

Flurneuordnung und Landentwicklung in



Baden-Württemberg

Die Planung dezentraler, integrierter Hochwasser- schutzmaßnahmen



**Die Planung dezentraler,
integrierter Hochwasserschutzmaßnahmen –
mit dem Schwerpunkt der Standortausweisung
von Retentionsarealen
an der Oberen Elsenz, Kraichgau**

André Assmann

Titelbild:

Neckargemünd beim Hochwasser von Neckar und Elsenz im Februar 1999

Impressum:

Herausgeber, Herstellung, Gestaltung: Landesamt für Flurneuordnung und Landentwicklung Baden-Württemberg,
Stuttgarter Strasse 161, 70806 Kornwestheim, LFL 07.99

Quelle der verwendeten Grundlagen: Topographische Karte 1:25000 (6819), 1:50000 (L 6718 und L 6918) und Deutsche Grundkarte 1:5000 (6819.26) – Copyright Landesvermessungsamt Baden-Württemberg (<http://www.lv-bw.de>), vom 15.06.1999, Az.: 2851.3-A/48.

ISSN 0945-9367

Vorwort und Dank

Nach ungewöhnlich starken, über 100-jährlichen Niederschlägen kam es im Juni 1994 im Schwarzbachgebiet, dem größten Zubringer der Elsenz, zu extremen Überflutungen. Im restlichen Einzugsgebiet der Elsenz waren die Schäden weniger verheerend, doch lag auch in der Stadt Eppingen die Schadenssumme bei mehreren hunderttausend DM. Dies war für den Gemeinderat Anlaß, sich intensiv mit Hochwasserschutzmöglichkeiten auseinanderzusetzen. Mit konventionellen Lösungen hätte sich aufgrund lokaler Gegebenheiten nur ein Teil der Probleme lösen lassen und da zudem Wert auf eine ökologische Verträglichkeit gelegt wurde, wollte man versuchen, neue Wege zu gehen.

Diese Offenheit des Eppinger Gemeinderates, der engagierte Einsatz von Herrn Bauingenieur B. Friedel (Bauamt Eppingen) und Herrn Dipl. Geol. G. Schukraft (Geographisches Institut der Universität Heidelberg) brachten das Projekt des dezentralen, integrierten Hochwasserschutzes auf den Weg. Dadurch, daß das Land Baden-Württemberg innerhalb des "Programms zur Förderung des wissenschaftlichen Nachwuchses" einen Teil der Personalkosten übernahm, war auch die Finanzierung der dieser Arbeit zugrundeliegenden Untersuchung gesichert. Die benötigten Meßanlagen wurden dankenswerterweise aus Mitteln des Labors für Geomorphologie und Geoökologie zur Verfügung gestellt bzw. zum Teil von der Stadt Eppingen finanziert.

Bei der Einrichtung des Meßnetzes, aber auch der wissenschaftlichen Diskussion konnte ich mich immer auf die Arbeitsgruppe um Prof. Dr. D. Barsch verlassen, besonders möchte ich hier Herrn Dipl. Geogr. Hartmut Gündra, Frau Dipl. Geogr. Sabine Müschenborn, Herrn Dipl. Geol. Gerd Schukraft und Herrn Dr. Achim Schulte nennen. Wichtige weitere Impulse zu der Arbeit erhielt ich durch Herrn Prof. Dr. H. Karrasch und Herrn Prof. Dr. R. Mäusbacher. Zu verschiedenen Teilbereichen lieferten die Diplomarbeiten von Frau Ursula Hahn, Herrn Markus Weißmann, Herrn Thomas Löschmann und Herrn Stefan Schüler wichtige Beiträge. Neben diesen standen mir bei der wöchentlichen Geländetour und anderen Arbeiten vor allem Herr Markus Weiblen und Herr Jochen Häussler hilfreich zur Seite.

Herrn Dipl. Geogr. Hartmut Gündra, der mit mir

zusammen das Projekt bearbeitet hat, möchte ich neben der guten Zusammenarbeit vor allem dafür danken, daß er mir geduldig als GIS- und UNIX- "Lexikon" zur Seite stand.

Beim Korrekturlesen und mit vielen hilfreichen Hinweisen unterstützten mich Frau Dipl. Geogr. Christina Ade, Frau Dipl. Geogr. Sabine Müschenborn und meine Frau Angela. Die abschließende redaktionelle Überarbeitung wurde dann von Frau Dipl. Geogr. Elke Lehnert vom Landesamt für Flurneuordnung und Landentwicklung Baden-Württemberg übernommen.

Unter den verschiedenen interessierten oder an der Planung beteiligten Behörden und Institutionen, die uns sowohl in unserer Arbeit bestätigten als auch verschiedene gute Ideen einbrachten, möchte ich hier nur den Leitenden Ingenieur des Flurneuordnungsverfahrens, Herrn Kremer vom Amt für Flurneuordnung und Landentwicklung Heilbronn und Herrn Bauingenieur B. Friedel vom Tiefbauamt Eppingen namentlich hervorheben. Ihre Unterstützung half uns besonders bei umsetzungstechnischen Fragen und der Datenbeschaffung.

Im weiteren haben die Familien Schühle (bei Mühlbach) und Holzwarth (bei Hilsbach) uns ihr Gelände für die Installation der Niederschlagsstationen zur Verfügung gestellt und darüber hinaus auch noch die Stromversorgung gewährleistet. Im gleichen Zusammenhang geht unser Dank auch an die Nachbargemeinden Sulzfeld und Hilsbach. Ebenso möchte ich dankend erwähnen, daß wir die REKLIP-Daten der Station Elsenz zur Verfügung gestellt bekommen haben (Herr Prof. Dr. F. Fiedler und Herr A. Wenzel).

Nicht zuletzt geht mein Dank an das Landesamt für Flurneuordnung und Landentwicklung Baden-Württemberg in Kornwestheim, einerseits für das rege Interesse an dem Projekt und dem sich daraus ergebenden intensiven Austausch, andererseits dafür, daß es durch die Aufnahme dieser Arbeit in seine Schriftenreihe eine wichtige Rolle bei der Verbreitung der Ergebnisse übernommen hat.

Inhaltsverzeichnis

1	Hochwasser – ein aktuelles Problem	9
2	Installation eines wirksamen Hochwasserschutzes	10
2.1	Die Diskussion um die Ursachen	10
2.2	Bisherige Vorgehensweise	11
2.3	Neue Ziele und Strategien im Hochwasserschutz	12
2.4	Beispiele von Konzeptionen mit neuen Planungsansätzen	12
2.4.1	Bad Orber Flutmuldenprojekt	12
2.4.2	Hochwasserschutz an der Bauna	13
2.4.3	Dezentraler Hochwasserschutz nach WEGNER	14
2.4.4	Siedlungswasserwirtschaftliche Konzeptionen	15
2.4.5	Aktion Blau – Gewässerentwicklung in Rheinland-Pfalz	17
2.4.6	Renaturierung des Berolzheimer Grabens	17
2.4.7	Erosionsschutz in den Tiefenlinien und Anlage von Retentionsflächen	18
2.5	Zusammenfassung der Literaturdiskussion	19
3	Untersuchte Konzeption und Zielsetzung	20
3.1	Die Konzeption des dezentralen, integrierten Hochwasserschutzes	20
3.2	Die zentrale Bedeutung der Retentionsareale	22
3.3	Gestaltung der Areale zur Hochwasserretention	22
3.4	Zielsetzung dieser Arbeit	24
4	Methoden der Untersuchung	26
4.1	Standortsuche	26
4.1.1	Auswertung aktueller und historischer Karten	26
4.1.2	Auswertung von Luftbildern	27
4.1.3	GIS-Analyse des Digitalen Geländemodells	27
4.1.4	Kartierung	28
4.1.5	Vermessung	29
4.2	Überprüfung der hydrologischen Wirksamkeit	29
4.2.1	Auswahl eines geeigneten hydrologischen Modells	29
4.2.2	Kalibrierung des Modells über Meßdaten	31
4.3	Strukturierung des Arbeitsablaufes	32
5	Charakterisierung des Untersuchungsgebietes	33
5.1	Geologie	33
5.2	Geomorphologie	34
5.3	Böden	34
5.4	Vegetation	35
5.5	Gewässer	36
5.6	Siedlungen	36
5.7	Klima	38
6	Ausweisung und Planung von Retentionsarealen	40
6.1	Analyse des Untersuchungsgebietes für die Standortvorauswahl	40

6.1.1	Auswertung aktueller und historischer Karten	40
6.1.2	Luftbildauswertung	43
6.1.3	GIS-Analyse des Digitalen Geländemodells	44
6.1.4	Kartierung	49
6.1.5	Informationen aus Bevölkerung und von Behörden	51
6.1.6	Ergebnisse der Vorauswahl	52
6.2	Detailanalyse der potentiellen Standorte	53
6.2.1	Detaillierte Kartierung ausgewählter Standorte	53
6.2.2	Volumen- und Flächenberechnung	54
6.2.3	Vegetationsaufnahme und ökologische Bewertung	56
6.2.4	Ergebnisse der Detailanalyse	58
7	Überprüfung der Wirkungsweise des Hochwasserschutzkonzeptes anhand von Modellrechnungen	60
7.1	Einrichtung eines Sondermeßnetzes	60
7.1.1	Niederschlagsschreiber/-totalisatoren	60
7.1.2	Schreibende Pegel	60
7.1.3	Maximum-Pegel	61
7.2	Auswertung der Meßdaten	62
7.2.1	Niederschlagsauswertung	62
7.2.2	Abflüßauswertung	63
7.3	Vorstellung des verwendeten hydrologischen Modells	68
7.3.1	Verwendung des Lutz-Verfahrens für den Landabfluß	69
7.3.2	Verwendung des Kalinin-Miljukow-Verfahrens für das Flood-Routing	70
7.4	Aufbau und Kalibrierung des hydrologischen Modells	72
7.4.1	Festlegung der Berechnungsknoten	72
7.4.2	Landabfluß	73
7.4.3	Stadtabfluß	73
7.4.4	Flood-Routing	74
7.5	Abschätzung der Modellfehler	75
7.5.1	Niederschlagsproblematik	75
7.5.2	Fehler durch Vereinfachungen bei der Modellbildung	75
7.5.3	Verläßlichkeit des Modells	76
7.6	Ergebnisse der Modellierung	77
8	Darstellung der ausgewählten Retentionsareale	83
8.1	Exemplarische Beschreibung einzelner Retentionsareale	83
8.1.1	Gießhübelmühle	83
8.1.2	Rosalienhof	84
8.1.3	Am See	85
8.2	Zusammenschau der ausgewählten Maßnahmen	88
9	Diskussion von Planung und Auswahlverfahren	91
9.1	Aspekte der Planung an der Oberen Elsenz	91

9.2	Vorteile und mögliche Probleme einer dezentralen, integrierten Konzeption	92
9.3	Vereinfachung des Ausweisungsverfahrens für die Planungspraxis	94
9.3.1	Ordnen der Auswahlkriterien	96
9.3.2	Arbeitsersparnis durch verstärkten GIS-Einsatz	98
9.3.3	Beurteilung des GIS-Einsatzes im Auswahlverfahren	102
9.4	Ausblick auf mögliche Weiterentwicklungen im Ausweisungsverfahren	103
10	Vorstellung der weiteren Konzeptbausteine und Hinweise zu ihrer Planung	105
10.1	Erosionshemmende Bewirtschaftungsmethoden in der Landwirtschaft	105
10.2	Flächen zum Sedimentrückhalt	106
10.3	Maßnahmen zur Verstärkung der Gerinneretention	107
10.3.1	Interpretation historischer Karten und von Flurnamen	109
10.3.2	Ökomorphologische Kartierung und Bewertung der Naturnähe	110
10.3.3	Bestimmung der aktuellen Gerinnekapazität	110
10.4	Siedlungswassermanagement	111
10.5	Erweiterungsmöglichkeiten der Konzeption	112
11	Zusammenfassung	114
12	Literaturverzeichnis	116
	Abbildungsverzeichnis	121
	Tabellenverzeichnis	122
	Abkürzungsverzeichnis	123
	Anhang	125

1. Hochwasser – ein aktuelles Problem

In den letzten Jahren häufen sich die Meldungen von Hochwasserkatastrophen. Die Rheinhochwasser von 1988, 1993 und 1995 und die Ereignisse an der Oder 1997 haben nicht unwesentlich dazu beigetragen, eine breite Masse der Bevölkerung für diese Thematik zu sensibilisieren. Doch nicht nur an den großen Flüssen wie Rhein und Oder kam es in den letzten Jahren zu erheblichen Schäden, auch mittlere und kleine Einzugsgebiete, wie die des Neckar und der Elsenz waren ähnlich betroffen. Allerdings wurden die Überschwemmungen in diesen Gebieten nicht durch dieselben Ereignisse ausgelöst. Addiert man die Schadenssummen der häufigeren „kleinen“ Hochwasser auf, übertreffen diese die Schäden der großen Ereignisse (LAWA 1995, S. 17). Beispielsweise richtete der Niederschlag vom 27. Juni 1994 im Gebiet der Elsenz Schäden in dreistelliger Millionenhöhe an. Wenn auch der größere Anteil auf das Schwarzbachgebiet, den Hauptzufluß der Elsenz, entfiel, zeigten die immerhin noch einige hunderttausend DM umfassenden Schäden an der Oberen Elsenz, wie verletzbar die Stadt Eppingen durch Hochwasser ist. Auch ließ sich erahnen, wie katastrophal die Situation gewesen wäre, wenn man wie die

Schwarzbach-Gemeinden im Zentrum der Niederschläge gelegen hätte.

Zu den hohen zeitlichen und finanziellen Aufwendungen für die Beseitigung der Schäden gesellt sich die Angst vor weiteren Hochwassern. Dementsprechend rege war und ist noch immer das Interesse der Bevölkerung an Planungen, die den Hochwasserschutz betreffen. Die Bürgerversammlungen zu dem Thema sind überwiegend sehr gut besucht und der Druck auf die betrauten Arbeitskreise, Behörden und Ingenieurunternehmen ist nach wie vor groß.

Für die einzelnen Hochwassergeschädigten bzw. -gefährdeten verstärken sich die persönlichen Probleme dadurch, daß durch die Umstrukturierung der Gebäudeversicherung in Baden-Württemberg der Selbstkostenanteil deutlich erhöht wurde und bei häufigen Schadensfällen der Versicherungsschutz sogar ganz entfällt. Dies bedeutet im Extremfall, daß besonders betroffene Immobilien von ihrem Eigentümer nicht mehr gehalten werden können. Durch die Ausweisung von Bauland in den Auen, also den natürlichen Überschwemmungsbereichen, haben viele Gemeinden sich und ihren Bürgern ein Hochwasserproblem geschaffen. Dieses ist latent zwar schon lange vorhanden, tritt jedoch erst in Phasen höherer Niederschläge deutlich zu Tage.

2. Installation eines wirksamen Hochwasserschutzes

2.1 Die Diskussion um die Ursachen

Am Beginn einer fundierten Hochwasserschutzplanung steht die Analyse der Ursachen. In den Medien werden vor allem Themen wie „Klimaänderung“, „Kanalisation der Gewässer“ und „Versiegelung der Landschaft“ diskutiert. Da die Diskussion meist nur infolge von Katastrophen aufgegriffen wird, ist der Dialog emotionsgeladen und gleicht eher einem Schlagwortabtausch als einer sachbezogenen Auseinandersetzung, wie

sie dem komplexen Sachverhalt angemessen wäre (vgl. MENDEL 1996, S. 3). Erst mit gewissem Abstand zu katastrophalen Ereignissen wird es möglich sein, die Diskussion zu versachlichen und von der Betrachtung einzelner Aspekte zu einem gesamtheitlicheren Bild zu kommen. Sicherlich auch aufgrund des auf sie ausgeübten Druckes sind die Fachwissenschaften inzwischen sehr bemüht, die Diskussion um Ursachen objektiv zu führen und in die Öffentlichkeit zu tragen (WEGNER 1990, KLEEBERG, 1996, DHV 1995).

- Durch die weltweiten Klima-Veränderungen werden die Niederschlags-Ereignisse immer heftiger
- Der betonharte Boden mit geringer Bedeckung kann fast kein Wasser aufnehmen
- Die ausgeräumte Landschaft enthält keine Strukturen mehr, die den Abfluß des Wassers bremsen könnten
- Die begradigten, befestigten und verengten Bäche und Gräben können den Lauf ebenfalls nicht bremsen
- Asphaltierte Feldwege in den Tallinien der Kraichgauer Hügellandschaft leiten mit ihrem viele hundert Meter langen, geraden Verlauf das Wasser wie Schußkanäle
- Durch den ungebremsten Abfluß zum jeweiligen Vorfluter treffen die Hochwasserspitzen aus den kleinen Gewässern gleichzeitig ein und erhöhen dessen Hochwasserspitze
- Die Flußbauen sind bebaut und beengen den Abflußquerschnitt
- Einzelne Dammbauten von Oberliegern zum Schutz einzelner Anlagen oder von Ortsteilen verengen den Querschnitt zusätzlich und verstärken damit die Hochwasserscheitelhöhe für den Unterlieger
- Vereinzelt behindern sie im Unterlauf gleichzeitig den Abfluß durch Rückstau wiederum gegenüber ihrem Oberlieger
- Im Siedlungsbereich belasten die Niederschläge auf den versiegelten Flächen Kanäle, Rückhaltebecken, Kläranlagen und Vorfluter schlagartig
- Viele Sportanlagen, Industriegebiete und Wohngebiete wurden in die Flußbauen hineingebaut, wo das Hochwasser früher mit geringem Schaden fließen konnte
- Das Oberflächenwasser von außerörtlichen Straßen schießt ungebremst und ohne Rückhaltung und Vorklärung über die Böschung ins Gelände oder in den Vorfluter

Tab. 1: Liste von Ursachen zur Hochwasserentstehung aus BUCHTELA (1994)

Extrembeispiele einseitiger Ursachendarstellungen sind allseits aus der Tagespresse bekannt. Doch auch bei stärker differenzierenden Ursachenzusammenstellungen fehlen oft entscheidende Einflußfaktoren und somit ergeben sie einen falschen Gesamteindruck. Die in Tab. 1 aufgeführte Zusammenstellung wurde in einem Artikel zu den Ereignissen an der Elsenz veröffentlicht (BUCHTELA 1994). In dieser Aufzählung gerät z.B. in den Hintergrund, daß die Hochwasser nach wie vor hauptsächlich ein Ergebnis natürlicher Prozesse sind. Hierzu zählen folgende Einflußgrößen, die die Abflußganglinie bereits weitgehend festlegen:

- Menge und Art des Niederschlages
- Räumliche und zeitliche Verteilung des Niederschlages
- Vorsättigung des Bodens bzw. Versiegelung des Bodens durch Gefronnis
- Jahreszeitliche Veränderung der Vegetation
- Sonstige Faktoren wie Boden, Geologie und Relief
- Größe und Struktur des Einzugsgebietes bzw. des Gewässernetzes

Ein weiterer Mangel in vielen Darstellungen ist, daß sie nicht die unterschiedlichen Entstehungsmechanismen großer und kleiner Einzugsgebiete

te differenzieren. Denn je nach Größe des betrachteten Einzugsgebietes verlieren bzw. gewinnen einzelne Faktoren an Bedeutung. Unterschiede in Bezug auf Bodentyp etc. mitteln sich bei großen Einzugsgebieten heraus, während sie bei kleinen Teileinzugsgebieten wie dem Untersuchungsgebiet noch großen Einfluß auf das Abflußgeschehen haben. Auch lokale Starkniederschläge kommen bei zunehmender Größe des betrachteten Einzugsgebietes immer weniger zur Geltung. Mit der zurückgelegten Fließstrecke flachen die Hochwasserspitzen ab und verlieren sich in den größer werdenden Gerinnen, da diese bei den regional begrenzten Ereignissen noch über ausreichend freie Kapazität verfügen. Demgegenüber mögen noch einmal die Rheinhochwasser in Erinnerung gerufen werden. Hier führten über Wochen anhaltende Niederschläge relativ geringer Intensität zu dem bekannten Resultat. Zu beachten ist hierbei, daß ein Gebiet von mehreren 10000 km² von den Regenfällen betroffen war. Die längere Dauer bewirkte, daß Schneeschmelzprozesse und die Bodengefrorenis die Hochwasserbildung entscheidend mitbeeinflußten (BFG 1994).

Auf der anderen Seite steht der Mensch, der durch Leben und Wirtschaften sein Umfeld seit langem erheblich überprägt hat. Über die verschiedensten Eingriffe beeinflußt er damit bewußt oder unbewußt die Entstehung von Hochwassern. Dabei spielen die folgenden Bereiche eine hervorgehobene Rolle (erweitert nach DHV 1995):

- Versiegelung des Bodens in Siedlungsbereichen und entlang der Verkehrswege
- Umwandlung von Wald in Ackerland
- Abflußfördernde Bodenbearbeitung
- Anbau von Kulturpflanzen mit geringem Bodenbedeckungsgrad
- Maßnahmen zur Abflußregulierung, besonders Laufbegradigungen und Böschungsbefestigungen
- Trockenlegung von Feuchtgebieten
- Umleitung von Wasser in Seen bzw. Wasserspeicher anderer Einzugsgebiete
- Anlage von Seen und Rückhaltmaßnahmen und deren Betrieb

Bei der Betrachtung von Flußsystemen wie dem

Rhein spielen nur noch einige dieser Faktoren – wie die Flußbegradigung – eine klar erkennbare Rolle (MENDEL 1996). Je kleiner jedoch der Betrachtungsraum wird, desto deutlicher zeigen sich die Effekte einzelner Einflußfaktoren.

2.2 Bisherige Vorgehensweise

In der Vergangenheit hat man mit dem zunehmenden Wissen im Bereich der Hydrologie und Wasserwirtschaft immer stärker versucht, das Abflußgeschehen in den Griff zu bekommen und die negativen Auswirkungen für den Menschen zu minimieren. Während der Phase des maximalen technischen Ausbaus in den 60er und 70er Jahren (BUNDESANSTALT FÜR GEWÄSSERKUNDE 1994, S. 7) prägte neben der Vermeidung von Hochwasserschäden der Nutzungsanspruch an die gewässernahen Bereiche entscheidend die Gewässerplanung mit. Eine wichtige Strategie war, das Wasser möglichst schnell abzuführen. Dazu bediente man sich gerader, kanalartiger Abflußprofile mit geringer Rauigkeit und ohne Bewuchs, auch spielte die Verrohrung und die Räumung des Abflußprofiles eine nicht unbedeutende Rolle (LANDESAMT FÜR FLURNEUORDNUNG UND LANDENTWICKLUNG BADEN-WÜRTTEMBERG 1993, S. 68). Schätzungsweise wurden so über 10% der gesamten Gewässerstrecke ausgebaut (BUNDESANSTALT FÜR GEWÄSSERKUNDE 1994, S. 7).

Sofern Hochwasserprobleme nicht durch den Ausbau eines Gewässers gelöst werden konnten, gewährleistete der Bau großer Stauanlagen den notwendigen Rückhalt. Für deren Bemessung und Konstruktion liegen inzwischen vielfältige Erfahrungen vor, die in verschiedensten Regelwerken (z.B. DVWK 1989, 1991) und Handbüchern (z.B. BRETSCHNEIDER, LECHER & SCHMIDT 1993, MUTH 1992, VISCHER & HAGER 1992) ausführlich dargestellt sind. In dieser ausführlichen Dokumentation liegt ein großer Vorteil der technischen Lösungen begründet: die Resultate sind weitgehend berechen- und vorhersagbar und die Planung kann genau auf ein bestimmtes Schutzziel hin abgestimmt werden. Sowohl der Gewässerausbau, als auch der Bau großer Rückhalteräume hatten und haben sicherlich ihre Berechtigung, allerdings sind bekanntermaßen mit ihnen verschiedene Nachteile verbunden (vgl. FRIEDRICH ET AL. 1994).

Der Ausbau von Gewässern zum schadlosen und schnellen Abführen von Hochwasserwellen bedeutet beispielsweise in erster Linie eine Verlagerung des Problems hin zu den Unterliegern, da die Erhöhung der Gewässerkapazität über die gesamte Fließstrecke weder wirtschaftlich tragbar noch wünschenswert ist. Denn je länger die ausgebauten Fließstreckenanteile sind, um so stärker wirkt sich der Effekt der Fließzeitverkürzung aus und die Hochwasserwelle wird steiler. Hierbei ist eine Erhöhung des Scheitelabflusses um bis zu 100% möglich (ESSERY & WILCOCK 1990). Bei dieser Vorgehensweise resultiert aus einer Beseitigung der Hochwasserprobleme für die Oberlieger eine Verschärfung derselbigen für die Unterlieger.

Gerade im privaten und kommunalen Bereich ist diese Vorgehensweise noch zu beobachten. Beispiele dafür sind die übermäßige Ausbaggerung von Entwässerungsgräben bzw. deren Neuanlage in der Landwirtschaft oder dammartige Aufschüttungen zum Schutz von Gärten und Sportanlagen. Hier steht das persönliche Interesse und der Objektschutz im Vordergrund. Der dadurch anderweitig ausgelöste Schaden kann den Verursachern kaum zugeordnet werden, da er erst durch die Summe der Einzelmaßnahmen in Erscheinung tritt.

2.3 Neue Ziele und Strategien im Hochwasserschutz

Insgesamt kann man feststellen, daß sich die Zielsetzungen bei gewässerbezogenen Planungen im Laufe der letzten Jahre in Richtung einer ökologisch orientierten Vorgehensweise verändert haben. Fachwissenschaft, Politik und Umweltverbände sind sich inzwischen weitgehend einig, daß das natürliche Rückhaltepotential genutzt und technische Lösungen möglichst umweltverträglich gestaltet werden müssen. Gefordert wird beispielsweise ein „behutsames Vorgehen im Sinne einer ökologischen Umgestaltung“ (UMWELTBUNDESAMT 1995, S.1) oder in den „Leitlinien für einen zukunftsweisenden Hochwasserschutz“ als erster „Leitsatz zur Schadensbegrenzung bei Hochwasser“: „Wasser zurückhalten – jeder Kubikmeter Wasser, der durch die Wiedergewinnung von Überschwemmungsgebieten, durch Gewässerrenaturierung, Entsiegelung, Versickerung und durch standortgerechte

Land- und Forstbewirtschaftung, sowie durch Erhalt und Förderung von Kleinstrukturen zur Wasserrückhaltung in der Landschaft zurückgehalten wird, ist ein Gewinn für den Naturhaushalt und entlastet uns beim Hochwasser.“ (LAWA 1995, S. 20).

Aus diesem Zusammenhang heraus wird seit einiger Zeit der Rückbau von Gewässern betrieben. Im Rahmen des BMBF-Verbundforschungsvorhabens „Modellhafte Erarbeitung ökologisch gegründeter Sanierungskonzepte für kleine Fließgewässer“ wurden einige Beispiele ausführlich ausgearbeitet und dokumentiert (DVWK 1996). Unverändert ist allerdings in hochwassergefährdeten Siedlungsbereichen auch weiterhin eine ausreichende Bemessung des Gerinnes sicherzustellen.

In der Umsetzungspraxis gibt es jedoch noch unterschiedliche Auffassungen über die Wirksamkeit und Planbarkeit von naturnahen Konzepten. Es stellt sich die Frage, inwieweit bereits Alternativen verfügbar und einsetzbar sind. Auch sind die Ausführungsrichtlinien noch nicht an die neuen Ziele angepaßt. Dies zeigt sich beispielsweise an den geltenden Sicherheitsauflagen, die sich ausschließlich an der Errichtung konventioneller, großer Rückhaltebecken orientieren. Obwohl von unterschiedlicher Seite gefordert wird, die Auflagen entsprechend der Stauhöhe und Geländesituation abzumildern (vgl. BRANDT & LANG 1995), fehlt bisher eine rechtsverbindliche Umsetzung solcher Forderungen.

2.4 Beispiele von Konzeptionen mit neuen Planungsansätzen

In Hinblick auf einen ökologisch vertretbaren Hochwasserschutz wurden unabhängig voneinander ähnlich ausgerichtete Ansätze entwickelt. Im folgenden werden einige unter verschiedenen Gegebenheiten und Zielsetzungen erarbeitete Beispiele aufgezeigt.

2.4.1 Bad Orber Flutmuldenprojekt

In Bad Orb, einer Kurstadt am Rande des Spessarts, wurden die Hochwasserprobleme nicht durch den von der landwirtschaftlichen Nutzfläche oder dem Siedlungsbereich stammenden Abfluß, sondern durch den aus den umgebenden Waldgebieten kommenden ausgelöst. Zu

dieser ungewöhnlichen Situation muß allerdings bemerkt werden, daß Bad Orb unterhalb relativ steiler Hänge in einem Talkessel liegt. Die Gemarkungsfläche ist dabei zu ca. 70% mit Wald bestanden. Der starke Abfluß wurde vermutlich durch die Waldwege induziert und auf diesen in den Siedlungsbereich geleitet.

Das eine historische Technik wiederbelebende Konzept der Flutmulden leitet nun das Wasser aus den die Wege begleitenden Gräben in kleine Mulden ab, die ein Fassungsvermögen von 10 bis 15 m³ haben. Die meist ca. 1 m tiefen Mulden sind den Gegebenheiten der Landschaft angepaßt. So wurde bei ihrer Anlage z.B. auf den Baumbestand Rücksicht genommen. Aufgrund ihrer geringen Größe besteht der Planungsaufwand lediglich in der Standortfestlegung. Die Flutmulden unterliegen außerdem keiner Genehmigungspflicht. Dies ermöglicht eine kostengünstige Anlage des Systems, da neben den reinen Baggerkosten kaum Aufwendungen nötig sind. Da das ausgehobene Bodenmaterial zu einem kleinen, die Mulden umgebenden Wall aufgeschüttet oder in der Fläche verteilt wird, entstehen keine Kosten für den Abtransport. Durchschnittlich ergab sich ein Preis von 170 DM pro Mulde (HESSISCHES MINISTERIUM FÜR UMWELT 1996).

Da selbst die über 350 Flutmulden durch ihr direktes Speichervolumen nur einen kleinen Anteil des Niederschlagswassers auffangen können, sind die positiven Erfahrungen, die in Bad Orb und inzwischen auch anderenorts mit dieser Konzeption gemacht wurden, eher auf die zusätzlichen Effekte der Flutmulden zurückzuführen. Zum einen ist hierbei die Versickerung zu nennen, die je nach Untergrund das Rückhaltevolumen pro Mulde deutlich erhöhen kann. Außerdem wird, wenn die Mulden gefüllt sind, das Wasser über eine Lücke im umgebenden Wall in die Umgebung abgeleitet und somit die hohe Aufnahmekapazität des Waldgebietes genutzt. Einige Flutmulden wurden zwar auch außerhalb der Waldflächen angelegt, ihre Leistungsfähigkeit bleibt aber deutlich hinter denen in den Waldgebieten zurück. Insgesamt besticht dieses System durch seine Einfachheit und das gute Kosten-Nutzen-Verhältnis, zusätzlich entstehen verschiedene positive ökologische Begleiteffekte: einige der Flutmulden dienen ganzjährig als

Feuchtgebiete, insgesamt fördern sie die Versickerung und leisten damit einen guten Beitrag zur Grundwasserneubildung.

2.4.2 Hochwasserschutz an der Bauna

Unter der Leitung von Prof. F. Tönsmann wurden in einem Projekt für das 49,1 km² große Einzugsgebiet der Bauna Hochwasserschutzmaßnahmen geplant. Der Planung für das relativ stark bebaute Gebiet wurde ein Starkniederschlag von 133 mm in 24 Stunden als Bemessungsereignis zugrundegelegt. Daraus errechnete sich das benötigte Rückhaltevolumen auf ca. 1 100 000 m³. Als Maßnahmen schlug das Bearbeiterteam vor (TÖNSMANN 1995):

- Die Errichtung von „Kleinrückhalten“ mit einer Stauhöhe von maximal 5 m über Gelände bzw. 100 000 m³. Bei Bedarf können diese auch als geregelte Rückhalteräume ausgeführt werden. Für das Arbeitsgebiet wurden 28 solcher Rückhalte mit einem Gesamtvolumen von fast 800 000 m³ vorgeschlagen.
- Die Errichtung von Kleinrückhalten mit einer Stauhöhe von maximal 2 m über Gelände. Auch hier wurden 28 Maßnahmen mit einem durchschnittlichen Volumen von ca. 12 000 m³ geplant.
- Ausbau einzelner Kanalstauräume.
- Renaturierungsmaßnahmen wie Nutzungsänderungen, Umwandlung von Ackerland zu Wald, Renaturierung einiger Gewässerstrecken und die Anlage von Gewässerrandstreifen.
- Regenwasserbewirtschaftung, die im besonderen die Entsiegelung von Flächen und Nutzung des Regenwassers über geeignete Anlagen bzw. dessen Ableitung in Versickerungsmulden umfaßt. Bei der Regenwassernutzung wurden Zisternen für die Gartenbewässerung, Haushaltswäsche und WC-Spülung vorgeschlagen.
- Die Überflutungssicherheit innerhalb der Ortsdurchgänge soll durch lokale Maßnahmen verbessert werden. Dies kann zum einen die Erhöhung der Gerinnkapazität durch Veränderung des Abflußquerschnittes oder die Beseitigung von hydraulischen Hindernissen sein, zum anderen auch den Objektschutz durch Deiche bzw. Ufermauern beinhalten.

Die Studie kommt aufgrund der hydrologischen und hydraulischen Modellberechnungen zu dem Schluß, daß die geplanten Maßnahmen bei einem 100-jährlichen Hochwasser ausreichend Schutz bieten. Die Berechnungen erfolgten mit Hilfe der Programme BCENA (N/A-Modell von Björnsen Beratende Ingenieure) und WASPLA (Wasserspiegellagenberechnungsprogramm der Brandt, Gerdes, Sitzmann Wasserwirtschaft GmbH). Der Vergleich von entstehenden Kosten und dem Nutzenbarwert zeigte, daß die Maßnahmen auch unter volkswirtschaftlichen Gesichtspunkten als sinnvoll bewertet werden müssen (TÖNSMANN 1995, S. 13). Da bei dieser Planung frühestens ab dem Jahr 2000 mit dem Bau der den größten Volumenanteil umfassenden Kleinrückhalte zu rechnen ist, liegen jedoch noch keine praktischen Erfahrungen über die Wirksamkeit der Konzeption vor. Die Studie ist die einzige dem Autor bekannte ökologisch orientierte Planung, die einen Hochwasserschutz hoher Jährlichkeit anstrebt. Es bleibt jedoch in Frage zu stellen, inwieweit die „Kleinrückhalte“ mit immerhin bis zu 5 m Stauhöhe unter ökologischen Gesichtspunkten wirklich anstrebenswert sind.

2.4.3 Dezentraler Hochwasserschutz nach WEGNER

WEGNER (1992) untersuchte anhand eines detaillierten Niederschlags-Abfluß-Modells die Wirkung von Kleinmaßnahmen, die in einem 55 km² großen Einzugsgebiet dezentral angeordnet sind. Er unterscheidet dabei urbane und natürliche (d.h. landwirtschaftliche) Einzugsgebiete und unterteilt die Maßnahmen nach ihrer Wirkung auf Volumenwirksamkeit und Wellenverformung. Bei der Wellenverformung wird die Spitze der Hochwasserwelle zu Lasten eines länger anhaltenden hohen Wasserstandes abgeflacht. Das Abflußvolumen bleibt dabei unverändert. Im weiteren gliedert er die von ihm betrachteten Maßnahmen nach ihrer räumlichen Ausprägung, wie in der aus WEGNER (1992, S. 7) entnommenen Tabelle zu sehen ist.

Die Untersuchung zeigte, daß die dezentralen Maßnahmen bis zu einem 20-jährlichen Hochwasser eine gute Alternative gegenüber den zentralen Maßnahmen darstellen. Die meisten Kleinmaßnahmen würden dabei unter landschaftsplanerischen und ökologischen Gesichtspunkten vergleichsweise besser abschneiden als die zentralen Varianten. Durch die beabsichtigte, frühe

	Charakteristik des (Teil-)Einzugsgebietes	
	urban	natürlich
Fläche	<ul style="list-style-type: none"> • Regenwassernutzung • privater Regenrückhalt • Entsiegelung • Versickerung (Schacht-, Rohr- oder Rigolenversickerung) • Dachbegrünung (Volumenreduktion) 	<ul style="list-style-type: none"> • Nutzungsänderung • Muldenrückhalt • Wegeföhrung/Hecken/Raine (Volumenreduktion)
Fließstrecken	<ul style="list-style-type: none"> • in (Misch-)Kanalstrecken praktisch keine hochwasserwirksamen Maßnahmen denkbar, da der freie Abfluß in Trockenphasen für Schmutzwasser gesichert sein muß 	<ul style="list-style-type: none"> • Polder in der Aue • Ausuferungen, Gewässerrückbau (nur bei geringem Gefälle wirksam) (Wellenverformung)
punktueller Maßnahmen	<ul style="list-style-type: none"> • Regenwasserbehandlungsanlagen werden berücksichtigt, ein Ausbau bis zur Hochwasserwirksamkeit ist nicht möglich 	<ul style="list-style-type: none"> • zentrale Rückhaltung (Wellenverformung) • Rückhalt an Wegedämmen mit geringer Abgabe Volumenreduktion) • Aufteilung zur Beschickung von Kleinretentionen

Tab. 2: Dezentrale Hochwasserschutzmaßnahmen nach WEGNER

Einstauung wird auch die Häufigkeit der Überflutung größer. Die betroffenen Flächen müssen somit aus der Nutzung genommen werden.

Die gute Wirksamkeit der Konzeption beschränkte sich auf die geringen Jährlichkeiten bis zum HQ20 und ergibt sich aus der Konstruktion der Kleinretentionen, die nach WEGNER (1992, S. 7) „nicht darauf ausgelegt sein [sollten], den Spitzenabfluß zu mindern“. Dies wäre jedoch die Vorbedingung, um auch bei höheren Jährlichkeiten eine deutliche Reduzierung des Abfluvolumens zu erzielen. Nichtsdestoweniger sollte man der von WEGNER aufgeworfenen Frage nachgehen, ob in kleinen Einzugsgebieten auch die Notwendigkeit eines Schutzes vor einem HQ50 bis HQ100 besteht. Auf jeden Fall zeigt die Studie, daß mit kombinierten, dezentral angeordneten Rückhaltemaßnahmen ein wirksamer Hochwasserschutz möglich ist. Leider wird nicht erläutert, wie die in die Modellierung einbezogenen Maßnahmen ausgewählt wurden, entsprechend läßt sich nicht beurteilen, ob hier noch eine Optimierung möglich wäre.

2.4.4 Siedlungswasserwirtschaftliche Konzeptionen

Proportional zur Größe des Anteils der versiegelten Fläche sorgt das direkt aus der Siedlung kommende Wasser für Probleme, denn es verstärkt erheblich den Hochwasserabfluß der angeschlossenen Vorfluter und belastet zusätzlich das Gewässer durch die über die Hochwasserentlastungsanlagen eingebrachten Schmutzstoffe. Um die siedlungswasserwirtschaftlichen Probleme in den Griff zu bekommen, werden in den unterschiedlichen Ansätzen die folgenden vier Vorgehensweisen genannt:

- Reduzierung des Versiegelungsanteils
- Erhöhung des Anfangsverlustes
- Gezielte Versickerung
- Regenwassernutzung

Wie u.a. die Untersuchungen von BAUMANN (1997), DILLING (1994), HARMS (1994) und KLEES & WESTENBERGER (1997) zeigen, sind die Möglichkeiten zur teilweisen Entseigerung vielfältig. Beispielsweise setzen teildurchlässige Rasenfugenpflaster bei Parkplatzflächen, Wegen etc. den Abflußbeiwert herab. Ihr Einsatz ist im Bereich von privaten Wegen und Hofflächen un-

bedenklich und stellt ein nicht zu unterschätzendes Potential bereit. Daneben bietet sich teilweise der völlige Verzicht auf kaum benötigte Verkehrswege oder ihr partieller Rückbau an (vgl. LANDESAMT FÜR FLURNEUORDNUNG UND LANDENTWICKLUNG BADEN-WÜRTTEMBERG 1993, S. 65). Versickerungssysteme im Anschluß an versiegelte Flächen leisten einen weiteren Beitrag zur Entlastung des Kanalnetzes bzw. der Vorfluter. Eine Vorbildfunktion für viele derartige Planungen hat das von SIEKER (1995) beschriebene Mulden-Rigolen-System (vgl. Abb. 1). Hierbei wird das Wasser von den versiegelten Flächen in wenige Dezimeter tiefe Versickerungsmulden geleitet. Reicht die Wasserleitfähigkeit des Bodens nicht aus, um das eingeleitete Wasser schnell genug zu versickern, wird es in einer unter der Mulde liegenden Rigole zwischengespeichert. Die Anlage einer Rigole wird bei kf-Werten vom kleiner als 10^{-4} bis 10^{-5} notwendig (SIEKER 1996, S. 3). Unter einer Rigole versteht man einen mit Kies oder Lava-Granulat gefüllten Zwischenspeicher. Dieser ist durch ein Geotextil allseitig gegen den Eintrag von Feinmaterial geschützt und gewährleistet eine allmähliche Versickerung des gespeicherten Wassers. Mulde und Rigole sind voneinander durch eine Mutterbodenschicht getrennt. Diese gewährleistet eine erste Reinigung des Niederschlagswassers und ermöglicht die Bepflanzung des Muldenbodens. Je nach Situation kann die Rigole auch direkt über einen Muldenüberlauf gespeist werden. Nach der vollständigen Füllung von Mulde und Rigole ist eine Entlastung in das umgebende Gelände, in die Kanalisation oder einen Ableitungsgraben denkbar.

In vielen Fällen ist durch ein solches System eine 100-prozentige Abkoppelung der versiegelten Fläche möglich. Bei einer konsequenten Durch-

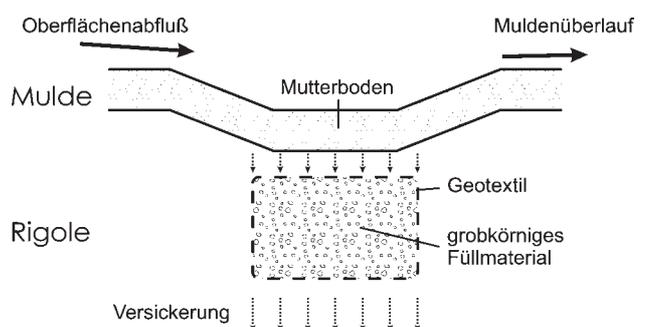


Abb.1: Mulden-Rigolen-System nach SIEKER (1996)

führung kann auf die Regenwasserableitung über das Kanalnetz verzichtet werden. Diese braucht dann nur noch für den häuslichen Schmutzwasseranteil dimensioniert werden. Hierdurch entsteht bezüglich der Baukosten ein erhebliches Sparpotential (KOLLMANN 1997, DILLING 1994, HARMS 1994), besonders was Neubaugebiete angeht. Dazu sind auch die rechtlichen Grundlagen weitgehend geschaffen, in der LBO Baden-Württemberg § 74,3 heißt es z.B.: „Die Gemeinden können durch Satzung für das Gemeindegebiet oder genau abgegrenzte Teile des Gemeindegebietes bestimmen, daß Anlagen zum Sammeln, Verwenden oder Versickern von Niederschlagswasser oder zum Verwenden von Brauchwasser herzustellen sind, um die Abwasseranlagen zu entlasten, Überschwemmungsgefahren zu vermeiden und den Wasserhaushalt zu schonen, soweit gesundheitliche oder wasserwirtschaftliche Belange nicht beeinträchtigt werden“ (zitiert nach KÖNIG 1996). Im weiteren wurde in der 6. Novelle zum Wasserhaushaltsgesetz wieder die Möglichkeit eingeräumt, wasserwirtschaftlich unbedenkliche Einleitungen in das Grundwasser erlaubnisfrei zu stellen. Nach HARMS (1994, S. 22) kann bei Dach- und Terrassenflächen von dieser Unbedenklichkeit ausgegangen werden, das gleiche gilt für wenig befahrene Straßen (DILLING 1994, S. 32).

Um die zu versickernden bzw. abzuleitenden Wassermengen zu reduzieren, bietet sich die Nutzung des von den Dachflächen anfallenden Regenwassers an (vgl. Abb. 2). Durch das Auffüllen von als Speicher dienenden Zisternen wird der Anfangsrückhalt erhöht. Allerdings ist das

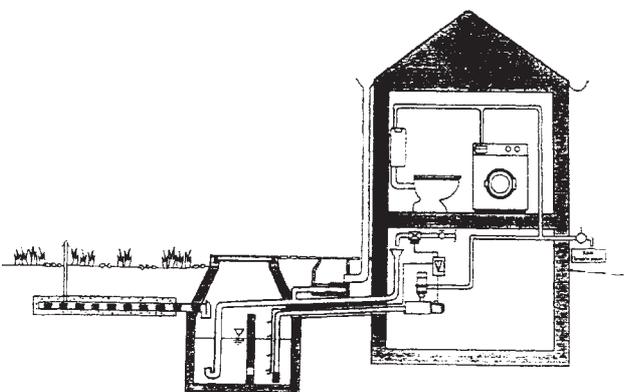


Abb. 2: System zur Regenwassernutzung und -versickerung (aus: BULLERMANN 1996, S. 663)

Reduktionspotential stark von dem aktuellen Füllstand der Zisternen abhängig. Einfache Systeme wie Regentonnen oder kleine Zisternen zur Gartenbewässerung können zwar bei kurzen sommerlichen Starkregen von Nutzen sein, um einen sicheren Beitrag zum Hochwasserschutz zu liefern, muß jedoch gewährleistet sein, daß die Zisternen sowohl ausreichend dimensioniert, als auch kontinuierlich entleert werden. Dies erreicht man durch den Anschluß von ganzjährig aktiven Verbrauchern wie (KÖNIG 1996, HESSISCHES MINISTERIUM FÜR UMWELT 1996):

- Toilettenspülung
- Waschmaschine
- Brauchwasserhahn zum Putzen, Blumen gießen etc.
- industriell genutztes Brauchwasser
- mit der Zisterne kombinierte Versickerungsanlage, bei der ab einer bestimmten Füllung der Überstand automatisch langsam versickert.

Ein bedeutender Nebeneffekt dieser Systeme ist ihr Beitrag zur Entlastung der Trinkwasserversorgung, was gerade in Wassermangelgebieten nicht zu unterschätzen ist. Einige praktische Beispiele laufender Projekte wurden u.a. vom HESSISCHEN MINISTERIUM FÜR UMWELT (1996) zusammengestellt. Die Erfahrungen mit den Systemen sind durchweg positiv. Darüber hinaus wurde auch die Qualität des Wassers von Regenwassernutzungsanlagen untersucht. ROTT & SCHLICHTING (1994) kommen, ebenso wie eine von ihnen zitierte Studie der Hamburger Umweltbehörde, zu dem Ergebnis, daß die Nutzung als Brauchwasser unbedenklich ist. Bezüglich der physikalisch-chemischen Parameter erfüllt das gespeicherte Regenwasser sogar meist die Qualitätsansprüche der Trinkwasserverordnung. Die Grenzwerte der EG-Richtlinie für Badegewässer werden jedoch immer eingehalten, dies gilt auch für die relativ problematischen mikrobiologischen Parameter.

Trotz der in den Pilotprojekten gemachten positiven Erfahrungen haben Kommunen und Wasserversorger noch verschiedenste Vorbehalte. Es werden z.B. Bedenken bezüglich einer einwandfreien Funktion der Regenwassernutzungsanlagen (sichere Trennung vom Trinkwassernetz) und der Akzeptanz in der Bevölkerung geäußert. Doch wäre es nach Meinung des Autors nicht zu

rechtfertigen, aufgrund einzelner, möglicher Probleme dieses große Potential für den Wasserrückhalt ungenutzt zu lassen.

2.4.5 Aktion Blau – Gewässerentwicklung in Rheinland-Pfalz

Die Aktion Blau des Landes Rheinland-Pfalz steht für das Bemühen, von übergeordneter Stelle die Qualität der Gewässer zu verbessern. Nachdem in der Vergangenheit bereits große Erfolge bei der Verbesserung chemischen Eigenschaften erreicht wurden, rückt nun die Gewässerentwicklung hin zu struktureicheren und naturnahen Gewässern in den Vordergrund. Dies beinhaltet als wichtigen Teilaspekt die Reaktivierung der natür-

lichen Hochwasserretention. In der nachstehenden Tabelle sind die Schwerpunkte des „Naheprogramms“ aufgeführt, die sicherlich auch für die meisten anderen Teilprojekte als repräsentativ gelten können.

Da die Hochwasserretention nicht als Forschungsschwerpunkt der Konzeption angesehen wurde, sind quantitative Aussagen zur Hochwasserwirksamkeit nicht zu erwarten. Dennoch finden sich in diesem Programm vielfach Aspekte wieder, die mit den anderen, vorgestellten Ansätzen vergleichbar sind. Das zeigt, daß die prinzipiellen Möglichkeiten ähnlich eingeschätzt werden und auch der Gedanke zu einer komplexem Vorgehensweise als unabdingbar erachtet wird.

- Wiederherstellung einer ökologisch standortgerechten Landnutzung durch Umwandlung von Acker- in Grünlandflächen, insbesondere in Talauen und erosionsgefährdeten Hangbereichen
- Erstaufforstung landwirtschaftlicher Grenzstandorte und die damit verbundene Erhöhung des Versickerungsbeiwertes
- Drehung der Ackerfurche aus dem Hauptgefälle, um die Versickerung in der Furche zu ermöglichen und den Bodenabtrag zu reduzieren
- Zulassung sich durch natürliche Verbauung bildender Retentionsräume
- Aufstellung von Gewässerpflegeplänen
- Ankauf und Einrichtung von Gewässerrandstreifen
- Verbesserung der Niederschlagsrückhaltung im Gelände durch Förderung der Versickerung auf den Kulturflächen, auf und an den Wirtschaftswegen
- Verbesserung der Niederschlagsrückhaltung und Niederschlagsversickerung im Siedlungsbereich
- Umwandlung von erosionsgefährdeten Kulturflächen in Dauergrünland oder in naturnahen Wald zur Verringerung der Schwebstoffbelastung der Gewässer
- Festsetzung von Überschwemmungsgebieten
- Wiederherstellung des natürlichen Hochwasserretentionsvermögens der Gewässer und Auen
- Wiederherstellung von natürlichen Bachauen, Auestrukturen und Bachauewald
- Gewässerrückbau zur Wiederherstellung des natürlichen morphologischen Regenerationsvermögens der Gewässer
- Förderung der natürlichen morphologischen Gewässerregeneration im Rahmen der Gewässerunterhaltung

Tab. 3: Schwerpunkte des „Naheprogramms“ (aus: MINISTERIUM FÜR UMWELT UND FORSTEN RHEINLAND-PFALZ 1996, S. 70)

2.4.6 Renaturierung des Berolzheimer Grabens

Bei dieser Maßnahme handelt es sich um die nach ökologischen Gesichtspunkten ausgerichtete Umgestaltung eines Talabschnittes bei Berolzheim, nahe der A 81 zwischen Heilbronn und Würzburg. In Zusammenarbeit des Amtes für

Flurneuordnung und Landentwicklung Buchen mit dem Amt für Wasserwirtschaft und Bodenschutz Heidelberg, Außenstelle Buchen sollte durch den Bau von flachen „Querriegeln“ bis 1,8 m Höhe und den Rückbau des Berolzheimer Grabens der Wasserhaushalt positiv verändert werden. Die inzwischen errichteten Dämme sor-

gen bei höheren Abflüssen für eine weitflächige Überflutung der Aue, bei niedrigen Abflüssen kann der Bach die Dämme durch oben offene Blocksteindrosseln passieren (siehe Abb. 3). Auch der wieder schwingend angelegte Verlauf, die Verkleinerung des Abflußquerschnittes und die Anhebung der Gerinnesohle fördern das frühere Austreten des Wassers aus dem Gerinne

(unveröffentlichte Planungsunterlagen des AMTES FÜR FLURNEUORDNUNG UND LANDENTWICKLUNG BUCHEN und des AMTES FÜR WASSERWIRTSCHAFT UND BODENSCHUTZ HEIDELBERG, AUSSENSTELLE BUCHEN 1994, RHEIN-NECKAR-ZEITUNG vom 13. Oktober 1995).



Abb. 3: Bruchsteindrossel am Berolzheimer Graben

Insgesamt wurde ein Rückhaltevolumen von ca. 63 000 m³ geschaffen; die Kosten für die Querriegel, die Umgestaltung von 2,1 km Gewässerstrecke und den Kauf von 17 ha Wiesenfläche betragen insgesamt 280 000 DM.

Die Anhebung des Grundwasserspiegels trat wie gewünscht ein. Bezüglich der Vegetation ist die Wiederherstellung bzw. der Erhalt der Feuchtwiesen und entlang des Bachlaufes die Entwicklung einer angepaßten Baum- und Strauchvegetation vorgesehen. Um den Charakter der Wiesental-Landschaft zu erhalten, werden die Wiesen regelmäßig gemäht, die Ufervegetation wird nach der Initialbepflanzung und -pflege der Eigenentwicklung überlassen.

Neben den positiven ökologischen Effekten ist diese Planung vor allem auch deswegen interessant, weil durch die Verstärkung der Retention infolge der Anlage der drei Querriegel die unterhalb liegenden Ortschaften seitdem hochwas-

serfrei sind. Die Effektivität wurde bei einigen stärkeren Ereignissen unter Beweis gestellt. Diese Planung zeigt, daß im Rahmen einer Renaturierungsmaßnahme und ohne eine spezielle Hochwasserschutzplanung dennoch das bestehende Hochwasserproblem zumindest weitgehend beseitigt werden kann. Aussagen über die Jährlichkeit des Schutzniveaus können allerdings mangels einer hydrologischen Untersuchung nicht gemacht werden.

2.4.7 Erosionsschutz in den Tiefenlinien und Anlage von Retentionsflächen

In einem Forschungsvorhaben unter dem Titel „Geländeexperiment zur Verminderung des Sedimenteintrages aus landwirtschaftlichen Nutzflächen in Vorfluter“ befaßte sich BAADE (1994) mit Möglichkeiten zum Sedimentrückhalt. Unter der Annahme, daß „Tiefenlinien auf Ackerflächen überproportional zum Sedimenteintrag in

Fließgewässer beitragen“, wurde im Einzugsgebiet des Biddersbach die Wirkung der folgenden Maßnahmen untersucht:

- Die Stilllegung und Begrünung einer von der Bodenerosion besonders betroffenen Tiefenlinie: Um die Rückhaltewirkung zu erhöhen, wurden quer zur Tiefenlinie Faschinen aus Holzpfählen und Kokosgewebe eingebaut.
- Die Anlage einer „Retentionsfläche“: Sie nimmt in ihrer Funktion „eine Zwischenstellung zwischen kleinen Rückhaltebecken und Maßnahmen wie Filterstreifen oder Uferstreifen ein“ (ebenda, S. 31). Für die Fläche wurde eine 0,4 ha große Ackerfläche am Ausgang eines 0,6 km² großen Teileinzugsgebietes aus der Nutzung genommen, begrünt und durch Querwälle in einzelne Kammern unterteilt. Die einzelnen Kammern wurden über Grundablässe miteinander verbunden, so daß niedrige Abflüsse die Retentionsfläche ungehindert passieren können.

Durch diese beiden Maßnahmen ließ sich der Sedimenteintrag ins anschließende Gewässer wirksam reduzieren: Die Begrünung der Tiefenlinie und der Einbau der Faschinen vermindert bei einer gut ausgebildeten bodennahen Vegetation die Erosion um bis zu 50%, dazu müssen ca. 5% der Ackerfläche stillgelegt werden. Die Retentionsfläche erreichte bei einem Flächenanteil von ca. 1% der Ackerfläche für den Untersuchungszeitraum (3 Jahre) einen mittleren Rückhalte-Wirkungsgrad von 60% des eingebrachten Sediments (BAADE 194, S. 197).

Bezüglich der Wirkungsweise für die Hochwasserretention ließen sich innerhalb der vorgestellten Arbeit noch keine Aussagen machen (ebendort, S. 198), jedoch müßte eine Rückhaltewirkung erreicht werden können, die den bei WEGNER (1992) beschriebenen „Kleinrückhalten“ bzw. „Rückhalt an Wegedämmen“ entspricht.

2.5 Zusammenfassung der Literaturdiskussion

Die Literaturbetrachtung zeigt, daß es neben den konventionellen Planungsweisen inzwischen nicht nur den Willen zu neuen Wegen in der wasserbaulichen Planung gibt, sondern auch schon verschiedene erfolversprechende Ansätze. Einige der beschriebenen Konzeptionen sind

lokale Planungen, die sich stark an der Umsetzbarkeit orientieren und deren Umsetzung sofort erfolgte (Bad Orber Flutmulden, Rückhalte im Berolzheimer Graben). Von den praktischen Erfahrungen und der Anschauung geht zwar eine stärkere Signalwirkung als von „noch in der Planungsphase steckenden Konzepten“ aus, da die Informationen aber teilweise nur mündlich und über Artikel in Lokalzeitungen weitergegeben werden, sind sie überregional nur schwer zugänglich. Außerdem finden meist keine begleitenden Untersuchungen statt, eine Beurteilung ihrer ökologischen Auswirkungen und hydrologischen Wirksamkeit gestaltet sich deshalb schwierig.

Da anzunehmen ist, daß auch weitere lokale Planungen bisher nicht publiziert wurden, kann und will der vorstehende Literaturüberblick nicht den Anspruch der Vollständigkeit erheben. Eine ausführliche Sammlung dieser bestehenden, aber schwer zugänglichen Ansätze ist in dem Forschungs- und Entwicklungsvorhaben „Hochwasserschutz durch natürliche und künstliche Retention“ der Universität Kaiserslautern (Fachgebiet Wasserbau und Wasserwirtschaft) beabsichtigt.

Die hier zusammengetragenen Konzeptionen zeigen aber bereits, daß es eine ganze Auswahl von Kleinmaßnahmen gibt, die zur Reduzierung des Hochwasserabflusses eingesetzt werden können. Ebenso besteht ein eindeutiger Trend hin zur Kombination verschiedener Einzelmaßnahmen. Die vorgestellten Ansätze lassen ebenfalls erkennen, daß man einen Hochwasserschutz nicht isoliert planen und umsetzen muß, sondern daß er, wie im Rahmen der „Aktion Blau“ oder des Projektes am Berolzheimer Grabens, auch Bestandteil ökologischer Umgestaltungsmaßnahmen sein kann. Eine weitere Tendenz ist die stärkere Einbeziehung der gesamten Fläche eines Einzugsgebietes. Mehrfach wird darauf verwiesen, daß eine Abflußreduktion bereits auf der landwirtschaftlichen Nutzfläche beginnen muß.

Bei den sehr vielfältigen Vorschlägen ist deren Quantifizierung bezüglich ihrer hydrologischen Wirksamkeit bisher nur selten bearbeitet worden. Dadurch bleibt offen, für welche Jährlichkeit von Ereignissen ökologisch angepaßte, dezentrale Maßnahmen noch erfolgreich eingesetzt werden können.

3 Untersuchte Konzeption und Zielsetzung

3.1 Die Konzeption des dezentralen, integrierten Hochwasserschutzes

Wie in Kap. 2.1 bereits dargestellt wurde, ist die Entstehung von Hochwassern eine Folge verschiedenster Einflußfaktoren. Um bei einem solchen Wirkungsgeflecht sinnvoll ansetzen zu können, bietet es sich an, auf die verschiedenen, in der Literatur beschriebenen Vorgehensweisen zurückzugreifen und sie an die jeweiligen lokalen Ursachen der Hochwasserentstehung angepaßt zu kombinieren. Dabei ist darauf zu achten, daß den jeweiligen Problemen unterschiedlicher Skalenniveaus in angemessener und angepaßter Weise entgegengetreten wird. Dies bedeutet, daß in Anlehnung an die natürliche Wirkungsweise der Landschaft und in Reaktion auf die im jeweiligen Skalenniveau stattfindenden Prozesse die Rückhaltekapazität des Einzugsgebietes verstärkt werden soll. Da jedoch ein großer Teil der Gesamtfläche bereits weitgehend irreversibel anderen Nutzungen zugeführt wurde, muß die noch verfügbare Fläche intensiv genutzt werden. Konventionell erfolgte dies beim Hochwasserschutz durch das auf einen sehr eingeschränkten Raum begrenzte, zentrale Rückhaltebecken. Hierbei ist aber die Maßnahme zur Bekämpfung des Hochwasserproblems räumlich von den seine Entstehung verursachenden Prozessen getrennt. Vor allem daraus resultiert die Forderung nach einem „dezentralen Ansatz“, bei dem sich die Lage und Wirkungsweise einzelner Maßnahmen aus den jeweils ablaufenden Prozessen ergibt.

Für die dieser Arbeit zugrundeliegende Untersuchung wurden nun einzelne Elemente in Anlehnung an die in der Literaturbetrachtung vorgestellten Ansätze (vgl. Kap. 2.4) zu einer neuen Konzeption zusammengestellt. Diese sollen wie Bausteine entsprechend den Bedürfnissen eines Einzugsgebietes zusammengefügt werden. Um eine übersichtliche Planung zu ermöglichen, wurden dazu die Bausteine ausgewählt, bei denen eine hohe Effektivität erwartet werden konnte und die am besten mit der ökologischen Zielsetzung vereinbar waren. Ebenso wurden auch in verschiedenen Konzeptionen gemachten Vorschläge zusammengefaßt. Letztendlich ergaben sich so die folgenden Bausteine:

- Änderung der Bewirtschaftungsweise auf den landwirtschaftlichen Flächen zur Verminderung des Oberflächenabflusses und Bodenabtrags.
- Flächen zum Sedimentrückhalt und zur Dämpfung der Abflußdynamik im Bereich der kleineren Seitentäler. Von diesen bei BAADE (1994) beschriebenen Maßnahmen wird eine deutliche Reduktion des Sedimentrückhalts erwartet. Sie erscheinen insofern notwendig, da eine völlige Unterbindung des Oberflächenabflusses und der damit verbundenen Erosion unter dem Aspekt der Durchsetzbarkeit als schwierig erscheint.
- Retentionsareale als Kompensation für die in der Aue unwiderruflich verlorengangenen Überflutungsflächen. Sie sollen vor allem das benötigte Rückhaltevolumen bereitstellen und sind damit der hydrologisch wirksamste Baustein (vgl. TÖNSMANN 1995).
- Maßnahmen zur Verlängerung der Fließzeiten und Dämpfung der Abflußscheitel am Gerinne. Hier können die vielfältigen Renaturierungsmaßnahmen wie z.B. die in der „Aktion Blau“ (MINISTERIUM FÜR UMWELT UND FORSTEN RHEINLAND-PFALZ 1996, vgl. Kap. 2.4.5) beschriebenen Maßnahmen als Vorbild gelten.
- Siedlungswassermanagement mit Entsiegelungsmaßnahmen, Versickerungs- und Regenwassernutzungssystemen, um auch in Siedlungsbereichen mit einem dezentralen Ansatz der Hochwasserentstehung entgegenzuwirken (vgl. Kap. 2.4.4).

Die Anordnung dieser Bausteine könnte sich dann wie in Abb. 4 darstellen (siehe Seite 23).

Der Blick auf die natürlichen Rückhalteflächen läßt erkennen, daß sie in ihrer Wirkungsweise immer multifunktional sind. Anstatt Flächen jeweils nur für eine Funktion zur Verfügung zu stellen (nur Hochwasserschutz, nur Naturschutz, nur Landwirtschaft), ist eine „Integration“ mehrerer Funktionen auf der gleichen Teilfläche anzustreben. Hierdurch kann es zu einer deutlichen Raumersparnis gegenüber der Separierung von Nutzungsfunktionen kommen. Abb. 5 zeigt für das Untersuchungsgebiet den Flächenbedarf der beiden Planungsvarianten eines separaten und eines integrierten Hochwasserschutzes im Vergleich zum Ausgangszustand. Wie bei der sepa-

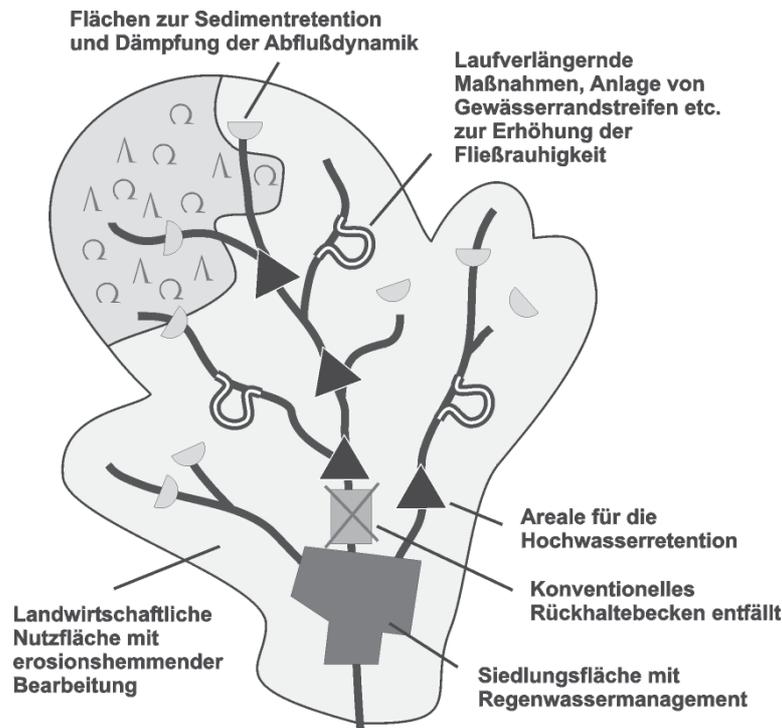


Abb. 4: Schema der räumlichen Anordnung der Konzeptbausteine einer dezentralen, integrierten Hochwasserschutzplanung

raten Hochwasserschutzplanung ist auch bei der integrierten Planung der Hauptanteil an Fläche von der Landwirtschaft aufzubringen. Allerdings ist bei dieser der Flächenverlust geringer, da ein gewisser Anteil zwar zusätzlich für den Hochwasserschutz, aber auch weiterhin von der Landwirtschaft genutzt wird. Die von der landwirtschaftlichen Nutzfläche und den Waldbereichen genommene Fläche wird bei einem separaten Hochwasserschutz ausschließlich für reine Rückhaltemaßnahmen verwendet, bei der integrierten Planung wird diese Fläche zum Teil dem Naturschutz und den Gewässern inklusive ihrer Randstreifen zugeschlagen. Hier dienen sie dem Hochwasserschutz und erfüllen zugleich auch wichtige ökologische Aufgaben.

Insgesamt ergibt sich folgendes Bild: Addiert man beim integrierten Planungsansatz alle dem Hochwasserschutz dienenden Flächen (gestrichelte Linie in Abb. 5), ergibt sich ein höherer Flächenbedarf als bei einer separaten Hochwasserschutzplanung. Die aber real ausschließlich für den Hochwasserschutz aufzubringenden Flächen sind deutlich geringer.

Die direkt die landwirtschaftliche Nutzfläche betreffenden Maßnahmen sind in der Abb. 5 nicht aufgeführt, da sie keine zusätzliche Fläche be-

nötigen. Jedoch können sie langfristig einzelne der anderen Maßnahmen überflüssig machen und somit zur Flächensparnis beitragen.

Im Zusammenhang mit dem hier beschriebenen Planungskonzept hat der Begriff „integriert“ noch weitere Bedeutungen:

- Die geplanten Maßnahmen sollen sich in das Landschaftsbild „integrieren“, d.h. auch unter optischen und ästhetischen Gesichtspunkten in die Umgebung einfügen. Dieser Aspekt spielt neben dem Erhalt der Erholungsfunktion auch deswegen eine Rolle, da oft ökologische Wertigkeit und der visuelle Eindruck weitgehend gleichgesetzt werden.
- Bei einer „integrierten“ Planungsmethode sollen die verschiedenen Ziele der Beteiligten innerhalb eines einzigen Planungsverfahrens berücksichtigt und aufeinander abgestimmt werden (vgl. DVWK 1997). Hierzu ist eine entsprechende Zusammenarbeit der betroffenen Behörden und Fachwissenschaften – eventuell anhand eines „Runden Tisches“ – notwendig. Ebenso sind die Wünsche und Vorstellungen der Bevölkerung mit zu berücksichtigen. Dies geschieht am besten im Rahmen von Bürgerversammlungen mit regelmäßiger und frühzei-

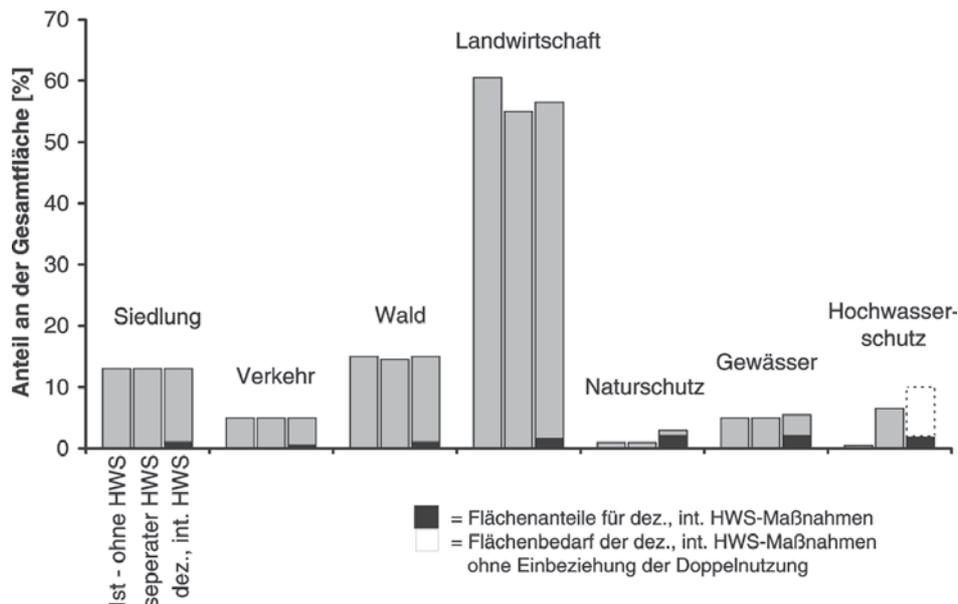


Abb. 5: Ursprüngliche Flächenaufteilung und die sich ergebenden Veränderungen bei einer separaten bzw. einer dezentralen, integrierten Hochwasserschutzplanung

tiger Berichterstattung über den Planungsstand.

3.2 Die zentrale Bedeutung der Retentionsareale

Innerhalb der Planung einer Hochwasserschutzkonzeption stellen die verschiedenen Bausteine unterschiedliche Ansprüche an die Standortbedingungen und entsprechend auch an das Auswahlverfahren.

Am schwierigsten sind dabei die Retentionsareale in der Landschaft unterzubringen. Sie haben den größten punktuellen Flächenbedarf und stellen zugleich hohe Anforderungen an die Eigenschaften eines Standorts. Dies ergibt sich dadurch, daß nur an wenigen Standorten die Voraussetzungen gegeben sind, das vergleichsweise hohe Rückhaltevolumen ohne einen größeren Eingriff in die Landschaft und eine Gefährdung der menschlichen Nutzungen zur Verfügung zu stellen. Da die Retentionsareale den größten Volumenbeitrag für den Gesamtrückhalt liefern, sind sie auch der Bestandteil, der am stärksten in das hydrologische System eingreift. Die dadurch bewirkten Veränderungen schaffen für die Planung der anderen Komponenten veränderte Rahmenbedingungen. Hinzu kommt, daß die bestehenden hydrologischen Modelle die Effekte der anderen Konzeptbausteine nur unvollkommen beschreiben. Um die Hochwassersicherheit nachzuweisen, muß man sich somit vor allem auf

die größeren Maßnahmen (also die Retentionsareale) konzentrieren. Entsprechend den durch die hydrologische Modellierung aufgezeigten Defiziten bzw. Verbesserungsmöglichkeiten lassen sich dann die anderen Bausteine optimiert einsetzen.

3.3 Gestaltung der Areale zur Hochwasserretention

Bevor in der Landschaft Standorte für Retentionsareale gesucht und diese genauer geplant werden können, ist zu klären, welche Möglichkeiten es zur Ausgestaltung solcher Maßnahmen gibt. Eine erste Vorstellung ergab sich aus einer Beobachtung nach einem Niederschlagsereignis im Juni 1994 in dem von BAADE (1994) bearbeiteten Untersuchungsgebiet. Hier kam es hinter dem Wegdamm eines die Aue querenden, landwirtschaftlichen Weges zu einem Rückstau von ca. 45 000 m³. Vermutlich waren nur dadurch die Schäden in der unterhalb liegenden Ortschaft verhältnismäßig gering. Ähnliche Wirkungen wie bei diesem eigentlich nicht beabsichtigten Rückstau finden sich vor allem bei der Maßnahmen am Berolzheimer Graben (vgl. Kap. 2.4.6) und den „Kleinrückhalten“ in der Studie von TÖNSMANN (1995) für die Bauna (vgl. Kap. 2.4.2).

Aus diesen Vorlagen ließen sich die verschiedenen Eigenschaften eines Retentionsareals ableiten: Bezüglich der Größenordnung sollen sie ein

Stauvolumen von mehreren zehntausend m³ bereitstellen. Aus Sicherheitsgründen wurde als Obergrenze ein Stauvolumen von 50 000 m³ festgelegt (vgl. BRANDT & LANG 1995). Als Grundablaß soll der normale Abfluß permanent abgeführt und das Stauvolumen erst bei höheren Wasserständen in Anspruch genommen werden. Wird der Grundablaß so bemessen, daß nur Hochwasser größerer Jährlichkeiten beeinflusst werden, ist eine landwirtschaftliche Nutzung des betroffenen Geländes weiterhin möglich. Für den Aufstau sollten, um den ökologischen Eingriff zu minimieren, möglichst schon bestehende quasi-natürliche Dämme wie z.B. Wege und Bahndämme genutzt werden. Dürfen diese nicht direkt miteinbezogen werden, um z.B. eine Unterspülung eines Verkehrsweges auszuschließen, kann dem bestehenden Hindernis ein Damm vorgeschüttet werden. Für die biologische Durchgängigkeit ist es jedoch vorzuziehen, wenn man den Rückhaltedamm mit dem bestehenden Hindernis zusammenfassen kann. Damit bleibt die Verdolungsstrecke erheblich kürzer. In beiden Fällen kann weitgehend auf neue Hindernisse verzichtet werden und eine zusätzliche lokalklimatische oder optische Beeinträchtigung vermieden werden.

In Anlehnung an die Rückhalte am Berolzheimer Graben (siehe Kap. 2.4.6) ist für den Damm eine Aufschüttung mit einer Böschungsneigung von 1:7 bei den kleineren (bis 1,3 m) und bis 1:10 bei den höheren Dämmen (bis 1,8 m) beabsichtigt. Dieser Böschungswinkel sollte möglichst an beiden Seiten gleich sein. So wird eine maximale Stabilität erreicht, die Aufschüttung ist auf diese Weise in der Landschaft nur wenig auffällig und bleibt zudem auch zu den Seiten hin gut befahrbar. Dies ist für den Fall einer weitergehenden landwirtschaftlichen Nutzung von großer Bedeutung, da nur so das hinter dem Damm liegende Areal gut zugänglich bleibt. Eine Dammkrone mit 2 bis 3 m Breite bietet auch bei kleinen Sackungen Sicherheit vor der Überspülung des Dammes. Sollen Wege über die Aufschüttung geführt werden, muß die Dammkrone natürlich entsprechend verbreitert werden (vergleiche auch BIEBERSTEIN, BRAUNS & KAST 1997 und WALD & GÖPPERT 1996).

Im weiteren wäre anzustreben, die Dämme überströmbar zu gestalten, da so auf eine konventionelle Hochwasserentlastungsanlage verzichtet

werden kann. Die ökologische und ästhetische Beeinträchtigung wird auf diese Weise ebenfalls gering gehalten. Sofern der Damm auf einer genügend großen Länge überflossen werden kann, ist normalerweise nicht mit Schleppkräften zu rechnen, die zu einem Aufreißen der Grasnarbe führen (zur Ausführung eines überströmbar Dammes vgl. BIEBERSTEIN, BRAUNS & KAST 1997. Untersuchungen, die sich speziell mit den hier dargestellten niedrigen Dammhöhen befassen, sind dem Autor nicht bekannt). Ein Bewuchs des direkten Dammbereichs mit Bäumen oder Sträuchern sollte aber vermieden werden, denn durch derartigen Bewuchs wird die Wartung deutlich erschwert, da Beschädigungen am Damm kaum sichtbar und schwer zugänglich sind. Außerdem kann die Dammstruktur durch Bäume und Sträucher direkt verletzt werden: Hierbei spielen Wurzelgänge etc. eine Rolle, außerdem ist im Hinblick auf eine Überströmbarkeit bei Gehölzbewuchs mit dem Auftreten von Turbulenzen und damit mit stark wechselnden Schleppkräften zu rechnen. Gehölze sind in diesem Fall auch deshalb erosionsfördernd, da sie eine gleichmäßige Ausbildung der Grasnarbe verhindern (LINDSEY ET AL. 1992). Auf der eigentlichen Staufläche des Areals bestehen hingegen keine Einschränkungen bezüglich der zuzulassenden Vegetation.

Für den Grundablaß kann im einfachsten Fall auf bestehende Dolen zurückgegriffen werden, die entsprechend des Bedarfs mit einem Schieber in ihrem Durchmesser verengt werden. Alternativ kann zur Reduzierung der Durchflußkapazität auch eine Sohlenpflasterung mit Bruchsteinen etc. auf dem Grund der Dole aufgebracht werden, sie bewirkt neben einer Verkleinerung des Fließquerschnittes auch eine Erniedrigung der Fließgeschwindigkeit (Berechnungsansätze und Tabellen z.B. in LAUTRICH 1976). Die durch die Steine etc. entstehenden Strömungsschatten bewirken auch eine deutliche Verbesserung der biologischen Durchgängigkeit (vgl. DVWK 1988, S. 33, FUCHS 1994). Im weiteren ist die Anbringung eines ausreichend dimensionierten Verklauungsschutzes sehr wichtig, damit sich der Durchlaß nicht mit Treibgut zusetzt und dadurch das Areal vorzeitig gefüllt wird. Die Hochwasserentlastung würde bei dieser Konstruktion über den überströmbar gestalteten Damm erfolgen.

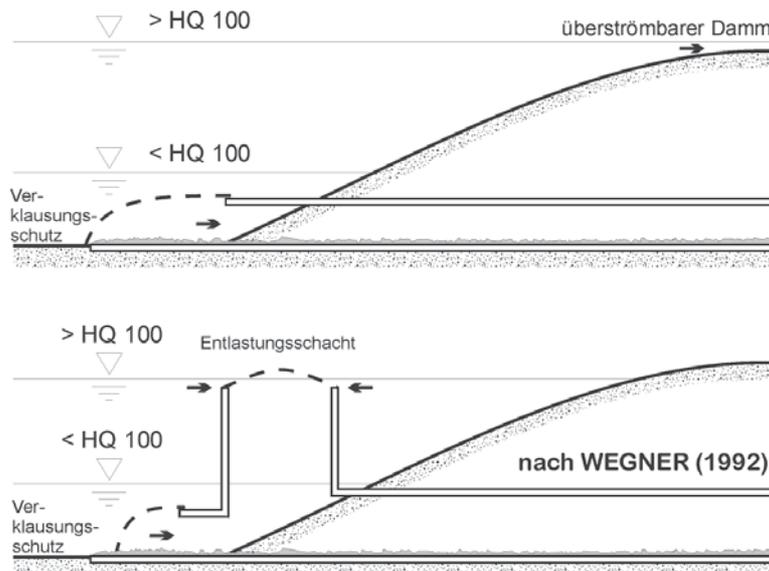


Abb. 6: Skizze möglicher Ablaufkonstruktionen für Retentionsareale

Alternativ zu diesem in Abb. 6 oben dargestellten Durchlaß bietet sich die in der gleichen Abbildung unten gezeigte Konstruktion nach WEGNER (1992, S.7) an. Hier wird das Wasser über einen dem eigentlichen Wegdurchlaß vorgeschalteten, engeren Grundablaß abgeleitet. Ab einem bestimmten Wasserstand wird das Wasser dann über einen Überlaufschacht in den Durchlaß geführt. Eine weitere Möglichkeit liegt in der Verwendung einer Bruchsteindrossel, wie sie z.B. am Berolzheimer Graben (AMT FÜR FLURNEUORDNUNG UND LANDENTWICKLUNG BUCHEN, siehe Abb. 3) eingesetzt wurde. Diese Variante ist unter ökologischen Gesichtspunkten besonders geeignet, da die Durchgängigkeit des Gerinnes vollständig erhalten bleibt. Auch ist eine Verklausung ausgeschlossen. Die Probleme dieser Variante ergeben sich durch die mangelnde Berechenbarkeit der Durchflußmengen. Die extreme hydraulische Rauigkeit und der nicht exakt bestimmbare Durchflußquerschnitt erhöhen die Fehler bei der Abflußbestimmung. Diese Konstruktion stellt dabei bezüglich der Kosten eine interessante Variante dar, die gerade bei der Aufschüttung zusätzlicher, nicht als Wege genutzter Dämme durchdacht werden sollte. Erfahrungswerte aus dem genannten Projekt am Berolzheimer Graben beziffern die Gesamtkosten für eine Grobsteindrossel auf ca. 15 000 DM (schriftliche Mitteilung des AMTES FÜR FLURNEUORDNUNG UND LANDENTWICKLUNG BUCHEN). Wenn auf eine exakte Berechnung der Durchflußkapazität verzichtet werden kann,

sollte dieser Variante der Vorrang gegeben werden.

Ein weiteres wichtiges Konstruktionskriterium ist die anzustrebende Stauhöhe und das sich daraus ergebende Rückhaltevolumen. Für diese Untersuchung wurden als Grenzwerte eine Dammhöhe von ca. 1,8 m und ein Stauvolumen von ca. 50 000 m³ festgelegt. Bis zu diesem Wert liegen Erfahrungen vor (Berolzheimer Graben, vgl. 2.4.6), bei einer höheren Einstauung kann nach aktuellem Wissensstand nicht auf ein Freibord verzichtet werden (BRANDT & LANG 1995). Proportional zur höheren Wassertiefe und größeren Windangriffsfläche vergrößert sich der Wellenaufbau. Dies führt dann dazu, daß bereits vor der eigentlichen Füllung des Rückhalterums der Damm überströmt wird.

Aber auch die Einstauzeit muß in die Planungsüberlegungen miteinbezogen werden. Wird sie sehr lang, d.h. erreicht sie eine Dauer von mehreren Tagen, ist bei einzelnen Pflanzen mit Schädigungen zu rechnen. Außerdem steht das Stauvolumen während dieser Zeit nicht für den Rückhalt nachfolgender Niederschläge zur Verfügung. Die Einstauzeit ergibt sich aus dem verfügbaren Stauvolumen und der Durchflußkapazität des Grundablasses.

3.4 Zielsetzung dieser Arbeit

Grundlegend für die Aufgabenstellung waren zunächst einmal die Anliegen des vom Hochwasser betroffenen Auftraggebers. So verlangte die Stadt Eppingen primär nach einer Planung, die

den Schutz vor einem 100-jährlichen Hochwasser gewährleistet.

Im Zusammenhang mit diesem starken Anwendungsbezug spielte die Orientierung an der Umsetzbarkeit eine große Rolle. So rückten aus Gründen der Flächenverfügbarkeit die eher punktuellen Maßnahmen in den Vordergrund der Betrachtung, da bei ihnen nur jeweils ein oder wenige Eigentümer bzw. Flurstücke betroffen sind. Die Betonung der hydrologischen Aspekte in dieser Arbeit ergab sich auch aus der Abgrenzung zu der Arbeit von GÜNDRA (1999), in der die Sedimentdynamik und damit der Baustein der „Flächen zur Sedimentretention“ den Schwerpunkt bildet. Für die Bearbeitung des hydrologischen Teils ergeben sich in erster Linie die beiden Problemfelder:

- Gibt es genügend Standorte im Untersuchungsgebiet, die für die Anlage von Retentionsarealen geeignet sind?
- Ist mit diesen der geforderte 100-jährliche Hochwasserschutz für das Untersuchungsgebiet erreichbar?

Da die Überprüfung der hydrologischen Wirksamkeit der Rückhaltemaßnahmen anhand von direkten Feldmessungen erst nach deren Fertigstellung und somit nicht im Rahmen dieses Projektes geleistet werden kann, muß dies vorerst anhand eines hydrologischen Modells erfolgen. Dieser rechnerische Nachweis ist darüber hinaus wichtige Vorbedingung, um die Genehmigung der Planung und damit die Bauausführung überhaupt zu ermöglichen. In diesem Zusammenhang sind die folgenden Fragen zu beantworten:

- Welches hydrologische Modell ist zur Bearbeitung der Fragestellung geeignet?
- Kann das hydrologische Modell die in der Realität ablaufenden Prozesse in ausreichender Genauigkeit abbilden und wie läßt sich dies überprüfen? Kann ein kurzer Meßzyklus die notwendigen Vergleichsdaten liefern?
- Welchen Beitrag können die Retentionsareale zum Erreichen des Schutzzieles leisten? Ist durch sie bereits die geforderte Kappung der Hochwasserspitzen zu realisieren? In welchen Bereichen sind die anderen Bausteine gefordert, um die hydrologische Wirksamkeit der Konzeption zu gewährleisten?
- Welche Retentionsareale zeigen die größte

Wirksamkeit? Kann unter dem Aspekt knapper Finanzmittel durch den Bau einzelner Maßnahmen bereits eine anteilmäßige Kappung der Hochwasserwelle erreicht werden?

- Ergeben sich aus der Anordnung der Retentionsareale negative Auswirkungen auf den Ablauf der Hochwasserwellen und führt die veränderte Wellenaddition durch ungünstige Überlagerungen sogar regional zu einer Verschärfung der Situation?

Neben diesen Fragen, die klären sollen, ob eine dezentrale, integrierte Konzeption an der Oberen Elsenz einen Hochwasserschutz für hohe Jährlichkeiten leisten kann und damit zumindest prinzipiell auch für andere Gebiete eine Alternative darstellt, stellen sich die Fragen nach der optimalen Standortwahl:

- Welche Methoden sind für die Suche und Auswahl von Standorten für Retentionsareale geeignet?
- Anhand welcher Kriterien lassen sich die geeigneten Standorte am besten beschreiben?

Unter der Annahme, daß die Konzeption die gesetzten Ziele erreicht, bietet sie auch für andere Gebiete eine interessante Alternative. Um eine mögliche Übertragbarkeit zu gewährleisten, ist es notwendig, das Arbeitsgebiet und seine hydrologischen Eigenschaften ausreichend genau darzustellen. Dadurch wird der Gültigkeitsbereich der bisherigen Untersuchung deutlich abgegrenzt. Um anderweitige Planungen zu erleichtern, sollten anhand der im Projekt gemachten Planungen die eingesetzten Methoden bewertet werden. Dazu wäre zu überprüfen:

- In welcher Reihenfolge sollen unterschiedliche Auswahlkriterien untersucht werden, um möglichst rationell zu einer Standortentscheidung zu kommen?
- Wie wichtig sind die einzelnen Kriterien für die Beurteilung eines Standortes?

Um die Ausweisung von Retentionsarealen in den Kontext der Gesamtkonzeption einzubinden, sollte zusammenfassend aufgezeigt werden, welche Möglichkeiten der Ausgestaltung und Umsetzbarkeit bei den anderen Bausteinen gegeben sind.

4 Methoden der Untersuchung

Entsprechend den zwei Arbeitsschwerpunkten (vgl. Kap. 3.4) ergeben sich auch bezüglich der eingesetzten Methoden die zwei Bereiche „Standortsuche“ und „Überprüfung der hydrologischen Wirksamkeit“.

Bei den Standorten für Retentionsareale werden Flächen benötigt, die ohne große Umgestaltung einen maximalen Wasserrückhalt bieten können. Da es sich prinzipiell um einen natürlichen Prozeß handelt, scheinen Räume interessant,

- bei denen aktuell eine Retention stattfindet, die nur verstärkt werden muß,
- die durch geringen Aufwand in einen Rückhalteraum umgestaltet werden können.

Des Weiteren sind alle Informationen wichtig, die die Möglichkeit zur Abschätzung des Rückhaltebedarfs geben, da Anzahl und Größe der zu planenden Maßnahmen natürlich sehr eng an die anfallenden Wassermengen gekoppelt sind.

4.1 Standortsuche

4.1.1 Auswertung aktueller und historischer Karten

Um sich einen ersten Überblick über das Untersuchungsgebiet zu verschaffen, bietet sich eine Interpretation der verfügbaren Karten an. Die Grobstruktur des Reliefs ist in der Topographischen Karte 1: 25 000 (TK 25) zu erkennen, aus Gewässernetz und Relief läßt sich die Größe und die Struktur der Teileinzugsgebiete ableiten. Bezüglich der Hydrologie spielt die Nutzung eine bedeutende Rolle. Die TK 25 zeigt für die hydrologische Fragestellung die Anteile und die Verteilung der Nutzungsformen in ausreichender Genauigkeit (LUTZ 1984). Im weiteren müssen natürlich die zu schützenden Objekte, d.h. vor allem Siedlungsgebiete beachtet werden. Hier bietet die TK 25 zwar eine gute Übersicht, bei Einzelgebäuden kann man jedoch aufgrund der Äquidistanz von minimal 1,25 m nicht mehr abschätzen, ob eine Überschwemmungsgefahr gegeben ist. Hier kann die Deutsche Grundkarte 1:5 000 (oder Kartenwerke ähnlichen Maßstabs mit Höhenlinien) die nötigen Zusatzinformationen bieten. Auch in den weiteren Fragestellungen erlaubt die DGK 5 aufgrund ihrer höheren Detailtreue eine bessere Interpretation:

- Es sind die für Rückhaltemaßnahmen geeig-

neten Hohlformen zu erkennen und eine Abschätzung ihres Volumens möglich.

- Runsen und Schwemmfächer lassen sich zwar andeutungsweise auch schon in der TK 25 feststellen, ihre Ausprägung wird aber erst im größeren Maßstab deutlich.
- Die auf der DGK 5 enthaltenen Flurnamen enthalten oft zusätzliche Informationen über die entsprechende Fläche bzw. ihre direkte Umgebung. Neben einer Überlieferung von Besitzverhältnissen oder historischen Ereignissen geben sie oft auch Hinweise auf die Standorteigenschaften. Namensbestandteile wie „see“ oder „bruch“ weisen auf bestehende oder historische Gewässer bzw. sumpfige Bodenverhältnisse hin. Unter der Annahme, daß ehemalige Gewässerstandorte heute noch als Feuchtstandorte in Erscheinung treten bzw. sich früher angelegte Seedämme reaktivieren lassen, eignen sich diese Standorte gut für Rückhaltemaßnahmen, da bei bereits vernäbten Stellen die mit der Anlage eines Retentionsareals verbundene Veränderung der Standorteigenschaften vermutlich nicht sehr groß ist. Außerdem sind vernäbte Flächen für die Landwirtschaft ungünstig, sie werden somit vermutlich bereitwilliger für Rückhaltemaßnahmen zur Verfügung gestellt.

Den historischen Ansatz ausbauend, können entsprechende Hinweise auch direkt aus historischen Karten entnommen werden. Hier wäre günstig, wenn die Karten eine große zeitliche Spanne, mindestens aber die letzten 100 Jahre dokumentierten. Eine große und durchgehend dokumentierte Zeitspanne ist notwendig, um einerseits auf einen vom Menschen weitgehend unbeeinflussten Zustand des Gewässernetzes zurückgreifen zu können, und andererseits auch künstlich angelegte und inzwischen aufgegebene Seen und Teiche zu erfassen. In diesem Zusammenhang sind eventuell auch schriftliche Quellen Hinweise zu entnehmen. Hier sind alle Angaben interessant, die Informationen über alte Gewässer und deren Umgestaltung enthalten. Wichtig ist, daß die Lageinformationen heute noch nachvollziehbar sind. Dabei ist zu beachten, daß bei älteren Quellen aufgrund der meist sehr speziellen Zielsetzung stärker generalisiert wurde als bei heutigen Karten, man muß also auf einen vergleichsweise größeren Maßstab

zurückgreifen, um die gleiche Information vorliegen zu haben (also $< 1: 25\ 000$).

Auch die für die hydrologischen Eigenschaften eines Einzugsgebietes wichtigen Bodeneigenschaften lassen sich aus Karten entnehmen. Bei Bodenkarten (möglichst $1: 25\ 000$ oder $1: 50\ 000$) liegt die Information direkt vor, ansonsten können geologische Karten indirekte Hinweise auf die zu erwartenden Bodenverhältnisse geben. Sofern diese Karten nicht in größeren Maßstäben vorhanden sind, muß überprüft werden, ob verfügbare Übersichtskarten eine ausreichende Aussagekraft besitzen.

4.1.2 Auswertung von Luftbildern

Bei Kleinformen der Erosion und Akkumulation kommt man an die Grenzen der Kartendarstellung. Hier können Luftbilder nützliche Zusatzinformationen geben. Je nach Art der vorliegenden Bilder ist es möglich:

- eine stereoskopische Reliefauswertung durchzuführen, in der auch kleinere Mulden etc. aufgespürt werden können.
- über die Unterscheidung von Farb- bzw. Graustufen Erosions- und Akkumulationsbereiche zu erkennen und durch die Formen auf die Prozesse im jeweiligen Teileinzugsgebiet und deren Intensität zu schließen.
- anhand von Farb- bzw. Graustufen, besonders beim Einsatz von Infrarot-Filmen, Vernässungsstellen und Vegetationsschädigungen zu bestimmen. Diese weisen auf aktuelle Überstauungen hin und sind aufgrund ihrer Standortnachteile für die Landwirtschaft wahrscheinlich leichter verfügbar (zu kaufen bzw. zu pachten).
- die Genauigkeit der verwendeten Kartengrundlagen zu überprüfen und diese bei Bedarf zu aktualisieren bzw. zu ergänzen. Hierbei sind vor allem größere Nutzungsänderungen wie Aufforstungen oder die Erweiterung von Siedlungsgebieten von Bedeutung.

Die Aussagekraft von Luftbildern hängt allerdings im hohem Maße von verschiedenen Faktoren ab:

- Der Auflösung der Bilder: die Luftbildabzüge müssen bei guter Schärfe einen Maßstab von $1: 25\ 000$ oder größer haben, wenn man die gesuchten Kleinformen noch erkennen will. Bei leichten Grauwertabstufungen ist bereits beim

genannten Maßstab die Grenze der Lesbarkeit erreicht, eine 1 m große Vernässungsstelle würde hier nur noch als Punkt von $0,04\text{ mm}$ erscheinen.

- Der Entzerrung: die unentzerrten Luftbilder ermöglichen als Stereopaare eine Auswertung des Reliefs; ansonsten sind Orthophotos leichter zu bearbeiten, da sie sich gut mit Karteninformationen (vor allem Höhenlinien) kombinieren lassen (Transparentfolien etc.). Außerdem ist die Übertragung der Informationen in eine Karte oder in digitale Form technisch weniger aufwendig.
- Dem Zeitpunkt der Aufnahme: Während der Vegetationszeit sind anhand von Schädigungen der Pflanzen vor allem dauerhafte Vernässungen ersichtlich. Kurz nach heftigeren Niederschlagsereignissen sind auch Erosionsspuren, etc. zu erkennen, die im Rahmen der Bodenbearbeitung dann aber bald wieder beseitigt werden. Wie lange Erosionsspuren sichtbar bleiben, hängt weitgehend von der jeweiligen Nutzungsart und eingesetzten Bodenbearbeitung ab. Geradezu ideal wäre ein Aufnahmezeitpunkt, bei dem auf den Luftbildern noch die Ausuferungen zu erkennen sind. Dies wäre aber nur mit einer eigens dazu durchgeführten Befliegung machbar, die aber aufgrund der schlechten Flugbedingungen (Sicht, Wind) während oder kurz nach einem größeren Ereignis sehr problematisch ist. Außerdem sollten die verwendeten Aufnahmen nicht zu alt sein, um möglichst genau die aktuellen Verhältnisse zu beschreiben. Daten mehrfacher Aufnahmetermine ergänzen sich entsprechend dem gerade Gesagten meist in ihrer Information.
- Dem verwendeten Filmmaterial: Wie weiter oben bereits angedeutet, lassen sich auf Farb- und besonders auf (Farb-) Infrarotbildern Vegetationsschäden (Veränderung in Gehalt und Zusammensetzung der Chlorophylle) und Wasserflächen gut erkennen (keine Reflexion im Infrarot).

4.1.3 GIS-Analyse des Digitalen Geländemodells

Bei raumbezogenen Planungen sind Geographische Informationssysteme (GIS) heute ein verbreitetes Werkzeug. Somit liegt es nahe, bei der

Erarbeitung eines neuen Planungsverfahrens dieses Hilfsmittel auf seine Anwendbarkeit hin zu überprüfen. Aufgrund des inzwischen etablierten Einsatzes von GIS gibt es eine große Anzahl verschiedener Systeme. Da sie ursprünglich meist für einen bestimmten Anwendungsbereich geschaffen wurden, haben sich bis heute trotz deutlicher Weiterentwicklungen bei jedem System verschiedene Einsatzschwerpunkte erhalten. Um ein für die jeweilige Fragestellung geeignetes System auszuwählen, sollten die folgenden Kriterien beachtet werden:

- die Struktur der vorliegenden Daten
- die Möglichkeit zur Erweiterung der Berechnungsmodulare
- die Verfügbarkeit
- das zugrunde liegende Betriebssystem
- die Kompatibilität mit anderen Programmen

Inzwischen liegen Digitale Geländemodelle (DGM) flächendeckend für die Bundesrepublik Deutschland vor, allerdings in unterschiedlicher Qualität. Sie bieten in Verbindung mit einem GIS den Vorteil, daß sich einzelne Reliefinformationen schnell ableiten und übersichtlich darstellen lassen. Im Zusammenhang mit der Fragestellung können die nachstehenden Ableitungen wertvolle Erkenntnisse liefern:

- Die Bestimmung der Teileinzugsgebiete gibt erste Anhaltspunkte über das zu erwartende Abfließaufkommen
- Neigungskarten geben Aufschluß über die Form der Abflußganglinie, da diese entscheidend durch das Relief geprägt wird.
- Wölbungskarten zeigen Hohlformen an, die eventuell als Rückhalteräume in Frage kommen.

Geographische Informationssysteme ermöglichen überdies, räumliche Informationen zu verschneiden und statistisch auszuwerten. Hierzu müssen zusätzlich benötigte Daten, beispielsweise zur Nutzung, entweder bereits digital vorliegen – wie dies innerhalb des Amtlichen Topographisch-Kartographischen Informationssystems (ATKIS) von den Landesvermessungsämtern angegangen wird – oder aus Karten und Luftbildern digitalisiert werden. Das GIS ist in diesem Zusammenhang auch ein gutes Hilfsmittel, um die verschiedenen Informationsschichten zu ver-

walten und nach Bedarf einzeln oder in Kombination darzustellen.

4.1.4 Kartierung

Neben dem Auswerten vorhandener Grundlagen ist es unumgänglich, diese durch die direkte Anschauung im Gelände zu überprüfen. Daneben bietet die Kartierung die Möglichkeit, ganz gezielt die fehlenden Informationen zu erheben. In Bezug auf die Fragestellung ergeben sich folgende Schwerpunkte:

- Suche nach für die Anlage von Rückhaltemaßnahmen geeigneten Standorten.
- Bewertung der in Frage kommenden Standorte.

Einen wichtigen Teilaspekt bei der Beurteilung der Eignung eines Standortes bildet die ökologische Bewertung. Nur durch sie läßt sich abschätzen, ob mit dem geplanten Eingriff negative Auswirkungen verbunden sind. Meist basiert die für eine Bewertung notwendige Bestandsaufnahme auf einer Kartierung der Flora und/oder der Fauna. In Bezug auf eine ökologische Bewertung der Retentionsareale sprechen einige Gründe dafür, die Vegetation in den Vordergrund zu stellen:

Eine für die Kartierung sehr vorteilhafte Eigenschaft von Pflanzen ist ihre Stationarität. Da es in dieser Untersuchung um die Eignung relativ kleiner Teilbereiche geht, ist bei beweglichen Individuen die genaue räumliche Zuordnung unmöglich. Zusätzlich wird durch das jeweilige Verhalten einer Tierart deren Auffindbarkeit entscheidend mitbestimmt. Hier sind ausführliche Kenntnisse der Lebensgewohnheiten und der Einsatz zusätzlicher Hilfsmittel wie Fallen etc. notwendig. Eine ökologische Bewertung anhand der Vegetation bietet demgegenüber einige Vorteile:

- Flächen können auch kleinräumig sehr gut nach Lebensbedingungen differenziert werden.
- Die Individuen sind meist gut sichtbar.
- Die notwendigen Bestimmungskennnisse kann man sich bei einem angemessenem Aufwand aneignen.
- Bei Bestimmungsunsicherheiten kann die genaue Zuordnung nachträglich anhand von entnommenen Pflanzen bzw. Pflanzenteilen erfolgen.

Zu Beginn der Kartierung sollte jedoch schon

feststehen, nach welchen Kriterien die anschließende Bewertung erfolgen soll. In der Literatur werden dazu eine ganze Reihe unterschiedlicher Verfahren vorgestellt. FRIEDRICH & LACOMBE (1992) und DVWK (1996, 1996b) geben einen Überblick über verschiedene Vorgehensweisen, weitere Darstellungen finden sich z.B. bei DVWK (1997b), KARRASCH, FLOR & HUBER-RIEHLE (1994), KONOLD (1984) LAWA & WBW (1996) und NIEHOFF (1996). Die einzelnen Verfahren unterscheiden sich in Zielsetzung, Maßstab und Anzahl der betrachteten Parameter. Entsprechend den Anforderungen zur Bewertung eines Retentionsareals wurde von HAHN (1997) das von KRAUSE (1992) beschriebene Verfahren leicht modifiziert. Die eingesetzten Parameter sind Flora, soziologische Einheiten, Feuchtwert nach ELLENBERG (1992), Artenzahl und anthropogener Einfluß.

4.1.5 Vermessung

Die Vermessung als eine relativ arbeitsaufwendige und damit in der Planungspraxis sehr kostenintensive Methode sollte nur dort eingesetzt werden, wo die Informationen nicht in der benötigten Genauigkeit aus Kartengrundlagen entnommen werden können. Für diese Arbeit sind zum einen genaue Rückhaltevolumen von Bedeutung. Durch die Vermessung können die aus einer Karte (DGK 5) errechneten Werte in ihrer Genauigkeit beurteilt und gegebenenfalls korrigiert werden. Zum anderen liefert die Vermessung Querprofildaten der Gewässer, die für die im folgenden besprochene hydrologische Modellierung wichtig sind.

4.2 Überprüfung der hydrologischen Wirksamkeit

4.2.1 Auswahl eines geeigneten hydrologischen Modells

Vor Beginn der baulichen Umsetzung einer Planung muß sichergestellt sein, daß das Ergebnis den Erwartungen gerecht wird. In Bezug auf Hochwasserschutzmaßnahmen bedeutet dies, daß die Hochwasser der geforderten Jährlichkeit schadlos abgeführt werden können. Die einzuhaltenden Jährlichkeiten sind in Deutschland nicht gesetzlich geregelt. Dennoch gibt es etablierte Werte, die als Grundlage für Planungs-

vergaben dienen. Doch lassen auch diese Vorgaben einen gewissen Entscheidungsfreiraum (DVWK 1983). Darüber hinaus muß gewährleistet sein, daß sich aus der Planung keine negativen Begleiteffekte ergeben (DVWK 1989, BOGARDI 1997). Hierzu ist notwendig, ein gutes Verständnis des bestehenden hydrologischen Systems zu erlangen und die Ursachen der auftretenden Probleme zu lokalisieren. Vorrangig muß deshalb die Frage beantwortet werden:

- Welche Abflußmengen treten im Einzugsgebiet vor und nach der Installation von Rückhaltemaßnahmen auf?

Aus dieser Frage ergeben sich bei stärkerer Differenzierung die weiteren Teilfragestellungen:

- Ab welcher Abflußmenge treten an welchen Orten Überschwemmungsprobleme auf?
- Auf welches Niveau müssen die Abflußmengen reduziert werden?
- Wie verändern sich die Abflußwellen im Verlauf des Gerinnes?
- Inwieweit werden bisherige, natürliche und künstliche Retentionsräume bereits ausgelastet?
- Welche Effekte treten durch Wechselwirkungen zwischen den unterschiedlichen Rückhaltemaßnahmen auf? In der Praxis heißt dies: Es muß sichergestellt werden, daß nicht im Extremfall durch die Installation von Hochwasserschutzmaßnahmen die Gesamtsituation sogar verschlechtert wird. Dies kann der Fall sein, wenn in der bisherigen Konstellation eine kleinere Hochwasserwelle gefährdete Stellen wie enge Ortslagen vor der Hauptwelle durchläuft. Wird eine solche Welle zeitlich verzögert, kann sie durch Addition auf die Hauptwelle zu einer Verschärfung der Situation beitragen, selbst wenn sie durch die Retentionsmaßnahmen gedämpft wurde.

Mit der Beantwortung dieser Fragen können Planungen vermieden werden, die einer späteren Überprüfung nicht standhalten. Als Werkzeug zur Beantwortung dieser Fragen haben innerhalb gewässerbaulicher Planungsverfahren „hydrologische Modelle“ längst einen festen Platz eingenommen. Ihr Ziel ist es, den aktuellen, wie auch den durch die geplante Maßnahme veränderten Zustand des hydrologischen Systems zu erfassen.

Der Begriff der „hydrologischen Modelle“ umfaßt dabei ein weites Spektrum unterschiedlicher Modelltypen. Sie unterscheiden sich durch ihren Abstraktionsgrad, wie auch durch ihre Anwendungsgebiete. Angelehnt an die allgemeine Modelltheorie, wie sie beispielsweise bei HUGGETT (1985) dargestellt ist, kann man in der Hydrologie folgende Hauptmodelltypen unterscheiden (vgl. MERZ 1996, IHW 1994, BRONSTERT 1994, FIGLUS 1988, NAEF 1977, WASSELEWKY 1976):

- Konzeptionelle Modelle, sie beschreiben die Zusammenhänge innerhalb eines Systems. Wenn sie auch keine Quantifizierung beinhalten, liefern sie einen wichtigen Beitrag zum Verständnis des natürlichen Systems.
- Skalenmodelle, die entweder einen eng eingegrenzten Ausschnitt des Systems detailliert betrachten oder aber ein System verkleinert darstellen.
- Mathematische Modelle, sie sind eine Abwandlung der konzeptionellen Modelle, in denen die Zusammenhänge mit Hilfe der mathematischen Formelsprache ausgedrückt und quantifiziert werden.

Letztere lassen sich wiederum in zwei Gruppen unterteilen, die:

- Statistischen und stochastischen Modelle: Basierend auf den Methoden der Wahrscheinlichkeitsrechnung werden gemessene Ereignisse ausgewertet und daraus Aussagen über zukünftige Ereignisse abgeleitet oder gemessene Einzelereignisse bewertet.
- Deterministischen Modelle: Mit ihnen können anhand von physikalischen und chemischen Gesetzen die Zusammenhänge der einzelnen Systemkomponenten ohne Zuhilfenahme empirischer Parameter beschrieben werden.

Um zu quantitativen Aussagen zu kommen, muß man über die Ebene der konzeptionellen Modelle hinausgehen. Skalenmodelle scheiden aufgrund der Komplexität in diesem Falle aus. Das Einzugsgebiet ist mit 77,5 km² für ihren Einsatz deutlich zu groß. Skalenmodelle finden vielmehr bei der hydraulischen Betrachtung einzelner Gewässerabschnitte und ähnlichen Fragestellungen Anwendung. Außerdem gestaltet sich die maßstabsgetreue Substitution von Materialien mit kleiner werdendem Maßstab immer schwieriger. Meist verhalten sich nur einzelne Eigenschaften

(Rauhigkeit, spezifische Dichte, etc.) analog und damit verliert das Modell an Aussagekraft. Als letzte Gruppe bieten sich die mathematischen Modelle an. Durch den Einsatz immer leistungsfähigerer Rechner kann kontinuierlich eine höhere Komplexität bewältigt werden. Dennoch sind hier, besonders bei den physikalisch-deterministischen Modellen, sehr schnell Grenzen erreicht. Zum einen ist das Wissen, welche Systemparameter einbezogen werden müssen bzw. ob diese überhaupt bereits erfaßt sind, sehr unvollständig. Zum anderen liegen nur selten die benötigten Systemparameter in der notwendigen Auflösung und Genauigkeit vor (vgl. MERZ 1996, BRONSTERT 1994). So setzt man in der hydrologischen Praxis je nach Bearbeitungsschwerpunkt und Datenlage unterschiedliche Modelle ein:

- Je nach Größe des Bearbeitungsgebietes und vorhandener Datengrundlage unterteilt man sie in meist stärker physikalisch basierte Hang- oder Teileinzugsgebietsmodelle und in die stärker empirisch basierten Einzugsgebietsmodelle.
- Zur Bearbeitung des Abflusses im Vorfluter trennt man zwischen mit hydrologischen Verfahren arbeitenden Flood-Routing-Modellen oder den bei speziellen Fragestellungen eingesetzten hydraulischen, ein- bis dreidimensionalen Strömungsmodellen. An dieser Stelle sei kurz auf die unterschiedlichen Schwerpunkte hydraulischer und hydrologischer Flood-Routing-Verfahren hingewiesen: Nach ROSEMANN & VEDRAL (1970, S. 1) beruhen die ersteren „auf den von SAINT VENANT aufgestellten Gleichungen der Erhaltung der Energie und der Masse“, während die „hydrologischen Methoden das Retentionsverhalten des betrachteten Flußabschnittes“ in den Vordergrund stellen (S. 2).
- Man unterscheidet Flußgebietsmodelle, die meist eine Kombination aus Einzugsgebietsmodellen und hydrologischen Flood-Routing-Modellen darstellen. Mit ihnen lassen sich auch große inhomogene Einzugsgebiete bearbeiten.
- Eine weitere Kombination stellen die Siedlungswassermodelle dar. Sie beschreiben neben dem Verhalten von stark versiegelten Einzugsgebieten den Abfluß im Kanalnetz nach eher hydraulischen Ansätzen.

- Je nach Fragestellung werden Wasserhaushalts- bzw. Wasserbilanzmodelle (Stoffeinträge, Niedrigwasser) oder stärker ereignisorientierte Niederschlag-Abfluß-Modelle (Hochwasser-Vorhersage) verwendet. Hier werden dann die für die Fragestellung besonders relevanten Systemkomponenten genauer bearbeitet, während die untergeordneten nicht oder nur stark vereinfacht berücksichtigt werden.
- Außerdem gibt es die Online-Modelle zu Zwecken der kontinuierlichen Abflußvorhersage (Hochwasserwarnung etc.) mit angeschlossenen Meßstationen und die Offline-Modelle zu Planungszwecken.

Für die Beantwortung der zu Beginn des Kapitels genannten Fragen eignet sich am besten ein Flußgebietsmodell, das für die Berechnung von Hochwasserabflüssen optimiert ist. Eine Online-Koppelung wird nicht benötigt.

4.2.2 Kalibrierung des Modells über Meßdaten

Innerhalb hydrologischer Modelle können durch die starke Vereinfachung der realen Prozesse verschiedenste Fehler auftreten. Es kann teilweise auch notwendig sein, einzelne Parameter den regionalen Gegebenheiten anzupassen. Sofern dies durchführbar ist, sollte deshalb der Vergleich mit gemessenen Daten erfolgen (DVWK 1982,

LUTZ 1984, IHRINGER & KRON 1993). Als Minimalanforderung werden jedoch immer Niederschlags- und Abflußdaten benötigt.

Um ein hydrologisches Modell optimal mit Niederschlagsdaten zu speisen, bedarf es einer extrem hohen Meßnetzdicke. LOPES (1996) ermittelte für das von ihm bearbeitete Einzugsgebiet eine Dichte von ca. einer Station pro km². Bei größeren Stationsabständen wachsen die Fehler bei interpolierten Punktniederschlägen auf über 100%, die der Gebietsniederschläge immerhin noch auf bis zu 30% an. Ein solcher Ansatz läßt sich jedoch mit den normalerweise zu Verfügung stehenden Mitteln nicht verfolgen und die zu erwartenden Resultate ständen in keinem Verhältnis zu dem einzubringenden Aufwand. Als Orientierungswert bietet sich deshalb eher die von MANIAK (1993, S. 101) genannte Meßnetzdicke von einer Station pro 10 km² an, hier kann gerade noch „der Meßwert dieser Punktmessung als Gebietsniederschlag für das gesamte Gebiet angesetzt werden“.

Bezüglich der Erfassung des Abflusses sind verschiedene Aspekte des hydrologischen Systems zu berücksichtigen. Hierzu werden in der Tab. 4 die durch die Messungen angestrebten Aussagen und die sich daraus ergebenden Anforderungen an das Meßnetz einander gegenübergestellt.

Benötigte Information	Anforderung an das Meßnetz
Auftretende Abflußspitzen und deren zeitliche Abfolge in den verschiedenen Teileinzugsgebieten	Pegelstationen an dem oder den wichtigsten Gewässern
Einfluß des Siedlungswassers	Pegelstationen vor und nach den wichtigsten Siedlungen
Wellenverformung im Gerinne	mindestens zwei Pegelstationen entlang eines Gewässerabschnittes
Maßstabsabhängigkeit der Modellgenauigkeit	Pegelstationen in kleinen und großen Teileinzugsgebieten
Abflußmengen der Bemessungsabflüsse	Meßzeitraum von mehr als 1/3 der berechneten Jährlichkeit (vgl. MANIAK 1993, S. 137)

Tab. 4: Anforderungen an das Pegelmeßnetz

4.3 Strukturierung des Arbeitsablaufes

Für die Vorgehensweise im Planungsablauf bietet es sich an, zuerst in einer Vorauswahl die für Retentionsareale in Frage kommenden Standorte auszuwählen. Diese werden dann in der nächsten Planungsphase detaillierter untersucht.

Parallel müssen in Vorbereitung der hydrologischen Modellierung die dazu notwendigen Meßdaten erhoben werden. Die Auswahl und Installation der Meßstationen sollte einer der ersten Arbeitsschritte sein, um die knapp bemessene Projektlaufzeit für die Datenerhebung möglichst voll auszunutzen zu können. Die Modellierung des Ist-Zustandes und die Kalibrierung anhand

der Meßdaten sollte zeitlich ungefähr parallel mit den Detailuntersuchungen der Retentionsareale abgeschlossen sein, weil sich anschließend die beiden Stränge „Auswahl der Retentionsareale“ und „Modellierung des Ist-Zustandes“ in der „Modellierung des geplanten Zustandes“ treffen. Zu diesem Zeitpunkt findet auch die Einbindung der anderen Projektbausteine statt. Nach der Optimierung und Ermittlung verschiedener Parameter (z.B. die benötigte Durchflußkapazität der Grundablässe) kann die endgültige Konzeption zusammengestellt und dokumentiert werden. Hierzu gehören auch Vorschläge zur Ausführungsplanung und der Ausbaureihenfolge.

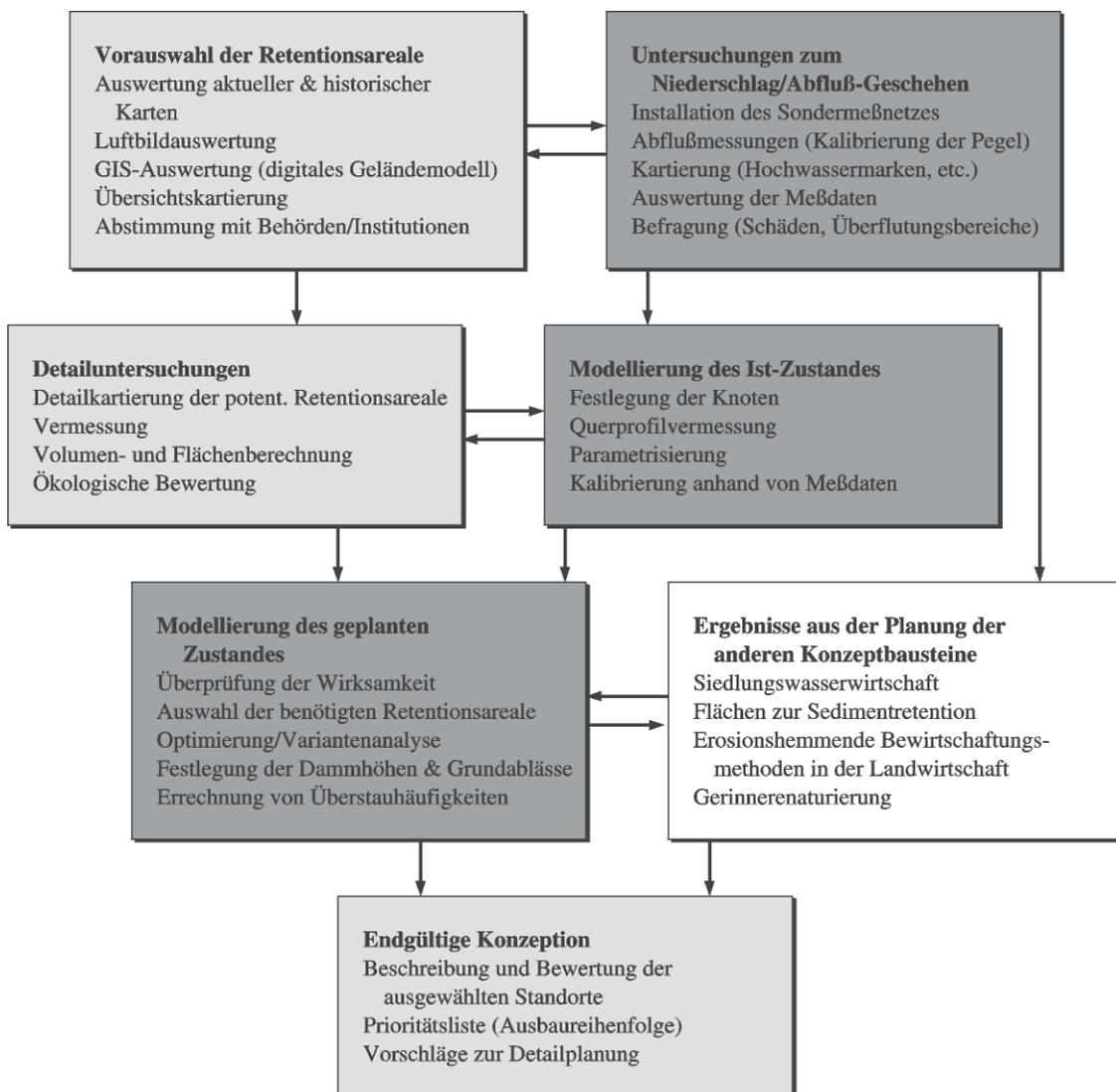


Abb. 7: Schematische Darstellung des Arbeitsablaufes

5 Charakterisierung des Untersuchungsgebietes

Wie schon eingangs erwähnt, wurde diese Untersuchung im Rahmen einer Hochwasserschutzplanung für die Obere Elsenz durchgeführt. Das Arbeitsgebiet wurde über das Einzugsgebiet hinter den Punkt an der Elsenz definiert, an dem das nächste Seitental unterhalb Eppingens einmündet, so war auch die am Ortsausgang der Stadt Eppingen liegende Kläranlage (hier traten 1994 größere Hochwasserschäden auf) und das Gebiet der Verfahrensflurbereinigung B 293 erfaßt. Um einen besseren Einblick in die Rahmenbedingungen der Planung zu geben, wird im folgenden das Untersuchungsgebiet etwas detaillierter dargestellt: Das ca. 77,5 km² große Einzugsgebiet liegt im Bundesland Baden-Württemberg, im Grenzbereich der beiden Regierungsbezirke Karlsruhe und Stuttgart (siehe Abb. 8). Die Elsenz, deren oberstes Teileinzugsgebiet hier bearbeitet wurde, mündet oberhalb von Heidelberg in den Neckar.

5.1 Geologie

Großräumig betrachtet wird das Untersuchungsgebiet durch die Tektonik des Oberrheingraben geprägt. Während Schwarzwald und Odenwald im Tertiär beim gleichzeitigen Absinken des Rheingrabenbereiches stark angehoben wurden, blieb das Gebiet der sogenannten Langenbrückener Senke deutlich dahinter zurück. Da in der Folgezeit das Relief durch Erosion weitgehend ausgeglichen wurde, ist die tertiäre Senke heute fast nur noch an der Abfolge der aufgeschlossenen Formationen (Buntsandstein bis unterer Jura) zu erkennen. Direkt an die Langenbrückener Senke schließt dann das Südwestdeutsche Schichtstufenland an. Das Untersuchungsgebiet liegt am östlichen Rand der Langenbrückener Senke, die hier durch eine Nordost bis Nord streichende Bruchzone begrenzt wird. Dieser Bruch trennt auch das starke südliche Einfallen im Bereich der Senke gegen die fast horizontale Lagerung im östlich angrenzenden Gebiet ab.

Durch den Schilfsandstein als die jüngste im Arbeitsgebiet vorkommende Formation – von Resten der Roten Mergel (km³) in der direkten Umgebung des Steinsberg-Schlotes abgesehen – wird im südlichen Teil des Untersuchungsraumes eine deutliche Schichtstufe (Eppinger Hardt) ge-



Abb. 8: Lage des Untersuchungsgebietes

bildet. Im überwiegenden Teil des Arbeitsgebietes ist indessen Unterer Gipskeuper zu finden. Dieser ist aber meist von Löß bedeckt, nur an einzelnen Talflanken streicht er aus oder tritt über die Auslaugung der Gipshorizonte anhand von Dolinenbildung in Erscheinung, entsprechende Anzeichen sind vor allem östlich der Ravensburg zwischen Sulzfeld und Mühlbach zu finden (SCHWEIZER 1982, S. 147). Inwieweit auch einige kleinere Verwerfungen auf die Auslaugung der Gipse zurückzuführen sind, ist unklar (SCHNARRENBARGER 1903, S. 24).

Das Landschaftsbild wird jedoch vor allem durch die Lößrücken geprägt, die eine deutliche Ost-West-Richtung aufweisen. SCHNARRENBARGER (1903, S.6) führt die Entstehung dieser Lößrücken auf die Ablagerung im Lee zurück, an den steileren und oft lößfreien Westhängen wäre somit entweder weniger abgelagert worden oder der Löß relativ schnell wieder erodiert worden. Als Hinweis darauf finden sich teilweise von autochthonem Löß überlagerte Schwemmlößpakete (SCHWEIZER 1982, S. 92). Die Kombination von Löß und Keupermergeln bietet eine gute Ausgangslage zur Entstehung fruchtbarer Böden (vgl. Kap. 5.3).

Das Gebiet um den Steinsberg weist nochmals eine eigene Charakteristik auf. Der Schlot des alttertiären Vulkans bot größeren Erosionswiderstand und überragt nun mit seinen relativ steilen Flanken den Kraichgau. Dabei bietet er auch einen hervorragenden Ausblick auf das Untersuchungsgebiet.

5.2 Geomorphologie

Bei der Analyse des Arbeitsgebiets und seiner direkten Umgebung (das bearbeitete Gebiet entspricht dem Ausschnitt, der auf den dieser Arbeit beigelegten Karten abgebildet ist, siehe z.B. Abb. 29) kann man bereits anhand der Höhenverteilung einen guten Einblick in die Charakteristik des Einzugsgebietes bekommen. Insgesamt umfaßt das Gebiet einen Höhenbereich zwischen ca. 165 m und 340 m über NN. Der gesamte Bereich läßt sich in drei Höhengniveaus untergliedern. Den Bereich mit dem größten Flächenanteil bildet das Hügelland mit den Einschnitten der kleinen Seitentälchen. Es erstreckt sich über eine Höhe von 185 m bis 260 m über NN und hat bei ca. 225 m seinen Schwerpunkt. Die tiefer liegenden Anteile können der Elsenzaue zugeordnet werden, die Keuperberge und deren Plateauflächen bilden die Bereiche über 260 m. Etwas weitergehende Aussagen lassen sich aus der Auswertung der Exposition ableiten. Die mit dem Geographischen Informationssystem aus dem digitalen Geländemodell errechnete Häufigkeitsverteilung der Expositionswerte (siehe Abb. 9) gibt wichtige Anhaltspunkte über die Talstruktur. Deutliche Verteilungsmaxima liegen bei etwa 180° bzw. 360°. Daraus läßt sich ein Verlauf der Täler in Ost-West-Richtung ableiten. Dies gilt in erster Linie für das Hügelland mit seinen Lößrücken (vgl. Kap. 5.1). Vergleicht man in einem weiteren Schritt die ost- bzw. westexponierten Hänge in ihrer Häufigkeitsverteilung miteinander, zeigt sich, daß die nach Westen exponierten einen flächenmäßig geringeren Anteil einnehmen. Hier zeichnet sich die Asymmetrie der Rücken ab, deren steilere Seite nach Westen zeigt, während sie nach Osten hin gemächlicher auslaufen und sich somit über eine größere Fläche erstrecken. Neben den genannten steileren Westseiten der Lößrücken finden sich die steileren Bereiche vor allem an den Stufen der Keuperplateaus. Hier treten vereinzelt

Neigungen bis zu über 20° auf. Sonst überwiegen eher die flacheren Neigungen, so sind allein die Gefälle zwischen 2° und 4° auf ca. einem Drittel der gesamten Fläche anzutreffen. Die Neigungen unter 2° umfassen dann noch weitere 16% und sind neben den Auenbereichen vereinzelt auch auf den Plateauflächen einiger Lößrücken und der Keuperberge zu finden.

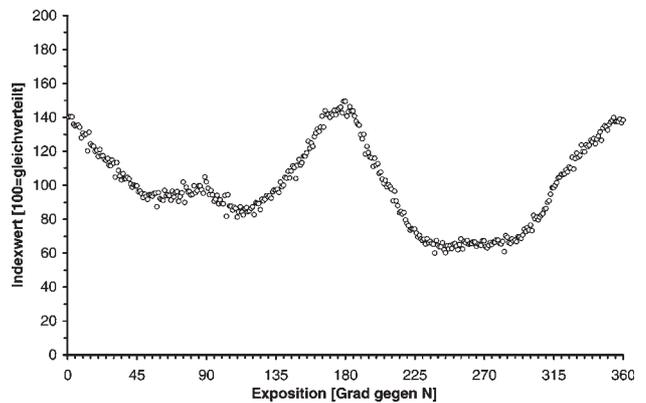


Abb. 9: Expositionsverteilung im Arbeitsgebiet

5.3 Böden

Neben den reinen Reliefparametern ist vor allem die Ausprägung der Böden ein guter Zeiger für die geomorphologischen Prozesse und damit auch für das Abflußgeschehen. Dieses dokumentiert sich bei den Böden in gekappten Profilen und Akkumulationshorizonten. Hierzu unterscheidet die Bodenkarte von Baden-Württemberg 1:25 000 (GEOLOGISCHES LANDESAMT 1994) für das Blatt Eppingen drei Bodengesellschaften.

Dies sind die

- Böden aus Löß und umgelagertem Löß im Kraichgau-Hügelland,
- Böden des Gipskeuperhügellandes am Kraichgau-Rand, einschließlich kleinflächiger Vorkommen der Trias im Kraichgau-Hügelland,
- Böden der Keuperberge Eppinger Hardt und Heuchelberg mit Plateaus aus Schilfsandstein.

Im Bereich des Hügellandes, das wie bereits gesagt den größten Teil des Arbeitsgebietes einnimmt, dominiert eine mäßig tiefe, erodierte Parabraunerde. In vereinzelt Kuppenlagen unter Wald tritt auch noch eine mäßig tiefe bis tiefe Parabraunerde auf. Im Scheitelbereich der Hügel und in den flacheren Hängen sind Pararendzinen ebenfalls sehr verbreitet.

In den kleinen Seitentälchen findet man ein teilweise pseudovergleitete Kolluvium, zu den Auen hin wird dieses dann durch den Auengley abgelöst. In Übergangsbereichen von kleinen Seitentälern zu den größeren treten auch noch Kolluvium-Gley, Gley und vereinzelt auch Pseudogley auf. An den süd- bis westexponierten Hangbereichen findet sich über Ton- und Mergelstein des Gipskeupers auch Pelosol bzw. Parabraunerde-Pelosol. Unter heutigem oder ehemaligem Weinbau ist an solchen Hängen ein Pelosol-Rigosol anzutreffen.

Die weiteren Bodengesellschaften sind aufgrund ihrer nur sehr lokalen Verbreitung von untergeordneter Bedeutung.

Die Keuperberge mit den Plateaus aus Schilfsandstein heben sich in Bezug auf die Böden deutlich von der Umgebung ab. Hier treten mittlere Braunerde und Ranker-Braunerde auf, die zu den Hanglagen von flacheren Braunerden abgelöst werden. Daneben gibt es auf den Plateauflächen noch mäßig bis tiefe pseudovergleyte Parabraunerde über Sandstein, an den steileren Hängen der Schilfsandsteinstufe teilweise auch podsolige Braunerde. Im Übergang zum Hügel-land tritt dann noch ein meist pseudovergleitete Braunerde-Pelosol auf.

Die Böden in der direkten Umgebung des Steinsberges sind aufgrund der geringen Verbreitung von untergeordneter Bedeutung. Infolge des dominierenden Weinbaus herrschen hier Rigosole vor, die stark durch den phosphat- und mineralreichen Basaltuff geprägt sind. Sie bieten gute Voraussetzungen für die Landwirtschaft, wie übrigens die meisten der im Arbeitsgebiet vorkommenden Böden. Die nährstoffärmeren Böden der Schilfsandsteinplateaus sind heute, da sie für die Landwirtschaft nur eine Nebenrolle spielen, meist durch Wald bedeckt und sind somit auch für die Aspekte des Hochwasserschutzes von untergeordneter Bedeutung.

5.4 Vegetation

Die Vegetation des Arbeitsgebietes ist durch die Landwirtschaft geprägt. Als typisches Altsiedelland ist der Raum seit der Jungsteinzeit kontinuierlich bewohnt (THOMANN 1995, S. 299) und unterliegt zumindest seit der Römerzeit mit kleineren Unterbrechungen einer Bewirtschaftung in

der heutigen Ausdehnung. Heute sind die wichtigsten Anbauprodukte Getreide und Zuckerrüben. Davon nehmen die Getreide (überwiegend Weizen, Silomais und Sommergerste) zusammen ca. $\frac{2}{3}$ des Ackerlandes in Anspruch. Da Eppingen aufgrund entsprechender hier angesiedelter Betriebe als Vertriebszentrum für Kartoffeln, Zwiebeln und Äpfel fungiert, versteht sich, daß die entsprechenden Produkte in der Umgebung angebaut werden. Daneben spielen Wein- und Obstbau mit ca. 1% der landwirtschaftlichen Nutzfläche eine eher untergeordnete Rolle. Ergänzt wird das Bild durch verschiedene Gemüsekulturen. Die Nutzung als Weide ist aufgrund der verbreiteten Stallhaltung unbedeutend. Entsprechend wird das Grünland, das vor allem in den Auenbereichen zu finden ist, durch Mahd genutzt und nimmt nur einen Flächenanteil von ca. $\frac{1}{10}$ des Ackerlandes ein. Die Futtermittelversorgung wird neben dem schon erwähnten Futtermais vor allem durch Ackerfutter (Klee, Luzerne) und Futterrüben sichergestellt (Nutzungsangaben nach schriftlicher Mitteilung vom AMT FÜR LANDWIRTSCHAFT, LANDSCHAFTS- UND BODENKULTUR, EPPINGEN).

Heute finden sich nur in einzelnen, für Naturschutzaufgaben reservierten Flächen noch Reste einer naturnahen Vegetation (vgl. Tab. 5), wobei selbst diese bereits durch den Eingriff des Menschen geprägt wurden. Erst durch die Rodung der Waldgebiete wurde infolge der Boden-erosion und anschließenden Akkumulation die Auenentwicklung induziert (z.B. BORK 1997). Die heutige Talform und die dort verbreiteten Böden sind also entscheidend durch das Einwirken des Menschen geformt. Zusätzlich wurde durch die Entwaldung erheblich in den Wasserhaushalt eingegriffen. Besonders in den Talbereichen kam es durch das verstärkt abfließende Wasser zur Ausprägung von Feuchtstandorten. Diese ehemals sehr feuchten Auenbereiche werden im Arbeitsgebiet auch durch verschiedene Gewässernamen belegt. Beispiele hierfür sind der „Bruchgraben“ (der vom althochdeutschen „bruooh“ abstammende Begriff „Bruch“ bedeutet soviel wie Sumpfland oder Moor) oder auch die „Elsenz“, deren vom keltischen „Alisanta“ abgeleiteter Name sich etwa mit „Erlenbach“ (Erlen sind Anzeiger für nasse Standorteigenschaften) übersetzen läßt (THOMANN 1995, S. 301). Durch die starken Veränderungen entstanden neue Lebens-

Naturräumliche Einheiten	Klimaxvegetation (nach MÜLLER & OBERDORFER 1974, LANDRATSAMT HEILBRONN 1996)
Löß-Hügelland	reicher Hainsimsen-Buchenwald mit Maiglöckchen im Wechsel mit einem Waldmeister- bzw. Perlgras-Buchenwald
Stufenhänge der Eppinger Hardt	Waldlabkraut-Traubeneichen-Hainbuchenwald, in Tälchen stellenweise feuchter reicher Sternmieren-Stieleichen-Hainbuchenwald, in den oberen Bereichen auf Rendzinen und Pararendzinen wärmeliebender Seggen-Buchenwald, auf den ärmeren Böden des Schilfsandsteins ein artenärmerer Traubeneichenwald mit Elsbeere und lichtliebenden Saumgesellschaften
Stufenflächen	armer Hainsimsen-Buchenwald, der sich mit anderen Waldgesellschaften wie dem Waldmeister-Buchenwald, dem Sternmieren-Stieleichen-Hainbuchenwald, dem Seggen-Buchenwald und dem Traubenkirschen-Erlen-Eschen-Auwald abwechselt.
junge Talböden	Eichen-Ulmen-Auenwald, in den häufiger überfluteten Bereichen eine Weichholzaue (Silberweiden-Auenwald) in den seltener überstauten ein frischer bis feuchter Sternmieren-Stieleichen-Hainbuchenwald

Tab. 5: Potentielle, natürliche Vegetation des Untersuchungsgebietes

räume, die häufig in ihrer Artenvielfalt sogar die ursprünglichen Waldgesellschaften übertreffen. Der Waldanteil selbst unterlag im Lauf der Geschichte starken Schwankungen. Stellenweise waren sogar heutige Waldgebiete landwirtschaftlich genutzt, worauf unter anderem die Schanzen, die Grabhügel und die Runsen im Bereich des Hartwaldes hinweisen. Momentan ist der Waldanteil im Untersuchungsgebiet mit ca. 16% (im Verwaltungsraum Eppingen bei 24%) sehr gering und liegt weit unter dem Mittel Baden-Württemberg's von 37,6% (LANDRATSAMT HEILBRONN 1996, S. 13). Die verbleibenden Waldgebiete konzentrieren sich dabei auf die Höhenlagen der Keuperberge und auf die Steillagen.

Unter ökologischen Aspekten betrachtet, hatte die Landschaft zugunsten der Intensivlandwirtschaft jedoch einen hohen Tribut zu zahlen. Es besteht ein erheblicher Defizit an Rückzugsbereichen für Flora und Fauna (LANDRATSAMT HEILBRONN 1996, S. 14) und der Baumbestand außerhalb der bereits genannten Waldgebiete beschränkt sich fast ausschließlich auf einzelne kurze Uferabschnitte. Inzwischen wird durch die Anlage verschiedener Schutzgebiete und Programme wie das Ackerrandstreifenprogramm versucht, die Situation zu verbessern, jedoch muß sogar noch mit einer Erhöhung des Nutzungsdrucks gerechnet werden (ebenda S. 30).

5.5 Gewässer

Elsenz und Hilsbach sind die beiden wichtigsten Vorfluter im Arbeitsgebiet. Der Hilsbach wird von zwei größeren Bächen, dem Bruchgraben und dem Nesselbach, gespeist. Demgegenüber hat das oberhalb Eppingens liegende Einzugsgebiet der Elsenz ein erheblich stärker verzweigtes

Gewässernetz. Hier finden sich als größere Zuflüsse der Rotenbach, der Rohrbach, der Zitterichgraben und von Süden kommend der Himmelreich- und der Hellbach. Die beiden letzten entspringen auf den Höhen des Hartwaldes und haben ein höheres Gefälle als die anderen Bäche im Arbeitsgebiet. Betrachtet man die kleinen Seitengewässer, fällt vor allem der Bruchgraben und in seiner Verlängerung der untere Bereich des Hilsbachs auf. Hier sorgen eine Vielzahl kleinerer Entwässerungsgräben für die schnelle Entwässerung des westlich der Bäche liegenden Gebietes. Ähnliche Verhältnisse trifft man am Grünbergbach, einem Zufluß des Rohrbachs, an.

Zur Situation der Gewässer heißt es im Landschaftsplan (LANDRATSAMT HEILBRONN 1996, S. 37): „Im gesamten Verwaltungsraum fällt auf, daß nur noch geringe Teile der Fließgewässer naturnah verlaufen. Der größte Teil ist technisch verbaut (umfangreiche Verdolungen in allen Ortslagen, Kanalisierung im Bereich der Elsenz, begradigte und verbaute Seitengewässer und Gräben, überwiegend Bewirtschaftung bis zum Gewässerrand und fehlende bzw. lückenhafte Uferbepflanzung).“ In derselben Quelle werden als zukünftige Veränderungen ein „weiterer Rückgang von Retentionsflächen“ bei zunehmender Oberflächenversiegelung prognostiziert. Daraus wird eine „Zunahme der Abflußspitzen“ abgeleitet. Im weiteren wird ein „erhöhter Eintrag von Schwebstoffen wegen zunehmender Intensivierung der landwirtschaftlichen Flächen“ erwartet (ebenda S. 37/38). Dieses nicht gerade positive Resultat wird durch die Ergebnisse der Übersichtskartierung des „morphologischen Zustands der Fließgewässer in Baden-Württemberg“ unterstrichen (siehe Tab. 6). Die durchge-

hend „naturferne“ Beurteilung zeigt, wie groß der Handlungsbedarf bereits ohne die Interessen des Hochwasserschutzes ist. In Bezug auf Renaturierungsmaßnahmen an den Gewässern sei noch auf ein weit verbreitetes Problem hingewiesen: In der Abb. 10 wird ein Auenquerprofil vom Essigbergbach gezeigt (zur Lage siehe Abb. 29, das Profil wurde etwas unterhalb des Maximumpegels „Essigberg“ aufgenommen). Da der Graben durch einen asphaltierten Feldweg vom Auenbereich getrennt ist, läßt sich ein breiterer Entwicklungsraum für das Gewässer nur mit hohem Aufwand schaffen. Das Wasser kann einzig mit Hilfe der künstlichen Übertiefung über den Graben abgeleitet werden, die eigentliche Tiefenlinie verläuft inmitten der Ackerfläche, bei einer Selbstüberlassung könnte sich das Gewässer also leicht hierhin (zurück-)verlagern.

Gewässername	Bewertung der Linienführung	Bewertung des Gehölzsaums	Bewertung der Gewässerstrandstreifen	Bewertung der Talboden-nutzung	Bewertung der künstlichen Wanderrungs-hinder-nisse	Gesamtwertung
Elsenz bei Elsenz	1	1	1	1	1	naturfern
Elsenz unterhalb von Rohrbach a.G.	1	1	1	1	4	naturfern
Elsenz bei Eppingen	1	4	1	1	7	naturfern
Hilsbach bei Hilsbach	1	1	1	1	4	naturfern
Hilsbach ab Zufluß des Nesselbachs	1	1	1	1	7	naturfern

Die Bewertung der einzelnen Parameter erfolgt anhand einer 7-stufigen Skala (1=naturfern, 4=beeinträchtigt und 7=weitgehend naturnah), die Gesamtwertung stuft die Gewässerabschnitte in 3 Zustandsklassen ein (weitgehend naturnah, beeinträchtigt und naturfern).

Tab. 6: Der morphologische Zustand der Gewässer im Arbeitsgebiet (nach LFU 1994)

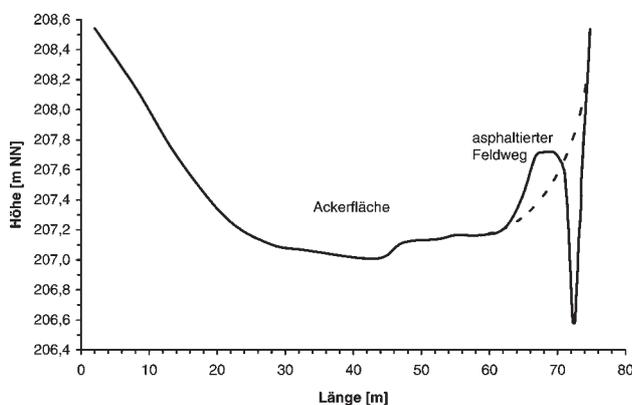


Abb. 10: Auenquerprofil am Essigbergbach (südlich von Eppingen)

5.6 Siedlungen

Die Siedlungsstruktur ist in Bezug auf Hochwasser von doppelter Bedeutung. Zum einen prägen die Siedlungsflächen durch ihren hohen Versiegelungsgrad die Hochwasserentstehung mit, zum anderen bilden sie die Gefährdungsbereiche, die einen Hochwasserschutz erst notwendig machen.

Die Kleinstadt Eppingen ist die älteste und größte Siedlung im Untersuchungsgebiet und fungiert als Zentrum für den Nahbereich. Als Wachstumszentrum mit einer Mischung verschiedenster Industrie- und Handwerksbetriebe wird die zentralörtliche Funktion von Eppingen kontinuierlich ausgebaut. Die zur Gemarkung Eppingen gehörenden Gemeinden Adelshofen, Mühlbach, Sulzfeld, Rohrbach am Gießhübel und Elsenz entwickeln sich mehr und mehr zu Pendlergemeinden mit einem stetig abnehmenden Anteil landwirtschaftlicher Betriebe. Vergleichbares gilt auch für die zur Gemarkung Sinsheim gehörenden Orte Hilsbach und Weiler. Dennoch bleibt die Landwirtschaft mit den entsprechenden Zuliefer- und Weiterverarbeitungsbetrieben weiterhin der wichtigste wirtschaftliche Faktor. Der politische Einfluß der landwirtschaftlichen Interessenvertreter ist dementsprechend groß.

Rein räumlich gesehen verteilen sich die einzelnen Gemeinden gleichmäßig über das Untersuchungsgebiet, wobei sie sich – abgesehen von Weiler am Steinsberg – an den Gewässerläufen liegen, von denen sie auch ihre Namen übernommen haben und durch die sie jetzt wie auch schon früher gefährdet werden:

- Rohrbach: am Rohrbach (der Namensbestandteil „Rohr“ weist auf Schilfrohr hin)
- Hilsbach: am Hilsbach
- Elsenz: an der Elsenz
- Mühlbach: am Mühlbach

Aus der Lage am Zusammenfluß der beiden wichtigsten Teilbäche ergibt sich für die Stadt Eppingen ein erhöhtes Hochwasserrisiko. Eine weitere Verschärfung der Situation wird sich dadurch ergeben, daß durch neue Gewerbe- und Bauungsgebiete in Eppingen sowohl zusätzlicher Abfluß erzeugt, als auch durch die Errichtung von Gebäuden im Überflutungsbereich neue Schadenspotentiale geschaffen werden.

5.7 Klima

Von den Klimadaten sind im Rahmen dieser Arbeit die Niederschläge von besonderem Interesse. Diese lassen sich durch die mittleren Jahres- und Monatssummen beschreiben; aussagekräftiger in Hinblick auf eine Hochwasserstudie sind jedoch die zu erwartenden Maximalniederschläge. Dafür bilden die innerhalb der KOSTRA-Studie (BARTELS, ALBRECHT & GUTTENBERG 1990) errechneten Jährlichkeiten die derzeit anerkannteste Bezugsquelle. Ein weiterer, vor allem in den USA verbreiteter Ansatz ist die Bestimmung des physikalisch maximal möglichen Niederschlags. In DVWK (1985) wurde eine solche Berechnung für den Kraichgau dargestellt. Diese und einige weitere Kennzahlen sind in Tab. 7 zusammengestellt.

Die einzelnen Werte weichen je nach Bezugsraum und Berechnungsverfahren teilweise erheblich voneinander ab. So liegen die Daten von DWD & LFU (1976) deutlich über den KOSTRA-Daten. Dies ist darin begründet, daß bei ersteren das gesamte Elsenz-Einzugsgebiet undifferenziert betrachtet wird und die weitaus höheren Niederschläge des Kleinen Odenwaldes in die Statistik eingehen. Aus dem gleichen Grund können auch die „maximal möglichen Niederschläge“ (DVWK 1985) als etwas überhöht angesehen werden. Insgesamt wird anhand der in Tab. 7 aufgelisteten Werte klar, mit welcher Unschärfe die Angabe von Jährlichkeiten behaftet ist. Für diese Arbeit wurden die aktuellen und regional differenzierten Angaben des DWD herangezogen.

Darüber hinaus sollte in Hinblick auf eine längerfristige Planung von Hochwasserschutzmaßnahmen auch ein Blick auf zu erwartende Niederschlagstrends geworfen werden. Hierzu vermittelt der Atlas der Niederschlags- und Temperaturentrends in Deutschland 1891 – 1990 von RAPP & SCHÖNWIESE (1995) einen guten Eindruck. Für den 100-jährigen Beobachtungsraum zeigt sich eine signifikante (95%-Niveau) Zunahme der Jahresniederschlagssumme von 150 mm. Für die letzte Normalperiode ist eine Zunahme von 50 mm verzeichnet, dieser Trend ist jedoch nicht signifikant. Ähnliches gilt für die Zunahme der Niederschläge im Winterhalbjahr: Für die Zeit von 1891 bis 1990 ist hier eine signifikante (95%-Niveau) Zunahme von 120 mm angegeben, der Trend der 30-Jahres-Periode mit einem Zuwachs

von 60 mm ist wiederum nicht signifikant. Betrachtet man die einzelnen Monate, sind die Trends meist wenig bis überhaupt nicht signifikant, teilweise ist der Trend je nach Betrachtungszeitraum sogar entgegengesetzt (z.B. für den November +30 mm bzw. –20 mm, jeweils auf dem 68,3%-Signifikanzniveau). Eine Aussage in Bezug auf eine Hochwassergefährdung läßt sich anhand der Datengrundlage nur schwer treffen, besonders da keine Angaben über Extremereignisse gemacht werden. Auch regionale Pegelauswertungen und daraus abgeleitete Hochwasser- bzw. Klimatrends, wie von CASPARY & BÁRDOSSY (1995), werden heftig konträr diskutiert (z.B. VIESER 1996). Dennoch sollte man die sich andeutende Zunahme der Niederschläge im Auge behalten und regelmäßig überprüfen, ob der Ausbauzustand der Hochwasserschutzmaßnahmen und die zugrundegelegten Jährlichkeiten der Niederschläge noch einander entsprechen. Günstig wäre, wenn man bei heutigen Planungen bereits mögliche Anpassungen an ein höheres Niederschlagsaufkommen vorbereitet.

Neben der absoluten Menge des Niederschlags ist mindestens genau so wichtig zu wissen, wie dieser sich über das Jahr verteilt. Dies betrifft zum einen die Landwirtschaft, da deren Wasserbedarf an die Vegetationsperiode gekoppelt ist, zum anderen prägt die Niederschlagsverteilung erheblich die Hochwasserentstehung mit. Sommerliche Niederschläge treten überwiegend als Gewitterregen mit kurzer Dauer und hoher Intensität auf. Dies bedeutet in Verbindung mit Bodenverschlammung etc. ein großes Hochwasserrisiko für die an den kleinen Gewässern liegenden Siedlungen. Entgegengesetzt wirkt sich jedoch der hohe Vegetationsbestand und dessen Wasserbedarf aus. Im Untersuchungsgebiet erkennt man im Jahresverlauf zwei Niederschlagsmaxima: eines im Sommer von Mai bis August und eines im November und Dezember (siehe Abb. 11). Insgesamt sind die Unterschiede der Monatsmittel jedoch gering. Ein differenzierteres Bild erhält man anhand der Tagessummen des Niederschlags im Meßzeitraum. Darauf wird im Zusammenhang mit der Darstellung der Meßdaten (Kap. 7.2.1) eingegangen. In Abb. 26 sind dazu exemplarisch die Niederschlagsdaten der Station „Kläranlage Eppingen“ und die Abflußwerte der Station „Talschenke“ dargestellt. Vorgehend seien an dieser Stelle zwei Dinge er-

	Station Eppingen-Stadt		Station Eppingen-Elsenz	
Mittlerer Jahresniederschlag¹⁾	778 mm		801 mm	
Mittlerer Sommerniederschlag	414 mm		430 mm	
Mittlerer Winterniederschlag	364 mm		371 mm	
	24-stündig	48-stündig	24-stündig	48-stündig
100-jährlicher Niederschlag nach KOSTRA	74,3 mm	101,1 mm	77,1 mm	109,3 mm

	6-stündig	12-stündig	24-stündig	48-stündig
	Bereich um Eppingen			
100-jährlicher Niederschlag nach Gutachten DWD²⁾	58,8 mm	62,9 mm	77,0 mm	105,7 mm
1000-jährlicher Niederschlag³⁾	94,1 mm	100,6 mm	123,2 mm	169,1 mm
	Gesamtes Elsenz-Einzugsgebiet			
100-jährlicher Niederschlag nach DWD & LFU (1976)	80,2 mm	90,1 mm	100,5 mm	119,7 mm
Maximal möglicher Niederschlag (PMP) nach DVWK (1985)	92 mm	138 mm	197 mm	-
	Elsenz-Einzugsgebiet, mit Korrekturfaktor auf ein 75 km² großes Teileinzugsgebiet angepaßt			
Maximal möglicher Niederschlag (PMP) nach DVWK (1985)	105 mm	155 mm	-	-

¹⁾ Die Mittlere Niederschläge wurden für die letzte Normalperiode basierend auf den Daten der „Deutschen Meteorologischen Jahrbücher“ des DWD errechnet. Während die Niederschläge in Elsenz tendenziell konstant blieben, ist in Eppingen ein geringer Anstieg der Jahressummen zu erkennen, seit 1981 liegen die Werte sogar meist höher als in Elsenz. Dieser kleine, evtl. auf den Siedlungseinfluß zurückzuführende Trend ist im Vergleich zu den normalen Schwankungen von bis zu 300 mm jedoch fast vernachlässigbar.

²⁾ Unveröffentlichtes Gutachten des DWD, erstellt im Auftrag der Landesanstalt für Umwelt Baden-Württemberg.

³⁾ Dieser wurde nach üblicher Praxis mit dem Faktor 1,6 aus dem 100-jährlichen Niederschlag abgeschätzt.

Tab. 7: Auswahl von für die Obere Elsenz relevanten Niederschlagsangaben

wähnt: die Meßdaten lassen gleichfalls ein sommerliches Maximum erkennen, ebenso unterstreichen sie, daß im Sommer eher kürzere Niederschläge mit vergleichsweise höheren Intensitäten und im Winter die größeren Niederschlagsdauern auftreten.

In Bezug auf die Landwirtschaft ist die durch die Lage im Regenschatten des Pfälzer Waldes geprägte Niederschlagsmenge nur mäßig ausreichend. Stellenweise wird deshalb, besonders im Gemüseanbau, bewässert. Die Temperaturen im Kraichgau sind hingegen sehr günstig. Mit einer Jahresmitteltemperatur von 9°C (Januarmittel 0°C und Julimittel 18°C) gehört die Region zu den wärmsten Gebieten Baden-Württembergs und somit zu den landwirtschaftlichen Gunststandorten (LANDRATSAMT HEILBRONN 1996, S. 8).

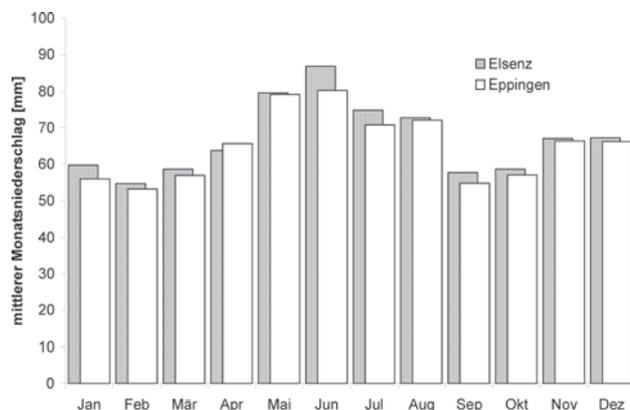


Abb. 11: Verteilung der Niederschläge im Jahresverlauf (Mittel der Jahre 1961 bis 1993 nach dem Deutschen Meteorologischen Jahrbuch des DWD)

6 Ausweisung und Planung von Retentionsarealen

Entsprechend der in Kap. 4.3 (vgl. auch Abb. 7) erläuterten Vorgehensweise soll jetzt zuerst auf die Arbeiten und Ergebnisse der Standortvorauswahl eingegangen werden und dann in einem weiteren Schritt die Detailuntersuchungen beschrieben werden.

6.1 Analyse des Untersuchungsgebietes für die Standortvorauswahl

6.1.1 Auswertung aktueller und historischer Karten

Um sich einen ersten Überblick über das Untersuchungsgebiet zu verschaffen, lagen für das Arbeitsgebiet die Topographische Karte 1:25 000 (TK 25), die Deutsche Grundkarte 1:5 000 (DGK 5), die Geologische Karte 1:25 000 (GK 25) und die Bodenkarte 1:25 000 (BK 25) vor.

Bereits anhand der TK 25 ließen sich über das Relief mögliche Problemgebiete ausgliedern. Anhand von Runsen und Schwemmfächern konnten erste Hinweise auf die geomorphologische Aktivität bestimmter Bereiche erhalten werden. Solche Gebiete wurden dann anhand der DGK 5 eingehender analysiert. Während sich bei der Landnutzung und dem Verlauf der Straßen und Wege die TK 25 als ausreichend genau erwies, zeigte sich in Bezug auf das Gewässernetz, daß dieses für die Aufgabenstellung stellenweise zu stark generalisiert war. So mündeten, nach Aussage der TK 25, Himmelreich- und Hellbach (südwestlich von Eppingen) über den Mühlgraben gemeinsam innerhalb der Ortslage Eppingen in die Elsenz, während nach der DGK 5 realitätsgetreu der Himmelreichbach ca. 1 km oberhalb der Ortslage in die Elsenz fließt. Da der Himmelreichbach ein knapp 7 km² großes Einzugsgebiet entwässert, ist es für die Planungen keineswegs nebensächlich, ob dieses Einzugsgebiet bei den oberhalb von Eppingen geplanten Rückhaltemaßnahmen berücksichtigt werden muß oder nicht.

Anhand der Grundkarte konnte außerdem eine erste Abschätzung der Stauvolumina erfolgen. Hierzu wurden mögliche Überstaubereiche anhand der eingetragenen Höhenlinien auf Transparentpapier übertragen und bei Bedarf zusätzliche Höhenlinien zeichnerisch interpoliert. Die

planimetrierten Flächen ergaben multipliziert mit der geschätzten mittleren Stauhöhe eine Abschätzung der Rückhaltevolumina. Wie die späteren genaueren Volumenberechnungen zeigten, lagen die Fehler im Bereich < 20%. Allerdings waren Volumenangaben nur in Abhängigkeit von den jeweilig vorliegenden Höhenlinien und für ein oder zwei verschiedene Stauhöhen möglich. Immerhin zeigt die Überschlagsrechnung aber bei niedrigem Arbeitsaufwand, ob ein Standort ein ausreichendes Rückhaltevolumen bieten kann. Für eine erste Abschätzung des benötigten Rückhaltevolumens wurde aus dem 100-jährlichen, 2-stündigen Niederschlag und einem angenommenen mittleren Abflußbeiwert von 0,2 (in Anlehnung an IHW 1992, S. 10, vgl. auch BAADE 1994, S. 122) die Einzugsgebietsspende abgeschätzt. Davon wurde noch das beim Gebietsauslaß problemlos abfließende Wasser subtrahiert. Da auch für andere Niederschlagsdauerstufen vergleichbare Werte erhalten wurden, schien es akzeptabel, den so erhaltenen Gesamtrückhaltebedarf von 700 000 m³ als einstweilige Richtgröße zu verwenden. Umgerechnet auf die Fläche ergab sich somit ein Bedarf von etwas weniger als 10 000 m³/km².

Bei der Suche nach geeignet erscheinenden Standorten wurden auch Flurnamen in Bezug auf verwertbare Indizien überprüft. Da Flurnamen in ihrer Entstehung einige hundert Jahre zurückreichen können, bieten sie eine interessante Quelle für historische Informationen. Häufig weisen Namen mit „see“, „teich“ und „bach“ auf frühere Gewässer hin. Ein markantes Beispiel findet sich südwestlich von Eppingen. Hier ist ein Graben mit „Borzelbacherseeegraben“ bezeichnet. Heute gibt es aber in dem betreffenden Gebiet weder einen „Borzelbach“ noch einen See. Bei der Überprüfung im Gelände zeigte sich, daß im unteren Bereich dieses Grabens noch ein alter Damm vorhanden und von dem jetzigen Graben durchstoßen ist. Auf der Fläche des über historische Karten nachweisbaren, ehemaligen Sees liegt inzwischen eine Pumpstation und damit steht dieser Standort leider nicht für eine Rückhaltemaßnahme zur Verfügung. Der dort ursprünglich verlaufende Bach ist inzwischen durch den Graben ersetzt. Allerdings ist nicht überall eine so eindeutige Interpretation von Flurnamen möglich. Es ist oft nicht klar, ob Wortstäm-

me wie „see“ oder „teich“ wirklich ein stehendes Gewässer bezeichnen, oder lediglich „eine meist wasserlose Vertiefung“ (KEINATH 1926, S. 17). Auch läßt sich häufig nicht entscheiden, ob diese Feuchtstandorte natürlich bedingt oder künstlich angelegt sind. Eine weitere Unsicherheit liegt in der Lagebestimmung: Einerseits bezeichnen die heutigen Flurnamen direkt die Position eines Feuchtstandorts, andererseits tragen vielmals stellvertretend die an solche Flächen angrenzenden Flurstücke den entsprechenden Namen. Dort, wo gleiche oder ähnliche Namen in direkter Umgebung mehrfach auftreten, war eine genaue Lagezuordnung fast unmöglich. Besondere Probleme bereitete die Bezeichnung „wanne“. Wenn auch die Bedeutung dem ersten Anschein nach auf eine Vertiefung hinweist, kann nach SCHNEIDER (1985) gleichfalls eine Anhöhe ge-

meint sein. Die genauere Untersuchung der mit „wanne“ bezeichneten Standorte im Projektgebiet ergab, daß dieser Flurname ausschließlich für Erhebungen verwendet wurde.

In der Tabelle 8 sind die im Untersuchungsgebiet relevanten Begriffe (SCHÜLER 1998) aufgelistet und in Anlehnung an KEINATH (1926) zu Gruppen zusammengefaßt. Die Einteilung bietet nur einen groben Anhalt, da viele der Begriffe eine mehrfache Bedeutung besitzen. So kann mit „see“ sowohl das Gewässer in seiner heute üblichen Bedeutung, als auch eine länger mit Wasser gefüllte Senke (ebenda, S. 8), also eine Reliefsituation, gemeint sein.

Von insgesamt 669 Flurnamen im Arbeitsgebiet gab es 88 Hinweise auf Wasser (SCHÜLER 1998, S. 70). Reduziert man diese um diejenigen, die in ihrer Bedeutung nicht eindeutig sind

Reliefsituation und Bodenbeschaffenheit	<ul style="list-style-type: none"> • „au“: am Wasser gelegenes Land; weite, stets wasserreiche Wiesenfläche • „bruch“: feuchte Wiese, Moor- und Sumpfland • „naß“ und „sauer“: nasse bzw. feuchte Stelle, wasserhaltiger Boden • „pfütze“: alter Ausdruck für Zisterne oder kleinere Wasseransammlung • „teich“: Vertiefung, oft auch wasserlos
Vegetation	<ul style="list-style-type: none"> • „bins(e)“: wie „rohr“ weist auf für mit Sumpfpflanzen bestandene Gebiete hin • „erle“: verweist auf den gleichnamigen Baum als Anzeiger für feuchte und nasse Standorte mit nährstoffreichem Grundwasser • „moos“: Sumpfwiese, Wald- oder Hochmoor und deren Bewuchs • „rohr“: steht für mit Schilf bestandene, sumpfige Gebiete • „schlatt“: schmales, dünnes Sumpfgas, Schilf • „weide“: kann ein Hinweis auf feuchteliebende Weidengewächse (z.B. Silber-, Bruch- und Korbweide) sein, dieser Namensbestandteil taucht jedoch auch im Zusammenhang mit „als Viehweide genutzten Wiesen“ auf
Gewässer	<ul style="list-style-type: none"> • „bach“: kleineres, fließendes Gewässer • „brunnen“: bezeichnet Quellenstandorte • „furt“: Wasserlauf durch Wiesenland, seichte Stelle im Gewässer • „lache“: kleinere Wasseransammlung • „see“: stehendes Wasser oder Sumpfgebiet • „seige“: Wasseransammlung, evtl. aus Sickerwasser • „wasser“: alle Formen des stehenden oder fließenden Wassers • „weiher“: künstlicher, kleiner See, der zum Fischen abgelassen werden kann
Bauwerke	<ul style="list-style-type: none"> • „damm“: kommt als „Seedamm“ vor und weist auf die künstliche Anlage des Sees hin. Jedoch tritt der Namensbestandteil auch ohne jeden Bezug zu Gewässern auf (z.B. „Dammhof“), er läßt sich somit nur bedingt verwenden • „gestade“: Uferland, Erddamm, Fluß- oder Seeufer

Tab. 8: Ortsnamen des Untersuchungsgebiets, die auf Vernässungsgebiete hinweisen

oder den aktuellen Gewässerlauf beschreiben, verbleiben immerhin noch 40 (siehe Abb. A-1). Einige der vorkommenden Gemarkungsnamen kombinierten sogar zwei solcher Bestandteile, Beispiele hierfür sind „Brunnenbruch“, „Binsbach“ und „Rohrbacher Bruch“.

Am häufigsten traten die Bezeichnungen „see“, „teich“, „bruch“ und „bach“ auf. Dabei sind mit „bach“ benannte Standorte nur selten Anzeiger für Vernässungen, sie geben vielmehr Einblick in die Gewässerentwicklung. Allerdings scheiden viele der über die Flurnamen gefundenen Standorte für eine Nutzung im Rahmen des Hochwasserschutzes aus, denn:

- viele der Standorte sind künstlich entwässert und in Siedlungsgebiete eingegliedert (z.B. „Nägelensee“ bei Rohrbach, zur Lage der Lokalitäten siehe Abb. A-1),
- sie sind erheblich überformt, d.h., der Flurname kann heute keiner Lokalität mehr zugeordnet werden (z.B. „Rucksteich“ bei Rohrbach),
- sie werden bereits durch Wassergewinnungsanlagen anderweitig genutzt („Borzelbacher See“, etwa auf der halben Strecke zwischen Eppingen und Sulzfeld),
- das entsprechende Einzugsgebiet ist zu klein, um eine Rückhaltemaßnahme zu rechtfertigen (z.B. „Birkensee“ im Süden des Arbeitsgebietes).

Insgesamt verblieben 12 aufgrund von Flurnamen gefundene Standorte, bei denen eine Verwendung für Retentionsmaßnahmen möglich erschien.

Im Rahmen der Diplomarbeit von SCHÜLER (1998) wurde der historische Ansatz über die oben beschriebene Analyse von Flurnamen hinaus weiterverfolgt. Dabei wurden im Gemeindearchiv in Richen und im Generallandesarchiv in Karlsruhe verschiedenste Informationsquellen untersucht. Im Umgang mit den schriftlichen Quellen gab es einige Probleme, die die Arbeit erheblich erschwerten: Bei den Einzelhinweisen fehlt meist die Ortsangabe oder diese ist heute nicht mehr nachvollziehbar. Zudem sind interessante Angaben überwiegend nur als Nebeninformationen in Texten – meist Schriftverkehr – mit anderem Inhaltsschwerpunkt enthalten. Beispielsweise sind Angaben über Bach- bzw. Grabenverläufe im Zusammenhang mit Grenzstreitigkeiten, Anordnungen zu Grabenreinigungen,

Berichten über Bachschauungen etc. aufgeführt. Da die Schriftstücke nicht geordnet vorliegen (oft auch ohne Signatur und Titel) und eine Durchsicht des gesamten Materials aufgrund der Fülle ausscheidet, sind eventuell interessante Texte kaum auffindbar. Im hiesigen Fall konnte ein pensionierter Eppinger Stadtbaumeister und Archivar (Herr Dipl. Ing. E. Kiehnle) durch seine gute Kenntnis der historischen Grundlagen noch Angaben über eine Anzahl von ehemaligen Gewässerstandorten machen, so daß insgesamt 9 Standorte von Seen bzw. Weihern rekonstruiert werden konnten. Prinzipiell erscheint diese Vorgehensweise jedoch zu aufwendig und ineffektiv. Ähnlich enttäuschend verlief die Auswertung des historischen Kartenmaterials. In diesem Zusammenhang wurden folgende Kartengrundlagen bearbeitet:

- AUTOR UNBEKANNT (1695): Feldlager bei Eppingen, Generallandesarchiv Karlsruhe, Signatur Hfk H.d., Nr. 68 (rot), Maßstab ca. 1:30 000
- AUTOR UNBEKANNT (um 1700): Elsenzgebiet um Eppingen, Generallandesarchiv Karlsruhe, Signatur Hfk Bd. XI, Nr. 25, Maßstab ca. 1:20 000
- C. BLÖDNER (1702 – 1713): *Theatrum Belli Rhenani*, Reproduktion des Landesvermessungsamts Baden-Württemberg von 1991, Maßstab ca. 1:130 000
- JOHANN HEINRICH VON SCHMITT (1797): Topographische Aufnahme des K. und K. Generalquartiermeisterstabes, Reproduktion des Landesvermessungsamts Baden-Württemberg von 1990, Maßstab ca. 1:57 600
- GROSSHERZOGLICHES BADISCHES TOPOGRAPHISCHES BUREAU (1838 – 49): Topographischer Atlas über das Großherzogtum Baden, Maßstab 1:50 000
- GROSSHERZOGLICHES BADISCHES TOPOGRAPHISCHES BUREAU (um 1875): Badische Gemarkungskarten, Generallandesarchiv Karlsruhe, Signatur H/Ortsname, Maßstab 1:10 000
- GROSSHERZOGLICHES BADISCHES TOPOGRAPHISCHES BUREAU (1895): Topographische Karte, Maßstab 1:25 000
- weitere Ausgaben der Topographischen Karte 1:25 000 aus den Jahren 1902, 1927, 1936, 1957 und 1974.

Bei den älteren Karten, die überwiegend zu militärischen Zwecken erstellt wurden, ist die Darstellung der Gewässer sehr ungenau. D.h. die Oberläufe der Gewässer sind nicht oder nur schematisch eingezeichnet und Seen nur, sofern sie sich in der Nähe der Siedlungen oder Militärlager befinden. Ebenso lieferte der Topographische Atlas über das Großherzogtum Baden keine verwertbare Angaben, was sicher durch die im Maßstab von 1:50 000 relativ starke Generalisierung begründet ist, denn ansonsten ist in diesen Karten bereits eine hohe Lagetreue erreicht. Im übrigen erwiesen sich die Kartenwerke des letzten Jahrhunderts aber als geeignet. Aufgrund der guten Vergleichbarkeit zu aktuellen Karten wurde in erster Linie mit den Topographischen Karten 1:25 000 gearbeitet. In Abb. A-1 sind die aus den TK 25 von 1895 (grün) und 1996 (rot) digitalisierten Gewässernetze einander gegenübergestellt. Wie man an der Dominanz der jeweiligen Farben in unterschiedlichen Bereichen sehen kann, gibt es zwei Tendenzen:

- Zusammenfassung des verzweigten Gewässernetzes in den Auen zu einem einzigen Strang
- Erweiterung des Gewässernetzes in Richtung Wasserscheide durch Entwässerungsgräben.

Beide Maßnahmen beschleunigen den Abfluß und die Erweiterung des Gewässernetzes führt außerdem zu einer Erhöhung der Abflußmenge, da die Gräben entsprechend ihrer Zielsetzung eine intensivere Entwässerung ihres Teileinzugsgebiets bewirken. In diesen Bereichen ist deshalb mit einem erhöhten Rückhaltebedarf zu rechnen. Wenn diese Entwicklung zwar tendenziell im gesamten Untersuchungsgebiet stattfand, kristallisieren sich dennoch Bereiche heraus, in denen die Erweiterung überdurchschnittlich ausgeprägt ist. Im Untersuchungsgebiet sind das:

- der Bruchgraben und nach dessen Mündung die westlichen Seitentälchen des Hilsbachs (Eichelt etc.),
- der Rohrbach und Grünbergbach oberhalb von Rohrbach.

Den Badischen Gemarkungskarten (Maßstab 1:10 000) waren keine zusätzlichen Informationen hinsichtlich der Ausweisung potentieller Rückhaltestandorte zu entnehmen (SCHÜLER 1998). Insgesamt ließen sich aus den historischen Karten nur 3 Standorte eindeutig lokali-

sieren, diese waren aber durch die anderen Quellen bereits bekannt.

Wenn das Ergebnis in diesem Zusammenhang auch enttäuschend war, erwiesen sich jedoch die historischen Kartengrundlagen für die Planung der „Maßnahmen zur Verstärkung der Gerinnere-tention“ (Kap. 10.3.1) als sehr hilfreich.

Resümierend bleibt zu sagen, daß die Flurnamenauswertung der DGK 5 den besten Ansatzpunkt liefert. Wenn man die gefundenen historischen Gewässer bzw. Naßstandorte unter dem Aspekt der Verwertbarkeit als potentielle Retentionsräume betrachtet, wird diese Schlußfolgerung noch verstärkt. Von insgesamt 13 Standorten, an denen eine Rückhaltemaßnahme denkbar wäre, wurde nur einer (Flurstück „Bei der Gießhübelmühle“, westlich von Eppingen an der Elsenz) nicht anhand der Flurnamenauswertung gefunden (SCHÜLER 1998).

6.1.2 Luftbildauswertung

Als Grundlage für die Luftbildauswertung dienten Bildserien von zwei Aufnahmetermen mit unterschiedlicher Flughöhe, die dem Geographischen Institut der Universität Heidelberg freundlicherweise vom Amt für Flurneuordnung und Landentwicklung Heilbronn in Form von Orthophotoabzügen zur Verfügung gestellt wurden. Die Aufnahmen vom 22.07.1994 aus einer Höhe von 11300 m zeigen das gesamte Arbeitsgebiet im Maßstab 1:25 000. Der Bildflug vom 05.05.1989 deckt zwar leider nur das Gebiet der Verfahrensfurbbereinigung B 293 (ca. $\frac{1}{3}$ der Fläche des Arbeitsgebietes rund um die Stadt Eppingen) ab, jedoch bieten hier die Abzüge im Maßstab von 1:5 000 bzw. 1:2 500 aufgrund der geringeren Flughöhe eine wesentlich bessere Detailauflösung.

In den vorliegenden Orthophotos sind neben einzelnen Erosionsformen vor allem Bereiche mit Vegetationsschädigungen gut zu erkennen. Schädigungen treten in den Erosionsbereichen auf, in denen die Vegetation abgeschwemmt wird, aber auch in den meist staunassen Akkumulationsbereichen, in denen die Oberfläche durch abgelagertes Material verschlammte ist. Die so erkennbaren Erosions- und Akkumulationsbereiche lassen sich anhand der Reliefposition relativ gut voneinander abgrenzen. Dies wurde dadurch erleichtert, daß die Orthophotos des Maßstabs

1:5000 bereits mit Höhenlinien versehen waren. Mit Hilfe der so gewonnenen Informationen waren vereinzelt Aussagen über den Bedarf an Rückhaltemaßnahmen und die Eignung eines Standortes für eine solche möglich. Die folgenden Punkte geben die wichtigsten der so gewonnenen Aussagevarianten wieder:

- Die Prozeßdynamik weist auf ein überproportional abflußwirksames Einzugsgebiet hin, hier besteht also auch bei kleineren Einzugsgebietsgrößen ein erhöhter Rückhaltebedarf.
- Es handelt sich um einen landwirtschaftlichen Negativstandort; damit erscheint eine Nutzungsänderung leichter durchsetzbar.
- Durch die Reliefsituation ist bereits ein natürlicher Rückhalt gegeben, der durch bauliche Maßnahmen verstärkt werden könnte.

Trotz des teilweise sehr guten Einblicks in die hydrologischen Prozesse war die Interpretation der Luftbilder mit verschiedenen Einschränkungen verbunden. Zum einen zeigen sie wahrscheinlich nur noch wenige Schäden des letzten, größeren Niederschlagsereignisses vor der Aufnahme. Wie schnell im Untersuchungsgebiet die meisten Vernässungsspuren beseitigt werden, wurde bei dem extremen Ereignis vom Februar 1997 deutlich: hier waren nach ungefähr 3 bis 4 Wochen fast keine Spuren mehr sichtbar. Daher konnte bei der Bearbeitung der vorliegenden, nicht direkt nach einem Ereignis aufgenommenen Luftbilder nur ein Teil der gesuchten Standorte erkannt werden.

Die Umgebung der „Raußmühle“ kann als Beispiel für einen Standort dienen, bei dem die Auswertung der Luftbilder den ersten Anstoß zu einer weiteren Untersuchung gab. In der Abb. 12 sieht man dieses ca. 0,5 km oberhalb der Ortslage Eppingen liegende Gebiet. Auf dem Bild lassen sich sowohl nördlich wie südlich der Elsenz Vernässungsspuren erkennen, die sich durch das hellere Grau gut abzeichnen. Auch die Beobachtungen der Hochwasser während des Untersuchungszeitraumes haben bestätigt, daß es sich bei diesen Flächen um häufiger überstaute Bereiche handelt. Im Zuge des Ereignisses vom 25. und 26.02.1997 konnte die Überschwemmung des südlichen Uferbereichs beobachtet werden. Interessant ist dabei, daß sich die Überstauungen – entsprechend der Verteilung der Vernässungstellen auf dem Luftbild – auf den Bereich unter-

halb (westlich) des die Elsenz kreuzenden Weges beschränkten. Das weist darauf hin, daß der Brückendurchlaß eine Engstelle bildet.

Obwohl sich prinzipiell anhand der Luftbilder die Angaben über Nutzung, Bebauung etc. überprüfen und gegebenenfalls korrigieren lassen, erschien dieser Aufwand in diesem Fall nicht gerechtfertigt, da in Eppingen eine neu überarbeitete Karte (TK 25 der Auflage 1996 mit umfassender Aktualisierung 1994) vorlag. Der stichprobenartige Vergleich erbrachte nur unwesentliche Abweichungen (z.B. im Bereich von Anbauten).

6.1.3 GIS-Analyse des Digitalen Geländemodells

Der erste Schritt der GIS-gestützten Auswertung ist die Auswahl und Einrichtung eines Systems. Da zur Bearbeitung der Aufgabenstellung vor allem ein digitales Geländemodell eingesetzt werden sollte, bot sich die Verwendung eines rasterbasierten GIS an. Dennoch sollte das System ebenso Vektordaten aus digitalisierten Karten etc. verarbeiten können. Unter Beachtung der weiteren, im Rahmen der Methodik bereits genannten (vgl. Kap. 4.1.3) Anforderungen wurde sich im Rahmen dieses Projektes für das System GRASS (im Rahmen dieser Arbeit wurde die Version 4.1, 1993 eingesetzt) des United States Army Construction Engineering Research Laboratory entschieden. Die angesprochene Konvertierung von Polylinien und Polygonen in Raster und umgekehrt ist bei diesem GIS entsprechend den Vorbedingungen möglich.

Eine weitere Anforderung war die Ergänzbarkeit der Rechenoperationen. Da bei einer komplexen Aufgabenstellung die Anforderungen an die benötigten Rechenoperationen vielfältig und keineswegs schon zu Beginn abschätzbar sind, weist ein in dieser Beziehung offenes System klare Vorteile auf. GRASS enthält mit dem Modul „r.mapcalc“ eine integrierte Programmiersprache, die auf die Auswertung räumlicher Daten abgestimmt ist (SHAPIRO & WESTERVELT 1992). Dies bedeutet vor allem, daß man in Rechenoperationen vereinfacht über relative Bezüge auf die jeweiligen Nachbarpixel zugreifen kann. Zudem wird die Datenverwaltung vom System übernommen. Durch die Rasterorientierung lassen sich auch anspruchsvolle Berechnungen noch

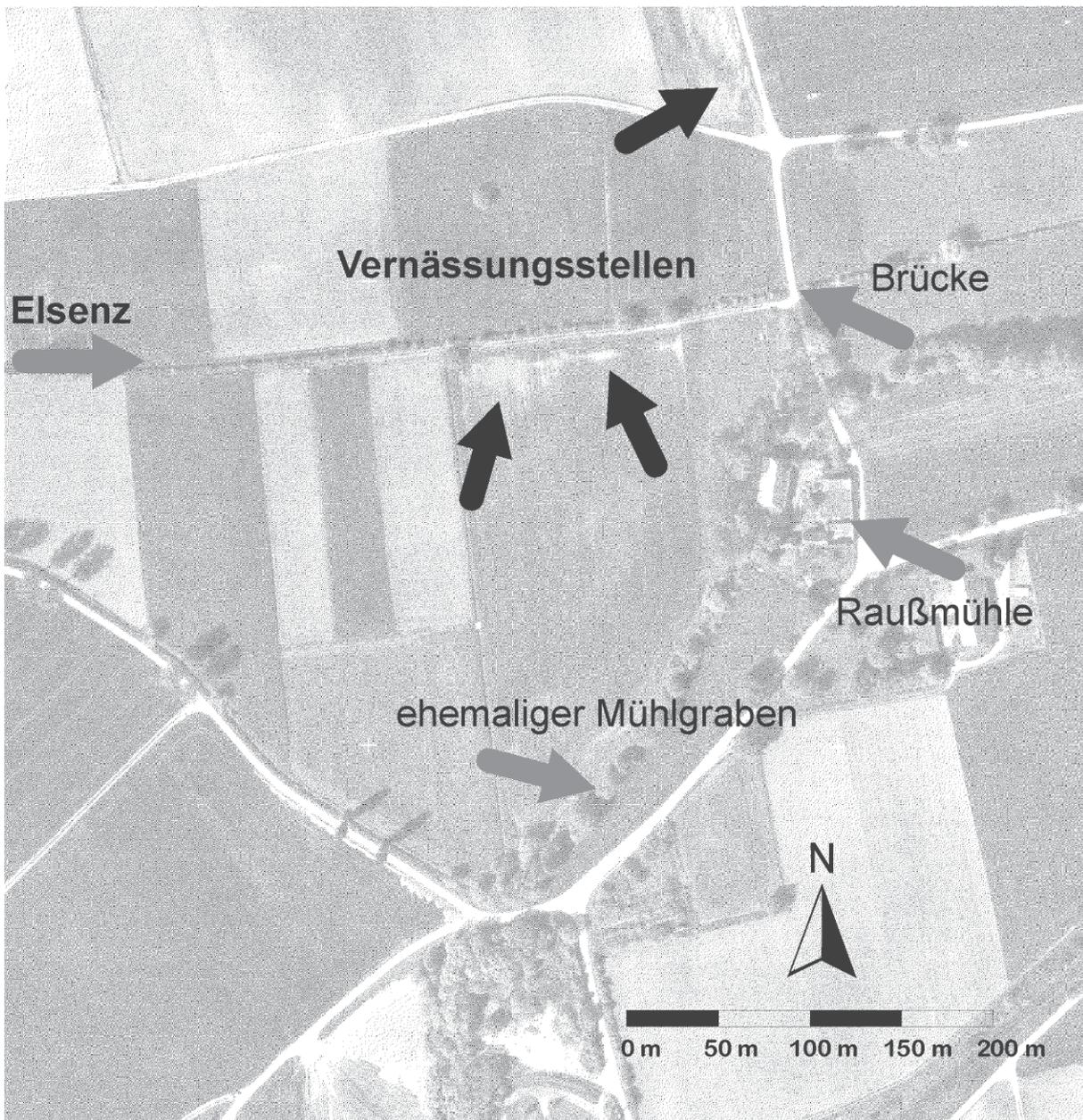


Abb. 12: Orthophoto des Gebiets an der „Raußmühle“ mit anhand von Vegetationsschäden erkennbaren Vernässungsstellen

mit vertretbarem Programmieraufwand bewerkstelligen. Da in GRASS vollständig auf UNIX-Befehle zurückgegriffen werden kann, ist in Verknüpfung mit UNIX-Shellscripts auch die Programmierung komplexer Rechenabläufe möglich.

Auch die Kompatibilität zu anderen Programmen ist bei GRASS gewährleistet. Es enthält eine ganze Anzahl von Import- und Exportfiltern, die den Transfer der erstellten Karten zu bzw. aus den anderen eingesetzten Programmen wie ARC/INFO, IDRISI, SURFER, Corel-Draw und EXCEL ermöglichen. Auch eine Ausgabe von Daten für statistische Auswertungen ist problemlos möglich. Zuletzt ist der Aspekt der guten Verfügbar-

keit als Public-Domain-Programm nicht zu unterschätzen. Sofern prinzipiell ermöglicht werden soll, andernorts das Auswahlverfahren zu adaptieren, darf dem nicht durch hohe Softwarekosten entgegengewirkt werden.

Als Grundlage sollte wie oben bereits erwähnt, ein digitales Geländemodell eingesetzt werden. Dazu standen das 50 m-Raster des Landesvermessungsamtes Baden-Württemberg und für das Gebiet der Flurneuordnung Eppingen B 293 Daten des Landesamtes für Landentwicklung Baden-Württemberg und Flurneuordnung zur Verfügung aus denen dann über ein Kriging (Kriging ist ein geostatistisches Interpolationsverfahren,

eine Darstellung des Verfahrens und weiterführende Literatur ist bei KECKLER, 1994, S. 5 - 32 zu finden) selbst ein 10 m-Raster erzeugt wurde. Da das Gitter mit der höheren Auflösung nicht flächendeckend vorlag, aber zumindest so weit wie möglich genutzt werden sollte, war eine Ergänzung durch das 50 m-Raster notwendig. Dazu wurde wie folgt vorgegangen:

- Korrektur der mittleren Höhendifferenz von 1,31 m zwischen den Geländemodellen.
- Verdichtung des 50 m-Rasters auf ein 10 m-Raster anhand einer Kriging-Interpolation.
- Verschneidung der beiden Raster mit Hilfe einer Übergangszone, um mögliche Bruchstufen zwischen den Geländemodellen abzumildern. Im Bereich der Übergangszone wurden die Höhenwerte aus beiden Datensätzen gemittelt. Die Mittelung erfolgte je nach Distanz zu den Kerngebieten der jeweiligen Geländemodelle mit unterschiedlichen Gewichtungsfaktoren, je näher ein Pixel an einem Kerngebiet liegt, desto stärker wird die Höhenangabe dieses Geländemodells einbezogen.

Das so ergänzte Geländemodell lieferte einen realistischen Eindruck und wies keine optisch erkennbaren Fehler auf. Auf die Qualität der verwendeten Geländemodelle wird in Kap. 9.3.3 im Zusammenhang mit der Beurteilung des GIS-Einsatzes noch ausführlicher eingegangen.

Welche Ergebnisse sind nun durch den Einsatz eines GIS zu erwarten? Einen sinnvollen Ausgangspunkt bietet die Bestimmung von Einzugsgebietsgrößen und verschiedenen Relief Faktoren, die dann als Arbeitskarten aufbereitet und ausgegeben wurden:

- Die Grenzen und Größe der (Teil-) Einzugsgebiete von den über Karten und Luftbildanalyse ausgewählten Standorten, hierbei wurde sowohl das Einzugsgebiet bestimmt, das insgesamt oberhalb eines potentiellen Rückhaltestandortes liegt („r.water.outlet“). Indem man die für benachbarte potentielle Maßnahmen berechneten Teilflächen voneinander subtrahiert, erhält man auch die zwischen zwei Knoten liegenden Teileinzugsgebiete. Diese Werte wurden im Auswahlprozeß kontinuierlich neu abgefragt. Um den Arbeitsaufwand niedrig zu halten, wurde ein Makro-Programm erstellt, daß die Einzugsgebietsgröße für die in einer Liste anhand ihrer Gauß-Krüger-

Koordinaten vorgegebenen Standorte errechnet.

- Eine Neigungskarte, sie zeigt Bereiche an, in denen große Abflußgeschwindigkeiten und entsprechend hohe Abflußspitzen zu erwarten sind.
- Verschiedene Wölbungskarten (hangabwärts, horizontal, tangential), bei ihrer Auswertung ergaben sich grundsätzliche Probleme, die im Rahmen dieser Arbeit nicht zu lösen waren: Die große Rasterweite und die Ungenauigkeiten im Geländemodell lassen die benötigten Hohlformen nicht erkennen, außerdem ist, ohne bestehende Retentionsareale auswerten zu können, nur schwer abzuschätzen, welche Wölbungsradien bei der jeweiligen Einzugsgebietsgröße geeignet sind.

Die bisher genannten GIS-Berechnungen bieten zwar bereits eine Hilfestellung bei der Abschätzung des Rückhaltebedarfs, indem sie die oben genannten Grundlagendaten liefern, es liegt aber auf der Hand, auch für die Interpretation soweit möglich das GIS einzusetzen. Dieser Schritt sei an einem Beispiel dargestellt: Anstatt die Grenzen eines Einzugsgebietes zu einem bestimmten Punkt darzustellen, werden für alle Rasterflächen des Geländemodells die hinter dem jeweiligen Pixel liegenden Einzugsgebietsgrößen berechnet. In GRASS erfolgt diese Bestimmung mit dem Befehl „r.watershed“. Der Befehl generiert (unter anderem) ein Gewässernetz anhand einer vorzugebenden Mindesteinzugsgebietsgröße. Überschreitet das hinter einem bestimmten Pixel liegende Einzugsgebiet die angegebene Größe, so wird die Rasterfläche dem „Gewässer“ zugerechnet. Aus einer entsprechenden, diese Werte darstellenden Karte ließ sich dann für beliebige Standorte der jeweilige Bedarf ablesen. Zwar wird hierbei nicht direkt die zu erwartende Abflußmenge angegeben, man kann aber über den in Kap. 6.1.1 genannten Faktor von ca. 10000 m³/km² den Rückhaltebedarf überschlagen.

Ausgehend von einer reinen Betrachtung der Einzugsgebietsgröße können die abgeschätzten Werte durch die Berücksichtigung der Landnutzung und der Siedlungsflächen noch etwas besser dem realen Wasseraufkommen angepaßt werden. Im Rahmen dieser Arbeit wurde die Nutzung noch aus der TK 25 digitalisiert, in Zukunft

werden hingegen diese Daten innerhalb von ATKIS bei den Landesvermessungsämtern zur Verfügung stehen. Für die Gewichtung der Landnutzungsformen wurden die maximalen Abflußbeiwerte nach LUTZ (1984) zugrundegelegt. Die unterschiedlich starke Berücksichtigung der Landnutzung läßt sich dadurch erreichen, daß man jedem Pixel einer Karte einen der Nutzung entsprechenden Faktor zuordnet. Diese weitere Informationsschicht wird durch den Parameter „flow“ des GRASS-Befehls „r.watershed“ berücksichtigt, als Ausgabe erhält man ein Flußnetz, dessen einzelne Pixel die durch die Nutzung gewichteten Einzugsgebietsgrößen angeben. Eine auf dieser Basis erzeugte Karte konnte aufgrund der etwas besseren Annäherung an das reale Abflaufkommen die vorher beschriebene ersetzen. Ein Beispiel für eine derartige Planungsunterlage ist dieser Arbeit in Abb. 14 für das Teileinzugsgebiet des Hellbach beigefügt. In diesem Fall resultiert aus den Waldgebieten im östlichen Hellbach-Einzugsgebiet ein geringerer Abfluß, dementsprechend bleibt hier die gewichtete Einzugsgebietsgröße hinter der absoluten zurück. Neben der Menge des abfließenden Wassers ist auch die Form der Abflußganglinie von Bedeutung. Sie wird entscheidend durch das Gefälle im Einzugsgebiet und die Entfernung zum Vorfluter mitbestimmt und läßt sich ersatzweise durch die Dichte des Gewässernetzes ausdrücken. Hierzu wurden die jeweils im Einzugsgebiet hinter einem Pixel liegenden Fließstrecken aufaddiert. Der Bedarf wurde entsprechend der Summe der Fließgewässerslängen bewertet, denn eine hohe Fließlänge in einem kleinen Einzugsgebiet deutet auf eine hohe Gewässernetzdichte hin.

Die im Zusammenhang mit der Auswertung historischer Karten genannte Veränderung des Flußnetzes konnte mit dem GIS relativ gut quantitativ ausgewertet werden. Dazu wurde für das Flußnetz von 1895 analog zur Vorgehensweise beim aktuellen Flußnetz vorgegangen und die beiden erhaltenen Karten voneinander subtrahiert. Weist das aktuelle Flußnetz höhere Dichtewerte auf, zeigt dies die künstliche Erweiterung des Gewässernetzes an und gibt zusätzlich an, um wieviel das Flußnetz erweitert wurde. Die rechnerische Umsetzung bei der Bestimmung der Fließstrecken erfolgte wieder mit dem Befehl „r.watershed“. Als „flow“-Parameter wurden in die-

sem Fall die Fließlängen pro Pixel eingesetzt. Es sollte jedoch beachtet werden, daß Unterschiede in der Gewässerkartierung und der Kartographie (unterschiedliche Generalisierung) zu Fehlern führen können, ebenso natürlich Digitalisierfehler und die Verwendung von Pixel für die Fließlänge kleinere Ungenauigkeiten herbeiführen.

Das Gefälle bestimmt, wie bereits erwähnt, entscheidend die Abflußgeschwindigkeit und somit auch die Höhe des Scheitelabflusses mit. So erscheint es sinnvoll, auch für das Gefälle einen Bewertungsparameter einzusetzen. Die Vorgehensweise ist wiederum vergleichbar: Es wurde in diesem Fall als Gewichtungsfaktor („flow“-Parameter) gemäß dem Fließgesetz nach Manning-Strickler die Wurzel des Gefälles eingesetzt. Das Ergebnis der Berechnung ergibt wiederum ein Flußnetz, dessen Pixel die jeweiligen modifizierten Es sei an dieser Stelle darauf hingewiesen, daß die „Einzugsgebietsgröße“ in Verbindung mit dem GRASS-Befehl „r.watershed“ und dem Parameter „flow“ nicht unbedingt eine reale Fläche, sondern vielmehr ein Integral der an die Pixel gebundenen, beliebig wählbaren Einheiten über das Einzugsgebiet ist. In diesem Fall trägt sie die Einheit $[Fläche \cdot (Neigung)^{1/2}]$. Die Normierung erfolgte über die Division durch die Wurzel der mittleren Neigung des Einzugsgebiets, so daß als Einheit letztendlich wieder eine Fläche vorliegt. Nach dieser Normierung und der Differenzbildung zu den realen Einzugsgebietsgrößen erhält man diejenigen Teilbereiche, die ein über- oder unterdurchschnittliches Gefälle besitzen „Einzugsgebietsgrößen“ enthalten. Die bisher genannten Parameter sagen etwas über den Bedarf an Rückhaltmaßnahmen aus, stellen sozusagen einen Vorgriff auf die hydrologische Modellierung dar. Ebenso wichtig für die Auswahl von Retentionsarealen ist jedoch auch die Eignung möglicher Standorte.

Hierbei kann in einem ersten Schritt die zu bearbeitende Fläche stark reduziert werden, indem man sie auf die Bereiche reduziert, die überhaupt von den Gewässern her überstaubar sind. Dazu wurde zu jedem Gewässer (inkl. Gräben etc.) eine Hilfsebene erzeugt, die jeweils im Abstand der maximal vorgesehenen Stauhöhe (hier 1,8 m) über dem Gewässer verläuft. Sie hat folglich dieselbe Neigung wie das Gewässer. Die Schnittkurven dieser Flächen mit der Geländeoberfläche grenzen den maximal überstaubaren Bereich ab;

nur dieser kommt für die Anlage von Retentionsarealen überhaupt in Frage. Da die in den letzten Abschnitten beschriebenen, den Bedarf bewertenden Parameter nur in einem genau ein Pixel breiten „Gewässernetz“ vorlagen, wurden sie zur anschaulicheren Darstellung jeweils auf die hier errechnete maximale Überflutungsfläche verbreitert. Um die Werte gleichmäßig nach außen zu übertragen, wurde der Befehl „r.neighbors“ eingesetzt. Eine normale Buffer-Bildung (bei GRASS mit r.buffer oder „r.grow“) schied aus, da bei einer derartigen Verbreiterung nicht die Höhenwerte mit nach außen übertragen werden.

Da die Gefährdung von Sachgütern und wichtigen Infrastruktureinrichtungen ausgeschlossen werden muß, müssen diese Gebiete ausgegliedert werden. In der Bearbeitung wurden die geschlossenen Siedlungsbereiche, Einzelgebäude und die wichtigen Verkehrswege zusammengefaßt. Die Trinkwassergewinnungsanlagen wurden zusammen mit den Gebäuden digitalisiert und brauchten so nicht gesondert behandelt zu werden. Neben den direkt von diesen Nutzungen beanspruchten Flächen fallen ebenso die Bereiche für eine Anlage von Rückhaltmaßnahmen aus, bei denen ein Rückstau die genannten Gebäude und Infrastruktureinrichtungen betreffen würde. Um die „rückstauenden Bereiche“ zu ermitteln, empfiehlt sich folgende Vorgehensweise: In einer Berechnungsschleife werden die gefährdeten Bereiche schrittweise um die rückstauenden Bereiche erweitert. Begonnen wird mit der Schnittfläche aus maximalem Überschwemmungsbereich (siehe oben) und den gefährdeten Bereichen. Zu diesen zählen hier die bebauten Flächen, wichtige Verkehrswege und Einrichtungen zur Trinkwassergewinnung. Ausgehend von den diese Flächen repräsentierenden Pixeln werden nach und nach diejenigen Nachbarpixel dem „von Staumaßnahmen freizuhaltenden Bereich“ hinzugefügt, die:

- unterhalb oder auf gleicher Höhe mit den Flächen liegen, die nicht überschwemmt werden dürfen und
- nicht tiefer als die maximale Stauhöhe unter dem tiefsten Punkt des zu schützenden Bereichs liegen (vgl. Abb. 13).

Ein Beispiel für eine solche Berechnung ist in Abb. A-3 zu sehen. Die Rückstaubereiche sind in dieser Karte rot ausgefüllt. In der Nähe des Otti-

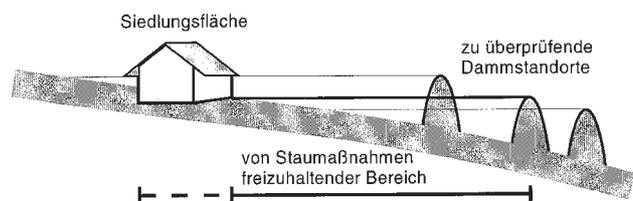


Abb. 13: Schema zur Berechnung des „von Staumaßnahmen freizuhaltenden Bereiches“ über den relativen Höhenunterschied zur Siedlungsfläche

enberges (Gauß-Krüger-Koordinaten: 3495000/5442000) zeigt sich ein Problem, daß bei der Berechnung auftreten kann: Hier wurde durch den Berechnungsalgorithmus entlang eines Weges ein Dammverlauf über die unrealistische Strecke von ca. einem Kilometer angenommen und der entsprechende Rückstaubereich ausgewiesen. Ansonsten sind bei der Interpretation dieser Karte noch zwei Punkte zu beachten:

- Die Berechnung basiert nicht auf dem digitalisierten und zur besseren Orientierung in der Karte eingetragenen Gewässernetz, sondern anhand der generierten Einzugsgebietsgröße. Ebenso kann es Abweichungen bezüglich des Kartenreliefs und dem der Berechnung zugrunde liegenden Digitalen Geländemodell geben.
- Es werden nur Wege berücksichtigt, die das (generierte) „Gewässer“ kreuzen.

Diese Berechnung bezieht, wie auch einige andere, die die Fließrichtung in den Berechnungsalgorithmus ein. Um Fehler zu vermeiden war sicherzustellen, daß der Wasserspiegel im Geländemodell entsprechend der Realität in die richtige Richtung geneigt ist. Weil die Höhenangaben teilweise große Fehler aufwiesen, mußte das Gewässernetz vor den weiteren Arbeiten künstlich geglättet werden. Hierzu wurden rechnerisch je einmal entlang des Gewässerverlaufs sämtliche Kuppen „abgeschnitten“ bzw. alle Mulden „aufgefüllt“. Der Mittelwert dieser beiden Längsprofile hat dann ein von der Quelle zu Mündung gleichsinniges Gefälle, ohne unnötigerweise den Gewässerverlauf in stimmigen Bereichen zu modifizieren (vgl. Abb. 14).

Neben der bei der Ausgliederung der gefährdeten Bereiche genannten Verwendung der „wichtigen Straßen“ (DVWK 1983, S. 21) stellte das Wegenetz auch sonst einen wichtigen Datensatz dar, von dem zwei weitere Kriterien abgeleitet werden konnten: Die Erreichbarkeit potentieller

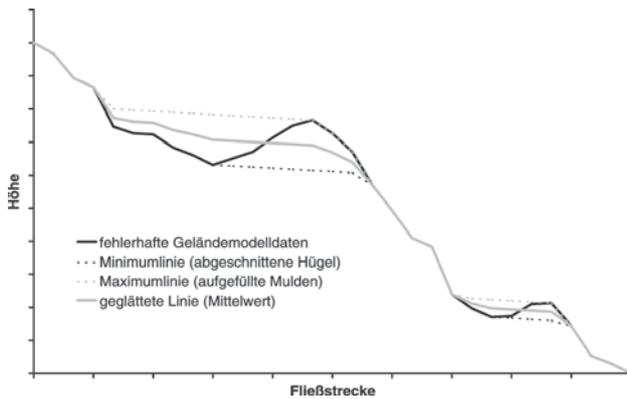


Abb. 14: Glättung der Gewässerlängsprofile – Schema

Standorte ist für die Bauphase und die Wartungsarbeiten relevant. Eine entsprechende Informationsschicht läßt sich erzeugen, indem man um das digitalisierte Wegenetz einen Buffer von beispielsweise 50 m legt (z.B.: „r.buffer input = strassen.digit output = strassen.buffer distances = 50“).

Schwieriger ist die Frage zu beantworten, welche Wege als mögliche Hindernisse für den Aufstau genutzt werden können. Verständlicherweise sind nur diejenigen von Interesse, die das Gewässer kreuzen. Für diese muß dann für eine vorgegebene Dammhöhe der jeweilige Rückstaubereich errechnet werden, der dann als potentielle Rückhaltemaßnahme in die weiteren Untersuchungen einbezogen werden konnte.

Die Erzeugung einer die Feuchtstandorte enthaltenden Informationsschicht erwies sich demgegenüber wieder als unkompliziert. Die digitalisierten Flurnamen mit relevanten Bedeutungen und die kartierten Feuchtstandorte konnten direkt übernommen werden. Um die direkte Umgebung miteinzubeziehen, wurden die Flächen noch (mit „r.grow“) um einen Buffer von 30 m vergrößert. In Bezug auf die Flurnamen ist allerdings eine aktuelle ökologische Relevanz nur bei einem Teil der Fälle gegeben. Mögliche Fehldeutungen aufgrund veränderter Bedingungen an diesen Standorten müssen innerhalb der Detailanalyse korrigiert werden.

6.1.4 Kartierung

Die aus der GIS-, Karten- und Luftbildauswertung erhaltenen Informationen dienten als Ausgangspunkt für die Aufnahme im Gelände. Durch diese Vorbereitung konnten die Bedarfsräume ge-

zielt angefahren und dort nach geeigneten Rückhalteräumen gesucht werden. Die für die potentiellen Retentionsareale ausgewählten Standorte zeichnen sich durch eines oder mehrere der nachstehenden Kriterien aus:

- Muldenlagen, die aufgrund ihrer topographischen Situation für einen Rückhaltestandort geeignet scheinen. Diesbezüglich ist nur eine grobe Abschätzung möglich, eine hilfreiche Orientierung bieten Neigungsmessungen. Über horizontale Peilungen läßt sich auch die Größe eventueller Überschwemmungsbereiche abschätzen.
- Sedimentationsbereiche und Stellen mit Dauerstau.
- Nässezeiger der Vegetation: Das Auftreten von feuchteliebenden Pflanzen zeigt an, wo ehemals Feuchtgebiete waren und weisen auf ein entsprechendes Entwicklungspotential hin. Da im Untersuchungsgebiet insbesondere ein großer Mangel an Feuchtstandorten besteht (vgl. LANDRATSAMT HEILBRONN 1996) wäre für diese Stellen unter dem Naturschutzaspekt eine Nutzungsbeschränkung angezeigt. Darüber hinaus geben Reste von Schilfbeständen (*Phragmites australis*) etc. Aufschluß über mögliche Probleme der Landwirtschaft an diesen Standorten. Diese Pflanzen zeigen Lebensbedingungen an, die bei den meisten Nutzpflanzen zu Schädigungen führen. Anstatt hohe Kosten in die Trockenlegung solcher Standorte zu investieren, sollte besser die Extensivierung bzw. Stilllegung dieser Bereiche vorangetrieben werden, was gut in Verbindung mit der Anlage eines Retentionsareals geschehen könnte.
- Gerinneführung: Die Lage und Ausprägung des Gerinnes läßt ebenfalls einige Schlüsse auf die Verwendbarkeit als Rückhalteraum zu. Folgende Fragen sind dabei besonders wichtig: Kann im Hochwasserfall das Wasser aus dem Gerinnebett austreten oder wird dies gezielt verhindert? Fließt das Gewässer in der eigentlichen Tiefenlinie oder wurde es künstlich verlagert? Aus diesen Angaben läßt sich der zu erwartende Umgestaltungsaufwand abschätzen. Dieser kann sich auf den Rückbau von künstlichen Uferwällen beschränken oder aber eine völlig andere Gerinneführung bei verlagertem Gerinnelauf erfordern. Dazu ist ab-

zuwägen, ob die entstehenden Kosten auch einen äquivalenten ökologischen Nutzen herbeiführen. Steht ein reiner Hochwasserschutz im Vordergrund, sind kostenintensive Baumaßnahmen am Gewässer wirtschaftlich kaum vertretbar.

- Natürliche Hindernisse: Um die Zahl der Wanderungshindernisse für Gewässerorganismen gering zu halten, sollte für die Dammkonstruktionen möglichst auf bestehende Hindernisse zurückgegriffen werden. Insofern ist die Kartierung natürlicher oder anthropogener Abflußhindernisse (Verkehrswege, Reste alter Seedämme etc.) von besonderer Relevanz. Nach dem Ereignis vom Februar 1997 konnte vielerorts ein direkter Aufstau beobachtet werden. Aber auch bei kleineren Ereignissen kam es zu Ausuferungen bzw. ließen Sedimentspuren erkennen, daß Wege überspült wurden. Ein markantes Beispiel dafür ist eine Weggabelung am Grünbergbach (Zufluß zum Rohrbach) in der Nähe des Flurstücks „Pfaffengrundteich“, hier war der Kreuzungsbereich nach größeren Ereignissen mit einer mehrere cm dicken Sedimentschicht bedeckt.

Neben der direkten Standortsuche von potentiellen Retentionsarealen wurden die Ergebnisse aus der Karten- und Luftbildinterpretation überprüft. Ein wichtiger Bestandteil war die Kontrolle der dabei gefundenen Erosions- und Akkumulationsbereiche auf den landwirtschaftlichen Nutzflächen. Einzelne kleinere Erosionsspuren konnten dabei allerdings nicht aufgefunden werden, dies spricht jedoch weniger für Fehler bei der Interpretation, als daß die Erosionsrillen durch die Bodenbearbeitung beseitigt wurden.

Eine weitere Fragestellung war die Beurteilung der Aktivität der in der Karte ersichtlichen Runsen (z.B. im Wald beim Jägersee). Erst durch die Geländearbeit konnten die Runsen in ihrer Dimension erfaßt werden. Die wenige cm bis teilweise über 5 m tiefen Einschnitte zeigen zwar Spuren aktueller Aktivität (Erosion und Akkumulation im Dezimeterbereich), scheinen jedoch nicht unter rezenten Gegebenheiten gebildet worden zu sein. Für ihre Genese bieten sich verschiedene Hypothesen an, denkbare Auslöser für ihre Bildung könnten die Vertiefungen ehemaliger Wege, Subrosionsprozesse im Gipskeuper oder die Erosion unter früher entwaldeten Gebieten

sein. Besonders interessant ist diesbezüglich das Gebiet um den Schäufelsberg. In direkter Nachbarschaft beginnen verschieden ausgeprägte Runsen. Unter anderem entspringen einzelne Runsen in dem sehr flachem Gelände einer Hügelgrabanlage.

Auch erwies es sich als sinnvoll, die Kartengrundlagen anhand des aktuellen Verlaufs der Gewässer und ihrer Wasserführung zu überprüfen. Hierzu wurden die Tiefenlinien bzw. Gewässer abgegangen und mit der DGK 1:5000 verglichen und Abweichungen vermerkt. Das prägnanteste Beispiel war mit der Mündung des Himmelreichbaches gegeben, bei der auf der 1:25000 und auf der DGK 1:5000 eine abweichende Gewässerführung angegeben war (vgl. Kap. 6.1.1). Im Bereich der Auen konnte manchmal erst nach der Überprüfung vor Ort geklärt werden, welcher von mehreren Gerinnearmen aktuell durchflossen wird. So ist im Bereich der Raußmühle der Mühlgraben stellenweise verschüttet, dieses aber nicht in der Grundkarte eingetragen. Neben der Klärung von Unstimmigkeiten in den Kartengrundlagen lag noch ein wichtiger Aspekt der Geländeaufnahme in der Abgrenzung der einzelnen Teileinzugsgebiete. Gerade im Bereich der Wasserscheiden wird durch die Anlage von Verkehrswegen stellenweise die ursprüngliche Entwässerungsrichtung verändert. Anhand des Verlaufs von Straßenentwässerungen und Verdolungen lassen sich diese Bereiche im Gelände leicht zuordnen. So bildet beispielsweise die Straße von Eppingen nach Mühlbach (K 2149) aufgrund kleiner künstlicher Umleitungen die Wasserscheide zwischen Himmelreichbach und Hellbach.

Neben den Informationen über den Verlauf der Gewässer erhält man in der direkten Anschauung eine Anzahl weiterer Informationen, die der Karte und dem Luftbild nicht entnommen werden können: Wasserführung und Gerinneszustand spiegeln Größe und Eigenschaften des Einzugsgebietes wider. Dabei lassen sowohl der Ausbauzustand des Gerinnes, als auch die Erosions- und Akkumulationsspuren zumindest qualitative Aussagen zu. Nach stärkeren Ereignissen konnte zusätzlich an niedergedrückter Vegetation und Geschwemmsel der maximale Wasserstand abgelesen werden. Da sich die entsprechenden Spuren nicht sehr lange halten, war eine Kartie-

zung des gesamten Einzugsgebietes nicht möglich. Doch ergaben sich lokal nützliche Hinweise auf mögliche Problemstellen und für die Bewertung der aktuellen Gerinnekapazität. Der als Graben ausgebaute Grünbergbach (Zufluß des Rohrbach) wurde z.B. trotz seiner für die Teileinzugsgebietsgröße (ca. 1 km²) sehr großen Gerinnekapazität (ca. 2 bis 3 m³/s) bei mehreren Ereignissen voll ausgelastet, wie anhand der niedergedrückten Vegetation sichtbar war. Dies bestärkte die Notwendigkeit einer bereits im oberen Abschnitt des Grünbergbaches gelegenen Rückhaltemaßnahme. Am Nesselbach konnte durch niedergedrückte Vegetation und Ablagerungen erkannt werden, ob bei einem Ereignis die Hochwasserentlastung des unterhalb von Adelshofen liegenden Regenrückhaltebeckens angesprungen war. Dies wiederum half, den Einfluß des Siedlungswassers besser einzuschätzen.

6.1.5 Informationen aus Bevölkerung und von Behörden

Die genaue Kenntnis eines Untersuchungsraumes verlangt neben viel Geländeerfahrung auch einige Zeit, um die Landschaft in unterschiedlichen klimatischen Situationen beobachten zu können. Nur durch großen Zufall lassen sich innerhalb eines kurzen Untersuchungszeitraums auch Ereignisse hoher Jährlichkeit beobachten. Daher ist es unumgänglich, die Kenntnisse der ortsansässigen Bevölkerung zu nutzen, um dann gezielt die lokalen Besonderheiten zu untersuchen. Die entsprechenden Informationen sollten ursprünglich mit einem Fragebogen erhoben werden. Jedoch war nach einiger Zeit offensichtlich, daß bereits durch die sich im Rahmen der Projektarbeit ergebenden Gespräche eine Vielzahl von Hinweisen gesammelt werden konnte. Eine separate Befragung hätte somit einen ungerechtfertigt hohen Aufwand dargestellt, da der überwiegende Teil der relevanten Personen ohnehin erreicht wurde:

- Bei Gesprächen mit Landwirten und anderen interessierten Bürgern während der Geländearbeiten.
- Bei Gesprächen mit Angestellten und Arbeitern der Gemeinde, die aufgrund ihrer Arbeit mit Gewässerpflege oder Hochwasser zu tun haben. Besonders hervorzuheben sind hier die Mitarbeiter der Kläranlage und des Bauhofes.

Kontakte ergaben sich vor allem bei Installation und Wartung der Meßanlagen.

- Bei Diskussionen während und nach Bürgerversammlungen.
- Bei Abstimmungsgesprächen mit betroffenen Institutionen, besonders dem Bauamt der Stadt Eppingen und dem Amt für Flurneuordnung und Landentwicklung Heilbronn.

Der vorher erarbeitete Fragebogen erwies sich als vorteilhaft, weil er als Leitfaden für die sich ergebenden Gespräche genutzt werden konnte. Die erhaltenen Informationen umfaßten vor allem das Auftreten und die Ausdehnung von Überschwemmungen und wiesen auf lokale Problemstellen hin. Beispielsweise konnten verschiedene durch Geschwemmsel induzierte Rückstaus von normalen Überschwemmungen unterschieden werden und auch die Auslastung bestehender Rückhaltemaßnahmen besser eingeschätzt werden. Durch entsprechende Hinweise war so bereits frühzeitig bekannt, daß das vorhandene Rückhaltebecken „Odenberg“ schon bei kleineren Hochwassern ausgelastet ist. Daher konnten hier Zusatzstandorte gesucht werden, bevor noch die Modellierungsergebnisse vorlagen. Ein anderer Hinweis diente direkt zur Entschärfung einer Problemstelle: Kurz nach dem Zusammenfluß von Rohrbach und Grünbergbach konnte anhand der beschriebenen Hochwasserschäden der Jahre 1994/95 eine Engstelle in der Verdolung gefunden werden. An dieser deutlich zu klein dimensionierten Verrohrung unter einer Hofeinfahrt (30 cm Durchmesser bei ansonsten 120cm) staute sich das ankommende Wasser und lief dann teilweise auf die Straße. Die normale Straßentwässerung konnte diese zusätzlichen, großen und sedimentbeladenen Wassermengen nicht abführen, so daß es bei den unterhalb liegenden Häusern zur Überflutung einiger Keller kam. Die Engstelle wurde zwischenzeitlich beseitigt. Ohne diese ergänzende Information wäre der Hochwasserabfluß größer als die sonstige Kapazität der Verdolung und damit viel zu hoch eingeschätzt worden. Dies hätte dann auch einen unnötig großen Rückhaltebedarf ergeben.

Neben vielen Einzelinformationen wurden auch anderweitige Planungsunterlagen in das Projekt einbezogen. So konnten die durch die Flurbereinigung geplanten Veränderungen anhand des vorläufigen Wege- und Gewässerplans (AMT

FÜR FLURNEUORNDUNG UND LANDENTWICKLUNG HEILBRONN) berücksichtigt und auf der anderen Seite die für den Hochwasserschutz wünschenswerten Modifikationen noch rechtzeitig ins Verfahren einbezogen werden. Als Beispiel sei hier die Umlegung einer Maßnahme unterhalb der Ortslage Eppingen genannt. Ursprünglich war vom Amt für Flurneuordnung und Landentwicklung die Anlage eines Feuchtbiotops direkt in der Elsenzaue vorgesehen. Dieser Standort schied für die Nutzung als Retentionsareal aus, da der Bau eines Dammes hier aufgrund des geringen Gefälles durch Rückstau eine Gefährdung der Ortslage bedeutet hätte. Als Alternative wurde die Gemarkung „Altenbieder See“ vorgeschlagen. In diesem ca. 2 km² großen Teileinzugsgebiet könnte durch einen 1,3 m hohen Damm ein Rückhaltevolumen von 10000 m³ auf der Fläche eines alten Sees genutzt werden. Das Amt für Flurneuordnung und Landentwicklung Heilbronn griff diese Idee auf und verlegte die Ausgleichsmaßnahme auf diese Fläche. Der vorher entlang der Tiefenlinie geplante Versorgungsweg wird statt dessen nun in Mittelhangposition an dem Retentionsareal vorbeigeführt. Der Wegebau ist inzwischen abgeschlossen, die Maßnahme wurde, soweit dies im Rahmen der Ausgleichsmaßnahme möglich war, vorbereitet.

Eine weitere umfassende Planung lag mit dem Landschaftsplan (LANDRATSAMT HEILBRONN 1996) vor. Auch hier sei die Einbindung dieser Planungsunterlage an einem Beispiel erläutert: In der Nähe des Waldstückes „Essenbusch“ ergaben sich in der Vorauswahl zwei für ein Retentionsareal vergleichbar geeignete Standorte. Da im Landschaftsplan für das weiter bachaufwärts gelegene Gebiet als Entwicklungsziel die „Erhaltung und Entwicklung von Auewiesen“ ausgewiesen ist, bot sich dort die Kombination mit einer Rückhaltemaßnahme an, da diese geeignet ist, die beabsichtigte Entwicklung zu fördern.

6.1.6 Ergebnisse der Vorauswahl

Durch die beschriebenen Arbeiten konnten insgesamt 87 potentielle Retentionsareale ausgewählt werden, bei denen eine genauere Untersuchung lohnenswert erschien. In Abb. A-4 sind diese Standorte zusammengestellt. Um den Leser nicht mit unterschiedlichen, im planungspro-

zeß sukzessive angepaßten Namen zu verwirren, werden die Ortsbezeichnungen der später ausgewählten Retentionsareale sofort in ihrer endgültigen Form (Abschlußbericht des Projektes, siehe ASSMANN & GÜNDRA 1997, Anlage A) angegeben, ansonsten wurde die anfängliche Nummerierung (Gewässerkürzel und laufende Nr.) verwendet. Bei der Namenswahl wurde darauf geachtet, daß sie von der ortsansässigen Bevölkerung direkt der Lokalität zugeordnet werden können. Demgegenüber wurden während der ersten Arbeitsschritte die möglichen Standorte entlang der Gewässer vorerst nur durchnummeriert.

Wie an der in Abb. A-4 gezeigten Karte gut ersichtlich ist, variiert die Dichte potentieller Standorte im Arbeitsgebiet sehr stark. In relativ homogenen Talabschnitten wie dem Rohrbach oder Essigbergbach konnte in der Vorauswahl noch keine Vorentscheidung getroffen werden, hier wurden alle die Tiefenlinien kreuzenden Wege und die günstig verlaufenden Flurstücksgrenzen für mögliche Dammbauwerke in Betracht gezogen. In anderen Bereichen wie dem Hilsbach und dem oberen Nesselbach kamen nur wenige Standorte überhaupt in Frage. In einzelnen Bereichen konnte die Vorauswahl allerdings keine geeigneten Areale liefern, da wie z.B. im oberen Bereich der Elsenz einige Faktoren der Anlage eines Retentionsareals entgegenstanden. In genannten Beispiel ist die Elsenz als tief eingeschnittener Graben ausgeführt, der von einem asphaltierten Weg begleitet wird. An den Seiten ist durch die relativ steil ansteigenden Seitenhänge kaum ein größeres Stauvolumen erreichbar und überdies gibt es in regelmäßigen Abständen Gebäude, die bei der Anlage einer Rückhaltemaßnahme durch Rückstau betroffen würden. So wurde vorbehaltlich einer späteren Fortsetzung der Standortsuche zunächst in diesen Bereichen auf eine Vorausweisung verzichtet, um nicht von den gesetzten Zielen zu stark abweichen zu müssen. In diesem Zusammenhang sollte darauf hingewiesen werden, daß die Vorauswahl eigentlich erst mit der fertigen Konzeption abgeschlossen wird. Es ist denkbar, daß aufgrund der Detailanalyse oder der hydrologischen Modellierung die bis dahin ausgesuchten Standorte sich als nicht geeignet oder nicht ausreichend erweisen, in diesem Fall ist eine ergänzende Suche notwendig. Auf der anderen Seite

ist es auch nicht sinnvoll, zur Sicherheit eine zu große Anzahl von Standorten auszuwählen, da hierdurch der Arbeitsaufwand für die folgenden Arbeitsschritte unnötig erhöht werden würde.

Vielfach wird sich, wie im beschriebenen Projekt, die Vorauswahl mit der Detailanalyse zeitlich überlappen, so daß das Zurückgreifen auf die Vorauswahl in der Praxis kein Problem darstellt, sondern eher normaler Bestandteil des Auswahlverfahrens ist.

Um einen Eindruck zu geben, welche der eingesetzten Methoden bei der Vorauswahl mit welchem Erfolg eingesetzt werden konnten, sind in Abb. A-4 die Standorte durch die entsprechenden Symbole markiert. Hierbei ist jedoch zu beachten, daß:

- immer mehrere Methoden eingesetzt wurden, in der Karte aber nur die aufgeführt wurde, die den ersten Anstoß zu einer genaueren Betrachtung eines Standortes gab,
- die Methoden nicht gleichberechtigt angewandt wurden, sondern in einer bestimmten Reihenfolge, dies verschiebt das Verhältnis erheblich in Richtung der zuerst durchgeführten Karteninterpretation,
- der Einsatz des GIS zwar wichtige Zusatzinformationen für die (Vor-) Entscheidung gibt, aber nur selten für die genaue Standortfestlegung einsetzbar ist.

6.2 Detailanalyse der potentiellen Standorte

Ausgehend von der Vorauswahl waren die Angaben im Detail zu überprüfen und zu quantifizieren. Außerdem werden viele Vor- und Nachteile eines Standortes erst bei einer genaueren Betrachtung sichtbar.

6.2.1 Detaillierte Kartierung ausgewählter Standorte

Im nächsten Arbeitsschritt wurden die vorausgewählten Standorte mehrfach begangen, alle für die Untersuchung interessanter Gegebenheiten notiert und in eine Arbeitskarte eingetragen. Dabei kristallisierten sich die folgenden Fragestellungen heraus:

- Stimmt das Relief mit dem aus der Karte bzw. Geländemodell erhaltenen Eindruck überein?

Besteht eine Gefährdung durch Überstauung von bisher nicht erfaßten Gebäuden oder anderen Nutzflächen wie Stellplätzen oder Lagerflächen?

- Wie wird das Gebiet augenblicklich genutzt? Wurde bereits aufgrund von Vernässungserscheinungen etc. ein Teil oder der ganze Bereich aus der Nutzung genommen?
- Wo befindet sich die Grenze zwischen Kolluvium und Aue?
- Gibt es Anzeichen einer aktuellen geomorphologischen Aktivität? Hierzu gehören sowohl Erosions- und Akkumulationserscheinungen, als auch Uferabbrüche oder andere Anzeichen zu einer möglichen Gerinneverlagerung.
- In welcher Reliefposition befindet sich das Gerinne? Wie stark waren die Eingriffe einer eventuellen Begradigung bzw. eines sonstigen Gewässerausbaus? Interessant ist in diesem Zusammenhang, ob sich ein ehemaliger Gewässerverlauf rekonstruieren läßt oder Flutmulden sichtbar sind. Auch sollte geprüft werden, ob ein Ausuferen durch einen künstlichen Uferwall unterbunden wird.
- Gibt es bereits quer zur Tiefenlinie verlaufende Hindernisse und ließen sich diese in einen möglichen Damm integrieren? Einzelaspekte sind etwa, wie hoch die bestehenden Wege über dem Auenniveau liegen und wie sie befestigt sind.
- Wie sind bestehende Rohrdurchlässe etc. ausgeführt? Wird durch sie bereits ein Aufstau verursacht und weisen in ihrem Umfeld liegende Erosionsspuren darauf hin? In diesem Zusammenhang sollte auch registriert werden, ob der eventuelle Aufstau beabsichtigt ist (z.B. bei Naturschutzgebieten aus ökologischen Gründen).
- Gibt es im Bereich des Gerinnes erkennbare Akkumulationserscheinungen? Oft treten diese durch die Zusedimentation von Rohrdurchlässen in Erscheinung.
- Gibt es Hindernisse durch bauliche Eingriffe oder bestehende Vegetation, die der Konstruktion eines Rückhaltedammes entgegenstehen oder den Bau deutlich erschweren bzw. verteuern?
- Wie ist die Zugänglichkeit des Standortes für den Bau und spätere Pflegemaßnahmen?

Die genauere Geländeaufnahme setzt zwar nur

übliche Fachkenntnisse voraus, allerdings mußten eine Vielzahl von Teilfragestellungen bearbeitet werden. Als unentbehrliche Hilfsmittel erwiesen sich bei der Geländearbeit Meßlatte, Neigungsmesser zur Abschätzung der Größe von Überstaubereichen, Kartenkopien des jeweiligen Standortes im Maßstab 1:5000, Angaben aus der Vorauswahl, eine Übersichtskarte, die oben aufgeführte Liste mit Fragestellungen und eine Kamera zur photographischen Dokumentation. Eine ausführliche Protokollierung der Geländeaufnahme vor Ort erwies sich als unablässig, da bei der Vielzahl von ähnlichen Standorten im Nachhinein eine Zuordnung von Detailinformationen nicht zu leisten gewesen wäre. Wie bereits angedeutet, war eine Aufnahme zu verschiedenen Zeitpunkten notwendig, da durch wechselnde Witterungs- und Vegetationsverhältnisse einzelne Aspekte nur zeitweise erkennbar sind. So sind Vernässungsspuren nur nach entsprechend starken Niederschlägen sichtbar, die Vegetation läßt erst ab einer gewissen Wuchshöhe Differenzierungen aufgrund der Standorteigenschaften erkennen und behindert aber auch zeitweise erheblich die Sicht.

Tab. 9 zeigt beispielhaft die Ergebnisse einer Detailkartierung für das geplante Retentionsareal „Gießhübelmühle“. In der Folgezeit konnten in diesem Gebiet einige ergänzende Beobachtungen gemacht werden: nach stärkeren Niederschläge stand einige Wochen lang an den Vernässungsbereichen bis zu 10 cm Wasser. Im Februar 1997 kam es hinter den Resten des ehemaligen Dammes zu Überflutungen.

6.2.2 Volumen- und Flächenberechnung

Mit Hilfe der in der DGK 5 enthaltenen Höhenlinien konnte der Staubereich grob eingegrenzt und anhand einer mittleren Stauhöhe das Stauvolumen abgeschätzt werden (siehe Kap. 6.1.1), jedoch sind diese Angaben für die Detailplanung nicht ausreichend. Besonders die Stauhöhen und der sich jeweils ergebende Überstauungsbereich müssen differenzierter betrachtet werden, als dies anhand der in den Karten vorkommenden Äquidistanz möglich ist. Deshalb wurde bei den Standorten, die für ein Retentionsareal in die nähere Auswahl gelangten, der entsprechende Ausschnitt der Grundkarte digitalisiert und daraus ein engmaschiges (2,5 m-Raster) Geländemodell er-

Standort: „Gießhübelmühle“, Elsenz unterhalb der B 293, DGK 5 6819.26

Datum: Juni 1995

- Gelände entspricht dem Karteneindruck, Ergänzungen: Damm- oder Wegrest, Mulde am Beginn des Entwässerungsgrabens.
- Nutzung als Acker und Wiese: Ackerflächen: zwischen Elsenz und Graben, im östlichen Teil zwischen Elsenz & nördlichem Weg, nördlich und südlich (hangwärts) der parallel zu den Gewässern verlaufenden Wege, restliche Flächen als Wiese genutzt.
- Elsenz verläuft in der Tiefenlinie, wurde begradigt.
- Der südlich der Elsenz verlaufende Mühlgraben führt nur wenig Wasser, wird oberhalb der Straße ausgeleitet.
- Reste eines Dammes oder Weges in Fortsetzung des von Norden nach Süden verlaufenden Weges, Elsenz und der Mühlgraben sind an der Stelle aber nicht eingengt.
- Keine Rohrdurchlässe oder Brücken im Bereich unterhalb der Straße, überdimensionierte Straßendurchlässe unter der B 293, Durchmesser ca. 3 m (Elsenz) bzw. 2 m (Mühlgraben).
- Keine Erosion oder Akkumulation erkennbar.
- Kleines Regenrückhaltebecken mit Ölsperre im westlichen Teil des Areals (direkt neben der B 293), in das der Straßengraben mündet.
- Zwei Vernässungsbereiche: am Beginn des Entwässerungsgrabens und im westlichen Teil der Fläche, beide mit Schilfbewuchs, diese Bereiche & Umgebung nicht gemäht.
- Aue: zwischen Elsenz und dem Mühlgraben, ein jeweils ca. 10 m breiter Streifen von diesen Gewässern in Richtung Hang, der Bereich zwischen dem Mühlgraben und dem Entwässerungsgraben und die Vernässungsstelle am Entwässerungsgraben.
- Sehr gut zugänglich.

Tab. 9: Ergebnisse der Detailkartierung für den Standort „Gießhübelmühle“ vom Juni 1995

zeugt. Die Zuverlässigkeit dieser Geländemodelle wurde stichprobenartig durch die eigene Vermessung von Quer- und Längsprofilen überprüft. Da sich die Abweichungen im Rahmen dessen bewegten, was durch Bodenbearbeitung etc. bedingt sein kann (meist < 10 cm), können die so erstellten Geländemodelle als für die Fragestellung ausreichend zuverlässig gelten. Daß einzelne kleine Senken und Wegböschungen nicht nachgezeichnet werden, spielt für die Volumenermittlung nur eine untergeordnete Rolle.

Ausgehend von diesen Geländemodellen wurde dann in 10 cm-Höhenschritten die überstaute Fläche und das potentielle Rückhaltevolumen errechnet. Abb. 15 zeigt für den Standort „Im Weidenbruch“ die Abhängigkeit von überstaute Fläche und Stauvolumen von der jeweiligen Stauhöhe. Es ist gut zu sehen, daß die überstaute Fläche nicht linear anwächst, sondern eher treppenförmig. Im Bereich solcher Stufen werden in relativ kurzer Zeit größere, recht flache Bereiche überflutet. Bedingt durch die vorerst geringe Überstauhöhe dieser Flächen nimmt das Stauvolumen nicht proportional zu. Folglich gilt es bei der Festlegung der Stauhöhe, derartige Effekte zu beachten und die Dammhöhe entsprechend zu optimieren.

Für die Entscheidung zwischen mehreren möglichen Standorten ist der Quotient von Stauvolumen zu überstaute Fläche, im folgenden als Volumenintensität bezeichnet, ein gutes Hilfsmittel. Er gibt an, bei welchem Input an Fläche ein wie großes Stauvolumen erhalten wird und ist ein gutes Maß für die Effizienz einer Überflutungsfläche. Wird der Quotient groß, erhält man

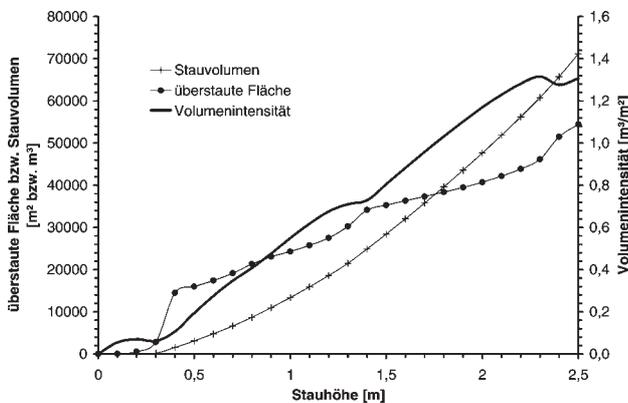


Abb. 15: Entwicklung von Stauhöhe und Stauvolumen am Standort „Im Weidenbruch“ in Abhängigkeit von der Stauhöhe

bei einem geringen Input an Fläche ein Maximum an Stauvolumen. Neben diesem Aspekt gibt es noch weitere, für die endgültige Standortentscheidung wichtige Gesichtspunkte:

- Die Stauhöhe soll minimiert werden.
- Das benötigte Rückhaltevolumen des Areals und der Bedarf sollten einander entsprechen, die Maßnahme ist diesbezüglich zu optimieren.

In Abb. 16 werden die zu verschiedenen potentiellen Rückhaltestandorten gehörenden Kurven der Volumenintensität einander gegenübergestellt. Die zugrundeliegenden Daten entstammen dem Talabschnitt des oberen Rohrbachs oberhalb der Ortslage Rohrbach. Als Standorte wurden alle planerisch sinnvollen Dammverläufe untersucht, d.h. alle die Tiefenlinie kreuzenden Wege oder Flurstücksgrenzen. Beim Betrachten dieser Abbildung wird klar, wie groß dabei die Unterschiede potentieller Standorte untereinander sind. Entsprechend groß ist das Gewicht dieses Kriteriums für die Standortauswahl. In dem dargestellten Beispiel ergibt sich bei einer angenommenen Stauhöhe von 1,8 m für den ungünstigsten Standort in Relation zu dem günstigsten Standort ein um 40% geringeres Stauvolumen. Für diese Gegenüberstellung müssen natürlich gleich große überstaute Flächen zugrundegelegt werden. Der Unterschied zu dem am zweitbesten geeigneten Areal beträgt immerhin noch 20%. In dem beschriebenen Teileinzugsgebiet wird zusätzlich die Auswahl durch einen zweiten Punkt bestimmt: Das nach der Abschätzung in diesem Bereich benötigte Rückhaltevolumen beträgt 28 000 m³, dieses Volumen wird aufgrund der Reliefform nur

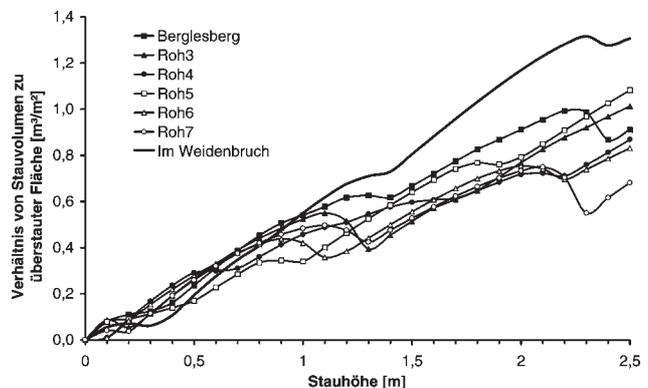


Abb. 16: Veränderung der Volumenintensität entlang eines Talabschnittes am Rohrbach

an einem der potentiellen Retentionsareale erreicht. Wie in Abb. 17 zu sehen ist, wird an den anderen Standorten dieses Ziel bei weitem verfehlt. Will man also das gesetzte Limit einer Dammhöhe von 1,8 m nicht überschreiten, so gibt es in diesem Fall nur eine Entscheidungsmöglichkeit. Daß in dem somit festgelegten Areal „Im Weidenbruch“ gleichzeitig auch die günstigste Volumenintensität erreicht wird, bestätigt die Eignung dieses Standortes.

Um dieses Auswahlkriterium gebührend einbeziehen zu können, mußten die Berechnungen für eine Vielzahl von Einzelstandorten durchgeführt werden. Eine Bearbeitung der großen Anzahl war nur möglich, weil die Berechnungen mit Hilfe eines eigens dazu erstellten Makro-Programms unter SURFER weitgehend automatisiert wurden. Neben der digitalisierten Kartengrundlage muß als weitere Eingabedatei jeweils der Dammlauf vorgegeben werden. Die Ausgabe des Programms liefert neben dem Geländemodell und der Datei mit den Werten der Stauvolumina und überstauten Flächen auch die Kartendarstellungen für die Kurzbeschreibungen der ausgewählten Areale in den Planungsunterlagen (ASSMANN & GÜNDRA 1997, Anlage A, vgl. Abb. A-12). Die Volumenangaben werden überdies für die Eingaben ins hydrologische Modell benötigt. Sie dienen dazu, die Füllung und Entleerung der Retentionsräume möglichst genau zu beschreiben.

Wie entscheidend die Beachtung der volumenbezogenen Kriterien ist, läßt sich aus Abb. 18 ersehen. Hier wurde für die im Projekt letztendlich ausgewählten Standorte die Volumenintensität gegen die Stauhöhe aufgetragen. Die sehr ge-

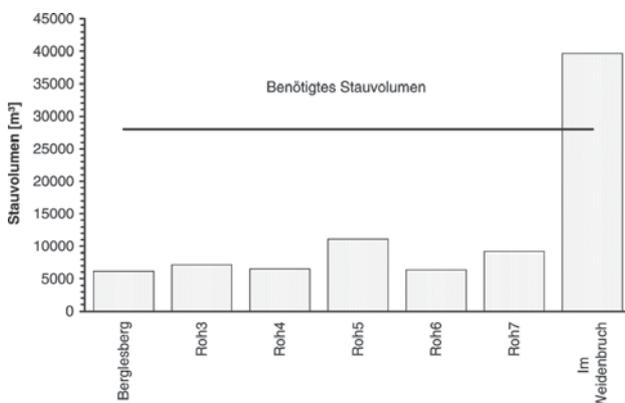


Abb. 17: Erreichbare Stauvolumen bei einer Stauhöhe von 1,8 m entlang eines Talabschnittes am Rohrbach

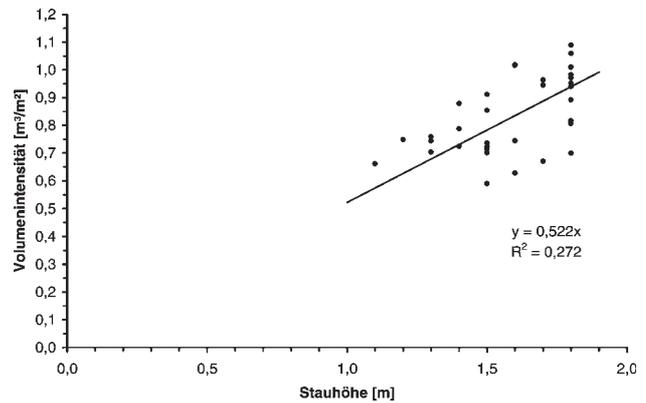


Abb. 18: Korrelation zwischen Stauhöhe und Volumenintensität aller ausgewählten Standorte

ringe Korrelation zeigt, daß nicht wie sonst einfach vorausgesetzt, das Rückhaltevolumen direkt von der Stauhöhe abhängt, sondern vielmehr auch andere Faktoren erheblich das erreichbare Volumen mitbestimmen.

6.2.3 Vegetationsaufnahme und ökologische Bewertung

Die vegetationskundliche Untersuchung der 36 potentiellen Standorte wurde im Rahmen einer Diplomarbeit von HAHN (1997) durchgeführt. Die ökologische Bewertung wurde im Ablauf des Auswahlprozesses relativ weit hinten angeordnet, damit der recht hohe Arbeitsaufwand für eine Vegetationskartierung nur dort investiert werden mußte, wo die anderen Faktoren bereits untersucht waren.

Da einige Pflanzen nur für einen kurzen Zeitabschnitt sichtbar sind und sich außerdem verschiedenste Pflanzen nur während der Blütezeit sicher bestimmen lassen, wurden die einzelnen Standorte im Laufe einer Vegetationsperiode mehrfach kartiert. Um differenziertere Informationen zu erhalten, wurden die Standorte in einzelne Kartierabschnitte unterteilt. Hierfür wurden folgende Standorteigenschaften herangezogen:

- Nutzung (Wald, Wiese, Acker, Brachland)
- Lage zum Gewässer (Uferstreifen, Auenfläche, Kolluvium etc.)
- Reliefbedingungen (Böschungen)
- Hydrologische Verhältnisse (Quellen, Vernäsungsbereiche)

Für jeden Teilstandort erfolgte eine weitere Untergliederung nach Baum-, Strauch- und Krautschicht.

Für die Auswertung wurde aus verschiedenen bestehenden Arbeiten, vor allem jedoch in Anlehnung an KRAUSE (1992), ein den Bedürfnissen angepaßtes Bewertungsverfahren entwickelt (HAHN 1997). In die Bewertung gingen dann die folgenden Untersuchungsebenen ein:

- **Artenzahl:** Die Anzahl der vorkommenden Arten ist ein Indikator für die Diversifikation eines Lebensraums. Da eines der wichtigsten Ziele des Naturschutzes die Arterhaltung ist, sind unter diesem Aspekt besonders Standorte interessant, die einer Vielzahl unterschiedlicher Arten das Überleben sichern. Wie stark die Artenanzahl selbst innerhalb eines einzelnen Standortes variieren kann, wird in Abb. A-5 sichtbar. Hier sind am Uferstreifen fast viermal so viele Arten zu finden wie im Bereich des „Graben 2“.
- **Floristische Ebene:** Es wird untersucht, ob die vorkommenden Arten für den untersuchten Standort typisch sind. Noch einmal das Beispiel vom geplanten Retentionsareal „Gießhübelmühle“ aufgreifend, relativiert sich unter Einbeziehung dieser Frage das durch die Artenzahl gewonnene Bild. Für den Uferstreifen bedeutet das, daß er bezüglich dieses Kriteriums relativ schlecht bewertet wird, da hier weniger als die Hälfte der Pflanzen in einer natürlichen Ufervegetation (OBERDORFER 1994) zu finden sind. Die Vernässungsbereiche schneiden hingegen mit über 75% standorttypischer Pflanzen sehr gut ab.
- **Phytosoziologische Ebene:** Bei diesem Ansatz werden die gefundenen Arten pflanzensoziologischen Gesellschaften zugeordnet (vgl. Abb. A-5). In einem weiteren Schritt wird geprüft, inwieweit die Standorteigenschaften mit dem eigentlichen Verbreitungsschwerpunkt übereinstimmen.
- **Ökologische Zeigerwerte:** Da in Bezug auf Auenstandorte die Feuchteverträglichkeit bzw. der Feuchtebedarf eine hohe Aussagekraft hat, wurde der Feuchtwert nach ELLENBERG (1992) in die Betrachtung einbezogen und unter anderem ein mittlerer F-Wert des Standorts errechnet. Hierbei ist jedoch zu beachten, daß dies eine sehr starke Vereinfachung der realen Verteilung bedeutet. Die Abb. 19 zeigt für den Standort „Rosalienhof“ die Häufigkeit, mit der die einzelnen F-Werte vorkommen. Be-

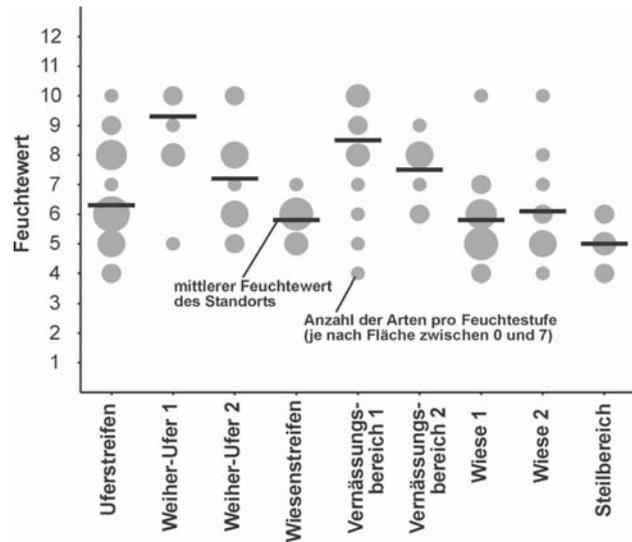


Abb. 19: Streuung der Feuchtwerte am geplanten Retentionsareal „Rosalienhof“

sonders auffällig ist der Informationsverlust über die Mittelwertbildung beim Vergleich des „Wiesenstreifens“ und der „Wiese 1“. Die beiden Teilstandorte zeigen bei gleichem Mittelwert eine deutlich unterschiedliche Diversität.

- **Anthropogener Einfluß:** Unter diesem Punkt wurde festgehalten, wie häufig und wie intensiv ein Standort durch Bewirtschaftungs- und Pflegemaßnahmen gestört wird. Die Störung wurde in Hinblick auf das Zulassen einer natürlichen Sukzession bewertet, so daß Ackerstandorte und intensiv genutzte Wiesen mit einem überwiegenden Anteil an eingesäten Futtergräsern die schlechteste Wertung erhielten.

Für jede der Untersuchungsschichten wurde eine Wertzahl von 1 bis 3 vergeben und diese dann aufsummiert. Die abschließende Einordnung eines (Teil-) Standorts erfolgte anhand der nachstehenden 5-stufigen Skala. Die Werte in den Klammern geben dabei den Bereich der Wertzahl-Summen an, innerhalb dessen die entsprechende Bewertung erteilt wurde.

1. natürlich (5)
2. naturnah (6 bis 8)
3. bedingt naturnah (9 bis 11)
4. naturfern (12 bis 14)
5. naturfremd (15)

Die Abb. A-6 zeigt nun das Ergebnis der ökologischen Bewertung für alle durch die vorangegangenen Schritte der Detailanalyse ausgewählten Retentionsareale. Da der Uferbereich bezüglich

der Gewässerökologie von großer Bedeutung ist, wurde er separat aufgeführt. In dieser Karte ist sichtbar, daß sich die Standorte unter ökologischen Gesichtspunkten stark unterscheiden, auch stimmt die Bewertung von Uferstreifen und restlicher Fläche nur selten überein. „Natürliche“ Bedingungen findet man fast nur bei Flächen, die unter Naturschutz stehen, ansonsten ist meist am Uferbereich noch eine etwas günstigere Situation gegeben und könnte im Rahmen von Extensivierungsmaßnahmen als Ausgangspunkt für eine Sukzession dienen. Bei den Arealen mit intensiv genutzten Ackerflächen (als „naturfremd“ eingestuft) sind allerdings ökologische Auswirkungen auf die Uferstreifen deutlich erkennbar.

Aus der Einordnung in eine der genannten Zustandsstufen läßt sich hinsichtlich einer Planung unterschiedliches ableiten (vgl. Abb. 20): Eine weitgehend natürliche Bewertung zeigt gleichzeitig einen hohen Schutzbedarf an (vgl. NIEHOFF 1996, S. 37). Im Falle von bestimmten Biotopen wie seggen- und binsenreichen Naßwiesen, Röhrichtern, Bruch-, Sumpf- und Auwäldern ist der Schutz bereits gesetzlich verankert (§ 20c Bundesnaturschutzgesetz). Je näher hingegen eine Beurteilung bei „naturfremd“ liegt, um so größer ist der Handlungsbedarf zu einer ökologischen Aufwertung, zumindest wenn man als Zielvorstellung einen „Naturschutz auf der Fläche“ hat. Auf „naturfernen“ oder gar „naturfremden“ Standorten ist jedoch auch bei einer Selbstüberlassung das Eigenregenerationspotential geringer (HOHMANN & KONOLD 1995). Die Bewertung liefert also wichtige Anhaltspunkte zur Beantwortung der folgenden Fragen: Wie schützenswert ist ein Standort? Wie groß ist der ökologische Defizit und damit der Handlungsbedarf zu dessen Beseitigung? Und wie stark sind noch die eigenen Regenerationskräfte eines Standorts?

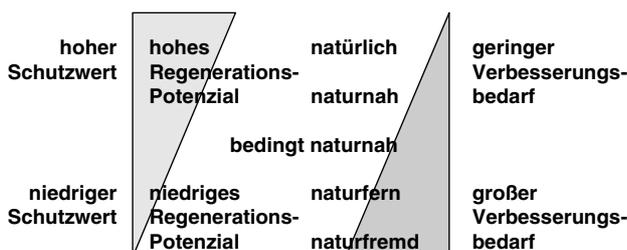


Abb. 20: Relevanz der ökologischen Bewertung

Insgesamt ergibt sich durch die ökologische Bewertung folgendes Bild: Da durch die bisherigen anthropogenen Eingriffe keine aus anderen Gründen schützenswerten Ökotope erzeugt wurden, keine bedrohten Arten gefunden wurden und die Überstaudauern innerhalb der Überflutungstoleranz der vorkommenden Pflanzen liegen, kann eine negative Veränderung ausgeschlossen werden. Die Eignung für Rückhaltmaßnahmen ist also an allen ausgewählten Standorten gegeben. Vielmehr bewirken die im Zusammenhang mit dem Projekt geplanten Modifikationen eine Stabilisierung bzw. Verstärkung der natürlichen Standorteigenschaften.

Einzig durch den Eingriff während der Baumaßnahme ist mit vereinzelten Schädigungen zu rechnen, im Rahmen der Genehmigung bleibt es den verantwortlichen Behörden, zwischen der Schaffung bzw. Stärkung eines Feuchtstandorts und dem Schutz einzelner Individuen abzuwägen. Sofern anzunehmen ist, daß der Bestand der bei den Baumaßnahmen zu entfernenden Pflanzen im Laufe eines oder weniger Jahre wiederhergestellt sein wird, ist nach der Auffassung des Autors der langfristigen Standortsicherung Vorrang zu geben.

6.2.4 Ergebnisse der Detailanalyse

Durch die genauere Analyse der Standorte konnten zwei wichtige Ziele erreicht werden:

- eine Auswahl der am besten geeigneten Standorte aus den in der Vorauswahl vorgeschlagenen und
- deren gründliche Erfassung als Grundlage für die Umsetzungsplanung der einzelnen Standorte.

Durch die Detailkartierung und vor allem die genauen Stauvolumenbestimmungen konnte die Standortanzahl von 87 am Ende der Vorauswahl auf nunmehr 36 reduziert werden. Durch die Ergebnisse der ökologischen Bewertung mußten keine potentiellen Retentionsareale aufgegeben werden, so daß alle Standorte, für die die ökologische Bewertung durchgeführt wurde (vgl. Abb. A-6) auch in die Überprüfung durch die hydrologische Modellierung im nächsten Schritt miteinbezogen wurden.

Die Untersuchungen in der Detailanalyse konnten neben der reinen Auswahl wichtige Informationen zur baulichen und landschaftsplanerischen

Ausgestaltung der Maßnahmen liefern (Vorstufe der Ausführungsplanung), dies waren vor allem Hinweise auf:

- die Verwertbarkeit vorhandener Hindernisse
- die Gestaltung des Durchlasses
- die Möglichkeiten für eine Hochwasserentlastung
- den Bedarf zu einer Nutzungsänderung
- die Stauhöhen mit den günstigsten Volumensintensitäten

Vielfach ist die Umsetzung dieser Informationen in die Planung erst möglich, wenn auch die Ergebnisse der hydrologischen Modellierung vorliegen (Stauhöhe, Überstauhäufigkeit, etc.). Daher werden die für die einzelnen Retentionsareale erhobenen Daten und deren Umsetzung in die Planung erst nach deren Überprüfung auf eine Hochwasserwirksamkeit durch das hydrologische Modell bei der „Darstellung der ausgewählten Retentionsareale“ in Kap. 8 vorgestellt.

7 Überprüfung der Wirkungsweise des Hochwasserschutzkonzeptes anhand von Modellrechnungen

7.1 Einrichtung eines Sondermeßnetzes

Um, wie in dem hier vorgestellten Projekt, eine neue Vorgehensweise entwickeln und in ihrer Wirkung abschätzen zu können, ist eine möglichst große Kenntnis des hydrologischen Geschehens im Untersuchungsraum notwendig. Die wichtigen Fragestellungen sind dabei:

- Werden die im Gebiet ablaufenden Prozesse richtig erkannt? Diese Frage ist sicherlich im Rahmen einer kurzen Meßperiode nicht vollständig zu beantworten, dennoch geben die in den Meßdaten enthaltenen Informationen Indizien, die helfen, ein abgerundetes Bild zu entwickeln.
- Wird das hydrologische Geschehen durch ein hydrologisches Modell ausreichend genau wiedergegeben? Gerade wenn Modelle am Rande ihres Definitionsbereiches angewendet werden (vgl. Kap. 7.4), muß die Kalibrierung mit besonderer Sorgfalt erfolgen. Eine Übertragung von Parametern aus benachbarten Räumen ist dann nur mit äußerster Vorsicht möglich.

Da in dem Einzugsgebiet nur von einer Station Niederschlagsdaten mit höherer Datenauflösung und keinerlei Abflußdaten vorlagen, wurde die Installation eines eigenen Meßnetzes notwendig.

7.1.1 Niederschlagsschreiber/-totalisatoren

Bezüglich der Meßdaten konnte nur auf eine bestehende Station des REKLIP-Projektes (Prof. FIEDLER, Karlsruhe; REKLIP steht für Regio-Klima-Projekt, ein Forschungsprogramm, in dem das regionale Klima im Oberrhein-Hochrhein-Gebiet untersucht wird) zurückgegriffen werden. Zusätzlich wurden deshalb weitere 4 schreibende Niederschlagsstationen installiert. Die REKLIP-Station bei Elsenz und die Station an der Eppinger Kläranlage sind mit Regenwippen nach Joss-Tognini ausgestattet, die anderen Stationen arbeiten mit herkömmlichen Schreibstreifen (Vorschub 0,25 cm/h bzw. 2 cm/h). Darüber hinaus wurde das Meßnetz durch 2 Hell-

mann-Totalisator-Stationen ergänzt, die mindestens wochenweise, bei stärkeren Niederschlägen auch in kürzeren Intervallen abgelesen wurden. Zusammengenommen ergibt sich die angestrebte Meßnetzdicke von ca. einer Station pro 10 km² (die Lage der Stationen siehe Abb. A-7). Bei größeren Gebietsgrößen pro Station müßte der Punktniederschlag (Stationsniederschlag) korrigiert werden, MANIAK (1993, S. 101) gibt hierzu für Gebietsgrößen zwischen 10 und 200 km² eine Abmilderung um 10% an.

7.1.2 Schreibende Pegel

Um das Abflußgeschehen entsprechend detailliert zu erfassen, wurden 5 schreibende Pegel installiert: Einer am Ausgang des Arbeitsgebietes (Kläranlage: 73,3 km²), je einer an der Elsenz (Penny: 41,5 km²) und am Hilsbach (Talschenke: 26,7 km²) vor der Ortslage Eppingen und zwei in kleineren Teileinzugsgebieten. Mit dieser Anordnung (siehe Abb. A-7) lassen sich die beiden Haupteinzugsgebiete, aber auch exemplarisch für die kleinen Einzugsgebiete der obere Hilsbach (Mettelmühle: 7,4 km²) und der Himmelreichbach (Himmel: 6,8 km²) erfassen. Am Hilsbach ist es zudem zumindest ansatzweise möglich, den Verlauf einer Hochwasserwelle zu verfolgen.

Durch die Stationen an den Ortseingängen und dem Ortsausgang Eppingens soll die Wellenaddition der beiden Hauptvorfluter innerhalb der Ortslage nachvollzogen und zugleich der Siedlungseinfluß erfaßt werden.

Als Pegelsystem wurde am Gebietsausgang ein Schwimmerpegel mit Widerstandsaufzeichnung über Datalogger verwendet. In den kleineren Zuflüssen hätte die Anbringung eines Pegelrohres einen deutlichen Eingriff in die Strömungsverhältnisse bedeutet und ein großes Verkläuserisiko zur Folge gehabt. Aus diesen Gründen fiel die Entscheidung für ein berührungslos messendes Ultraschallsystem (Nivosonic FMU 671/676 mit Meßsonde DU 40 der Firma Endress+Hauser). Das Meßintervall wurde auf 10 Minuten eingestellt. Da aus Kostengründen und wegen der geringen Meßperiode auf eine Befestigung des Meßquerschnitts verzichtet wurde, mußte eine mögliche Veränderung des Profils durch seine regelmäßige Vermessung überwacht werden. An den meisten Stationen ist jedoch die Veränderung vernachlässigbar, auf Probleme wird im

Zusammenhang mit der Auswertung der Meßdaten eingegangen (siehe Kap. 7.2.2).

7.1.3 Maximum-Pegel

Im Laufe der Bearbeitung stellte sich heraus, daß für ein besseres Verständnis der Dynamik aus den kleineren Teileinzugsgebieten zusätzliche Informationen zur Entstehung und zum Verlauf der Abflußwellen benötigt wurden. Für die dazu erforderliche Erweiterung des Meßnetzes war aus Kostengründen der Einsatz weiterer Ultraschallpegelanlagen ausgeschlossen, und so mußte eine preiswerte Alternative gesucht werden. Hierzu wurde dann ein Maximumpegelsystem entwickelt, bei dem ein Magnetschwimmer den jeweils höchsten Wasserstand in der Ableseperiode aufzeichnet. Die Ablesung erfolgte bei den routinemäßigen Wartungen und zusätzlich jeweils nach stärkeren Niederschlagsereignissen.

Diese Maximumpegel sind folgendermaßen konstruiert (vgl. Abb. 21): Das Grundgerüst bildet ein Stahlrohr (z.B. 2-Zoll-Wasserrohr), von ca. 3 m Länge. In dieses sind im unteren Bereich (bei ca. 1 m), gerade oberhalb des in den Boden versenkten Abschnittes, mehrere Löcher gebohrt, damit sich der Wasserstand innerhalb des Rohres dem Wasserstand des Gewässers anpassen kann. Zusätzlich sollte im oberen Teil eine Entlüftungsöffnung vorhanden sein. Nach oben wird das Rohr mit einem Kunststoffdeckel verschlossen. Das Kernstück bildet ein zylindrischer, ca. 5 cm hoher Schwimmer aus Styropor. An dessen Seite sind einander gegenüberliegend zwei Magnetstreifen angebracht. Der Schwimmer sollte im Rohr genügend Bewegungsfreiheit haben, um nicht an kleineren Verschmutzungen, wie sie durch Kleinlebewesen und verbliebene Sedimentreste entstehen, hängenzubleiben. Es muß auch ausgeschlossen werden, daß der Schwimmer sich verkantet. Bei den im Projekt eingesetzten Maximumpegeln hat sich ein Wandabstand von ca. 5 mm bewährt. Bei steigendem Wasserstand wird der Schwimmer nach oben gehoben und bleibt bei fallendem Wasserstand durch die Magneten an der Rohrwandung haften. Durch seine Position markiert er den höchsten erreichten Wasserstand. Der Auftrieb läßt sich durch einen zweiten Schwimmer – ohne Magneten – verstärken, dieser kann einfach mit dem Wasserstand absinken und belastet nicht unnötig die

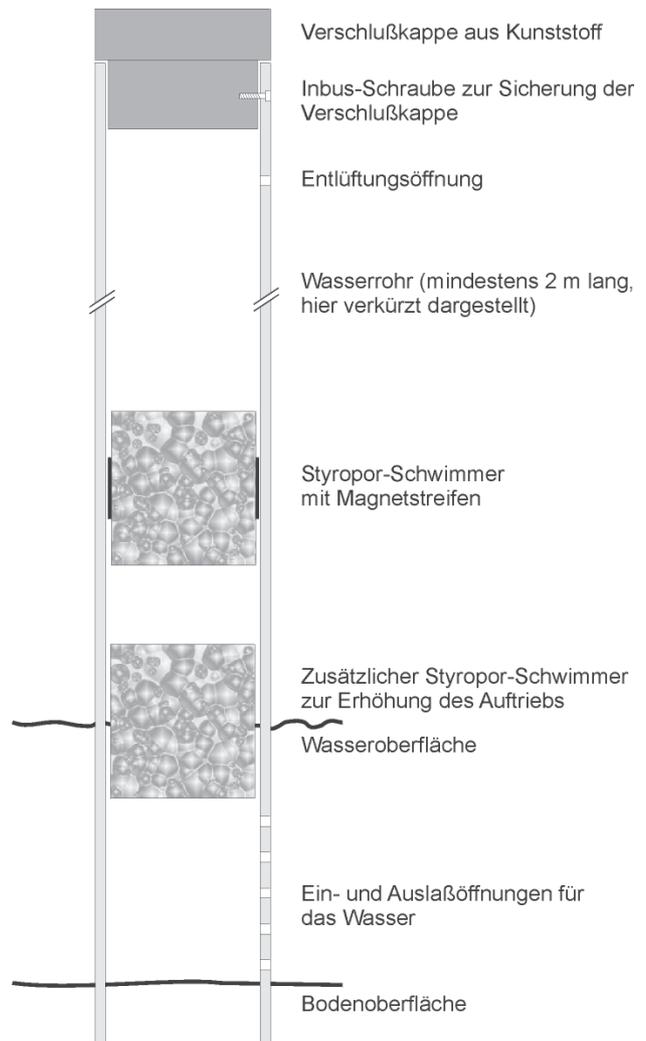


Abb. 21: Schematische Zeichnung eines Maximumpegels

Haftung der Magnetstreifen. Die Genauigkeit dieser einfachen Pegelkonstruktion liegt im Bereich von ± 1 cm. Dieser Fehler ist durch das etwas ruckartige Hochwandern der Schwimmer bedingt, da ja immer zuerst die Anziehungskraft der Magneten überwunden werden muß. Über den Vergleich des Abstandes von der Oberkante zum Schwimmer und zur Wasseroberfläche ließen sich der Auftrieb des Schwimmers und die Meßungenauigkeiten bestimmen. Für die untersuchten Gräben und Bäche mit den teilweise sehr hohen Wasserstandsschwankungen reicht die Meßgenauigkeit völlig aus. Aus den Wasserständen lassen sich, nach einer Eichung durch Abflußmessungen mit Salztracer, die Spitzenabflußwerte recht gut abschätzen.

Insgesamt wurden schließlich 13 dieser Maximumpegel im Einzugsgebiet verteilt eingesetzt, ihre genauen Positionen sind in Lagekarte der

Meßstationen (Abb. A-7) eingetragen. Hier sieht man auch, daß sie jeweils mit den entsprechenden Berechnungsknoten des hydrologischen Modells zusammenfallen. Somit ließen sich Meßdaten und modellierte Ergebnisse direkt vergleichen. Kleinere Abweichungen sind dadurch bedingt, daß der Wunschstandort nicht für eine Pegelstation geeignet war. Insgesamt wurden mit den Maximumpegeln überwiegend die kleineren Teileinzugsgebiete erfaßt. Der Maximumpegel an der Mühle Adelshofen dient als Zwischenstation auf der Fließstrecke zwischen den kontinuierlich aufzeichnenden Stationen Mettmühle und Tal-schenke. Der Pegel am Rosalienhof hat die Aufgabe, den Füllstand des bereits als Rückhalte-raum wirksamen Naturdenkmals zu dokumentieren.

7.2 Auswertung der Meßdaten

7.2.1 Niederschlagsauswertung

Wie in Kap. 7.1.1 angesprochen wurde, reicht die Meßnetzdicke gerade aus, um die Gebietsniederschläge direkt aus den Meßwerten zu entnehmen. Für den überwiegenden Teil des Untersuchungsgebietes ist mit den 5 schreibenden Niederschlagsmessern eine genügend genaue Erfassung gegeben. Die Lücken im Meßnetz der Niederschlagsschreiber werden durch die Daten aus den Niederschlagstotalisatoren geschlossen. Die wöchentlichen, bzw. bei stärkeren Niederschlagsereignissen sogar häufigeren Ablesungen erleichtern die Interpolation aus den Werten der umliegenden Meßstellen. Die für die weiteren Berechnungen ausgewählten Niederschläge gaben an allen Stationen ein ähnliches Bild ab, so kann bei diesen Ereignissen von einer relativ homogenen Verteilung im Einzugsgebiet ausgegangen werden. Durch Geräteausfall etc. fehlerhafte Datensätze wurden aussortiert oder sofern möglich, anhand der Wochensummen korrigiert. Deren Ablesung erfolgte sowohl am Regenschreiber als auch am jeweils parallel dazu aufgestellten Totalisator. Im nächsten Arbeitsschritt wurden die Daten in ein einheitliches Format gebracht, so daß für alle Stationen entsprechend der zeitlichen Auflösung der Pegelaufzeichnung die Daten in einem 10-Minuten Diskretisierungsintervall zur Verfügung standen. Die Errechnung von Tagessummen ermöglichte eine übersichtlichere Meßdatendarstellung und erleichterte die

Interpretation längerer Meßzeiträume. Abb. 26 zeigt eine solche Darstellung für die Station „Talschenke“. In dieser Grafik kommen die aus den langfristigen Aufzeichnungen des Deutschen Wetterdienstes errechneten sommerlichen Niederschlagsmaxima (vgl. Kap. 5.7) anhand der hohen Tagessummen zum Ausdruck. Die winterlichen Niederschläge geben ein nicht so einheitliches Bild ab. Insgesamt liegen die Niederschläge im Winter unter dem langjährigen Mittel. Außerdem spielen sie aufgrund der niedrigeren Intensitäten für das Hochwassergeschehen in dem vorliegenden Maßstabsbereich nur eine untergeordnete Rolle. Eine Ausnahme bildet der Niederschlag vom 25./26. Februar 1997, der für den Monat Februar untypisch ist. Mit ca. 53 mm ist er im Durchschnitt der niederschlagsärmste Monat und seit 1961 lag nur 4mal die Monatssumme über der dieses Einzelereignisses (Deutsche Meteorologische Jahrbücher des DWD). Dieses ca. 24-stündige Ereignis ist mit einer Niederschlags-summe von 85,1 mm (Kläranlage Eppingen) als 100-jährliches Ereignis einzuordnen. Bei ihm traten im gesamten Einzugsgebiet vergleichbare Niederschlagsmengen auf, die geringsten Niederschläge wurden mit 79,6 mm in Hilsbach und die höchsten mit 92,0 an der Station WB Sulzfeld (westlich von Eppingen am Modellflugplatz) gemessen.

Nicht ganz so prägnant ist eine niederschlagsreiche Phase im November 1996, sie wird hier nur der Vollständigkeit halber genannt.

Da die Messungen in Hinblick auf die Erfassung des Hochwassergeschehens erfolgten, waren in erster Linie die stärkeren Niederschlagsereignisse von Interesse. Für die detaillierte Auswertung wurden diejenigen Ereignisse herangezogen, die an mehreren Stationen eine Jährlichkeit von 0,5 überschritten hatten. Wie in Abb. 22 zu erkennen ist, traten im Untersuchungszeitraum erheblich mehr Ereignisse höherer Jährlichkeit auf, als nach der Statistik zu erwarten war. Vor allem die Jahre 1995 und 1996 (im Rahmen dieser Arbeit orientierte sich die Jahreseinteilung nicht, wie sonst bei hydrologischen Fragestellungen üblich, an hydrologischen Jahren, sondern an Kalenderjahren; da Projektbeginn und -ende jeweils am „normalen“ Jahreswechsel lagen, konnte durch diese Einteilung mit 3 vollen Jahren gerechnet werden) lagen insgesamt mit 1045 mm bzw. 822 mm über dem langjährigen Mittel von

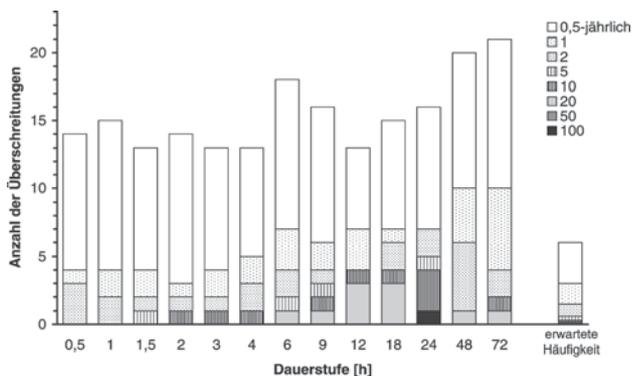


Abb. 22: Überschreitung der Niederschlags-jährlichkeiten an der Station Kläranlage Eppingen im Meßzeitraum

778 mm (die Daten beziehen sich jeweils auf Eppingen, wobei die langfristigen Daten auf den Angaben in den „Deutschen Meteorologischen Jahrbüchern“ des Deutschen Wetterdienstes basieren). Die Werte ab 1995 stammen von der Station „Kläranlage Eppingen“. Dies kann jedoch die hohen Jährlichkeiten nur partiell erklären. Man beachte in diesem Zusammenhang auch, daß das Ereignis mit der größten Jährlichkeit in das eher niederschlagsarme Jahr 1997 fällt. Ob der für die Messungen glückliche Fall vorlag, genau einen niederschlagsreichen Zyklus getroffen zu haben oder ob man die zugrundeliegenden Jährlichkeiten prinzipiell in Frage stellen muß, kann hier nicht geklärt werden und würde auch das Thema dieser Arbeit sprengen. In jedem Fall aber lag eine für die Länge des Meßzeitraums überdurchschnittlich große Anzahl von Ereignissen höherer Jährlichkeit vor.

Nach Abzug der Ereignisse, die durch Datenausfälle etc. nur eine unbefriedigende Arbeitsgrundlage boten, blieben 10 Ereignisse für die weiteren Betrachtungen übrig. Ausgewählt wurden die Ereignisse vom 18.03.95, 01.06.95, 22.07.95, 07.08.95, 27.08.95, 19.09.95, 19.05.96, 07.07.96, 20.10.96 und dem 25.02.97. Bei mehrtägigen Niederschlägen ist jeweils der Tag des Ereignisbeginns angegeben. Somit konnte problemlos die bei MANIAK (1993, S. 282) genannte Bedingung erfüllt werden, daß bei wichtigen Bauwerken ein Meßzeitraum von mindestens 2 Jahren und mindestens 3 bis 5 ausgeprägte Hochwasserereignisse erfaßt werden sollen.

Da diese ausgewählten Niederschläge zur Kalibrierung des Hydrologischen Modells herangezogen werden sollten, mußte eine Umrechnung auf die Gebietsniederschläge der einzelnen Berech-

nungsknoten erfolgen. Dies geschah mit dem IHW-Softwarepaket, nachdem die vom Programm benötigten Gewichtungsfaktoren über ein Krigingverfahren (Erläuterung des Verfahrens und weitere Literatur bei KECKLER 1994, S. 5-32) errechnet wurden. Die Daten lagen damit auch gleich in dem für das Flußgebietsmodell benötigten Format vor.

7.2.2 Abflüßauswertung

Die Auswertung der Pegeldata erwies sich als vergleichsweise schwierig. Erhebliche Probleme wurden an zwei Pegelstationen durch Ausbaggerungsmaßnahmen am Gerinne verursacht. Der Bereich um die Pegelstation „Kläranlage Eppingen“ wurde am 15.09.1995 und am 28.08.1996 ausgebaggert, bei der Station „Penny“ erfolgte nur eine Ausbaggerung am 21.03.1996. Während bei der zuletzt genannten Station ein deutliches Absinken (ca. 15 cm) des Wasserspiegels zu beobachten war, ließ sich an der Station „Kläranlage Eppingen“ keine Veränderung des Wasserstandes ablesen. Mit diesen Arbeiten versuchte die Gemeinde, der starken Aufsedimentation im Gerinnebett entgegenzuwirken, zu der es infolge der Niederschlagsphasen im August bis September 1995 und im August 1996 kam (siehe Abb. 26). Diese Aufhöhungen des Gerinnebetts erreichten nach den in regelmäßigen Abständen durchgeführten Querprofilmessungen bis zu 30 cm (vgl. die ausgewählten Messungen in Abb. 23) und führten stellenweise bereits zu Ausuferungen. Durch die Ausbaggerung der am stärksten aufgelandeten Gerinneabschnitte erhoffte man sich, die benötigte Gerinnekapazität wieder herzustellen. In der Folgezeit wurde zumindest der unterhalb des Zusammenflusses von Elsenz und Hilsbach liegende Gerinneabschnitt aufgrund des geringen Gefälles und des hohen Sedimentangebotes sehr schnell wieder aufgelandet, so daß sich nach ca. zwei Monaten wieder die gleiche Situation einstellte. In Abb. 23 sieht man, wie trotz der Ausbaggerungen in diesem Zeitraum die Gerinnesohle ca. 30 cm aufsedimentiert wurde. Lediglich durch das Hochwasserereignis vom Februar 1997 wurde ein Teil des Materials ausgeräumt. Das knapp 3 Monate später aufgenommene Profil zeigt jedoch schon wieder die erneute Auflandung.

Die Ursache liegt in Rückstauphänomenen, die durch das extrem niedrige Gefälle (um 0,5‰)

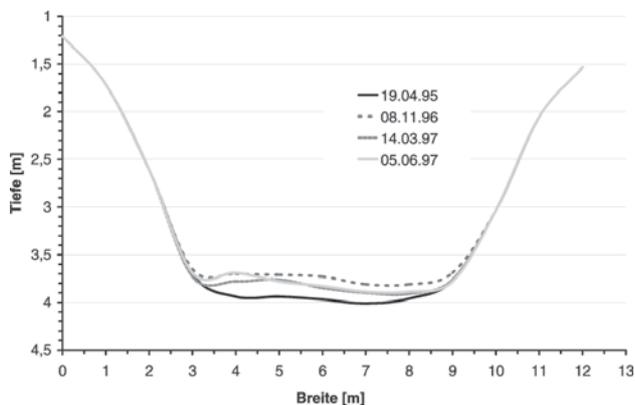


Abb. 23: Veränderung des Querprofils an der Station „Kläranlage“

bedingt sind. Da der unterhalb der Kläranlage anschließende Gerinneabschnitt nicht ausgebaggert wurde, verminderte sich das relative Gefälle sogar noch. Dies wiederum bewirkte eine Verlangsamung der Fließgeschwindigkeiten und förderte entsprechend die Sedimentation. Am Pegel zeigte sich dies in einer fast völligen Dämpfung der kleineren Abflußpeaks, bei einem vor und nach der Ausbaggerung fast unveränderten mittleren Wasserstand. Da es für die Kompaktierung des nach der Ausbaggerung wieder aufgelandeten Sohlsediments einiger Zeit bedarf, konnten die regelmäßig durchgeführten Querprofilvermessungen die Veränderung des abflußwirksamen Querschnittes nur anhaltsweise wiedergeben. Eine exakte Korrektur ist bei solchen Randbedingungen nicht möglich.

Von den Ausbaggerungen waren die Pegelstationen Kläranlage Eppingen (zweimal) und Penny (einmal) betroffen. Während die oben geschilderten Probleme an der Kläranlage Eppingen die Erstellung einer gesicherten Abflußkurve verhinderten, konnte sie mit einigem Aufwand für die Station Penny erstellt werden. Hier war mit Hilfe der Veränderung des mittleren Wasserstands und den vor und nach der Ausbaggerung gemessenen Querprofilen eine einheitliche Umrechnung in Abflußwerte möglich. Dazu wurden unter Berücksichtigung des veränderten Querprofils die alten, vor der Ausbaggerung gemessenen Wasserstände auf das neue Profil umgerechnet. Günstig erwies sich, daß aufgrund des etwas größeren Gefälles keine Rückstauprobleme auftraten. Auch umfaßte die Beeinflussung durch die Ausbaggerung den gesamten für die Pegelstation bedeutsamen Bereich und es kam somit zu keiner wesentlichen Veränderung des Gefälles.

Abgesehen von diesen Korrekturen basieren die Abflußkurven auf direkten Abflußmessungen bei verschiedenen Wasserständen. Diese Messungen wurden überwiegend mit Hilfe von Salztracermessungen (NaCl) nach der Integrationsmethode durchgeführt. Durch die momentane Zuführung der Salzlösung kann man auch bei großen Abflüssen noch mit einer akzeptablen Menge an Tracersubstanz auskommen (bis zu 10 kg am Gebietsauslaß, LAWA & BMV 1991), was im Rahmen des Projektes den Einsatz dieser Methode im Hochwasserfall ermöglichte und zudem mit vergleichsweise geringem Zeitaufwand durchführbar war. Die Registrierung der Konzentrationsganglinie erfolgte über die Messung der Leitfähigkeit. Ergänzend dazu wurden während verschiedener Geländepraktika Abflußmessungen mit Flügelrad bzw. induktiver Geschwindigkeitsmessung gemacht. Die durch unterschiedliche Meßmethoden oder zeitlich versetzte Doppelmessungen erhaltenen Werte streuten dabei im Bereich < 10% und lagen damit innerhalb der zu erwartenden Meßfehler (vgl. MORGENSCHWEIS 1988, 1990, 1993). Bei den Vergleichswerten ließ sich keine systematische Über- oder Unterschätzung durch eines der Verfahren erkennen. Wenn auch die ca. 20 Parallelmessungen nicht für einen statistisch fundierten Vergleich der Meßverfahren ausreichen, bestätigen die Werte jedoch, daß bei den Tracermessungen mit vergleichbaren Fehlern wie bei Abflußmessungen mit Flügelrad oder Induktionsmethode zu rechnen ist (LAWA & BMV 1991, S. 5.4).

In Abb. 24 ist beispielhaft die Abflußkurve für die Station „Talschenke“ dargestellt. Zwar liegen, wie bei einer kurzen Meßperiode nicht anders zu erwarten, nur wenige Meßwerte für hohe Wasser-

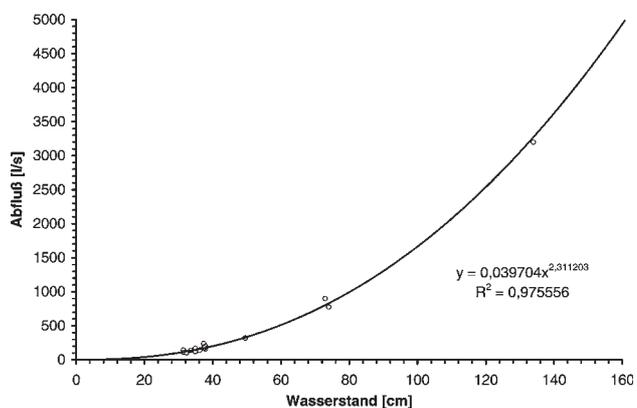


Abb. 24: Abflußkurve an der Station „Talschenke“

Name der Pegelstation	geringster Abfluß der Meßperiode	mittlerer Abfluß der Meßperiode	maximaler Abfluß der Meßperiode (nach Pegel-aufzeichnung)	maximaler direkt gemessener Abfluß der Meßperiode
KA Eppingen	~300 l/s	~600 l/s	~15,2 m³/s	15,1 m³/s
Talschenke	50 l/s	140 l/s	5,8 m³/s	3,2 m³/s
Mettelmühle	5 l/s	40 l/s	4,0 m³/s	1,1 m³/s
Penny	90 l/s	200 l/s	8,7 m³/s	4,3 m³/s
Himmel	3 l/s	80 l/s	2,1 m³/s	0,7 m³/s

Tab. 10: Abflußwerte der Meßperiode

stände vor, doch zeigen die vorliegenden Werte einen guten Zusammenhang. Vergleichbares gilt auch für die anderen Pegelstationen, nur an der Station „Kläranlage Eppingen“ gibt es, wie bereits erläutert, keine eindeutige Beziehung.

Um einen Einblick in die im Meßzeitraum aufgetretenen Abflußwerte zu geben, sind in der Tab. 10 einige Abflußdaten aufgeführt.

Die maximalen Abflußwerte sind überwiegend dem Ereignis vom Februar 1997 zuzuordnen. Bezogen auf die Niederschlagsdauer von mehr als 24 Stunden erreichte dieser Niederschlag eine Jährlichkeit von 100 und erzeugte fast durchweg die höchsten Abflüsse. Jedoch traten am 7. und 8. August 1995 schon einmal fast ebenso hohe Abflüsse auf. An diesem Termin war jedoch das Niederschlagsfeld erheblich inhomogener und entsprechend die Abflüsse sehr unterschiedlich. Außerdem fiel bei diesem Ereignis der größte Teil des Niederschlags in einem Zeitraum von ca. 2

Stunden, so daß bei diesem kurzen Niederschlag hoher Intensität vor allem der Stadtabfluß reagierte. Entsprechend lieferten die durch Landabfluß geprägten Pegel nur ungefähr halb so große Abflüsse wie im Februar 1997, während an der Kläranlage Eppingen die Abflüsse bei beiden Hochwassern einander entsprachen. Der durch den Stadtabfluß von Hilsbach stark geprägte Pegel „Hilsbach“ war beim Ereignis vom August 1995 noch nicht in Betrieb, jedoch lassen die Auswertung der späteren Ereignisse und die Modellrechnungen den Schluß zu, daß bei diesem Ereignis deutlich höhere Abflußwerte ($> 3,5 \text{ m}^3$) auftraten als im Februar 1997. Der in Tab. 9 aufgeführte Wert wurde am 12.09.1995 gemessen, der dazugehörige Niederschlag führte jedoch nur am Pegel „Mettelmühle“ zu einem besonders hohen Wasserstand. An beiden Terminen konnte der Abfluß von ca. $15 \text{ m}^3/\text{s}$ gerade noch abgeführt werden, ein minimaler weiterer



Abb. 25: Überschwemmung am Pegel Penny im Februar 1997

Anstieg des Wasserspiegels hätte zum Rückstau hinter der im Bereich der Kläranlage befindlichen Brücke geführt. In diesem Fall wären Teile der Kläranlage inklusive der Pumpenanlage überschwemmt worden.

Andernorts kam es bei diesem Ereignis zwar stellenweise zu Überflutungen, jedoch führten sie nur zu geringen Schäden (siehe Abb. 25, das Photo wurde ca. 1 Stunde nach dem Höchststand bei schon stark gefallenem Wasserstand aufgenommen. Das angeschwemmte Material läßt jedoch den Maximalstand erahnen). Insofern kann man diesen Erfahrungswert als Planungsziel für den gerade noch zulässigen Abfluß übernehmen, d.h. die Abflüsse sollen bei den Bemessungsereignissen nicht die in Tab. 10 aufgeführten Werte überschreiten. Hierzu sei angemerkt, daß nach den hydraulischen Berechnungen von WALD & GÖPPERT (1996) die Leistungsfähigkeit des Gerinnes im Bereich der Ortslage stellenweise nur 5 m³/s beträgt. Zwar weichen diese Angaben von den gemessenen Daten bzw. den beobachteten Überschwemmungen ab, sie zeigen jedoch, wie unsicher der verwendete Bemessungswert gegenüber den kleinsten Veränderungen von den die Leistungsfähigkeit bestimmenden Faktoren ist. Die weiter oben bereits erläuterte Sedimentationsproblematik muß also auf jeden Fall bekämpft werden, da sonst der Abflußquerschnitt nicht den Anforderungen eines 100-jährlichen Ereignisses genügt. Zur Verdeutlichung sei hier für den Abflußquerschnitt an der Pegelstation „Kläranlage“ ein kleines Rechenbeispiel angeführt:

Die in der Projektlaufzeit real beobachteten Veränderungen des Gefälles liegen dimensionsmäßig im Bereich von $\pm 0,1\%$ des aktuellen Zustandes. Nach Tab. 11 ergibt sich daraus bei gleichem Wasserstand eine Veränderung der Abflußmenge um $-1,6$ bzw. $+1,4$ m³/s. Der unterhalb Eppingen liegende Elsenzabschnitt hatte im ursprünglichen Zustand, vor Anlage des Stauwehres in Richen, eine mittleres Gefälle von 1‰. Ein Rückbau dieses inzwischen nicht mehr benötigten Wehres würde den Gefällsunterschied auf dem ca. 4 km langen Abschnitt von 2 auf 4 m (siehe Tab. 11) verdoppeln und sollte als ein möglicher Beitrag zur Lösung des Problems in die Diskussion einbezogen werden.

Eine wichtige Funktion der gemessenen Abflußganglinien war, mit ihnen die Zuverlässigkeit der

Gefälle in ‰	Abfluß nach Manning-Strickler bei gleichem Wasserstand wie im Februar 1997
0,4	13,6 m ³ /s
0,5 (aktuelles Gefälle)	15,2 m ³ /s
0,6	16,6 m ³ /s
0,7	18,0 m ³ /s
1,0	21,5 m ³ /s

Tab. 11: Abhängigkeit von Gefälle und Abfluß am Pegel „Kläranlage Eppingen“

Modelldaten zu überprüfen (siehe Kap. 7.5). Darüber hinaus konnten einige hydrologische Verhaltensweisen des Untersuchungsgebietes direkt aus ihnen abgelesen werden:

- Die Ganglinien von Hilsbach und Elsenz addieren sich genau in Eppingen (vgl. Abb. 27 und 29). Dabei sind jedoch die Abflußspitzen meist weniger als ein bis zwei Stunden gegeneinander versetzt. Der maximale Versatz war bei dem mit ca. 24 Stunden relativ langen Niederschlagsereignis vom Februar 1997 mit ca. 2,5 Stunden zu verzeichnen (vgl. Abb. 29). Eine eindeutige Tendenz, in welcher Reihenfolge die Peaks der beiden Teileinzugsgebiete aufeinandertreffen, läßt sich nicht feststellen. Die Ursachen für diese Schwankungsbreite sind neben der Eigencharakteristik der Niederschläge vor allem in der sich jahreszeitlich ändernden Vegetation zu suchen.
- Die Hochwasserabflüsse am Pegel „Talschenke“ liegen im Verhältnis zu denen am „Penny“ niedriger, als man aus der Relation der Einzugsgebietsgrößen (2 : 3) erwarten sollte (vgl. Abbildungen 27 und 28). Bei extremen Niederschlagsereignissen wie dem vom Februar 1997

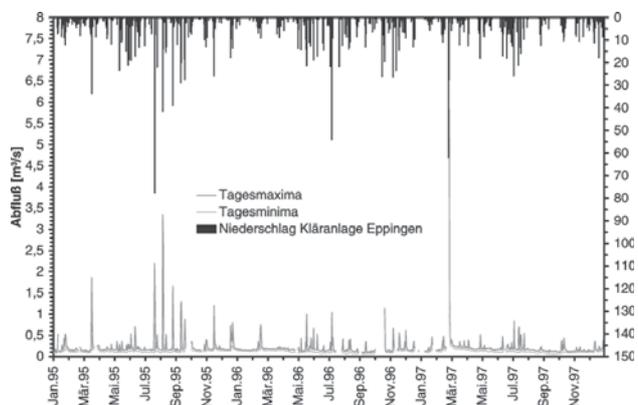


Abb. 26: Niederschläge und Wasserstände an der Station Talschenke

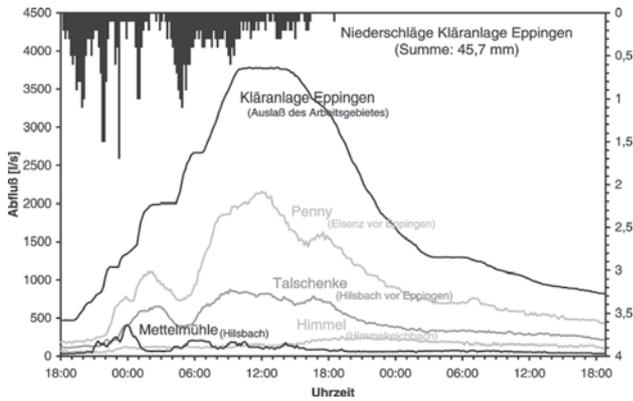


Abb. 27: Abflußganglinien an den Pegelstationen für das Ereignis vom 19. bis 21.09.1995

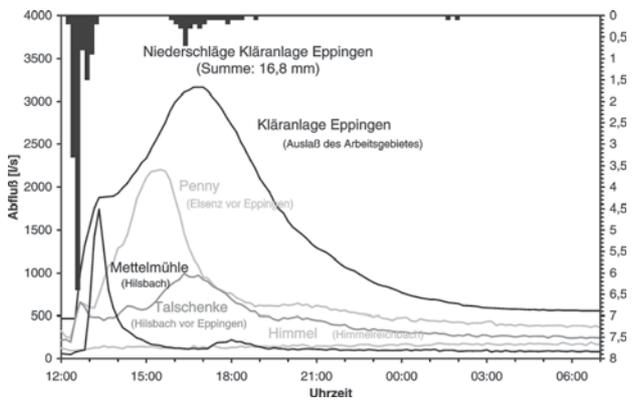


Abb. 28: Abflußganglinien an den Pegelstationen für das Ereignis vom 19. und 20.05.1996

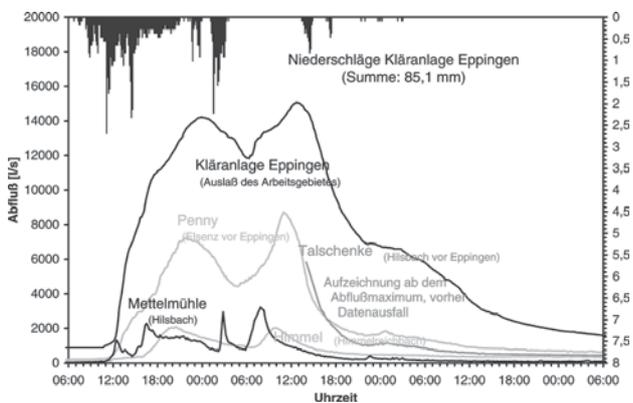


Abb. 29: Abflußganglinien an den Pegelstationen für das Ereignis vom 25. bis 28.02.1997

(siehe Abb. 29) scheinen die dazu führenden Retentionseffekte jedoch geringer zu werden. Hier entspricht das Verhältnis der Abflüsse dem der Einzugsgebietsgrößen bzw. dem der Basisabflüsse.

- Auf der Laufstrecke zwischen den Pegeln „Mettelmühle“ und „Talschenke“ werden die sehr ausgeprägten Stadtabflußpeaks aus dem Siedlungsgebiet von Hilsbach durch die Ge-

rinnerretention und die Vermischung mit dem Landabfluß völlig abgeflacht. Sie lassen sich keinem der Teilpeaks an der Station „Talschenke“ eindeutig zuordnen. Selbst der am 19. und 20.05.1996 an der Station „Mettelmühle“ (um ca. 13:15 Uhr) aufgetretene, extreme Abflußpeak läßt sich an der unterhalb liegenden Station kaum noch erkennen. Die Siedlungswasserwelle mit einer Abflußerhöhung von $1,2 \text{ m}^3/\text{s}$ an der oberen Station führt nach ca. einer Stunde Laufzeit lediglich noch zu einer Erhöhung von ungefähr 100 l/s (siehe Abb. 28). Eine typische Situation ist in Abb. 27 und 29 gegeben. Hier sind die Abflußspitzen der Station „Mettelmühle“ innerhalb der Abflußganglinie an der Station „Talschenke“ nicht mehr zu erkennen.

- In Abb. 26 (die hier aufgeführten Niederschlagsdaten stammen von der Station „Kläranlage Eppingen“. Diese Station liegt nur ca. 1 km von der Pegelstation „Talschenke“ entfernt und ihre Daten korrelieren zudem am besten mit der zentral im Hilsbach-Einzugsgebiet gelegenen Totalisator-Station „Kläranlage Adelshofen“. Sie kann somit als für das Hilsbachgebiet repräsentativ angesehen werden), in der exemplarisch die Niederschläge und Abflußwerte über den gesamten Meßzeitraum gegeneinander aufgetragen sind, lassen sich einzelne Phasen mit erhöhten Abflüssen erkennen. Die Abflußmengen zeigen sogar deutlicher als die Niederschlagstagesummen die Zeiten erhöhter Niederschläge im Sommer an. Das sich in der längerfristigen Statistik abzeichnende Niederschlagsmaximum im Winter ist anhand der Meßdaten nicht zu erkennen. Die eher hohen Niederschlagsdauern bei kleinen Intensitäten führen weder zu hohen Tagessummen des Niederschlags noch zu Abflußspitzen. Außerdem lagen die Monatssummen der beiden Winter des Meßzeitraums unter dem langjährigen Durchschnitt.
- Bei dem 100-jährlichen Niederschlag im Februar 1997 (vgl. Abb. 29) wurde an der Kläranlage Eppingen ein Abfluß von ca. $15 \text{ m}^3/\text{s}$ erreicht. Dieser Abfluß führte zu ersten Ausuferungen, die aber noch ohne eine größere Schädigung blieben. Bei höheren Abflüssen, wie sie z.B. trotz gleicher Jährlichkeit bei anderen Dauerstufen auftreten können, ist mit relativ hohen Schäden zu rechnen (Über-

schwemmung der Kläranlage durch Rückstau hinter einer Brücke, Überflutung einiger Keller in der Nähe des Pegels „Penny“, etc.)

- Beim Betrachten der Abflußganglinien in den Abbildungen 35, 36 und 37 fällt auf, daß am Pegel „Himmel“ meist nur sehr gedämpfte Abflußpeaks auftreten. Dies ist auf die schon bestehende Rückhaltewirkung durch das Naturdenkmal „Rosalienhof“ zurückzuführen. Um an dieser Stelle ein Feuchtbiotop anzulegen, wurde mit der in Abb. 39 gezeigten Mauer ein künstlicher Aufstau erzeugt. Die bisherige Retentionswirkung wird in Abb. 30 deutlich. Eine Zeitlang wird der ansteigende Ast der Hochwasserwelle gedämpft. Wenn das Stauvolumen des Naturdenkmals ausgelastet ist und die Staumauer überströmt wird, führt dies zu einem plötzlichen Anstieg der Abflußmenge am unterhalb liegenden Pegel. Im absteigenden Ast vollzieht sich dann erst die Entleerung des „Rückhalteriums“, bevor der Wasserstand am Pegel wieder absinkt. Die für eine unregelmäßige Rückhaltung ungewöhnliche Form der Ausflußganglinie erklärt sich durch die Verteilung des verfügbaren Stauvolumens. Zuerst wird bei schnell steigendem Wasserstand im Staubereich der nur wenig Volumen zur Verfügung stehende Gerinnebereich gefüllt. Entsprechend dem durch die Stauhöhe bedingten Druck steigt der Abfluß im Rohrdurchlaß kontinuierlich an. Kurz vor dem Überströmen wird dann der größte Anteil des Rückhaltevolumens durch das Überströmen der Fläche des Naturdenkmals freigesetzt. Da hierbei jedoch die Stauhöhe nur im Bereich von ca. 10 cm variiert wird, bleibt bei ungefähr gleichbleibendem Druck der Abfluß bis zum Überströmen und gleichfalls beim Leerlaufen eine Zeitlang fast konstant. Dies zeigt sich in der Abflußganglinie an der Pegelstation durch das „Plateau“ in der Ganglinie. Daß bereits relativ kleine Ereignisse (siehe Abb. 30) zum Überströmen der Staumauer führen, läßt erkennen, daß das bisherige Rückhaltevolumen zu gering ist. Bei einigen Ereignissen (nicht abgebildet) zeigte dieser Rückhalteraum keine Retentionseffekte, in diesen Fällen war das Naturdenkmal bereits vor dem eigentlichen Ereignis aufgrund der Verklausung des Grundablasses durch Voregen gefüllt und verfügte somit nicht mehr

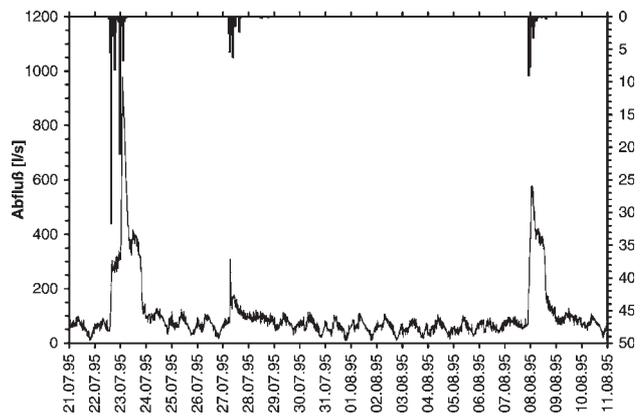


Abb. 30: Abflußganglinie am Pegel „Himmel“ vom Juli/August 1995

über freies Rückhaltevolumen. Auf die vorgeschlagenen Modifikationen wird in Kap. 8.1.2 eingegangen.

7.3 Vorstellung des verwendeten hydrologischen Modells

Unter den verschiedenen, rechnergestützten Modellen wurde das Softwarepaket des Instituts für Hydrologie und Wasserwirtschaft der Universität Karlsruhe (IHW) ausgewählt, das neben einigen weiteren Funktionen vor allem der Erstellung von Flußgebietsmodellen dient. Soweit möglich, wurde bei den im Programm implementierten Verfahren zur Beschreibung hydrologischer Prozesse auf physikalische Zusammenhänge zurückgegriffen. Jedoch sind ebenso empirische Parameter enthalten, an denen das Modell entsprechend der regionalen Gegebenheiten nachgeeicht werden muß. Außerdem beschreiben einige der enthaltenen Formeln empirisch ermittelte Zusammenhänge (z.B. Kalinin-Miljukov, Lutz-Parameter). Auf die verwendeten Verfahren wird in den folgenden Unterkapiteln eingegangen.

Neben inhaltlichen Aspekten sprechen verschiedene praktische Gründe für die Verwendung des genannten Programms. Ein wichtiges Argument sind die vielfältigen, aus benachbarten Regionen vorliegenden Anwendungsbeispiele (z.B. INSTITUT FÜR HYDROLOGIE UND WASSERWIRTSCHAFT KARLSRUHE 1988). Das Modell bildet damit sozusagen die regionale Referenz bei der Beurteilung von hydrologischen Planungen. Deshalb war auch aus Gründen der Vergleichbarkeit (z.B. mit WALD & GÖPPERT 1996) seine Verwendung angeraten.

Für die inhaltliche Eignung spricht, daß eine große Anzahl von Rückhaltemaßnahmen ins Modell implementiert werden kann. Prinzipiell lassen sich auch die anderen Konzeptbausteine berücksichtigen. Daß später bei der Modellerstellung eine Beschränkung auf Retentionsareale und siedlungswasserwirtschaftliche Maßnahmen erfolgt, liegt am Mangel geeigneter Parameter für die anderen Konzeptbausteine. Die Auswirkungen der bodenschonenden Bewirtschaftung werden noch sehr unterschiedlich bewertet, ebenso die Herabsetzung der Fließrauhigkeit. Die Flächen zur Sedimentretention bereiten im verwendeten Modell etwas Probleme. Da sie gekammert sind und eine Berücksichtigung als „Seeretention“ die Knotenflächen weiter verkleinern würden, sind sie am besten über den Anfangsverlust zu erfassen. Da bei Beginn der Modellierung die Standorte noch nicht endgültig bestimmt waren (GÜNDRA 1999), konnten sie nicht einbezogen werden.

Darüber hinaus stehen im Programmpaket bei vielen Teilaspekten unterschiedliche Verfahren zur Verfügung, von denen dann entsprechend der Datenlage das geeigneteste ausgewählt werden konnte. Die zusätzliche Erhebung von Daten hielt sich in einem vertretbaren Aufwand.

Der Berechnungsvorgang richtet sich nach einem durch die Anordnung der einzelnen Knoten vorgegebenen Ablauf. Die einzelnen Knoten repräsentieren jeweils ein Teileinzugsgebiet mit Stadt- und Landabfluß, bei Bedarf ein Rückhaltebecken und das Flood-Routing entlang der Gewässerstrecke bis zum nächsten Knoten (siehe Abb. 31). Die Stadtabflußmodule der einzelnen Knoten können auch direkt untereinander verknüpft werden.

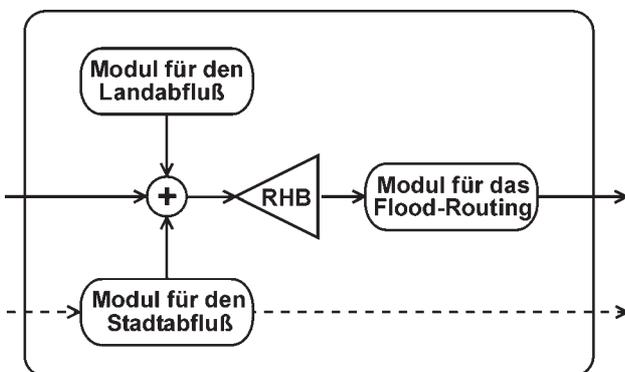


Abb. 31: Flußdiagramm für den Rechenablauf an einem Knoten

7.3.1 Verwendung des Lutz-Verfahrens für den Landabfluß

Der Berechnung des Landabflusses fällt eine besondere Bedeutung zu, da die zu bearbeitende Landfläche den überwiegenden Flächenanteil stellt. In dem entsprechenden Modul muß der verteilt auf die Landfläche fallende Niederschlag in den resultierenden Abfluß transformiert werden. Dies geschieht in Flußgebietsmodellen üblicherweise anhand einer Einheitsganglinie, die sozusagen die Transformationsfunktion darstellt. Sofern keine Einheitsganglinien aus gemessenen Ereignissen vorliegen, müssen diese über ein Regionalisierungsverfahren erzeugt werden. Das für diese Untersuchung verwendete Verfahren nach LUTZ (1984) basiert in erster Linie auf den Arbeiten von WITTENBERG (1974) und ANDERL (1975). Neben der Beschreibung der Einheitsganglinienform, auf deren Herleitung weiter unten eingegangen wird, ist der Abflußbeiwert der wichtigste Parameter zur Beschreibung des Abflußverhaltens. Bei dem hier verwendeten Verfahren basiert die Berechnung des Abflußbeiwertes und seines Verlaufs auf dem prozentualkapazitiven Ansatz von ANDERL (1975), der in der nachstehenden Formel seinen Ausdruck findet:

$$R = N - ((N - A_v) \cdot c + \frac{c}{a} \cdot (e^{-a \cdot (N - A_v)} - 1))$$

(LUTZ 1984, S. 30)

In diesem Zusammenhang bedeuten:

R = Gebietsrückhalt

N = Gebietsniederschlag

c = maximaler Abflußbeiwert, in diesen Wert gehen Landnutzung und Bodentyp ein

A_v = Anfangsverlust für die unversiegelten Flächen

a = Proportionalitätsfaktor

Der Anfangsverlust AV und der Proportionalitätsfaktor a werden anhand des Basisabflusses bestimmt, der dabei als Ersatzmaß für die Vorbodenfeuchte dient (LUTZ 1984, S. 31). Dieser Ansatz berücksichtigt die Abhängigkeit des zum Abfluß kommenden Niederschlagsanteils von der Bodensättigung. In Anlehnung an WITTENBERG (1974) wurde er insoweit ergänzt, daß die versiegelten und die unversiegelten Flächen getrennt behandelt werden und zwei voneinander unabhängige Kaskaden bilden:

$$R = N - (N - A_V) \cdot c + \frac{c}{a} \cdot (e^{-a(N-A_V)} - 1) \cdot \frac{A - A_S}{A} + (N - A_{VS}) \cdot \varphi_S \cdot \frac{A - A_S}{A}$$

Ebenso wurde in dieser Gleichung der Proportionalitätsfaktor aus anderen Parametern als bei ANDERL (1975) abgeleitet:

$$a = C1 \cdot e^{-\frac{C2}{WZ}} \cdot e^{-\frac{C3}{j_B}} \cdot e^{-C4 \cdot D}$$

- C1 = Einfluß der hydrologischen bzw. geologischen Eigenschaften des EZG
- C2 = Einfluß der Jahreszeit
- C3 = Einfluß der Vorbodenfeuchte
- C4 = Einfluß der Niederschlagsdauer
- D = Niederschlagsdauer
- WZ = Wochenzahl
- A = Einzugsgebietsfläche
- A_{VS} = Anfangsverlust für die versiegelten Flächen
- A_S = versiegelte Einzugsgebietsfläche
- φ_S = Abflußbeiwert der versiegelten Fläche

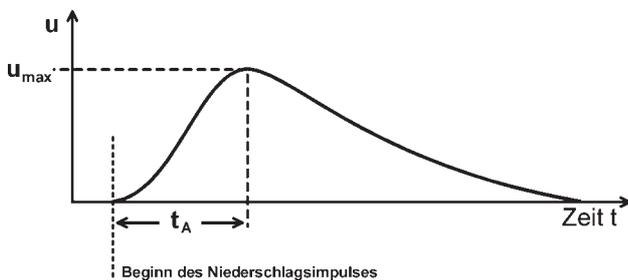


Abb. 32: Kenngrößen der Einheitganglinie (nach LUTZ 1984, S. 36)

Die Form einer Einheitganglinie läßt sich recht gut anhand der Kenngrößen Anstiegszeit t_A und Scheitelwert u_{\max} beschreiben (siehe Abb. 32). Aus Korrelationsrechnungen zwischen Ganglinien- und Einzugsgebietsparametern von 75 Untersuchungsgebieten konnte LUTZ (1984, S.109) den folgenden Zusammenhang finden:

$$t_A = P1 \cdot \frac{L \cdot L_C}{IG^{1,5}}^{0,26} \cdot e^{-0,016 \cdot U} \cdot e^{0,004 \cdot W}$$

- t_A = Einheitganglinienanstiegszeit
- P1 = Gebietsfaktor, er beschreibt die Gebietsmerkmale bezüglich des Ausbaugrades des Gewässers u. der Bebauungsdichte [-]

- L = Länge des Hauptvorfluters [km]
- L_C = Länge des Hauptvorfluters bis zum Schwerpunkt des Einzugsgebietes [km]
- IG = gewogenes Gefälle des Hauptvorfluters, es berücksichtigt die Teilgefälle entsprechend der realen Streckenanteile [-]
- U = Bebauungsanteil [%]
- W = Waldanteil [%]

Im weiteren fand LUTZ (1994) einen direkten Zusammenhang zwischen Scheitelwert u_{\max} und der Anstiegszeit t_A . Der Scheitelwert läßt sich somit aus der bereits berechneten Anstiegszeit ableiten. Da meist mit diskreten Intervallen gerechnet wird, gibt u_{\max} einen über das Intervall gemittelten Wert an. Unter Berücksichtigung dessen gilt die Beziehung zwischen t_A und u_{\max} jeweils nur für eine definierte Länge des Berechnungsschrittes. Für ein 15-min-Intervall gilt beispielsweise

$$u_{\max} = 0,612 \cdot t_A^{-0,991}$$

(IHRINGER & KRON 1993, S. A-22).

7.3.2 Verwendung des Kalinin-Miljukov-Verfahrens für das Flood-Routing

Die durch die Charakteristika einer Landfläche vorgegebene Form der Abflußganglinie wird im Verlauf der Fließstrecke noch deutlich überprägt. Dabei spielen die Überlagerung der einzelnen Teilwellen, aber auch die direkten Auswirkungen der Gerinnegeometrie eine Rolle. Nun gibt es zwei Wege, sich mit dieser Problematik zu befassen. Während aus der Sichtweise der Hydraulik die Energiebilanz im Mittelpunkt der Betrachtung steht, rückt bei den hydrologischen Verfahren das Retentionsverhalten in den Vordergrund. Die unterschiedlichen hydrologischen Verfahren versuchen, eine Beziehung zwischen der Retention und dem Abfluß herzustellen. Die Retention wiederum wird weitgehend durch das Volumen eines Gerinneabschnittes bestimmt.

Hydrologische Verfahren sind aufgrund eines niedrigeren Daten- und Rechenbedarfs bei der Berechnung längerer Fließstrecken im Vorteil. Wo aber genaue Aussagen über Wasserstands- und Strömungsverhältnisse verlangt werden, muß man auf hydraulische Berechnungsansätze zurückgreifen (vgl. Kap. 4.2.1).

Beim Kalinin-Miljukov-Verfahren, einem der gebräuchlichsten hydrologischen Verfahren, wird

das Gerinne in „eine Folge von n hintereinanderliegenden Becken“ (ROSEMANN 1970, S. 9) eingeteilt. Hierbei entspricht die Länge eines solchen Beckens bzw. ein sogenannter „charakteristischer Gerinneabschnitt“ dem doppelten der Strecke I. Diese Strecke I erhält man durch den Vergleich der instationären Abflußschleife und der derselben Stellen zugeordneten, stationären Abflußkurve (unter instationärem Abfluß versteht man die durch die Abflußschleife begründete uneindeutige Zuordnung zwischen Wasserstand und Abfluß. Der stationäre Zustand geht hingegen von einer eindeutigen Zuordnung aus; die Entstehung der Abflußschleife ist darin begründet, daß durch eine Hochwasserwelle das Wasserspiegelgefälle eines Vorfluters verändert wird und dadurch bei einem definierten Wasserstand unterschiedliche Fließgeschwindigkeiten und Abflußmengen auftreten können). Aus der Form der Abflußschleife läßt sich erkennen, um wieviel verzögert ein Abfluß an einem Punkt auftritt, als dies bei einer eindeutigen Abflußkurve der Fall wäre. Ordnet man dem Zeitintervall die in dieser Zeit durchflossene Strecke zu, erhält man die gesuchte Strecke I. Für den so ermittelten charakteristischen Abschnitt L_C der Länge $2 \cdot I$ gilt, daß das gespeicherte Volumen bei instationärem Fließvorgang dem bei stationärer Strömung entspricht. Einige vereinfachende Annahmen vorausgesetzt, erhält man eine eindeutige Beziehung zwischen Abfluß und gespeichertem Volumen.

Die Länge eines charakteristischen Abschnitts läßt sich dann nach der Formel

$$L_C = \frac{Q_{st}}{I_{st}} \cdot \frac{d(h_{st})}{d(Q_{st})} \text{ ermitteln.}$$

Dabei bedeuten:

L_C = charakteristische Länge [m]

Q_{st} = stationärer Abfluß [m³/sec]

h_{st} = Wasserstand bei stationärem Abfluß

I_{st} = Wasserspiegelgefälle bei stationärem Abfluß [-]

Da die charakteristische Länge immer nur für einen kleinen Abflußbereich gültig ist, wird sie über die Anzahl der Abflußbereiche gemittelt. Die Anzahl der Linearspeicher des betrachteten Gerinneabschnittes ergibt sich, indem man die Gesamtlänge des Abschnittes durch die errechnete Anzahl der Linearspeicher teilt. Die Speicherkonstante der einzelnen Abschnitte ist der Quo-

tient aus Volumen- und Abflußänderung. Im verwendeten Programm ist die Unterteilung in zwei verschiedene Abflußbereiche möglich, wobei jeder durch eine eigene Konstante ausgedrückt wird. Es bot sich an, die erste für den „normalen“ Gerinneabfluß und die zweite für den Ausuferungsbereich zu verwenden.

In erster Linie interessiert der Abfluß am Ende eines Gerinneabschnittes. Um ihn zu erhalten, wird die Zuflußganglinie durch alle Teilabschnitte „geroutet“. Dazu findet die folgende Arbeitsgleichung Anwendung (IHRINGER 1993, S. A-34):

$$Q_{a,i+1} = Q_{a,i} + (Q_{z,i} - Q_{a,i}) \cdot (1 - e^{-\Delta t/k}) + (Q_{z,i+1} - Q_{z,i}) \cdot \left(1 - \frac{k}{\Delta t}\right) \cdot (1 - e^{-\Delta t/k})$$

In diesem Zusammenhang beinhalten $Q_{a,i}$ und $Q_{z,i}$ den Abfluß bzw. Zufluß des betrachteten Gewässerabschnittes im Zeitintervall i . Δt der Berechnungszeitschritt. Der Abfluß eines Teilabschnittes bildet jeweils den Zufluß des nächsten. Wenn auch durch das Kalinin-Miljukov-Verfahren eine gute Annäherung an die reale GerinneRetention erreicht werden kann, muß bedacht werden, daß einige der bei der Modellbildung gemachten Vereinfachungen zu Fehlern führen können, die insbesondere in dem betrachteten Maßstabsbereich zum Tragen kommen:

- Die Vernachlässigung des Totraumes, d.h. des Gerinnebereiches, der auch bei einem Abfluß von null noch mit Wasser gefüllt bleibt. Dieser Bereich macht bei sehr kleinen und flachen Gewässern einen verhältnismäßig großen Anteil aus. Die hydraulischen Auswirkungen solcher Bereiche sind jedoch kaum beschreibbar und in einem hydrologischen Verfahren von vornherein ausgeklammert.
- Es wird vorausgesetzt, daß das zusätzliche Gefälle, welches durch das Durchlaufen der Hochwasserwellen entsteht, maximal 10% des stationären Gefälles beträgt. In sehr flachen Bereichen und bei kurzen Wellenanstiegszeiten ist dies nicht immer gegeben. Im Untersuchungsgebiet treten unterhalb der Ortslage Eppingen zeitweise solche Verhältnisse auf.
- Das gemittelte Gefälle der jeweiligen Gerinneabschnitte spiegelt die teilweise stark variierenden Gefällsverhältnisse nicht wider.
- Da die Abflüsse anhand der Fließformel

von Manning-Strickler ($Q=M \cdot A \cdot R^{2/3} \cdot S^{1/2}$ mit Q =Abfluß [m^3/s], M =Manningbeiwert [$m^{1/3}/s$], A =Fließquerschnitt [m^2], R =hydraulischer Radius [m], S =Gefälle [-]) abgeschätzt werden, treten Genauigkeitseinschränkungen auf, die bei der Verwendung empirischer Formeln üblich sind. Darüber hinaus bereitet vor allem die Wahl des Manning-Beiwertes und die Festlegung repräsentativer Querprofile größere Schwierigkeiten.

- Es wird von einer eindimensionalen Strömung mit einer über den Gerinnequerschnitt gleichmäßig verteilten Geschwindigkeit ausgegangen. Dies gestaltet sich um so problematischer, je inhomogener das Strömungsfeld ist. Bei ständig wechselnden Rauigkeiten und Strömungsquerschnitten (Vegetation, Mäander, Rutschungen etc.) muß mit solchen stark wechselnden Strömungsverhältnissen gerechnet werden.
- Engstellen wie Rohrdurchlässe mit eventuellen Rückstauphänomenen können aus Gründen der Komplexität in hydrologischen Verfahren nicht berücksichtigt werden.

Kommen solche Fehlerquellen in Frage, ist eine Probabilitätsprüfung anzuraten. Dabei werden die berechneten Werte mit den auftretenden Abfluggeschwindigkeiten und Maximalabflüssen verglichen.

7.4 Aufbau und Kalibrierung des hydrologischen Modells

7.4.1 Festlegung der Berechnungsknoten

Wie in Kap. 7.3 bereits erklärt, muß für die Erstellung eines hydrologischen Modells mit dem IHW-Programmpaket das Arbeitsgebiet in Teileinzugsgebiete aufgespalten werden. Diesen Teileinzugsgebieten wird jeweils ein Berechnungsknoten zugeordnet. Für jeden Berechnungsknoten stehen dann die drei Module Landabfluß, Stadtabfluß und Flood-Routing zur Verfügung. Das Flood-Routing bezieht sich dabei auf den unterhalb des Knotens anschließenden Gerinneabschnitt (vgl. Abb. 31).

Zum einen sollte die Anzahl der Berechnungsknoten nicht zu groß werden, zum anderen gibt es Bedingungen, die das Einfügen zusätzliche Knoten erfordern:

- Die Fläche eines jeden Knotens sollte relativ

homogen sein. Das bedeutet, Siedlungen und verschiedene Nutzungen sollten innerhalb eines einzelnen Landabflußmoduls gleichmäßig verteilt sein. Bei einem stark inhomogenen Teileinzugsgebiet kann eine Lösung sein, es in zwei homogene aufzusplitten (LUTZ 1984, S. 164).

- Jeder Knoten bietet nur die Möglichkeit zur Simulation einer einzigen Rückhaltemaßnahme, d.h. allen zu berücksichtigenden Rückhaltemaßnahmen ist jeweils ein Knoten zuzuordnen. Dies gilt auch für bestehende oder geplante Rückhaltebecken im Siedlungsbereich. Eine Zusammenfassung verschiedener Maßnahmen ist nur dort zulässig, wo keine größeren Laufstrecken oder Hochwasserentlastungen zwischen den einzelnen Rückhaltemaßnahmen liegen. Die Knotendichte im Siedlungsbereich wird somit höher sein als in den ländlichen Bereichen.
- Größere Zusammenflüsse müssen mit einem Knoten versehen werden, da an diesen Stellen mit einer deutlichen Veränderung des Querprofils zu rechnen ist. Dieses wiederum hat großen Einfluß auf die Flood-Routing-Berechnung.
- Für Ergänzungen sollten Reserveknoten zur Verfügung stehen, da im Programm nachträglich keine Knoten mehr eingefügt werden können. Wird dies dennoch notwendig, muß die gesamte Knotenstruktur neu erstellt werden. In dieser Hinsicht erwies sich das verwendete Programm als wenig bedienerfreundlich, es ist somit anzuraten, reichlich Reserveknoten einzufügen. Diese können je nach Bedarf ein- und ausgeschaltet werden, überzählige Knoten haben dabei keinen negativen Einfluß auf den Rechenablauf.
- Um einen direkten Vergleich der Modellergebnisse mit den Pegelständen zu ermöglichen, sollten die Pegelstandorte als Berechnungsknoten berücksichtigt werden.

Insgesamt wurde das Arbeitsgebiet anhand dieser Richtlinien in 82 Teileinzugsgebiete aufgeteilt. Die Knoten (grüne Punktssignatur) und die Grenzen der einzelnen Teileinzugsgebiete sind in Abb. A-8 eingetragen. Die Teileinzugsgebietsflächen haben eine durchschnittliche Größe von 0,94 km². Sie liegen somit unterhalb der im eigentlichen Gültigkeitsbereich vorgesehenen Mindestgröße

von 3 km². Zwar werden Größen bis zu 0,5 km² im erweiterten Gültigkeitsbereich berücksichtigt, doch ist dann mit höheren Unsicherheiten zu rechnen. Um die Fehler bei diesen Kleinst Einzugsgebieten zu minimieren, sollten die errechneten Ganglinienanstiegszeiten anhand realer Fließgeschwindigkeiten überprüft und gegebenenfalls korrigiert werden (LUTZ 1984, S. 163).

7.4.2 Landabfluß

Die Erhebung der für das Lutz-Verfahren benötigten Angaben ist in IHW (1993) und LUTZ (1984) genau beschrieben. Einige Parameter (C1 bis C4) konnten den dort enthaltenen Tabellen entnommen werden. Die Angaben über Waldanteil, Nutzung und Siedlungsfläche basieren entsprechend der bei LUTZ (1984, S. 154) beschriebenen Vorgehensweise auf der Topographischen Karte 1:25 000. Die Flächen wurden digitalisiert und GIS-gestützt für die einzelnen Knoten berechnet. Auch die Erhebung der Reliefparameter konnte rechnergestützt erfolgen. Dabei bildete das Digitale Geländemodell (vgl. Kap. 6.1.3) die Grundlage, aus der anhand der digitalisierten Gewässerläufe und automatisch bestimmten Knotenflächenmittelpunkten (siehe die Lage der Signatur für die Landabflußmengen in Abb. A-8) die Parameter L (Länge des Vorfluters), LC (L bis zum Gebietsschwerpunkt) und IG (gewogenes Gefälle) ermittelt wurden. Die Knotenflächenmittelpunkte lassen sich über GRASS mit dem Befehl „r.volume“ bestimmen. Hier gewährleistet der EDV-Einsatz eine vom Bearbeiter unbeeinflusste Bestimmung. Die Längstprofile der Gewässer wurden mit SURFER erstellt, die Berechnung des „gewogenen Gefälles“ erfolgte mit EXCEL.

Wenn es auch zu weit führen würde, alle verwendeten Parameter differenziert nach den einzelnen Berechnungsknoten anzugeben, so soll doch kurz dargestellt werden, in welchem Bereich die im Projektgebiet auftretenden Werte liegen. Bei der anderweitigen Verwendung desselben Regionalisierungsverfahrens lassen sich so sehr schnell die Unterschiede in den Einzugsgebietscharakteristika erkennen. Die inhaltliche Bedeutung und der Zusammenhang der einzelnen Parameter wurde bereits im Rahmen der Erläuterung des Regionalisierungsverfahrens nach Lutz in Kap. 7.3.1 beschrieben.

C1 = 0,02 (der auf die hydrologischen bzw. geo-

logischen Verhältnisse optimierte Gebietsparameter)

C2 = nach Nutzungsanteilen gewichtet ergaben sich für den Einfluß der Jahreszeit Werte zwischen 2,0 (Nadelwald/Wiesen) und 4,62 (landwirtschaftliche Nutzung). Es wurde also der gesamte mögliche Wertebereich ausgeschöpft.

C3 = 2 (Einfluß der Vorbodenfeuchte)

C4 = 0 (Einfluß der Niederschlagsdauer)

c = da überwiegend Bodentyp C (nach LUTZ (1984) in Anlehnung an das SCS-Verfahren) zugrundegelegt wurde, nimmt der maximale Abflußbeiwert je nach Landnutzung zwischen 0,62 und 0,84 ein.

P1 = 0,160, der Gebietsfaktor wurde aus den benachbarten Untersuchungen (IHW 1988) übernommen.

L = die Länge des Hauptvorfluters liegt im Mittel bei 1,272 km.

L_C = die charakteristische Länge liegt im Mittel bei 0,565 km.

IG = die Werte des gewogenen Gefälles nehmen bei einem Mittelwert von 0,0250 einen Bereich zwischen 0,0058 und 0,0679 ein.

U = der Siedlungsanteil liegt im Durchschnitt des gesamten Einzugsgebiets bei 8,7%.

W = der Waldanteil liegt durchschnittlich bei 16,3%.

Um einen Einblick in die unterschiedlichen, bei einem Ereignis anfallenden Abflüsse zu geben, wurden in Abb. A-8 die Maximalabflüsse pro Fläche eingetragen. Die hier exemplarisch aufgeführten Werte wurden für einen 100-jährlichen, 24-stündigen Niederschlag aus den oben aufgeführten Landabflußparametern abgeleitet. Die Werte schwanken dabei zwischen ca. 170 l/s·km² in den eher von Wald geprägten Teileinzugsgebieten (vor allem die Region des Hartwalds) und fast 390 l/s·km² in denen mit Ackernutzung und steilerem Relief. Insgesamt zeigt die Karte, daß im Einzugsgebiet sehr ähnliche Landabflußspitzen erzeugt werden, die Werte streuen dabei relativ eng (Standardabweichung von 38) um den Mittelwert von ca. 270 l/s·km².

7.4.3 Stadtabfluß

Das Stadtabflußmodul beschreibt den Abfluß aus

dem Siedlungsgebiet. Eine getrennte Behandlung des Stadtabflusses ist insofern wichtig, da der aus der Siedlungsfläche kommende Abflußanteil eine eigene Charakteristik besitzt, die sich deutlich von dem zuvor diskutierten Landabfluß abhebt. Vereinfacht kann gesagt werden, daß der über der Siedlungsfläche fallende Niederschlag schneller und zu einem weitaus höheren Anteil zum Abfluß kommt. Die die Form der Abflußganglinie prägenden Faktoren sind der Versiegelungsgrad und die Struktur des Kanalnetzes. Die im Modell benötigten Eingangsparameter konnten weitgehend aus den siedlungswasserwirtschaftlichen Unterlagen der Kommune entnommen werden (PECHER 1996). Diese sind:

- die Größe der jeweiligen Siedlungsfläche in ha.
- der versiegelte Anteil, er liegt im Untersuchungsgebiet mit 50 bis 60% deutlich über dem Standardwert, der nach LUTZ (1984, S. 169) mit 30% angesetzt werden kann.
- der Anfangsverlust, dieser wurde mit 1 mm angesetzt.
- das Rückhaltevolumen von Regenüberlaufbecken und Staukanälen.
- die Laufzeiten im Kanalnetz innerhalb der Ortslagen und zwischen den Ortsteilen.

Insgesamt mußte der Stadtabfluß für eine Fläche von ca. 700 ha berechnet werden, diese Fläche verteilte sich auf 23 Knoten in 6 verschiedenen Ortstagen. Die innerhalb der landwirtschaftlichen Fläche liegenden Gebäude und Verkehrsflächen werden im Landabflußmodul mitberücksichtigt.

7.4.4 Flood-Routing

Die Berechnung der für das Flood-Routing benötigten Parameter erfolgte mit dem im IHW-Programmpaket enthaltenen Programm „Kalinin“. Als Eingaben wurden benötigt:

- die Querprofilaten: Hierzu wurde für jede Fließstrecke ein jeweils typisches Querprofil vermessen. Um eine hohe Genauigkeit zu erreichen, wurde der Abstand der Meßpunkte im Gerinnebett, gegenüber ca. 1 bis 3 m im Talboden, auf 10 bis 20 cm verdichtet.
- der Abstand der Knoten: Die Bestimmung erfolgte entsprechend der Fließstrecken beim Landabfluß (vgl. Kap. 7.4.1).
- das Gefälle: Es wurde ebenso dem Gelände-

modell entnommen, jedoch teilweise anhand von Vermessungsdaten überprüft und gegebenenfalls korrigiert.

- der Beiwert nach Gaukler-Manning-Strickler: Der Wert bestimmt entscheidend das Ergebnis mit und ist daher der größte Unsicherheitsfaktor beim Flood-Routing. Zudem läßt er sich nicht direkt messen. In der Literatur finden sich verschiedene Angaben; die für die Gewässer des Projektgebiets relevanten Daten wurden in Tab. 12 zusammengestellt. Die Bestimmung wird dadurch erschwert, daß die Angaben für den Rauigkeitsbeiwert von der absoluten Größe des Gerinnes abhängig sind, deshalb werden die in Tabellen etc. angegebenen Werte meist auf einen mittleren Zustand ($R \sim 1\text{m}$) bezogen (siehe PREISSLER & BOLLRICH 1985, S. 267). Zur besseren Beurteilung wurden für die Hauptpegelstationen Rauigkeitsbeiwerte aus gemessenen Ereignissen rückgerechnet, LÖSCHMANN (1998) lieferte ergänzende Angaben für die Maximapegel. Die Ergebnisse streuten im Bereich zwischen 14 und $40\text{m}^{1/3}/\text{s}$.
- der maximale Wasserstand: Er wurde auf den jeweiligen Maximalwert gesetzt, d.h. er entspricht dem Gewässerrand.
- die Vorlandhöhe: In dem in diesem Kapitel beschriebenen Teilprogramm („Kalinin“) können für die Errechnung der Flood-Routing-Parameter zwar prinzipiell zwei Vorlandhöhen eingegeben und entsprechend der so erhaltenen

Quelle	Beschreibung	Manning-Beiwert
PREISSLER & BOLLRICH 1985, S.271	stark bewachsene Erdkanäle	$25\text{ m}^{1/3}/\text{s}$
LUTZ 1984, S. 111	Vorfluter mit geringer Abflußleistung und starkem Gehölzbewuchs	$\sim 20\text{ m}^{1/3}/\text{s}$
INSTITUT FÜR HYDROLOGIE UND WASSERWIRTSCHAFT KARLSRUHE 1988	Elsenz	$28\text{ m}^{1/3}/\text{s}$
eigene Berechnungen für die Pegelstationen „Talschenke“ und „Penny“	bis ca. 300 l/s über 300 l/s	$20\text{ bis }25\text{ m}^{1/3}/\text{s}$ $30\text{ bis }40\text{ m}^{1/3}/\text{s}$

Tab. 12: Zusammenstellung verschiedener Rauigkeitsbeiwerte nach Gaukler-Manning-Strickler

drei Abflußbereiche drei Speicherkonstanten errechnet werden. Da aber im eigentlichen Flußgebietsmodell nur maximal zwei Abflußbereiche berücksichtigt werden, wurde hier nur eine Vorlandhöhe verwendet, die mit der Ausuferungshöhe gleichgesetzt wurde.

Nach erfolgter Dateneingabe errechnete das Programm „Kalinin“ die charakteristische Länge LC, die Anzahl der Speicher und die dazugehörigen Speicherkonstanten. Diese Angaben dienten als Input für die Flood-Routing-Berechnung anhand einer Doppelspeicherkaskade. Dabei bildeten das Gerinnebett und das dazugehörige Vorland je eine eigene Kaskade.

7.5 Abschätzung der Modellfehler

Jede Modellierung beinhaltet verschiedene Unsicherheiten. Nach MERZ (1996, S. 153) ergeben sich selbst bei „physikalisch begründeten Modellen mit außergewöhnlich umfangreichem Datenmaterial“ noch „große Modellunsicherheiten“. Aus diesem Grund ist eine Abschätzung möglicher Fehlerquellen unerlässlich. Sie erfolgt über das Aufzeigen möglicher Fehlerquellen und den Vergleich von Modellergebnissen mit gemessenen Ereignissen.

7.5.1 Niederschlagsproblematik

Der in ein hydrologisches Modell eingespeiste Niederschlag bestimmt als eine der entscheidenden Eingangsgrößen erheblich die Ergebnisse einer Modellierung mit. Besonders die Wahl des Bemessungsniederschlags und seiner Charakteristik paust sich auf die Größe der benötigten Rückhaltevolumina durch. Nach LOPES (1996, S. 108) ist die räumliche Niederschlagsverteilung ein wichtiger Unsicherheitsfaktor der Einzugsgebietsmodellierung. In dem von ihm untersuchten, knapp 7 km² großen Einzugsgebiet zeigte sich, daß die Ergebnisse sehr stark von der Dichte und räumlichen Anordnung der Meßstationen abhängen. Beim Abflußvolumen und den Spitzenabflußwerten traten Abweichungen von bis zu > 100% auf. Dies zeigt, wie schwierig es ist, das Abflußgeschehen eines Einzugsgebietes genau nachzuzeichnen bzw. vorherzusagen.

Während sich bei großräumigen Betrachtungen die Fehler weitgehend mitteln, spielen sie bei kleinen Einzugsgebieten und den sie entwässernden Vorflutern eine nicht zu unterschätzende

Rolle. Die in Niederschlag-Abfluß-Modellen eingesetzten Bemessungsniederschläge können der kleinräumlichen Differenzierung bei realen Ereignissen kaum Rechnung tragen.

7.5.2 Fehler durch Vereinfachungen bei der Modellbildung

Bei der Abflußberechnung mit einem Niederschlag-Abfluß-Modell werden die natürlichen Prozesse stark vereinfacht abgebildet. Das ist zum einen darin begründet, daß die Komplexität der Natur weder ausreichend genau erfaßbar noch beschreibbar ist. Zum anderen setzen auch der verfügbare Arbeits- und Rechenaufwand enge Grenzen.

Daraus resultiert eine Beschränkung auf wenige, möglichst aussagekräftige Parameter. Die Aussagefähigkeit solcher Parameter ist aber an einen definierten Maßstabsbereich gebunden. Da man innerhalb der Bearbeitung kleiner Einzugsgebiete bei einigen Aspekten an die Grenzen der bestehenden Niederschlag-Abfluß-Modelle stößt, ist mit einer weiteren Einschränkung der Aussagekraft zu rechnen.

Um die Grenzen der Modellierung auszuloten, vergleicht LÖSCHMANN (1998) in seiner Diplomarbeit die Modell- und Meßergebnisse der kleinen Nebengewässer. Er findet dabei erheblich stärkere Abweichungen als bei den größeren, durch die Hauptpegelstationen beschriebenen Vorflutern des Untersuchungsgebietes. Neben guter Übereinstimmung bei einzelnen Ereignissen treten teilweise Abweichungen bis zum Faktor 10 auf. Da an den einzelnen Stationen sowohl Unter- als auch Überschätzungen in unregelmäßiger Folge auftreten und sie keine eindeutige Tendenz erkennen lassen, ist der Rückschluß auf die Ursachen erheblich erschwert. Als Erklärungsansätze kommen die nachstehenden Gründe in Frage:

- Die Rohrdurchlässe der kleinen Vorfluter und Feldentwässerungsgräben werden bei der Modellierung nicht berücksichtigt, können durch Rückstau lokale Probleme verursachen aber auch den Gebietsrückhalt vergrößern. Ihre Kartierung bringt allerdings einen nicht unerheblichen Arbeitsaufwand mit sich. Zudem ist die Durchflußkapazität nur eingeschränkt abschätzbar: Teilweise ist sie aufgrund von Sedimentation deutlich reduziert, außerdem sind

die hydraulischen Eigenschaften beim Einströmen in die Rohrdurchlässe nur schwer zu kalkulieren. Jedenfalls bilden die Durchlässe Engstellen in den meist überdimensionierten Feldabflüssen und lösen stellenweise Ausuferungen aus. Die kleinen Gewässer lassen sich schon ihretwegen kaum mit den bekannten hydrologischen oder hydraulischen Verfahren beschreiben.

- Je kleiner die Bäche werden, desto unmöglicher wird es, repräsentative Gerinnequerschnitte oder entsprechend aussagekräftige Gefällsverhältnisse festzulegen (WEISSMANN 1998). Dementsprechend ist das Abflußverhalten im Gerinne nur unzureichend abschätzbar.
- Bei kleinen Bächen und Gräben wird die Vegetation zu einem nicht mehr zu vernachlässigenden, das Abflußgeschehen steuernden Faktor. Die Komplexität der daraus resultierenden hydraulischen Prozesse ist aufgrund der Inhomogenitäten und der unterschiedlichen Rückkoppelungsprozesse nicht beschreibbar.
- Zuflüsse von Drainagen und direkter Straßenabfluß verursachen punktuell kurzzeitige Abflußspitzen in den kleinen Vorflutern. Sie können aufgrund der notwendigen Generalisierung des Modells aber nicht gesondert erfaßt werden.
- Je kleiner die durchschnittliche Teileinzugsgebietsgröße ist, desto größer wird die im Flood-Routing-Modul zu berücksichtigende Fließlänge. Eine stärkere Aufsplittung eines Arbeitsgebietes impliziert also eine Verschiebung einzelner Gewässerabschnitte vom Landabflußmodul zum Flood-Routing.

Resümierend läßt sich feststellen, daß die Fehlerquellen überwiegend im Bereich der Abflußkonzentration und des Flood-Routing liegen. Eine Quantifizierung der einzelnen Problembereiche konnte und sollte nicht Aufgabe dieses Projektes sein.

7.5.3 Verlässlichkeit des Modells

Eine Beurteilung der Verlässlichkeit des Modells konnte infolgedessen nur im direkten Vergleich mit den erhobenen Meßdaten erfolgen. Mit diesen wäre bei Bedarf auch eine Nacheichung des Modells möglich (IHRINGER & KRON 1993, LUTZ 1984).

Hierzu wurden, wie bereits bei der Beschreibung der Meßdatenauswertung (Kap. 7.2.1) dargestellt, 10 Niederschläge ausgewählt. Der Vergleich von gemessenen und berechneten Abflüssen zeigte die folgenden Tendenzen (vgl. Abb. 33):

- Die sommerlichen Ereignisse wurden vom Modell teilweise extrem überschätzt, für drei Ereignisse am Pegel „Talschenke“ und eines am Pegel „Himmel“ lagen die berechneten Abflüsse sogar doppelt so hoch wie die gemessenen. Dies zeigt, daß das Modell den Vegetationseinfluß zumindest während stärkerer Wachstumsphasen nicht genügend gewichtet. In Bezug auf Bemessungsniederschläge müssen diese nur kurzzeitigen Beeinflussungen ausgeklammert werden, da sich der Vegetationseinfluß ständig verändert. Ein Problem ergibt sich deshalb nur für die Nachrechnung realer sommerlicher Ereignisse, nicht jedoch in Bezug auf Bemessungswerte.
- Bei den höheren Abflußmengen werden die Abweichungen geringer und liegen im Bereich < 20%. Das bedeutet eine größere Zuverlässigkeit in dem für die Prognose wichtigen Bereich der höheren Jährlichkeiten.
- Nur in einem einzigen Fall und an einem einzigen Pegel („Penny“) wurde ein Abfluß im Modell deutlich unterschätzt, hier wurden 1,249 m³ statt der gemessenen 2,205 m³ berechnet. Da es sich um einen Einzelfall handelt, der bereits im Bereich des Siedlungseinflusses liegt, ist eine anthropogene Beeinflussung des Abflusses nicht auszuschließen.
- Auch am Pegel „Himmel“ kam es vereinzelt zu einer Unterschätzung der Abflüsse durch daß Modell, in diesen Fällen war durch Verklausung

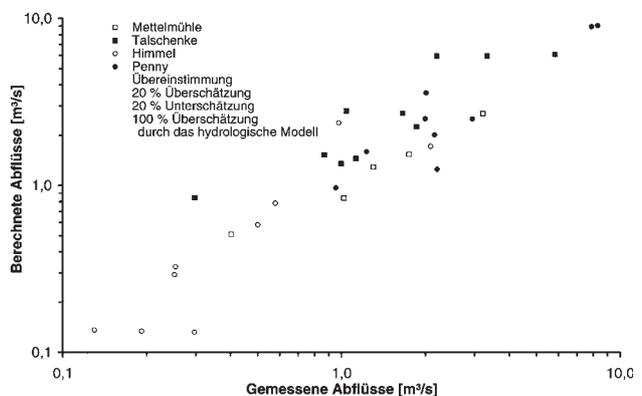


Abb. 33: Übereinstimmung von berechneten und gemessenen Abflüssen an den Pegelstationen

des Grundablasses am Naturdenkmal „Rosalienhof“ das dortige Stauvolumen frühzeitig ausgeschöpft, so daß der Spitzenabfluß nicht mehr gedämpft wurde. Da die Verengung des Grundablasses durch die Verklausung nicht bekannt war, konnte dieser Effekt im Modell nicht erfaßt werden.

- Die Modellkurven zeichnen in ihrem zeitlichen Verlauf recht gut die gemessenen Ganglinien nach, auch bei den längeren Niederschlägen lag der Versatz beider Kurven gegeneinander maximal bei einer halben Stunde (vgl. Abb. 34).
- Der kontinuierliche Anstieg des Basisabflusses während des Berechnungslaufes führte dazu, daß Teilwellen zu Beginn des Ereignisses eher unterschätzt, die späteren hingegen überschätzt wurden (vgl. dazu die erste und letzte Teilwelle in Abb. 34).
- Insgesamt zeigte sich kein eindeutiger Trend zur Über- oder Unterschätzung, eine gewisse Ausnahme bilden die Daten der Station „Talschenke“. Hier lagen die Modellergebnisse meist etwas zu hoch, was wahrscheinlich darauf zurückzuführen ist, daß im unteren Abschnitt des Hilsbaches der parallel verlaufende, aber nicht mehr durchgängige Mühlgraben einen Teil des seitlich zufließenden Wassers aufnimmt. Ohne eine genaue Nivellierung sind derartige Speicher allerdings kaum in ihrer Wirkung abzuschätzen, auch wird bei Ereignissen großer Jährlichkeit ihre Wirkung geringer, da sie sich bereits zu Beginn des Niederschlages füllen. Eine weitere Erklärungsmöglichkeit wäre, daß es im unteren Bereich des Hilsbach relativ früh zu Ausuferungen kommt,

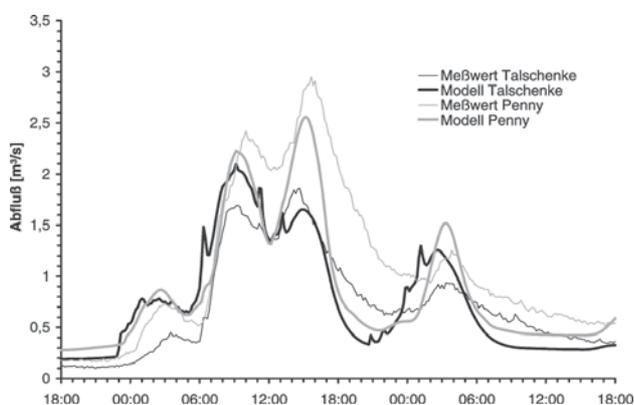


Abb. 34: Vergleich der gemessenen und der berechneten Abflußganglinie vom 18.03.1995

die durch die mittleren Gerinneprofil-Angaben des Flood-Routing-Moduls nicht erfaßt werden können. Ohne jedoch die Ursachen genau zu ordnen und quantifizieren zu können, erschien im Rahmen der Modellierung eine nur für diesen Teilbereich geltende Anpassung des Parametersatzes für nicht angemessen.

Insgesamt ergibt sich so zwischen den gemessenen und den berechneten Spitzenabflüssen ein Korrelationskoeffizient von 0,8 (vgl. Abb. 33). Eine bessere Übereinstimmung ließe sich auch durch eine Nachkalibrierung nicht erreichen, da die Abweichungen durch Modelleigenschaften bedingt sind. Hierzu zählt vor allem, daß Situationen, wie eine kurzfristige, extrem hohe Wasseraufnahme durch die Vegetation, nicht erfaßt werden. Da diese Abweichungen durchweg zu einer Überschätzung des Abflusses führen, geben sie einer Hochwasserschutzplanung eine zusätzliche Sicherheit.

7.6 Ergebnisse der Modellierung

Mit dem fertig angepaßten, hydrologischen Modell wurden in einem nächsten Schritt der Ist-Zustand und verschiedene Planungsvarianten durchgespielt. Das Ziel war dabei, zur effektivsten Auswahl und Anordnung von Retentionsarealen zu gelangen. Um die Leistungsfähigkeit einzelner Rückhaltemaßnahmen und ihre Auswirkungen auf eine Gesamtkonzeption beurteilen zu können, ist ein Vergleich unterschiedlicher Varianten notwendig. Zeigt eine geplante Maßnahme nicht die gewünschten Auswirkungen, so ist ihre Umsetzung in Frage zu stellen. Erheblich erschwert wird die Beurteilung aber dadurch, daß viele der kleineren Retentionsräume ihre Wirkung erst durch ihr Zusammenspiel erlangen.

Um möglichst allgemeingültige Aussagen treffen zu können, werden für die Prognose meist keine realen Ereignisse, sondern vielmehr standardisierte Niederschläge in das hydrologische Modell eingegeben. In diesem Fall wurden für die Bemessungsniederschläge Angaben des Deutschen Wetterdienstes zugrundegelegt. Die Intensitätsverteilung innerhalb eines Niederschlags erfolgte nach der Empfehlung des DVWK (IHRINGER & KRON 1993, S. A-9). Weitere normierte Verteilungsmuster, wie der endbetonte oder mittenbetonte Niederschlag, wurden zwar exemplarisch für einzelne Bemessungsereignis-

se bei ansonsten identischem Parametersatz durchgerechnet, da sie aber für das bearbeitete Gebiet keine wesentlich anderen Ergebnisse (< 5% Abweichung) lieferten, wurde sich auf das empfohlene Verfahren beschränkt.

Die Arbeiten für die Optimierung der Maßnahmen lassen sich in die folgenden Punkte gliedern:

- 1) Zusammenstellung verschiedener Varianten aus den in der Vorauswahl ausgesuchten potentiellen Retentionsarealen.
- 2) Anpassung des Modells an die jeweilige Variante. Dies schließt die Erstellung der unterschiedlichen Eingabedatensätze für die zu berücksichtigenden Rückhaltemaßnahmen ein. Besonders an Stellen, an denen schon jetzt eine Retention stattfindet, müssen entweder die bestehende oder die geplante Stauvolumenkurve eingesetzt werden. Das gleiche gilt bezüglich bestehender oder geplanter Rohrdurchlässe.
- 3) Optimierung der Grundablässe auf die maximale Auslastung des jeweils verfügbaren Stauraumes anhand des 100-jährlichen Niederschlags. Bedarfsbedingte Ergänzung durch zusätzliche Maßnahmen bzw. Streichung einzelner Standorte, sofern diese nicht dringend benötigt werden.
- 4) Aussortieren ungeeigneter Varianten. Diese wurden nicht weiter bearbeitet, um den Rechenaufwand zu reduzieren.
- 5) Berechnung der Abflüsse für die Jährlichkeiten HQ 1, 2, 5, 10, 20, 50 und 100 in den Niederschlags-Dauerstufen 1 h, 2 h, 3 h, 6 h, 12 h, 24 h, 48 h und 72 h.
- 6) Vergleich der Varianten untereinander und deren Bewertung.

In der Praxis wurden diese Schritte nicht immer gemäß der dargestellten Reihenfolge durchgeführt, oft überschritten sich die Arbeitsschritte. Im weiteren zeigte sich während der Modellierungsarbeiten, welche zusätzlichen Varianten erfolgversprechend sein könnten. Eine vollständige Analyse sämtlicher möglicher Varianten war allerdings nicht möglich. Schon die Optimierung der Grundablässe für eine einzelne Variante benötigte zwischen 5 und 15 Rechenläufe, bei denen jeweils die Eingangsdatensätze von Hand nacheditiert werden mußten. Darüber hinaus ergeben sich bei 36 Einzelmaßnahmen 36! (= ca.

$3,72 \cdot 10^{41}$) Kombinationsmöglichkeiten. Eine solche Vielzahl von Varianten wird auch künftig nicht durchzurechnen sein und es bleibt es auf absehbare Zeit dem Gespür und der Erfahrung des Modellierers überlassen, die geeignetesten Kombinationen auszuwählen und anhand der Modellierungsergebnisse zu optimieren.

In Tab. 13 sind die komplett durchgerechneten Varianten zusammengestellt, bei anderen Varianten wurde, wenn die 100-jährlichen Niederschlägen bereits deutliche Nachteile dieser Zusammenstellungen zeigten, auf die Berechnung

Variante 0	Ist-Zustand (ohne Maßnahmen).
Variante 1	35 Retentionsareale mit einem Gesamtrückhaltevermögen von ca. 520 000 m ³ . Für die 36ste Maßnahme ergab sich bereits während der ersten Optimierungsläufe, daß sie aufgrund des oberhalb liegenden, ausreichend großen Rückhaltevolumens nicht benötigt würde.
Variante 2	35 Retentionsareale (wie Variante 1) und eine siedlungswasserwirtschaftliche Reduktion um 10 mm für die Stadt Eppingen.
Variante 3	35 Retentionsareale (wie Variante 1 und 2) und eine siedlungswasserwirtschaftliche Reduktion um 10 mm für alle Siedlungen des Einzugsgebietes.
Variante 3b	Wie Variante 3, nur mit einer Reduktion um 20 mm.
Variante 4	Eine Auswahl der jeweils oben im Einzugsgebiet liegenden Retentionsareale (7; 13; 18; 40; 47; 55; 57; 61; 65) ergänzt durch solche, die mit geringem Aufwand umgestaltet werden können (16; 43; 48; 50). Die insgesamt 13 Maßnahmen stellen ein Stauvolumen von ca. 150 000 m ³ zur Verfügung.
Variante 5	Eine Auswahl der größeren Retentionsareale (29; 57; 67; 71; 74) ergänzt durch solche, die mit geringem Aufwand umgestaltet werden können (16; 43; 48; 50). Die insgesamt 9 Maßnahmen haben ein Gesamtvolumen von ca. 220 000 m ³ .
Variante 6	Eine Auswahl an Retentionsarealen (2; 8; 12; 13; 18; 27; 29; 38; 40; 47; 55; 57; 61; 65; 67; 71; 74) ergänzt durch solche, die mit geringem Aufwand umgestaltet werden können (16; 43; 48; 50). In ihrer Summe erreichen diese 21 Maßnahmen ein Rückhaltevolumen von 360 000 m ³ .
Variante 7	Dieselbe Auswahl an Retentionsarealen wie in Variante 6 und eine siedlungswasserwirtschaftliche Reduktion um 10 mm für die Stadt Eppingen.
Variante 7b	Wie Variante 7, nur mit einer Reduktion um 20 mm.

Tab. 13: Übersicht über die Modellvarianten

der anderen Wiederkehrintervalle verzichtet. Bei den in dieser Arbeit vorgestellten Varianten sind neben der Zusammenstellungen der wirksamsten Maßnahmen auch Beispiele enthalten, die geeignet sind, bestimmte Effekte zu verdeutlichen. Die Nummern in den Klammern bezeichnen die jeweiligen Retentionsareale anhand der Berechnungsknoten im hydrologischen Modell.

Ein Modellauf soll die Funktionstüchtigkeit der entsprechenden Maßnahmenkombination nachweisen. Der Wirkungsgrad einer Variante hängt neben den zur Verfügung stehenden Rückhaltevolumina auch stark von der, durch die Anordnung der Maßnahmen bestimmten, Addition der einzelnen Wellen ab. Beim Vergleich der Varianten untereinander kann man nun die effizientesten Konstellationen herausfiltern. Außerdem zeigt sich, welche Einzelmaßnahmen unverzichtbar sind, wenn man den geplanten Schutzgrad erreichen will. Auf der anderen Seite erkennt man auch, ob auf einzelne Maßnahmen verzichtet werden kann. Dieser Fall trat in Bezug auf das geplante Retentionsareal „Hellberg“ ein, hier wurde der benötigte Rückhaltebedarf durch die oberhalb liegenden Maßnahmen abgedeckt, so daß diese Rückhaltemaßnahme kaum noch eine nachweisbare Entlastung erbringen würde. Entsprechend diesem Modellergebnis wurde dieses Retentionsareal in der weiteren Planung nicht mehr berücksichtigt.

Sozusagen als Nebenprodukt der Modellierung kann man sich aus der Auslastung der Areale bei den verschiedenen Jährlichkeiten die Überflutungshäufigkeit der Retentionsräume errechnen. Diese für den Doppelnutzungsaspekt wichtige Angabe ist in den Kurzbeschreibungen, in denen die wichtigsten Eckdaten zusammengefaßt werden, enthalten (vgl. Abb. A-12). Hier wird die Jährlichkeit angegeben, bei der mehr als 10% des verfügbaren Stauvolumens überflutet werden und dieser Wert dient als wichtiger Anhaltspunkt, um die zu erwartenden Entschädigungsleistungen abzuschätzen. Bei einem häufigen Aufstau sollten sich die entsprechenden Grundstücke im Eigentum der Gemeinde befinden, bei einem seltenen Einstau (> 5-jährlich) kann es ausreichen, den direkten Dammbereich in öffentliches Eigentum zu überführen. In Abb. 35 ist die berechnete Auslastung in Prozent des maximalen Stauvolumens aufgetragen. Es wird deutlich, wie

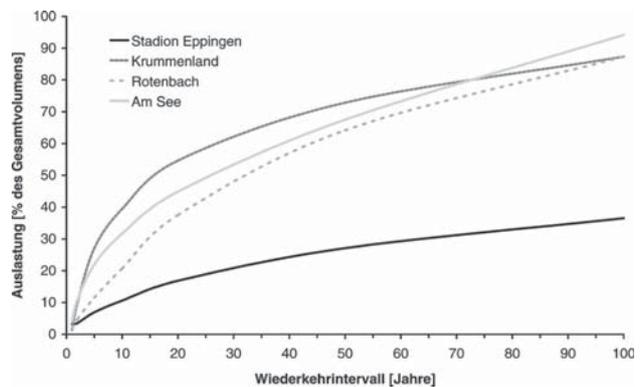


Abb. 35: Auslastung einiger Retentionsareale

unterschiedlich häufig und stark die einzelnen Areale auf ein Ereignis reagieren. Vergleicht man die Standorte „Krummenland“ und „Rotenbach“, fällt auf, daß sich das erstere deutlich schneller und häufiger füllt und erst beim 100-jährlichen Ereignis bei beiden eine ähnliche Reaktion erfolgt. Sie erreichen dann eine Auslastung von knapp 90%. Die Auslastungskurve hängt dabei von den verschiedensten Faktoren ab:

- der Charakteristik des oberhalb liegenden Einzugsgebiets, diese bestimmt die Form der ankommenden Hochwasserwelle
- der Dimensionierung des Grundablasses
- der Volumenkurve des Retentionsareals

Somit läßt sich auch das unterschiedliche Verhalten der genannten Beispiele erklären: Der Standort „Krummenland“ unterliegt dem Einfluß des Siedlungswassers aus Hilsbach (siehe Abb. A-13) und füllt sich aufgrund seines relativ geringen Rückhaltevolumens von ca. 10 000 m³ recht schnell. Das nur wenig größere Retentionsareal „Rotenbach“ (13000 m³) verhält sich entschieden anders, was darauf zurückzuführen ist, das es ausschließlich durch Landabfluß gespeist wird. Das mit etwas weniger als 37000 m³ zu den größeren Rückhaltemaßnahmen gehörende Areal „Am See“ zeigt ein durchschnittliches Verhalten.

Ein Extrem bildet der Standort „Stadion Eppingen“. Hier wird eine maximale Auslastung von etwas über 30% erreicht. Dieser Standort bildet eine Mischform zwischen den Retentionsarealen und den Flächen zur Sedimentretention und braucht daher genügend Sedimentationsraum. Der Bedarf einer Maßnahme an dieser Stelle ist nur gerechtfertigt, weil dadurch direkt das Eppinger Kanalnetzes entlastet wird.

Anhand einer Variantenrechnung ist es zudem

möglich, eine Prioritätenliste zu erstellen, die als Richtlinie für die Reihenfolge des Ausbaus gelten sollte. Die Prioritäten wurden anhand der nachstehenden Kriterien vergeben:

- Stärke der erreichbaren lokalen und überörtlichen Abflußreduktion, die Wirkung einer Maßnahme läßt sich durch den Vergleich der Varianten mit und ohne dieses Retentionsareal abschätzen.
- Ersetzbarkeit durch andere Maßnahmen, ist in einem Teileinzugsgebiet der Hochwasserschutz nur unter Mitwirkung einer bestimmten Maßnahme zu erreichen oder ist diese gar die einzig mögliche, erhält sie eine hohe Priorität.
- Umsetzbarkeit der Maßnahmen, einfach und kostengünstig zu realisierende Maßnahmen wurden meist eine Stufe höher bewertet als in der Wirkungsweise vergleichbare andere Maßnahmen.
- Mischformen zu den Flächen für die Sedimentretention mit geringer Wasserrückhaltekapazität wurden mit geringer Priorität bewertet. Nur das Areal „Berglesberg“ wurde aufgrund der akuten lokalen Hochwasserprobleme (Kanalarückstau) eine Stufe höher bewertet.

Da eine kurzfristige Umsetzung des gesamten Konzeptes aufgrund der angespannten Finanzlage der Gemeinden unwahrscheinlich ist, kann so für jede Ausbaustufe ein Optimum an Schutz erreicht werden. Die in den Kurzbeschreibungen der Retentionsareale angegebenen Prioritäten (ASSMANN & GÜNDRA 1997) sind in Tab. 14 zusammengestellt.

In der Abb. 36 sind der Ist-Zustand (Variante 0) und der Planzustand (alle Retentionsareale mit einer Reduktion des Stadtabflusses um 10 mm) einander gegenübergestellt. Dabei werden in dem Diagramm sowohl die verschiedenen Dauerstufen als auch die verschiedenen Jährlichkeiten berücksichtigt.

Konzentriert man sich zuerst auf den Ist-Zustand, wird bei der Betrachtung der Abbildung deutlich, daß bei allen Jährlichkeiten die größten Abflüsse durch die Dauerstufen von 1 bis 6 h erzeugt werden. Man kann sagen, daß tendenziell die Abflußspitzen mit zunehmender Niederschlagsdauer geringer werden. Eine Ausnahme bildet jedoch der 6-stündige Niederschlag. Bei ihm kommt es zur maximalen Überlagerung von

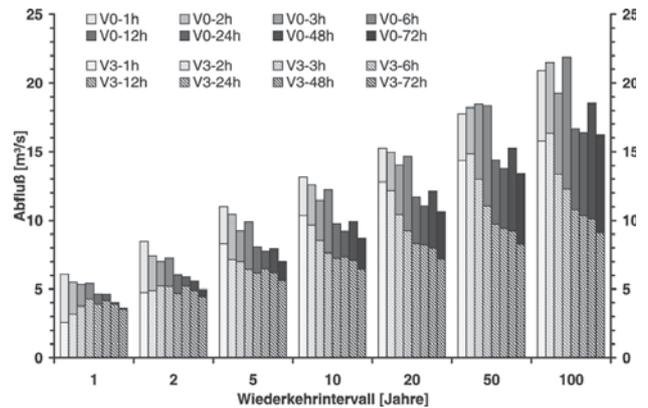


Abb. 36: Vergleich der Maximalabflüsse der Varianten 0 und 3 für alle berechneten Dauerstufen und Wiederkehrintervalle (Pegel „Kläranlage Eppingen“)

Stadt- und Landabfluß. Bei den Niederschlagsdauern < 3 h wird das Abflußmaximum im Gerinne durch das Siedlungswasser verursacht, bei den Jährlichkeiten von 5 und größer setzen Retentionseffekte ein, die durch Kanalarückstau im Siedlungsgebiet verursacht werden. Zwar entlasten diese Effekte das eigentliche Gewässer, allerdings verursachen sie im Rückstaubereich erhebliche Schäden. Das Wasser kann bei fehlendem Sicherheitsventil direkt über die Kanalisation in die Häuser eindringen oder über Verkehrswege und Gärten abfließen und diese bzw. die angrenzenden Gebäude beschädigen. Die genannte „Entlastung“ der Vorfluter wird zudem teilweise dadurch kompensiert, daß bei stärkeren Niederschlagsereignissen die Rückhalte- und Regenüberlaufbecken im Siedlungsbereich gefüllt sind und das Siedlungswasser ungedämpft über die Hochwasserentlastungen ins Gewässer entlassen.

Bei der maximalen Ausbaustufe der Planung kommt es neben der beabsichtigten Dämpfung auch zu einer Verschiebung der Abflußmaxima hin zu anderen Dauerstufen. Das hängt vor allem damit zusammen, daß die beiden in die Modellierung eingehenden Rückhaltemechanismen in einem unterschiedlichen Bereich wirken: Die siedlungswasserwirtschaftlichen Maßnahmen erhöhen die Anfangsverluste, die Retentionsareale wirken sich vor allem auf den Landabfluß und somit auf den zweiten Gipfel der Abflußganglinie aus. Aus diesem Grunde zeigen die Rückhaltemaßnahmen im Siedlungsbereich vor allem bei den kurzen Niederschlagsdauern eine größere Effizienz. Bei höheren Jährlichkeiten tritt diese Reduktion nicht mehr so stark in Erscheinung,

da der Siedlungswasserabfluß von den Rückstau-Phänomenen des Kanalnetzes dominiert wird. Dieser Eindruck darf aber nicht darüber hinwegtäuschen, daß damit die vom Kanalrückstau betroffenen Bereiche erheblich entlastet werden.

Die Retentionsareale entfalten ihre Wirkung gemäß der Planung proportional zur Zunahme der Niederschlagsmenge. Durch sie wird im Bereich der 100-jährlichen Ereignisse eine Reduktion um bis zu $> \frac{1}{3}$ erreicht. Auch bei den kurzen Dauerstufen (und hoher Jährlichkeit) sind sie unerlässlich, um die Kappung der Hochwasserspitze zu erreichen. Die scheinbar etwas geringere Effektivität bei den kurzen Dauerstufen erklärt sich dadurch, daß Stadt- und Landabfluß in zwei zeitlich versetzten Wellen ablaufen und die Retentionsareale vor allem den Landabfluß reduzieren. Ihre Auswirkungen auf den Stadt-abflußpeak beschränken sich auf den in diesem Peak durch die Überschneidung der Wellen enthaltenen Anteil des Landabflusses. Der Stadt-abflußpeak ist bei den kurzen Dauerstufen meist höher als der Landabflußpeak und liefert so die in der Abbildung gezeigten Maximalwerte.

Dieses Prinzip wird deutlicher, wenn man direkt die Abflußganglinien der Ereignisse betrachtet. In Abb. 37 sind dazu jeweils der 2- und der 24-stündige Niederschlag des Ist-Zustands und der Plan-Zustand mit allen Retentionsarealen und unterschiedlich stark reduziertem Stadt-abfluß (Varianten 1, 3 und 3b) dargestellt. An der Kurve des 2-stündigen Niederschlags sieht man gut, wie im geplanten Zustand der zweite der beiden Peaks fast völlig eliminiert wurde, der erste, der dem Stadt-abfluß entspricht, bleibt jedoch auf einem relativ hohen Niveau erhalten. Eine weitere Reduktion des Spitzenabflusses kann, wirtschaft-

lich und ökologisch sinnvoll, nur im Bereich siedlungswasserwirtschaftlicher Maßnahmen erfolgen. Dies wird im Vergleich der 3 Kurven des Plan-Zustandes sichtbar: Die Reduktion um 20 mm im Siedlungsbereich bewirkt gegenüber der um 10 mm noch einmal eine erhebliche Kappung des Abflußpeaks. Bei den längeren Niederschlagsdauern tritt aufgrund der starken Überlagerung der beiden Teilpeaks das Phänomen nur noch untergeordnet auf, jedoch ist bei dieser Kurve die im Ist-Zustand nur leicht angedeutete Stadt-abflußspitze auch im Plan-Zustand am wenigsten reduziert.

Bisher wurden ausschließlich die Abflüsse am Pegel Kläranlage Eppingen betrachtet. Um die Effektivität einer Variante richtig beurteilen zu können, müssen deren Auswirkungen im gesamten Arbeitsgebiet betrachtet werden. Dazu werden in den Abbildungen A-9 und A-10 die Planungsvarianten 1 bis 7 mit dem Ist-Zustand (Variante 0) für das 2- bzw. 100-jährliche Niederschlagsereignis verglichen. Aus Gründen der Lesbarkeit ist nur eine Auswahl von Berechnungsknoten dargestellt. Da die Siedlungsbereiche verständlicherweise im Mittelpunkt des Interesses stehen, eigneten sich dafür besonders die an Ortseingängen oder -ausgängen liegenden Knoten. Beim Vergleich der Varianten liefert erwartungsgemäß der Ist-Zustand die höchsten Abflußwerte und die Variante 3b mit allen vorgeschlagenen Maßnahmen die geringsten. Die Effekte durch die allgemeine Reduzierung des Stadt-abflusses wirken sich beim Gerinneabfluß dennoch überwiegend nur auf Eppingen aus. An dieser Stelle sei nochmals darauf hingewiesen, daß Rückhaltemaßnahmen in den Siedlungsbereichen in erster Linie die durch Kanalrückstau verursachten Überschwemmungen reduzieren, welche allerdings in der hydrologischen Modellierung des Gewässernetzes nicht in Erscheinung treten. Aus diesem Grunde kommt beim 2-jährlichen Niederschlag (Abb. A-9) die Reduktion durch die siedlungswasserwirtschaftlichen Maßnahmen besser zur Geltung, da bei diesem Wiederkehrintervall die Rückstauereffekte gerade noch nicht auftreten. Stellt man die Varianten 2 und 3 einander gegenüber – sie unterscheiden sich dadurch, daß bei Variante 2 nur der Stadt-abfluß in Eppingen reduziert wird, während bei Variante 3 alle Siedlungsbereiche berücksichtigt sind – erscheinen die Unterschiede relativ

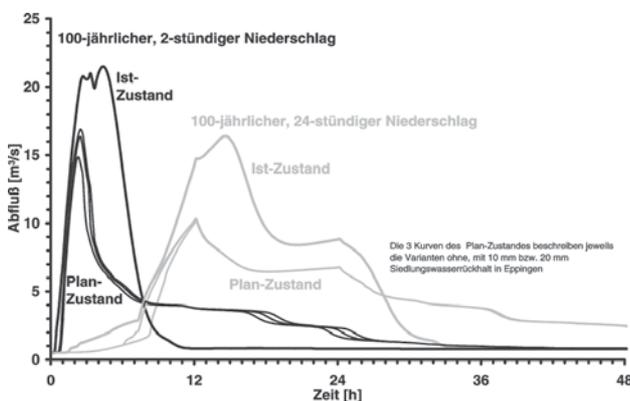


Abb. 37: Abflußganglinien für den Ist- bzw. Plan-Zustand am Pegel „Kläranlage Eppingen“

gering. Betrachtet man den Abschnitt des Diagramms für den Ortsausgang Rohrbach, hat es den Anschein, daß die siedlungswasserwirtschaftlichen Maßnahmen der oberhalb Eppingens im Einzugsgebiet liegenden Gemeinden nicht viel eigenen Nutzen bringen. Dies stimmt insofern, weil die Hochwasserentlastungen dieser Ortsteile unterhalb der Siedlungsbereiche liegen und eine Reduktion, die teilweise bis zu 50% betragen kann, erst dort zum Tragen kommt. Der eigene Nutzen liegt dagegen auch hier in der Reduktion des Kanalrückstaus bei den höheren Jährlichkeiten.

Mit der Minimallösung von Variante 6, 7 und 7b (Auswahl verschiedener Retentionsareale) wird bereits eine erhebliche Abflußreduktion erreicht, bei der Reduktion des Stadtabflusses von Eppingen um 20 mm (Variante 7b) wird das Ziel eines 100-jährlichen Hochwasserschutzes sogar fast vollständig erfüllt. In Relation zum maximalen Ausbau erlangt man bei 60% der Kosten bereits 70% des Rückhaltevolumens. Auch ist ohne siedlungswasserwirtschaftliche Maßnahmen schon eine Reduktion von 21,9 m³/s auf 17,6 m³/s zu bewältigen. Für die weitere Kappung der Abflußspitze bedarf es unproportional mehr Rückhaltekapazität, da die Fülle der Hochwasserwelle nach unten erheblich zunimmt. So wird durch die restlichen 14 Maßnahmen bei einem Gesamtvolumen von 155 000 m³ die Welle „nur“ noch um weitere 0,7 m³ reduziert. Hat man eine hohe Wirtschaftlichkeit vor Augen, sollte man vor dem Komplettausbau der Retentionsareale die Reduktion des Siedlungswassers vorantreiben. Mit den beiden anderen Varianten der

- oben im Einzugsgebiet liegenden Maßnahmen (Variante 4)
 - großen Rückhaltevolumen (Variante 5)
- kann der notwendige Schutz nicht gewährleistet werden, jedoch lassen sich an ihnen einige prinzipielle Zusammenhänge erkennen und darstellen:
- Da die oben im Einzugsgebiet liegenden Retentionsareale meist nur ein kleines Rückhaltevolumen aufbringen, läßt sich mit ihnen nur eine vergleichsweise geringe Kappung der Hochwasserwelle erreichen. Allerdings steht die erreichte Reduktion durchaus im Verhältnis zum aufgewendeten Rückhaltevolumen, bezogen auf die Varianten 1 bis 3 fallen bei ca. einem Drittel des Stauvolumens auch ein Drit-

tel der Kosten an. Für die Ausbaureihenfolge kann man anhand dieser Variante ableiten, daß es besser ist, sich zuerst auf ein Teileinzugsgebiet zu konzentrieren, als gleichmäßig den Ausbau von oben nach unten voranzutreiben.

- Die großen Maßnahmen weisen ein überdurchschnittlich günstiges Verhältnis von Volumen zu Kosten auf. Insgesamt müssen für sie gleichfalls ein Drittel der maximalen Kosten aufgebracht werden, sie erreichen aber 40% des Gesamtvolumens. Da die Größe der geplanten Maßnahmen im Einzugsgebiet aufgrund der Reliefbedingungen recht unterschiedlich verteilt ist, profitiert vor allem die Elsenz von der Variante mit den größeren Arealen, da hier die 3 größten Maßnahmen zu finden sind. Am Unterlauf des Hilsbach bieten beide Varianten ungefähr den gleichen Schutz. Allerdings haben die großen Maßnahmen den Nachteil, daß sie verschiedenen, kleineren Teileinzugsgebieten keinen Schutz bieten und so auf einen wichtigen Vorteil der dezentralen Konzeption verzichtet wird.

Bei der Analyse der Modellergebnisse fällt noch etwas auf: Die Reduktion der Abflußspitzen an den Ortseingängen von Eppingen paust sich nur zum Teil bis an den Ortsausgang durch. Das bedeutet, eine Reduktion der beiden großen Teileinzugsgebiete von jeweils 5 bzw. 10 m³/s führt nicht etwa zu einer um 15 m³/s gekappten Hochwasserwelle am Ortsausgang, sondern bewirkt lediglich eine Verringerung um 5 m³/s. Dies zeigt nochmals, daß ein großer Teil der Hochwasserprobleme durch den Siedlungseinfluß und die besondere Reliefposition Eppingens begründet sind.

Schließlich lassen die Ergebnisse der Modellierung auch eine Bewertung des Auswahlverfahrens zu. Dabei fällt auf, daß der Bedarf innerhalb der Vorauswahl erstaunlich gut abgeschätzt wurde (vgl. 6.1.1). Insgesamt wurde nur eine Maßnahme („Hellberg“) nicht benötigt und es bestand nirgends der Bedarf zur Nachausweisung. Auch ließ sich mit der vorgegebenen Anordnung der potentiellen Retentionsareale die gewünschte Abflußreduktion erreichen. Zwar kann von bei einer einzigen Planung nicht auf eine allgemeingültige Anwendbarkeit geschlossen werden, zumindest aber erscheint es lohnenswert, diese Form der Bedarfsabschätzung noch ausführlicher zu testen.

8 Darstellung der ausgewählten Retentionsareale

Nachdem bisher das Vorgehen bei der Auswahl und die Überprüfung der Wirkungsweise im Vordergrund der Betrachtung standen, soll nun gezeigt werden, wie sich die aktuelle Situation und die Planung für die ausgewählten Standorte im konkreten Fall darstellt. Da es zu weit führen würde, alle 35 Retentionsareale detailliert zu beschreiben, werden exemplarisch drei charakteristische Areale ausführlicher vorgestellt und anschließend, um auch alle restlichen zu erfassen, noch ein Überblick über sämtliche vorgeschlagenen Retentionsareale gegeben.

8.1 Exemplarische Beschreibung einzelner Retentionsareale

8.1.1 Gießhübelmühle

Das geplante Retentionsareal „Gießhübelmühle“ liegt ca. 1,5 km oberhalb des Stadtgebietes von Eppingen in der Elsenzaue. Die Bezeichnung wurde in Anlehnung an die etwas oberhalb liegende Mühle und den Namen des betroffenen Flurstückes „Bei der Gießhübelmühle“ gewählt. Nordwestlich wird der Standort durch die Bundesstraße 293 begrenzt. Auf der anderen Straßenseite schließt flußaufwärts die eigentliche Gießhübelmühle und kurz darauf ein zu Rohrbach gehöriges Gewerbegebiet an (siehe die Karte in Abb. A-12, oder die Lageübersicht in Abb. A-13).

Im Bereich des geplanten Areals weitet sich die Elsenzaue. Während sie noch etwas flußaufwärts eine maximale Breite von 50 bis 100 m hat, erreicht sie an dieser Stelle ca. 150 m. Für den Betrieb der unterhalb liegenden Raußmühle wurde ungefähr auf Höhe der Bundesstraße ein Mühlgraben abgeleitet, der inzwischen stellenweise verschüttet ist und nur noch abschnittsweise ein wenig Wasser führt.

Im westlichsten Teil des geplanten Areals liegt außerdem ein kleines Regenrückhaltebecken. Es dient dazu, den Straßenablauf etwas zu puffern und vor allem bei Unfällen etc. die direkte Einleitung von Schadstoffen in die Elsenz zu vermeiden. Dazu ist auch eine Ölsperre in das Becken eingebaut. Da es in dem gemäß der Planung nur äußerst selten überstauten Bereich liegt, sollte hier kein Konflikt zu erwarten sein.

Hinsichtlich der Auswahlkriterien, die an dieser Stelle die Anlage eines Retentionsareals stützen, soll zuerst auf die Frage nach dem Bedarf eingegangen werden: Das oberhalb anschließende Gebiet hat eine Gesamteinzugsgebietsgröße von knapp 20 km². Davon sind 6,6 km² von keiner weiteren Maßnahme erfaßt. Zudem gibt es unterhalb des Ortes Rohrbach keine Möglichkeit für eine Rückhaltmaßnahme, da hierdurch die Gießhübelmühle und das in der Aue errichtete Gewerbegebiet gefährdet würden. Nach der ersten Überschlagsrechnung (siehe Kap. 6.1.1) ergab sich ein Rückhaltebedarf von 64000 m³. Diese recht grobe Abschätzung berücksichtigte noch nicht den durch die versiegelte Fläche von Rohrbach erhöhten Abfluß; insofern war der Bedarf noch etwas höher anzusetzen. Daher konnte eine einzelne Maßnahme den Bedarf dieses vor Eppingen liegenden Abschnittes nicht abdecken, sofern man nicht auf ein erheblich größeres Volumen ausweichen wollte. Dadurch, daß zwei größere Maßnahmen in einem relativ kurzen Talabschnitt untergebracht werden mußten, waren die Auswahlmöglichkeiten erheblich eingeschränkt. Damit ist keinesfalls gemeint, daß der Standort nur eine Kompromißlösung aufgrund des hohen lokalen Bedarfs darstellt, vielmehr sind hier die meisten Auswahlkriterien optimal erfüllt.

So spricht für die Anlage eines Retentionsareals, daß in der Verlängerung des von Norden kommenden Weges eine dammartige Erhebung senkrecht die Aue kreuzt. Ob es sich bei dieser heute noch ungefähr 1 m über dem Auenniveau liegenden Erhebung um die Reste eines Seedammes oder lediglich die eines ehemaligen Weges handelt, läßt sich nicht eindeutig klären. Hingegen ist gut ersichtlich, daß durch die anhaltende Beackerung das Material der Aufschüttung über einen weiten Bereich verschleppt wurde. So tritt die Erhebung heute nur noch als leichte Welle in Erscheinung, erst die Vermessung ließ die Höhendifferenz richtig erkennen. Sicherlich ist der Schluß zulässig, daß der ursprüngliche „Damm“ erheblich höher war. Entscheidender ist aber der Einfluß, den dieser „Damm“ heute noch hat: Bei Hochwasserereignissen führt das verbliebene Hindernis zu einem leichten Aufstau. Dies konnte gut bei dem Ereignis im Februar 1997 (vgl. Abb. 29) beobachtet werden. Auch noch in den folgenden Tagen ließ sich die Überstauung anhand der dunkleren Bodenfarbe er-

kennen. Zwar waren auf den vorhandenen Luftbildern in der direkten Umgebung der Elsenz keine Spuren einer häufigeren Überstauung zu erkennen, doch weist der südlich des Mühlgrabens liegende Wiesenstreifen zwei Vernässungsbereiche auf (vgl. Lageplan in Abb. A-12). Diese sind auch auf den Luftbildern zu sehen. Als Vernässungsstellen waren sie allerdings erst im Rahmen der Vegetationskartierung sicher einzuordnen. Da zumindest die Flächenanteile mit überwiegendem Schilf- (*Phragmites australis*) und Seggenbestand (*Carex disticha* und *Carex nigra*) nicht gemäht werden, sind sie auch außerhalb der Vegetationsperiode gut sichtbar. Die Vegetationsaufnahme im Sommer ergab eine größere Anzahl weiterer, feuchteliebender Pflanzen, die direkt die Vernässungsbereiche besiedeln oder diese gürtelartig umschließen. Unter den ca. 20 vorkommenden Pflanzen fanden sich dort das Rohr-Glanzgras (*Typhoides arundinacea*), das Kleinblütige Weidenröschen (*Epilobium parviflorum*) und der Sumpf-Schachtelhalm (*Equisetum palustre*). Die meisten vorkommenden Arten sind typische Anzeiger für Naßstandorte (HAHN 1997). Im zweiten Vernässungsbereich beginnt außerdem ein kleiner Graben, der diesen Abschnitt entwässert. Das ist nicht verwunderlich, nach ausgiebigeren Regenfällen steht auch im Sommer in den Vernässungsbereichen das Wasser einige Zentimeter tief, und dies über eine Dauer von mehreren Wochen.

Die Uferstreifen der Elsenz und die im geplanten Areal liegenden Wiesen konnten insgesamt als „bedingt naturnah bis naturnah“ bewertet werden. Da keine der vorhandenen Pflanzen durch eine Verstärkung der Vernässungserscheinungen gefährdet ist, spricht unter ökologischen Gesichtspunkten nicht gegen die Anlage eines Retentionsareals. Es ist allerdings zu erwarten, daß sich die nassliebenden Pflanzen unter den für sie verbesserten Bedingungen etwas stärker verbreiten und es folglich zu einer Verlagerung der um die Vernässungsbereiche liegenden Vegetationsgürtel nach außen kommt. Unter ökologischen Gesichtspunkten ist dieses zu begrüßen, die Nutzung der Wiesenbereiche könnte allerdings etwas stärker eingeschränkt werden. Dies sollte jedoch relativ unproblematisch sein, weil die Stadt Eppingen bereits Eigentümerin der hauptsächlich betroffenen Bereiche ist. Für die übrigen Flächenanteile ist im Rahmen der laufenden Flur-

bereinigung eine Zuteilung an die Gemeinde beabsichtigt, so daß auch eine Umwandlung des zwischen Graben und Elsenz liegenden Ackerbereiches in Grünland problemlos erreicht werden kann. Zur Vermeidung von Ernteverlusten bietet sich eine Nutzung als Grünland an, da bei einem Bau des Retentionsareals durchschnittlich alle 3 Jahre, also relativ häufig, Überstauungen zu erwarten sind.

Auch unter dem Aspekt der Volumenintensität schneidet dieser Standort im Abschnitt zwischen Rohrbach und Eppingen am besten ab. Das Verhältnis zwischen Stauvolumen und überstauter Fläche liegt bei der geplanten maximalen Stauhöhe von 1,6 m etwas über 1 und ist daher positiv zu bewerten.

Zusammenfassend läßt sich also sagen, daß der Standort der günstigste in dem betrachteten Gewässerabschnitt ist. Er leistet einen unverzichtbaren Beitrag zum Schutz der unterhalb liegenden Gewerbe- und Siedlungsbereiche, wenn er auch nicht das gesamte benötigte Volumen zur Verfügung stellen kann.

Beim 100-jährlichen Ereignis springt, wie bei allen Arealen, die Hochwasserentlastung noch nicht an. Bei dieser Jährlichkeit wird das Areal „Gießhübelmühle“ zu 90% ausgelastet. Das bietet sowohl genug Reservevolumen für eine zu erwartende Aufsedimentation als auch einen ausreichenden Sicherheitsspielraum.

Die Abbildungen A-11 und A-12 zeigen am Beispiel des Areals „Gießhübelmühle“ eine tabellarische Kurzbeschreibung, in der die wichtigsten Daten zur Erfassung des Ist-Zustandes, wie auch der Planung, zusammengefaßt sind. Diese Übersichtstabellen wurden für alle zur Diskussion stehenden Retentionsareale erstellt und im Projektverlauf kontinuierlich aktualisiert. Auf diese Weise war der aktuelle Planungsstand für Zwischenpräsentationen und Abstimmungsgespräche immer parat. Im Rahmen des Abschlußberichtes (ASSMANN & GÜNDRA 1997, Anlage A) konnten damit alle 35 Maßnahmen in einem überschaubaren Umfang und ausreichend genau dargestellt werden.

8.1.2 Rosalienhof

Ganz in der Nähe im Seitental des Himmelreichbaches liegt der Standort „Rosalienhof“, der nach dem angrenzenden Bauernhof benannt ist. An dieser Stelle drängt sich die Nutzung als Rück-

halteraum geradezu auf, da schon jetzt nach stärkeren Niederschlägen ein Aufstau erfolgt (siehe Abb. 38). Dieser ist bewußt durch eine Staumauer (siehe Abb. 39) induziert und dient der ökologischen Flutung des in diesem Bereich liegenden Naturdenkmals. Da das Auslaßbauwerk gerade so ausgelegt wurde, daß es zu einer Überflutungstiefe von nur wenigen Zentimetern kommt, ist der bisherige Rückhalteeffekt gering. Die in der Planung vorgeschlagene Erhöhung der Staumauer um 40 cm würde ein Rückhaltevolumen von knapp 15 000 m³ zur Verfügung stellen. Die Kosten für die Umgestaltung der Mauer und die Erneuerung des bisherigen defekten Verklausungsschutzes werden schätzungsweise 10 000 DM nicht überschreiten. Grunderwerbskosten fallen nicht an, da das bestehende Naturdenkmal für den Aufstau in Anspruch genommen werden soll. Die darüber hinaus noch benötigte Fläche wird im Rahmen der Flurbereinigung über Ausgleichsmaßnahmen bereit gestellt.

Bezüglich der Einordnung als Naturdenkmal ist die ökologische Bewertung sicherlich von besonderem Interesse. Dazu erfolgte eine Aufteilung des Areals in insgesamt 9 separat untersuchte Einzelstandorte. Davon wurden zwei Teilstandorte als „natürlich“ eingestuft, drei als „naturnah“ und die restlichen vier als „bedingt naturnah“ (HAHN 1997, S.101). Mit Ausnahme der Wasserfläche des bestehenden, stark eutrophierten Teiches ist das Gebiet ökologisch wertvoll und der Schutz ohne Frage gerechtfertigt. Bei allen Teilstandorten überwiegen die Feucht- und Nässe-Zeiger, die übrigen Pflanzen sind fast ausschließlich Frische-Zeiger, eine Beeinträchtigung durch die geplanten, etwas höheren Wasserstände ist dementsprechend nicht zu erwarten.

Möglicherweise kann dennoch die Festsetzung als Naturdenkmal im Genehmigungsverfahren zu Bedenken führen. Jedoch sollten die sachlichen Argumente eigentlich genügend für die Maßnahme sprechen:

- der defekte Verklausungsschutz muß in jedem Fall erneuert werden, um nicht durch einen teilweise mehreren Wochen anhaltenden Dauerstau Fauna und Flora zu beeinträchtigen.
- der geringe Wasseraustausch des kleinen Weihers bei hohen Nährstoffeinträgen führte zu einer extremen Eutrophierung. Diese zeigt sich im Vorhandensein einer Faulschlammschicht

und an der hohen Nährstoffbelastung des Wassers. Ein regelmäßiger Wasseraustausch würde diesem etwas entgegenwirken. Ein Teil der Nährstoffeinträge stammt aus einer am Rande bzw. zum Teil sogar auf der Fläche des Naturdenkmals liegenden Geflügelhaltung. Für eine exemplarisch genommene Wasserprobe (Wasseroberfläche) vom September 1997 ergab die Analyse eine Phosphorbelastung von 1,3013 mg/l (Gesamt-P).

- die Erweiterung des Feuchtbereiches im Rahmen der Planung dient dem Ziel des Naturdenkmals, den Lebensraum bestimmter Tiere und Pflanzen zu sichern (LANDRATSAMT HEILBRONN, 1996, S. 67).

Insgesamt wäre mit dieser Maßnahme, dem oberhalb geplanten Retentionsareal „Schelmenhalde“ und einem oberhalb von Mühlbach bereits befindlichem See das Einzugsgebiet des Himmelreichbaches ausreichend mit Rückhaltemaßnahmen ausgestattet. Der 100-jährliche Abfluß dieses 6,7 km² großen Teileinzugsgebietes ließe sich so von 3,1 m³/s auf 0,85 m³/s reduzieren.

8.1.3 Am See

Der Standort „Am See“ hat wie auch die anderen bisher beschriebenen Maßnahmen eine sehr hohe Priorität. Diese begründet sich dadurch, daß der geplante Retentionsraum für den Schutz des etwas unterhalb liegenden Ortes Rohrbach unverzichtbar ist und außerdem in diesem Abschnitt der Elsenz keine Alternativen mit entsprechend großem Stauvolumen bestehen. Bei einem maximalen Stauvolumen von fast 36 000 m³ gehört das Areal zu den größten Maßnahmen der Konzeption. Der hohe Bedarf zeigt sich unter anderem an der errechneten Überflutungshäufigkeit, immerhin würden alle 2 Jahre mindestens 10% des geplanten Stauvolumens ausgelastet. Während im bisherigen Zustand ein 100-jährliches Ereignis einen Abfluß von 5 m³/s erzeugt, wird durch die hier beschriebene und zwei weitere, oberhalb gelegene Maßnahmen der Durchfluß bis zum 100-jährlichen Niederschlagsereignis auf unter 0,6 m³/s gedrückt. Die hier angesprochenen Maßnahmen sind die Retentionsareale „Rotenbach“ an dem gleichnamigen Zufluß der Elsenz mit etwas über 13 000 m³ und „Birkenwald“ mit knapp 10 000 m³. Bei dem zweiten handelt es sich um einen mit Auewald bestandenen



Abb. 38: Das Retentionsareal „Rosalienhof“ bei bisher maximaler Stauhöhe



Abb. 39: Staumauer am Naturdenkmal „Rosalienhof“

Auenbereich der Elsenz. Selbst beim 1000-jährlichen Ereignis wird der Abfluß noch auf 4,5 m³/s reduziert. Die Hochwasserentlastung muß folglich abzüglich des Grundablasses ca. 4 m³/s verkraften. Dies zeigt, daß selbst bei extremen Ereignissen noch eine erhebliche Reduktion erreicht wird.

Für die Wahl dieses Standorts sprach allerdings nicht nur, daß einzig an dieser Stelle das benötigte Stauvolumen mit vertretbarem Aufwand erreicht werden kann: Wie schon die in den Namen des Retentionsareals übernommene Flurbezeichnung andeutet, handelt es sich um den Standort eines ehemaligen Sees. Im Bereich des Weges, der heute im südlichen Teil des geplanten Retentionsareals die Aue kreuzt, findet sich zusätzlich der Flurname „Am Seedamm“. Zieht man die extreme Überbreitung des heutigen Weg- bzw. Straßendamms in Betracht, liegt der Schluß nahe, daß für die jetzige Wegführung der bestehende Damm genutzt wurde. Der hinter diesem Hindernis liegende Bereich zeigt im weiteren vor allem auf der östlichen Uferseite erhebliche Vernässungserscheinungen. Zwei Schilfflächen sind ein deutlich sichtbares Zeichen der

sehr nassen Standorteigenschaften. Der Wiesenbereich in der Umgebung der Flächen wird nur noch einmal im Jahr gemäht. In Folge der extensiven Nutzung ist hier der Artenreichtum am größten, HAHN (1997) konnte insgesamt 30 verschiedene Pflanzen nachweisen. Auf den noch bestehenden Ackerflächen bereiten die Vernässungen der Landwirtschaft erhebliche Probleme, deshalb hat die Gemeinde bereits eine erste Ackerfläche aufgekauft, da die Kosten für eine Drainierung des Standortes die Grunderwerbskosten übersteigen würden. Folglich bietet es sich an, den stärker vernässten, östlichen Bereich des geplanten Retentionsareals für Naturschutzaufgaben zu nutzen. Zwar besteht im bereits genannte Wiesenstreifen wie auch im Uferstreifen ein gewisses Artenpotential, dennoch konnte der Standort bisher nur als „bedingt naturnah“ eingestuft werden (HAHN 1997), da der anthropogene Einfluß sehr prägend ist und viele der hier zu findenden Pflanzen nicht standorttypisch sind. Beispiele dafür sind die Moschus-Malve (*Malva moschata*) und der Ackersenf (*Sinapsis arvensis*). Die vorkommenden standortfremden Arten sind jedoch anzahlmäßig nur schwach vertreten und



Abb. 40: Photo des geplanten Retentionsareals „Am See“

gehören auch nicht zu den seltenen oder gar geschützten Arten. Eine durch Extensivierung und häufigere Überflutung zu erwartende Artenverschiebung kann also im Sinne einer Standortanpassung positiv bewertet werden. In den bisher intensiv genutzten Wiesen- und Ackerbereichen des geplanten Areals ist bei einer äußerst geringen Artenvielfalt (< 10 Arten in den Wiesenbereichen) die Ausgangssituation noch erheblich schlechter und damit der Bedarf zu einer ökologischen Aufwertung entsprechend größer.

8.2 Zusammenschau der ausgewählten Maßnahmen

Zusammenfassend sollen auch die anderen Maßnahmen kurz vorgestellt werden. Die Lage aller 35 ausgewählten Retentionsareale (inklusive der im Kap. 8.1 detailliert beschriebenen Maßnahmen) ist in Abb. A-13 eingetragen. Die wichtigsten Daten zum jeweiligen Teileinzugsgebiet und zur Planung der einzelnen Retentionsareale sind in Tab. 14 zusammengefaßt. Neben diesen Angaben sollen einige statistische Eckdaten den Überblick über die Vielzahl der Maßnahmen erleichtern:

- Maximal wird durch alle Retentionsareale eine Fläche von 63,5 ha überstaut, das entspricht 0,8% der Einzugsgebietsfläche.
- Insgesamt wird durch die 35 Maßnahmen ein Rückhaltevolumen von ca. 520 000 m³ zur Verfügung gestellt, das entspricht einem durchschnittlichen Volumen von 17 500 m³ pro Maßnahme. Die größten Rückhalteräume sind die „Raußmühle“ und die „Gießhübelmühle“ mit jeweils etwas unter 50 000 m³, die kleinsten besitzen ein Stauvolumen von ca. 5 000 m³ und stellen damit eine Zwischenform zu den „Flächen für die Sedimentretention“ dar. Diese Maßnahmen wurden entsprechend ihrer niedrigeren hydrologischen Wirksamkeit mit „geringer Priorität“ eingestuft. Dabei sollte beachtet werden, daß die Prioritätsbewertung in erster Linie zeitlich verstanden werden soll. Sie gibt an, durch welche Maßnahmen möglichst schnell ein relativ hohes Schutzpotential zu erreichen ist.
- Bei 8 Retentionsarealen gibt es Überschneidungen zu bestehenden Schutzgebieten (NSG, Naturdenkmale und § 24a-Biotop). Da

es sich in allen Fällen um Feuchtgebiete handelt, die meist sogar künstlich angelegt sind, werden durch die Anlage der Retentionsareale deren Standortbedingungen noch verbessert. Meist ergibt sich durch die Hochwasserschutzplanung die Möglichkeit zu einer sinnvollen Erweiterung der geschützten Gebiete.

- 3 Areale liegen völlig im Wald („Birkenwald“, „Bogenschießplatz“, „Jägersee“), 4 weitere umfassen kleine Wäldchen („Häuselsgrund“, „Im Weidenbruch“, „Rotenbach“, „Stadelsgrund“), 5 beinhalten bestehende Seen oder Teiche („Bruchgrabensee“, „Im Weidenbruch“, „Odenberg“, „Rosalienhof“), die übrigen von der Planung betroffenen, landwirtschaftlich genutzten Flächen werden ungefähr zur Hälfte als Acker und als Grünland genutzt.
- Parallel zur Funktion als Rückhaltemaßnahme ist eine Nutzung in der bisherigen Form in den meisten Fällen möglich, bei den selten überstauten Retentionsarealen ist sogar weiterhin eine Ackernutzung denkbar. Eine Nutzungsänderung wird jedoch für die folgenden Areale empfohlen: beim „Altenberg“ und „Altenbieder-See“ erfolgte bereits die Umwandlung von Ackernutzung zur Naturschutzfunktion (ökologische Ausgleichsmaßnahme der Flurbereinigung); die Retentionsareale „Am See“, „Berglesberg“ und „Gießhübelmühle“ sollten ebenfalls von der bisherigen Ackernutzung für den Naturschutz freigestellt werden, weil hier Feuchtbiotope bestehen; da an den Standorten „Mettelmühle“ und „Zitterich“ eine relativ häufige Überstauung erwartet wird, sollten hier die Ackerflächen in Grünland umgewandelt werden, beim Standort „Mettelmühle“ könnten dabei aufgrund der intensiven Nutzung für den Gemüseanbau Probleme entstehen, allerdings gibt es in der Umgebung keine Alternativstandorte, bei denen dieser Konflikt nicht auftreten würde (zu den vorgeschlagenen Nutzungsformen siehe auch Abb. A-13).
- Beim überwiegenden Anteil der Retentionsareale können bestehende Hindernisse für den Damm genutzt werden. Insgesamt müssen 9 Dämme neu angelegt werden (= 25%), davon stellen aber nur 5 ein Wanderungshindernis dar, da die anderen 4 nicht an perennierenden Gewässern liegen.
- Die Hochwasserentlastung springt bei allen

	Nummer im FGM	Ökologische Bewertung Uferbereich		Ökologische Bewertung Arealfläche		Gesamt-EZG des RA [km ²]	Teil-EZG des RA [km ²]	Wasserführung	maximal überstaute Fläche [1000 m ²]	maximales Rückhaltevolumen [1000 m ³]	Volumenintensität [m ³ /m ²]	Dammhöhe [m]	bestehendes Hindernis	Überstauhäufigkeit [Jahre]	Priorität	Baukosten [1000 DM]	Grunderwerbskosten [1000 DM]
Altenberg	1	+/-	--	1,2		●○	13	12	0,89	1,8	kein	4	●●○○	70	(50)		
Altenbieder-See	2	+/-	--	2,0	0,8	●○	14	10	0,70	1,3	Damm	3	●●○○	45	(60)		
Am See	67	+/-	+/-	6,9	2,0	●●	49	36	0,72	1,5	Weg	2	●●●●	40	20		
Berglesberg*	58	+	--	3,0	0,4	●○	5	4	0,81	1,8	Weg	7	●●○○	55	20		
Birkenwald	65	+/-		3,4		●●	10	9	0,97	1,8	kein	4	●●●○	40	(40)		
Bogenschießplatz	16	+		1,0		○○	10	9	0,91	1,5	Weg	4	●●○○	10	(40)		
Borzelbach	51	-	-	2,2	1,6	●○	20	15	0,74	1,5	kein	4	●●○○	70	80		
Bruchberg NSG	13	+	+	2,1		●●	14	14	1,01	1,8	Weg	4	●●●○	50	(60)		
Bruchgrabensee	15	+	+	4,2	2,1	●●	30	29	0,95	1,8	Weg	2	●●●○	40	(120)		
Essenbusch	27	+	-	8,4	1,6	●●	24	18	0,76	1,3	Weg	3	●●●○	30	95		
Essigberg	36	+	--	1,3		○○	12	12	0,94	1,8	Straße	4	●●○○	40	50		
Fröschlache*	52	-	--	0,5		○○	5	5	0,96	1,7	Weg	10	●○○○	50	20		
Gießhübelmühle	71	+/-	+	19,7	2,7	●●	45	46	1,02	1,6	Damm	3	●●●●	50	(180)		
Grünberg	56	+	--	1,7	0,9	●○	16	10	0,63	1,6	Weg	5	●●○○	70	65		
Hälde	8	+	+/-	2,3	1,5	●●	19	15	0,75	1,2	Weg	4	●●●○	40	80		
Häuselsgrund	7	+/-	--	0,9		○○	9	8	0,94	1,7	Weg	4	●●○○	60	35		
Hellberg	44	+	-	8,8	0,3	●○					kein		○○○○				
Im Weidenbruch	57	+		2,6		●●	34	25	0,72	1,4	Weg	4	●●●●	70	125		
Jägersee	37	++		1,5		●○	8	8	1,02	1,6	kein	4	●●○○	35	(35)		
Kiesgraben	5	+	-	1,2		●○	14	12	0,82	1,8	Weg	4	●●○○	45	60		
Kirschgrund (RHB)	50	+/-	--	0,7		○○	10	7	0,72	1,5	Bahn	6	●●○○	10	(40)		
Krummenland	18	--	-	1,4		●○	10	10	1,01	1,8	Weg	2	●●○○	45	40		
Mettelmühle	24	+/-	--	6,8	4,3	●●	24	21	0,88	1,4	kein	2	●●○○	50	100		
Mühle Adelshofen	29	++	-	15,4	2,9	●●	31	25	0,79	1,4	Straße	6	●●●●	30	125		
Nesselbach	12	+	-	4,7	2,3	●●	12	12	1,06	1,8	kein	3	●●●●	45	45		
Odenberg (RHB)	43	+	+	8,6	2,2	●●	16	10	0,66	1,1	Damm	4	●●●●	10	(60)		
Ottilienberg	38	+	-	1,8	0,3	●○	19	11	0,59	1,5	kein	3	●●○○	35	75		
Pfaffengrundteich	55	-	--	0,8		○○	11	9	0,85	1,5	Weg	6	●●●●	50	40		
Raußmühle	74	++	--	23,3	3,7	●●	65	49	0,74	1,3	Weg	4	●●●●	50	(260)		
Röllersberg	40	+	+	3,4		●○	18	12	0,70	1,8	kein	4	●●○○	50	70		
Rosalienhof (RHB)	48	+	+	6,7	1,5	●●	20	15	0,74	1,6	Bahn	3	●●●●	10	(75)		
Rotenbach	61	+	--	1,4		●●	20	13	0,67	1,7	kein	4	●●○○	45	80		
Schelmenhalde	47	+/-	+	5,2		●●	9	7	0,81	1,8	kein	5	●●○○	30	35		
Stadelsgrund*	54	+	--	0,5		○○	7	5	0,70	1,5	Weg	9	●○○○	50	30		
Stadion Eppingen*	3	+	+	0,7		●○	6	6	0,98	1,8	Weg	9	●○○○	40	25		
Zitterich	53	+/-	--	2,7		●○	8	8	1,09	1,8	Weg	3	●●○○	60	30		

Legende:

Ökologische Bewertung: natürlich (++) / naturnah (+) / bedingt naturnah (+/-) / naturfern (-) / naturfremd (--)

Wasserführung: episodisch (○○) / perennierend, geringer Abfluß (●○) / perennierend, größerer Abfluß (●●)

Priorität: keine (○○○○) / gering (●○○○) / mittel (●●○○) / hoch (●●●○) / sehr hoch (●●●●)

Grunderwerbskosten: die eingeklammerten Beträge fallen real nicht oder nur teilweise an

(RHB) sind im Landschaftsplan als Rückhaltebecken ausgewiesen

* stellen eine Mischform zu den Sedimentretentionsflächen dar

Tab. 14: Zusammenschau aller ausgewählten Retentionsareale

Maßnahmen erst bei Niederschlagsereignissen mit einer Jährlichkeit von > 100 an. Der Planung gemäß soll das Wasser in der Regel über den überströmbar gestalteten Damm abgeführt werden. Nur in 4 Fällen ist dies nicht möglich, da die Standorte hinter Bundesstraßen oder einem Bahndamm liegen. An diesen Stellen ist der schon bestehende Durchlaß aber so groß dimensioniert, daß die Entlastung durch ihn erfolgen kann. Sofern die noch kontrovers diskutierte Konstruktion eines überströmbar Dammes nicht durchsetzbar sein sollte, besteht immerhin bei 24 Standorten die Möglichkeit, das überschüssige Wasser über einen bestehenden befestigten Weg abzuführen. Als Beispiel für eine derartige, bereits vorhandene Hochwasserentlastung kann der schon längere Zeit als Rückhaltebecken fungierende Standort „Odenberg“ dienen. Bezüglich überströmbarer Dämme ist die Genehmigungspraxis noch nicht einheitlich, entsprechende Untersuchungen beschränken sich bisher nur auf größere Dammbauten (vgl. BIEBERSTEIN, BRAUNS & KAST 1997, siehe Kap. 3.3).

- Die Kosten für die Dammbaumaßnahmen wurden anhand einer Kostenschätzung des Ingenieur-Consulting-Büros DHV-Deutschland (ASSMANN & GÜNDRA 1997) auf ca. 1,5 Mio DM hochgerechnet. Dazu kommen die Kosten für den Grunderwerb. Dieser beläuft sich bei einem angesetzten Bodenpreis von 4 DM/m² für die gesamte, durch die Maßnahmen beeinflusste Fläche auf weitere 2,35 Mio DM. Der Berechnungsansatz berücksichtigt allerdings nicht alle durch die integrierte Planungsweise erreichbaren Kostenreduktionen wie mögliche Eigenleistungen der Gemeinde beim Bau und Doppelnutzungen. Nur bei den häufig überstauten Retentionsarealen ist es notwendig, die Grundstücke komplett zu erwerben und aus der Nutzung zu nehmen. In der Überzahl der Fälle reicht es aus, den direkten Dammbereich zu erwerben und auftretende Schäden zu entschädigen. Darüber hinaus sind einige der Flächen bereits in öffentlichem Besitz, sie sind in der Tab. 14 in Klammern gesetzt. Außerdem ist in die Kalkulation ein relativ hoher Bodenpreis eingegangen. Da es sich aber bei den aufzukaufenden Flächen fast ausschließlich um landwirtschaftliche Problemstandorte handelt, sollte der reale Kaufpreis niedriger liegen.

9 Diskussion von Planung und Auswahlverfahren

9.1 Aspekte der Planung an der Oberen Elsenz

Will man die Planung der dezentralen, integrierten Hochwasserschutzkonzeption an der Oberen Elsenz beurteilen, ist zunächst einmal festzustellen, daß das wichtige Ziel des 100-jährlichen Hochwasserschutzes erreicht werden konnte. Während zu Projektbeginn aufgrund des geringen Siedlungsanteils noch der Einfluß des Siedlungswassers unterschätzt wurde, zeigte später die hydrologische Modellierung, daß hier ergänzende Maßnahmen nötig sind. Um das gesteckte Ziel zu erreichen, muß der für Siedlungsflächen normale Anfangsverlust von ca. 1 mm um mindestens 10 mm erhöht werden. Daß dieses prinzipiell möglich ist, zeigen die Einschätzungen von z.B. SIEKER ET AL. (1996) und anderen Autoren, die im Rahmen der Literaturbetrachtung vorgestellt wurden (Kap. 2.4.4). Wie diese Vorschläge für das Arbeitsgebiet umgesetzt werden können, wird am Ende dieser Arbeit innerhalb des Blickes auf die anderen Konzeptbausteine noch kurz aufgezeigt (siehe Kap. 10.4).

Eine abschließende Beurteilung der ökologischen Auswirkungen kann vor der Umsetzung und einer daran anschließenden, längeren Beobachtungsphase nicht erfolgen. Doch soweit die sehr komplexen Zusammenhänge in der Natur überhaupt eine Prognose zulassen, kann davon ausgegangen werden, daß mit der Planung keine negativen ökologischen Folgen verbunden sind. Die Maßnahmen wurden so ausgewählt und geplant, daß der Eingriff ins Ökosystem so gering wie möglich bleibt und auch die Ergebnisse aus der Untersuchung der Vegetation ließen keine Probleme erkennen. Eine denkbare Unsicherheit ergibt sich noch aus dem Eingriff in den Stoffhaushalt. So könnte über die bei Hochwasser abgelagerten Sedimente auch der Nährstoffeintrag erhöht werden. Da die Modellierung der Sedimentdynamik in kohäsiven Sedimenten mit großen Problemen behaftet ist (vgl. MÜSCHENBORN 1997), sind bei dem heutigen Kenntnisstand bezüglich der Bilanzierung von Nährstoffen und Agrochemikalien kaum quantitative Aussagen machbar.

Ein weiteres wichtiges Beurteilungskriterium für eine Planung ist deren Umsetzbarkeit. Hier er-

wies sich von Vorteil, daß in der Planung eine integrierte Vorgehensweise gewählt wurde. In diesem Zusammenhang wird, als eine seiner Bedeutungen, unter dem Begriff „integriert“ die starke Einbindung aller an der Planung betroffenen Personen und Institutionen verstanden (DVWK 1997, S. 1, vgl. Kap. 3.1). Dazu bot das im Arbeitsgebiet laufende Flurbereinigungsverfahren eine günstige Ausgangssituation, da durch dieses bereits ein breites Forum vereint war. Dies wurde durch zusätzliche Absprachen mit verschiedenen anderen Gremien ergänzt. Abb. 41 zeigt die im Projekt am Planungsprozeß beteiligten Gruppen. Wichtig für eine funktionierende Kooperation war die frühzeitige und kontinuierliche Präsentation und Diskussion des Planungsstandes. Insgesamt konnte so zumindest im Verfahrensgebiet der Flurbereinigung sichergestellt werden, daß für die Maßnahmen auch die notwendigen Flächen zur Verfügung stehen. Ein Teil konnte aus den Mitteln für Ausgleichmaßnahmen aufgekauft werden und in zwei Fällen wurde sogar die bauliche Ausführung schon entsprechend vorbereitet (Retentionsareale „Altenberg“ und „Altenbieder See“). Dadurch, daß ein großer Teil der benötigten Flächen durch Umlegung städtischer Grundstücke oder Flächenkauf abgedeckt werden kann, war der größte Vorbehalt der Landwirtschaft weitgehend ausgeräumt. Ebenso wichtig für einen Konsens erscheint aber auch der oben genannte kontinuierliche Dialog, der dafür sorgt, daß der Planungsprozeß und die Standortauswahl für die betroffenen Landwirte transparent ist.

Auch bezüglich der zu erwartenden Kosten erscheint die Planung sehr interessant, insgesamt

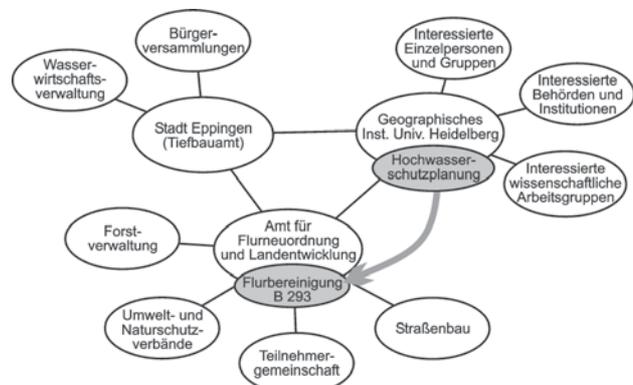


Abb. 41: Beteiligung verschiedener Gremien am Planungsprozeß des „dezentralen, integrierten Hochwasserschutzes“ in Eppingen

wurde für die Baumaßnahmen eine Summe ca. 1,5 Mio DM errechnet. Dazu kommen für den Grundstückskauf zwischen 1,35 Mio (ohne bereits der Gemeinde gehörende Fläche) und 2,35 Mio DM (vgl. Kap. 8.2). Damit liegt der Preis pro m³ Stauvolumen unter 7,50 DM und werden selbst die 10 DM/ m³, die man sonst nur für die als billiger geltenden großen Becken kalkuliert, unterboten (LAWA 1995, S. 12). Für kleine Becken werden üblicherweise bis zu 50 DM/m³ und mehr angesetzt (LAWA 1995, TÖNSMANN 1995). Dennoch ist der Betrag von der Gemeinde bei der jetzigen Haushaltssituation kaum aufzubringen. Aus diesem Grund hängt sehr viel von der Bewilligung möglicher Fördermittel und dem persönlichen Einsatz der für die Umsetzung Verantwortlichen ab, um die weiteren Einsparpotentiale (Doppelnutzung, Eigenleistung) auszuschöpfen.

9.2 Vorteile und mögliche Probleme einer dezentralen, integrierten Konzeption

Aus den Erfahrungen an der Oberen Elsenz hat sich gezeigt, daß der dezentrale, integrierte Hochwasserschutz einige deutliche Vorteile gegenüber konventionellen, zentralen Konzeptionen hat. Hier seien noch einmal die wichtigsten Vorteile zusammengefaßt:

- Die Maßnahmen setzen an den Wurzeln der Abfließstehung an. Hierzu tragen neben den in dieser Arbeit vorrangig beschriebenen Retentionsarealen natürlich auch die weiteren Konzeptbausteine, unter diesen besonders die von GÜNDRA (1999) geplanten Flächen zur Sedimentretention, bei. Entsprechend wird schon sehr weit oben im Einzugsgebiet vom Hochwasserschutz profitiert.
- Die Maßnahmen sind nach aktuellem Wissensstand ökologisch unbedenklich, nur während der Bauphase treten Störungen der Fauna und Flora auf (vgl. Kap. 6.2.3).
- Einige Maßnahmen können zusätzlich für den Naturschutz verwendet werden. Vielfach ist über die Anlage von Retentionsarealen auch eine Sicherung bestehender, aber bisher nicht speziell ausgewiesener Biotope möglich. Obwohl bestimmte Biotope eigentlich prinzipiell per Gesetz geschützt sind (§ 20c Bundes-

naturschutzgesetz), werden z.B. Schilfbereiche und Naßwiesen oft noch weitgehend in die Grünland- und Ackernutzung einbezogen. Durch eine Eingliederung der Feuchtstandorte in die Hochwasserschutzmaßnahmen könnte hier der nötige Schutz geschaffen werden.

- Es werden vor allem landwirtschaftlich minderwertige Böden einbezogen, der Verlust an wertvollem Ackerland ist somit nur sehr gering (vgl. Kap. 6.2.3).
- Die Berücksichtigung der Erosionsproblematik ist ein wesentlicher Bestandteil der Konzeption. Dadurch werden einerseits die Interessen der Landwirtschaft und andererseits die des Gewässerschutzes gewahrt. Gelangen die Sedimente erst einmal in die größeren, durch Industrieabwässer belasteten Vorfluter, wird ihre Entsorgung (Baggergut) je nach Art der Kontamination problematisch.
- Die Maßnahmen passen sich in die Landschaft ein, wie die Bauausführung am Berolzheimer Graben (vgl. Kap. 2.4.6) gezeigt hat, sind sie optisch unauffällig. Da vielfach bestehende Weghöhen nicht oder nur gering überschritten werden müssen, ist kaum eine Veränderung des Gesamtbildes zu erwarten.
- Die Installation kann bei mehreren dezentral angeordneten Einzelmaßnahmen sukzessive (z.B. angepaßt an die zur Verfügung stehenden Finanzmittel) erfolgen und zeigt eine dem Fertigstellungsgrad entsprechende Wirkung.
- Durch Eigenleistungen der Gemeinde und Koordination mit anderen Baumaßnahmen läßt sich ein großer Teil der Kosten einsparen. Einige Bausteine lassen sich ohne nennenswerten Kostenaufwand umsetzen.
- Die Anlagen sind relativ wartungsarm, es fallen nur Mäh- und Reinigungsarbeiten an. Die Kontrolle auf eventuelle Beschädigungen kann im Rahmen dieser Arbeiten erfolgen.
- Da die Wirkungsweise der verschiedenen Bausteine vielfältig ist, können auch unterschiedliche staatliche Förderungen in Anspruch genommen werden. Als Beispiel kann das Bad Orber Flutmuldenmodell dienen, daß aufgrund seiner grundwasserbildenden Wirkung aus der Grundwasserabgabe gefördert werden konnte (HESSISCHES MINISTERIUM FÜR UMWELT 1996, S. 21).

Nachdem die Vorteile der dezentralen, integrier-

ten Konzeption vorgestellt wurden, soll nun auf mögliche Schwierigkeiten eingegangen werden. Zwar sind, wie bereits erläutert, bezüglich der eigentlichen Maßnahmen keine negativen Effekte zu erwartet, hingegen können aber Probleme im Zusammenhang mit der Planung, Genehmigung und Finanzierung auftreten, da integrierte Planungsverfahren von den bisherigen Strukturen, Gesetzen und Vergütungsregelungen nicht berücksichtigt werden.

Zunächst zur Kostenproblematik: Bei der Planung dezentraler und naturnaher Maßnahmen wird durch die hohe Anzahl an Einzelstandorten ein erheblich höherer Untersuchungsaufwand verursacht als bei einem oder wenigen zentralen Standorten. Aufgrund der hohen ökologischen Anforderungen sind außerdem ausgedehnte Geländearbeiten unumgänglich. Die dadurch verursachten höheren Planungskosten können zwar durch vergleichsweise niedrigere Umsetzungskosten mehr als kompensiert werden, die Planungskosten sind jedoch bisher als prozentualer Anteil der Baukosten fest an diese gekoppelt (geregelt nach der Honorarordnung für Architekten und Ingenieure, HOAI). Eine Senkung der Baukosten bei erhöhtem Planungsaufwand macht also entsprechende Konzeptionen unter betriebswirtschaftlichen Gesichtspunkten uninteressant. Eine denkbare Lösung wäre die komplette Vergabe von Planung und Bauausführung. Allerdings ist es üblich, zuerst eine Vorplanung und Flußgebietsuntersuchung zu vergeben und erst in Folge über die durchzuführenden Maßnahmen zu entscheiden. Dies bedeutet für eine dezentrale Planung, sofern sie nicht ausdrücklich in der Ausschreibung gefordert ist, einen erheblichen Wettbewerbsnachteil.

Doch nicht nur die Höhe der bei den verschiedenen Schritten entstehenden Kosten bereitet Schwierigkeiten, sondern auch deren Zuordnung. Da bei integrierten Maßnahmen eine Mehrfachnutzung fester Bestandteil der Konzeption ist, lassen sich die Maßnahmen keinem eindeutigen Verantwortungsbereich zuordnen. Nehmen wir die im zugrundeliegenden Projekt häufiger vorkommende Verbindung von Hochwasser- und Umweltschutz als Beispiel: Wie lassen sich die entstehenden Kosten gerecht auf die beiden Nutzungen verrechnen? Weder der Umweltschutz-Nutzen noch der Hochwasserschutz-Nutzen ei-

ner einzelnen Maßnahme ist monetär genau zu erfassen. Hier ist ein gemeinschaftliches Vorgehen der Verantwortlichen gefragt. Solange jede Institution befürchtet, durch andere übervorteilt zu werden, wird man kaum zu einer einvernehmlichen Lösung kommen. Ebenso muß auch von den Förderorganen (Landesfördermittel, Umweltverbände) die Bindung von Mitteln an zu eng definierte Zwecke aufgegeben werden, da die Entscheidung über Baumaßnahmen in hohem Maße von deren Förderung abhängen. Das kann in vielerlei Hinsicht dazu führen, daß teurere, aber geförderte Maßnahmen den günstigeren Alternativen vorgezogen werden. Dies mag für die betroffene Gemeinde eine wirtschaftlichere und somit gut nachvollziehbare Lösung sein, ist jedoch volkswirtschaftlich gesehen nicht vertretbar.

Aber nicht nur die Kostenfrage muß zwischen den verschiedenen Institutionen geklärt werden, es ist ebenso zu regeln, wer die Initiative ergreifen und dann koordinierend die Planungs- und Ausführungsphase begleiten muß. Auch die anschließenden Wartungsarbeiten müssen auf die unterschiedlichen Zuständigkeiten verteilt werden.

Weitere Schwierigkeiten können sich im Genehmigungsverfahren ergeben. Die noch nicht vorhandene Erfahrung mit dezentralen Konzeptionen begründet gewisse Unsicherheiten, besonders dadurch, daß für die Maßnahmen noch keine verbindlichen Sicherheitskriterien definiert sind. Da einige Bausteine (besonders Gerinnenrenaturierung und Nutzungsänderung) kaum von bisherigen hydrologischen Modellen in ihrer Wirkung erfaßt werden, kann man sie nur als zusätzliche Sicherheit in ein Konzept einbauen, zumindest sofern ein exakt definiertes Schutzniveau verlangt wird.

Die genannten Problemfelder begrenzen noch die Einsatzmöglichkeiten dezentraler, integrierter Ansätze auf einzelne „Musterprojekte“. Somit stellt sich die Frage, ob in naher Zukunft mit einer Lösung der oben genannten Probleme zu rechnen ist. Nach Einschätzung des Autors werden alternative Planungskonzeptionen im Laufe der nächsten Jahre eine Berücksichtigung in technischen Regelwerken, Gesetzen und Vergütungsrichtlinien finden. Der Bedarf ist bekannt und eine Umsetzung wird bereits von verschiedenster Seite eingefordert. Größere Probleme sind hingegen im Bereich der Kooperation und Koor-

dination der verschiedenen zuständigen Stellen zu erwarten. Obwohl auch hier ein Konsens über die Notwendigkeit besteht, hängt die praktische Umsetzung sehr vom persönlichen Engagement der betroffenen Personen und Institutionen ab.

Bezüglich dezentraler Ansätze ergibt sich noch ein weiteres Problem dadurch, daß bereits vor der eigentliche Vergabe der Planung die Standorte für mögliche Maßnahmen weitgehend feststehen und somit das Planungsbüro etc. in der Standortbestimmung nicht mehr frei ist. Dies resultiert daraus, daß von aufgetretenen Hochwasserschäden ohne ausführliche Analyse der Gesamtzusammenhänge auf den Bedarf geschlossen wird und dann z.B. innerhalb von Gemeinderatssitzungen eine Vorauswahl stattfindet. Unbewußt prägen dabei verschiedene Faktoren die Bewertung des Bedarfs mit:

- die „zufällige“ Niederschlagsverteilung der beobachteten Ereignisse und die proportional dazu angefallenen Schäden
- das politische Engagement der vom Hochwasser Betroffenen bzw. Geschädigten
- die Dringlichkeit anderer Probleme (Bau von Schulen, Verkehrswegen, Kläranlagen etc.)

Da kaum umfassende, fachbezogene Planungshilfen zur Verfügung stehen, aber nur mit einer sachlich fundierten Begründung die Auswahl möglicher Maßnahmenstandorte gegen andere Interessen vertretbar ist, steht bei der Auswahl von Standorten eher die politische Machbarkeit als die wasserwirtschaftliche und geomorphologische Eignung im Vordergrund.

Die Fachleute werden dann erst in einer schon weit fortgeschrittenen Phase der Diskussion eingeschaltet und es bleibt ihnen die Aufgabe, von den Vorüberlegungen ausgehend einen den Anforderungen entsprechenden Hochwasserschutz zu planen. Dieser, in Abb. 42 dargestellte, heute meist übliche Entscheidungsablauf verhindert durch seine sequentielle Struktur mögliche Rückkoppelungen, außerdem ist von Stufe zu Stufe mit einem Informationsverlust zu rechnen. Die Entscheidung über eine zentrale bzw. dezentrale Rückhaltung fiel indirekt aber über die Lage und Anzahl der zur Verfügung gestellten Standorte bereits vor der eigentlichen Planungsstufe. Naturräumliche Nachteile eines vorgeschlagenen Standortes lassen sich normalerweise durch einen entsprechend höheren technischen Aufwand

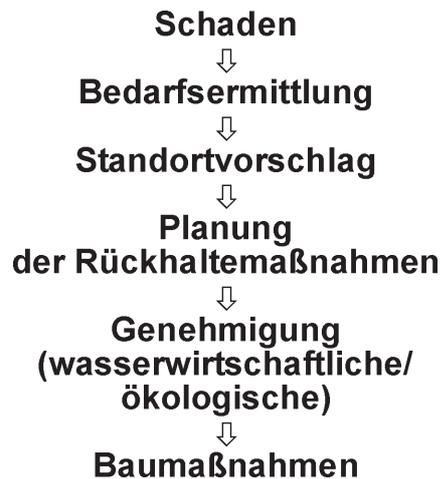


Abb. 42: Bisherige, sequentielle Entscheidungsabfolge bei der Planung von Rückhaltemaßnahmen

kompensieren und erzwingen deshalb nur selten erneute Standortüberlegungen. Die Planung einer dezentralen Schutzkonzeption wird jedoch durch eine ungeeignete Standortauswahl ausgeschlossen, denn für sie wird eine deutlich höhere Anzahl von Einzelstandorten benötigt, die zudem noch bestimmte Eigenschaften aufweisen müssen. Die sonst übliche Kompensation von Standortnachteilen durch höheren technischen Aufwand bei der Ausgestaltung der Maßnahmen verbietet sich aus wirtschaftlichen Gründen und steht auch in prinzipiellem Widerspruch zur ökologischen Ausrichtung des Ansatzes. Nur wenn die sequentielle Struktur im Planungsverfahren durch eine von Beginn an kontinuierliche Zusammenarbeit ersetzt wird (integriertes Planungsverfahren im Sinne von DVWK 1997, S. 1), ist auch die gleichberechtigte Berücksichtigung der verschiedenen Zielrichtungen möglich.

9.3 Vereinfachung des Ausweisungsverfahrens für die Planungspraxis

Daß im Projektgebiet der Oberen Elsenz genügend geeignete Retentionsareale ausgewiesen werden konnten, bestätigt auch die Eignung der eingesetzten Ausweisungsmethoden. Jedoch ist das Auswahlverfahren für eine Anwendung in der Planungspraxis noch als relativ aufwendig.

Zudem bieten nur allgemein verständliche und möglichst leicht nachvollziehbare Ausweiskriterien die Chance, die Belange des Hochwasserschutzes auch in andere Planungen einzubeziehen. Eine Berücksichtigung der Hochwasserschutzinteressen bei Raumplanung, Flurbereini-

gung und ökologischen Leitplanungen kann die Erstellung und Umsetzung einer Hochwasserschutzkonzeption deutlich erleichtern und partiell wahrscheinlich sogar übernehmen.

Da während der Planung an der Oberen Elsenz noch nicht gesagt werden konnte, welche der eingesetzten Methoden sich letztendlich als geeignet erweisen würden, mußte noch das gesamte Spektrum überprüft werden. Viele Methoden konnten erst im Laufe der Arbeiten optimiert werden. So wurde beispielsweise während der Kartierarbeiten die Liste der Kartierinhalte ergänzt, die schließlich für die Auswahl von Bedeutung waren (vgl. Kap. 6.2.1).

Erst im Rückblick lassen sich die verschiedenen eingesetzten Untersuchungsmethoden bezüglich ihrer Effektivität beurteilen:

Interpretation aktueller Karten: Sie bilden eine unverzichtbare Grundlage zur Auswahl und Bewertung der Standorte. Die TK 25 gibt dazu die nötigen Einzugsgebietsinformationen. Ein Teil dieser im Projekt noch aus der Karte digitalisierten Daten wird in Zukunft allerdings digital zur Verfügung stehen, so daß die Interpretation über den Einsatz des GIS erfolgen kann. Damit sind benötigte Werte wie Nutzungsanteile leichter und genauer verfügbar. Die DGK 5 bietet die beste verfügbare Detailinformation, besonders hinsichtlich der Reliefdarstellung. Sie hat auch für die Volumenberechnungen eine ausreichende Genauigkeit. Außerdem ist sie in der Vorbereitung der Geländearbeiten und als Kartiergrundlage unverzichtbar. Überdies ist lohnend, die in der DGK 5 verzeichneten Flurnamen nach Hinweisen auf frühere und aktuelle Feuchtstandorte zu untersuchen.

Interpretation historischer Karten und anderer Quellen: Neben den in den Flurnamen enthaltenen Informationen brachte die Auswertung der historischen Quellen kaum zusätzliche Informationen. Besonders unter Berücksichtigung des hohen Arbeitsaufwandes ist diese Methode wenig erfolgversprechend. Einzig der Vergleich des Gewässernetzes aus alten TK 25-Ausgaben (vom Anfang des Jahrhunderts und älter) mit heutigen Karten ergab einige nützliche Planungsanregungen.

Interpretation von Luftbildern: Die Orthophotos boten in dem Maßstab von 1:5 000 bzw. 1:2 500 eine gute Arbeitsgrundlage. Sie lagen jedoch nur

für einen Teil des Untersuchungsgebietes vor. Die Bilder kleineren Maßstabs lassen Kleinformen nicht mehr erkennen. Da die Luftbilder nicht direkt nach einem Niederschlagsereignis gemacht wurden, waren ihnen insgesamt nur wenige Hinweise zu entnehmen. Im Hinblick auf die Entwicklung eines Planungsverfahrens ließe sich die Aussagekraft der Luftbilddauswertung noch erheblich steigern. Dies setzt aber voraus, daß die Befliegung eigens für diesen Zweck durchgeführt wird. Die nachfolgenden Hinweise können helfen, deren Effektivität zu verbessern:

- Der Bildflug sollte möglichst kurze Zeit nach einem stärkeren Niederschlagsereignis durchgeführt werden. Eine Erfassung von Ausuferungsbereichen könnte zusätzlich noch Hinweise auf Hochflutrinnen etc. geben.
- Als Filmmaterial sollte Infrarotfilm oder zumindest ein Farbfilm verwendet werden. Die Verwässerungserscheinungen lassen sich so leichter und sicherer identifizieren.
- Sofern nicht anderweitig höhere Ansprüche an das Bildmaterial gestellt werden, reichen für diese Anwendung auch Aufnahmen mit gängigen Kamerasystemen (Klein- bzw. Mittelformatkameras). Dies senkt die Befliegungskosten und macht so evtl. erst einen Einsatz dieser Methode möglich.

GIS-Einsatz: Das GIS bewährte sich als geeignetes Werkzeug zur Verwaltung und Darstellung der unterschiedlichen Informationsschichten. Die Erzeugung von über das jeweilige Teileinzugsgebiet kumulierten Bewertungsfaktoren und die Ableitung von Staubereichen etc. war ein nützliches Hilfsmittel bei der Standortauswahl. Auf weitere Möglichkeiten zur Vereinfachung des Ausweisungsverfahrens und die momentanen Grenzen des GIS-Einsatzes wird noch gesondert eingegangen (Kap. 9.3.2 und 9.3.3).

Kartierung: Viele Ergebnisse sind nur direkt im Gelände zu erhalten. Besonders Feuchtstandorte sind anhand der Vegetation am leichtesten über die Kartierung zu ermitteln, darüber hinaus sind Angaben über das Gewässerprofil etc. nicht anders zu erheben. Durch die anderen Methoden läßt sich zwar die zu untersuchende Fläche schon erheblich eingrenzen, die Kartierung bleibt aber wichtiger Bestandteil der Vorauswahl. Noch bedeutender ist sie für die Detailanalyse der Stand-

orte. Die letztendlich für die Eignung entscheidenden Standorteigenschaften müssen zum großen Teil direkt im Gelände erhoben werden.

Vermessung: Die Vermessung wurde überwiegend zur Kontrolle der anhand der DGK 5 berechneten Stauvolumen und zur Aufnahme der für die hydrologische Modellierung erforderlichen Flußquerprofile eingesetzt. Ersteres bestätigte die Verwendbarkeit der aus der Karte digitalisierten Geländeinformation, das zweite ist ein notwendiger Bestandteil der Modellierung.

Hydrologische Modellierung: Die hydrologische Modellierung ist nach wie vor unverzichtbarer Bestandteil einer Hochwasserschutzplanung. Sie wird benötigt, um das geforderte Schutzniveau nachzuweisen, aber ebenso für die Dimensionierung der einzelnen Rückhalte und deren Grundablässe. Auch läßt sich der genaue Bedarf für eine Maßnahme und deren Wirksamkeit nur mit diesem Werkzeug ermitteln. Nachteilig ist der hohe Arbeitsaufwand für die Modellierung bzw. die Modellkalibrierung und die noch sehr große Ungenauigkeit im Bereich der kleineren Gewässer.

Insgesamt betrachtet kann auf die eingesetzten Methoden nur zum geringen Teil verzichtet werden, der Arbeitsaufwand läßt sich daher nur durch die Optimierung der einzelnen Schritte im Auswahlverfahren reduzieren.

9.3.1 Ordnen der Auswahlkriterien

Bei einer dezentralen und integrierten Konzeption muß, wie bereits in Kap. 6.1 ausgeführt, das gesamte Einzugsgebiet analysiert werden. Da durch die dezentrale Anordnung der Maßnahmen lokale Effekte der Abflußbildung in Bezug auf die Hochwasserschutzplanung mehr an Gewicht gewinnen und sich nicht wie bei zentralen Lösungen in ihrer Wirkung über ein größeres Einzugsgebiet mitteln, müssen diese Prozesse differenziert untersucht werden. Ebenso bedarf es einer detaillierten Untersuchung aller potentiellen Standorte für Rückhaltemaßnahmen. Ein weiterer Aspekt sind die proportional zu der Anzahl der Einzelmaßnahmen anwachsenden Wechselwirkungen der Maßnahmen untereinander. Die Berücksichtigung all dieser Teilaspekte ist für den Erfolg einer dezentralen, integrierten Hochwasserschutzplanung unabdingbar, allerdings ist der Aufwand nicht unerheblich. Also ergibt sich die

oben bereits erläuterte Notwendigkeit, das Planungsverfahren zu rationalisieren und so zu strukturieren, daß in ihm bereits zu einem sehr frühen Bearbeitungszeitpunkt die Machbarkeit einer solchen Konzeption überprüft wird. Dementsprechend empfiehlt es sich, die Planung in die beiden folgenden Teilstufen zu gliedern:

1. Beurteilung des Potentials einer Landschaft, ob in ihr mit dezentralen, integrierten Maßnahmen ein Hochwasserschutz gewährleistet werden kann.
2. Festlegung und Detailplanung der einzelnen Maßnahmen.

Mit dieser Aufteilung soll erreicht werden, daß möglichst schnell feststeht, ob durch eine dezentrale, integrierte Konzeption die benötigte Rückhaltekapazität zur Verfügung gestellt werden kann und in welchen Bereichen evtl. mit Problemen zu rechnen ist. Damit ist es notwendig, die im Auswahlverfahren erarbeiteten Kriterien so zu ordnen, daß sie entsprechend den beiden genannten Schritte abgearbeitet werden können. Bevor aber die zeitliche Reihenfolge erstellt wird, sollten die Unterscheidungsmerkmale nach inhaltlichen Aspekten zusammengefaßt und daraufhin überprüft werden, ob sie eine ausreichende Aussagekraft besitzen. Weiterhin stellt sich die Frage, ob sie nur in Einzelfällen gültig sind oder eine allgemeine Anwendbarkeit gegeben ist.

Um zu wenigen, aber sehr aussagekräftigen Auswahlmerkmalen zu gelangen, sollten diese:

- für jedes Teileinzugsgebiet bzw. jeden potentiellen Standort bestimmbar sein.
- voneinander unabhängig sein, d.h., sie sollen nicht bereits durch ein weiteres Merkmal ausgedrückt werden.
- einen klaren inhaltlichen Zusammenhang zu mindestens einem der Planungsziele haben.

Bei der inhaltlichen Sortierung wurde sich nun an der Funktion der Entscheidungsmerkmale im Ausweisungsverfahren orientiert. Hierbei können Kriterien unterschieden werden, die eine Aussage über den Bedarf machen und solche, die die Eignung eines Standorts bewerten (siehe Tab. 15). Eine weitere Untergliederung erfolgt nach ausschließenden und bewertenden Kriterien. Erstere schließen eine Nutzung als Rückhaltestandort prinzipiell aus, die zweiten beurteilen einen Standort. Die ausschließenden und bewert-

Bedarf		Eignung	
ausschließend	bewertend	ausschließend	bewertend
<ul style="list-style-type: none"> • zu geringe oder zu große Einzugsgebietsgröße • vorhandene Rückhaltemaßnahmen mit ausreichendem Rückhaltepotential 	<ul style="list-style-type: none"> • Einzugsgebietsgröße • Nutzung (Siedlungs-, Grünland und Waldanteil) • bestehende Retentionseffekte • Reliefenergie • Dichte des Gewässernetzes • Wasserführung • geomorphologische Aktivität • Anzahl und Wertigkeit der Schutzgüter 	<ul style="list-style-type: none"> • zu hoch über dem Gewässer gelegene Flächen • Gefährdung von Siedlungsflächen durch Überstauung oder Rückstau • Gefährdung von wichtigen Verkehrsflächen durch Überstauung oder Rückstau • Gefährdung von Anlagen zur Trinkwassergewinnung durch Überstauung oder Rückstau • Gefährdung von schützenswerten Biotopen oder Pflanzen • anderweitige, unveränderliche, bestehende oder geplante Nutzung 	<ul style="list-style-type: none"> • verfügbares Stauvolumen • Volumenintensität • ökologischer Schutzbedarf • ökologisches Verbesserungspotential • Möglichkeit der Einbeziehung vorhandener Hindernisse • Lage im aktuellen bzw. rezenten Überflutungsbereich • landwirtschaftliches Nutzungspotential (Gunst- bzw. Ungunststandorte) • Potential für Doppelnutzung • Gefährdung von sonstigen Verkehrsflächen durch Überstauung oder Rückstau • Baukosten • Verfügbarkeit der Fläche • Erreichbarkeit • Unterhaltungskosten

Tab. 15: Struktur der Auswahlkriterien

tenden Kriterien treten jeweils in beiden der vorher genannten Gruppen auf.

Bei den bewertenden Kriterien gibt es keine klaren Ja-oder-Nein-Entscheidungen, sondern es muß eine abgestufte Bewertung erfolgen. Ob nun eine Maßnahme letztendlich ausgewählt wird, hängt davon ab, ob die gesetzten Richtwerte über- oder unterschritten werden. Die Festlegung dieser Werte hängt jedoch wiederum vom Angebot an Alternativen ab. Ist eine genügend große Auswahl vorhanden, kann man sie relativ streng festsetzen, fehlt es an Alternativen, müssen die Maßstäbe etwas gelockert werden.

Nach der Erstellung der inhaltlichen Systematik wird nun auf die Reihenfolge eingegangen, in der die einzelnen Kriterien anzuwenden sind. In Abb. 43 ist die zeitliche Abfolge der einzelnen Auswahl Schritte anhand der in Tab. 15 genannten vier Kriterienbereiche dargestellt. Um den Arbeitsaufwand zu verringern, empfiehlt es sich, die ausschließenden Kriterien immer zuerst zu bearbeiten. Dadurch muß die jeweils komplexere Bewertung nur dann durchgeführt werden, wenn der Standort nicht schon aufgrund anderer Faktoren prinzipiell ausgeschlossen ist. Aus demselben Grund wurde auch die Bedarfsanalyse der Eignungsanalyse vorangestellt, die Bedarfsanalyse kommt weitgehend mit den Daten der Grobana-

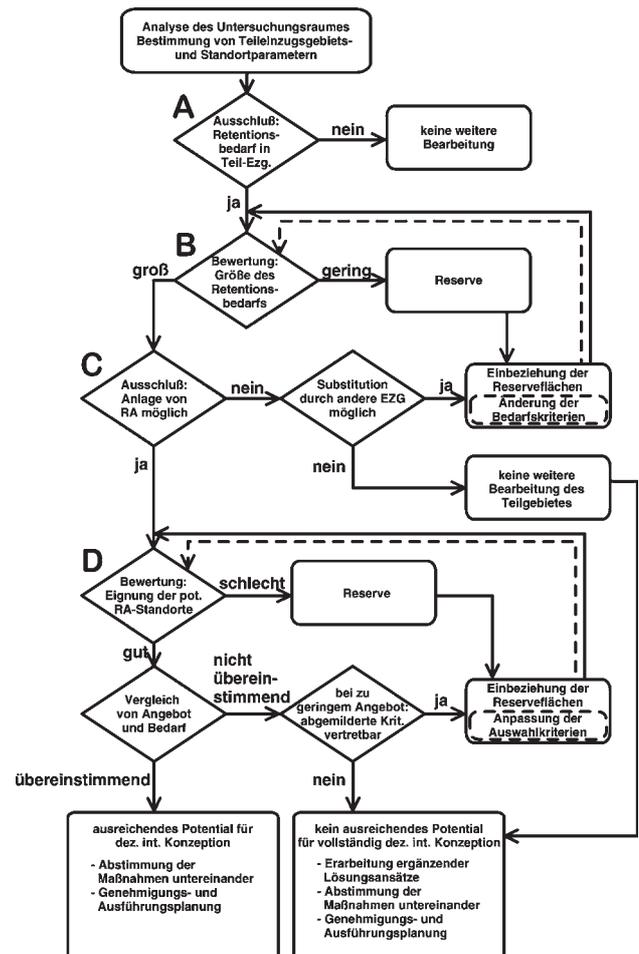


Abb. 43: Vorgehensweise bei der Auswahl von Retentionsarealen

lyse aus, während für die Eignungsanalyse auf die Detailuntersuchung zurückgegriffen werden muß.

Ein weiterer wichtiger Aspekt wird in Abb. 43 durch die teilweise wiederholt zu durchlaufenden Schleifen aufgezeigt. Da das Standortauswahlverfahren ein dynamischer Prozeß ist, sind der Bedarf eines Teileinzugsgebietes bzw. die Eignung eines potentiellen Rückhaltestandortes immer in Relation zu den jeweiligen Nachbar-Teileinzugsgebieten und den schon ausgewählten Retentionsareale zu sehen.

Abschließend bleibt, die beschriebenen Arbeitsschritte den zu Anfang des Kapitels genannten Phasen zuzuordnen: Zur „Beurteilung des Potentials“ gehören die gesamte Bedarfsanalyse (A und B in Abb. 43) und die ausschließenden Kriterien der Eignungsbewertung (C). Die „Festlegung und Detailplanung“ entspricht weitgehend der „Bewertung der Eignung“ (D) und den darauf folgenden Arbeitsschritten.

9.3.2 Arbeitersparnis durch verstärkten GIS-Einsatz

Durch gezielten Rechnereinsatz läßt sich, vor allem bei großen Arbeitsgebieten, die Arbeit erheblich erleichtern. Der Arbeitsaufwand wird mit Hilfe der EDV von der zu bearbeitenden Einzugsgebietsgröße weitgehend unabhängig (vgl. Abb. 44). Die dabei immer anfallenden Vorarbeiten sind hingegen relativ aufwendig, zu ihnen gehören z.B. die Einrichtung des Rechnersystems, die Beschaffung, Konvertierung und Aufarbeitung digitaler Daten. Die Größe des Arbeitsgebietes spiegelt sich dann fast nur in den Dateigrößen und

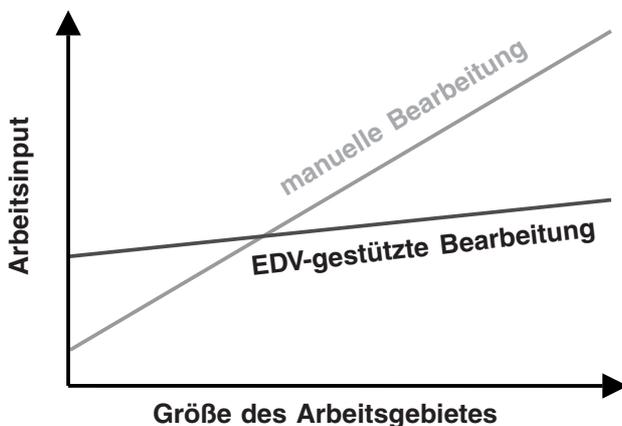


Abb. 44: Arbeitsinput bei manueller und GIS-gestützter Standortausweisung

der benötigten Rechenzeit wider. Diese ist allerdings heute nur noch selten ein limitierender Faktor. Wichtiger ist hingegen die Frage, ob die benötigten Daten bereits digital vorliegen. Müssen sie erst erhoben bzw. digitalisiert werden, bedeutet das einen zusätzlichen Arbeitsaufwand, der nun direkt proportional zur bearbeiteten Fläche ist. Nach den Erfahrungen aus den bearbeiteten Projekt liegt der Schnittpunkt – ab dem sich ein EDV-Einsatz bei der Standortsuche rentiert – in Abb. 44 bei Einzugsgebietsgrößen zwischen 100 und 500 km², wobei aber für seine genaue Festlegung die genannte Verfügbarkeit der Daten wie auch die jeweilige EDV-Ausstattung eine wichtige Rolle spielen.

In der Vorauswahl wurden bereits verschiedene Auswahlkriterien auf das GIS übertragen, eine Verschneidung erfolgte jedoch nur mit den ausschließenden Kriterien (z.B. überstaubarer Bereich) über eine einfache Und-Verknüpfung (logisches UND). Komplexere Verschneidungen waren ohne eine vorherige Bewertung der Kriterien nicht sinnvoll. Diese konnte erst nach der Detailanalyse und der hydrologischen Modellierung erfolgen. Nachdem nun deren Ergebnisse vorliegen, soll versucht werden, Anhaltspunkte für die Gewichtung der einzelnen Kriterien untereinander zu geben.

Die hier empfohlene Vorgehensweise legt für die einzelnen Kriterien eine 3-stufige Bewertung (0, 1 oder 2) zugrunde und versieht sie gemäß ihrer Bedeutung mit einem Gewichtungsfaktor. Wie stark die einzelnen Kriterien betont werden, hängt weitgehend von den im jeweiligen Projekt gelegten Schwerpunkten ab. Die in Tab. 16 aufgelisteten Bewertungsfaktoren und -stufen zeigten sich dabei für die Oberen Elsenz als angebracht. Es soll dazu in Erinnerung gerufen werden, daß die sich aus der Summe der Einzelbewertungen ergebenden Gesamtbeurteilungen nur für den direkten Vergleich von benachbarten potentiellen Maßnahmen geeignet sind. Ein für ein gesamtes Einzugsgebiet geltender Grenzwert läßt sich wegen der inhomogenen, natürlichen Ausstattung der Landschaft und ihrer ebenso ungleichmäßigen anthropogenen Beeinflussung nicht erreichen. Mindestens sollte aber eine im Durchschnitt mittlere Bewertung (1=gering) angestrebt werden.

Die in der Tab. 16 aufgeführten „Bewertungsstufen“ wurden überwiegend von den für die Obere

Kriterium	0 = neutral	Bewertung 1 = gering	2 = groß	Gewicht. faktor	Bemerkungen
Abflubaufkommen • mit Abflußbeiwert gewichtete EZG-Größe * • benötigtes Stauvolumen **	< 0,5 km ² < 10 000 m ³	0,5 bis 1,5 km ² 10 000 bis 20 000 m ³	> 1,5 km ² > 20 000 m ³	(10) 10	über GIS errechnet über hydrologisch. Modell berechnet
Abflußcharakteristik • mit Gefälle gewichtete EZG-Größe • Länge des Gewässernetzes • Wasserführung • geomorphologische Aktivität	< 0,5 km ² < 1 km Fließlänge episodisch nicht erkennbar	0,5 bis 1 km ² > 1 km Fließlänge < 5 l/s erkennbar	> 0,5 km ² erweitert, > 1 km Fließ. > 5 l/s ausgeprägt	3 2 2 3	über GIS errechnet über GIS errechnet nur für potentielle RA kartiert nur regional kartiert
Schutzgüter • benötigt. Schutzniveau	HQ 10	HQ 25	HQ 100	10	ges. EZG HQ 100
Rückhaltevolumen • Neigung * • Lage an Zusammenflüssen * • Volumenintensität ** • maximal erreichbares Stauvolumen	< 0,63 ° oder > 2,46 ° nein < 0,85 < 10 000 m ³	> 0,63 ° und < 2,46 ° Seitental ohne Gewässer 0,85 bis 1 = 10 000 m ³ bis 20 000 m ³	> 1,05 ° und < 1,58 ° Seitental mit Gewässer > 1 > 20 000 m ³	(5) (5) 10 10	über GIS errechnet über GIS errechnet nur für potentielle RA errechnet nur für potentielle RA errechnet
Ökologie • Entwicklungs- bzw. Gefährdungspotential • Vernässungsstellen (Kartierung, Flurnam.) • Auen • für Rückhalt nutzbare Hindernisse (Wege) • benötigte Dammhöhe	Verschlechterung nicht vorhanden keine Aue nicht vorhanden > 1,8 m	ohne Änderung Flurnamen (poten. Vern.) subrezente A. bedingt einbeziehbar 1,5 m bis 1,8 m	Verbesserung kartierte Vernässung rezente Aue einbeziehbar (nicht GIS) < 1,5 m	5 5 5 5	nur für potentielle RA kartiert digitalisiert, in GIS überführt regional kartiert. teilweise über GIS errechnet nur für potentielle RA bestimmt
Umsetzbarkeit • Doppelnutzungspotential • Flächenverfügbarkeit	Intensivkulturen Aufkauf / Nutzung problematisch	Wiesen- / Ackernutzung Aufkauf / Nutzung problemlos	NSG, Auewald etc. öffentliches Eigentum	7 3	nur für potentielle RA überprüft durch Flurbereinigung dominiert
Kosten • Bau- und Unterhaltungskosten • Erreichbarkeit	> Mittelwert ohne Weganbindung	= Mittelwert (± 10 %) 100 m bis zu einem Weg	< Mittelwert 50 m bis zu einem Weg	10 5	nur für potent. RA errechnet über GIS errechnet

Die mit * gekennzeichneten Parameter lassen sich verhältnismäßig gut über ein GIS errechnen, sie können für die nachstehenden mit ** markierten Kriterien bis zu deren Bestimmung als Ersatzparameter verwendet werden. Die Gewichtungsfaktoren dieser vorläufigen Werte sind in Klammern gesetzt.

Die Doppellinie trennt die den Bedarf (oben) von den die Eignung (unten) bewertenden Kriterien.

Tab. 16: Bewertungsschlüssel zur Gewichtung der einzelnen Auswahlkriterien

Elsenz ausgewählten Retentionsarealen abgeleitet. Sofern sie nicht durch die Angaben in der Tabelle selbsterklärend sind, im sollen folgenden einige der Überlegungen aufgeführt werden, die zu den Klassifizierungen führten:

- Die Einzugsgebietsgröße der kleineren Retentionsareale liegt im Bereich von 1 km².
- Die Schutzgüter wurden in Anlehnung an die in DVWK 1983, S. 21 geforderten Jährlichkeiten unterteilt (bebaute Gebiete und wichtige Verkehrsanlagen = 2; Einzelbauten, nicht dauernd bewohnte Siedlungen = 1).
- Bezüglich der für die Anlage von Rückhalte-räumen geeigneten Neigung wurden die ausgewählten Retentionsareale statistisch ausgewertet. 70 bzw. 90% ihrer Fläche lag dabei in den aufgeführten Gefällsbereichen.
- Günstige Volumenintensitäten ergaben sich häufig beim Zusammentreffen bzw. an Einmündungen von Seitentälern. Da an diesen Stellen meist ein leichter Gefällsknick zu finden ist (die Seitentäler sind häufig etwas steiler als das Haupttal), findet sich in diesem Bereichen ein relativ ebener und doch klar umgrenzter möglicher Überflutungsbereich.
- Die Verteilung der geplanten Dammhöhen zeigte bei 1,5 und 1,8 m deutliche Häufigkeitsmaxima, die Höhe von 1,8 m wurde in Anlehnung an die Maßnahme am Berolzheimer Graben als Maximum festgelegt (siehe Kap. 2.4.6).

Die nachstehenden Erwägungen führten zu den Gewichtungsfaktoren:

- Abflußmenge und -charakteristik sollten gleich stark gewichtet werden.
- Da im Einzugsgebiet die Siedlungen relativ gleichmäßig verteilt sind, mußte auch für das gesamte Gebiet – entsprechend den Anforderungen der Gemeinde – ein 100-jährlicher Schutz angestrebt werden. Dieses Kriterium führte demnach an der Oberen Elsenz nicht zu einer Differenzierung. Der Faktor gewinnt erst bei langen Wellenlaufzeiten bis zur nächsten Siedlung an Bedeutung, da bei dieser Konstellation durch ein Retentionsareal teilweise nur die Wirkung der Gerinneretention ersetzt würde. Ein Gewichtungsfaktor von 10 (= 10%) erschien diesbezüglich angemessen.
- Die Eignung muß stärker gewichtet werden als der Bedarf, weil teilweise die zu niedrige Rück-

haltekapazität anderer Teileinzugsgebiete kompensiert werden muß.

- Die ökologischen Bewertungskriterien wurden als der wichtigste Teilbereich erachtet (25%).
- Die beiden umsetzungsorientierten Teilbereiche „Umsetzbarkeit“ und „Kosten“ gehen zusammen mit ebenfalls 25% in die Gewichtung ein.
- Die Flächenverfügbarkeit sollte keinen zu starken Einfluß auf die Standortauswahl nehmen (vgl. Kap. 9.2), da bei ihr nicht die naturräumlichen Eigenschaften im Vordergrund stehen. In dem hier beschriebenen Projekt lag der günstige Fall vor, daß durch das laufende Flurbereinigungsverfahren die benötigten Flächen weitgehend bereitgestellt werden konnten (vgl. Kap. 9.1) und so die Verfügbarkeit wie gewünscht nur einen geringen Einfluß auf die Standortwahl hatte. Unter anderen Rahmenbedingungen mag dies nicht immer erreichbar sein.
- Die Summe aller Gewichtungsfaktoren ergibt 100.

Um diese Bewertung für den Entscheidungsprozeß aufzubereiten, bieten sich die folgenden beiden Möglichkeiten an:

1. Für alle flächig vorliegenden Kriterien werden Verteilungskarten errechnet und deren Werte anschließend entsprechend dem Gewichtungsfaktor multipliziert. Zuletzt werden die Produkte der verschiedenen Kartenschichten aufsummiert. Das Resultat ist eine Karte, welche – vergleichbar mit der in Kap. 6.1 beschriebenen Vorauswahl – die in Frage kommenden Standorte eingrenzt. Der nächste Schritt besteht darin, für die weitere Bearbeitung die Einzelstandorte manuell zu selektieren, was durch eine farbliche Umsetzung der Eignung (vgl. Abb. A-14) erleichtert wird.
2. Im Entscheidungsprozeß zwischen den einzelnen Standortvarianten ist eine Bewertungstabelle, in der die Bewertungen der unterschiedlichen Kriterien für die potentiellen Standorte einander gegenübergestellt werden, ein geeignetes Hilfsmittel (vgl. Tab. 17). Damit läßt sich der Vergleich sowohl objektiver und transparenter gestalten, als auch zugleich eine Rangfolge festlegen.

Die so ausgewählten Standorte bilden den Ausgangspunkt für die hydrologische Modellierung.

Name des Retentionsareals	Bedarf							Eignung									Gesamt-Bewertung				
	Abfluaufkommen		Abflußcharakteristik			Schutzgüter	Rückhaltvolumen			Ökologie				Umsetzbarkeit	Kosten						
	mit Abflußbeiwert gewichtete EZG-Größe (vorläufig für benötigtes Stauvolumen)	benötigtes Stauvolumen *	mit Gefälle gewichtete EZG-Größe	Länge des Gewässernetzes	Wasserführung	geomorphologische Aktivität	benötigtes Schutzniveau	Neigung (vorläufig für Volumenintensität)	Lage an Zusammenflüssen (vorl. für Vol.-int.)	Volumenintensität *	maximal erreichbares Stauvolumen	Entwicklungs- bzw. Gefährdungspotential	Vernässungsstellen (Kartierung, Flurnamen)	Lage in der Aue	nutzbare Hindernisse	benötigte Dammhöhe *		Doppelnutzungspotential	Flächenverfügbarkeit	Bau- und Unterhaltungskosten *	Erreichbarkeit
Gewichtungsfaktor	(10)	10	3	2	2	3	10	(5)	(5)	10	10	5	5	5	5	5	7	3	10	5	
Berglesberg	(2)	2	1	2	1	1	2	(1)	(0)	0	0	2	2	2	1	2	1	0	1	2	124
Roh4	(2)	2	1	2	1	0	2	(1)	(0)	0	0	2	0	0	0	0	1	0	1	1	81
Roh5	(2)	2	1	2	1	0	2	(1)	(0)	0	0	2	0	0	0	0	1	0	1	1	81
Pfaffengrundteich	(2)	2	1	2		1	2	(1)	(2)	1	2	1	2	1	2	2	1	0	1	2	147
Am See	(2)	2	2	2	2	0	2	(2)	(1)	0	2	2	2	1	2	1	2	1	1	2	151
Gießhübelmühle	(2)	2	2	2	2	1	2	(2)	(1)	2	2	2	2	2	2	1	2	2	1	2	182
Rosalienhof	(2)	2	2	2	2	0	2	(1)	(0)	0	2	1	2	2	2	1	2	2	2	2	164

* = die Werte dieser Parameter sind von der Planung der benachbarten Retentionsareale abhängig und somit veränderlich.

Tab. 17: Vergleich verschiedener Standorte anhand einer Bewertungstabelle

Erst hier kann letztendlich über die Wirksamkeit der einzelnen Maßnahmen und ihrer Kombination geurteilt werden. Entsprechend ist auch noch die eine oder andere Änderung möglich: gute, aber nicht benötigte Standorte müssen aufgegeben werden, weniger gute bei Bedarf hinzugenommen werden. Der Fall, daß ein durch die übrigen Kriterien besser bewerteter aufgrund der hydrologischen Wirksamkeit durch einen schlechter beurteilten ersetzt werden müßte, ist zwar prinzipiell denkbar, trat im beschriebenen Projekt aber nicht auf.

Anknüpfend an die zu Anfang des Kapitels gemachte Untergliederung des Arbeitsablaufes in „Beurteilung des Potentials“ (=Machbarkeitsstudie) und „Festlegung und Detailplanung“, bietet es sich in Bezug auf den GIS-Einsatz an, die Vorgehensweise noch leicht zu modifizieren. Je

nach Verfügbarkeit digitaler Daten können zusätzlich sogar einzelne Aspekte der Standortbewertung (Punkt D in Abb. 43) schon in die „Beurteilung des Potentials“ einbezogen werden (z.B. „Erreichbarkeit“ und „nutzbare Hindernisse“).

Daneben ist es sich bei einzelnen Kriterien praktikabler, für die Potentialabschätzung mit Ersatzparametern zu arbeiten. So kann z.B. das nur über das hydrologische Modell erfaßbare „benötigte Stauvolumen“ durch die „mit Abflußbeiwert gewichtete EZG-Größe“ angenähert werden. Mit dieser Vorgehensweise gewinnt die Potentialabschätzung an zusätzlicher Aussagekraft, da sonst einzelne Unterscheidungsmerkmale wie das „benötigte Stauvolumen“ nicht oder nur mit erheblichem Aufwand erhoben werden könnten.

Um zu verdeutlichen, wie sich eine derartige Bewertung im Untersuchungsgebiet darstellt, wur-

den exemplarisch einige Retentionsareale ausgewählt und die Bewertungszahlen in Tab. 17 zusammengestellt. Zum einen sind einige Standorte inklusive der beiden ausgewählten Retentionsareale entlang des Rohrbaches aufgeführt, zum anderen die drei in Kap. 8.1 ausführlich beschriebenen Retentionsareale.

Es zeigt sich, daß die über die Bewertungszahlen erhaltenen Ergebnisse sehr gut mit den im Auswahlverfahren erhaltenen übereinstimmen: Die ausgewählten Retentionsareale erreichten auch alle überdurchschnittliche Gesamtbewertungen (> 100), das Areal „Gießhübelmühle“, das sich bereits in der Auswahl hervorgetan hatte, nimmt mit 182 die Spitzenposition ein. Die Wertungsziffern können also als der quantitative Ausdruck dessen gelten, was im eigentlichen Auswahlverfahren noch über Relationen zur direkten Umgebung für jeden einzelnen Standort separat erfolgte. Jedoch bleiben einige Probleme, die eine vollständige Übertragung der Auswahl auf die EDV ausschließen:

- Sofern die Parameter nicht flächenhaft vorliegen (siehe letzte Spalte der Tab. 16), sind sie für die GIS-Ausweisung nicht einsetzbar.
- Die Wechselwirkungen der Maßnahmen untereinander sind aufgrund ihrer extrem hohen Anzahl rechentechnisch nicht erfaßbar (vgl. Kap. 7.6), wirken sich aber direkt auf die Bewertung einzelner Faktoren aus.

9.3.3 Beurteilung des GIS-Einsatzes im Auswahlverfahren

Der Einsatz eines GIS stellte in vielerlei Hinsicht eine wichtige Hilfe für das Auswahlverfahren dar. Ein großer Vorteil ist darin zu sehen, daß eine Aktualisierung relativ leicht erfolgen kann. Neben der Nutzung der in GRASS implementierten Funktionen, war ein relativ hoher Programmieraufwand nötig, um die zusätzlich benötigten Operationen zu erstellen (vgl. Kap. 6.1.3). Diese zeitliche Investition wäre für eine einzelne Planung sicherlich nicht zu rechtfertigen gewesen, im Hinblick auf die Erarbeitung eines Verfahrens ist sie aber angemessen.

Viel entscheidender als das eigentliche EDV-Programm mit seinen Funktionen und Möglichkeiten bestimmen aber die zugrundeliegenden Daten die Grenzen und die Qualität der Aussage mit. Als wichtigster Ausgangsdatensatz diente ein

digitales Geländemodell, auf dessen Genauigkeit nun eingegangen werden soll:

Wenn ein Vergleich mit anderweitig erhobenen Daten (z.B. den aus digitalisierten Karten) beabsichtigt ist, ist eine sehr kleine Fehlerspanne bei absoluten Lage- und Höhenangaben notwendig. Hier erwies sich z.B. als problematisch, daß das digitalisierte und das aus dem Geländemodell generierte Flußnetz nicht kongruent waren, was z.B. die Bestimmung von Einzugsgebietsgrößen erheblich erschwerte. Eine gute, relative Genauigkeit, bei der trotz absolutem Höhenfehler die Höhendifferenz zum jeweiligen Nachbarpixel stimmt (diese Abweichungen können beispielsweise durch systematische Abtastfehler der Höhenwerte aus Luftbildern entstehen), reicht hingegen für die Reliefauswertung wie Neigungsberechnungen und die Bestimmung von Einzugsgebietsgrößen etc. bereits aus. Jedoch ist nur sehr schwer zu beurteilen, ob ein Geländemodell diese relative Genauigkeit aufweist, da ein stichprobenartiger Vergleich mit externen Daten nur begrenzt möglich ist, diese Daten können nur auf einen schlüssigen Gesamteindruck hin überprüft werden.

Für die vorliegende Arbeit standen zwei unabhängig voneinander erstellte Geländemodelle zur Verfügung: das 50 m-Raster des Landesvermessungsamtes und Daten des Landesamtes für Landentwicklung und Flurneuordnung, aus denen ein 10 m-Raster erzeugt wurde (vgl. Kap. 6.1.3). Es lag somit nahe, die beiden Datengrundlagen miteinander zu vergleichen. Hierzu wurde das 10 m-Modell entsprechend ausgedünnt und die beiden Datensätze voneinander subtrahiert. Die Differenzkarte zeigte bei einer annähernden Gaußverteilung eine mittlere Höhendifferenz von 1,31 m zwischen beiden Modellen. Bei den Extremwerten wurden sogar Differenzen von bis zu 42 m erreicht, was sich jedoch durch Unterschiede bei der Registrierung des Baumbestands erklären läßt. Das bedeutet, da die Abtastraster bei der Erstellung der Geländemodelle aus den zugrundeliegenden Luftbildern nicht kongruent sind, kann beispielsweise in einem Modell ein Einzelbaum oder eine Baumgruppe erfaßt werden und im anderen nicht. In den abgeleiteten und zur Deckung gebrachten interpolierten Höhenrastern treten dann allerdings für ein und denselben Lagewert unter-

schiedliche Höhen auf. Die mittlere Abweichung über das gesamte Gebiet ist entweder durch die an den verschiedenen Aufnahmezeitpunkten unterschiedliche Vegetationshöhe begründet oder es handelt sich um systematische (Geräte) Fehler bei der Auswertung der Aufnahmen. Soweit sich anhand von exemplarischen Vergleichen mit digitalisierten Kartenausschnitten (DGK5) oder gemessenen Profilen sagen läßt, scheint das 10 m-Raster die höhere Genauigkeit zu besitzen, allerdings hatte es den eindeutigen Nachteil, nicht flächendeckend vorzuliegen. Es wurde entsprechend durch das 50 m-Raster ergänzt (vgl. Kap. 6.1.3), so daß jeweils mit der höchst möglichen Qualität gearbeitet werden konnte.

Da die größten Abweichungen zwischen den Datensätzen in den Waldbereichen auftreten, die für die Ausweisung von Retentionsarealen wichtigen Auenbereiche aber weitgehend waldfrei sind, relativieren sich die Fehler etwas in ihrer Bedeutung. Dennoch sind die Berechnungen von Überflutungsbereichen etc., die eigentlich eine Genauigkeit im Dezimeterbereich voraussetzen, mit großen Unsicherheiten behaftet. Die Reliefauswertung auf der bisherigen Datenbasis kann also allenfalls Anhaltspunkte für die Standortauswahl liefern. Für exakte Stauvolumenberechnungen ist bisher noch die unabhängige Erstellung eines detaillierteren und vor allem genaueren Geländemodells nötig.

Die Einsatzmöglichkeiten eines GIS für hochwasserbezogene Planungen werden also aktuell vor allem noch durch die Qualität der Geländemodelle eingeschränkt, während rechentechnisch die Voraussetzungen für einen erheblich umfassenderen Einsatz vorliegen. Die in dieser Arbeit vorgestellten neuen Berechnungsmethoden zeigen, daß auch sehr spezifische Fragestellungen mit Hilfe eines GIS gelöst werden können.

9.4 Ausblick auf mögliche Weiterentwicklungen im Ausweisungsverfahren

An die Diskussion der Verwendbarkeit von Geländemodelldaten anknüpfend, ist im Hinblick auf eine zukünftige Entwicklung allerdings auch eine Nutzung der großräumig von den Landesvermessungsämtern erstellten digitalen Geländemodelle für Fragestellungen wie die Bestimmbarkeit von Stauvolumen und Überschwemmungsbereichen

denkbar. Sowohl im In- wie auch im Ausland wird kontinuierlich an einer Verbesserung der Genauigkeit gearbeitet und eine dichtere Maschenweite angestrebt. Versuchsweise werden seit einiger Zeit die neueren Methoden der Laserscanner- und Radarbefliegungen für die Erstellung digitaler Geländemodelle eingesetzt. Diese haben bisher aufgrund der hohen Kosten kaum Verbreitung gefunden. Der große Bedarf an genauen Geländemodellen wird aber sicher dazu beitragen, die Entwicklung in diesem Sektor voranzutreiben.

Aus dem Blickwinkel der in dieser Arbeit bearbeiteten Fragestellung ergeben sich die folgenden Anforderungen:

- Die Maschenweite müßte ≤ 5 m betragen, ab dieser Genauigkeit werden das Gewässernetz und die Verkehrswege erfaßt. Entsprechend werden auch dann erst (quasi-) natürliche Hindernisse erkannt.
- Eine Höhengenaugigkeit von ≤ 10 cm ermöglicht eine ausreichend genaue Volumenbestimmung und Abschätzung der überstauten Flächen. Auch die rückstaugefährdete Bereiche können erst so in der erforderlichen Exaktheit abgegrenzt werden. Über Neigungs- und Wölbungsberechnungen sollte dann auch die morphologische Aue abgrenzbar sein. Dies würde die Kartierarbeiten deutlich reduzieren, bzw. sogar auf die Kontrolle beschränken.
- Die Höhenangaben müssen sich auf die Erdoberfläche beziehen, der Vegetationseinfluß muß entweder bereits beim Meßverfahren ausgeschlossen werden (Radar) oder aber in der benötigten Genauigkeit korrigiert werden. Besonders Baumgruppen und Hecken erscheinen sonst im Geländemodell als Hindernisse, die einen Rückstau erzeugen würden, ohne daß dies natürlich in der Realität zutrifft.
- Gewässer müssen entweder durch das Raster bereits erfaßt oder aber gesondert abgetastet werden. Da Gräben oft nicht in der Tiefenlinie geführt werden, würde die Entwässerung eines Gebietes so erheblich besser nachvollziehbar sein, als wenn man das Entwässerungsnetz anhand der Tiefenlinien generiert. Außerdem könnte auf die aufwendigen und teilweise unbefriedigenden Korrekturen anhand des digitalisierten Gewässernetzes verzichtet werden.

Innerhalb dieser Arbeit wurden zwar einzelne Parameter für die hydrologische Modellierung aus dem GIS abgeleitet, eine richtige Koppelung erfolgte allerdings bisher nicht und erscheint auch für das verwendete Modell schwierig. Immerhin wurden bereits in GRASS oder anderen GIS einzelne hydrologische Modelle implementiert (vgl. z.B. ROO 1993). Außerdem gibt es bezüglich der Entwicklung von flächendetaillierten hydrologischen Modellen verschiedene vielversprechende Ansätze (LEMPERT & OSTROWSKI 1994, FETT & SCHULTZ 1995, POLARSKI 1997, ROS & BORGA, 1997). Eine Kombination von hydrologischem Modell und dem für die Planung verwendeten GIS würde erlauben, hydrologische Effekte besser in den Prozeß der Standortauswahl miteinzubeziehen und damit eine höhere Abstimmung der Maßnahmen untereinander zu erreichen. Vor allem würde der Arbeitsaufwand für die Parametrisierung des Modells reduziert und das Verfahren über reduzierte Planungskosten für potentielle Auftraggeber interessanter werden.

In Blick auf eine Praxisanwendung ist aber noch ein anderer Schritt vordringlicher: Das hier vorgestellte Ausweisungsverfahren kann sicherlich auch für Einzugsgebiete mit andersartiger naturräumlicher Ausstattung eine sinnvolle Hilfestellung bieten, aber die genannten Grenzwerte (Einzugsgebietsgrößen, benötigtes Rückhaltevolumen, Volumenintensität etc.) müssen vor der

Übertragung gründlich geprüft werden. Eine Überprüfung des an der Oberen Elsenz erarbeiteten Planungsverfahrens in weiteren Arbeitsgebieten sollte nach evtl. notwendigen Ergänzungen in einem vom Untersuchungsraum unabhängigen Ausweisungsverfahren münden. Um den Einsatz eines solchen Verfahrens anwenderfreundlich zu gestalten, sollte es idealerweise in Form eines Handbuches oder EDV-Expertensystems aufbereitet werden.

Eine etwas anders gelagerte Entwicklung wäre im teilweisen Verzicht auf die hydrologische Modellierung denkbar. Ausgehend von der Erfassung von Defizitbereichen und dem (quasi-) natürlichen Rückhaltepotential könnte im Sinne des LAWA-Leitsatzes, „Jeder Kubikmeter Wasser, der ... zurückgehalten wird, ist ein Gewinn für den Naturhaushalt und entlastet uns bei Hochwasser ...“ (1995, S. 20), eine Maximierung der Retention angestrebt werden. Unter Beachtung der notwendigen baulichen Sicherheitsstandards könnte so ohne großen Modellierungsaufwand zumindest der Teil der kostengünstig zu realisierenden Kleinmaßnahmen umgesetzt werden, der spätere Ausbau auf einen höherjährlichen, klar definierten Hochwasserschutz wäre dadurch keineswegs ausgeschlossen. Hier ist der Gesetzgeber gefordert, kleine Maßnahmen stärker in den Genehmigungsverfahren und Anforderungen zu berücksichtigen.

10 Vorstellung der weiteren Konzeptbausteine und Hinweise zu ihrer Planung

Bisher standen durch den eher hydrologischen Schwerpunkt dieser Arbeit die Retentionsareale im Vordergrund der Betrachtung. Keinesfalls darf man die Planung der einzelnen Konzeptbausteine voneinander trennen, da sie sich in ihrer Wirkung ergänzen und gegenseitig beeinflussen. Zwischen den „Retentionsarealen“ und den „Flächen zum Sedimentrückhalt“ gibt es beispielsweise deutliche Überschneidungen, die besonders in den Bereichen auftreten, in denen ein Einzugsgebiet nur ein kleines Retentionsareal erfordert, daneben aber ein überdurchschnittlicher Bedarf zum Sedimentrückhalt besteht. In diesen Fällen stellen geeignete Zwischenformen die beste Lösung dar.

Im folgenden soll kurz die Konstruktion der übrigen Bausteine dargestellt und zugleich Hinweise zu ihrer Planung gegeben werden (vgl. ASSMANN & GÜNDRA 1997, GÜNDRA 1999).

10.1 Erosionshemmende Bewirtschaftungsmethoden in der Landwirtschaft

Bodenbedeckung und -eigenschaften beeinflussen, ob das anfallende Wasser gehalten, verdunstet bzw. versickert oder ob es zum Abfluß gelangt. Da Abfluß und Bodenerosion stark miteinander verknüpft sind, wirken sich die zur Bekämpfung des Bodenabtrags entwickelten Methoden auch positiv auf die Abflußreduktion aus. In Bezug auf die Landwirtschaft werden bereits seit längerem die verschiedensten bodenschonenden Anbauverfahren untersucht und auch z.B. von den Landwirtschaftsämtern propagiert. Der nachfolgende Katalog (verändert nach DVWK 1996, S. 51 und FROWEIN 1996, S.45) nennt die wichtigsten erosionsreduzierenden Maßnahmen:

- Einsatz bodenschonender Bestellverfahren wie Mulch-, Direkt- und Kulissensaat
- Verzicht auf intensive Nutzung der zur Verdichtung neigenden Böden
- Isohypsenparallele Bewirtschaftungsrichtung
- Einsaat von Zwischenfrüchten, Untersaaten und Grünstreifen

- Aufnahme von Tiefwurzeln in die Fruchtfolge zur Lockerung des Bodens
- Umwandlung in Grünland bzw. Unterlassung von Grünlandumbruch im Auenbereich, an gefährdeten Hanglagen und in Abflußmulden
- Aufforstung
- Anlage bzw. Erhaltung erosionsmindernder Feldraine und Streifenbrachen
- Unterteilung großer Schläge nach Standortdaten zur Verringerung der erosionswirksamen Hanglänge
- Anlage und Erhalt von Windschutzstreifen (Hecken, Knicks)
- Umstellung auf weniger erosionsfördernde Anbaukulturen
- Verzicht auf die Auffüllung von Vernässungsstellen mit Bodenmaterial zum Erhalt der Zwischenspeicher
- Begrünung von Tiefenlinien

Eine weitere wichtige Ergänzung ist der weitestmögliche Verzicht auf Felddrainagen und Entwässerungsgräben. Hierdurch können die Konzentrationszeiten des Abflusses deutlich erhöht und die Versickerung gefördert werden. Nach FROWEIN (1996) ist es für eine Gemeinde auch unter dem Kostenaspekt günstiger, entsprechende Flächen aufzukaufen, als sie zu entwässern.

Über die Erhöhung der Oberflächenrauigkeit, der Interzeption und des sonstigen Gebietsrückhaltes wird durch die oben genannten Maßnahmen direkt die Menge des abfließenden Wassers reduziert. Darüber hinaus wirkt sich die geringere Sedimentbelastung auch indirekt auf das Abflußgeschehen aus. Dadurch, daß die Gewässer weniger zusedimentieren, bleibt die Abflußkapazität erhalten, zum andern wird die Lebensdauer der anderen Konzeptbausteine verlängert bzw. der Wartungsaufwand entsprechend reduziert.

In einigen Bereichen des Untersuchungsgebietes sind in den letzten Jahren zwar bereits Fortschritte hinsichtlich des Erosionsschutzes festzustellen. Es werden Direktsaatverfahren eingesetzt und Zwischenfrüchte angebaut. Dennoch findet man leider immer noch hangabwärts gepflügte Äcker, meist mit den entsprechenden Erosions- und Akkumulationserscheinungen. Das zeigt, daß für diesen Baustein im Untersuchungsgebiet noch ein großes Potential vorhanden ist.

Bezüglich der praktischen Umsetzung ist bei diesem Konzeptbaustein eine detaillierte und parzellenscharfe Planung nicht möglich bzw. sinnvoll. Als Begründung ist zunächst der hohe Planungsaufwand zu nennen, es fehlt aber auch an Möglichkeiten, die Umsetzung verbindlich zu forcieren. Dazu bleibt anzumerken, daß ein Umsetzungszwang gegen die Überzeugung der betroffenen Landwirte nur wenig sinnvoll erscheint, da der Erfolg jeglicher Maßnahmen sehr vom persönlichen Einsatz, Interesse und Sachverstand der ausführenden Personen abhängt. Da die Landwirte in der Regel die durch Oberflächenabfluß und Erosion am stärksten betroffenen Bereiche durch die eigene Beobachtung besser kennen, als dies im Rahmen einer Untersuchung erfaßt werden kann, sollte ihnen die örtliche Festlegung der Maßnahmen übertragen werden.

Bezüglich Planung und Umsetzung verbleiben damit als übergeordnete Aufgaben:

- die Sensibilisierung der Landwirte für die ihnen zwar bekannten, aber oft nicht genügend beachteten Probleme durch Oberflächenabfluß und Erosion.
- die regelmäßige Information über Wirkungsweise und Effektivität möglicher Einzelmaßnahmen, wie sie zu Beginn dieses Kapitels aufgelistet wurden.
- die großräumige Ausweisung von Problemgebieten, hierbei scheint ein Maßstab von 1:50 000 angemessen. So können zwar Bereiche mit großem Handlungsbedarf aufgezeigt werden, aber es ist noch keine Interpretation im Sinne einer genauen Ortsfestlegung möglich.
- die finanzielle Unterstützung, eventuell auch eine Umwidmung bestehender Subventionen.
- die Unterstützung der Maßnahmen durch angepaßte Zuteilung im Rahmen von Flurneuerungsverfahren.

In diesem Zusammenhang ist der kontinuierliche Dialog mit den Landwirten wichtig, ebenso aber auch die Fortführung der von den (inzwischen aufgelösten) Landwirtschaftsämtern begonnenen Beratung. Eine deutliche Bestärkung geht von den Erfolgen bereits umgesetzter Maßnahmen aus. Zur besseren Veranschaulichung sollten Pilotprojekte und Demonstrationsversuche eingesetzt werden (vgl. ASSMANN & GÜNDRA 1997, S. 80).

10.2 Flächen zum Sedimentrückhalt

Leider wird nicht immer eine ausreichende Umgestaltung der Bewirtschaftungsweise möglich sein. Dies liegt in ökonomischen wie auch anderen Vorbehalten begründet. Darüber hinaus erscheint es unrealistisch anzunehmen, daß die im vorigen Kapitel genannten Maßnahmen schnell und großflächig eingesetzt werden, um durch sie in absehbarer Zeit die Bildung von Oberflächenabfluß und Bodenerosion in den Griff zu bekommen.

Die bei BAADE (1994) beschriebene und in ihrer Wirkung untersuchte „Retentionsfläche“ wird durch niedrige, 50 cm bis 1 m hohe, überströmbare Dämme in mehrere Kammern untergliedert. Die einzelnen Kammern sind über Grundablaßrohre miteinander verbunden, so daß die unter normalen Bedingungen anfallende Wassermenge weiterhin ohne größere Behinderung abfließen kann. Der darüber hinausgehende Hochwasserwirksame Abflußanteil wird jedoch eine Zeitlang zurückgehalten und dann entsprechend der Kapazität der Grundablässe zeitverzögert an das angeschlossene Gerinne abgegeben. Sollte das Stauvolumen von einigen tausend m³ ausgeschöpft sein, fließt das darüber hinaus anfallende Wasser über die entsprechend befestigten Dämme ab. Die Namensgebung als „Flächen zum Sedimentrückhalt“ ergibt sich aus der hervorgehobenen Bedeutung dieser Funktion. Daneben spielen sie bis zu ihrer vollständigen Füllung eine gewisse Rolle für den Wasserrückhalt. Da sie sich aber im Ereignisfall relativ schnell füllen, fehlt es an verfügbarem Rückhaltvolumen, um auch Spitzenabflüsse extremer Ereignisse merklich zu dämpfen. Der von BAADE (1994) eingeführte Name „Retentionsfläche“ erwies sich in der Praxis als mißverständlich, da unter ihm von wasserwirtschaftlicher Seite der „bei Hochwasser überstaute (Auen)-Bereich“ verstanden wurde.

Die Planung und Auswahl geeigneter Flächen für den Sedimentrückhalt wurde im Projekt „Dezentraler, integrierter Hochwasserschutz an der Oberen Elsenz“ von GÜNDRA (1999) bearbeitet, der den Themenkomplex der Bodenerosion betrachtete. Hier sollen zusammenfassend nur die Aspekte der Arbeit vorgestellt werden, die für das Gesamtverständnis der Konzeption notwendig sind.

Oberflächenabfluß und Bodenerosion tritt nicht im gesamten Einzugsgebiet gleichmäßig verteilt auf (BAADE 1994). Die überproportional zum Abfluß beitragenden Flächen, die sogenannten „abflußwirksamen Flächen“ (BAADE 1994, in Anlehnung an BURT 1989) können aus Einzugsgebietsgröße, Hangneigung, effektiver Hanglänge, Bodenart und -typ, Nutzung etc. abgeleitet werden. Dazu sollten die benötigten Datensätze digital vorliegen, um die Verschneidung der Informationsschichten unter Verwendung eines GIS durchführen zu können. Auch bei dieser Aufgabenstellung ist das digitale Geländemodell eine unverzichtbare Grundlage. Mit Hilfe von Bodenerosionsmodellen wie dem „Modell der Allgemeinen Abtragsgleichung“ (ABAG) oder dem „AGricultural Non Point Source model“ (AGNPS) kann zumindest eine relative Erosionsgefährdung recht gut abgeschätzt werden, wenn auch die absoluten Werte noch deutliche Fehler aufweisen (FEYERABEND 1997, ASSMANN & GÜNDRA 1997). Unterhalb der so ausgewiesenen Gebiete, die meist in der Größenordnung von 0,5 km² liegen, sollten nun Flächen zur Sedimentretention angelegt werden. Diese Größenangabe wird jedoch, wie auch bei den Retentionsarealen, durch Parameter wie Nutzung und Boden relativiert.

Für die Anlage der Maßnahmen sind Standorte auf dem Kolluvium zu bevorzugen, da in diesen Bereichen auch natürlicherweise eine Akkumulation zu erwarten ist. Talausgänge mit Schwemmfächern etc. zeigen durch ihre geomorphologische Form einen überdurchschnittlichen Bedarf an.

Insgesamt war es möglich, an 30 Standorten Flächen für den Sedimentrückhalt auszuweisen (vgl. Abb. A-15). Damit werden zwar nur ca. 30% des gesamten Einzugsgebietes abgedeckt, aber sie schließen die am stärksten Sediment liefernden Gebiete ein. Der dabei zu erreichende Wirkungsgrad wird am Geographischen Institut in Heidelberg im Rahmen der Dissertation von MÜSCHENBORN (vgl. MÜSCHENBORN 1997) untersucht.

10.3 Maßnahmen zur Verstärkung der Gerinneretention

Die Ausprägung des Gewässernetzes hat einen entscheidenden Einfluß auf die Charakteristik von

Hochwasserwellen. Das Gerinne bietet zum einen ein eigenes Speichervolumen an, zum anderen bestimmt es über seine Geometrie und Fließrauigkeit die Fließgeschwindigkeit und -charakteristik. Während die meisten Bäche im ursprünglichen Zustand eine Vielzahl von Windungen bzw. Verzweigungen enthielten, wurden sie im Rahmen der Kultivierung der Landschaft begradigt und eingetieft (KILIAN 1994). Auch die Flutmulden bzw. -rinnen wurden weitgehend vom Gewässer abgeschnitten. Um die Trockenlegung der benachbarten Ackerflächen zu verstärken, wurde sukzessive das Gewässernetz durch Drainagegräben erweitert. Wenn auch die Anpassung der Gewässer an die menschlichen Bedürfnisse so alt ist wie die Landwirtschaft, fand die massivste Umgestaltung erst zu Beginn dieses Jahrhunderts im Rahmen des Reichsarbeitsdienstes statt. Bis in die 60er Jahre war es dann eine wichtige Aufgabe der Flurbereinigung (FROWEIN 1996), mit solchen, den Einsatz von Maschinen begünstigenden Maßnahmen die Intensivierung der Landwirtschaft zu fördern. Das Ökosystem reagierte mit einem zu Lasten des Oberflächenabflusses erhöhten Gerinneabfluß. Die damit herabgesetzten Reibungskräfte bewirkten eine Erhöhung der Fließgeschwindigkeit. Durch die meist schnurgerade Führung wurden zudem die Fließwege und damit auch die Konzentrationszeiten verkürzt. Will man nun im Sinne des Hochwasserschutzes die Fließzeiten verlängern, muß man folglich die Entwicklung zurückschrauben. Wo immer dies keinen Schaden verursacht, sollte die Gerinnekapazität verringert und damit ein früheres Ausuferung gefördert werden. Eine weitere mögliche Vorgehensweise ist die knappere Bemessung der Rohrdurchlässe unter Wegen. Durch den kurzzeitigen Rückstau nach stärkeren Niederschlägen kann „eine nicht zu unterschätzende Wasserrückhaltung erzielt werden“ (HACH & HÖLTL 1989, S.11). Ergänzend sollte die Fließstrecke durch eine schwindende bis mäandrierende Gerinneführung verlängert werden. Hierdurch wird ebenfalls das schnellere Austreten des Wassers aus dem Gerinne begünstigt. Das führt aber stellenweise zu den nicht gerne gesehenen Vernässungen im Auenbereich. Diesen muß bei einer entsprechenden Umgestaltung Rechnung getragen werden. Eine mögliche Lösung bietet die Nutzungsbeschränkung auf Grünland für die direkte Ge-

wässerumgebung. Neben den vielfältigen ökologischen Gründen minimiert die Anlage von Grünland in diesem Bereich auch das Schadenspotential. Die Umwandlung kann prinzipiell sogar angeordnet werden und stellt nach dem Urteil des Verwaltungsgerichtshofes Baden-Württemberg vom 20.04.1994 (8 S 2449/93) keine Enteignung, sondern eine nicht unbedingt ausgleichspflichtige „Bestimmung von Inhalt und Schranken des Eigentums“ (WASSER & BODEN, 1/1995, S. 112) dar. Nach HACH & HÖLTL (1989) werden die Rahmenbedingungen für eine solche Veränderung durch die Flurbereinigung erheblich verbessert. Es sollte dabei der Umwandlung von Grünland in Acker entgegengewirkt und durch die Trennung von Gewässer- und Wegenetz die Anlage von Grünland-Pufferzonen zwischen Gewässern und Ackergebieten gefördert werden. In Bezug auf die Ausgestaltung der Gewässer lassen sich die Rauigkeiten durch die Querschnittsform und den Bewuchs deutlich erhöhen, flache Böschungen erfüllen dies am besten (HACH & HÖLTL 1989, S. 10).

Neben direkten Baumaßnahmen kann auch die Vegetation zur Umgestaltung eingesetzt werden. Durch dichten Bewuchs im Gerinne- bzw. Überschwemmungsbereich werden die Fließrauigkeit erhöht und dadurch die Hochwasserwellen gedämpft. Außerdem kann durch Vegetation sowohl der Gewässerlauf stabilisiert, als auch eine Laufverlagerung gefördert werden. Enger, gleichmäßiger Bewuchs führt zu einer Kanalisierung, unregelmäßiger Bewuchs hingegen dazu, daß das Gewässer stellenweise zur Seite gedrängt wird und sich seitlich selbst Platz schafft (KERN 1994, S. 165). Sofern genügend Raum zur Verfügung steht, kann so auf einfache Art ein Anstoß zur Entwicklung eines natürlicheren und dynamischen Gewässerlaufs ohne den Einsatz teurer Rückbaumaßnahmen gegeben werden. Nach FROWEIN (1996, S. 46) reicht pro Ufer bereits ein 5 bis 20 m breiter Randstreifen, um auf eine Gewässerunterhaltung verzichten zu können. KERN (1994, S. 169) geht sogar noch weiter, indem er grundsätzlich fordert, die Selbstentwicklung einer Gestaltung vorzuziehen. Auch das notwendige Anheben der Gerinnesohle kann vielfach durch Belassen von akkumuliertem Material im Gerinne geschehen. Die Aufsedimentation und die im Gerinne verbleibenden natürli-

chen Abflußhindernisse fördern ihrerseits das frühere Ausufernd und verstärken somit die Eigendynamik des Gerinnes (vgl. FROWEIN 1996). Jedoch sollten vor und während einer „Selbstüberlassung“ die Erosions- und Akkumulationsprozesse im Gerinne beobachtet werden. Stellenweise muß man sicherlich mit Tiefenerosion oder einer erheblichen Verlagerung des Gerinnebettes rechnen. Veränderungen, die benachbarte Nutzungsformen gefährden oder aus anderen Gründen unerwünscht sind, können, wenn rechtzeitig erkannt, noch ohne größere Kosten verhindert werden.

Die beschriebenen Renaturierungsmaßnahmen bieten ein gutes Potential, um die Fließgeschwindigkeit in einem Gewässerabschnitt herabzusetzen. Durch ihren gezielten Einsatz können je nach Struktur des Einzugsgebietes einer ungünstigen Wellenaddition entgegengewirkt wie auch die einzelnen Wellen abgeflacht werden.

Die Gerinneretention ist ein wichtiger Bestandteil des natürlichen Gebietsrückhalts. Da die vor allem in kleinen Gewässersystemen auftretenden Prozesse äußerst komplex sind, ist bisher die hydraulische und hydrologische Bewertung von dort durchgeführten Maßnahmen nur in Ansätzen möglich (vgl. Kap. 7.5.2). Dies liegt an den ständig wechselnden Strömungsverhältnissen und der sich entsprechend sowohl räumlich als zeitlich ändernden Morphologie der naturnahen Gerinne. Eine weitere, sehr schwer zu kalkulierende Variable bei der Bestimmung von Abflüssen in kleinen Gerinnen ist die Vegetation. Verantwortlich dafür sind die entlang der Fließstrecke je nach Bestandsdichte und Artenzusammensetzung kontinuierlich wechselnden Rauigkeiten, die auch noch mit den jahreszeitlichen Veränderungen des Vegetationsbestandes schwanken. Während bei großen Flüssen nur die Randbereiche des Fließquerschnittes betroffen sind, wirken sich bei kleinen Gerinnen die Uferbereiche auf den gesamten Strömungsquerschnitt aus. Der Bereich der hydraulischen Wirksamkeit der gegenüberliegenden Ufer überschneidet sich meist sogar deutlich und kann keineswegs mehr wie bei den größeren Gewässern als untergeordnete oder vernachlässigbare Größe betrachtet werden.

Solange dieses sehr komplexe hydrologische System nicht hinreichend verstanden wird, ist die

Prognose der Wirksamkeit von eingesetzten Maßnahmen schwierig. Fraglich ist zudem, ob es wie bei den Retentionsarealen möglich sein wird, durch auf einen engen Raum begrenzte Maßnahmen den Verlust an Retentionswirkung etc. in anderen Bereichen zu kompensieren. Folglich muß es vorerst das Ziel sein, einen möglichst großen Anteil der Gewässerstrecken in die Umgestaltung einzubeziehen (vgl. Abb. A-15).

10.3.1 Interpretation historischer Karten und von Flurnamen

Als Leitbild kann dabei ein in seinen Auswirkungen aus der Vergangenheit bekannter Gewässerverlauf bzw. -zustand gewählt werden. Dieser ist relativ gut zu bestimmen und in seine Wirkungsweise aufgrund der früheren Erfahrungen kalkulierbar. Wie in der Arbeit von SCHÜLER (1998) gezeigt werden konnte, sind aus der Fülle der vorhandenen Informationsquellen bereits einzelne historische Karten in Verbindung mit Informationen aus Flurnamen ausreichend, um einen guten Einblick in den früheren Zustand und die Entwicklung eines Gewässers zu gewinnen. Jedoch muß hinterfragt werden, aus welchen Gründen dieser frühere Zustand verändert wurde, um nicht unbeabsichtigt ehemals beseitigte Probleme wiederherzustellen. Außerdem sollte darauf hingewiesen werden, das dieses Leitbild sozusagen eine planungstechnische Abkürzung der „Leitbild-Diskussion“ darstellt. Faßt man die heute sehr ausführlich geführte Diskussion zusammen (z.B. DVWK 1990, 1996, 1996b, 1997, ESSER 1996, LAWA & WBW 1996), ergibt sich als eine der wichtigen Aussagen, daß bei Fließgewässerrenaturierungen der Naturzustand nicht als Leitbild zur Verfügung steht, da dieser nicht bestimmbar ist. Vielmehr werden den Einfluß des Menschen einbeziehende Verhältnisse anvisiert, die heute in Hinblick auf Struktureichtum, Artenvielfalt, Eigendynamik des Gewässers usw. einen erstrebenswerten Zustand darstellen. Die Diskussion um die Erstellung von Leitbildern entfacht sich dabei einerseits an der Frage, was als Idealzustand gelten soll und wie man diesen ermitteln kann. Andererseits geht es darum, welche Relevanz solche Leitbilder für die Planung haben können und wie sie in einen Planungsprozeß eingebunden werden können. Definitionen verschiedener Begriffe finden sich beispielsweise in

DVWK (1996, S. 36). Hier wird ein den potentiellen Naturzustand beschreibendes „potentielles Leitbild“ dem planungsorientierten „integrierten Leitbild“ gegenübergestellt. Um die Methodik zur Erstellung von Leitbildern geht es bei ESSER (1996) und in DVWK (1997) werden verschiedene Wege zur Erstellung von Planungszielen beschrieben. Die Erstellung eines solchen Leitbildes ist zum großen Teil Ergebnis eines politische Entscheidungsprozesses, für den die Wissenschaft nur Hilfestellung bieten kann. Wichtige Anhaltspunkte gibt, wie bereits oben angedeutet, die Auswertung der historischen Entwicklung.

Das Gewässernetz des Projektgebietes hat sich im Lauf der letzten 100 Jahre deutlich verändert. Ein wichtiger Aspekt war am Anfang dieses Jahrhunderts die Zusammenfassung des vielfältig verzweigten Gewässernetzes der Auenbereiche zu einem einzigen Strang. Der neue Verlauf wurde meist neu angelegt oder der alte Gewässerlauf zumindest begradigt. Auch wenn das „alte“ Gewässernetz vom Einfluß des Menschen geprägt war, boten die verschiedenen Mühl- und Bewässerungsgräben vermutlich eine vergleichsweise größere ökologische Vielfalt als heutige, regelmäßig unterhaltene Gräben. Die geringere „Gewässerpflege“ ergab sich weniger aus einer ökologischen Gesinnung als aus dem großen Aufwand, den der Unterhalt ohne die heute verfügbaren technischen Mittel bedeutete (vgl. LURZ 1997). Insgesamt sind jedoch die Angaben über die Naturnähe eines Gewässers, die man aus historischen Karten ableiten kann, sehr gering.

Die bereits bei der Planung der Retentionsareale vorgestellte Karte (Abb. A-1) zeigt die Veränderung des Gewässernetzes zwischen 1895 bzw. 1996 und Flächen, bei denen der Flurname auf alte Gewässerstandorte oder Feuchtgebiete hinweist. Neben der Verwendung dieser Bezeichnungen bei der Vorauswahl der Retentionsareale (Kap. 6) helfen sie bei der Bestimmung der ökologischen Defizitbereiche am und im Gewässer. Ein nennenswerte Verlangsamung der Fließzeiten ließe sich im Untersuchungsgebiet durch die Wiederherstellung des ursprünglichen Zustandes nicht erreichen. Während am Hilsbach keine Verkürzung des Hauptgerinnes festzustellen war, wurde die Elsenz in ihrer Fließlänge zwar um ca. 4% (von 12,5 km auf 12 km) reduziert, das macht aber bezüglich der Wellenverzögerung

nur ca. 15 min aus. Dies liegt noch voll im Bereich der Varianz, mit der die Wellen der beiden Hauptvorfluter normalerweise aufeinandertreffen. Ein Rückbau würde daher nur dazu führen, das die maximale Wellenaddition bei anderen Ereignissen als bisher auftritt, eine merkliche Auswirkung auf die Wellenmaxima wäre nicht zu erwarten. Hingegen würde ein Rückbau der Entwässerungsgräben in den Tiefenlinien der Seitentäler direkt die Abflußmenge verringern. Bereiche, in denen das Gewässernetz besonders deutlich erweitert wurde und die daher auch für den Rückbau ein überdurchschnittliches Potential bieten, sind in der Karte der Abb. 61 eingetragen.

10.3.2 Ökomorphologische Kartierung und Bewertung der Naturnähe

Neben den aus Karten abzulesenden Verlaufsparemtern sind noch viele weitere notwendig, will man den ökologischen Zustand eines Gewässers umfassend bewerten. In der Literatur werden vielfältige Anleitungen zur Kartierung bzw. Beurteilung von Fließgewässern gegeben (vgl. FRIEDRICH & LACOMBE 1992, FORSCHUNGSGRUPPE FLIESSGEWÄSSER 1993, LFU 1994, DVWK 1996, NIEHOFF 1996). Die Verfahren unterscheiden sich dabei nach Anzahl der Parameter, der Größe der zu bearbeitenden Fließgewässer und der jeweiligen Fragestellung. Für das Arbeitsgebiet lag bereits die „Übersichtskartierung des morphologischen Zustands der Fließgewässer in Baden-Württemberg 1992/93“ vor. Die Ergebnisse dieser im Auftrag der Landesanstalt für Umweltschutz durchgeführten Aufnahme wurden schon bei der Einführung ins Untersuchungsgebiet (siehe Tab. 6) vorgestellt. Auch in einigen Teilen des Einzugsgebietes exemplarisch durchgeführte, eigene Aufnahmen ergaben eine naturferne Bewertung. Lediglich die Unterteilung in kleinere Fließgewässerabschnitte und die Einbeziehung der Nebengewässer lassen kleinräumig eine etwas bessere Bewertung zu. Eine positive Ausnahme bildet der Himmelreichbach, der auch durch seine geschwungene Gerinneführung auffällt. Insgesamt ergibt sich aber in Bezug auf die Planung von Renaturierungsmaßnahmen ein weitgehend indifferentes Bild, ein Handlungsbedarf ist durchweg gegeben.

Da Untersuchungen an der Elsenz unterhalb

Eppingens erkennen ließen, daß regional Flutmulden oder -rinnen beim Hochwasserabfluß eine große Rolle spielen und darüber hinaus unter ökologischen Aspekten interessant erschienen (JANAS 1994), sollten diese auch an der Oberen Elsenz aufgenommen werden. Doch erwies sich dieser Ansatz als wenig erfolgreich, da aufgrund der insgesamt nur geringen Auenverbreiterung und vergleichsweise niedrigen Wasserführung fast keine Flutmulden auftreten. Die einzige eindeutig bestimmbare Flutmulde ist in das Retentionsareal „Essenbusch“ einbezogen.

10.3.3 Bestimmung der aktuellen Gerinnekapazität

Entsprechend den Beobachtungen des Hochwassers vom Februar 1997 erfolgen die Überflutungen vor allem an verschiedenen Engstellen. Im Rahmen der Diplom- bzw. Staatsexamensarbeiten von LÖSCHMANN (1998) und WEISSMANN (1998) wurden zusätzlich zu den für die Modellierung bereits aufgenommenen noch weitere Gerinnequerprofile eingemessen und Engstellen kartiert. Es zeigte sich, daß zwischen berechneten Abflüssen und der Gerinnekapazität nur ein sehr geringer Zusammenhang besteht. Zur Verdeutlichung sind in Abb. 45 für alle Berechnungsknoten die 2-jährlichen Abflüsse gegen die nach Manning-Strickler berechnete Gerinnekapazität aufgetragen.

Bei natürlichen Gewässern wäre alle ein bis zwei Jahre mit einer Überflutung zu rechnen. Die vorhandenen, anthropogen überprägten Gerinnekapazitäten zeigen hingegen, daß es bereits im jetzigen Zustand nur bei einem geringen Anteil

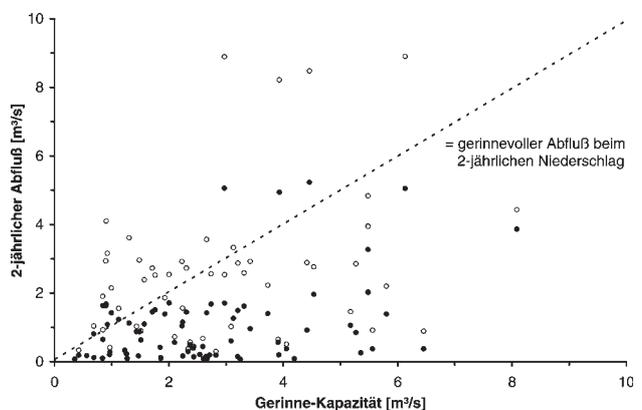


Abb. 45: Korrelation zwischen aktueller Gerinnekapazität (nach Manning-Strickler) und dem Bedarf beim 2-jährlichen Abfluß (hydrologisches Modell)

zu Überflutungen kommt. Bei vollständiger Umsetzung der Planung würde die Überflutungshäufigkeit weiter abnehmen. Da dies dem Ziel der Erhaltung und Reaktivierung der Auen entgegensteht, muß mit dem Bau der Retentionsareale sukzessive auch die Kapazität der Gewässer verringert werden. Nach der Umsetzung der Rückhaltmaßnahmen werden die maximalen Abflüsse durch die Dimensionierung der Grundablässe vorgegeben. Diese Werte sind innerhalb der Projektplanung in den Kurzbeschreibungen der Retentionsareale enthalten (ASSMANN & GÜNDRA 1997, Anlage A, ein Beispiel ist dieser Arbeit in Abb. A-12, beigefügt). Die zu erwartenden Gerinneabflüsse sind im genannten Projektbericht für alle Berechnungsknoten, Jährlichkeiten und Dauerstufen aufgeführt (Anlage C). In Bereichen, in denen ein Ausufer mit größeren Schäden verbunden wäre, sollte das Gerinne diese Abflußmenge gerade noch abführen können. Ansonsten scheint der 2-jährliche Gerinneabfluß unter den im Rahmen der hydrologischen Modellierung errechneten Wiederkehrintervallen am besten als Richtwert für den Gerinneausbau geeignet.

10.4 Siedlungswassermanagement

Obwohl im Gebiet der Oberen Elsenz der Siedlungsanteil mit ca. 9% der Gesamtfläche relativ gering ist, trägt vor allem das Eppinger Stadtgebiet einen nicht unerheblichen Anteil zur Entstehung der Hochwasserwellen bei. Dieser Effekt wurde zu Beginn des Projektes unterschätzt, aber die in Kap. 7.6 dargestellte, hydrologische Modellierung ließ den deutlichen Einfluß des Siedlungswasseranteils erkennen. Da in Eppingen, wie auch in vielen anderen Gemeinden, der finanzielle Rahmen sehr eng gestaltet ist, bietet sich eine nach „bestehenden Siedlungsgebieten“ und „Neubaugebieten“ differenzierte Vorgehensweise an: In bestehenden Siedlungsbereichen sollten Privatinitiativen zur Entsiegelung, Regenwassernutzung und -versickerung gefördert werden. Auf diese Weise ist zwar nur, in Abhängigkeit von der jeweiligen Akzeptanz, eine diffuse und ungleich verteilte Reduktion des Abflusses zu erreichen, es kann aber die bei der kompletten Bearbeitung ganzer Ortsteile doch recht kostenträchtige Planung und Umsetzung siedlungswasserwirtschaftlicher Konzepte eingespart wer-

den. Wenn allerdings ein Sanierungsbedarf besteht, z.B. durch eine überlastete oder defekte Kanalisation, sollte die Umstellung auf Nutzungs- und Versickerungssysteme vorangetrieben werden. In einem von SIEKER (1996) vorgestellten Projekt konnten $\frac{2}{3}$ der Kosten, die bei einer konventionellen Kanalsanierung angefallen wären, eingespart werden. Eine entsprechende Umorientierung kann also auch unter finanziellen Aspekten für eine Kommune von Vorteil sein.

Bei Neubaugebieten sollten hingegen die in der Literatur ausführlich beschriebenen Maßnahmen (vgl. Kap. 2.4.4) konsequent umgesetzt werden:

- Reduzierung des Versiegelungsanteils (Einsatz von Rasengittersteinen etc.)
- Gezielte Versickerung (Mulden-Rigolen-Systeme)
- Regenwassernutzung (Brauchwassernutzung über Speicherzisternen)
- Erhöhung des Anfangsverlustes (Auffüllen von Kleinstspeichern, Interzeptionsverluste etc.)

Für die Durchsetzung bietet sich die an gleicher Stelle erwähnte Festschreibung im Bebauungsplan an. Um in neuen Baugebieten eine optimale Kostenreduzierung zu erreichen, ist eine interdisziplinäre Zusammenarbeit unbedingt erforderlich (DILLING 1994). Damit sich die Kosten für eine zusätzliche, konventionelle Entwässerung vermeiden lassen, müssen die verschiedenen Planungsziele aufeinander abgestimmt und konsequent auf die Regenwasserversickerung etc. hin ausgerichtet werden.

Welche Instrumente können nun bei bestehenden Siedlungsgebieten eingesetzt werden, um Entsiegelung, Regenwassernutzung und -versickerung zu fördern? Nachstehend sind die für das Projekt in Eppingen erarbeiteten Vorschläge aufgelistet:

- Umstrukturierung der Abwasserabgabe. Die Gebühren sollten auf der real abgeführten Wassermenge basieren und sich entsprechend aus einem Anteil für verbrauchtes Trinkwasser und einem für abgeführtes Niederschlagswasser zusammensetzen. Dieser Anteil kann anhand des mittleren Jahresniederschlags hochgerechnet werden und beträgt abzüglich der Verluste durch Verdunstung, Wasseraufnahme der Oberflächenmaterialien etc. (insgesamt ca. 20%, vgl. KÖNIG 1996;

S. 36) für Eppingen 62 m³ pro 100 m² versiegelte Fläche.

- Finanzielle Förderung der Abkoppelung versiegelter Flächen. Durch die Subventionierung der Anfangsinvestitionen kann ein zusätzlicher Umstrukturierungsanreiz geschaffen werden. Ein Zuschuß von 20% der Investitionskosten bis zu einem Maximalbetrag von 1000 DM sollte einen ausreichenden Anreiz liefern. Alternativ bietet sich ein Förderungsmodell an, bei dem die abgekoppelte Fläche mit 10 DM pro m² bezuschußt wird. Dieser Betrag wird in den Planungsvorschlägen von SIEKER (1996) und KÖNIG (1996) genannt. Um eine hohe Wirksamkeit gegen Hochwasser zu erreichen, sollte die Förderung auf Regenwassernutzungssysteme mit ganzjährigem Verbrauch beschränkt werden. Ebenso sind natürlich ganzjährig wirksame Versickerungsanlagen förderungswürdig. Die Subvention sollte außerdem an eine vertragliche Zusicherung gekoppelt sein, die Anlage langfristig zu betreiben. Nur auf diese Weise ist eine nachhaltige Wirksamkeit gesichert.
- Zentrale Beschaffung. Durch eine Koordination der privaten Bestellungen von Zisternen etc. können bei vielen Firmen Rabatte ausgehandelt werden. Das spart dem Investor Kosten, zum anderen wirken sie der Möglichkeit entgegen, daß die potentiellen „Umrüster“ einen beabsichtigten Umbau auf die lange Bank schieben. Die Chance eines vergünstigten Angebots bietet einen zusätzlichen Anreiz zum sofortigen Handeln.
- Konstruktionshilfen durch Informationsblätter, Broschüren und Kontaktadressen. Hierzu sollte das bei den einschlägigen Firmen vorhandene Interesse an einer Umsatzsteigerung ausgenutzt werden. Die Möglichkeit zu Vorträgen oder Ausstellungen bietet den betreffenden Firmen eine gute Werbepattform, außerdem können sich interessierte Bürger auf diese Weise ohne großen eigenen Aufwand informieren. Genauso wichtig wie eine gute Grundinformation ist die regelmäßige Erinnerung an das Thema, so könnten im Zusammenhang mit der Abwasserabrechnung geeignete Informationsblätter verschickt werden.
- Musteranlage(n) der Gemeinde (Rathaus, Sportanlagen). Neben dem direkten Nutzen

der Anlage kann hier die Funktionsweise einer Regenwassernutzungsanlage und/oder einer Versickerungsanlage veranschaulicht werden. Eine entsprechende Ausstattung von häufig frequentierten Einrichtungen wie Rathaus oder Sportanlagen erhöhen dabei den Anschauungs- und Werbeeffect und halten das Thema präsent. Eine Dokumentation durch Schautafeln etc. erhöht die Informationswirkung.

Neben den privaten Haushalten tragen die Gewerbeflächen einen nicht unerheblichen Teil zum Stadtabfluß bei. Indes bieten große zusammenhängende Dachflächen in Verbindung mit einem hohen Brauchwasserbedarf ein lohnendes Potential an Nutzungsmöglichkeiten. Das gesammelte Niederschlagswasser läßt sich außer für die schon genannten Toilettenspülungen auch für die meisten Reinigungsaufgaben einsetzen. Daneben sollte eine weitgehende Reduktion der Versiegelung angestrebt werden. Sofern keine erhöhte Kontaminationsgefahr besteht, können auf den Frei- und Verkehrsflächen der Firmengelände Rasenfugenpflaster oder vergleichbar durchlässige Materialien eingesetzt (vgl. HESSISCHES MINISTERIUM FÜR UMWELT 1996, S. 27) oder aber das Wasser über Mulden-Rigolen-Systeme versickert werden (vgl. Abb. 1).

Schließlich sollte man auch vermeiden, das von der landwirtschaftlichen Nutzfläche abfließende Wasser in die Kanalisation einzuleiten. Für einen Rückhalt bieten sich Versickerungsmulden oder die in Kap. 10.2 beschriebenen Flächen zur Sedimentretention an.

10.5 Erweiterungsmöglichkeiten der Konzeption

Die Beschreibung der im Projekt eingesetzten Bausteine abschließend, soll darauf hingewiesen werden, daß die Effektivität der genannten Maßnahmen und ihre Wechselwirkungen stark von den Umgebungsbedingungen und dem betrachteten Maßstabniveau abhängen. Bei sich ändernden Rahmenbedingungen sind folglich Modifikationen am System vorzunehmen, was bedeutet, daß die Konzeption um weitere Bausteine ergänzt werden muß. Diese Erweiterung ist vor allem in Hinblick auf größere Einzugsgebiete notwendig, da die Retentionsareale mit ihrem auf 50000 m³ begrenzten Rückhaltevolumen dann

nicht mehr einen ausreichenden Rückhalt gewährleisten können.

Da die Funktionsweise von der geforderten Abflußreduktion und den Eigenschaften des Einzugsgebietes abhängt, läßt sich zwar nicht genau sagen, ab welcher Größe die genannten Maßnahmen nicht mehr ausreichen, doch ist dies ab Einzugsgebieten über 1 000 km² zu erwarten. In diesem Maßstabsbereich werden auch die notwendigen Rückhaltezeiten so groß, daß sie nicht mehr (allein) mit Retentionsarealen bewerkstelligt werden können.

Bei der Entwicklung zusätzlicher Bausteine sollte man sich, wie bei den bereits bestehenden, eine möglichst natürliche Funktionsweise des Ökosystems anstreben. Auch bei den Ausführungsdetails der beschriebenen Bausteine sind bei anderen Einzugsgebieten eventuell Modifikationen notwendig. So dürfen beispielsweise überströmbare Dämme nur bis zu einer gewissen hydraulischen Belastung eingesetzt werden, ansonsten würde man durch die Gefahr eines möglichen Dammbrechens ein zusätzliches Risikopotential schaffen.

11 Zusammenfassung

Unter der Zielvorgabe eines ökologisch orientierten und kostengünstigen Hochwasserschutzes sollte anhand einer Hochwasserschutzplanung für die Gemeinde Eppingen an der Oberen Elsenz (Kraichgau) geprüft werden, ob für das 77,5 km² große Einzugsgebiet ein 100-jährlicher Hochwasserschutz durch eine Konzeption zu realisieren ist, die das (quasi-) natürliche Rückhaltevolumen der Landschaft mobilisiert. Entsprechende Ansätze werden zur Umsetzung der neuen Leitbilder innerhalb der Wasserwirtschaft dringend benötigt. Als Bausteine gingen dazu in die Betrachtung ein:

- Retentionsareale als Kompensation für die in der Aue unwiderruflich verlorengegangenen Überflutungsflächen,
- Flächen zum Sedimentrückhalt und zur Dämpfung der Abflußdynamik im Bereich der kleineren Seitentäler,
- Maßnahmen zur Verlängerung der Fließzeiten und Dämpfung der Abflußscheitel am Gerinne,
- Siedlungswassermanagement mit Entsiegelungsmaßnahmen, Versickerungs- und Regenwassernutzungssystemen,
- Änderung der Bewirtschaftungsweise auf den landwirtschaftlichen Flächen zur Verminderung des Oberflächenabflusses und Bodenabtrags.

Im Projekt standen damit als die beiden Hauptaufgaben an,

- zu prüfen, ob genügend geeignete Standorte für Rückhalteräume vorhanden sind und sofern dies zutrifft, die günstigsten Positionen auszuwählen,
- anhand eines hydrologischen Modells die Wirksamkeit der Planung nachzuweisen.

Die Planung des Hochwasserschutzkonzeptes konzentriert sich in dieser Arbeit auf die hydrologisch besonders wirksamen Retentionsareale. Auf die anderen Konzeptbausteine wird nur sehr verkürzt eingegangen, sie sind zum Teil Inhalt der Untersuchung von GÜNDRA (1999).

Die Suche nach geeigneten Standorten begann mit einer Vorauswahl, in die aktuelle und historische Karten, GIS-Analysen des Untersuchungsgebietes, Luftbilder, Daten aus einer Übersichtskartierung, Unterlagen anderer Planungen (z.B.

Wege- und Gewässerplan) und mündliche Informationen einbezogen wurden.

Hierdurch konnten die potentiellen Standorte mehr und mehr eingegrenzt und eine erste Vorauswahl getroffen werden. Die 89 Standorte dieser Planungsstufe wurden dann in einem weiteren Schritt detailliert analysiert. Dazu gehörte eine Kartierung aller planungsrelevanten Standorteigenschaften (Vernässungsstellen, Hindernisse, etc.), die Berechnung des potentiellen Volumens bzw. der überstauten Flächen und eine Vegetationsaufnahme zur Überprüfung der Eignung nach ökologischen Gesichtspunkten. Während in einigen Teileinzugsgebieten nur die wenigen Standorte überhaupt in Frage kamen und auf ihre Eignung überprüft wurden, waren in anderen über ganze Talabschnitte relativ homogene Rahmenbedingungen gegeben. Hier fiel die Entscheidung meist anhand eines einzelnen Kriteriums, überwiegend wurde der Standort dann anhand bestehender Biotope oder der günstigsten Volumenintensität ausgewählt. Durch diesen Arbeitsschritt konnte die Anzahl der potentiellen Retentionsareale auf 36 reduziert werden, die sowohl unter den Gesichtspunkten der Ökologie wie auch der Umsetzbarkeit für eine Rückhaltemaßnahme gut geeignet sind.

Da die Auswahl der potentiellen Retentionsareale bezüglich der Bedarfsermittlung bis zu dieser Planungsstufe auf einer Abschätzung des benötigten Stauvolumens beruhte, mußte die hydrologische Wirksamkeit nun noch genauer nachgewiesen werden. Hierzu wurde mit dem IHW-Programmpaket (Universität Karlsruhe) ein Flußgebietsmodell erstellt und die Parametrisierung anhand der Meßdaten überprüft. Da im Untersuchungsgebiet nur unzureichend Niederschlags- und keinerlei Abflaufzeichnungen vorlagen, sie aber für ein besseres Systemverständnis und vor allem für die Kalibrierung des hydrologischen Modells benötigt wurden, erforderte das Projekt die Errichtung und den Betrieb eines Sondermeßnetzes. In diesem Zusammenhang wurde ein kostengünstiges Maximumpegel-System entwickelt. Diese Pegel wurden eingesetzt, um Informationen über die Spitzenabflüsse der kleinen Bäche bzw. Entwässerungsgräben zu erhalten.

Beim Vergleich von Meßdaten und hydrologischem Modell zeigte sich, daß an den größeren

Gewässern das Abflußverhalten ausreichend genau beschrieben werden konnte, bei den kleinen Seitengewässern hingegen mit größeren Fehlern zu rechnen ist.

Über eine Variantenrechnung konnten anschließend die Maßnahmen optimiert und verschiedene Parameter wie Stauhöhe, Überstauhäufigkeit und Durchflußmenge des Grundablasses bestimmt werden. Es zeigte sich, daß entsprechend der Zielsetzung die Stauhöhe von 1,8 m nicht überschritten werden mußte, der Mittelwert von 1,6 m liegt nur wenig über der Höhe, mit der schon jetzt viele Wege über die Gewässer geführt werden.

Vor allem konnte aber mit Hilfe des Modells nachgewiesen werden, daß beim vollen Ausbauzustand der Planung ein 100-jährlicher Hochwasserschutz erreicht wird, dazu müssen allerdings ergänzend auch siedlungswasserwirtschaftliche Maßnahmen durchgeführt werden. Beim 100-jährlichen, 6-stündigen Ereignis (maximaler Abfluß) wird die Abflußspitze von ca. 22 m³/s auf unter 12,5 m³/s gedämpft. Beim 2-stündigen Niederschlag wird der Abfluß von 21,5 m³/s auf 16,5 m³/s reduziert. Bei dieser etwas stärker durch den Siedlungseinfluß geprägten Dauerstufe kann durch den Einsatz von siedlungswasserwirtschaftlichen Maßnahmen (10 mm Anfangsverlust) die Abflußspitze um weitere 1,5 m³/s gekappt werden, so daß die innerhalb des Siedlungsbereichs vorhandene Gerinnkapazität von ca. 15 m³/s nicht mehr überschritten wird.

Als zusätzlich aus dem Vergleich der verschiedenen Varianten abgeleitetes Ergebnis wird eine Minimallösung vorgeschlagen, mit der bereits der größte Teil der Wirkung erreicht werden kann (<17 m³/s).

Anhand der ausführlicheren Beschreibung von 3 Retentionsarealen wird verdeutlicht, welche Argumente im Einzelfall für die Auswahl eines Standortes sprechen und wie sich die Planung im Detail gestaltet. Die restlichen der insgesamt 35 ausgewählten Standorte werden im Überblick dargestellt. Insgesamt stellen sie bei einem Flächenbedarf von 64 ha (0,8% der Einzugsgebietsfläche) ein Stauvolumen von 520 000 m³ zur Verfügung, das größte Retentionsareal hat da-

bei ein Rückhaltevolumen von 48500 m³. Die ökologische Bewertung ließ keine Probleme erkennen. Nutzungseinschränkungen sind nur in wenigen Fällen notwendig, da weitgehend eine Doppelnutzung mit der bisherigen Nutzung möglich erscheint. Bei zwei Standorten wurden bereits im Rahmen von Ausgleichsmaßnahmen Feuchtbiotope angelegt und das Retentionsareal baulich vorbereitet.

Um die gemachten Erfahrungen auch für andere Arbeitsgebiete verfügbar zu machen, wurden im Rahmen einer abschließenden Diskussion der Planung die angewendeten Auswahlkriterien inhaltlich geordnet und bewertet. Dazu wurde die Kriterien danach unterschieden, ob sie den Bedarf oder die Eignung beschreiben und in beiden Gruppen nochmals bewertende und ausschließende Merkmale differenziert. Für eine rationelle Vorgehensweise wurde vorgeschlagen, die Bedarfsanalyse und jeweils die ausschließenden Kriterien in der Bearbeitung voranzustellen. Dabei können die meisten Unterscheidungsmerkmale bereits innerhalb einer Machbarkeitsanalyse abgearbeitet werden und die eigentliche Planung kann sich dann auf die aufwendigere „Eignungsbewertung“ konzentrieren. Durch die Vergabe von Gewichtungsfaktoren (aus den Ergebnissen der Planung an der Oberen Elsenz abgeleitet) für die einzelnen Parameter läßt sich das GIS stärker für die Auswahl geeigneter Standorte einsetzen, da erst so eine sinnvolle Verschneidung der Kriterien möglich ist. Insgesamt setzt doch die für diese Zwecke noch sehr mäßige Qualität der vorliegenden Geländemodelle dem GIS-Einsatz enge Grenzen. Mit zunehmender Qualität und Verfügbarkeit digitaler Grundlagen wird jedoch das GIS für die Standortauswahl sicherlich noch erheblich an Bedeutung gewinnen.

Doch schon jetzt bietet das vorliegende Ausweisungsverfahren das notwendige Instrumentarium zur Planung eines dezentralen, integrierten Hochwasserschutzes. Dieser stellt mit einem etwas höheren Planungsaufwand, aber geringen, zu erwartenden Umsetzungskosten (weniger als 10 DM pro m³ Stauvolumen), eine ökologisch wie wirtschaftlich interessante Alternative zu konventionellen Konzeptionen dar.

12 Literaturverzeichnis

- ANDERSON, M.G. & BATES, P.D. (1994): Evaluating data constraints on two dimensional finite element models of floodplain flow. – *Catena* 22, No.1, S. 1-15
- ASSMANN, A.; FRIEDEL, B.; GÜNDRA, H.; SCHUKRAFT, G. & SCHULTE, A. (1996): Dezentraler Hochwasserschutz als geeignete Alternative zu großen Rückhaltebecken. – *Der Bürger im Staat*, Heft 1, 1996, S. 60-64
- ASSMANN, A.; GÜNDRA, H.; SCHUKRAFT, G. & SCHULTE, A. (1998): Konzeption und Standortauswahl bei der dezentralen, integrierten Hochwasserschutzplanung für die Obere Elsenz (Kraichgau) – *Wasser & Boden* 8/1998, S. 15-19.
- ASSMANN, A & GÜNDRA, H. (1997): Dezentraler, integrierter Hochwasserschutz an der Oberen Elsenz – Abschlussbericht, Heidelberg
- BAADE, JUSSI (1994): Geländeexperiment zur Verminderung des Schwebstoffaufkommens in landwirtschaftlichen Einzugsgebieten. – *Heidelberger Geographische Arbeiten* 95, Heidelberg
- BÁRDOSSY, A. & CASPARY, H.J. (1990): Modellkonzeption zur Folgenabschätzung von Klimaänderungen für den regionalen Wasserhaushalt. – 5. Wiss. Tagung Hydrologie und Wasserwirtschaft, München 2.–3.4.1990, Mitteilungen aus dem Institut für Wasserwesen der Universität der Bundeswehr München 38a, 1990, S. 11-22
- BÁRDOSSY, ANDRÁS (1993): Stochastische Modelle zur Beschreibung der raumzeitlichen Variabilität des Niederschlags. – *Institut für Hydrologie und Wasserwirtschaft Universität Karlsruhe*, 44, Karlsruhe
- BÁRDOSSY, ANDRÁS; GIESECKE, JÜRGEN & VIESER, HANSJÖRG (1997): Methoden zur Untersuchung des Langzeitverhaltens von Hochwasserereignissen. – *Wasserwirtschaft* 87/1, S. 36-40
- BARSCHE, D., MÄUSBACHER, R., SCHUKRAFT, G. & SCHULTE, A. (1989): Beiträge zur aktuellen fluvialen Geomorphodynamik in einem Einzugsgebiet mittlerer Größe am Beispiel der Elsenz im Kraichgau. – *Göttinger Geographische Abhandlungen*, Heft 86, S. 9-31, Göttingen
- BARSCHE, D., MÄUSBACHER, R., SCHUKRAFT, G. & SCHULTE, A. (1989): Die Belastung der Elsenz bei Hoch- und Niedrigwasser. – *Kraichgau* 11/1989, S. 33-48
- BARTELS, H.; ALBRECHT, F.M. & GUTTENBERG, J. (1990): Starkniederschlagshöhen für die Bundesrepublik Deutschland, Teil 1: Niederschläge längerer Dauerstufen ($D \geq 24h$), Teil 2: Niederschläge kürzerer Dauerstufen ($D < 24h$) Sommer. – *Deutscher Wetterdienst*, Referat Hydrometeorologie, Offenbach am Main
- BAUMANN, DIETRICH (1997): Offene Oberflächenentwässerung in Hamburg. – *Wasser & Boden* 1/1997, S. 12-15
- BAUMGARTNER, ALBERT & LIEBSCHER, HANS-JÜRGEN (1990): Allgemeine Hydrologie – Quantitative Hydrologie. – *Lehrbuch der Hydrologie*, Band 1, Berlin, Stuttgart
- BECKER, C. (1991): Modellversuche zur naturnahen Umgestaltung der Enz in Pforzheim. – *Wasser & Boden* 3/1991, S. 131-134
- BECKER, M.; BRUMMER, J. & GEIGER, W.F. (1987): Auswirkungen verschiedener Maßnahmen auf den Abfluß in Kanalnetzen, München
- BERTRAM, HEINZ-ULRICH (1985): Über den Abfluß in Trapezgerinnen mit extremer Böschungsrauhheit. Braunschweig
- BEVEN, KEITH (1989): Changing ideas in Hydrology – the case of physically-based models. – *Journal of Hydrology*, 105, S. 157-172
- BIEBERSTEIN, A., BRAUNS, J. & KAST, K. (1997): Überströmbare Hochwasserschutzdämme in Sonderbauweise. – *Geotechnik Sonderheft* 1997, S. 13-22, München 1997
- BINDER, WALTER (1996): Neue Wege zur Renaturierung von Flüssen und Bächen. – *Der Bürger im Staat*, Heft 1, 1996, S. 46-49
- BOGARDI, JANOS (1997): Optimale Ausbaureihenfolgen für Systeme von Hochwasserrückhaltebecken. – *Fakultät für Bauingenieur- und Vermessungswesen der Universität Karlsruhe*, Karlsruhe
- BOLM, STEPHAN (1995): Regenwasserbehandlung im Trennverfahren – Praxisbeispiele. – *Wasserwirtschaft* 85/3, S. 140-144
- BORCHERDT, CHRISTOPH (1991): Bundesrepublik Deutschland V Baden-Württemberg. – *Wissenschaftliche Länderkunden* Band 8, Darmstadt
- BORCHERT, D. (1996): Kasseler Thesen zum Thema „Integrativer (ganzheitlicher) Gewässerschutz in kleinen Fluß einzugsgebieten“. – *Wasserwirtschaft* 86/5, S. 264-265
- BRANDT, T. & LANG, J. (1995): Sicherheitsbetrachtungen für kleinere Hochwasserrückhaltebecken. – *Wasser & Boden* 12/1995, S. 18-22
- BRETSCHNEIDER, HANS; LECHER, KURT & SCHMIDT, MARTIN (1993): Taschenbuch der Wasserwirtschaft, 7. Auflage, Hamburg, Berlin
- BRONSTERT, A.; VOLLMER, SABINE & IHRINGER, J. (1995): Die Bedeutung von Flurbereinigungsmaßnahmen für das Abflußverhalten in ländlichen Gebieten. – *Wasser & Boden* 9/1995, S. 29-46
- BRONSTERT, AXEL (1994): Modellierung der Abflußbildung und der Bodenwasserdynamik von Hängen. – *Institut für Hydrologie und Wasserwirtschaft Universität Karlsruhe*, Karlsruhe
- BULLERMANN, MARTIN (1996): Systeme zur Regenwasserbewirtschaftung: Versickerung, Nutzung und Rückhaltung. – *Wasserwirtschaft* 86/12, S. 662-666
- BUNDESANSTALT FÜR GEWÄSSERKUNDE [HRSG] (1994): Das Hochwasser 1993/94 im Rheingebiet. Koblenz
- BURT, T.P. (1989): Storm runoff generation in small catchments in relation to the flood response of large basins.
- BEVEN, K. & CARLING, P. [HRSG.]: Floods: Hydrological, sedimentological and geomorphological implications, S. 11-25, Chichester
- CASPARY, H.J. & BÁRDOSSY, A. (1995): Markieren die Winterhochwasser 1990 und 1993 das Ende der Stationarität in der Hochwasserhydrologie infolge von Klimaänderungen? – *Wasser & Boden* 3/1995, S. 18-24
- DAUCHER, HEINZ (1996): Umweltverträglichkeitsprüfung bei wasserbaulichen Vorhaben. – *Wasserwirtschaft* 86/7/8, S. 374-376

- DEUTSCHER WETTERDIENST (verschiedene Jahre): Deutsches Meteorologisches Jahrbuch, Offenbach
- DEUTSCHER WETTERDIENST UND LANDESANSTALT FÜR UMWELTSCHUTZ BADEN-WÜRTTEMBERG (1976): Verteilungskurven der Niederschläge in Baden-Württemberg, Karlsruhe
- DHV-DEUTSCHLAND (1995): Flood Management and Protection in Germany. – unveröffentlicht, Heidelberg
- DILLING, J.M. (1994): Neue Wege in der Regenwasserbehandlung. – Wasser & Boden 11/1994, S. 27-33
- DISTER, EMIL (1986): Hochwasserschutzmaßnahmen am Oberrhein – Ökologische Probleme und Lösungsmöglichkeiten. – Geowissenschaften in unserer Zeit, 4. Jahrgang 1996, Nr.6, S. 194-203
- DÖRRER, INGRID (1992): Kraichgau und Heilbronner Raum. – Borcherdt, Christoph, Geographische Landeskunde von Baden-Württemberg, S. 251-272, Stuttgart
- DRACOS, TH. (1987): Hydraulik – Vorlesungsunterlagen. Zürich
- DVWK (1982): Anthropogene Einflüsse auf das Hochwassergeschehen. – DVWK Schriften 53, Hamburg, Berlin
- DVWK (1982): Arbeitsanleitung zur Anwendung von Niederschlag-Abfluß-Modellen in kleinen Einzugsgebieten, Teil I: Analyse. – Regeln zur Wasserwirtschaft 112/1982, Hamburg, Berlin
- DVWK (1983): Beiträge zur Wahl des Bemessungshochwassers und zum „vermutlich größten Niederschlag“. – DVWK Schriften 62, Hamburg, Berlin
- DVWK (1983b): Einfluss der Landnutzung auf den Gebietswasserhaushalt. – DVWK Schriften 57, Hamburg, Berlin
- DVWK (1984): Ökologische Aspekte bei Ausbau und Unterhaltung von Fließgewässern. – Merkblätter 204/1984, Hamburg, Berlin
- DVWK (1985): Beiträge zu Oberflächenabfluß und Stoffabtrag bei künstlichen Starkniederschläge. – DVWK Schriften 71, Hamburg, Berlin
- DVWK (1985b): Niederschlag – Starkregenauswertung nach Wiederkehrzeit und Dauer. – Regeln zur Wasserwirtschaft 124/1985, Hamburg, Berlin
- DVWK (1988): Grundlagen der naturnahen Regelung bestehender Gewässer. – DVWK Fortbildung 13
- DVWK (1989): Wahl des Bemessungshochwassers Entscheidungswege zur Festlegung des Schutz- und Sicherheitsgrades. – Merkblätter 209/1989, Hamburg, Berlin
- DVWK (1990): Uferstreifen an Fließgewässern. – DVWK Schriften 90, Hamburg, Berlin
- DVWK (1991): Hochwasserrückhaltebecken. – Merkblätter 202/1991, Hamburg, Berlin
- DVWK (1991): Starkniederschläge in der Bundesrepublik Deutschland – Erläuterungen und Ergänzungen zu KOSTRA. – DVWK Schriften 97, Hamburg, Berlin
- DVWK (1996): Internationale Fachtagung Fluß und Landschaft, Würzburg 20.-22. Mai 1996, Kurzfassungen, Bonn
- DVWK (1996b): Internationale Fachtagung Fluß und Landschaft. – DVWK Merkblätter 240/1996, Bonn
- DVWK (1997): Bach- und Flußbau – Wasserhaushalte und wasserwirtschaftliche Entwicklungskonzepte. – Seminarunterlagen zum 69. DVWK-Seminar, Echzell/Bingenheim
- DVWK (1997b): Maßnahmen an Fließgewässern – umweltverträglich planen. – DVWK Merkblätter Entwurf, Bonn
- DYCK, S. & PESCHKE, G. (1995): Grundlagen der Hydrologie, Berlin
- ELLENBERG, H. (1992): Zeigerwerte von Pflanzen in Mitteleuropa. – 2. verbesserte und erweiterte Auflage, Göttingen
- ESSER, BIRGIT (1996): Leitbilder für Fließgewässer. – Wasserwirtschaft 85/1, S. 38-42
- ESSER, BIRGIT (1997): Leitbilder für Fließgewässer als Orientierungshilfen bei wasserwirtschaftlichen Planungen. – Wasser & Boden 4/1997, S. 9-12
- ESSERY, CH & WILCOCK, D.N. (1990): Quantifying the hydrological impacts of a major arterial drainage scheme. – HOOGART, J.C., POSTHUMUS, C.W.S. & WARMERDAM, P.M.M.: Hydrological research basins and the environment, proceedings and information No. 44/TMO, S. 131-141
- FETT, WERNER & SCHULTZ, GERD A. (1995): Ein quasiphysikalisches Niederschlag-Abfluß-Modell auf der Basis eines Digitalen Geländemodells. – Wasserwirtschaft 85/6, S. 280-284
- FIGLUS, JOACHIM (1988): Abfluss aus Stadtgebieten – eine hydrologische Berechnungsmethode. – Institut für Hydrologie und Wasserwirtschaft Universität Karlsruhe, Karlsruhe
- FORSCHUNGSGRUPPE FLIEßGEWÄSSER (1993): Fließgewässertypologie, Landsberg
- FRIEDRICH, G. & LACOMBE, J. [HRSG.] (1992): Ökologische Bewertung von Fließgewässern, Stuttgart, Jena, New York
- FRIEDRICH, G.; SCHULTE-WÜLWER-LEIDIG, A.; SPÄH, H. & BÖHMER, E. (1994): Wassergütewirtschaftliche Auswirkungen von Dauerstauen in Hochwasserrückhaltebecken. – Wasser & Boden 2/1994, S. 30-33
- FROWEIN, P. (1996): Leitlinien zur Unterstützung des Hochwasserschutzes in Bodenordnungsverfahren. – Wasser & Boden 2/1996, S. 33-47
- FUCHS, ULRIKE (1994): Ökologische Grundlagen zur wasserwirtschaftlichen Planung von Abfluß und Morphologie kleinerer Fließgewässer, Karlsruhe
- GEOLOGISCHES LANDESAMT BADEN-WÜRTTEMBERG (1991): Untersuchungen und Verbesserungsvorschläge zur Ermittlung der K-Faktoren von Böden am Beispiel des Flurbereinigungsverfahrens Eppingen (B 293), Freiburg
- GÖTTLE, A. (1995): Zukunftsweisender Hochwasserschutz in Deutschland – Forderungen, Voraussetzungen, Lösungen. – Zeitschrift für Kulturtechnik und Landentwicklung 37, S. 97-102
- GÜNDRA, HARTMUT (1999, in Vorbereitung): Angewandte Geomorphologie und Hochwasserschutzplanung an der Oberen Elsenz, Kraichgau-Heidelberg
- HACH, G. & HÖLTL, W. (1989): Maßnahmen zur Erhaltung und Verbesserung der Wasserrückhalte-, Wasserreinhalte- und Speicherfähigkeit in der Landschaft. – Zeitschrift für Kulturtechnik und Landentwicklung 30, S. 8-21
- HAHN, URSULA (1997): Vegetationskundliche Untersuchung potentielle Retentionsareale an der Oberen Elsenz (Kraichgau) hinsichtlich ihrer Eignung für die Hochwasserrückhaltung. – Diplomarbeit, Heidelberg
- HARMS, R.W. (1994): Wo steht die entwässerungstechnische Versickerung. – Wasser & Boden 11/1994, S. 22-26

- HAUCK, E. (1983): Berechnungsmethoden zur Bestimmung des „vermutlich größten Niederschlags“ PMP. – Beiträge zur Wahl des Bemessungshochwassers und zum „vermutlich größten Niederschlag“, DVWK Schriften 62, Hamburg, Berlin
- HEINRICI, JÜRGEN & KÖHLER, GERO (1976): Vergleich verschiedener Verfahren zur Berechnung der Seeretention – Niederschlag-Abfluß-Modelle für kleine Einzugsgebiete. – Schriftenreihe des Kuratoriums für Wasser und Kulturbauwesen, Heft 25, Hamburg, Berlin
- HESSISCHES MINISTERIUM FÜR UMWELT, ENERGIE, JUGEND, FAMILIE UND GESUNDHEIT (1996): Wasser in Hessen – Zwölf beispielhafte Projekte zum umweltgerechten Umgang mit Wasser, Wiesbaden
- HOHMANN, JOCHEN & KONOLD, WERNER (1995): Renaturierung von Fließgewässern. – ecomed, Landsberg
- IHRINGER, J. & KRON, W (1993): Softwarepaket für Hydrologie und Wasserwirtschaft Anwenderhandbuch Band 1: Hochwasseranalyse Version: 4. – Institut für Hydrologie und Wasserwirtschaft Universität Karlsruhe, Karlsruhe
- INSTITUT FÜR HYDROLOGIE UND WASSERWIRTSCHAFT KARLSRUHE (1988): Gutachten Sinsheim – Zwischenergebnisse – Teil II, Karlsruhe
- INSTITUT FÜR HYDROLOGIE UND WASSERWIRTSCHAFT KARLSRUHE (1992): Hydrologische Untersuchung der Abflußverhältnisse am Biddersbach. Unveröffentlichtes Gutachten, Karlsruhe
- INSTITUT FÜR HYDROLOGIE UND WASSERWIRTSCHAFT KARLSRUHE (1994): BMFT-Verbundprojekt „Prognosemodell für die Gewässerbelastung durch Stofftransport aus kleinen Einzugsgebieten“ – Weiherbachprojekt – Zwischenpräsentation der Ergebnisse der Phase II (ab 1993), Karlsruhe
- INSTITUT FÜR WASSERBAU UND WASSERWIRTSCHAFT, VERSUCHSANSTALT FÜR WASSERBAU UND KULTURTECHNIK UNIVERSITÄT KARLSRUHE (1982): Untersuchungen der Hochwasserabflußverhältnisse am Gewässer I. Ordnung Elsenz und deren Verbesserung - Kurzbericht, Karlsruhe
- JÄHRLING, KARL-HEINZ (1991): Grundlagen einer Gewässerrenaturierung aus der Sicht der ökologischen Optimierung. – Wasserwirtschaft – Wassertechnik 4/1991, S. 153-155
- JANAS, SIMONE (1994): Die Flutmulden der Elsenztalau im Kraichgau und deren Beziehungen zum Auenrelief und zur Gerinnemorphologie. Diplomarbeit, Heidelberg
- KARIES, E. (1993): Leitbilder für Fließgewässerrenaturierungen. – Wasser & Boden 8/1993, S. 622-625
- KARRASCH, H.; FLOR, TH. & HUBER-RIEHLE, M. (1994): Ökologische Bewertung von Flächennutzungen in Heidelberg, Heidelberg
- KECKLER, DOUG (1994): SURFER for Windows User's Guide. – Golden Software, Golden
- KEINATH, W. (1926): Württembergisches Flurnamenbüchlein. – Verlag des Schwäbischen Albvereins, Tübingen
- KERN, K. (1994): Grundlagen naturnaher Gewässergestaltung, Geomorphologische Entwicklung von Fließgewässern, Berlin, Heidelberg
- KILIAN, T. (1994): Abflußcharakteristika und potentielle Gerinneformen hessischer Fließgewässer. – Wasser & Boden 2/1994, S. 37-39
- KIRNBAUER, R. & STEIDL, RENATE (1995): Abflußentstehung auf unterschiedlichen Böden. – Wasser & Boden 8/1995, S. 17-21
- KLEEBERG, H.-B. & ROTHER, K.-H. (1996): Hochwasserflächenmanagement in Flußbezugsgebieten. – Wasser & Boden 2/1996, S. 24-29
- KLEEBERG, HANS-B. [HRSG.] (1992): Regionalisierung in der Hydrologie – Ergebnisse von Rundgesprächen der Deutschen Forschungsgemeinschaft. – VCH Mitteilung, XI der Senatskommission für Wasserforschung/DFG, Weinheim, Basel
- KLEES, BERND & WESTENBERGER, JOCHEN (1997): Rückhaltung von Regenwasser in Bebauungsgebieten am Beispiel der Stadt Lippstadt. – Wasser & Boden 1/1997, S. 16-19
- KOEHLER, GERD (1996): Hochwasser – hausgemacht? – Der Bürger im Staat, Heft 1, 1996, S. 55-59
- KOLLMANN, MANFRED (1997): Die 6. Novelle zum Wasserhaushaltsgesetz. – Wasser & Boden 1/1997, S. 7-11
- KÖNIG, KLAUS W. (1996): Regenwassernutzung von A-Z – ein Anwenderhandbuch für Planer, Handwerker und Bauherren. – Mallbeton – Ökologie aktuell, Donaueschingen-Pföhen
- KONOLD, WERNER (1984): Zur Ökologie kleiner Fließgewässer. – Agrar- und Umweltforschung in Baden-Württemberg, Stuttgart
- KRAJEWSKI W.F.; LAKSHMI, V.; GEORGAKAKOS, K.P. & JAIN, S.C. (1991): A Monte Carlo study of rainfall sampling effect on a distributed catchment model. – Water resources research, Vol. 27, No. 1, S. 119-128
- KRAUSE, A. (1992): Zur Natürlichkeit von Fließgewässern – Eine Annäherung anhand botanischer Kriterien bei der Bewertung von Wasserläufen.
- FRIEDRICH, G. & LACOMBE, J. [HRSG.]: Ökologische Bewertung von Fließgewässern, S. 9-18, Stuttgart, Jena, New York
- KULTURAMT WORMS [HRSG.] (1997): Zukunftsweisende Strukturen für das Selztal – Ein regionaler Förderschwerpunkt der „Aktion Blau“.
- LÄNDERARBEITSGEMEINSCHAFT WASSER & WASSERWIRTSCHAFTSVERBAND BADEN-WÜRTTEMBERG [HRSG.] (1996): Lebensraum Gewässer – nachhaltiger Gewässerschutz im 21. Jahrhundert Internationales Symposium am 28. und 29. November 1996 in Heidelberg, Heidelberg
- LÄNDERARBEITSGEMEINSCHAFT WASSER (1995): Leitlinien für einen zukunftsweisenden Hochwasserschutz: Hochwasser – Ursachen und Konsequenzen, Stuttgart
- LANDESAMT FÜR FLURNEUORDNUNG UND LANDENTWICKLUNG BADEN-WÜRTTEMBERG [HRSG.] (1993): Maßnahmen der Flurbereinigung und ihre Wirkungen auf das Abflußverhalten ländlicher Gebiete. – Schriftenreihe des Landesamtes für Flurneuordnung und Landentwicklung Baden-Württemberg Heft 3, Karlsruhe, Kornwestheim, Stuttgart
- LANDESANSTALT FÜR UMWELTSCHUTZ BADEN-WÜRTTEMBERG (1992): Gewässerentwicklungsplanung. – Handbuch Wasser 2/3, Karlsruhe
- LANDESANSTALT FÜR UMWELTSCHUTZ BADEN-WÜRTTEMBERG (1994): Übersichtskartierung des mor-

- phologischen Zustands der Fließgewässer in Baden-Württemberg 1992/93. – Handbuch Wasser 2/15, Karlsruhe
- LANDESANSTALT FÜR UMWELTSCHUTZ BADEN-WÜRTTEMBERG (1995): Gesamtkonzept Naturnahe Unterhaltung von Fließgewässern. – Handbuch Wasser 2/19, Karlsruhe
- LANDESANSTALT FÜR UMWELTSCHUTZ BADEN-WÜRTTEMBERG (1995): Morphologischer Zustand der Fließgewässer in Baden-Württemberg. – Handbuch Wasser 2/17, Karlsruhe
- LANDESANSTALT FÜR UMWELTSCHUTZ BADEN-WÜRTTEMBERG (1995): Naturnahe Umgestaltung von Fließgewässern, Teil III, Dokumentation der Entwicklung ausgewählter Pilotvorhaben. – Handbuch Wasser 2, Karlsruhe
- LANDESARCHIVDIREKTION BADEN-WÜRTTEMBERG [HRSG] (1980): Das Land Baden-Württemberg – Amtliche Beschreibung nach Kreisen und Gemeinden. – Band IV, Stuttgart
- LANDRATSAMT HEILBRONN-KREISPLANUNGSAMT [HRSG] (1996): Landschaftsplan zum Flächennutzungsplan 2. Fortschreibung (und separater Kartenteil), Heilbronn
- LAUTRICH, RUDOLF (1976): Tabellen und Tafeln zur hydraulischen Berechnung von Druckrohrleitungen, Abwasserkanälen und Rinnen, 2. Auflage, Hamburg, Berlin
- LEMPERT, M.; OSTROWSKI, M.W. & MÜLLER, H. (1994): Die Berechnung des Oberflächenabflusses auf Grundlage digitaler Höhenmodelle. – Wasser & Boden 11/1994, S. 49-54, Hamburg
- LINDSEY, GREG; ROBERTS, LES & PAGE, WILLIAM (1992): Maintenance of stormwater BMPS in four Maryland counties: A status report. – Journal of Soil and Water Conservation, September-October 1992, Volume 47, No. 5, S. 417-422
- LONDONG, D. (1992): Wirkungsprognosen für verschiedene Maßnahmen zur Hochwasserdämpfung im Emschergebiet. – Wasser & Boden 8/1992, S. 516-530
- LOPES, VINCENTE L. (1996): On the effect of uncertainty in spatial distribution of rainfall on the catchment modelling. – Catena 28, S. 107-119
- LÖSCHMANN, THOMAS (1998): Untersuchungen zu Spitzenabflüsse in kleinen Einzugsgebieten. – Diplomarbeit, Heidelberg
- LURZ, MEINHOLD (1997): Hilsbach – Von der kurpfälzischen Amtsstadt zum Stadtteil von Sinsheim, Sinsheim
- LUTZ, WERNER (1984): Berechnung von Hochwasserabflüssen unter Anwendung von Gebietskenngrößen. – Institut für Hydrologie und Wasserwirtschaft Universität Karlsruhe, Karlsruhe
- MANIAK, ULRICH (1993): Hydrologie und Wasserwirtschaft – Eine Einführung für Ingenieure. Berlin, Heidelberg, New York, London, Paris, Tokyo
- MAUCH, E. (1992): Ein Verfahren zur gesamtökologischen Bewertung der Fließgewässer. –
- FRIEDRICH, G. & LACOMBE, J. [HRSG.]: Ökologische Bewertung von Fließgewässern. S. 9-18, Stuttgart, Jena, New York
- MENDEL, H.G. (1996): Hochwasser Gedanken über Ursachen und Vorsorge aus hydrologischer Sicht BfG-1022. – Bundesanstalt für Gewässerkunde, Koblenz
- MENDEL, HERMANN-G. [HRSG.] (1980): Operationelle Wasserstands- und Abfluß-Vorhersagen – Vorträge zum Kolloquium am 21. und 22. November 1979 in Bad Nauheim. – Schriftenreihe des Deutschen Verbands für Wasserwirtschaft und Kulturbau, Hamburg, Berlin
- MERZ, BRUNO (1996): Modellierung des Niederschlag-Abfluß-Vorgangs in kleinen Einzugsgebieten unter Berücksichtigung der natürlichen Variabilität. – Mitteilungen des Instituts für Hydrologie und Wasserwirtschaft der Universität Karlsruhe, Karlsruhe
- MILKE, H. (1995): Erfahrungen bei Planung und Bau von Mulden-Rigolen-Systemen. – Korrespondenz Abwasser 6/95, S. 919-928
- MINISTERIUM FÜR UMWELT BADEN-WÜRTTEMBERG (1989): Gehölze an Fließgewässern – Gehölzverwendung für die Entwicklung naturnaher Ufergehölzsäume. – Handbuch Wasserbau Heft 6, Stuttgart
- MINISTERIUM FÜR UMWELT BADEN-WÜRTTEMBERG (1990): Naturgemäße Gestaltung von Fließgewässern, Kolloquium am 3. Mai 1990 in Karlsruhe. – Handbuch Wasserbau, Stuttgart
- MINISTERIUM FÜR UMWELT UND FORSTEN RHEINLAND-PFALZ (1996): Aktion Blau – Gewässerentwicklung in Rheinland-Pfalz Heft 1. Mainz
- MORGENSCHWEISS, GERD (1985): Erste Erfahrungen mit einer neu entwickelten magnetisch-induktiven Strömungssonde zur punkthaften Messung von Fließgeschwindigkeiten. – Deutsche Gewässerkundliche Mitteilungen 1985, Heft 3
- MORGENSCHWEISS, GERD (1990): Zur Ungenauigkeit von Durchflußmessungen mit hydrometrischen Flügeln. – Deutsche Gewässerkundliche Mitteilungen 1990, Heft 1/2
- MORGENSCHWEISS, GERD (1993): Mobile magnetisch-induktive Strömungssonden zur Fließgeschwindigkeitsmessung – Überprüfung von zwei Meßsonden mit Laser-Doppler-Velocimetrie. – Deutsche Gewässerkundliche Mitteilungen 1993, Heft 3/4
- MÜLLER, THEO & OBERDORFER, ERICH (1974): Die potentielle natürliche Vegetation von Baden-Württemberg – Beihefte zu den Veröffentlichungen der Landesstelle für Naturschutz und Landschaftspflege Baden-Württemberg 6, Ludwigsburg
- MÜSCHENBORN, SABINE (1997): Untersuchung und Modellierung der Schwebstoffdynamik an der Oberen Elsenz unter Verwendung bestehender Modelle. Unveröffentlichter Zwischenbericht, Heidelberg
- MUTH, WILFRIED (1992): Hochwasserrückhaltebecken – Planung, Bau und Betrieb. Ehningen bei Böblingen
- NAEF, FELIX R. (1977): Ein Vergleich von mathematischen Niederschlag-Abfluß-Modellen. – Mitteilung der Versuchsanstalt für Wasserbau, Hydrologie und Glaziologie an der ETHZ – Nr. 26, Zürich
- NIEHOFF, NORBERT (1996): Ökologische Bewertung von Fließgewässerlandschaften. Berlin, Heidelberg
- OSTROWSKI, M.W. (1992): Ein universeller Baustein zur Simulation hydrologischer Prozesse. – Wasser & Boden 11/1992, S. 755-760
- OTT, MARKUS (1997): KOSTRA 87 – Erfahrungen mit dem DWD-Regelwerk nach mehreren Jahren Anwendung. – Wasser & Boden 2/1997, S. 50-53

- PECHER, ROLF (1996): Stadt Eppingen Regenwasserbehandlung 2005, Bingen
- PLATE, ERICH J. & SEUS, GÜNTHER J. (1977): Ablauf von Hochwasserwellen in Gerinnen. – Schriftenreihe des Kuratoriums für Wasser und Kulturbauwesen, Heft 27, Hamburg, Berlin
- POLARSKI, MARIANNE (1997): Distributed rainfall-runoff model incorporating channel extension and gridded digital maps. – Hydrological Processes, Vol. 11, S. 1-11
- PREIBLER, GÜNTER & BOLLRICH, GERHARD (1985): Technische Hydromechanik Band 1, Berlin
- QUIST, DIETMAR (1987): Bodenerosion – Gefahr für die Landwirtschaft im Kraichgau. – Kraichgau 10/1987, S. 42-62
- ROO, A.P.J. DE (1993): Modelling surface runoff and soil erosion in catchments using Geographical Information Systems – Validity and applicability of the 'ANSWER' model in two catchments in the loess area of South Limburg (The Netherlands) and one in Devon (UK). – Nederlandse Geografische Studies 157, Utrecht
- ROSEMANN, H.J. (1977): Die Hochwasservorhersage auf der Grundlage eines mathematischen Niederschlag-Abfluß-Modelles für räumlich gegliederte Einzugsgebiete. – Schriftenreihe des Bayrischen Landesamtes für Wasserwirtschaft, München
- ROTT, U. & SCHLICHTING, BIRGIT (1994): Regenwassernutzung – Ein Beitrag zum Gewässerschutz oder eine Gefährdung für die Sicherheit unserer Wasserversorgung. – Wasser & Boden 11/1994, S. 14-21
- SCHNARRENBARGER, C. (1903): Erläuterungen zu Blatt Sinsheim (Nr. 48) – Geologische Spezialkarte des Großherzogtum Baden, Heidelberg [Unveränderter Nachdruck als: Geologisches Landesamt Baden-Württemberg (1986): Erläuterungen zu Blatt 6719 Sinsheim der Geologische Karte 1:25 000 von Baden-Württemberg, Stuttgart]
- SCHNEIDER, ERNST (1985): Die Flurnamen der Stadt Bretten. – Brettener stadtdenkmaltopographische Veröffentlichungen Band 8, Bretten
- SCHÜLER, STEFAN (1998): Die historische Gewässerentwicklung als Werkzeug für die Erstellung einer dezentralen, integrierten Hochwasserschutzplanung. – Diplomarbeit, Heidelberg
- SCHULTE, ACHIM (1995): Hochwasserabfluß, Sedimenttransport und Gerinnebettgestaltung an der Elsenz im Kraichgau. – Heidelberger Geographische Arbeiten 98, Heidelberg
- SCHWEIZER, VOLKER & KRAATZ, REINHART (1982): Kraichgau und südlicher Odenwald. – Sammlung Geologischer Führer 72, Berlin, Stuttgart
- SHAPIRO, MICHAEL & WESTERVELT, JIM (1992): r.mapcalc – An algebra for GIS and image processing. Champaign, Illinois
- SIEKER, FRIEDHELM & SIEKER, HEIKO (1997): Konzept zur dezentralen Regenwasserbewirtschaftung in urbanen Einzugsgebieten. – Umwelt – Technologie – Aktuell 4/97, S. 312-317
- SIEKER, FRIEDHELM; ADAMS, RAINER; HUHN, VOLKER & STECKER, ARMIN (1996): Naturnahe Regenwasserbewirtschaftung in Siedlungsgebieten. – Kontakt und Studium Band 508, Esslingen
- SOWA, W. & FELSCHEN, O. (1993): Vermeidung und Verminderung von Regenabflüssen aus Siedlungsgebieten durch Rückhaltung und Versickerung. – Wasser & Boden 10/1993, S. 798-804
- THEISEN, H.W. (1992): Hydrologische Untersuchung „Biddersbach“. – Institut für Hydrologie und Wasserwirtschaft Universität Karlsruhe, Karlsruhe
- THOMANN, ROLAND (1995): Schicksal einer Landschaft – Ein Lesebuch zur Geschichte des Kraichgaus und seiner Orte. – Verlag Regionsakultur, Ubstadt-Weiher
- THÜRACH, H. (1896): Erläuterungen zu Blatt Sinsheim (Nr. 42) – Geologische Spezialkarte des Großherzogtum Baden, Heidelberg [Unveränderter Nachdruck als: Geologisches Landesamt Baden-Württemberg (1985): Erläuterungen zu Blatt 6719 Sinsheim der Geologische Karte 1:25000 von Baden-Württemberg, Stuttgart]
- TIMMER, G.; SUTORIS, M. & GRUBER, P. (1992): Bewertungsverfahren von Fließgewässern. – Wasser & Boden 11/1992, S. 751-755
- TÖNSMANN, FRANK [HRSG.] (1995): Studie zum Hochwasserschutz an der Bauna. – Materialien Band 3, Kassel
- UHLENBROOK, STEFAN & LEIBUNDGUT, CHRISTIAN (1997): Abflußbildung bei Hochwasser in verschiedenen Raumskalen. – Wasser & Boden 9/1997, S. 13-21
- UMWELTMINISTERIUM BADEN-WÜRTTEMBERG (ohne): Gehölze an Fließgewässern. – Handbuch Wasserbau, Heft 6
- UMWELTMINISTERIUM BADEN-WÜRTTEMBERG (ohne): Naturgemäße Gestaltung von Fließgewässern. – Handbuch Wasserbau Heft 3
- VIESER, H. (1996): Stationarität historischer Reihen extremer Hochwasser in Baden-Württemberg. – Wasser & Boden 8/1996, S. 50-54
- VISCHER, DANIEL & HAGER, WILLI H. (1992): Hochwasserrückhaltebecken, Zürich
- WALD, J. & GÖPPERT, H.G. (1996): Flußgebietsuntersuchung Elsenz/Schwarzbach. – Wald + Corbe Beratende Ingenieure, Hügelsheim
- WABELEWKY, FRANZ (1976): Strukturermittlung und Parameterschätzung hydrologischer Speichermodelle durch Approximation des Frequenzgangs – Ein Beitrag zur Entwicklung von Starkregen-Abfluß-Modellen kleiner Einzugsgebiete. – TU Berlin, Berlin
- WEGNER, H. (1990): Konzeption eines umweltverträglichen Hochwasserschutzes. – Institut für Wasserwesen der Universität der Bundeswehr München Mitteilungen Heft 38a/b 1990, S. 129-135, München
- WEGNER, H. (1992): Dezentraler Hochwasserschutz. – Wasser & Boden 1/1992, S. 6-10
- WEIßMANN, MARKUS (1998): Überprüfung der Annahmen und Voraussetzungen für hydrologische Verfahren – im speziellen Kalinin-Miljukow und Muskingnum. – Diplomarbeit, Heidelberg
- WESTERVELT, J. (1991): Introduction to GRASS 4. Champaign, Illinois
- WILLY, HANS (1986): Vor- und Nachteile des naturnahen Gewässerlaufes im Vergleich zu kanalisierten Fließgewässern. – Institut für Wasserbau und Kulturtechnik Karlsruhe, Mitteilungen 173/1986

Abbildungsverzeichnis

- Abb. 1: Mulden-Rigolen-System nach SIEKER (1996)
- Abb. 2: System zur Regenwassernutzung und -versickerung (aus: BULLERMANN 1996, S. 663)
- Abb. 3: Bruchsteindrossel am Berolzheimer Graben
- Abb. 4: Schema der räumlichen Anordnung der Konzeptbausteine einer dezentralen, integrierten Hochwasserschutzplanung
- Abb. 5: Ursprüngliche Flächenaufteilung und die sich ergebenden Veränderungen bei einer separaten bzw. einer dezentralen, integrierten Hochwasserschutzplanung
- Abb. 6: Skizze möglicher Ablaufkonstruktionen für Retentionsareale
- Abb. 7: Schematische Darstellung des Arbeitsablaufes
- Abb. 8: Lage des Untersuchungsgebietes
- Abb. 9: Expositionsverteilung im Arbeitsgebiet
- Abb. 10: Auenquerprofil am Essigbergbach (südlich von Eppingen)
- Abb. 11: Verteilung der Niederschläge im Jahresverlauf (Mittel der Jahre 1961 bis 1993 nach dem Deutschen Meteorologischen Jahrbuch des DWD)
- Abb. 12: Orthophoto des Gebiets an der „Raußmühle“ mit anhand von Vegetationsschäden erkennbaren Vernässungsstellen
- Abb. 13: Schema zur Berechnung des „von Staumaßnahmen freizuhaltenden Bereiches“ über den relativen Höhenunterschied zur Siedlungsfläche
- Abb. 14: Glättung der Gewässerlängsprofile – Schema
- Abb. 15: Entwicklung von Stauhöhe und Stauvolumen am Standort „Im Weidenbruch“ in Abhängigkeit von der Stauhöhe
- Abb. 16: Veränderung der Volumenintensität entlang eines Talabschnittes am Rohrbach
- Abb. 17: Erreichbare Stauvolumen bei einer Stauhöhe von 1,8 m entlang eines Talabschnittes am Rohrbach
- Abb. 18: Korrelation zwischen Stauhöhe und Volumenintensität aller ausgewählten Standorte
- Abb. 19: Streuung der Feuchtwerte am geplanten Retentionsareal „Rosalienhof“
- Abb. 20: Relevanz der ökologischen Bewertung
- Abb. 21: Schematische Zeichnung eines Maximumpegels
- Abb. 22: Überschreitung der Niederschlags-jährlichkeiten an der Station Kläranlage Eppingen im Meßzeitraum
- Abb. 23: Veränderung des Querprofils an der Station „Kläranlage“
- Abb. 24: Abflußkurve an der Station „Talschenke“
- Abb. 25: Überschwemmung am Pegel Penny im Februar 1997
- Abb. 26: Niederschläge und Wasserstände an der Station Talschenke
- Abb. 27: Abflußganglinien an den Pegelstationen für das Ereignis vom 19. bis 21.09.1995
- Abb. 28: Abflußganglinien an den Pegelstationen für das Ereignis vom 19. und 20.05.1996
- Abb. 29: Abflußganglinien an den Pegelstationen für das Ereignis vom 25. bis 28.02.1997
- Abb. 30: Abflußganglinie am Pegel „Himmel“ vom Juli/August 1995
- Abb. 31: Flußdiagramm für den Rechenablauf an einem Knoten
- Abb. 32: Kenngrößen der Einheitsganglinie (nach LUTZ 1984, S. 36)

- Abb. 33: Übereinstimmung von berechneten und gemessenen Abflüssen an den Pegelstationen
- Abb. 34: Vergleich der gemessenen und der berechneten Abflußganglinie vom 18.03.1995
- Abb. 35: Auslastung einiger Retentionsareale
- Abb. 36: Vergleich der Maximalabflüsse der Varianten 0 und 3 für alle berechneten Dauerstufen und Wiederkehrintervalle (Pegel „Kläranlage Eppingen“)
- Abb. 37: Abflußganglinien für den Ist- bzw. Plan-Zustand am Pegel „Kläranlage Eppingen“
- Abb. 38: Das Retentionsareal „Rosalienhof“ bei bisher maximaler Stauhöhe
- Abb. 39: Staumauer am Naturdenkmal „Rosalienhof“
- Abb. 40: Photo des geplanten Retentionsareals „Am See“
- Abb. 41: Beteiligung verschiedener Gremien am Planungsprozeß des „dezentralen, integrierten Hochwasserschutzes“ in Eppingen
- Abb. 42: Bisherige, sequentielle Entscheidungsabfolge bei der Planung von Rückhalte-
maßnahmen
- Abb. 43: Vorgehensweise bei der Auswahl von Retentionsarealen
- Abb. 44: Arbeitsinput bei manueller und GIS-gestützter Standortausweisung
- Abb. 45: Korrelation zwischen aktueller Gerinnekapazität (nach Manning-Strickler) und dem Bedarf beim 2-jährlichen Abfluß (hydrologisches Modell)

Tabellenverzeichnis

- Tab. 1: Liste von Ursachen zur Hochwasserentstehung aus BUCHTELA (1994)
- Tab. 2: Dezentrale Hochwasserschutzmaßnahmen nach WEGNER
- Tab. 3: Schwerpunkte des „Naheprogramms“ (aus: MINISTERIUM FÜR UMWELT UND FORSTEN RHEINLAND-PFALZ 1996, S. 70)
- Tab. 4: Anforderungen an das Pegelmeßnetz
- Tab. 5: Potentielle, natürliche Vegetation des Untersuchungsgebietes
- Tab. 6: Der morphologische Zustand der Gewässer im Arbeitsgebiet (nach LFU 1994)
- Tab. 7: Auswahl von für die Obere Elsenz relevanten Niederschlagsangaben
- Tab. 8: Ortsnamen des Untersuchungsgebiets, die auf Vernässungsgebiete hinweisen
- Tab. 9: Ergebnisse der Detailkartierung für den Standort „Gießhübelmühle“ vom Juni 1995
- Tab. 10: Abflußwerte der Meßperiode
- Tab. 11: Abhängigkeit von Gefälle und Abfluß am Pegel „Kläranlage Eppingen“
- Tab. 12: Zusammenstellung verschiedener Rauigkeitsbeiwerte nach Gaukler-Manning-Strickler
- Tab. 13: Übersicht über die Modellvarianten
- Tab. 14: Zusammenschau aller ausgewählten Retentionsareale
- Tab. 15: Struktur der Auswahlkriterien
- Tab. 16: Bewertungsschlüssel zur Gewichtung der einzelnen Auswahlkriterien
- Tab. 17: Vergleich verschiedener Standorte anhand einer Bewertungstabelle

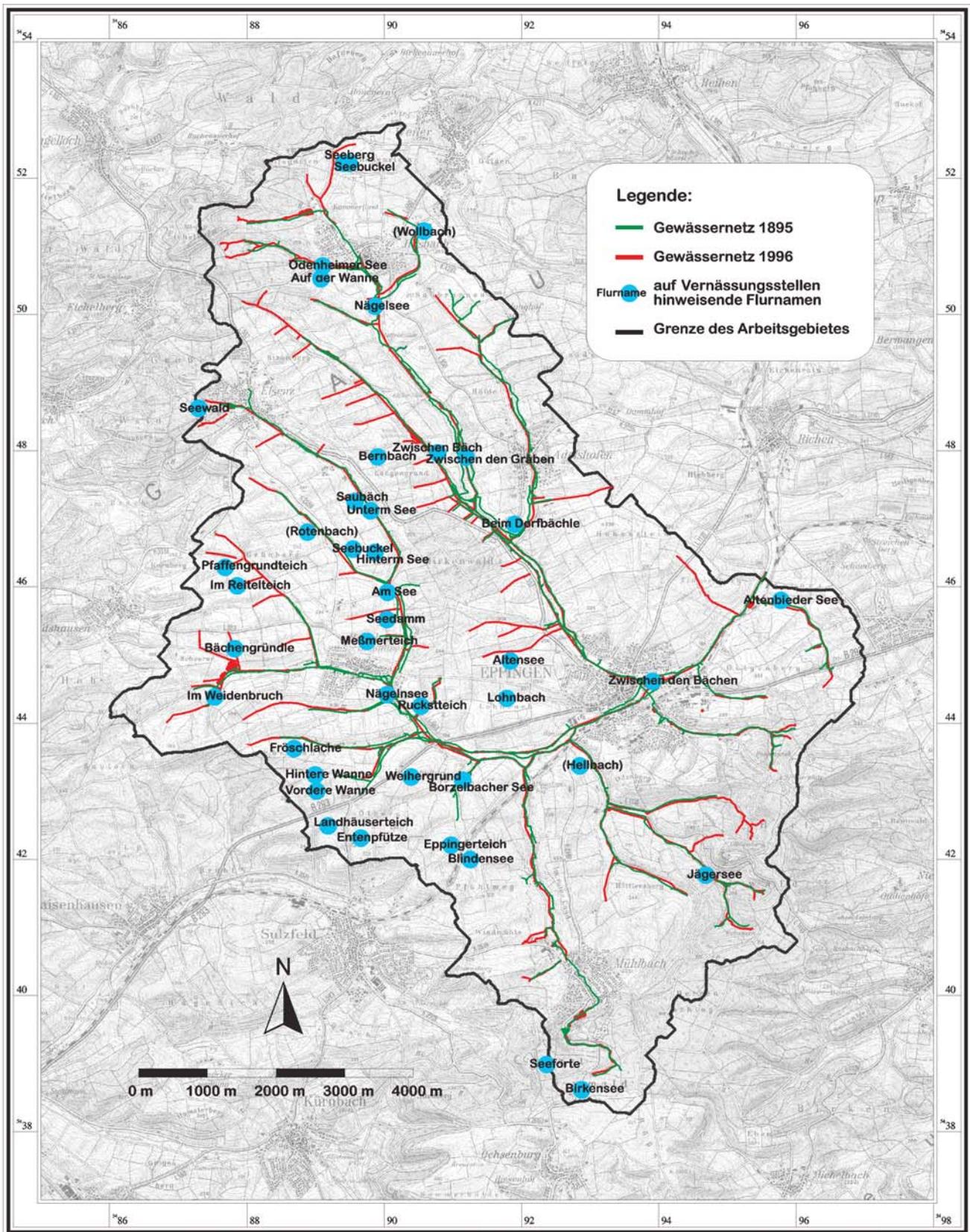
Anhang

- Abb. A-1: Vergleich des Gewässernetzes von 1895 und 1996, ergänzend die Lage der auf Vernässungsstellen hinweisenden Flurnamen
- Abb. A-2: Planungskarte mit durch nutzungsbezogenen Abflußbeiwert gewichteter Einzugsgebietsgröße, Ausschnitt des Hellbach-Einzugsgebietes
- Abb. A-3: Zur Bewertung der Standorteignung eingesetzte Einzelparameter für das Hellbach-Einzugsgebiet
- Abb. A-4: Lage der im Vorauswahlverfahren ausgesuchten Standorte
- Abb. A-5: Soziologische Einheiten des geplanten Retentionsareals „Gießhübelmühle“
- Abb. A-6: Ökologische Bewertung der ausgewählten Standorte (nach HAHN 1997)
- Abb. A-7: Lage der Meßstationen
- Abb. A-8: Lage der Modell-Berechnungsknoten; Grenzen und Landabflußmengen (beim 100-jährlichen, 24-stündigen Niederschlag) der Teileinzugsgebiete
- Abb. A-9: Vergleich der Spitzenabflüsse für die Varianten 0 bis 7 an ausgewählten Knoten für einen 2-jährlichen Niederschlag
- Abb. A-10: Vergleich der Spitzenabflüsse für die Varianten 0 bis 7 an ausgewählten Knoten für einen 100-jährlichen Niederschlag
- Abb. A-11: Kurzbeschreibung des Retentionsareals Gießhübelmühle – Situationsbeschreibung
- Abb. A-12: Kurzbeschreibung des Retentionsareals Gießhübelmühle – Planung
- Abb. A-13: Lagekarte der geplanten Retentionsareale und empfohlene Nutzungsform
- Abb. A-14: Bewertung des Bedarfs und der Standorteignung im Hellbach-Einzugsgebiet für die im GIS verfügbaren Parameter
- Abb. A-15: Zusammenschau der geplanten Maßnahmen (Retentionsareale, Flächen zur Sedimentretention und vordringlich zu renaturierende bzw. rückzubauende Gewässerbereiche)

Abkürzungsverzeichnis

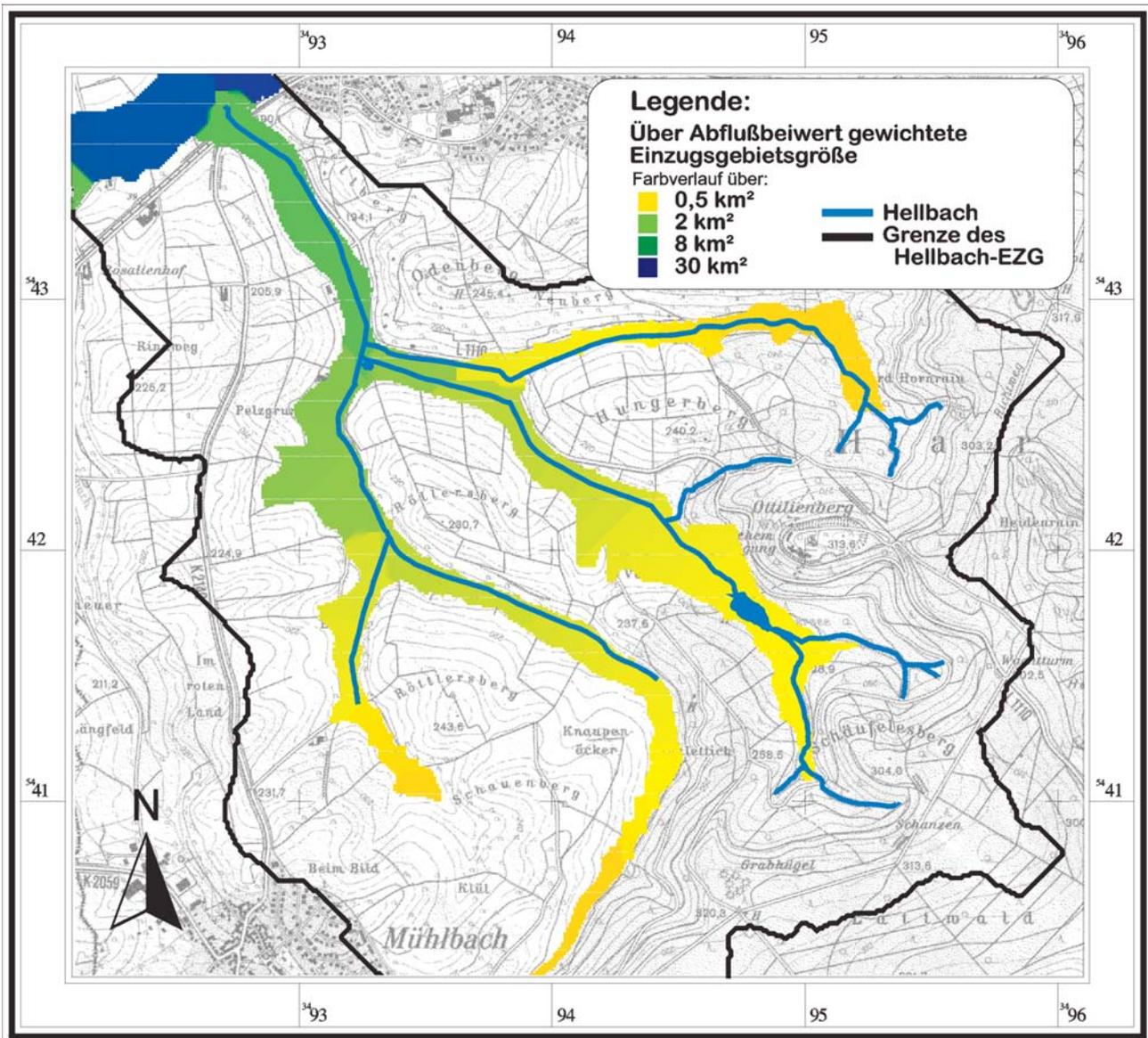
ATKIS	Amtliches Topographisch-Kartographisches Informationssystem
DGM	Digitales Geländemodell
DVWK	Deutscher Verband für Wasserwirtschaft und Kulturbau e.V.
EZG	Einzugsgebiet
f-Wert	Feuchte-Wert nach ELLENBERG
FGM	Flußgebietsmodell
GIS	Geographisches Informationssystem
HQ	Hochwasserabfluß
IHW	Institut für Hydrologie und Wasserwirtschaft Universität Karlsruhe
LAWA	Länderarbeitsgemeinschaft Wasser
LfU	Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg
N/A-Modell	Niederschlag-Abfluß-Modell
NSG	Naturschutzgebiet
RA	Retentionsareal
RHB	Rückhaltebecken
SCS	Soil-Conservation-Service
V	Variante
WBW	Wasserwirtschaftsverband Baden-Württemberg e.V.

Anhang



Kartenhintergrund: TK 50 L6718 (Heidelberg Süd) und L6918 (Bretten), Landesvermessungsamt Baden-Württemberg

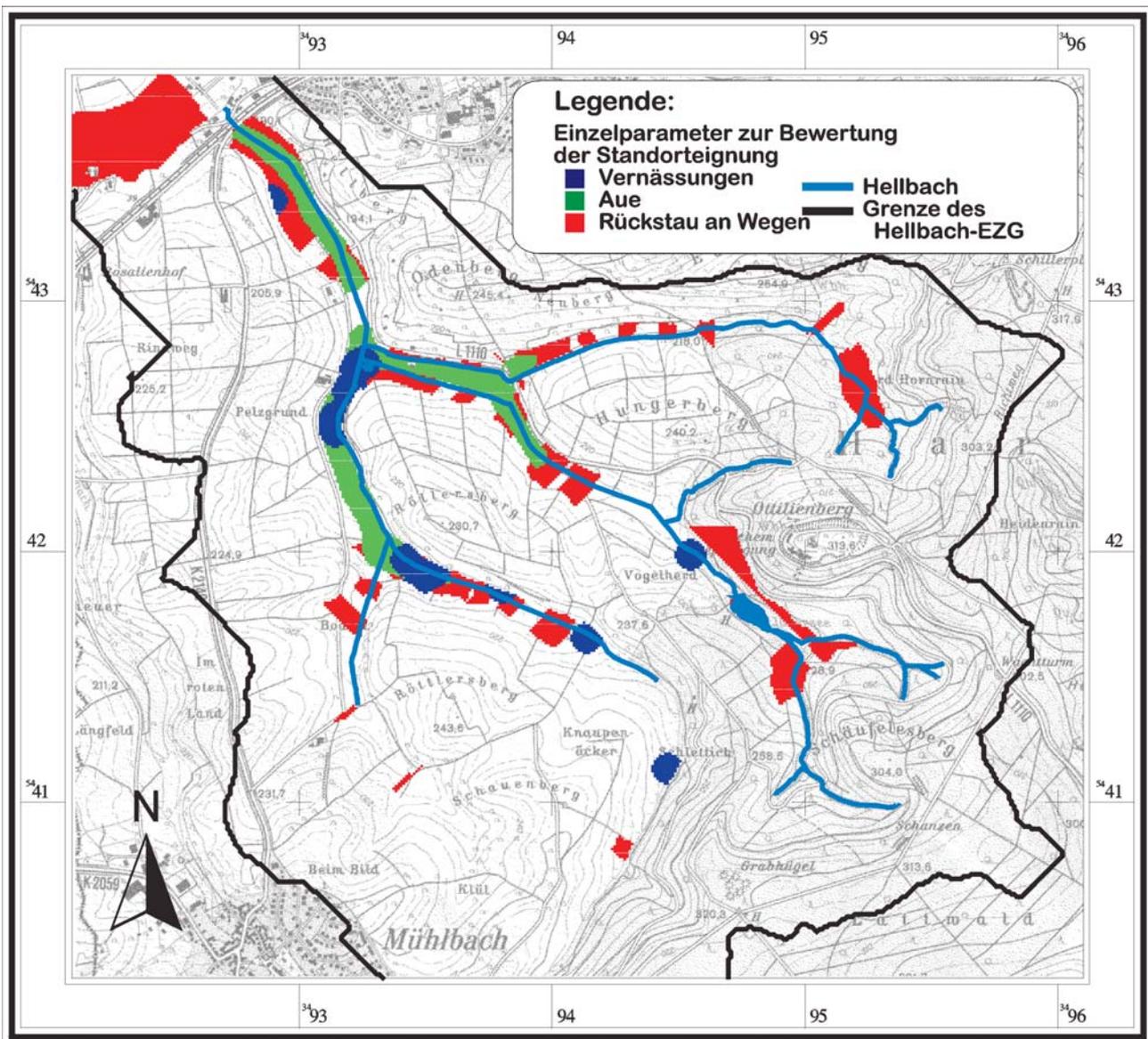
Abb. A-1: Orthophoto des Gebiets an der „Raußmühle“ mit anhand von Vegetationsschäden erkennbaren Vernässungsstellen



Kartenhintergrund: TK 25 6819 (Eppingen), Landesvermessungsamt Baden-Württemberg



Abb. A-2: Planungskarte mit durch nutzungsbezogenen Abflußbeiwert gewichteter Einzugsgebietsgröße, Ausschnitt des Hellbach-Einzugsgebietes



Kartenhintergrund: TK 25 6819 (Eppingen), Landesvermessungsamt Baden-Württemberg



Abb. A-3: Zur Bewertung der Standorteignung eingesetzte Einzelparameter für das Hellbach-Einzugsgebiet

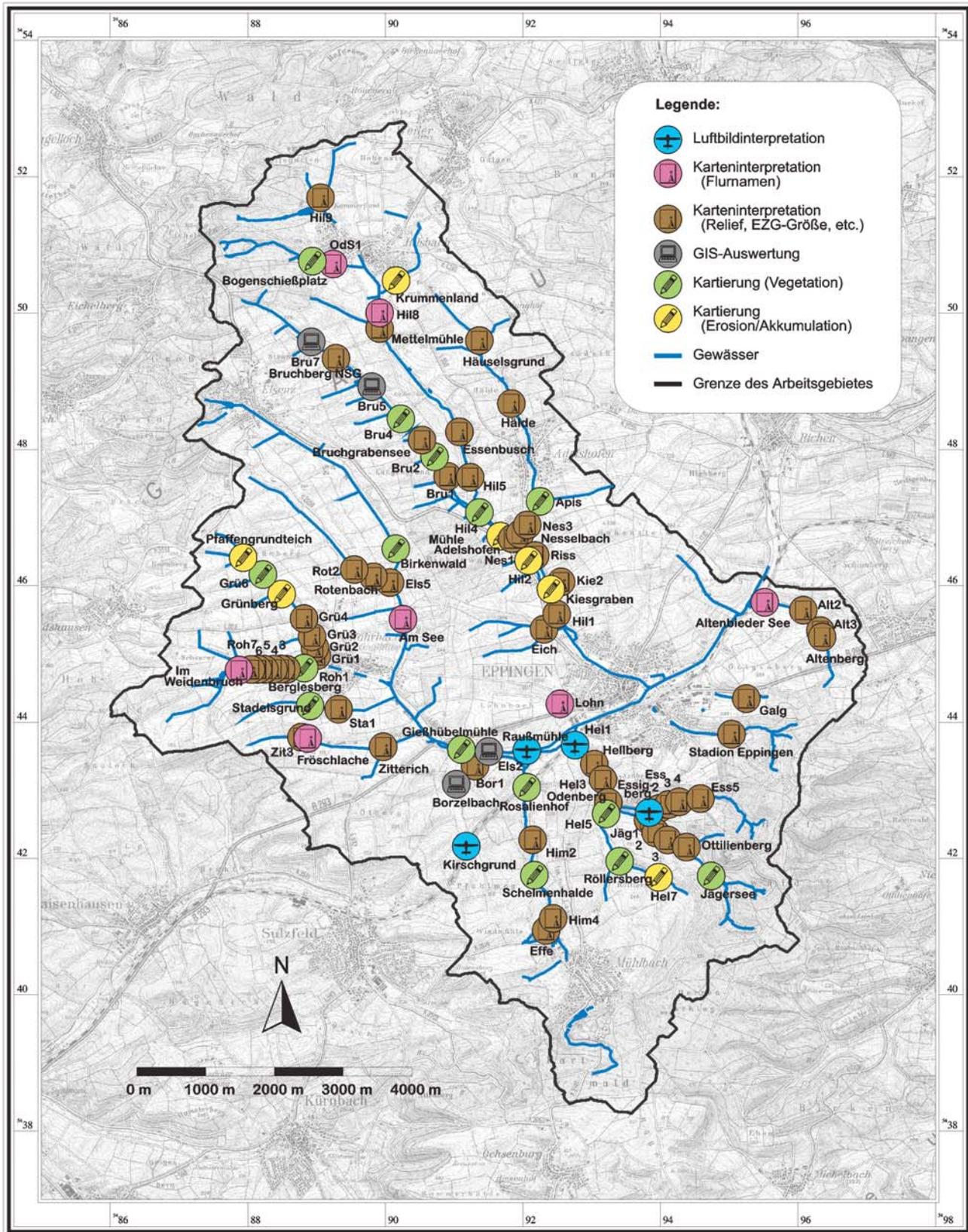


Abb. A-4: Lage der im Vorauswahlverfahren ausgesuchten Standorte

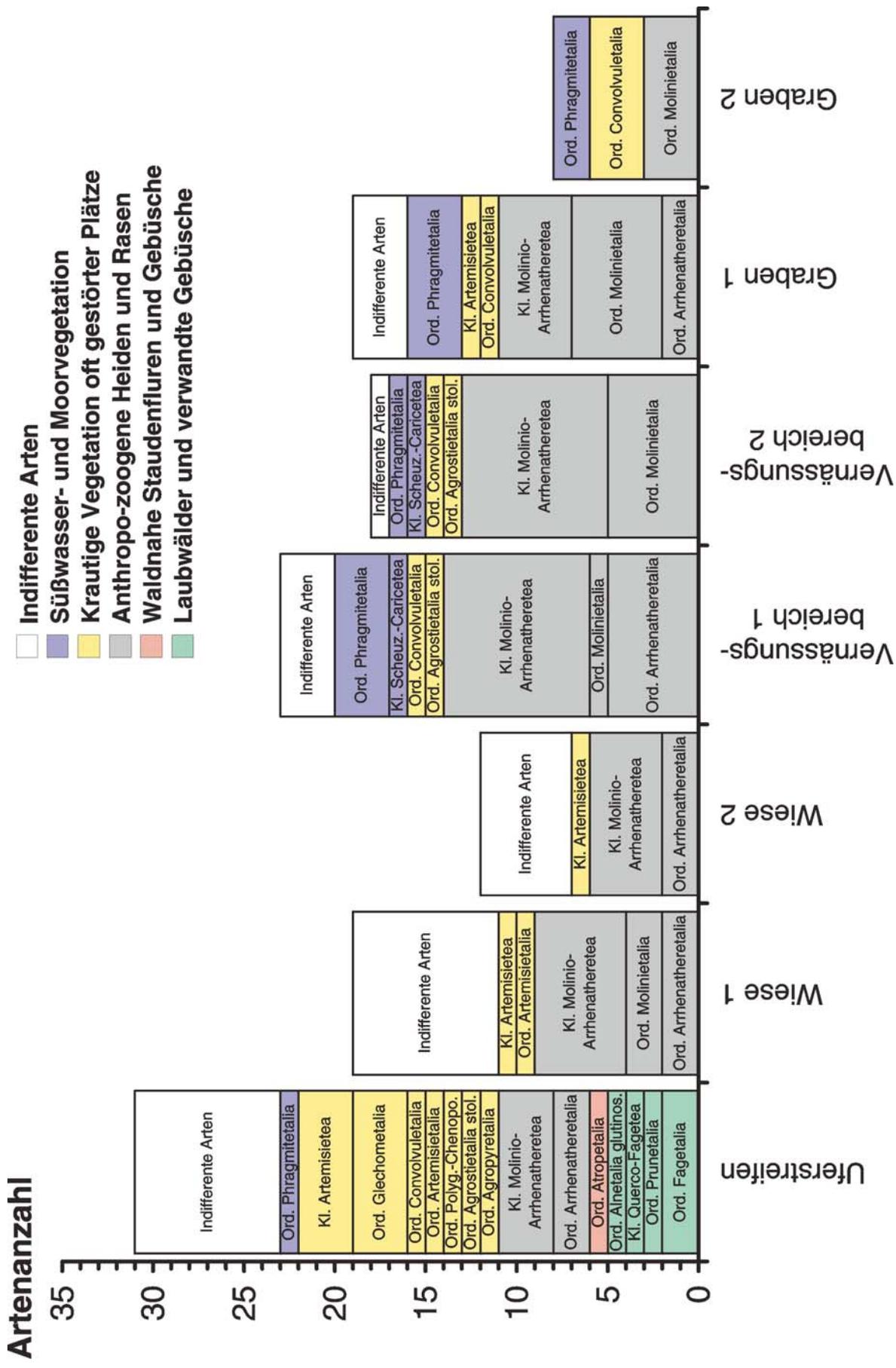
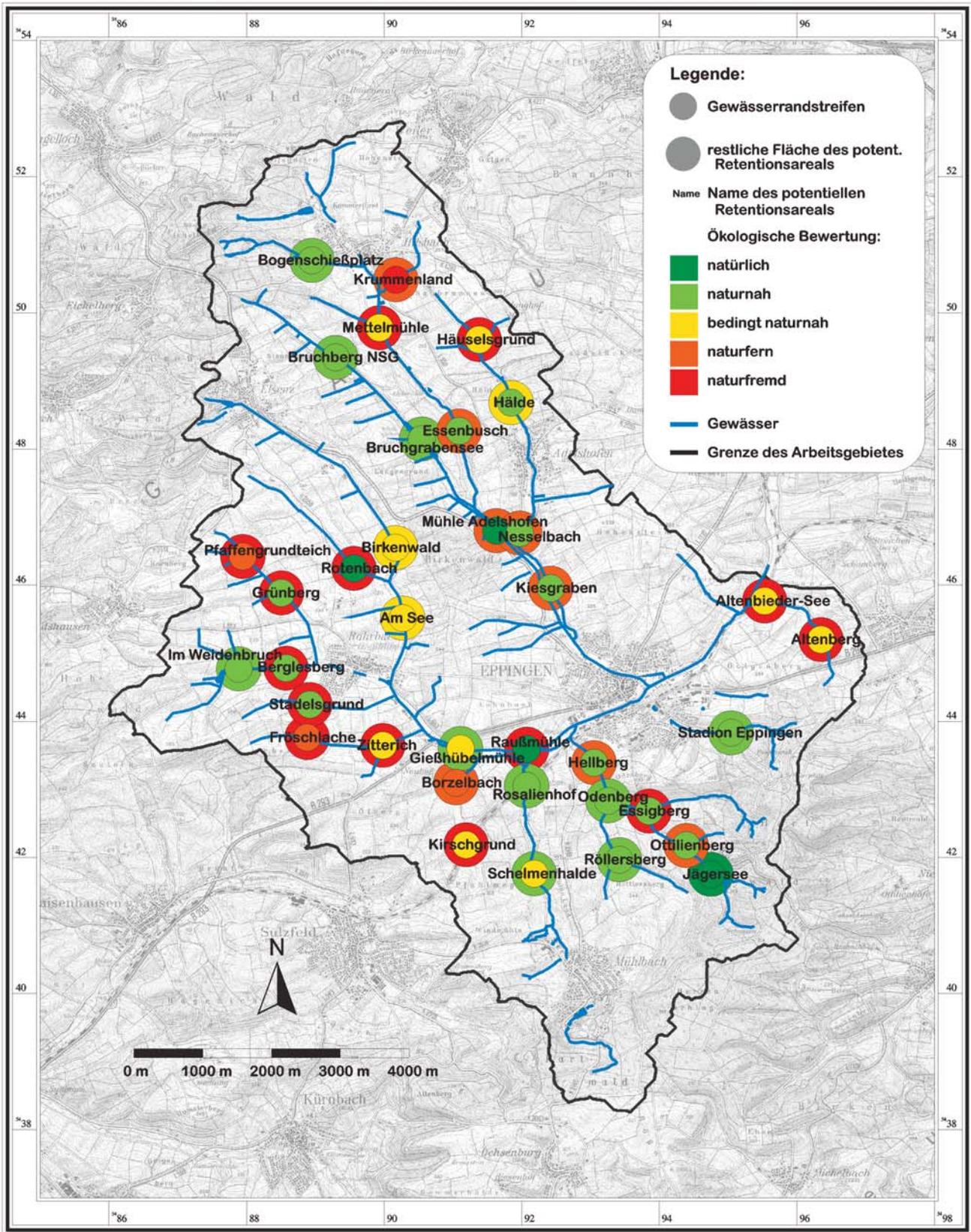
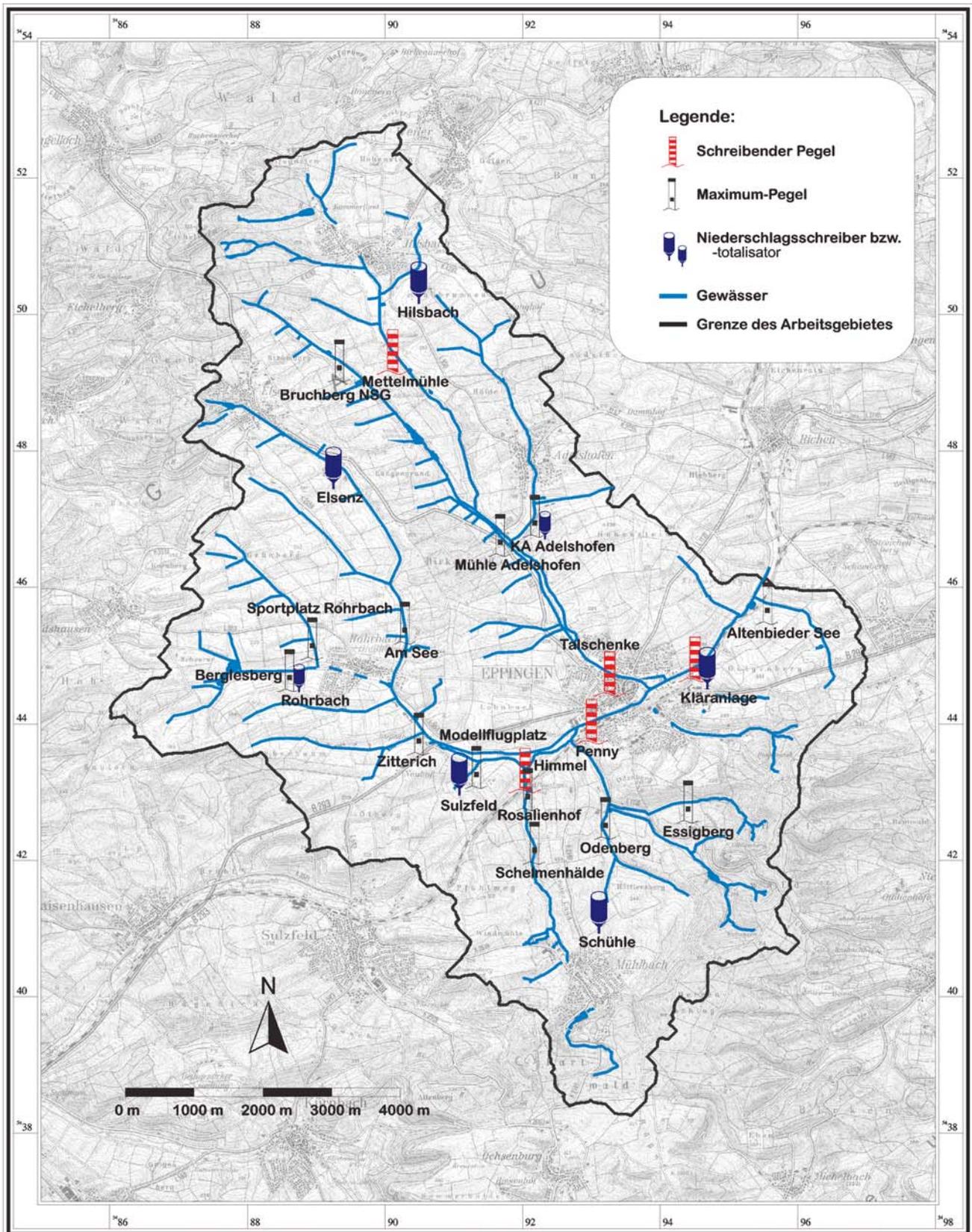


Abb. A-5: Soziologische Einheiten des geplanten Retentionsareals „Gießhübelmühle“



Kartenhintergrund: TK 50 L6718 (Heidelberg Süd) und L6918 (Bretten), Landesvermessungsamt Baden-Württemberg

Abb. A-6: Ökologische Bewertung der ausgewählten Standorte (nach HAHN 1997)



Kartenhintergrund: TK 50 L6718 (Heidelberg Süd) und L6918 (Bretten), Landesvermessungsamt Baden-Württemberg

Abb. A-7: Lage der Meßstationen

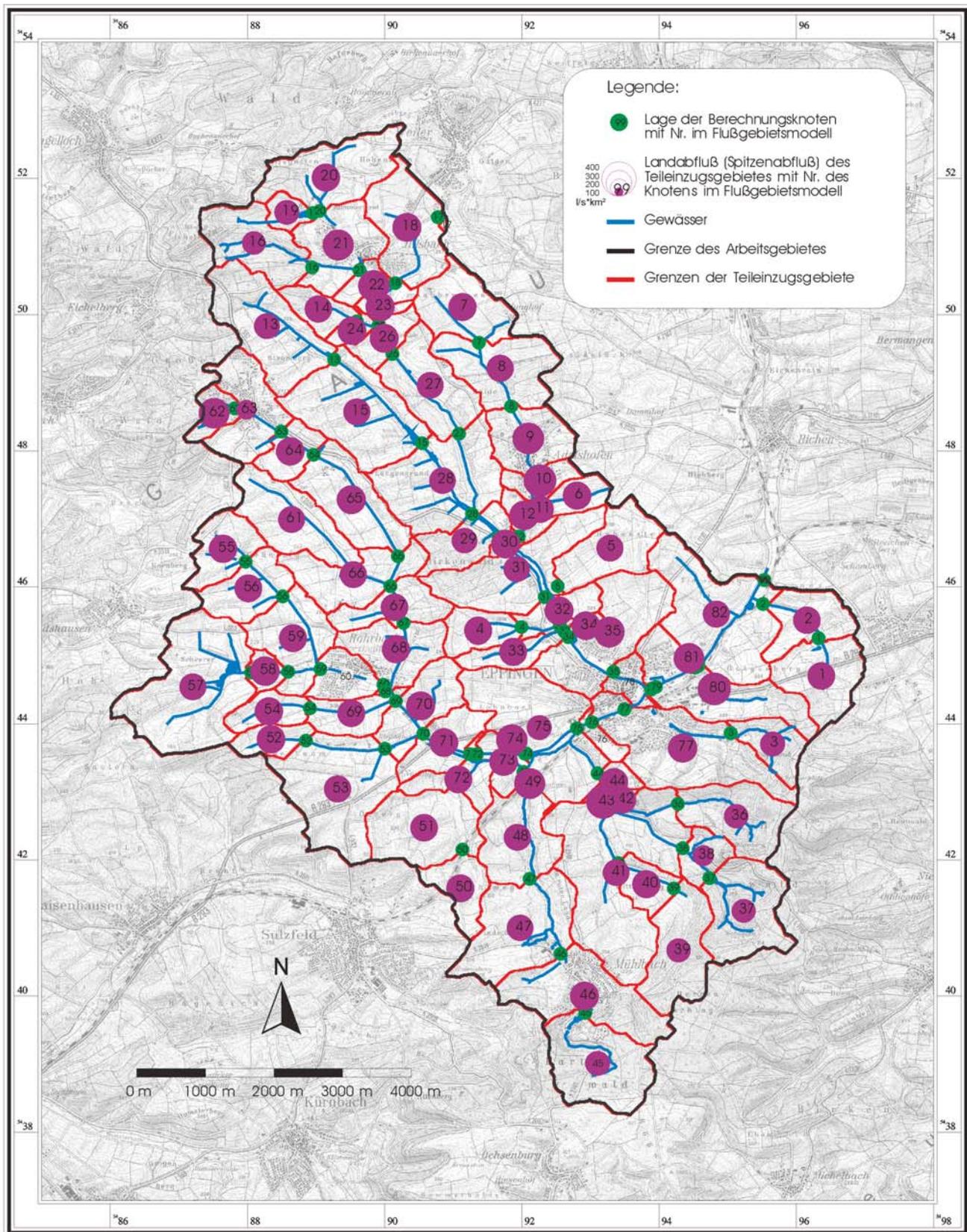


Abb. A-8: Lage der Modell-Berechnungsknoten; Grenzen und Landabflußmengen (beim 100-jährlichen, 24-stündigen Niederschlag) der Teileinzugsgebiete

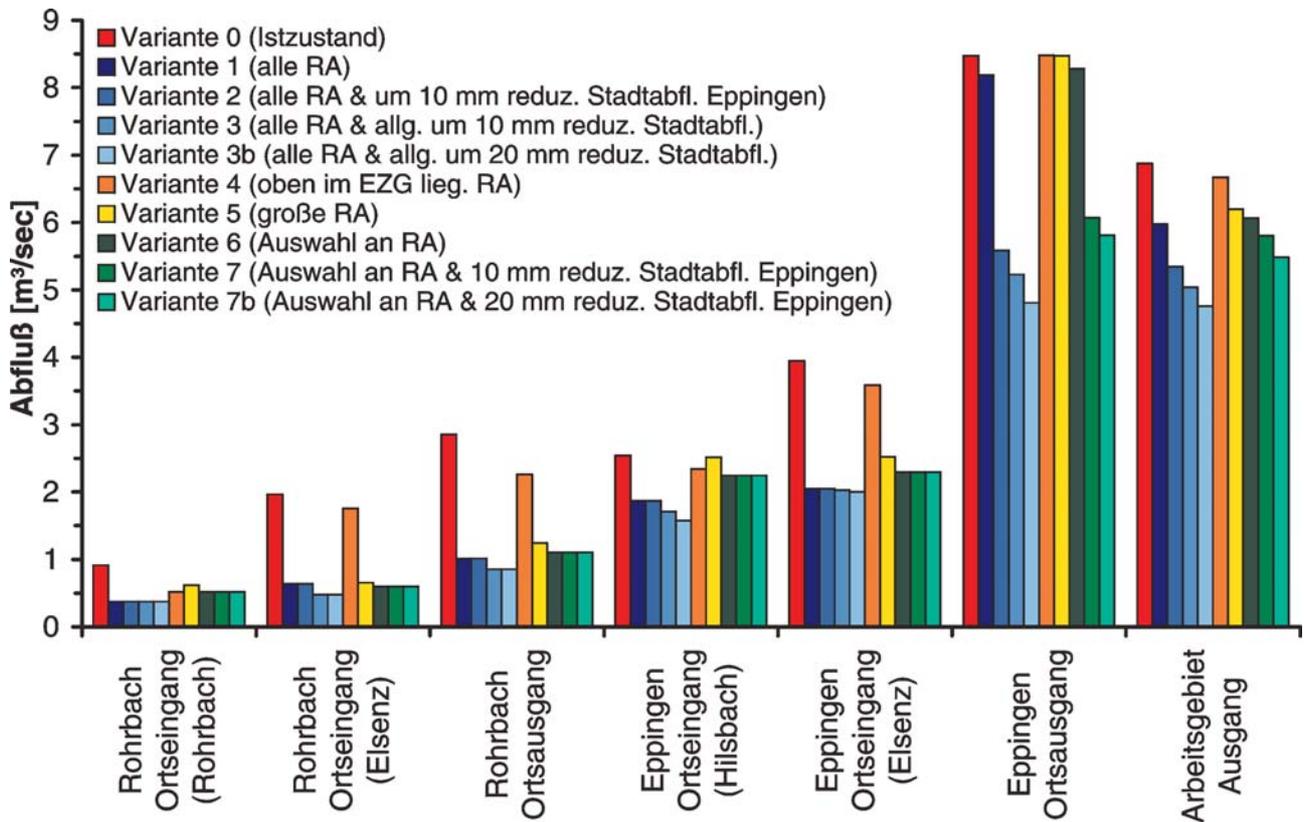


Abb. A-9: Vergleich der Spitzenabflüsse für die Varianten 0 bis 7 an ausgewählten Knoten für einen 2-jährlichen Niederschlag

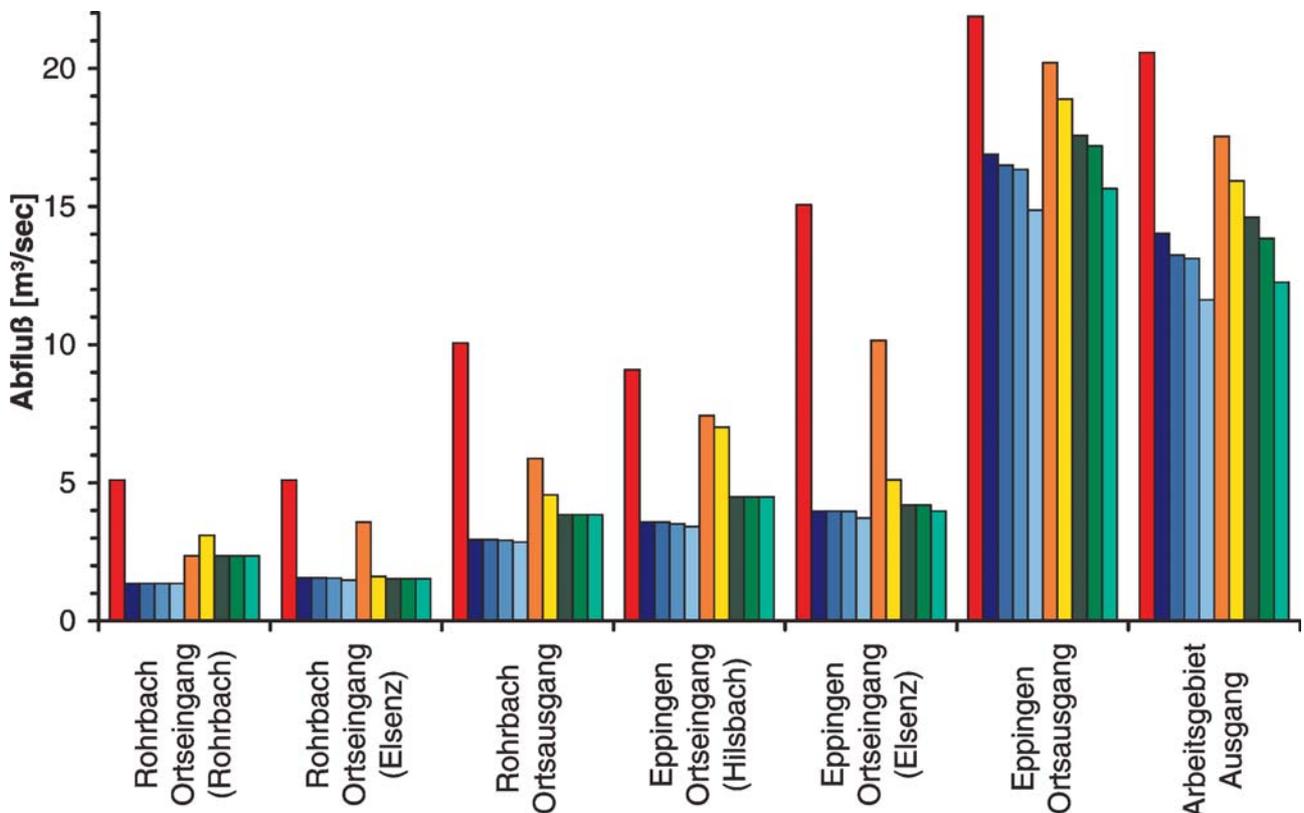


Abb. A-10: Vergleich der Spitzenabflüsse für die Varianten 0 bis 7 an ausgewählten Knoten für einen 100-jährlichen Niederschlag

Name des Retentionsareals (Knotennummer im FGM):	Priorität:
Gießhübelmühle (71)	sehr hoch ●●●●

Situationsbeschreibung:		
Beeinflusste Gewässer:	Einzugsgebietsgröße:	Für das Einzugsgebiet benötigtes Stauvolumen:
Elsenz Mühlkanal	gesamt: 19,68 km ² , unterhalb des letzten RA: 6,62 km ²	gesamt: 190 900 m ² anteilig: 64 000 m ²
Oberhalb anschließende Retentionsareale:	Gerinnekapazität unterhalb des Retentionsareals:	Nächstes unterhalb gelegenes Retentionsareal:
Am See, Berglesberg, Grünberg, Stadelsgrund, Zitterich	2,664 m ³ /s	Raußmühle
Vegetation und Geomorphologie:	Ökologische Bewertung:	Sonstiges:
Acker- und Grünlandnutzung der vernäbte Bereich ist mit Schilfgräsern etc. bestanden, Aue mit deutlichen Vernässungserscheinungen	Uferbereich bedingt naturnah, restliche Fläche naturnah bis bedingt naturnah, mehrtägige Überstauung unproblematisch	kleines Regenüberlaufbecken im oberen Bereich des Retentionsareals

Foto und Beschreibung:




Das obere Foto zeigt die im südöstlichen Teil des Areals gelegene Vernässungsstelle aus südlicher Richtung. Besonders auffällig hebt sich der Schilfbestand von der sonstigen Vegetation ab.

Auf dem unteren Foto sieht man von einem etwas weiter östlich gelegenen Punkt auf den unteren Teil des geplanten Retentionsareals. Hinter den Resten des alten Damms ist die Restfeuchte des Aufstaus vom Februar 1997 noch gut zu erkennen.

Abb. A-11: Kurzbeschreibung des Retentionsareals Gießhübelmühle – Situationsbeschreibung

Planung:		
Maximales Stauvolumen und überstaute Fläche:	Maximale Durchflußkapazität des Grundablasses:	Überflutungshäufigkeit (>10% des Stauvolumens):
46 309 m ³ bei 45 467 m ²	1,623 m ³ /s	3-jährlich
Stauhöhe:	Lage und Ausführung des Dammes:	Ausführung des Durchlasses und der Hochwasserentlastung:
191,9 m NN bis 193,5 m NN (= max. Stauhöhe 1,6 m)	für den Damm sollte der die Aue querende Weg (nur teilweise bzw. als Dammrest erhalten) genutzt werden, Neigung beidseitig 1:7, Breite der Dammkrone 2 m	gemauerter Durchlaß oder oben offene Drossel, die gleichzeitig als Entlastung dient, ansonsten diese über den überströmbaren Damm oder den nordöstlich verlaufenden Weg
Auslastung des Retentionsareals beim 100-jährlichen Ereignis:	Maximale Hochwasserentlastung (1,6 * 100-jährliches Ereignis):	Kostenkalkulation:
90 %	11,147 m ³ /s	Damm: ca. 50 000 DM, die vorhandenen Dammreste wurden in der Kalkulation nicht berücksichtigt Grunderwerb: ca. 180 000 DM
Priorität und Begründung:	Begleitmaßnahmen:	Alternativstandorte etc.:
sehr hoch, da für den Schutz der Ortslage Eppingen dringend notwendig	Schutz des nördlich gelegenen Weges durch einen kleinen Begleiddamm	bei einer Verwendung des oberhalb der B 293 liegenden Areals wäre ein Rückstau in die angrenzenden Gewerbeflächen nicht auszuschließen

DGK5 (Bezeichnung und Blattnummer):	Gauß-Krüger-Koordinaten (Auslaß):
Neuhof 6819.26	3491110/5443600

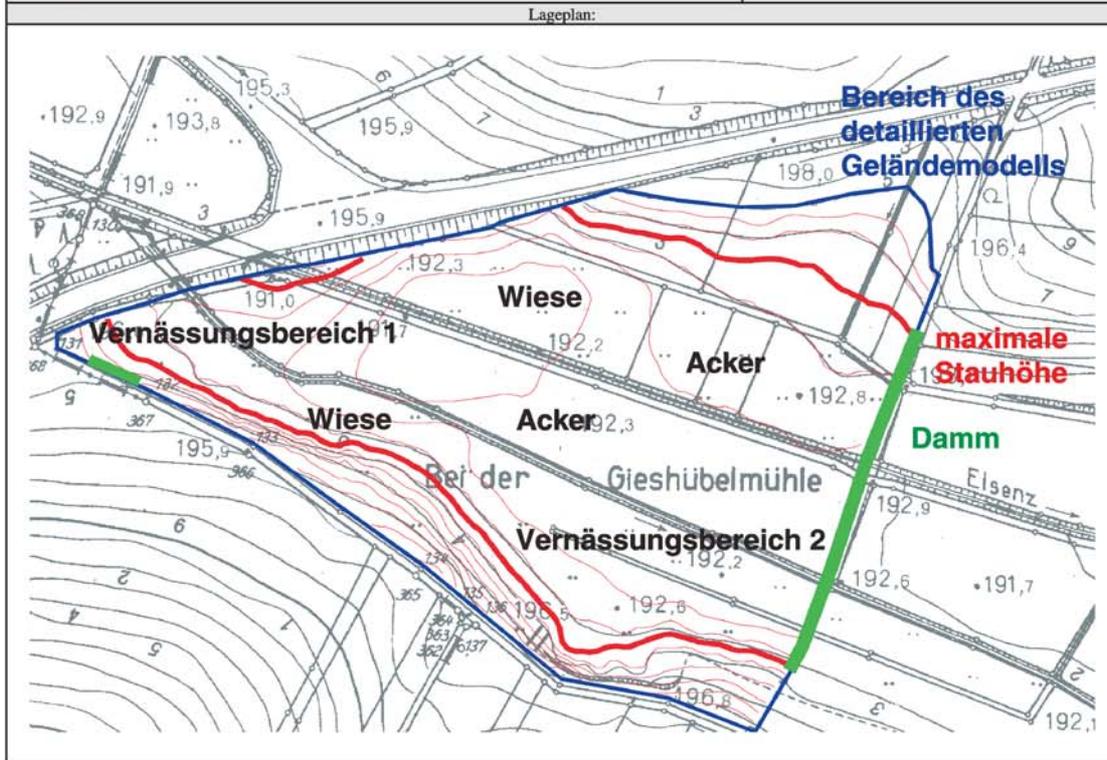
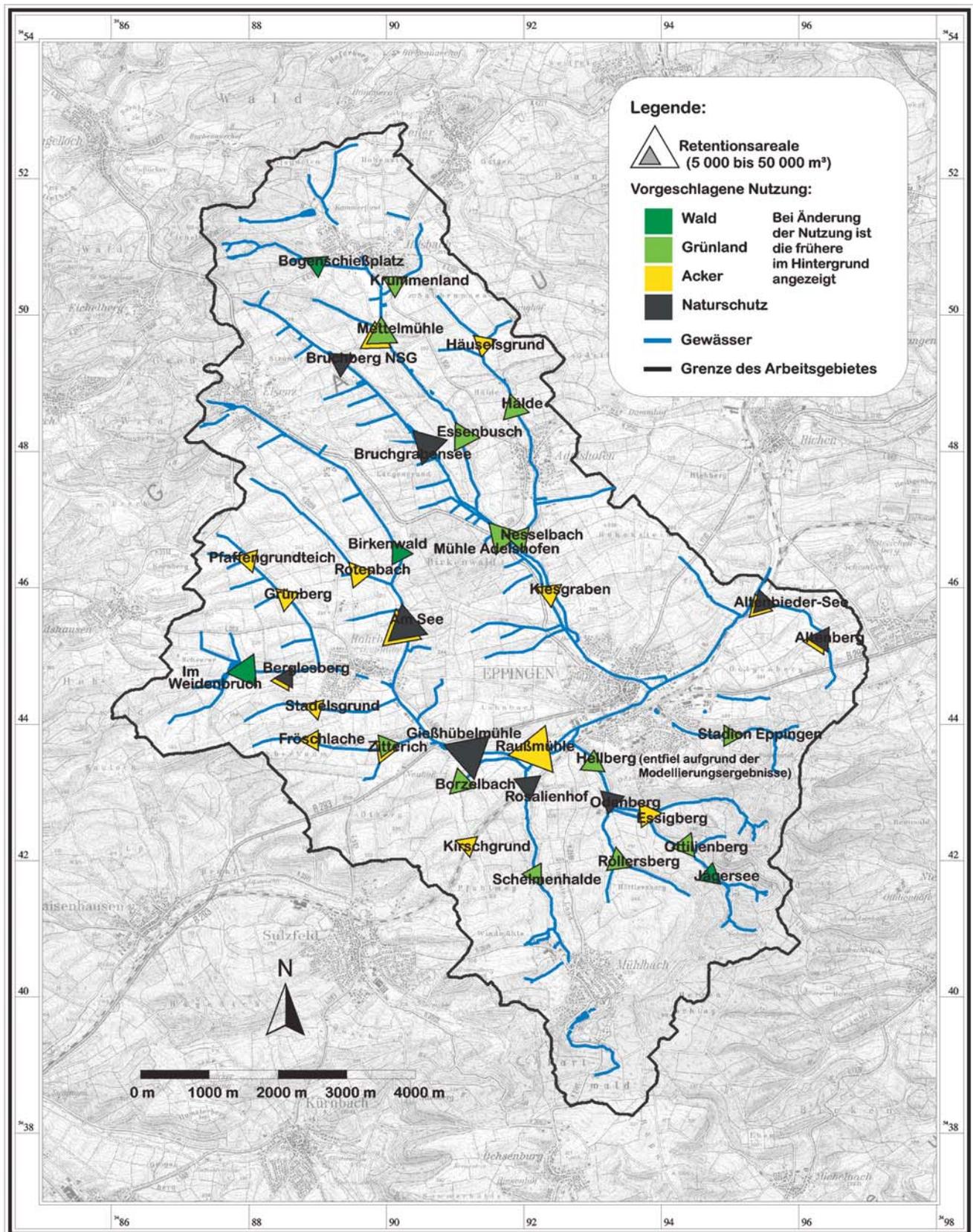
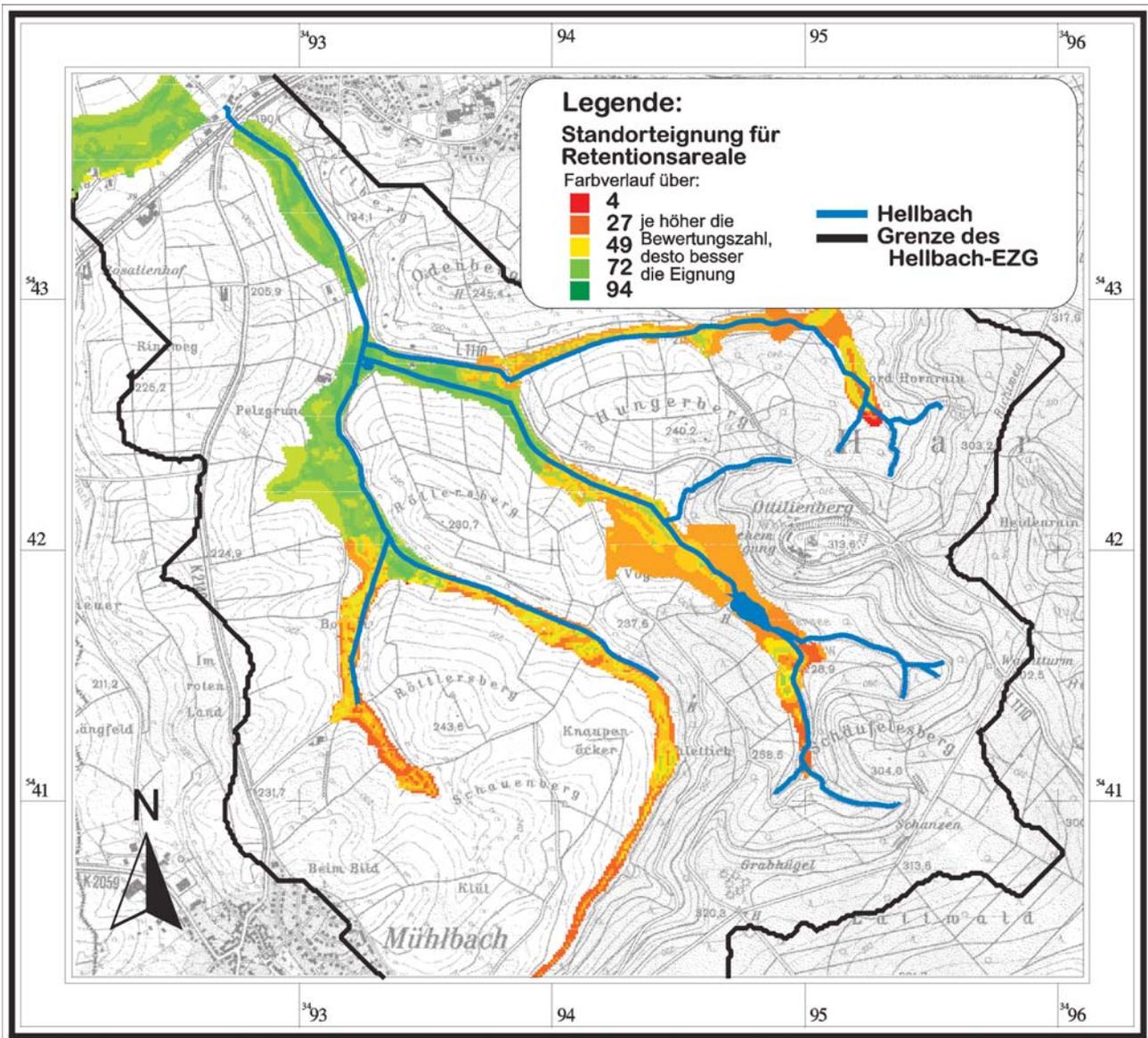


Abb. A-12: Kurzbeschreibung des Retentionsareals Gießhübelmühle – Planung



Kartenhintergrund: TK 50 L6718 (Heidelberg Süd) und L6918 (Bretten), Landesvermessungsamt Baden-Württemberg

Abb. A-13: Lagekarte der geplanten Retentionsareale und empfohlene Nutzungsform



Kartenhintergrund: TK 25 6819 (Eppingen), Landesvermessungsamt Baden-Württemberg



Abb. A-14: Bewertung des Bedarfs und der Standorteignung im Hellbach-Einzugsgebiet für die im GIS verfügbaren Parameter

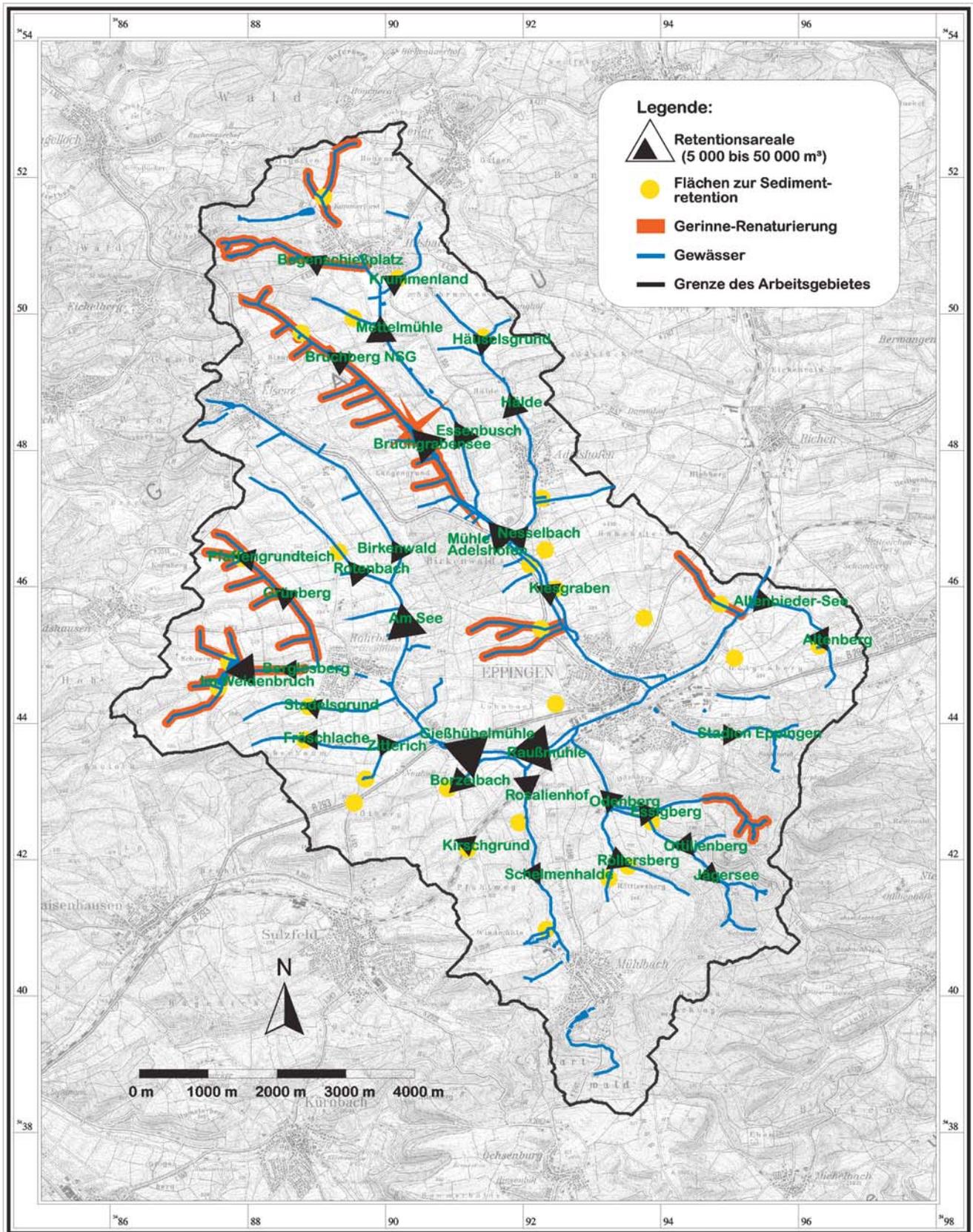


Abb. A-15: Zusammenschau der geplanten Maßnahmen (Retentionsareale, Flächen zur Sedimentretention und vordringlich zu renaturierende bzw. rückzubauende Gewässerbereiche)