

6. Auswirkungen von Landnutzungsänderungen

6.1 Auswirkungen auf den Wasserhaushalt im Land Brandenburg

Während der letzten Dekade war sowohl im Land Brandenburg als auch insgesamt in Westeuropa eine Tendenz zur Deintensivierung der Landwirtschaft zu verzeichnen. Die wichtigste Maßnahme, den Intensivierungsgrad im Ackerbau in den letzten Jahren zu verringern, war dabei das häufigere Brachliegenlassen innerhalb des Fruchtfolgezyklus, diese Praxis machte 10-20% der Anbauflächen in Brandenburg zwischen 1994 und 1998 aus. Ein anderer effektiver Weg, die Pflanzenproduktion zu deintensivieren und gleichzeitig sensible Gebiete zu schützen, besteht darin, Feuchtgebiete und Pufferzonen zu schaffen, indem flussnahe landwirtschaftliche Flächen in Wiesen umgewandelt werden. Solche Flusskorridore können die Flüsse vor gelösten Nährstoffen, Sedimenten, Pestiziden und Schwermetallen schützen, da sie einen Großteil der Einträge aus diffusen Quellen zurückhalten (siehe O'Callaghan, 1996; Muscutt et al., 1993). Das Ziel bestand darin, die Auswirkungen zu ermitteln, die Landnutzungsänderungen in Brandenburg auf die Wasserressourcen im allgemeinen haben sowie im speziellen auf die Fähigkeit, den vermuteten Rückgang im Wasserabfluss zu kompensieren.

Die Modellstudie wurde unter Nutzung des regionalen ökohydrologischen Modells SWIM durchgeführt, das hydrologische Flüsse und Feldfrucht- bzw. Vegetationswachstum als gekoppelte Prozesse simuliert (siehe Modellbeschreibung in Kap. 2). Der Einfluss von ständiger und zeitweiliger Brache auf die Hauptwasserflüsse (Oberflächenabfluss, Interflow, Verdunstung, Grundwasserrückfluß) wurde untersucht, dabei wurden ein Referenzszenarium sowie eine Reihe von Landnutzungsszenarien verwendet. Sechs der wichtigsten Brandenburger Feldanbaufrüchte wurden einbezogen: Winterweizen, Winter- und Sommergerste, Winterroggen, Silagemais und Kartoffeln. Um drei grundlegende Fruchtfolgezyklen für eine 10-Jahres-Periode zu bestimmen, wurden für Nordostdeutschland bereits ermittelte Beziehungen zwischen Bodenqualität und Ertragsanteil (Bork et al., 1995) genutzt. Dabei steht jeweils ein Zyklus für die Bodenklassen "arm" (Sandböden), "mittel" (lehmige Sandböden) und "gut" (Lehm- und Lößböden). Das Kriterium für die Bodenklassifizierung war der potentiell erzielbare Weizenenertrag. Der stochastische Crop Generator in SWIM verteilt die Erträge derart über die "Felder", daß die simulierte Ertragsverteilung räumlich entsprechend der Unterschiede in den Bodenqualitäten variiert und der vorher bestimmten mittleren Ertragsverteilung in Brandenburg entspricht. Die Simulationsläufe wurden für eine 11-Jahres-Periode (1981-1991) durchgeführt.

Die drei grundlegenden Fruchtfolgezyklen, die für das gesamte ursprüngliche Ackerland Anwendung finden, stellen das Referenzszenarium A dar. Landnutzungsänderungsszenarien wurden erstellt durch eine Erhöhung des Brachlandanteils und/oder durch die Einführung von Flußkorridoren mit einer Umwandlung von Ackerland in Wiesen (ständige Brache). Die analysierten Landnutzungsszenarien B, C und D wurden vom Szenarium A abgewandelt durch die Einführung einer zeitweiligen Brache (1-2 Jahre für verschiedene Bodentypen in den Szenarien B und C, 3-4 Jahre im Szenario D). Die Einführung von Flußkorridoren von 150m und 500m Breite und die Umwandlung sämtlichen Ackerlandes innerhalb der Flußkorridore in Wiesen führt zu den Szenarien A150 und A500, während die kombinierten Szenarien B150, C150, D150, A500, B500, C500, D500 durch die Einführung von sowohl zeitweiliger als auch ständiger Brache geschaffen wurden. In den letztgenannten Fällen wurden die Fruchtfolgezyklen, entsprechend der Szenarien B, C und D, auf das Ackerland außerhalb der 150m- und 500m-Feldkorridore angewendet. Zeitweilige Brache („set-aside“) wurde im Modell nicht als Schwarzbrache, sondern als Vegetationsbrache (Gras) bewertet.

Die wesentlichen Simulationsergebnisse sind in **Tabelle 6.1** und in **Abb. 6.1** zusammengefasst. Die Erhöhung der zeitweiligen Brache im Vergleich zum Referenzszenario A führte in den Szenarien B, C und D zu einer Verringerung der regionalen Verdunstung (ET) sowohl für die Ackerfläche als auch für das Gesamtgebiet, und in der Folge zu einer Zunahme der durchschnittlichen Bodenfeuchte der Ackerfläche. Trotz des höheren durchschnittlichen Rückhaltekoeffizienten auf Ackerland in den Szenarien B, C und D führte das zu höherem Direktabfluss (RD) und höherer Grundwasserneubildung (GWN). ET sank ziemlich gleichförmig bei allen Bodentypen in Szenario D, verglichen mit Szenario A, während RD sich hauptsächlich auf mehr lehmigen Böden erhöhte und GWN vorrangig auf mehr sandigen Böden anstieg.

Allgemein beeinflussten Veränderungen in den Fruchtfolgezyklen durch zeitweilige Brachlegung den regionalen Wasserhaushalt sowohl des Ackerlandes als auch des Gesamtgebietes in dieselbe Richtung. Während der regionale Einfluss von Landnutzungsänderungen, wie in B und C angenommen, auf das Gesamtgebiet bezogen gering war, erhöhten die weitaus bedeutenderen Änderungen in Szenario D den durchschnittlichen regionalen Direktabfluss und die Grundwasserneubildung erheblich - um 6,7% bzw. 6,4%. Die Einführung von ständigen Landnutzungsänderungen (Umwandlung von Ackerland in Wiesen innerhalb von Flußkorridoren) senkte den Ackerflächenanteil in Brandenburg um 16,5% (150 m Korridor) bzw. 54% (500 m Korridor). Dabei wurde der Anteil von besseren Lehm Böden weniger reduziert als der Anteil von Sandböden. Die Verschiebung im relativen Anteil der verschiedenen Bodenqualitäten durch die Einführung der Flußkorridore und die Deintensivierung in B, C und D erhöhte den Abfluss auf Ackerflächen um zwischen 5,3% (Szenario A150) und 35,4% (Szenario D500). Allerdings verringerte die Umwandlung von früherem Ackerland in Wiesen innerhalb von Flußkorridoren den Abfluss (RD bis zu 6,9%, GWN bis zu 7.7%) und erhöhte die Verdunstung (bis zu 4,1%) auf diesen Flächen.

Tabelle 6.1: Direktabfluss (RD), Verdunstung (ET) und Grundwasserneubildung (GWN) im 10-Jahres-Durchschnitt für Ackerflächen und die Gesamtfläche Brandenburgs; für die Szenarien A-D

Scenario		A	B	C	D
<i>Water flows</i>		[mm]	[%] to A	[%] to A	[%] to A
<i>cropland</i>	<i>RD</i>	67.0	+5.4	+7.0	+18.2
	<i>ET</i>	349.0	-2.9	-3.7	-8.8
	<i>GWN</i>	106.5	+5.8	+7.4	+16.5
<i>total area</i>	<i>RD</i>	76.5	+2.0	+2.5	+6.7
	<i>ET</i>	337.4	-1.3	-1.6	-3.8
	<i>GWN</i>	115.3	+2.3	+2.9	+6.4
Scenario		A150	B150	C150	D150
<i>Water flows</i>	[%] to A	[%] to A	[%] to A	[%] to A	[%] to A
<i>cropland</i>	<i>RD</i>	+5.3	+11.2	+12.7	+24.7
	<i>ET</i>	+1.4	-1.5	-2.3	-7.4
	<i>GWN</i>	-9.0	-3.5	-2.0	+6.8
<i>total area</i>	<i>RD</i>	-2.5	-0.8	-0.4	+3.0
	<i>ET</i>	+1.6	+0.7	+0.4	-1.3
	<i>GWN</i>	-3.2	-1.6	-1.1	+1.5
Scenario		A500	B500	C500	D500
<i>Water flows</i>	[%] to A	[%] to A	[%] to A	[%] to A	[%] to A
<i>cropland</i>	<i>RD</i>	+14.	+20.8	+22.3	+35.4
	<i>ET</i>	+4.0	+1.1	+0.4	-4.8
	<i>GWN</i>	-24.8	-19.8	-18.4	-10.0
<i>total area</i>	<i>RD</i>	-6.9	-5.9	-5.7	-3.7
	<i>ET</i>	+4.1	+3.6	+3.5	+2.5
	<i>GWN</i>	-7.7	-6.9	-6.7	-5.3

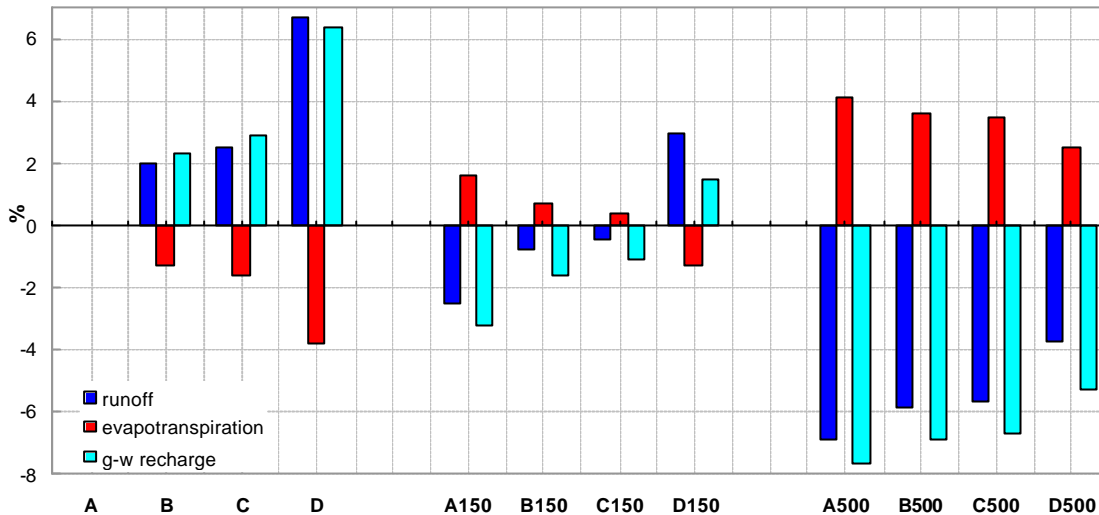


Abb. 6.1: Einfluss der Landnutzungsszenarien auf den Direktabfluss (runoff), die Grundwasserneubildung (g-w-recharge) und die Verdunstung (evapotranspiration), regionale Mittelwerte für Brandenburg

Die Berechnungen zeigen, daß die angenommenen Landnutzungsänderungen das Wassermangelproblem im Brandenburger Flachland zukünftig sowohl verringern als auch vergrößern können. Zwei gegenläufige Tendenzen wurden in den Simulationen durch entgegengesetzte Auswirkungen einer ständigen oder zeitweiligen Landnutzungsänderung von Ackerland festgestellt. Während die zeitweilige Brachlegung innerhalb des Fruchtfolgezyklus die ET verringerte und den Abfluss im Gesamtgebiet verstärkte, reduzierte eine ständige Brachlegung (hier in Flußkorridoren angesiedelt) den Abfluss und erhöhte die Verdunstung. Allgemein führten die Szenarien B, C und D zu einem erhöhten regionalen Abfluss, die Szenarien B500, C500 und D500 zu einem verringerten regionalen Abfluss, die Szenarien B150, C150 und D150 entsprechend des Kompensationseffekts beider Tendenzen zu eher geringen Abflussänderungen. Eine detaillierte Diskussion dieser Untersuchung kann Wechsung et al. (2000) entnommen werden.

6.2 Auswirkungen auf den Wasserhaushalt von Saale und Havel

Inhalt dieser Arbeiten ist die Ableitung makroskalig anwendbarer Änderungsszenarien der Landnutzung und die Untersuchung des Einflusses dieser auf den Gebietswasserhaushalt von Saale und Havel. Bei der Zielformulierung für die Landnutzungsänderungen wurde von Hypothesen ausgegangen, die aus der Analyse genereller Entwicklungstendenzen (BMELF 1996; Succow, 1995; Dosch und Beckmann, 1999) und politischer und sozioökonomischer Randbedingungen (Agenda 2000) abgeleitet wurden. Es ergab sich, dass folgenden Entwicklungstendenzen (Makroszenarien) besondere Bedeutung zukommt:

- a) Reduktion der intensiv genutzten landwirtschaftlichen Nutzfläche,
- b) Zunahme des Anteils an versiegelten Flächen durch Verstädterung und
- c) Wiedervernässung von Feuchtflächen.

Eine entscheidende Frage ist die räumliche „Allokation“ der betrachteten Landnutzungsänderungen. Hierbei müssen gleichzeitig die komplexen Eignungsvoraussetzungen der Standorte (z.B. Bodenfruchtbarkeit, Austragsgefährdung, soziale Verträglichkeit, etc.) und die Nachbarschaftsbeziehungen berücksichtigt werden. Die hier durchgeführten Szenarioanalysen beruhen auf einer sachlichen, grenzwertbezogene Allokation auf Einzelflächenbasis, wobei Nachbarschaftsbeziehungen nur bei der Ausweitung von Siedlungsflächen berücksichtigt werden.

Insgesamt wurden folgende Landnutzungsszenarien angenommen:

- 1) Reduzierung der Ackerflächen durch Herausnahme von Flächen mit einer Bodenzahl < 40 oder einer Hangneigung von mehr als 4 % aus der ackerbaulichen Produktion; Umwandlung der stillgelegten Ackerflächen in Grünland,
- 2) Wie (1), aber Umwandlung der stillgelegten Ackerflächen in Laubmischwald,
- 3) Nichtbesiedelten Auenbereiche mit abgesenktem Grundwasserstand werden aus dem Meliorationssystem ausgegliedert und wie natürliche Feuchtflächen innerhalb der Simulation betrachtet,
- 4) Zunahme der Versiegelungsdichte in den bebauten Flächen um ca. 50 % bei gleichbleibender Flächenausdehnung,
- 5) Zunahme der Versiegelungsdichte in den bebauten Flächen um ca. 50 % bei gleichzeitiger Flächenausdehnung um 10 %.

Die Impactanalysen wurden in den Einzugsgebieten zweier Hauptzuflüsse der Elbe, dem der Saale (24.000 km²) und der Havel (19.115 km² ab Pegel Leibsch), durchgeführt. Diese Gebiete decken etwa die Hälfte der Fläche des deutschen Elbeinzugsgebietes ab und umfassen alle drei darin enthaltenen naturräumlichen Regionen (Festgesteinsbereich, Lößregion und pleistozänes Tief- und Hügelland, siehe Kap. 3 und 4.3). Die hier durchgeführten Untersuchungen können somit als repräsentativ für das deutsche Elbeinzugsgebiet angesehen werden, mit Ausnahme der durch die Tide beeinflussten Gebiete oberhalb des Elbepfels Neu Darchau.

Die unterschiedlichen naturräumlichen Bedingungen in den Einzugsgebieten von Saale und Havel spiegeln sich in den unterschiedlichen Landnutzungsverteilungen wider. So sind mit 24% des Gesamtflächenanteils die Auenböden der Flusstäler prägend für das im pleistozänen Tiefland liegende Haveleinzugsgebiet. Diese Böden werden hauptsächlich landwirtschaftlich (68 %) genutzt, was intensive Meliorationsmaßnahmen erfordert. Ackerbau hat jedoch mit insgesamt 30 % eine untergeordnete Bedeutung im Havelgebiet, bedingt durch die mehrheitlich geringwertigen Böden dieser Region. Im Gegensatz dazu ist der Ackerbau auf den fruchtbaren Böden der Lößregion die dominierende Landnutzungsform im Saalegebiet (46%). Demzufolge werden durch die ersten drei Szenarien unterschiedliche Flächenanteile in beiden Gebieten erfasst (**Abb. 6.2**).

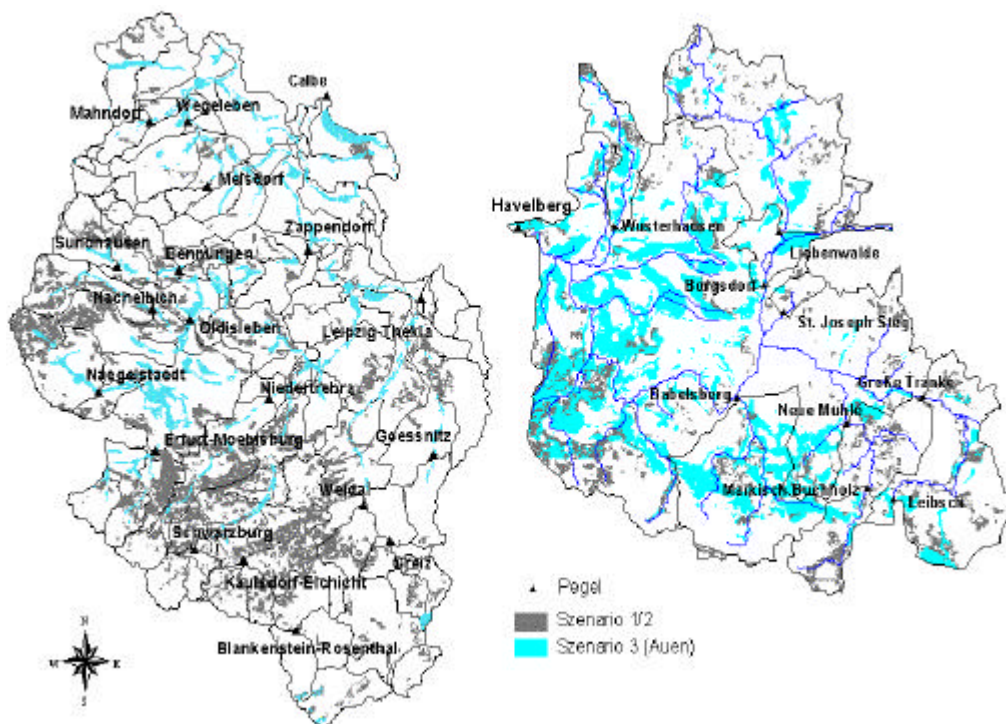


Abb. 6.2: Vom Szenario 1/2 (Konversion Acker in Wiese oder Laubmischwald) sowie Szenario 3 betroffene Flächen im Einzugsgebiet der Saale (links) und der Havel (rechts).

Insgesamt wurden vom Szenario 1/2 ein Flächenanteil von 13 % im Saalegebiet und 8 % im Havelgebiet erfasst. Vom Auenszenario (3) ist insbesondere das Havelgebiet mit seinen Urstromtälern betroffen (24 % Flächenanteil gegenüber 6 % im Saalegebiet). Die Verteilung der vom Szenario 5 betroffenen neuen Siedlungsflächen ist mit 0,8 % in beiden Gebieten ähnlich, wobei jedoch der Ballungsraum Berlin hervorsteicht.

Die Analyse der Auswirkungen der Landnutzungsänderungen auf den Gebietswasserhaushalt erfolgte mit ARC/EGMO (siehe Kap. 2) unter Verwendung der in Kap. 3 beschriebenen Datenbasis. Als Indikatoren für die Impaktanalysen wurden die Wasserhaushaltsgrößen Evapotranspiration (ET), Perkolation aus der durchwurzelten Bodenzone (GWN), Oberflächenabfluss (RO) und Gesamtabfluss (R) verwendet. Die Auswertung des Einflusses der verschiedenen Szenarien auf die gewählten Indikatoren erfolgte sowohl für die Gesamteinzugsgebiete von Saale und Havel, als auch für deren Teileinzugsgebiete (siehe **Tabelle 3.1**). Die Ergebnisse für die Gesamteinzugsgebiete sind in Form der absoluten Veränderung gegenüber der Referenzsituation als Mittel über die Jahre 1981 bis 1994 in **Abb. 6.3** dargestellt. Zur Verdeutlichung der großen Varianz der Jahreswerte gegenüber den Mittelwerten für die einzelnen Kennwerte über die untersuchte Periode sind auch die jeweiligen Extrema dargestellt.

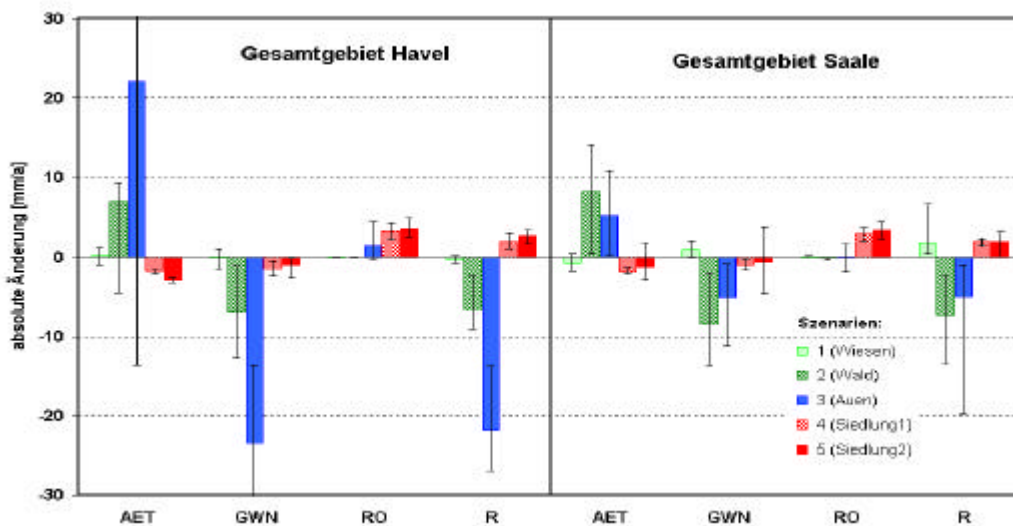


Abb. 6.3: Absolute mittlere Änderung der Indikatoren (Säulen: jährliches Gebietsmittel) gegenüber dem Referenzszenario mit Darstellung der jeweiligen Extrema (schwarze Balken) im Untersuchungszeitraum, AET: Verdunstung, GWN: Sickerwasserbildung, RO: Oberflächenabfluss, R: Abfluss

Neben dieser zeitlichen Varianz wurde eine starke räumliche Varianz der Reaktion der untersuchten Wasserhaushaltsgrößen auf die einzelnen Landnutzungsszenarien festgestellt. Bei allen Szenarien spielt die unterschiedliche Verteilung der betroffenen Flächen in den Teilgebieten eine entscheidende Rolle, einschließlich der Überlagerung der Auswirkungen weiterer Einflussfaktoren (z.B. Meteorologie) entsprechend den lokalen und regionalen Besonderheiten. Die stärksten Auswirkungen auf den Wasserhaushalt zeigten sich beim „Auenszenario“ und beim „Waldszenario“. Diese Szenarien beeinflussen alle untersuchten Indikatoren in den 26 Teilgebieten und bewirken eine deutlich Reduzierung des Abflusses der Gesamteinzugsgebiete um mehr als 5 %. Ursache ist insbesondere die Erhöhung der Gebietspeicherung und -verdunstung durch die zusätzlichen Nass- bzw. Waldflächen. Bedingt durch die 12,4 %ige Erhöhung des Nassflächenanteils im Havelgebiet (Saale nur 1 %), ist die Gebietsreaktion hier besonders deutlich, wie die simulierte 15%ige Verringerung des Gebietsabflusses zeigt. Die Auswirkungen im Saalegebiet sind entsprechend kleiner. Insbesondere bei den Szenarien 2 und 3 muss in einigen Regionen mit beachtlichen Durchflussreduktionen in Trockenperioden gerechnet werden, die Probleme bei der Gewässernutzung bewirken können. Ausführlichere Beschreibungen dieser Untersuchungen sind im 3. Zwischenbericht (Becker et al., 2000) und in Klöcking und Haberlandt (2001a,b) enthalten.