

Ermittlung historischer Parameter eines kleinen Einzugsgebietes am Beispiel des Pfefferfließes

Diplomarbeit

**an der Universität Potsdam
Mathematisch Naturwissenschaftliche Fakultät
Studiengang Diplom - Geoökologie**

vorgelegt von: Thomas Schulze

Gutachter: Dr. Torsten Lipp, Universität Potsdam
Dr. Lukas Landgraf, Landesumweltamt Brandenburg

Potsdam 2010

INHALTSVERZEICHNIS

ABBILDUNGSVERZEICHNIS	IV
TABELLENVERZEICHNIS	VI
1 EINLEITUNG	1
1.1 Ziel der Arbeit	2
1.2 Aufbau der Arbeit.....	2
2 GRUNDLAGEN	4
2.1 Fließgewässerentwicklung	4
2.1.1 Natürliche Fließgewässerentwicklung	5
2.1.2 Anthropogen beeinflusste Fließgewässerentwicklung	7
2.2 Leitbild Fließgewässerentwicklung.....	9
3 DAS UNTERSUCHUNGSGEBIET	11
3.1 Lage und Größe	11
3.2 Geologie	13
3.3 Klima.....	15
3.4 Boden	17
3.5 Naturräumliche Gliederung.....	19
3.6 Hydrologie.....	20
3.7 Landnutzung.....	21
3.8 Entwicklungskonzept Pfefferfließ.....	21
4 METHODEN	23
4.1 Bestimmung der Gewässerstrukturgüte	23
4.2 Sichtung von Informationsquellen	26
4.3 GIS	28
4.3.1 Georeferenzierung	28
4.3.2 Abgleich der Karten	29
4.3.3 Digitalisierung	29
4.4 Kartenwerke	30
4.4.1 Schmettausches Kartenwerk und Landnutzung	30
4.4.2 Weitere Kartenwerke.....	31
4.5 Auswertung der historischen Daten	32
4.5.1 Historischer Fließverlauf.....	32
4.5.2 Grundwasserstand	32

4.5.3 Ermittlung der historischen Fließquerschnitte und des dazugehörigen bordvollen Abflusses	33
4.6 Bestimmung des bordvollen Abflusses anhand von historischen Querschnittsprofilen	37
4.6.1 Vorbemerkung.....	37
4.6.2 Berechnung der Durchflüsse natürlicher Gerinne	37
4.6.3 Berechnung nach Manning-Strickler	40
4.7 Modellierung	44
4.7.1 Aufbau des Programms Arc Egmo.....	44
4.7.2 Verfügbare Eingangsdaten	46
4.7.3 Aufbereitung der Raumbezogenen Eingangsdaten für „Q_18.Jh.“	47
5 ERGEBNISSE.....	54
5.1 Historischer Fließverlauf.....	54
5.2 Gewässerstrukturgütekartierungen.....	57
5.2.1 Gewässermorphologische Grundlagendaten	57
5.2.2 Einzelparameter.....	58
5.3.1 Plausibilitätsprüfung.....	64
5.4 Rekonstruierte Querschnitte und dazugehörige bordvolle Abflüsse.....	67
5.4.1 Abschnitt „Moellenstelle“	69
5.4.2 Abschnitt „Hammerbrücke“	70
5.4.3 Abschnitt „Mäander Gottsdorf“	72
5.5 Veränderungen im Einzugsgebiet des Pfefferfließes seit dem 18. Jh.	76
5.5.1 Landnutzung.....	76
5.5.2 Veränderung der Laufstruktur des Pfefferfließes.....	78
5.5.3 Veränderung des Gewässernetzes	79
5.5.4 Grundwasserstand	80
6 DISKUSSION	87
6.1 Gewässerstrukturgütekartierung.....	87
6.1.1 Einzelparameter Laufkrümmung.....	87
6.1.2 Gesamtdarstellung der Gewässerstrukturgüte	88
6.2 Modellierung	88
6.2.1 Plausibilisierung	88
6.2.2 Vergleich der simulierten und gemessenen Werte	90
6.3 Querschnitte und dazugehörige bordvolle Abflüsse	92
6.3.1 Abschnitt „Moellenstelle“	92

6.3.2 Abschnitt „Hammerbrücke“	94
6.3.3 Abschnitt „Mäander Gottsdorf“	95
6.3.4. Schlußbetrachtung	96
6.4 Erstellung eines Leitbildes	96
7 SCHLUSSFOLGERUNG UND ZUSAMMENFASSUNG	98
QUELLENVERZEICHNIS	101
Literatur	101
Persönliche Mitteilung	105
Kartenwerke	106
DANKSAGUNG.....	108
ANHANG.....	109
SELBSTSTÄNDIGKEITSERKLÄRUNG	114

ABBILDUNGSVERZEICHNIS

Abb. 1 Übersicht über die Determinanten der Flussmorphologie.....	4
Abb. 2 Einfluss auf die Determinanten der Fließgewässerentwicklung	8
Abb. 3 Gewässerentwicklungsplanung und Umsetzung	10
Abb. 4 Übersichtskarte – Lage des UG im Land Brandenburg	11
Abb. 5 Topographische Übersichtskarte des Untersuchungsgebietes.....	12
Abb. 6 Entstehung der Geomorphologie.....	14
Abb. 7 Klimadiagramm für die Stationen Potsdam und Luckenwalde.....	16
Abb. 8 Bodentypkarte	18
Abb. 9 Naturräumliche Gliederung nach Scholz	20
Abb. 10 Übersicht über das Verfahren zur Gewässerstrukturgütekartierung für kleine und mittelgroße Fließgewässer.....	25
Abb. 11 Karte nach Balbie von 1749	28
Abb. 12 Längsprofil des Pfefferfließes von 1886	33
Abb. 13 Querschnittszeichnung des Pfefferfließes von 1927	34
Abb. 14 Substratwechsel im Bereich des Pfefferfließes	34
Abb. 15 Für verschiedene Zeiträume generierte Fließverläufe (Ausschnitt).....	35
Abb. 16 Leica Gerät (SAPOS-Dienst)	36
Abb. 17 Isotachen der Geschwindigkeitsverteilung in zwei verschiedenen Gerinnetypen	38
Abb. 18 Laborversuch zur Auswirkung von Pflanzenbewuchs auf die hydraulische Leistungsfähigkeit	39
Abb. 19 Feldmessungen von FELKEL (1960) zur Auswirkung von Pflanzenbewuchs auf die hydraulische Leistungsfähigkeit.....	40
Abb. 20 Verkrautung im Jahresgang.....	42
Abb. 21 Tabelle zur Bestimmung von Rauigkeitsbeiwerten nach Manning-Strickler.....	43
Abb. 22 Modellebenen und Module in ArcEgmo	45
Abb. 23 Eingabe der raumbezogenen Daten in ArcEgmo	46
Abb. 24 Ernteerträge der letzten 55 Jahren in Brandenburg	49
Abb. 25 Veränderung des Niederschlags- und Temperaturverlaufs im Jahresgang für Deutschland ab 1780	53
Abb. 26 Generierter historischer Verlauf des Pfefferfließes.....	54
Abb. 27 Vergleich der Verläufe im Schmettauschen- und Deckerschen Kartenblatt	55
Abb. 28 Ausschnitt des Pfefferfließes zur Verdeutlichung des abweichenden Verlaufes	56
Abb. 29 Gewässerstrukturgütekartierung Pfefferfließ - Einzelparameter Laufkrümmung	59

Abb. 30 Gewässerstrukturgüte Pfefferfließ – Gesamtbewertung	60
Abb. 31 Abschnitt des Pfefferfließes bei Dobbrikow	61
Abb. 32 Abschnitt des Pfefferfließes bei Klinkenmühlen.....	61
Abb. 33 Abschnitt des Pfefferfließes zwischen Gottsdorf und Frankenförde.....	62
Abb. 34 Abschnitt südlich von Gottsdorf.....	63
Abb. 35 Begradigter Verlauf des Pfefferfließes.....	63
Abb. 36 Vergleich der simulierten (lila) mit den gemessenen (blau) Abflusswerten	65
Abb. 37 Vergleich der simulierten mittleren täglichen Abflusswerte für das 18. Jh. heute	66
Abb. 38 Übersicht der untersuchten Standorte.....	68
Abb. 39 Lage des erbohrten Querschnittes (Transekt) am Abschnitt „Moellenstelle“	69
Abb. 40 Querprofil "Moellenstelle", Profile und berechnete Abflüsse.....	70
Abb. 41 Lage des erbohrten Querschnittes (Transekt) am Abschnitt „Hammerbrücke“	71
Abb. 42 Querprofil „Hammerbrücke“ mit berechnetem Abfluss	71
Abb. 43 Lage der erbohrten Querschnitte (Transekt) im Abschnitt „Mäander Gottsdorf“	72
Abb. 44 Sechs Querschnitte, berechnete Abflüsse und Profilausschnitte am Standort "Mäander Gottsdorf"	75
Abb. 45 Verteilung der Landnutzung im UG : 18. Jahrhundert und Heute	77
Abb. 46 Entwicklung der Laufstruktur des Pfefferfließes seit dem 18. Jh.	78
Abb. 47 Entwicklung des Gewässernetzes im UG (nur Gräben).....	79
Abb. 48 Vergleich der Seenoberflächen am Beispiel des Vorder- und Hintersees bei Dobbrikow.....	81
Abb. 49 Verteilung der Höhenmesspunkte	82
Abb. 50 Vergleich des Gefälles : 1886 und Heute	83
Abb. 51 Verteilung der Grundwassermesspunkte im UG.....	84
Abb. 52 Grundwasserganglinien der Pegel N1 – N4	85
Abb. 53 Grundwasserganglinien der Pegel H1 und H2	86

* Alle Abbildungen, die ohne Quellenangabe in dieser Arbeit vorliegen, wurden durch den Autor erstellt.

TABELLENVERZEICHNIS

Tab. 1 Übersicht über die Einzelparameter und Aggregationsebenen im Verfahren nach LAWA.....	24
Tab. 2 Strukturgüteklassen der Kartierung der Gewässerstrukturgüte.....	26
Tab. 3 Übersicht der Codierung der Landnutzungsarten nach dem Schmettauschen Kartenwerk und des BAH	50
Tab. 4 Übersicht der Eingangsdaten und deren Quellen.....	52
Tab. 5 Vergleich Abflusswerte.....	65
Tab. 6 Vergleich der simulierten Werte 18. Jh. und heute.....	67
Tab. 7 Höhenmesspunkte	83
Tab. 8 Jährlicher mittlerer Abfluss in verschiedenen Zeitabschnitten bei Stangenhangen.....	89

* Alle Tabellen, die ohne Quellenangabe in dieser Arbeit vorliegen, wurden durch den Autor erstellt.

1 Einleitung

Die Lebensqualität einer Gesellschaft spiegelt sich nicht nur in materiellem Wohlstand, Bildung oder sozialem Status wider. Ein weiterer Teil dieser Qualität ist der Naturraum in dem wir leben. Er versorgt uns mit essentiellen Gütern wie z.B. Wasser, Luft, Boden, Flora und Fauna, die wir für unsere Existenz benötigen.

Eine Umwandlung dieses Naturraumes um anthropogene Bedürfnisse zu befriedigen, hat teilweise zu einer Abnahme seines Potenzials geführt. Beispiele dafür sind schlechte Wasserqualitäten, degradierte Böden und der Rückgang der Artenvielfalt. Um diese Potenziale zu erhöhen, ist es notwendig im Naturraum Regenerationsräume zu schaffen. Ein solcher Regenerationsraum soll durch das Projekt "Pfefferfließ" entstehen.

Als Teil des Großprojektes "Wildkorridor"¹, gehört das Pfefferfließ zum Korridor für Arten der Gewässer, Auen und Feuchtlebensräume in Brandenburg (STIFTUNG NLB 2009). Ziele des integrierten Projektes "Pfefferfließ" sind unter anderem die Schaffung einer möglichst vollständigen biologischen Durchgängigkeit des Fließgewässers, die Erhöhung der Wasserqualität und die Verbesserung der Retention des Grundwassers (DECRUPPE UND HARTONG 2007).

Um dies zu erreichen, ist es notwendig die Gewässermorphologie und -dynamik hin zu möglichst naturnahen Verhältnissen umzugestalten.

Damit werden auch übergeordnete Ziele der Wasserrahmenrichtlinie erfüllt (WRRL 2000).

Gewässer und Einzugsgebiet sind als Einheit zu betrachten, die in eng verflochtenen Beziehungen hinsichtlich abiotischer (Gefälle, Substrat, Abfluss) und biotischer (Totholz, Ufervegetation) Faktoren stehen (BRIEM 2002).

Durch den Eingriff des Menschen in die Prozessabläufe innerhalb dieser Einheiten und auch zwischen unterschiedlichen Einheiten kam und kommt es zu Veränderungen der Landschaft, oft mit dem Effekt einer erheblichen Verstärkung der natürlichen Vorgänge, wie beispielsweise Erosionsvorgängen oder Akkumulationen infolge von Rodungen (KERN 1994). Der natürliche Zustand eines Gewässers und seines Einzugsgebietes ist der ohne anthropogene Einflussnahme. Dieser Zustand ist jedoch heute nicht mehr nachvollziehbar, da

¹ Projekt der Stiftung Naturlandschaften Brandenburg gefördert durch die Deutsche Bundesstiftung Umwelt (DBU).

vom Menschen unbeeinflusste Gewässer, in Mitteleuropa bis auf wenige Ausnahmen, nicht mehr vorhanden sind (BRIEM 2002).

1.1 Ziel der Arbeit

In dieser Arbeit soll zum einen ein naturnaher Zustand hinsichtlich der hydrologischen Situation des Pfefferfließes aufgezeigt werden.

Um den naturnahen Zustand des Pfefferfließes im 18. Jh. aufzuzeigen, wird die Morphologie anhand von Fließverlauf und dazugehörigen Querschnitten ermittelt. Die damit verbundene hydraulische Situation wird anhand von modellierten und aus Querschnitten berechneten Abflüssen dargestellt. Zusätzlich werden Informationen aus historischen Dokumenten, wie Handschriften und Beschreibungen hinzugezogen, um ein umfassendes Bild zu gewährleisten. Zum anderen wird im Rahmen dieser Arbeit der Ist-Zustand der Gewässerstruktur des Pfefferfließes nach LAWA (2000) dargestellt, um einen aktuellen Referenzzustand zu erfassen und zu bewerten. Des Weiteren wird das Modell zur Abflussbildung, welches für den historischen Zustand genutzt wurde, durch die Anwendung auf die heutige Situation des Pfefferfließes plausibilisiert.

Es wird geprüft, inwieweit sich die Möglichkeit ergibt, dass diese Untersuchungen eine Grundlage z.B. für das Erstellen eines Leitbildes oder zur Festlegung bzw. Umsetzung von Entwicklungszielen in Bezug auf die Revitalisierung des Pfefferfließes liefern können.

1.2 Aufbau der Arbeit

Das erste Kapitel umfasst die Einleitung, die auch die Motivation für die Erstellung der Arbeit beinhaltet. Des Weiteren werden die Ziele und der Aufbau vorgestellt.

Kapitel 2 beschreibt Grundlagen der Fließgewässerentwicklung. Dabei sollen natürliche und anthropogene Entwicklungen aufgezeigt werden. Die Zusammenhänge der einzelnen Faktoren, die auf ein Fließgewässer wirken, werden beschrieben.

Im dritten Kapitel wird das Untersuchungsgebiet vorgestellt. Die natürlichen Gegebenheiten wie Geologie, Klima, Böden und Hydrologie werden beschrieben sowie die naturräumliche Gliederung und Landnutzung aufgezeigt.

Kapitel vier legt die verwendeten Methoden dar. Dazu gehören die Bestimmung der Gewässerstrukturgüte nach LAWA (2000) und die Ausweisung des historischen Verlaufes mittels GIS (Geoinformationssystem) nach Archivrecherche. Zudem wird eine eigens

entwickelte Methode zur Detektion historischer Querschnitte vorgestellt. Die mit diesen Querschnitten korrespondierenden Abflüsse werden nach Durchflussberechnungsmethoden bestimmt sowie unter Anwendung des hydrologischen Programms ArcEgmo modelliert.

In Kapitel fünf werden die Ergebnisse der verschiedenen Untersuchungen vorgestellt und die Ergebnisse der Modellierung auf Plausibilität geprüft.

Die Diskussion der Ergebnisse bildet das sechste Kapitel.

Die Schlussfolgerung im siebenten Kapitel führt alle Ergebnisse zusammen.

2 Grundlagen

2.1 Fließgewässerentwicklung

Verschiedene Einflussfaktoren, abiotische und biotische sowie sich wechselseitig beeinflussende Prozesse des Naturraumes bestimmen die Entwicklung von Fließgewässern (Abbildung 1).

Die Entwicklung und Ausbildung von Fließgewässertypen verläuft naturraumspezifisch (HICKISCH 2004). Kurzfristige Erscheinungen fügen sich in den von langfristigen klimatischen, geologischen und tektonischen Prozessen geschaffenen Rahmen ein (KERN 1994; PATT ET AL. 2004).

Durch anthropogene Beeinflussung von Fließgewässern wird die gesamte natürliche Dynamik der offenen Ökosysteme der Fließgewässer modifiziert (JÜRGING UND PATT 2005). Für Planung von Maßnahmen im Wasserbau sind Kenntnis, Verständnis und Untersuchung des Zusammenspiels von Einflussfaktoren untereinander und damit dem Prozessgeschehen von besonderer Bedeutung (PATT ET AL. 2004).

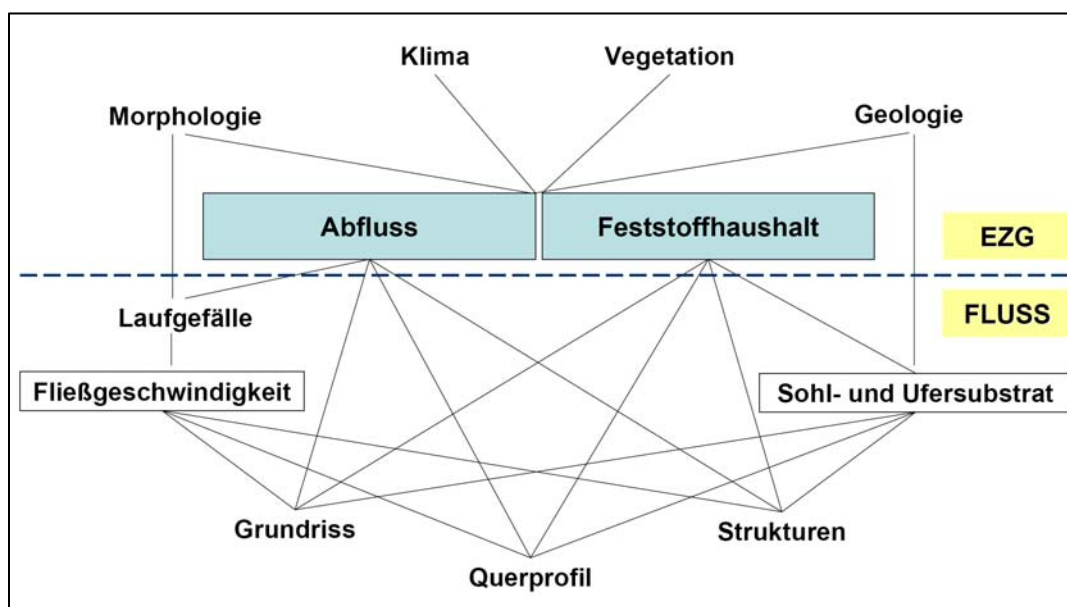


Abb. 1 Übersicht über die Determinanten der Flussmorphologie (EZG = Einzugsgebiet)

Quelle: HICKISCH 2004

2.1.1 Natürliche Fließgewässerentwicklung

Die klimatischen Bedingungen im Naturraum bedingen die Niederschlagsmenge, -intensität und den Niederschlagsgang (KERN 1994). Im Zusammenhang mit weiteren lokalen klimatischen, geologischen, pedologischen, topographischen und biotischen Faktoren sowie der Landnutzung und der Größe des Einzugsgebietes bestimmen sie grundlegend Abflussmenge und Abflussgang eines Fließgewässers (BRIEM 2002; HICKISCH 2004; PATT ET AL. 2004; JÜRGING UND PATT 2005). Für das Land Brandenburg kann der Abflussbeiwert, der Quotient aus direkt abfließendem Niederschlag zur Gesamtabflussmenge, nach BRIEM (2002) mit ca. 30% angegeben werden.

Grundlegende Steuerelemente der Ausbildung der Fließgewässermorphologie sind Abfluss und Abflussgang. Unterschiedliche Abflussereignisse entfalten verschiedene morphologische Wirkungen (HICKISCH 2004). Insbesondere Hochwasserabflüsse sind, aufgrund der starken wirkenden Kräfte wie hoher Fließgeschwindigkeit und Wassermenge, für Umlagerungs- und Transportprozesse entscheidend. Daher wird der so genannte bordvolle Abfluss, d.h. der Abfluss der gerade noch ohne Ausuferung durch das Gewässer abgeführt werden kann, als bedeutsam für gewässerbettbildende Prozesse angesehen (JÜRGING UND PATT 2005).

Das Gewässerbett, nach DIN 4047 Teil 5 seitliche und untere Begrenzung von Fließgewässern, wird im Wesentlichen von wiederholten Erosions-, Transport- und Akkumulationsprozessen geformt (HICKISCH 2004; PATT ET AL. 2004). Der morphologische Ausdruck dieser Prozesse spiegelt sich in Grundriss, Längsprofil, Querschnitt sowie Sohlenstruktur des Fließgewässers (PATT ET AL. 2004). Ändert sich ein Parameter kommt es zu einer dynamischen Anpassung aller anderen Parameter.

Feststoffe spielen bei der Formung des Gewässerbettes eine große Rolle. Es wird Korngrößenabhängig zwischen Lösungs-, Schwebstoff- und Geröllfracht unterschieden. Die Frachten werden entweder an der Gewässersohle (Geröllfracht) oder in der Wasserphase (Schweb- und Lösungsfracht) transportiert (JÜRGING UND PATT 2005). Feststoffe werden einerseits von außen oder durch das Grundwasser eingetragen, andererseits an der Berandung oder der Sohle des Gewässerbetts selbst erodiert. Obwohl die Lösungsfracht mengenmäßig den größten Anteil des transportierten Materials ausmacht, entfaltet sie nur eine geringe formende Wirkung (HICKISCH 2004). Schwebstofftransport beeinflusst u.a. Kolmationsprozesse, Feinmaterialablagerungen im Unterlauf und Verlandung von Auengewässern. Morphologisch direkt wirkt der rollende, gleitende oder springende Transport des Gerölls (JÜRGING UND PATT 2005). In den Fließgewässern des Landes Brandenburg werden überwiegend Sande transportiert. In Endmoränengebieten treten Blöcke,

in Grundmoränen- und Sandlössgebieten schluffige und lehmige sowie in Niederungsgebieten auch organische Substrate auf (HICKISCH 2004).

Bei natürlichem Entwicklungsgang eines Fließgewässers führen Tiefen- und Breitenerosion u.a. über Kolkbildung und Böschungsabbrüche zu Verbreiterung und Eintiefung des Gewässerbettes. Eingetragene Sträucher und Bäume o.ä. können zu einer Reduktion der Abflussleistung durch Einengung des Fließquerschnittes, über die Stufen Querlegung und verstärktem Feststoffrückhalt, führen (PATT ET AL. 2004). Hochwasserabflüsse können solche Strukturen entfernen.

Die morphologische Zonierung eines Fließgewässers kann durch Quelle, Quelllauf, Oberlauf, Mittellauf, Unterlauf und Mündungslauf beschrieben werden (JÜRGING UND PATT 2005). Der Grundriss bzw. die Linienführung eines Fließgewässers ist abhängig von den langfristigen Rahmenbedingungen im Naturraum. Erheblichen Einfluss haben Gefälle, Transportkapazität und die verfügbare Feststoffmenge (PATT ET AL. 2004). Der Grundriss setzt sich aus dem Lauftyp, der Art der Verzweigung eines Fließgewässers und der Krümmung des Laufes zusammen. Es werden der gerade, der gestreckte, der gewundene und der mäandrierende Krümmungstyp unterschieden. Schnurgerade Fließverläufe kommen bei einer natürlichen Entwicklung nicht vor (LUA 2002). Die Fließgewässer Brandenburgs sind im Allgemeinen gefällearm und meist sandgeprägt (HICKISCH 2004). Der überwiegende Teil der 25 durch das LUA (2002) untersuchten Fließgewässer im Land Brandenburg müssten natürlicherweise gewunden und unverzweigt sein.

Die Längsprofilentwicklung ist insbesondere vom Gefälle und dem anstehenden Gestein abhängig. Im Allgemeinen bildet der Oberlauf die Erosions-, der Mittellauf die Transport- und der Unterlauf die Sedimentationsstrecke (BRIEM 2002), was sich auf die abnehmende Transportkapazität zurückführen lässt. Dementsprechend bilden sich naturraumtypische Sohlenstrukturen heraus. Im Flachland sind die Gewässersohlen, im Gegensatz zu vielen Flussabschnitten im Gebirge, vollständig eingetaucht (PATT ET AL. 2004). Die Form des Querprofils eines Fließgewässers ist in Gebirgsregionen eher flach und breit, im Flachland oft stärker eingetieft und von geringerer Breite (BRIEM 2002; PATT ET AL. 2004). Ufervegetation, Bodenart und anstehendes Gestein stellen wichtige Stabilitätskomponenten dar (PATT ET AL. 2004).

Durch die wechselseitige Beeinflussung von Abfluss, Gewässersohle und Ufer kommt es zur Ausbildung eines großen Strukturreichtums in einem natürlichem Fließgewässer (PATT ET AL. 2004). Die Fließgewässer des Landes Brandenburg allerdings weisen nur eine mäßige Strukturvielfalt auf. An der Gewässersohle kommt es häufig zur Entstehung eines welligen

Kleinreliefs (HICKISCH 2004). Kolke, Stillwasserpools, Tiefrinnen, Längsbänke, Furten und Flachwasserbereiche sind weitere vorkommende Kleinstrukturen, die eine große Bedeutung für das Fließgewässer als Lebensraum haben (PATT ET AL. 2004).

2.1.2 Anthropogen beeinflusste Fließgewässerentwicklung

Jeder Eingriff in die natürliche Entwicklung eines Fließgewässers ruft eine Veränderung hervor, die sich auf die in wechselseitiger Abhängigkeit stehenden abiotischen und biotischen Parameter und Prozesse auswirkt. Da die Laufentwicklung in einem natürlichen Fließgewässer maßgeblich von Abfluss und Feststofftransport geprägt wird (PATT ET AL. 2004), verändern bspw. anthropogene Nutzungen des Einzugsgebietes, Laufverkürzungen, Regelquerschnitte und Aufstau, die sich direkt und indirekt auf beide Faktoren auswirken, die Gewässermorphologie (JÜRGING UND PATT 2005).

Schon früh wirkten die Menschen auf Fließgewässer ein, da diese einen günstigen Standort für Siedlungen darstellen. Seit etwa 7.000 Jahren, jedoch im Wesentlichen mit Einsetzen des Ackerbaus und einhergehenden flächenhaften Rodungen zur Gewinnung von Ackerfläche und Nutzholz (BRIEM 2002; SOMMERHÄUSER UND SCHUHMACHER 2003; PATT ET AL. 2004) kam es zu einem veränderten Abflussregime, Feststoffeintrag und damit einhergehend zu strukturellen Modifikationen.

Natürliche Fließgewässerstrukturen waren für die Intensivierung der Landwirtschaft oder den Ausbau von Fließgewässern häufig nachteilig. Aufgrund dessen wurden Fließgewässer bspw. begradigt, ausgebaut und verrohrt (PATT ET AL. 2004), Senken und Rinnen verfüllt (KERN 1994) und vielfach die natürliche Ufervegetation entfernt (PATT ET AL. 2004). Alle diese Eingriffe bewirken eine Verminderung des ursprünglichen Struktureichtums des Lebensraumes. Gezielte Anpflanzungen mit hoher Bestandsdichte behindern die natürliche Seitenentwicklung von Fließgewässern und können wesentliche Erosionsschäden bedingen (Beispiel: Heilbach in KERN 1994). Durch Meliorationsmaßnahmen konnten weitere Bereiche des Einzugsgebietes landwirtschaftlich genutzt werden. Die Ausdehnung der Ackerflächen in Verbindung mit der Flurbereinigung erhöhte die oberirdischen Abflussmengen, verstärkte die Bodenerosionsprozesse und damit den Eintrag von Feststoffen immens (KERN 1994). Nährstoffe gelangten dadurch vermehrt in den Vorfluter. Der Zugang von Vieh zur Tränkung ist eine weitere Erscheinung, die zu Nährstoffeintrag führt und die Uferstrukturen belastet (PATT ET AL. 2004).

Durch die zunehmende Nutzung der Fließgewässer als Siedlungs- und Verkehrsfläche kam es einerseits zu stofflichen Belastungen, durch das erhöhte Aufkommen an Einleitungen und

andererseits auch zu strukturellen Eingriffen. Dazu gehören bspw. die Schiffbarmachung, der Bau von Wehren, Hochwasserschutz- und Hafenanlagen. Durch die einhergehende Zunahme der Flächenversiegelung wird der Oberflächenabfluss erhöht, was eine Häufung von Hochwasserabflüssen zur Folge hat und die Tiefen- und Seitenerosion zunehmen lässt (KERN 1994; PATT ET AL. 2004). Laufverkürzungen durch Begradigungen führen zu einer Erhöhung des Fließgefälles und damit zu einer erhöhten Schubspannung an der Gewässersohle. Dadurch ist die Feststofftransportkapazität gesteigert, was ebenfalls zu einer verstärkten Tiefenerosion führt (PATT ET AL. 2004). Querbauwerke, wie bspw. Wehre und Stauanlagen, die dieser Eintiefung entgegenwirken sollen, wirken sich auf die Durchgängigkeit für die Biozönose und Feststoffe aus, indem sie die Abflusseigenschaften modifizieren (PATT ET AL. 2004). Querbauwerke werden auch zur Energiegewinnung und Bewässerung in der Landwirtschaft eingesetzt. Durch die Zwängung des Fließgewässers in anthropogene Strukturen werden dessen natürliche Dynamik und die der Aue unterbunden.

KERN (1994) zeigt die Folgewirkungen der anthropogenen Eingriffe in den jeweils betroffenen Raumeinheiten sowie die abhängige Regenerationszeit auf. Alle Eingriffe wirken sich demnach auf die gewässerbettbildenden Prozesse aus und beeinflussen den gesamten Lebensraum Fließgewässer (Abbildung 2).

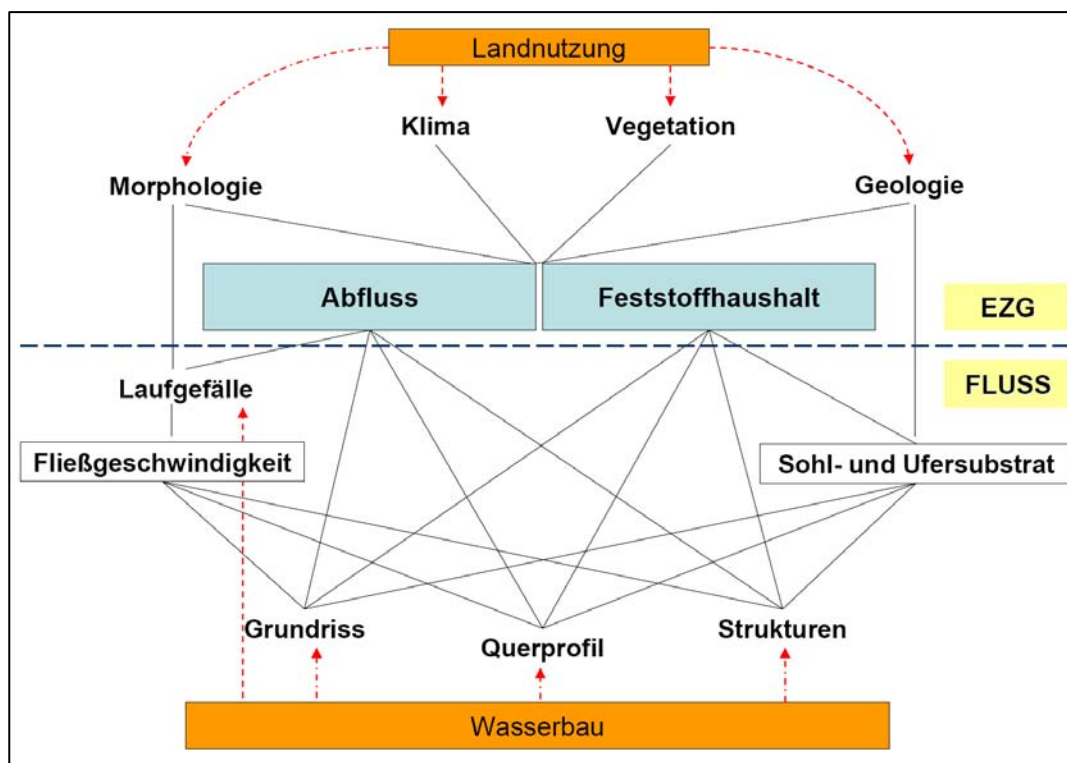


Abb. 2 Einfluss auf die Determinanten der Fließgewässerentwicklung

Quelle: HICKISCH 2004 ergänzt nach JÜRGING UND PATT 2005 (Bayrisches Landesamt für Wasserwirtschaft)

2.2 Leitbild Fließgewässerentwicklung

Nach der Wasserrahmenrichtlinie (WRRL 2000), die im Jahr 2000 in Kraft trat, ist die Erreichung eines “guten chemischen und ökologischen Zustands” für Oberflächengewässer als Zielsetzung festgelegt (Art.4 WRRL 2000). Dieser Zustand wird durch definierte hydromorphologische, biologische, chemische und chemisch-physikalische Komponenten sowie Angaben zu spezifischen Schadstoffen erfasst (Anhang V, WRRL 2000).

Die Formulierung eines Leitbildes ist eine grundlegende Voraussetzung für die Planung von Entwicklungskonzepten zur Erreichung der Ziele nach WRRL.

Der Begriff “Leitbild“, allgemein definiert als „...übergeordnete, richtungweisende und allgemein formulierte Zielvorstellungen und Grundsätze“ (ESSER 1997 in HICKISCH 2004), existiert in allen Planungsdisziplinen, auf allen Maßstabsebenen (HICKISCH 2004).

Der Leitbildbegriff nach LAWA (2000) hat sich in Deutschland in Bezug auf die Entwicklung von Fließgewässern durchgesetzt (BRIEM 2002). Er zielt auf den heutigen potentiellen natürlichen Gewässerzustand (hpnG) und meint den Zustand, der sich von Natur aus einstellen würde, wenn jegliche erfolgten anthropogenen Beeinflussungen rückgebaut und entfernt, Nutzungen aufgelassen sowie jeder weitere menschliche Eingriff unterlassen werden würden. Damit bezieht das Leitbild nach LAWA (2000) nur irreversible menschliche Einflüsse ein und „...repräsentiert das maximal mögliche Entwicklungspotential eines Fließgewässers und seiner Auen.“ (PATT ET AL. 2004). Es ist gesellschaftspolitisch unabhängig, da keine Kosten-Nutzen-Analysen aufgestellt oder bestehende Nutzungen berücksichtigt werden (HICKISCH 2004; PATT ET AL. 2004).

Nach LAWA (2000) wird das Leitbild gewässertypspezifisch, anhand von Referenzgewässern festgelegt. Bei der Formulierung des Leitbildes stehen die dynamischen Prozesse des Abflussgeschehens, des Feststoffhaushaltes, der Gewässerbettmorphologie, der Auenstruktur, des Stoffhaushaltes, der Wasserqualität, der Biotoptypen und die Entwicklung der Biozönose im Mittelpunkt (JÜRGING UND PATT 2005; PATT ET AL. 2004).

Der Ist-Zustand beschreibt den aktuellen Gewässerzustand (JÜRGING UND PATT 2005). Er wird durch definierte Bewertungsverfahren erhoben. Der Ist-Zustand wird mit Hilfe des Leitbildes bewertet. Aus den sich erschließenden Defiziten können dann unter Beachtung nicht veränderbarer Beschränkungen umsetzbare Entwicklungsziele (Soll-Zustand) zur konkreten Maßnahmenplanung, abgeleitet werden (JÜRGING UND PATT 2005; PATT ET AL. 2004). In Abbildung 3 werden die Schritte der Planung und der Umsetzung bei der Fließgewässerentwicklung gezeigt.

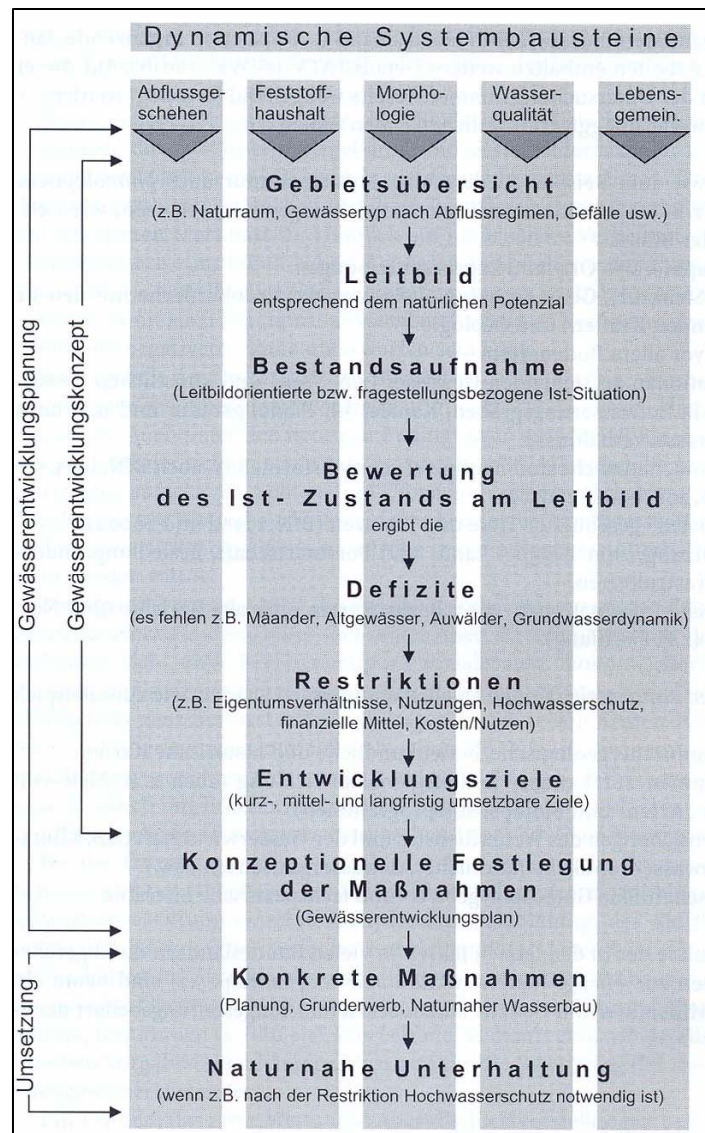


Abb. 3 Gewässerentwicklungsplanung und Umsetzung
Quelle: PATT ET AL. 2004

3 Das Untersuchungsgebiet

3.1 Lage und Größe

Das Pfefferfließ liegt im Südwesten Berlins im Land Brandenburg. Zum größten Teil befindet es sich im Naturpark „Nuthe-Nieplitz“ (Abbildung 4).



Abb. 4 Übersichtskarte – Lage des UG im Land Brandenburg

Quelle: eigene Darstellung, Kartengrundlage: Landesvermessung und Geobasisinformation Brandenburg

Die Quelle des Fließes ist nicht eindeutig bestimmt. Sie liegt im Bereich von Frankenfelde und Frankenförde. Dazu mehr im Kapitel 5.2.1. Von dort erstreckt es sich von Süd nach Nord bis Stangenhagen. Hier mündet das Fließ nach 16 km in den Blankensee.

Das oberirdische Einzugsgebiet nimmt eine Fläche von 130 km² (LAWA-WEGS, LUA) ein. Im Nordwesten ist das Einzugsgebiet Teil des Landkreises Potsdam Mittelmark mit einem Flächenanteil von ca. 17 km². Der überwiegende Flächenanteil liegt im Landkreis Teltow-Fläming. Der Flächenanteil beträgt in diesem Landkreis ca. 114 km². Das

Einzugsgebiet erstreckt sich von West nach Ost über die Ortschaften Rieben und Ahrensdorf. Von Nord nach Süd reicht es vom Blankensee bis zum ehemaligen Truppenübungsplatz bei Luckenwalde (Abbildung 5).

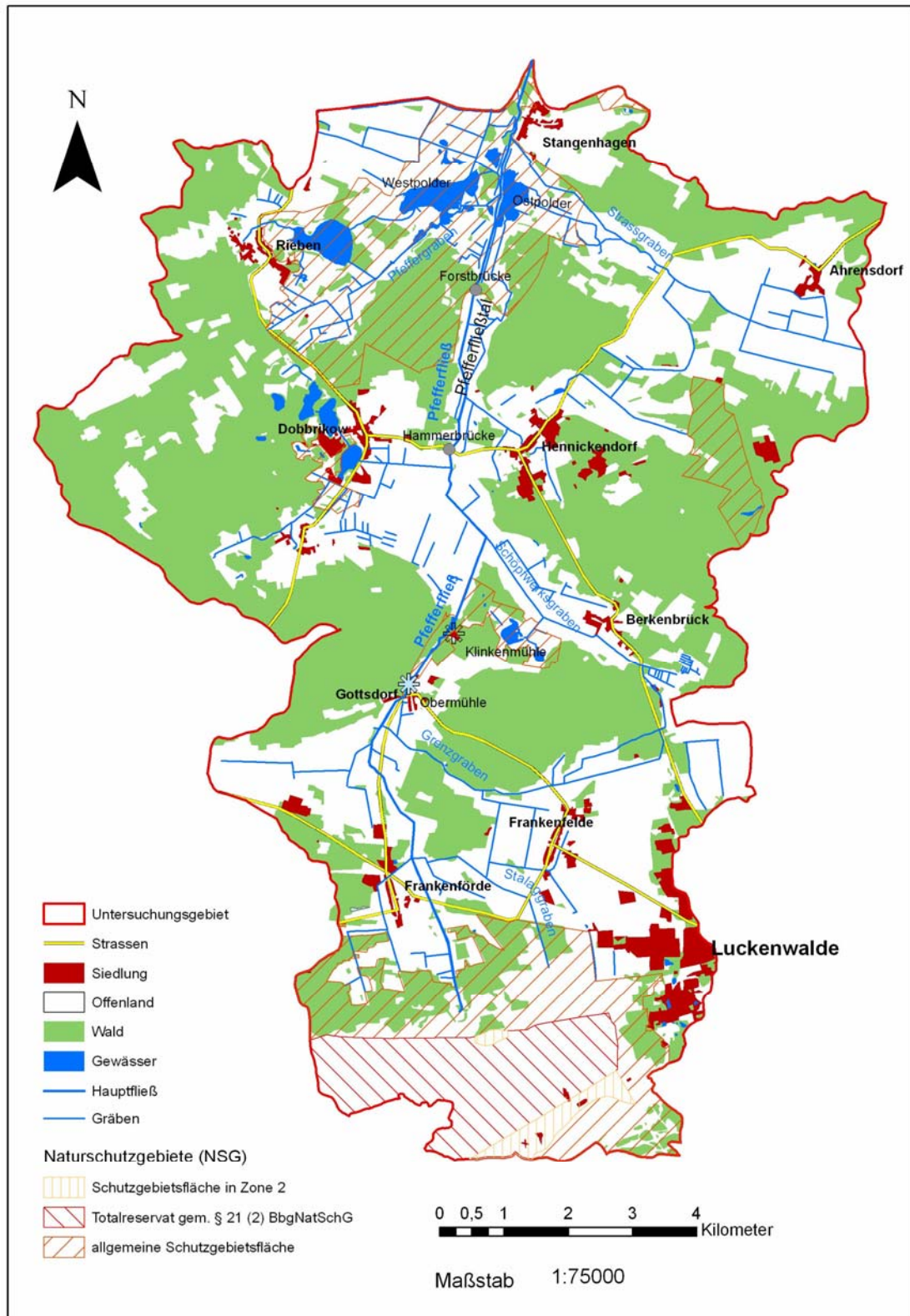


Abb. 5 Topographische Übersichtskarte des Untersuchungsgebietes.
Quelle: eigene Darstellung, Kartengrundlage: CIR, DTK 25, ORTHOPHOTOS

3.2 Geologie

Das Einzugsgebiet des Pfefferfließes ist durch den weitesten Vorstoß der Weichselvereisung, der Brandenburger Eisrandlage und ihren Zerfallsphasen sowie im Holozän entstanden (SCHOLZ 1962).

Vor rund 20.000 Jahren reichte die Inlandeisbedeckung der Brandenburger Eisrandlage bis zu einer Linie die das Untersuchungsgebiet (UG) südwestlich von Potsdam und Luckenwalde durchzieht (MARCINEK UND ZAUMSEIL 1993). Dabei hat das Eis die präexistente Landschaft – saaleiszeitliche Ablagerungen und die mächtigen weichselzeitlichen Vorschüttbildungen – nur schwach modifiziert (JUSCHUS 2003). Durch subglaziale Wässer wurden diese Ablagerungen eingeschnitten und es entstanden Breit- und Schmalrinnen (JUSCHUS 2003). Eine solche Schmalrinne verläuft im Pfefferfließtal von Nord nach Süd zwischen Rieben und Hennickendorf, dann weiter zwischen Dobbrikow und Berkenbrück bis nach Gottsdorf (Abbildung 6). Eine zweite Schmalrinne befindet sich westlich der ersten Schmalrinne und verläuft zu dieser parallel. Sie endet bei Nettgendorf.

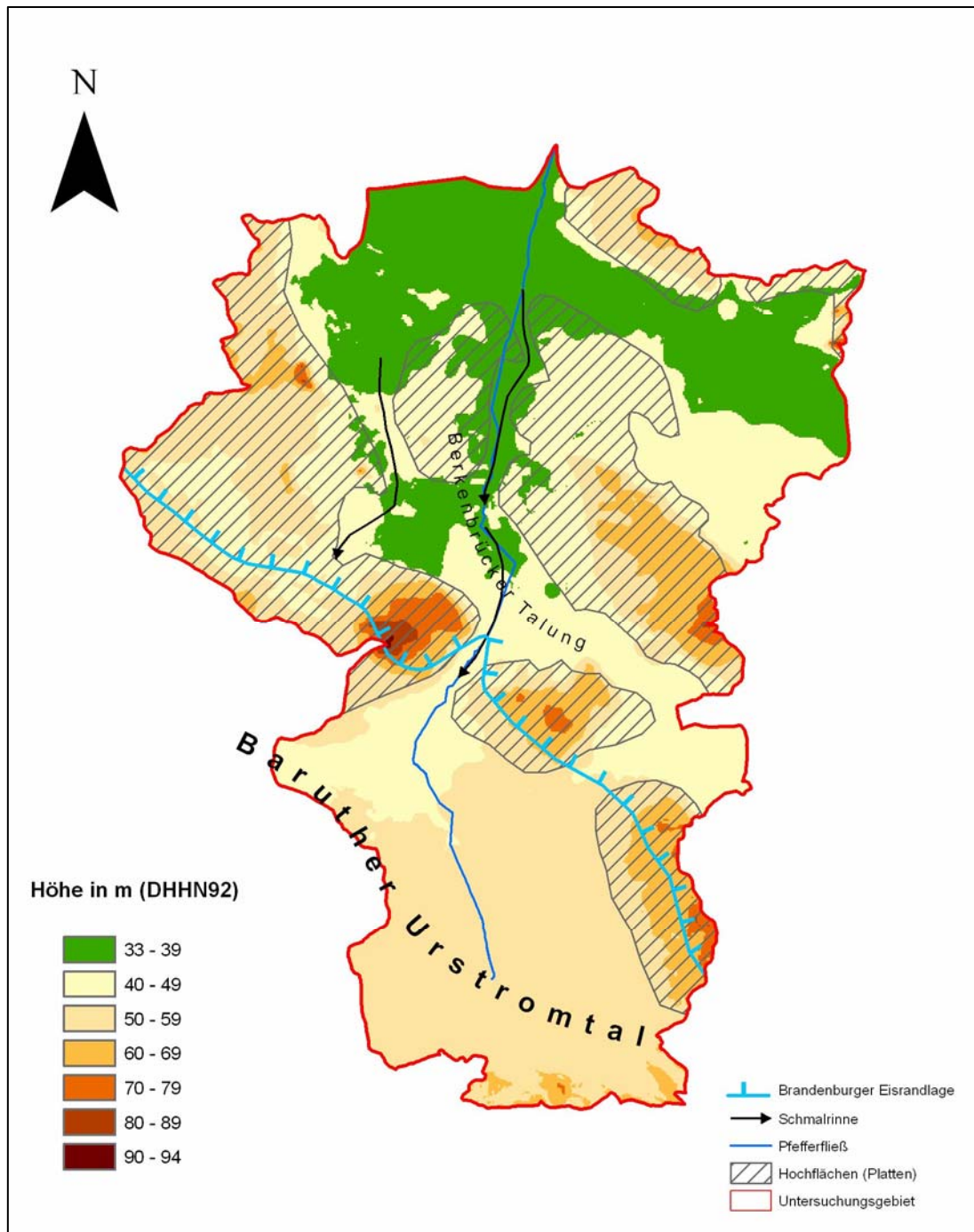


Abb. 6 Entstehung der Geomorphologie

Quelle: eigene Darstellung, Kartengrundlage: GÜK 300, DGM 25, JUSCHUS 2003

Vor der maximalen Eisrandlage entwässerte das Baruther Urstromtal von Ost nach West. Mit dem Abschmelzen des Inlandeises wurde das tief gelegene Rückland der Brandenburger Eisrandlage eisfrei und zog die Schmelzwässer an (JUSCHUS 2003). Dadurch verließ der Baruther Urstrom das Urstromtal mehrmals und entwässerte in Richtung Norden. Innerhalb des UG geschah dies unter anderem über die Berkenbrücker Abflussbahn. Dabei folgten die Schmelzwässer den schon vorhandenen Abflussbahnen der Schmalrinnen. Die

Schmelzwässer wirkten in den Abflussbahnen eher verschüttend als ausräumend. Durch ihre Tätigkeit verfüllten sie die Schmalrinnen und überdeckten vorhandene Toteiskörper. Aus der präexistenten Landschaft treten seitdem Hochflächen hervor, die durch das Wirken der Schmelzwässer entstanden sind (JUSCHUS 2003).

Mit dem Ende der Schmelzwasserzufuhr erfolgte die Entwässerung bis 12.000 Jahre vor heute ausschließlich durch die periglazialen Täler (LEMBKE UND MARCINEK 1965). Mit dem Beginn des Holozäns vor 10.000 Jahren kam es zum Austauen des Toteises und damit unter anderem zur Bildung von Seen (LEMBKE UND MARCINEK 1965).

Das moorerfüllte Pfefferfließtal weist Torfmächtigkeiten von über 10 m unter Flur auf. SUCCOW UND JOOSTEN (2001) beschreiben dieses Moor als Verlandungsmoor eines Fluss-Sees. Es ist daher wahrscheinlich, dass dieser Fluss-See ebenfalls durch Abtauen von Toteis entstanden ist. Die schnelle Verlandung des Fluss-Sees hinterließ einen Torfkörper, den das Pfefferfließ in seinem heutigen Verlauf im Bereich des Pfefferfließtales durchfließt.

Die angrenzenden Hochflächen bestehen zum überwiegenden Teil oberflächlich aus Sanden und Kiesen der Vorschüttphase sowie des Sanders. Lediglich im Bereich um Dobbrikow, nordwestlich bzw. östlich von Gottsdorf und östlich Frankenfelde liegen ihnen Endmoränenbildungen aus Sanden, Kiesen sowie Geschiebemergel auf (GÜK 300, LBGR).

Die in den Niederungen vorhandenen Niedermoore sind von Talsanden unterlagert (LITHOFAZIESKARTE BELZIG 2166). Im Quellgebiet des Fließes herrschen Talsande sowie verschiedene körnige Sande periglaziärer fluviativer Ablagerungen vor (GÜK 300, LBGR).

3.3 Klima

Das Land Brandenburg ist sowohl von ozeanischem als auch subkontinentalem Klima geprägt. Es liegt in der warmgemäßigten Zone. Beherrscht wird es vorwiegend von maritimen Luftmassen, welche die mittlere Richtungsbeständigkeit der Westwinde erklärt (MARCINEK UND ZAUMSEIL 1993).

Während ozeanische Klimabedingungen besonders in der Prignitz, im Nordbrandenburgischen Seengebiet, im Hohen Fläming und in der Niederlausitz ausgeprägt sind, herrscht an der Oder ein stärker kontinental geprägtes Klima (FISCHER UND PÖTSCH 1994). Das Einzugsgebiet des Pfefferfließes liegt in Mittelbrandenburg. Hier herrscht nach FISCHER UND PÖTSCH (1994) ein ausgeglichenes Klima oder Übergangsklima vor.

Zwischen den Stationen Potsdam und Luckenwalde ist eine Abnahme der Niederschläge von Nord nach Süd zu erkennen (Abbildung 7). Dabei liegen die mittleren jährlichen

Niederschläge der Station Potsdam bei 597 mm und die der Station Luckenwalde bei 520 mm.

Dagegen ist eine Veränderung der mittlere jährlichen Lufttemperatur zwischen den beiden Stationen kaum vorhanden. Die Jahresdurchschnittstemperatur liegt in Luckenwalde mit 9,71 °C/Jahr um 0,25 K nur geringfügig über der Potsdams mit 9,46 °C/Jahr.

Mit diesen mittleren Niederschlagshöhen und Jahresdurchschnittstemperaturen gehört das UG zu den trockensten Regionen Deutschlands (LUA 2006).

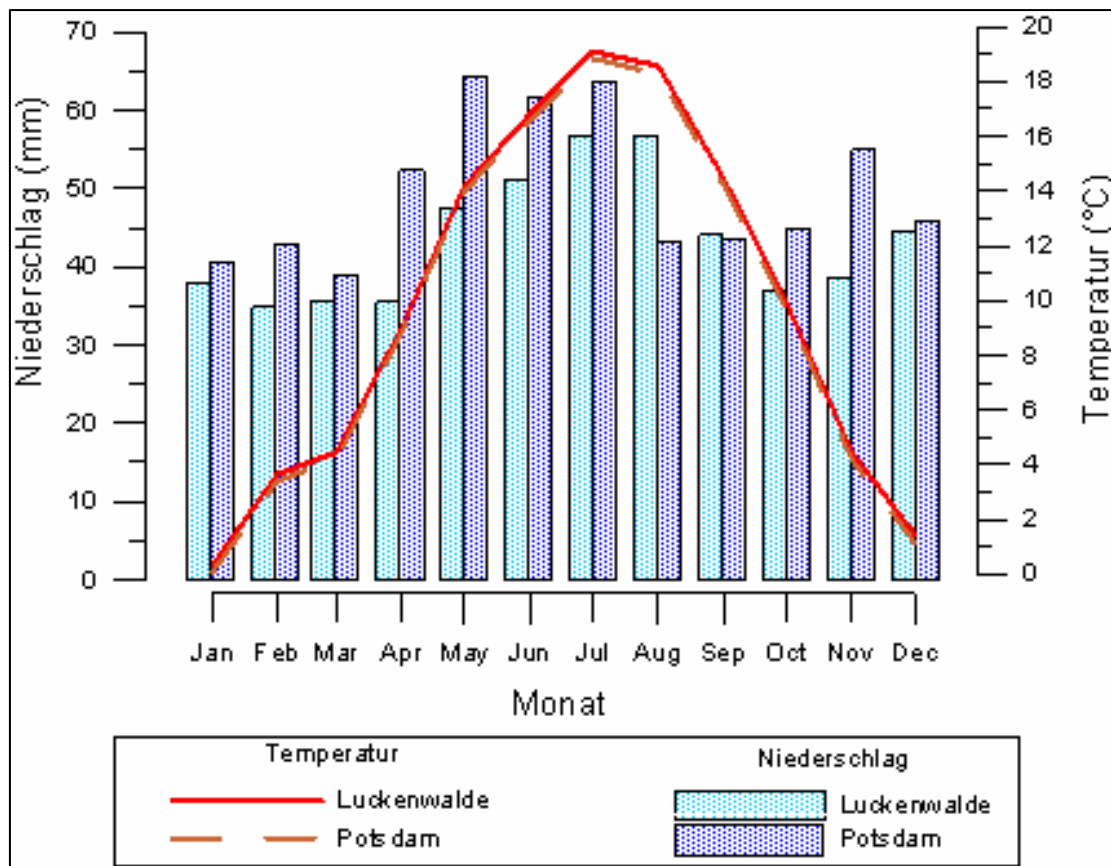


Abb. 7 Klimadiagramm für die Stationen Potsdam und Luckenwalde (Zeitraum 1980 - 2006)
 Quelle: eigene Darstellung nach Klimadaten des DWD,PIK

Das Mesoklima zeigt oft beachtliche Abweichungen zum Großklima. Niederungen und geschlossene Hohlformen stellen Sammelbecken für Kaltluft dar. Darüber hinaus tragen Moorflächen zur Kaltluftentstehung bei (FISCHER UND PÖTSCH 1994). Die Niederungen im mittleren und nördlichen Abschnitt des UG gehören der Nuthe-Nieplitz Niederung an. Damit haben auch sie eine große Bedeutung für die Frischluftzufuhr des Berliner Ballungsraumes.

3.4 Boden

Durch die Böden wird der Wasserhaushalt von Einzugsgebieten maßgeblich beeinflusst. Mit 56% haben Landböden den größten Flächenanteil im UG. Diese Böden liegen außerhalb des Wirkungsbereichs von Grundwasser (d.h. Grundwasserhochstand tiefer als 1 m) (SCHEFFER UND SCHACHTSCHABEL 2002).

Innerhalb der Landböden ist die dystrophe Braunerde (Sandbraunerde) mit einem Anteil von 44% der Gesamtfläche im UG am stärksten vertreten. Die Wasserleitfähigkeit bei diesem Bodentyp ist infolge des hohen Anteils an Grobporen hoch (SCHEFFER UND SCHACHTSCHABEL 2002). Der Regosol nimmt einen Anteil von 7% an der Gesamtfläche ein. Bedingt durch die sandige Körnung und eine geringe Bodenentwicklung überwiegen bei diesem Bodentyp ebenfalls Grobporen. Dadurch weist der Regosol eine hohe Wasserleitfähigkeit auf (SCHEFFER UND SCHACHTSCHABEL 2002). Bei der Fahlerde, welche einen Anteil von 5% an der Gesamtfläche aufweist, überwiegen die Fein- und Mittelporen durch den Geschiebemergel. Die Wasserleitfähigkeit ist daher geringer (SCHEFFER UND SCHACHTSCHABEL 2002). Im Bereich von Kiefernforsten hat bei allen Landböden eine Podsolierung begonnen (BÜK 300/CIR 2003).

Den zweitgrößten Anteil an der Gesamtfläche nimmt der grundwasserbeeinflusste Gley mit 33% Anteil an der Gesamtfläche ein. Der mittlere Grundwasserspiegel bei diesem Bodentyp liegt höher als 80 - 100 cm unter Flur (SCHEFFER UND SCHACHTSCHABEL 2002). Abbildung 8 zeigt die Verteilung der Bodentypen im UG.

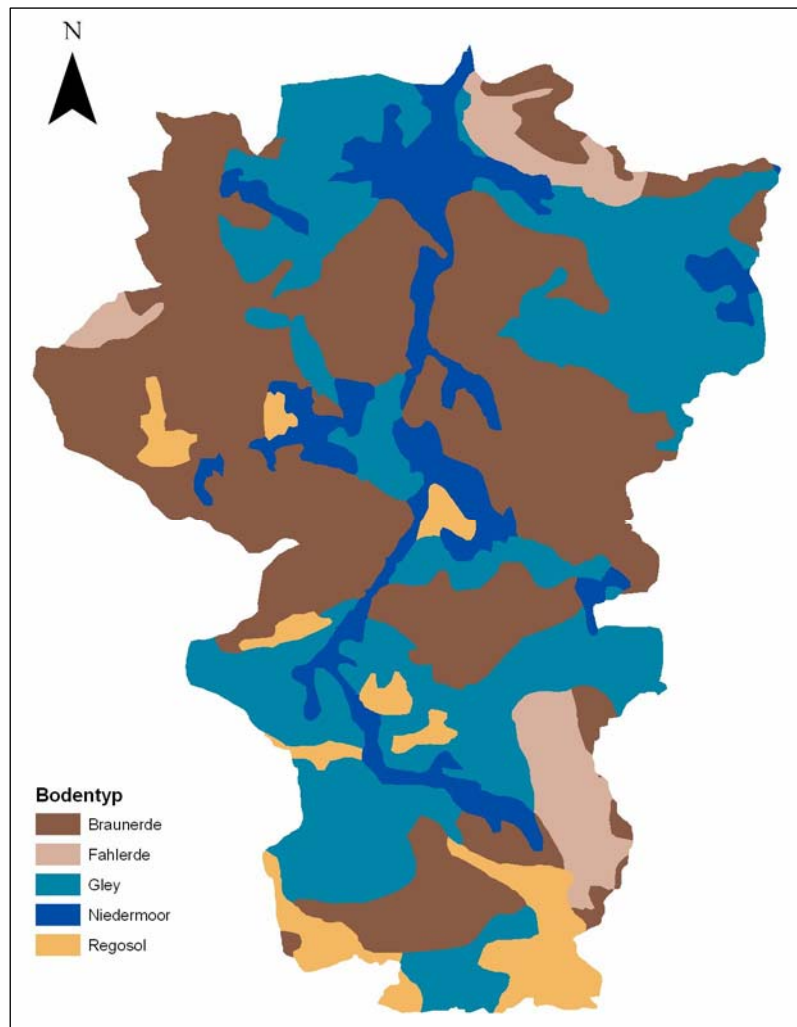


Abb. 8 Bodentypkarte

Quelle: eigene Darstellung, Kartengrundlage: BÜK 300

Die Unterwasserböden sind mit 11% als Niedermoor an der Gesamtoberfläche vertreten. Sie weisen unter einem Wasserkörper einen humosen Horizont auf. Niedermoorböden können je nach Torfbeschaffenheit ein Porenvolumen von bis zu 97% aufweisen. Damit besitzen sie eine hohe Wasserspeicherfähigkeit (SCHEFFER UND SCHACHTSCHABEL 2002). Durch die umfangreichen Entwässerungsmaßnahmen im UG sind die Torfe der Niedermoore überwiegend von Mineralisationsprozessen betroffen. Nur wenige haben noch ein hohes Wasserspeicherpotenzial (z.B. Pfeffergrabental am Eichheideberg) (LANDGRAF 1998).

In der Bodenkarte des Landesamtes für Bergbau, Geologie und Raumordnung (LBGR) werden Wasserdurchlässigkeitswerte (kf-Werte) angegeben. Demnach ist die Wasserdurchlässigkeit im wassergesättigten Boden (bis 2 m) im gesamten Untersuchungsgebiet hoch (< 100cm/d) bis extrem hoch (> 300cm/d) (KARTENDIENST LBGR). Dadurch sind günstige Voraussetzungen für die Grundwasserneubildung gegeben.

3.5 Naturräumliche Gliederung

Nach MARCINEK UND ZAUMSEIL (1993) gehört das UG zur Gliederung "Südliche Plattenreihe und Urstromtalquerverbindungen". Es stellt dabei einen Teil der Verbindung zwischen Baruther und Berliner Urstromtal dar.

SCHOLZ (1962) beschreibt diesen Bereich als Mittelbrandenburgische Platten und Niederungen. Drei natürliche Haupteinheiten charakterisieren das Gebiet. In der ersten Haupteinheit in einem Teil des "Baruther Tals" entspringt die Quelle des Fließes. Im Bereich des UG liegt die Geländehöhe bei 46 -72 m wobei sich die mittlere Höhe bei 53 m befindet.

Danach durchbricht das Pfefferfließ die Endmoräne der Brandenburger Eisrandlage und durchfließt in Richtung Norden die "Luckenwalder Heide". Der Verlauf durch die Niederung wird von den Hochflächen begrenzt. Die Höhenunterschiede betragen hier zwischen Hochflächen wie z.B. dem Pekenberg mit 94 m und den Niederungen mit 34 m bis zu 60 m. Durch den Formenreichtum hebt sich die „Luckenwalder Heide“ deutlich von den beiden anderen Haupteinheiten ab. Die mittlere Höhe liegt bei 49 m.

Mit Erreichen der „Nuthe - Notte - Niederung“ mündet das Fließ in den Blankensee. Hier liegt die mittlere Höhe bei 39 m. Der Charakter ist der einer feuchten Niederungslandschaft (SCHOLZ 1962). Die naturräumliche Gliederung nach SCHOLZ (1962) zeigt Abbildung 9.

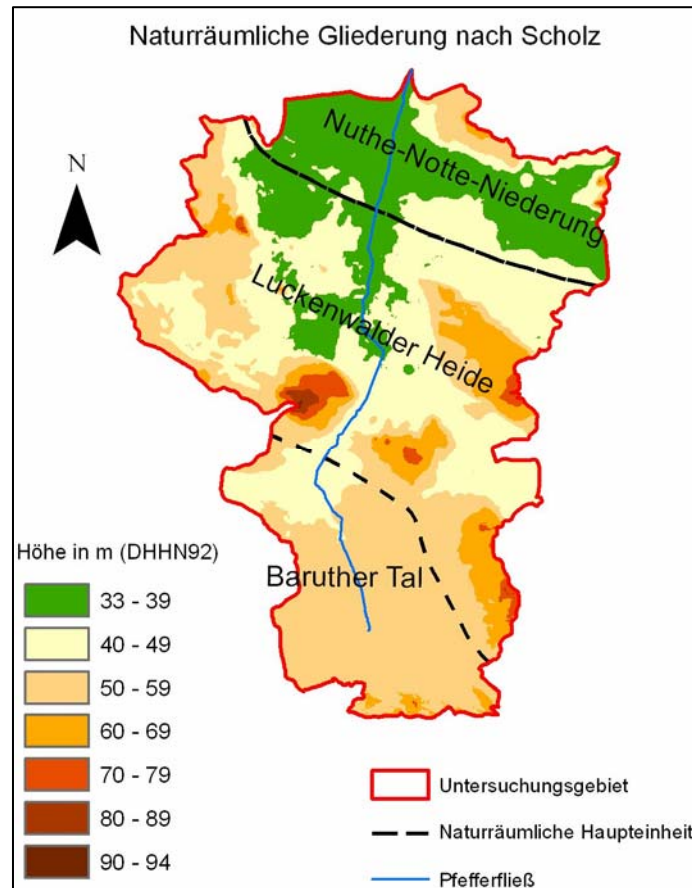


Abb. 9 Naturräumliche Gliederung nach Scholz

Quelle: eigene Darstellung nach SCHOLZ 1962, Kartengrundlage: DGM 25

3.6 Hydrologie

Das Pfefferfließ entwässert über den Blankensee bzw. die Nieplitz in die Nuthe und weiter in die Havel. Es gehört damit zum Einzugsgebiet der Elbe.

Anthropogene Überprägungen kennzeichnen das Einzugsgebiet des Pfefferfließes. In den letzten 200 Jahren wurde das Fließ durch mehrere Meliorationsphasen in seiner Morphologie stark verändert. Hinzu kam der Anschluss von Entwässerungsgräben wie z.B. des Strassgrabens und Drainagesystemen, die zusätzlich zu einer Veränderung des Abflussgeschehens beitrugen.

Die Wehranlagen des Fließes werden heute durch die die Flächen bewirtschaftenden Landwirte betreut, sind aber aufgrund von Verschleiß kaum nutzbar (persönliche Mitteilung HERR R. SIMON 2009, Gewässerunterhaltungsverband "Nieplitz"). Eine Staustufe, die noch geregelt wird, befindet sich bei der Obermühle in Gottsdorf. Die Mühle wird noch heute teilweise mit Wasserkraft betrieben. Nach Aussage des Müllers ist ein Rückgang der

Wassermengen in den letzten Jahren zu verzeichnen (persönliche Mitteilung HERR M. RÖTHEL 2009, Müller der Obermühle in Gottsdorf).

Die mittleren Grundwasserstände bis 2 m unter Flur liegen im UG bei 33% Flächenanteil. Sie verteilen sich auf die Niederungen und Feuchtgebiete und auf die Gleyböden im Baruther Tal. Insbesondere in den Niederungen steht das Grundwasser im Frühjahr oberflächennah an. Die durch die Mineralisierung der Torfe entstandene Stauschicht sorgt zusätzlich dafür, dass Wasser nach Starkregenereignissen nicht versickern kann und somit oberflächlich ansteht.

Mit 77% Gesamtanteil der Fläche liegen die mittleren tiefen Grundwasserstände auf den Hochflächen. Dort können Grundwasserflurabstände von bis zu 50 m auftreten (Pekenberg bei Gottsdorf) (GRUNDWASSERISOHYPSENKARTE, DGM 25).

3.7 Landnutzung

Als Quelle der heutigen Landnutzung stand die CIR-Biotopkartierung des Landes Brandenburg zur Verfügung (Stand 2003). Unter Nutzung von aktuelleren Luftbildern konnte die Landnutzung genauer bestimmt werden.

Die Landnutzung im UG ist überwiegend durch Forst- und Landwirtschaft geprägt. Der Waldanteil beträgt 44%, wobei davon 2% auf Laubwald und 1% auf Mischwald entfallen. Den überwiegenden Anteil nehmen jedoch Kiefernforste ein.

Landwirtschaftliche Flächen sind mit 39% Flächenanteil die zweitgrößte Form der Landnutzung. Durch die Bewirtschaftungsformen in der ehemaligen DDR kam es zur Anlage großflächiger agrarisch genutzter Areale. Trotz des Strukturwandels nach der Wiedervereinigung werden diese noch heute in gleicher Größe weiter bearbeitet. Ackerbau wird auf 23% (davon 2% Brache) des UG betrieben, gefolgt von Grünlandwirtschaft mit 16%. Auf 24% der Fläche sind Naturschutzgebiete mit unterschiedlichem Status ausgewiesen. Im Bereich von Grünlandflächen erfolgt in diesen Gebieten eine extensive Bewirtschaftung.

3.8 Entwicklungskonzept Pfefferfließ

Im Rahmen einer Projektskizze wurde im Jahr 2007 ein Entwicklungskonzept für das Pfefferfließ erarbeitet (DECRUPPE UND HARTONG 2007). In diesem sind das Leitbild „Vision 2020“ und übergreifende Entwicklungsziele für das Fließ enthalten.

In der „Vision für das Jahr 2020“ wird das Pfefferfließ als ein „...durchgängiges, hinsichtlich Wasserqualität, Wasserführung, Gewässermorphologie und –dynamik weitgehend den

naturnahen Verhältnissen entsprechendes Fließgewässer.“ erdacht, die Lebensraumfunktion des Fließes und der Aue herausgestrichen sowie die Bedeutung der kleinteiligen land- und forstwirtschaftlicher Nutzung sowie die Erholungsfunktion hervorgehoben (DECRUPPE UND HARTONG 2007). Damit werden alle Komponenten nach WRRL (2000) (Kapitel 2.2) erfasst.

Für die festgelegten 8 Teilräume werden detaillierte Entwicklungsziele, Maßnahmen zur Erreichung, der mögliche Beginn der Umsetzung, die erforderlichen Genehmigungen und notwendige Flächenkäufe aufgeführt (DECRUPPE UND HARTONG 2007).

Im Rahmen des Entwicklungskonzeptes für den Naturpark Nuthe-Nieplitz ist eine stärkere Tourismus- und Freizeitnutzung für das Pfefferfließ angedacht (LANDPLAN GMBH ERKNER 2007).

4 Methoden

4.1 Bestimmung der Gewässerstrukturgüte

Um den historischen Verlauf des Pfefferfließes mit dem Heutigen vergleichen zu können, wurde eine Gewässerstrukturgütekartierung nach den Vorgaben der Länderarbeitsgemeinschaft Wasser (LAWA) durchgeführt.

Die Gewässerstruktur umfasst das ökologisch-morphologische Erscheinungsbild eines Gewässers mit dem Flussbett, den Ufern und den Auen (LUA 2002). Die Gewässerstrukturgüte ist als Maß für die ökologische Qualität der Gewässerstrukturen und der durch diese Strukturen angezeigten dynamischen Prozesse definiert. Durch die Gewässerstrukturgüte wird eine Bewertung der ökologischen Funktionsfähigkeit, als Fähigkeit zur Anpassung an dynamische Landschaftsprozesse in Abhängigkeit von den Strukturen der Gewässer vorgenommen (LAWA 2000; LUA 2002).

Die Gewässerstrukturgütekartierung dient der Erfassung des vorhandenen Gütezustandes, der Formulierung von Gütezielen und der Kontrolle der Güteverbesserung (LAWA 2000). Nach LAWA (2000) soll die Gewässerstrukturgütekartierung „...als allgemein verbindliche Bewertungsgrundlage bei der Gewässerrenaturierung, bei der Gewässerentwicklungsplanung, bei der Bewertung von Gewässerentwicklungsmaßnahmen, aber auch bei der Bewertung von gewässerschädlichen Eingriffen...“ angewendet werden und bildet somit eine Planungs- und Entscheidungsgrundlage für die Aufstellung übergeordneter Programme und Pläne sowie einen Orientierungsrahmen für weitere Fachplanungen (LUA 2002).

Folgende Zielsetzungen werden im Einzelnen verfolgt:

1. Erfassung und kartographische Dokumentation des vorhandenen Gewässerstrukturgütezustandes, der erzielten Verbesserungen (Erfolgskontrolle). Ermittlung des bestehenden Handlungsbedarfes.
2. Formulierung von Strukturgütezielen, die generell oder gewässerspezifisch zu erreichen bzw. zu sichern sind.
3. Bewertung von geplanten wasserbaulichen Maßnahmen, Gewässerunterhaltungs- und/oder Ausgleichsmaßnahmen.
4. Effizienznachweis von bereits durchgeführten Gewässerentwicklungs- und Gewässerrückbaumaßnahmen (LAWA 2000).

Zur Bestimmung der Gewässerstrukturgüte des Pfefferfließes wurde das Verfahren der Vor-Ort-Kartierung nach der Verfahrensempfehlung der LAWA (2000) für kleine und mittelgroße Fließgewässer angewendet. Maßstab der Bewertung bildet der hpnG. Erhoben werden 25 verschiedene Einzelparameter, die nach LAWA (2000) besonders relevante Indikatoren der ökologischen Funktionsfähigkeit von Fließgewässern sind. Diese Parameter sind abhängig von Naturraum und anthropogener Einflussnahme ausgeprägt und werden über abgestufte Zustandsmerkmale erfasst. Die Parameter werden im Verfahren nach ihren Indikatoreigenschaften in 6 Hauptindikatorengruppen eingeordnet. Die Gesamtbewertung der Gewässerstrukturgüte erfolgt über 4 Aggregationsebenen oder kann auch als Bewertung auf unteren Aggregationsebenen erfolgen (Tabelle 1).

Tab. 1 Übersicht über die Einzelparameter und Aggregationsebenen im Verfahren nach LAWA
Quelle: LAWA 2000

	Bereich	Hauptparameter	funktionale Einheit	Einzelparameter
GESAMTBEWERTUNG	Sohle	Laufentwicklung	Krümmung	Laufkrümmung Längsbänke Besondere Laufstrukturen
			Beweglichkeit	Krümmungserosion Profiltiefe Uferverbau
		Längsprofil	natürliche Längsprofilelemente	Querbänke Strömungsdiversität Tiefenvarianz
			anthropogene Wanderbarrieren	Querbauwerke Verrohrungen Durchlässe Rückstau
		Sohlenstruktur	Art und Verteilung der Substrate	Substrattyp Substratdiversität besondere Sohlenstrukturen
			Sohlverbau	Sohlverbau
	Ufer	Querprofil	Profiltiefe	Profiltiefe
			Breitenentwicklung	Breitenerosion Breitenvarianz
			Profilform	Profiltyp
		Uferstruktur	naturraumtypische Ausprägung	besondere Uferstrukturen
			naturraumtypischer Bewuchs	Uferbewuchs
	Land	Gewässerumfeld	Uferverbau	Uferverbau
			Gewässerrandstreifen	Gewässerrandstreifen
			Vorland	Flächennutzung sonstige Umfeldstrukturen

Richtung der Aggregation

Eine indexgestützte Haupt- und Einzelparameterbewertung und eine Bewertung funktionaler Einheiten auf Hauptparameterebene stellen die Komponenten der Gesamtbewertung dar. Diese werden vergleichend betrachtet, auf Plausibilität auf der Hauptkomponentenebene

untersucht und zusammengefasst (LAWA 2000). Die Ergebnisse des Verfahrens werden in der Gewässerstrukturgütekarte dargestellt (LUA 2002) (Abbildung 10).

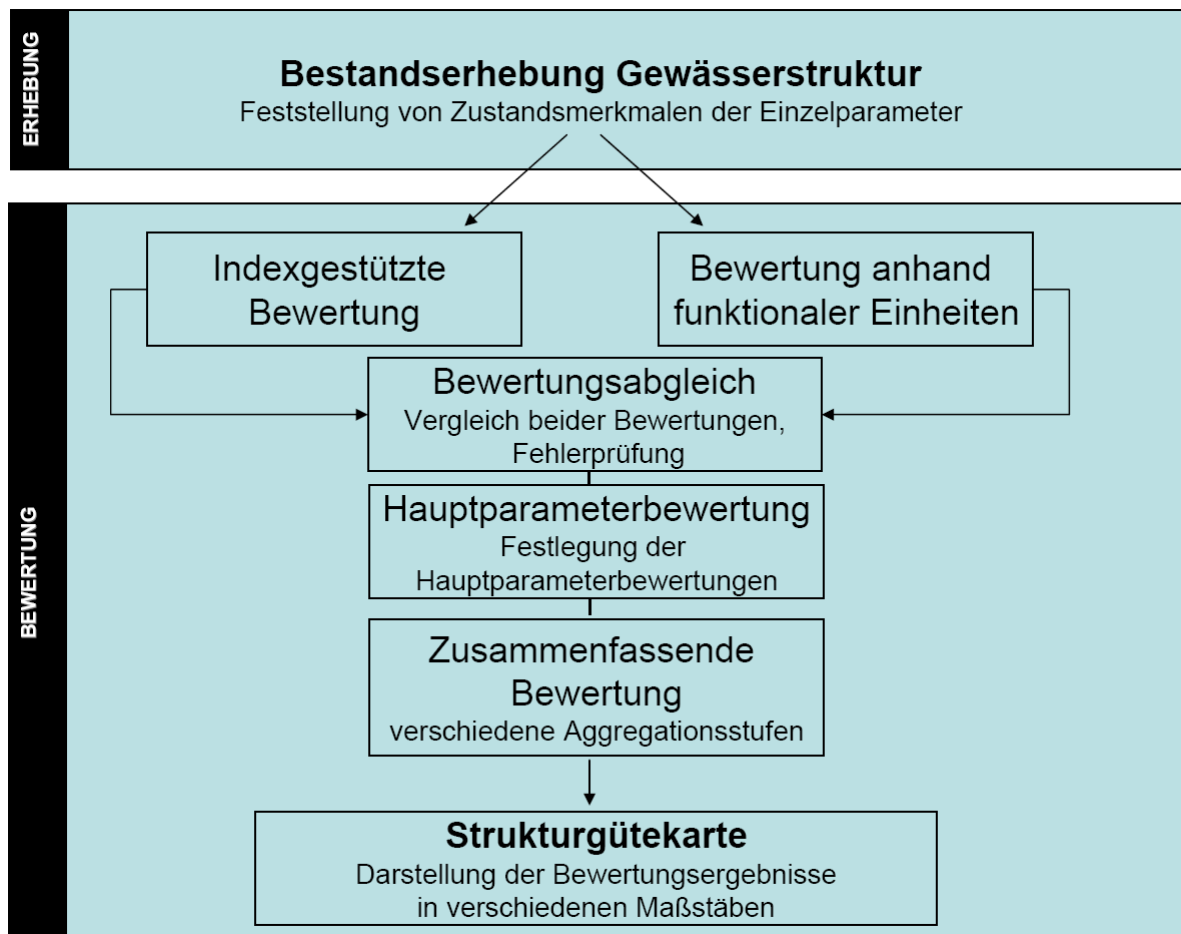


Abb. 10 Übersicht über das Verfahren zur Gewässerstrukturgütekartierung für kleine und mittelgroße Fließgewässer
Quelle: LAWA 2000

Die Bestandserhebung am Pfefferfließ erfolgte im April 2009 nach dem Erhebungsbogen der LAWA (2000). Stammdaten, gewässermorphologische Grundlagendaten sowie die Einzelparameter und deren Zustandsmerkmale wurden bestimmt bzw. festgehalten. Einzelne Abschnitte wurden festgelegt, die dann aufgenommen wurden. Die Einteilung der Abschnitte erfolgte anhand punktueller anthropogener Strukturen (z.B. Wehre, Brücken) oder Gewässerumfeldstrukturen (z.B. Offenland, Wald, Siedlung). Dabei wurde eine minimale und maximale Länge der Abschnitte von 100 - 1000 m beachtet. Die Kartierung erfolgte fließaufwärts von der Mündung bis zur Quelle. Für die Gesamtbewertung je Abschnitt wurden die Daten durch GIS (Geoinformationssystem) dargestellt.

In der Strukturgütekarte wurde unter Anwendung der definierten Farbskala von dunkelblau bis rot (Tabelle 2) jedem Gewässerabschnitt eine Strukturgüteklasse zugewiesen (LAWA 2000).

Tab. 2 Strukturgüteklassen der Kartierung der Gewässerstrukturgüte
Quelle: LUA 2002

Güteklasse	Bedeutung	Farbgebung
1	unverändert	dunkelblau
2	gering verändert	hellblau
3	mäßig verändert	dunkelgrün
4	deutlich verändert	hellgrün
5	stark verändert	gelb
6	sehr stark verändert	orange
7	vollständig verändert	rot

Die Bewertung des Einzelparameters Laufkrümmung des historischen Verlaufes erfolgte anhand einer Übersichtskartierung. Bei diesem Verfahren kann anhand von Luftbildern, verfügbarem Kartenmaterial und weiteren Daten eine Erhebung von spezifischen Parametern ohne eine Aufnahme vor Ort durchgeführt werden (LAWA 2000). Als Datengrundlage für die Laufkrümmung diente in dieser Arbeit der generierte historische Fließverlauf.

4.2 Sichtung von Informationsquellen

Um Informationen über die Entwicklung des Pfefferfließverlaufs und der Landnutzung im UG in den letzten 200 Jahren zu erhalten, war es zunächst notwendig Informationen zum Einzugsgebiet zusammenzutragen. Aufgrund wechselnder administrativer Zugehörigkeiten im Laufe der letzten Jahrhunderte mussten verschiedene Quellen herangezogen werden, um eine umfassende Grundlage zur Datenauswertung zu erhalten. Zu diesem Zweck wurde in unterschiedlichen Archiven wie dem Geheimen Staatsarchiv Preußischer Kulturbesitz (GSTA PK), der Staatsbibliothek zu Berlin, dem Brandenburgischen Landeshauptarchiv (BLHA), dem sächsischen Hauptstaatsarchiv Dresden, der Kartothek der Universität Potsdam und dem Kreisarchiv Luckenwalde sowohl nach Karten und als auch anderen Medien wie z.B. historischen Handschriften und Aufzeichnungen recherchiert.

Da die ältesten vorhandenen Karten des Gebietes den Verlauf des Pfefferfließes als schon anthropogen beeinflusst zeigen, konnte nicht der natürliche sondern nur ein naturnaher Zustand des Pfefferfließes untersucht werden und somit einen Ausgangspunkt der Arbeit

bilden. Um wichtige Informationen zum am wenigsten beeinflussten dokumentierten Zustand einfließen lassen zu können, wurde bewusst Karten- und Archivmaterial aus der Zeit vor der ersten großen Meliorationsphase im Nuthegebiet 1772 - 1782 (FRANZ 1956) als Basis gewählt.

Die Informationssuche wurde von vier Prämissen geleitet.

1. Kartenmaterial und Schriften zu finden, welche vor den großen Meliorationsphasen angefertigt worden sind, um den ursprünglichsten Verlauf aufzeigen zu können.
2. Für die Zeit vom 18. Jh. bis heute Daten ausfindig zu machen, um die Entwicklung des Pfefferfließverlaufes zu skizzieren.
3. Hinweise über die Art der Landnutzung im UG zur Zeit des ursprünglichen Verlaufes zu entdecken.
4. Informationen über die Grundwasserstandsentwicklung in den letzten 200 Jahren zu erhalten.

Karten wurden in großen (1:5.000) bis mittleren (1:75.000) Maßstäben für eine weitere Verwendung zusammengetragen. Kleinere Maßstäbe führen zu einer Ungenauigkeit sowie einem Informationsverlust in Bezug auf die Elemente Fließverlauf und Landnutzung. Dieses Kartenmaterial wurde daher nicht berücksichtigt.

Anschließend wurden die Karten auf ihre Plausibilität untersucht. Diese Analyse umfasste die Betrachtung und Untersuchung der Lage der Ortschaften zueinander sowie die Geometrie des Gewässernetzes.

Karten bei denen z.B. das Gewässernetz von dem heutigen stark abweicht, konnten nicht genutzt werden, da ein Vergleich mit aktuellem Kartenmaterial nicht ohne weiteres möglich ist. Ein gutes Beispiel hierfür ist das Kartenwerk von BALBIE von 1749 (Abbildung 11). Die Ungenauigkeit im Bereich des Fließverlaufes und Lage der Ortschaften zueinander sind hier sehr stark ausgeprägt. Das Pfefferfließ hat keine Verbindung zum Blankensee und entwässert in einen See nördlich von Dobbrikow, welcher auf keiner anderen Karte verzeichnet ist (BALBIE KARTE 1749).



Abb. 11 Karte nach Balbie von 1749
 Quelle: *Balbiesches Kartenwerk, Staatsbibliothek Berlin*

Trotz dieser unzureichenden Genauigkeiten im Lagebezug muss dieses Kartenwerk als inhaltlich aussagekräftig bewertet werden (SCHARFE 1972). Als Vorlage für den historischen Verlauf ist die Karte von BALBIE (1749) jedoch nicht verwendbar.

Zusätzlich wurde in historischen Akten recherchiert, um einen Einblick in die damaligen Gegebenheiten hinsichtlich der Landschaft und der Landnutzung am Pfefferfließ zu bekommen. Ferner kam es zur Sichtung der Akten der Schauverbände, welche seit den ersten Meliorationsphasen die Bewirtschaftung der Fließgewässer übernahmen.

4.3 GIS

4.3.1 Georeferenzierung

Die Georeferenzierung der historischen Karten erfolgte durch das Programm ArcMap 9.2, um diese in den Raumbezug heutiger Projektionen zu überführen. Problematisch dabei ist, dass jede Karte nur so genau ist, wie die Art und Weise ihrer Erstellung es ermöglicht. Durch die einfachen technischen Mittel mit denen die Altkarten erstellt und vervielfältigt wurden, zeigen

die Karten innerhalb und auch untereinander Abweichungen und Ungenauigkeiten. Beispielsweise wurden Entfernungen zwischen markanten Punkten zum Teil nach Augenmaß bestimmt. Wechselndes Personal führte ebenfalls zu Ungenauigkeiten der Aufnahmen (SCHARFE 1972). Bei einigen Karten kam es, gegenüber heutigen Karten, in Bezug auf markante Punkte (z.B. Kirchtürme) zu Ungenauigkeiten von 10 - 300 m. Um diese Ungenauigkeiten so weit wie möglich zu minimieren, wurden die Karten georeferenziert, d.h. den historischen Karten wurden raumbezogene Referenzinformationen aktueller Datensätze zugewiesen. Durch markante Punkte, wie z.B. Kirchtürmen, Brücken oder Wegkreuzungen, konnten bis zu 50 Punkte auf einer Karte gesetzt (z.B. Deckersches Kartenblatt) und diese entzerrt werden. Gerade in den Randbereichen der Karten kam es zu größeren Abweichungen. Grund dafür ist das Abfotografieren, Kopieren oder Scannen zu Verzerrungen und damit zu Ungenauigkeiten in diesen Bereichen führt.

4.3.2 Abgleich der Karten

Nach der Georeferenzierung wurden die Karten weiter auf ihre Inhalte überprüft. Dazu konnten aktuelle topographische Karten, Orthophotos und digitalisierte Liegenschaftskarten (ALK) genutzt werden. Speziell die ALK kann, was den Verlauf eines Gewässers betrifft, eine wertvolle Informationsquelle sein, da sie in einem großen Maßstab vorliegt.

Anhand von Orthophotos ist es möglich alte Verläufe durch Farbänderungen aufgrund unterschiedlichen Pflanzenwuchses ausfindig zu machen. Bereiche in denen andere Bodenverhältnisse und damit ein anderer Bewuchs vorherrschen, unterscheiden sich durch eine Veränderung des Farbtons von der unmittelbaren Umgebung.

4.3.3 Digitalisierung

Um mit den Inhalten der Karten weiterzuarbeiten, wurden diese hinsichtlich bestimmter Prioritäten wie Fließverläufen und Landnutzung digitalisiert. Die Digitalisierung ist grundlegende Voraussetzung für die computerbasierte Analyse, themenspezifische Darstellung und Auswertung. Gerade für die Eingabe der Daten in andere Programme, wie ArcEgmo ist dieser Schritt notwendig. Die Überführung wurde mit dem Programm ArcMap 9.2 umgesetzt.

4.4 Kartenwerke

4.4.1 Schmettausches Kartenwerk und Landnutzung

Das Schmettausche Kartenwerk wurde zwischen 1767 und 1787 durch Friedrich W.C. Graf v. Schmettau zusammengetragen und bearbeitet. Dabei kam es zu keiner Neuaufnahme des Geländes. Vielmehr erwarb Schmettau vorhandene Pläne und Karten und zeichnete diese mit seinen Mitarbeitern zusammen. Bei den Karten handelte es sich um Katasterpläne, Forst- und Separationskarten sowie Karten von Meliorations- und Kolonisationsprojekten. Die Geländearbeit beschränkte sich darauf Inhalte zu ergänzen oder zu berichtigen (DRIESCHER 2003). Dementsprechend ist der Stand des Karteninhaltes im Kartenwerk selbst nicht genau bestimmbar. Er liegt aber zwischen 1770 und 1787 (SCHARFE 1972).

Trotz dieser zeitlichen Ungenauigkeit ist das Schmettausche Kartenwerk aufgrund seiner einheitlichen Generalisierung sowie seiner kartographischen Genauigkeit die brauchbarste räumliche Darstellung der Landnutzung des 18. Jh. für das UG und bildet unter anderem die Grundlage für die Erarbeitung des historischen Fließverlaufes und Datenauswertung der Nutzung des Gebietes.

Der Karteninhalt ist nicht mit dem heutiger topographischer Karten oder gar einer Biotopkartierung vergleichbar. Beispielsweise werden Laub- und Nadelwald im Schmettauschen Kartenwerk nicht unterschieden und generell als Wald zusammengefasst (SCHARFE 1972). Dadurch kommt es gegenüber heutigen Kartenwerken zu einem Informationsdefizit.

Die meisten Flächenelemente der Schmettauschen Karte waren über die Legende bestimmbar. Lediglich die hell gezeichneten Flächen konnten nicht aus der Legende entnommen werden. Da Ackerflächen ebenfalls nicht ausgewiesen sind und auch sonst kein Hinweis auf landwirtschaftliche Anbauflächen in der Karte vorhanden ist, wurden die hell gezeichneten Flächen als Acker überführt. Das ist plausibel, da der Ackerbau in dieser Zeit der Haupterwerb der ansässigen Bevölkerung war. Der Wald wurde bis auf die Hochflächen gerodet, um Ackerbau auch auf ungünstigen Verhältnissen betreiben zu können (KRAUSCH 2008). Lediglich ungeeignete Flächen wurden nicht genutzt und dem Wald überlassen (GOLTZ 1902). Es ist anzunehmen, dass andere eventuelle Nutzungen, wie Heide- oder Weidenutzung, durch Baum-, Strauch- oder andere Vegetationssymbole gekennzeichnet worden wären. Um diese Annahme zu verifizieren, wurden alte Flurkarten, wie die Karten Rieben 1720, herangezogen. Die Flächen, welche als helle Flächen bei Schmettau auftreten, können in dieser Karte eindeutig als Ackerflächen identifiziert werden.

4.4.2 Weitere Kartenwerke

Kartenwerk des Samuel v. Suchodoletz

Bei diesem Kartenwerk handelt es sich um das erste großmaßstäbige (1:12.500) sowie einheitlich konzipierte Werk auf brandenburgischem Boden (DRIESCHER 2003). Es entstand zwischen 1679 - 1683 (SCHARFE 1972). Für Aussagen hinsichtlich Längen- oder Flächenmaßen ist dieses Kartenwerk nicht geeignet. Es kann aber wichtige Hinweise in Bezug auf z.B. Gewässerläufe oder Siedlungsstrukturen liefern (HIKISCH 2004).

Deckersches Kartenwerk

Dieses entstand um 1816 - 1821 und war mit 670 Blättern der Vorläufer für die Urmesstischblätter. Es besteht aus Neuaufnahmen der Provinz Brandenburg und Sachsen im Maßstab 1: 25.000 (SCHARFE 1971). Das UG ist auf den Blätter 339 und 340 verzeichnet. Das Deckersche Kartenwerk bildete eine Grundlage zur Untersuchung der historischen Entwicklung des Pfefferfließes.

Urmesstischblatt

Die Bearbeitung der aus den Deckerschen Kartenblättern entwickelten Urmesstischblätter erfolgte zwischen 1822 - 1847. Höhen wurden in diesem Kartenwerk noch nicht dargestellt. Der Blattschnitt ist derselbe wie bei den Messtischblättern (DRIESCHER 2003).

Messtischblatt

Die Messtischblätter entstanden gegen Ende des 19. Jh. und wurden bis in die 1940er Jahre ergänzt und aktualisiert. Dieses Kartenwerk gilt als das erste zusammenhängende Kartenwerk mit Höhendarstellung durch Höhenlinien (DRIESCHER 2003).

Automatisierte Liegenschaftskarten (ALK)

Die Liegenschaftskarten des Landes Brandenburg wurden von 2000 - 2006 durch Scannen digitalisiert. Daraus entstand die Automatische Liegenschaftskarte (FIETZ UND MASUR 2007). Die analogen Liegenschaftskarten können ein Alter von Mitte des 19. Jh. bis heute aufweisen. Im Fall des Pfefferfließverlaufes liegt die Aufnahme etwa Mitte des 19. Jh. (persönliche Mitteilung KATASTERAMT LUCKENWALDE 2009).

Bei diesen Karten können Abweichungen zum Gelände von 5 cm - 50 m auftreten. Dabei liegen die Fehler innerhalb von Siedlungsgebieten bei ± 1 m. In der Landschaft können sie bis

± 50 m betragen (persönliche Mitteilung HERR H. ISECKE 2010, Vermessungsbüro Holger Isecke, ÖbVI).

Im Fall des UG liegt der Fehler bei ± 10 m. Damit bildet die ALK den genauesten Verlauf des 19. Jh. ab.

4.5 Auswertung der historischen Daten

4.5.1 Historischer Fließverlauf

Der älteste durch Karten ableitbare Zustand des Pfefferfließes soll durch verschiedene Karten aufgezeigt werden. Damit ist nicht etwa der natürliche Verlauf gemeint. Es ist lediglich eine Momentaufnahme der am ältesten rekonstruierbaren Morphologie. Andere Bezeichnungen wie etwa heutiger potentieller natürlicher Gewässerzustand (hpnG) aus LAWA (2000) beschreiben einen „... Zustand der sich nach Auflassen vorhandener Nutzungen in und am Gewässer und seiner Aue sowie Entnahme aller Verbauungen einstellen würde.“

Da es aber keine Zeugnisse eines natürlichen Gewässers aus den im Rahmen der vorliegenden Arbeit genutzten Quellen gibt, handelt es sich bei dem gezeigten Zustand eher um einen historischen schon anthropogen beeinflussten Zustand. Dieser zeigt die Situation des Fließes mit geringer Nutzung im Gegensatz zu Heute. Deshalb kommt die Abbildung dieser Daten dem natürlichen Zustand am Nächsten.

Der älteste historische Fließverlauf soll anhand verschiedener Karten aufgezeigt werden. Deshalb wird der hier ermittelte Zustand als historischer Zustand beschrieben.

4.5.2 Grundwasserstand

Der Grundwasserstand des 18. Jh. konnte nur indirekt bestimmt werden. Da keine gemessenen Daten vorliegen, wurde auf Beschreibungen des Gebietes aus dieser Zeit sowie einem Längsprofil des Pfefferfließes aus dem Jahre 1886 zurückgegriffen (Abbildung 12).

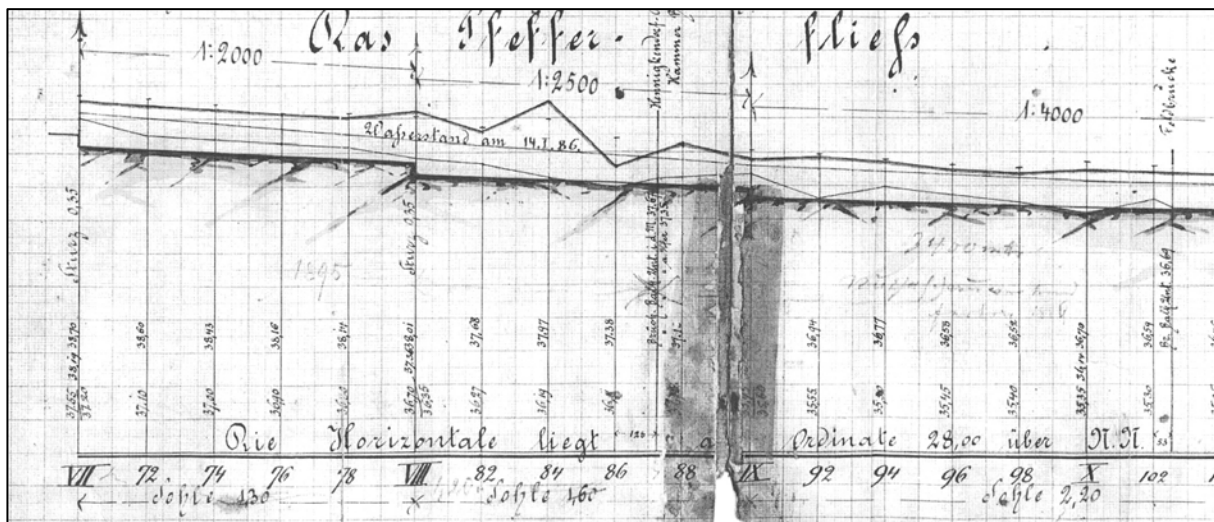


Abb. 12 Längsprofil des Pfefferfließes von 1886

Quelle: Nivellement-Plan des zum Nuthe-Schau-Verband gehörigen „Pfeffer-Fließ“ 1:3.000, Brandenburgisches Landeshauptarchiv, Potsdam

Hier sind Höhenangaben der Sohle, des Wasserstandes (Stand 14.01.1886) sowie der Geländehöhe eingezeichnet. Die breite schwarze Linie beschreibt die zukünftige Sohle. Die Höhenangaben der damaligen Zeit beziehen sich auf NN Amsterdamer Pegel. Nach Recherchen durch die Landesvermessung und Geobasisinformation Brandenburg (LGB) liegt der Höhenunterschied zu Heute bei 1 - 4 mm und ist demnach vernachlässigbar. Um die Höhenunterschiede von Sohle und Wasserstand zu Heute aufzeigen zu können, wurden Orte auf dem Längsschnitt ausfindig gemacht und diese mittels ALK auf Längenabstand und Lage überprüft. So konnten markante Punkte von 1886 im heutigen Gelände lokalisiert werden.

Diese wurden dann unter Nutzung des Gerätes GpsLeica500 eingemessen, um den Vergleich mit den heutigen Höhen darzustellen.

Zusätzlich wurden Grundwassermessungen des LUA von 1968 - 2003 ausgewertet, um den Trend der Entwicklung des Grundwasserstandes der letzten drei Jahrzehnte im UG aufzuzeigen.

4.5.3 Ermittlung der historischen Fließquerschnitte und des dazugehörigen bordvollen Abflusses

Um historische Querschnitte des Pfefferfließes ausfindig zu machen, wurde in verschiedenen Archiven recherchiert (Kapitel 4.2). Es konnten keine Daten in ausreichender zeitlicher und räumlicher Abdeckung gefunden werden. Lediglich von 1927 sind Querschnittszeichnungen des Pfefferfließes vorhanden (Abbildung 13).

Aufgrund dessen wurde versucht alte Querschnitte im Gelände zu detektieren.

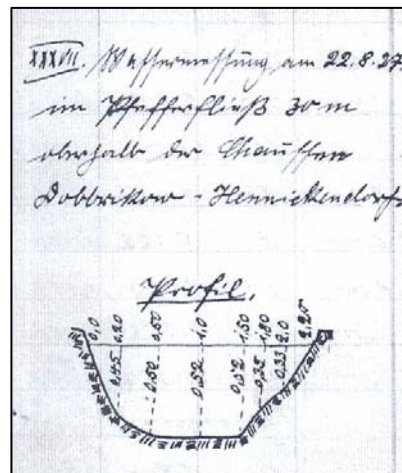


Abb. 13 Querschnittszeichnung des Pfefferfließes von 1927
 Quelle: Dokumente NUTHE SCHAU-VERBAND (BLHA)

Vorüberlegungen

Der weitaus größte Teil des Pfefferfließes fließt durch Niedermoor. Aus dem Moor herausragende Sandinseln, welche vom Fließ angeschnitten werden, liefern neben dem Torf ein zweites Substrat. Durch den Sedimenttransport im Gewässer lagern sich die Sande an der Sohle des Fließes ab. Demnach müssten die Substratwechsel von Torf zu Sand zu Torf im Bereich des Querschnittes vorzufinden sein und eine einstige Lage der Sohle anzeigen (Abbildung 14).

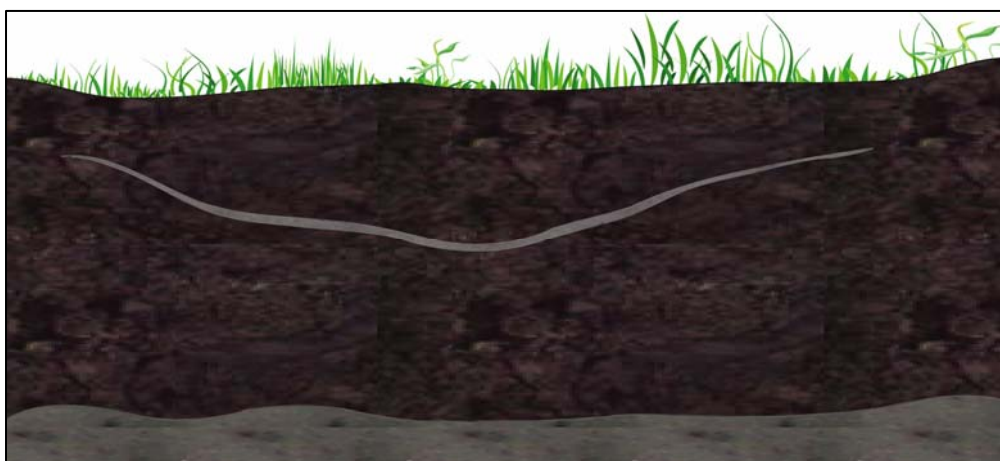


Abb. 14 Substratwechsel im Bereich des Pfefferfließes Torf (dunkelbraun) zu Sand (hellgrau)

Transektlegung

Im Vorfeld der Geländearbeit mussten die Bereiche ausfindig gemacht werden, in denen sich alte Querschnitte befinden können. Dazu wurde das Programm ArcMap 9.2 benutzt.

Mit Hilfe des rekonstruierten Verlaufes aus den historischen Karten konnten markante Fließverlaufsstrukturen wie z.B. Mäanderschleifen in der topographischen Karte ausfindig gemacht werden. Ebenfalls wurde unter Verwendung von Luftbildern nach überprägten Verlaufsstrukturen gesucht.

Da das Pfefferfließ mehrmals von Meliorationsmaßnahmen betroffen war, konnten nur solche Bereiche ausgewählt werden, in denen seit der ersten Meliorationsphase keine Überprägung mehr stattgefunden hat. In Abbildung 15 ist diese Überprägung deutlich zu erkennen.

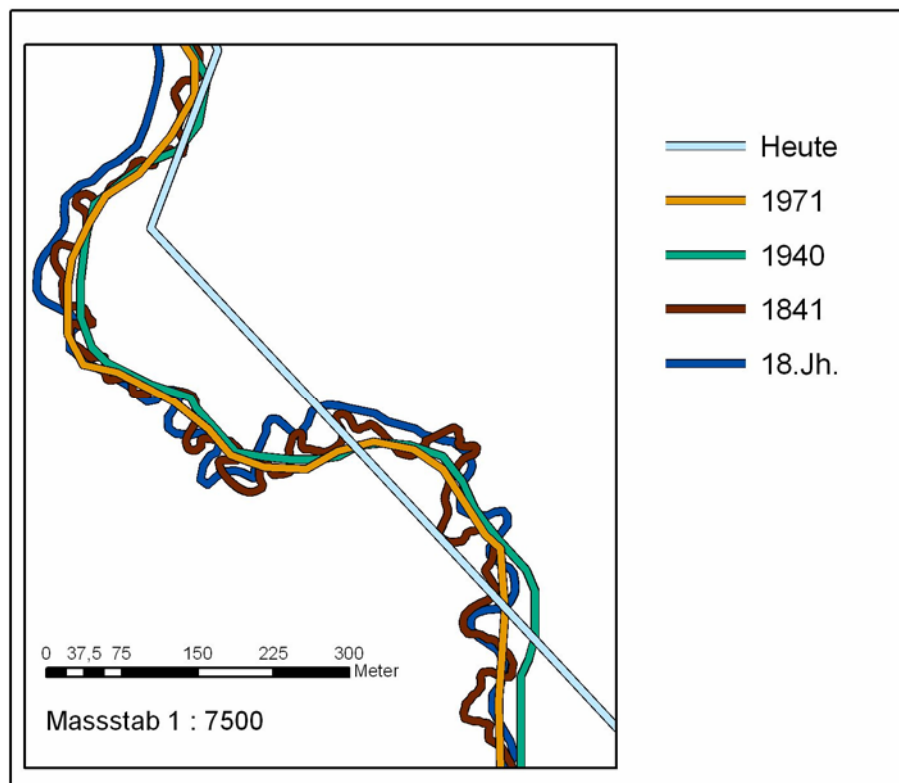


Abb. 15 Für verschiedene Zeiträume generierte Fließverläufe (Ausschnitt).

Im Gelände wurden die potenziell möglichen Bereiche mittels Global Positioning System (GPS) aufgesucht. Dabei wurde überprüft, ob durch die Morphologie vor Ort das Vorhandensein eines historischen Fließverlaufes möglich erscheint. Liegt der potentielle Bereich in einer Senke oder auf einer Anhöhe? Wurde durch anthropogene Einflüsse der Bereich umgestaltet?

Unter Nutzung eines Bohrsets bestehend aus Pürckhauer-Bohrstock, Schonhammer und Hebel-Zieheisen wurde der Bereich des vermuteten Querschnittes beprobt. Konnten Substratwechsel detektiert werden, wurden quer zur alten Fließrichtung weitere Probebohrungen durchgeführt. Dieses Verfahren wurde so lange fortgesetzt bis die Substratwechsel nicht mehr nachweisbar waren. Mit den durch die Bohrstockbeprobung gewonnen Informationen konnten Transekte zur Detailanalyse abgesteckt werden.

Nachdem die Größe eines Untersuchungstransektes bestimmt worden war, wurden mit dem Klappsonden – Moorbohrer (Ejelkamp), entlang der ermittelten Linie alle 0,5 m größere Proben entnommen, um die Substratwechsel genauer bestimmen zu können.

Bei der Aufzeichnung der Substratwechsel wurde die Art, Lage und Ausdehnung des Substrates festgehalten, dementsprechend Feinsand, Mittelsand, Grobsand, Mudde und Torf (Holztorf oder Schilftorf). Die Substratänderungen wurden aufgenommen und ausgewertet.

Zusätzlich wurden die Fluroberkante sowie der Profilverlauf ins Höhennetz eingebunden. Dies geschah mittels Höhenmessung des Gerätes GpsLeica500 (SAPOS-Dienst) (Abbildung 16) sowie einer digitalen Schlauchwaage (NIV-COMP-H25PROBAG) (ohne Abbildung).



Abb. 16 Leica Gerät (SAPOS-Dienst)
Quelle: eigene Aufnahme 2009

Fehlerbetrachtung

Da der Fließverlauf aus den alten Karten übernommen wurde und im Gelände nur durch die GPS-Daten vorlag, ist nicht sicher, dass das Querprofil im rechten Winkel zur Fließrichtung

aufgenommen wurde. Je mehr sich dieser Winkel verschiebt, desto stärker wird die Gerinnegeometrie verfälscht, da sich z.B. die Sohlenbreite verlängert.

Auch konnte keine Datierung der ermittelten Querschnitte erfolgen. Deshalb muss der zeitliche Zusammenhang zwischen den verschiedenen Querschnitten kritisch betrachtet werden. Anzustreben wäre hier die Ermittlung mehrere Querschnitte hintereinander pro Abschnitt (HILT ET AL. 2008). Wenn dieselbe Höhe (NHN) nachweisbar ist, kann ein Zusammenhang in diesem Abschnitt hergestellt werden.

Um die Querschnitte verschiedener Abschnitte (z.B. Oberlauf, Mittellauf, Unterlauf) hinsichtlich ihres Alters in Verbindung zu bringen, könnte eine Radiokarbondatierung (^{14}C) vorgenommen werden. Diese Methode wurde im Rahmen dieser Arbeit nicht angewendet.

Eine unkorrekte Aufnahme von parallelen Fließverläufen kann aufgrund der Testbohrungen sowie der Geländemorphologie in dem sich die Querschnitte befinden, ausgeschlossen werden.

4.6 Bestimmung des bordvollen Abflusses anhand von historischen Querschnittsprofilen

4.6.1 Vorbemerkung

Die hier vorgestellten Berechnungen beziehen sich auf eine stationär-gleichförmige Fließbewegung. Dabei ist der Bewegungszustand in einem Gerinne unabhängig von der Zeit, also für einen bestimmten festen Ort, auf den Abfluss (Q) bezogen. Das Gefälle ist konstant. Jeder Querschnittsdurchfluss in dieser Arbeit wurde unter dieser Annahme berechnet.

Da die Wasserspiegellinien des Pfefferfließes im 18. Jh. nicht bekannt und ermittelbar sind, kann auch keine Aussage zum mittleren jährlichen Abfluss getroffen werden. Deshalb wurde der bordvolle Abfluss für das Winter- bzw. Sommerhochwasser berechnet.

4.6.2 Berechnung der Durchflüsse natürlicher Gerinne

Der Durchfluss oder Abfluss Q wird zum einen von der durchflossenen Querschnittsfläche A sowie von der Geschwindigkeit v bestimmt.

Dabei gilt die Kontinuitätsgleichung:

$$Q = v_1 \cdot A_1 = v_2 \cdot A_2 \quad \text{Gl.1 Kontinuitätsgleichung}$$

Aus dieser Gleichung kann die Gleichung

$$Q = v_m \cdot A \quad \text{Gl. 2 Ableitung aus Kontinuitätsgleichung}$$

abgeleitet werden.

Die mittlere Geschwindigkeit v_m resultiert aus den unterschiedlichen Geschwindigkeiten innerhalb der Querschnittsfläche eines Gerinnes.

Dabei sind die Geschwindigkeiten umso ungleichmäßiger verteilt, je unregelmäßiger das Gerinne geformt ist (RÖSSERT 1994). In Abbildung 17 sind zwei verschiedene Gerinntentypen dargestellt. Die Isotachen zeigen die Geschwindigkeitsverteilung an.

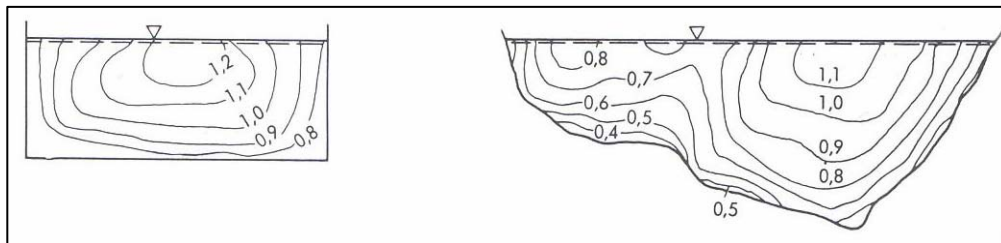


Abb. 17 Isotachen der Geschwindigkeitsverteilung in zwei verschiedenen Gerinntentypen
Quelle: RÖSSERT 1994

Es ist deutlich zu erkennen, dass die Geschwindigkeit mit zunehmender Tiefe des Gerinnes abnimmt. Ebenfalls kommt es zu einer Abnahme der Geschwindigkeit in Richtung der Wandung des Gerinnes.

Beide Geschwindigkeitsverringerungen sind auf die Rauigkeit und damit auf die Reibung des Wassers mit der Gerinnewand zurückzuführen. Nicht nur die Rauigkeit der Gerinnewandung spielt bei der Verteilung der Geschwindigkeiten eine Rolle, sondern auch die des Bewuchses. Zum einen bremst dieser den Durchfluss direkt durch die Pflanzenoberfläche ab. Zum anderen kommt es durch die Bewuchsdichte zu Turbulenzen, die

sich auch auf den bewuchsfreien Raum innerhalb des Gerinnes auswirken (DFG 1987). Dabei kann die Fließgeschwindigkeit erheblich gemindert werden. In Abbildung 18 ist die Verteilung der Isotachen mit und ohne Bewuchs dargestellt. Die dargestellten Ergebnisse konnten durch einen Laborversuch generiert werden. Die Pflanzen wurden durch Stäbe mit gleichem Abstand nachempfunden (DFG 1987). Beide Querschnitte besitzen dieselben Ausmaße. Im Gerinne mit Pflanzen (Stäben) ist erkennbar, dass nicht nur die Geschwindigkeit zur Gerinnewand hin abnimmt, sondern auch der Bereich ohne „Pflanzen“ seine hydraulische Leistungsfähigkeit um 60% von 75 m/s auf 35 m/s verringert (Abbildung 18).

Die Laboruntersuchungen konnten (FELKEL 1960 IN DFG 1987) im Feld bestätigt werden (Abbildung 19).

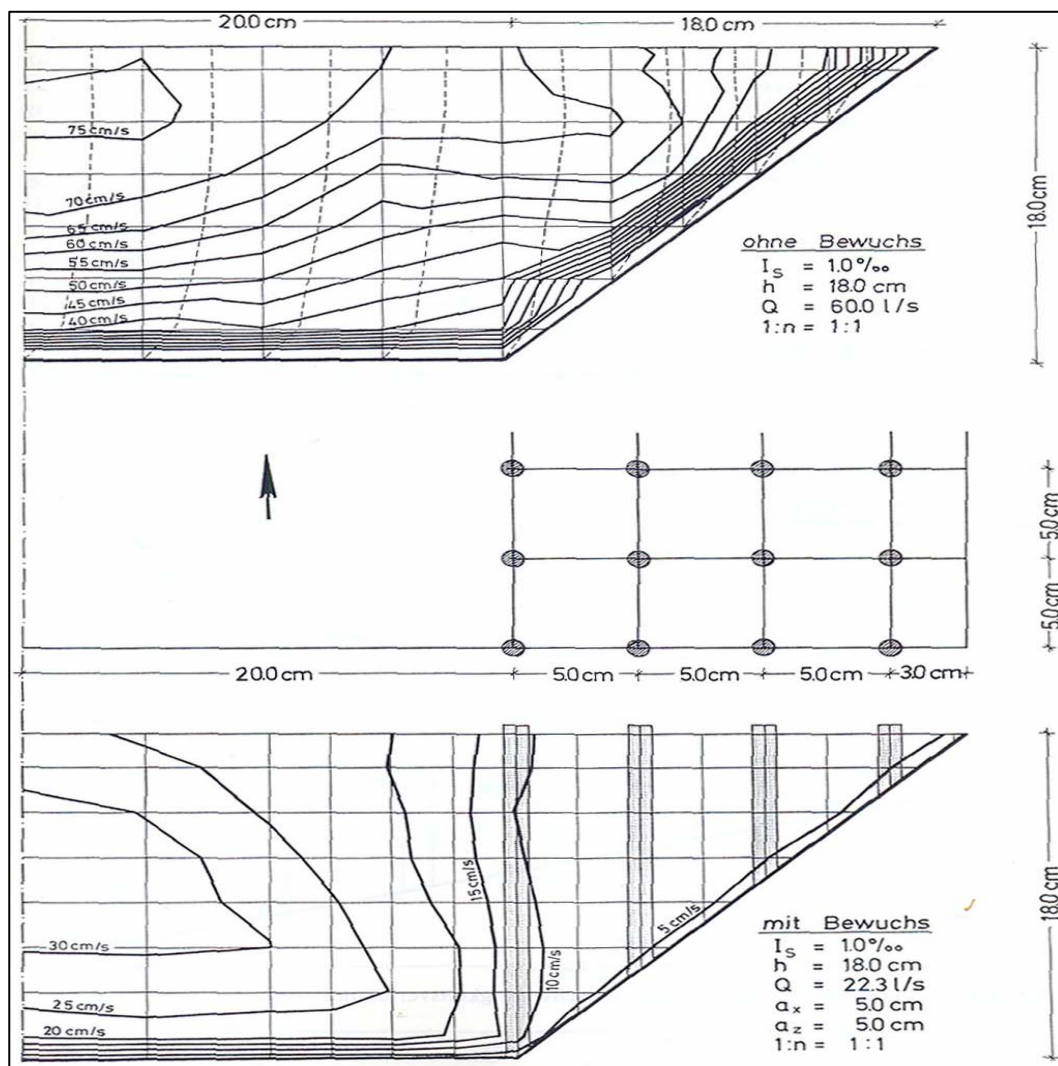


Abb. 18 Laborversuch zur Auswirkung von Pflanzenbewuchs auf die hydraulische Leistungsfähigkeit
 Quelle: DFG 1987

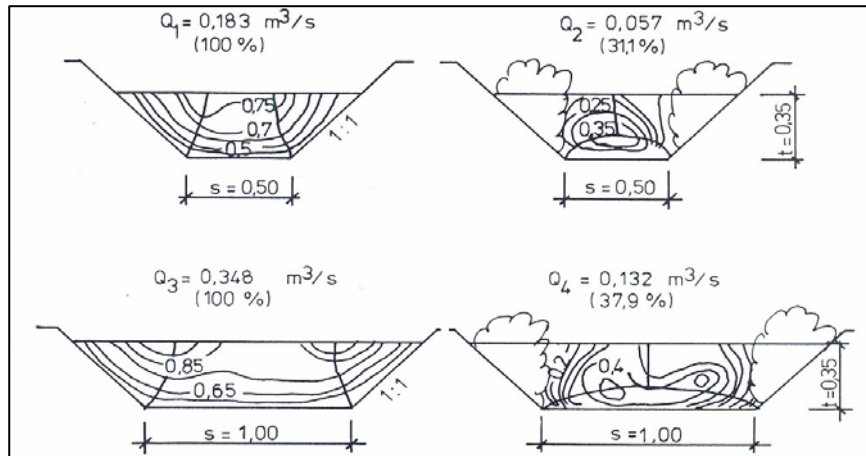


Abb. 19 Feldmessungen von FELKEL (1960) zur Auswirkung von Pflanzenbewuchs auf die hydraulische Leistungsfähigkeit
 Quelle: DFG 1987

Auf der linken Seite von Abbildung 19 ist der Gerinnequerschnitt ohne und auf der rechten Seite derselbe Querschnitt mit Bewuchs dargestellt. Aufgrund von technischen Schwierigkeiten konnten keine Messungen im Bereich des Bewuchses vorgenommen werden. Es ist aber auch hier deutlich erkennbar, dass der Einfluss der Vegetation auf die Fließgeschwindigkeit und damit auf den Durchfluss erheblich ist. Bei diesen Untersuchungen wurde eine Durchflussminderung von ca. 62% im unteren Profil und ca. 69% im oberen Profil gemessen (FELKEL 1960 IN DFG 1987).

4.6.3 Berechnung nach Manning-Strickler

Aufgrund der Durchflussminderung müssen die Rauigkeiten in den Berechnungen des Abflusses berücksichtigt werden. In der Literatur sind mehrere Ansätze und Formeln angegeben.

Die am einfachsten handhabbare und am häufigsten genutzte Formel ist die Manning-Strickler Gleichung (Gleichung 3).

$$v_m = k_{Str} \cdot r_{hy}^{2/3} \cdot I_s^{1/2} \quad \text{Gl.3 Manning-Strickler Gleichung}$$

mit

v_m - mittlere Geschwindigkeit (m/s)

k_{Str} - Geschwindigkeitsbeiwert nach Strickler ($m/s^{1/3}$)

r_{hy} - hydraulischer Radius (m)

I_s - Sohlgefälle (-)

Die Fließwiderstände werden dabei durch den Manning-Strickler Beiwert k_{Str} bestimmt. Dieser kann aus Tabellen entnommen werden und beruht auf Erfahrungswerten (SCHRÖDER ET AL. 1994). Der Wert wird eingesetzt um die mittlere Geschwindigkeit v_m zu bestimmen.

Zur Berechnung naturnaher Gerinne wird die Gleichung von Darcy Weisbach empfohlen. Diese beinhaltet nicht nur eine eindeutigere Aussage zu den Rauigkeiten, sondern auch eine bessere Berücksichtigung der Geschwindigkeitsverteilung (PATT ET AL. 2004). Sie ist zudem physikalisch besser begründet und ermöglicht eine Aufgliederung in Einzelphänomene (z.B. Pflanzen- und Wandwiderstand) (SCHRÖDER ET AL. 1994).

Da sich die Rauigkeitsbeiwerte für die Berechnung der hier vorgelegten Gerinne nach Darcy Weisbach nicht ermitteln ließen, wurde mit der Manning-Strickler Gleichung gearbeitet. Im englischsprachigen Raum wird zudem vorzugsweise mit den Rauigkeitswerten von Manning-Strickler bei natürlichen Gerinnen gearbeitet (LANCESTER UND BRASS 2002; HE ET AL. 2009; LESTER UND WRIGHT 2008). Im Band 33 der Studien- und Tagungsberichte des LUA Brandenburg (2001) wurde ebenfalls für die Berechnung der Trockenwetterabflüsse auf Manning-Strickler zurückgegriffen.

Die Bereiche in denen die Querschnitte entnommen wurden, weisen auf den historischen Karten unterschiedliche Landnutzungen auf. Zu unterscheiden ist zwischen Wiese und Feuchtwald, d.h. zwischen günstigen und ungünstigen Lichtverhältnissen. Der Lichtfaktor wirkt sich auf den Pflanzenbewuchs, neben Wasserinhaltsstoffen und hydraulischen Parametern, entscheidend aus (JORGA UND WEISE 1981). Um diese Tatsache zu berücksichtigen, müssen die Rauigkeitsbeiwerte angepasst werden. In Abbildung 20 ist deutlich der Anstieg des Bewuchses eines Jahrganges in einem Profil zu erkennen. Gezeigt wird die Verkrautung an Wasserläufen mit > 5 m Sohlenbreite im Flachland.

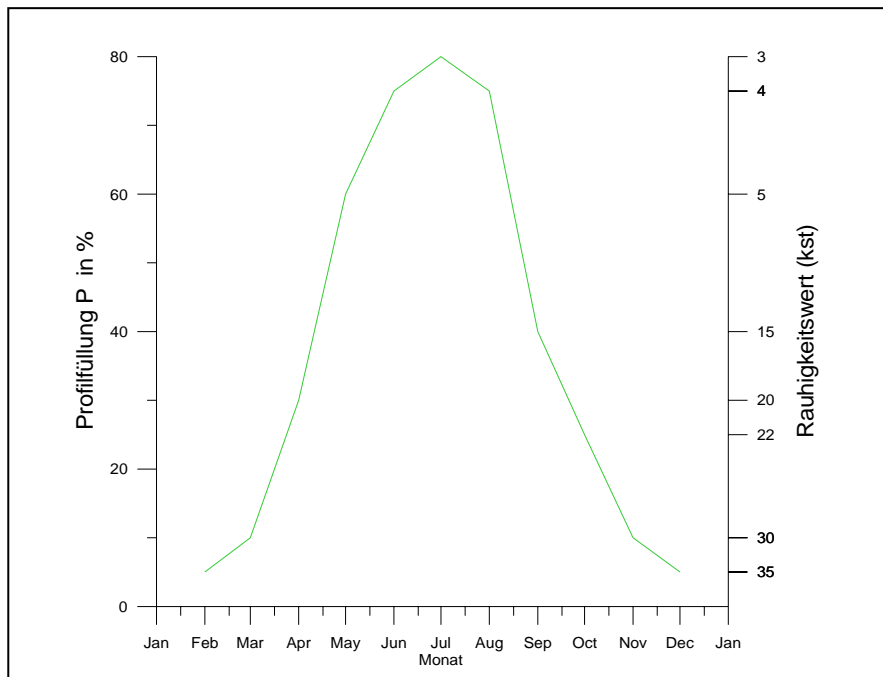


Abb. 20 Verkrautung im Jahresgang

Quelle : eigene Darstellung nach JORGA UND WEISE 1981

Im Jahresverlauf nimmt der k_{Str} Wert von 35 im Winter auf 3 - 5 im Sommer deutlich ab, wobei die Profiltfüllung auf 80% ansteigt. Der Wasserspiegel steigt mit der Profiltfüllung und somit der Erhöhung des Pflanzwiderstandes an (NADEN ET AL. 2006). Dementsprechend kann ein bordvoller Anstieg im Sommer auch ohne ein großes Hochwasserereignis erreicht werden (persönliche Mitteilung, DR. JÖRG SCHÖNFELDER 2010, LUA).

Für einen bordvollen Abfluss im Sommer wurde mit $k_{Str} = 4$ bzw. im Winter mit $k_{Str} = 35$ gerechnet.

Für die Bereiche des Feuchtwaldes treffen oben gemachte Aussagen nicht zu. Je nach Bestockungsgrad durch die Bäume ändern sich hier die Lichtverhältnisse und damit der Bewuchs innerhalb des Querschnittes. Die Rauigkeit wird hier überwiegend durch Totholz hervorgerufen. MANGA UND KIRCHNER (2000) haben bei Trockenwetterabflüssen einen signifikanten Anstieg der Rauigkeit durch Totholz nachweisen können. Dadurch können hier Rauigkeiten von $k_{Str} = 7-20$ vorkommen (LUA 2001). All diese Werte beziehen sich jedoch auf den Trockenwetterabfluss, also den Abfluss nach einer Zeitspanne ohne abflusswirksame Niederschläge. Nach LUA (2001) sind diese Rauigkeitswerte nicht auf den bordvollen Abfluss anzuwenden, da das Totholz sich nur noch geringfügig auf den Gerinnewiderstand auswirkt. Zu ähnlichen Ergebnissen sind auch LESTER UND WRIGTH (2008) gekommen.

Da die eingesehene Fachliteratur keine Angaben zu einem bordvollen Abfluss in einem Feuchtwald enthält, wurde der k_{Str} Wert aus der Tabelle des DVWK (1990) als Grundlage

angenommen (Abbildung 21). Dieser wurde gewählt, da er am besten die hydraulischen Verhältnisse im UG, gewundenen Verlauf oder einige Kolke (siehe Kapitel 6.3.3) widerspiegelt.

5.2.14.3 Flüsse mit Spiegelbreiten < 30 m bei höchstem Wasserstand

Oberflächenbeschaffenheit	Strickler-Beiwert [$m^{1/3}/s$]		
	f = 0.6	f = 0.9	f = 1.0
<u>in der Ebene:</u>			
sauber, gerade, bordvoll, keine Bänke oder Kolke			30 - 40
wie zuvor, jedoch mehr Steine und Gestrüpp			25 - 33.5
sauber, gewunden, einige Kolke und Untiefen			22 - 30
wie zuvor, jedoch einige Steine und etwas Gestrüpp			20 - 28.5
wie unter 3, jedoch mehr Steine			16.5 - 22
wie unter 3, jedoch geringe Wassertiefen			18 - 25
träge fließende Abschnitte, mit Gestrüpp bestanden, tiefe Kolke			12.5 - 20
sehr stark mit Gestrüpp bestandene Abschnitte, tiefe Kolke			6.5 - 13.5
Flutmulden mit dichtem Bestand an Bäumen und Unterholz			6.5 - 13.5
<u>im Gebirge:</u>			
keine Vegetation an der Sohle, steile Ufer, Vegetation an den Ufern überflutet			
Sohle besteht aus Kies, Steinen und wenigen Blöcken			20 - 33.5
Sohle besteht aus Steinen mit großen Blöcken			14.5 - 25

Abb. 21 Tabelle zur Bestimmung von Rauigkeitsbeiwerten nach Manning-Strickler (hier Strickler Beiwert)

Quelle: DVWK 1990

Sauber bedeutet nach DVWK (1990) krautfrei. Da aus LUA (2001) Werte deutlich über $k_{Str} = 10 - 20$ bei bordvollem Abfluss zu entnehmen sind, wurde der höchstmögliche Rauigkeitsbeiwert mit $k_{Str} = 30$ verwendet.

Für den Sommer war ein Bewuchsgrad bzw. Rauigkeitsbeiwert im Rahmen dieser Arbeit nicht bestimmbar. Lediglich der Winterhochwasserabfluss konnte berechnet werden.

Fehleranalyse

Wie beschrieben liefert die Berechnung nach Manning-Strickler aufgrund des Vorgehens zur Bestimmung von v_m nur grobe Ergebnisse. Zudem sind die Querschnitte auch nur Momentaufnahmen einer hydrologischen Situation. Einen Meter weiter entlang der Fließrichtung können andere Querschnittsformen zu veränderten Abflusshöhen führen. Deshalb sind alle berechneten Werte als Richtwerte für die Einschätzung der Gerinneleistung bei bordvollem Abfluss zu betrachten.

4.7 Modellierung

Um die aufgefundenen historischen Querschnitte mit ihren jeweiligen Abflüssen in Verbindung zu bringen, war es nötig den mittleren historischen Abfluss MQ zu bestimmen. Da keine historischen Abflussmessungen vorliegen, musste MQ berechnet werden. Dazu wurden zwei Simulationen durchgeführt. Bei der ersten handelt es sich um die Modellierung des heutigen Abflusses mit dem Namen „Q_Heute“. Diese dient zum einen der Plausibilisierung des Modells und zum anderen dem Vergleich und der Abschätzung des Fehlers der zweiten Modellierung. Die zweite Modellierung mit dem Namen „Q_18.Jh.“ soll den historischen Abfluss des 18. Jh. darstellen.

Als Modellierungssoftware wurde ArcEgmo verwendet. Das Büro für angewandte Hydrologie (BAH) in Berlin hat mit diesem Programm im Auftrag des Landesumweltamtes Brandenburg die Modellierung der Abflusspenden für das Land Brandenburg durchgeführt (PFÜTZNER 2004).

Das Programm sowie die für das Gebiet notwendigen Eingangsdaten wurden nach Genehmigung des LUA zur Nutzung zur Verfügung gestellt.

4.7.1 Aufbau des Programms Arc Egmo

Das hydrologische Modellierungssystem ArcEgmo wurde für die räumliche und zeitliche Modellierung von Einzugsgebieten entwickelt. Die Größe der Einzugsgebiete kann dabei von einem Einzelstandort (Lysimeter) über Kleinst Einzugsgebiete von wenigen Quadratkilometer bis hin zu großen Flussgebieten reichen (PFÜTZNER ET AL. 2004).

Dafür wurde ein Mehr-Ebenen-Modellkonzept umgesetzt. Das Konzept sieht eine Untergliederung des hydrologischen Einzugsgebietsmodells in die beiden Domänen Abflusskonzentration (laterale Prozesse) und Abflussbildung (vertikale Prozesse) vor. Bei dem Bereich laterale Prozesse wird die Abflusskonzentration im Gewässersystem aus der Abflussbildung auf der Landoberfläche und dem Grundwasserabfluss aus einem Grundwasserspeicher beschrieben. Die Abflussbildung (vertikale Prozesse) dagegen beinhaltet hydrometeorologische Prozesse wie Niederschlag, Temperatur oder Strahlung. Des Weiteren sind Interzeption, Infiltration, Perkolation sowie reale Verdunstung dieser Domäne zuzuschreiben (PFÜTZNER ET AL. 2004).

Jede Domäne wird innerhalb des Programms ArcEgmo durch verschiedene Modellebenen beschrieben. Dabei werden folgende Modellebenen unterschieden:

1. METEOR dient der Ermittlung der meteorologischen Eingangsgrößen und deren Übertragung auf die zu modellierenden Flächen.
2. ABI beschreibt die Abflussbildung.
3. RD beschreibt die Abflusskonzentration auf der Landoberfläche.
4. GW beschreibt die Entstehung des Basisabfluss aus schnellen und langsamen Grundwasserspeichern.
5. Q beschreibt die Abflusskonzentration im Gewässernetz.

Die Modellebenen wiederum bestehen aus Modulen welche die hydrologisch relevanten Teilprozesse beschreiben. Außerdem werden hier zeit- und raumbezogenen Ein- und Ausgangsdaten verwaltet. Hinzu kommt der Austausch von Werten innerhalb der Modellebenen durch die Module (Abbildung 22).

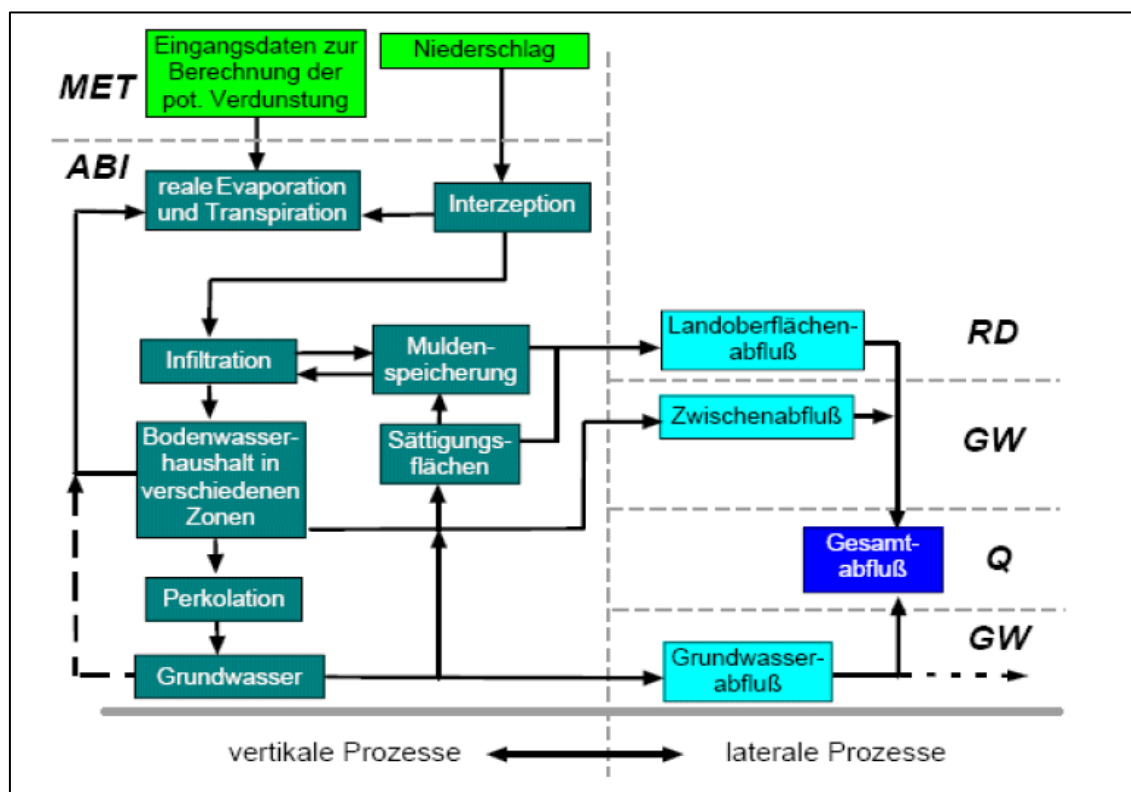


Abb. 22 Modellebenen und Module in ArcEgmo
 Quelle : PFÜTZNER ET AL. 2004

Die Eingangsdaten werden in ArcEgmo nach Zeit- und Raumbezug unterschieden. Zeitbezug haben Daten wie z.B. meteorologische Messreihen (Niederschlag, Temperatur etc.). Raumbezogene Daten dagegen enthalten Informationen über Höhe, Exposition, Landnutzung,

Fließlänge etc. und können mit Hilfe von GIS - Programmen aufgearbeitet werden. Pegelstände und Abflussmessungen können zur Kalibrierung des Modells verwendet werden. Zur Eingabe der raumbezogenen Daten bei ArcEgmo werden die verschiedenen Informationen wie Bodentyp, Landnutzung, Grundwasserstand, Einzugsgebiet sowie die Daten des Digitalen Geländemodells (DGM) miteinander verknüpft (Abbildung 23). Dafür werden die Daten über ein GIS - Programm verschnitten. Es entstehen Elementarflächen, welche die genannten Informationen auf eine bestimmte Fläche im Raum beziehen.

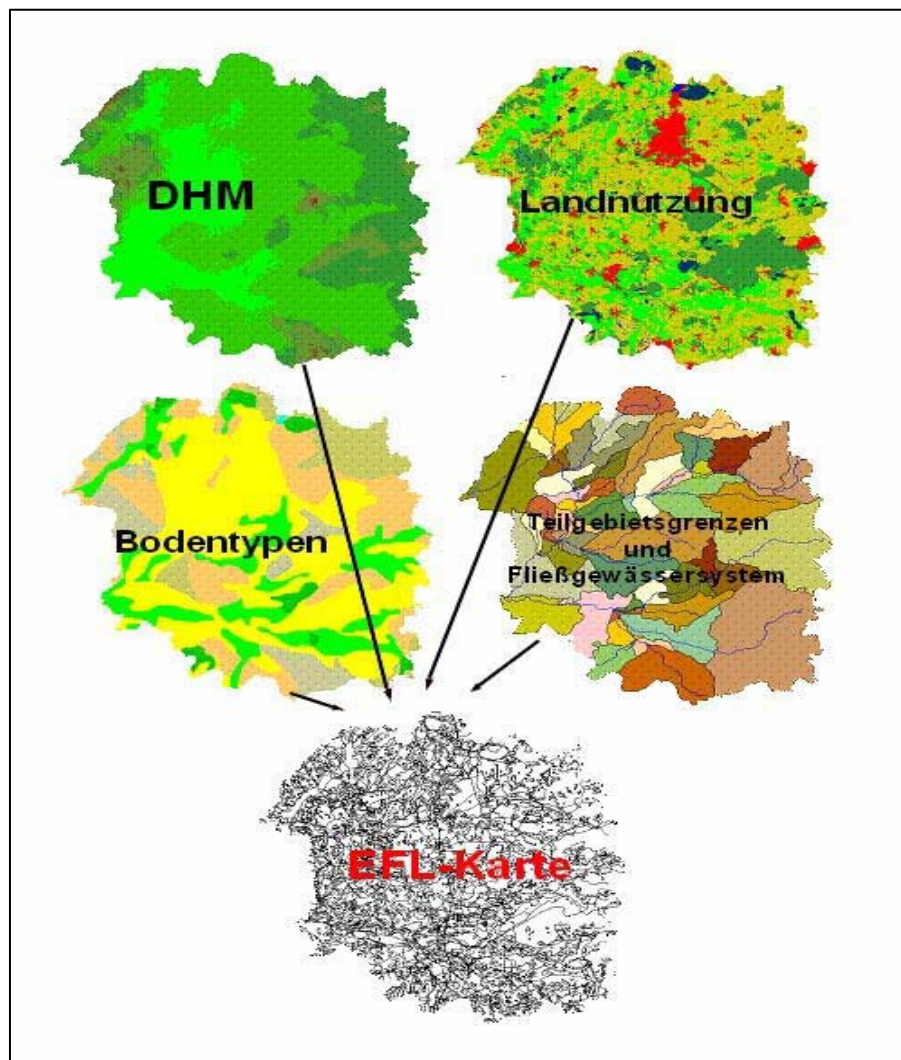


Abb. 23 Eingabe der raumbezogenen Daten in ArcEgmo

Quelle: PFÜTZNER ET AL. 2004

4.7.2 Verfügbare Eingangsdaten

Folgende aktuelle Eingangsdaten für die Modellierung wurden durch das BAH zur Verfügung gestellt.

Zeitbezogene Eingangsdaten

Klimadaten der Zeitreihe 1971 - 2006. Diese Daten mussten nicht neu aufgearbeitet werden, sondern konnten vom BAH Berlin übernommen werden (Tabelle 3). Beide Modellierungen beziehen sich auf die Daten dieses Zeitraums.

Raumbezogenen Eingangsdaten

Die raumbezogenen Daten für die Modellierung der heutigen Abflüsse (Q_Heute) konnten ebenfalls vom BAH übernommen werden. Dabei handelt es sich um einen Auszug aus der Datengrundlage des Landesmodells Brandenburg (PFÜTZNER 2007), der das Einzugsgebiet des Pfefferfließes abdeckt. Dem Landesmodell standen Bodendaten der Bodengeologischen Übersichtskarte im Maßstab 1:300.000 (BÜK 300), die Color Infrared (CIR) Landnutzungsdaten, das DGM 25 und die topologischen Daten des oberirdischen Einzugsgebietes sowie das Fließgewässersystem nach LAWA zur Verfügung.

4.7.3 Aufbereitung der Raumbezogenen Eingangsdaten für „Q_18.Jh.“

Um den historischen Abfluss „MQ 18. Jh.“ zu bestimmen, mussten die eingehenden raumbezogenen Daten durch die zur Verfügung stehenden Daten der damaligen Landnutzungen aktualisiert werden. Durch den Unterschied in der historischen Landnutzung sowie den durch anthropogenen Einfluss veränderten Teileinzugsgebieten und des Fließverlaufes im Vergleich zu heute sind die Geometrien der Elementarflächen verändert. Deshalb mussten diese neu erstellt werden. Um dies zu gewährleisten, wurde das GIS-Programm Arc-Map 9.2 angewendet.

Landnutzung

Die damaligen Landnutzungsformen auf der historischen Karte wurden mit den heutigen, für die Modellierung relevanten Landnutzungsformen, in Bezug gesetzt. Der Informationsgehalt der Schmettauschen Karte ist gegenüber der Heutigen, vom BAH erstellten Landnutzungskodierung (PFÜTZNER 2004) stark generalisiert.

Um diese Tatsache angemessen zu berücksichtigen, wurden zwei Verfahren der Überführung geprüft.

1. Die Überführung der heutigen Landnutzungscodierung (BAH 2004) auf die Flächenelemente der Schmettauschen Karte.

Ergebnis: Informationsdefizite durch die stark generalisierte Schmettausche Karte.

2. Die Überführung der Schmettauschen Landnutzungslegende auf die heutigen Flächenelemente der Landnutzungscodierung (BAH 2004).

Ergebnis: Informationsverlust durch die Generalisierung der Flächenelemente.

Inwieweit sich Unterschiede zwischen beiden Verfahren auf die Modellierung auswirken, wurde anhand der Ergebnisse beider Anwendungen untersucht. Die Unterschiede der berechneten Abflüsse belaufen sich auf 0,31%. Demnach ist der Fehler der Berechnung des mittleren Abflusses gering und konnte vernachlässigt werden.

Anpassung der Landnutzungen

Wald

Ein weiteres Problem stellt die Landnutzungskategorie Wald dar. Der Wald des 18. Jh. stellte Raum für völlig andere Nutzungen als heute. Dazu zählten u.a. Viehbeweidung, Brennholznutzung, Streunutzung für Nutztiere, Teer- und Bauholzgewinnung, um die Wichtigsten zu nennen. Aufgrund dieser Nutzungen kam es zu einer starken Auflichtung des Waldes. Jungwuchs und Bodenflora wurden durch die Hütung des Viehs zurückgedrängt (KRAUSCH 2008). „Unsere Heiden sind so ausgelockert, an jedem Baum steht beinahe ein Mensch mit der Axt, auf jede zehn Schritte ein Schaf, eine Kuh oder ein Pferd.“ zitiert KRAUSCH (2008) einen gewissen C.F.K.

Diese intensive und vielfältige Nutzung spiegelt sich in sogenannten Blößen und Schonungen wider. Der Wald war eher ein Flickenteppich als eine flächendeckende Pflanzenformation. „Ende des 17. Jahrhunderts befand sich die überwiegende Mehrheit der Waldfläche Brandenburgs in einem devastierten, buschartigen Zustand.“ (HOFFMAN ET AL. 2006 IN LANDGRAF 2006). Um diese Tatsachen einzubeziehen, muss für die Modellierung die Landnutzung Wald des 18. Jh. angepasst werden. Da die Landnutzungskartierung des BAH solche Nutzung nicht vorsieht, wurde die Landnutzung Wald für die Modellierung als Landnutzung Heide ausgewiesen. Diese kommt dabei dem Begriff des Waldes des ausgehenden 18. Jh. aufgrund der genannten Faktoren am Nächsten. Damit ändern sich die Grundwasserneubildungsraten. In einem Wald sind die Grundwasserneubildungsraten aufgrund des Bewuchses niedriger als unter Heide. Bei der Abflußpendenkarte Brandenburg wird für Wald eine mittlere jährliche Grundwasserneubildung von 55 mm und für Heide von 131 mm angegeben (PFÜTZNER 2004).

Ackerflächen

Die Landnutzung Acker wurde ebenfalls einer anderen Nutzungsart nach BAH zugeordnet. Heutige Ackerflächen haben einen völlig anderen Bewuchs als zur damaligen Zeit. Zudem werden sie heute maschinell bestellt und die Ackerfrüchte liefern höhere Erträge als die des 18. Jh. In Abbildung 24 werden die Ernteerträge Brandenburgs der letzten 54 Jahre anhand von drei verschiedenen Fruchtarten dargestellt. Alle drei Fruchtarten Getreide, Kartoffeln und Zuckerrüben weisen eine Ertragssteigerung um das Doppelte auf.

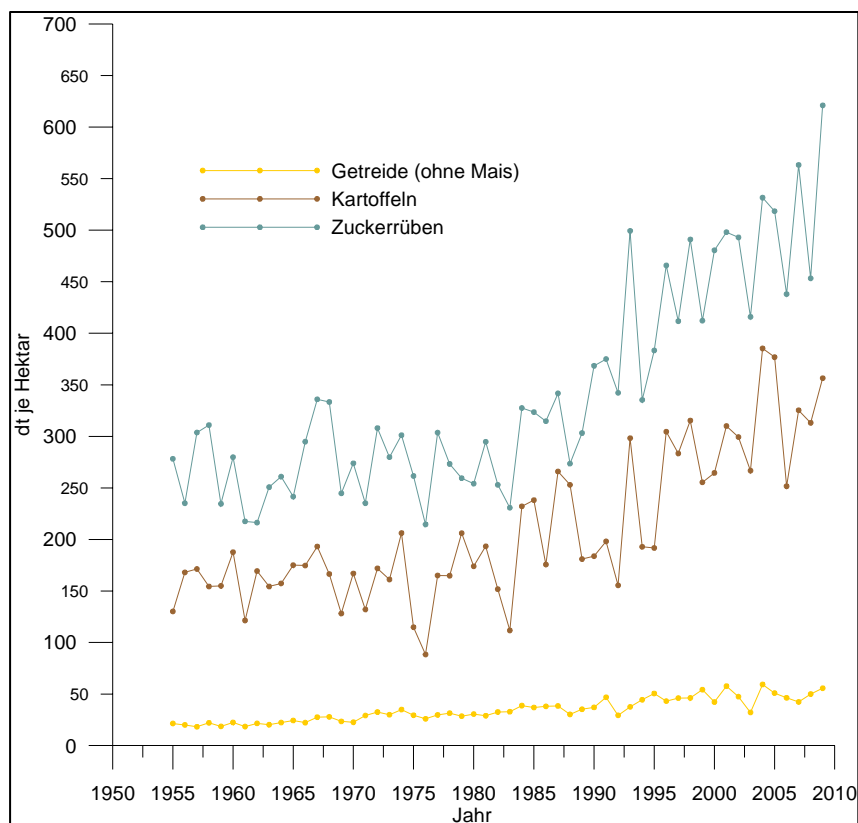


Abb. 24 Ernteerträge der letzten 55 Jahren in Brandenburg

Quelle : eigene Darstellung nach Daten des Amtes für Statistik Berlin-Brandenburg

Durch die steigenden Erträge kommt es zu einem erhöhten Wasserverbrauch und damit zu einer geringeren Grundwasserneubildung auf den Ackerflächen.

Alle Ackerflächen gingen deshalb als Wildacker in die Modellierung ein, da Wildacker gegenüber Acker eine höhere Grundwasserneubildung aufweist.

Die Landnutzung, die aus der Schmettauschen Karte hervorgeht, wurde dementsprechend auf die vom BAH (PFÜTZNER 2004) erstellte Landnutzungscodierung umgeschrieben (Tabelle 3).

Tab. 3 Übersicht der Codierung der Landnutzungsarten nach dem Schmettauschen Kartenwerk und des BAH

Landnutzungsart	Landnutzung aus Schmettauschem Kartenwerk	Codierung BAH	Landnutzungsart	Landnutzung aus Schmettauschem Kartenwerk	Codierung BAH
Gewässer	See	10	Siedlung (Versiegelung 25%)	Siedlungen (Dörfer)	61
Feuchtflächen	-	11	Siedlung (Versiegelung 38%)	-	62
sonstige Feuchtflächen	verlandeter "Fauler See" bei Rieben	12	Siedlung (Versiegelung 64%)	-	63
Feuchtgrünland	nasse Wiese	21	Kerngebiet (Versiegelung 67%)	-	64
Frischgrünland	Wiese	22	Industrie/Gewerbe (Versiegelung 59%)	-	71
Trocken/ Halbtrockenrasen	-	23	Industrie/Gewerbe (Versiegelung 84%)	-	72
sonstiges Grünland	-	24	Ver-/Entsorgung, Sondernutzung (Versiegelung 54%)	-	73
Heide	Wald	30	Baustelle	-	74
Wald	-	40	Grün-/Erholungsfläche (Versiegelung 14%)	Gärten	75
Feuchtwald (Moor, Aue, Bruch)	Bruchwald	41	Kleingarten, Gartenbau (Versiegelung 20%)	-	76
Laubwald	-	42	Sonderfläche	-	77
Nadelwald	-	43	Verkehr (Versiegelung 38%)	-	81
Mischwald	-	44	Straße	-	82
Acker intensiv, Saatgrünland	-	51	sonstige, unversiegelt	-	90
Ackerbrache, Wildacker	helle Flächen	52	No Data	-	-9999

Teileinzugsgebiete

Da das historische Gewässernetz des Pfefferfließes deutlich kleiner war als das Heutige, mussten die Teileinzugsgebiete entsprechend verändert werden. Die Veränderung beinhaltete das Zusammenlegen mehrerer Teileinzugsgebiete zu einem neuen, größeren Teileinzugsgebiet. Zusätzlich wurde ein Teileinzugsgebiet mit dem Tool ArcHydro92 1.2 neu bestimmt.

Fließverlauf

Da der historische Verlauf des Pfefferfließes und seiner Nebengräben ebenfalls in die Modellierung eingeht, kam es auch hier zu einer Anpassung für die Eingabe in ArcEgmo. Der

Verlauf und die Nebengräben wurden, wie beschrieben, aus den historischen Karten entnommen. Zusätzlich musste der Verlauf in verschiedene Abschnitte unterteilt werden. Dieses Vorgehen dient zum einen dazu dem jeweiligen Abschnitt einen Abfluss zuzuordnen und zum anderen jedem Abschnitt auch sein Teileinzugsgebiet zuzuschreiben. Somit konnte an den Stellen an denen die Querschnitte ermittelt wurden, auch ein Abfluss zugeordnet werden.

Des Weiteren wurde für jeden dieser Abschnitte die Länge berechnet und ein Gefälle zugeordnet. Das Gefälle wurde aus dem heutigen DGM 25 abgeleitet, da davon ausgegangen werden kann, dass sich die Morphologie nicht sehr stark verändert hat.

Außerdem wurden die einzelnen Abschnitte mit Unter- und Oberlieger ID versehen, um die Abflussrichtung vorzugeben bzw. die Zuweisung auf den nächsten Abschnitt zu gewährleisten.

Für die Rauhigkeit im Gerinne wurde nach mehreren Beispielrechnungen der Manning-Strickler Wert 10 im gesamten Gewässernetz festgelegt. Dieser Rauhigkeitswert wurde aus LUA (2001) sowie von JORGA UND WEISE (1981) entnommen und auf das gesamte Gewässer als Mittelwert gesetzt. Diese Anpassungsarbeiten erfolgten mit Hilfe des Programms ArcMap.

Bodentyp

Daten über den Bodentyp blieben gegenüber den anderen raumbezogenen Eingangsdaten unverändert (Tabelle 4).

Grundwasserflurabstand

Die Grundwasserflurabstände wurden nicht verändert. Zwar lassen die Archivrecherchen auf einen höheren Grundwasserspiegel vor 200 Jahren schließen, jedoch konnte im Rahmen der Arbeit kein konkreter Wert ermittelt werden.

Tab. 4 Übersicht der Eingangsdaten und deren Quellen

Eingangsdaten für die Modellierung	Quelle für Modellierung Heute	Quelle für Modellierung 18. Jh.
Raumbezogene Daten		
Landnutzung	BAH Berlin	historische Karten
Höhe	BAH Berlin	DGM25
Exposition	BAH Berlin	DGM25
Gefälle	BAH Berlin	DGM25
Boden	BAH Berlin	BAH Berlin
Grundwasserstand	BAH Berlin	BAH Berlin
Einzugsgebiet	BAH Berlin	BAH Berlin
Teileinzugsgebiete	BAH Berlin	Überarbeitet, T. Schulze
Fließverlauf (Länge, Gefälle)	BAH Berlin	historische Karten, DGM 25
Zeitbezogenen Daten		
Niederschlag	BAH Berlin	BAH Berlin
Temperatur	BAH Berlin	BAH Berlin
rela. Luftfeuchte	BAH Berlin	BAH Berlin
Windgeschwindigkeit	BAH Berlin	BAH Berlin
Globalstrahlung	BAH Berlin	BAH Berlin

Fehlerdiskussion

Für eine genauere Überführung der Landnutzungen des 18. Jh. zur heutigen ist die Bildung neuer Landnutzungsarten für weiterführende Modellierungen anzustreben. Das betrifft im Rahmen der Modellierung in dieser Arbeit unter anderem die Ackernutzung sowie die Waldnutzung.

Auch die Grundwasserflurabstände bedürfen einer speziellen Anpassung an damalige Verhältnisse. In einer nicht in diese Arbeit eingehende Berechnung wurde der Grundwasserstand innerhalb des UG um 1 m erhöht. Dadurch kam es zu einem Anstieg des MQ von 0,29 m³/s auf 0,34 m³/s. Also einer Steigerung von 17% infolge des höheren Grundwasserstandes.

Da es aber schwierig sein wird ohne aussagekräftige Überlieferungen verlässliche Daten zu erhalten, bleibt eine Aussage hinsichtlich der Grundwasserstände und ihrer Verteilung anspruchsvoll.

Die Übertragung der heutigen Klimadaten birgt weitere Unsicherheiten. Niederschlag und Temperatur können bspw. insgesamt oder temporär im 18. Jh. völlig anders ausgeprägt gewesen sein. Tatsächlich hat sich die Niederschlags- und Temperaturverteilung der letzten 200 Jahre verändert (BECK ET AL. 2007). Abbildung 25 zeigt diese Veränderung bezogen auf Gesamtdeutschland. Es könnte damals also zu höheren klimabedingten Abflüssen gekommen sein.

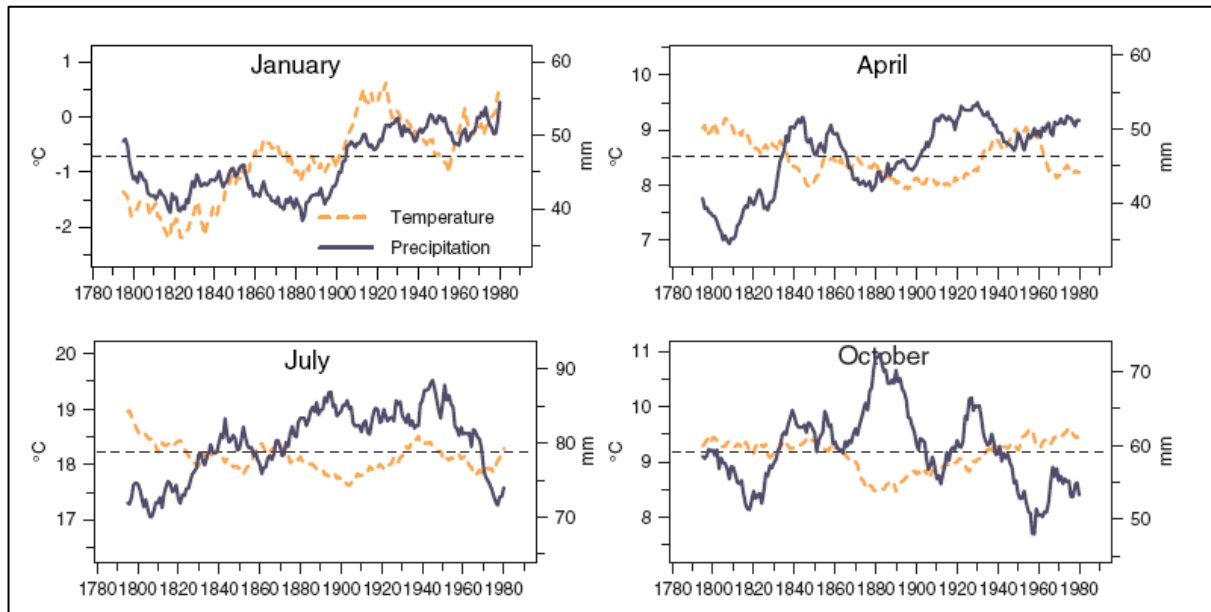


Abb. 25 Veränderung des Niederschlags- und Temperaturverlaufs im Jahresgang für Deutschland ab 1780

Quelle: BECK ET AL. 2007

Ein Modell kann immer nur ein Versuch eines Abbildes der Realität sein. Die Ergebnisse die ein Modell liefern kann, spiegeln nicht die Realität in Gänze. Es ist schwierig sämtliche Faktoren, die sich gegenseitig beeinflussen in einem Modell umzusetzen.

5 Ergebnisse

5.1 Historischer Fließverlauf

Der in Abbildung 26 gezeigte Verlauf wurde aus 4 unterschiedlichen Karten sowie einer eigenen Aufnahme generiert.

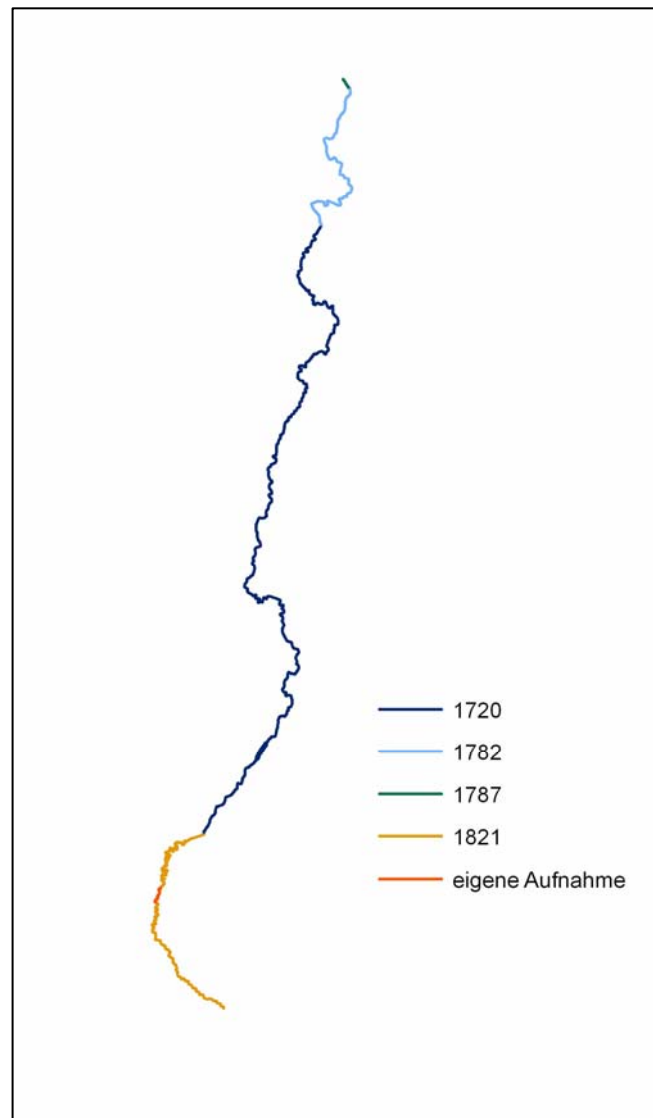


Abb. 26 Generierter historischer Verlauf des Pfefferfließes

Von der Quelle bis zur Ortschaft Gottsdorf konnte das DECKERSCHE KARTENWERK (1821) genutzt werden.

Vorzugsweise wäre das Schmettausche Kartenwerk anzuwenden, da es in der Zeit vor dem Deckerschen entstand und damit zeitlich besser passt. Dieses ist jedoch in diesem Bereich,

also südlich von Gottsdorf mit zu groben Fehlern bezüglich des Verlaufes des Pfefferfließes behaftet so das das Deckersche angewendet werden musste. Grund für diese Annahme ist das die Verlaufsrichtung des Deckerschen Kartenwerkes der heutigen ähnelt. Eine Abweichung von ca. 400 m ist im Schmettauschen Kartenwerk festzustellen. Während in beiden Kartenwerken für das Fließ direkt hinter Gottsdorf die gleiche Richtung verzeichnet ist, verläuft es im Schmettauschen Kartenwerk ab der Brücke zwischen Gottsdorf und Frankenförde in eine völlig Richtung. Dabei verlässt das Pfefferfließ den Niedermoorbereich und passiert höher gelegene Sandinseln (Abbildung 27). Dieser Verlauf im Schmettauschen Kartenwerk kann nur durch fehlerhafte Aufnahmen oder Zusammenzeichnungen entstanden sein.

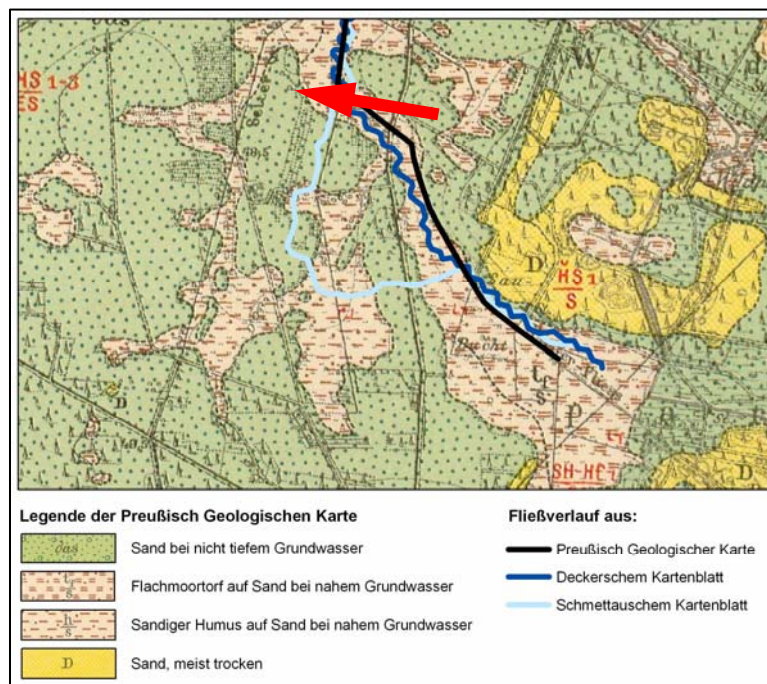


Abb. 27 Vergleich der Verläufe im Schmettauschen- und Deckerschen Kartenblatt, roter Pfeil: Beginn der unterschiedlichen Verlaufszeichnung hinter Gottsdorf

Quelle: PREUßISCH GEOLOGISCHE KARTE 1919, SCHMETTAUSCHES KARTENBLATT 1767 - 1787 UND DECKERSCHES KARTENBLATT 1821

Außerdem konnten keine Veränderung des Fließverlaufes im Deckerschen Kartenblatt festgestellt werden. Wäre eine Melioration am Fließ zwischen diesen beiden Zeiten vorgenommen worden, wäre dies sicherlich in Form eines gestreckten Verlaufes zu erkennen. Die gewundene Form des Fließes im Deckerschen Kartenblatt lässt eine solche Vermutung jedoch nicht zu. Deshalb kam das Deckersche Kartenblatt ebenfalls zur Anwendung. Fragwürdig ist ob dieser Abschnitt aufgrund des Kartenmaßstabes sowie der Größe des

Fließes dort naturgetreu abgebildet wurde. Weitere, insbesondere großmaßstäbige Karten dieses Bereiches konnten nicht ermittelt werden.

Der zum Verlauf des Deckerschen Kartenwerkes ergänzende Abschnitt wurde mittels GPS eingemessen. Anhand der Mäanderschleifen, die sich in dem Erlenbruch südlich von Gottsdorf („Mäander Gottsdorf“) befinden konnte der erste Abschnitt des historischen Verlaufes verbessert werden.

Der nächste Abschnitt reicht von Gottsdorf bis südlich von Stangenhagen kurz vor dem Einfluss des Pfeffergrabens. Dieser Abschnitt konnte durch die Karte „Hammerfließ“ abgedeckt werden. Die Karte entstand um 1720 und liegt im Maßstab 1:6.000 vor. Bemerkenswert an dieser Karte ist ihre Genauigkeit in Bezug zur ALK. In Abbildung 28 wurde ein Ausschnitt aus dem Verlauf in der ALK gewählt, um die Abweichungen aufzuzeigen.



Abb. 28 Ausschnitt des Pfefferfließes zur Verdeutlichung des abweichenden Verlaufes
 Quelle: eigene Darstellung, Kartengrundlage: KARTE HAMMERFLIEß, ALK

Das genaue Aufnahmedatum der Flurkarte kann nicht genau bestimmt werden. Es liegt aber in der Mitte des 19. Jh. (persönliche Mitteilung KATASTERAMT LUCKENWALDE 2009). Es ist deutlich zu erkennen, dass das Fließ für die damalige Zeit (1720) sehr genau vermessen worden ist. Die Abweichungen betragen in der Regel 10 - 30 m gegenüber der Flurkarte, welche mit einer Genauigkeit von ± 10 m die älteste genaueste Karte darstellt. Zwar bildet die Flurkarte einen stärker mäandrierenden Verlauf ab als die Karte Hammerfließ, konnte aber da sie mindestens 120 Jahre später entstand nicht für die Abbildung des historischen Verlaufes angewendet werden.

Die dritte verwendete Karte mit dem Namen Zauchwitzer Elsbusch entstand im Jahre 1782 und liegt im Maßstab 1:5.000 vor. Diese zeigt den weiteren Verlauf bis zur Straßenbrücke bei Stangenhagen auf.

Der letzte Abschnitt bis zur Mündung des Pfefferfließes konnte aus der Schmettauschen Karte rekonstruiert werden. Die Mündung des Fließes in die Nieplitz lag direkt oberhalb der Ortschaft Stangenhagen.

5.2 Gewässerstrukturgütekartierungen

Die Ergebnisse der Gewässerstrukturkartierung werden differenziert nach Stammdaten, gewässermorphologischen Grundlagendaten, dem Einzelparameter Laufkrümmung sowie hinsichtlich der Gesamtbewertung aufgezeigt.

Stammdaten

Gewässerkennzahl (LAWA) :	58488
Länge :	16,393 km
Einzugsgebiet :	ca. 130 km ²
Gewässertyp:	Fließgewässer des Norddeutschen Tieflandes => Typ 15a (sandgeprägter kleiner Fluss) Typ 11 (organisch geprägter Bach)
Untersuchte Abschnitte :	26

5.2.1 Gewässermorphologische Grundlagendaten

Von seiner Mündung bis ca. 2,3 km fließaufwärts gilt das Pfefferfließ als sandgeprägter kleiner Fluss mit einer Breite von 5 - 10 m (LUA 2005). Die kennzeichnende Linienführung für diesen Gewässertyp ist stark mäandrierend und selten geschwungen. Der Verlauf zeichnet

sich zumeist durch Einbettgerinne aus, kann jedoch bei der Mündung in einen See auch Mehrbettgerinne (Anastomosen) ausbilden. Die Querprofile sind in mäandrierenden Einbettgerinnen relativ tief ($> 1\text{m}$) in Mehrbettgerinnen eher flach ($< 1\text{m}$). Das Sohlesubstrat besteht zu über 50% aus Sand (LUA 2005).

Der weitaus überwiegende Teil des Pfefferfließes mit 11,572 km wird zu den organisch geprägten Bächen des Norddeutschen Tieflandes gezählt. Neben einer Breite von 3 - 12 m besitzt dieser Fließgewässertyp ein Talgefälle unter 0,05 m/km und gilt damit als sehr gefällearm. Seine Morphologie ist geprägt durch eine diffuse Linienführung mit häufigen Aufspaltungen (Anastomosen) vor umgestürzten Bäumen (LUA 2005). Die Laufentwicklung kann je nach der Ausdehnung des Talbodens stark geschwungen bis mäandrierend ausgebildet sein (LUA 2001). Das Querprofil in diesem Bereich kann, abhängig von der Breite des Gerinnes, sehr flach bis kastenförmig auftreten. Das Sohlesubstrat besteht überwiegend aus organischem Material, welches aber z.B. nach Schwellen auch in Form von Sandauflagen vorkommen kann.

Der dritte Abschnitt des Pfefferfließes mit einer Länge von etwa ca. 2,5 km verbindet die heutige Quelle südlich von Frankenförde mit dem ursprünglichen Pfefferfließ und gilt als künstliches Gewässer. Die Neueinmessung der Quelle in den 1990er Jahren ist auf die starke Meliorationstätigkeit und die damit verbundene Grundwasserabsenkung zurückzuführen (MOMMERT 2001). Die Quelle befand sich früher nordöstlich von Frankenförde. Obwohl künstliche Gewässer keinen natürlichen Ursprung besitzen, werden sie nach LAWA in der Gewässerstrukturkartierung aufgenommen (LAWA 2000). Grund dafür ist der hpnG.

5.2.2 Einzelparameter

Der betrachtete Einzelparameter ist die Laufkrümmung. Anhand der Einzeluntersuchung kann der historische und aktuelle Verlauf des Pfefferfließes ausgewertet und dargestellt werden. Abbildung 29 zeigt die Ergebnisse anhand der dazugehörigen Strukturgütekarte.

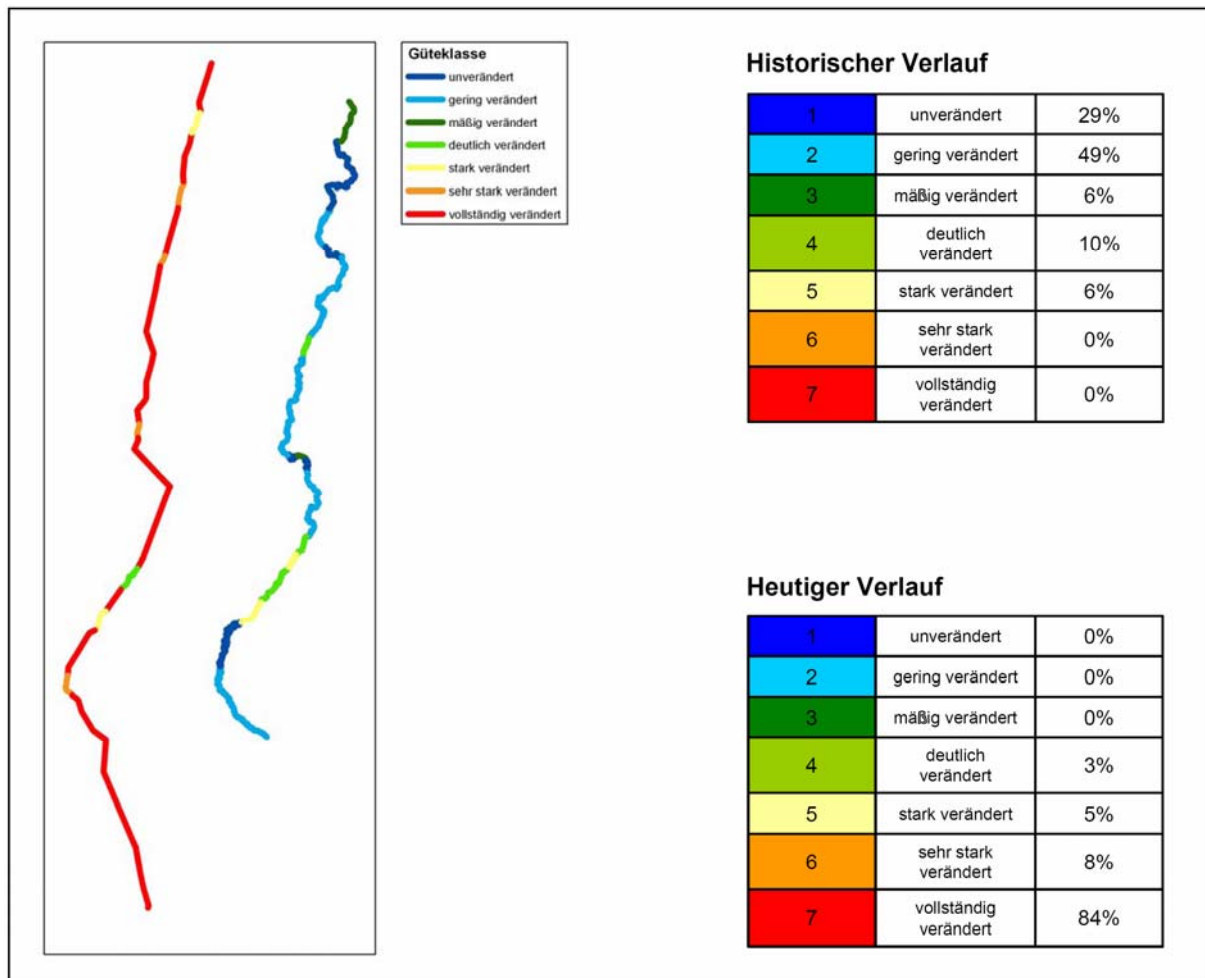


Abb. 29 Gewässerstrukturgütekartierung Pfefferfließ - Einzelparameter Laufkrümmung historisch und aktuell, nebenstehende Tabellen zeigen die Verteilung und den Grad der anthropogenen Beeinflussung des Einzelparameters an

Es sind starke Veränderungen in der Entwicklung der Laufkrümmung erkennbar. Während der historische Verlauf zu 78% unverändert oder gering verändert ist, ergibt sich für die heutige Laufkrümmung mit 84% eine vollständig veränderte Güteklasse. Trotz der Laufverlängerung durch den Anschluss zum Blankensee sowie zur neuen Quelle weist das heutige Fließ mit 16,317 km einen kürzeren Lauf, als das historische mit 17,721 km auf.

5.2.3 Gesamtdarstellung der Gewässerstrukturgütekartierung

Die Gesamtbetrachtung der Gewässerstrukturgütekartierung bezieht alle 25 Einzelparameter über eine indexgestützte Bewertung auf unterschiedlichen Ebenen und eine Bewertung funktionaler Einheiten ein (Abbildung 30).

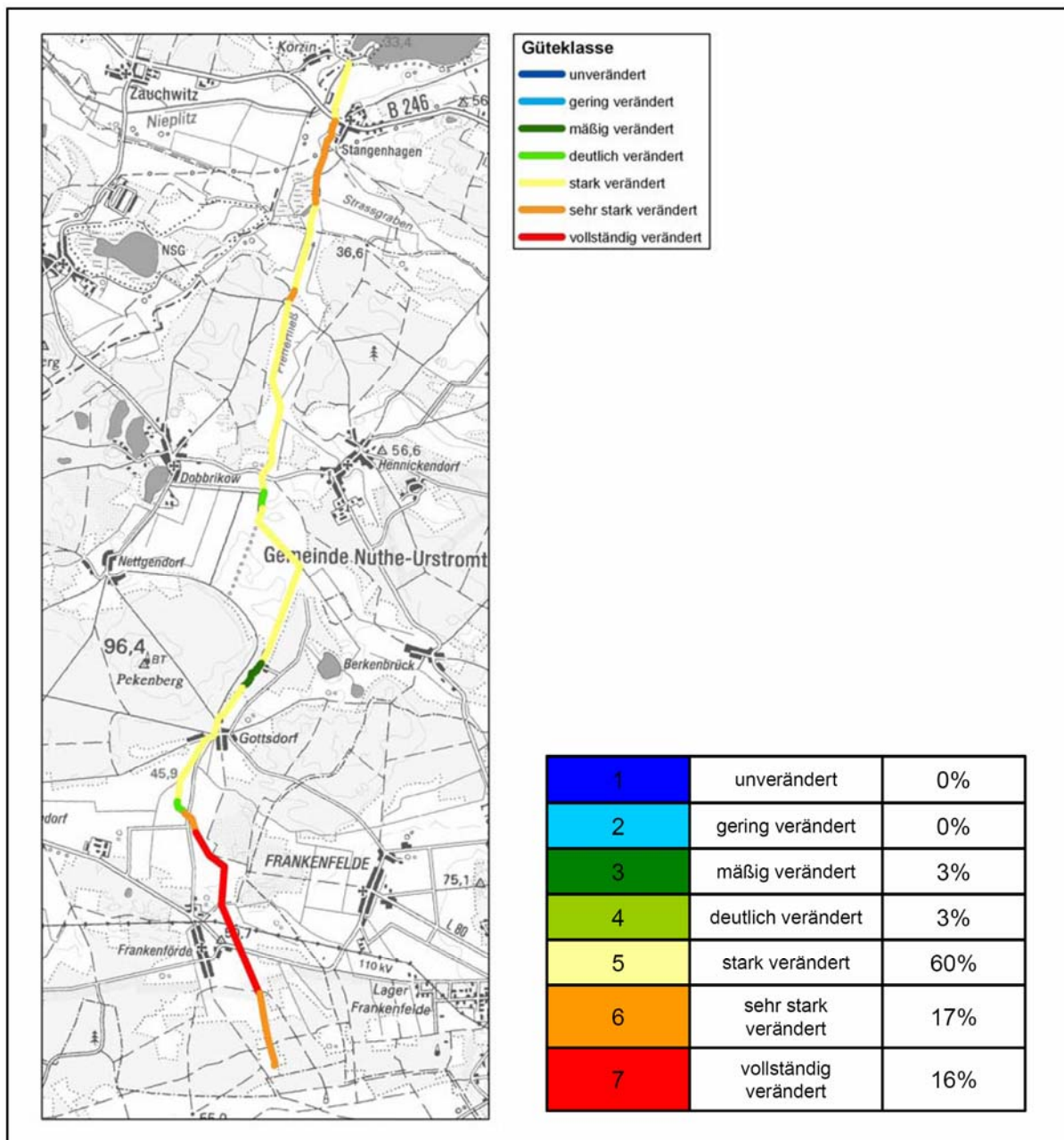


Abb. 30 Gewässerstrukturgüte Pfefferfließ – Gesamtbewertung, nebenstehende Tabellen zeigen die Verteilung und den Grad der anthropogenen Beeinflussung an

Mit 60% am Gesamtanteil der Fließlänge dominiert die Güteklasse 5 - stark verändert - die Strukturgüte des Pfefferfließes. Es ist kaum ein Abschnitt vorhanden in dem noch ein natürlicher Verlauf anzutreffen ist. Lediglich drei Abschnitte mit einem Anteil von 6% an der Gesamtlänge weisen die Güteklasse 3 bzw. 4 auf. Dazu gehört der Abschnitt bei Dobbrikow südlich der Hammerbrücke. Dieser kann aufgrund der Aufgabe der Gewässerunterhaltungspflege sowie eines massiven Anteil an Totholz als „deutlich verändert“ ausgewiesen werden (Abbildung 31).



Abb. 31 Abschnitt des Pfefferfließes bei Dobbrikow eingestuft mit Strukturgüteklasse 4

Ab der Klinkenmühle fließaufwärts bis zum Waldrand können noch leicht gewundene Formen ermittelt werden. Dieser Abschnitt hebt sich ebenfalls als „deutlich veränderte Struktur“ von den angrenzenden Bereichen ab (Abbildung 32).



Abb. 32 Abschnitt des Pfefferfließes bei Klinkenmühlen eingestuft mit Strukturgüteklasse 3

Ein weiterer Abschnitt befindet sich zwischen Gottsdorf und Frankenförde. Hier haben Totholzeintrag und deutliche Ufererosion begonnen (Abbildung 33).



Abb. 33 Abschnitt des Pfefferfließes zwischen Gottsdorf und Frankenförde eingestuft mit Strukturgüteklasse 4

Die Kartierung dient nicht nur der Einordnung des Gewässers nach LAWA (2000). Durch das Abschreiten des Gewässers wird ein Überblick von der angrenzenden Landnutzung und der Lage im Gelände gewonnen. Dabei konnten zwei Bereiche ausfindig gemacht werden in denen abgeschnittene alte Fließverläufe liegen. Einer dieser Fließverläufe befindet sich zwischen Dobbrikow und Hennickendorf, südlich der Hammerbrücke in einem Erlenwald. Der Fließverlauf in diesem Bereich wurde erst nach 1971 (TOPODDR 1973) vom Hauptgerinne getrennt. Bei hohem Grundwasserstand ist hier deutlich der ehemalige Verlauf zu erkennen.

Der zweite Abschnitt, in dem ein ehemaliger Verlauf zu erkennen ist, liegt in einem Erlenwald südlich von Gottsdorf. Da in der ALK (ca. 1850) dieser Bereich nicht mehr von einem Fließ durchflossen wird, muss die Abtrennung vom Hauptgerinne vor dieser Zeit datiert werden. Wie Abbildung 34 zeigt, sind in diesem Bereich alte Mäanderschleifen sehr gut zu erkennen. Aufgrund des hohen Grundwasserstandes (Aufnahme Anfang April 2010) sind die alten Mäanderschleifen sichtbar. Im Sommer dagegen liegen die hier wassergefüllten Bereiche trocken. Aus diesem Grund wurde dieser Bereich auf historische Querschnitte untersucht.



Abb. 34 Abschnitt südlich von Gottsdorf

Bei der Gesamtdarstellung der Gewässerstrukturgüte überwiegen die Güteklassen „stark verändert“ bis „vollständig verändert“ (Abbildung 35).



Abb. 35 Begradigter Verlauf des Pfefferfließes, links: in Höhe der Forstbrücke, rechts: vor Frankenförde zusätzlich eingetieft

5.3 Modellierung

Im Folgenden werden die Ergebnisse der Modellierungen zum heutigen (Q_Heute) sowie dem historischen (Q_18.Jh.) Abfluss des Pfefferfließes vorgestellt. Um die Genauigkeit des Modells zu ermitteln, wurde eine Plausibilitätsprüfung durchgeführt.

Die Jahreszahlen bei den Darstellungen der historischen Abflüsse wurden beibehalten um mögliche Veränderungen zu heute beschreiben zu können.

5.3.1 Plausibilitätsprüfung

Für die Überprüfung des Modells wurden Abflussmessungen der Zeitreihen 1970 - 1981 und 1996 - 2006 mit den simulierten Werten der Modellierung „Q_Heute“ verglichen. Für den Zeitraum 1982 - 1995 lagen keine ausreichenden gemessenen Daten vor.

Die gemessenen Daten beziehen sich auf den Pegel bei Stangenhagen und wurden mit den simulierten in einem Liniendiagramm dargestellt (Abbildung 36). Der Pegel befindet sich direkt an der Pfefferfließbrücke Stangenhagen ca. 880 m bevor das Fließ in den Blankensee mündet.

Bei den gemessenen Werten handelt es sich um einzelne Messungen, die über das Jahr verteilt sind. Die Messzeitpunkte wurden innerhalb der Ganglinie mit einem Punktsymbol hervorgehoben. Die Ganglinie der simulierten Daten bezieht sich auf Tageswerte.

Zu erwarten wäre ein annähernd gleicher mittlerer jährlicher Abfluss sowie eine gleich verlaufende Verteilung des Abflusses über die Zeiträume 1971 - 1981 sowie 1996 - 2006.

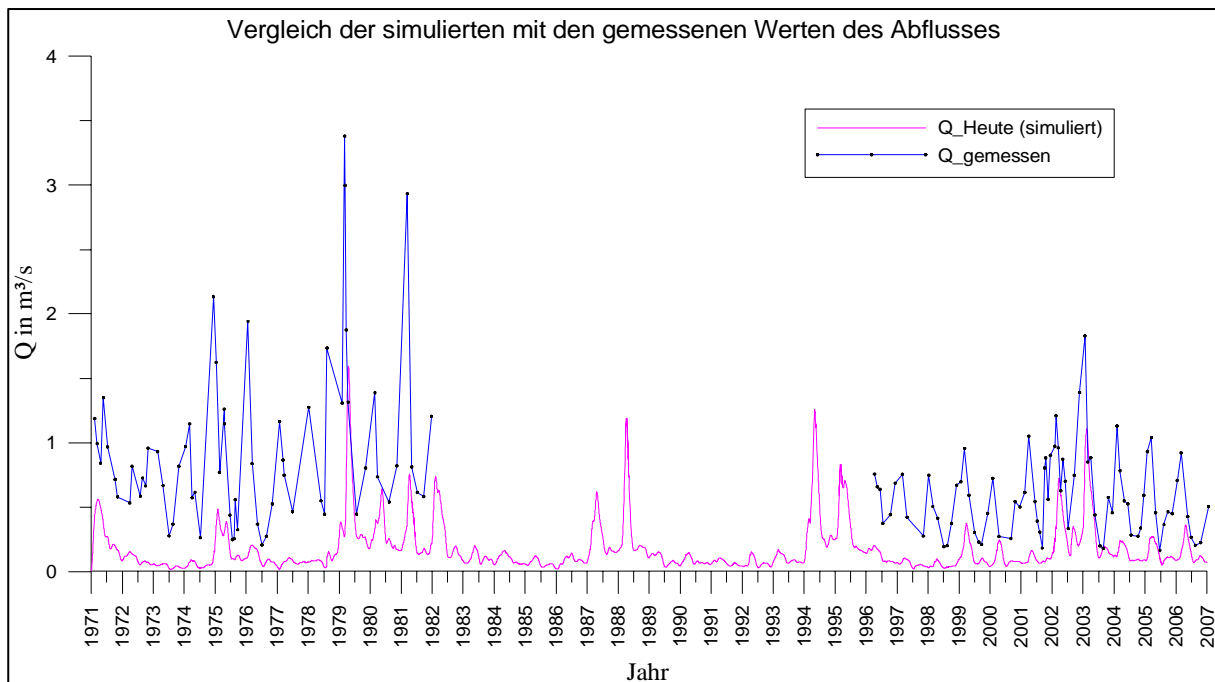


Abb. 36 Vergleich der simulierten (lila) mit den gemessenen (blau) Abflusswerten

Trotz einer Datenlücke bei den Abflussmessungen ist zu sehen, dass das Modell die Abflussspenden stark unterschätzt. Der Unterschied zwischen dem gemessenen und simulierten mittleren jährlichen Abfluss der Zeitreihen 1971 - 1981 sowie 1996 - 2006 liegt bei dem Faktor 6,9 bzw. 3,5 (Tabelle 5).

Tab. 5 Vergleich Abflusswerte

Mittelwert sim. Werte 1971 - 1981	Mittelwert gem. Werte 1971 - 1981	Unterschied Faktor 1971 - 1981	Mittelwert sim. Werte 1996 - 2006	Mittelwert gem. Werte 1996 - 2006	Unterschied Faktor 1996 - 2006
0,138 m³/s	0,989 m³/s	6,9	0,152 m³/s	0,539 m³/s	3,5

Die Verteilung verläuft bei beiden Datenreihen annähernd mit den gleichen Tendenzen. Betrachtet man jedoch einzelne Werte so fällt auf, dass es zu einer leichten Verschiebung markanter Punkte kommt. Deutlich ist dies bei den Abflussspitzen zu erkennen. So z.B. bei dem Peak von 1980 der gemessenen Werte. Dieser Peak tritt bei den simulierten Daten erst einige Monate später auf. Gleiches ist bei den Werten der Jahre 1998 und 2000 erkennbar.

Da es sich jedoch um Verzögerungen von nur wenigen Monaten handelt, kann diese Verschiebung vernachlässigt werden.

Die Ganglinien des Zeitraumes Frühjahr 2002 bis Spätsommer 2003 weisen den am ähnlichsten Verlauf sowie ähnliche Abflusshöhen auf. Auffällig ist, dass der mittlere gemessene Abflusswert des Zeitraumes 1971 - 1981 mit $0,989 \text{ m}^3/\text{s}$ fast doppelt so hoch ist wie im Zeitraum 1996-2006 mit $0,539 \text{ m}^3/\text{s}$.

Vergleich der Simulationen Q_18.Jh. mit Q_Heute

Der Unterschied zwischen beiden Simulationen beruht auf der veränderten Landnutzung und dem veränderten Gewässernetzes.

Es soll festgestellt werden, um welchen Faktor sich diese Veränderungen auf den mittleren jährlichen Abfluss auswirkt. Somit könnten quantitative Rückschlüsse auf die Höhe des historischen Abflusses gemacht werden. Das Ergebnis ist im folgenden Diagramm gezeigt (Abbildung 37). Dargestellt sind die mittleren täglichen Abflusswerte. Der Bezugspunkt ist die Mündung des Pfefferfließes.

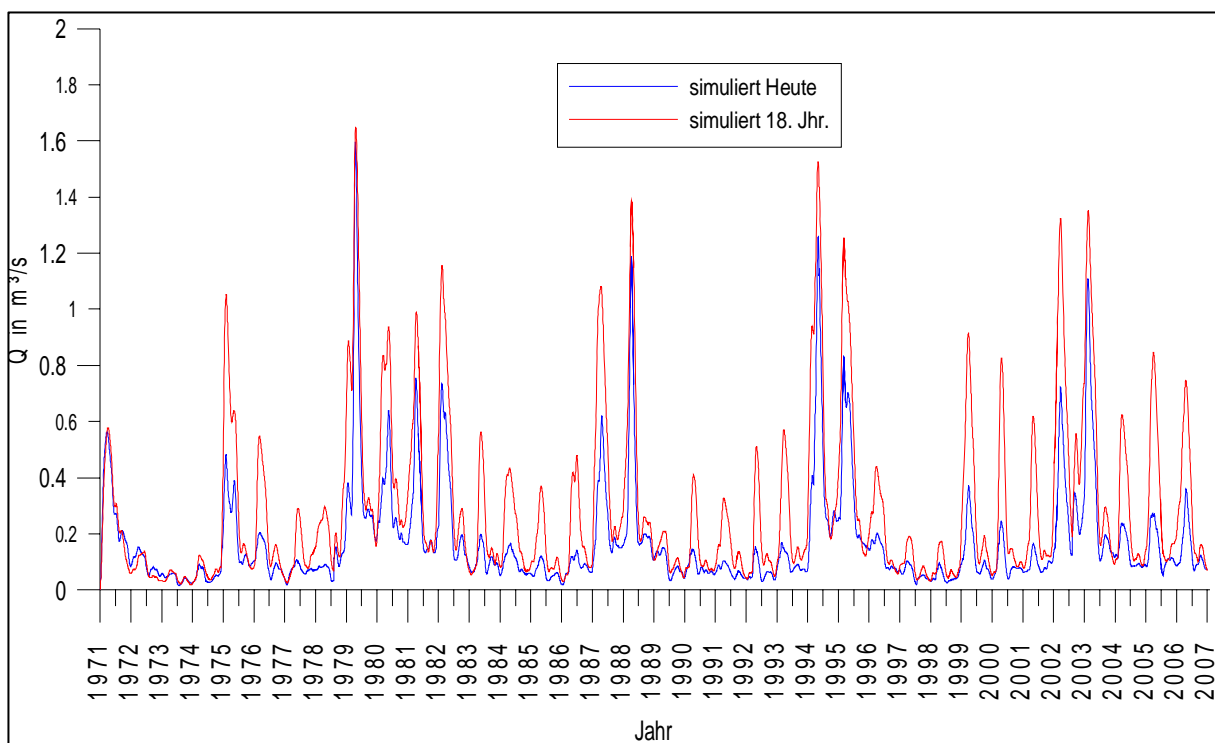


Abb. 37 Vergleich der simulierten mittleren täglichen Abflusswerte für das 18. Jh. (rot) und heute (blau)

Die Amplitude der Ganglinien verläuft über den gesamten Zeitraum mit gleichen Tendenzen. Der Abfluss von „Q_18Jh.“ ist deutlich höher als der von „Q_Heute“. In einigen Jahre weist

die Ganglinie von „Q_18 Jh.“ deutlich höhere Abflüsse auf als „Q_Heute“, so z.B. in den Jahren 1983 bis 1987.

Dementsprechend ist in Jahren hohen Abflusses die Differenz der Werte beider Simulationen geringer als in Jahren niedrigeren Abflusses.

Der Mittelwert des Abflusses über den Zeitraum 1971 - 2006 dieser Simulationen ist in Tabelle 6 dargestellt. Demnach führen die hier veränderten Verhältnisse des 18. Jh. zu einem um 70% erhöhten mittleren jährlichen Abfluss an der Mündung des Pfefferfließes.

Tab. 6 Vergleich der simulierten Werte 18. Jh. und heute

Mittelwert sim. Abfluss [m³/s] Heute	Mittelwert sim. Abfluss [m³/s] 18.Jhr.
0,1709	0,29

5.4 Rekonstruierte Querschnitte und dazugehörige bordvolle Abflüsse

Das Auffinden der historischen Querschnitte erwies sich als schwierig. Der Hauptgrund dafür ist, dass die verschiedenen Meliorationsphasen am Pfefferfließ während der letzten 200 Jahre einen Großteil des ehemaligen Verlaufes überprägt haben.

Dennoch konnten zwei Bereiche ausfindig gemacht werden, in denen sich historische Querschnitte befinden. In der Abbildung 38 sind der historische Verlauf sowie der heutige mit den Standorten der aufgenommenen Querschnitte zu sehen. Orte an denen, im Rahmen dieser Arbeit, gesucht wurde, sind ebenfalls eingezeichnet.

Der aufgenommene Querschnitt „Hammerbrücke“ stellt dabei einen Sonderfall dar, da dieser von mehrere Meliorationsphasen überprägt worden ist.



Abb. 38 Übersicht der untersuchten Standorte

Als sehr hilfreich für die Bestimmung dieser Orte waren die Karte Hammerfließ 1720 sowie die ALK. Ebenfalls, wurde die Gewässerstrukturgüte einbezogen. Durch das Abschreiten des Fließes konnten wie schon in Kapitel 5.2 beschrieben, in einem Erlenbruch bei Gottsdorf (Oberlauf) Mäanderschleifen entdeckt werden. In diesem Bereich wurden sechs Querschnitte aufgenommen.

Die Querschnitte am Ober- bzw. Unterlauf sind laut der untersuchten Karten eindeutig der Zeit vor der ersten Melioration (ca. 1780) zuzuordnen. Am Mittellaufquerschnitt („Hammerbrücke“) konnten jedoch Überprägungen aller Meliorationsphasen bis 1971 festgestellt werden. Auch hier wurde ein Querschnitt erbohrt, um mögliche Unterschiede zu den anderen beiden historischen Querschnitte aufzuzeigen.

Im Folgenden werden die aus den Feldmessungen hervorgegangenen Querschnitte mit den dazugehörigen bordvollen Abflüssen dargestellt. Die Station „Moellenstelle“ befand sich auf

allen historischen Karten im Offenland. Die Querschnitte „Hammerbrücke“ und „Mäander Gottsdorf“ dagegen lagen zu jeder betrachteten Zeit in einem Erlenbruch.

Vorhandene Bohrkernfotos wurden den dazugehörigen Querschnitten zugeordnet. Die dargestellten Bohrkern besitzen eine reale Länge von 50 cm.

5.4.1 Abschnitt „Moellenstelle“

Das Fließ bewegte sich in diesem Abschnitt entlang des Überganges von Hochfläche zu Niederung. Im Bereich der Niederung findet heute Weidenutzung statt. Die angrenzende Hochfläche ist durch Kiefernforste gekennzeichnet. Der ehemalige Fließverlauf passte sich der Form des Hochfläckerandes in diesem Bereich an (Abbildung 39).

In diesem Abschnitt konnte nur ein Querschnitt aufgrund eines einzigen zusammenhängenden Substratwechsels entlang des Transektes erbohrt werden. Bei anderen Bohrungen trat nur vereinzelt der Wechsel zwischen Sand und Torf auf.



Abb. 39 Lage des erbohrten Querschnittes (Transect) am Abschnitt „Moellenstelle“

In Abbildung 40 sind drei Profile aus dem aufgenommenen Querschnitt, der ermittelte Querschnitt sowie der berechnete Abfluss für den Standort „Moellenstelle“ dargestellt.

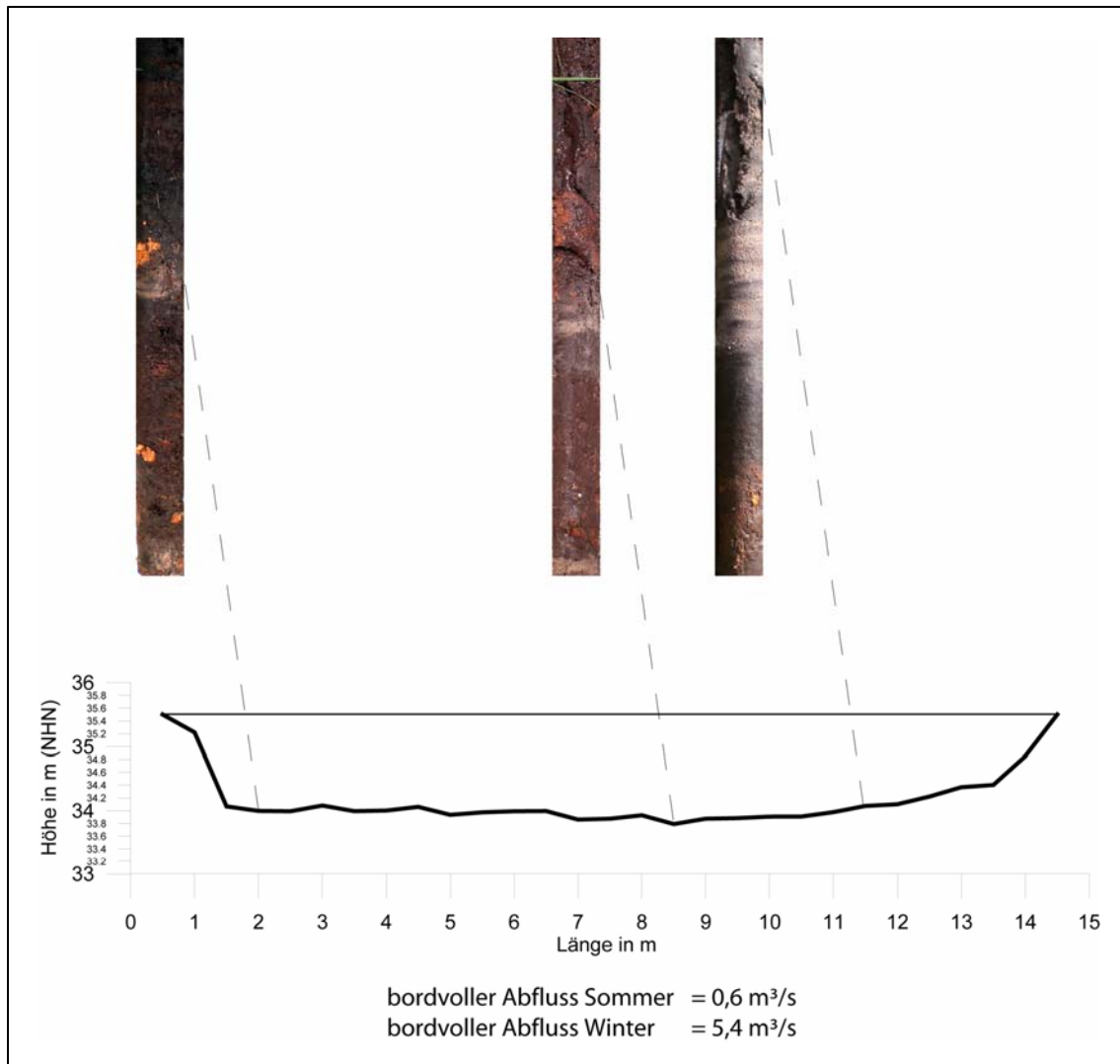


Abb. 40 Querprofil "Moellenstelle", Profile und berechnete Abflüsse

5.4.2 Abschnitt „Hammerbrücke“

Der Abschnitt „Hammerbrücke“ befindet sich heute in einem Erlenbruch südlich der Hammerbrücke. Das Gerinne wurde in diesem Bereich mehrmals überprägt. Hier kam es zur Aufnahme eines Querschnittes (Abbildung 41).

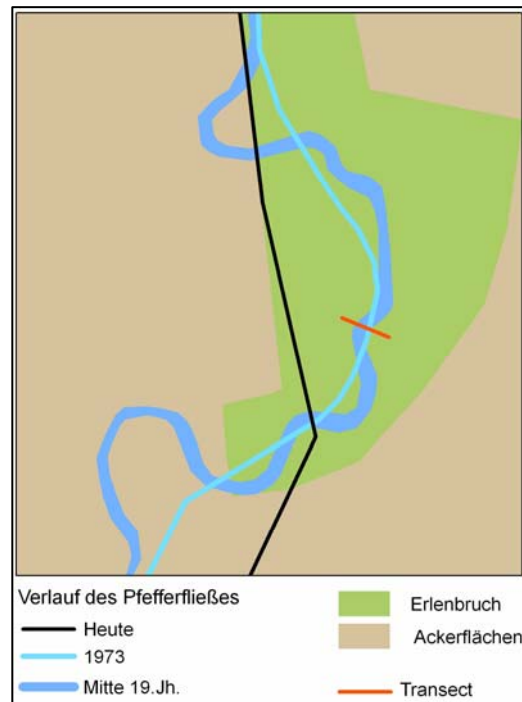


Abb. 41 Lage des erbohrten Querschnittes (Transect) am Abschnitt „Hammerbrücke“

Abbildung 42 zeigt das aufgenommene Querprofil am Abschnitt „Hammerbrücke“ und den für diesen Querschnitt berechneten Abfluss.

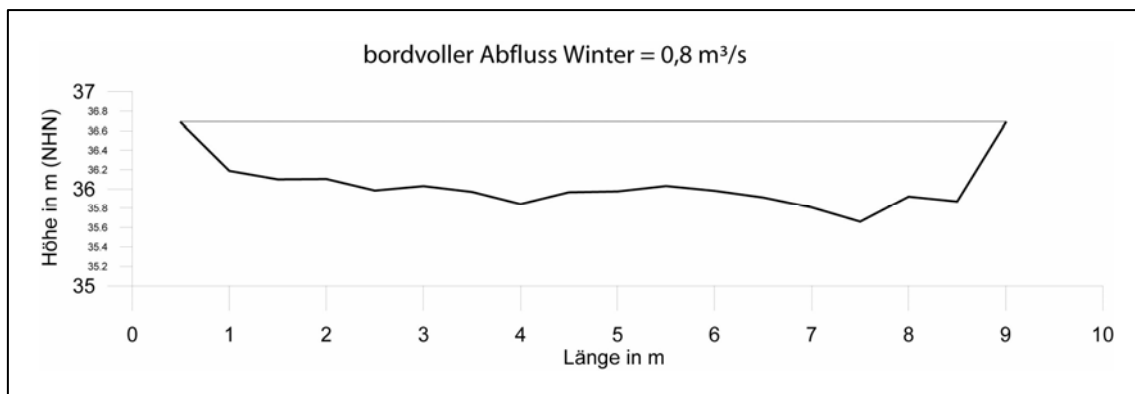


Abb. 42 Querprofil „Hammerbrücke“ mit berechnetem Abfluss

5.4.3 Abschnitt „Mäander Gottsdorf“

Der Abschnitt „Mäander Gottsdorf“ liegt südlich des Dorfes Gottsdorf in einem Erlenbruchwald. Hier wurden 6 Querschnitte ermittelt. In der Abbildung 43 ist die Lage der einzelnen Querschnitte verzeichnet.

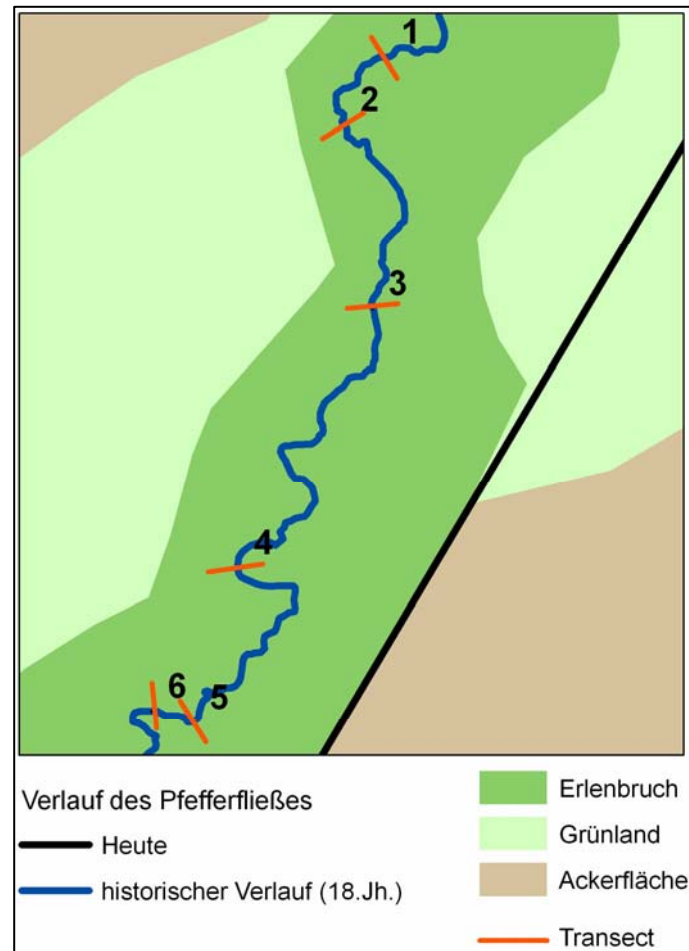
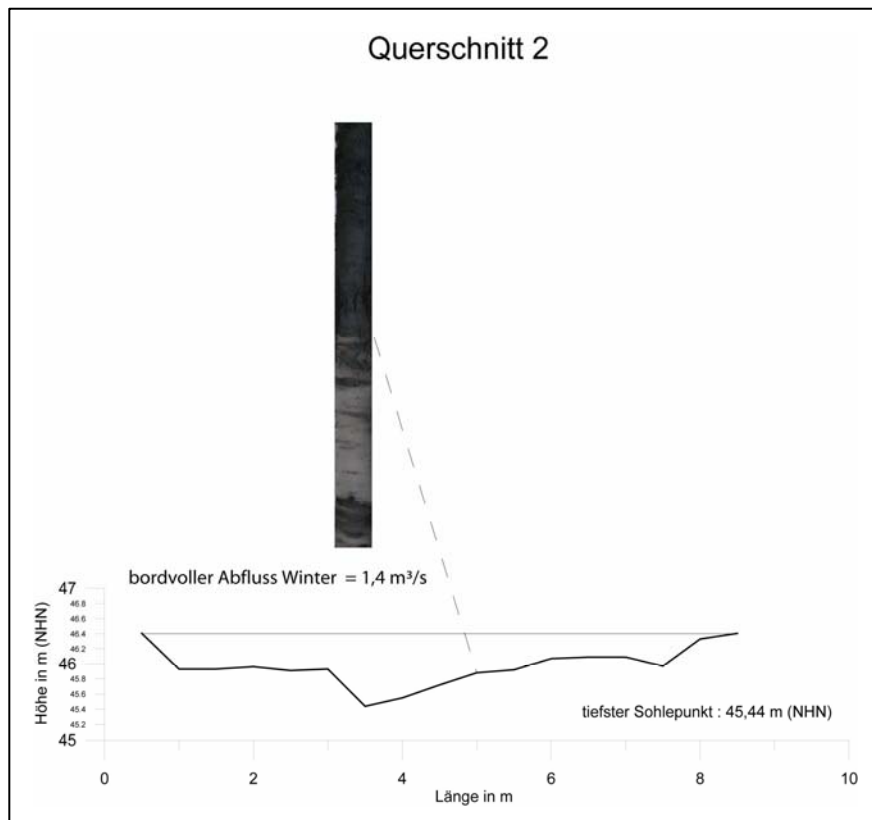
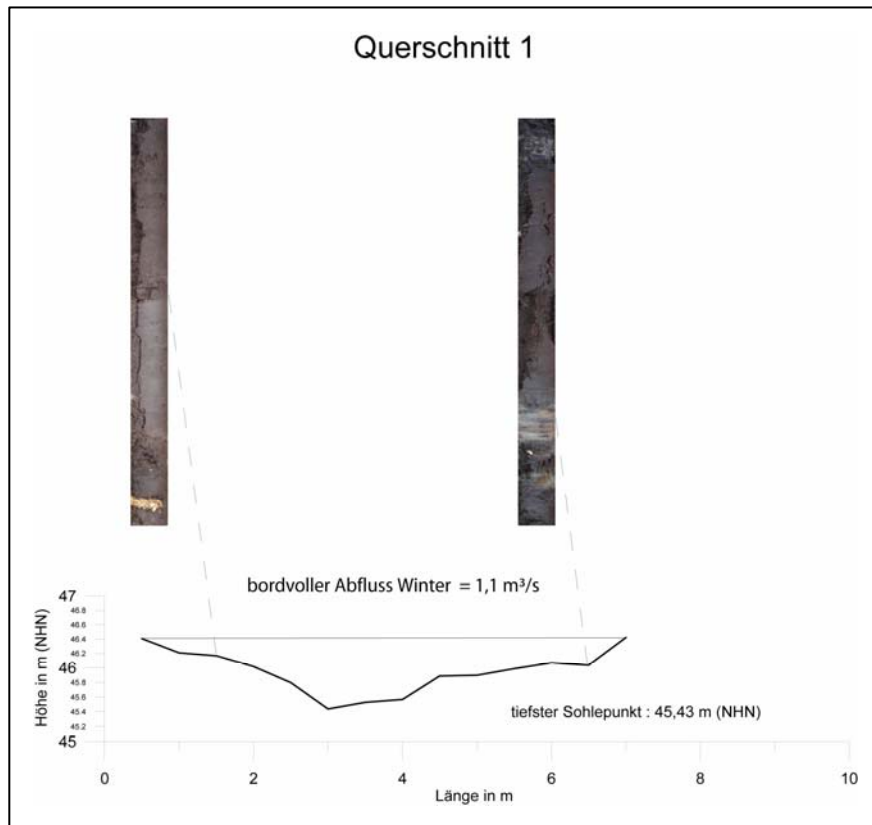
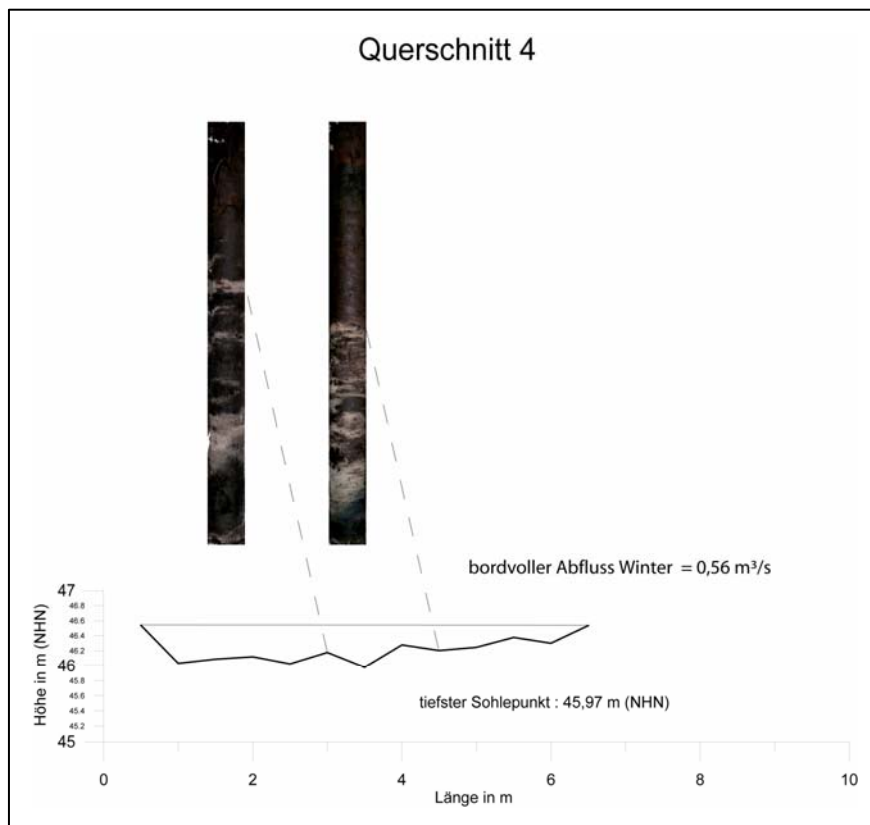
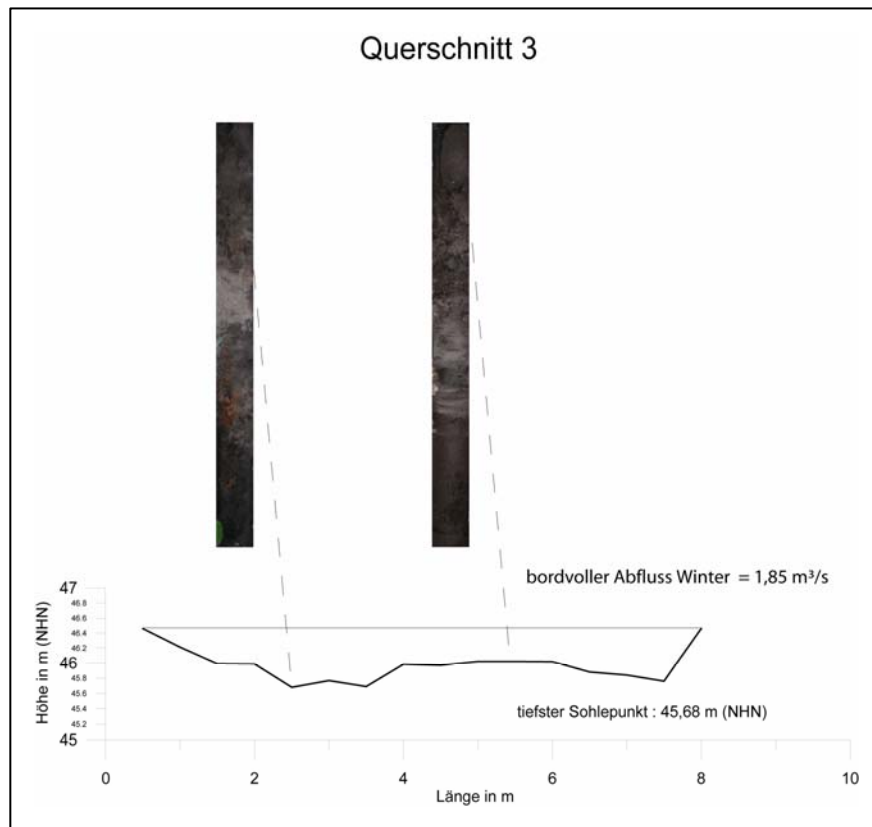


Abb. 43 Lage der erbohrten Querschnitte (siehe Transect) im Abschnitt „Mäander Gottsdorf“

Die Querschnitte an den 6 Aufnahmestellen, den berechneten Abfluss sowie Profilaufnahmen an jedem Standort zeigt Abbildung 44 (Seite 73 – 75).





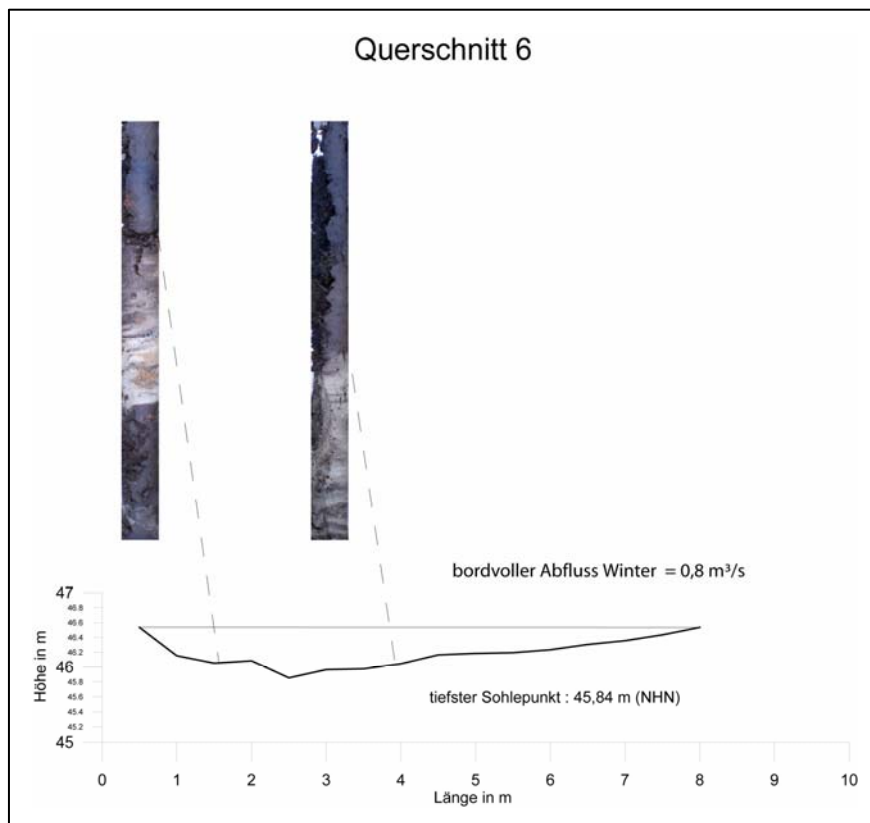
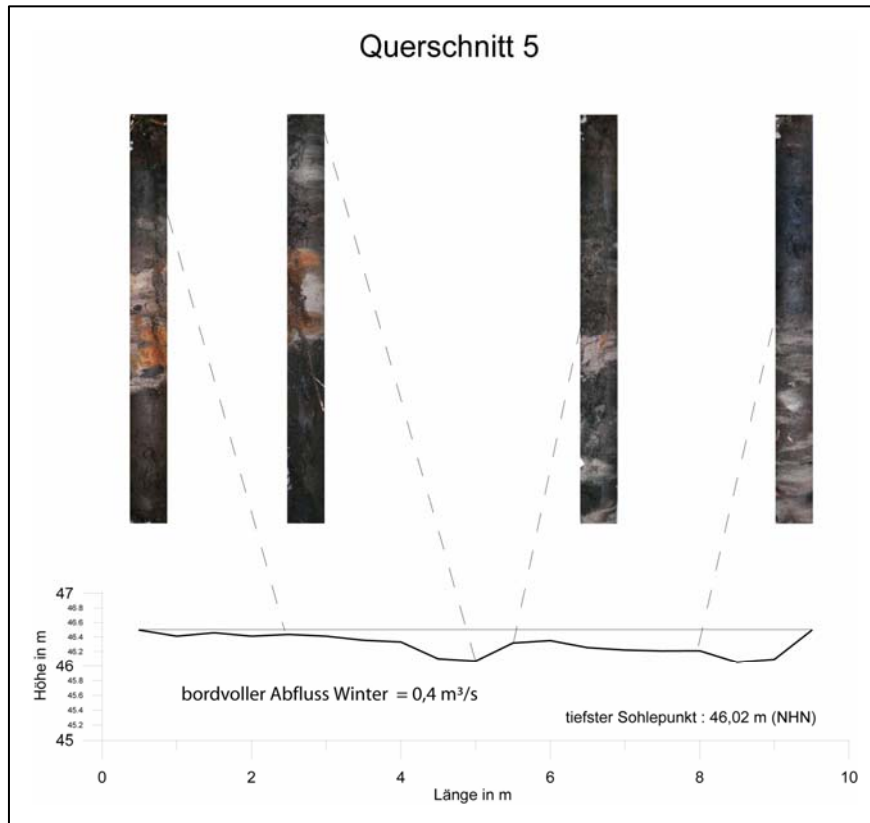


Abb. 44 Sechs Querschnitte, berechnete Abflüsse und Profilausschnitte am Standort "Mäander Gottsdorf"

5.5 Veränderungen im Einzugsgebiet des Pfefferfließes seit dem 18. Jh.

In diesem Kapitel sollen die Veränderungen der Landnutzung, des Gewässernetzes, sowie der Grundwasserstände aufgezeigt werden. Diese Ergebnisse basieren auf den umfangreichen Rechercharbeiten in den Archiven.

5.5.1 Landnutzung

Die Entwicklung der Landnutzung im UG konnte anhand von historischen Karten aufgezeigt werden. Im Kapitel 4.4.1 wurde bereits über das Schmettausche Kartenwerk berichtet. Ausgehend von diesem wurden das Urmesstischblatt (1841-42) das Messtischblatt (1940) und die heutige CIR-Biotopkartierung (2003) verwendet, um eine Änderung der Landschaftselemente hinsichtlich Größe und Verteilung aufzuzeigen.

Die dabei untersuchten Landschaftselemente sind Wald, Feuchtwald, Heide, Grünland, Acker, Siedlung und Gärten. Diese wurden gewählt um die Verteilung von Offenland zu Wald aufzuzeigen. Dabei wurde zwischen Wald und Feuchtwald unterschieden, da beide einen unterschiedlichen Standort symbolisieren. Während der Feuchtwald eher in den Niederungen anzutreffen ist, befindet sich der Wald auf den Hochflächen. Der Wald des 18. Jh. wurde für die Modellierung als Heide ausgewiesen. Bei der Betrachtung der folgenden Ergebnisse ist das Merkmal Wald auch als solches gekennzeichnet. Für die Modellierung war es wichtig den entsprechenden Landnutzungstyp hinsichtlich seiner Grundwasserneubildung so genau als möglich aufzuzeigen. Es ist aber dennoch zu beachten, dass der Wald anders genutzt wurde als heute.

Offene Flächen wurden als Grünland oder Acker ausgewiesen.

In Abbildung 45 ist die prozentuale Verteilung der einzelnen Elemente vom 18. Jh. und heute dargestellt. Im Anhang zeigen vier Karten des Wandels der Landnutzung für den Zeitraum 1780 - 2003.

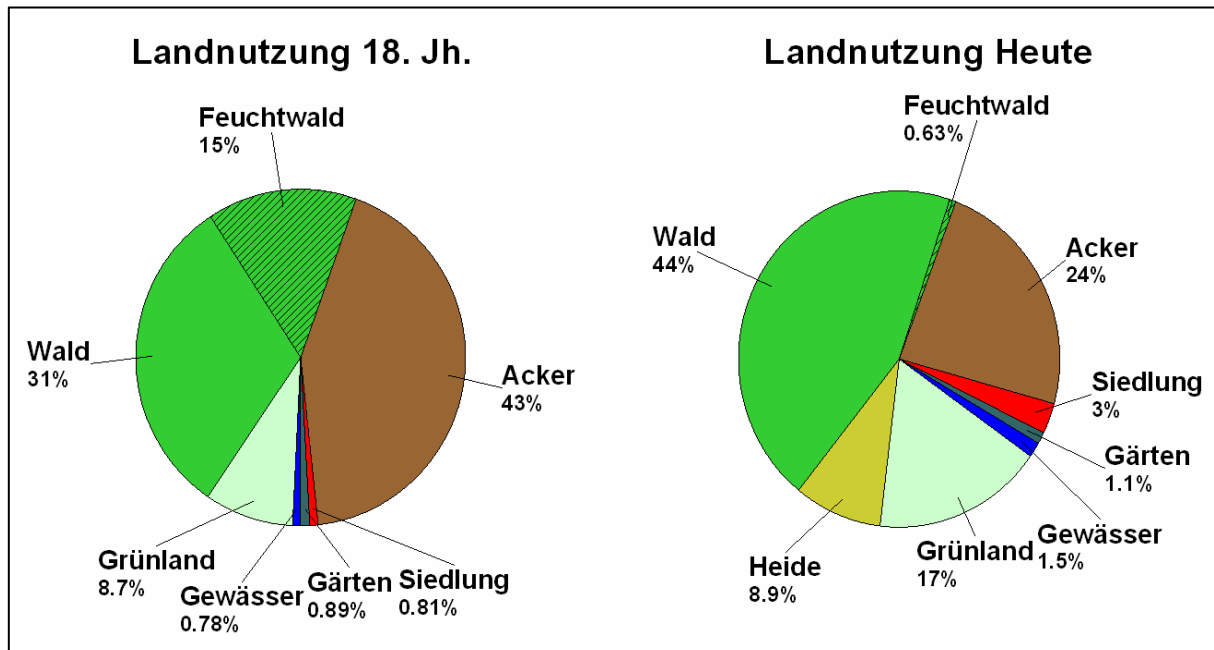


Abb. 45 Verteilung der Landnutzung im UG - 18. Jahrhundert und Heute

Es ist zu erkennen, dass der Waldanteil von 31% im 18. Jh. auf heute 44% angestiegen ist. Gleichzeitig nahm der Feuchtwald von 15% auf 0,63% ab.

Das Etablieren der heutigen Heide auf 8,9% Flächenanteil kann auf die Nutzung der Flächen im südlichen UG als Truppenübungsplatz (bis 1994) zurückgeführt werden. Des Weiteren hat sich der Anteil an Grünland von 8,7% im 18. Jh. fast verdoppelt mit 16% heute.

Ebenfalls vergrößert hat sich die Siedlungsfläche in den letzten 200 Jahren von 0,81% auf 3%. Die Gartenflächen sind von 0,89% auf 1,1% nur gering angewachsen. Gewässerflächen haben einen Zuwachs von 0,89% auf 1,5% während dieser Periode erfahren.

Der gesamte Wald (Feuchtwald und Wald) des 18. Jh. weist einen Flächenanteil von 46% gegenüber 54% Offenlandanteil auf. Heute liegt der Waldanteil (Feuchtwald und Wald) ebenfalls bei 45% gegenüber 55% Offenlandanteil. Zu beachten sind dabei jedoch die unterschiedlichen Standorte und das unterschiedliche Verhältnis Wald/Feuchtwald. Im 18. Jh. war der Anteil an Feuchtwald bedeutend höher als heute und demzufolge der Anteil des Waldes am gesamten Wald niedriger. Während der Wald vorwiegend auf den Hochflächen anzutreffen ist, befindet sich der Feuchtwald überwiegend in den Niederungen.

5.5.2 Veränderung der Laufstruktur des Pfefferfließes

In der Abbildung 46 sind Verläufe verschiedener Zeitepochen dargestellt. Den Anfang macht der historische Verlauf des 18. Jh. gefolgt vom Stand Mitte 19. Jh. sowie um 1940 und schließlich heute.

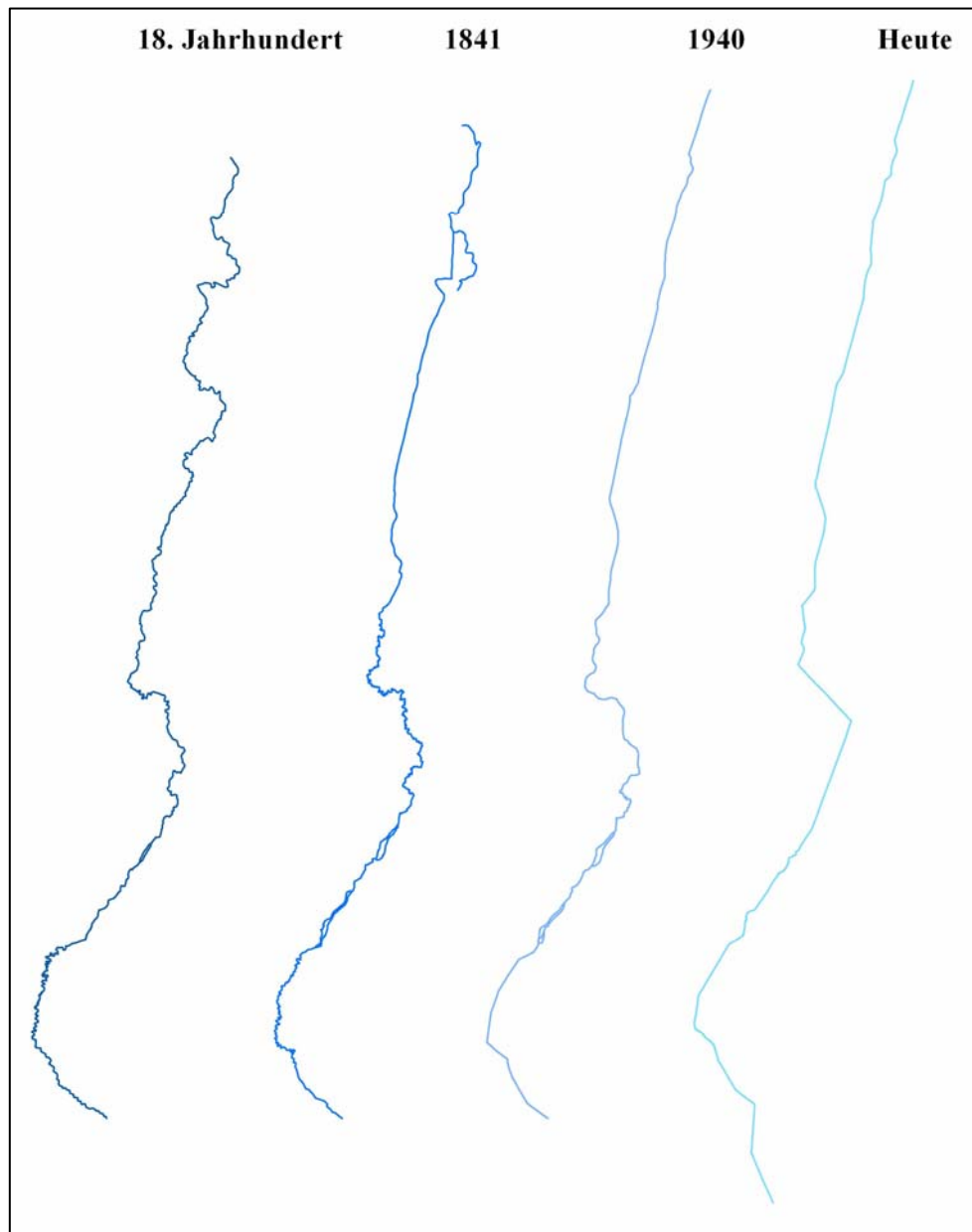


Abb. 46 Entwicklung der Laufstruktur des Pfefferfließes seit dem 18. Jh.

Für die Ermittlung des Fließverlaufes Mitte des 19. Jh. standen Urmesstischblätter zur Verfügung. Im Bereiche von der Obermühle bis Hammerbrücke wurde der Verlauf aus der ALK, welche das Fließ aufzeigt, übernommen.

Der Fließverlauf um 1940 wurde direkt aus dem Messtischblatt übertragen.

Der heutige Verlauf stammt aus den Daten des BAH.

Es fällt auf, dass die Ausbildung der Laufstruktur hinsichtlich der gewundenen bis mäandrierenden Form über die dargestellte Zeit kontinuierlich abnimmt. Lediglich im Mittellauf herrschen bis 1940 noch gewundene Abschnitte vor. Durch die letzten großen Meliorationsprojekte der 1970er Jahre sind auch diese verschwunden.

5.5.3 Veränderung des Gewässernetzes

Das Gewässernetz, bestehend aus Gräben, welche das Pfefferfließ speisen, nahm ebenfalls in der Zeit vom 18. Jh. bis heute deutlich zu. Der Ausbau von Gräben diente vorrangig der Entwässerung. Dabei stieg die Grabenlänge von 6,6 km im 18. Jh. auf 56,5 km im Jahr 1841 an. 1940 betrug die Grabenlänge 111,8 km, heute 129,4 km. In Abbildung 47 ist die Verteilung für die jeweiligen Zeitpunkte dargestellt.

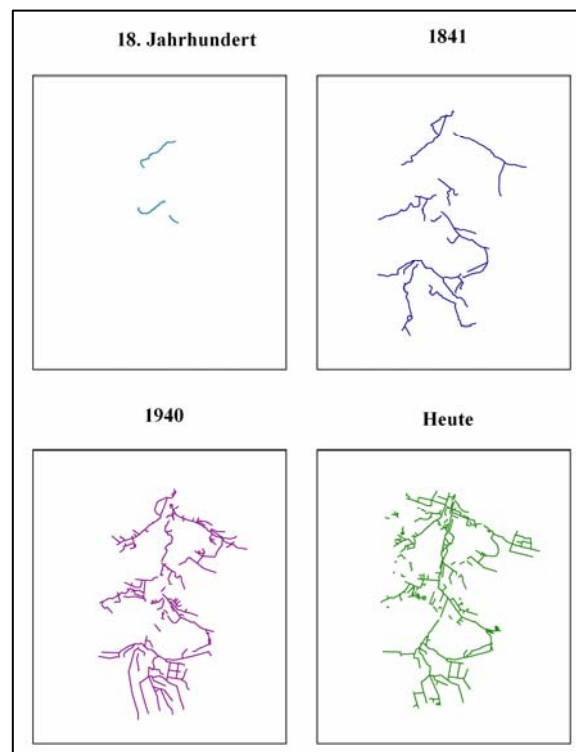


Abb. 47 Entwicklung des Gewässernetzes im UG (nur Gräben)

5.5.4 Grundwasserstand

Der Grundwasserstand des 18. Jh. konnte nur indirekt bestimmt werden. Da keine gemessenen Daten vorlagen, wurde auf Beschreibungen des Gebietes aus dieser Zeit zurückgegriffen.

Um die hydrologische Situation genauer skizzieren zu können, werden im Folgenden Berichte aus jener Zeit zitiert.

SCHULZE (1929) verfasste seine Dissertation über die Entwicklung der Meliorationstätigkeit im Nuthegebiet. Aufgrund von handschriftlichen Überlieferungen aus der Zeit 1770 - 1786 über die Vor- bzw. Vermessungsarbeiten zur Regulierung im Nuthe-Nieplitz Gebiet schrieb er: „Nur in ausnahmsweise trockenen Jahren zog das Wasser der zahllosen Tümpel in das Erdreich ein, und ein modernder Gestank von faulenden organischen Resten verpestet die Luft....., schon Monatelang unter besonders günstigen Wasserverhältnissen trocken lag, um dann bei den geringsten Niederschlägen wieder einen ausgedehnten Flachsee mit einzelnen aufragenden Horsten zu bilden.“ In einem weiteren Absatz zitiert er einen Vermessungsbericht jener Zeit: „Man, arbeitet in einer Wildnis, wo man nichts als Wasser, Ströhme, Busch und Schilf um sich siehet, und wo man an vielen Orten den Grund mit Stöcken suchen muß um nicht zu versinken.“

Die Akte REP. 2 NR. D.21493 (1786) zeugt vom Bedarf eines Entwässerungsgrabens im Gebiet südlich von Gottsdorf. Ein gewisser WITKE schreibt am 15. April 1786 an die Kriegs- und Domänen Kammer „Die Gemeinden zu Felgentreu und Frankenförde ...ebenfalls ein Theil des großen Fläminger Wassers ist, welcher auch hier schon beständig zu großen Schaden angerichtet hat dass die Unterthanen dadurch herunterkommen und besonders bey diesen Gemeinden fast Todschlag entstanden ist, indem sich beide Gemeinden ihre Felder zu verwalten gesucht und folglich die stärkste der anderen das Wasser zu gedrängt hat.“

Situationen dieses Ausmaßes sind heute nicht mehr anzutreffen. Sie zeigen aber, dass der Grundwasserstand damals insgesamt deutlich höher gelegen haben muss.

An Seen in Norddeutschland mit glazialen Hintergrund ist seit dem 19. Jh. durch Grundwasserabsenkungen und verstärkter Eutrophierung eine zunehmende Verlandung festzustellen (SUCCOW UND JOOSTEN 2001). Demnach müsste die Grundwasserabsenkung auch in der unterschiedlichen Ausdehnung von Seen des 18. Jh. im Vergleich zu heute sichtbar sein. Als Beispiel wird hier der Vorder- bzw. Hintersee bei Dobbrikow angeführt. In der nachfolgenden Abbildung 48 werden die Seen auf der Suchodoletz Karte sowie der Schmettauschen Karte der heutigen Seenausdehnung gegenübergestellt.

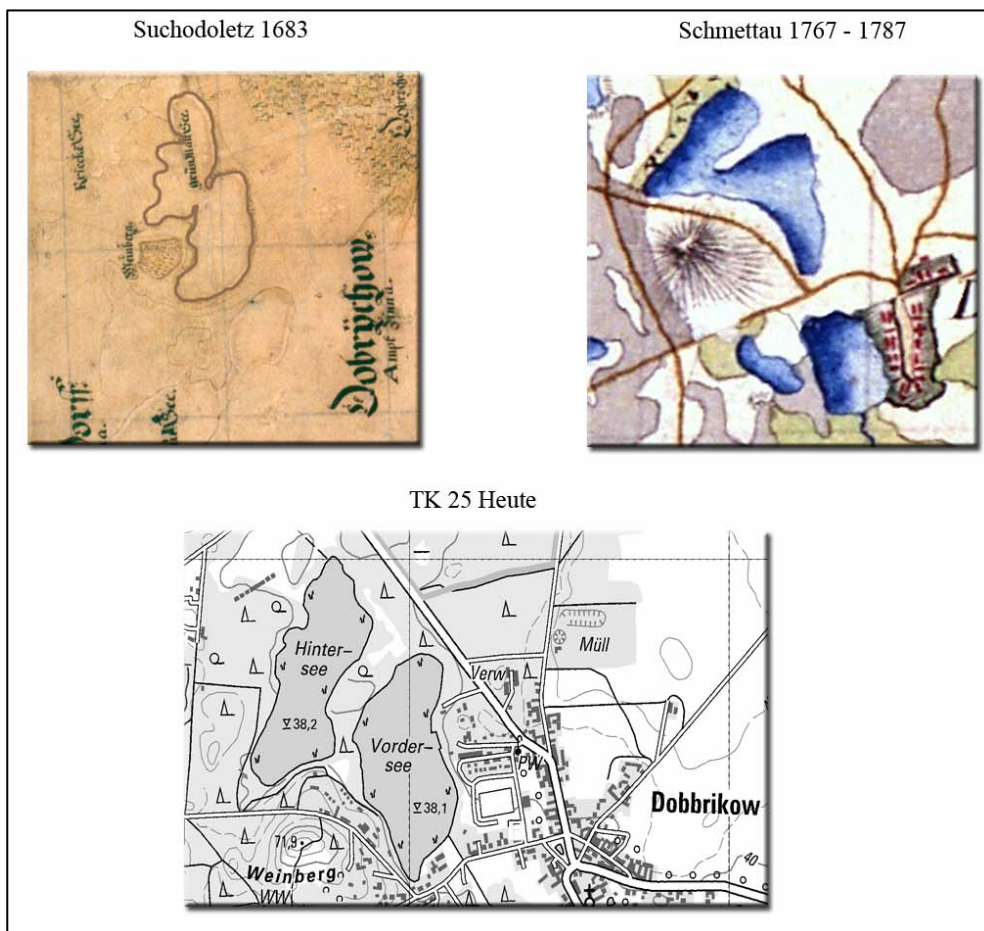


Abb. 48 Vergleich der Seenoberflächen am Beispiel des Vorder- und Hintersees bei Dobbrükow. Aufgrund der schlechten Bildqualität wurden in der Karte von SUCHODOLETZ beide Seen nachgezeichnet.

Deutlich ist der Rückgang der Seenverbindung zu erkennen. Der Bereich zwischen beiden Seen ist heute durch einen Erlenwald bewachsen. Demnach hat ein Abfallen des Grundwasserstandes auch hier stattgefunden.

Bei dem Riebener See ist auf der Karte von Suchodoletz sowie der Flurkarte von 1720 ein Zugang zum See von der Dorfseite aus erkennbar. Damals gab es eine Anlegestelle für Boote direkt am Ort. Heute befinden sich hier Erlenbrüche und dahinter ein weit in den See hineinreichendes Großseggen- und Röhrichtmoor. Die Wasserkante des Sees ist erst 400 m hinter dem Dorf anzutreffen. Folglich müssen auch hier die Grundwasserstände höher gewesen sein.

Trotz umfangreicher Begradigungen und der Anlage neuer Entwässerungsgräben in der ersten Meliorationsperiode von 1772 - 1782 kam es sehr bald zu einer ähnlichen Grundwassersituation wie vor dieser Melioration. Grund war, dass sich niemand für die

Unterhaltung der durch die Melioration entstandenen Entwässerungsgräben verpflichtet fühlte. Somit wuchsen diese zu oder wurden durch das Vieh beschädigt (FRANZ 1956).

Von 1883 - 1891 gab es eine erneute große Meliorationsphase. Aus dieser Zeit konnte im BLHA ein Längsschnittprofil, welches einen Großteil des Pfefferfließes abbildet, ausfindig gemacht werden.

In Abbildung 49 sind die Orte vermerkt an denen die Höhenmessung stattfand. Für den Bereich von der Forstbrücke bis zur Einmündung in die Nieplitz konnten, aufgrund des unvollständigen Längsprofils von 1886, keine Daten ermittelt werden.

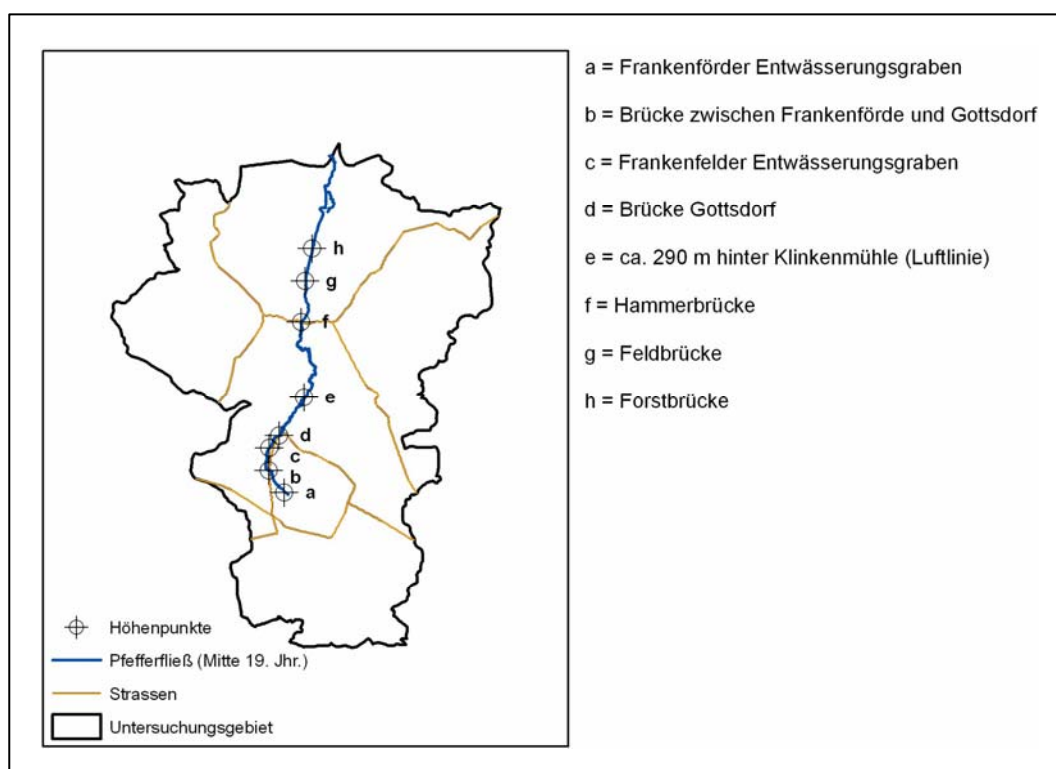


Abb. 49 Verteilung der Höhenmesspunkte

Der Vergleich mit den heutigen Höhenwerten für Wasserstand und Sohle ist in Abbildung 50 dargestellt. Da bei gleichem Maßstab in Höhe und Länge die Geländeformen kaum sichtbar wären, wurde das Profil mit einer Überhöhung von 200 dargestellt.

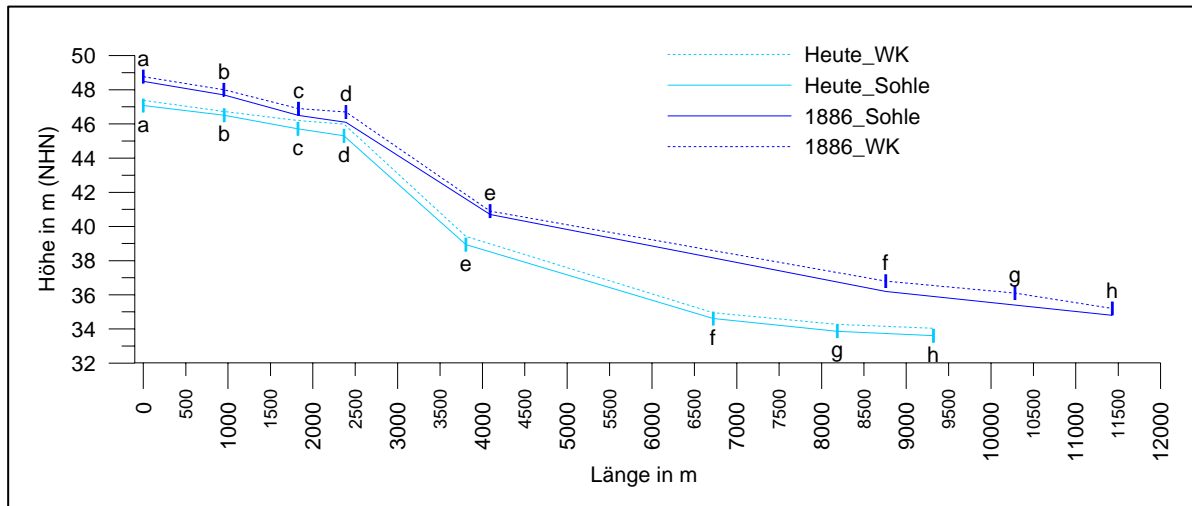


Abb. 50 Vergleich des Gefälles : 1886 und Heute

Die Eintiefung der Sohle durch die Meliorationsphasen ist deutlich zu erkennen. Eine Laufverkürzung durch die Begradigung des Fließes in dem Abschnitt von der Gottsdorfer Brücke bis zur Forstbrücke um 2,1 km ist ebenfalls ersichtlich. In Tabelle 7 sind die Höhendifferenzen der Messpunkt eingetragen.

Tab. 7 Höhenmesspunkte

Messpunkt	Höhenunterschied alt zu neu in m	
	Sohle	WK
Frankenförder Entwässerungsgraben	1,42	1,39
Brücke Frankenfelde Gottsdorf	1,19	1,27
Frankenfelder Entwässerungsgraben	0,78	0,7
Brücke Gottsdorf	0,79	0,71
hinter Ausfluss Teich Klinkenmühlen	1,76	1,48
Hammerbrücke	1,59	1,85
Feldbrücke	1,53	1,83
Forstbrücke	1,19	1,16
Durchschnittlicher Höhenunterschied	1,28	1,30

Aufgrund der starken Eintiefungen von bis zu 1,59 m der Sohle wurde, wie schon in der Gewässerstrukturgütekartierung beschrieben, das natürliche Sohlensubstrat in einigen Bereichen durchschnitten.

Nimmt man die Wasserkante (WK) als Grundwasserstand an, so ist dieser im Mittel um 1,3 m abgesunken. Dies bezieht sich natürlich nur auf die unmittelbar am Fließgewässer befindlichen Grundwasserspiegel. Inwieweit sich die Grundwasserstände numerisch auf das UG auswirken, kann im Rahmen dieser Arbeit nicht geklärt werden.

Um die Auswirkungen der letzten großen Meliorationsphase in der DDR auf die Grundwasserstände aufzeigen zu können, wurden Grundwassermessungen verglichen. Die Pegelreihen konnten durch das Landesumweltamt Brandenburg zur Verfügung gestellt werden.

In Abbildung 51 sind die Messstellen eingezeichnet. Diese wurden ausgewählt, da sie zum einen denselben Zeitabschnitt von 1968 - 2003 repräsentieren und zum anderen eine Verteilung über das UG darstellen. Des Weiteren wurde zwischen Hochfläche und Niederung unterschieden.

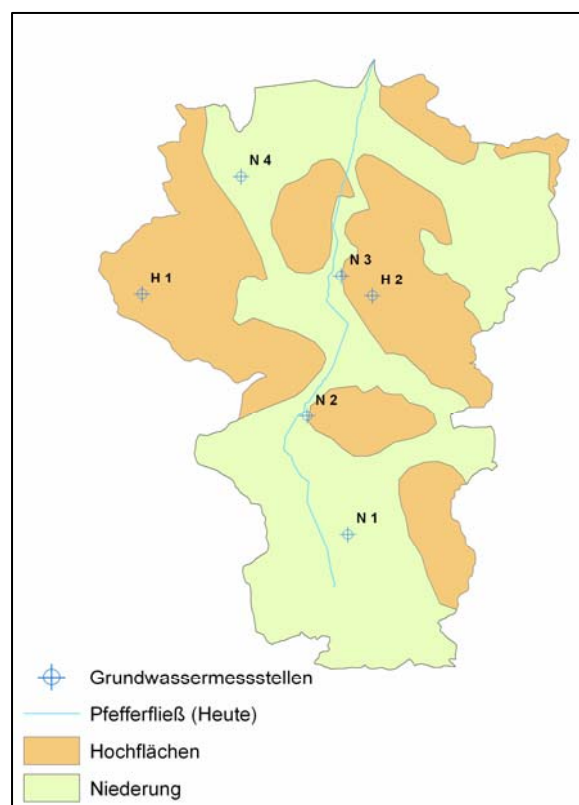


Abb. 51 Verteilung der Grundwassermesspunkte im UG

Die Ergebnisse der Grundwassermessungen liegen als Monatsmittelwerte vor. Diese sind in Abbildung 52 in Form von Diagrammen abgebildet. Die schwarze Linie beschreibt den Trend der Grundwasserstände.

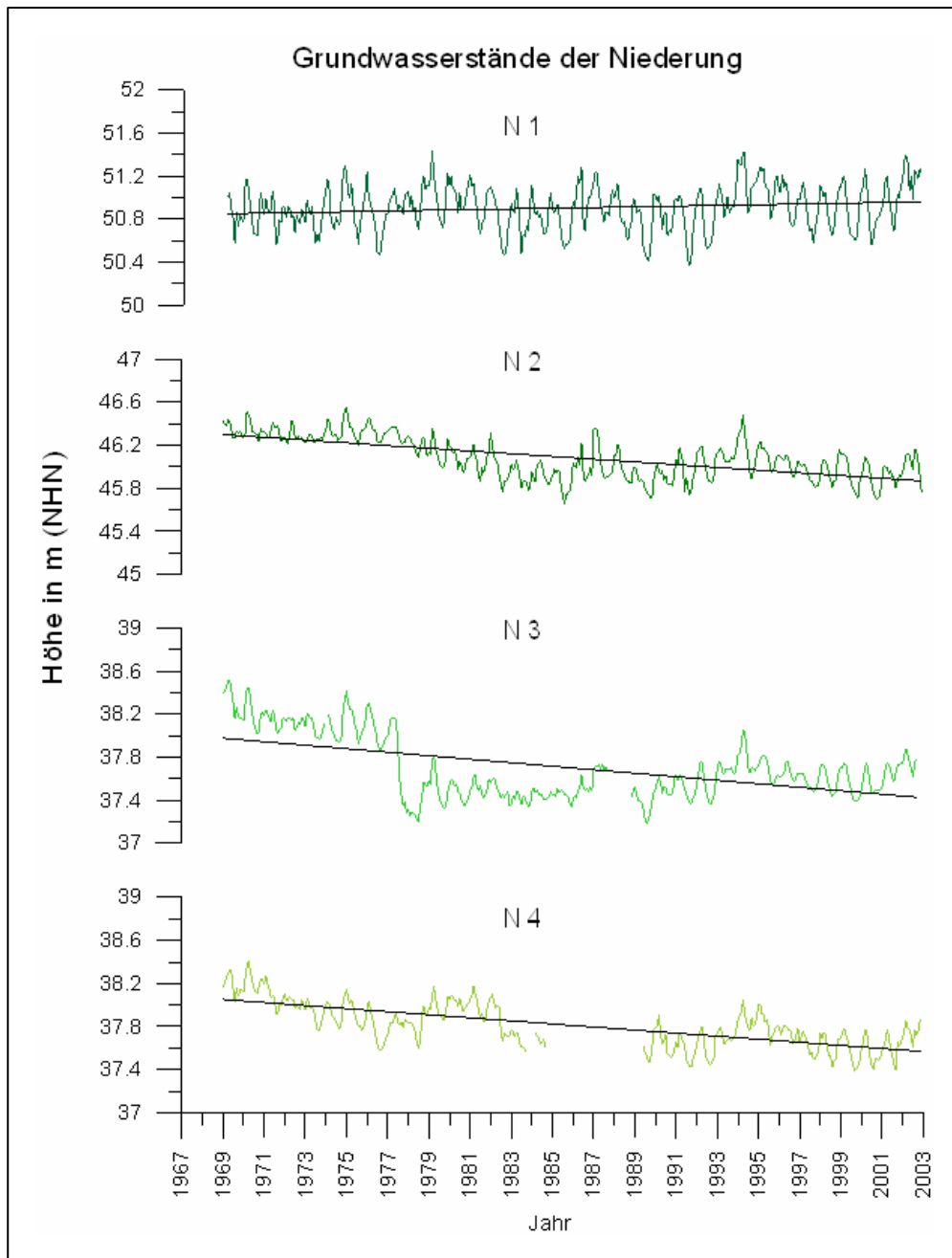


Abb. 52 Grundwasserganglinien der Pegel N1 – N4

Die Messstellen N2, N3 und N4 weisen einen kontinuierlichen Rückgang des Grundwasserspiegels auf. Dieser Rückgang liegt im Mittel bei 0,46 m des ausgewählten Zeitraumes. Verglichen wurden dabei die ersten vier sowie die letzten vier Jahre der Messreihen. N1 dagegen steigt entgegen dem Trend der anderen drei an. Dieser Anstieg liegt bei 0,13 m ebenfalls bezogen auf die ersten bzw. letzten vier Jahre. Bei den Hochflächen kann ebenfalls wie bei N1, N2 und N3 ein deutlicher Abwärtstrend beobachtet werden. Die

Differenz der Mittelwerte der ersten sowie letzten vier Jahre liegt bei H1 bei 0,81 m und bei H2 bei 0,42 m (Abbildung 53).

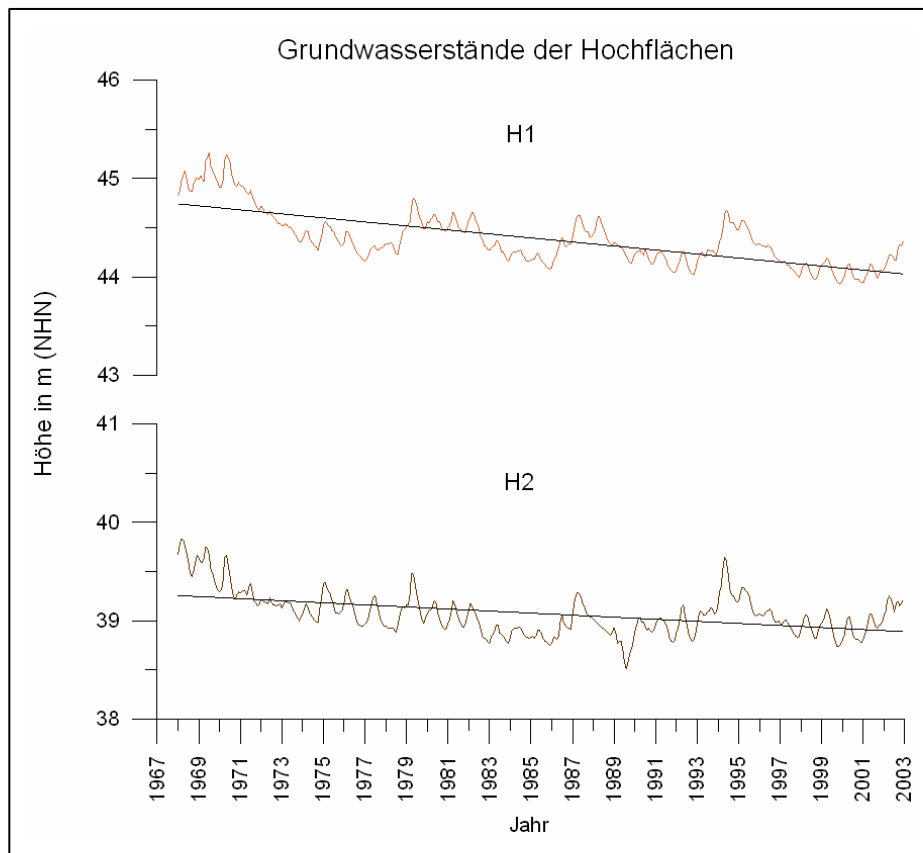


Abb. 53 Grundwasserganglinien der Pegel H1 und H2

6 Diskussion

6.1 Gewässerstrukturgütekartierung

6.1.1 Einzelparameter Laufkrümmung

Die Ergebnisse der Auswertung der Gewässerstrukturgütekartierung für den Einzelparameter Laufkrümmung zeigen, dass auch schon im 18. Jh. Veränderungen am Fließ auftraten. Bei Gottsdorf und insbesondere zwischen den beiden Mühlen ist der Bereich mit den häufigsten Veränderungen zu erkennen. Auf den ersten Blick scheint dies auf den Betrieb der beiden Wassermühlen, deren Entstehung auf das 13. Jh. datiert wird (NOESKE 1997), zurückzuführen zu sein. Um das Wasser für die Mühlen schnell und ausreichend zur Verfügung zu stellen, ist es wahrscheinlich in diesen Bereichen zu einer Begradigung und/oder einem Aufstau des Pfefferfließes gekommen.

Aber auch ohne den Mühlenbetrieb kann ein eher gestreckter Verlauf vermutet werden. Grund für diese Annahme ist, dass sich hinter Gottsdorf das Gefälle stark erhöht. Dies ist auch deutlich in Abbildung 50 zu erkennen. Auf einer Länge von 1,45 km (historischer Verlauf von Punkt d zu e) kommt es zu einem Höhenunterschied von 4 m (eigene Messung). Damit würde dieser Abschnitt zu den kiesgeprägten Bächen, welche ein Talgefälle von mehr als 3 m/km aufweisen, gehören. Diese besitzen einen gestreckten bis schwach gewundenen Verlauf. Im C-Bericht zur Umsetzung der WRRL (LUA 2005) wird dieser Bereich jedoch als organisch geprägter Bach ausgewiesen. Jahrhundertlanges Anstauen durch den Mühlenbetrieb hat die Bildung von Niedermoor im untersuchten Bereich begünstigt, was wahrscheinlich zu der Ausweisung eines organisch geprägten Baches in diesem Bereich geführt hat.

Bei der Aufnahme der Gewässerstrukturgüte müsste dieser Abschnitt als Kerb- und Muldental der Alt- und Jungglazialen Endmoränen des Flachlandes betrachtet werden. Solch einen Fließgewässertyp sieht die Kartierung nach LAWA (2000) standardmäßig nicht vor. Es wäre möglich die Kartierung dahingehend anzupassen, jedoch müssten dann mehrere Referenzgewässer untersucht werden, um einen solchen Typ auch statistisch beschreiben zu können. Dies konnte im Rahmen dieser Arbeit nicht geleistet werden. Daher ist dieser Abschnitt als Sonderfall zu betrachten.

Weitere gering bis deutliche Veränderungen können auf die Art und Weise der Aufnahme bzw. Herstellung der historischen Karten zurückgeführt werden und sich damit auch auf die hier gezeigten Ergebnisse auswirken. Demzufolge ist es unsicher, ob die Aufnahme des

Fließes in den Karten die genaue Laufkrümmung wiedergibt. Betrachtet man z.B. den Verlauf in der ALK von der Mitte des 19. Jh. (Abbildung 28), ist dieser von einer stärkeren Laufkrümmung gekennzeichnet, als der Verlauf in der Karte von 1720.

Auch anthropogene Eingriffe wie bspw. Durchstiche einzelner Mänderschleifen könnten zu einer veränderten Laufkrümmung geführt haben. Diese Durchstiche könnten unter Umständen erfolgt sein, um einen schnelleren Abfluss in Wiesen zu ermöglichen.

6.1.2 Gesamtdarstellung der Gewässerstrukturgüte

Die Gesamtbetrachtung der Gewässerstrukturkartierung zeigt eine deutlich anthropogene Überprägung des Pfefferfließes.

Das Fließ zählt zu den Tieflandgewässern und müsste demnach einen gewundenen bzw. mäandrierenden Verlauf im Bereich der Talungen aufweisen. Durch die starke Melioration, die das Pfefferfließ erfuhr, gleicht es heute mehr einem Entwässerungskanal als einem natürlichen Gerinne. Dabei kam es stellenweise zu einer völligen Umlagerung des Fließes gegenüber seinem natürlichen Gerinne so z.B. zwischen Hammerbrücke bis ca. 400 m hinter der Forstbrücke. Mänderschleifen wurden durchstoßen und fast das gesamte Fließ begradigt, was zu einer Laufverkürzung und einem Anstieg des Gefälles führte (Abbildung 50).

Die Begradigung mit gleichzeitiger Eintiefung des Fließes hat teilweise zu einem Wechsel der Sohlesubstrate geführt. So z.B. bei den Abschnitten „Mäander Gottsdorf“ oder „Hammerbrücke“, wo eine Umverlagerung und deutliche Eintiefung des Fließes einen Wechsel vom Sohlesubstrat Torf zum Sohlesubstrat Sand hervorgerufen hat.

6.2 Modellierung

6.2.1 Plausibilisierung

Die unterschiedlichen gemessenen mittleren Abflüsse der Jahre 1971 - 1981 und 1996 - 2006 zeigen einen Abwärtstrend. Dieser Trend kann zum einen durch den Ausfall des Schöpfwerkes bei Stangenhagen im Winter 1991/1992 erklärt werden. Bestätigt wird dies durch die Abflussmessungen vor dem Schöpfwerksbau (1960 - 1967), während des Betriebes (1968 - 1991) und nach dessen Ausfall (ab 1991). Aufgrund der Datenlücke von 1981 - 1996 kann nicht die gesamte Zeit in der das Schöpfwerk betrieben wurde, dargestellt werden. Trotzdem geht wie in Tabelle 8 zu sehen ein signifikanter Anstieg der mittleren jährlichen Abflüsse von 0,72 m³/s auf 0,99 m³/s mit Inbetriebnahme der Pumpen einher. Nach Ausfall der Anlage fällt MQ auf 0,54 m³/s ab.

Tab. 8 Jährlicher mittlerer Abfluss in verschiedenen Zeitabschnitten bei Stangenhagen

Mittelwert Q vor Schöpfwerksbau (1960 - 1967)	Mittelwert Q nach Schöpfwerksbau (1968 - 1981)	Mittelwert Q nach Schöpfwerksausfall (1996 - 2008)
0,72 m ³ /s	0,99 m ³ /s	0,56 m ³ /s

Das Pumpwerk und seine Auswirkungen auf den Abfluss wurden in der Simulation nicht mit berücksichtigt. Deshalb kommt es hier auch nicht zu dem deutlichen Abfall des Abflusses von 1971 - 2006, wie er bei den gemessenen Werten auftritt.

Ein weiterer Grund für den kurzzeitigen Aufwärtstrend des MQ bis 1991 sind die Meliorationsmaßnahmen zu DDR-Zeiten, welche zu einem erhöhten Abfluss durch Laufbegradigungen und zusätzliche Entwässerungsgräben und damit gleichzeitig zu einem Absenken des Grundwasserspiegels führten. Die Meliorationsmaßnahmen wurden im gesamten Untersuchungsgebiet durchgeführt. In Abbildung 47 ist der Zuwachs von Entwässerungsgräben dokumentiert. Seit 1940 wurden zusätzlich 13,7 km Gräben für eine verbesserte Melioration geschaffen (Kapitel 5.5.3). Wie viele zusätzliche Drainagen in dieser Zeit verlegt wurden, konnte nicht bestimmt werden. In einigen Meliorationskarten, welche für die Vorbereitung der Maßnahmen hergestellt wurden, sind diese teilweise enthalten (Meliorationskarte, AMT LUCKENWALDE). Auch die Planung der Begradigung der verbliebenen Schleifen des Pfefferfließes ist in diesen Karten enthalten. Die Veränderungen der Laufstruktur sind in Abbildung 46 erkennbar. Die letzten naturnahen Verläufe zwischen der Obermühle und der Hammerbrücke wurden im Zeitraum von 1960 bis Ende der 1970er begradigt (Karten, AMT LUCKENWALDE).

All diese Maßnahmen können unter anderen in enge Beziehung zum Absinken des Grundwasserspiegels gesetzt werden, was in den Pegelreihen in Abbildung 52 und 53 zu erkennen ist. Die Pegel weisen fast alle einen Rückgang der Grundwasserhöhe auf. Lediglich Pegel N1 ist in dem hier gezeigten Zeitraum leicht angestiegen. Dies kann an der Nähe zum ehemaligen Truppenübungsplatz liegen. Durch die militärische Nutzung und dem damit verbundenen Offenhalten der Landschaft könnte es hier zu gesteigerten Grundwasserneubildungsraten und somit zu einem Anstieg des Pegels gekommen sein.

Bei dem Pegel N3 kann dagegen ein direkter Zusammenhang zwischen Meliorationsmaßnahmen und Grundwasserabsenkung vermutet werden. Der Pegel befindet sich in unmittelbarer Nähe (ca. 300 m) zur Hammerbrücke und damit zum Pfefferfließ. Im

Zeitraum 1977 - 1978 ist ein plötzliches Abfallen der Grundwasserhöhe um einen Meter zu erkennen. Nach diesem Einbruch bleibt die Pegelhöhe niedriger, als vor dem Ereignis. Zur gleichen Zeit, also 1977 wurden Laufbegradigungen und die Anlage neuer Gräben zwischen der Klinkenmühle und der Hammerbrücke durchgeführt (Akte über Melioration, AMT LUCKENWALDE). Aufgrund dieser Meliorationsmaßnahmen kann es zu einem erhöhten Abfluss gekommen sein, da sich der obere Grundwasserleiter plötzlich entleeren konnte.

Da weder das Absinken der Grundwasserstände der letzten 35 Jahre noch die Auswirkungen des Schöpfwerkes in diesem Modell berücksichtigt werden konnten, wird lediglich die Zeitspanne von 1996 - 2006 für weiterführende Untersuchungen genutzt.

6.2.2 Vergleich der simulierten und gemessenen Werte

Der Vergleich der Simulation Q_{Heute} mit den gemessenen Werten zeigt, dass das Modell den Abfluss stark unterschätzt. Solche extreme Abweichungen wurden auch bei der Aufarbeitung der Pegelreihen für die Abflussspendenkarte des Landes Brandenburg beobachtet. Vor allem bei kleineren Einzugsgebieten ($< 1000 \text{ km}^2$) tritt diese Situation auf, die typisch für das Tiefland ist. Als Grund werden Unterschiede zwischen ober- und unterirdischem Einzugsgebiet genannt (PFÜTZNER 2003). Die gemessenen Abflussspendenangaben der Pegel beziehen sich nur auf das oberirdische Einzugsgebiet. Dieses ist meist bekannt, wohingegen das unterirdische Einzugsgebiet meist unbekannt ist (PFÜTZNER 2003).

Für Einzugsgebiete gilt, dass sich die Wasserscheide eines unterirdischen Einzugsgebietes nicht nach der des oberirdischen richtet. Die Abweichungen sind vor allem in flachwelligen Landschaften mit sandigem Substrat höher. Aufgrund der Dynamik des Grundwassers hinsichtlich des Abstandes zur Geländekante, der Fließrichtung und der Verteilung sowie der Verbindungen einzelner Grundwasserleiter untereinander ist es schwierig ein unterirdisches Einzugsgebiet zu bestimmen (WINTER 2003).

Durch die Verbindung des Fließgewässers mit dem Grundwasser kann es zu efluenten (Wasserbewegung vom Vorfluter zum Grundwasser) oder influenten Verhältnissen (Wasserbewegung vom Grundwasser zum Vorfluter) kommen (MEY ET AL. 2003). Dies ist abhängig von den schwankenden Grundwasserständen, die z.B. im Winter- bzw. Sommerhalbjahr auftreten können.

Anhand einer Studie am kleinen Einzugsgebiet Fredersdorfer Mühlenfließ (Berlin-Brandenburg) konnte festgestellt werden, dass knapp 60% des Abflusses im Winterhalbjahr

aus dem Grundwasser stammen, im Sommerhalbjahr dagegen bis zu 90% (NÜTZMANN UND MEY 2007). Das führt dazu, dass es durch die unterschiedliche Geologie im Fließverlauf sowie das periodische Absinken des Grundwasserspiegels zu einem geringeren Abfluss bis hin zum Trockenfallen des Unterlaufes in den Sommermonaten kommt, während im Oberlauf der Abfluss in derselben Zeit höher ausfällt (NÜTZMAN UND MEY 2007). Im Fall des Pfefferfließes scheinen die influenten Verhältnisse über das gesamte Jahr zu überwiegen. Somit kann auch Grundwasser aus anderen Einzugsgebieten in das Fließ gelangen. Dies würde den höheren gemessenen MQ gegenüber dem berechneten MQ erklären (Abbildung 36). Beide MQs beziehen sich auf dieselbe Landnutzung des UG und müssten in etwa gleich groß sein. Somit wäre das unterirdische Einzugsgebiet weitaus größer. Dementsprechend müsste der mittlere jährliche Abfluss auch von Landnutzungen außerhalb des oberirdischen Einzugsgebietes des UG abhängig sein.

Bei den Berechnungen der Abflussspendenkarte für Brandenburg hat sich gezeigt, dass bei großen Einzugsgebieten, wie z.B. dem Haveleinzugsgebiet, der Abfluss mit ArcEgmo erfolgreich abgebildet werden konnte. Die kleinen Einzugsgebiete, wie in diesem Beispiel Teileinzugsgebiete der Havel, heben sich demnach in ihren unterschätzten sowie überschätzten Abflussspenden, bei der Aufsummierung der Teileinzugsgebiete auf (PFÜTZNER 2004).

Um zu bestimmen wie groß der Faktor des Grundwasserzustromes ist, wurden die Ergebnisse von ArcEgmo genauer untersucht. Bei der Ermittlung des Abflusses der einzelnen Fließgewässer in ArcEgmo werden zunächst der Direktabfluss sowie der Grundwasserzufluss für das dazugehörige Teileinzugsgebiet bestimmt. Diese werden dann mit dem Abfluss des Unteranliegers addiert. Damit wird der Gesamtabfluss je Fließgewässerabschnitt bestimmt. Betrachtet man den gesamten Grundwasserzufluss aller Teileinzugsgebiet bis zu dem Pegel Stangenhagen, so müsste der Grundwasserzufluss um den Faktor 3,7 steigen, um den gemessenen mittleren jährlichen Abfluss der Jahre 1996 - 2006 zu erhalten.

Es kann davon ausgegangen werden, dass der Abfluss des Pfefferfließes stärker grundwasserbeeinflusst ist, als für sein oberirdisches Einzugsgebiet berechnet wurde. Der Faktor 3,7 bezieht sich auf den Grundwasserzustrom des gesamten Gebietes. Es konnte jedoch nicht geklärt werden, wie sich dieser über dieses Gebiet verteilt, da weiterführende Untersuchungen in dieser Arbeit nicht möglich waren. In weiteren Untersuchungen sollte das Modell mit einem Grundwassermodell gekoppelt werden.

Die Ergebnisse des MQ können nicht numerisch genutzt werden, da der Grundwasserzustrom innerhalb des Gebietes nicht berücksichtigt werden konnte. Deshalb ist nur eine

eingeschränkte Betrachtung des Abflusses hinsichtlich der veränderten Landnutzung möglich. Die Landnutzung des 18. Jh. führte gegenüber heute, laut Berechnung zu einem Anstieg des Abflusses an der Mündung des Pfefferfließes um 70% (Kapitel 5.3.1). Dabei ist heute die Verteilung von Offenland zu Wald der des 18. Jh. sehr ähnlich (Abbildung 45). Geändert haben sich die Intensität der Nutzung sowie die konkreten Standorte des Waldes und der Offenlandflächen.

In einer Beispielsimulation wurde das Modell für das 18. Jh. mit der Annahme heutiger Waldeigenschaften für die Waldfläche und -verteilung des 18. Jh. laufen gelassen. Das Ergebnis lieferte den gleichen MQ an der Mündung des Pfefferfließes, wie er auch für die heutige Landnutzung simuliert wurde. Damit kann gezeigt werden, dass eine intensivere Nutzung des Waldes durch die in Kapitel 4.7.3 dargestellten Formen erheblichen Einfluss auf die Grundwasserneubildung und damit auf den Abfluss hat. Die Überführung von der Landnutzungsart Wald im 18. Jh. wurde zu Heide vorgenommen. Es handelt sich dabei um eine Annahme bzw. Annäherung der damaligen Verhältnisse, die auf eine Nutzungsart für die Berechnung mit ArcEgmo bezogen wurde. Diese Tatsache muss bei der Nutzung der Ergebnisse berücksichtigt werden.

Um die Grundwasserneubildungsraten unter Wald zu erhöhen, wäre es natürlich nicht sinnvoll die Waldnutzungsarten des 18. Jh. wieder herzustellen. Vielmehr könnten Waldumbaumaßnahmen mit Erhöhung des Laubwaldanteils zu einer Steigerung der Sickerwasserraten beitragen.

6.3 Querschnitte und dazugehörige bordvolle Abflüsse

6.3.1 Abschnitt „Moellenstelle“

Der Querschnitt des Abschnitts („Moellenstelle“) wirkt auf den ersten Blick mit einer maximale Tiefe von 1,7 m und maximalen Breite von 14 m als überdimensioniert.

Aufgrund der Parameter Tiefe und Breite und dem Hauptsubstrat Torf müsste dieser Querschnitt zu den organisch geprägten Flüssen gehören. Diese setzen ein Einzugsgebiet von mehr als 100 km² voraus (LUA 2005). Da wie in Kapitel 6.2.2 beschrieben das gesamte Einzugsgebiet des Pfefferfließes aufgrund des Abflusses deutlich größer sein muss und das oberirdische Einzugsgebiet bei 90 km² am Abschnitt „Moellenstelle“ liegt, wäre die Voraussetzung in Bezug auf die Einzugsgebietsgröße gegeben. Bei dem Fließgewässertyp organisch geprägter Fluss liegt die Querprofiltiefe unter 2 m und damit extrem tief (LUA

2005). Mit 1,7 m maximaler Tiefe kommt das erbohrte Profil diesem Wert sehr nahe. Aufgrund von Moorsackung oder Messfehlern könnte die Differenz von 30 cm erklärt werden. Das hier aufgenommene kastenförmige Profil wird ebenfalls für organische Flüsse angegeben (LUA 2005). Was noch für diesen Typ spricht, ist eine Breite von über 8 m sowie der Verlauf in gefälleärmsten ($< 0,05\text{m/km}$) Landschaften des Jungglazials (LUA 2005). Dazu gehören die Niedermoorgebiete Brandenburgs, folglich auch der untersuchte Bereich. Der mäandrierende Verlauf in diesem Abschnitt ist auf den historischen Karten erkennbar. Auch dies ist typisch für organisch geprägte Flüsse (LUA 2005). Der berechnete bordvolle Winterabfluss mit $5,4\text{ m}^3/\text{s}$ erscheint zu hoch. Tatsächlich wurden am Pegel Stangenhagen Abflussspitzen von $3,31\text{ m}^3/\text{s}$ (23.03.1970) bis zu $3,38\text{ m}^3/\text{s}$ (06.03.1979) gemessen. Allerdings liegt der Abschnitt „Moellenstelle“ ca. 2,5 km (Luftlinie) fließaufwärts. Damit befindet sich der Abschnitt noch vor dem Schöpfwerk und vor der Einmündung des Pfeffergrabens. Zudem wurden diese Werte zu einer Zeit gemessen als das Schöpfwerk noch in Betrieb war. Der mittlere jährliche Abfluss des 18. Jh. lag nach eigenen Berechnung um 70% höher als heute (Kapitel 5.3.1). Dies entspräche in etwa dem MQ von $0,99\text{ m}^3/\text{s}$ in der Periode als das Schöpfwerk und die Meliorationsmaßnahmen einen erhöhten Abfluss wie etwa $3,38\text{ m}^3/\text{s}$ (06.03.1979) begünstigten. Hinzu kommt, dass durch die Begradigung, welche das Pfefferfließ in diesem Abschnitt erfahren hat, ein größeres Gefälle und damit höhere Abflussgeschwindigkeiten im Gegensatz zu einem natürlichen mäandrierenden Verlauf vorherrschen. Dies kann wiederum den Abfluss heute gegenüber dem des 18. Jh. erhöhen. Was die Abflusshöhe von $5,4\text{ m}^3/\text{s}$ ebenfalls erklären würde, ist die Aufnahme bordvoller Abflüsse in die früheren Messreihen. Dies ist heute nicht mehr nachvollziehbar. Wurde z.B. einen Tag nach einem solchen Hochwasserereignis gemessen, können niedrigere Werte aufgezeichnet worden sein. Des Weiteren ist es nicht ausgeschlossen, dass es aufgrund eines gestiegenen Grundwasserzustromes aus anderen Einzugsgebieten zu erhöhten Abflüssen im 18. Jh. kam (Kapitel 6.2.2). Für das Ansteigen des Grundwasserzustromes können höhere Grundwasserneubildungsraten z.B. infolge der veränderten Waldnutzung des 18. Jh. verantwortlich gewesen sein (Kapitel 6.2.2). Auch die Verteilung von Offenland und Wald zugunsten des Offenlandes kann zu erhöhten Grundwasserneubildungsraten außerhalb des oberirdischen Einzugsgebietes des Pfefferfließes im 18. Jh. geführt haben. Damit könnte ein solch hoher bordvoller Abfluss erreicht worden sein. Inwieweit der Wert von $5,4\text{ m}^3/\text{s}$ einen tatsächlichen Abfluss widerspiegelt, bleibt aufgrund der Art der Berechnung sowie der Ausgangsdaten bezüglich der Rauigkeiten ungewiss.

Der bordvolle Abfluss für den Sommer scheint dagegen mit $0,6 \text{ m}^3/\text{s}$ sehr gering auszufallen. Gegenüber dem bordvollen Abfluss im Winter vermindert sich die Abflussleistung um 90%. Durch den starken Bewuchs, infolge der Lichtverhältnisse kann es zu solch hohen Leistungsminderung kommen (JORGA UND WEISE 1981).

6.3.2 Abschnitt „Hammerbrücke“

Das Profil des Abschnittes Hammerbrücke kann aufgrund des organischen Substrates, in dem sich das erbohrte Profil befindet sowie einer maximalen Breite von 8,5 m und einer maximalen Tiefe von 1 m zu den organisch geprägten Bächen gezählt werden (LUA2005). Der hier erbohrte kastenförmige Querschnitt ist ebenfalls kennzeichnend für einen organischen Bach im unteren Oberlauf bis Mittellauf (LUA 2005).

Der Querschnitt des Abschnittes „Hammerbrücke“ ist ein Sonderfall, da durch die Meliorationsphasen das Profil mehrmals überprägt worden ist. An diesem Querschnitt wird deutlich, wie wichtig es ist sämtliche Informationsquellen auszuwerten. Würde nur die Querschnittsform oder die Gerinnegeometrie einbezogen werden, könnte keine eindeutige Aussage über die Ursprünglichkeit gemacht werden. Zwar weist dieses Profil Merkmale eines natürlichen organischen Baches auf, doch zeigen die Informationen der historischen Karten ein anderes Bild. Die Abflussleistung an diesem Querschnitt für den bordvollen Winterabfluss müsste aufgrund der identischen Berechnungsmethode um $4 \text{ m}^3/\text{s}$ liegen. Grund für diese Annahme ist seine Lage im Mittellauf zwischen den beiden Abschnitten „Möllenstelle“ (Unterlauf) und „Mäander Gottsdorf“ (Oberlauf). Wobei der angenommene bordvolle Abflusswert von $4 \text{ m}^3/\text{s}$ in etwa zwischen den bordvollen Abflüssen von $5,4 \text{ m}^3/\text{s}$ („Möllenstelle“) und $0,4 - 1,85 \text{ m}^3/\text{s}$ im („Mäander Gottsdorf“) liegen müsste.

Tatsächlich aber hat er $0,8 \text{ m}^3/\text{s}$ in etwa die gleiche Leistung wie einige Querschnitte im Abschnitt „Mäander Gottsdorf“. Seine Gerinneleistung wäre damit zu klein. Es könnte sein, dass in diesem Abschnitt nicht das gesamte Profil erbohrt wurde oder, dass das Profil aus Zeiten stammt, in denen die Abflüsse nicht mehr so hoch waren wie die im Abschnitt „Mäander Gottsdorf“. Letzteres scheint wahrscheinlicher, da die Profile des Abschnittes „Mäander Gottsdorf“ eindeutig dem 18. Jh. zuzuschreiben sind. Die Abtrennung des Abschnittes „Hammerbrücke“ erfolgte jedoch erst 1978 also zu einer Zeit als die Abflussleistung gegenüber dem 18. Jh. (Kapitel 5.3.1) schon abgenommen hatte (Meliorationskarte, AMT LUCKENWALDE).

6.3.3 Abschnitt „Mäander Gottsdorf“

Aufgrund des durchflossenen Substrates Torf sowie Breiten unter 12 m (7 - 9 m) und eines Einzugsgebietes (27 km²) von unter 100 km² gehören die Querschnitte des Abschnittes „Mäander Gottsdorf“ ebenfalls zu den organisch geprägten Bächen (LUA2005). Hier wurden Profile verschiedener Formen erbohrt. Es liegen z.B. flache wie Querschnitt 6 sowie fast trapezförmige wie Querschnitt 1 und 2 vor (Abbildung 44).

Da die tiefsten Sohlepunkte eine Spannweite von 59 cm besitzen, können diese Profile als zeitlich zusammenhängend angesehen werden. Was dagegen spricht, ist die Annahme, dass das Gefälle in einem organisch geprägten Bach unter 0,05 m/km (0,005 %) liegt (LUA 2005). Hier liegt es bei 0,59 m/230 m (0,26 %) und wäre folglich deutlich zu hoch. Die tiefsten Sohlepunkte von Querschnitt 1, 2, 3, und 6 liegen in Bereichen, die als Kolke bezeichnet werden können und damit lokale Erosionsformen darstellen. Würde man dieser Betrachtung folgen und bei der Oberkante der angenommenen Kolke eine Linie ziehen, lägen alle Querschnitte bei einer Höhe um die 46 m (NHN). Es wäre damit ein extrem flaches Gefälle gegeben, wie es für diesen Bachtyp typisch ist. Mit den punktuellen Ereignissen der Kolkbildung wären auch die Unterschiede zwischen den einzelnen Querschnittsformen erklärt und die Profile durchgängig als flach zu bezeichnen. Damit entsprechen sie auch eher den organisch geprägten Bächen des Quell- bzw. Oberlaufes (LUA 2005).

Für die Kolkbildung sind höhere Fließgeschwindigkeiten Voraussetzung. Diese Geschwindigkeitserhöhung kann punktuell durch Verkläuerungen oder Totholz hervorgerufen worden sein (PATT ET AL. 2004). Zudem liegt der Abschnitt „Mäander Gottsdorf“ einen Kilometer entfernt von zwei Wassermühlen. Durch das Anstauen und plötzliche Ablassen des Wassers für den Betrieb der Mühle könnten sich ebenfalls die Fließgeschwindigkeiten erhöht haben und zu solchen Bildungen führen.

Die Kolke allein sind nicht nur für den Unterschied hinsichtlich der Profilgröße verantwortlich. Querschnitt 4 z.B. hat eine Breite von 6 m, andere wie bspw. Querschnitt 1 und 2 dagegen weisen eine Breite von ca. 8 m auf. Es ist möglich, dass das Querprofil als Sohlesubstrat nicht durchgängig Sand aufweist und es damit zu einer verändert aufgenommenen Geometrie des Querschnittes 4 gekommen ist.

Der Querschnitt 5 fällt durch sein extrem flaches und breiteres Profil im Gegensatz zu den anderen Querprofilen auf. Es konnte nicht geklärt werden, was zu der deutlich unterschiedlichen Profilform führte. Weitere Untersuchungen am Querschnitt 5 könnten Aufschluss geben.

Durch die unterschiedliche Gerinnegröße kommt es zu extremen Unterschieden in der Gerinneleistung. Die Varianz von 0,4 m³/s bei Querschnitt 5 zu 1,85 m³/s bei Querschnitt 3 ist deutlich zu hoch. Der winterliche bordvolle Abfluss mit 1,85 m³/s wäre in etwa genauso hoch wie am Pegel Stangenhagen bei einer Messung vom 22.01.2003 mit 1,83 m³/s. Die berechneten Werte sind demnach grobe Richtwerte.

6.3.4. Schlußbetrachtung

Da zu viele Unsicherheiten bezüglich des Durchflusses der Querschnitte aller drei Abschnitte vorhanden sind, können die berechneten Werte nur für einen Vergleich der Gerinneleistungen untereinander genutzt werden. Für genauere Berechnungen sind Messungen an bordvollen Referenzzuständen anzustreben und andere Berechnungsmethoden anzuwenden.

Es zeigt sich, dass für eine Bestimmung von historischen Querschnitten mehrere Querschnitte (jedoch mindestens 3) aufgenommen werden sollten, um genauere Aussagen hinsichtlich ihrer Dimension und damit der Abflusshöhe treffen zu können.

6.4 Erstellung eines Leitbildes

Zur Erstellung eines Leitbildes für die Entwicklung eines Fließgewässers werden verschiedene dynamische Prozesse betrachtet. Im Rahmen dieser Arbeit wurden mit der Gewässermorphologie und dem Abflussgeschehen zwei wichtige dynamische Bausteine zu zwei verschiedenen Zeitpunkten bzw. -spannen untersucht. Da sich die Erstellung eines Leitbildes nach LAWA (2000) an dem hpnG, also dem heutigen Naturraumpotential, festgelegt durch Referenzgewässer, orientiert, finden historische Daten bzw. Auswertungen auf dieser Ebene der Gewässerplanung keine Anwendung. Allerdings kann die Aufbereitung historischer Daten und die Suche nach alten Querschnitten einen wichtigen Baustein in Bezug auf die Sichtbarmachung des ehemaligen Fließverlaufes liefern.

In Bezug auf die Betrachtungen zur Abflussdynamik kann auf eine höhere morphologische Dynamik des Fließes geschlossen werden. Die Größe der erbohrten Profile sowie der historische Fließverlauf sind Ausdruck der Abflusshöhe des 18. Jh. Gerade die aufgenommenen Profilgrößen können nicht auf den heutigen Abfluss angewendet werden. Vielmehr geben die detektierten Profile eine Vorgabe als Referenzobjekte, da sie die natürlich vorkommenden Merkmale des Fließes, eines organisch geprägten Baches bzw. Flusses, darstellen.

Für vier, der im Entwicklungskonzept für das Pfefferfließ festgelegten Teilräume, ist die möglichst vollständige Rückverlegung in das ursprüngliche Gewässerbett bzw. die Anbindung an den ursprünglichen Gewässerverlauf als Entwicklungsziel festgeschrieben. Die Entwicklung einer möglichst naturnahen Gewässermorphologie und -dynamik ist für 7 Teilräume geplant (DECRUPPE UND HARTONG 2007). Der ermittelte historische Fließverlauf des Pfefferfließes zeigt allerdings nicht den natürlichen Zustand an, da bereits Nutzungen vor der kartographischen Aufnahme erfolgten. Auch ist zu betonen, dass die Erkenntnisse über den historischen Verlauf nicht dazu führen sollen, dass dieser Zustand als Entwicklungsziel angestrebt werden sollte, da auch kein natürlicher Zustand statisch sein kann. Dies belegen auch die Formulierungen „...möglichst naturnahe...“ und „...möglichst vollständige...“ (DECRUPPE UND HARTONG 2007). Das methodische Vorgehen in Bezug auf die Suche und die Aufbereitung des Karten- und Archivmaterials ist sehr zeitaufwendig und daher wahrscheinlich in der Praxis nicht einsetzbar.

Weitere Parameter und Prozesse, die Anwendung in der Leitbildgenerierung finden, konnten für das Pfefferfließ nicht ermittelt werden

Es konnte gezeigt werden, dass die Aufbereitung historischer Daten für das Beispiel des Pfefferfließes einen bedeutenden Beitrag zur Festlegung von Maßnahmen zur Erreichung von Entwicklungszielen liefern kann, da ein historischer Zustand des konkreten Gewässers, der hinsichtlich der festgelegten Entwicklungsziele ein bedeutsamer Informationsquell sein kann, aufgezeigt werden konnte.

7 Schlussfolgerung und Zusammenfassung

Am Beispiel des Pfefferfließes wurde unter Verwendung verschiedener Methoden die hydrologische Situation eines naturnahen Zustandes des 18. Jh. dargestellt bzw. ermittelt. Die Bestimmung des historischen Verlaufes bildet die Basis der vorliegenden Arbeit. Ausgehend von diesem Verlauf konnten historische Querschnitte lokalisiert werden.

Mit Hilfe der Gewässerstrukturgütebestimmung war es möglich den Grad der Veränderung hinsichtlich der Laufkrümmung zu beschreiben und mit der Heutigen zu vergleichen. Hier hat bis heute eine mit 84% der Lauflänge vollständige Veränderung der Laufkrümmung stattgefunden, während diese im 18. Jh. mit 78% noch unverändert bis verändert vorlag.

Die Gesamtdarstellung der Gewässerstrukturgüte weist mit 93% der Lauflänge eine starke bis vollständige Veränderung des heutigen Fließes hinsichtlich seines ökologisch-morphologischen Erscheinungsbildes (Ufer, Sohle, Laufkrümmung, Aue usw.) auf. Das heutige kanalartige Bild des Pfefferfließes steht in Hinsicht der Laufkrümmung sowie der Querschnitte in extremem Gegensatz zu dem Fließgewässer des 18. Jh.

Aufgrund der Laufkrümmung im 18. Jh. sowie der erbohrten Querschnitte konnte für das Pfefferfließ dieser Zeitepoche ein für Brandenburg charakteristischer Fließgewässertyp nachgewiesen werden. Dabei handelte es sich zum überwiegenden Teil um einen organisch geprägten Bach, welcher in einen organisch geprägten Fluss überging. Der als Ergebnis der Untersuchung als gesondert zu betrachtende Abschnitt zwischen der Ober- und der Klinkenmühle bei Gottsdorf weist Merkmale eines kiesgeprägten Baches auf.

Die direkten anthropogenen Beeinflussungen im 18. Jh. auf die Morphologie des Fließes hinsichtlich Laufkrümmung sowie Querschnittsformen beschränkten sich auf die Mühlenstau bei Gottsdorf. Aber auch lokale Eingriffe, zur Schaffung eines schnelleren Abflusses, in die Laufstruktur sind nicht auszuschließen.

Der Abfluss im 18. Jh. sollte durch eine Modellierung und Berechnung anhand der Querschnitte ermittelt werden. Beide Verfahren erwiesen sich als zu ungenau. Bei der Modellierung konnte aufgrund der unzureichenden Eingangsdaten hinsichtlich des Grundwasserzustromes keine numerische Aussage zu den Abflüssen der Querschnitte gemacht werden. Es hat sich herausgestellt, dass das unterirdische Einzugsgebiet des Pfefferfließes weitaus größer sein muss. Damit sind unter anderem auch Landnutzungen außerhalb des UG für die Abflusshöhe des Pfefferfließes verantwortlich. Für Maßnahmen zur Erhöhung von Grundwasserneubildungsraten und damit auch des Abflusses innerhalb des UG ist es wichtig dies zu beachten.

SCHLUSSFOLGERUNG UND ZUSAMMENFASSUNG

Eine Aussage bezüglich der Erhöhung des gesamten Gebietsabflusses bezogen auf die veränderte Landnutzung des oberirdischen Einzugsgebietes im 18. Jh. ist dennoch möglich. Am Pegel Stangenhagen konnte eine Erhöhung um 70% des Abflusses vom 18. Jh. gegenüber heute festgestellt werden.

Es kann angenommen werden, dass dieser erhöhte Abfluss zu dynamischeren Veränderungen hinsichtlich der morphologischen Strukturen (z.B. Querprofil, Laufkrümmung) führte, als es bei dem heutigen Abfluss der Fall wäre. Wie sich diese Veränderungen über das UG und damit das Fließ verteilen, konnte nicht geklärt werden.

Damit stellt der indirekte Einfluss des Menschen auf das Pfefferfließ des 18. Jh. infolge der Landnutzung (wie z.B. Rodungen, Waldnutzungen, Ackerbau, Siedlungen) den größten Einfluss auf das Fließ dar.

Aufgrund eines verzögerten Abführens, der aus den höheren Sickerwasserraten (Landnutzung) im 18. Jh. entstandenen Wassermengen, durch das Gewässernetz, der Laufkrümmung, und des geringeren Gefälles des Fließes lag der Grundwasserspiegel deutlich höher als heute. Dies führte zu Überschwemmungen im Oberlauf, aber auch in den Niederungen des Mittel- bzw. Unterlaufes. Dadurch gestaltete sich eine landwirtschaftliche Bewirtschaftung der Flächen als schwierig bis unmöglich.

Die hydrologische Situation des 18. Jh. im UG war, durch die bis dahin anthropogenen Einwirkungen hinsichtlich der Landnutzung, stark beeinflusst. Dies hatte selbstverständlich auch Auswirkungen auf die Morphologie. Dennoch kann der hier vorgestellte Zustand des 18. Jh. als am naturnahsten gelten, da sich anders als heute lediglich die Landnutzung auf den Wasserhaushalt des Pfefferfließes auswirkte.

Heute dagegen kommt es durch die vergangenen Meliorationstätigkeiten zu einem schnelleren Abfließen des Wassers aus der Landschaft. Die Folge sind Grundwasserabsenkung, Degradierung der Moorböden (Verlust von Wasserretentionsräumen) und Verlust der Artenvielfalt. Zudem bilden die heutigen Landnutzungen weniger Sickerwassermengen als im 18. Jh. Anders ausgedrückt, ist der Wasserverbrauch durch die Landnutzung heute deutlich höher als damals.

Die Folgen der anthropogenen Nutzung des Pfefferfließes und seines Einzugsgebietes haben zu einer signifikanten Abnahme der Natürlichkeit beider geführt. Das Entwicklungskonzept für das Pfefferfließ sieht vor bis 2020 ein weitgehend den naturnahen Verhältnissen entsprechendes Fließgewässer zu entwickeln.

SCHLUSSFOLGERUNG UND ZUSAMMENFASSUNG

Abschließend ist zu sagen, dass die hier verwendeten Methoden weitere Verbesserungen erfordern. Um die hydrologische Situation der Vergangenheit aufzuzeigen, bedarf es eines Portfolios an Methoden. Selbst sehr genaue Ergebnisse können nur eine Annahme der damaligen Situation liefern. Ob der tatsächliche Zustand dadurch aufgezeigt wird, ist kaum zu beurteilen. Diese Arbeit konnte eine Näherung der untersuchten Verhältnisse abbilden und Grundlage für Forschung und Planung liefern. Der weitere Forschungsbedarf besteht und wurde aufgezeigt.

Quellenverzeichnis

LITERATUR

- Amt für Statistik Berlin-Brandenburg (2009). Hektarerträge ausgewählter Fruchtarten in den Jahren 1955 bis 2009 im Land Brandenburg, Hrsg.: Amt für Statistik Berlin-Brandenburg, Potsdam.
- BECK, C., J. JACOBET and P. D. JONES, (2007). Frequency and within-type variations of large-scale circulation types and their effects on low-frequency climate variability in central europe since 1780. *International Journal of Climatology* **27**: 473-491.
- BRIEM, E., (2002). Formen und Strukturen der Fließgewässer - Ein Handbuch der morphologischen Fließgewässerkunde. -. Hrsg. ATV-DVWK - Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e.V., GFA Hennef. ISBN 3-936514-01-1.
- DECROPPE, K., und H. HARTONG, (2007). Entwicklungskonzept Pfefferfließ - Projektskizze zur Vorbereitung eines Projektantrages an den Naturschutzfonds Brandenburg. Landschaftsförderverein Nuthe-Nieplitz Niederung e.V.
- DFG, (1987). Hydraulische Probleme beim naturnahen Gewässerausbau. Ergebnisse aus der Schwerpunktprogramm "Anthropogene Einflüsse auf hydrologische Prozesse". Hrsg. Rouvé, G., Forschungsbericht der Deutschen Forschungsgemeinschaft, VCH Verlagsgesellschaft, Weinheim. ISBN 3-527-27125-2.
- DRIESCHER, E., (2003). Veränderungen an Gewässern Brandenburgs in historischer Zeit. Hrsg.: Landesumweltamt Brandenburg (LUA) Studien und Tagungsberichte, Band 47. ISSN 0948-0838
- DVWK, (1990). Hydraulische Methoden zur Erfassung von Rauheiten. zusammengestellt von Schröder, R.C.M., Hrsg. Deutscher Verband für Wasserwirtschaft und Kulturbau. ISBN 3-490-09297-X.
- FIETZ, P., und K. MASUR, (2007). Das Projekt Falke. Vermessungsverwaltung Brandenburg.
- FISCHER, W., und J. PÖTSCH, (1994). Botanische Wanderungen in deutschen Ländern 2 - Berlin und Brandenburg. Hrsg. Pötsch, J., Weinert, E., Urania Verlag Leipzig, Jena, Berlin. ISBN 3-332-00540-5.
- FRANZ, H.-J., (1956). Die Entwicklung der hydrographischen Verhältnisse im Nuthegebiet. Dissertation, Potsdam.
- GOLTZ, T. Freiherr von, (1902). Geschichte der deutschen Landwirtschaft: Von den ersten Anfängen bis zum Ausgang des 18. Jahrhunderts. Scientia Verlag Aalen 1984, ISBN 3-511-01160-4 Gesamtwerk, ISBN 3-511-01161-2 Band 1.
- HE, Z., W. WU, F. D. SHIELDS JR, (2009). Numerical analysis of effects of large wood structures on channel morphology and fish habitat suitability in a Southern US sandy creek. *Ecology* **2**: 370-380.

- HICKISCH, A., (2004). Ableitung flussmorphologischer Parameter aus historischen Karten und stratigraphischen Untersuchungen - Ein Beitrag für die Landschaftsentwicklung für die Nuthe/Brandenburg. Fachbeiträge des Landesumweltamtes, Titelreihe - Heft-Nr. 89, Hrsg. Landesumweltamt Brandenburg, Potsdam.
- HILT, S., I. SCHÖNFELDER, A. RUDNICKA, R. CARLS, N. NIKOLAEVICH, A. SUKHODOLOV, C. ENGELHARDT, (2008). Reconstruction of pristine morphology, flow, nutrient conditions and submerged vegetation of lowland river spree (Germany) from palaeomeanders. *River Research and Applications* **24**: 310-329.
- JORGA, W., und G. WEISE, (1981). Verfahren zur Abschätzung der Verkräutung von Wasserläufen. *Acta Hydrochimica et Hydrobiologica* **9**: 189-202.
- JÜRGING, P., und H. PATT, 2005 *Fließgewässer und Auentwicklung - Grundlagen und Erfahrungen*. Hrsg. Jürging, P., Patt, H., Springer Berlin, Heidelberg. ISBN 3-540-21415-1.
- JUSCHUS, O., (2003). Das Jungmoränenland südlich von Berlin - Untersuchungen zur jungquartären Landschaftsentwicklung zwischen Unterspreewald und Nuthe. *Berliner Geographische Arbeiten*, Heft 95, Hrsg. Geographisches Institut der Humboldt-Universität zu Berlin. ISBN 3-9806807-2-X.
- KERN, K., (1994). *Grundlagen naturnaher Gewässergestaltung - Geomorphologische Entwicklung von Fließgewässern*. Springer, Berlin, Heidelberg, New York. ISBN 3-540-57538-3.
- KRAUSCH, H.-D., (2008). *Beiträge zur Wald-, Forst- und Landschaftsgeschichte Brandenburgs*. Verlag Kessel, Remagen-Oberwinter. ISBN 978-941300-02-6.
- LANCASTER, S. T., und R. L. BRAS, (2002). A simple model of river meandering and its comparison to natural channels. *Hydrological Processes* **16**: 1-26.
- LANDGRAF, L., (1998). *Landschaftsökologische Untersuchungen an einem wiedervernässten Niedermoor in der Nuthe - Nieplitz - Niederung*. Hrsg.: Landesumweltamt Brandenburg, Schriftenreihe des Landesumweltamtes Brandenburg, Studien und Tagungsberichte, Band 18. ISSN 0948-0838.
- LANDGRAF, L., (2006). *Dendrohydrologische Rekonstruktion und ökologische Auswirkungen von Wasserstandsschwankungen in Mooren der östlichen Zauche*, pp. 210 in *Dissertationsschrift an der Mathematisch-Naturwissenschaftlichen Fakultät*, 2006-034. Universität Greifswald.
- LANDPLAN GMBH ERKNER, (2007). *Entwicklungskonzept für den Naturpark Nuthe-Nieplitz im Rahmen der LEADER-Regionen „Fläming-Havel“ und „Rund um die Fläming-Skate“*, pp. Im Auftrag des Landschafts-Fördervereins Nuthe-Nieplitz-Niederung e.V. und der Stiftung Naturlandschaften Brandenburg für den Naturpark Nuthe-Nieplitz.

- LAWA, (2000). Gewässerstrukturgütekartierung in der Bundesrepublik Deutschland. Verfahren für kleine und mittelgroße Fließgewässer. Hrsg. Länderarbeitsgemeinschaft Wasser (LAWA), Schwerin. ISBN 3-88961-233-4.
- LEMBKE, H., und J. MARCINEK, (1965). Die Weichsel-Eiszeit im Gebiet der Deutschen Demokratischen Republik. Hrsg. J.F. Gellert, Deutsche Akademie der Wissenschaften zu Berlin, Akademie-Verlag, Berlin.
- LESTER, R. E., und W. WRIGHT, (2009). Reintroducing wood to streams in agricultural landscapes: changes in velocity profile, stage and erosion rates. *River Research and Applications* **25**: 376-392.
- LIEDTKE, H., und J. MARCINEK, (1994). *Physische Geographie Deutschlands*. Hrsg. Liedtke, H., Marcinek, J., Justus Perthes Verlag, Gotha. ISBN 3-623-00840-0.
- LUA, (2001). Morphologische Referenzzustände für Bäche im Land Brandenburg. Studien- und Tagungsberichte, Band 33, Schriftenreihe des Landesumweltamtes Brandenburg, Hrsg. Landesumweltamt Brandenburg, Potsdam. ISSN 0948-0838.
- LUA, (2002). Strukturgüte von Fließgewässern Brandenburgs. Studien und Tagungsberichte, Band 37, Schriftenreihe des Landesumweltamtes Brandenburg, Hrsg. Landesumweltamt Brandenburg, Potsdam. ISSN 0948-0838.
- LUA, (2005). Umsetzung der Wasserrahmenrichtlinie - Bericht zur Bestandsaufnahme für das Land Brandenburg (C-Bericht). Landesumweltamt Brandenburg (LUA), Potsdam.
- LUA, (2006). Daten zum integrierten Klimaschutzmanagement im Land Brandenburg. Fachbeiträge des Landesumweltamtes, Heft-Nr. 104, Hrsg. Landesumweltamt Brandenburg, Potsdam.
- MANGA, M., and J. W. KIRCHNER, (2000). Stress partitioning in streams by large woody debris. *Water Resources Research* **36**: 2373-2379.
- MARCINEK, J., and L. ZAUMSEIL, (1993). Brandenburg und Berlin im physisch-geographischen Überblick. *Geograph. Rundschau* **45**: 556-563.
- MEY, S., (2003). Modellgestützte Untersuchung der Abflussbildungsprozesse im Einzugsgebiet des Fredersdorfer Mühlenließes., pp. Diplomarbeit, Freie Universität Berlin, Berlin.
- MOMMERT, H., (2001). Heimatjahrbuch Teltow-Fläming 2001. Verlag: Landkreis Teltow-Fläming. ISBN / EAN: 9783980603737.
- NADEN, P., P. RAMESHWARAN, O. MOUNTFORD und C. ROBERTSON, (2006). The influence of macrophyte growth, typical of eutrophic conditions, on river flow velocities and turbulence production. *Hydrological Processes* **20**: 3915-3938.
- NOESKE, (1997). Märkische Mühlen Amtsblatt für die Gemeinde Nuthe-Urstromtal. Berlin **5**.
- NÜTZMANN, G., and S. MEY, (2007). Model-based estimation of runoff changes in a small lowland watershed of north-eastern Germany. *Journal of Hydrology* **334**: 467-476.

- PATT, H., P. JÜRGING und W. KRAUS, (2004). Naturnaher Wasserbau - Entwicklung und Gestaltung von Fließgewässern. Springer, Berlin. ISBN 3-540-20095-9.
- PFÜTZNER, B., (2004). Erstellung einer Abflusspendenkarte der mittleren Abflüsse der Zeitreihe 1981 bis 2000 für das Land Brandenburg. Büro für Angewandte Hydrologie (BAH), Berlin.
- PFÜTZNER, B., (2007). Aktualisierung der Abflusspendenkarte der mittleren Abflüsse bis zum Jahr 2005 für das Land Brandenburg pp. im Auftrag des Ministeriums für Ländliche Entwicklung, Umwelt und Verbraucherschutz. Gutachten. Büro für angewandte Hydrologie. Berlin.
- PFÜTZNER, B., P. HESSE, S. MEY und B. KLÖCKING, (2004). N-A-Modellierung mit ArcEGMO: Online-Blockkurs zur Niederschlag-Abfluss-Modellierung, pp. http://www.hydroskript.de/html/_index.html, Berlin.
- REP. 2 NR. D.21493., (1786). Gesuch der Gemeinden Felgentreu und Frankenförde zur Anfertigung eines Grabens. Akte im Brandenburger Landeshauptarchiv Potsdam.
- RÖSSERT, R., (1994). Hydraulik im Wasserbau. Oldenbourg Verlag München Wien, ISBN 3-486-26218-1.
- SCHARFE, W., (1972). Abriss der Kartographie Brandenburgs 1771-1821. Veröffentlichung der Historischen Kommission zu Berlin, Band 35, Walter de Gruyter, Berlin, New York.
- SCHEFFER, F., und P. SCHACHTSCHABEL, (2002). Lehrbuch der Bodenkunde. Spektrum, Heidelberg. ISBN 3-8274-1324-9.
- SCHOLZ, E., (1962). Die naturräumliche Gliederung Brandenburg. Pädagogisches Bezirkskabinett, Potsdam. ASIN B0000BNHS6.
- SCHRÖDER, W., G. EULER, F. SCHNEIDER und D. KNAUF, (1994). Grundlagen des Wasserbaus - Hydrologie-Hydraulik-Wasserrecht. Hrsg. Schröder, W., Werner-Verlag, Düsseldorf. ISBN 3-8041-3449-1.
- SCHULZE, K., (1929). Die Entwicklung der Meliorationstätigkeit im Nuthegebiet, pp. in Dissertation, Berlin.
- SOMMERHÄUSER, M., und H. SCHUHMACHER, (2003). Handbuch der Fließgewässer Norddeutschland, Typologie - Bewertung - Management, Atlas für die limnologische Praxis. ecomed, Landsberg. ISBN 3-609-68030-X.
- STIFTUNG NATURLANDSCHAFTEN BRANDENBURGS, (2009). Ökologischer Korridor Südbrandenburgs, Endbericht Projektphase 1, Potsdam.
- SUCCOW, M., und H. JOOSTEN, (2001). Landschaftsökologische Moorkunde. Hrsg. Succow, M., Joosten, H., Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung, Stuttgart. ISBN 3-510-65198-7.

WINTER, T. C., D. O. ROSENBERRY und J. W. LABAUGH, (2003). Where Does the Ground Water in Small Watersheds Come From? GROUND WATER—Watersheds Issue **41**: 989-1000.

WRRL, (2000). Richtlinie 2000/60/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 23. Oktober 2000 zur Schaffung eines Ordnungsrahmens für Maßnahmen der Gemeinschaft im Bereich der Wasserpolitik Europäische Union, EU.

PERSÖNLICHE MITTEILUNG

Herr H. Isecke 2010, Vermessungsbüro Holger Isecke, ÖbVI, Luckenwalde.

Herr Dr. Jörg Schönfelder 2010, Landesumweltamt Brandenburg (LUA), Groß Glienicke.

Herr R. Simon 2009, Gewässerunterhaltungsverband "Nieplitz", Dobbrikow.

Herr M. Röthel 2009, Müller der Obermühle in Gottsdorf, Gottsdorf.

Katasteramt Luckenwalde 2009, Luckenwalde.

KARTENWERKE

Balbisches Kartenwerk, Blatt 5 und 8 der Sektion Mittelmark, 1:75.000, Stand 1749, Staatsbibliothek zu Berlin.

Bodenkundliche Übersichtskarte M 1:300.000 (BÜK 300) des Landesamtes für Bergbau, Geologie und Rohstoffe (LBGR Brandenburg), NV 09/2004, Bereitstellung durch Büro für angewandte Hydrologie Berlin.

Deckersches Kartenwerk, Blätter 339 und 340, ca.1 : 25000, Stand 1821, Staatsbibliothek zu Berlin.

Digitales Geländemodell 25 m Raster (DGM 25), Stand 2003, Landesvermessung und Geobasisinformation Brandenburg, Bereitstellung durch Landesumweltamt Brandenburg.

Digitale Daten der CIR-Kartierung des Landes Brandenburg, Stand 2003, LUA Brandenburg

Digitale Flurkarten aus der Automatisierte Liegenschaftskarte (ALK), Stand 2003-2006, Landesvermessung und Geobasisinformation Brandenburg.

Digitale Orthophotos DOP040, Landesvermessung und Geobasisinformation Brandenburg, Stand 2001 – 2005, Bereitstellung durch Landesumweltamt Brandenburg.

Digitale Topografische Karte 1:25.000 (DTK 25), Landesvermessung und Geobasisinformation Brandenburg, Blatt 3744; 3844; 3944, 1 : 25000, Bereitstellung durch Landesumweltamt Brandenburg.

Durchflussmessungen der Pegel Stangenhagen und Dobbrikow, Landesumweltamt Brandenburg.

Geologische Übersichtskarte 1:300.00 (GÜK 300), Landesamt für Bergbau, Geologie und Rohstoffe Brandenburg.

Hydrologische Karten, HYKA 97, GW-Isohypsen der Vorratsprognose und Karte der Grundwasserleiterkomplexe I und II, Landesamt für Bergbau, Geologie und Rohstoffe Brandenburg, Bereitstellung durch Büro für angewandte Hydrologie, Berlin.

Karte Hammerfließ - Flusslauf und Situationsplan der Brücher bei Dobbrikow und Hennickendorf, 1:6.000 Stand 1720, Geheimes Staatsarchiv, Berlin Dahlem.

Kartenwerk des Samuel v. Suchodoletz, 1:12.500, Blatt 8 und 9, Stand 1679 – 1683, Staatsbibliothek zu Berlin.

Kartendienst LBGR, Bodenkarte, Internet <http://www.geo-brandenburg.de/boden/>

Kartendienst LBGR, Lithofazieskarte, Internet <http://www.geo-brandenburg.de/hyk50/>

Karte Rieben, 1:5.000, Stand 1723, Geheimes Staatsarchiv, Berlin Dahlem.

Klimadaten des Potsdam Institutes für Klimafolgenforschung (PIK), Bereitstellung durch Büro für angewandte Hydrologie Berlin.

Längsprofil, Nivellement-Plan zum Nuthe-Schau-Verband gehörigen Pfeffer-Fließ (1886), 1:3000, Brandenburgisches Landeshauptarchiv, Potsdam.

Meliorationskarte Ausbau Pfefferfließ, Bereich Hammerbrücke bis Klinkemühle, 1:2.500, Stand 1977, Kreisarchiv Luckenwalde.

Niederschlagsdaten des Deutschen Wetter Dienstes (DWD), über LUA Brandenburg, Az: DS-K/32.11.00/615.03, Bereitstellung durch Büro für angewandte Hydrologie, Berlin.

Oberirdische Einzugsgebietsgrenzen und Fließgewässersystem (LAWA-Wegs), Landesumweltamt Brandenburg, Bereitstellung durch Büro für angewandte Hydrologie Berlin.

Pegelreihen der Grundwassermessstellen : 38441774; 38441743; 38441742; 38441747; 38441700; 39441714, Landesumweltamt Brandenburg.

Preußisch Geologische Karte, Blatt Hennickendorf, 1:25.000, Stand 1919, Universität Potsdam.

Preußische Messtischblätter, Blatt: 3744; 3844; 3944, 1: 25.000, Stand 1940, Universität Potsdam.

Preußische Urmesstischblätter, Blatt 2041; 2109; 2176, 1: 25.000, Stand 1841-1842: Staatsbibliothek zu Berlin.

Topographische Karte der DDR, Blatt : N-33-135-A-c; N-33-135-C-a, 1 : 25000, Stand 1971, Universität Potsdam.

Schmettausches Kartenwerk, Brandenburg-Sektion 89-Beelitz, 1:50.000, Stand 1767-1787: Staatsbibliothek zu Berlin.

Zauchwitzer Elsbusch, 1:5.000, Stand 1782, Geheimes Staatsarchiv, Berlin Dahlem.

Danksagung

Für die Unterstützung bei meiner Diplomarbeit möchte ich mich bei folgenden Personen und Institutionen herzlich bedanken:

Meinen beiden Betreuern, Herr Dr. Lipp (Universität Potsdam) und Herr Dr. Landgraf (Landesumweltamt Brandenburg) danke ich für ihre hilfreichen Anregungen und ihre konstruktive Kritik bei der Erstellung dieser Arbeit.

Ebenso gilt mein Dank dem Landschafts-Förderverein Nuthe-Nieplitz-Niederung e.V. mit dem Vorsitzenden Herr Decruppe sowie dem Büro „Umland“ mit Herr Hartong.

Vielen Dank auch an Herrn Dr. Pfützner und Frau Mey vom Büro für angewandte Hydrologie Berlin (BAH) für die Unterstützung sowie die Bereitstellung des Programms ArcEgmo.

Den Mitarbeitern, des Institutes für Geoökologie der Universität Potsdam Frau Dr. Kraudelt, Herr Dr. Meixner, Herr Bazant und Dr. Francke danke ich für Ideen, die Bereitstellung von Materialien, Equipment und Hilfsmitteln.

Außerdem einen herzlichen Dank an die Mitarbeiter des Kreisarchives Luckenwalde, der Staatsbibliothek zu Berlin (Kartenabteilung), dem Brandenburgischen Landeshauptarchiv Potsdam sowie dem Geheimen Staatsarchiv in Berlin Dahlem.

Herzlichen Dank auch an Frau Pingel, Herr Dr. Schönfelder sowie Herr Doss vom Landesumweltamt Brandenburg.

Auch möchte ich mich bei meinen Korrekturleserinnen Johanna Kapp und Kathi Westphal für Ihre Hilfe bedanken.

Besonderer Dank gebührt meiner Mutter Waltraud Schulze für die, nicht nur finanzielle, Unterstützung während meiner gesamten Studienzeit.

Großer Dank an meine Freundin Anke Westphal, die mir in den letzten 6 Monaten mit Rat und Tat zur Seite stand.

ANHANG

Anhang I : Ergebnisse der gesamten Gewässerstrukturgüteaufnahme nach LAWA

	1. Laufentwicklung					2. Längsprofil					Ergebnis	
	Laufkrümmung	Krümmungs- erosion	Längsbänke	Besondere Laufstrukturen	Ergebnis	Querbau- werke	Rückstau	Querbänke	Verrohrung	Strömungs- diversität		Tiefenvarianz
Abschnitt 1	7	7	7	7	7	-	-	7	-	7	7	7
Abschnitt 2	5	5	7	7	7	-	-	7	-	7	7	7
Abschnitt 3	7	5	5	7	6	-	-	7	-	5	7	6
Abschnitt 4	6	5	5	7	6	-	-	7	-	5	7	6
Abschnitt 5	7	7	7	5	7	-	-	7	-	5	5	6
Abschnitt 6	6	7	5	7	6	-	-	7	-	5	5	6
Abschnitt 7	7	7	7	5	7	-	-	7	-	5	5	6
Abschnitt 8	7	5	7	5	6	-	-	7	-	5	5	6
Abschnitt 9	7	7	7	5	6	-	-	3	-	3	3	3
Abschnitt 10	5	5	5	5	5	-	-	5	-	3	3	4
Abschnitt 11	7	5	5	5	6	-	-	7	-	5	5	6
Abschnitt 12	7	5	5	5	6	3	-	7	-	5	3	5
Abschnitt 13	4	5	5	5	5	7	5	5	-	3	3	5
Abschnitt 14	7	7	7	7	7	-	-	7	-	7	7	7
Abschnitt 15	5	5	7	7	6	6	-	7	-	3	3	5
Abschnitt 16	7	7	7	5	7	-	-	7	-	5	5	6
Abschnitt 17	7	7	7	5	7	-	-	7	-	5	5	6
Abschnitt 18	6	5	5	5	5	-	-	7	-	5	5	6
Abschnitt 19	6	5	5	5	5	-	-	7	-	5	5	6
Abschnitt 20	7	7	7	7	7	-	-	7	-	5	5	6
Abschnitt 21	7	7	7	7	7	-	-	7	-	5	7	6
Abschnitt 22	7	7	7	7	7	-	-	7	-	5	7	6
Abschnitt 23	7	7	7	7	7	-	-	7	-	7	7	7
Abschnitt 24	7	7	7	7	7	-	-	7	-	7	7	7
Abschnitt 25	7	5	7	5	6	-	-	7	-	7	7	7
Abschnitt 26	7	7	7	7	7	-	-	7	-	7	7	7

3. Querprofil						4. Sohlenstruktur					
Profiltyp	Profiliefe	Breiten- erosion	Breiten- varianz	Durchlässe	Ergebnis	Sohlen- substrat	Sohlen- verbau	Substrat- diversität	bes Sohlen- strukturen	Ergebnis	
Abschnitt 1	7	4	1	7	-	-	-	4	7	6	
Abschnitt 2	7	4	1	4	-	-	-	4	7	6	
Abschnitt 3	7	4	1	7	-	-	-	7	7	7	
Abschnitt 4	7	4	1	4	-	-	-	7	7	7	
Abschnitt 5	4	2	1	4	-	-	-	7	7	7	
Abschnitt 6	4	4	1	7	6	-	-	4	7	6	
Abschnitt 7	4	4	1	4	-	-	-	4	5	5	
Abschnitt 8	4	4	1	4	6	-	-	4	5	5	
Abschnitt 9	4	4	1	4	6	-	-	4	7	6	
Abschnitt 10	4	4	1	2	-	-	-	4	3	4	
Abschnitt 11	4	4	1	2	-	-	-	4	5	5	
Abschnitt 12	4	4	1	2	-	-	-	4	5	5	
Abschnitt 13	4	4	1	2	6	-	-	4	3	4	
Abschnitt 14	4	4	1	4	-	-	-	7	5	6	
Abschnitt 15	4	-	1	2	6	-	-	4	3	6	
Abschnitt 16	4	4	1	4	-	-	-	7	5	6	
Abschnitt 17	4	4	1	4	-	-	-	4	5	5	
Abschnitt 18	4	4	1	4	-	-	-	4	5	5	
Abschnitt 19	4	4	1	4	-	-	-	4	5	5	
Abschnitt 20	7	6	7	4	6	-	-	4	7	6	
Abschnitt 21	7	7	7	7	-	-	-	7	7	7	
Abschnitt 22	7	7	5	7	-	-	-	7	7	7	
Abschnitt 23	7	7	7	4	-	-	-	7	7	7	
Abschnitt 24	7	6	7	7	6	-	-	4	7	6	
Abschnitt 25	4	4	1	4	6	-	-	7	5	6	
Abschnitt 26	4	4	1	7	6	-	-	7	5	6	

Abschnitt	5. Uferstruktur			6. Gewässerumfeld			Endbewertungsergebnis	
	Uferbewuchs	Uferverbau	bes. Uferstrukturen	Flächennutzung	Gewässerrandstreifen	sonst. Umrüst. Feldstrukturen	Ergebnis	Gewässerstrukturgüte
Abschnitt 1	4	-	7	1	1	-	1	5
Abschnitt 2	5	-	7	3	6	-	5	6
Abschnitt 3	5	-	7	3	5	-	4	6
Abschnitt 4	5	-	7	1	1	-	1	4
Abschnitt 5	6	-	7	3	1	-	2	5
Abschnitt 6	6	-	7	5	6	-	6	5
Abschnitt 7	4	6	5	3	7	-	5	6
Abschnitt 8	5	-	5	3	7	-	5	5
Abschnitt 9	5	6	5	6	6	-	6	5
Abschnitt 10	3	-	2	4	7	-	6	4
Abschnitt 11	4	6	5	5	7	-	6	5
Abschnitt 12	2	-	5	4	7	-	6	5
Abschnitt 13	1	-	2	2	3	-	3	3
Abschnitt 14	2	-	5	3	7	-	5	6
Abschnitt 15	3	-	5	5	5	-	5	4
Abschnitt 16	4	-	2	3	7	-	5	6
Abschnitt 17	5	-	2	2	4	-	3	5
Abschnitt 18	5	-	2	3	6	-	5	5
Abschnitt 19	3	-	2	4	3	-	4	4
Abschnitt 20	3	-	7	6	7	-	7	5
Abschnitt 21	2	-	7	6	7	-	7	7
Abschnitt 22	4	-	5	4	7	-	7	7
Abschnitt 23	4	-	7	6	7	-	7	6
Abschnitt 24	3	-	7	4	7	-	6	6
Abschnitt 25	2	-	5	6	7	-	7	6
Abschnitt 26	2	-	5	5	4	-	5	6

Anhang II : Veränderung der Landnutzung vom 18. Jh. bis heute



Anhang III : Vergleich der Höhen von 1886 bis heute

Vergleich Höhen 1886 und heute														
Eingemessen Mai 2010 mit GPS-Leica 500														
Messstelle	GK	WK	Sohle	Entfernung Punkt	Entfernung von Punkt Om	Höhenunterschied GK	Höhenunterschied WK	Höhenunterschied Sohle	Gefälle WK	Gefälle GK	Gefälle WK	Gefälle Sohle		
Frankf.Entweg a	48,71	47,38	47,08	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Brücke Frankb	47,65	46,73	46,51	953	953	1,06	0,65	0,57	0,0011228	0,00068206	0,00068206	0,00069811		
Frankenf. Entc	46,64	46,2	45,72	872	1825	1,01	0,53	0,79	0,00115826	0,00060780	0,00060780	0,00090596		
Brücke Gattsd	47,14	45,99	45,31	542	2367	-0,5	0,21	0,41	0,00092251	0,00038745	0,00038745	0,00075646		
hinter Klinkere	41,63	39,42	38,94	1438	3805	5,51	6,57	6,37	0,00383171	0,00456886	0,00456886	0,00442976		
Hammerbrüchf	36,6	34,95	34,61	2918	6723	5,03	4,47	4,33	0,00172378	0,00153187	0,00153187	0,00148389		
Feldbrücke g	36,45	34,27	33,87	1464	8187	0,15	0,68	0,74	0,00010246	0,00046448	0,00046448	0,00050546		
Forstbrücke h	36,88	34,04	33,61	1133	9320	-0,43	0,23	0,26	0,00037952	0,00020300	0,00020300	0,00022948		
Aus Längsschnitt Pfeifferfließ von 1886														
Höhe	Entfernung zum nächsten von Punkt		Entfernung von Punkt		Höhenunterschied GK		Höhenunterschied WK		Höhenunterschied Sohle		Gefälle WK		Gefälle Sohle	
GK	WK	Sohle	Punkt	Om	Punkt	Om	Punkt	Om	Punkt	Om	Punkt	Om	Punkt	Om
Frankf.Entweg a	49,38	48,77	48,5	0	48,5	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Brücke Frankb	48,4	48	47,7	951	951	0,98	0,77	0,8	0,00103049	0,00080967	0,00080967	0,00084122		
Frankenf. Entc	47,2	46,9	46,5	879	1830	1,2	1,1	1,2	0,00136519	0,00125142	0,00125142	0,00136519		
Brücke Gattsd	47,5	46,7	46,1	560	2390	-0,3	0,2	0,4	0,00053571	0,00035714	0,00035714	0,00071429		
hinter Klinkere	42,1	40,9	40,7	1700	4090	5,4	5,8	5,4	0,00317647	0,00341176	0,00341176	0,00317647		
Hammerbrüchf	37,2	36,8	36,2	4668	8758	4,9	4,1	4,5	0,00104970	0,00087832	0,00087832	0,00096401		
Feldbrücke g	36,5	36,1	35,4	1525	10283	0,7	0,7	0,8	0,00045902	0,00045902	0,00045902	0,00052459		
Forstbrücke h	36,1	35,2	34,8	1147	11430	0,4	0,9	0,6	0,00034874	0,00078466	0,00078466	0,00052310		
WK	Wasserkante													
GK	Geländekante													

Selbstständigkeitserklärung

Hiermit erkläre ich, Thomas Schulze, dass ich die vorliegende Diplomarbeit selbständig verfasst habe. Es wurden keine anderen als die in der Arbeit angegebenen Quellen und Hilfsmittel benutzt. Die wörtlich oder sinngemäß übernommenen Zitate habe ich als solche kenntlich gemacht.

Ort, Datum

Unterschrift

Potsdam, den 13.07.2010