sowie über die dortige Hochwassersituation im Speziellen (Kapitel 11). Die beiden folgenden Kapitel setzen sich mit den Erhebungen zur individuellen Wahrnehmung des Hochwasserrisikos auseinander (Kapitel 12 und Kapitel 13). Bewusst verzichtet wurde auf eine Totalerhebung – diese war sowohl aus finanziellen als auch aus formalen Gründen nicht zu leisten und hätte den Rahmen dieser Arbeit bei weitem überschritten.

Den Abschluss dieser Arbeit bildet eine Zusammenfassung, in der noch einmal die wesentlichen Ergebnisse zusammengestellt werden.

1 Beschreibung der verwendeten digitalen Datensätze

Für sämtliche naturräumliche Analysen wurde im Rahmen dieser Arbeit das Geographische Informationssystem ArcView verwendet. Dabei wurden alle Sekundärdatensätze aus den im Folgenden beschriebenen Ausgangsdaten abgeleitet.

Zum einen lagen als Rasterdatensätze mit einer jeweiligen Zellgröße von 100 Metern vor:

Datensatz zur Landnutzung (*Corine-Landnutzungskartierung des Statistischen Bundesamtes – Stand 1990*) sowie ein digitales Höhenmodell (*Gesellschaft für angewandte Geodäsie*). Wesentlich grober aufgelöst, nämlich mit einer Zellgröße von 500 Metern, sind dagegen die Informationen über die Bodenvergesellschaftungen (*European Soil Database*). Weiterhin wurden in Form von Vektordaten in die Untersuchungen einbezogen: Informationen zum Gewässernetz (*Bundesanstalt für Kartographie und Geodäsie*), klimatische Daten von vier Klima- und 34 Niederschlagsmessstationen (*Deutscher Wetterdienst*) sowie die aus Messungen bestimmten Tagesmittelwerte der Abflüsse am Pegel Lauffen (*Bundesanstalt für Gewässerkunde*).

Für die anschließenden HYDROLOGISCHEN MODELLIERUNGEN wurde das Modell HBV-D eingesetzt. Als Grundlage der Modellierung dienten die Daten der Klima- und Niederschlagsstationen, das digitale Höhenmodell sowie modifizierte Informationen zur Landnutzung. „Modifizierte“ Informationen insofern, als das Modell HBV-D mit 15 Landnutzungsklassen arbeitet, der Corinecode aber aus 23 solchen Klassen besteht. Folglich war eine Neuklassifizierung dieser 23 Klassen notwendig.¹ Die Tabelle 1 zeigt diese Klassifizierung im Überblick.

Entsprechend der Vorgaben durch das hydrologische Modell beziehen sich auch die im Rahmen dieser Arbeit getroffenen Aussagen zur Landnutzung überwiegend auf jene aggregierten Klassen. Diesen Sachverhalt gilt es beispielsweise bei der Auswertung des modellierten Abflusses zu beachten. Eventuelle Rückschlüsse auf unterschiedliche Interzeptionsfähigkeiten von Laub- und Nadelwald sind aus diesem Grunde aus den simulierten Abflüssen nicht ersichtlich.

¹ Diese Neuklassifizierung erfolgte auf Grundlage eines am Potsdam-Institut für Klimafolgenforschung (PIK) entwickelten ArcView Skriptes, welches die digitalen Daten der Landnutzung und der Topographie für die direkte Verwendung im hydrologischen Modell vorbereitet.

Tab.1: Reklassifizierung des Corine-Datensatzes in 8 HBV Klassen

Quelle: Eigene Darstellung

Corine Code	Corine Bezeichnung	Neue HBV-Klasse	Deutsche Bezeichnung	HBV Code
211	Nicht bewässertes Ackerland	Agriculture	Landwirtschaft	5
221	Weinbauflächen	Agriculture	Landwirtschaft	5
222	Obst- und Beerenobstbestände	Agriculture	Landwirtschaft	5
242	Komplexe Parzellenstrukturen	Agriculture	Landwirtschaft	5
243	Landwirtschaft und natürliche Bodenbedeckung	Agriculture	Landwirtschaft	5
131	Abbauflächen	Bare surfaces	Brachflächen	12
132	Deponien und Abraumhalden	Bare surfaces	Brachflächen	12
333	Flächen mit spärlicher Vegetation	Bare surfaces	Brachflächen	12
311	Laubwälder	Forest	Wald	2
312	Nadelwälder	Forest	Wald	2
313	Mischwälder	Forest	Wald	2
231	Wiesen und Weiden	Grassland	Wiesen und Weiden	9
511	Gewässerläufe	Open water	Wasserflächen	
512	Wasserflächen	Open water	Wasserflächen	
122	Straßen, Eisenbahnnetz	Traffic	Verkehrsflächen	11
123	Hafengebiete	Traffic	Verkehrsflächen	11
124	Flughäfen	Traffic	Verkehrsflächen	11
111	Durchgängig städtische Prägung	Urban	Siedlungsflächen	6
112	Nicht durchgängig städtische Prägung	Urban	Siedlungsflächen	6
121	Industrie- und Gewerbeflächen	Urban	Siedlungsflächen	6
141	Städtische Grünflächen	Urban	Siedlungsflächen	6
142	Sport- und Freizeitanlagen	Urban	Siedlungsflächen	6
321	Natürliches Grünland	Upland	Nat. Grünland, Wald-Strauch-Übergang	1
324	Wald-Strauch-Übergangsstadien	Upland	Nat. Grünland, Wald-Strauch-Übergang	1

Abgeschlossen wird dieser Teil der Arbeit mit der Einbindung REGIONALER KLIMASZENARIEN in die hydrologischen Modellierungen. Diese basieren auf dem am Potsdam-Institut für Klimafolgenforschung entwickelten und im Wesentlichen als mathematisch-statistisches Verfahren zu bezeichnenden „Expanded Downscaling“ (vgl. Kapitel 6). Im Gegensatz zu den Analysen gemessener Klimadaten wird das hydrologische Modell dabei mit den *regionalisierten* Klimaparametern gespeist. Die weiteren Arbeitsschritte entsprechen von ihrer Systematik her im Wesentlichen den vorhergegangenen Modellierungen unter gemessenem Klimabedingungen.

2 Lage des Untersuchungsgebiets

Die räumliche Grundlage dieser Arbeit bildet ein Teil des Neckareinzugsgebietes im Bundesland Baden-Württemberg (siehe Abbildung 1).

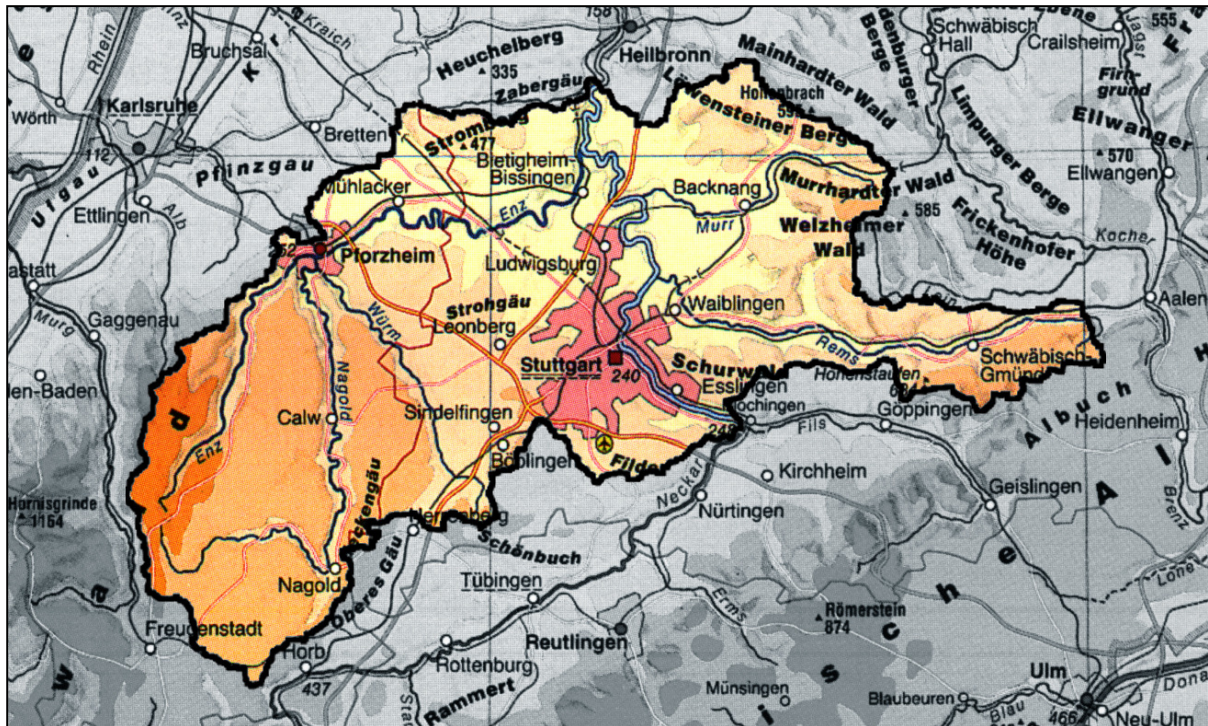


Abb. 1: Lage des Untersuchungsgebiets (farbig hervorgehoben). Da die Abbildung lediglich eine Orientierung bieten soll, wurde auf eine exakte Geocodierung der Gebietsgrenze verzichtet.

Quelle (verändert nach): Statistisches Landesamt Baden-Württemberg, 1999; S.19

Ausschlaggebend für die Untergliederung in einzelne Teilgebiete war die DFNK-projektinterne Absicht², für den gesamten Rhein etwa gleich große Teilgebiete zu untersuchen. Aus diesem Grund wurde der Neckar in vier Teileinzugsgebiete untergliedert. Die folgende Abbildung 2 zeigt diese Gliederung des Gesamteinzugsgebietes „Neckar“ in die jeweiligen Teilgebiete „Plochingen“, „Lauffen“, „Rockenau-SKA“ und „Mündung“ – wobei sich die Namen von den jeweiligen das Gebiet begrenzenden Pegeln ableiten.

Das stromaufwärts vom Pegel Plochingen und stromabwärts vom Pegel Lauffen begrenzte Gebiet kennzeichnet dabei das Teileinzugsgebiet Lauffen, das dieser Arbeit zugrunde liegende Untersuchungsgebiet (in Abbildung 2 rot gekennzeichnet).

² Der übergeordnete Rahmen des ersten Teils dieser Diplomarbeit wird innerhalb des Potsdam-Institutes für Klimafolgenforschung durch das DFNK-Projekt („Deutsches Forschungsnetz Naturkatastrophen“) gestellt.

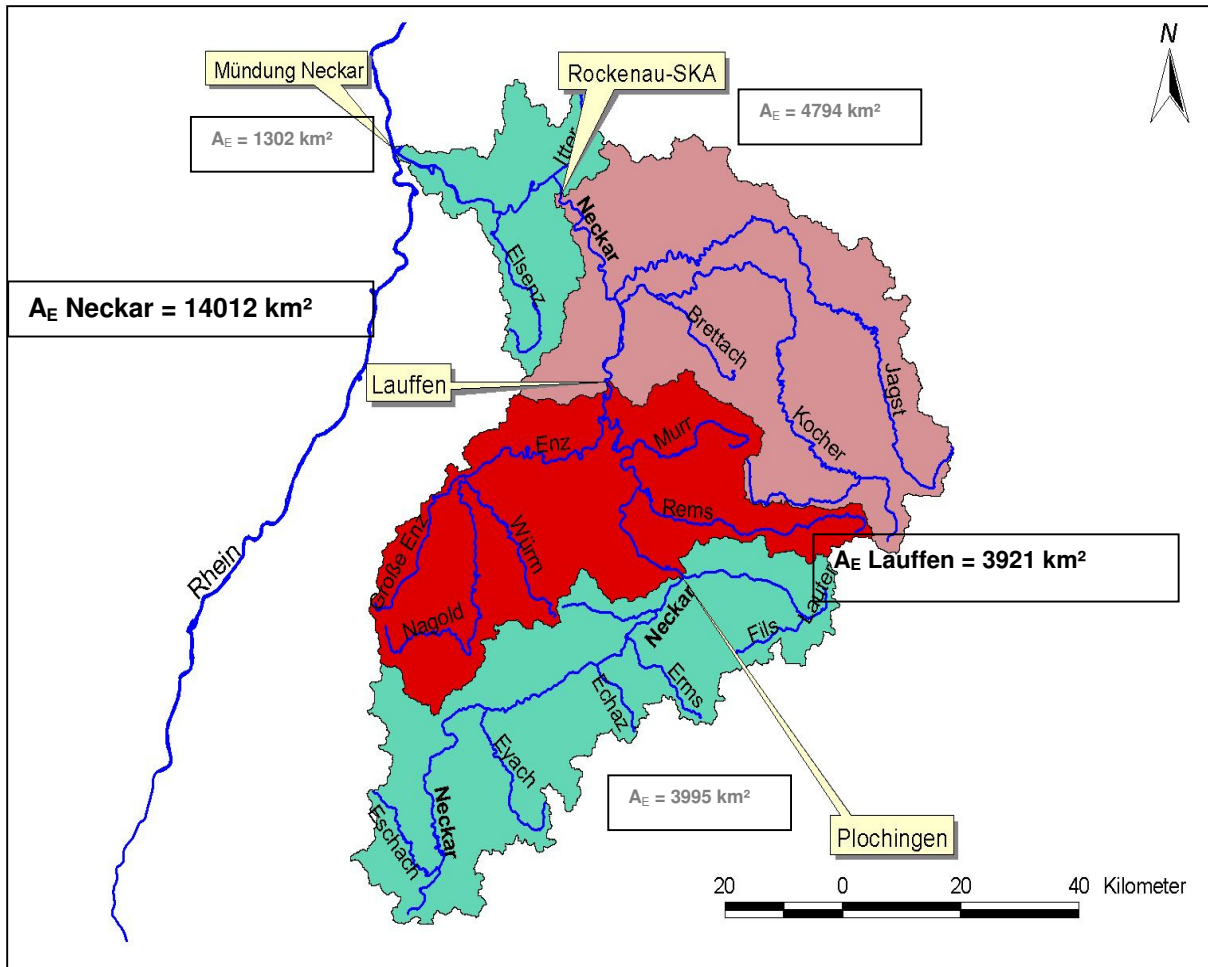


Abb. 2: Gliederung des Neckareinzugsgebietes sowie Lage und Größe der Teileinzugsgebiete. Das rot markierte Gebiet stellt das Untersuchungsgebiet dar (A_E = Flächeninhalt des jeweiligen Teileinzugsgebietes).
Quelle: eigene Darstellung; Datengrundlage: Bundesanstalt für Kartographie und Geodäsie

3 Naturräumliche Charakteristika des Untersuchungsgebiets

3.1 Gewässernetz

Das Teileinzugsgebiet Lauffen ($A_E = 3921 \text{ km}^2$) wird vom Neckar mit einer Länge von etwa 84 km (*eigene Berechnung*) in Nord-Süd Richtung durchflossen. Die wichtigsten Zuflüsse dieses Nebenflusses des Rheins I. Ordnung sind die Ost-West orientierten und in den Neckar mündenden Nebenflüsse II. Ordnung Enz, Murr und Rems sowie die Süd-Nord der Enz zufließenden Nagold und Würm. Aufgrund des Verlaufs und der Länge der beschriebenen Nebenflüsse weist das Untersuchungsgebiet eine deutliche Ost-West Erstreckung auf (Verhältnis Ost-West zu Nord-Süd Erstreckung etwa 2,5 : 1 beziehungsweise etwa 115 km : 45 km). Die Abbildung 3 zeigt diese wichtigsten Fließgewässer des Einzugsgebietes

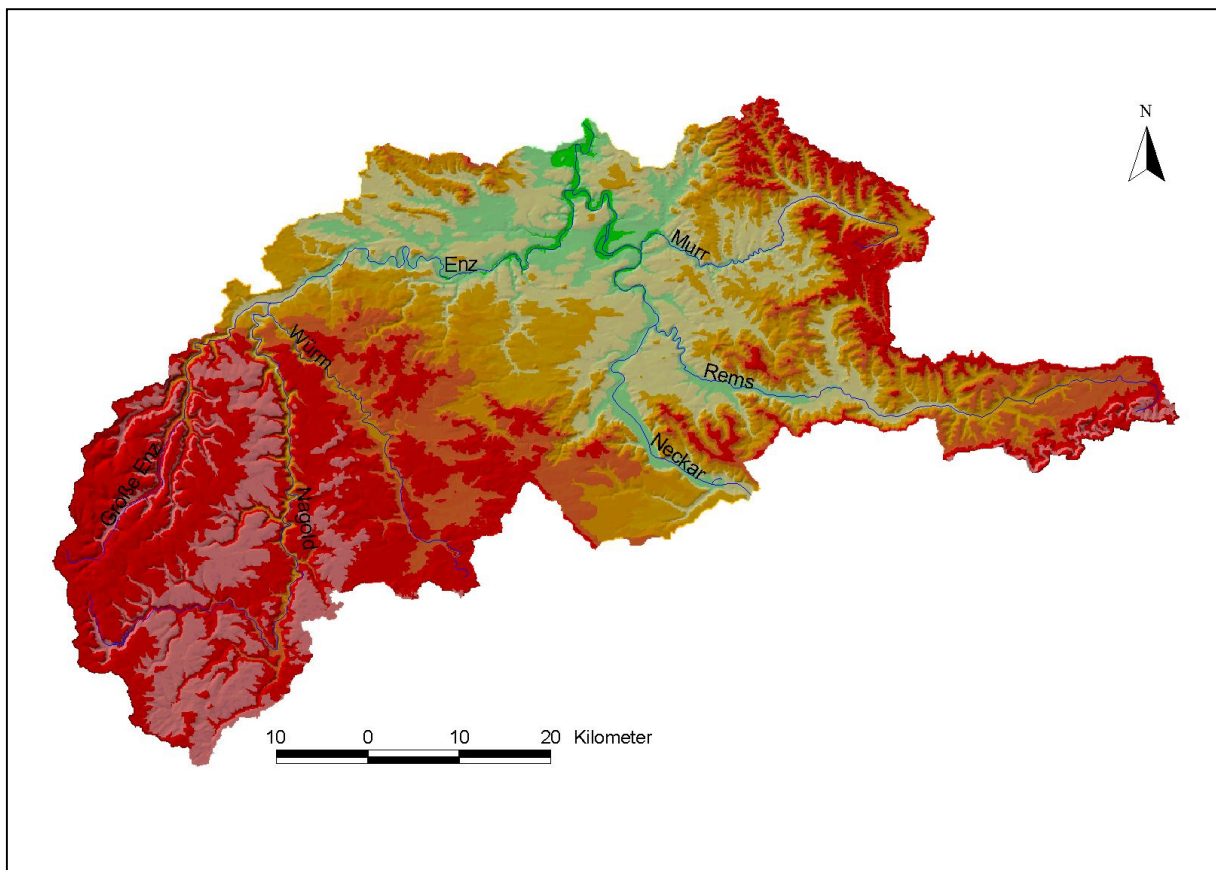


Abb. 3: Überblick über die wichtigsten Fließgewässer im Gebiet Lauffen

Quelle: eigene Darstellung, Datengrundlage: Bundesanstalt für Kartographie und Geodäsie bzw. Gesellschaft für angewandte Geodäsie

Durch die gewählte Art der Darstellung lassen sich besonders gut die östlich des Neckars von den Nebenflüssen niederer Ordnung geschaffenen Erosionstäler erkennen. Dies ermöglicht es, Rückschlüsse auf das feingliedrige Gewässernetz dieser Region zu ziehen. Im weiteren Verlauf der Arbeit sollen unter dem generalisierenden Begriff „Nebenflüsse“ aber weiterhin nur die in Abbildung 3 eingezeichneten Zuflüsse des Neckars verstanden werden.

Bezüglich der Dichte des Gewässernetzes im Untersuchungsgebiet lassen sich deutliche regionale Unterschiede erkennen. So weisen die Gebiete östlich des Neckars ein sehr viel dichteres Gewässernetz auf als die westlich gelegenen (siehe auch Abbildung 4 beziehungsweise Abbildung 5). Dieser Sachverhalt geht zurück auf die unterschiedlichen Gebirgsdurchlässigkeitswerte der anstehenden Gesteine. Wie auch im Kapitel 3 noch genauer dargelegt wird, treten in den östlichen Teilen des Untersuchungsgebiets hauptsächlich Ton- und Mergelsteine aus Keuper (obere Trias), Lias und Dogger (unterer, beziehungsweise mittlerer Jura) auf, während die Gäulandschaften des westlichen Teils eher aus karstigen Muschelkalken (mittlere Trias) aufgebaut sind. Infolgedessen ist auf den eher wasserundurchlässigen Ton- und Mergelsteinen bei geringerer Gebirgsdurchlässigkeit ein dichteres Gewässernetz ausgeprägt als auf den westlich des Neckars gelegenen Muschelkalken. Diese weisen eine höhere Gebirgsdurchlässigkeit auf. Eine Übersicht über Richtwerte für die Gebirgsdurchlässigkeit bei unterschiedlichen Gesteinen zeigt auch die Abbildung 6.

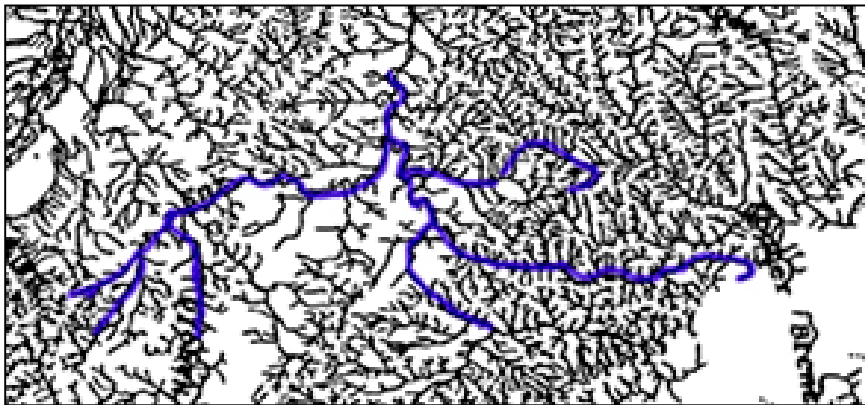


Abb. 4: Überblick über das Gewässernetz des Untersuchungsgebiets, dessen wichtigste Gewässer blau nachgezeichnet sind
Quelle (verändert nach): www.erdgeschichte.de/geologie/BWABB/ABB20.GIF

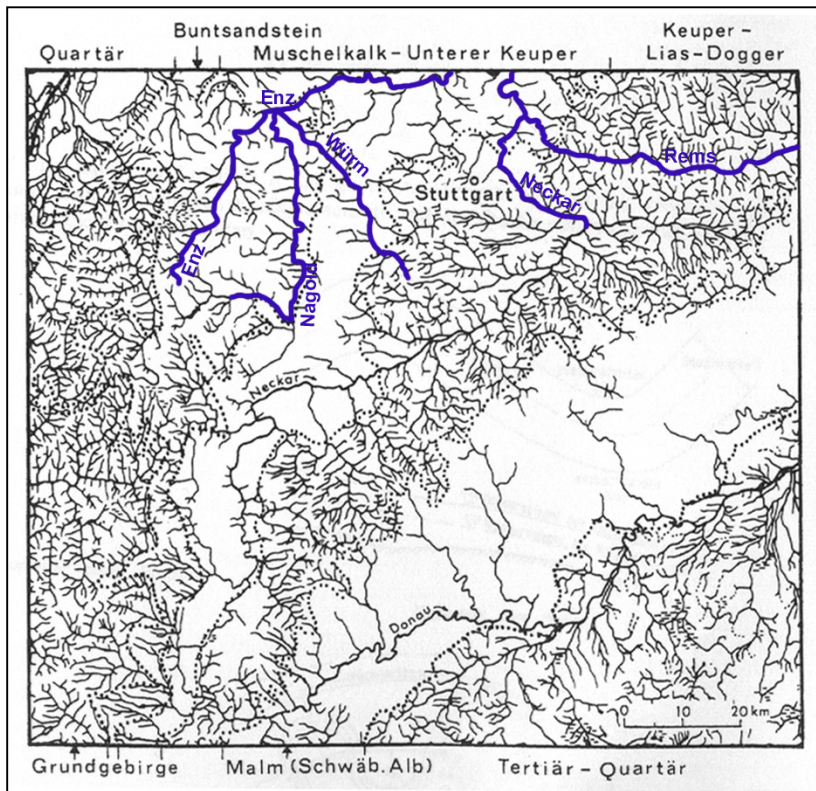


Abb. 6: Überblick über das südwestdeutsche Gewässernetz und anstehende Gesteine. Die wichtigsten Gewässer des südlichen Untersuchungsgebiets sind blau nachgezeichnet.

Quelle: Baumgartner, 1996, S.483

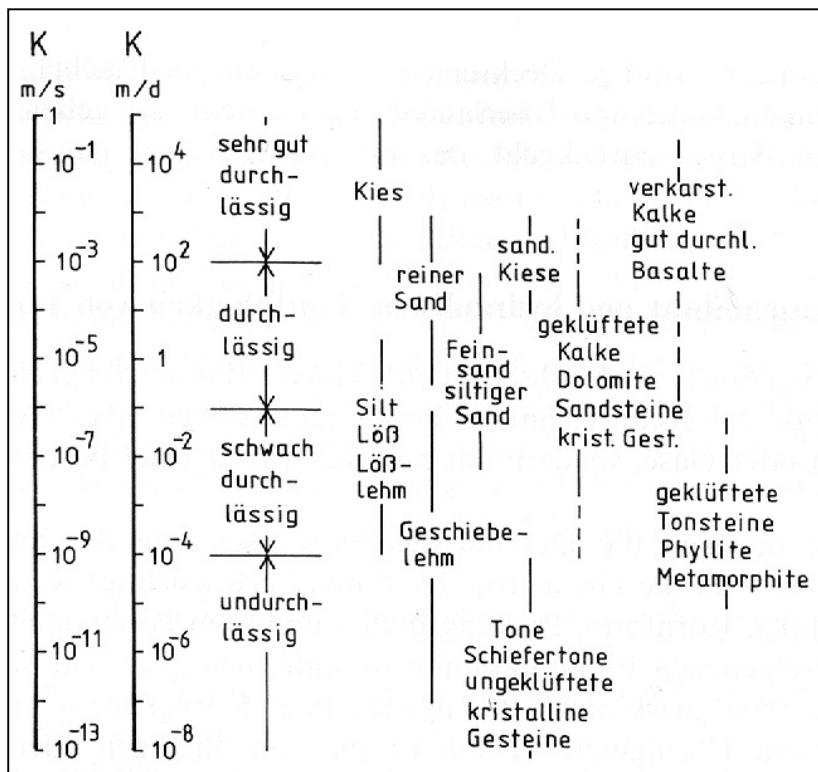


Abb. 5: Orientierungswerte für die Gebirgsdurchlässigkeit bei unterschiedlichen Gesteinen. Durchlässigkeitsbeiwert der hydraulischen Leitfähigkeit K des Wassers bei 10°C in m/s und m/d.

Quelle: Baumgartner, 1996, S.438

3.2 Geomorphologie

Wie Abbildung 7 zeigt, umfasst das Untersuchungsgebiet Höhen zwischen 167 m und 986 m über NN. Die niedrigst gelegenen Regionen sind im äußersten Norden am Pegel Lauffen zu finden. Höhen über 900 Metern werden nur nordwestlich der Enz im nördlichen **Schwarzwald** erreicht. Damit wird besonders die Topographie des westlichen Untersuchungsgebiets von den Ausläufern des Schwarzwaldes beziehungsweise dessen Randplatten geprägt.

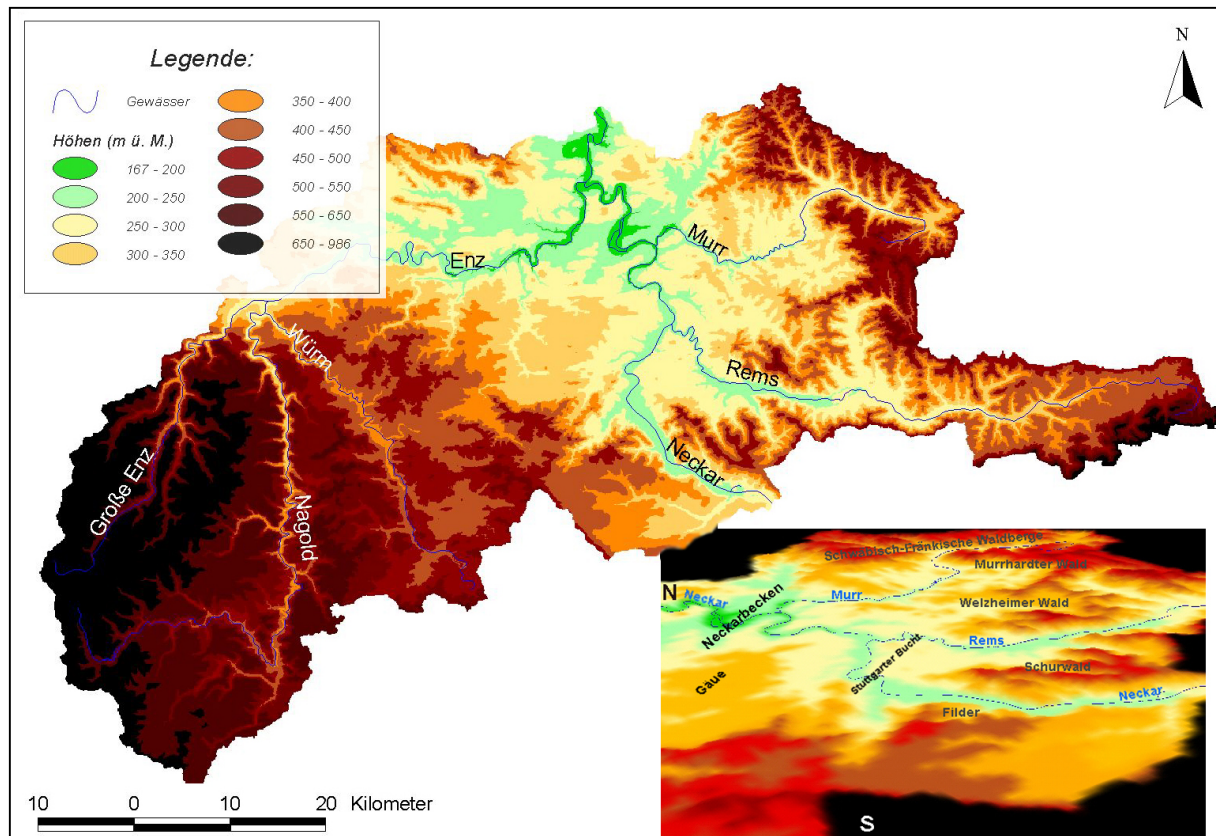


Abb. 7: Topographie des Untersuchungsgebiets. Unten rechts: Überblick über die wichtigsten Landschaftstypen des östlichen Untersuchungsgebiets; Blick von Südwest nach Nordost. Geländemodell mit zweifacher Überhöhung.

Quelle: Eigene Bearbeitung; Datengrundlage: Gesellschaft für angewandte Geodäsie

Östlich des Schwarzwaldes schließt sich das **Neckarbecken** an. Dieses wird zum einen durch den zwischen Rems und Murr gelegenen Welzheimer- beziehungsweise Murrhardter Wald – zum anderen durch die Stuttgarter Bucht begrenzt. Die nördlich und nordöstlich der Murr auftretenden Höhenzüge gehören den Schwäbisch-Fränkischen Waldbergen an; diese sind im Wesentlichen allerdings bereits dem Teileinzugsgebiet Rockenau zuzuordnen.

Ein Großteil der Untersuchungsregion lässt sich den sogenannten *Neckar-Tauber-Gäuplatten* zuordnen. Daher werden auch jene Gegenden, in denen das Untersuchungsgebiet Anteil an dieser insgesamt größten naturräumlichen Haupteinheit Baden-Württembergs hat, auch als „**Gäulandschaft**“ oder kurz „Gäue“ (*Semmel, 1995; S.403*) bezeichnet. Charakteristisch ist hier die überwiegend landwirtschaftliche Nutzung der fruchtbaren Löß(lehm)böden.

An der zweiten geomorphologischen Großstruktur Baden-Württembergs, der *Schwäbischen Alb*, hat das Untersuchungsgebiet nur einen sehr geringen Anteil. Dieser ist auf die Region südlich der Rems (Albuch Härtsfeld) begrenzt. (*Kullen, 2000; S.18 und Statistisches Landesamt Baden-Württemberg, 1999; S.20*)

Bezüglich der **geologischen Gliederung** Baden-Württembergs lässt sich dieser regionale Formenschatz dem „Oberrheinischen System“ beziehungsweise dem südwestdeutschen Schichtstufenland zuordnen (vgl. *Kullen, 2000; S.14*). Dessen Entstehung (die hier nur in größten Zügen dargelegt werden soll) geht zurück auf die in der Kreidezeit eingesetzte alpidische Orogenese und die im Tertiär beginnende Entwicklung des Rheingrabens (*Kullen, 2000; S.14*). Als Reaktionen auf diese (auch heute noch nicht abgeschlossene) Phase intensiver Gebirgsbildung im Bereich der heutigen Alpen kam es schließlich zur Subsidenz des Rheingrabens. Infolgedessen manifestierten sich vor etwa 40 bis 35 Millionen Jahren West-Nordwest beziehungsweise Ost-Südost orientierte Extensionsbrüche (*Eisbacher, 1996; S.236*) und entlang großer Störungszonen erfolgte im subsidierenden Rheingraben die Hebung der flankierenden Grabenschultern (Vogesen und Schwarzwald). Infolge dieser Prozesse kam es zur Schrägstellung der bereits im Mesozoikum abgelagerten Sedimente aus Buntsandstein, Muschelkalk, Keuper (Trias) sowie des Lias (Schwarzer Jura). Aufgrund unterschiedlicher Verwitterungsbeständigkeiten (Wechsellagerung harter und weicher Einheiten) wurden diese flach südöstlich einfallenden Sedimente verschieden stark erodiert. Letztendlich bildeten sich durch Erosion der weicherer Schichten sogenannte „Landterrassen“ (*Semmel, 1995; S.390*). Oder aber es kam zur Stufenbildung, wenn die härtere Schicht bestehen blieb.

Die Abbildung 8 zeigt die beschriebenen geologischen Verhältnisse im Überblick.

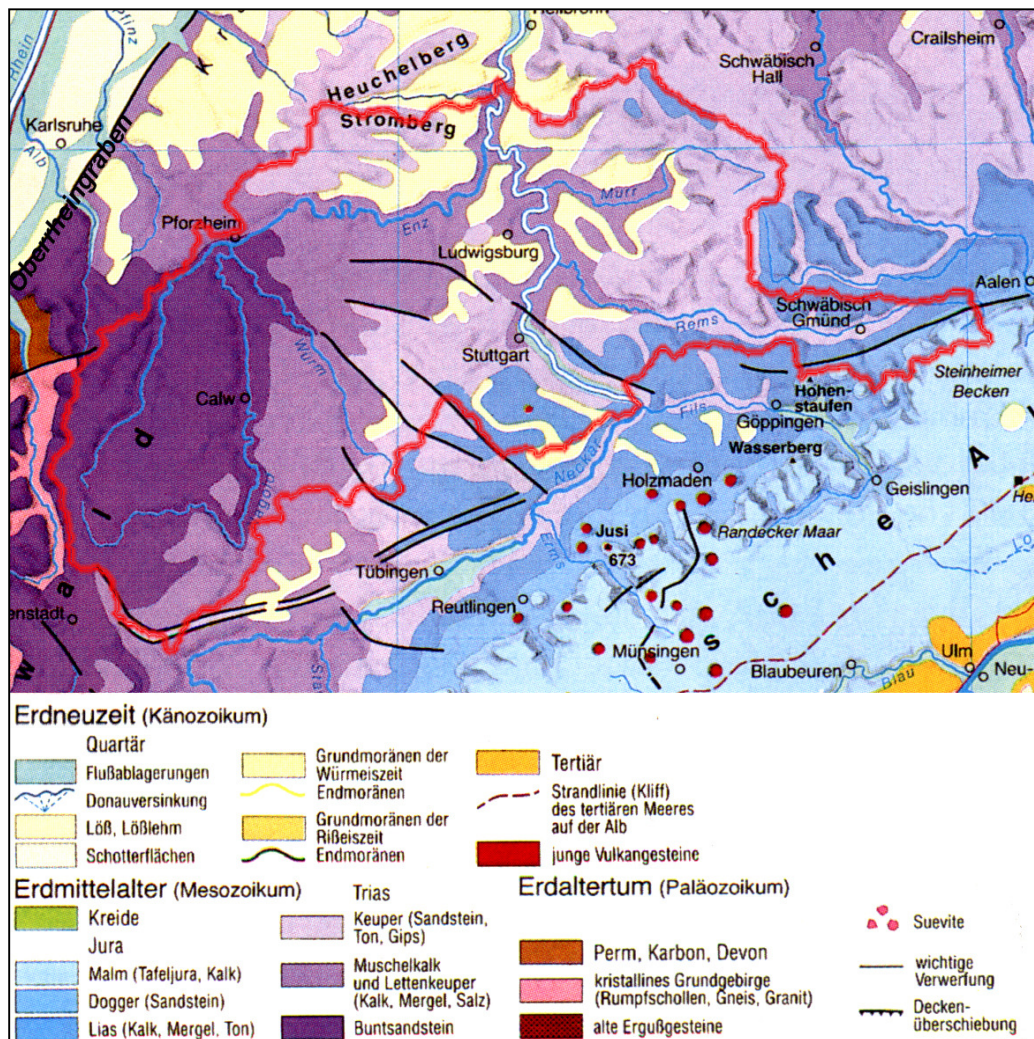


Abb. 8: Geologische Karte Südwest-Deutschlands. Die Grenzen des Untersuchungsgebiets sind rot eingezeichnet. Da die Abbildung lediglich eine Orientierung bieten soll wurde auf eine exakte Geocodierung der Gebietsgrenze verzichtet.

Quelle (verändert nach): Statistisches Landesamt Baden-Württemberg, 1999, S.21

3.3 Klima

Für Hochwasseruntersuchungen sind die regionalen klimatischen Verhältnisse als eine bedeutende Einflussgröße zu betrachten. Im Rahmen dieser Arbeit sind insbesondere die Niederschläge von Bedeutung, stellen sie doch die wesentliche Ursache auftretender Hochwasserereignisse dar (vgl. Bronstert, 1996; S.186). Dauer, Intensität und Ort des Niederschlags sind jedoch immer auch im Zusammenhang mit der Temperatur zu sehen, sie setzt gewissermaßen die „Randbedingungen“ dafür, ob Niederschläge in fester (Schnee, Eis, Hagel) oder flüssiger Form, auf trockenem oder gefrorenem Boden, ob auf Schnee oder Eis fallen. Das Zusammenspiel dieser klimatischen Prozesse und anderer wichtiger Faktoren, wie beispielsweise die geomorphologische Beschaffenheit des Einzugsgebietes (siehe Kapitel 3.2) oder die durch den Menschen betriebene Landnutzung, beeinflussen letztendlich die zeitliche und quantitative Dimension des Abflusses von Niederschlagswasser zum Fließgewässer.

Dieses Kapitel beschreibt die grundsätzlichen klimatischen Charakteristika des Untersuchungsgebiets. Wesentlicher Bestandteil der hier geführten Analysen war die Auswertung der durch den Deutschen Wetterdienst (DWD) zur Verfügung gestellten Messdaten ausgewählter Klima- und Niederschlagsmessstationen. Die Daten der Klimastationen lieferten dabei tägliche Werte zur Temperatur (maximale Temperatur, minimale Temperatur, Tagesdurchschnittstemperatur), zur Luftfeuchtigkeit und zur Windgeschwindigkeit. Die Daten der Niederschlagsstationen dagegen beinhalteten tägliche Tagesmittelwerte des Niederschlags [mm].

Die letztendliche Auswahl der vier Klimastationen Schömburg, Murrhardt, Schwäbisch Gmünd und Freudenstadt sowie die der 34 Niederschlagsstationen orientierte sich an folgenden zwei Kriterien: Zum einen hatten die ausgewählten Stationen das gesamte Einzugsgebiet zu repräsentieren – eine gleichmäßige Verteilung, auch über die verschiedenen Höhenzonen, war also zu gewährleisten. Zum anderen musste auch (dateninterne) Konsistenz herrschen – Messlücken über den Modellierungszeitraum (1.1.1961 - 31.12.1998) galt es auf ein Minimum zu beschränken. Bezüglich der **Klimastationen** konnten diese Kriterien lediglich von drei Stationen erfüllt werden, weshalb mit Freudenstadt eine vierte ein wenig außerhalb der südwestlichen Grenze des Einzugsgebiets gelegene Station in die Analysen miteinbezogen wurde. Eine andersartige Problematik stellte sich bei der Auswahl der **Niederschlagsstationen**. Hier war weniger die Messnetzdichte das Problem (es lagen über 40 Stationen des DWD im Untersuchungsgebiet vor), vielmehr wiesen einige Stationsdatensätze zum Teil beträchtliche Lücken im Aufnahmezeitraum auf. Bei einem Umfang täglicher Messungen über 37 Jahre bei 38 möglicher Stationen galt es daher in einem ersten Schritt etwa 530.000 Zeilen Messwerte auf fehlende Tage, Wochen oder Monate zu überprüfen. Dieses Problem konnte durch die Entwicklung eines geeigneten Computerprogramms zuverlässig gelöst und somit eine verlässliche Datenbasis für die hydrologische Modellierung geschaffen werden.

Die Abbildung 9 zeigt eine Übersicht über die Lage der ausgewählten Klima- und Niederschlagsstationen.

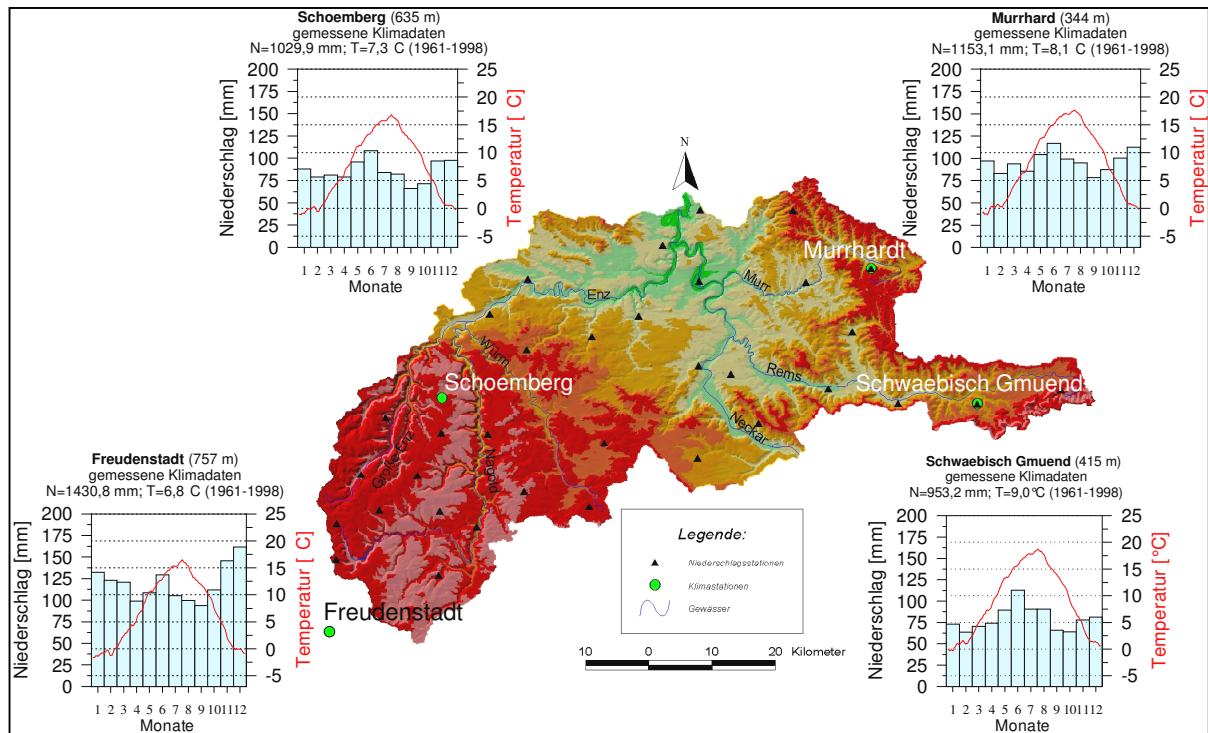


Abb. 9: Jahrgang von Temperatur und Niederschlag der ausgewerteten Klimastationen (N= Mittlerer jährlicher Niederschlag, T = Mittlere jährliche Temperatur)

Quelle: eigene Darstellung; Datengrundlage: Messstationen sowie meteorologische Daten: Deutscher Wetterdienst; Gewässernetz: Bundesanstalt für Kartographie und Geodäsie; Höhenmodell: Gesellschaft für angewandte Geodäsie

3.3.1 Temperatur

Das Teileinzugsgebiet Lauffen lässt sich der westeuropäisch-atlantischen Klimazone zuordnen, womit bei vorherrschenden Westwinden milde Winter und kühlere, gemäßigte Sommer das Temperaturgeschehen dieser Region prägen. Die Klimadiagramme der Abbildung 9 belegen dies. Nur selten sinkt die Temperatur im Winter unter die Null-Grad-Grenze, während die Sommer mit deutlich unter 20°C dafür relativ kühl sind. Allerdings darf bei diesen Vergleichen die Höhenlage der ausgewerteten Stationen nicht außer Acht gelassen werden. Zum Beispiel ist das niedrig gelegene Neckartal südlich von Stuttgart bei einem Jahresmittel von etwa 9°C „zu den wärmsten Gegenden Deutschlands“ zu zählen, während im Nordschwarzwald Jahrestemperaturen von nur noch 6°C gemessen werden (*Kullen, 2000; S.74*). Aufgrund dieser Temperaturverteilungen haben sich besonders in den Beckenlagen günstige Voraussetzungen für die Landwirtschaft entwickelt, wobei vor allem das Neckarbecken hier sicherlich als ein solcher Gunstraum zu bezeichnen ist. Hier fand die Landwirtschaft (zusätzlich zu den nährstoffreichen Böden) jene günstigen klimatischen Bedingungen vor, die eine intensive Nutzung ermöglichen (vgl. Kapitel Landnutzung).

3.3.2 Niederschlag

3.3.2.1 Definitionen

Wird im Rahmen dieser Arbeit von „Niederschlägen“ gesprochen, soll hierunter immer deren per Definition als „fallende Niederschläge“ bezeichnete Form (Regen und Schnee) verstanden werden – nicht dagegen die unmittelbar an der Erdoberfläche gebildeten „abgesetzten Niederschläge“, wie zum Beispiel Tau, (Rau-)Reif, Raufrost, Raueis oder Glatteis (vgl. *Heyer, 1993; S.130f*). Des Weiteren wird innerhalb dieser Arbeit zur Quantifizierung der gemessenen Niederschlagshöhen die Einheit [mm] verwendet; eine Angabe von 100 mm / m² würde folglich bedeuten, dass die gefallene Niederschlagsmenge eine horizontale Fläche von einem Quadratmeter zu 100 mm Höhe bedecken würde. Die zeitliche Dimension wird sich überwiegend in Monats-, bei längeren Untersuchungszeiträumen auch in Jahressummen ausdrücken. Wird von „Niederschlagsintensität“ gesprochen, so meint dies die in einer bestimmten Zeiteinheit (meist je Minute) gemessene Niederschlagshöhe.

3.3.2.2 Niederschlagsverhältnisse im Untersuchungsgebiet

Entsprechend den obigen Ausführungen zur Temperaturverteilung ist auch bezüglich der Niederschläge die Zugehörigkeit des Untersuchungsgebiets zur westeuropäisch-atlantischen Klimazone ausschlaggebend für die hier zu erwartende generelle Dimension der Niederschlagshöhen. Dieser Sachverhalt und die Orientierung an den von *Heyer (1993; S.138f)* ausgegliederten Niederschlagstypen, in Verbindung mit der morphologischen Gliederung der Region (vgl. Abbildung 7), ermöglicht die Projektion der sogenannten Heyer'schen Typen „**Zyklonenregen**“ und „**Geländeregen**“ auf das Untersuchungsgebiet. Erstgenannter Typ ist charakteristisch für die Niederschläge gemäßigter Breiten über dem westeuropäischen Kontinent; hervorgerufen werden diese konvektiven Ereignisse meist durch die vom Atlantik transportierten Zyklonen. Dabei kommt es im Sommer verstärkt zu Schauern und Gewittern, während die Winter aufgrund verstärkter Zyklonentätigkeit durch größere Niederschlagssummen insgesamt gekennzeichnet sind. Allerdings kann es auch innerhalb dieses Typs zu Überlagerungserscheinungen kommen, so dass „die Konvektionsereignisse [so stark] modifiziert [werden], dass es zu einem sommerlichen Niederschlagsmaximum kommt.“ (*Heyer, 1993; S.139*). Heyer nennt in diesem Zusammenhang zunehmende Kontinentalität als die wesentliche Ursache für ein solches sommerliches Niederschlagsmaximum. Jedoch kann dies auch aufgrund orographischer Barrieren auftreten; zum Beispiel ist der Typ des „Geländeregens“ auf solche quer zur vorherrschenden Luftströmung orientierten Barrieren und damit verbundene regionale Niederschläge zurückzuführen. Auf das Untersuchungsgebiet bezogen stellt der nördliche Schwarzwald ein solches orographisches Hindernis dar.

Für das Teileinzugsgebiet Lauffen lässt sich schließlich folgende Gesamtsituation hinsichtlich der Verteilung der Niederschläge zusammenfassen: Kennzeichnend für das Gebiet sind überwiegend im Sommer auftretende Maxima der Niederschläge – zum Teil ergänzt durch ein sekundäres Maximum in den Wintermonaten (vgl. Abbildung 9, Klimadiagramm Murrhardt). Als die Region mit den höchsten Niederschlägen kann dabei der Schwarzwald benannt werden. Beispielsweise werden dort im Bereich der Hornisgrinde (diese liegt allerdings außerhalb des Teileinzugsgebietes) Jahresniederschläge von etwa 2000 mm gemessen (Kullen, 2000; S.75). Darüber hinaus lässt sich im Untersuchungsgebiet die Auswirkung der orographischen Barriere des Schwarzwaldes auf die vorherrschenden Westwinde anhand deutlich ausgeprägter Luv- und Leereregionen erkennen.

Daher weisen beispielsweise die Gäuflächen, die im mittleren Neckarraum und damit auf der windabgewandten Leeseite im Regenschatten des Schwarzwaldes liegen, mit etwa 600 mm vergleichsweise geringe jährliche Niederschlagssummen auf (Kullen, 2000; S.75), während weiter westlich in den Quellregionen von Enz und Nagold dagegen bis zu 1600 mm Niederschlag fallen kann.

Zusammenfassend zeigt die Abbildung 10 eine Karte der mittleren jährlichen Niederschlagshöhen des nördlichen Schwarzwaldes beziehungsweise des westlichen Untersuchungsgebiets. In dieser Abbildung wird deutlich, wie die Niederschlagshöhen von der Bildmitte nach Westen und Osten stetig abnehmen – an den Bildrändern lässt sich so noch die 700 mm Isohyete erkennen.

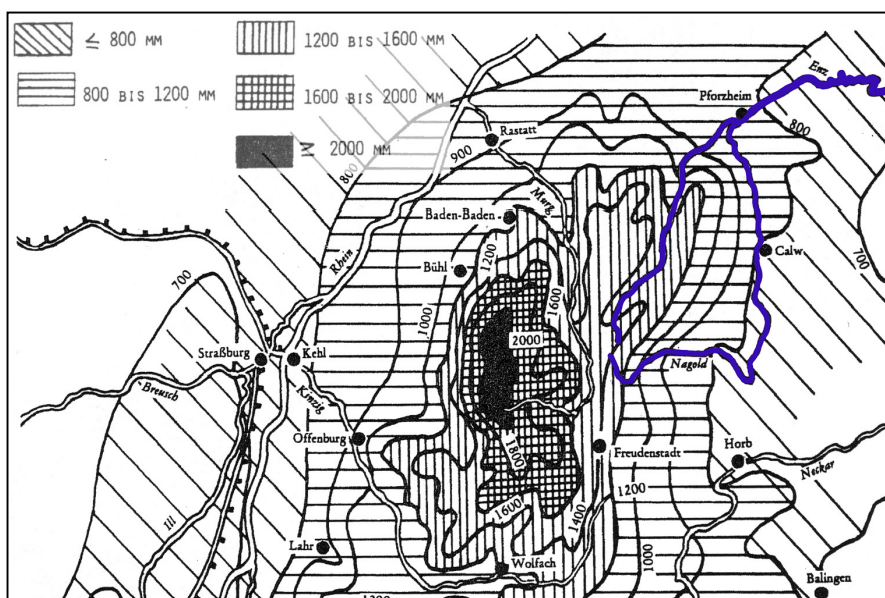


Abb. 10: Mittlere jährliche Niederschlagshöhen im Schwarzwald
 Quelle: Mäckel, 1990; S.57

4 Landnutzung im Untersuchungsgebiet

Charakteristisch für die Landnutzung im Untersuchungsgebiet ist die ungefähre Gleichverteilung von Land- und Forstwirtschaft mit jeweils etwa 40% Anteil an der Gesamtfläche (vgl. Abbildung 11). Wald und Landwirtschaft dominieren daher mit zusammen mehr als 80% Anteil an der Gesamtfläche die Landnutzung im Untersuchungsgebiet. Ein Sachverhalt, der in etwa auch die Verhältnisse in Baden-Württemberg widerspiegelt, werden hier doch 85% der Fläche land- und forstwirtschaftlich genutzt (Kullen, 2000; S.72).

Die verbleibenden 18% der Fläche werden mit einem Anteil von 13% durch Siedlungen eingenommen, wobei der mittlere Neckar-Verdichtungsraum um die Stadt Stuttgart den größten Anteil dieses relativ hohen Prozentsatzes stellt. Alle übrigen Nutzungen (Wiesen und Weiden, Wasserflächen, Verkehrsflächen, Brachflächen sowie natürliches Grünland) spielen dagegen mit insgesamt 5% Anteil nur eine untergeordnete Rolle. Innerhalb dieser Flächen stellen die Wiesen und Weiden den größten Anteil dar.

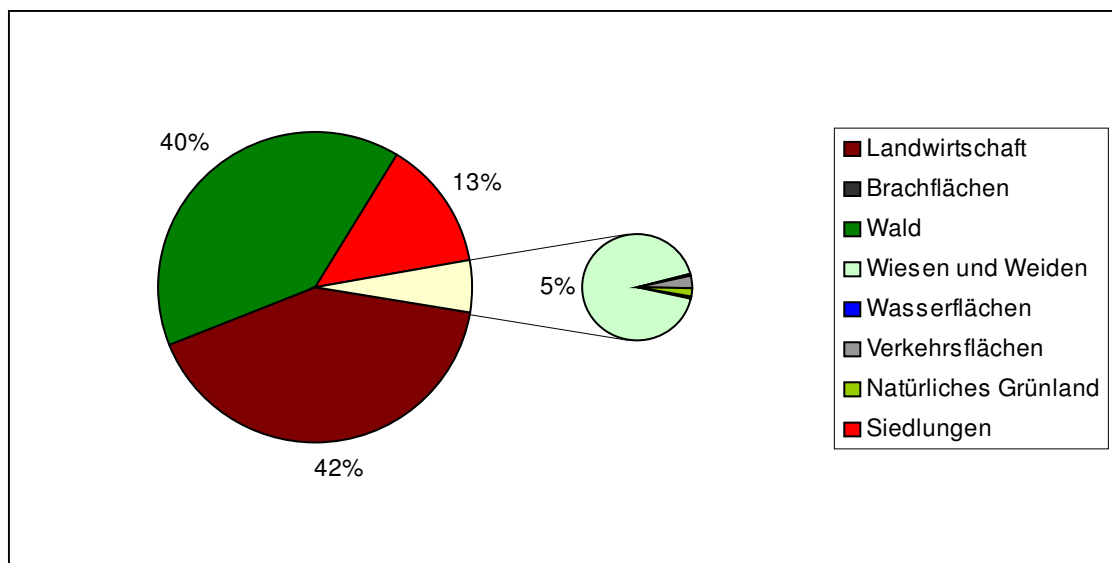


Abb. 11: Prozentuale Verteilung der Landnutzungsclassen im Einzugsgebiet

Quelle: Eigene Darstellung; Datengrundlage: Statistisches Bundesamt

Wird diese vermeintliche Ausgewogenheit zwischen forst- und landwirtschaftlich genutzten Flächen jedoch in ihren räumlichen Verteilungsmustern betrachtet, scheint die landwirtschaftliche Nutzung klar zu dominieren (siehe Abbildung 12):

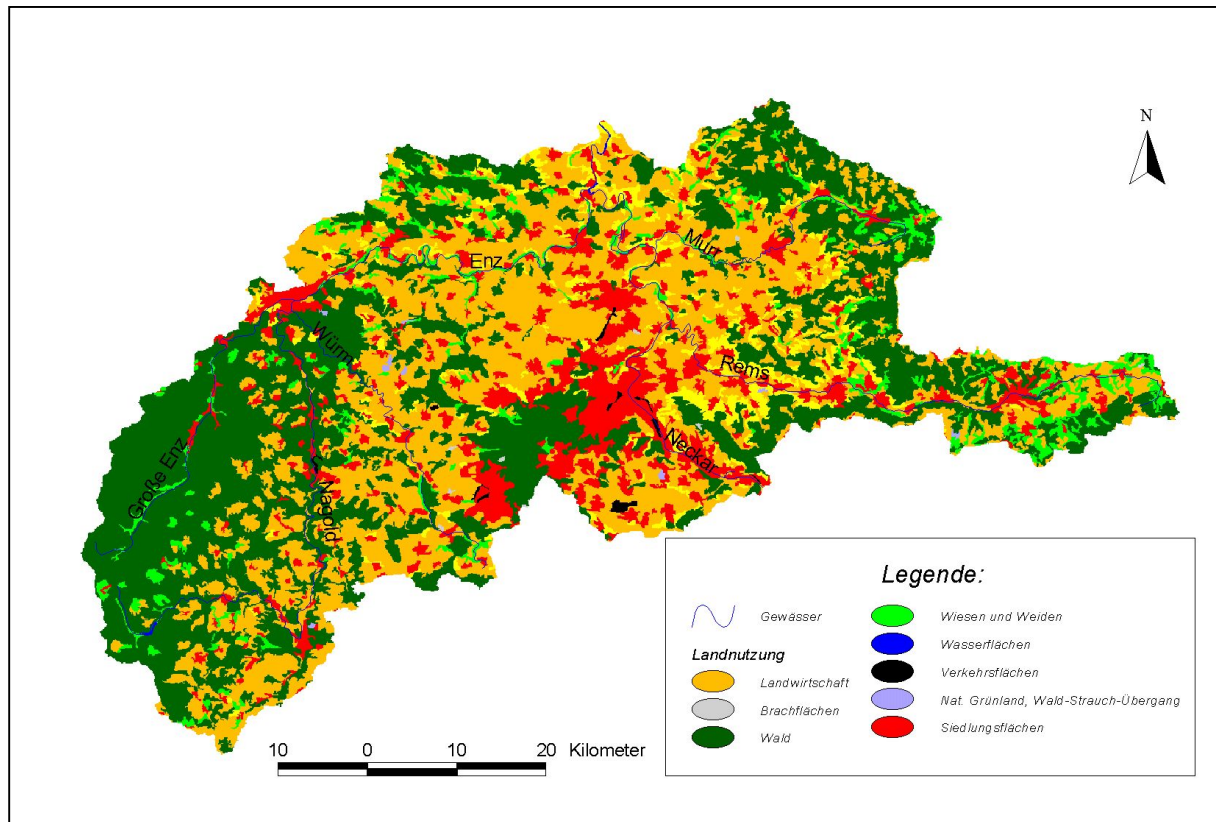


Abb. 12: Landnutzung im Teileinzugsgebiet Lauffen

Quelle: Eigene Darstellung; Datengrundlage: Statistisches Bundesamt

Dieser Sachverhalt ist im Wesentlichen darauf zurückzuführen, dass Forstwirtschaft zwar großflächig, aber mit Konzentration auf bestimmte regionale Schwerpunkte betrieben wird (zum Beispiel Schwarzwald, Murrhardter- und Welzheimer Wald oder Glemswald), während landwirtschaftlich genutzte Flächen über das gesamte Einzugsgebiet verteilt sind. Das Neckarbecken und die Gäuelandschaften fallen in der Abbildung aber durch eine besonders intensive Nutzung auf. Diese intensive Bewirtschaftung findet ihre natürliche Grundlage in den dort auftretenden Bodentypen (vgl. Abbildung 13). Das Neckarbecken weist hier mit Boden-Ertragsmesszahlen von über 60 – bei einem Landesdurchschnitt von 45 (*Statistisches Landesamt Baden-Württemberg, 1999; S.93*) – Bedingungen auf, die es für landwirtschaftliche Nutzung geradezu prädestiniert erscheinen lassen. Gleiches gilt für die Gäuflächen, die mit ihren tiefgründigen Löß-Lehmböden sogar Ertragsmesszahlen bis zu 80 aufzeigen und somit zu den „besten des Landes“ gehören (*Ministerium ländlicher Raum Baden-Württemberg, 1999; S.6*). Neben dieser ackerbaulichen Nutzung weiter Teilräume des Untersuchungsgebiets werden die Böden in Regionen besonders hoher Bodenertagszahlen auch zum intensiven Anbau von Wein oder Obstkulturen genutzt.

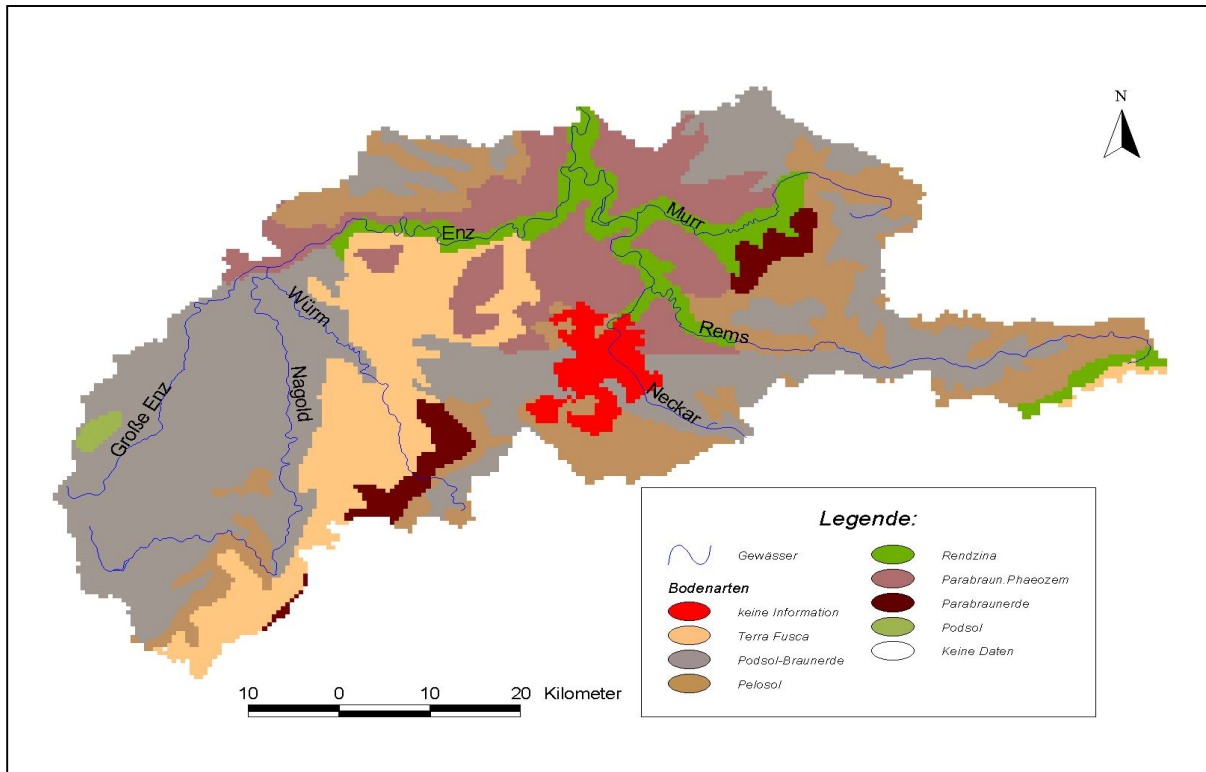


Abb. 13: Bodentypen im Untersuchungsgebiet
 Quelle: Eigene Darstellung; Datengrundlage: European Soil Database

Grünlandnutzung in Form von Wiesen und Weiden findet dagegen vermehrt dort statt, wo der Nährstoffreichtum der Böden nachlässt beziehungsweise die Höhenlage zunimmt – zum Beispiel südlich der Rems im Vorland der Schwäbischen Alb (vgl. Abbildung 14). Die Diskussion der Nutzung der im Untersuchungsgebiet anzutreffenden Bodentypen fasst noch einmal das folgende Diagramm zusammen:

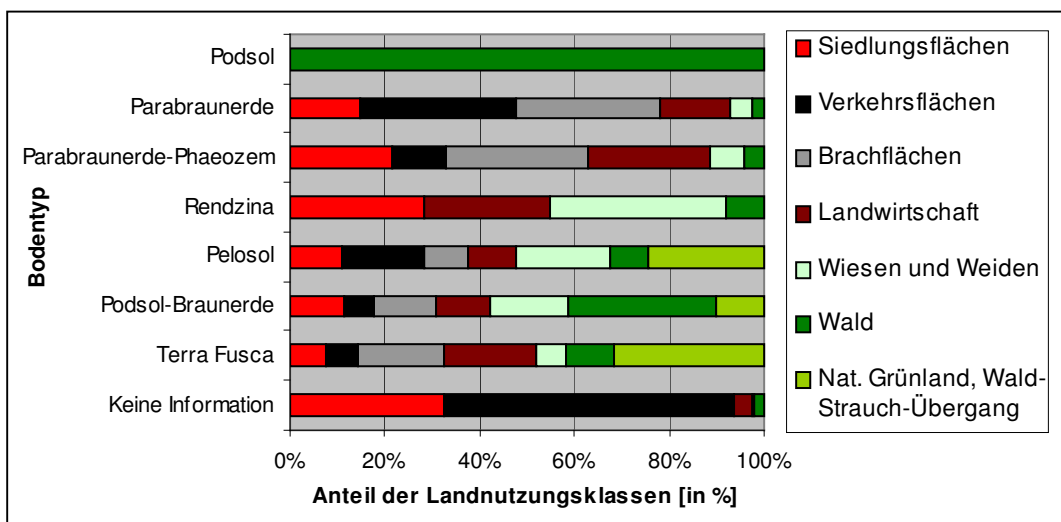


Abb. 14: Bodentypen und deren Landnutzung im Untersuchungsgebiet
 Quelle: Eigene Darstellung; Datengrundlage: Statistisches Bundesamt, European Soil Database

Die Abbildung zeigt deutlich, dass Landwirtschaft bis auf die Podsolböden (diese werden hauptsächlich von Wäldern eingenommen) im Grunde auf allen Böden betrieben wird.

Bezüglich der **Siedlungsflächen** fällt auf, dass diese auch Standorte fruchtbarer Parabraunerden einschließen, also Böden, die für die landwirtschaftliche Nutzung als besonders geeignet sind. Ebenso weisen die Anteile von Brachflächen und Verkehrsinfrastruktur auf diesen Böden relativ hohe Werte auf. Während der große Anteil Siedlungsfläche noch ausgedehntes Siedlungswachstum indizieren könnte, dürften die Anteile der beiden anderen Nutzungsformen auf andere – GIS-begründete – Umstände zurückzuführen sein: Da die Landnutzung als 100 m Raster, die Böden aber als 500-m-Raster vorliegen (vgl. Kapitel 2), kommt es durch die GIS-basierten Verschneidungsanalysen zur kompletten „Belegung“ der Bodeninformation mit der Verkehrsnutzung. Prinzipiell ist die verschiedene räumliche Auflösung der Datensätze auch bezüglich der Auswertung der Siedlungsflächen zu beachten. Jedoch scheint hier zusätzlich die Annahme plausibel, dass dieser relativ hohe Anteil urban geprägter Fläche auf fruchtbaren Böden eine mögliche Begründung auch im wachsenden **Flächendruck** einzelner Kommunen findet. Suburbanisierungsprozesse mannigfaltiger Art (z.B. Familien, die sich nach dem „Wohnen im Grünen“ sehnen, Einkaufszentren „auf der grünen Wiese“ oder großflächige Baumärkte – vgl. *Schäfers, 1996; S.26f und Strubelt, 2000; S.227f*) können zur Ausdehnung der städtischen Fläche führen – auch auf (nach landwirtschaftlichen Maßstäben) sehr „guten“ Böden.

Konkrete Hinweise auf die Existenz solcher Prozesse finden sich auch in der Literatur. Der *Maßnahmen- und Entwicklungsplan ländlicher Raum* des Ministeriums ländlicher Raum Baden-Württemberg erwähnt beispielsweise für die gesamt-baden-württembergische Entwicklung, dass *„die Siedlungsflächen fast ausschließlich auf bisher landwirtschaftlich genutzte Flächen ausgedehnt [wurden], zum großen Teil auf gute bis sehr gute Böden.“* (*Ministerium ländlicher Raum Baden-Württemberg, 1999; S.9*).

Zur **Entstehung** dieser Bodengesellschaften sei hier lediglich auf einen Vergleich der Bodenkarte (Abbildung 13) mit der geologischen Karte (Abbildung 8) hingewiesen. Zeigt sich so doch deutlich ein petrologisch-pedologischer Zusammenhang: Im westlichen Untersuchungsgebiet entwickelten sich in den Grenzen der Buntsandsteinsedimente hauptsächlich Podsolbraunerden, während die Verbreitung der Terra-Fusca dem Muschelkalk folgt. Fruchtbare Parabraunerde-Typen sind auf Lößablagerungen im Neckarbecken entstanden. Lediglich auf den muschelkalkigen Auenstandorten von Neckar, Enz, Murr und Rems entwickelten sich Rendzina Böden. Auch *Kullen (2000; S.76)* betont diesen starken pedogenetischen Zusammenhang zum anstehenden Gestein, sind doch nach ihm die Böden Südwestdeutschlands und somit auch die des Untersuchungsgebiets *„weitgehend vom anstehenden Gesteinsmaterial ab[hängig], während die anderen bodenbildenden Faktoren (...) von sekundärer Bedeutung sind“*.

5 Modellierung des Niederschlag-Abflussverhaltens anhand gemessener Klimadaten

Aufbauend auf die vorangegangenen Kapitel zur naturräumlichen Gliederung behandeln die folgenden Ausführungen die hydrologische Modellierung der Abflussverhältnisse im Untersuchungsgebiet. Zu Beginn dieser Arbeit wurden deshalb die wesentlichen Elemente des Gewässernetzes, der Geomorphologie, des Klimas und der Landnutzung diskutiert, weil sich hieraus bereits wesentliche Aussagen zur Parametrisierung des Modells ableiten lassen. Jene Justierung der freien Modellparameter bildet den Kern der „Kalibrierungsphase“. Nach einer Beschreibung dieses Anpassungsprozesses der Parameter an die Verhältnisse im Untersuchungsgebiet (Kapitel 5.3) folgt die abschließende Einbindung regionaler Klimaszenarien in die hydrologische Modellierung (Kapitel 6). Zu Beginn soll jedoch einführend ein kurzer Überblick über das verwendete Modell gegeben werden.

5.1 Hydrologische Modelle im Überblick

Für die hydrologischen Modellierungen des Abflussverhaltens zwischen den Pegeln Plochingen und Lauffen wurde im Rahmen dieser Arbeit das hydrologische Modell HBV-D verwendet, welches eine am PIK weiterentwickelte Version des 1972 von Bergström in Schweden entwickelten original HBV Modells darstellt (*Krysanova et al., 1999*). Wie allgemein üblich soll auch hier unter einem (hydrologischen) „Modell“ ein vereinfachtes, idealisiertes Abbild der Realität verstanden werden. Der Unterschied zu anderen Modellen anderer Fachbereiche (z.B. Hangrutschungsmodelle, Erosionsmodelle, Modelle zur Bevölkerungsentwicklung usw.) liegt lediglich im zu modellierenden System beziehungsweise in den zu modellierenden Prozessen. Aus diesem Grund reduziert sich die „nachzubildende“ Wirklichkeit im hydrologischen Modell auch auf den natürlichen Wasserkreislauf (beziehungsweise auf Teile dessen). Innerhalb der Klassifizierungsschemata hydrologischer Modelle lässt sich das hier verwendete HBV-D in die Klasse der deterministischen Modelle einordnen (siehe auch Abbildung 15).

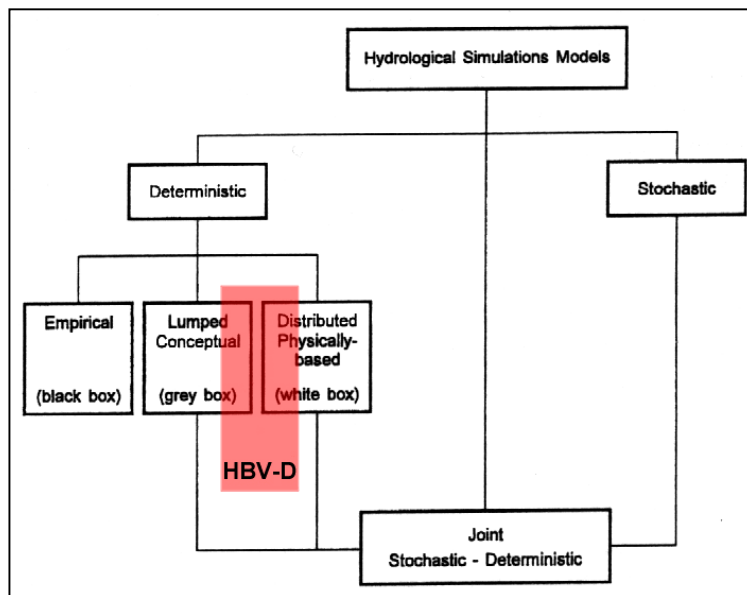


Abb. 15: Stellung des in dieser Arbeit verwendeten Modells HBV-D innerhalb des allgemeinen Klassifikationsschemas hydrologischer Modelle

Quelle (verändert nach): Refsgaard, 1996; S.17

Ein so konzipiertes Modell verfügt über „no inner operations with a stochastic behaviour“ (Refsgaard, 1996; S.18). Daher liefern unterschiedliche Modellierungsläufe mit unveränderten Parametern auch jeweils **gleiche** Ergebnisse. Stochastische Modelle beinhalten dagegen mindestens eine interne Komponente, die sich durch zufälliges Verhalten auszeichnet. Bei solchen Modellen wird selbst bei vollkommen identischen Eingabedaten beziehungsweise Parameterkonfigurationen das Resultat bei jedem Modellierungslauf unterschiedlich ausfallen. Bezüglich der weiteren Einteilung lässt sich HBV-D nicht eindeutig den *Blockmodellen* („Lumped Conceptual“) beziehungsweise den *gegliederten Modellen* („Distributed Physically-based“) zuordnen. Dies liegt in der internen Struktur des Modells begründet. Eindeutig dem Ansatz eines konzeptionellen Blockmodells entspricht die Tatsache, dass sämtliche Parameter lediglich **Durchschnittswerte** des gesamten Einzugsgebietes darstellen. Es gibt somit lediglich DIE Bodenfeuchte, DEN Beta Faktor, DIE maximale Infiltrationskapazität (usw.). Andererseits zeugt die Möglichkeit, das Einzugsgebiet in beliebig viele Teileinzugsgebiete sowie in verschiedene Höhen- und Vegetationszonen zu gliedern, deutlich von distributivem Charakter (vgl. Bergström, Lindström, 2001; S.167). Da diese verschiedenen Höhen- und Vegetationszonen jedoch ebenfalls lediglich durch Durchschnittswerte parametrisiert werden, lässt sich dieses Modell abschließend am ehesten als „**semi-distributiv**“ bezeichnen (vgl. Bergström, 1995; S.447). Der Modellcode von HBV-D beruht somit auf beiden Arten von mathematischen Gleichungen: zum einen auf denen der empirisch abgeleiteten Blackbox-Modelle, zum anderen aber auch auf grundlegend physikalisch basierten Gesetzen. Der Vorteil dieses semi-distributiven konzeptionellen Ansatzes sind die vergleichsweise geringen

Datenanforderungen („The models must be based on a sound physical description but must not be so complex that they have higher data demand than can be met by our standard climatological and hydrological network.“ *Bergström, 1995; S.443*). Dementsprechend waren für die hier durchgeführten Modellierungen die in Tabelle 2 aufgeführten Daten ausreichend.

Tab.2: Eingangsdaten für die Niederschlag-Abflussmodellierung mit HBV-D

Eingangsdaten	Inhalt
Gemessener Abfluss	Tagesdurchschnittswerte des Abflusses am Pegel Lauffen ³ (zur Kalibrierung des hydrologischen Modells verwendet)
Topographische Gliederung	Abgeleitet aus Höhenmodell ⁴
Niederschlag und Temperatur	Messwerte ausgewählter Stationen (1.1.1961 – 31.12.1998) ⁵
Landnutzung	Abgeleitet aus Corine-Landnutzungskartierung ⁶

Im Hinblick auf die topographische Gliederung wurde das gesamte Teileinzugsgebiet in zehn flächengleiche Höhenzonen unterteilt, die wiederum jeweils in verschiedene Vegetationszonen gegliedert wurden.⁷ Bezüglich der Landnutzung ermöglicht die vorliegende Modellvariante die Einbeziehung einer weitaus größeren Anzahl von Landnutzungsklassen, als dies noch mit dem Originalmodell von HBV-D möglich war. Eine Darstellung der hier verwendeten Landnutzungsklassen zeigte bereits die Tabelle 1. Aufgrund der beschriebenen Charakteristika bleibt festzuhalten, dass sich HBV-D sehr gut zur großräumigen hydrologischen Modellierung der Niederschlag-Abflussbeziehungen eignet. Anwendungen des Modells finden sich somit auch in mehr als 30 Ländern (vgl. *Bergström, 1995; S.461.*)

³ Vergleich Kapitel 2

⁴ Vergleich Kapitel 3.2

⁵ Vergleich Kapitel 3.3

⁶ Vergleich Kapitel 4.

⁷ Diese Gliederung wurde auf Grundlage eines eigens hierfür am PIK entwickelten ArcView Skriptes durchgeführt. Der so entstandene Datensatz konnte anschließend direkt in HBV-D eingelesen werden.

5.2 Das Modell HBV-D

Nach obiger Erläuterung der generellen Charakteristika des HBV-D Modells soll der folgende Abschnitt einen kurzen Überblick über die interne Struktur des Modells selbst geben. Insgesamt lässt sich HBV-D in drei Teilmodelle (vgl. *Krysanova et al., 1999*) gliedern:

Zuerst wird in einem **Schneemodell** für das gesamte Einzugsgebiet die aus den Niederschlägen resultierende Schneemenge und deren Wasseräquivalente beziehungsweise das gegebenenfalls durch Schneeschmelze entstehende Schmelzwasser berechnet. Dieses Schmelzwasser wird abschließend an das **Bodenmodell** übergeben (für den Fall, dass die Wassermenge die Infiltrationskapazität des jeweiligen Bodentyps übersteigt, entsteht im Modell Oberflächenabfluss). Liegt die Wassermenge unter der Infiltrationskapazität, wird im Bodenmodell unter Berücksichtigung der Evapotranspiration aus diesem als Sickerwasser bezeichneten Abfluss dann die spezifische Bodenfeuchte berechnet. Der darauf folgende **dynamische** Teil des Modells teilt das Sickerwasser beziehungsweise den Oberflächenabfluss in drei unterschiedlich schnelle Abflusskomponenten auf. Die erste dieser drei Komponenten kann dem schnellen Zwischenabfluss aus dem oberen Speicher, die zweite dem verzögerten Zwischenabfluss in der gesättigten Bodenzone gleichgesetzt werden. Die dritte Komponente entspricht dem langsamen Abfluss aus dem unteren Speicher (entspricht dem Basisabfluss aus dem Grundwasserspeicher). Die Geschwindigkeit dieser Abflussprozesse kann im Modell über die Kalibrierung der Speicherkonstanten den angenommenen natürlichen Verhältnissen des Untersuchungsgebiets angepasst werden. Abschließend berechnet das Modell die den Fließgewässern zukommende Abflussmenge, wobei beim letztendlichen „Routing“ des Wassers im Fließgewässer Translations- und Retentionsprozesse (vgl. *Lutz, 1984; S.9-11*) in einfacher Weise mit einkalkuliert werden.

5.3 Modellkalibrierung

Wie für viele Modelle charakteristisch, verfügt auch HBV-D über eine Reihe freier Parameter, die es im Zuge der Modellkalibrierung an das Untersuchungsgebiet anzupassen galt. Als Kalibrierungszeitraum wurde eine Zeitspanne von 15 Jahren (1.1.1961 – 31.12.1975) als angemessen erachtet. Aufgrund des konzeptionellen Charakters des Modells (Parameterwerte lassen sich nicht direkt aus Feldmessungen ableiten) wurde die sogenannte *Trial-and-Error* Methode angewandt. Die letztendliche Parametereinstellung wurde somit in einer Reihe von Testdurchläufen bei jeweiligem sukzessiven Ändern der Werte nach jedem Modellauf erreicht. Als Kriterium für die Güte der Simulationsergebnisse – und somit der Parametereinstellungen – eines jeden einzelnen Modelllaufes im Kalibrierungszeitraum dienten verschiedene statistische Maße: Die simulierten Abflüsse wurden anhand des Bestimmtheitsmaßes,

der mittleren quadratischen Abweichung sowie des Nash-Sutcliffe Kriteriums (*Nash, Sutcliffe, 1979*) beurteilt. Zusätzlich zu diesen statistischen Gütekriterien wurden die Modellierungsergebnisse nach jedem Lauf einem visuellen Vergleich unterzogen. Dies ermöglichte es letztendlich erst, eine Parameterkombination zu ermitteln, mit der auch wichtige Hochwasserereignisse gut repräsentiert werden konnten. Bezüglich der Kalibrierung des Modells stellte sich mit dem Teileinzugsgebiet Lauffen jedoch eine spezielle Problematik ein, auf die das folgende Kapitel näher eingehen soll.

5.3.1 Spezifische Problematik bei der Kalibrierung

Aufgrund seiner Lage wird das Teileinzugsgebiet Lauffen von den beiden Pegeln Plochingen (stromaufwärts) und Lauffen begrenzt (vgl. Abbildung 2). Damit repräsentiert der am Pegel Lauffen gemessene Abfluss den des **gesamten** Einzugsgebietes (inklusive des Abflusses aus dem Teileinzugsgebiet Plochingen). Eine Kalibrierung von HBV-D anhand der in Lauffen gemessenen Abflüsse war deshalb nicht ohne weiteres möglich. Daher galt es zuerst, den Abfluss am Pegel Lauffen von dem am Pegel Plochingen **zu separieren**. Für diesen Arbeitsschritt bot sich die Berechnung des Abflusses am Pegel Lauffen nach dem *Muskingum-Modell* an. Dieses Verfahren ermöglicht es zum einen, den weiteren Zufluss zwischen den Pegeln Plochingen und Lauffen aufgrund der Verformung des Wellenablaufes innerhalb dieses Gewässerabschnittes zu quantifizieren sowie zum anderen die durch Retention und Translation bedingte zeitliche Verzögerung der Welle am Pegel Lauffen zu berechnen (siehe auch *Dyck, Peschke, 1995; S.422 f.*). Letztendlich erwiesen sich die so berechneten Abflüsse jedoch als weniger gut geeignet zur Modellkalibrierung. Der Grund hierfür liegt in der geringen Länge dieses Neckarteilstückes (84 km) und den daraus resultierenden extrem kurzen Wellenlaufzeiten. Prozesse wie Translation und Retention können deshalb kaum beobachtet werden. Dieser Sachverhalt darf jedoch nicht isoliert von der zeitlichen Auflösung der vorliegenden Daten betrachtet werden. Denn sowohl die kurzen Wellenlaufzeiten als auch die fehlenden Translations- und Retentionsprozesse sind darauf zurückzuführen, dass hier **tägliche** Messwerte die Basis für die Muskingum-Modellierungen bildeten, aber die Wellenlaufzeiten auf diesem kurzen Flussabschnitt deutlich darunter liegen. Wären hier beispielsweise Daten in stündlicher Auslösung verwendet worden, ließen sich diese Prozesse sehr wohl erkennen. Die Abbildung 16 zeigt exemplarisch die geringe zeitliche Verschiebung des Wellenablaufes auf diesem Neckarteilstück.

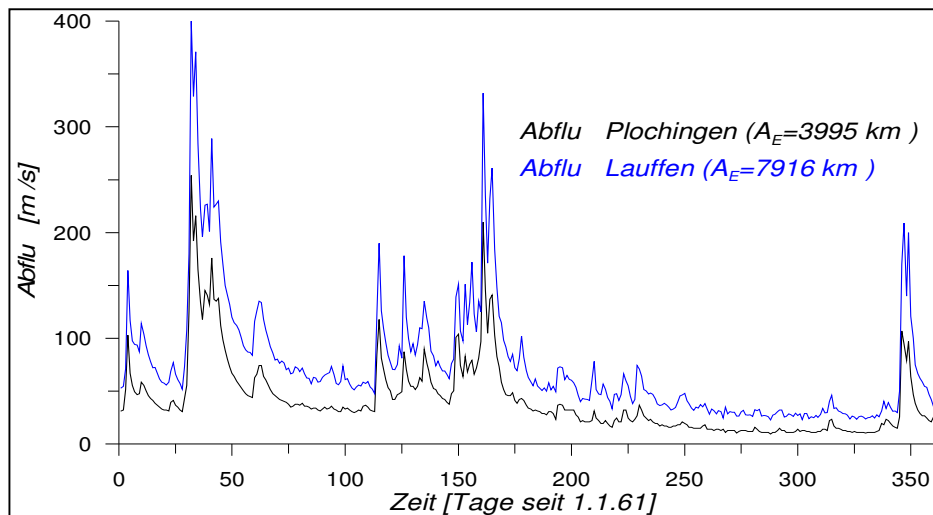


Abb. 16: Abflusskurven an den Neckarpegeln Plochingen und Lauffen im Vergleich. Zu beachten sind hier die extrem kurzen Wellenlaufzeiten zwischen diesen beiden Pegeln.
Quelle: Menzel (unveröffentlicht)

Zudem brachte es das Verfahren mit sich, dass sehr oft stark negative Abflusswerte entstanden, die sich wiederum unvorteilhaft auf die Kalibrierung des Modells auswirkten. Aus diesem Grunde wurde auf die Verwendung der „Muskingum-Abflüsse“ zur Modellierung verzichtet. Statt dessen wurde die Differenz ΔQ der gemessenen Abflüsse der Pegel Lauffen und Plochingen verwendet – sollte diese doch aufgrund der kurzen Fließstrecke sowie „fehlender“ Translations- und Retentionsprozesse (siehe Anmerkungen auf der vorherigen Seite) annähernd dem Abfluss des Teileinzugsgebietes Lauffen entsprechen. Das Problem der negativen Abflüsse trat zwar auch hier auf, jedoch waren diese zum einen in ihrer absoluten Häufigkeit von weitaus geringerer Zahl als im Muskingum-Modell vertreten, zum anderen waren sie auch insgesamt „weniger negativ“.

Abschließend ist somit ausdrücklich darauf hinzuweisen, dass aufgrund dieser Methodik **keine gemessenen Abflüsse** zur Modellkalibrierung zur Verfügung standen. HBV-D war infolgedessen nach dem oben beschriebenen Verfahren der Abfluss-Differenzenbildung zu kalibrieren. Bezüglich der Bewertung der statistischen Gütemaße ist dies unbedingt zu beachten – wurden doch letztendlich **berechnete Abflüsse mit modellierten Eingangswerten verglichen**. Aus diesem Grunde wird im weiteren Verlauf dieser Arbeit für die so entstandenen Abflussdaten der Begriff „gemessene“ Abflüsse verwendet. Die Anführungszeichen sollen so daran erinnern, dass hier keine real gemessenen Abflüsse vorliegen.

5.4 Modellvalidierung

Der Kalibrierungsphase schloss sich im weiteren Schritt die Modell-Validierung an. Ein solcher Schritt ist allgemein üblich, kann es doch gerade bei einer großen Anzahl freier Parameter auch zuweilen zu guten Ergebnissen über den Kalibrierungszeitraum kommen, obwohl beispielsweise ein Parameterwert außerhalb bestimmter (im Rahmen dieser Arbeit allerdings vorgegebener) Bandbreiten liegt. So berichten *Refsgaard* und *Storm* (1996), dass bei Kalibrierungen, die von unterschiedlichen Personen an demselben Modell durchgeführt wurden, bei jeweils unterschiedlichen Parametern etwa gleich gute Ergebnisse erreicht wurden. (*Refsgaard, Storm, 1996; S.49*).

Die Validierung der Modellparameter erfolgte nach dem „Split-Sample-Test“ (*Klemes, 1986; nach Refsgard, Storm, 1996; S.50*), der besagt, dass sich an die Kalibrierungsphase eine etwa gleich lange Validierungsphase anschließen sollte; im vorliegenden Fall war dies die etwas längere Zeitspanne vom 1.1.1976 bis zum 31.12.1998. In dieser Validierungsphase galt es einen weiteren Modelllauf mit den zuvor objektiv als „gut“ befundenen Parameterwerten durchzuführen. Auch an diesen Modellauf schlossen sich die erwähnten statistischen und visuellen Auswertungen an. Die Tabelle 3 zeigt zusammenfassend die Güte der durchgeführten Modellierungen anhand der Werte des Nash-Sutcliffe-Kriteriums über die verschiedenen Modellierungszeiträume.

Tab. 3: Ausgewählte Gütekriterien für verschiedene Modellierungszeiträume (zu beachten ist der Umstand, dass HBV-D mit berechneten Werten kalibriert wurde – siehe Kapitel 5.3.1)

Quelle: Eigene Darstellung

Modellierungszeitraum	Nash-Sutcliffe-Kriterium [R ²]	R ² LOG
1.1.1961 – 31.12.1975 (Kalibrierung)	0.75	0.75
1.1.1976 – 31.12.1998 (Validierung)	0.75	0.70
1.1.1961 – 31.12.1998 (Gesamtzeitraum)	0.75	0.71

5.5 Beurteilung der Referenzmodellierung

Dieses Kapitel soll die wesentlichen Ergebnisse der Modellierung der Niederschlag-Abflussverhältnisse unter beobachtetem, d.h. an Stationen **gemessenem** Klima darlegen. Dargelegt werden diese Ergebnisse hauptsächlich anhand gegeneinander aufgetragener und somit direkt vergleichbarer Ganglinien von „gemessenen“ und simulierten Abflüssen sowie durch Darstellungen der Abflussregime. Obwohl an dieser Stelle der Schwerpunkt auf die Präsentation von Hochwasserereignissen gelegt wird (aufgrund der in Teil 2 näheren Beschäftigung mit dieser Thematik), soll hier jedoch noch einmal betont werden, dass es im Rahmen dieser Arbeit nicht Ziel der Modellierung war, den Verlauf bestimmter Hochwasserereignisse durch gesonderte Kalibrierung exakt nachzubilden, sondern dass die Parameter, wie erwähnt, immer auf den Gesamtzeitraum bezogen wurden.

Einen Überblick über die Modellkalibrierung beziehungsweise Validierung bietet die Abbildung 17. Sie zeigt jeweils einen vierjährigen Ausschnitt aus dem Kalibrierungs- und dem Validierungszeitraum (1.1.1965 – 31.12. 1968 bzw. 1.1.1979 – 31.12.1982), in dem jeweilig sowohl relativ hohe Abflüsse (gemessener durchschnittlicher mittlerer Hochwasserabfluss MHQ 1961-1998 = 326 m³/s) als auch Niedrigwasserperioden auftreten. Die Abweichungen der Modellierung durch HBV-D werden durch die Darstellung der Differenzen von „gemessenem“ und simulierten Abfluss ebenfalls wiedergegeben. Diesbezüglich wird gut deutlich, dass besonders die in diesen beiden Zeiträumen auftretenden Hochwasserereignisse meist zu niedrig modelliert wurden. Insgesamt treten aber sowohl Über- als auch Unterschätzungen der „gemessenen“ Abflüsse auf, wobei der zeitliche Verlauf meist sehr gut repräsentiert wurde.

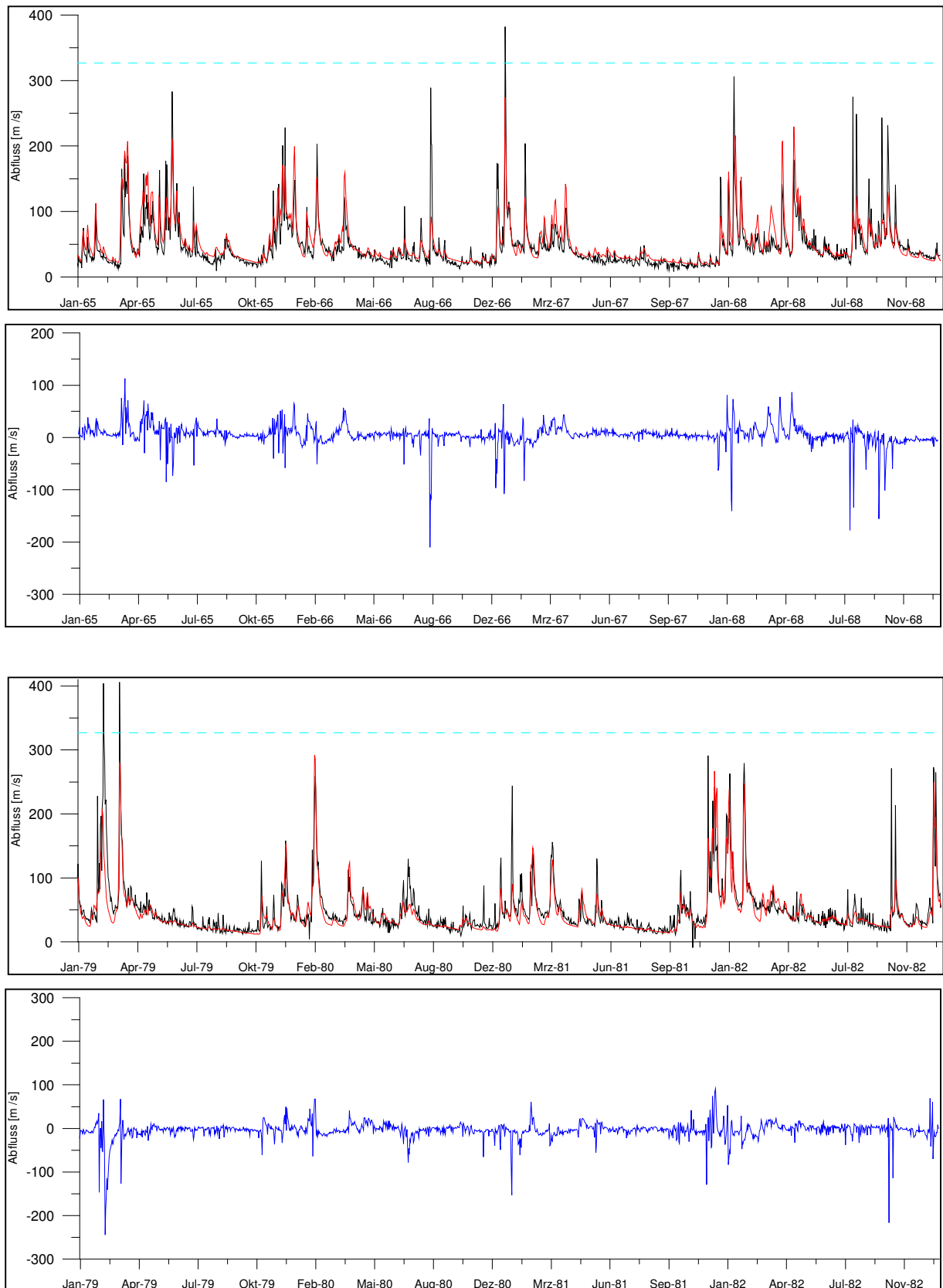


Abb. 17: Vergleich von „gemessenen“ und simulierten täglichen Abflüssen am Pegel Lauffen. Die schwarze Linie stellt jeweils die Differenz der Abflüsse am Pegel Lauffen von denen am Pegel Plochingen dar („gemessene“ Abflüsse), die rote die durch HBV-D simulierten Abflüsse. Die jeweils untere Graphik gibt dabei einen Überblick über die bei der Modellierung durch HBV-D aufgetretenen Differenzen zwischen „gemessenem“ und simuliertem Abfluss ($Q_{\text{simuliert}} - Q_{\text{gemessen}}$).

Oben dargestellt ist ein Ausschnitt aus dem Kalibrierungszeitraum (1961 – 1975), unten ein Ausschnitt aus dem Validierungszeitraum (1976 – 1998). Die hellblaue Linie repräsentiert jeweils den gemessenen MHQ des Gesamtzeitraumes.

Quelle: Eigene Darstellung; Datengrundlage: Bundesanstalt für Gewässerkunde

Die Ursache für die hier anzutreffende „Unterschätzung“ der Hochwasserabflüsse liegt zum einen im konzeptionellen Charakter von HBV-D und damit in der großen Abstraktion der modellierten Welt von der realen Welt⁸ (vgl. Stichwort „Durchschnittswerte“, Kapitel 5.1) begründet, zum anderen ist aber auch die Messnetzdicke der verwendeten Klima- und Niederschlagsstationen hierfür verantwortlich: Ist die Messnetzdicke schon in der Realität zu weitmaschig, um ein Kontinuum annähernd adäquat zu diskretisieren, so ist sie dies auch im verwendeten Datensatz. Dieser Umstand tritt besonders bei sommerlichen Hochwasserereignissen zu Tage, gehen diese doch meistens auf lokale Gewitter beziehungsweise Starkniederschläge zurück. Diese örtlich begrenzten Niederschläge können aufgrund der Messnetzdicke oft nicht erfasst werden. Das Ergebnis sind zu diesem Zeitpunkt unterrepräsentierte Abflüsse im Modell. Im vorliegenden Fall spiegelt der durch das Modell stark unterschätzter Abfluss des Hochwassers vom August 1966 diesen Umstand sehr gut wider (siehe Abbildung 17). Diesbezüglich durchgeführte regressionsanalytische Untersuchungen belegen, dass trotz insgesamt guter Modellierungsergebnisse die extremen Hochwasserereignisse vom Modell oft unterschätzt wurden (siehe Abbildung 18). Da die Regressionsbeziehung im oberen Bereich durch wenige Extremwerte bestimmt wird, divergieren die (rot eingezeichnete) Regressionsgerade und die (schwarz eingezeichnete) 1:1-Gerade mit zunehmender Abflussmenge immer weiter. Auch die Differenz zwischen „gemessenem“ (326,7 m³/s) und simuliertem (253,1 m³/s) mittleren Hochwasserabfluss des Gesamtzeitraums weisen auf diese tendenzielle Unterschätzung großer Hochwasserereignisse hin (siehe Tabelle 4). Auf diesen Sachverhalt wird später bei der Diskussion der Extremwertanalysen noch einmal zurückzukommen sein.

⁸ Des Weiteren ist natürlich jede (hydrologische) Modellierung mit einer Reihe von **Unsicherheiten** behaftet, auf die im Rahmen dieser Arbeit jedoch nicht näher eingegangen werden soll. Hier sei lediglich darauf hingewiesen, dass diese Unsicherheiten bereits bei den Eingangsdaten beginnen. Beispielsweise sind die meteorologischen Daten, die Landnutzungsdaten, die Daten zur Topographie etc. meist nicht fehlerfrei. Diese Abweichungen von der Realität pflanzen sich im Verlauf der Modellierung fort, zumal das Modell – wie bereits erwähnt – mit berechneten Werten kalibriert wurde, und die Modellierungen daher bereits hier mit Unsicherheiten behaftet sind.

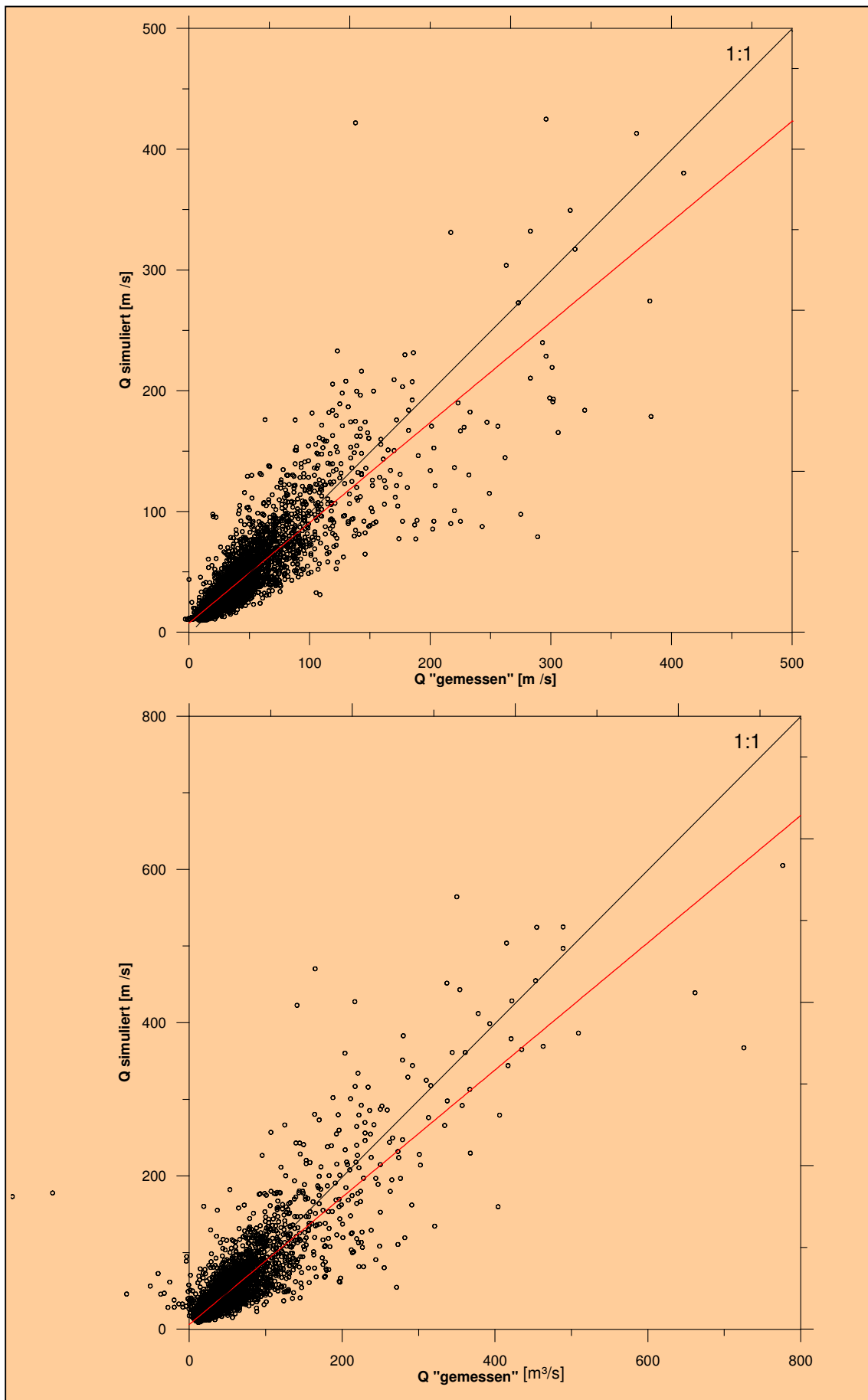


Abb. 18: Regressionsanalytische Darstellungen „gemessener“ und simulierter Abflüsse aus Kalibrierungsphase (oben) und Validierungsphase (unten). Man beachte die unterschiedlichen Skalenniveaus sowie die vermehrt auftretenden negativen Abflüsse (vgl. Kapitel 5.3.1) im Validierungszeitraum.
Quelle: Eigene Darstellung; Datengrundlage: Bundesanstalt für Gewässerkunde

Die Tabelle 4 zeigt abschließend die Differenzen zwischen „gemessenen“ und simulierten Abflüssen anhand ausgewählter gewässerkundlicher Hauptzahlen noch einmal im Überblick.

Tab.4: Überblick über „gemessene“ und simulierte Abflüsse des Neckars zwischen den Pegeln Plochingen und Lauffen [in m³/s]

Quelle: Eigene Darstellung; Datengrundlage: Bundesanstalt für Gewässerkunde

Gewässerkundliche Hauptzahl		„Gemessen“ (separiert)	Simuliert	Differenz
HHQ	1961/1998	776,4 (1993, Tag 355)	605,1 (1993, Tag 355)	171,3
MHQ	1961/1998	326,7	253,1	73,6
MQ	1961/1998	39,8	40	0,2

5.5.1 Abflussregime nach *Pardé*

Detailliertere Aufschlüsse über die jahreszeitliche Folge von „gemessenen“ und simulierten mittleren monatlichen Abflüssen über den Gesamtzeitraum bieten Darstellungen der sogenannten ABFLUSSREGIME. Schon früh wurden in der Vergangenheit Versuche unternommen, das Abflussverhalten wichtiger Flüsse zu typisieren. A.A. *Woeikof* verfasste beispielsweise bereits 1885 seine Abhandlung „Flüsse und Landseen als Produkte des Klimas“ (nach *J. Marcinek, E. Rosenkranz, 1996; S.203*), in der er zur Typisierung der Fliessgewässer Faktoren einbezog, wie die jährliche Abflussganglinie, den Beitrag von Regen-, Gletscher-, und/oder Schneeschmelzwasser für bestimmte Hochwasserereignisse sowie die Verdunstung und die geographische Lage. Es war diese Arbeit, auf die sich *M. Pardé* bei der Entwicklung seiner eigenen Klassifizierung bezog. Er schuf so das diesbezüglich bekannteste der gegenwärtigen Klassifizierungsschemata für Abflussregime. Zur Unterscheidung dieser Abflussregime dienten *Pardé* drei Faktoren: **erstens** die absolute Anzahl der Abflussminima und -maxima im mittleren jährlichen Abflussgang, **zweitens** die Speisungsart der Flüsse und **drittens** der Schwankungskoeffizient (vgl. *J. Marcinek, E. Rosenkranz, 1996; S.203f*). Auf Grundlage des **ersten Kriteriums** leitet *Pardé* folgende Abflussregime-Typen ab⁹: sogenannte „einfache Regime“ (Typ I), „Original-komplexe Regime“ (Typ II) und letztlich die „Wechselnd-komplexen Regime“ beziehungsweise die „Modifiziert-komplexen Regime“ (Typ III). Hinsichtlich der weiteren Klassifizierung erfahren diese drei Basistypen eine Modifizierung durch die jeweilige **Speisungsart der Flüsse**. Hier orientiert sich *Pardé* eng an *Woeikof*, denn genau wie dieser benennt er Regen-, Gletscher- und/oder Schneeschmelzwasser als mögliche Quellen für die weitere Speisung des Fließgewässers. Als dritter und letzter Faktor ermöglicht der sogenannte **Schwankungskoeffizient** die Ermittlung des mittleren jährlichen Abflussganges

⁹ Auf eine genauere Beschreibung dieser Abflussregime Typen wird an dieser Stelle verzichtet; lediglich die im Rahmen dieser Arbeit wichtigen Typen werden hier ausführlicher behandelt. Zur vertieften Lektüre sei hier auf *Marcinek und Rosenkranz (ab S.204)* verwiesen.

des jeweiligen Gewässers. Jener ergibt sich als Quotient aus dem mittleren Abfluss eines jeden Monats (MQMonat) zum mittleren jährlichen Abfluss (MQJahr) (J. Marcinek, E. Rosenkranz, 1996; S.207).

Graphisch oder tabellarisch dargestellt eignet sich dieser Schwankungskoeffizient sehr gut zu weiteren Vergleichen mit denjenigen anderer Gewässer und komplettiert zusammen mit den beiden erstgenannten Faktoren die Klassifikation der Abflussregime nach *Pardé*.

Den Abschluss dieses konzeptionellen Überblicks soll mit Abbildung 19 eine Darstellung der wichtigsten Abflussregimetypen bilden:

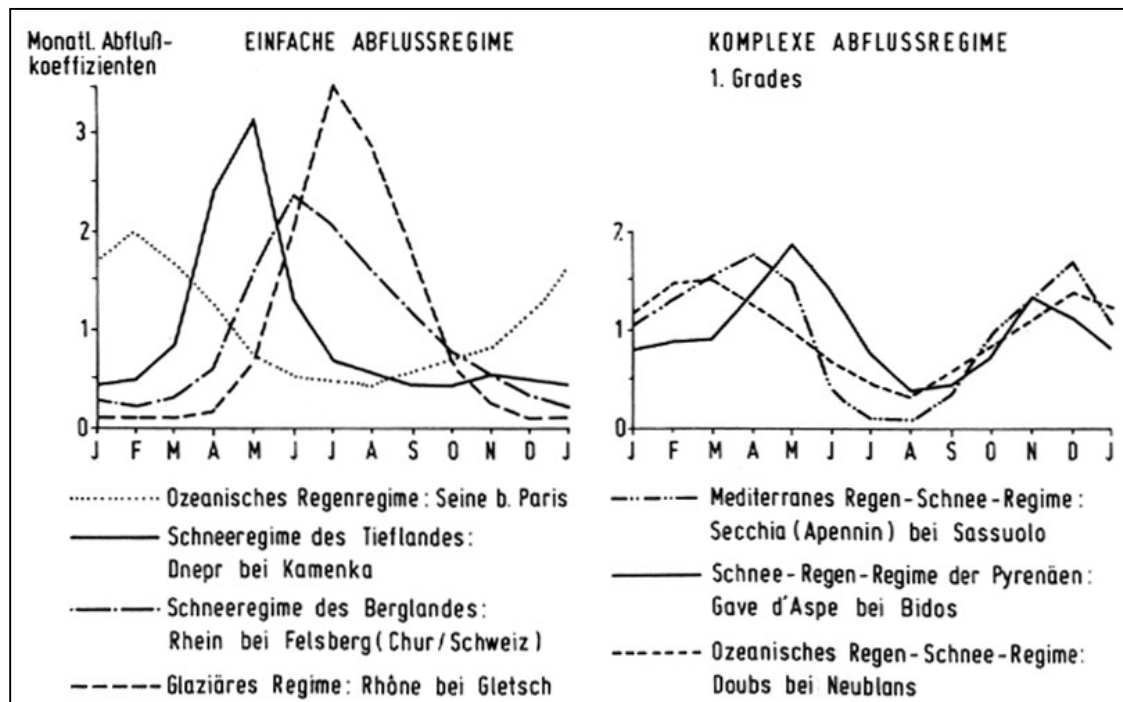


Abb. 19: Monatsmittel des Jahresganges des Abflusses für die wichtigsten Abflussregimetypen
Quelle: Baumgartner und Liebscher, 1996; S.538

5.5.2 Diskussion „gemessener“ und simulierter Abflussregime des Neckars sowie einzelner Hochwasserereignisse aus Kalibrierungs- und Validierungszeitraum

Zwischen den Pegeln Plochingen und Lauffen ist der mittlere jährliche Abflussgang des Neckars durch zwei winterliche Maximalwerte charakterisiert, wobei der Wert des Schwankungskoeffizienten sein absolutes Maximum mit 1,4 im Februar erreicht. Nach einem sommerlichen Abflussminimum steigen die mittleren jährlichen Abflüsse zum Winter wieder an und erreichen im Dezember einen Wert von 1,2 (siehe Abbildung 20).

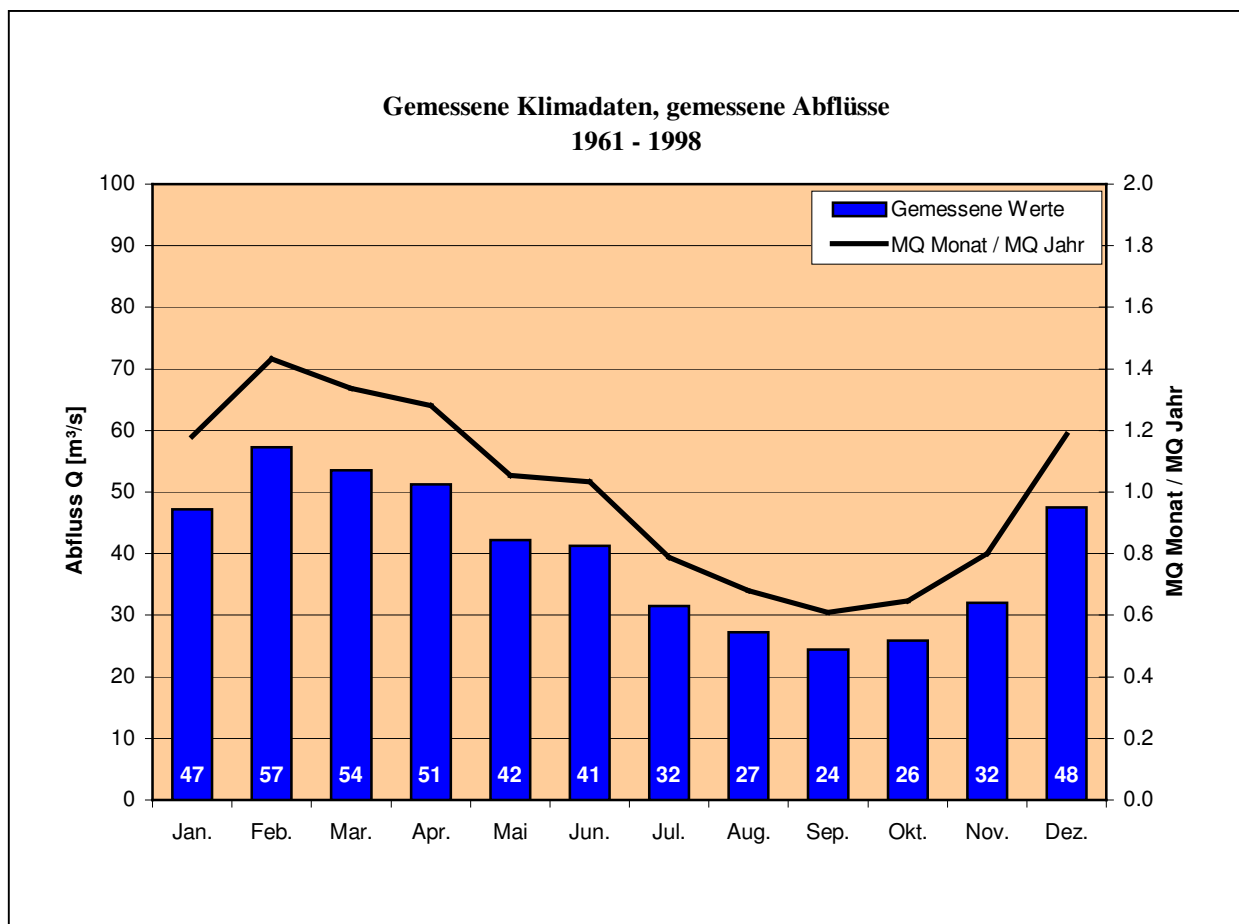


Abb. 20: „Gemessenes“ Abflussregime des Neckars zwischen den Pegeln Plochingen und Lauffen
 Quelle: Eigene Darstellung; Datengrundlage: Bundesanstalt für Gewässerkunde

Aufgrund des Vorhandenseins zweier Maxima im jährlichen Abflussgang lässt sich das Regime des Neckars in einem ersten groben Typisierungsschritt in *Pardés* Kategorie der „Original-komplexen Regime“ zuordnen. Wegen Lage und topographischer Gliederung des Untersuchungsgebiets (vgl. Kapitel 3, NATURRÄUMLICHE GLIEDERUNG) kommt bezüglich der Speisungsart der Flüsse sowohl Regen- als auch Schneeschmelzwasser in Betracht. Daher lässt sich die vorhandene Zweigipfligkeit der Abflussganglinie auf die jeweils jahreszeitlich vorherrschende Speisungsart der Fließgewässer (Schneeschmelze und/oder Niederschlag) zurückführen. Die hohen mittleren Abflüsse der Monate Februar, März und April sind auf einsetzende Schneeschmelze in eventueller Kombination von Niederschlägen zurückzuführen,

während für die Abflüsse des sekundären Maximums im Dezember und Januar überwiegend Niederschläge und hydrologische Speicherfüllung bei niedrigen Transpirationsraten verantwortlich sind. Im Sommer bedingen dagegen hohe Evapotranspirationsraten und hydrologische Speicherzehrung ein Abflussminimum.

Letztendlich ist der Abfluss des Neckars am Pegel Lauffen somit dem *Typ II.3*, dem sogenannten „*Regen-Schnee-Regime*“, beziehungsweise dem „*pluvio-nivalen*“ Abflussregime zuzuordnen (vgl. *J. Marcinek, E. Rosenkranz, 1996; S.211*). Der Versuch, eine noch genauere Untergliederung dieses Typs vorzunehmen, offenbart allerdings einen Nachteil dieses Klassifikationsschemas. Die beschriebenen drei Faktoren (jährlicher Abflussgang, Speisungsart und Schwankungskoeffizient) erlauben zwar eine mehr oder weniger genaue Einordnung verschiedener Regime in bestimmte Typen, doch insgesamt fehlen eindeutige Zuordnungsprinzipien (*J. Marcinek, E. Rosenkranz, 1996; S.212*). Eine tiefergehende Kategorisierung des vorliegenden Regimes ist somit nicht möglich. Für diese letzte Stufe liegen hinsichtlich des Schwankungskoeffizienten lediglich Beispielswerte vor, und diese stimmen mit dem vorliegenden nur annähernd überein.

Ein großer Vorteil dieser Klassifikation liegt aber, wie bereits angeführt, in der einfachen Vergleichbarkeit der Abflussregime beziehungsweise in deren graphischer Darstellung. Aus diesem Grund wurden auch hier die Regime der mit HBV-D simulierten Abflüsse berechnet und dargestellt. Wie die Abbildung 21 zeigt, entsprechen diese, mit HBV-D simulierten, täglichen und zu mittleren monatlichen Abflüssen zusammengefassten Werte weitestgehend den „gemessenen“; auch der Verlauf des mittleren jährlichen Abflussganges entspricht in seiner Charakteristik dem der „gemessenen“ Abflüsse. Die größten Abweichungen zwischen simulierten und „gemessenen“ Abflüssen treten dabei in den Monaten März, April (Überschätzung) und Juni (Unterschätzung) auf (vgl. Abbildung 22). Im Jahresmittel weichen die simulierten monatlichen Abflüsse um etwa zwei Prozent von den „gemessenen“ ab.

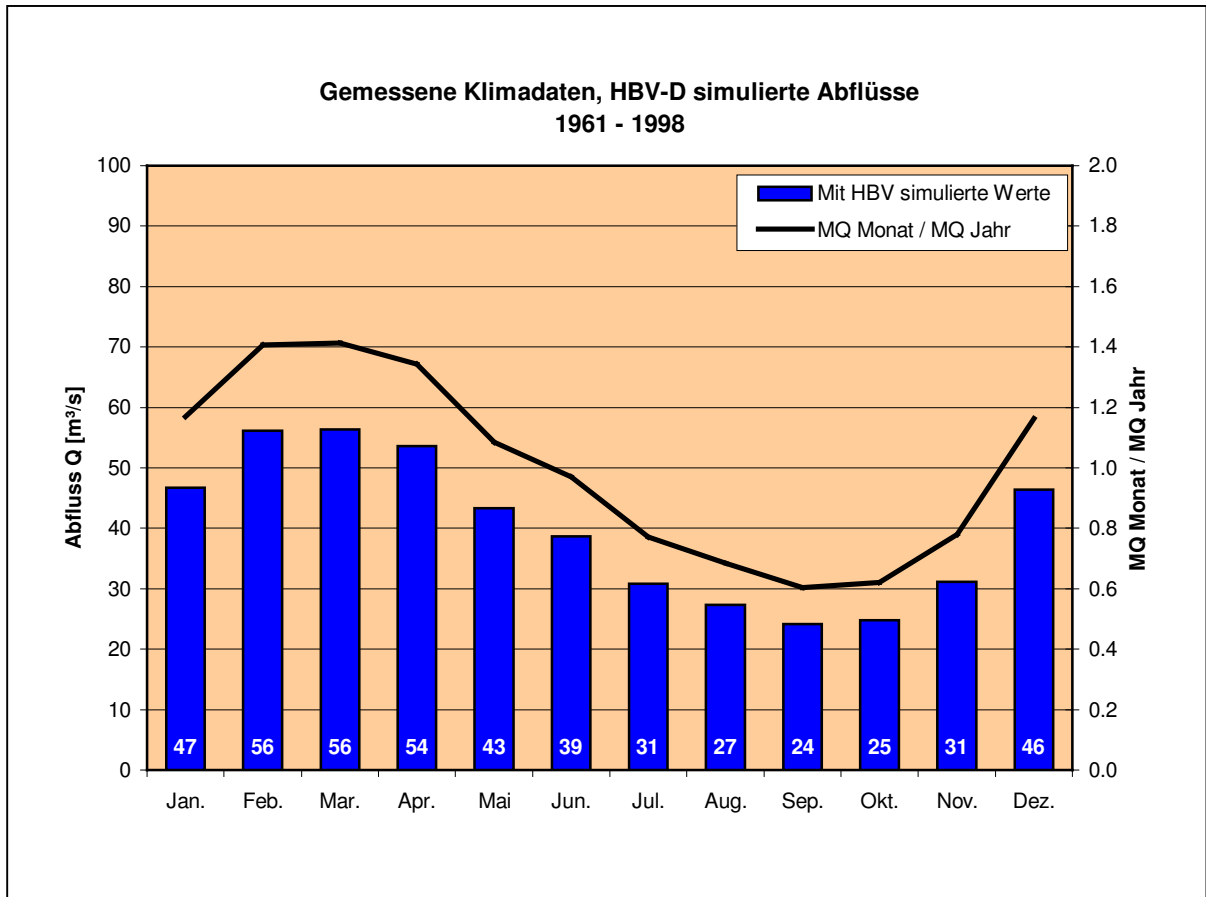


Abb. 21: Mit HBV-D simuliertes Abflussregime des Neckars zwischen den Pegeln Plochingen und Lauffen
Quelle: Eigene Darstellungen; Datengrundlage: Bundesanstalt für Gewässerkunde

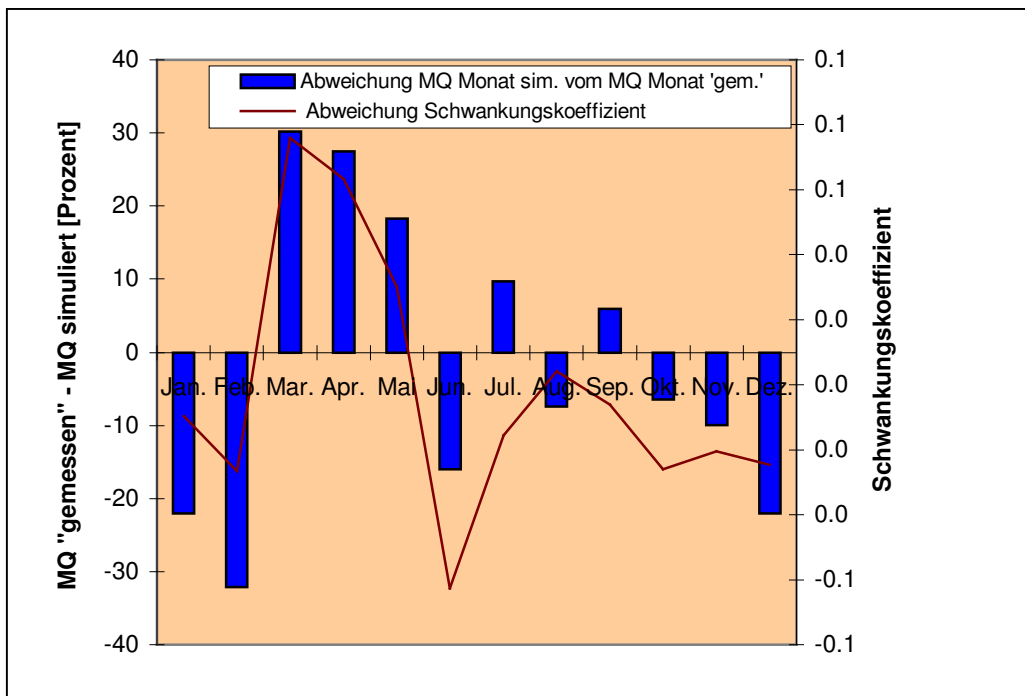


Abb. 22: Prozentuale Abweichungen der simulierten mittleren monatlichen Abflüsse und des Schwankungskoeffizienten von den „gemessenen“ Werten am Pegel Lauffen
Quelle: Eigene Darstellung; Datengrundlage: Bundesanstalt für Gewässerkunde

Den Abschluss dieses Kapitels soll die Abbildung 23 bilden. Sie zeigt jeweils ein konkretes und sehr gut simuliertes Hochwasserereignis aus der Kalibrierungs- beziehungsweise aus der Validierungsphase. Neben dem Verlauf der Ganglinie geben diese Darstellungen des Weiteren Auskunft über die Niederschlagshöhen zum Zeitpunkt des Hochwassers. Beide Ereignisse sind in ihrer primären Ursache somit eindeutig auf vergleichsweise starke Niederschläge zurückzuführen. Der ausgewertete Zeitraum beträgt bei beiden Darstellungen 92 Tage.

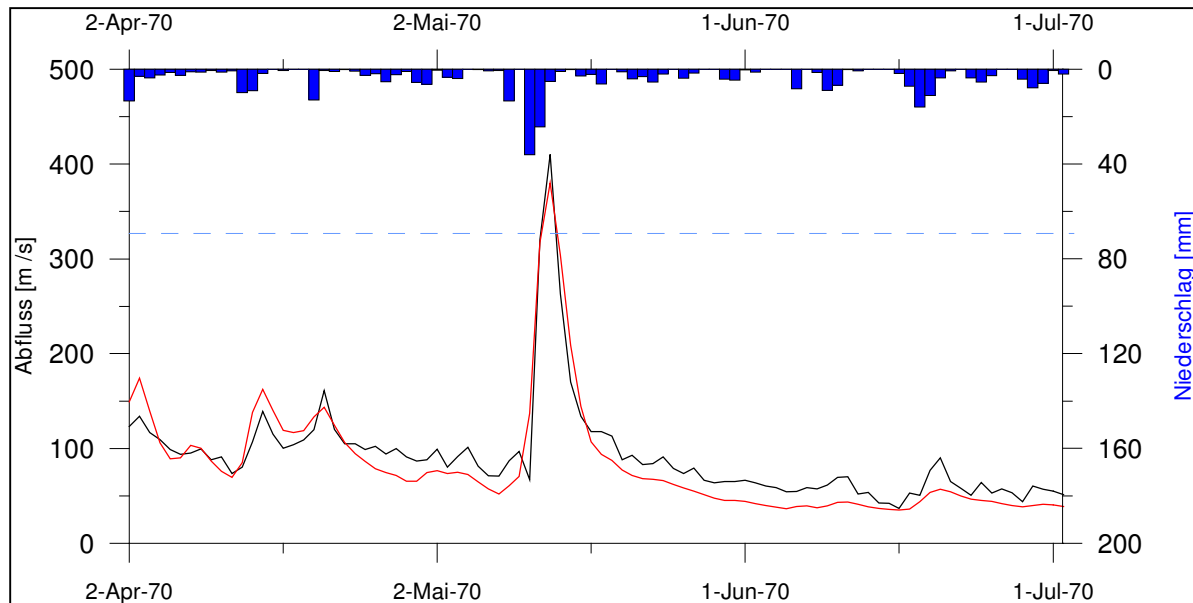
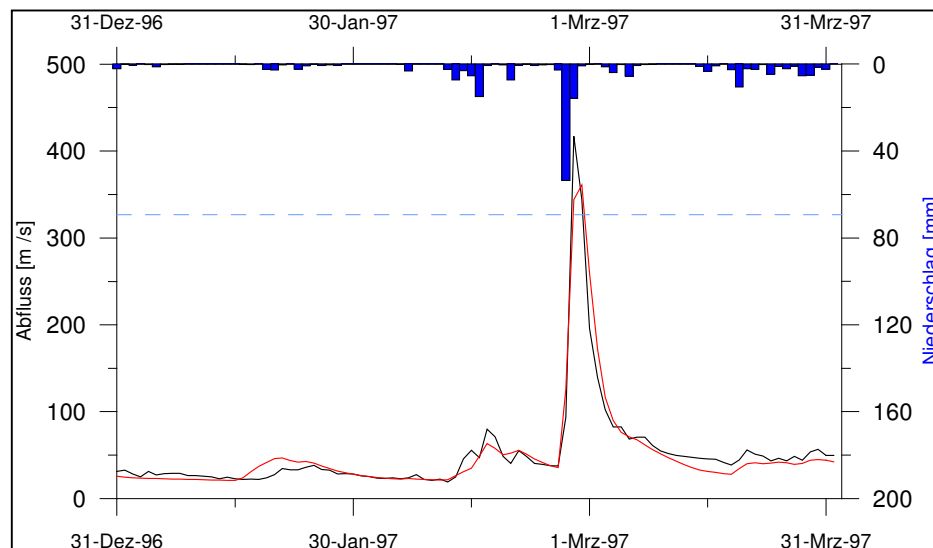


Abb. 23: Darstellung des Zusammenhangs zwischen Hochwasserwelle und Gebietsniederschlag für ein konkretes Ereignis aus der Kalibrierungsphase (oben) und Validierungsphase (unten). Die rot eingezeichnete Linie stellt den simulierten, die schwarze den „gemessenen“ Abfluss dar. Die blauen Balken kennzeichnen den Tageswert des Gebietniederschlags, die gestrichelte blaue Linie gibt den MHQ des Gesamtzeitraumes (1961 – 1998) wieder.

Quelle: Eigene Darstellung; Datengrundlage: Bundesanstalt für Gewässerkunde



Als ein weiterer Anhaltspunkt für die Güte der Simulation dieser beiden Hochwasserereignisse dienen die Abbildungen der jeweiligen Abflussvolumina (Abbildung 24 und 25).

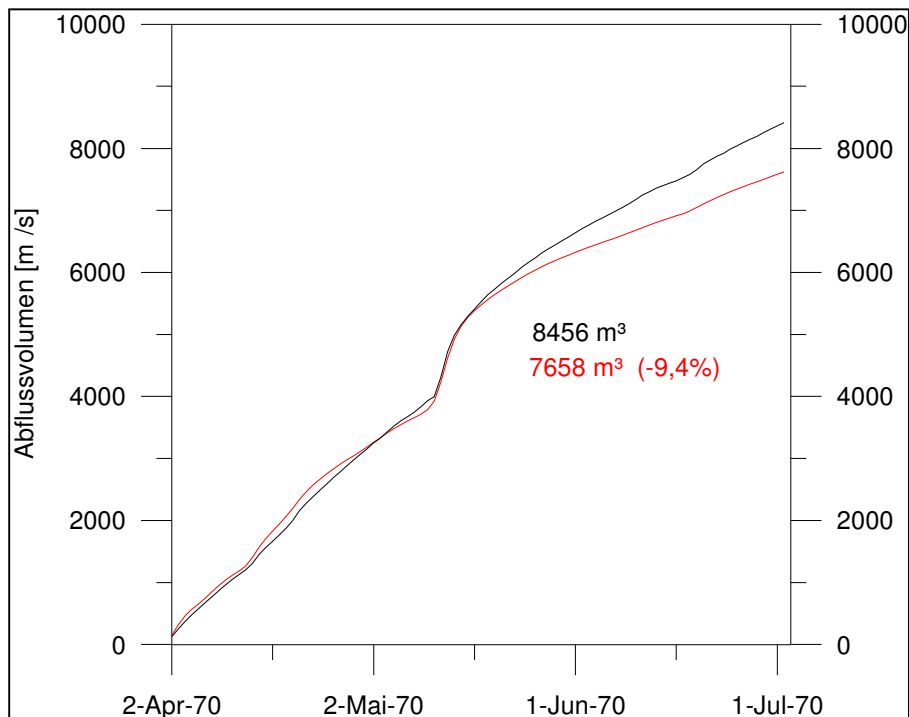
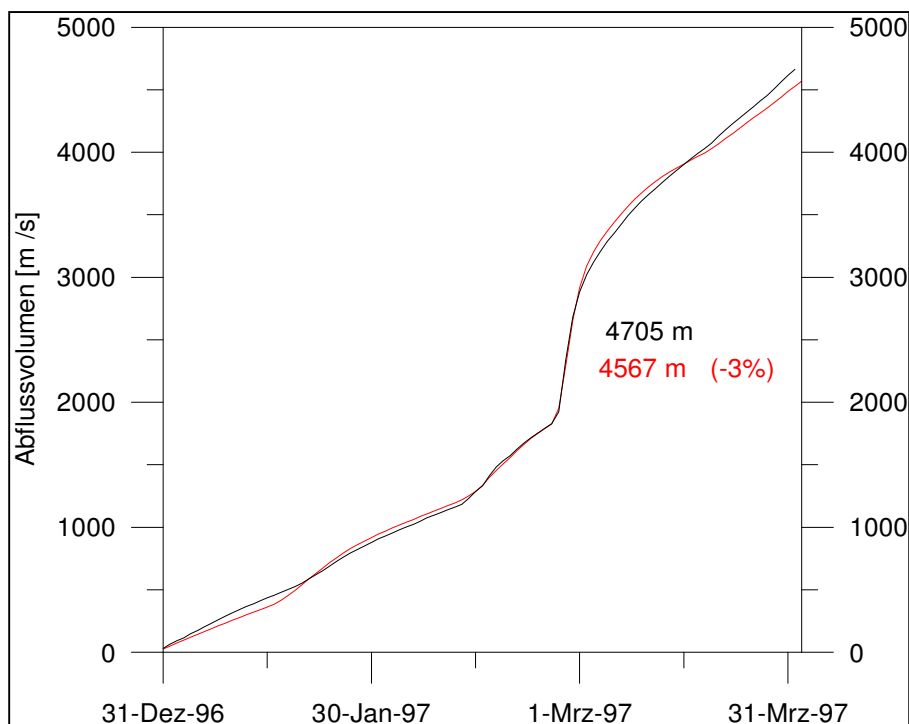


Abb. 24: und **Abb. 25:** Darstellung der „gemessenen“ (schwarze Linie) und simulierten (rote Linie) Abflussvolumen der Hochwasserereignisse aus dem Jahr 1970 (oben) und 1997 (unten) sowie deren prozentuale Abweichung
Quelle: Eigene Darstellungen; Datengrundlage: Bundesanstalt für Gewässerkunde



Wie die Abbildungen 23 bis 25 zeigen, sind beide Hochwasserphasen sehr zufriedenstellend simuliert worden, besonders das Hochwasser vom 26. Februar 1997 (Abbildung 23) wurde sehr gut wiedergegeben. Die Analyse der „gemessenen“ beziehungsweise simulierten Abflussvolumina (Abbildung 25) weist für das 1997er Ereignis eine Abweichung von nur etwa minus drei Prozent auf. Auch das Hochwasser des 12. Mai 1970 wurde gut wiedergegeben,

allerdings wurde das Abflussvolumen (Abbildung 24) hier um etwa 9 Prozent unterschätzt – ein Sachverhalt, der hauptsächlich auf die Unterschätzung der dem Hochwasser folgenden Niedrigwasserperiode zurückzuführen ist.

Zum Abschluss dieser Diskussion soll die Tabelle 5 auf die primäre Ursache der beiden beschriebenen Ergebnisse hinweisen – gingen doch den zwei Hochwasserphasen jedes Mal intensive Niederschlagsperioden voraus (Abbildung 23). Die Tabelle listet daher die Summe der gefallenen Gebietsniederschläge¹⁰, die Mittelwerte dieser Summen sowie die beiden Maximalwerte, wie sie jeweils an den Tagen unmittelbar vor dem eigentlichen Hochwasserereignis gemessen wurden, auf. Wie ersichtlich wird, tragen allein diese beiden Ereignisse mit etwa 18 beziehungsweise etwa 35 Prozent erheblich zu den Gesamtniederschlagsmengen des jeweiligen Auswertzeitraums bei. Es soll jedoch darauf hingewiesen werden, dass sich diese Ergebnisse untereinander nicht vergleichen lassen. Zum einen verbietet dies die unterschiedliche Bezugsbasis der Prozentwerte (Summe der im Zeitraum gefallenen Niederschläge) und zum anderen liegen die beiden Auswertzeiträume in unterschiedlichen Jahreszeiten. Die Tabelle sollte somit nur zeilen-, nicht aber spaltenweise interpretiert werden.

Tab.5: Überblick über die Niederschlagsbedingungen unmittelbar vor Auftreten zweier ausgewählter Hochwasserereignisse aus Kalibrierungs- und Validierungsphase (1970er und 1997er Hochwasser) im Teileinzugsgebiet Lauffen (Neckar). Allen Angaben im [mm].

Quelle: Eigene Berechnung; *Datengrundlage:* Bundesanstalt für Gewässerkunde

Auswertungszeitraum	R ²	Niederschlagssumme	Mittelwert	Max. I	Max. II	Summe	Prozent
01.04.1970 - 2.7.1970	0,85	339,8	3,5	36,1	24,4	60,5	17,8
30.12.1996 - 1.4.1997	0,94	195,6	2,1	53,5	15,7	69,2	35,4

Nachdem sich dieses Kapitel mit der Kalibrierung des hydrologischen Modells und der Niederschlag-Abflussmodellierung des Referenzzeitraums (1961-1998) befasst hat, soll sich das folgende Kapitel mit der Einbindung unterschiedlicher KLIMASZENARIEN in die hydrologischen Modellierungen sowie mit deren Auswirkungen auf die Abflussverhältnisse im Untersuchungsgebiet beschäftigen.

¹⁰ Zur Berechnung des Abflusses aus einem gegebenen (Teil-) Einzugsgebiet bestimmt HBV-D aus den Eingangswerten der punktuell gemessenen Niederschläge ein tägliches **Flächenmittel des Niederschlags** für das gesamte Einzugsgebiet (vgl. Baumgartner, Liebscher, 1996; S.258).

6 Die Einbindung regionaler Klimaszenarien: Mögliche Entwicklungen im zukünftigen Abflussgeschehen

Bevor in diesem Kapitel eingehender auf die Einbindung regionaler Klimaszenarien und damit auf mögliche Auswirkungen sich ändernder klimatischer Randbedingungen auf das Abflussverhalten des untersuchten Teileinzugsgebietes eingegangen wird, bietet es sich an dieser Stelle an, das bisherige methodische Vorgehen noch einmal kurz zusammenzufassen. Im Verlauf dieser Arbeit wurden in einem **ersten Schritt** die naturräumlichen Charakteristika des Untersuchungsgebiets analysiert, um so beispielsweise mit Hilfe unterschiedlicher Werte der lokalen Gebirgsdurchlässigkeiten die bestehenden Zusammenhänge zwischen rezent ausgeprägtem Gewässernetz und den im Untergrund anstehenden Gesteinen nachzuweisen. Diese Ergebnisse, erweitert um Aussagen zur Klimatologie (insbesondere zum Niederschlag) und zur Landnutzung, ermöglichten die im **zweiten Arbeitsschritt** folgende Kalibrierung und Validierung des hydrologischen Modells anhand physiographisch begründeter Parametereinstellungen. Den Abschluss dieses Schrittes bildeten vergleichende Auswertungen der simulierten und „gemessenen“ Abflüsse anhand eingehender Betrachtung der jeweiligen Abflussregime sowie einzelner prägnanter Hochwasserereignisse. Aufgrund der gezeigten Resultate kann das kalibrierte und validierte HBV-D für den letztendlichen Einsatz zur Niederschlag-Abfluss-Simulation von Klimaszenarien als „geeignet“ bezeichnet werden. Diese Modellierung regionaler Klimaszenarien stellt damit den dritten und **letzten Arbeitsschritt** innerhalb dieses ersten Teils der vorliegenden Arbeit dar.

6.1 Die Erstellung regionaler Klimaszenarien für das Untersuchungsgebiet

Ziel dieses sechsten Kapitels ist es, die im vorigen Kapitel getroffenen Aussagen zu den gegenwärtigen Abflusscharakteristika des Untersuchungsgebiets zu erweitern beziehungsweise abzuschätzen, wie sich verändernde klimatische Randbedingungen **zukünftig** auf das Abflussverhalten des Neckars auf dem hier untersuchten Teilstück auswirken könnten. Dabei kann es allerdings nicht im Sinne dieser Arbeit sein, den direkten Einfluss eines möglichen Klimawandels auf das Hochwassergeschehen am mittleren Neckar nachzuweisen beziehungsweise quantifizieren zu wollen. Zu groß sind hier (noch) die Unsicherheiten, mit denen Berechnungen und Modellierungen dieser Art behaftet sind; zumal gegenwärtig in der Klimatologie und Hydrologie selbst noch intensiv darüber diskutiert wird, inwieweit ein möglicher „Treibhauseffekt“ beziehungsweise ein sich änderndes Klima überhaupt Einfluss auf das regionale Hochwassergeschehen im Gesamttraum Baden-Württemberg nehmen könnte (vgl. Müller, 2000; S.10). In dieser Arbeit soll es demzufolge hauptsächlich um die generelle Me-

thodik sowie um das Aufzeigen **möglicher Trends** gehen und später, im zweiten Teil, um mögliche Perzeptionen in der Wahrnehmung dieser durch die (potentiell) betroffenen Anrainer.

Gesicherte Erkenntnis dagegen ist, dass, laut *Intergovernmental Panel on Climatic Change (IPCC)* (Zwischenstaatlicher Ausschuss für Klimaänderung), die mittlere globale Temperatur an der Erdoberfläche seit 1990 um 0,3 bis 0,6 °Celsius angestiegen ist (*IPCC, 1996 nach Kusch, 2000; S.20*), und dass die Jahre 1990 bis 1999 die wärmsten seit fast 1000 Jahren waren (*Kusch, 2000; S.20*). Die Antwort auf die Frage, welche Auswirkungen diese Erwärmungsprozesse auf den Wasserhaushalt haben könnten, sind noch mit beachtlichen Unsicherheiten belegt – zumal gesicherte Niederschlagsmessungen nur für vergleichsweise geringe Zeiträume vorliegen. Um doch Aufschluss über zukünftige Änderungen zu gewinnen, bedient man sich aus diesem Grunde der **Klimamodelle**. Da das Klimasystem an sich aber als hochgradig nichtlinear und damit als äußerst schwer vorhersagbar zu bezeichnen ist, stellen **Klimaszenarien** die einzige Möglichkeit einer, wenn auch begrenzten, Aussageform für mögliche Klimaänderungen dar. Geht es um die Generierung regionaler Klimaszenarien, bilden die Grundlage für diese die sogenannten gekoppelten „Globalen Atmosphärischen Zirkulationsmodelle“ (engl. GCM's), die in ihrer räumlichen Auflösung einen horizontalen Gitterabstand von etwa 300 km aufweisen (vgl. *Schär et al., 2000; S.93*). Da aber die regionalen Verhältnisse der Niederschlagsklimatologie hiermit nur unzureichend abgebildet werden können, wurden für das vorliegende Untersuchungsgebiet **regionale** Klimaszenarien erstellt. Diese wurden von *G. Bürger* zur Verfügung gestellt, der das hier angewandte Verfahren des sogenannten „Expanded Downscaling (EDS)“ am Potsdam-Institut für Klimafolgenforschung (PIK) selbst entwickelte (*Bürger, 1996*). Die EDS Methode ist den statistischen Verfahren zuzuordnen. Sie transformiert im Wesentlichen die Ergebnisse bestimmter (noch näher zu erwähnender) Klimamodelle in kleinräumigere, regionale Gebietsgrößen. Statistische Verfahren haben dabei den Vorteil, dass es durch die direkte Verwendung der Ergebnisse von GCM's nicht zu der – für direkt an Klimamodelle gekoppelte Szenarien – charakteristischen physikalischen Fehlerfortpflanzung kommt. Allerdings werden die Unsicherheiten, mit denen die Ergebnisse der Ausgangsmodelle behaftet sind, durch den statistischen Ansatz nicht bereinigt und fließen somit unkorrigiert in das Szenario ein (vgl. *Gerstengarbe, 2000; S.104*). Insgesamt wurde das EDS Verfahren beziehungsweise die regionalisierten Klimaszenarien am PIK in einer Vielzahl von Studien verwendet. Detaillierter soll an dieser Stelle nicht auf das Verfahren eingegangen werden, der interessierte Leser sei hier wiederum an *Bürger (1996)* verwiesen. Für das in dieser Arbeit betrachtete Untersuchungsgebiet wurden folgende Klimamodelle als Grundlage für die regionalen Klimaszenarien verwendet: Die Basis für das erste regionale

Klimaszenario bildeten die Modellierungsergebnisse des gekoppelten Ozean-Atmosphären-Modells ECHAM4/OPYC3 des Hamburger Max-Planck-Institutes für Meteorologie (im weiteren Verlauf dieser Arbeit als *sca*-Szenario abgekürzt). Des Weiteren wurde ein zweites regionales Klimaszenario berechnet. Dieses beruht auf den Modellergebnissen des GCM HADCM3 des englischen Hadley-Centers (im Folgenden *hdl*-Szenario genannt). Die wichtigste Änderungsgröße bildete dabei das Kohlendioxyd CO₂ – beide Modelle wurden angetrieben durch das IPCC Emissions-Szenario *IS92a*, das sogenannte *Business-as-usual*-Szenario. Dieses basiert für die Vergangenheit und Gegenwart auf gemessenen Kohlendioxydmengen, während es für die Zukunft eine weiter ansteigende Konzentration von CO₂ in der Atmosphäre prognostiziert (etwa 1% Zunahme pro Jahr). Um abschätzen zu können, mit welchen Änderungen der Abfluss aus dem Untersuchungsgebiet auf derart veränderte klimatische Rahmenbedingungen reagiert, wurde das hydrologische Modell mit den regionalisierten Klimadaten gespeist. Bevor sich das folgende Kapitel mit den Auswertungen dieser Modellierungen beschäftigt, soll die Abbildung 26 das Wesentliche der bisherigen Ausführungen graphisch zusammenfassen, während die Tabelle 6 einen Überblick über die hier verwendeten Abkürzungen der EDS-Klimaszenarien gibt.

Tab. 6: Überblick über die im Rahmen dieser Arbeit verwendeten Namenskonventionen bezüglich der durch EDS regionalisierten Klimaszenarien
Quelle: Eigene Darstellung

Klimaszenario	Zeitraum	Verwendete Abkürzung
ECHAM4/OPYC3	1860-2100	<i>sca</i>
HADCM3	1961-2100	<i>hdl</i>

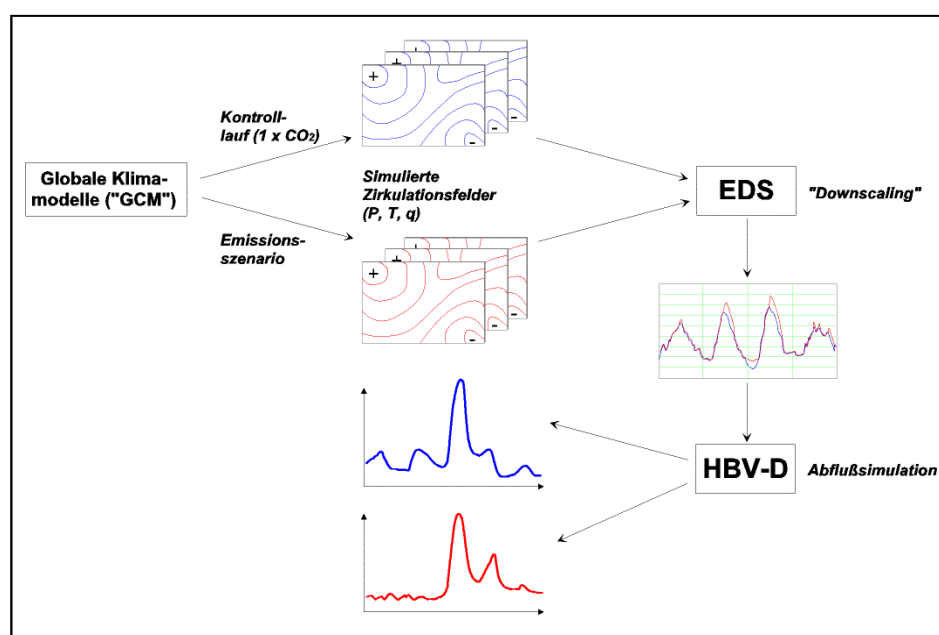


Abb. 26: Konzeptioneller Überblick über die in dieser Arbeit durchgeführten Arbeitsschritte bezüglich der hydrologischen Modellierung von Klimaszenarien
Quelle: Menzel et al., 2002; S.280

6.2 Auswirkungen veränderter klimatischer Randbedingungen

In diesem Abschnitt werden die wesentlichen Reaktionen des Abflusses auf die veränderten klimatischen Randbedingungen untersucht. Dazu werden im Folgenden die Auswirkungen der beiden Klimaszenarien auf die wichtigsten gebietsspezifischen Parameter (wie Gebietsniederschlag, Gebietstemperatur, Niederschlag an den einzelnen Klimastationen sowie Schneebedeckung) analysiert und in Beziehung zum jeweils gemessenen Abflussgeschehen gesetzt. Schließlich wird versucht, die Abweichungen, die sich diesbezüglich zu den „gemessenen“ Abflüssen des Referenzklimas ergeben, in Ursache und Wirkung zu erklären. Dabei wird sich herausstellen, dass die in diesem Untersuchungsgebiet festgestellten Prozesse nicht regional isoliert auftreten, sondern sich in einen überregionalen Kontext einbetten lassen. Den Beginn dieser Untersuchungen sollen aber Auswertungen der Gebietsniederschläge darstellen.

6.2.1 Modifikationen im Niederschlagsverhalten

Auf die Bedeutung des Niederschlags als eine der wichtigsten Einflussgrößen für die generelle Entstehung von Hochwasserereignissen wurde bereits hingewiesen. Als einer der wichtigsten gebietsspezifischen Parameter bezüglich der Niederschlag-Abflussmodellierungen ist folglich der Gebietsniederschlag zu verstehen. Aus diesem Grunde soll zu Beginn dieser Auswertungen auch ein erster Überblick darüber gegeben werden, inwieweit sich der Gebietsniederschlag unter Verwendung der Klimaszenarien *sca* und *hdl* ändert. Diesen ersten Überblick gilt es dann im weiteren Verlauf der Analysen zu vervollkommen. Im weiteren Verlauf dieses Kapitels soll dem Leser auf diese Art und Weise ein detaillierter Eindruck darüber vermittelt werden, wie sich mögliche Tendenzen der Klimaänderung auf das Abflussgeschehen des Untersuchungsgebiets auswirken könnten.

Die Abbildung 27 zeigt Darstellungen des aus Messungen bestimmten beziehungsweise EDS-simulierten Gebietsniederschlags über den Gesamtzeitraum (*hdl* etwa 140 Jahre, *sca* über 239 Jahre). Des Weiteren zeigt die Abbildung die Entwicklung der Gebietstemperatur auf. Diese wurde auf der Grundlage der Temperaturmessungen an den vier in die Untersuchung einbezogenen Klimastationen berechnet. Grundlage für die Darstellung bilden somit einerseits die gemessenen Temperaturen, andererseits die durch EDS regionalisierten Werte. Dargestellt ist jeweils (sowohl bei den Niederschlägen als auch bei der Temperatur) das gleitende Mittel über 5 Jahre sowie der jeweilige Mittelwert des Referenzzeitraums. Bezüglich dieser Abbildung wird ersichtlich, dass beide Szenarien über den Referenzzeitraum hinaus eine signifikante Erhöhung der Gebietsniederschläge aufweisen. Besonders deutlich wird diese Erhöhung ab der zweiten Hälfte des 21. Jahrhunderts im *sca*-Szenario. Aber auch die Gebietstemperatur zeigt in beiden Szenarien eine eindeutig ansteigende Tendenz. Ähnlich wie bei den Nieder-

schlägen fällt dieser Anstieg im *sca*-Szenario weitaus drastischer als im *hdl*-Szenario aus. Bei erstgenanntem setzt der Trend zur stetigen Erwärmung bereits Ende des 20. Jahrhunderts ein, im *hdl*-Szenario zeigt sich ein ununterbrochener Anstieg der Gebietstemperatur über den Durchschnittswert erst etwa ab dem Jahr 2025.

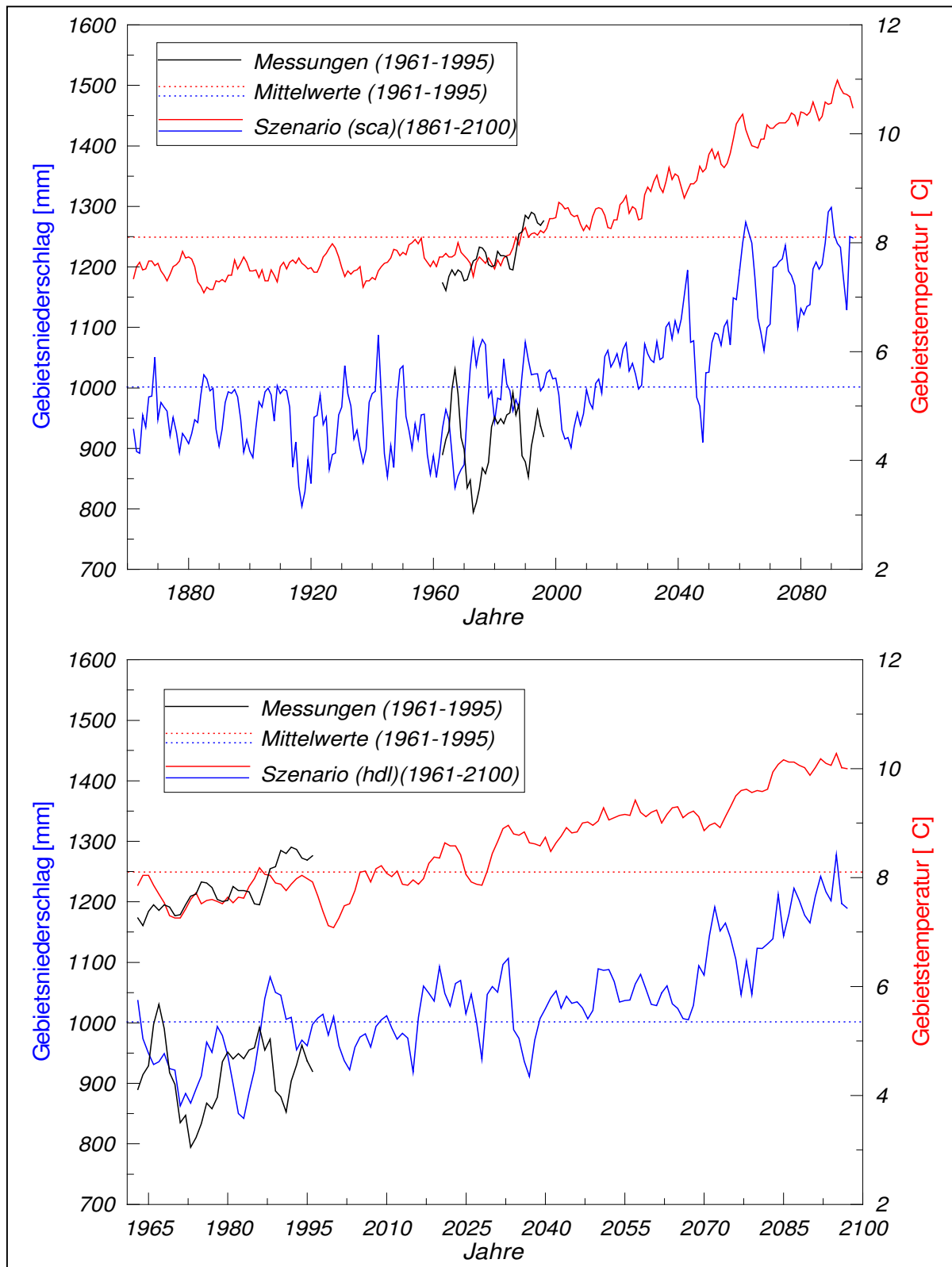


Abb. 27: Entwicklung von Gebietsniederschlag und Gebietstemperatur im Zeitraum 1861 bis 2100 (*sca* Szenario – oben) bzw. 1961 bis 2100 (*hdl* Szenario – unten). Schwarz sind jeweils die unter gemessenen Klimabedingungen (1961-1998, „Referenzklima“) aufgezeichneten Werte eingezeichnet.

Quelle: Eigene Darstellung; Datengrundlage: Deutscher Wetterdienst beziehungsweise Bürger

Um abschließend beurteilen zu können, inwieweit simuliertes und gemessenes Klima generell übereinstimmen, zeigt die Abbildung 28 eine Darstellung der Gebietsniederschläge für den Zeitraum des Referenzklimas.

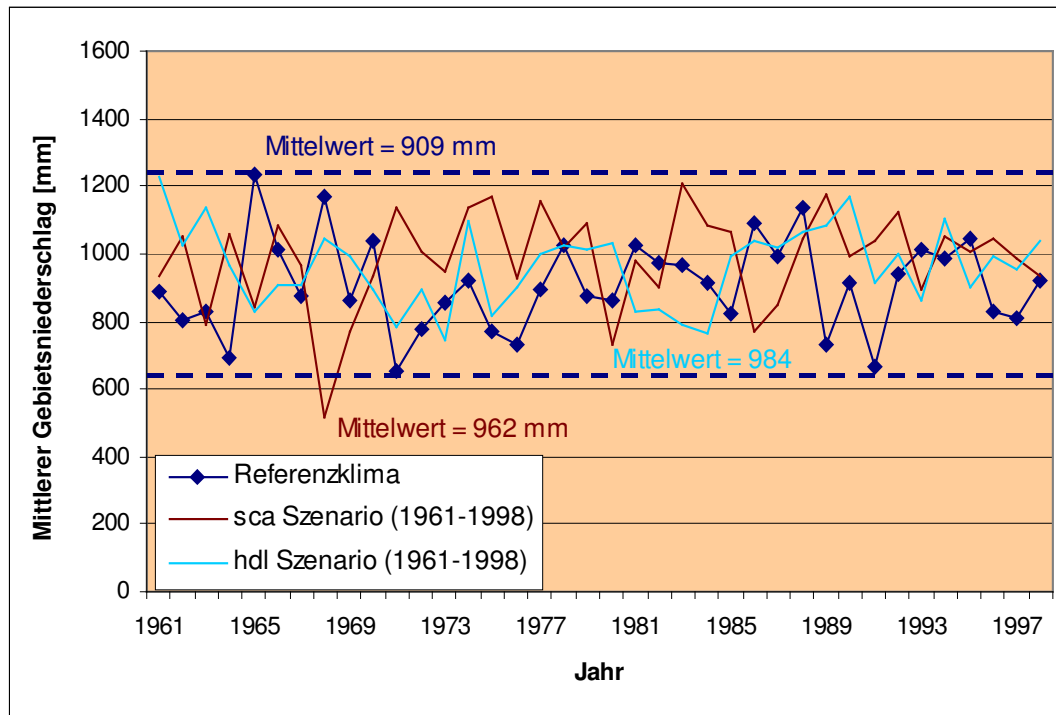


Abb. 28: Vergleich der Gebietsniederschläge des Referenzzeitraumes für das Untersuchungsgebiet. Die gestrichelten blauen Linien kennzeichnen den Maximal- bzw. Minimalwert der jährlichen Gebietsniederschläge unter gemessenen Klimabedingungen.

Quelle: Eigene Darstellung; Datengrundlage: Deutscher Wetterdienst beziehungsweise Bürger

Es fällt auf, dass die Mittelwerte beider Szenarien über dem des gemessenen Klimas liegen. Dennoch bleiben beide Szenarien mit ihren jeweiligen Extremwerten innerhalb derer des Referenzklimas (gestrichelte blaue Linien), lediglich der Minimalwert des *sca*-Szenarios liegt deutlich unter dem des gemessenen Wertes. Wenn dies auch ein relativ geringer Auswertzeitraum ist, und keine Aussagen zur natürlichen Klimavariabilität getroffen werden können, lässt sich dennoch erkennen, dass die Gebietsniederschläge beider Szenarien auch im Referenzzeitraum im Mittel *über* denen des gemessenen Klimas liegen. Diesen Sachverhalt gilt es sich immer dann in Erinnerung zu rufen, wenn in dieser Arbeit von einer mehr oder weniger „deutlichen“ Zunahme der Gebietsniederschläge gesprochen wird. Des Weiteren soll bezüglich der Datierungen der beiden Klimaszenarien an dieser Stelle darauf hingewiesen werden, dass deren Daten zeitlich nicht an das Referenzklima gekoppelt sind, somit auch keine exakte Zuordnung der prognostizierten Zeitangaben möglich ist. Wie bereits erwähnt, sollen diese Szenarienrechnungen hauptsächlich dazu dienen, zukünftige Trends aufzuzeigen, keinesfalls sollen sie Prognosen darstellen oder als solche verstanden werden.

Nachdem anhand dieser Analysen eine Fortsetzung des bereits während der letzten 100 Jahre beobachteten Trends (der Erhöhung von Temperatur und Niederschlag) auch für die klimatischen Verhältnisse des Untersuchungsgebiets nachgewiesen wurde, sollen die folgenden Untersuchungen diese Veränderungen nun im Detail, anhand der Klimastationen selbst, betrachten und des Weiteren auch Modifikationen in der jährlichen Verteilung aufzeigen.

Die Abbildungen 29 und 30 zeigen die Niederschlags- und Temperaturdiagramme der verwendeten Stationen im Überblick; dabei sind sowohl die gemessenen Klimadaten (Referenzklima) als auch die mit EDS simulierte Klimadaten dargestellt. Auffällig sind in diesem Zusammenhang die vergleichsweise hohen Niederschlagswerte der Station Freudenstadt. Der langjährige Mittelwert von etwa 1430 mm (Zeitreihe von 37 Jahren) liegt beispielsweise deutlich über dem der Station Murrhardt (1153 mm).

Zurückzuführen sind diese hohen Werte auf die Lage der Station Freudenstadt südwestlich der Hornisgrinde; diese wurde bereits als eines der niederschlagsreichsten Gebiete ganz Baden-Württembergs charakterisiert (siehe Abbildung 10). Dass der Unterschied des gemessenen Jahresmittelwertes des Niederschlags zwischen dieser Station und derjenigen mit dem geringsten Mittel (Schwäbisch Gmünd – etwa 953 mm) über 470 mm beträgt, mag einmal mehr die bereits angesprochenen erheblichen und letztendlich topographisch bedingten Unterschiede im räumlichen Niederschlagsverhalten des Untersuchungsgebiets verdeutlichen.

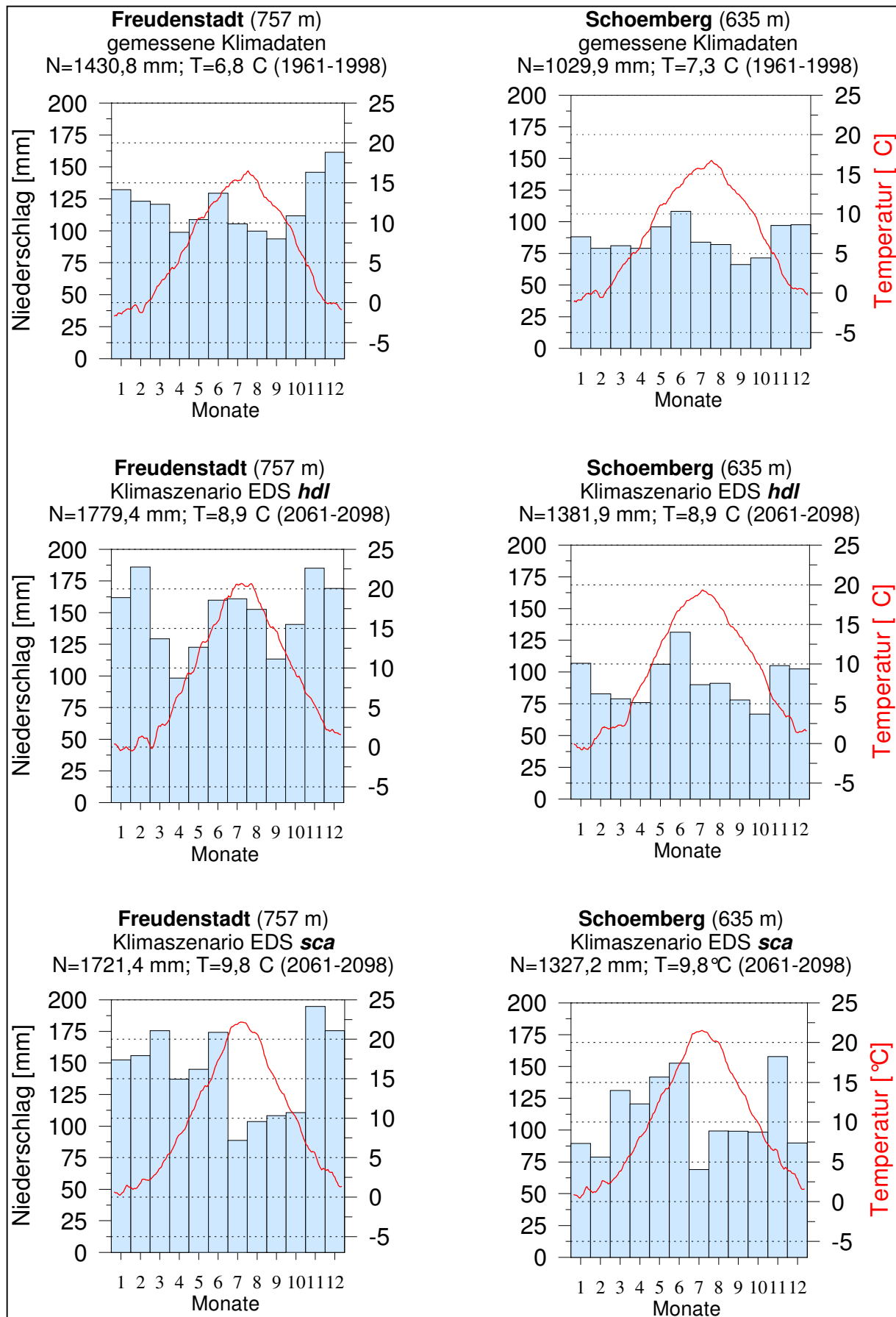


Abb. 29: Niederschlags-, Temperaturdiagramme der Stationen Freudenstadt und Schömberg. Dargestellt sind hier jeweils sowohl die gemessenen als auch die durch EDS berechneten Werte.

Die Diagramme der Station Freudenstadt setzen sich dabei aus den Werten von ZWEI Stationen zusammen: Die Klimastation die Temperaturwerte liefert liegt dabei ein wenig außerhalb des Einzugsgebietes (vgl. Kapitel 3.3, Klima), die Niederschlagsstation liegt an dessen westlichem Rand.

Quelle: Eigene Darstellung; Datengrundlage: DWD

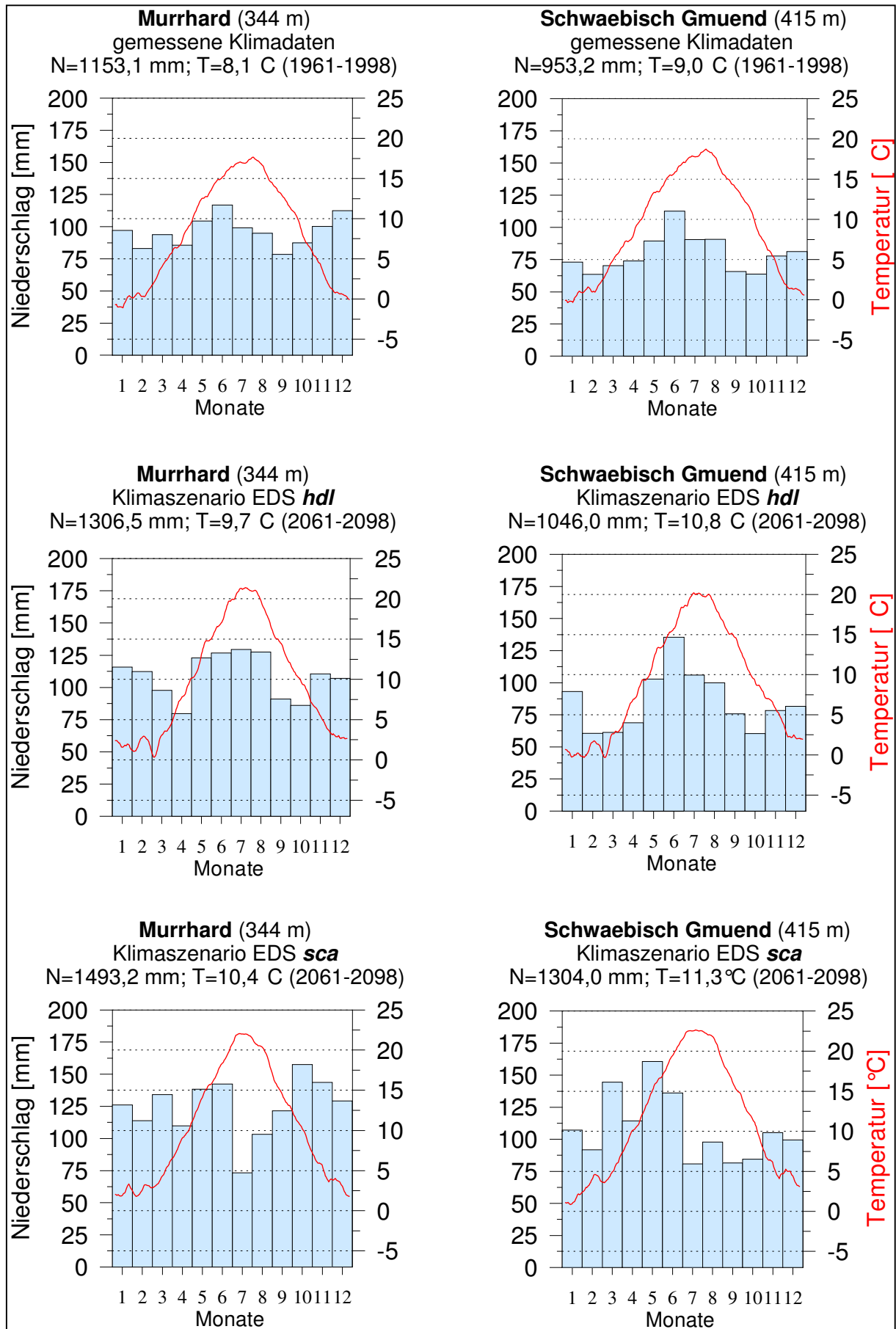


Abb. 30: Niederschlags-, Temperaturdiagramme der Stationen Murrhardt und Schwäbisch Gmünd. Dargestellt sind hier jeweils sowohl die gemessenen als auch die durch EDS berechneten Werte.

Quelle: Eigene Darstellung; Datengrundlage: DWD

Bei der stationsbezogenen Analyse der Klimaszenarien zeigen sich im Wesentlichen bei beiden Szenarien die gleichen Tendenzen zu zunehmenden Niederschlägen wie bei den Auswertungen des Gebietsniederschlags (schließlich leitet sich dieser aus den einzelnen Stationen ab). Darüber hinaus lassen diese räumlich höher aufgelösten Untersuchungen aber auch Unterschiede zwischen den beiden Szenarien erkennen (vergleiche Abbildungen 29 und 30). Während beispielsweise die Differenzen zwischen dem jeweiligen jährlichen Niederschlagsmittel der beiden Szenarien überwiegend gering ausfallen (bis auf Schwäbisch Gmünd, hier liefert das *sca*-Szenario etwa 250 mm mehr Niederschlag als das *hdl*-Szenario), zeigen sich im monatlichen Gang des Niederschlags interessante Unterschiede. Zum Beispiel liefert bei der Station **Freudenstadt** das *hdl*-Szenario (2061-2098) die allgemein etwas höheren monatlichen Niederschläge, der Jahresgang ist dem des gemessenen Klimas (1961-1998) bis auf kleinere Abweichungen sehr ähnlich; das *sca*-Szenario (2061-2098) dagegen zeichnet sich durch einen noch stärker modifizierten monatlichen Niederschlagsgang aus. Während die Maxima der *gemessenen* Niederschläge noch im Dezember fielen, tritt im *sca*-Szenario neben deutlich erhöhten Winterniederschlägen des Weiteren eine Niederschlagsspitze im März auf. Der Sommermonat Juli dieses Szenarios ist dagegen sogar trockener als der des Referenzklimas. Insgesamt liegen im *sca*-Szenario die Winterniederschläge bei weitem höher als die des Sommers, das Gros der Niederschläge fällt im hydrologischen Winterhalbjahr (1. November bis 1. April). In **Schömberg** (Abbildung 29) und Murrhardt (Abbildung 30) lassen sich solche Verschiebungen im Trend der monatlichen Niederschläge nicht erkennen, aber auch hier liefert das *hdl*-Szenario jeweils einen gleichmäßig erhöhten monatlichen Verlauf der Niederschläge, während das *sca*-Szenario jeweilig durch größere Schwankungen charakterisiert ist. Beiden gemein sind jedoch deutliche Niederschlagsminima im Juli des *sca*-Szenarios. In **Schwäbisch Gmünd** (Abbildung 30) zeigt sich im *sca*-Szenario wiederum ein sekundäres Niederschlagsmaximum im März, während das Referenzklima, charakteristisch für diese Klimazone (vgl. Kapitel Klima), noch durch Sommerregen im Juli gekennzeichnet ist. Bezüglich der Entwicklung der Jahresdurchschnittstemperatur in den unterschiedlichen Szenarien bieten die Tabellen 7 und 8 einen Überblick über die an den verschiedenen Stationen gemessenen und durch EDS berechneten Temperaturen sowie deren Differenzen. Es zeigt sich zum einen, dass das *sca*-Szenario neben den (Gebiets-) Niederschlägen auch insgesamt höhere Temperaturen als das *hdl*-Szenario liefert (Tabelle 7); zum anderen wird deutlich, dass die Szenarien bezüglich des Referenzzeitraums (Tabelle 8) im Jahresmittel sehr gut mit den gemessenen Werten übereinstimmen. Der in der Gegenwart beobachtete Trend zu weiter ansteigenden Temperaturen setzt sich innerhalb der verwendeten Szenarien in der Zukunft fort (wie auch die tendenziell steigenden Gebietsniederschläge).

Tab.7: Überblick über gemessene und durch EDS berechnete Jahresmitteltemperaturen sowie deren Differenzen. Die den Berechnungen zugrunde liegende Zeitreihe umfasst für das Referenzklima die Jahre 1961 bis 1998, für die beiden Klimaszenarien wurde jeweils der Zeitraum **2061 bis 2098** ausgewertet.

Quelle: eigene Darstellung; Datengrundlage: Deutscher Wetterdienst bzw. Bürger (EDS)

Station (Höhe über NN)	Temperatur	Temperatur	Temperatur	Differenz <i>hdl</i>	Differenz <i>sca</i>
	Referenzklima [°C]	<i>hdl</i> - Szenario	<i>sca</i> - Szenario	zu gem.	zu gem.
Freudenstadt (757m)	6,8	8,9	9,8	2,1	3,0
Schömberg (635)	7,3	8,9	9,8	1,6	2,5
Schwäbisch Gmünd (415)	9,0	10,8	11,3	1,8	2,3
Murrhardt (344)	8,1	9,7	10,4	1,6	2,3

Tab.8: Überblick über gemessene und durch EDS berechnete Jahresmitteltemperaturen sowie deren Differenzen. Die den Berechnungen zugrunde liegende Zeitreihe umfasst für das Referenzklima die Jahre 1961 bis 1998, für die beiden Klimaszenarien wurde diesmal jeweils der Zeitraum **1961 bis 1998** ausgewertet.

Quelle: eigene Darstellung; Datengrundlage: Deutscher Wetterdienst bzw. Bürger (EDS)

Station (Höhe über NN)	Temperatur	Temperatur	Temperatur	Differenz <i>hdl</i>	Differenz <i>sca</i>
	Referenzklima [°C]	<i>hdl</i> - Szenario	<i>sca</i> -Szenario	zu gem.	zu gem.
Freudenstadt (757m)	6,8	6,9	7,0	+0,1	+0,2
Schömberg (635)	7,3	7,3	7,4	0,0	+0,1
Schwäbisch Gmünd (415)	9,0	8,7	8,8	-0,3	-0,2
Murrhardt (344)	8,1	8,0	8,1	-0,1	0,0

Zum Abschluss dieses Kapitels stellt die Abbildung 31 die Abweichungen der durch EDS simulierten monatlichen Niederschläge (2061-2098) von den gemessenen (1961-1998) an den vier verwendeten Stationen dar. In dieser Graphik lassen sich gut die grundsätzlich unterschiedlichen Auswirkungen der beiden Szenarien auf die Niederschlagsmenge erkennen; so werden auf den ersten Blick die saisonalen Verschiebungen zwischen diesen beiden Szenarien deutlich.

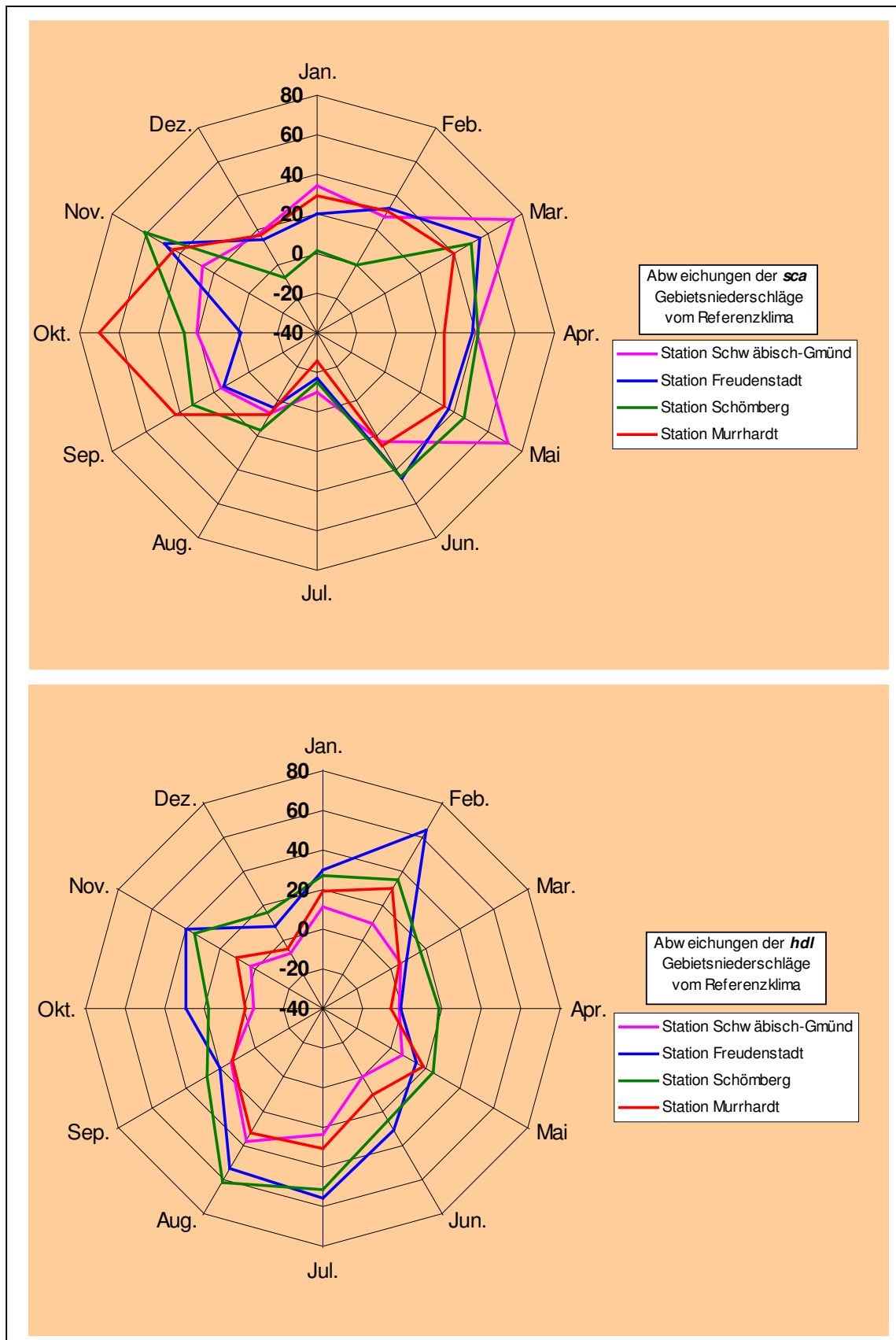


Abb. 31: Darstellung der saisonal unterschiedlich ausgeprägten Abweichungen der durch die Klimaszenarien *sca* (oben) und *hdl* (unten) berechneten Gebietsniederschläge [mm] vom gemessenen Gebietsniederschlag [mm]

Quelle: Eigene Darstellung; Datengrundlage: DWD bzw. Bürger (EDS)

Während, auf das Referenzklima bezogen, unter Verwendung des *sca*-Szenarios deutlich mehr Niederschläge in den Frühlings- und Herbstmonaten auftreten, fallen diese beim *hdl*-Szenario eher im Winter und Sommer. Bezüglich des erstgenannten (*sca*) Szenarios sind beispielsweise von einem Rückgang der Niederschläge im Juli eindeutig sämtliche Stationen betroffen, während die drei Stationen Murrhardt, Schömberg und Freudenstadt im Oktober und November deutlich mehr Niederschläge aufweisen; allein die Station Schwäbisch Gmünd lässt innerhalb dieses Szenarios eine Verlagerung der mittleren Niederschlagssummen in den Frühling erkennen. Beim *hdl*-Szenario zeigt sich, wie erwähnt, ein völlig differenziertes Bild. Hier bleiben die mittleren Niederschläge sämtlicher Stationen im Monat Dezember unter denen des Referenzklimas, während deutliche Zunahmen im Juli und August zu verzeichnen sind. Allein bei der Station Freudenstadt wird das Maximum im Februar registriert.

Zusammenfassend kann festgestellt werden, dass sich die beiden Szenarien deutlich in der Saisonalität der auftretenden Niederschläge unterscheiden – das Szenario des Hadley Centers tendiert insgesamt zu verstärkten Sommerniederschlägen, während ECHAM4 höhere Herbstbeziehungsweise Frühlingsniederschläge erwarten lässt. Beiden gemein sind jedoch allgemein höhere Niederschläge (die verdeutlicht schon allein die Spannweite der auftretenden Werte von – 25 mm bis + 74 mm Abweichung vom gemessenem Wert).

Der letztendlichen Frage, inwieweit diese bisher präsentierten möglichen Änderungen des Klimas nunmehr den Abfluss im Untersuchungsgebiet beeinflussen könnten, soll sich das folgende Kapitel widmen.

6.2.2 Konsequenzen veränderter Niederschlagscharakteristika für die Abflussbedingungen

Dieses Kapitel soll die Auswirkungen der zuvor beschriebenen möglichen Klimaänderungen auf den Abfluss im Untersuchungsgebiet untersuchen und so der Frage nachgehen, inwieweit sich hier eventuell erkennbare Veränderungen gegenüber den „gemessenen“ Abflüssen unter gemessenen Klimaverhältnissen ergeben. Diese Untersuchungen sollen mit der Analyse der Abflussregime beginnen. Als Basis für die Vergleiche zwischen „gemessenen“ und anhand von Klimaszenarien simulierten Abflüssen dient das Regime der Referenzmodellierung¹¹. Aus diesem Grund zeigt die Abbildung 32 neben dem unter gemessenen Klimawerten simulierten Abflussregime auch die modellierten Regime der beiden Klimaszenarien *sca* und *hdl* für den gleichen Zeitraum.

¹¹ Diese Abflussmodellierungen beruhen ja auf dem gleichen Parametersatz wie diese Referenzmodellierung – der einzige Unterschied liegt in den (nun durch EDS gelieferten) Daten des Niederschlags und der Temperatur.

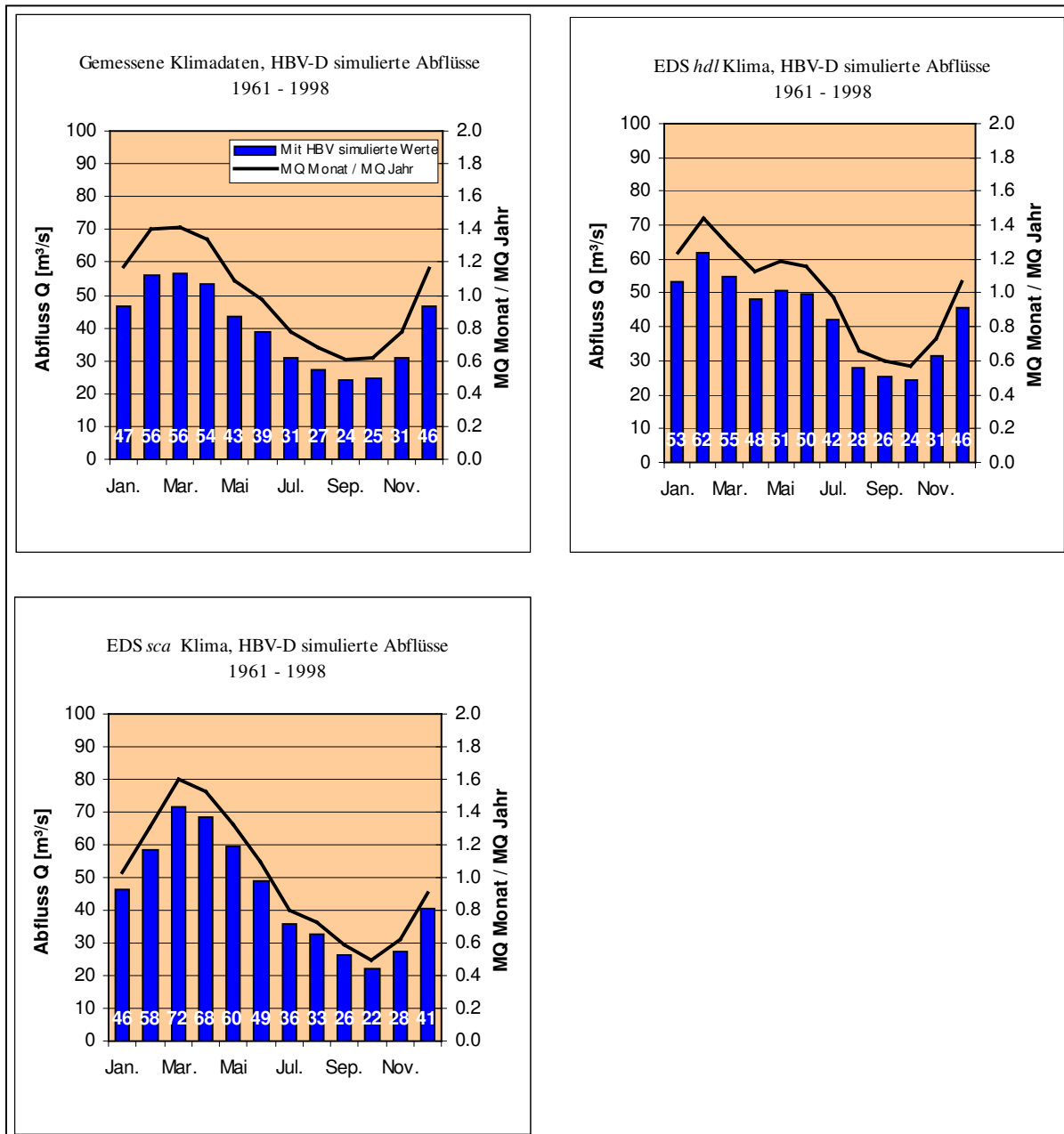


Abb. 32: Vergleich des mit HBV-D unter gemessenem Klima berechneten Abflussregime (oben links) mit dem des *hdl* Szenarios (oben rechts) und dem des *sca* Szenarios (unten links). Dargestellt sind die mittleren monatlichen Abflüsse jeweils über den Zeitraum 1961 bis 1998 sowie der Verlauf des Schwankungskoeffizienten. Quelle: Eigene Darstellung, Datengrundlage: Bundesanstalt für Gewässerkunde

Im Vergleich der monatlichen Abflüsse lassen sich deutlich Analogien zu den oben beschriebenen Charakteristika der Gebietsniederschläge erkennen. Bezüglich der Abflusswerte des Referenzzeitraums (1991 bis 1998) ist beiden Klimaszenarien gemein, dass sie bis auf die Wintermonate Oktober, November und Dezember zum Teil deutlich höhere Abflüsse liefern. Ähnlich wie bei den Gebietsniederschlägen des Referenzzeitraums liegen auch hier die Mittelwerte aber eher dicht beieinander: Einem mittleren jährlichen Abfluss von 39,9 m³/s bei der Referenzmodellierung stehen 42,9 m³/s unter Verwendung des *hdl*- und 44,8 m³/s bei Verwendung des *sca*-Szenarios gegenüber. Insgesamt liefern somit beide Szenarien, aber besonders letztgenanntes, auch in der Referenzperiode erhöhte Abflusswerte, wobei der Jahresgang

des Abflusses – ausgedrückt durch *Pardés* Schwankungskoeffizient – unter Verwendung des *hdl*-Szenarios noch eher dem der Referenzmodellierung entspricht als der des *sca*-Szenarios. Bei diesem Szenario zeichnet sich bereits im Referenzzeitraum ab, was für den 100 Jahre in der Zukunft liegenden Zeitraum für beide Szenarien charakteristisch ist: eine deutliche Verlagerung der Abflussspitzen in die späten Winter- beziehungsweise Frühlingsmonate (Abbildung 33).

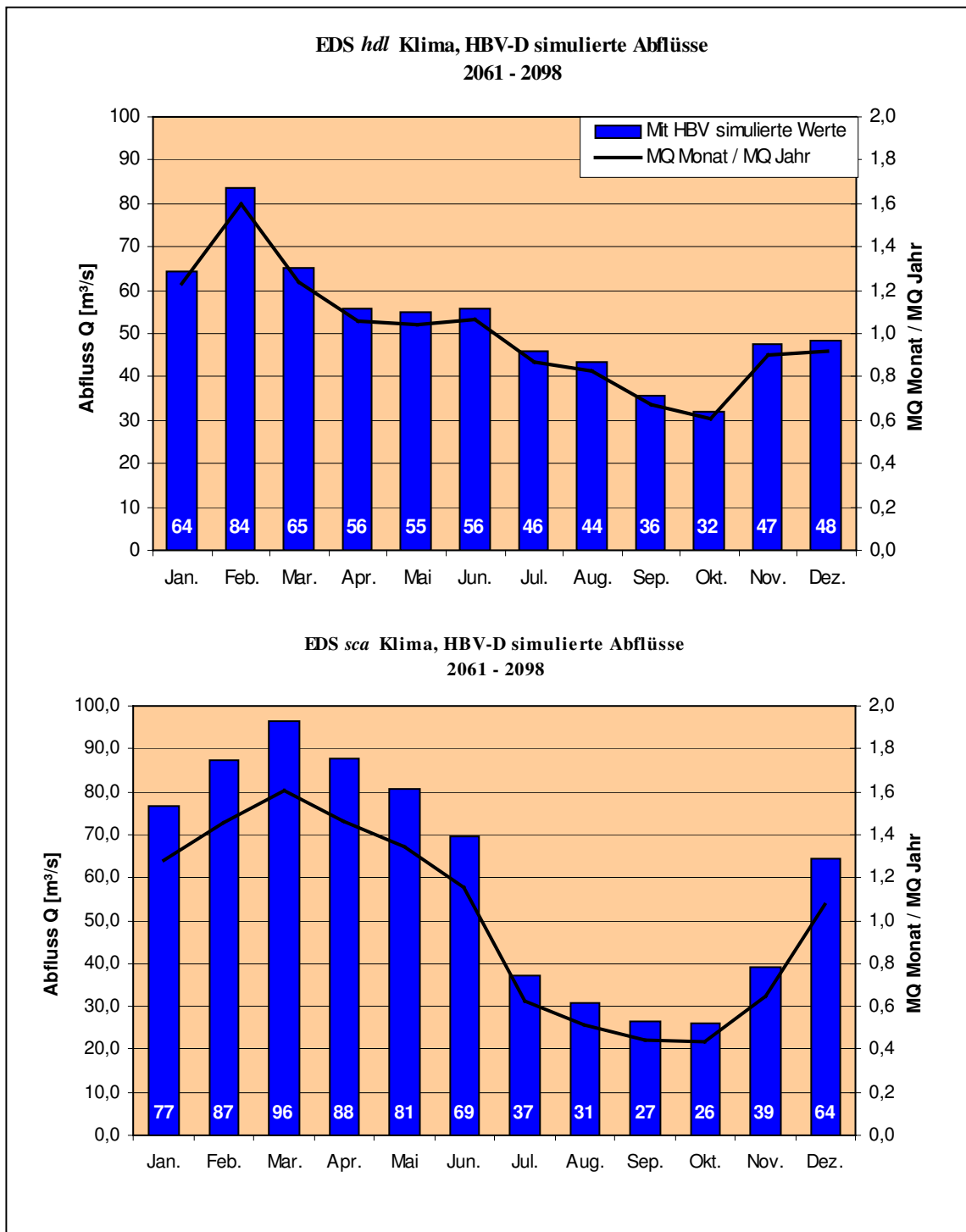


Abb. 33: Mit HBV-D simulierte Abflussregime der Klimaszenarien *hdl* (oben) und *sca* (unten). Dargestellt sind jeweils die mittleren monatlichen Abflüsse über den Zeitraum 2061 bis 2098 sowie der Verlauf des Schwankungskoeffizienten.

Quelle: Eigene Darstellung; Datengrundlage: Bundesanstalt für Gewässerkunde

Durch diese Verlagerung der Maximalwerte in den Winter zeichnen sich die mittleren monatlichen Abflüsse des *sca*-Szenarios über den Zeitraum von 2061-2098 durch extreme saisonale Schwankungen aus. Während die Sommer- und Herbstabflüsse (August, September, Oktober) in etwa dem Niveau des Referenzzeitraums entsprechen, sind die des Winters und Frühlings durch extreme Zunahmen charakterisiert. Der Verlauf des Schwankungskoeffizienten des Projektionszeitraums entspricht im Wesentlichen dem des Referenzzeitraums (*sca* 1961-1998). Lediglich im Juni erfährt dieser eine Anhebung durch die hier nunmehr ebenfalls stark erhöhten Abflüsse. Zwischen Juli und Oktober liegt er dagegen ein wenig niedriger.

Das Abflussregime des *hdl*-Szenarios liefert für den Zeitraum 2061-2098 ein differenziertes Bild: So ist dieses zwar nicht in einem solchen Maße durch extreme saisonale Schwankungen gekennzeichnet wie dies bei dem *sca*-Szenario festgestellt wurde, aber es zeigt sich auch hier die deutliche Tendenz zur Verlagerung der mittleren monatlichen Abflussmaxima in die späten Winter- beziehungsweise Frühlingsmonate. Auch der Unterschied zu den Sommer- und Herbstabflüssen fällt hier weitaus gemäßigter aus, aber dennoch liegt auch hier das Abflussminimum im September und im Oktober. Der Verlauf der Schwankungskoeffizienten liest sich freilich ein wenig eigentümlich, entspricht bis auf die hohen Novemberabflüsse aber in seiner Charakteristik dem des Referenzzeitraums (*hdl* 1961-1998).

Insgesamt liefert das *hdl*-Szenario mit einem jährlichen Mittel von etwa 52 m³/s deutlich weniger Abfluss als das *sca*-Szenario mit etwa 60 m³/s, was aber immer noch eine Zunahme von etwa 21 Prozent gegenüber dem Referenzzeitraum (vgl. Tabelle 9) bedeutet. Analog zu den Mittelwerten der Gebietsniederschläge (Abbildung 30) liegen auch die Mittelwerte der Abflüsse im Projektionszeitraum deutlich über denen des Referenzzeitraums.

Tab.9: Prozentuale Zunahme des MQ Jahr (2061-2098; Klimaszenarien) im Vergleich zum „gemessenen“ MQ Jahr (1961-1998) der Referenzmodellierung

Quelle: Eigene Darstellung; Datengrundlage: Bundesanstalt für Gewässerkunde bzw. Bürger (EDS)

Klimaszenario	Mittelwert 1961-1998	Mittelwert 2061-2098	Zunahme [%]
<i>sca</i> (ECHAM4/OPYC3)	44,8	60,1	33,9
<i>hdl</i> (HADCM3)	42,9	52,2	21,6
Referenzmodellierung	39,9	-	-

Allein den (Gebiets-) Niederschlag als Erklärungsgröße für die beobachteten Abflussänderungen heranzuziehen hieße, die im natürlichen System ablaufenden Prozesse zu stark reduziert darzustellen. Andererseits kann im Rahmen dieser Arbeit nicht auf alle Prozesse des hydrologischen Kreislaufs eingegangen werden. Im Folgenden sollen deshalb die Auswirkungen der allgemeinen geographischen Lage beziehungsweise der Topographie des Untersuchungsgebiets auf den gefallenen Niederschlag im Fokus weiterer Analysen stehen, um so

detaillierter auf die verzeichneten Anstiege der mittleren monatlichen Abflüsse der Klimaszenarien in den Winter- und Frühlingsmonaten einzugehen. Eine (auch modellintern) wichtige Variable zur Erklärung dieser Abflüsse stellt auch die Ausprägung einer **Schneedecke** im Einzugsgebiet dar.

6.2.3 Modifikationen in der Schneebedeckung

Analysen der Schneeverteilung im Einzugsgebiet sind von Belang, da der gefallene Niederschlag ab Unterschreitung einer Schwellentemperatur im Untersuchungsgebiet in fester Form gebunden und infolgedessen einer temporären Speicherung in der Schneedecke zugeführt wird. Die Folge dieser natürlichen Retention ist eine von der Temperatur abhängige, verzögerte Abflussbildung. Kommt es allerdings zu einem schnellen Anstieg der Temperatur über den Gefrierpunkt hinaus, folgen naturgemäß eine intensive Schneeschmelze und somit hohe Abflussraten. Die größten Hochwasserereignisse entstehen dabei, wenn der Prozess einer schnellen Schneeschmelze noch durch intensive Regenfälle ergänzt wird und es so zur Entstehung von „Taufluten“ kommt (vgl. *Knauf, 1975; S.5*). Bezüglich möglicher Erklärungen des Abflussverhaltens im jeweiligen Gewässernetz ist es dementsprechend wichtig, diese Randbedingungen zu kennen, zu wissen, wie die Schneedecke eines Einzugsgebietes zeitlich variiert. Die Abbildung 34 zeigt demgemäss den Verlauf der Schneebedeckung im Untersuchungsgebiet sowohl für den Referenzzeitraum als auch für den Projektionszeitraum (jeweils gemessene und EDS-Klimadaten). Berechnet wurden diese Daten durch das hydrologische Modell; als Einheit dient hier das Wasseräquivalent [mm]¹². Für diese Abbildung wurde wieder die „Netz-“ Darstellung gewählt, um so neben absoluten auch saisonale Veränderungen zwischen Referenz- und Projektionszeitraum verdeutlichen zu können.

¹² Das „Wasseräquivalent“ gibt dabei das gesamte in der Schneedecke gespeicherte Wasser, ausgedrückt als Niederschlagshöhe [mm], an. (nach: *Knauf, 1975; S.25*)

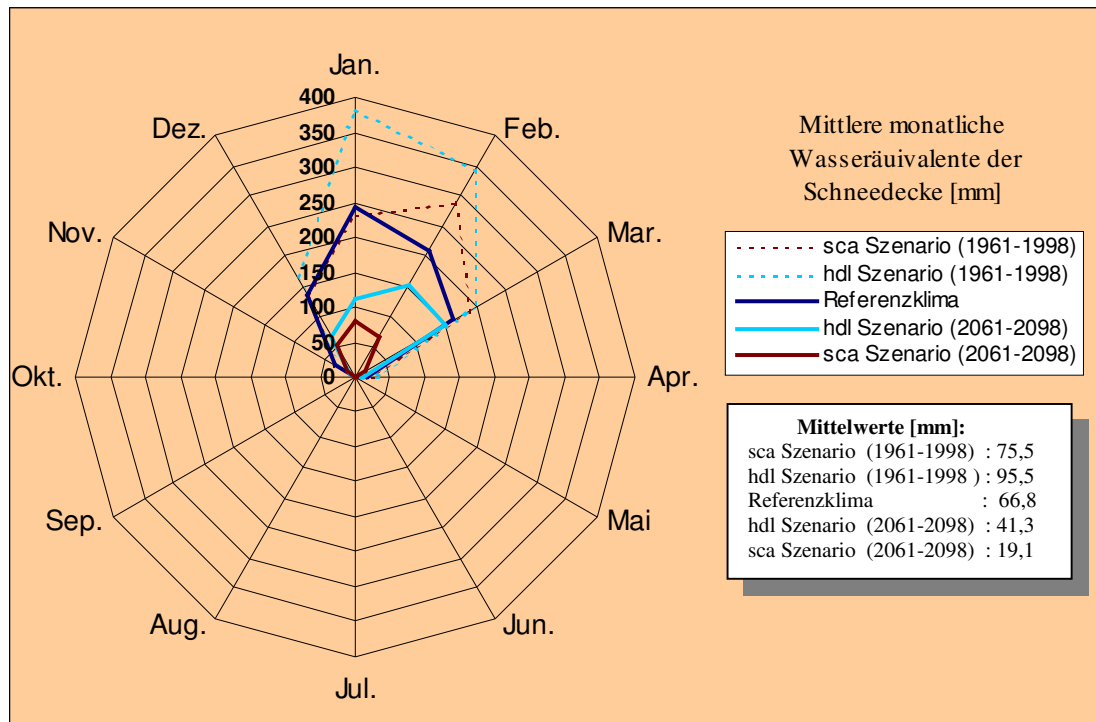


Abb. 34: Saisonale Veränderungen in der Schneedecke der Klimaszenarien
 Quelle: Eigene Darstellung; Datengrundlage: DWD bzw. Bürger (EDS)

Beide Klimaszenarien lassen für den Projektionszeitraum sowohl einen deutlichen Rückgang der Schneedecke als auch eine Verschiebung der Maximalwerte erkennen. Bezogen auf den Referenzzeitraum und die dort gemessene Schneedecke weisen beide Szenarien deutlich höhere Wasseräquivalente auf, wobei die Werte für das *hdl*-Szenario noch über denen des *sca*-Szenarios liegen. Bei ersterem liegt das Maximum im Januar, bei letzterem im Februar. Der zeitliche Verlauf der Schneedecke des *hdl*-Szenarios entspricht bis auf die quantitative Dimension sehr gut dem des gemessenen Klimas.

Für den Projektionszeitraum lassen sich dagegen nachhaltige Veränderungen erkennen. Am eindringlichsten offenbaren sich diese innerhalb des *sca*-Szenarios: Hier ist kaum noch mit dem Aufbau einer ausgedehnten Schneedecke zu rechnen. Bei einer gleichzeitigen Verlagerung des Maximums vom Februar in den Januar geht diese verglichen mit dem Jahresmittel des Referenzzeitraums (*sca* 1961-1998) um etwa 75 Prozent zurück. Ähnliche Tendenzen, wenn auch (wiederum) in abgeschwächter Form, lassen sich beim *hdl*-Szenario erkennen. Auch hier nimmt die Schneedecke verglichen mit dem Referenzzeitraum (*hdl* 1961-1998) ab; im Projektionszeitraum ist im Mittel nur noch etwa 43 Prozent der Schneedecke vorhanden, während sich das Maximum (im Gegensatz zum *sca*-Szenario) vom Januar in den Februar verlagert. Aufgrund der generell höheren Schneeproduktion der EDS-Szenarien fallen die Unterschiede zu den auf Messungen beruhenden Berechnungen der Wasseräquivalente geringer aus – die Tendenz zu eindeutig weniger Schneeakkumulation ist aber auch hier zu erkennen. In Randmonaten beispielsweise, in denen auch unter gemessenem Klima nur (sehr) we-

nig Schnee fiel, ist in den Szenarien nun noch wesentlich weniger (April) beziehungsweise gar kein Schnee mehr (Mai) zu erwarten. Die aus hydrologischer Sicht aufgrund von Schneeretention zu erwartenden „Trockenperioden“ (vgl. Günther, Rachner, 2000; S.68) und deren Einfluss auf den Abfluss werden damit immer geringer.

Zurückzuführen sind die hier präsentierten Tendenzen eines deutlichen Rückganges der Schneedecke auf die bereits erwähnte Zunahme der Gebietstemperatur der beiden Klimaszenarien (vgl. Abbildung 27). Die saisonalen Verschiebungen der Schneemaxima lassen sich dagegen aus den bereits beschriebenen Verschiebungen der Niederschläge an den vier Stationen erklären. Fielen doch auch diese je nach Szenario sehr unterschiedlich aus (vgl. Abbildung 31). Analog zur Verschiebung der Gebietsniederschläge kommt es somit auch zu einer entsprechenden Verschiebung der Schneedeckenmaxima. Die Folge sind in beiden Szenarien zeitlich unterschiedlich verteilte Maxima.

Bezüglich der Schneeverhältnisse im Untersuchungsgebiet ist zusammenzufassen, dass beide Szenarien deutlich weniger Schnee prognostizieren. Dabei liegt die Schneemenge im *sca*-Szenario noch wesentlich unter der des *hdl*-Szenarios. Letzteres weist nun ein Maximum der Schneebedeckung in den Monaten Februar bis März (vorher Januar/Februar) auf, während ersteres nur durch ein kurzes Maximum im Januar (vorher Februar) charakterisiert ist.

Anhand dieser Schneeverteilung kann auch der Maximalwert der mittleren monatlichen Abflüsse innerhalb des *sca*-Szenarios für den März des Projektionszeitraums (vgl. Abbildung 33) genauer erklärt werden. Diese ist im Wesentlichen auf das Ende Februar einsetzende Abschmelzen der Schneedecke (vgl. Abbildung 34) zurückzuführen. Aufgrund der allgemein relativ geringen Wasseräquivalente des *sca*-Szenarios ist allerdings in diesem Fall davon auszugehen, dass ein maßgeblich durch Niederschlag in flüssiger Form dominiertes Niederschlagsdargebot¹³ für diesen mittleren monatlichen Maximalwert von über 90 m³/s verantwortlich zu machen ist.

6.2.4 Beeinflussung des Klimasystems durch die veränderte Schneebedeckung

Konsequenzen für den Abfluss ergeben sich aufgrund der hier beobachteten, sich dramatisch zurückentwickelnden Schneedecke aber nicht nur auf direktem Wege in Form der durch fehlende Schneeretention und fehlende hydrologische Trockenperioden (s.o.) gipfelnden höheren Oberflächenabflüsse. Der deutliche Rückgang der Schneedecke hat auch Auswirkungen auf das gesamte Klimasystem und somit auch indirekt rekursiv wiederum auf das Einzugsgebiet. Dies liegt darin begründet, dass das Klimasystem bekanntlich äußerst sensibel auch auf regio-

¹³ Analog zu Günther und Reichner (2000; S.68) wird hier unter dem Niederschlagsdargebot die Summe aus flüssigem Niederschlag und Schmelzwasserabgabe aus der Schneedecke verstanden.

nale Veränderungen reagiert; so wie sich globale beziehungsweise überregionale Klimaveränderungen im Regionalen nachweisen lassen (zum Beispiel im Rahmen dieser Arbeit, wo die beiden verwendeten Klimaszenarien durch einen stetig steigenden atmosphärischen CO₂-Gehalt angetrieben werden), beeinflussen umgekehrt regionale Veränderungen auch das System im Überregionalen. Nun ist der in der vorliegenden Untersuchung nachgewiesene Rückgang der Schneedecke nicht auf das vorliegende Untersuchungsgebiet beschränkt: *Berz (2002)* berichtet, dass sich in Mitteleuropa durch die inzwischen typisch gewordenen milden Winter die Schneeflächen generell verkleinert haben. Bezüglich des überregionalen Klimasystems hat dies den Effekt, dass es aufgrund der somit verringerten Albedo-Werte nicht mehr zur Ausprägung stabiler Kältehochdruckgebiete über jenen – nun auf großer Fläche lückenhaften – Schneeflächen kommen kann. Die Folge sind sich weiter nach Osten verlagernde Kältehochs. Die entscheidende Konsequenz dieser Wirkungskette ist, dass durch diese Ostverlagerung der winterlichen Hochdruckgebiete letztendlich der Weg für nordatlantische Sturmtiefausläufer nach Mitteleuropa „frei wird“ (*Berz, 2002; S.11-12*). Je weniger Schneeflächen sich in Folge milder Winter über Mitteleuropa aufbauen, desto größer wird demgemäß die Eintrittswahrscheinlichkeit von Stürmen beziehungsweise ergiebigen, länger anhaltenden und damit hochwasserauslösenden Niederschlägen. Die Abbildung 35 veranschaulicht diese Verlagerung winterlicher Sturmtiefausläufer in den mitteleuropäischen Raum aufgrund des sich ostwärts verlagernden Kältehochs.

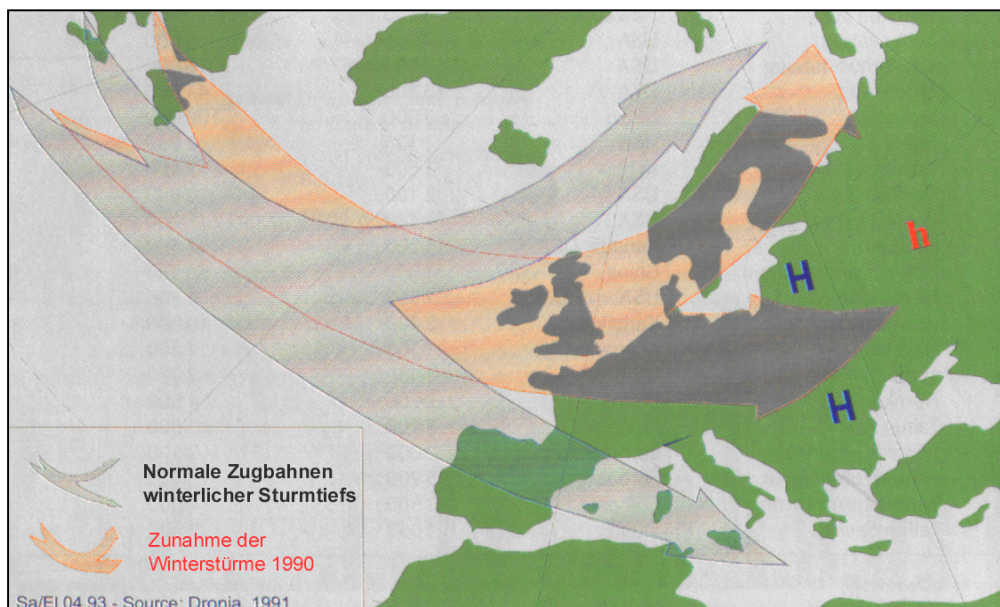


Abb. 35: Schematische Darstellung der sich verändernden Zugbahnen winterlicher Sturmtiefs aufgrund sich ostwärts verlagernder Kältehochdruckgebiete
Quelle: Berz, 2001; S.12 (leicht verändert)

Höhere Gebietstemperaturen führen somit letzten Endes zu weniger Schneefall, weniger Schneefall bewirkt wiederum (als ein Teil in der Gesamtentwicklung) Änderungen im Wettergeschehen, was dann erneut in mehr Niederschlag gipfelt. Dieser fällt aufgrund der höheren Temperaturen immer weniger als Schnee (u.s.w.). Letztendlich schließt sich der Kreis somit wieder im Einzugsgebiet selbst.

Diese Veränderungen im Auftreten jener sogenannten „Großwetterlagen“¹⁴ Europas“ spielen im Hinblick auf Hochwasseruntersuchungen eine wichtige Rolle. Nach *Kasang (2000; S.4ff)* herrschen bei stabiler Ausprägung jenes Kältehochs sogenannte **meridionale** Wettertypen vor, während **zonale** Wettertypen (hauptsächlich: „Westlage zyklonal“; Wz) dagegen die starke Abschwächung dieses Kältehochs (mit den beschriebenen Folgen) beinhalten. Aufgrund des Ausbleibens ausgedehnter Schneedecken im mitteleuropäischen Raum kommt es somit zur Verschiebung in der Häufigkeit des Auftretens dieser beider Großwetterlagentypen. *Bárdossy und Caspary (1995)* wiesen diesbezüglich für die Zeitreihe 1881 bis 1994 eine statistisch signifikante Zunahme der Westwetterlagen (Westlage zyklonal; WZ) nach (vgl. *Caspary, 1995; S.174-178*). Diese gelten als ursächlich für langandauernde und großflächig auftretende Niederschlagsereignisse in Mitteleuropa (*Caspary, 1995; S.173*). Die Abbildung 36 zeigt diese Zunahme zonaler Wetterlagen bei gleichzeitiger Abnahme zyklonaler Wetterlagen.

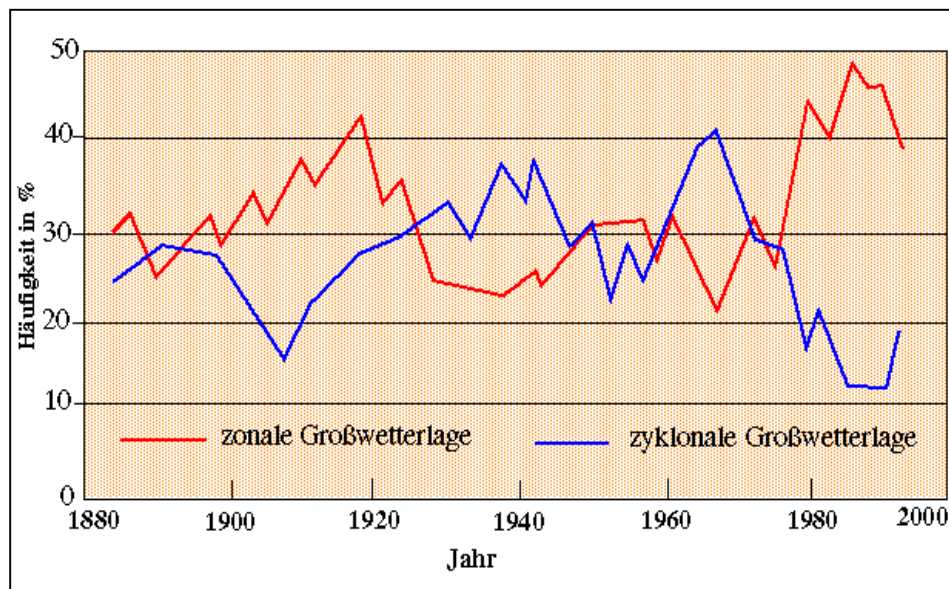


Abb. 36: Darstellung über die Zunahme zonaler Großwetterlagen über Europa bei gleichzeitigem Zurückgehen zyklonaler – meridionaler Großwetterlagen
Quelle: Kasang, 2000; S.3 (leicht verändert)

¹⁴ Nach *Caspary (1995; S.173)* soll hier unter dem Begriff „Großwetterlage Europas“ die „mittlere Luftdruckverteilung eines Großraumes mindestens von der Größe Europas während eines mehrtägigen Zeitraumes“ verstanden werden. Als wichtigste Ausprägungen dieser werden hier der „zonale“ und der „zyklonale“ Typ unterschieden.

Legt man die hohe Korrelation zwischen Wetterlagentyp und Niederschlagsmenge (*Bronstert 1997; S.174*) zu Grunde, so ist auch zukünftig bei vorherrschenden zonalen Wetterlagen mit häufiger auftretenden starken Niederschlägen im Winter zu rechnen.

Weitere regionale Analysen zum Auftreten und zur Persistenz bestimmter Großwetterlagen sollen im Rahmen dieser Arbeit nicht geleistet werden – hier sei exemplarisch für die Fülle der vorliegenden Publikationen auf einige wenige ausgewählte Untersuchungen hingewiesen. Zum Beispiel weisen *Uhlenbrook et al. (2000)* für bestimmte extreme Hochwasserereignisse (unter anderem auch für den mittleren Neckar) das Vorhandensein von Großwetterlagen mit „bedeutender Westkomponente“ nach (*Uhlenbrook et al., 2000; S.194*). Sie zeigen, dass die Entstehung großer Hochwasser im Winter im Wesentlichen auf jene Großwetterlagen zurückgeht, während diese für die Ereignisse im hydrologischen Sommerhalbjahr „weniger bedeutend“ (*Uhlenbrook et al., 2000; S.194*) sind.

Bendix (1997) gibt in seiner Abhandlung einen guten Überblick über die hochwasserrelevant wirkenden Großwetterlagen („Hochwasser-Witterungstypen“; *S.296-297*) für das Einzugsgebiet des Rheins. Im Laufe seiner Untersuchungen weist er diesen ebenfalls die Verantwortung für die beobachtbaren erhöhten Winterniederschläge im Rheineinzugsgebiet zu. Bezüglich durchgeführter Klimamodellrechnungen für dieses Einzugsgebiet lassen sich nach *Bendix (1997)* letztendlich die gleichen Tendenzen im Niederschlag-Abflussverhalten erkennen wie in dem hier untersuchten Teileinzugsgebiet des Neckars: „Während im Sommerhalbjahr die mittleren erwarteten Abweichungen auf einen konstanten bis leicht abweichenden Niederschlagstrend bei gleichzeitiger Temperaturzunahme hinweisen, ergibt sich in der für das Rheinhochwasser kritischen Winterphase eine wärmere Witterung bei deutlicher Zunahme des Gebietsniederschlags.“ (*Bendix, 1997; S.300*). Nach ihm ist die „einmalige Häufigkeit extremer Rheinhochwasser“ letzten Endes ebenfalls auf eine zunehmende Persistenz der Westwetterlagen zurückzuführen, da hierdurch die „Andauer warm-feuchter Winterwitterungen überdurchschnittlich an[steigt] und den Auslöser für erhöhte Winterniederschläge in den mehr ozeanisch geprägten Mittelgebirgsregionen [bildet].“ (*Bendix, 1997; S.300*).

Die Abbildung 37 verdeutlicht die Auswirkungen häufig auftretender und länger andauernder Westwetterlagen anhand der Zunahme winterlicher Gebietsniederschläge in Rheinland-Pfalz und im Saarland und deren Folgen für den maximalen jährlichen Abflusses des Rheins am Pegel Köln.

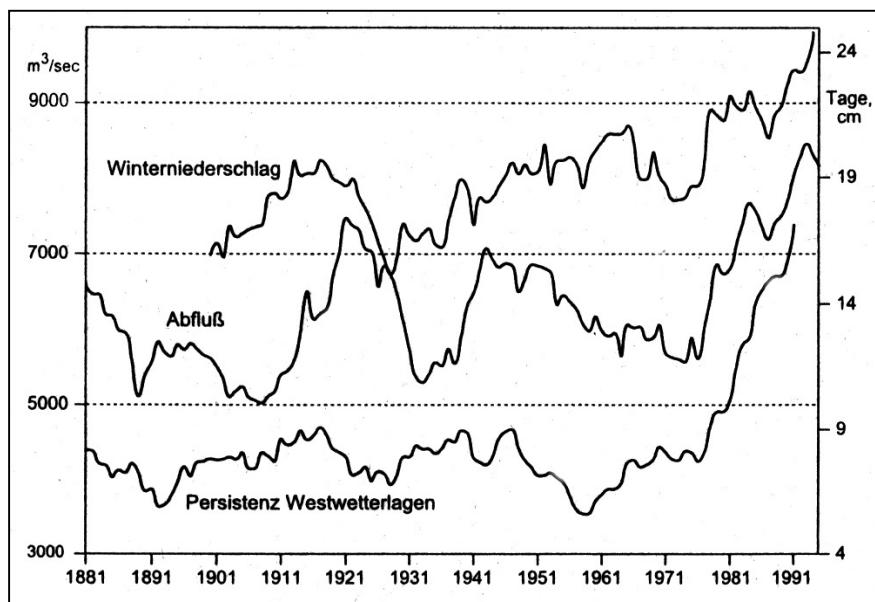


Abb. 37: 11-jähriges gleitendes Mittel des maximalen jährlichen Abflusses am Pegel Köln, des Gebietsniederschlags Rheinland-Pfalz und Saarland sowie die mittlere Andauer der Zonalzirkulation (WA,WZ, WS und WW) von Dezember bis Februar)

Quelle: Bendix, 1997; S.300

Dietzer (2000) untersuchte des Weiteren das Langzeitverhalten extremer Niederschlagsereignisse in Baden-Württemberg. Auch die Ergebnisse seiner Studie weisen auf eine Zunahme der winterlichen Regenfälle für Teile Südwestdeutschlands hin: „ (...) Zunahme der winterlichen Starkniederschlagshöhen im Zeitraum 1931 bis 1998 in großen Teilen von Baden-Württemberg bis zu 40% des Mittelwertes der Extremwertserien.“ (Dietzer, 2000; S.66). Des Weiteren zeigt die Abbildung 38 die Verteilung extremer Winterniederschlagshöhen in Baden-Württemberg. Hier ist deutlich zu erkennen, dass das Signifikanzniveau dieser Extremniederschläge über dem südwestlichen Einzugsgebiet am größten ist.

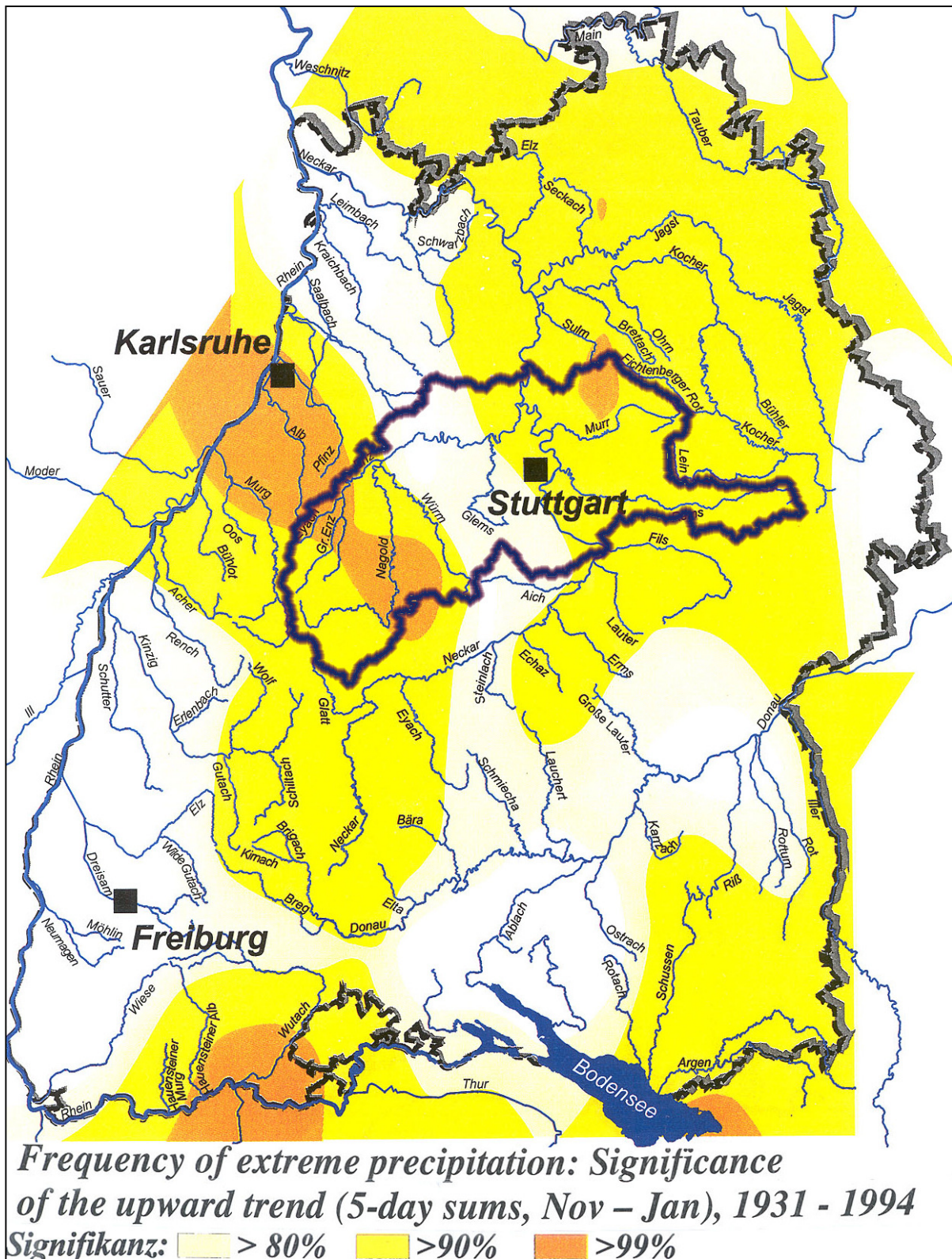


Abb. 38: Räumliche Verteilung extremer Winterniederschläge in Baden-Württemberg für die Zeitreihe 1931 bis 1994

Quelle (verändert nach): Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg, 1997; S.131

Aufgrund der beschriebenen topographischen Verhältnisse und deren Auswirkungen auf das generelle Niederschlagsverhalten (vgl. Kapitel 3.3.2.) kann davon ausgegangen werden, dass sich auch zukünftig das Maximum der niedergehenden Regenfälle (bei weiter vorherrschender bzw. intensivierter Westwindzirkulation) auf die in Abbildung 38 Orange gekennzeichneten Regionen konzentrieren wird. Aufgrund der im Vergleich zum Murrhardter Wald höheren Reliefenergie des Schwarzwaldes wäre infolgedessen für die im nördlichen Schwarzwald entspringenden Gewässer Enz und Nagold von einer potentiell höheren Wasserführung – und damit von einem zukünftig steigenden Hochwasserrisiko – auszugehen. Aus diesem Grund wird sich auch der folgende zweite Teil dieser Arbeit eingehender mit dieser westlichen Region des Untersuchungsgebiets befassen.

Bezüglich Aussagen zur möglichen zukünftigen Verschärfung des Hochwasserrisikos in der Untersuchungsregion zeigen die Abbildungen 39 und 40 extremwertstatistische Auswertungen der „gemessenen“ und der durch Anwendung der Klimaszenarien simulierten Abflüsse.

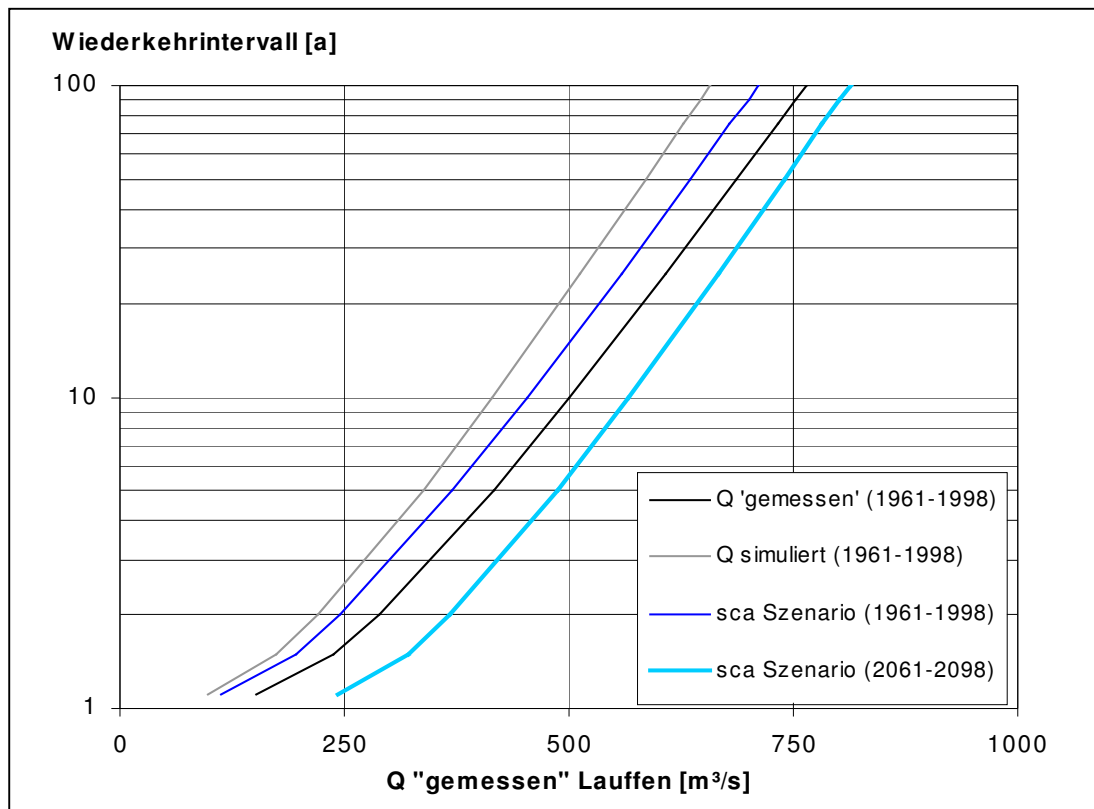


Abb. 39: Extremwertstatistische Analyse des Abflusses am Pegel Lauffen mit der Gumbel-Verteilung. Dargestellt sind die zu erwartenden Abflüsse bei entsprechender Jährlichkeit für das *sca Szenario*.
Quelle: Thielen, 2002 (unveröffentlicht)

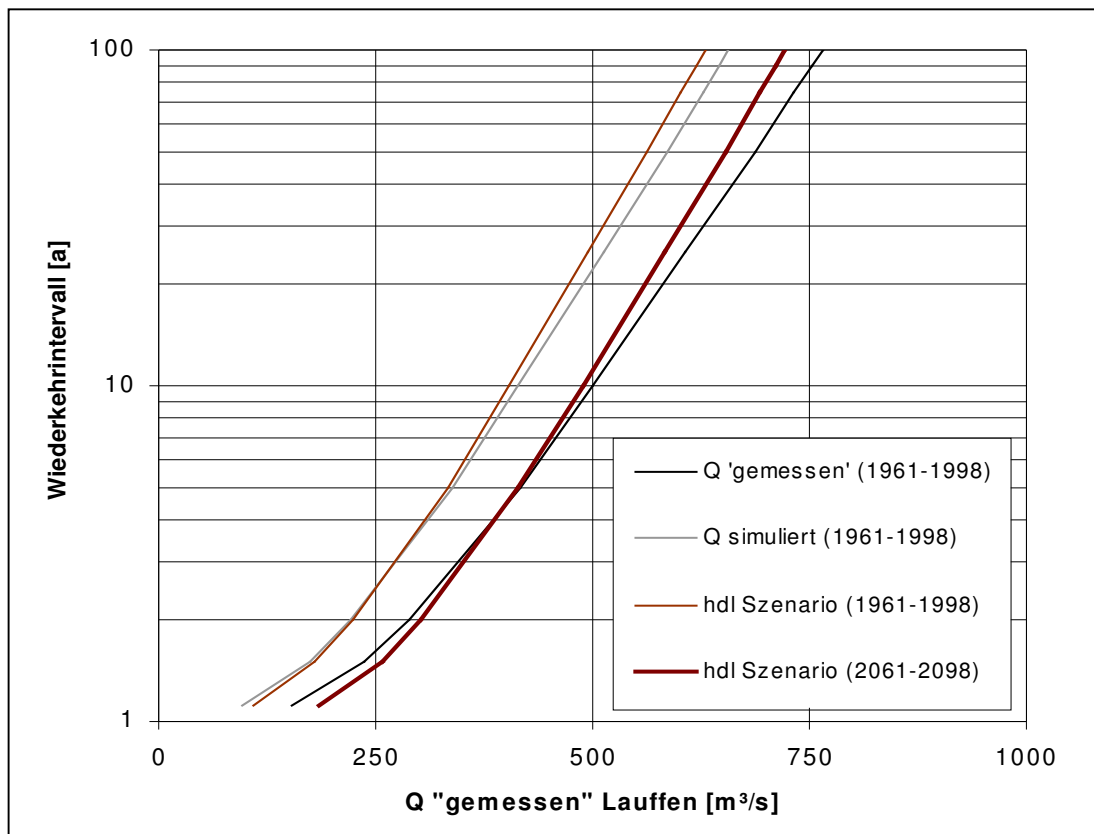


Abb. 40: Extremwertstatistische Analyse des Abflusses am Pegel Lauffen in der Gumbel-Verteilung. Dargestellt sind die zu erwartenden Abflüsse bei entsprechender Jährlichkeit für das *hdl* Szenario.
Quelle: Thieken, 2002 (unveröffentlicht)

Obwohl in diese extremwertstatistischen Analysen Unsicherheiten bereits in Form der Ausgangsdaten (im Bezug auf die meteorologischen Daten siehe Kapitel 3.3) in die Berechnungen eingegangen sind und sich somit weiter fortpflanzen, wird doch die geäußerte Behauptung (eine zu erwartenden Verschärfung des Hochwasserrisikos für das Untersuchungsgebiet) durch diese Analysen besonders gut gestützt (vgl. Abbildung 39). Laut jenem *sca*-Szenario ist am Pegel Lauffen bereits bei einer Jährlichkeit von $a=10$ mit deutlich über $500 \text{ m}^3/\text{s}$ Abfluss zu rechnen. Allerdings ist bezüglich der im Rahmen dieser Arbeit durchgeführten Modellierungen unbedingt zu beachten, dass sich die beschriebene Tendenz (vgl. Kapitel 5.5.2) zur Unterschätzung großer Hochwasserereignisse durch HBV-D in diesem Zusammenhang signifikant bemerkbar macht. Dieser systematische Fehler (*Bias*) muss in diesen Analysen in besonderem Maße auffallen. Deutlich ist in der Abbildung 39 (analog zu Abbildung 40) die systematische Unterschätzung der Spitzenabflüsse durch das Modell zu erkennen – die Werte für den simulierten Abfluss liegen klar unterhalb der Werte des „gemessenen“ Abflusses (hellgrau bzw. schwarze Gerade in den Abbildungen 39 und 40). Aus diesem Grund liegt auch die Abflusskurve des *sca*-Szenarios für den Referenzzeitraum unter den gemessenen Werten – obwohl ja, wie bereits mehrfach beschrieben, aufgrund des größeren Niederschlagsdargebots bei diesem Szenario die eindeutige Tendenz zu größeren Abflüssen besteht.

Der gleiche Sachverhalt ist in Abbildung 40 bezüglich des *hdl*-Szenarios zu erkennen. Hier fallen bei steigender Jährlichkeit die Abflüsse des Projektionszeitraums (2061-2098) sogar unter die des Referenzzeitraums.

Da es sich aber um eine **systematische** Unterschätzung großer Hochwasserereignisse handelt, kann resümiert werden, dass im Hinblick auf die hier verwendeten Klimaszenarien zukünftig steigende Abflüsse im Untersuchungsgebiet im Bereich des Möglichen liegen werden.

Besonders das *sca*-Szenario lässt diesbezügliche Tendenzen erkennen. Hinsichtlich dieses Szenarios erscheinen auf steigenden Niederschlägen und Temperaturen basierende Verschiebungen in der Jährlichkeit großer Hochwasserereignisse nicht ausgeschlossen. Ein heute noch alle zehn Jahre auftretendes Ereignis könnte daher in Zukunft mindestens alle fünf bis sechs Jahre zu erwarten sein (vgl. Abbildung 39). Werden zudem die modellinternen Fehler berücksichtigt, könnte mit dem Auftreten eines Ereignisses dieser Größe einmal im Jahr, höchstwahrscheinlich im hydrologischen Winterhalbjahr (siehe Ausführungen zu den Großwetterlagen, Kapitel 6.3.3.), gerechnet werden.

7 Zusammenfassung I: Hochwasser und Klimaänderungen

Der erste Teil dieser Arbeit beinhaltet nach einer einführenden Darstellung der naturräumlichen Charakteristika des Untersuchungsgebiets die Kalibrierung und Validierung des hydrologischen Modells HBV-D sowie ausführliche Untersuchungen zum Einfluss möglicher Klimaänderungen auf die Niederschlag-Abflussverhältnisse.

Es wurde herausgearbeitet, dass die hier untersuchten Klimaszenarien zu deutlich gestiegenen Gebietsniederschlägen, einer deutlich ansteigenden Gebietstemperatur sowie daraus resultierend zu einer offensichtlichen Zunahme des mittleren jährlichen Abflusses führen. Bezüglich der Maxima der mittleren monatlichen Abflüsse zeichnet sich der Trend zu einer intraanualen Verschiebung vom Dezember in die Monate Februar bis April ab. Des Weiteren wurde ein signifikanter Rückgang der Schneebedeckung in beiden Szenarien nachgewiesen. Die hohen zukünftigen Abflussraten der Szenarien können also nur bedingt auf Schmelzwässer zurückzuführen sein – lagen die Abflüsse der Klimaszenarien im jeweiligen Referenzzeitraum bei deutlich mehr Schnee doch insgesamt niedriger. Die Hauptursache für diese höheren monatlichen Abflusssummen ist infolgedessen mit hoher Wahrscheinlichkeit in den steigenden Niederschlägen zu finden. Bezüglich dieses Phänomens zunehmender winterlicher Niederschlagsmengen und -intensitäten wurden des Weiteren die generellen Zusammenhänge zwischen Änderungen in den regionalen Schneedecken und Änderungen in den überregionalen atmosphärischen Zirkulationsmustern diskutiert. In diesem Zusammenhang wurde herausge-

arbeitet, dass seit etwa Ende der 70er Jahre signifikante Veränderungen in Persistenz und Auftreten der hochwasserrelevanten Großwetterlagen über Europa beobachtet werden. Die Auswirkungen dieser Veränderungen auf die allgemeinen Niederschlagsverteilungen Mitteleuropas lassen dabei den Schluss zu, dass auch die im Rahmen dieser Arbeit aufgezeigten klimatischen Modifikationen und deren Einflüsse auf den Abfluss sich im Wesentlichen in dieses Gesamtbild einordnen lassen. Abschließend wurde es somit für wahrscheinlich erachtet, dass besonders das westliche Untersuchungsgebiet in Zukunft höheren Niederschlagsintensitäten ausgesetzt sein wird. Extremwertstatistische Analysen der Hochwasserereignisse bestätigen zudem deutlich (besonders, wenn die hier zutage getretene systematische Unterschätzung großer Hochwasser durch das Modell miteinbezogen wird) den herausgearbeiteten Trend eines zukünftig steigenden regionalen Hochwasserrisikos. In ihrer Gesamtheit betrachtet lassen sowohl die hier bisher geleisteten Analysen der beschriebenen Prozesse als auch die zu erwartenden Entwicklungen in letzter Konsequenz den Schluss zu, dass insbesondere die Region(en) um die im Nordschwarzwald entspringenden Gewässer Enz und Nagold zukünftig von zunehmenden Hochwasserereignissen bedroht sein könnten.

Nach diesen naturwissenschaftlich-hydrologisch ausgerichteten Analysen der rezenten und möglicherweise zu erwartenden Niederschlag-Abflussverhältnisse dieses ersten Teils der Arbeit soll im Folgenden **zweiten** Teil das Hauptaugenmerk auf die eher sozialwissenschaftlich orientierte Thematik der Hochwasser**wahrnehmung** gerichtet sein. Im Hinblick auf die laut Klimaszenarien nachgewiesene Möglichkeit einer sich verschärfenden Bedrohung durch Hochwasser soll der folgende Teil deshalb der Frage nachgehen, inwieweit die ortsansässige Bevölkerung sich von wissenschaftlichen Trendaussagen vorliegender Art beeinflussen lässt. Kommt es überhaupt zu einer Bewusstseinsänderung bei den Menschen vor Ort? Oder zeigen sie sich diesbezüglich gänzlich unbeeindruckt – da Hochwasser inzwischen als etwas ganz Alltägliches angesehen wird, und handeln letztendlich (analog zu den vom IPCC bezüglich des zukünftigen atmosphärischen CO₂ Gehaltes getroffenen Annahmen) schlicht nach der Devise: *business as usual*?

8 Einführung in den zweiten Teil der Arbeit

Der vorangegangene erste Teil dieser Arbeit versuchte die Auswirkungen möglicher regionaler Klimaänderungen auf das Abflussgeschehen des mittleren Neckars zu quantifizieren – der Schwerpunkt dieser eher naturwissenschaftlich ausgelegten Analysen lag daher auch hauptsächlich auf der Analyse metrischer Raumverhältnisse. Dabei blieb jedoch der Faktor „Mensch“ weitestgehend außen vor, bestenfalls tauchte „er“ als potenzieller Verursacher von Klimaänderungen oder als die natürliche Landschaft verändernde weil nutzende, Kraft auf.

Um aber letztendlich zu einer ganzheitlichen Betrachtung der Mensch-Umwelt-Interaktionen zu gelangen, soll dieser zweite Teil der Arbeit nun den Menschen an sich, den Menschen als subjektiv handelndes Individuum, in den Mittelpunkt rücken.

Da ein solcher Ansatz eine zur physischen Geographie differenzierte räumliche Perspektive erfordert, beinhaltet das folgende Kapitel 10 einen kurzen einführenden Überblick über die **sozialgeographische Forschungsperspektive** in Bezug auf Naturgefahren und Naturrisiken. Das Kapitel 11 thematisiert dann die eigentliche Transformation dieses theoretischen Ansatzes in ein praxisorientiertes **Untersuchungsdesign**.

Nach Abschluss dieser theoretischen Ausführungen beschreiben die Kapitel 12 und 13 die Anwendung des Erhebungsinstruments in der Region Pforzheim. Dabei beinhaltet Kapitel 12 die Auswertung der **Haushaltsbefragungen** und der Expertengespräche, während Kapitel 13 die Auswertung der **Oberstufenbefragungen** darlegt.

Schließlich stellt eine Zusammenfassung die wesentlichen Ergebnisse der gesamten Arbeit noch einmal dar beziehungsweise widmet sich in einem kurzen Ausblick noch verbliebenen offenen Fragen.

9 Naturgefahren und Naturrisiken aus sozialgeographischer Perspektive

Grundlegende Fragestellung in der Anthropogeographie beziehungsweise Sozialgeographie war bereits seit ihren frühesten Anfängen die Frage nach dem Verhältnis von Mensch und Umwelt. In der Geschichte der Sozialgeographie wurde die Antwort auf diese Frage lange Zeit ausschließlich auf Seiten der Umwelt gesucht (und gefunden). Lange wurde dem Menschen unterstellt, er verhielte sich so, wie es ihm die Umwelt erlaube. „Verhalten“ wurde als durch die natürliche Umwelt determiniert betrachtet. Seinen Höhepunkt erlebte dieses auch als „Geodeterminismus“ bekannte Paradigma zu Zeiten der klassischen Länderkunde Alfred Hettners. Publikationen wie jene, aus der das folgende Zitat entlehnt ist, waren weit verbreitet: *„Eine stark profilierte Landschaft führte zu einer markanten, ortsgebildeten Kultur. Auch die Pässe rings, diese Tore im Gebirge, steuerten ihre kulturbildenden Einflüsse bei.“* (Egli 1963 nach Werlen, 2000; S.103).

In einem langen Entwicklungsprozess begannen große deutsche Sozialgeographen wie beispielsweise Hans Bobek oder Wolfgang Hartke jedoch immer stärker mit diesem Paradigma zu brechen. Ab Mitte der 70er Jahre setzte schließlich in einer bereits verhaltensorientiert ausgerichteten Sozialgeographie die sogenannte „kognitive Wende“ (siehe Werlen, 2000; S.283f) ein. Hintergrund dieser Neuorientierung war, dass fortan weniger reine metrische Verhältnisse des Raums im Vordergrund der Geographie stehen sollten, sondern, dass es des Weiteren galt, nunmehr auch die sogenannte „subjektive Wahrnehmungsperspektive“ der im Raum agierenden Menschen miteinzubeziehen (Werlen, 2000; S.266). Unter diesem Gesichtspunkt galt es zum Beispiel zu zeigen, dass Individuen gleiche Räume oft **verschieden** wahrnehmen. Somit werden verschiedene Bewusstseinszustände ausgebildet, was wiederum zu unterschiedlichen Verhaltensmustern führen kann. Zum Beispiel kann eine Strecke von A nach B zwar immer als ein gerichteter Vektor mit konstanter Länge beschrieben werden, aber in der individuellen Wahrnehmung mag diese Länge durchaus variieren: So kommt vielen Menschen, die eine Strecke von A nach B mit dem Auto zurücklegen, selbst bei identischem Fahrverhalten, Hin- und Rückweg meist unterschiedlich lang vor. In den Köpfen der einzelnen Menschen muss die Strecke von A nach B also nicht gleich der Strecke von B nach A sein.

Psychologen untersuchten bereits vor geraumer Zeit in der allgemeinen Verhaltenstheorie ähnlich ausgerichtete Fragestellungen – aber erst, als hier Ende der 1960er, Anfang der 1970er Jahre auch **räumliche** Fragestellungen mit einbezogen wurden, kam es zur „Geburt“

einer neuen Geographie: der sogenannten „behavioural geography“ (siehe auch Werlen, 2000; S.271f).

Der Schwerpunkt dieser im deutschen Sprachraum auch „Perzeptionsgeographie“ oder behavioristische Geographie genannten Forschungsrichtung liegt dabei auf der Analyse der Umweltwahrnehmungen einzelner Individuen. Die behavioristische Geographie geht insgesamt gesehen davon aus, dass jegliches Verhalten – beziehungsweise die sich hierdurch im Raum manifestierten Strukturen – durch selektiv wahrgenommene Informationen der räumlichen Umwelt ausgelöst wird. Das untenstehende Schema (Abb. 41) zeigt dabei im Überblick, wie verschiedene Filter und Faktoren das Verhalten des Menschen und somit letztendlich das Entstehen oder Vergehen räumlicher Strukturen selbst beeinflussen.

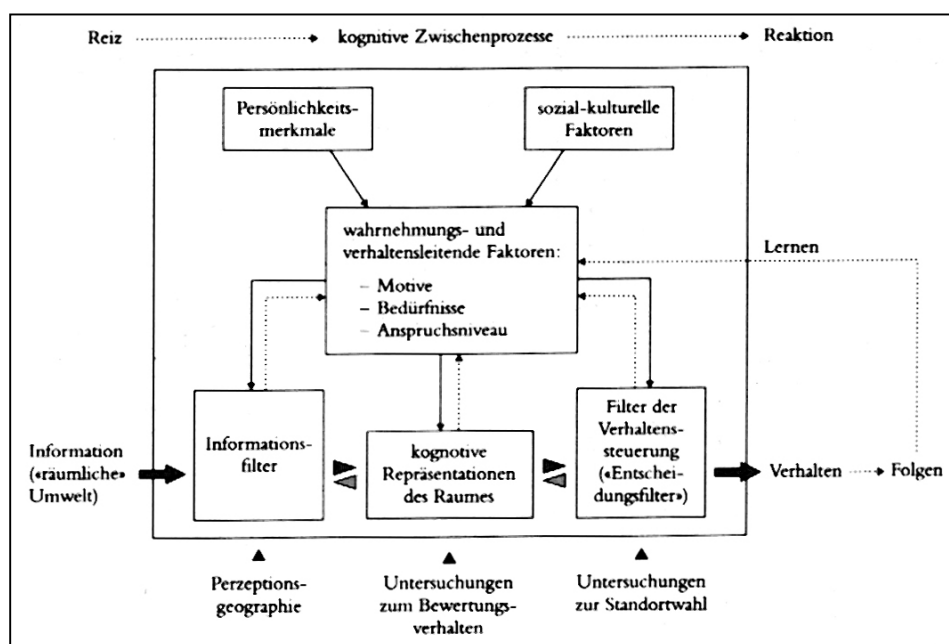


Abb. 41: Darstellung des behavioristischen Verhaltensmodells

Quelle: Werlen, 2000; S.280

Nach diesem Ansatz ist die wahrgenommene Umwelt rein subjektiver Art. Daher kann auch die Notwendigkeit des Schutzes vor bestimmten Naturgefahren von Individuum zu Individuum (beziehungsweise innerhalb bestimmter sozialer Gruppen¹⁵) variieren.

Der Fragestellung, wie Individuen spezifisch wahrgenommene Umweltfaktoren bezüglich ihres Bedrohungspotentiales **gewichten**, beziehungsweise wie die Menschen bestimmte Risiken von „Naturkatastrophen“ subjektiv **bewerten**, geht die *Natural-Hazard-Forschung* nach. Entsprechend Werlen (2000; S.298) untersucht die Hazardforschung somit, wie Individuen „natürliche Gefahrenpotentiale einschätzen und ihre Aktivitäten auf diese abstimmen“. Die

¹⁵ Auf die genaue Definition einer (sozialen) „Gruppe“ soll an dieser Stelle verzichtet werden. Die Verwendung dieses Terminus soll hier lediglich deutlich machen, dass nicht nur Individuen Umwelt unterschiedlich wahrnehmen, sondern dass es durchaus auch zu relativ ähnlicher Umweltwahrnehmung beziehungsweise Gefahreneinschätzung innerhalb bestimmter Gruppen kommen kann.

Bearbeitung dieser Fragestellung erfolgt dabei sehr interdisziplinär. Gilt es doch als *erstes* zu einer eher physisch-geographischen, naturwissenschaftlich orientierten Abschätzung der möglichen Gefährdungspotenziale zu gelangen, bevor in einem *zweiten* Schritt damit begonnen werden kann, Gefährdungspotenziale möglicher anthropogen geschaffener und genutzter Einrichtungen zu bestimmen. Im *dritten* und letzten Schritt versucht die Hazardforschung schließlich zu beantworten, wie die Menschen vor Ort ein bestimmtes Risiko letzten Endes einschätzen und wie sie dementsprechend Vorsorge treffen (vgl. Werlen, 2000; S.298).

Innerhalb dieses Schemas ließe sich der **erste** – hydrologisch-klimatologische – **Teil der vorliegenden Arbeit** weitestgehend dem ersten der genannten Schritte zuordnen, während sich der zweite Teil hauptsächlich mit den subjektiven Wahrnehmungsperspektiven der Menschen vor Ort auseinandersetzt. Im Folgenden gilt es damit zu untersuchen, wie die Menschen (in bestimmten, vom Autor ausgewählten Kommunen) das (Hochwasser-)Risiko einschätzen. Ferner geht es um den Versuch, darzulegen, ob die Menschen vor dem Hintergrund der Präsentation von denkbaren Auswirkungen möglicher regionaler Klimaänderungen eventuelle Eintrittswahrscheinlichkeiten **neu bemessen** und ob diese Neubewertungsprozesse schließlich dazu führen können, eine dementsprechend adäquate Risikovorsorge zu betreiben.

Während sich in der Physischen Geographie die Definition des Risikobegriffes meist mit den Begriffen „Häufigkeit“ (**Frequenz**) und „Stärke“ (**Magnitude**) erschöpft, soll diese Definition im Folgenden um den sozialgeographischen Blickwinkel erweitert werden. Denn in Anlehnung an Pohl und Geipel (2002; S.5) kann „Risiko“, aus sozialgeographischer Perspektive gesehen, immer als „**menschlich gemacht**“ betrachtet werden. Zum Beispiel trifft der Mensch die Entscheidung, hochwassergefährdete Auenräume zu besiedeln oder Flussläufe zu begradigen und einzudeichen. Das Risiko, Opfer einer „Hochwasserkatastrophe“ zu werden, kann somit als anthropogen verursacht betrachtet werden. Denn bevor es Deiche zum Schutz der dahinter siedelnden Menschen gab, gab es auch nicht das Risiko, dass diese brechen könnten. Mit dem Fluss in Sichtweite war sich daher jedermann der natürlichen Hochwassergefahr bewusst. Mit der Entscheidung, gewässerregulierende Maßnahmen, Eindeichungen usw. immer weiter zu forcieren und zu perfektionieren, verschwand jedoch auch dieses Gefahrenbewusstsein aus den Köpfen der gewässernah lebenden Menschen. An die Stelle dieses Gefahrenbewusstseins trat nun das **Risiko(-Bewusstsein)**, dass die Schutzvorrichtungen versagen und es somit zur Katastrophe kommen könnte.

So wie das Risiko aus dieser Perspektive als menschlich gemacht betrachtet werden kann, so ist auch dessen **Wahrnehmung** immer als subjektiv, als gefiltert zu beschreiben. Der Mensch geht zwar nahezu alltäglich bestimmte Risiken ein (z.B. im Straßenverkehr), jedoch ist „Risiko“ gleichzeitig immer als etwas Diffuses, Immaterielles zu verstehen. Der Mensch kann es

nie gegenständlich greifen – er kann es lediglich bestimmten Handlungen **zuschreiben** (z.B. dem zu schnellen Autofahren auf einer kurvenreichen Passstraße oder im klassischen Sinne dem Wohnen in unmittelbarer Nachbarschaft eines aktiv betriebenen Kernkraftwerkes). „Risikowahrnehmung“ zielt daher auch auf eine andere Art der Wahrnehmung als zum Beispiel die geschmackliche, akustische oder optische Wahrnehmung. Nach *Plapp (2001)* **schreibt** der Mensch das „Merkmal Risiko aufgrund erlernter Denkprozesse“ bestimmten Objekten **zu**. Da aber diese Zuschreibung von Individuum zu Individuum als höchst unterschiedlich betrachtet werden kann, ist auch die daraus resultierende Wahrnehmung des Risikos als rein individuell zu bezeichnen. Ein recht anschauliches Beispiel für diesen Wahrnehmungsprozess findet sich bei *Renn (1989)*: Er vergleicht die Art und Weise, wie Menschen (aufgrund der verschieden ausgeprägten Informationsfilter (vgl. Abbildung 41)) ihre eigene Realität konstruieren und dementsprechend Risiken nach ihrer subjektiven Wahrnehmung einstufen, damit, wie die Figuren in Zeichentrickfilmen „erst dann in den Abgrund stürzen, wenn sie sich mitten in der Luft stehend plötzlich der Gefahr bewusst werden“ *Renn (1989; S.167)*. Auf weitere Phasen der Risiko-Wahrnehmungsprozesse und deren Bewertung soll an dieser Stelle nicht weiter eingegangen werden. Es sei hier auf die im Anhang genannte soziologisch-psychologische Fachliteratur verwiesen (z.B. *Plapp, 2001; Slovic, H. Jungermann, 1993; Renn, 1989*).

Während das Risiko aus der Sicht der *Sozialgeographie* also anthropogen bedingt ist, reduziert sich dieses im Risikoverständnis der *Physischen Geographie* dagegen oftmals auf die reine Eintrittswahrscheinlichkeit, bemessen in Frequenz und Magnitude – wie zum Beispiel bei der Verwendung des Begriffes des „Jahrhunderthochwassers“ (siehe auch *Pohl, Geipel, 2002*). In den folgenden Ausführungen wird es damit primär darum gehen, zu ergründen, inwieweit die Menschen der näheren Untersuchungsregion, sei es aufgrund planerisch-technischer Hochwasserschutzmaßnahmen (*adjustments*) oder angepasster Verhaltensweisen (*adaptions*) bereit sind, „mit dem Hochwasser zu leben“ (vgl. *Grünwald, 2001*).

Eine weitere zentrale Fragestellung stellt dabei der Versuch dar, zu ergründen, inwieweit sich bei den Menschen vor Ort durch **Konfrontation** mit den Ergebnissen des ersten Teiles dieser Arbeit, **Neubewertungsprozesse** der eigenen Lage bewirken lassen. Werden sich die Menschen angesichts einer eventuellen Verschärfung des regionalen Hochwasserrisikos aufgrund möglicher Klimaänderungen des erhöhten Risikos vor Ort bewusst?

Um Antwort auf diese Fragestellungen zu erlangen, wurden vom Verfasser dieser Arbeit **Haushaltsbefragungen** in ausgewählten Regionen des Untersuchungsgebiets durchgeführt. Mit der kurzen Vorstellung der Methodik dieser Befragungen beschäftigt sich das folgende Kapitel.

10 Konzeption des sozialgeographischen Untersuchungsdesigns

Wie erwähnt, soll in diesem zweiten Teil der Arbeit der Versuch unternommen werden, zu erheben, inwiefern sich das Risikobewusstsein (potenziell) betroffener Anrainer durch die Konfrontation mit wissenschaftlichen Trendberechnungen beeinflussen lässt. Dementsprechend geht es auch um die Fragestellung, ob die im ersten Teil dieser Arbeit auf Grundlage von regionalen Klimaszenarien erstellten Abflussmodellberechnungen bei wissenschaftlichen Laien zu einer Neubewertung des Hochwasserrisikos vor Ort führen können.

Zur Ermittlung dieser individuellen Risikoeinschätzung galt es somit als *erstes* ein geeignetes Untersuchungsdesign zu **entwerfen**, *zweitens*, die bisherigen Forschungsergebnisse des hydrologischen Teils bestmöglich zu **implementieren**, *drittens*, dieses in der Praxis (vor Ort) **anzuwenden** und *viertens*, die erhobenen Resultate letztendlich **auszuwerten**¹⁶.

In einem *ersten* Schritt bezüglich des **Entwurfes** des Untersuchungsdesigns stellte sich die Frage nach einer adäquaten maßstäblichen Ebene im Hinblick auf alle weiteren Forschungen. Die Notwendigkeit der Auswahl einer großmaßstäbig definierten Untersuchungsregion war schon deshalb unumgänglich, weil die Modellierungen des ersten Teils die Gebietshydrologie des gesamten mittleren Neckarraums (etwa 3900 km²) widerspiegeln. Als näheres Untersuchungsgebiet bot sich aufgrund der in der Vergangenheit bereits nachgewiesenen und auch für die Zukunft als sehr wahrscheinlich zu erachtenden klimatischen Veränderungen im Langzeitverhalten extremer Niederschläge die Region des Nordschwarzwaldes mit den Gewässern Enz, Nagold und Würm an.

Als Standort für alle weiteren regionalen Forschungen vor Ort wurde die Stadt Pforzheim festgelegt. Diesem Entschluss lagen zum einen logistisch-administrative, zum anderen gewässerkundliche Aspekte zu Grunde. Bezüglich ersteren ist zu erwähnen, dass in Pforzheim die Regionalplanungsbehörde für die Region des nördlichen Schwarzwaldes beheimatet ist und diese bereits im Vorfeld als ein wichtiger Gesprächspartner vorgemerkt war. Des Weiteren sind die im Nordschwarzwald an den Oberläufen von Enz, Nagold und Würm gelegenen Kommunen von dort ebenso gut mit dem PKW zu erreichen wie die weiter enzabwärts gelegenen Städte. Ein weiterer Vorteil des „Standorts Pforzheim“ unter gewässerkundlicher Sicht stellt das Zusammenfließen der drei erwähnten Flüsse in der Stadt dar. Östlich von Pforzheim fließen diese zur Enz vereinigt weiter, westlich beziehungsweise nördlich der Stadt lässt sich noch jedes Gewässer getrennt betrachten.

¹⁶ Die ersten beiden Arbeitsschritte werden in diesem Kapitel behandelt, die beiden letzten im anschließenden Kapitel.

Der *zweite Schritt* bezüglich des Entwurfs eines Untersuchungsdesigns bestand in der Entwicklung eines geeigneten **Erhebungsinstruments**. In diesem Zusammenhang fiel der Entschluss, mündlich standardisierte Befragungen in der Region Pforzheim durchzuführen.

An dieser Stelle sei jedoch ausdrücklich darauf hingewiesen, dass es in keiner Weise Ziel des Autors war, diese Befragungen in repräsentativen Dimensionen zu erheben. Um den Rahmen der vorliegenden Arbeit sowohl in formaler als auch in finanzieller Hinsicht zu wahren, wurde es für angemessen erachtet, diese auf ein relativ geringes quantitatives Niveau zu beschränken – zumal für diese „Feldforschung“ lediglich eine Zeitspanne von insgesamt 10 Tagen zur Verfügung stand.¹⁷ Theoretisch hätte auch die Möglichkeit bestanden, die Fragebögen in eine große Anzahl Haushalte zu verschicken und auf einen hohen Rücklauf zu hoffen. Seitens des Autors wurde jedoch ein großer Nachteil dieser Methode darin gesehen, dass eine systematische Einhaltung der Fragenabfolge dann in keiner Weise gewährleistet gewesen wäre. Da diese für alle weiteren Auswertungen aber von höchster Bedeutung ist, wurde die Idee der postalischen Versendung der Fragebögen zu Gunsten einer höheren Qualität verworfen.

Komplementiert werden soll die Ermittlung der individuellen Risikoeinschätzung des Weiteren durch die Auslotung diverser „**Spekulationshorizonte**“. Zu diesem Zweck wurden mit identischem Erhebungsinstrument zum einen private **Haushalte** in ausgewählten hochwasserbetroffenen Kommunen, zum anderen aber auch zwei **Schulklassen** befragt. Die Erhebung in den Schulklassen erfolgte in den *Erdkunde-Leistungskursen* zweier Gymnasien im Raum Pforzheim. Anhand der Befragung dieser beiden Gruppen soll untersucht werden, ob das Thema Hochwasser von Bewohnern und Schülern als Risikofaktor unterschiedlich wahrgenommen wird. Gegenstand vergleichender Analysen soll des Weiteren sein, darzulegen, ob die Wahrnehmung des Hochwasserrisikos *innerhalb* der Gruppe der befragten Anwohner möglicherweise in Abhängigkeit von den jeweiligen Befragungsstandorten variiert.

Nach dieser Darstellung des konzeptionellen Entwurfes der weiteren Untersuchungen soll sich der folgende Abschnitt mit der konkreten Entwicklung des Fragebogens beschäftigen. Dieser kann in seiner gesamten Länge auch dem Anhang entnommen werden.

¹⁷ Aufgrund der somit recht geringen Grundgesamtheit soll im weiteren Verlauf dieser Arbeit für die Gruppe der befragten Personen der Begriff „sample“ verwendet werden.

10.1 Entwicklung des Erhebungsinstruments

Den Fragebogen galt es in seinem Aufbau so anzulegen, dass mögliche Veränderungen im Risikobewusstsein des jeweiligen Probanden verbal transportiert und somit für die spätere Auswertung transparent gemacht werden konnten.

Daher erhebt der Fragebogen in einem **ersten Teil** den jeweils individuell ausgeprägten Wissens- und Erfahrungsschatz; hier geht es beispielsweise um Fragen der persönlichen Betroffenheit und deren gradueller Ausprägung (in Form des manifestierten finanziellen Schadens) beziehungsweise um die Beurteilung der Güte öffentlicher/technischer Hochwasserschutzbauten. Diesem Teil schließen sich dann erste Versuche zur Auslotung des jeweiligen Spekulationshorizontes an (**Teil zwei**). Die hier aufgeführten Fragen, in denen im Wesentlichen die individuelle Verbalisierung von Wahrscheinlichkeiten seitens des Probanden thematisiert wird, sind von zentraler Bedeutung. Basieren doch die in diesem Zusammenhang geäußerten Antworten bezüglich Wahrscheinlichkeit und Jährlichkeit zukünftiger Hochwasser auf der **bisherigen Risikoeinschätzung** des Probanden. Die Überleitung zum **dritten Teil** der Befragung, der eigentlichen *Konfrontation* des Gegenüber mit den Ergebnissen der Modellrechnungen aus dem ersten Teil dieser Arbeit, bilden einige generelle Fragen zum Klimawandel. Der **vierte Teil** des Fragebogens beinhaltet wichtige Fragestellungen, deren Auswertungen es ermöglichen sollen, auf ein nach dieser Konfrontation **verändertes** Risikobewusstsein zu schließen. Die Frage beispielsweise, ob der/die Befragte aufgrund der Bekanntmachung mit den Modellrechnungen und der daraus möglicherweise resultierenden steigenden *regionalen* Hochwassergefahr mit vermehrter Sorge erfüllt sei, soll auf eine möglicherweise stattgefundenene Sensibilisierung hinweisen¹⁸. Des Weiteren ermöglicht diese Frage Rückschlüsse auf den Grad der „wahrgenommenen Ernsthaftigkeit“ (ausführlichere Darstellungen hierzu siehe Kapitel 12.4).

Angaben eher allgemeiner Art beinhaltet der **letzte Teil** des Fragebogens, hier geht es vorrangig um Fragen des sozialen Kontexts des Probanden.

In einem letzten konzeptionellen Schritt geht es um die bestmögliche **Integration** der Ergebnisse aus dem ersten Teil in das Erhebungsinstrument. Diesen Vorgang beschreibt der folgende Abschnitt.

¹⁸ Die Frage nach der *Nachhaltigkeit* dieser Wirkung, also wie lange dieser Zustand andauern mag, kann hier allerdings nicht beantwortet werden.

10.2 Implementierung der Ergebnisse aus Teil I in das Erhebungsinstrument

Neben der oben beschriebenen Entwicklung geeigneter Fragestellungen stellt der adäquate Transport der wesentlichen Ergebnisse des ersten Teils der Arbeit zum Probanden einen Schlüsselfaktor der gesamten Untersuchung dar. Für alle weiteren Analysen war es infolgedessen essentiell, zum einen die zuweilen sehr komplexen Niederschlag-Abflussprozesse und deren Folge für die (zukünftige) *Gebietshydrologie* sowie zum anderen die *regionalen* Prozesse des Langzeitverhaltens extremer Niederschläge **dem Befragten zu vermitteln**. Es galt somit eine Kommunikationsform zu entwickeln, die es vermochte, diese komplexen Zusammenhänge dem jeweiligen Probanden innerhalb möglichst kurzer Zeit transparent zu machen – unabhängig von dessen Bildungsgrad. Nach Abwägung diverser text- und grafikbasierter Methoden wurde letzten Endes das Verfassen eines fiktiven **Zeitungsartikels** als eine für diese Fragestellung gut geeignete Lösung angesehen. Bietet ein solcher Artikel doch die Möglichkeit, neben dem Transport der wesentlichen Ergebnisse in kompakter und zugleich gewohnter, weil alltäglicher Form, auch die Gefahr eines erhöhten Hochwasserrisikos zu kommunizieren. Ein weiterer Vorteil dieser Präsentationsform war die Gelegenheit, die **Unsicherheiten**, mit denen jede Modellierung naturgemäß behaftet ist, verbal auszudrücken. Dieses wird im verfassten Artikel (siehe Abbildung 42) meist durch Verwendung des *Konjunktivs* erreicht, so zum Beispiel in der Phrase „mehr Wasser zufließen könnte“ beziehungsweise durch die Expression von bestimmten *Wahrscheinlichkeitsgraden*: „(...) dass langfristig höchstwahrscheinlich mit einem weiteren Anstieg (...)“ oder aber auch in *relativierender* Ausdrucksform: „(...)in relativ kurzer Abfolge werden somit wahrscheinlicher.“

Zukünftig mehr Hochwasser befürchtet

Von Herbert Lück

PFORZHEIM. Nach einer aktuellen Studie der Universität Potsdam und des Potsdam-Instituts für Klimafolgenforschung e.V. (PIK) wird sich die Hochwassersituation im mittleren Neckarraum zukünftig noch verschärfen.

Die Ergebnisse dieser Studie lassen befürchten, dass in Zukunft den Flüssen des mittleren Neckarraumes – von Pforzheim über Stuttgart bis Schwäbisch Gmünd – wesentlich mehr Wasser zufließen könnte als bisher. Denn laut Markus Wolff von der Universität Potsdam deuten Klimaszenarien darauf hin, dass langfristig höchstwahrscheinlich mit einem weiteren Anstieg von Temperatur und Niederschlag im mittleren Neckarraum gerechnet werden muss.

„Wir gehen davon aus, dass es hier in Zukunft bei steigenden Temperaturen wesentlich mehr regnen könnte als bisher – und dieses ganze Wasser muss ja auch irgendwo abfließen.“ – so Markus Wolff. Zwar sei hiervon der mittlere Neckarraum insgesamt betroffen, aber es könne nicht ausgeschlossen werden, dass einige Regionen durch zukünftige Hochwasser mehr bedroht sein könnten als andere. Dazu Markus Wolff: „Nehmen Sie zum Beispiel die Flüsse Enz oder Nagold – deren Quellen liegen hoch oben im Schwarzwald. Und genau für diese Region wurde schon durch Klimaforscher bewiesen, dass es dort vor allem im Winter bereits zu einer deutlichen Zunahme in der Häufigkeit extrem starker Niederschlagsereignisse gekommen ist.“

Zum Beispiel waren es auch im Dezember 1993 solche extremen Regenfälle über dem nördlichen Schwarzwald die letztendlich zu dem damaligen großen Weihnachtshochwasser geführt haben.“

Dementsprechend kann laut der Studie in Zukunft davon ausgegangen werden, dass Hochwasser, die statistisch bisher nur alle 10 Jahre einmal vorkamen, sich nun bereits alle 5 Jahre wiederholen könnten. Auch die „Ruhezeiten“ zwischen den großen 50- oder 100jährigen Hochwasserereignissen werden demnach immer kürzer. Große Überflutungen in relativ kurzer Abfolge werden somit wahrscheinlicher.

Beispielsweise wären von einer Veränderung der Hochwasserwahrscheinlichkeit an der Enz vorwiegend jene Bewohner gefährdet, deren Häuser oder Wohnungen schon einmal unmittelbar von Hochwasser betroffen waren. Aber auch für die Menschen, die bisher noch keine Probleme mit Hochwasser hatten, könnte sich die Situation je nach Wohnlage und Flussnähe schnell verändern.

Markus Wolff dazu abschließend: „Der ein oder andere Wissenschaftler spricht bereits jetzt von einer 'dramatischen Erhöhung des Hochwasserrisikos' z.B. für den Schwarzwald. Ganz so dramatisch würde ich das nicht sehen, jedoch sollte sich jeder Mensch hier dessen bewusst sein, dass es zu Änderungen im Niederschlagsverhalten kommen wird beziehungsweise schon gekommen ist. Und dies wird nicht ohne Folge für die Region bleiben!“

Abb. 42: Schnittstellen-Transportmedium „Fiktiver Zeitungsartikel“ zum Zwecke der Konfrontation der Probanden mit den Ergebnissen der zuvor durchgeführten Niederschlag-Abflussmodellierungen
Quelle: Eigener Entwurf

Nachdem in diesem Kapitel wesentliche Schritte der theoretischen Konzeption des Untersuchungsdesigns dargelegt wurden, soll das folgende Kapitel seine **Anwendung** in der Praxis beschreiben.

11 Die Situation im Raum Pforzheim: Hochwasser als Problem

Bisher erschloss sich das nähere Untersuchungsgebiet dem Leser dieser Arbeit lediglich über Höhen- und Abflussmodelle beziehungsweise Landnutzungskarten und Klimaszenarien. Nun dagegen soll der Schritt von dieser „*modelled world*“ in die „*real world*“ oder vielmehr in die „*perceived world*“ der Befragten vollzogen werden. Diese drei „Welten“ variieren mitunter mehr oder weniger stark voneinander. Verfügt doch der Betrachter jeder dieser „Welten“ über eine spezifische Perspektive, die ihn von der Sicht des Betrachters der jeweils anderen Welt unterscheidet. So wird beispielsweise die modellierte Welt des ersten Teils dieser Arbeit im Wesentlichen durch die Eigenschaften technischer Parameter bestimmt. Je nach verwendetem Modell oder Ausgangsdatenbestand kann sich diese Welt dem Betrachter scheinbar anders darstellen. Aus diesem Grund wird sie sich auch niemals der wirklichen Welt in allen Belangen vollkommen angleichen können. Bereits objektiv betrachtet unterscheiden sich daher „*modelled world*“ und „*real world*“ ganz erheblich. Die „*perceived world*“ dagegen wird durch die **subjektive** Wahrnehmungsperspektive geprägt, wodurch diese Welt sich wiederum erheblich von der objektiv beschaffenen Raumstruktur der Realwelt unterscheidet (vgl. *Werlen, 2000; S.286f*). Eine unterschiedliche Wahrnehmung von Distanzen mag beispielsweise in einer – objektiv bemessenen – perspektivischen Verzerrung resultieren. Kognitive Karten („*mental maps*“) können dies belegen. Ziel der folgenden letzten Kapitel dieser Arbeit soll es daher sein, verschiedene Sichten auf das Thema „Hochwasser als Problem“ anhand verschiedener Perspektiven aufzuzeigen. Es soll versucht werden, darzustellen, wie verschiedene Personen die gleiche Dinglichkeit („Hochwasser“ beziehungsweise „Hochwasserrisiko“) unterschiedlich sehen und wahrnehmen. Aus dieser Vielzahl von möglichen Blickwinkeln auf das „Problem Hochwasser“ werden sukzessive die verschiedenen Spekulationshorizonte erkennbar.

Am Anfang soll dabei die Zusammenfassung des Gesprächs mit dem Direktor des Regionalverbandes „Nördlicher Schwarzwald“ stehen. Hier wird der professionelle, (über)regional ausgerichtete Blickwinkel der Regionalplanung in den Fokus der Multiperspektive gerückt. Diesem schließt sich der „semiprofessionell-regional-lokale“ Blickwinkel einer privaten Hochwasserschutzgemeinschaft an. Die zentralen Punkte des Gesprächs mit deren Mitinitiatoren sollen belegen, wie dort erfolgreich behördliche Maßnahmen des Hochwasserschutzes beeinflusst werden können. Fortgesetzt wird die Verengung des räumlichen Blickwinkels und Wirkungsraums vom Regionalen hin zum Lokalen durch die Erörterung des Gesprächs mit Herrn Abicht, dem Leiter des Bau- und Planungsamts der **Stadt Mühlacker**. Dieser wird zum einen die Gegenperspektive zur Regionalplanung erläutern, zum anderen wird der Leser mit

der generellen Hochwassersituation dieser Kommune bekannt gemacht. Gleiches gilt für die Hochwassersituation der **Stadt Neuenbürg**: Diese wird durch die Zusammenfassung des Gesprächs mit der Leiterin des Stadtbauamtes Neuenbürg, Frau Stadtbaumeisterin Bühler, erläutert.

Die darauf folgenden Auswertungen der Haushaltsbefragungen in Mühlacker und Neuenbürg stellen die letzten perspektivischen Sichten auf das „Problem Hochwasser“ dar. Zugleich ist hiermit jeweils die kleinste maßstäbliche Ebene erreicht.

Nachdem durch die Auswertung der Haushaltsbefragungen somit bereits verschiedene Spekulationshorizonte bezüglich der individuellen Risikoeinschätzung potenziell hochwassergefährdeter **Bewohner** dargelegt wurden, sollen diese durch die Auswertung der **Schulklassenbefragung** ergänzt werden. Folglich beinhaltet das letzte Kapitel vor der Zusammenfassung dieses zweiten Teils die Auswertung der in den Gymnasien durchgeführten Befragungen.

11.1 Die Hochwassersituation im Raum Pforzheim aus Sicht der Regionalplanung

Das Gespräch mit dem Direktor des Regionalverbandes „Nördlicher Schwarzwald“, Herrn Kück, verfolgte die Absicht, Einsicht in die Grundsätze, Ziele und Maßnahmen hochwasserbezogener Planungen der **regionalen Ebene** zu gewinnen. Ein weiteres Anliegen war es dabei, in Erfahrung zu bringen, wie die Gefährdung durch zukünftige Hochwasser aufgrund möglicher Klimaänderungen seitens der Regionalplanung eingeschätzt wird.

Die höchsten Schäden in der Region „Nördlicher Schwarzwald“ verursachte das Winterhochwasser im Dezember 1993 (vgl. anschließenden Exkurs). Diese lagen laut Herrn Kück bei etwa 100 Millionen DM, während bereits durch ein Hochwasser im Jahre 1990 über 90 Millionen DM Schaden entstanden waren. Diese beiden Hochwasserereignisse verursachten in kurzer Zeit immens hohe Schäden in einer Region, in der es schon seit Jahrhunderten immer wieder zu bedeutenden Hochwasserereignissen gekommen ist. Herr Kück wusste beispielsweise von Hochwassern aus den Jahren 1947, 1965, 1970, 1972, 1975, 1978, 1983 und 1988 zu berichten. Von anderen noch weiter zurückliegenden Ereignissen zeugen indes alte Hochwassermarken an einzelnen Gebäuden der Region, wie zum Beispiel am Rathaus der Stadt Mühlacker-Mühlhausen – hier wurde das bei weitem höchste Hochwasser im Jahre 1824 registriert. Anhand dieser Ausführungen lässt sich deutlich erkennen, dass Hochwasser in der Region eine „lange Tradition“ haben. Nach Aussage von Herrn Kück sind die hohen finanziellen Schäden der letzten beiden Großereignisse im Wesentlichen darauf zurückzuführen, dass der Mensch den Flüssen zunehmend die natürlichen Überschwemmungsräume genommen und durch seine Besiedlung in immer größerem Maße zur Akkumulation materieller

Werte in Form von (Einfamilien-)Häusern, Gewerbegebieten etc. beigetragen hat. Auch der in den letzten Jahrzehnten immer häufiger vorgenommene Ausbau von Kellerräumen zu voll funktionsfähigen Einliegerwohnungen oder zu hochwertig ausgestatteten zusätzlichen Wohnräumen habe zu einer Vermehrung der Werteexposition in den ehemaligen Auenräumen beigetragen (vgl. dazu auch *Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg, 1994; S.31*).

Die Regionalplanung reagierte auf die 1990er und 1993er Ereignisse mit einer Reihe von Maßnahmen. Beispielsweise wurde einstimmig ein Beschluss verabschiedet, der die Verwaltung ermächtigt sollte, Vorhaben in Bebauungsplänen und Flächennutzungsplänen, die innerhalb der Überschwemmungsflächen von 1993 liegen, abzulehnen. Allerdings griff ein solcher Beschluss tief in die Zuständigkeitsbereiche der Kommunen ein, so dass diesbezüglich Interessenskonflikte mit den kommunalen Bauleitplanungen vorprogrammiert waren – zumal wenn die Kommunen bereits über Flächennutzungspläne verfügten, die bereits von der Regionalplanung genehmigt worden waren (siehe auch Kapitel 11.3).

Weitere Maßnahmen auch bezüglich *zukünftiger* Hochwasser, so Herr Kück, lägen in der gegenwärtigen Planung eines großen Speicherbeckens oberhalb des Kurortes Bad Wildbad. Die Hochwassergefährdung dieser Kommune soll somit erheblich relativiert werden. Neben diesen planerisch-technischen Maßnahmen versuche die Regionalplanung aber auch verstärkt an das Bewusstsein der Menschen in den gefährdeten Regionen zu appellieren. Dies geschehe durch eine intensive Zusammenarbeit mit den lokalen Medien, besonders mit den Zeitungen. Bezüglich zukünftiger Hochwasserereignisse geht man beim Regionalverband davon aus, dass das Hochwasser von 1993 durchaus kein „Jahrhundertereignis“ war – laut Herrn Kück könnte sich ein solcher Ereignis bereits in weniger als 5 Jahren wiederholen, wobei dieser die zu erwartenden Schäden für die Region immer noch als „sehr hoch“ einschätzt. Dies liegt darin begründet, dass Herr Kück die Region zwar bezüglich durchschnittlich großer Hochwasserereignisse inzwischen als gut geschützt ansieht, für „hundertjährige“ Hochwasser sei dieser Schutz allerdings, zumindest gegenwärtig, nur als „ausreichend“ zu bezeichnen.

Auch unter dem Gesichtspunkt der katastrophalen Auswirkungen der **Elbeflut** vom August 2002 fordert der Direktor des Regionalverbandes, in besonderem Maße Konsequenzen auch für **diese** Region zu ziehen. Gerade das Elbehochwasser ließe die Notwendigkeit zur Verstärkung der Hochwasserschutzbauten für den Zuständigkeitsbereich des Regionalverbandes noch dringlicher und vor allem plausibler erscheinen. Ein Sachverhalt, der dadurch begünstigt würde, dass dieses Ereignis noch stark im Bewusstsein der Menschen vor Ort verankert sei – sowohl bei Entscheidungsträgern als auch bei Anwohnern. In diesem Zusammenhang zeigt die Abbildung 43 die Überschrift eines Artikels aus einer regionalen Tageszeitung, in welchem Herr Kück die Politiker der Region dazu aufforderte, sich angesichts der Flutkatastrophe an

der Elbe Gedanken über den regionalen Hochwasserschutz zu machen. Dabei ging es um die konkrete Planung eines Rückhaltebeckens oberhalb des Kurortes Bad Wildbad.

Auch die möglicherweise drohende Verschärfung des Hochwasserrisikos der Region durch mögliche Änderungen im Verhalten extremer Niederschläge über dem Schwarzwald ist nichts Neues für den Direktor, die Einbeziehung solcher Forschungsergebnisse sind der Planer „täglich Brot“; laut Herrn Kück dienten Szenarienberechnungen wie die während des Gesprächs (in Form des „Zeitungsartikels“) präsentierte jedoch als „Ansporn“, um „an Gelder“ zu kommen.

**Jens Kück: „Bad Wildbad
müsste jetzt kommen“**

Regionaldirektor will Hochwasserschutzmaßnahmen forciert sehen

Abb. 43: Überschrift aus „Der Enztäler - Wildbader Tageblatt“;
Rubrik Nordschwarzwald vom 21. August 2002

11.1.1 Exkurs: Ursachen und Verlauf des Hochwassers vom Dezember 1993

Primäre Ursache für das „Weihnachtshochwasser“ vom Dezember 1993 war der Durchzug einer ganzen Reihe atlantischer Tiefdruckgebiete über Baden-Württemberg. Dabei kam es zwischen dem 7. und dem 22. Dezember immer wieder zum Niedergang extremer Regenfälle. Besonders die intensiven Niederschläge zwischen dem 7. und 17. Dezember führten in weiten Teilen des Bundeslandes zu einer natürlichen „Quasiversiegelung“ der anstehenden Böden. Nahezu deren gesamtes Porenvolumen wurde mit Wasser ausgefüllt. Als es dann im Umfeld des Sturmtiefes „Victoria“ zwischen dem 18. und dem 22. Dezember ein weiteres Mal zu extremen Niederschlägen kam, konnten diese nicht mehr im Boden versickern – nahezu das gesamte Wasser floss oberflächlich ab (Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg, 1994; S.6f). Abbildung 44 gibt einen Überblick über die Dimension dieses Hochwasserereignisses.

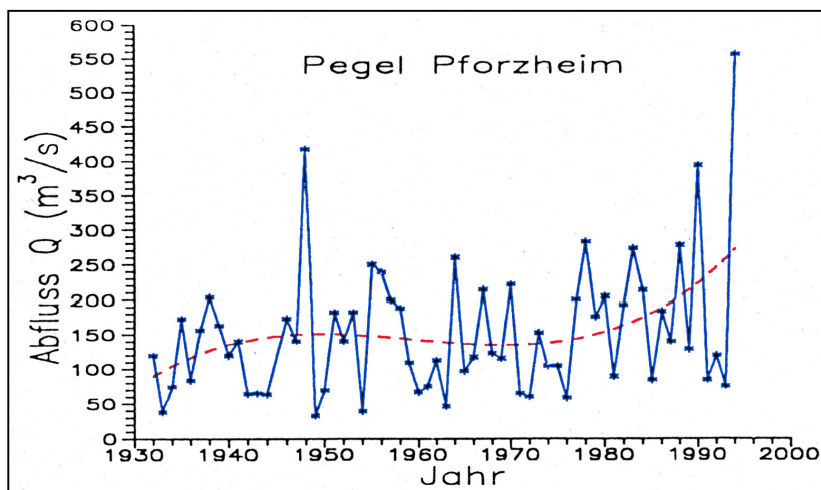


Abb. 44: Jahresextremwerte der Abflüsse (blau) und Ausgleichskurve (rot) am Pegel Pforzheim für den Zeitraum 1932 bis 1994

Quelle: Caspary, H., J.; München, 1995; S.171

Deutlich sichtbar wird, dass die Abflüsse des 1993er Hochwassers die des 1947er Ereignisses weit übertreffen. Ebenso ist in dieser Abbildung der deutliche Anstieg der Ausgleichskurve (rot) Ende der 70er Jahre gut zu erkennen. Dieser Sachverhalt ist wiederum im Zusammenhang zu sehen mit der nachgewiesenen Zunahme zonaler Großwetterlagen ab diesem Zeitpunkt (vgl. Kapitel 6.2.4). Die Abbildung 45 zeigt eine vergleichende Darstellung dieser Niederschlagssummen, die an besagtem 19. und 20. Dezember gefallen sind. In der Abbildung wird deutlich ersichtlich, dass diese an vielen der aufgeführten Stationen des zentralen und nördlichen Schwarzwaldes sogar das langjährige Dezemberrmittel zum Teil beträchtlich übertrafen. Bezüglich dieser Werte berechnete der DWD für die Niederschlagssummen des zentralen Nordschwarzwaldes eine Jähr-

lichkeit von über 100 Jahren (*Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg, 1994; S.11*).

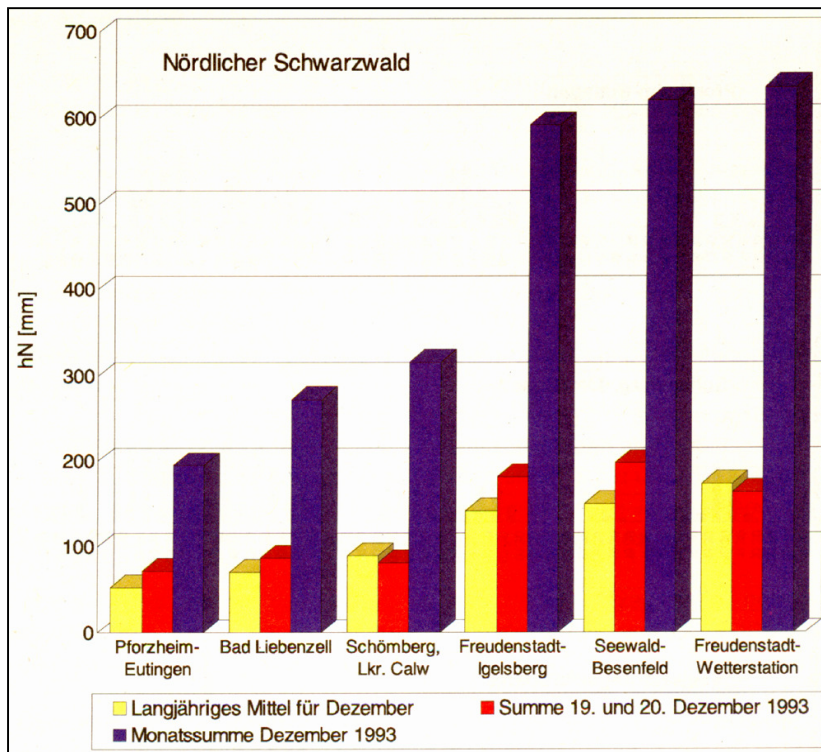


Abb. 45: Darstellung der Niederschlagssummen der Periode 19. bis 20. Dezember 1993 im Vergleich zu den monatlichen Niederschlagshöhen beziehungsweise dem langjährigen Mittel für den Dezember 1993
Quelle: Handbuch Wasser 2; LFU Baden-Württemberg, 1996; S.13

Die Gewässer der Region reagierten auf die beschriebenen meteorologischen Prozesse mit zum Teil extrem hoher Wasserführung. Obwohl das Hochwasser nicht in allen Regionen des Neckareinzugsgebiets gleich groß war, begann es doch, in Reaktion auf die Niederschläge zwischen dem 7. und 17. Dezember, an allen Flüssen einheitlich mit **drei Vorwellen**. Im Gegensatz zu der darauf folgenden **Hauptwelle** lagen diese jedoch noch unterhalb des langjährigen mittleren Hochwasserabflusses (MHQ). Der vergleichsweise extrem hohe Scheitel und der steile Anstieg der nachfolgenden Hochwasserwelle (vgl. Abbildung 46) ging dabei auf den Direktabfluss der Niederschläge zwischen dem 19. und 21. Dezember zurück. Bei Gewässern im Kern des Niederschlagsgebiets (wie zum Beispiel Enz und Nagold) war diese Hauptwelle bis zu fünfmal höher als der entsprechende MHQ (*Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg, 1994; S.16*). Mit dem Eintreffen der Hauptwelle kam es zum starken Anstieg der Flusspegel. Beispielsweise stieg der Wasserstand der Jagst (fließt *nördlich* von Lauffen dem Neckar zu) am Pegel Untergriesheim innerhalb von 24 Stunden um annähernd drei Meter an (*Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg, 1994; S.17*)!

So schnell das Hochwasser kam, so schnell ging es in der Region auch wieder: Nachdem am 21. Dezember die Scheitelwasserstände bei nahezu allen Gewässern erreicht waren, lagen diese schon am 23. Dezember wieder deutlich niedriger.

Die Dimensionen dieses Hochwasserereignisses waren im Neckareinzugsgebiet sehr unterschiedlich ausgeprägt. Entsprechend der Scheitelhöhe der Hauptwelle (s.o.) traten Hochwasser mit einer Jährlichkeit [T] von **T=100** oder zum Teil weit darüber an den Gewässern auf, die im Zentrum der Niederschläge vom 19.-21. Dezember gelegen waren. Beispielsweise führten die **Enz** (unterhalb des Pegels Höfen) und die **Nagold** bis kurz hinter Mühlacker ein hundertjähriges Hochwasser. Der enzabwärts folgende Rückgang der Jährlichkeit auf T=50 ist dabei auf das Einmünden kleinerer Gewässer mit weitaus geringerer Wasserführung in die Enz zurückzuführen (*Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg, 1994; S.20f*). Insgesamt übertraf das 1993er Hochwasser an der Enz auch das 1947er Hochwasser bei weitem: So lag der Abfluss am Pegel Pforzheim-KLA um mehr als 25 m³/s über dem des HQ 100 (vgl. Abbildung 46).

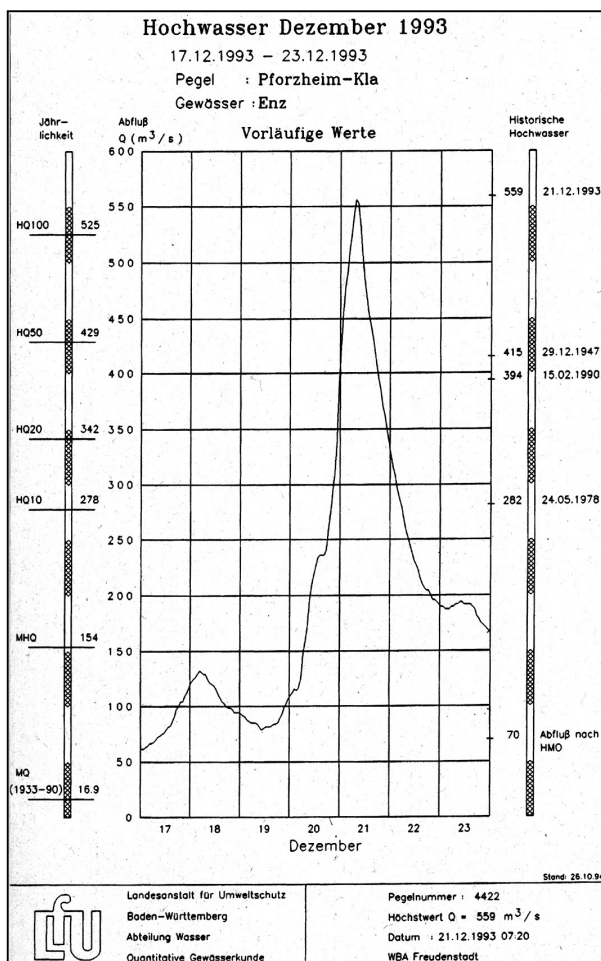


Abb. 46: Abflussganglinie des Hochwassers vom Dezember 1993 am Pegel Pforzheim-KLA
Quelle: Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg, 1994; S.43

11.2 Die Hochwasserschutzgemeinschaft Pforzheim-Eutingen

Ein sehr interessanter Einblick in die Möglichkeiten der organisierten privaten Einflussnahme auf Stadt- und Regionalplanung bot sich dem Verfasser dieser Arbeit bei einem Treffen Ende September 2002 mit zwei Initiatoren einer Hochwasserschutzgemeinschaft in Pforzheim-Eutingen, dem Ehepaar Heinrich und Gundi Köhler. Ausschlaggebend für die Gründung dieser Interessengemeinschaft war die Überflutung eines sich im Besitz der Familie Köhler befindenden Hauses nahe der Enz im Winter 1993. Ursache für diese Überschwemmung war die Enz jedoch nur indirekt; deren Dämme hielten den Belastungen stand. Vielmehr kam es hier aufgrund der hohen Wasserführung zu einer Überflutung des Hauses bedingt durch Wasser-rückstau bei einem der Enz zufließenden kleineren Vorfluter. Nachdem alle Schäden am Haus beseitigt waren, riefen die Eheleute Köhler zusammen mit zwei weiteren Ehepaaren zu einer Bürgerversammlung in Pforzheim-Eutingen auf. Mit einer Beteiligung von mehr als 170 Anwohnern kann die Resonanz hier als durchaus beeindruckend beschrieben werden.

Ausgewiesener Handlungsschwerpunkt war es, auf massiven Druck der Bürger vor Ort den öffentlichen Hochwasserschutz an der Enz zu verbessern. Letztendlich bewirkten die Bürger eine Aufstockung des Dammes in Pforzheim-Eutingen um etwa 50 cm.

In jüngerer Vergangenheit wurden die Initiatoren aktiv, als in der Stadt Pforzheim nach Abriss eines großflächigen Industriegeländes bekannt wurde, dass die entstandene Brachfläche bis zur Neubebauung nahezu komplett versiegelt werden sollte. Als Reaktion hierauf war zum Zeitpunkt des Gespräches ein Leserbrief in Vorbereitung, in dem seitens der Hochwasserschutzgemeinschaft darauf hingewiesen werden sollte, wie viel mehr Wasser unter dem Aspekt einer Versiegelung zum Abfluss käme (diese Abgaben stützen sich dabei auf wissenschaftliche Berechnungen, die im Auftrag der Interessengemeinschaft durchgeführt wurden).

Insgesamt kann festgehalten werden, dass auch eine solche private Institution, die über keinerlei formelle Durchsetzungskompetenz verfügt, lediglich aufgrund persönlichen Engagements verhältnismäßig großen Einfluss auf viele städtische Projekte und Vorhaben nehmen kann.

11.3 Die Hochwassersituation in der Stadt Mühlacker

Nachdem das Gespräch mit dem Direktor des Regionalverbandes „Nördlicher Schwarzwald“, Herrn Kück, den gegenwärtigen Stand des Hochwasserschutzes der Region Pforzheim aus Perspektive der **Regionalplanung** aufzeigte, sollte ein Gespräch mit dem Leiter des Mühlackerschen Bau- und Planungsamtes, Herrn Abicht, den Fokus auf den Umgang der **kommunalen** Planung mit hochwasserbezogenen Problemstellungen in der Stadt Mühlacker lenken. Auch in der Stadt Mühlacker verursachte das Winterhochwasser der Enz 1993 große Schäden, aber aufgrund unterschiedlicher Höhenlage beziehungsweise Enznähe/-ferne der einzelnen Stadtteile wurde nicht die ganze Stadt vom Hochwasser getroffen. Vielmehr trafen die Überschwemmungen besonders stark die beiden Stadtteile „**Dürrmenz**“ und „**Mühlhausen an der Enz**“ (siehe Abbildung 47).



Abb. 47: Überblick über die Lage der in Mühlacker am stärksten betroffenen Stadtteile Dürrmenz und Mühlhausen an der Enz (beide rot unterstrichen im oberen Bild) sowie Fotografien aus dem überfluteten Mühlhausen vom Dezember 1993 (rechts)

Quelle: Stadtplan Mühlacker und Originalfotografien eines Probanden vom Dezember 1993

In beiden Stadtteilen versagten die öffentlichen Hochwasserschutzbauten. In Dürrmenz wurde das Wasser an der zwischen Marktplatz und Enzaustraße die Enz relativ niedrig überspannenden Brücke angestaut, überschwemmte so die angrenzende Mauer und konnte damit etwa 150 m in das unmittelbar anschließende Wohngebiet (vgl. Abbildung 48, Bild oben rechts) eindringen. Im weiter flussabwärts gelegenen Stadtteil Mühlhausen wurden zuerst die Dämme überflutet, dann breitete sich das Wasser in das angrenzende Wohngebiet aus. Die Hanglage Mühlhausens bewahrte diesen Stadtteil zwar vor noch großflächigeren Überschwemmungen, es wurden jedoch auch große Teile eines von den Anwohnern eben erst bezogenen Neubau-

gebiets überflutet, in dessen Folge viele der zum Teil gerade erst fertig gestellten Fertigbauhäuser stark in Mitleidenschaft gezogen wurden. Entsprechend einer Schätzung von Herrn Abicht betrug die Anzahl betroffener Haushalte in beiden Stadteilen jeweils etwa 100.

Des Weiteren habe die Planung auf diese zum Teil verheerenden Überschwemmungen in Mühlacker zum einen mit einer generellen Erhöhung aller Dämme im Stadtgebiet um etwa 50 cm reagiert, womit ein Hochwasser in den Dimensionen von 1993 innerhalb des Gerinnes gehalten werden könnte. Im Stadtteil Dürrmenz sei diesbezüglich die Mauer am Enzufer um einen etwa 50 cm hohen Aufsatz erweitert worden (vgl. Abbildung 48).



Abb. 48: Überblick über Enz und öffentliche Hochwasserschutzbauten in Mühlacker-Dürrmenz.

Das Bild oben links zeigt die Enz mit Blick von der Brücke am Marktplatz von Dürrmenz in Fließrichtung stromabwärts. Im Bild rechts davon lässt sich gut die Hochwasserschutzmauer an der Enz sowie das dahinter liegende und 1993 zu großen Teilen überflutete Wohngebiet erkennen. Innerhalb der roten Balken hebt sich die hellgraue, als Reaktion auf das 1993er Hochwasser nachträglich aufgesetzte „Mauerspitze“ ab. Die beiden unteren Bilder zeigen diese Mauer mitsamt neu aufgesetzter Spitze. Im Bild unten links markieren die blau umrandeten Flächen die gut sichtbare „Nahtstelle“ zwischen alter Mauer und neuem Aufsatz.

Quelle: Eigene Photographien, September 2002

Neben diesen Aufstockungen vorhandener Schutzanlagen seien zum anderen aber auch bestimmte flussnahe Flächen durch die Stadt aus ihrer bisherigen Nutzung herausgenommen worden: So wurde beispielsweise das direkt an der Enz gelegene Grundstück einer Gärtnerei durch die Stadt bei erster möglicher Gelegenheit aufgekauft (Aufgabe aus altersbezogenen Gründen der bisherigen Inhaberin) und einer neuen Nutzung als Retentionsfläche zugeführt.

Ein generelles Bauverbot in den Überschwemmungsflächen von 1993, wie von Herrn Kück gewünscht, ließe sich laut Herrn Abicht jedoch nicht generell durchsetzen, da dies direkt in die kommunale Planungshoheit eingreifen würde. Zudem basiere die gegenwärtige Bauleitplanung der Gemeinde Mühlacker noch auf dem Flächennutzungsplan (FNP) von 1983 – und damals waren Fragen des vorbeugenden Hochwasserschutzes noch nicht in dem Maße aktuell, wie sie dies heute sind. Bauleitpläne, die auf Grundlage dieses FNP erstellt werden, sind somit vom formal-rechtlichen Standpunkt abgesichert (schließlich hat die Regionalplanung seiner Zeit ja diesem FNP zugestimmt). Dass besonders diese Frage des Bauens innerhalb der Überschwemmungsgebiete von 1993 Konfliktpotenzial zwischen kommunaler Bauleitplanung und Regionalplanung birgt, liegt auf der Hand; Herrn Abicht zufolge seien dies aber „ganz natürliche Reibungen“, die es in jeder Kommune durch Kompromisslösungen und Abwägungsprinzipien zu minimieren gälte.

Dieses ist insbesondere bei der gegenwärtigen Aufstellung des neuen FNP zu beachten. Hier hat die kommunale Bauleitplanung die Vorgaben der Regionalplanung zu berücksichtigen, während im Sinne der Wahrung des Gegenstromprinzips die Kommune aber miteinbezogen werden muss (vgl. *Bundesministerium für Raumordnung, Bauwesen und Städtebau; 1996*). Zum Zeitpunkt des Gesprächs hatte die Stadt Mühlacker bereits das Konzept „*Stadtentwicklung 2020*“ als Vorbereitung für den neuen FNP abgeschlossen. Nach gegenwärtigem Stand solle dieser etwa 2004 abgeschlossen sein. Gemäß Herrn Abicht würde es nach Fertigstellung dieses formellen Planwerkzeuges dann wesentlich schwerer sein, noch Baugenehmigungen für hochwassergefährdete Flächen zu erlangen, da der – sich gegenwärtig ebenfalls im Prozess der Neuaufstellung befindliche – Regionalplan dann erstmals sogenannte „ÜGBs“ (überschwemmungsgefährdete Gebiete) beinhalten wird.

11.4 Die Hochwassersituation in der Stadt Neuenbürg

Die Hochwassersituation der Stadt Neuenbürg unterscheidet sich von der in Mühlacker, denn aufgrund ihrer Oberliegerlage an der Enz ist diese Stadt wesentlich öfter von Hochwasser betroffen als andere Unterliegergemeinden. So gab es in Neuenbürg neben den Ereignissen von 1947 und 1993 auch 1990, 1998 und 2002 Hochwasser, wobei aber auch hier das 1993er Weihnachtshochwasser die größten Schäden verursachte.

Der wesentliche Unterschied der Hochwassersituation in Neuenbürg im Vergleich zu Mühlacker beispielsweise liegt aber in der Charakteristik der auftretenden Ereignisse selbst. Im Wesentlichen sind diese hier am Oberlauf prinzipiell weitaus weniger kalkulierbar als am

Unterlauf.¹⁹ Hochwasserereignisse in Neuenbürg sind durch eine ausgesprochene **Variabilität** der einzelnen Ereignisse charakterisiert und werden damit nur sehr schwer planbar. Zum Beispiel kann es bei starken Regenfällen nicht nur dazu kommen, dass die Enz Hochwasser führt, sondern ein weiteres Problem stellen auch die vielen kleinen Bäche in der Umgebung sowie das steigende Grundwasser dar. Die Bäche schwellen beispielsweise je nach Niederschlagshöhe mehr oder weniger stark an und stellen ein zusätzliches Risiko für die Kommune dar. Aufgrund des 1993er Hochwassers wurden aber auch in Neuenbürg die öffentlichen Hochwasserschutzbauten verstärkt. Für ein Ereignis gleichen Ausmaßes wie 1993 würde die Stadt gegenwärtig über einen adäquaten Schutz verfügen. Laut *Fr. Bühler* stelle aber auch dieser nur eine scheinbare Sicherheit dar, denn „die Leute haben es zwischen 1947 und 1993 verlernt, mit dem Fluss zu leben“. Dieses äußere sich, wie auch in vielen anderen Gemeinden, durch die hochwertige Nutzung von Erdgeschoss und Kellerräumen vieler gefährdeter Häuser (vgl. S.90). Die nach 1993 in der Innenstadt errichteten Spundwände entlang der Enz würden zwar ein Hochwasser in den Dimensionen von 1993 standhalten, aber bei einem größeren Ereignis seien auch diese wirkungslos – die Stadt würde zu großen Teilen überflutet werden. Von diesen Schutzmaßnahmen unbeeinflusst blieben zudem die bereits erwähnten Bäche in der unmittelbaren Umgebung. Aufgrund der Hanglage der Stadt führten beide häufig ebenfalls zu Überflutungen von Grundstücken – fern jeglicher Spundwände. Diese bereits erwähnte Variabilität einzelner Ereignisse kompliziert die Konzeption effektiver öffentlicher Hochwasserschutzbauten außerordentlich – zumal auch nicht jeder potentiell betroffenen Bewohner auf „eine Berliner Mauer“ im Garten schauen möchte (*Aussage eines Bewohners an einem nicht hochwassergesicherten Enzabschnitt am Ortsausgang*). Obwohl sich diese Aussage sicherlich nicht ohne weiteres auf andere Bewohner übertragen lässt, wird doch deutlich, dass bezüglich öffentlicher Hochwasserschutzbauten neben den erwähnten Problemen (Variabilität der Ereignisse) auch (ästhetische) Einwände privater Anrainer immer eine Rolle spielen.

Dass auch Neuenbürg in Zusammenhang mit der vom Autor formulierten These „möglicherweise zukünftig öfter extreme Niederschlagsereignisse im nördlichen Schwarzwald und somit höhere Abflüsse der Enz konkret“ höchstwahrscheinlich nicht vor zukünftigen Hochwasserereignissen verschont bleiben wird, dessen ist sich auch die Stadtbaumeisterin bewusst; die Eintrittswahrscheinlichkeit für ein Hochwasser der Größe von 1993 war ihrer Meinung somit auch nicht auf eine bestimmte Jährlichkeit einzuschätzen. Abschließend zeigt die Abbildung 49 eine Zusammenstellung der in Neuenbürg getroffenen technischen Hochwasserschutzbauten.

¹⁹ Die im Folgenden zur Hochwassersituation in Neuenbürg getroffenen Aussagen stellen die Zusammenfassung eines am 26. September 2002 geführten Gespräches des Autors mit der Leiterin des Stadtbauamtes Neuenbürg, Frau Stadtbaumeisterin Bühler dar.



Abb. 49: Öffentliche Hochwasserschutzbauten in der Stadt Neuenbürg. Die beiden oberen Bilder zeigen stromaufwärts blickend die Ufer der Enz in der Stadtmitte. Im linken Bild lässt sich gut erkennen, wie nach dem Hochwasser von 1993 die Betonwand erhöht wurde (oberhalb der dunklen Linie). Die Bilder oben rechts sowie mitte rechts zeigen die am anderen Enzufer nach 1993 installierten Spundwände. In die – durch einen roten Kreis gekennzeichneten – Streben lassen sich im Hochwasserfall mobile Wände einsetzen und verankern. Das Bild in der Mitte links zeigt eines der insgesamt sieben in der Gemarkung Neuenbürg liegenden Wehre. Diese bestehen etwa seit 1960 und werden zur Stromerzeugung genutzt, wobei sie z.B. bei Hochwasser geöffnet werden können (Bild unten links). Das Bild unten rechts zeigt die Enz etwa 100 Meter weiter stromabwärts am Ortsausgang. Hier bestehen noch keinerlei öffentliche Hochwasserschutzbauten, diese Bereiche werden bei erhöhter Wasserführung ständig überschwemmt.
Quelle: Eigene Photographie, September 2002

12 Hochwasserrisikowahrnehmung I: Haushaltsbefragungen

Die folgenden Abschnitte beinhalten die Auswertung der in den ausgewählten Haushalten durchgeführten Befragungen. Es sei jedoch noch einmal darauf hingewiesen, dass es sich bei diesen Erhebungen nicht um einen repräsentativen Querschnitt durch die Bevölkerung der beiden Kommunen Neuenbürg und Mühlacker handelt (vgl. Kapitel 10.1). Die hier präsentierten Ergebnisse können daher lediglich Trends aufzeigen, welche durch eine Vollerhebung möglicherweise bestätigt – aber auch widerlegt – werden könnten.

Bezüglich der weiteren Gliederung wird sich das folgende Kapitel mit den Ergebnissen der Auswertung der Befragungen der Stadt **Mühlacker** (beziehungsweise mit den Erhebungen aus den beiden Stadtteilen Mühlhausen und Dürrmenz) und der Stadt **Neuenbürg**²⁰ befassen. Inhalt des letzten Kapitels wird dann die analog darzulegende Analyse der Befragungen in zwei gymnasialen **Oberstufen** sein.

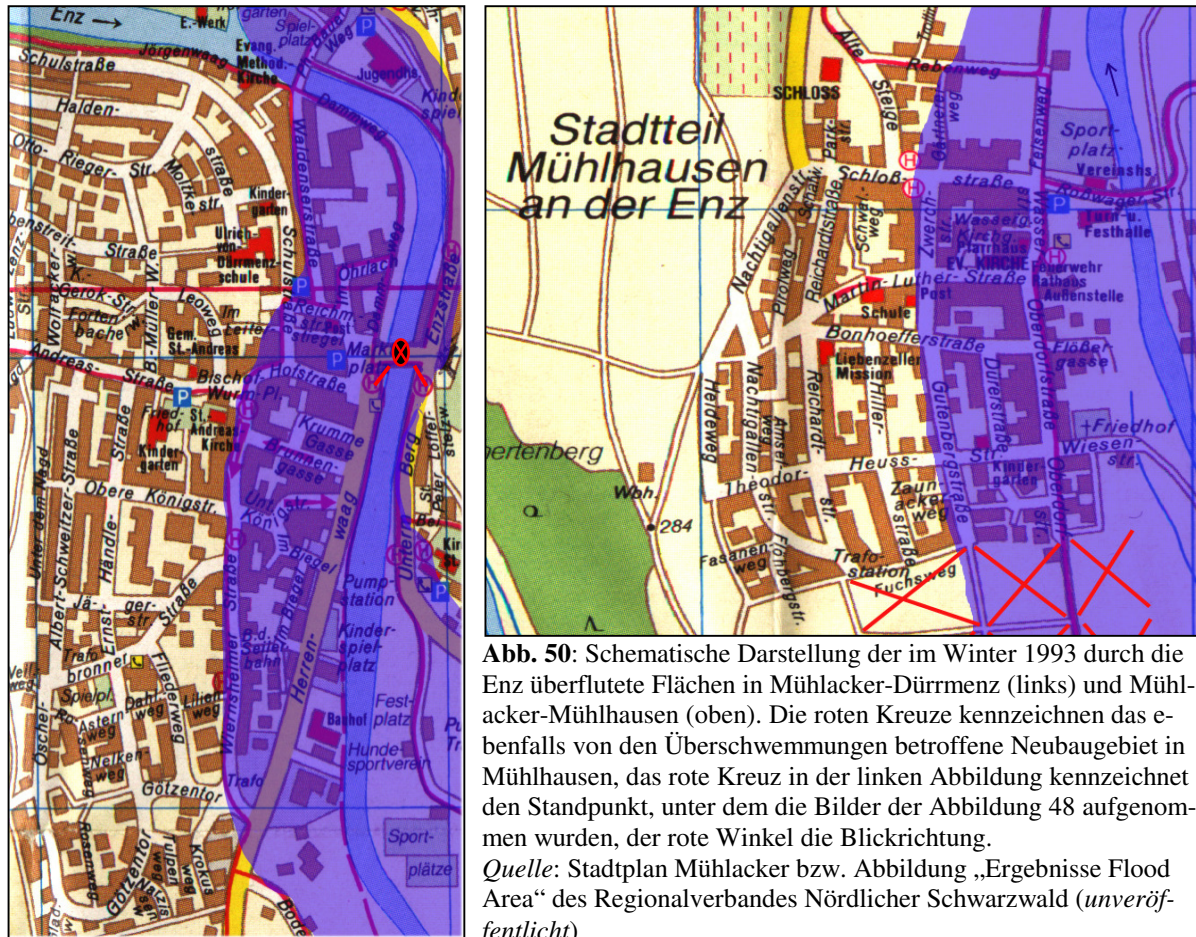
Zu Beginn dieser Analysen soll im Folgenden kurz auf die Zusammensetzung des samples eingegangen werden.

12.1 Auswahl der Probanden

Wie erwähnt, wurden die Befragungen in den beiden Kommunen Neuenbürg und Mühlacker (Stadtteil Dürrmenz und Mühlhausen) durchgeführt. Die **Auswahl** der befragten Haushalte wurde vom Autor jeweils vor Ort getroffen und richtete sich im Wesentlichen nach dem Kriterium „Gebäude betroffen vom 1993er Hochwasser“. Die Frage, ob die jeweils aufgesuchten Gebäude 1993 auch wirklich betroffen waren, musste allerdings im Vorfeld verifiziert werden. Hierfür standen die folgenden zwei Methoden zur Verfügung: Zum einen zeugen auch heute noch an vielen Häusern durch die Bewohner angebrachte Hochwassermarken von den Ereignissen im Winter 1993 und indizieren somit die direkte Betroffenheit des Gebäudes. Zum anderen gab eine unveröffentlichte Abbildung des Regionalverbandes auf mittlerer Maßstabsebene Aufschluss darüber, welche Straßenzüge in Mühlacker 1993 überflutet wurden. Damit war es möglich, den ungefähren Verlauf des damaligen Hochwassers in die Stadtpläne von Mühlacker-Dürrmenz und Mühlacker-Mühlhausen einzuzeichnen und somit betroffene Straßenzüge auszukartieren.

²⁰ Angesichts terminlicher und organisatorischer Gründe ist die Anzahl der befragten Personen in Neuenbürg mit insgesamt sechs Probanden sehr gering. Dessen ungeachtet soll im Rahmen dieser Arbeit aber dennoch gesondert auf die Befragungen in Neuenbürg eingegangen werden. Denn im Vergleich zu Mühlacker sieht sich Neuenbürg aufgrund seiner Oberliegerlage einer prinzipiell unterschiedlichen Hochwassersituation ausgesetzt (vgl. Kapitel 11.4). Zudem kommen mit den mobilen Spundwänden in dieser Stadt auch andere Hochwasserschutzbauten zum Einsatz als in Mühlacker. Daher beruht beispielsweise die Einschätzung des öffentlichen Hochwasserschutzes durch die Bevölkerung hier auch auf anderen Faktoren als in Mühlacker.

Die Abbildung 50 zeigt den auf diese Weise in die Stadtpläne von Dürrmenz und Mühlhausen eingezeichneten ungefähren Verlauf der Hochwasserlinie von 1993. Die Abbildung 51 zeigt exemplarisch eine der an vielen Häuserwänden auch heute noch in der Region vorzufindenden Hochwassermarken.



Insgesamt wurden somit in der Stadt Mühlacker 26 Haushalte befragt, 11 davon im Stadtteil Dürrmenz, 15 im Stadtteil Mühlhausen.

Bezüglich der vorgefundenen **Altersstruktur** lässt sich feststellen, dass in dem sample aus Mühlhausen der Anteil der über 60jährigen höher liegt als der in dem aus Dürrmenz. Aus diesem Grund wird in Mühlhausen fast die Hälfte des samples aus Rentnern beziehungsweise Pensionierten gestellt, in Dürrmenz sind dies weniger als ein Fünftel (siehe Abbildung 52).

Darüber hinaus sind in beiden Fällen die samples deutlich weiblich dominiert – bei einem Verhältnis von 10:1 tritt dieser Tatbestand in Dürrmenz jedoch weitaus deutlicher zu Tage als in Mühlhausen (Verhältnis 9:6).

Im Hinblick auf den gegenwärtigen **Familienstand** überwiegen unter den Befragten in beiden Stadtteilen verheiratete Ehepaare (6/11 in Dürrmenz, 13/15 in Mühlhausen). Jedoch ist der Anteil befragter *lediger* Personen in Dürrmenz weitaus größer als in Mühlhausen (4/11 gegenüber 1/11). Da in Dürrmenz die unverheirateten Befragten überwiegend in Zwei-Personen-Haushalten leben, ist die absolute Anzahl dieser Haushalte in diesem sample auch am größten (5/11). In der aus Mühlhausen sind Zwei- und Vier-Personen-Haushalte gleichverteilt – jedoch gilt hier zu beachten, dass die Bewohner der Zwei-Personen-Haushalte in Mühlhausen **ausschließlich** verheiratete Rentner sind, während es sich in Dürrmenz überwiegend um Voll- oder Teilzeitbeschäftigte, meist ledige Menschen, handelt (siehe Abbildung 53).

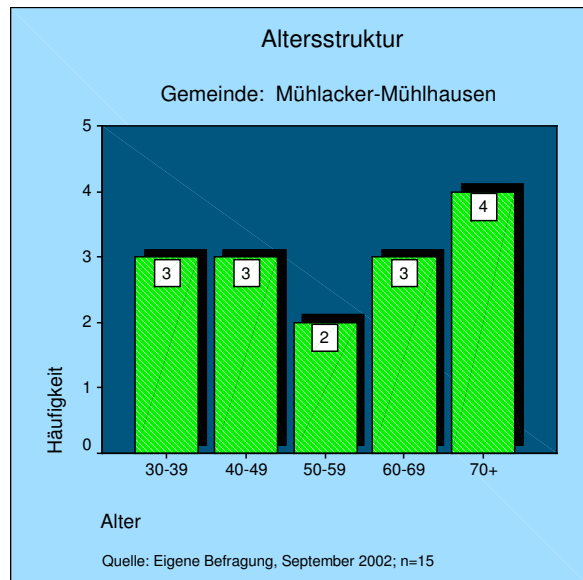
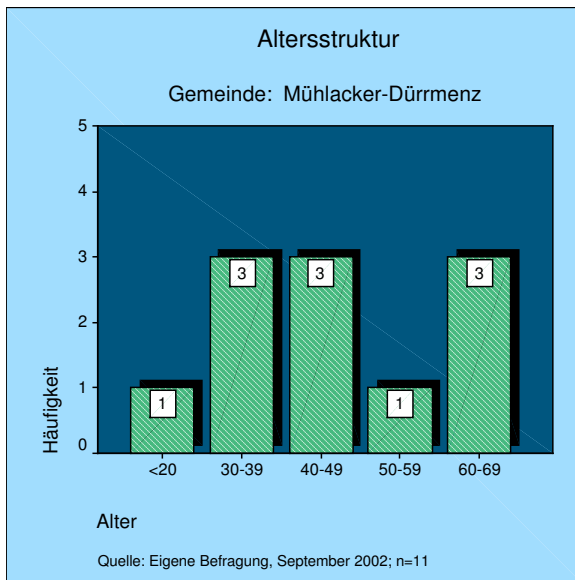


Abb. 52: Altersstruktur der befragten Bürger
Quelle: Eigene Erhebung, September 2002

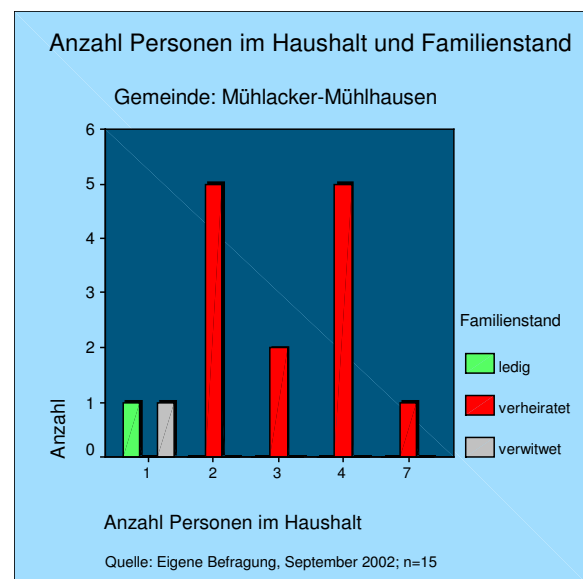
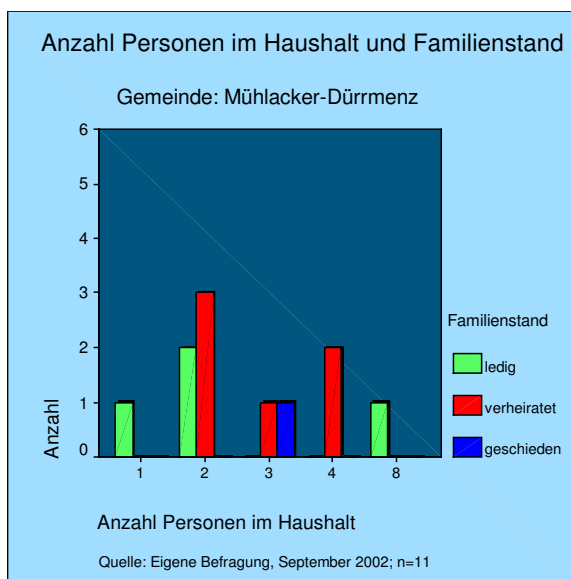
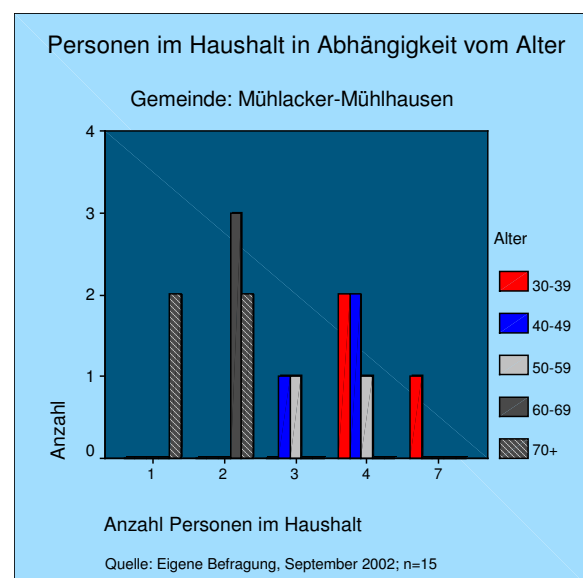
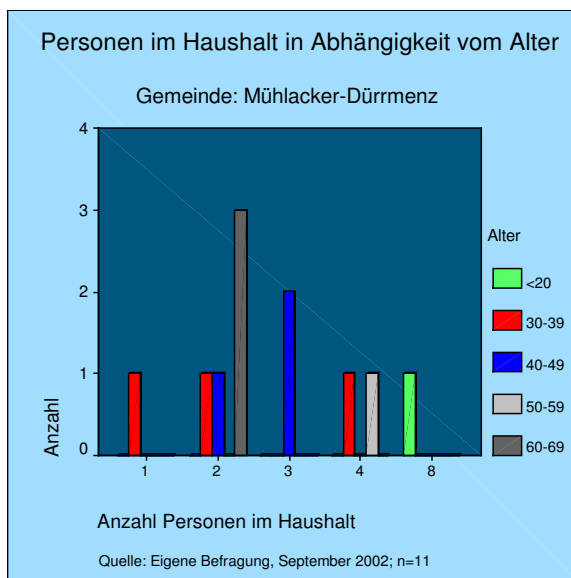


Abb. 53: Anzahl der Personen im Haushalt und Familienstand der befragten Bürger
Quelle: Eigene Erhebung, September 2002

Die Wohnungen beziehungsweise die Häuser der befragten Personen befanden sich dabei in Dürrmenz zu etwa zwei Dritteln in eigener Hand, zu einem Drittel waren sie gemietet. In Mühlhausen dagegen dominieren klar Eigentumsverhältnisse, nur eine befragte Person gab an, Mieter zu sein.

Bezüglich des Bildungsniveaus der beiden Stadtteile ergibt sich innerhalb der samples auf den ersten Blick ein recht ausgewogener Eindruck; seitens der Probanden wurden jeweils hauptsächlich Volks- und Hauptschulabschluss beziehungsweise Realschulabschluss und mittlere Reife angegeben. Ein Vergleich mit dem jeweils genannten gegenwärtigen Beruf deutet jedoch das Vorhandensein eines geringfügig höheren Bildungsniveaus der unter 60-jährigen innerhalb des sample aus Mühlhausen an. Denn während die Nennungen des höchsten Bildungsabschlusses „Volks-/Hauptschulabschluss“ in Mühlhausen ausschließlich Rentnern/Pensionären zuzuordnen ist, wurde diese Aussage in Dürrmenz mehrheitlich von berufstätigen Personen getroffen. Des Weiteren äußerte die Aussage „Schule beendet ohne Abschluss“ lediglich eine Person in Dürrmenz. Diese Person ist darüber hinaus eine von insgesamt zwei Befragten, die in Dürrmenz zur Zeit ohne Beschäftigung sind – in Mühlhausen trat diese Kategorie gar nicht auf (vgl. Abbildung 54).

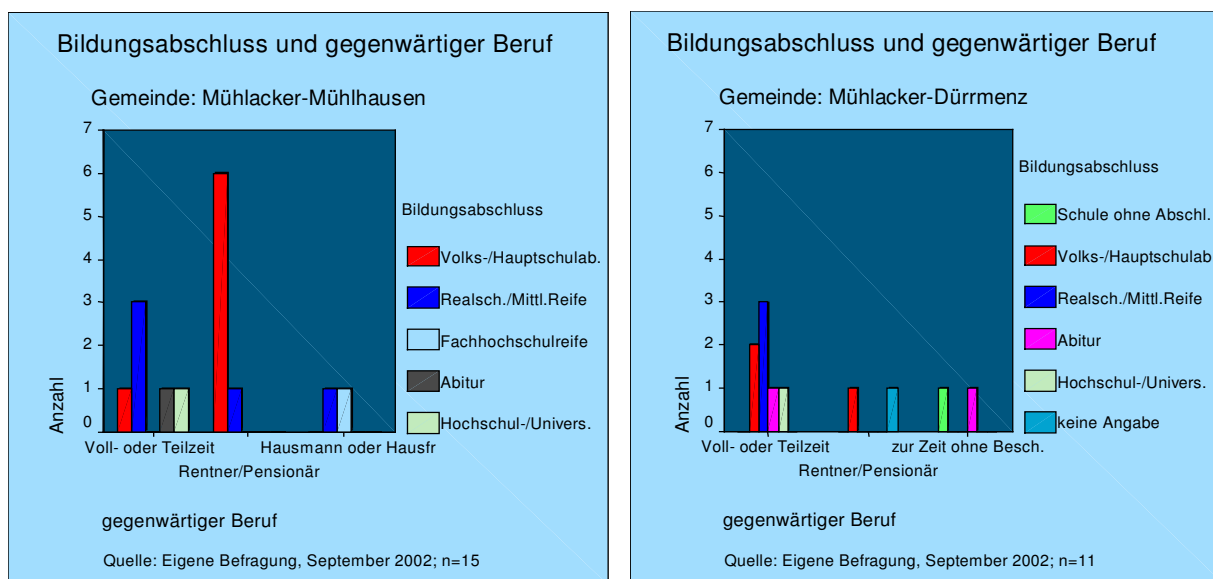


Abb. 54: Höchster Bildungsabschluss sowie gegenwärtig ausgeführter Beruf der befragten Bürger
Quelle: Eigene Erhebung, September 2002

Insgesamt mögen diese Auswertungen den persönlich vor Ort gewonnen Eindruck bestätigen, dass das sample des Stadtteils Dürrmenz insgesamt die etwas jüngere, „ungebundenerere“ heterogener strukturierte Bevölkerung repräsentiert, während die befragten Bewohner aus Mühlhausen der etwas „gesetzteren“, in ihren Lebensstrukturen eher schon weitestgehend „gefes-tigten“, homogeneren Bevölkerung zuzuordnen sind.

Das sample der Stadt **Neuenbürg** ähnelt im Hinblick auf die Alterstruktur demjenigen aus Mühlacker-Mühlhausen, bezüglich des Geschlechts dagegen eher dem aus Mühlacker-

Dürrenz. Die Mehrheit der in Neuenbürg befragten Personen ist über 50 Jahre alt, weiblich und verheiratet; drei der sechs Befragten sind bereits Rentner/Pensionär weitere zwei berufstätig, eine Hausfrau.

In Bezug auf das Bildungsniveau wurden seitens der Befragten jeweils drei mal Volks- und Hauptschulabschluss sowie Realschulabschluss und Mittlere Reife angegeben.

12.2 Hochwasserbezogener Wissens- und Erfahrungsschatz

Da zum Zeitpunkt der Befragung (*September 2002*) das verheerende Hochwasser an der Elbe in Ostdeutschland weniger als vier Wochen zurücklag, bezog sich die erste Frage des Fragebogens darauf, ob dieses Ereignis bei dem jeweiligen Probanden etwas im Denken über Hochwasser in der Region an Enz und Nagold verändert hat. Dieser Frage kam die Rolle als „Eisbrecher“ deshalb zu, weil davon ausgegangen werden konnte, dass dieses Ereignis noch stark in der Erinnerung der Menschen vorhanden war.

Neben insgesamt 10 „keine Reaktion“ und einem „weiß nicht“ eröffnet sich unter den verbleibenden 21 Antworten ein breites Spektrum an Meinungen (Tabelle 10).

Tab. 10: Auswirkungen des Elbehochwassers vom August 2002 auf die befragten Bürger
Quelle: Eigene Erhebung, September 2002

Reaktionen auf Elbehochwasser	Häufigkeit
• Erinnerungen an 1993er Hochwasser geweckt	6
• HW-Katastrophen kann es immer wieder geben, auch hier ist man nicht sicher davor	6
• bei extremen Regenfällen wieder vermehrt Angst vor örtlichem Hochwasser	1
• Bestätigung der vorherigen Einstellung bezüglich Flussbegradigungen etc.	2
• Bis zum nächsten HW wird es wohl nicht wieder 50 Jahre dauern (HW waren: 1947, 1993)	1
• große Sorgen, konnte kaum schlafen	1
• man macht sich verstärkt Gedanken über einen Klimawandel	1
• Man denkt zwar ständig an HW, nun aber auch mögliche Schäden bewusst geworden	1
• Politiker hellhöriger geworden	1
• Regionaler Hochwasserschutz muss weiter verbessert werden	1
• keine	10
• weiß nicht	1
Total	32

Bei sechs Personen wurden durch die Medienberichte Erinnerungen an das 1993er Hochwasser geweckt, weitere sechs Personen sind sich bewusst geworden, dass Hochwasser prinzipiell jederzeit wiederkommen könnten und dass man auch hier nicht sicher davor sei. Jene beiden Nennungen sind die am häufigsten geäußerten Antworten. Dieser Sachverhalt und die seitens des Autors vor Ort beobachteten, stark emotional geprägten Reaktionen der Bewohner auf diese Frage veranschaulichen wohl auch eine Tatsache: Den starken Einfluss der Berichterstattung zum Elbe-Hochwasser auf das Erinnerungsvermögen der vom 1993er Enz-Hochwasser betroffenen Bevölkerung.

An den drei Befragungsstandorten wussten nahezu alle Befragten meist lebhaft über die damaligen Ereignisse an der Enz zu berichten. Diesen Sachverhalt gilt es besonders dann zu berücksichtigen, wenn es im weiteren Verlauf dieser Arbeit darum geht, die Beurteilungen der Probanden hinsichtlich der Wahrscheinlichkeit möglicher zukünftiger regionaler Hochwasser beziehungsweise deren Jährlichkeit auszuwerten. Ist dann doch davon auszugehen, dass jene Beurteilungen sehr wahrscheinlich durch die nachhaltige Elbe-Berichterstattung verzerrt werden. Psychologen sprechen in diesem Fall auch vom sogenannten „**Availability-**“, oder „Verfügbarkeitseffekt“. Dieser impliziert eine „Orientierung des Urteils an der kognitiven Verfügbarkeit von Informationen“ (Tversky und Kahnemann nach Jungermann und Slovic, 1993; S.188). Nach Jungermann und Slovic (1993) wird ein Ereignis von Probanden daher für umso wahrscheinlicher gehalten, je mehr dieses konkrete Ereignis erinner- oder vorstellbar ist. Daher muss auch jede mediale Berichterstattung zu einem bestimmten risikobehafteten Ereignis dessen unvoreingenommene Beurteilung verzerren – nimmt diese doch abhängig vom Grad der Berichterstattung mehr oder weniger starken Einfluss auf die Erinnerbarkeit oder Vorstellbarkeit. Beispielsweise berichtet Plapp (2001) in Zusammenhang mit dem Unglück eines Flugzeugabsturzes, dass in den Tagen nach einem solchen Absturz die Menschen die Wahrscheinlichkeit solcher Unfälle wesentlich überschätzen, während diese in unfallfreien Zeiten meist unterschätzt wird.

Übertragen auf den Kontext dieser Arbeit hieße das, dass die in allen Medien äußerst intensiv betriebene Berichterstattung zum Elbehochwasser die objektive Hochwasserrisikowahrnehmung der Probanden beeinflusst haben dürfte. Daher wird an späterer Stelle noch auf die Frage einzugehen sein, wie genau sich dieser „Availabilityeffekt“ in den Antworten der befragten Personen manifestiert.

Auf die zweite Frage, wann in der Region schon einmal große Hochwasser stattfanden, benannten alle 32 Befragten das 1993er Hochwasser. In Dürrmenz konnte sich des Weiteren ein Proband, in Mühlhausen konnten sich vier noch an das 1947er Ereignis erinnern. Das 1993er Ereignis war aber für fast alle Befragten das schlimmste [Frage5].

Von diesem Hochwasser waren in *Dürrmenz* neun der elf befragten Probanden persönlich **betroffen** [Frage3]. Dabei wurde in fünf Fällen auch die eigene Wohnung beschädigt [Frage4]. Bei den übrigen vier persönlich betroffenen Probanden lag diese im ersten Stock [Frage18] und konnte daher nicht vom Hochwasser erreicht werden – hier wurden hauptsächlich die im Erdgeschoss gelegenen Hauswirtschaftsräume oder Geschäftsflächen beschädigt. Bei allen betroffenen Haushalten reichte der damalige Wasserstand „nur“ bis ins Erdgeschoss [Frage6].

In *Mühlhausen* und *Neuenbürg* war **jeder** der Befragten persönlich von einem Hochwasser betroffen. Auch die eigene Wohnung war hier durch das Wasser öfter in Mitleidenschaft gezogen worden als in Dürrmenz – in lediglich vier Fällen in Mühlhausen und drei Fällen in Neuenbürg lag die Wohnung der Betroffenen über dem Wasserspiegel (im ersten Stock oder höher). Die Höhe der finanziellen Schäden [Frage7] variierte bei den befragten Personen in Dürrmenz und Neuenbürg von unter 25.000 DM bis über 100.000 DM, in Mühlhausen lagen diese zum Teil weit über 200.000 DM (siehe Abbildung 55). Auf die Frage, welcher Verlust für die Befragten der schlimmere sei, der finanzielle oder der ideelle (Verlust persönlicher Gegenstände), ergaben sich in den drei Orten unterschiedliche Antwortmuster – nicht immer wurde der finanzielle Schaden auch als der schlimmere empfunden.

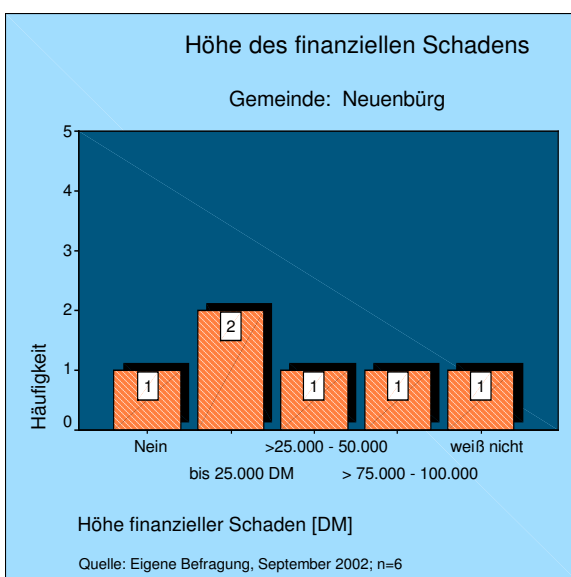
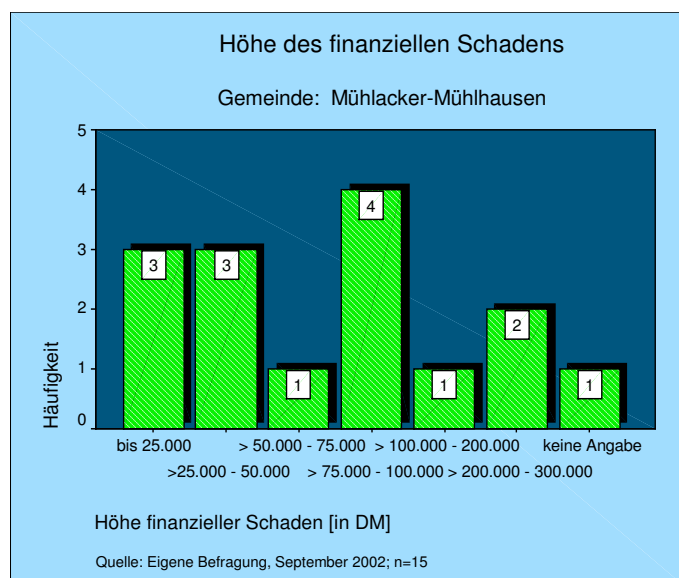
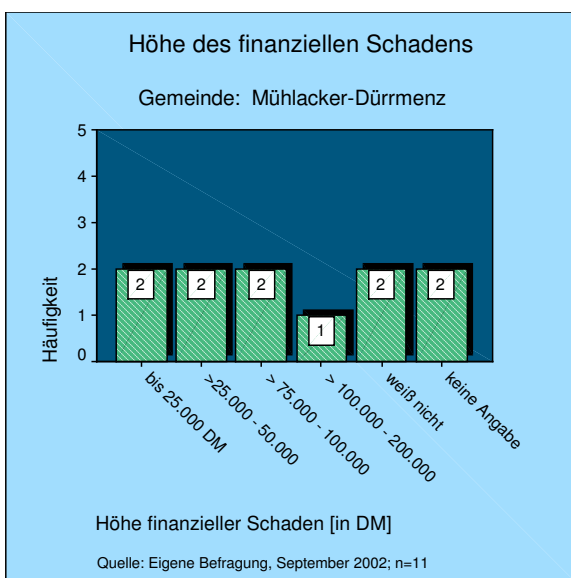


Abb. 55: Höhe der durch das 1993er Hochwasser bei den befragten Bürgern verursachten Schäden
Quelle: Eigene Erhebung, September 2002

Auf die Frage, ob bereits bauliche Veränderungen am Haus durchgeführt worden seien, um sich so gegen eventuelle zukünftige Hochwasser zu schützen [Frage9], antwortete die Mehrheit aller Befragten mit „nein“; lediglich zwei Befragte in Dürrmenz gaben an, ihre Heizung bereits in höhere Stockwerke verlegt zu haben. Einen Überblick über weitere bereits ergriffene Maßnahmen zeigt die Tabelle 11:

Tab. 11: Durchführung von baulichen Maßnahmen durch befragte Bürger
Quelle: Eigene Erhebung, September 2002

Wurden bereits bauliche Veränderungen am Haus durchgeführt?			
Gemeinde			Häufigkeit
Mühlacker-Dürrmenz	gültig	Heizung in obere Stockwerke verlegt	1
		Heizung in obere Stockwerke verlegt, Abdichtung der Kellerfenster	1
		nein	8
		statt Linoleumböden nun Stein- und Gipsböden im EG; Sperrventil für Kanalisation	1
		Total	11
		nein	7
Mühlacker-Mühlhausen	gültig	Fliesen statt Korkfussboden; besonderer Putz, der nicht abbröckelt. Haus aber 400 J. alt, so gebaut, dass es HW aushält!	1
		Im EG ausschließlich Baustoffe verwandt, die sich nicht mit Wasser vollsaugen	1
		Lichtschächte betoniert; Rinnsteine	1
		Metallummantelung für Öltanks, damit diese nicht umfallen	1
		Neubau etwas weiter aus der Erde gebaut, nicht ebenerdig	1
		Notstromaggregat und Pumpe	1
		Rahmen und Holzplatten für Kellerfenster	1
		Stahlplatten zum Abschotten der Fenster im EG	1
		Total	15
		nein	3
		Befestigung des Öltanks	1
Erdwall am Grundstück etwa 70 cm höher gebaut	1		
Öltank ummauert	1		
Total	6		

Von besonderer Bedeutung war die Frage 10, welche die Probanden aufforderte, die Wirksamkeit bestimmter **Selbstschutzmaßnahmen** in Bezug auf mögliche zukünftige Hochwasser zu beurteilen – sollte diese Frage doch in leicht abgewandelter Form **nach** der Konfrontation mit den Ergebnissen der Abflussmodellierung erneut gestellt werden (Frage 38, siehe auch Kapitel 12.4). Auf diese Weise sollte versucht werden zu analysieren, ob sich die Probanden nach dem Lesen des „Zeitungsartikels“ veranlasst sähen, Schutzmaßnahmen zu ergreifen (Frage 38), die von ihnen selbst vorher (Frage 10) noch als (mehr oder weniger) unwirksam erachtet wurden. Träten solche „Abweichungen“ auf, könnte dies als Zeichen dafür interpretiert werden, dass der jeweilige Proband sich des möglicherweise erhöhenden regionalen Hochwasserrisikos bewusst geworden wäre und ferner auch die Notwendigkeit erkennen würde, private Vorsorge zu ergreifen.

Ferner soll durch diese Frage auch versucht werden zu erkunden, in welchem Maße die Probanden bereit wären, ihre Verhaltensweisen an diese neu bewertete Risikolage anzupassen. Kaum geklärt werden kann in diesem Zusammenhang allerdings, inwieweit diese (wenn überhaupt erkennbaren) Vorsätze sich in dauerhaften, über den Moment der Befragung hinausgehenden, an die erhöhte Risikosituation angepassten Verhaltensweisen manifestieren.

Bezüglich der im Fragebogen aufgelisteten Selbstschutzmaßnahmen hält in beiden Stadtteilen Mühlackers eine Mehrheit der Befragten das Anfordern von Informationsmaterialien zu hochwasserbezogenen **Versicherungen** für *nicht wirksam* – der Grund liegt darin, dass die meisten dieser Personen bereits eine solche Versicherung besitzen [Frage26]. Für wirksam dagegen halten in Dürrmenz drei, in Mühlhausen fünf Personen diese Maßnahme. In Neuenbürg besitzen drei der Befragten bereits eine solche Versicherung und halten diese auch für wirksam. Dagegen sind die zwei Personen, die diese Maßnahme für „überhaupt nicht wirksam“ halten, nicht im Besitz einer Versicherung. Die von diesen beiden Befragten vorgebrachte Begründung, dass eine Hochwasserversicherung ihres Erachtens im Wohnort nicht angeboten wird, mag einen gewissen Grad von Desinteresse indizieren. Allerdings gab einer dieser zwei Probanden auch bezüglich der folgenden Frage ausschließlich „überhaupt nicht wirksam“ an – dieser Proband scheint allen vorgestellten Maßnahmen grundsätzlich eher skeptisch gegenüber zu stehen.

Bauliche Veränderungen an ihrem Haus durchzuführen, erachtet insgesamt eine (knappe) Mehrheit der Befragten in Mühlacker-Dürrmenz und Mühlacker-Mühlhausen als wirksam beziehungsweise sehr wirksam. In Neuenbürg stehen die Befragten dieser Maßnahme durchgehend ablehnend gegenüber (siehe auch Abbildung 56).

Bezüglich der Frage nach der Wirksamkeit von **Hochwasserschutzvorrichtungen**, wie zum Beispiel Pumpen oder Schotten für Fenster und Türen, lässt sich in den drei samples eine unterschiedliche Verteilung erkennen: In Dürrenz werden diese von einer (knappen) Mehrheit als wirksam beziehungsweise sehr wirksam bezeichnet, in Mühlhausen und Neuenbürg steht die Mehrheit der Befragten dieser Maßnahme dagegen sehr skeptisch gegenüber (siehe auch Abbildung 56). In Mühlhausen geht dieser Unterschied im Wesentlichen auf die Altersstruktur der jeweils befragten Personen zurück, bezeichneten dort doch sämtliche der über 70 Jahre alten Probanden diese Maßnahme als „überhaupt nicht wirksam“.

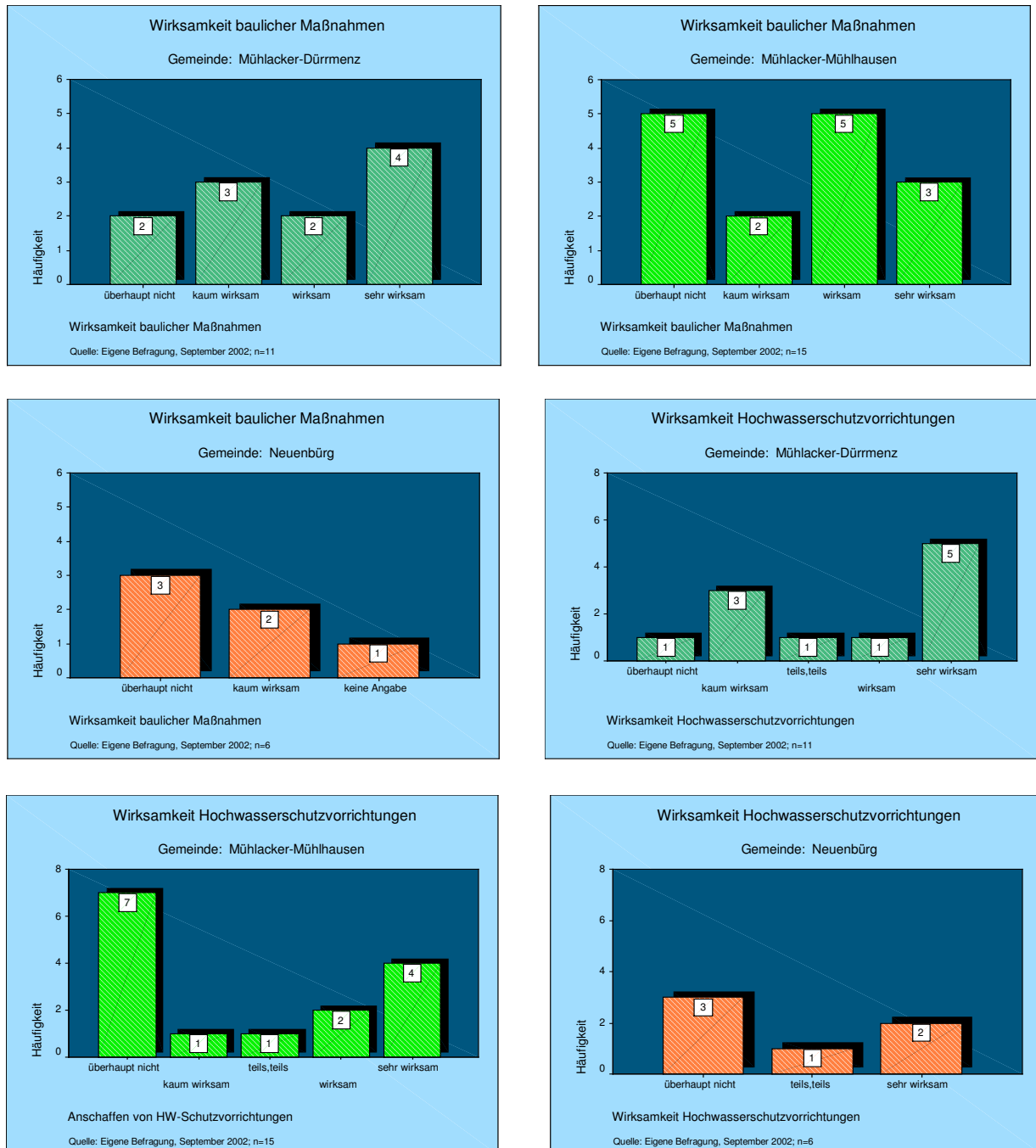


Abb. 56: Beurteilung der Wirksamkeit hinsichtlich der Durchführung baulicher Maßnahmen am eigenen Haus sowie der Anschaffung privater Hochwasserschutzvorrichtungen durch die befragten Bürger
Quelle: Eigene Erhebung, September 2002

Am effektivsten wird von allen Befragten aber die Option eingeschätzt, wertvolles **Inventar** (bei ausreichend großer Vorwarnzeit) vor Eintreffen der Flutwelle aus Keller und Erdgeschoss in höhere Stockwerke umzuräumen (Abbildung 57). Im Gegensatz dazu sehen alle Probanden das Anfordern von **Informationsmaterialien** zum privaten Hochwasserschutz als insgesamt wenig wirksam an (Abbildung 57).

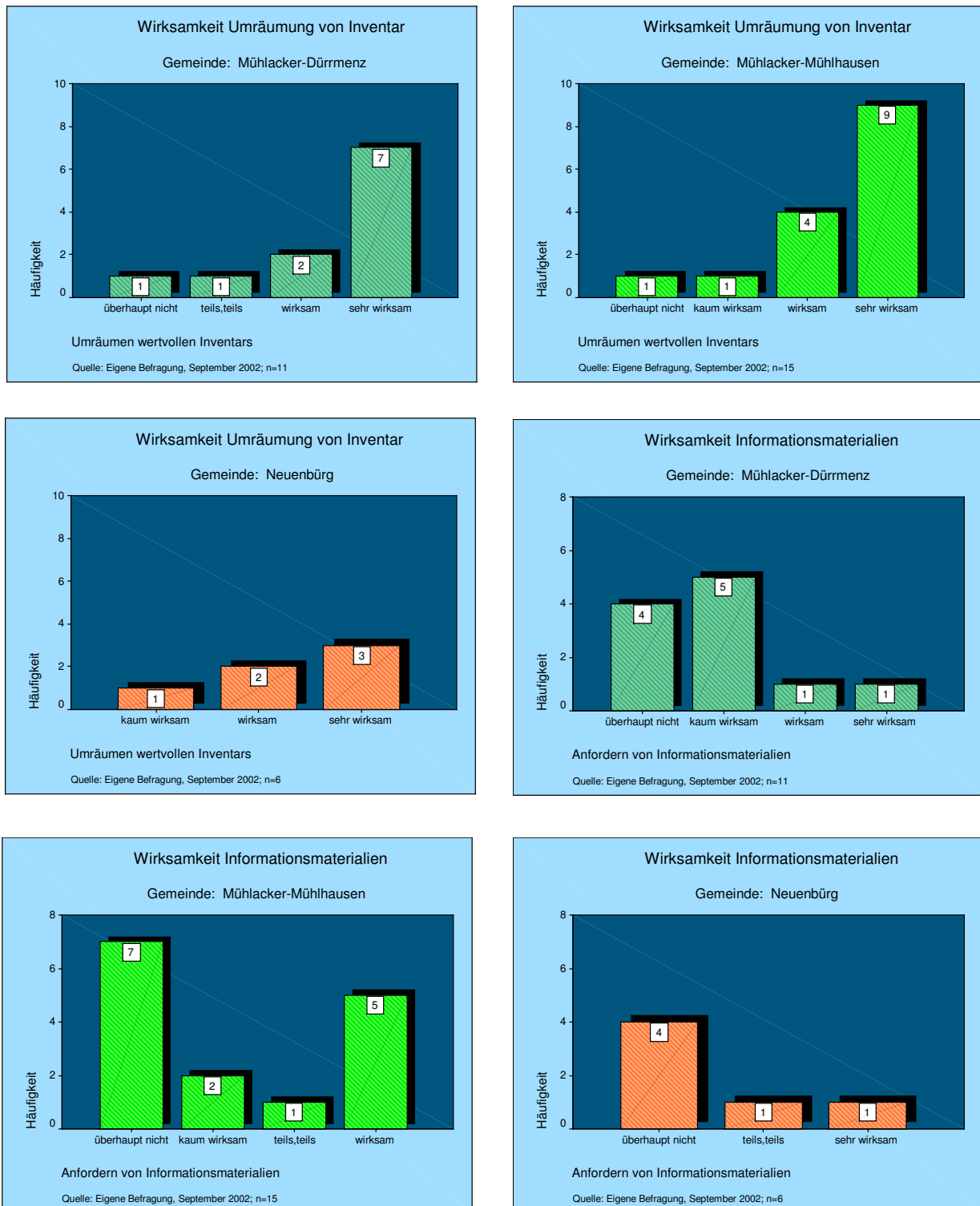


Abb. 57: Beurteilung der Wirksamkeit hinsichtlich des Umräumens wertvollen Inventars aus Keller und Erdgeschoss in höhere Stockwerke sowie der Anschaffung von Informationsmaterialien zum privaten Hochwasserschutz durch die befragten Bürger
Quelle: Eigene Erhebung, September 2002

Ein **Umzug** in eine sicherere Region wird in Dürrenz von immerhin sechs Befragten (Abbildung 58) – und damit von der Mehrheit – als mindestens „wirksam“ erachtet. Bei vier Befragten, die einen Umzug als „wirksame“ Maßnahme erachteten, scheint dieser Gedanke mehr als rein spekulativer Natur zu sein – jene Befragten gaben an, aufgrund der Hochwassergefährdung bereits **ernsthaft** einen Umzug in Erwägung gezogen zu haben [Frage11].

Die Abbildung 58 zeigt weiterhin, dass zwei dieser vier Probanden sich vor dem Herzug nach Mühlacker-Dürrenz *nicht* der Hochwassergefahr bewusst waren – mit diesem Wissen wären sie wahrscheinlich nicht dorthin gezogen [Fragen 16 und 17]. Von diesen vier Befragten abgesehen möchte die Mehrheit jedoch nicht aus Dürrenz wegziehen.

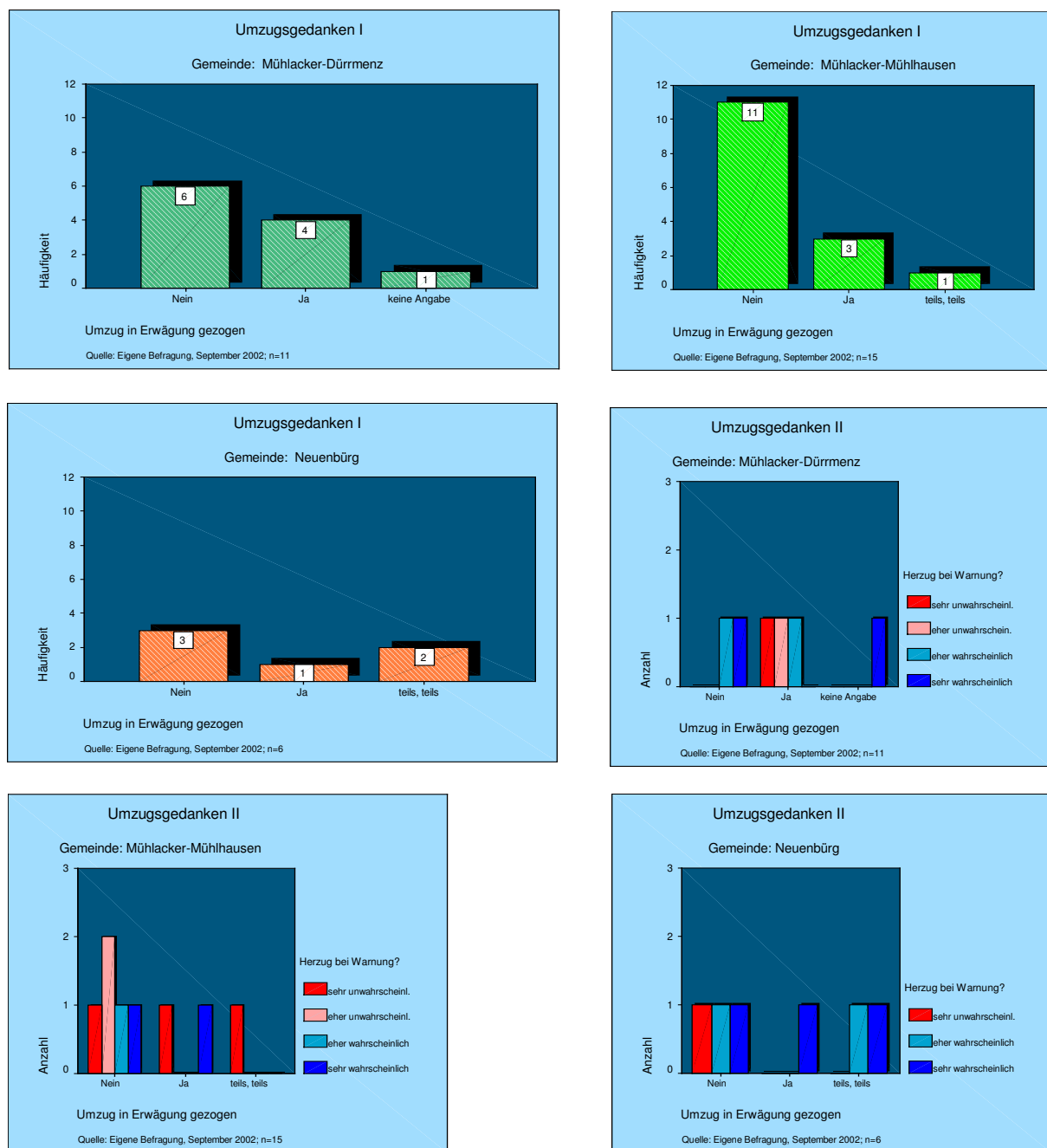


Abb. 58: Durch die befragten Bürger geäußerte Umzugsgedanken: Wurde im Haushalt bereits einmal über einen Umzug nachgedacht, und wäre der/die Befragte auch dann in die Gemeinde gezogen, wenn er/sie vor möglichem Hochwasser gewarnt gewesen wäre?

Quelle: Eigene Erhebung, September 2002

In Mühlhausen und Neuenbürg werden hochwasserbedingte Umzugsgedanken dagegen kaum eingestanden, die große Mehrheit hält diese Maßnahme für „überhaupt nicht“ beziehungsweise „kaum“ wirksam und hat sie auch noch nie ernsthaft in Erwägung gezogen.

Wie bereits erwähnt, wurde in Mühlacker auf das 1993er Hochwasser mit einer generellen Neubemessung der Hochwasserschutzbauten reagiert (vgl. Kapitel 11.3). In diesem Zusammenhang sollte die Frage 13 erheben, wie gut sich die befragte Bevölkerung durch die gegenwärtigen **Hochwasserschutzbauten** gesichert fühlt. In diesem Zusammenhang ergaben sich deutliche Unterschiede zwischen den beiden Stadtteilen. In **Dürrenz** scheinen diese öffentlichen Maßnahmen das Sicherheitsempfinden der befragten Menschen *nicht* wesentlich zu erhöhen. Fünf der elf Befragten fühlen sich „kaum“ beziehungsweise „überhaupt nicht“ vor einem neuerlichen Hochwasser geschützt, weitere vier nur „teils, teils“. „Gut“ beziehungsweise „sehr gut“ geschützt fühlt sich nur eine absolute Minderheit. In **Mühlhausen** dagegen fühlen sich die meisten der Befragten (acht von 15) „gut“ geschützt (vgl. Abbildung 59).

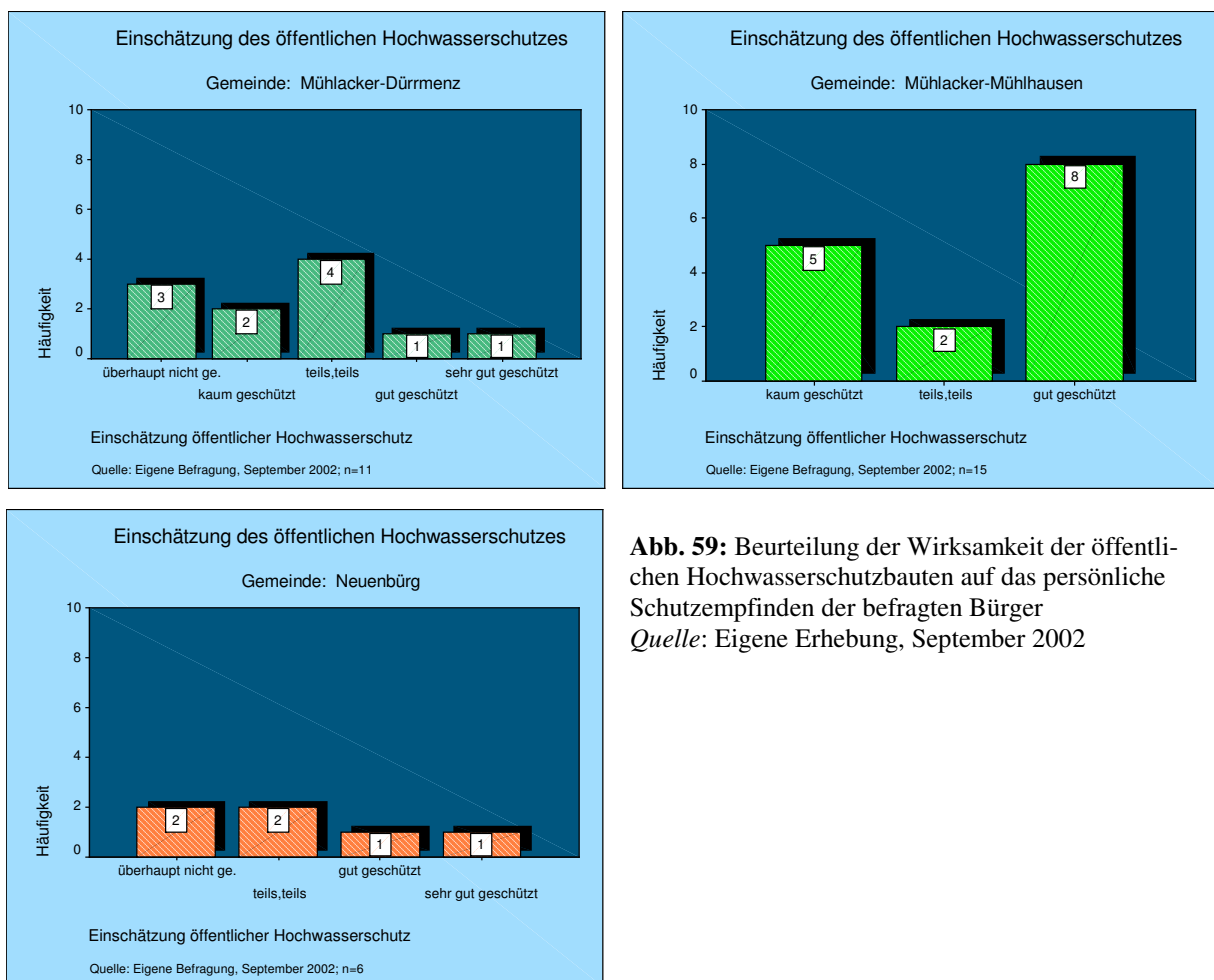


Abb. 59: Beurteilung der Wirksamkeit der öffentlichen Hochwasserschutzbauten auf das persönliche Schutzempfinden der befragten Bürger
Quelle: Eigene Erhebung, September 2002

Diese beträchtlichen Unterschiede im Niveau des wahrgenommenen Schutzgrades sind höchstwahrscheinlich auf den grundsätzlich unterschiedlichen baulichen Charakter der Hochwasserschutzbauten in den beiden Stadtteilen zurückzuführen. Denn während die Bewohner Mühlhausens durch (nachträglich noch einmal erhöhte) *Deiche* gesichert sind, werden die Bewohner in Dürrmenz durch eine (ebenfalls nachträglich erhöhte) *Mauer* vor möglichen Enzhochwassern geschützt. Gut sichtbare und nach außen stabil wirkende Deichanlagen scheinen bei den potentiell betroffenen Menschen (bei objektiv gleich bemessenem Schutzgrad) eher Vertrauen in dessen Stabilität und Wirksamkeit bezüglich der Gefahrenabwehr zu wecken als eine steinerne Mauer. Zumal diese, von der Straße aus betrachtet, recht unscheinbar wirken kann (vgl. Abbildung 48, S.97). Des Weiteren stellt die Enzbrücke an sich ebenfalls einen (bisher unveränderten) Risikofaktor für die lokale Hochwasserentstehung dar: Denn dadurch, dass diese Brücke aufgrund ihrer Architektur (keine Bogenbrücke) die Enz etwa in einem 90° Winkel überspannt, kam es dort schon 1993 zu erheblichen Wasserrückstauwirkungen. Damit wurde Dürrmenz praktisch von zwei Seiten überflutet: Zum einen überspülte das Wasser weiter enzabwärts die angrenzende Mauer und drang so von „hinten“ in das Wohnviertel ein. Gleichzeitig staute sich das Wasser aber auch vor der Brücke auf und überschwemmte Dürrmenz so von der anderen Seite.

Auch in **Neuenbürg** wurde auf das 1993er Hochwasser mit einer Verbesserung der öffentlichen Hochwasserschutzbauten reagiert. Hier wurden im Wesentlichen mobile Spundwände am innerstädtischen Enzufer errichtet. Die Situation am Ortsausgang blieb aber weitestgehend unverändert (vgl. Ausführungen S.100 bzw. Abbildung 49). Auf diesem Hintergrund sind auch die Reaktionen der in Neuenbürg befragten Personen auf die Frage nach der Einschätzung des öffentlichen Hochwasserschutzes zu sehen. Die Bewohner der Innenstadt fühlen sich angesichts der Spundwände und Mauererhöhungen mehrheitlich „gut“ oder „sehr gut geschützt“, die Bewohner am Ortsausgang überwiegend „überhaupt nicht“.

Im Hinblick auf die **Verantwortlichkeit** für die Vermeidung von Hochwasserschäden in den Privathaushalten [Frage14] sieht die Mehrheit der befragten Personen in Dürrmenz beide Gruppen (öffentliche Stellen und jeden Bürger selbst) zu gleichen Teilen in der Verantwortung. Die Meinung, dass diesbezüglich jeder Bürger selbst einen Beitrag zur Schadensvermeidung zu leisten hat, vertritt hier lediglich eine Person. In Mühlhausen ist diese Auffassung dagegen weiter verbreitet, vier der 15 Befragten sehen den einzelnen Bürger stärker in der Pflicht. In Neuenbürg treten alle drei Antworten gleich häufig (je sechsmal) auf.

12.3 Einschätzung von Wahrscheinlichkeiten durch befragte Anwohner

Nachdem der vorherige Abschnitt den generellen Wissens- und Erfahrungsschatz der befragten Personen darlegte, sollen die folgenden Ausführungen darauf eingehen, wie die Befragten verschiedene Wahrscheinlichkeiten (bezüglich zukünftiger Hochwasser, möglicher Betroffenheit des möglichen Schadensniveaus etc.) einschätzen. Auf diese Art soll der Versuch unternommen werden, Rückschlüsse auf das ausgebildete Risikobewusstsein des jeweiligen Probanden zu ziehen. In einem späteren Schritt wird es dann gelten, die Auswirkung der Konfrontation der Probanden mit dem „Zeitungsartikel“ auf diese Risikoeinstellung zu untersuchen.

Da beide verwendete Klimaszenarien deutliche Tendenzen zu höheren monatlichen Abflusssummen und daher ein zukünftig insgesamt höher zu bemessenes regionales Hochwasserrisiko erkennen lassen (vgl. Kapitel 6.2.4), galt die erste Frage innerhalb dieses zweiten Teils der Befragung auch der einzuschätzenden **Wahrscheinlichkeit des Auftretens zukünftiger Hochwasser** an der Enz [Frage22]. Diesbezüglich hält die große Mehrheit aller Befragten ein künftiges Hochwasser an der Enz insgesamt für wahrscheinlich, die meisten dieser Gruppe halten dies sogar für „sehr wahrscheinlich“ (Abbildung 60).



Abb. 60: Beurteilung der Wahrscheinlichkeit zukünftiger Hochwasser durch die befragten Bürger
Quelle: Eigene Erhebung, September 2002

Darüber hinaus gehen die Befragten mehrheitlich davon aus, bei einem zukünftigen Hochwasser auch (wieder) **persönlich betroffen** [Frage23] zu sein (Abbildung 61).

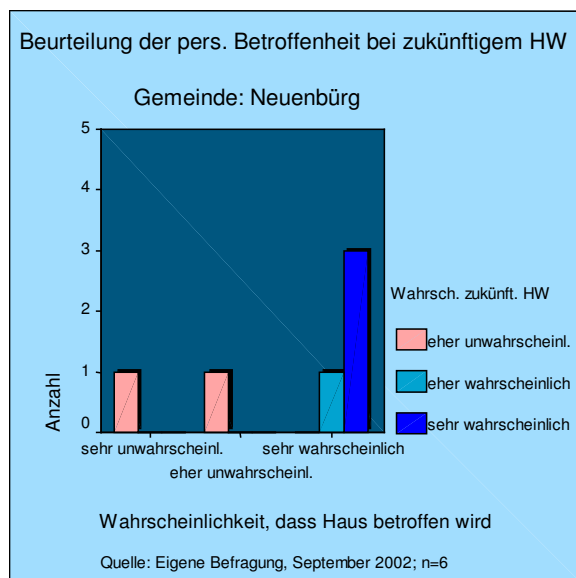
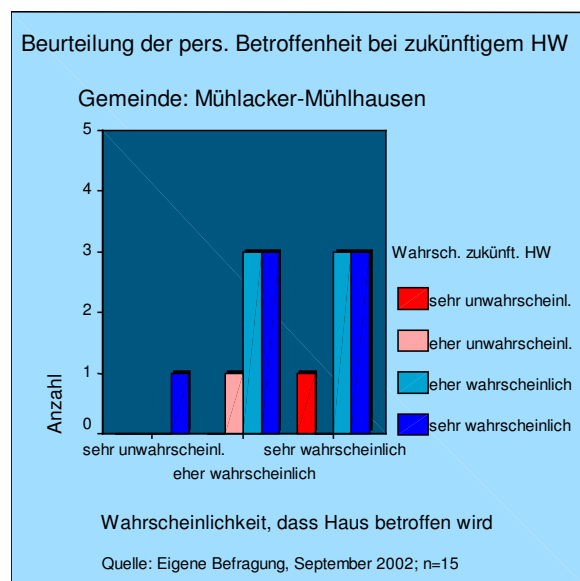
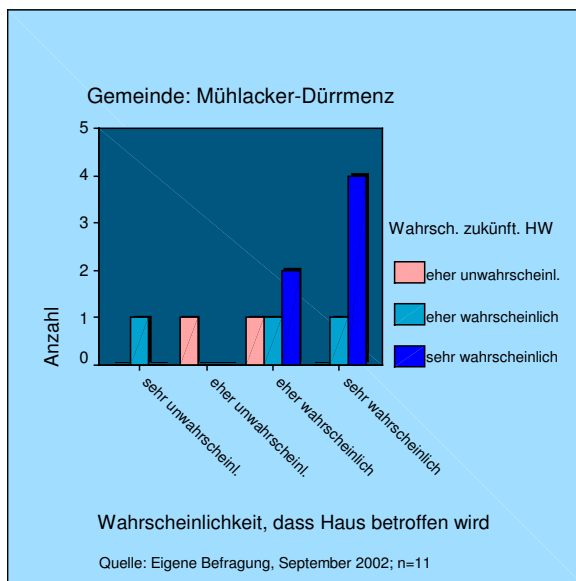


Abb. 61: Einschätzung der persönlichen Betroffenheit bei einem möglichen zukünftigen Hochwasser durch die befragten Bürger
Quelle: Eigene Erhebung, September 2002

Ähnlich sachlich wird auch die **Jährlichkeit** bezüglich eines „Jahrhunderthochwassers“ (vergleichbar dem von 1993) eingeschätzt [Frage24]. Erstaunlicherweise glaubt jedoch kaum noch jemand der Befragten, dass ein solches Ereignis mindestens noch 50 Jahre auf sich warten lassen würde. Die Mehrheit der Probanden in Mühlhausen (8 von 15) misst dem Weiterem dem Begriff des „Jahrhunderthochwassers“ offenbar überhaupt keine Bedeutung mehr zu, ihrer Meinung nach kann ein solches Ereignis „heute wie morgen“ eintreten, es sei schlicht nicht vorhersehbar. Eine mögliche Begründung für dieses Antwortverhalten könnte in der bereits angesprochenen hohen kognitiven Verfügbarkeit der Hochwasserproblematik aufgrund der Elbeflut-Berichterstattung liegen.

Durch die massive Präsenz dieser Flut in den Medien scheinen die Befragten zumindest bereits soweit sensibilisiert worden zu sein („Availabilityeffekt“), dass sie sich zum einen der regionalen Hochwassergefahr verstärkt bewusst geworden sind (siehe auch Ausführungen, S.107), dass sie zum anderen aber auch durch die vielen (Experten-) Berichte und Kommentare dazu bewegt worden sind, für ihre (hochwasservorbelastete) Region ähnliche Risiken zu vermuten. Dies zeigen auch die Antworten zur möglichen persönlichen Betroffenheit (siehe oben): Obwohl das letzte große Hochwasser bereits etwa 10 Jahre zurück liegt und sämtliche Deiche, Mauern, etc. erhöht wurden, sodass die Menschen sich nun eigentlich „sicher“ fühlen könnten, geht die Mehrheit der Befragten trotzdem davon aus, beim nächsten „großen“²¹ Hochwasser wieder persönlich betroffen zu sein. Vom allzu oft anzutreffenden „It won’t happen to me“ - Phänomen kann hier somit kaum die Rede sein (vgl. *Jungermann und Slovic, 1993; S.188*).

Von dieser Antwort abgesehen „erwarten“ vier der 15 Befragten in Mühlhausen ein großes Hochwasser nicht vor mindestens 10 Jahren. In Dürrmenz und Neuenbürg wird die Jährlichkeit eines solchen Ereignisses dagegen überwiegend geringer eingeschätzt (Abbildung 62). Dort geht die Mehrheit der Befragten davon aus, dass sich ein Hochwasser in den Dimensionen von 1993 bereits in weniger als 10 Jahren wiederholen könnte. Hier zeigt sich deutlich die Hochwassererfahrung der Bewohner Neuenbürgs (vgl. Kapitel 11.4), gab doch die Hälfte der Befragten an, dass bereits in weniger als fünf Jahren wieder mit einem solchen Ereignis zu rechnen sei.

²¹ Im weiteren Verlauf dieser Arbeit soll unter einem „großen“ Hochwasser ein solches Ereignis verstanden werden, das in seinen Dimensionen (bezüglich des zu erwartenden Abflusses und des Schadensausmaßes) mit dem von 1993 vergleichbar wäre.

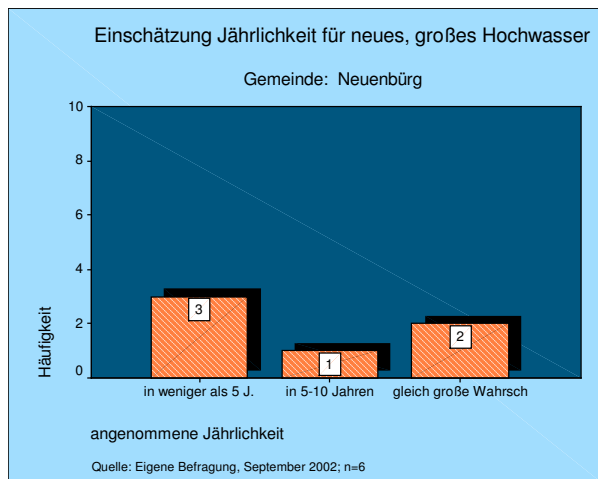
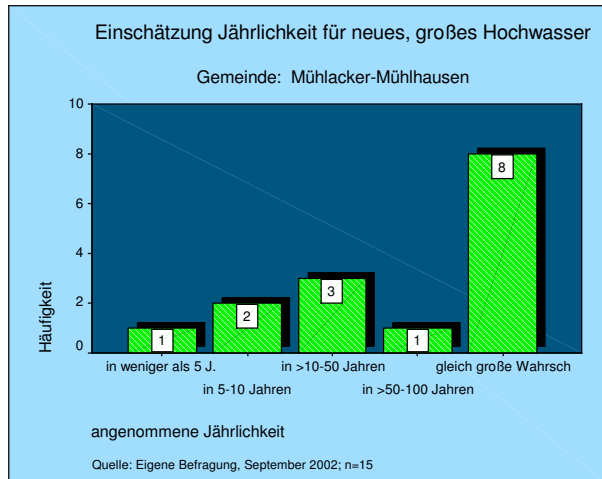
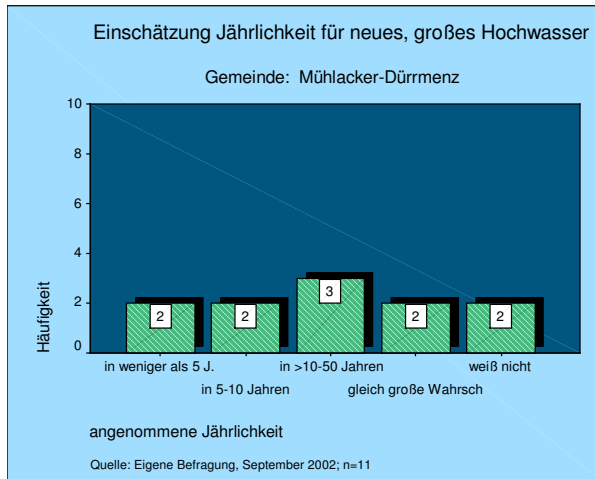


Abb. 62: Einschätzung der Jährlichkeit für das nächste große Hochwasser durch die befragten Bürger
 Quelle: Eigene Erhebung, September 2002

Aufschlussreiche Erkenntnisse ergaben sich bei einem Vergleich der Einschätzungen der Jährlichkeit und der Frage, ob die **Angst** vor einem möglichen Hochwasser verglichen mit anderen, die Zukunft betreffenden Sorgen, für den jeweiligen Probanden im Vordergrund oder im Hintergrund stehen würde [Frage28]. Diesbezüglich ist hervorzuheben, dass diese Art von Angst in Neuenbürg und Mühlacke-Mühlhausen von der Mehrheit der Befragten als „eher nachrangig“ gesehen wird (10 Probanden gaben dies an). In Mühlacke-Dürrenz treten die beiden Nennungen „eher nachrangig“ und „eher im Vordergrund“ dagegen gleich häufig auf. Darüber hinaus zeigt sich, dass für die Befragten in Dürrenz, die eine *niedrige* Jährlichkeit (unter 10 Jahren) für ein weiteres extremes Hochwasser annahmen, die Angst vor diesem Hochwasser auch eher im *Vordergrund* steht. Dagegen ist diese Angst bei jenen, die eine *hohe* Jährlichkeit angaben eher *nachrangig* (siehe Abbildung 63). In den Köpfen der in Dürrenz befragten Personen scheint die Furcht vor einem neuen Hochwasser damit präsenter zu sein als bei den Befragten in Mühlhausen.

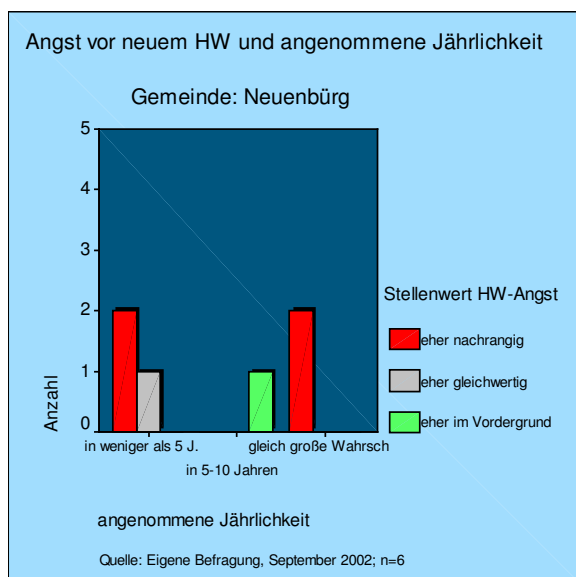
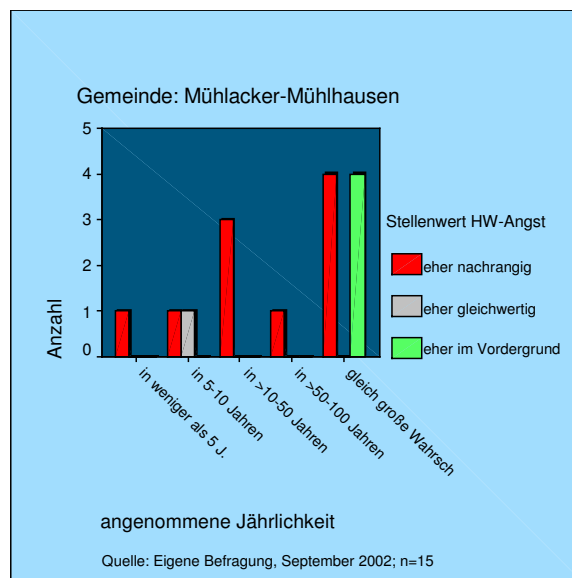
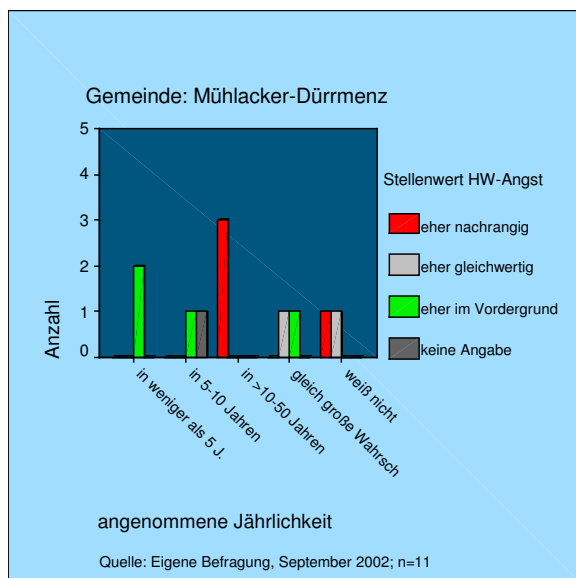


Abb. 63: Stellenwert der durch die befragten Bürger geäußerten Hochwasserangst im Vergleich zur angenommenen Jährlichkeit
Quelle: Eigene Erhebung, September 2002

Drei befragte Dürrmenzler haben des Weiteren schon konkret darüber nachgedacht, den Stadtteil zu verlassen. Darüber allerdings, ob der Grund für diese Absicht in der von ihnen geäußerten Angst vor einem zukünftigen Hochwasser zu sehen wäre, können hier keine gesicherten Angaben gemacht werden. Auch über die Ursache dafür, dass von den Dürrmenzern öfter als von den anderen Befragten angegeben wird, eher Angst vor einem zukünftigen Hochwasser zu haben, können an dieser Stelle lediglich Vermutungen angestellt werden. Jedoch wäre ein möglicher Faktor hierfür in den unterschiedlich angelegten städtischen Hochwasserschutzbauten der beiden Stadtteilen und deren Auswirkung auf die Risikowahrnehmung der Befragten zu sehen. Denn wie bereits erwähnt, scheinen Deichanlagen (und hohe Spundwände) den Anwohnern ein höheres Sicherheitsgefühl zu vermitteln als die „kleine“ (wenngleich erhöhte) Mauer am Straßenrand. Daher mögen die Maueranlagen in Dürrmenz den Bewohnern die Gefahr eines erneuten Hochwassers „realer“ erscheinen lassen, während die Deiche

in Mühlhausen und die Spundwände in Neuenbürg deren Bewohner eher (aber auch immer vorgetäuscht) in Sicherheit wiegen.

Die durch ein abermaliges extremes Hochwasserereignis entstehenden **Schäden** [Frage25] schätzen die meisten aller Befragten als „hoch“ bis „sehr hoch“ ein (vgl. Abbildung 64).

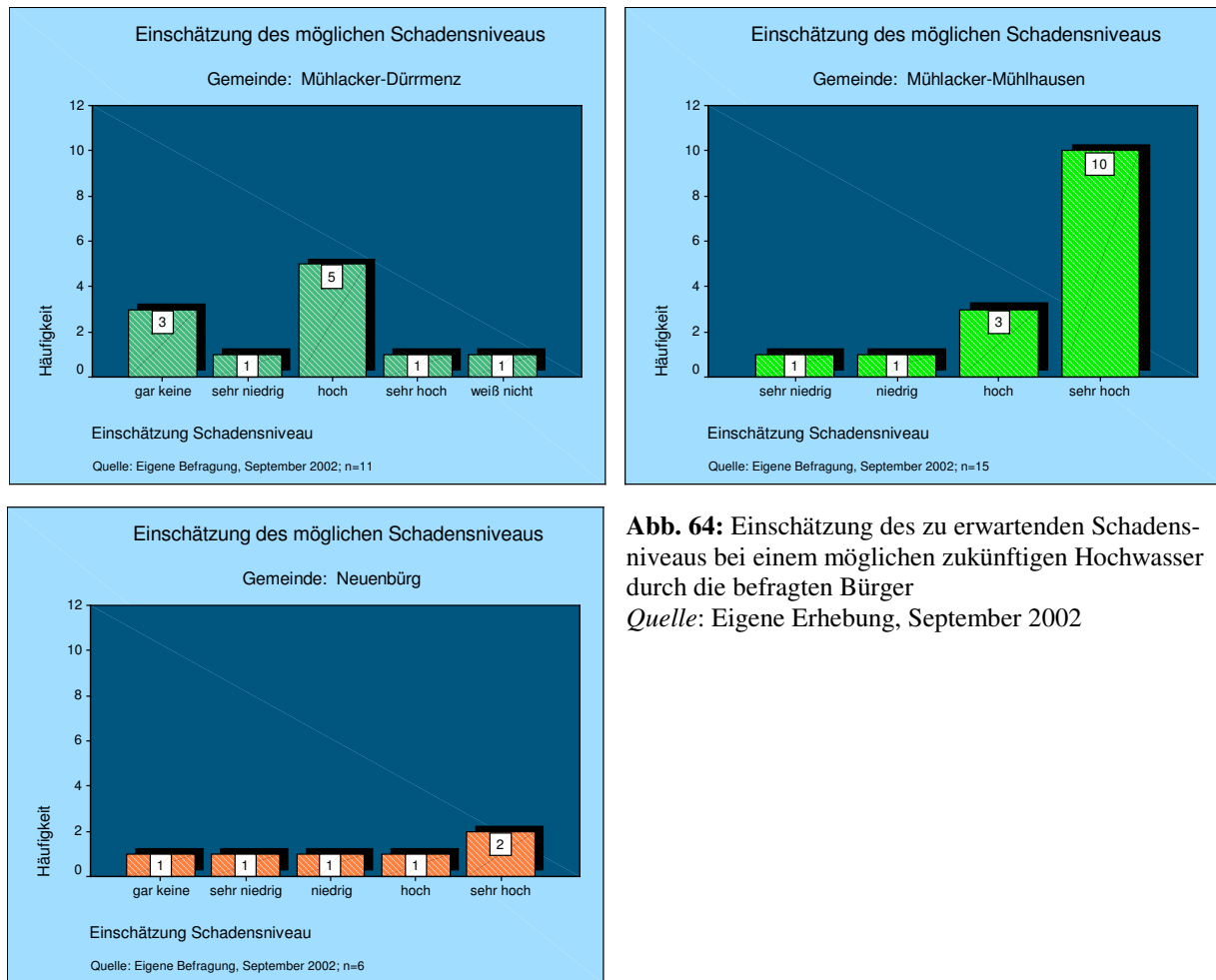


Abb. 64: Einschätzung des zu erwartenden Schadensniveaus bei einem möglichen zukünftigen Hochwasser durch die befragten Bürger
Quelle: Eigene Erhebung, September 2002

Daher spielt in diesem Zusammenhang ein adäquater **Versicherungsschutz** eine bedeutende Rolle. So gaben die Befragten in Mühlacker, Dürrmenz und Neuenbürg mehrheitlich an, bereits über eine solche Versicherung zu verfügen [Frage26 bzw. 27]. Dieser Sachverhalt ist vornehmlich darauf zurückzuführen, dass bis vor etwa 10 Jahren Elementarversicherungsschutz in Baden-Württemberg Bestandteil einer staatlichen Monopolversicherung war. Die staatliche Gebäudebrandversicherung Baden-Württemberg übernahm auch weitestgehend die durch das 1993er Hochwasser verursachten Schäden an Gebäuden. Infolgedessen konnten die durch jeden Geschädigten selbstaufzubringenden finanziellen Beträge auf einem relativ geringen Niveau gehalten werden. Jedoch wurde kurz nach dem 1993er Hochwasser dieses staatliche Versicherungsmonopol durch einen Beschluss des EU-Ministerrates aufgehoben und die Gebäudebrandversicherung in die baden-württembergische Sparkassenorganisation integriert (*Mühlacker Tagblatt/Stuttgarter Nachrichten, S.111*).

Anschließend an diesen Fragenkomplex sollten einige generelle Fragen zum **Klimawandel** die Überleitung zur Konfrontation der Probanden mit dem fiktiven Zeitungsartikel bilden: Die Fragen, ob es überhaupt einen Klimawandel gäbe [Frage29] und ob dieser hauptsächlich anthropogen verursacht wäre [Frage30], wurden von der großen Mehrheit aller Befragten mit „eher ja“ beantwortet (siehe Abbildung 65). Dass unter diesen insgesamt 32 Antworten bezüglich beider Fragen nur jeweils zweimal die Antwort „weiß nicht“ gegeben wurde, mag eine bereits stattgefundenene kritische Auseinandersetzung mit umweltbezogenen Fragen durch die befragten Personen indizieren. Dagegen fielen die Antworten auf die Frage, ob die Elbe-Hochwasserkatastrophe im August des Jahres in Ostdeutschland bereits Ausdruck eines Klimawandels war [Frage31], sehr viel mannigfaltiger aus (siehe Abbildung 65).

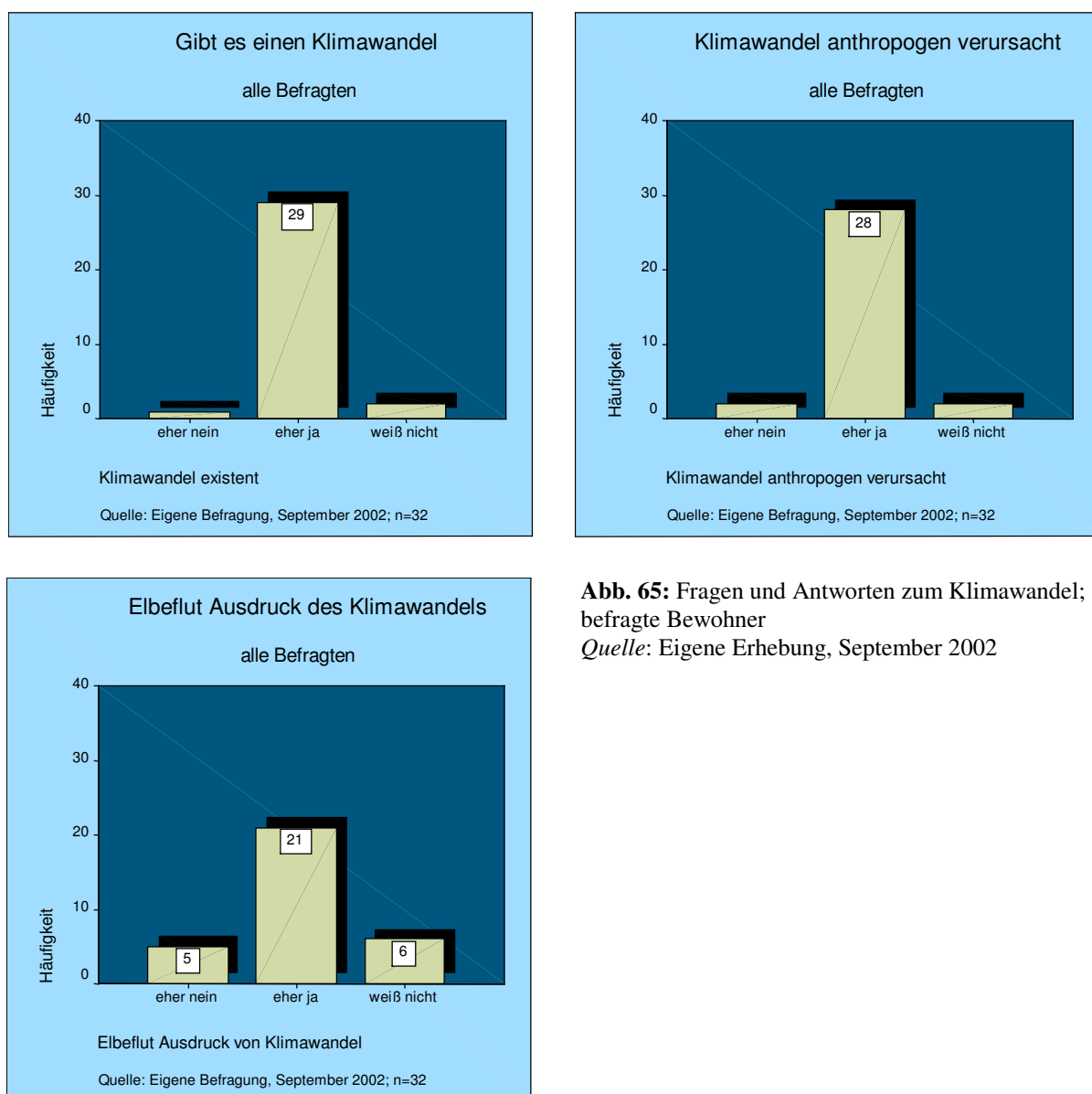


Abb. 65: Fragen und Antworten zum Klimawandel; befragte Bewohner
Quelle: Eigene Erhebung, September 2002

Während der Befragung wurde beispielsweise deutlich, dass vielen Probanden eine konkrete Stellungnahme zu dieser Frage nicht leichtgefallen ist. Daher sind besonders die „Weiß-nicht“-Antworten hier nicht als bloße „einfachste aller Alternativen“ zu sehen, sondern die Befragten führten oft „für und wider“ auf und konnten sich für kein eindeutiges „ja“ oder „nein“ entscheiden (eine skalenbasierte Antwortmöglichkeit hätte diese Entscheidung möglicherweise einfacher gemacht). Als Hypothese sei daher an dieser Stelle formuliert, dass die innerhalb dieses Fragenkomplexes geäußerten Antworten stark durch die mediale Berichterstattung über das Elbe-Hochwasser und dessen mögliche klimatologische Ursachen geprägt sind. Die Auswirkungen des Availabilityeffekts könnten bei den Betroffenen somit neben dem nun verstärkt wahrgenommenen *regionalen* Hochwasserrisiko auch zu einer Sensibilisierung bezüglich klimatologischer Fragen geführt haben. Somit mag die Verteilung der Antworten in den Fragen 29 und 30 zwar eine Auseinandersetzung der Befragten mit dem Problem eines möglichen Klimawandels belegen. Aber es scheint auch, dass dieses Wissen zu einem gewissen Anteil noch verhältnismäßig unreflektiert aus den (relativ kurz zurückliegenden) Medienberichten übernommen worden ist. Interessant (aber hier nicht zu klären) wäre die Frage, ob es bei einer zukünftigen Befragung zur Ausprägung eines signifikant anderen Antwortschemas käme. Dies dürfte auch die individuelle Risikobewertung nachhaltig beeinflussen.

Weitere Intention dieses Fragenkomplexes sollte es sein, den Probanden allmählich an die klimatologisch-hydrologisch orientierte Thematik der unmittelbar bevorstehenden Konfrontation mit dem „Zeitungsartikel“ heranzuführen. Der Befragte sollte bereits an dieser Stelle dazu bewegt werden, sich mit Fragen zum Klimawandel beziehungsweise dessen Auswirkungen auf den hydrologischen Kreislauf („Elbehochwasser Ausdruck von Klimawandel?“) auseinanderzusetzen. Mit der Auswertung der Reaktionen der Probanden auf diese Konfrontation soll sich das folgende Kapitel beschäftigen.

Zuvor kann jedoch als ein **erstes Fazit** zusammengefasst werden, dass die befragten Menschen sich des regionalen Hochwasserrisikos durchaus bewusst sind. Besonders durch das Elbe-Hochwasser sind bei vielen Befragten wieder die Erinnerungen an das 1993er Hochwasser und dessen Folgen geweckt worden. Die Mehrheit der Befragten schätzt möglicherweise auch deshalb die Wahrscheinlichkeit für ein erneutes „großes“ Hochwasser in der Region als sehr hoch ein. Dabei wollen sich viele Befragte überdies nicht auf eine bestimmte Jährlichkeit festlegen. Ferner scheint das Elbehochwasser die betroffenen (bzw. befragten) Menschen in der Region auch das eine gelehrt zu haben: Die Natur hält sich offensichtlich nicht an empirische Wahrscheinlichkeiten. Unter vielen der Befragten scheint sich daher die Erkenntnis durchzusetzen, dass bereits die Entscheidung in vormalig überfluteten Bereichen zu bauen und

zu leben, riskant ist. „Risiko“ ist somit schlicht zu einem „normalen Begleitphänomen alltäglichen Handelns“ (Luhmann, 1993; S.327) geworden – risikofreies Leben in der Moderne folglich unmöglich.

12.4 Konfrontation der Betroffenen mit den Modellierungsergebnissen

Um zuerst einen Eindruck zu bekommen, wie die Befragten wissenschaftliche Untersuchungen dieser Art generell beurteilen, wurde die erste Frage dieses dritten Fragebogenabschnittes dahingehend gestellt, ob ein Artikel mit einer solchen Überschrift grundsätzlich gelesen werden würde [Frage32]. Dass hier insgesamt 28 der 32 Befragten mit „ja“ antworteten, lässt auf ein generell vorhandenes Interesse bezüglich der hier durchgeführten Untersuchungen schließen. Wie weit dieses Interesse aber bei jedem Einzelnen geht, sollte die Frage „Was würden Sie nach dem Lesen eines solchen Artikels am ehesten tun?“ [Frage33] ermitteln. Diesbezüglich zeigte sich ein erstaunlich hohes Kommunikationsbedürfnis. So gab an allen drei Befragungsstandorten die jeweilige Mehrheit der Befragten an, „mit Freunden oder Bekannten reden bzw. diskutieren“ zu wollen (siehe auch Abbildung 66).

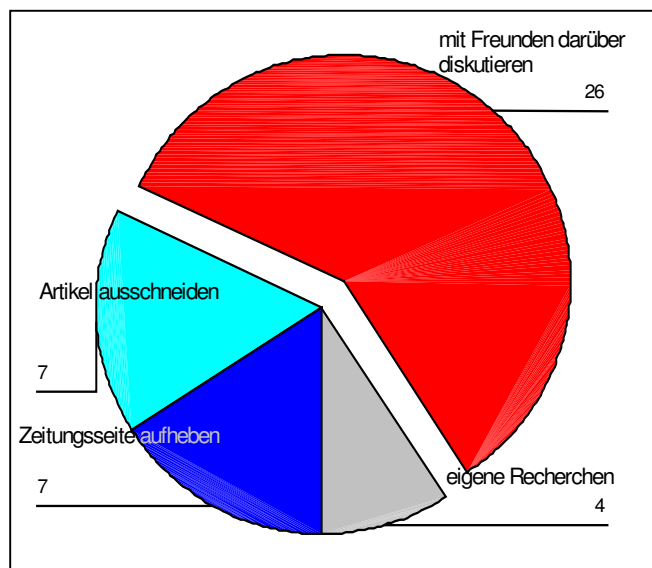


Abb. 66: Von den befragten Bürgern geäußerte Antworten auf die Frage, was sie nach dem Lesen des fiktiven Zeitungsartikels am ehesten tun würden

Quelle: Eigene Erhebung, September 2002

In Zusammenhang mit den ebenfalls häufig geäußerten Archivierungsintentionen lässt sich ersehen, dass diese Thematik die Menschen auch emotional zu bewegen scheint. Die Frage, ob diese emotionale Affektivität auch auf ein eventuell verändertes Hochwasser-Risikobewusstsein schließen lässt, soll durch die Auswertungen des vierten Fragebogenabschnittes zu beantworten versucht werden. Daher soll im Folgenden untersucht werden, ob die Konfrontation der Probanden mit den Ergebnissen der Niederschlag-Abflussmodellierung –

beziehungsweise dessen Auswirkungen auf das regionale Hochwasserrisiko – zu einer erkennbaren Veränderung in der Einschätzung des lokalen Hochwasserrisikos geführt hat.

Um abschätzen zu können, wie **ernst** die im „Zeitungsartikel“ beschriebenen Forschungsergebnisse von den Probanden genommen wurden, wurde die Frage „Erfüllen Sie diese Forschungsergebnisse mit vermehrter Sorge?“ gestellt. In Anlehnung an die von *Citlak* und *Kreyenfeld* in Zusammenhang mit wahrgenommenen Umweltproblemen durchgeführten Untersuchungen (*Schupp, Wagner nach Citlak und Kreyenfeld, 1998; S.5*) sollte so der Grad der „wahrgenommenen Ernsthaftigkeit“ ermittelt werden. Nach ihren Untersuchungen lässt eine vom Probanden geäußerte Besorgtheit („große Sorgen“) auf einen hohen Grad von wahrgenommener Ernsthaftigkeit schließen, während die Einstellung, sich keine oder nur einige Sorgen zu machen, darauf schließen lässt, dass hier kein Risiko („keine Sorgen“) oder nur ein geringes Risiko („einige Sorgen“) wahrgenommen wird. Letztere Einstellung führt dann im Wesentlichen auch zu einer mehr oder weniger stark ausgeprägten Ignoranz dieses Risikos durch den Befragten (*Citlak und Kreyenfeld, 1998; S.5*).

Diesbezüglich zeigt die Auswertungen der Frage 34 (siehe Abbildung 67), dass die Mehrheit aller Befragten angibt, **mit Sorge** auf die präsentierten Ergebnisse und deren regionale Auswirkungen zu reagieren. Die größten Sorgen scheinen sich dabei die Menschen in Mühlacker-Mühlhausen zu machen. Die regionalen Auswirkungen der Modellierungen werden hier also **sehr ernst** genommen.

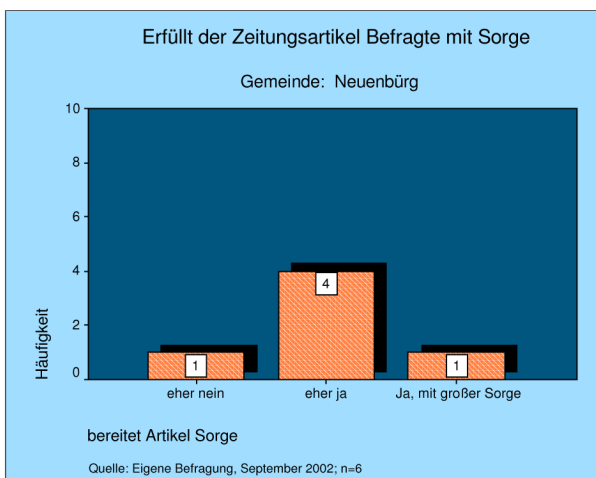
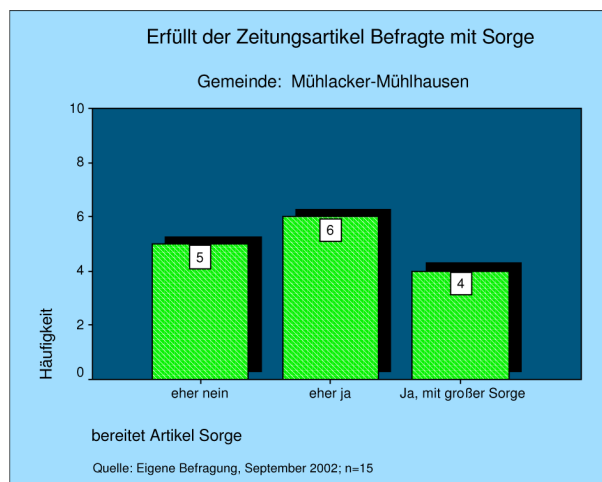
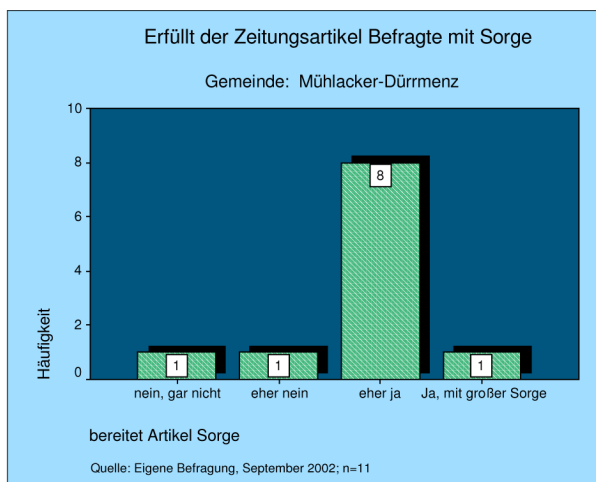


Abb. 67: Durch die befragten Bürger geäußertes Grad der wahrgenommenen Ernsthaftigkeit hinsichtlich der Auswirkungen regionaler Klimaänderungen auf die lokale Hochwassersituation
Quelle: Eigene Erhebung, September 2002

Obwohl die Befragten in Mühlhausen in einem früheren Stadium der Erhebung angaben, sich aufgrund der (verstärkten) Deichanlagen überwiegend gut geschützt zu fühlen [Frage 13, siehe auch S.114], scheint die Präsentation der Modellierungsergebnisse nun die Basis dafür zu bilden, diese Einstellung **zu überdenken**. Belegt wird diese **Neubewertung** des individuellen Risikoempfindens auch dadurch, dass drei der vier Probanden, die angaben, durch diese Forschungsergebnisse mit „großer Sorge erfüllt“ zu sein, nun die öffentlichen Stellen in der Pflicht sehen, den regionalen Hochwasserschutz zu verbessern [Frage37]. Gaben in Mühlhausen des Weiteren vorher acht Probanden an, sich mindestens gut vor einem neuerlichen Hochwasser geschützt zu fühlen, vertrat nach dieser Konfrontation **nur noch die Hälfte** jener acht Befragten diese Meinung. Die andere Hälfte gab an, dass seitens öffentlicher Stellen nun mehr für sie getan werden müsse (siehe Abbildung 68).

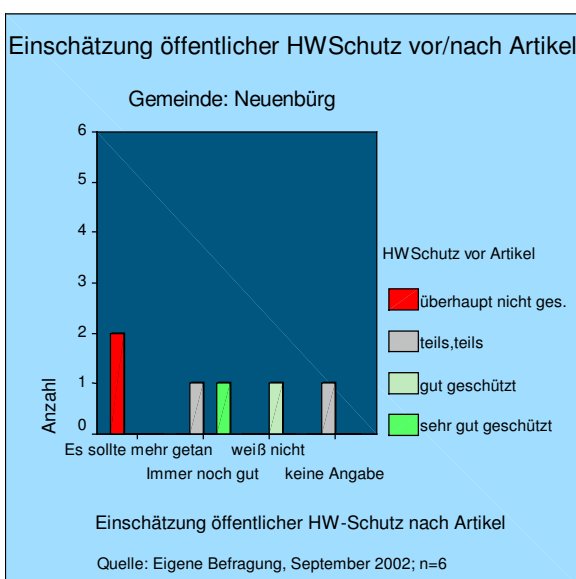
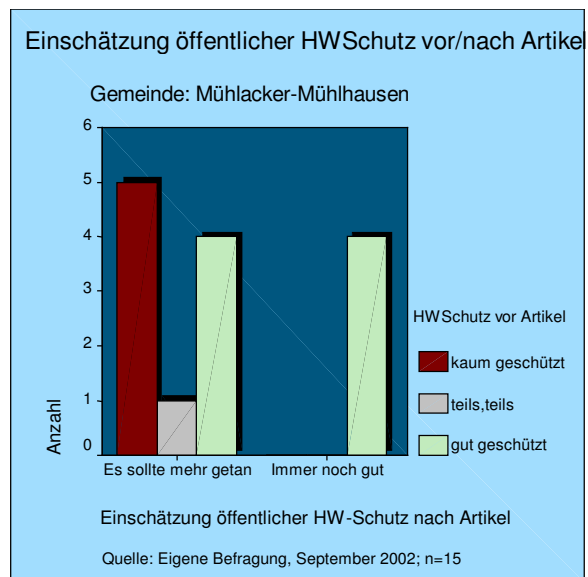
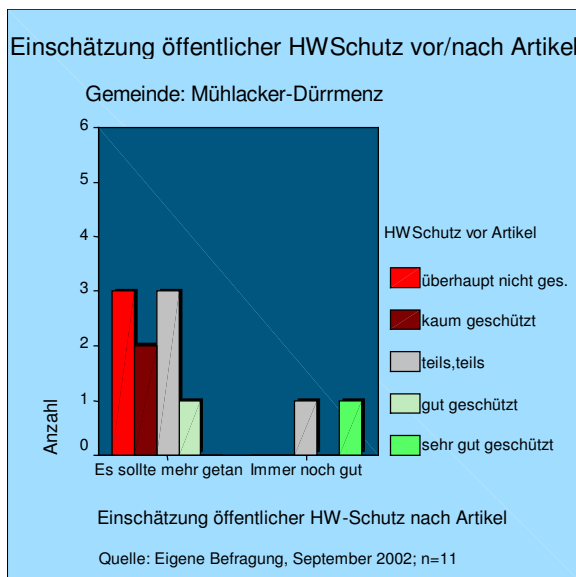


Abb. 68: Neubewertungsprozesse: Verschiebungen in der Wahrnehmung des Schutzgrades öffentlicher Hochwasserschutzbauten nach dem Lesen des „Zeitungsartikels“; befragte Bewohner
Quelle: Eigene Erhebung, September 2002

Die Abbildung zeigt allerdings auch, dass diese Tendenzen zu Neubewertungsprozessen der eigenen Risikoeinschätzung an den anderen Befragungsstandorten nicht eindeutig zu erkennen ist. Begründet liegt dies hauptsächlich darin, dass sich beispielsweise die Befragten in Dürrmenez ohnehin schon schlechter durch die öffentlichen Hochwasserschutzbauten geschützt sahen als diejenigen in Mühlhausen. Keine Neubewertung tritt verständlicherweise auch bei den (wenigen) Befragten auf, die sich bereits vor der Konfrontation „sehr gut“ geschützt fühlten.

In einer weiteren Frage wurden die Probanden darum gebeten, **erneut** ihre Bereitschaft zur Ergreifung verschiedener privater **Vorsorgemaßnahmen** zu benennen [Frage 38 bzw. Frage 10]. Im Unterschied zu der Beurteilung des extern gesteuerten öffentlichen Hochwasserschutzes ging es daher nun um die Frage, ob die Probanden neben der emotionalen Berührtheit auch die Absicht erkennen lassen, ihr eigenes **Handeln** an die sich offenbar ändernde Risikolage **anzupassen**.

Im Unterschied zu der veränderten Einschätzung der öffentlichen Hochwasserschutzbauten lässt sich hier dieser Trend jedoch kaum erkennen. So ist die Anzahl derjenigen Probanden, die vorher eine der privaten Schutzmaßnahmen für kaum oder überhaupt nicht wirksam hielten und die **nun** angaben, eine solche Maßnahme in naher Zukunft ergreifen zu wollen, relativ gering. Beispielsweise gab die Hälfte der Befragten in Neuenbürg an, das nächste „große“ Hochwasser innerhalb der nächsten fünf Jahre zu erwarten (vgl. S.117 f). Gleichzeitig fühlen sich zwei dieser drei Befragten „überhaupt nicht“ geschützt durch die öffentlichen Hochwasserschutzbauten. Trotzdem sehen diese Befragten kaum Anlass zur Notwendigkeit, selbst Vorsorgemaßnahmen zu ergreifen, die über das Anfordern von Informationsmaterialien beziehungsweise das eventuelle Umräumen des Inventars (im konkreten Notfall) hinausgehen. Obwohl hier nur exemplarisch an zwei Befragten Neuenbürgs durchgeführt, können ähnliche Tendenzen bei der Mehrheit der Befragten festgestellt werden.

Die größten „Abweichungen“ zwischen der Frage 10 und der Frage 38 treten daher auch bezüglich der Möglichkeit des „Anforderns von *Informationsmaterialien* zum privaten Hochwasserschutz“ auf. An allen drei Befragungsstandorten gaben hier jeweils zwei Probanden ein „ja“ trotz vorherigem „kaum“ oder „überhaupt nicht“ wirksam an. Dagegen sind diese Abweichungen im Hinblick auf andere Alternativen, wie beispielsweise das Anschaffen von *Hochwasserschutzvorrichtungen* oder das Durchführen *baulicher Maßnahmen* am eigenen Haus/eigener Wohnung, jeweils auf eine einzige Person begrenzt. Auch an der jeweils geäußerten *Umzugsbereitschaft* der Befragten hat sich kaum etwas geändert – nach wie vor wurde diese von den Befragten in Mühlacker-Dürrmenez am häufigsten geäußert (vgl. S.113). Neben den drei Probanden, die dort ohnehin einen Umzug ernsthaft in Erwägung gezogen haben, hat

nach der Präsentation der Modellierungsergebnisse eine weitere Person diese Möglichkeit der „ultima ratio“ in Betracht gezogen. Obwohl dieser Person der „Artikel“ kaum Sorgen bereitet hat („weil man mit diesen Problemen seit Jahrzehnten lebt und darauf eingestellt ist“) kann vermutet werden, dass die Konfrontation mit den Modellierungsergebnissen bei diesem Probanden die Befürchtungen vor einem neuerlichen Hochwasser wieder hat aufleben lassen – zumal dieser mit einem neuerlichen Hochwasser (in den Dimensionen des 1993er Ereignisses) bereits innerhalb der nächsten fünf bis zehn Jahre rechnet. Des Weiteren dürfte ein neuerlicher Schaden wie 1993 (75.000 bis 100.000 DM) von einer Person im Alter zwischen 60-69 Jahren auch aus gesundheitlichen Gründen nur noch sehr schwer zu bewältigen sein.

12.5 Fazit

Dass die Befragung bei den betroffenen Anwohnern durchweg auf (großes) Interesse gestoßen ist [Frage 49], unterstreicht Aktualität und Belang der hier untersuchten Thematik. Gab doch insgesamt die Hälfte aller Befragten an, die Befragung als „sehr interessant“ empfunden zu haben. Die Kategorie „(eher) langweilig“ trat dabei gar nicht auf und nur drei Befragte charakterisierten die Untersuchung als „teils/teils“. Am offensten für die Befragungen schienen ferner die Anwohner aus Dürrmenez zu sein, hier bekundeten fast zwei Drittel der Befragten, diese als „sehr interessant“ empfunden zu haben. Dies kann als ein Indikator dafür interpretiert werden, dass besonders den Menschen in Dürrmenez sehr daran gelegen ist, über Befürchtungen und Wünsche besonders im Hinblick auf eine Verbesserung des gemeindlichen Hochwasserschutz zu kommunizieren (vgl. S.115).

Die hier durchgeführten Auswertungen legen insgesamt dar, dass die in den Haushalten befragten Personen zwar mehrheitlich mit Sorge auf die präsentierten Forschungsergebnisse reagieren, aber dass nur sehr wenige Probanden sich dazu veranlasst sehen, auch entsprechende Verhaltensvorsorge zu treffen. Offensichtlich führt die geäußerte Sorge auf das sich möglicherweise verschärfende regionale Hochwasserrisiko bei der Mehrheit der Befragten lediglich zu der Forderung nach besseren öffentlichen Hochwasserschutzbauten. Nur eine kleine Minderheit scheint es für nötig zu halten, selbst – durch das eigene, angepasste Handeln – Risikoversorge zu betreiben. Bezeichnenderweise treten die größten „Abweichungen“ bezüglich der Einschätzung der Wirksamkeit privater Selbstschutzmaßnahmen bei der Möglichkeit des „Anforderns von Informationsmaterialien zum privaten Hochwasserschutz“ auf – eine Alternative, die sich über einen Briefwechsel einfach realisieren ließe und somit nur wenig Willen zu engagiertem, eigenverantwortlichem präventiven Handeln voraussetzt.

13 Hochwasserrisikowahrnehmung II: Schülerbefragungen

Die vorherigen Kapitel beschrieben und analysierten die Erfahrungen, Wahrnehmungen und auch Spekulationen bezüglich vergangener und möglicher zukünftiger Hochwasser durch befragte Bewohner an drei Befragungsstandorten der Region Pforzheim. Die nun im Folgenden zu führenden Analysen sollen diese Erfahrungs-, Wahrnehmungs- und Spekulationshorizonte erweitern; zumal im Vorfeld der Untersuchungen davon ausgegangen werden konnte, dass durch die in Neuenbürg, Mühlacker-Mühlhausen und -Dürrmenz angewandte Methode der Haushaltsbefragung die Meinungen und Vorstellungen der unter 20-jährigen wenn überhaupt, dann nur zu einem äußerst geringen Anteil repräsentiert sein würden. Zusätzlich zu den Haushaltsbefragungen wurden vom Autor daher in zwei örtlichen **Schulen** Befragungen mit identischem Erhebungsinstrument durchgeführt.

13.1 Auswahl der Probanden

Aufgrund der Einzugsgebiete der Schulen konnte bei diesen Erhebungen jedoch nicht davon ausgegangen werden, dass jeder der Schüler schon irgendwann einmal von Hochwasser persönlich betroffen war. Daher galt es sich hier zu versichern, dass zumindest ein bestimmter Wissensfundus hinsichtlich umweltrelevanten beziehungsweise klimatologischen Sachverhalten gegeben war. Nach Rücksprache mit einer Vielzahl möglicher Schulen beziehungsweise mit deren Direktorien wurden vom Autor die **Erdkunde-Leistungskurse** des Theodor-Heuss-Gymnasiums in *Mühlacker* (11 Schüler der Jahrgangsstufe 12), sowie des Hebel-Gymnasium in *Pforzheim* (13 Schüler der Jahrgangsstufe 13) für weitere Befragungen ausgewählt. Prinzipiell erfolgte die Erhebung hier analog zu der in den Haushalten, der Fragebogen war identisch. Ein Unterschied lag jedoch darin, dass dieser den Schülern in zwei getrennten Teilen vorgelegt wurde.

Insgesamt wurden 24 Schüler, alle zwischen 17 und 20 Jahre alt, befragt; dabei gab die Mehrheit beider Kurse an, die Befragung mindestens „interessant“ empfunden zu haben. Die Erhebung ist insofern auch bei den Schülern auf generelles Interesse gestoßen.

Bezüglich des Geschlechts war der Kurs am Theodor-Heuss-Gymnasium wesentlich ausgewogener (sechs Schüler, fünf Schülerinnen) zusammengesetzt als der am Hebel Gymnasium (elf zu zwei).

13.2 Hochwasserbezogener Wissens- und Erfahrungsschatz

Im Hinblick auf die **Hochwassererfahrung** der Schüler ist zusammenzufassen, dass bisher kaum jemand persönlich von einem Hochwasser betroffen war. Dies gaben lediglich drei Schüler am Hebel Gymnasium (HG) und einer am Theodor-Heuss-Gymnasium (THG) an. Die Mehrheit der Schüler wohnt in topographisch erhöhten Lagen oder fern von (großen) Flüssen. Aus diesem Grund scheint die Elbeflut und deren Auswirkungen die Gymnasiasten auch eher unberührt zu lassen, die Mehrheit gab bezüglich der Frage eins somit „nein“, „keine Angabe“ oder „weiß nicht“ an. Einen Bezug zur *regionalen* Hochwassergefahr stellen nur wenige Schüler her. Beispielsweise drücken zwei Schüler des THG Erleichterung darüber aus, dass sie nicht in Mühlacker selbst, sondern auf einer Anhöhe beziehungsweise an einem kleinen Bach wohnen, wo ihrer Meinung nach keine Hochwassergefahr bestehe (vgl. Tabelle 12).

Tab. 12: Auswirkungen des Elbehochwassers vom August 2002 auf die befragten Schüler
Quelle: Eigene Erhebung, September 2002

besuchte Schule		Häufigkeit
THG Mühlacker	• Auch hier nicht sicher vor Hochwasser; Angst davor; Bewusstwerden der Wichtigkeit von Schutzmaßnahmen und Umweltpolitik	1
	• froh, dass Familie an einem kleinen Bach wohnt und nicht in Mühlhausen	1
	• froh, dass Familie auf einem "Berg" wohnt und sicher vor Hochwasser ist	1
	• Hochwasser kommen sehr plötzlich, sind langwierig und sehr teuer	1
	nein	5
	weiß nicht	1
	keine Angabe	1
	Total	11
Hebel Pforzheim	• Bestätigung der vorherigen Einstellung bezüglich Flussbegradigungen etc.	2
	• Katastrophen kann es immer wieder geben, auch hier ist man nicht sicher	1
	nein	9
	keine Angabe	1
	Total	13
Total	24	

Obwohl vom 1993er Hochwasser offenbar weitestgehend nicht selbst betroffen, kann sich nahezu jeder Schüler (10 von 11) des THG in Mühlacker an das 1993er Hochwasser erinnern, am Pforzheimer Hebel Gymnasiums ist es umgekehrt: Hier kann sich bis auf einen Schüler niemand an dieses Hochwasser erinnern. Über die Gründe für dieses unterschiedliche Antwortmuster können nur Vermutungen geäußert werden, es erscheint aber plausibel, dass sich der Kurs des THG in Vorbereitung auf die anstehende Erhebung bereits eingehender mit der regionalen Hochwasserproblematik beschäftigt hat.

Aufgrund der mehrheitlichen „Nicht-Betroffenheit“ und des Alters der Schüler lassen die meisten der Fragen zum hochwasserbezogenen **Wissens- und Erfahrungsschatz** im Gegen-

satz zu den Ergebnissen der Haushaltsbefragungen nur sehr eingeschränkte Interpretationen zu. So haben zwar insgesamt drei Schüler schon einmal ein Hochwasser miterlebt, wobei auch in zwei Fällen die elterliche Wohnung betroffen war, aber an die Wasserstandshöhe, die finanziellen Schäden, ja selbst an das Jahr des Ereignisses können die jeweiligen Schüler sich kaum erinnern. Dieser Tatsache ungeachtet sollten die Fragen zur Einschätzung der Wirksamkeit möglicher Selbstschutzmaßnahmen – vor und nach der Konfrontation mit dem „Zeitungsartikel“ – jedoch von jedem der Schüler beantwortet werden können.

Als die effektivste der dargelegten **Selbstschutzmaßnahmen** beurteilt die absolute Mehrheit der Schüler bemerkenswerterweise die Möglichkeit eines **Umzugs** in sicherere Regionen. Diese Möglichkeit bewerten am Theodor-Heuss-Gymnasium in Mühlacker alle (!) Schüler als „sehr wirksam“; am Hebel Gymnasium in Pforzheim sind sieben Schüler dieser Meinung, weitere zwei halten einen Umzug für „wirksam“ (vgl. Abbildung 69).

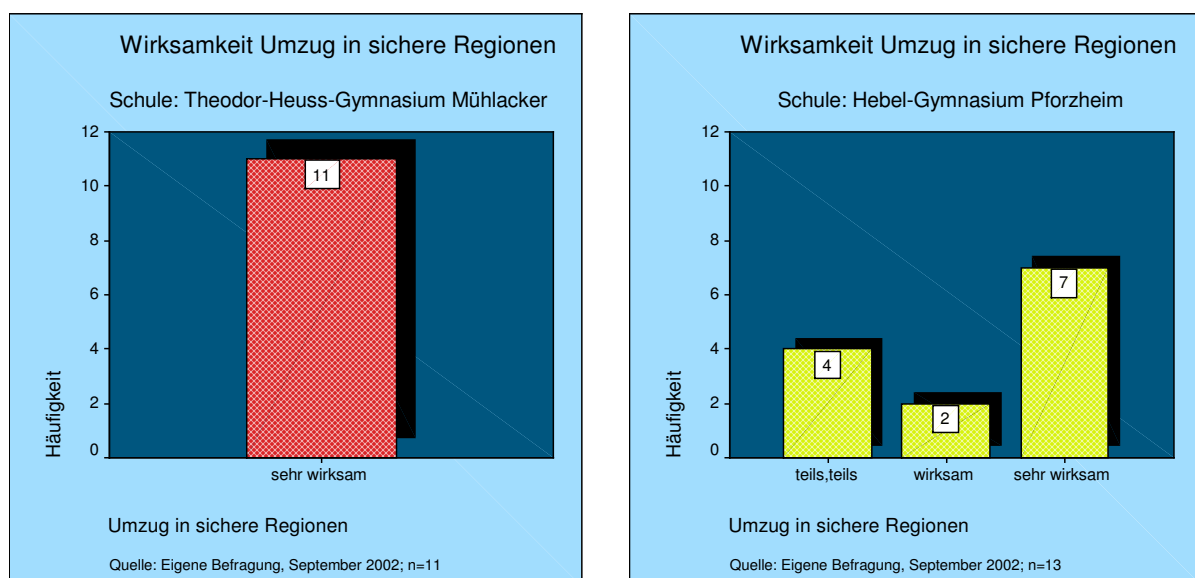


Abb. 69: Von den Schülern beurteilte Wirksamkeit des Umzuges in hochwassersichere Regionen
Quelle: Eigene Erhebung, September 2002

In dieser Verteilung drückt sich zum einen sicherlich die Ungebundenheit der Schüler aus, die aus der Tatsache resultiert, dass niemand von ihnen über ein eigenes (und eventuell selbst aufgebautes) Eigenheim verfügt, das es zu verlassen gälte. Daher bewerten die Schüler Werte wie „Heimatverbundenheit“ auch geringer als die Befragten in den Haushalten [Frage 41]: Während die große Mehrheit der in Mühlacker und Neuenbürg lebenden Probanden der Aussage „Heimatverbundenheit ist etwas sehr wichtiges für mich“ eher beziehungsweise voll zustimmte, war dies bei den Schülern lediglich eine Minderheit.

Andererseits lebt aber auch offensichtlich kaum ein Schüler in einem hochwassergefährdeten Gebiet. Die tatsächliche Frage nach einem Umzug aufgrund des Hochwasserrisikos würde sich dem jeweiligen Schüler selbst also kaum stellen. Demzufolge votieren die Schüler hier mehrheitlich für die Lösung, die aus ihrer Perspektive die rationalste ist: Wer in einem hoch-

wassergefährdeten Gebiet wohnt und dem Risiko, Opfer eines Hochwassers zu werden, entgegen möchte, sollte wegziehen.

Die Frage, ob in der eigenen Familie schon einmal *ernsthaft* über einen Umzug aufgrund der Hochwassergefahr nachgedacht wurde, verneinen fast alle Schüler (die übrigen zwei wissen es nicht, beziehungsweise machen keine Angabe).

Bezüglich der übrigen aufgeführten Selbstschutzmaßnahmen sind ähnlich deutlich geäußerte Einstellungen kaum auszumachen. Viel häufiger als bei den Haushaltsbefragungen wählten die Schüler die Antwort „teils, teils“ – vielleicht auch deshalb, weil diesen der Fragebogen schriftlich vorlag und die Wahl einer neutralen Position somit einfacher zu treffen war als in der mündlichen Befragung. Insgesamt werden sämtliche vorgeschlagenen Maßnahmen von den Schülern eher als wirksam denn als unwirksam bewertet. Insgesamt ablehnende Haltungen bezüglich bestimmter Maßnahmen (wie zum Beispiel bei den Haushaltsbefragungen hinsichtlich Versicherungsinformationen oder Informationsmaterialien) sind hier nicht zu erkennen.

Im Hinblick auf die Einschätzung des **öffentlichen Hochwasserschutzes** gibt die Mehrheit der Schüler an, sich mindestens „gut“ geschützt zu fühlen. Auch hier ist allerdings wieder ein relativ hoher Anteil an Antworten der Kategorie teils, teils“ beziehungsweise „weiß nicht“ zu verzeichnen.

13.3 Einschätzung von Wahrscheinlichkeiten durch befragte Schüler

Nachdem die Aussagen zum Wissens- und Erfahrungsschatz aufgrund fehlender Hochwasserereignisse im Leben der Gymnasiasten für tiefergehende Interpretationen von eingeschränkter Bedeutung waren, sollte die **Verbalisierung von Wahrscheinlichkeiten** auch den Schülern keine Probleme bereiten. Entsprechend den Befragten in den Haushalten schätzen auch die Schüler die Wahrscheinlichkeit für ein **zukünftiges** Enzhochwasser als sehr hoch ein. Die Möglichkeit, dass dabei das eigene Haus betroffen sein könnte, wird ausschließlich für sehr unwahrscheinlich gehalten, wohnen die Schüler doch mehrheitlich in „nicht hochwassergefährdeten“ Gebieten. Die **Jährlichkeit** für ein dem 1993er Ereignis vergleichbares Hochwasser wird von den Schülern insgesamt als *niedriger* eingeschätzt als von den Befragten in den Haushalten. Die meisten Schülern würden ein solch großes Hochwasser in weit weniger als 10 Jahren erwarten (siehe Abbildung 70).

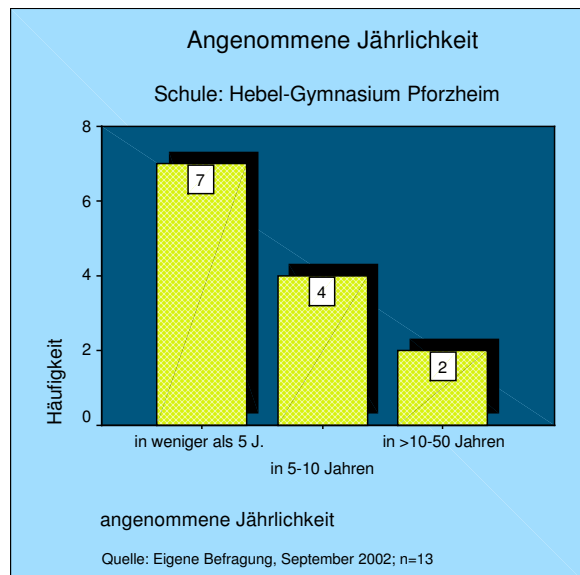
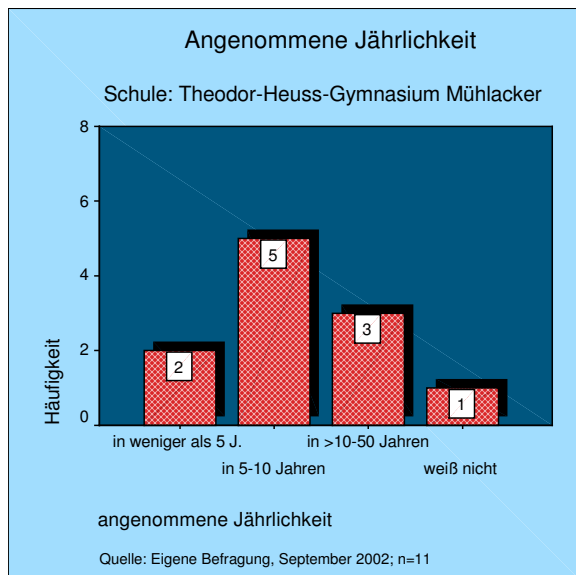


Abb. 70: Einschätzung der Jährlichkeit für das nächste große Hochwasser durch die befragten Schüler
Quelle: Eigene Erhebung, September 2002

Sollte ein solches Hochwasser stattfinden, gehen die Schüler aufgrund ihres Wohnortes doch mehrheitlich davon aus, dass ihnen „gar keine“ Schäden entstehen würden. Aus diesen Gründen spielt der Gedanke beziehungsweise die Angst vor einem möglichen neuen Hochwasser für die Schüler auch kaum eine Rolle. Lediglich ein Schüler am Pforzheimer Hebel Gymnasium gab an, dass diese Angst für ihn im Vordergrund stehen würde – höchstwahrscheinlich deshalb, weil dieser schon einmal von Hochwasser betroffen war („Grundwasseranstieg“). Diese Angabe sollte jedoch nicht überbewertet werden, wird doch gleicher Schüler an späterer Stelle angeben, dass ihm der „Artikel“ keine Sorgen bereitet: Er vertraut aufgrund der Hanglage seiner Wohnung darauf, zukünftig nicht von Hochwasser betroffen zu sein.

Die Überleitung zur Konfrontation der Schüler mit den Modellierungsergebnissen besteht auch hier in dem Fragenkomplex zum Klimawandel. Verglichen mit den Angaben der Befragten in den Haushalten lassen sich hier sehr ähnliche Antwortmuster feststellen: Sowohl die Fragen, ob es überhaupt einen Klimawandel gäbe und ob dieser hauptsächlich anthropogen verursacht sei, wurden von fast allen Schülern mit „eher ja“ beantwortet (siehe Abbildung 71). Auch hier mag die Tatsache, dass insgesamt nur einmal die Antwort „weiß nicht“ gegeben wurde, eine bereits (im Unterricht oder privat) stattgefundenene kritische Auseinandersetzung mit umweltbezogenen Fragen indizieren.

Analog zu den Haushaltsbefragungen fielen auch die Antworten auf die Frage, ob die Elbe-Hochwasserkatastrophe im August des Jahres in Ostdeutschland bereits Ausdruck eines Klimawandels gewesen sei, keineswegs mehr so einheitlich aus: Neben insgesamt sechs „weiß nicht“ treten auch sechs „eher nein“ Nennungen auf; auch die Meinungen der Schüler variieren bei dieser Frage.

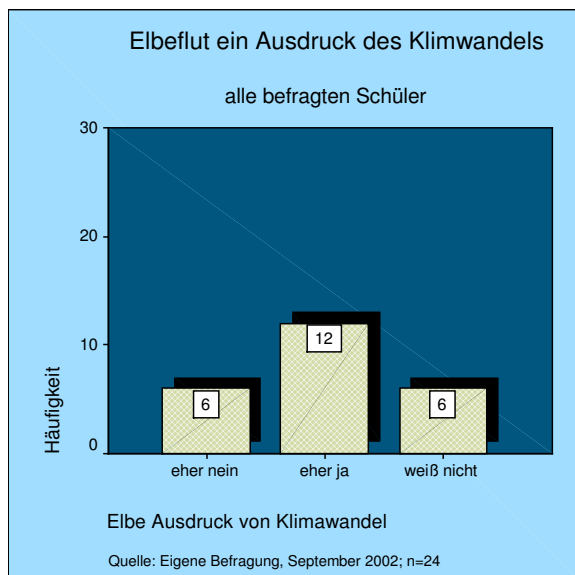
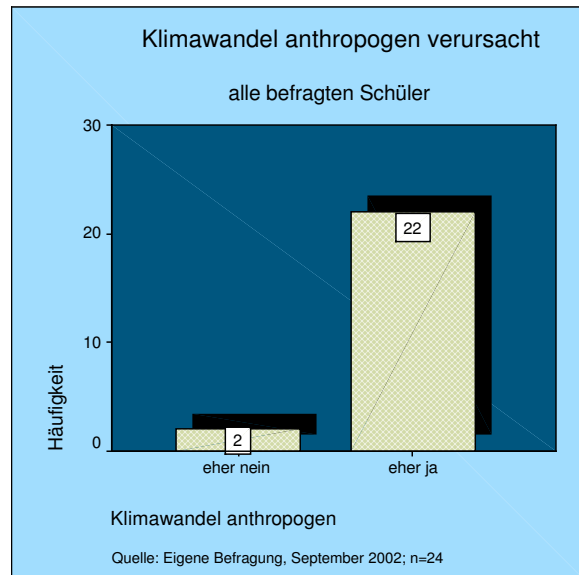
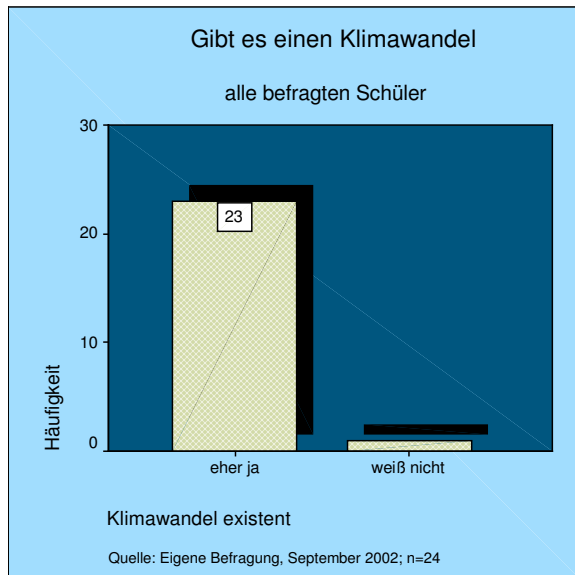


Abb. 71: Fragen und Antworten zum Klimawandel; befragte Schüler
Quelle: Eigene Erhebung, September 2002

Gleichfalls kann hier auf die Gründe für die Streuung im Antwortmuster dieser Frage nicht eingegangen werden. Sicherlich spiegelt sich aber auch hier die Schwierigkeit wieder, etwas so Komplexes und Abstraktes wie den globalen Klimawandel eindeutig in Verbindung zu bringen mit etwas (besonders in seinen Auswirkungen) so Konkretem und (scheinbar) einfach zu Begreifendem (zumal aufgrund der massiven medialen Repräsentanz) wie dem Elbehochwasser.

An dieser Stelle kann somit zusammenfassend formuliert werden, dass sich die Schüler bisher nur wenig mit dem Gefahrenpotential des Hochwassers im Bezug zur eigenen Person oder der eigenen Familie auseinandergesetzt haben (mussten). Als primärer Grund kann hier das Alter, als sekundärer die jeweilige Wohnlage angeführt werden. Ein adäquates Hochwasser-Risikobewusstsein können die Schüler bisher wahrscheinlich kaum aufgebaut haben – zu gering ist die jeweils ausgeprägte oder potentiell eingeschätzte Bedrohung des Einzelnen an

seinem Wohnort. In diesem wichtigen Punkt unterscheidet sich die Gruppe der Schüler wesentlich von jener der befragten *betroffenen* Bewohner: Diese waren sich bereits überwiegend des Risikos bewusst, und Gegenstand der Untersuchungen war es aufzuzeigen, ob die Präsentation der Modellierungsergebnisse möglicherweise *Neubewertungsprozesse* in der Wahrnehmung des regionalen Hochwasserrisikos bewirken konnte.

Bei den Schülern dagegen ist dieses Risikobewusstsein offenbar aber noch gar nicht in einem solchen Maße ausgeprägt. Dies belegen beispielsweise auch deren Reaktionen auf das Elbehochwasser. Dementsprechend kann es im Folgenden auch nicht hauptsächlich darum gehen, mögliche Neubewertungsprozesse bei den befragten Schülern nachzuweisen. Vielmehr soll es Gegenstand dieses Kapitels sein, auszuführen, ob die Präsentation der Modellierungsergebnisse bei den Schülern den Anlass zu einem ersten Nachdenken über regionale Hochwasserrisiken bilden kann. Es geht daher darum, darzulegen, inwieweit ein solches Bewusstsein INITIERT werden kann, wenn die Schüler direkt mit den möglichen **regionalen** Folgen globaler Klimaänderungen konfrontiert werden.

13.4 Konfrontation der Schüler mit den Modellierungsergebnissen

Diese im „Zeitungsartikel“ präsentierten Ergebnisse der Modellierungen sowie deren mögliche regionalen Auswirkungen stoßen auch bei den Schülern auf ein generelles Interesse, bis auf einen Schüler („keine Angabe“) würde jeder den Artikel lesen. Entsprechend zu den Ergebnissen der Haushaltsbefragungen zeigt sich auch seitens der Schüler ein hohes Kommunikationsbedürfnis: Die Mehrheit beider Kurse gibt an, gegebenenfalls mit Freunden oder Familie über einen solchen Artikel zu reden und zu diskutieren (vgl. Abbildung 72).

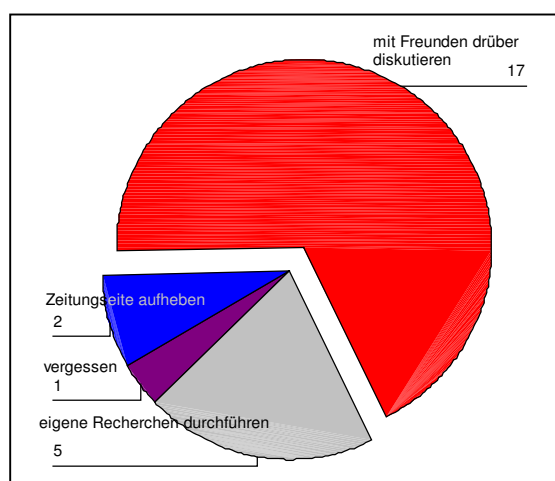


Abb. 72: Von den befragten Schülern geäußerte Antworten auf die Frage, was sie nach dem Lesen des fiktiven Zeitungsartikels am ehesten tun würden
Quelle: Eigene Erhebung, September 2002

Archivierungsabsichten werden von den Schülern weniger oft geäußert als von den befragten Betroffenen. Dafür würden die Schüler eher eigene Recherchen durchführen. Dieser Umstand ist höchstwahrscheinlich auf die den Schülern vertrautere Nutzung des Internets als Informationsmedium zurückzuführen.

Anders als bei den Haushaltsbefragungen geben die Schüler in Bezug auf die Frage „Erfüllen Sie diese Forschungsergebnisse mit vermehrter Sorge?“ mehrheitlich an, sich diesbezüglich **kaum Sorgen** zu machen. So geben am THG in Mühlacker sechs von elf Schülern an, sich (eher) keine Sorgen über die im Artikel geschilderten möglichen regionalen Klimaveränderungen zu machen, am Pforzheimer Hebel Gymnasium vertreten diese Auffassung weitere sieben von dreizehn Schülern. Einerseits lässt diese Antwortverteilung nach *Citlag* und *Kreyenfeld* (1998) auf einen geringen Grad wahrgenommener Ernsthaftigkeit (vgl. S.125) schließen, andererseits gilt es hier aber ein weiteres Mal zu bedenken, dass die Schüler im Gegensatz zu den betroffenen Bewohnern fast gar nicht über Hochwassererfahrung verfügen. Wie beschrieben, ist bei diesen ein dementsprechendes Risikobewusstsein aller Wahrscheinlichkeit nach noch nicht in einem mit den betroffenen Bewohnern vergleichbarem Maß ausgebildet. Dass trotz dieses Hintergrundes aber fast die Hälfte aller Schüler angibt, sich doch (eher) Sorgen über die mögliche zukünftige Hochwassersituation in der Region zu machen, weist auf eine sehr wohl stattgefundene Affektivität der Schüler hin: Obwohl persönlich kaum jemals betroffen, scheint die Lektüre der präsentierten Modellierungsergebnisse bei insgesamt elf von 26 Schülern ein Gefühl der Sorge hervorzurufen. Die übrigen Schüler reagieren deshalb mehrheitlich sorglos, da sie fest darauf vertrauen, dass „ihr“ Haus nicht von einem Hochwasser betroffen sein werde. Diese Begründung ist aber überwiegend nicht als naives „wishfull thinking“ zu interpretieren. Viele Schüler wohnen tatsächlich (aufgrund großer Gewässerferne oder topographischer Bedingungen) weitestgehend „hochwasserrisikofrei“.

Unterschiede zwischen vor und nach der Präsentation des Artikels getroffenen Aussagen zur Einschätzung des **öffentlichen Hochwasserschutzes** lassen sich bei den Schülern kaum erkennen. Auch dies geht auf den nur sehr gering ausgeprägten Wissens- und Erfahrungsschatz der Gymnasiasten zurück. Da Maßnahmen des öffentlichen Hochwasserschutzes im bisherigen Leben der Schüler noch keine bedeutende Rolle spielten, fällt diesen eine sachgerechte Bewertung schwer. Lediglich ein Schüler aus Mühlacker, der sich vorher gut geschützt fühlte, gab nach Lesen des Artikels an, dass seitens öffentlicher Stellen nun mehr für den Hochwasserschutz getan werden solle. Die Mehrheit der Schüler aus Mühlacker weiß dieses nicht zu beurteilen; die Mehrheit derjenigen aus Pforzheim fühlt sich nach wie vor gut geschützt – schließt diese doch ohnehin die Möglichkeit persönlicher Betroffenheit aus (vgl. Abbildung 73).

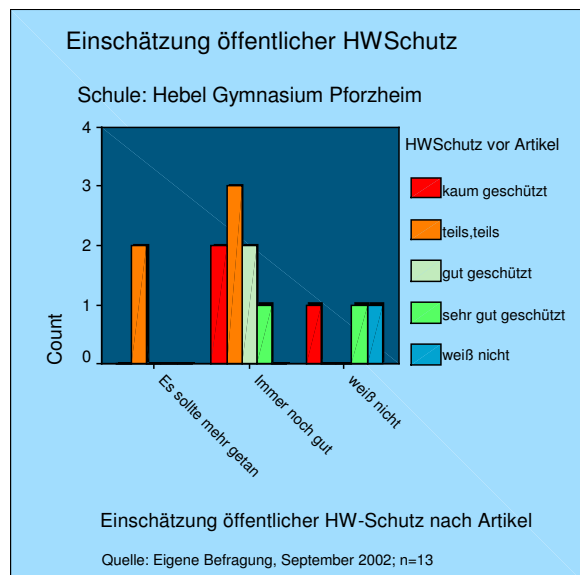
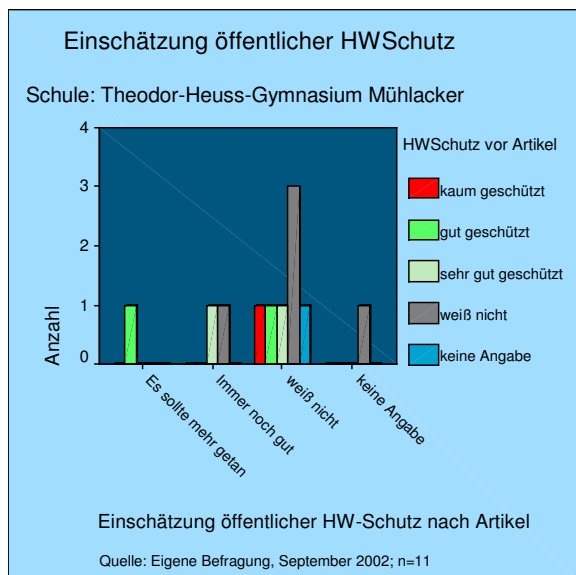


Abb. 73: Neubewertungsprozesse: Verschiebungen in der Wahrnehmung des Schutzgrades öffentlicher Hochwasserschutzbauten nach dem Lesen des „Zeitungsartikels“; befragte Schüler
Quelle: Eigene Erhebung, September 2002

Auch bezüglich der Bewertung privater Selbstschutzmaßnahmen lassen sich in den Antworten, wie sie vor und nach dem Lesen des Artikels geäußert wurden, keine bedeutsamen Abweichungen erkennen. Zu gering ist auch hier der bisherige Wissens- und Erfahrungsschatz der Schüler ausgeprägt.

13.5 Fazit

Im Unterschied zu den betroffenen Bewohnern konnten bei den Schülern keine Anzeichen für Neubewertungsprozesse hinsichtlich der Hochwasser-Risikoeinschätzung festgestellt werden. Als ein möglicher Hauptgrund hierfür wurde die fehlende Hochwassererfahrung der Schüler angeführt. Daher unterscheiden sich die Antworten der Gymnasiasten auch in den wesentlichen Punkten erheblich von denen der befragten Betroffenen. Im Unterschied zu diesen schien die Präsentation des Artikels bei den Schülern einen Ausgangspunkt für eine – möglicherweise erstmalige – Auseinandersetzung mit dem Thema „Hochwasser“ darzustellen. In der gewählten Form dargeboten, können anschaulich präsentierte wissenschaftliche Forschungsergebnisse also durchaus auch die Grundlage für ein wachsendes Risikobewusstsein bilden – selbst wenn die Adressaten in noch jungem Alter sind.

Als Beispiel für diese These mag abschließend die Aussage eines Schülers angeführt werden, der auf der letzten Seite des Fragebogens das Folgende vermerkte: „Ich habe mir vorher noch keine wirklichen Gedanken übers Hochwasser gemacht, jetzt schon.“

Zusammenfassung und Ausblick

Hauptanliegen dieser Arbeit war, den Themenkomplex „Hochwasserrisiko“ anhand eines interdisziplinär orientierten Ansatzes zu untersuchen. Für den mittleren Neckarraum wurde das „Problem Hochwasser“ zum einen aus naturwissenschaftlicher, zum anderen aus sozialgeographischer Perspektive betrachtet und analysiert.²² Demnach gliederte sich die Arbeit in zwei Teile: Im **ersten** Arbeitsteil war mit naturwissenschaftlichen Methoden die Entwicklung des Hochwasserrisikos für mögliche zukünftige Klimabedingungen zu untersuchen. Verwendet wurden dazu zwei regionale Klimaszenarien, die in das hydrologische Modell HBV-D eingebunden wurden. Insgesamt wurde herausgearbeitet, dass beide untersuchte Klimaszenarien zu steigenden Gebietsniederschlägen und -temperaturen tendieren, dass sich diese Prozesse aber unter Verwendung eines Szenarios besonders deutlich zeigen. Weiterhin wurde in diesem Zusammenhang dargelegt, dass es besonders in den Wintermonaten im Untersuchungsgebiet zu einer Zunahme der Niederschlagsmengen und -intensitäten kommt und dass die Schneedeckung teilweise ganz erheblich zurückgeht. Diese Beobachtungen wurden als ein Indikator für die Fortführung eines bereits seit Ende der 70er Jahre beobachteten Trends in Auftritt und Persistenz zyklonaler Westwetterlagen angesehen. Auf die Gesamtheit diese Entwicklungen reagiert der Abfluss am Pegel Lauffen mit einer deutlichen Zunahme: Belegen die Untersuchungen doch, dass hinsichtlich der mittleren monatlichen Abflüsse besonders für die Monate Februar bis April mit einer deutlichen Erhöhung gegenüber den gegenwärtig registrierten Abflüssen gerechnet werden muss. Extremwertstatistische Berechnungen der modellierten jährlichen Spitzenabflüsse dokumentieren letztendlich, dass bezüglich der verwendeten Klimaszenarien von einem steigenden Hochwasserrisiko für die Gesamtregion ausgegangen werden kann.

Der anschließende **zweite Teil** der Arbeit hatte zum Ziel, die subjektiv geprägten Einschätzungen und Wahrnehmungen bezüglich des erhöhten Hochwasserrisikos anhand von Befragungen ausgewählter Personen in der Region Pforzheim zu ergründen. Zu diesem Zweck wurden Anwohner dreier hochwassergefährdeter Gemeinden sowie Schüler zweier gymnasialer Oberstufen direkt mit den Ergebnissen des ersten Teils konfrontiert. Zuvor waren diese komplexen und dem wissenschaftlichen Laien oft nur schwer verständlichen Prozesse und Wirkungsketten allerdings in eine Form zu bringen, die einen möglichst verlustfreien Informationstransport zu *jedem* der Probanden ermöglichte. Als ein probates Mittel erschien dem

²² Dass aus der Verklammerung dieser beiden großen wissenschaftlichen Paradigmen in einer Arbeit aber neben dem Eröffnen „multiperspektiver“ Sichtweisen auf die gleiche Dinglichkeit auch Probleme erwachsen, zeigte exemplarisch die Notwendigkeit, die in Natur- und Sozialwissenschaft oft unterschiedlich gebräuchlichen Vorstellungen und Definitionen des Begriffes „Risiko“ darzulegen beziehungsweise zu unterscheiden.

Autor das Verfassen eines fiktiven Zeitungsartikels, bietet dieser doch die Möglichkeit, auch sehr komplexe Prozesse zum einen in gebotener Kürze, zum anderen in allgemein gewohnter Form und Sprache zu vermitteln.

Als Ergebnis dieser Befragungen kann formuliert werden, dass befragte Bewohner und Schüler auf die Präsentation des Artikels insgesamt unterschiedlich reagierten: Während die Bewohner vorherrschend *Sorge* über die vorgelegten Ergebnisse zum Ausdruck brachten, war dies bei den Schülern kaum der Fall. Zurückgeführt wurde dies auf die individuelle Hochwasserbetroffenheit. Waren doch die in den Kommunen befragten Bürger mehrheitlich schon einmal durch mindestens ein Hochwasser (1993) direkt betroffenen, während die Schüler diese Erfahrung noch nicht gemacht hatten. Hochwasser als Risiko wurde von den beiden befragten Gruppen dementsprechend deutlich unterschiedlich wahrgenommen, und so offenbarten sich auf diese Weise verschiedene Spekulationshorizonte zwischen den beiden Gruppen: Seitens der Betroffenen weckte oder bestätigte der Artikel größtenteils die Sorge vor einem neuerlichen großen Hochwasser an der Enz und dessen Folgen, seitens der Schüler schien der Artikel den Ausgangspunkt für eine – möglicherweise erstmalige – Auseinandersetzung mit dem Thema „Hochwasser“ zu bilden.

Eine weitere eingangs gestellte Frage war, ob sich durch die Konfrontation mit dem Artikel auch Neubewertungsprozesse der eigenen Lage hinsichtlich des vermutlich noch ansteigenden Hochwasserrisikos bewirken lassen würden. Tatsächlich wurden bei einigen der Befragten derartige Tendenzen beobachtet: Konnte doch festgestellt werden, dass sich einzelne Bewohner nach Lesen des Artikels deutlich weniger gut durch die öffentlichen Hochwasserbauten geschützt fühlten als vorher. Die Notwendigkeit, selbst entsprechende Verhaltensvorsorge zu treffen, sahen jedoch nur die wenigsten der Befragten – offensichtlich reicht hierfür der Grad der Besorgtheit noch nicht aus.

Insgesamt sind die durchgeführten Befragungen sowohl bei Anwohnern als auch bei Schülern auf große Resonanz gestoßen, eine breite Mehrheit beurteilte diese als „interessant“ beziehungsweise „sehr interessant“. Im Sinne eines abschließenden **Ausblicks** soll an dieser Stelle aber auch kurz auf mögliches Optimierungspotenzial beziehungsweise auf offene Fragen eingegangen werden. So sind naturgemäß gerade die (hydrologischen) Modellierungen und die mathematisch auf den regionalen Kontext transformierten Klimaszenarien mit einer Reihe von **Unsicherheiten** behaftet. Diese sind jedoch bei Modellierungen so komplexer Systeme unvermeidlich. Das hier bezüglich der regionalen Klimaszenarien zum Einsatz gekommene Verfahren des *Expanded Downscaling* zählt zu den „frontends“ der aktuellen Klimaforschung, trotzdem wird auf diesem Gebiet (genau wie bei der Entwicklung weiterer hydrologi-

scher Modelle) zukünftig immer wieder von prozessoptimierenden Maßnahmen zu berichten sein.

Auch die Befragungen in den Haushalten und den Schulen sowie deren Auswertung sind nicht völlig frei von derartigen Unsicherheiten. Selbstkritisch muss hier in erster Linie der geringe Umfang der Grundgesamtheit befragter Probanden betrachtet werden. Eine umfangreichere Erhebung wäre vorstellbar – wenn diese auch nicht im Sinne der vorliegenden Arbeit sein konnte. Eine offene Frage wäre auch, ob die beobachteten Neubewertungsprozesse einiger Anwohner, wie hier angenommen, tatsächlich ausschließlich auf die durch den „Zeitungsartikel“ geweckte Sorge zurückzuführen sind. Allerdings ist dies durchaus im Bereich des Möglichen. In diesem Sinne war es Zweck dieser Diplomarbeit, vorzustellen, wie mögliche Entwicklungen befragte Bürger und Schüler zur Spekulation und zum Nachdenken anregten. Und vielleicht lässt sich so – eingeschnürt in ein Bündel mit anderen präventiven Maßnahmen – auch die der Hochwasserretention so nachhaltig zusetzende, dichte Besiedlung der sensiblen Auenräume vermeiden helfen. Denn das nächste Hochwasser kommt in jedem Fall – unabhängig von mathematischen Unsicherheiten und möglichen Klimaänderungen.

Danksagung

Da der vorliegende Bericht im Rahmen einer Diplomarbeit entstanden ist, möchte ich an dieser Stelle den Menschen meinen persönlichen Dank ausdrücken, die zum Gelingen dieser Arbeit einen nicht unerheblichen Beitrag geleistet haben.

An erster Stelle möchte ich deshalb Dr. Lucas Menzel vom Potsdam-Institut für Klimafolgenforschung (PIK) sowie Dr. Carsten Felgentreff und Prof. Dr. Wilfried Heller vom Institut für Geographie der Universität Potsdam danken, machten sie die Erstellung der diesem Bericht zu Grunde liegenden Diplomarbeit doch überhaupt erst möglich. Stets nahmen sie sich überdies die Zeit zur Diskussion offener Fragen und Problemstellungen und trugen damit wesentlich zum Gelingen der Arbeit bei.

Für die Möglichkeit der Veröffentlichung meiner Arbeit im vorliegenden Bericht möchte ich mich ein weiteres Mal recht herzlich bei Dr. Lucas Menzel bedanken.

Weiterhin danke ich Dr. Fritz Reusswig und Torsten Grothmann vom PIK für ihre Ratschläge bei der Erstellung des Fragebogens und Dr. Annegret Thieken vom Geoforschungszentrum Potsdam (GFZ) für ihre Unterstützung bei der Erstellung von Extremwertstatistiken.

Ebenso möchte ich mich bei Herrn Kück, dem Direktor des Regionalverbandes „Nördlicher Schwarzwald“, sowie Herrn Abicht, dem Leiter des Bau- und Planungsamtes der Stadt Mühlacker und dem Ehepaar Köhler für die mir entgegengebrachte Gesprächsbereitschaft bedanken.

Weiterhin spreche ich den Direktorien des Pforzheimer Hebel-Gymnasiums und des Theodor-Heuss-Gymnasiums in Mühlacker beziehungsweise den Lehrerinnen der Erdkunde-Leistungskurse Frau Müller und Frau Gompper meinen Dank aus. Ohne deren Zustimmung wären die durchgeführten Schülerbefragungen nicht möglich gewesen.

Anhang

Fragebogen zur Haushalts- und Schülerbefragung in der Region Pforzheim, September 2002

Fragebogen zur Risikowahrnehmung von Hochwasserereignissen in der Region Pforzheim, September 2002; Diplomarbeit Markus Wolff

I) Erfahrungshorizont („Wissen und Erfahrungen“)

1. Sicherlich haben Sie ja auch im August die Flutkatastrophe in Ostdeutschland in den Medien mitverfolgt. Was denken Sie, hat sich dadurch etwas in Ihrem Denken über mögliche Hochwasser in dieser Region geändert? (vgl. *Grothmann, Reusswig, 2002; S.3*)

Ja, und zwar

Nein

weiß nicht

keine Angabe

2. Können Sie sich erinnern, wann in dieser Region große Hochwasser stattfanden?

Ja → Jahreszahl(en):

Nein

3. Waren schon einmal Sie persönlich von einem Hochwasser betroffen? Womit ich meine: Wurde Ihr Wohnhaus schon einmal von einem Hochwasser – oder einem hochwasserbedingten Grundwasseranstieg – betroffen? (vgl. *Grothmann, Reusswig, 2002; S.4*)

Nein → weiter mit **9**)

Ja

- Hochwasser direkt
- Grundwasseranstieg
- weiß nicht
- keine Angabe

4. War damals auch Ihre **Wohnung** betroffen? (vgl. *Grothmann, Reusswig, 2002; S.4*)

Ja

Nein

Weiß nicht

keine Angabe

5. Und wann war Ihr persönlich schlimmstes Hochwasserereignis? (vgl. *Grothmann, Reusswig, 2002; S.4*)

Jahr: → weiter mit **6**.

Ich habe noch nie ein wirklich schlimmes HW erlebt → weiter mit **9**.

weiß nicht

keine Angabe

6. Können Sie sich noch erinnern, bis zu welchem Stockwerk da das Wasser bei ihnen im Haus stand? (vgl. *Grothmann, Reusswig, 2002; S.5*) [*Mehrfachnennungen möglich*]

- Ja, und zwar:
 - Keller
 - EG
 - 1.
 - 2.
 - 3.
 - 4.
 - Wasser gelangte nicht in die Innenräume
- Nein
- weiß nicht
- keine Angabe

7. Wissen Sie eventuell sogar noch, wie hoch ihr **finanzieller Schaden** damals war?

- Nein
- Ja: [Euro] ; [DM]
- weiß nicht
- keine Angabe

8. Welcher Schaden war insgesamt der Schlimmere für Sie, der finanzielle Verlust, oder der Verlust Gegenstände?

- finanzieller Verlust
- Verlust persönlicher Gegenstände
- beide Schäden waren gleich schlimm für mich
- weiß nicht
- keine Angabe

9. Haben Sie bereits jetzt bestimmte bauliche Veränderungen an Ihrem Haus durchgeführt, um sich gegen eventuelle zukünftige Hochwasser zu schützen?

- Ja → Könnten Sie mir sagen, um **welche** Veränderungen es sich hierbei handelte?

- Nein
- keine Angabe

10. Nun möchte ich Ihnen eine Reihe möglicher Selbstschutzmaßnahmen vorlesen, und würde Sie einfach um Ihre Meinung bitten, für wie wirksam Sie jeweils die folgenden Maßnahmen halten, um Schäden und Einschränkungen durch Hochwasser in Ihrem Haushalt zu vermeiden. (vgl. Grothmann, Reusswig, 2002; S.13)

0 heißt dabei „überhaupt nicht wirksam“ 4 dagegen „sehr wirksam“ :

Anfordern von Informationen zu hochwasserbezogenen Versicherungen	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	0	1	2	3	4	weiß n.	k.A
Bauliche Maßnahmen wie zum Beispiel das Verlegen der Heizung in ein oberes Stockwerk	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	0	1	2	3	4	weiß n.	k.A
Umräumen wertvollen Inventars aus Keller und Erdgeschoss in höhere Stockwerke	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	0	1	2	3	4	weiß n.	k.A
Anschaffung von Hochwasserschutzvorrichtungen wie z.B. Schotten für Fenster und Türen oder Pumpen	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	0	1	2	3	4	weiß n.	k.A
Anfordern von Informationsmaterialien zum privaten Hochwasserschutz	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	0	1	2	3	4	weiß n.	k.A
Umzug in sicherere Regionen	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	0	1	2	3	4	weiß n.	k.A

11. Wurde in Ihrem Haushalt bereits einmal ernsthaft darüber nachgedacht aufgrund der Hochwassergefährdung umzuziehen? (vgl. Grothmann, Reusswig, 2002; S.20)

- stimme zu [2]
- stimme teils zu, teils nicht zu [1]
- stimme nicht zu [0]
- weiß nicht
- keine Angabe

12. Ich bin **Mitglied einer Organisation**, die im Hochwasserschutz aktiv ist, z.B. einer Bürgerinitiative, des Technischen Hilfswerks oder der Feuerwehr. (Grothmann, Reusswig; S.20)

- Ja
- Nein
- weiß nicht
- keine Angabe

13. Nun noch eine Frage zum öffentlichen Hochwasserschutz:

Inwieweit fühlen Sie sich durch den derzeitigen öffentlichen Hochwasserschutz geschützt?

Sie können sich wieder auf einer Skala orientieren, die von

0 „fühle mich überhaupt nicht geschützt“ bis 4 „fühle mich sehr gut geschützt“ geht:
(vgl. Grothmann, Reusswig, 2002; S.12)

<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
0	1	2	3	4	weiß n.	k.A

14. Wer sollte Ihrer Meinung nach für die Schadensvermeidung in den Privathaushalten hauptsächlich verantwortlich sein? Öffentlich Stellen, die Bürger selbst, oder beide gleich?
(vgl. Grothmann, Reusswig, 2002; S.12)

- öffentlich Stellen
- die Bürger selbst
- beide gleich
- Weiß nicht
- keine Angabe

15. Wie lange leben Sie schon in dem Haus, in dem Sie momentan wohnen?
(vgl. Grothmann, Reusswig, 2002; S.6)

- Seit Geburt
- Jahre und Monate
- Seit
- weiß nicht
- keine Angabe

16. →Wenn NICHT seit Geburt: War Ihnen vor dem Herzug bewusst, dass sich hier unter Umständen Hochwasser ereignen können? (vgl. Felgentreff, 1998; S.1)

- Ja
- trifft nicht zu (weil bei Herzug noch zu klein)
- Nein

17. →Wenn NEIN: Wenn Sie im Vorhinein gewarnt gewesen wären, wären Sie trotzdem hierher gezogen? (vgl. Felgentreff, 1998; S.1)

- Sehr wahrscheinlich
- eher wahrscheinlich
- Eher unwahrscheinlich
- Sehr unwahrscheinlich

18. Im wievielten Stockwerk wohnen Sie bzw. über wie viel Stockwerke erstreckt sich Ihre Wohnung?
(vgl. *Grothmann, Reusswig, 2002; S.6*)

- [-1 = Keller; 0 = EG, 1 = 1; usw.];
- Anzahl Stockwerke
- weiß nicht
- keine Angabe

19. Verfügen Sie auch über einen Keller? (vgl. *Grothmann, Reusswig, 2002; S.6*)

- Nein
- Ja
- Weiß nicht
- keine Angabe

20. Wie viele Parteien wohnen in Ihrem Haus? Eine, zwei, drei oder mehr?
(vgl. *Grothmann, Reusswig, 2002; S.6*)

- eine Partei
- zwei Parteien
- drei Parteien
- mehr als drei Parteien
- weiß nicht
- keine Angabe

21. Sie sind momentan Eigentümer oder Mieter ihrer Wohnung/Hauses?

- Eigentümer
- Mieter
- keine Angabe

II) Verbalisierung von Wahrscheinlichkeiten

22. Für wie wahrscheinlich halten Sie zukünftige Hochwasser an der Enz?
Für:

- sehr wahrscheinlich [3]
- eher wahrscheinlich [2]
- eher unwahrscheinlich [1]
- sehr unwahrscheinlich [0]
- weiß nicht
- keine Angabe

23. Für wie wahrscheinlich halten sie die Gefahr, dass bei möglichen zukünftigen Hochwasserereignissen Ihr Haus in Mitleidenschaft gezogen wird?

- sehr wahrscheinlich [3]
- eher wahrscheinlich [2]
- eher unwahrscheinlich [1]
- sehr unwahrscheinlich [0]
- weiß nicht
- keine Angabe

24. Was glauben Sie, wann könnte es an der Enz wieder zu einem spektakulären Schadenshochwasser wie z.B. im Winter 1993 kommen?
Gerechnet von heute an:

- in weniger als 5 Jahren
- in 5-10 Jahren
- in 10-50 Jahren
- in 50-100 Jahren
- in 100 Jahren und später
- gleich große Wahrscheinlichkeit, schlicht nicht vorhersehbar
- weiß nicht
- keine Angabe

25. Angenommen Sie würden wieder durch ein so großes Hochwasser wie im z.B. im Winter 1993, betroffen werden, wie hoch würden Sie für ein solches Ereignis die möglichen Schäden für ihren Haushalt einschätzen? Als:

- sehr hoch [4]
- hoch [3]
- niedrig [2]
- sehr niedrig [1]
- gar keine [0]
- weiß nicht
- keine Angabe

26. Hat Ihr Haushalt eine Versicherung, die für Hochwasserschäden aufkommt?
(vgl. *Grothmann, Reusswig, 2002; S.18*)

- Ja (weiter mit **28**)
 - Als Bestandteil meiner Hausratsversicherung
 - Als Bestandteil meiner Gebäudeversicherung
- Nein (weiter mit **27**)
- weiß nicht
- keine Angabe

27. → Wenn Nein: Warum nicht? (vgl. Grothmann, Reusswig, 2002; S.18)

- Wird meines Wissens nach für meinen Wohnort nicht angeboten
 - ist zu teuer
 - andere Gründe:
könnten Sie mir vielleicht den einen oder anderen nennen?
-
-

- weiß nicht
- keine Angabe

28. Niemand weiß genau, was ihn in der Zukunft zum Beispiel gesundheitlich oder auch finanziell erwarten wird. Die Angst vor einem erneuten Hochwasser, ist die für Sie diesbezüglich eher nachrangig, eher gleichwertig oder steht Sie eher im Vordergrund? (vgl. Felgentreff, 1998; S.4)

- eher nachrangig
- eher gleichwertig
- eher im Vordergrund
- keine Angabe

Klimawandel (vgl. Grothmann, Reusswig, 2002; S.7)

29. In den Medien ist momentan viel vom Treibhauseffekt und vom Klimawandel die Rede. Glauben Sie, dass es einen Klimawandel gibt? Eher ja oder eher nein?

- eher Ja
- eher Nein
- weiß nicht
- keine Angabe

30. Und meinen Sie, dass der Mensch dafür verantwortlich ist? Eher Ja oder eher Nein?

- eher Ja
- eher Nein
- weiß nicht
- keine Angabe

31. Die Hochwasserkatastrophe vergangenen Monat in Ostdeutschland, war die Ihrer Meinung nach bereits Ausdruck eines Klimawandels? Eher Ja oder eher Nein?

- eher Ja
- eher Nein
- weiß nicht
- keine Angabe

Okay, nun eine kurze Redepause, Sie können Ihre Stimme schonen. Ich würde Sie bitten, sich einmal diesen „Zeitungsartikel“ durchzulesen. Ich möchte jedoch ausdrücklich betonen, dass dies ein von mir selbst erfundener Artikel ist – also reine Fiktion. Was allerdings nicht heißt, dass er so in der Form nicht z.B. in der *Pforzheimer Zeitung* oder dem *Mühlacker Tagblatt* etc. stehen könnte:

III) KONFRONTATION → ARTIKEL VORLEGEN

32. Generell, würden Sie einen Artikel mit einer solchen Überschrift lesen?

- Ja
- Nein
- keine Angabe

33. Was würden Sie nach dem Lesen eines solchen Artikels am ehesten tun?
[*Mehrfachnennungen möglich*]

Würden Sie:

- Zeitungsseite aufheben
- Artikel ausschneiden und abheften oder ähnliche Archivierung
- Mit Freunden drüber reden bzw. diskutieren
- Eigene Recherchen bezüglich des gelesenen Themas durchführen, z.B. im Internet
- Vergessen
- Sonstiges:

IV) Neubewertung von Wahrscheinlichkeiten

Unter dem im Artikel erwähntem Gesichtspunkt steigender extremer Niederschläge für diese gesamte Region und den beschriebenen möglichen Folgen bezüglich der zukünftigen Hochwassersituation:

34. Erfüllen Sie diese Forschungsergebnisse mit vermehrter Sorge?

- Ja, mit großer Sorge
- Eher Ja
- Eher Nein
- Nein, gar nicht (weiter mit 35, sonst 36)
- keine Angabe

35. Wenn „Nein“: Warum nicht? [*Mehrfachantwort möglich*]

- Weil ich darauf vertraue, dass das Haus in dem ich wohne, nicht von einem Hochwasser betroffen sein wird

- Weil ich glaube, dass der öffentliche Hochwasserschutz so gut ist, dass ich mich selbst nicht weiter schützen muss
 - Weil ich solchen Untersuchungen allgemein eher skeptisch gegenüber stehe
 - Über diese Dinge mache ich mir generell keine Sorgen, es gibt schlimmeres „An was denken Sie da konkret - zum Beispiel?“
-
-

- Weiß nicht
- keine Angabe

36. Denken Sie, man sollte auch gerade im Anbetracht dieser Forschungsergebnisse sensibler mit der Natur umgehen, da.... (vgl. *Grothmann, Reusswig, 2002; S.26*)

- die Natur empfindlich gegenüber jeder Art von Eingriff ist
- in begrenztem Maße Eingriffe in die Natur erfolgen kann. Erst wenn ein bestimmter Punkt überschritten wird, gerät die Natur außer Kontrolle.

Oder meinen Sie, dass

- die Natur im Grunde so eingerichtet ist, dass sie immer wieder von allein ins Lot kommt
- wenn man Eingriffe in die Natur vornimmt, man nie weiß, ob das gute oder schlechte Folgen haben wird. Es ist nicht vorhersehbar.

37. Halten Sie vor dem Hintergrund dieser neuen wissenschaftlichen Erkenntnisse den derzeitigen öffentlichen Hochwasserschutz in Ihrer Gemeinde für ausreichend?

- Ja, ich fühle mich nach wie vor gut geschützt
- Nein, es sollte nun mehr zu meinem Schutz getan werden
- weiß nicht
- sonstiges
- keine Angabe

38. Unter dem im Artikel erwähntem Gesichtspunkt steigender extremer Niederschläge für diese gesamte Region und den beschriebenen möglichen Folgen bezüglich der zukünftigen Hochwassersituation, nun die folgende Frage:

Ich lese Ihnen nun eine Reihe von möglichen Maßnahmen vor, wie sie sich selbst gegen zukünftige Hochwasser schützen könnten. Dagegen Sie mir doch einfach bitte zu jeder dieser ob Sie sich vorstellen könnten, diese in naher Zukunft zu ergreifen: [*Mehrfachnennung möglich*]

- Anfordern von Informationen zu hochwasserbezogenen Versicherungen
- Bauliche Maßnahmen wie zum Beispiel das Verlegen der Heizung in ein oberes Stockwerk
- Umräumen wertvollen Inventars aus Keller und Erdgeschoss in höhere Stockwerke

- Anschaffung von Hochwasserschutzvorrichtungen wie z.B. Schotten für Fenster und Türen oder Pumpen
- Anfordern von Informationsmaterialien zum privaten Hochwasserschutz;
- Umzug in sicherere Regionen

sonstige Maßnahmen [notieren]:

Wenn aber überall „Nein“ und auch nichts unter sonstiges:

- keine Maßnahme nötig, da ich mich nicht privat zu schützen brauche; die Maßnahmen der zuständigen Behörden sind ausreichend
- keine Maßnahme nötig, da ich mich nicht bedroht fühle
- keine Angabe

V) Allgemeine Angaben

39. Wie wichtig sind für Sie persönlich die folgenden Lebensziele? Bitte benutzen Sie auch hier die Skala von 0 „überhaupt nicht wichtig“ bis 4 „sehr wichtig“ (vgl. *Grothmann, Reusswig, 2002; S.25*):

Materieller Wohlstand	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	0	1	2	3	4	weiß n.	k.A
Solidarität mit meinen Mitmenschen	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	0	1	2	3	4	weiß n.	k.A
Ein Leben in Sicherheit	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	0	1	2	3	4	weiß n.	k.A
Die Bewahrung von Natur und Umwelt	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	0	1	2	3	4	weiß n.	k.A
Familie	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	0	1	2	3	4	weiß n.	k.A
Beruflicher Aufstieg / Karriere	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	0	1	2	3	4	weiß n.	k.A

40. Es gibt ja Menschen, die handeln und entscheiden mit großer Vorsicht; andere gehen freiwillig auch mal höhere Risiken ein. Wie ist das bei Ihnen? Sind Sie alles in allem ein eher vorsichtiger oder eher risikobereiter Mensch? (vgl. Zwick, Renn, 2002; S.156)

1 bedeutet, dass Sie ein sehr vorsichtiger Mensch sind, 5 bedeutet, dass Sie ein sehr risikofreudiger Mensch sind. Mit den Werten dazwischen können Sie wieder Ihre Meinung abstufen

<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
1	2	3	4	5	weiß n.	k.A

41. Über nachfolgende Aussagen kann man unterschiedlicher Meinung sein. Bitte sagen Sie mir jedes Mal ob Sie zustimmen (4), eher zustimmen (3), ob Sie 'teils teils' sagen würden (2), ob Sie die Aussage eher ablehnen (1) oder voll ablehnen (0). (vgl. Zwick, Renn, 2002; S.172)

Sicherheit, Ruhe und Ordnung machen das Leben angenehm	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	0	1	2	3	4	weiß n.	k.A
Heimatverbundenheit ist etwas sehr wichtiges für mich	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	0	1	2	3	4	weiß n.	k.A
Das wichtigste ist mir das Leben, hier und jetzt – was die Zukunft bringen wird, interessiert mich wenig	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	0	1	2	3	4	weiß n.	k.A

So, jetzt haben Sie es fast geschafft, zu guter Letzt nur noch kurz ein paar **allgemeine Daten** zu Ihrer Person [falls Einwände, auf Datenschutz hinweisen]

42. Wie alt sind Sie?

..... Jahre; Falls „keine Angabe“ → Bitte schätzen:

- <20
- 20-29
- 30-39
- 40-49
- 50-59
- 60-69
- 70+
- nicht zu schätzen bzw. keine Angabe

43. Geschlecht

- M
- W

44. Sind Sie momentan

- ledig
- verheiratet
- verwitwet
- geschieden
- getrennt lebend
- nichteheliche Lebensgemeinschaft
- keine Angabe

45. Und wie viele Personen wohnen ständig in Ihrem Haushalt, Sie selbst und alle Kinder eingeschlossen?

- Personen
- keine Angabe

46. Welchen höchsten Bildungsabschluss haben Sie? (vgl. Zwick, Renn, 2002; S.173)

- bin noch Schüler(in)
- Schule beendet ohne Abschluss
- Volks-/Hauptschulabschluss bzw. Polytechnische Oberschule mit Abschluss 8. oder 9. Klasse
- Realschulabschluss/Mittlere Reife (Fachschulreife) bzw. Polytechnische Oberschule mit Abschluss 10. Klasse
- Fachhochschulreife (Abschluss einer Fachoberschule etc.)
- Abitur (Hochschulreife)
- Andere bzw. Erweiterte Oberschule mit Abschluss 12. Klasse (Hochschulreife)
- Fachhochschulabschluss
- Hochschul-/Universitätsabschluss
- keine Angabe

47. Sind Sie persönlich berufstätig? (vgl. Zwick, Renn, 2002; S.173)
(Mehrfachnennungen möglich)

- ja, Voll- oder Teilzeit**
- ich bin Rentner/Pensionär
- ich bin Hausmann oder Hausfrau
- ich bin Schüler/Student
- ich bin in einer Ausbildungs-/Umschulungsmaßnahme
- ich bin Wehrdienst-/Zivildienstleistender
- ich bin zur Zeit ohne Beschäftigung
- keine Angabe

→ Falls **Voll- oder Teilzeit**: Und welchen Beruf üben Sie zur Zeit hauptsächlich aus?
Sonst : Und welchen Beruf haben Sie zuletzt hauptsächlich ausgeübt?

Nun die vorletzte Frage – ich weiß, die beantworten auch Sie bestimmt nicht wirklich gerne, aber der Vollständigkeit halber muss ich sie dennoch stellen:

48. Wie hoch ist das monatliche Nettoeinkommen Ihres Haushaltes insgesamt (also jeweils nach Abzug der Steuern und Sozialversicherungsbeiträge)? Sie brauchen mir hier auch keinen genauen Betrag nennen, setzen Sie einfach ein Kreuz an einer der vorgegebenen Klassen:

- Unter 500 Euro
- 500 - < 1000 Euro
- 1000 - < 2000 Euro
- 2000 - < 3000 Euro
- 3000 - < 4000 Euro
- + 4000 Euro
- kein eigenes Einkommen
- keine Angabe

So, nun haben Sie's geschafft, wir sind am Ende des Interviews angekommen!

49. Aber wie interessant fanden Sie denn dieses Interview überhaupt? Fanden Sie es...
(vgl. *Zwick, Renn, 2002; S.175*)

- Sehr interessant
- Eher interessant
- Teils / Teils
- Eher langweilig, oder
- Sehr langweilig

Literaturverzeichnis

ABBOTT, M., B.; REFSGAARD, J., C. (eds.); 1996: „Distributed Hydrological Modelling“; Kluwer Academic Publishers; Dordrecht; Boston, London

BAUMGARTNER, A.; LIEBSCHER, H., J.; 1996: „Allgemeine Hydrologie. Quantitative Hydrologie.“, Band 1; 2. Auflage; Gebrüder Borntraeger; Berlin-Stuttgart

BAYERISCHE RÜCK (Hrsg.); 1993: „Risiko ist ein Konstrukt“; München, Knesebeck

BAYERISCHES AMT FÜR WASSERWIRTSCHAFT; Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg; Deutscher Wetterdienst; 2000: „Klimaveränderung und Konsequenzen für die Wasserwirtschaft“; Fachvorträge beim KLIWA-Symposium am 29./30. November 2000 in Karlsruhe; Kliwa Berichte, H.1; Arbeitskreis Kliwa; JVA Mannheim; Mannheim

BECHMANN, G. (Hrsg.); 1993: „Risiko in der Industriegesellschaft: Grundlagen und Ergebnisse interdisziplinärer Risikoforschung“; Westdeutscher Verlag; Opladen

BENDIX, J.; 1997: „Natürliche und anthropogene Einflüsse auf den Hochwasserabfluss des Rheins“; In: Erdkunde, 51; S.292-307

BERGSTRÖM, S.; 1995: „The HBV Model“; In: Singh, V., P.: Computer Models of Watershed Hydrology; Water Resources Publications; Highlands Ranch Colorado; p. 443-476

BERGSTRÖM, S.; Lindström, G.; 2001: „Internal validation of the HBV model“; In: Freiburger Schriften zur Hydrologie, 13; Institut für Hydrologie der Universität Freiburg i. Br.; Freiburg i. Br.; S.166-174

BERZ, G.; 2002: „Naturkatastrophen im 21.Jahrhundert“; In: Geographische Rundschau, 54; H. 1; Westermann; Braunschweig; S. 9-14

BRONSTERT, A.; 1995: „Änderung der Hochwassercharakteristiken – Stand der Forschung“; In: Bechteler, W.; Günthert, F.W.; Kleeberg, H.B.; 1996: Klimaänderung und Wasserwirtschaft, Internationales Symposium am 27./28. November 1995 im Europäischen Patentamt in München; Tagungsband; Institut für Wasserwesen; Neubiberg; Heft 56a; S.185-201

BRONSTERT, A.; 1997: „Klimaänderungen und Hochwasser – Zusammenhänge und Auswirkungen“; Immendorf, R.: „Hochwasser. Natur im Überfluß?; C.F. Müller Verlag; Heidelberg; S.163-182

BUNDESMINISTERIUM für Raumordnung, Bauwesen und Städtebau; 1996: „Raumordnung in Deutschland“; Bonn

BÜRGER, G.; 1996: “Expanded downscaling for generating local weather scenarios“; Climate Research, 7; p.111-128

CASPARY, H., J.; 1995: „Die Winterhochwasser 1990, 1993 und 1995 in Südwestdeutschland – Signale einer bereits eingetretenen Klimaänderung?“; In: Internationales Symposium Klimaänderung und Wasserwirtschaft; Tagungsband Teil a; 27./28. November 1995; Institut für Wasserwesen der Universität der Bundeswehr München; S.169-183

CITLAK, B.; KREYENFELD, M.; 1998 „Wahrnehmung von Umweltrisiken – Empirische Ergebnisse für Deutschland“; Diskussionspapiere aus der Fakultät für Sozialwissenschaft; Ruhr-Universität Bochum

DIETZER, B.; 2000: „Langzeitverhalten extremer Niederschlagsereignisse“; In: Klimaveränderung und Konsequenzen für die Wasserwirtschaft; Fachvorträge beim KLIWA-Symposium am 29. und 30.11.2000 in Karlsruhe; Kliwa Berichte, H.1; Arbeitskreis Kliwa; JVA Mannheim; Mannheim; S. 46-67

DYCK, S.; PESCHKE, G.; 1995: „Grundlagen der Hydrologie“; Verlag für Bauwesen; Berlin

EGLI, E.; 1963: „Mensch und Landschaft: Natur, Kultur und Technik im Wallis“; In: Sozialgeographie: eine Einführung“; Bern, Stuttgart, Wien; Haupt; S. 103-104

EISBACHER, G.H.; 1996: „Einführung in die Tektonik“; 2. Auflage; Ferdinand Enke Verlag; Stuttgart

FELGENTREFF, C.; 1998: „Fragebogen zum Geländepraktikum Oderregion“; *unveröffentlicht*

GERSTENGARBE, F.-W.; 2000: „Ein Klimaszenarienmodell für Deutschland“; In: Klimaveränderung und Konsequenzen für die Wasserwirtschaft; Fachvorträge beim KLIWA-Symposium am 29. und 30.11.2000 in Karlsruhe; Kliwa Berichte, H.1; Arbeitskreis Kliwa; JVA Mannheim; Mannheim; S. 104-121

GROTHMANN, T; REUSSWIG, F.; 2002: „Fragebogen SEVERE – Stand 28.08.2002“; *unveröffentlicht*

GRÜNEWALD, U.; 2001: „Überschwemmungen“; In: Naturkatastrophen. Ursachen – Auswirkungen – Vorsorge; Stuttgart; S. 159-189

GÜNTER, T.; RACHNER, M.; 2000: „Langzeitverhalten von Schneedeckenparametern; Ergebnisse aus KLIWA“; In: Klimaveränderung und Konsequenzen für die Wasserwirtschaft; Fachvorträge beim KLIWA-Symposium am 29. und 30.11.2000 in Karlsruhe; Kliwa Berichte, H.1; Arbeitskreis Kliwa; JVA Mannheim; Mannheim; S.68-80

HAAR, U.; KELLER, R.; LIEBSCHER, H., J.; RICHTER, W.; SCHIRMER, H.; 1979: „Hydrologischer Atlas der Bundesrepublik Deutschland“; Boppard

HEYER, E.; 1993: „Witterung und Klima“; 9. Auflage; B.G. Teubner Verlagsgesellschaft Leipzig; Leipzig

HOLZHEU, F.; WIEDEMANN, P., M.; 1993: „Perspektiven der Risikowahrnehmung“; In: Risiko ist ein Konstrukt; München, Knesebeck; S. 9-20

HOSEMANN, G. (Hrsg.); 1989: „Risiko in der Industriegesellschaft. Analysen, Vorsorge und Akzeptanz: Sieben Vorträge“; Universitätsbund Erlangen-Nürnberg e.V.; Erlangen

JUNGERMANN, H.; SLOVIC, P.; 1993: „Die Psychologie der Kognition und Evaluation von Risiko“; In: Risiko in der Industriegesellschaft: Grundlagen und Ergebnisse interdisziplinärer Risikoforschung; Opladen; S. 167-208

KNAUF, D.; 1975: „Die Abflussbildung in schneebedeckten Einzugsgebieten des Mittelgebirges“; Technische Hochschule Darmstadt; Darmstadt

KRYSAKOVA, V.; BRONSTERT, A.; MÜLLER-WOHLFEIL, D. I.; 1999: "Modelling river discharge for large drainage basins: from lumped to distributed approach"; In: Hydrological Sciences, 44. H.2; p.313-331

KULLEN, S.; 1989: „Baden-Württemberg“; 3. Auflage, Neubearbeitung; Klett; Stuttgart

KUSCH, W.; 2000: „Ansprache zum Symposium: Klimaveränderung und Konsequenzen für die Wasserwirtschaft.“; In: Klimaveränderung und Konsequenzen für die Wasserwirtschaft; Fachvorträge beim KLIWA-Symposium am 29. und 30.11.2000 in Karlsruhe; Kliwa Berichte, H.1; Arbeitskreis Kliwa; JVA Mannheim; Mannheim; S.17-22

LANDESANSTALT FÜR UMWELTSCHUTZ BADEN-WÜRTTEMBERG; 1994: „Handbuch Wasser 2: Hochwasser Dezember 1993“; Karlsruhe

LANDESANSTALT FÜR UMWELTSCHUTZ BADEN-WÜRTTEMBERG; 1997: „Handbuch Wasser 2: Statistische Untersuchung langfristiger Veränderungen des Niederschlags in Baden-Württemberg“; Karlsruhe

LUHMANN, N.; 1993: „Die Moral des Risikos und das Risiko der Moral“; In: Risiko in der Industriegesellschaft: Grundlagen und Ergebnisse interdisziplinärer Risikoforschung; Opladen; S. 327-338

LUTZ, W.; 1984: „Berechnung von Hochwasserabflüssen unter Anwendung von Gebietskenngrößen“; Institut für Hydrologie und Wasserwirtschaft der Universität Karlsruhe; Karlsruhe

MARCINEK, J.; ROSENKRANZ, E.; 1996: „Das Wasser der Erde. Eine geographische Meeres- und Gewässerkunde“; Gotha

MÄCKEL, R.; 1990: „Schwarzwald – Oberrheintiefland. Einführung in den Naturraum und in die Landschaftsentstehung“; Deutscher Arbeitskreis für Geomorphologie, 16. Tagung in Freiburg i.Br.; Institut für Physische Geographie Albert-Ludwigs-Universität Freiburg i.Br.; Freiburg i.Br.

MENDEL, H., G.; FISCHER, P.; HERRMANN, A.; 1997: „Hochwasser – Gedanken über Ursachen und Vorsorge aus hydrologischer Sicht“; Bundesanstalt für Gewässerkunde; Koblenz

MENZEL, L.; BÜRGER, G.; SCHWANDT, D.; 2002: „Klimaänderungen und Hochwasser: Ergebnisse einer DFNK-Studie im Rheingebiet“; In: „Zweites Forum Katastrophenvorsorge. 24.-26. September 2001“; Deutsches Komitee für Katastrophenvorsorge e.V. (DKKV); Bonn und Leipzig; S. 278-285

MINISTERIUM LÄNDLICHER RAUM BADEN-WÜRTTEMBERG; 2000: „Maßnahmen- und Entwicklungsplan Ländlicher Raum des Landes Baden-Württemberg für den Zeitraum 2000-2006“; Landesanstalt für Entwicklung der Landwirtschaft und der ländlichen Räume mit Landesstelle für landwirtschaftliche Marktkunde; Schwäbisch Gmünd

MÜLLER, U.; 2000: „Ansprache zum Symposium: Klimaveränderung und Konsequenzen für die Wasserwirtschaft.“; In: Klimaveränderung und Konsequenzen für die Wasserwirtschaft; Fachvorträge beim KLIWA-Symposium am 29. und 30.11.2000 in Karlsruhe; Kliwa Berichte, H.1; Arbeitskreis Kliwa; JVA Mannheim; Mannheim; S.3-13

NASH, J.E.; SUTCLIFFE, J.V.; 1979: „River flow forecasting through conceptual models 1: a discussion of principles. In: Journal of Hydrology 10, p.282-290

PLAPP, T.; 2001: „Risiko – mal anders betrachtet“; Karlsruher Transfer Nr. 25; Karlsruhe; S. 6-11

PLATE, E., J.; MERZ, B. (Hrsg.); 2001: „Naturkatastrophen. Ursachen – Auswirkungen – Vorsorge“; E. Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung (Nägele u. Obermiller); Stuttgart

POHL, J; GEIPEL, R.; 2002: „Naturgefahr und Naturrisiken“; In: Geographische Rundschau, 54, H.1; Westermann; Braunschweig; S. 4-8

REFSGAARD, J., C.; 1996: „Terminology, Modelling Protocol and Classification of Hydrological Model Codes“; In: Distributed Hydrological Modelling; Kluwer Academic Publishers; Dordrecht; Boston, London; p.17-39

REFSGAARD, J., C.; STORM, B.; 1996 : „Construction, Calibration and Validation of Hydrological Models“; In: Distributed Hydrological Modelling; Kluwer Academic Publishers; Dordrecht; Boston, London; p.41-54

RENN, O.; 1989: „Risikowahrnehmung – Psychologische Determinanten bei der intuitiven Erfassung und Bewertung technischer Risiken“; In: Risiko in der Industriegesellschaft. Analysen, Vorsorge und Akzeptanz: sieben Vorträge; Erlangen; S. 167-192

SCHÄFERS, B.; WEWER, G.; 1996: „Die Stadt in Deutschland“; Leske und Budrich; Opladen

SCHÄR, C.; FREI, C.; FUKUTOME, S.; LÜTHI, D.; KLEINN, J.; SENEVIRATNE, S.; VIDALE, P. L.; 2000: „Regionale Klimamodelle – Möglichkeiten und Grenzen“; In: Klimaveränderung und Konsequenzen für die Wasserwirtschaft; Fachvorträge beim KLIWA-Symposium am 29. und 30.11.2000 in Karlsruhe; Kliwa Berichte, H.1; Arbeitskreis Kliwa; JVA Mannheim; Mannheim; S. 92-103

SEMMELE, A.; 1995: „Das Süddeutsche Stufenland mit seinen Grundgebirgsrändern“; In: Liedtke, H.; Marcinek, J. (Hrsg.); 1995: „Physische Geographie Deutschlands“; 2. Auflage; Justus Perthes Verlag Gotha GmbH; Gotha; S.389-437

STADT MÜHLACKER; 2002: „Stadtentwicklung 2020“; ORplan; Stuttgart

STATISTISCHES LANDESAMT BADEN-WÜRTTEMBERG; 1999: „Baden-Württemberg 2000. Der neue Atlas für das ganze Land“; Stuttgart

STÄDTE-VERLAG E.V. WAGNER & J. MITTERHUBER GMBH: „Stadtplan Mühlacker mit Umgebungs- und Freizeitkarte“; 6. Auflage; Fellbach

STRUBELT, W.; 2000: „Stadtentwicklung“; In: Häußermann, H. (Hrsg.); 2000: „Großstadt. Soziologische Stichworte“; 2. Auflage; Leske und Budrich; Opladen; S.221-235

UHLENBROOK, S.; STEINBRICH, A.; TETZLAFF, D.; LEIBUNDGUT, C.; 2000: „Zusammenhang zwischen extremen Hochwassern und ihren Einflussgrößen“; In: Klimaveränderung und Konsequenzen für die Wasserwirtschaft; Fachvorträge beim KLIWA-Symposium am 29. und 30.11.2000 in Karlsruhe; Kliwa Berichte, H.1; Arbeitskreis Kliwa; JVA Mannheim; Mannheim; S 187-203

WERLEN, B.; 2000: „Sozialgeographie: Eine Einführung“; Bern, Stuttgart, Wien; Haupt

ZWICK, M. M.; RENN, O. (Hrsg.); 2002: „Wahrnehmung und Bewertung von Risiken – Ergebnisse des Risikosurvey Baden-Württemberg 2001“; In: Akademie für Technikfolgenabschätzung in Baden-Württemberg, Nr. 202; Stuttgart

Tageszeitungen:

DER ENZTÄLER – Wildbader Tagblatt

MÜHLACKER TAGBLATT/STUTTGARTER NACHRICHTEN

Internet:

KASANG, D.; 2000: „Niederschläge und Hochwasserereignisse“; <http://lbs.hh.schule.de/klima/klimafolgen/extreme/extreme-130.htm>

<http://www.Erdgeschichte.de/geologie/BWABB/>

PIK Report-Reference:

- No. 1 3. Deutsche Klimatagung, Potsdam 11.-14. April 1994
Tagungsband der Vorträge und Poster (April 1994)
- No. 2 Extremer Nordsommer '92
Meteorologische Ausprägung, Wirkungen auf naturnahe und vom Menschen beeinflusste Ökosysteme, gesellschaftliche Perzeption und situationsbezogene politisch-administrative bzw. individuelle Maßnahmen (Vol. 1 - Vol. 4)
H.-J. Schellnhuber, W. Enke, M. Flechsig (Mai 1994)
- No. 3 Using Plant Functional Types in a Global Vegetation Model
W. Cramer (September 1994)
- No. 4 Interannual variability of Central European climate parameters and their relation to the large-scale circulation
P. C. Werner (Oktober 1994)
- No. 5 Coupling Global Models of Vegetation Structure and Ecosystem Processes - An Example from Arctic and Boreal Ecosystems
M. Plöchl, W. Cramer (Oktober 1994)
- No. 6 The use of a European forest model in North America: A study of ecosystem response to climate gradients
H. Bugmann, A. Solomon (Mai 1995)
- No. 7 A comparison of forest gap models: Model structure and behaviour
H. Bugmann, Y. Xiaodong, M. T. Sykes, Ph. Martin, M. Lindner, P. V. Desanker, S. G. Cumming (Mai 1995)
- No. 8 Simulating forest dynamics in complex topography using gridded climatic data
H. Bugmann, A. Fischlin (Mai 1995)
- No. 9 Application of two forest succession models at sites in Northeast Germany
P. Lasch, M. Lindner (Juni 1995)
- No. 10 Application of a forest succession model to a continentality gradient through Central Europe
M. Lindner, P. Lasch, W. Cramer (Juni 1995)
- No. 11 Possible Impacts of global warming on tundra and boreal forest ecosystems - Comparison of some biogeochemical models
M. Plöchl, W. Cramer (Juni 1995)
- No. 12 Wirkung von Klimaveränderungen auf Waldökosysteme
P. Lasch, M. Lindner (August 1995)
- No. 13 MOSES - Modellierung und Simulation ökologischer Systeme - Eine Sprachbeschreibung mit Anwendungsbeispielen
V. Wenzel, M. Kücken, M. Flechsig (Dezember 1995)
- No. 14 TOYS - Materials to the Brandenburg biosphere model / GAIA
Part 1 - Simple models of the "Climate + Biosphere" system
Yu. Svirezhev (ed.), A. Block, W. v. Bloh, V. Brovkin, A. Ganopolski, V. Petoukhov, V. Razzhevaikin (Januar 1996)
- No. 15 Änderung von Hochwassercharakteristiken im Zusammenhang mit Klimaänderungen - Stand der Forschung
A. Bronstert (April 1996)
- No. 16 Entwicklung eines Instruments zur Unterstützung der klimapolitischen Entscheidungsfindung
M. Leimbach (Mai 1996)
- No. 17 Hochwasser in Deutschland unter Aspekten globaler Veränderungen - Bericht über das DFG-Rundgespräch am 9. Oktober 1995 in Potsdam
A. Bronstert (ed.) (Juni 1996)
- No. 18 Integrated modelling of hydrology and water quality in mesoscale watersheds
V. Krysanova, D.-I. Müller-Wohlfeil, A. Becker (Juli 1996)
- No. 19 Identification of vulnerable subregions in the Elbe drainage basin under global change impact
V. Krysanova, D.-I. Müller-Wohlfeil, W. Cramer, A. Becker (Juli 1996)
- No. 20 Simulation of soil moisture patterns using a topography-based model at different scales
D.-I. Müller-Wohlfeil, W. Lahmer, W. Cramer, V. Krysanova (Juli 1996)
- No. 21 International relations and global climate change
D. Sprinz, U. Luterbacher (1st ed. July, 2nd ed. December 1996)
- No. 22 Modelling the possible impact of climate change on broad-scale vegetation structure - examples from Northern Europe
W. Cramer (August 1996)

- No. 23 A methode to estimate the statistical security for cluster separation
F.-W. Gerstengarbe, P.C. Werner (Oktober 1996)
- No. 24 Improving the behaviour of forest gap models along drought gradients
H. Bugmann, W. Cramer (Januar 1997)
- No. 25 The development of climate scenarios
P.C. Werner, F.-W. Gerstengarbe (Januar 1997)
- No. 26 On the Influence of Southern Hemisphere Winds on North Atlantic Deep Water Flow
S. Rahmstorf, M. H. England (Januar 1977)
- No. 27 Integrated systems analysis at PIK: A brief epistemology
A. Bronstert, V. Brovkin, M. Krol, M. Lüdeke, G. Petschel-Held, Yu. Svirezhev, V. Wenzel (März 1997)
- No. 28 Implementing carbon mitigation measures in the forestry sector - A review
M. Lindner (Mai 1997)
- No. 29 Implementation of a Parallel Version of a Regional Climate Model
M. Kücken, U. Schättler (Oktober 1997)
- No. 30 Comparing global models of terrestrial net primary productivity (NPP): Overview and key results
W. Cramer, D. W. Kicklighter, A. Bondeau, B. Moore III, G. Churkina, A. Ruimy, A. Schloss, participants of "Potsdam '95" (Oktober 1997)
- No. 31 Comparing global models of terrestrial net primary productivity (NPP): Analysis of the seasonal behaviour of NPP, LAI, FPAR along climatic gradients across ecotones
A. Bondeau, J. Kaduk, D. W. Kicklighter, participants of "Potsdam '95" (Oktober 1997)
- No. 32 Evaluation of the physiologically-based forest growth model FORSANA
R. Grote, M. Erhard, F. Suckow (November 1997)
- No. 33 Modelling the Global Carbon Cycle for the Past and Future Evolution of the Earth System
S. Franck, K. Kossacki, Ch. Bounama (Dezember 1997)
- No. 34 Simulation of the global bio-geophysical interactions during the Last Glacial Maximum
C. Kubatzki, M. Claussen (Januar 1998)
- No. 35 CLIMBER-2: A climate system model of intermediate complexity. Part I: Model description and performance for present climate
V. Petoukhov, A. Ganopolski, V. Brovkin, M. Claussen, A. Eliseev, C. Kubatzki, S. Rahmstorf (Februar 1998)
- No. 36 Geocybernetics: Controlling a rather complex dynamical system under uncertainty
H.-J. Schellnhuber, J. Kropp (Februar 1998)
- No. 37 Untersuchung der Auswirkungen erhöhter atmosphärischer CO₂-Konzentrationen auf Weizenbestände des Free-Air Carbon dioxide Enrichment (FACE) - Experimentes Maricopa (USA)
Th. Kartschall, S. Grossman, P. Michaelis, F. Wechsung, J. Gräfe, K. Waloszczyk, G. Wechsung, E. Blum, M. Blum (Februar 1998)
- No. 38 Die Berücksichtigung natürlicher Störungen in der Vegetationsdynamik verschiedener Klimagebiete
K. Thonicke (Februar 1998)
- No. 39 Decadal Variability of the Thermohaline Ocean Circulation
S. Rahmstorf (März 1998)
- No. 40 SANA-Project results and PIK contributions
K. Bellmann, M. Erhard, M. Flechsig, R. Grote, F. Suckow (März 1998)
- No. 41 Umwelt und Sicherheit: Die Rolle von Umweltschwellenwerten in der empirisch-quantitativen Modellierung
D. F. Sprinz (März 1998)
- No. 42 Reversing Course: Germany's Response to the Challenge of Transboundary Air Pollution
D. F. Sprinz, A. Wahl (März 1998)
- No. 43 Modellierung des Wasser- und Stofftransportes in großen Einzugsgebieten. Zusammenstellung der Beiträge des Workshops am 15. Dezember 1997 in Potsdam
A. Bronstert, V. Krysanova, A. Schröder, A. Becker, H.-R. Bork (eds.) (April 1998)
- No. 44 Capabilities and Limitations of Physically Based Hydrological Modelling on the Hillslope Scale
A. Bronstert (April 1998)
- No. 45 Sensitivity Analysis of a Forest Gap Model Concerning Current and Future Climate Variability
P. Lasch, F. Suckow, G. Bürger, M. Lindner (Juli 1998)

- No. 46 Wirkung von Klimaveränderungen in mitteleuropäischen Wirtschaftswäldern
M. Lindner (Juli 1998)
- No. 47 SPRINT-S: A Parallelization Tool for Experiments with Simulation Models
M. Flechsig (Juli 1998)
- No. 48 The Odra/Oder Flood in Summer 1997: Proceedings of the European Expert Meeting in
Potsdam, 18 May 1998
A. Bronstert, A. Ghazi, J. Hladny, Z. Kundzewicz, L. Menzel (eds.) (September 1998)
- No. 49 Struktur, Aufbau und statistische Programmbibliothek der meteorologischen Datenbank am
Potsdam-Institut für Klimafolgenforschung
H. Österle, J. Glauer, M. Denhard (Januar 1999)
- No. 50 The complete non-hierarchical cluster analysis
F.-W. Gerstengarbe, P. C. Werner (Januar 1999)
- No. 51 Struktur der Amplitudengleichung des Klimas
A. Hauschild (April 1999)
- No. 52 Measuring the Effectiveness of International Environmental Regimes
C. Helm, D. F. Sprinz (Mai 1999)
- No. 53 Untersuchung der Auswirkungen erhöhter atmosphärischer CO₂-Konzentrationen innerhalb des
Free-Air Carbon Dioxide Enrichment-Experimentes: Ableitung allgemeiner Modellösungen
Th. Kartschall, J. Gräfe, P. Michaelis, K. Waloszczyk, S. Grossman-Clarke (Juni 1999)
- No. 54 Flächenhafte Modellierung der Evapotranspiration mit TRAIN
L. Menzel (August 1999)
- No. 55 Dry atmosphere asymptotics
N. Botta, R. Klein, A. Almgren (September 1999)
- No. 56 Wachstum von Kiefern-Ökosystemen in Abhängigkeit von Klima und Stoffeintrag - Eine
regionale Fallstudie auf Landschaftsebene
M. Erhard (Dezember 1999)
- No. 57 Response of a River Catchment to Climatic Change: Application of Expanded Downscaling to
Northern Germany
D.-I. Müller-Wohlfel, G. Bürger, W. Lahmer (Januar 2000)
- No. 58 Der "Index of Sustainable Economic Welfare" und die Neuen Bundesländer in der
Übergangsphase
V. Wenzel, N. Herrmann (Februar 2000)
- No. 59 Weather Impacts on Natural, Social and Economic Systems (WISE, ENV4-CT97-0448)
German report
M. Flechsig, K. Gerlinger, N. Herrmann, R. J. T. Klein, M. Schneider, H. Sterr, H.-J. Schellnhuber
(Mai 2000)
- No. 60 The Need for De-Aliasing in a Chebyshev Pseudo-Spectral Method
M. Uhlmann (Juni 2000)
- No. 61 National and Regional Climate Change Impact Assessments in the Forestry Sector
- Workshop Summary and Abstracts of Oral and Poster Presentations
M. Lindner (ed.) (Juli 2000)
- No. 62 Bewertung ausgewählter Waldfunktionen unter Klimaänderung in Brandenburg
A. Wenzel (August 2000)
- No. 63 Eine Methode zur Validierung von Klimamodellen für die Klimawirkungsforschung hinsichtlich
der Wiedergabe extremer Ereignisse
U. Böhm (September 2000)
- No. 64 Die Wirkung von erhöhten atmosphärischen CO₂-Konzentrationen auf die Transpiration eines
Weizenbestandes unter Berücksichtigung von Wasser- und Stickstofflimitierung
S. Grossman-Clarke (September 2000)
- No. 65 European Conference on Advances in Flood Research, Proceedings, (Vol. 1 - Vol. 2)
A. Bronstert, Ch. Bismuth, L. Menzel (eds.) (November 2000)
- No. 66 The Rising Tide of Green Unilateralism in World Trade Law - Options for Reconciling the
Emerging North-South Conflict
F. Biermann (Dezember 2000)
- No. 67 Coupling Distributed Fortran Applications Using C++ Wrappers and the CORBA Sequence
Type
Th. Slawig (Dezember 2000)
- No. 68 A Parallel Algorithm for the Discrete Orthogonal Wavelet Transform
M. Uhlmann (Dezember 2000)

- No. 69 SWIM (Soil and Water Integrated Model), User Manual
V. Krysanova, F. Wechsung, J. Arnold, R. Srinivasan, J. Williams (Dezember 2000)
- No. 70 Stakeholder Successes in Global Environmental Management, Report of Workshop,
Potsdam, 8 December 2000
M. Welp (ed.) (April 2001)
- No. 71 GIS-gestützte Analyse globaler Muster anthropogener Waldschädigung - Eine sektorale
Anwendung des Syndromkonzepts
M. Cassel-Gintz (Juni 2001)
- No. 72 Wavelets Based on Legendre Polynomials
J. Fröhlich, M. Uhlmann (Juli 2001)
- No. 73 Der Einfluß der Landnutzung auf Verdunstung und Grundwasserneubildung - Modellierungen
und Folgerungen für das Einzugsgebiet des Glan
D. Reichert (Juli 2001)
- No. 74 Weltumweltpolitik - Global Change als Herausforderung für die deutsche Politikwissenschaft
F. Biermann, K. Dingwerth (Dezember 2001)
- No. 75 Angewandte Statistik - PIK-Weiterbildungsseminar 2000/2001
F.-W. Gerstengarbe (Hrsg.) (März 2002)
- No. 76 Zur Klimatologie der Station Jena
B. Orlowsky (September 2002)
- No. 77 Large-Scale Hydrological Modelling in the Semi-Arid North-East of Brazil
A. Güntner (September 2002)
- No. 78 Phenology in Germany in the 20th Century: Methods, Analyses and Models
J. Schaber (November 2002)
- No. 79 Modelling of Global Vegetation Diversity Pattern
I. Venevskaia, S. Venevsky (Dezember 2002)
- No. 80 Proceedings of the 2001 Berlin Conference on the Human Dimensions of Global Environmental
Change "Global Environmental Change and the Nation State"
F. Biermann, R. Brohm, K. Dingwerth (eds.) (Dezember 2002)
- No. 81 POTSDAM - A Set of Atmosphere Statistical-Dynamical Models: Theoretical Background
V. Petoukhov, A. Ganopolski, M. Claussen (März 2003)
- No. 82 Simulation der Siedlungsflächenentwicklung als Teil des Globalen Wandels und ihr Einfluß auf
den Wasserhaushalt im Großraum Berlin
B. Ströbl, V. Wenzel, B. Pfützner (April 2003)
- No. 83 Studie zur klimatischen Entwicklung im Land Brandenburg bis 2055 und deren Auswirkungen
auf den Wasserhaushalt, die Forst- und Landwirtschaft sowie die Ableitung erster Perspektiven
F.-W. Gerstengarbe, F. Badeck, F. Hattermann, V. Krysanova, W. Lahmer, P. Lasch, M. Stock,
F. Suckow, F. Wechsung, P. C. Werner (Juni 2003)
- No. 84 Well Balanced Finite Volume Methods for Nearly Hydrostatic Flows
N. Botta, R. Klein, S. Langenberg, S. Lützenkirchen (August 2003)
- No. 85 Orts- und zeitdiskrete Ermittlung der Sickerwassermenge im Land Brandenburg auf der Basis
flächendeckender Wasserhaushaltsberechnungen
W. Lahmer, B. Pfützner (September 2003)
- No. 86 A Note on Domains of Discourse - Logical Know-How for Integrated Environmental Modelling,
Version of October 15, 2003
C. C. Jaeger (Oktober 2003)
- No. 87 Hochwasserrisiko im mittleren Neckarraum - Charakterisierung unter Berücksichtigung
regionaler Klimaszenarien sowie dessen Wahrnehmung durch befragte Anwohner
M. Wolff (Dezember 2003)