

Wasserrückhalt in Agrarlandschaften

-Beitrag der Landnutzung an der Versickerung von Wasser zur Grundwasser-Neubildung am Beispiel Mittlerer Fläming-

Eulenstein Frank und Karl-Otto Wenkel

Zentrum für Agrarlandschafts- und Landnutzungsforschung [ZALF] e.V.,
Eberswalderstraße 84, 15374 Müncheberg

1. Die hydrologischen Rahmenbedingungen

1.1 Klimatische Wasserbilanz und Böden

Das Management von Landnutzungssystemen mit Beregnungstechnik beinhaltet in Brandenburg angesichts seiner spezifischen hydrologischen Situation, nicht nur qualitative, vor allem aber auch quantitative Aspekte. Darüber hinaus gilt es hier, wie auch im mitteldeutschen Trockengebiet, nicht nur den Interessenausgleich von Wasser- und Landwirtschaft durchzuführen, sondern außerdem die Belange des Natur- und Biotopschutzes zu berücksichtigen.

Zu den hydrologischen Besonderheiten zählt seine Niederschlagsarmut. Zwischen 1961 und 1990 betrug der mittlere Niederschlag in Deutschland 790 mm. Brandenburg weist einen Übergang zum kontinentalen Klima, ein sogenanntes subkontinentales Klima auf. Schwerpunkte niedriger Niederschlagsmengen sind die Länder Brandenburg und Sachsen-Anhalt. Für Brandenburg beträgt der mittlere Niederschlag lediglich 615 mm, im Raum Müncheberg 520 mm und im Oderbruch sogar nur 460 mm/a.

Ungefähr drei Viertel der Fläche Brandenburgs sind nicht grundwasserbeeinflusst. Aus ihrem Abfluss erfolgt die Speisung der zahlreichen Grundwasserleiter und Feuchtgebiete. Mit 2803 Gewässern, die größer sind als 1 ha und 4 % der Landesfläche bedecken, ist Brandenburg eines der gewässerreichsten Bundesländer. Mehr als ein Drittel aller natürlichen Seen Deutschlands befinden sich in Brandenburg. Ein dichtes Fließgewässernetz mit insgesamt 32.000 km entwässert die Landschaft.

Daher ist es unter brandenburgischen Verhältnissen hydrologisch sinnvoll zu differenzieren, in überwiegend ökologisch wertvolle Feuchtgebiete in den Niederungen und überwiegend

ackerbaulich und forstlich genutzte, aber grundwasserferne Hochflächen. Letztere besitzen eine ganz zentrale Funktion, auch zur Versorgung der Niederungsflächen mit Abflusswasser. Die Nutzungshistorie der Hochflächen war dafür ausschlaggebend, dass in Brandenburg überhaupt diese ökologisch wertvolle Ausprägung der Naturräume in den Niederungen existiert.

In Bild 1 wurden von LANDGRAF (2001) die Veränderungen am Beispiel eines typischen Landschaftsausschnittes in Brandenburg für die Zeitabschnitte Frühzeit (bis 3. Jahrhundert), Mittelalter (7. bis 14. Jahrhundert) und Industriezeitalter (heute) dargestellt.

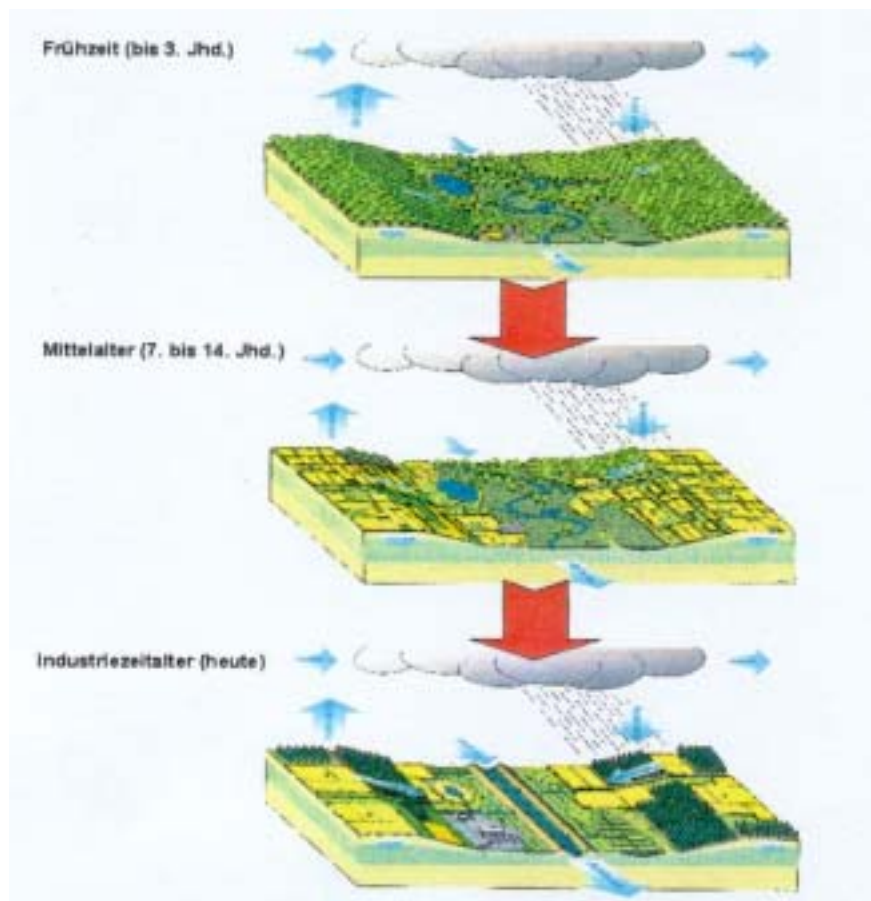


Bild 1: Landschaft und Landschaftswasserhaushalt in Brandenburg im Wandel der Zeit. (aus LANDGRAF 2001)

In der **Eisenzeit, der römischen Kaiserzeit und Völkerwanderungszeit** war die brandenburgische Landschaft relativ unbeeinflusst vom Wirken des Menschen. Bedingt durch den hohen, dominierenden Waldanteil war die Verdunstung hoch und demzufolge der Abfluss des Wassers aus der Landschaft gering.

Die bedeutende Veränderung der Landschaft begann mit der „deutschen Ostkolonisation“ auf

den grundwasserfernen Hochflächen im **Hochmittelalter**. Der Waldanteil ging zeitweise durch Rodung auf unter 20 % zurück. Die deutschen Siedler schufen strukturreiche kleinbäuerliche Kulturlandschaften.

Dadurch verringerte sich die Verdunstung und erhöhte sich der Abfluß. Mit höherer Grundwasserneubildungsrate stiegen die Grundwasserstände auf Hochflächen und damit auch in den Niederungen. Erst durch den Wandel der Landnutzung auf den Hochflächen konnten sich Feuchtgebiete verstärkt entwickeln. Mit der Veränderung der Wasserhaushaltskomponenten und der verstärkten Speisung der Niederungen aus den Hochflächen entstand die Wasserspeicher- und Nährstoffsenkenfunktion der Moore.

Im **Industriezeitalter** begann die Intensivierung der Landwirtschaft. Landwirtschaftlich nicht erschlossene Flächen, wie See- und Fließgewässerränder, Auen und Moore, wurden in Nutzung überführt. Die Intensivierung nach dem zweiten Weltkrieg war aus der Notwendigkeit entstanden, unter den Bedingungen einer nahrungsmittelautarken Volkswirtschaft die Bevölkerung zu ernähren, die um die Zahl der Flüchtlinge aus den Ostgebieten anwuchs. Das Management der Landnutzung zum Zwecke des Grundwasserschutzes schließt diese Funktionen ein.

Neben den geringen Niederschlagsmengen finden sich in Brandenburg überwiegend Böden mit geringer Wasserspeicherkapazität. Die Bodenwertzahlen korrelieren sehr gut mit demjenigen Wasser, das pflanzenverfügbar im durchwurzelteten Raum des Bodens gespeichert wird. Die in Brandenburg dominierenden überwiegend eiszeitlich geprägten Böden der Grund- und Endmoränen sowie der Sanderflächen haben relativ niedrige Bodenwertzahlen.

Die Schwarzerdeböden des Harzvorlandes können bis in einen Meter Tiefe ca. 240 Millimeter Wasser pflanzenverfügbar speichern. Die Sandböden der norddeutschen Tiefebene besitzen etwa 100 bis 150 Millimeter Speicherkapazität in der gleichen Tiefe. An warmen Tagen im Hochsommer verdunsten ca. 6 Millimeter (Liter/m^2). Eine Schwarzerde in der Magdeburger Börde würde den Pflanzen unter diesen Bedingungen für 40 Tage Wasser zur Verfügung stellen können. Ein Bestand in Brandenburg ist rein rechnerisch bereits nach 17 Tagen am Ende der Wassernachlieferung aus dem Boden angelangt. Ähnliche bodenbildende, sandige Substrate sind auch in weiten Teilen Niedersachsens vorzufinden. In Niedersachsen sind die mittleren Niederschläge aber 200 Millimeter höher.

In Brandenburg und im westlichen Polen kumulieren sich diese Probleme der geringen Speicherfähigkeit der Böden und der geringen Niederschläge in einer für Mitteleuropa einzigartigen Weise. Innerhalb Brandenburgs kumuliert sich diese Problematik zwischen Frankfurt und Seelow an der Hangkante des Oderbruchs bei 460 Millimeter Niederschlag und

sandigen Grundmoränenböden, die ins Oderbruch hineinreichen.

Diese Standortverhältnisse - mit Wasser als wichtigstem Produktionsfaktor im Mangel - in Kombination mit sehr wenig wasserspeichernden Böden führen dazu, dass die Produktionsbedingungen für brandenburgische Landwirtschaftsbetriebe aus ökologischer Sicht am Ende der Skala der Betriebe in Mitteleuropa anzuordnen sind. Die klimatische Wasserbilanz ist wie aus dem folgenden Bild hervorgeht örtlich sogar negativ.

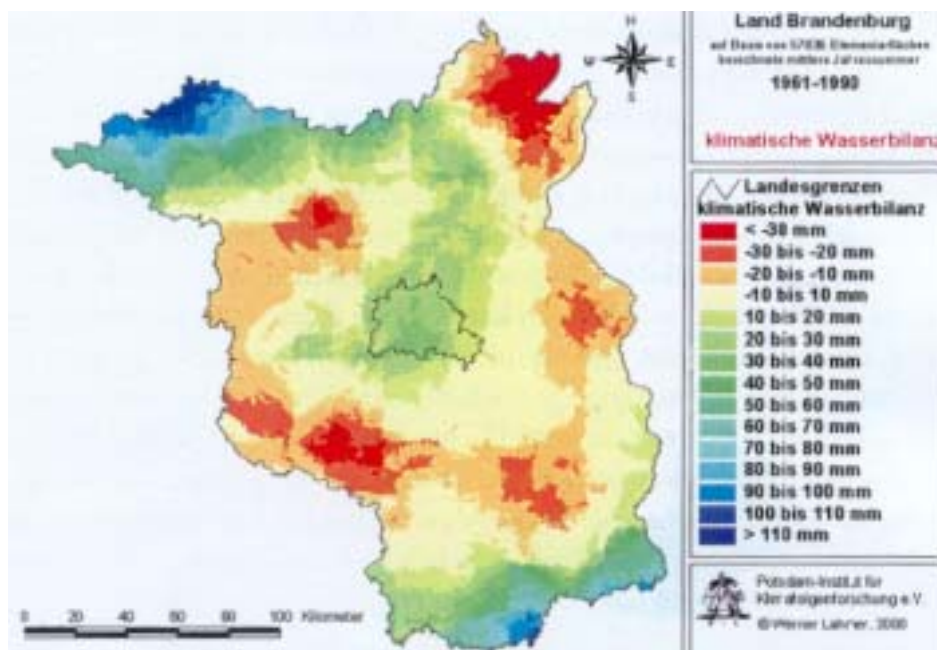


Bild 2: Klimatische Wasserbilanz in Brandenburg (nach Lahmer, 2000)

1.2 Zukünftige Entwicklung der Komponenten des Wasserhaushaltes

Für die Niederschlagsmenge lässt sich aus der Reihe von 1901 bis 2000 an der Station Potsdam kein signifikanter Trend erkennen. Bei der Betrachtung der Entwicklung der Niederschlagsverhältnisse im Sommer- und Winterhalbjahr wird jedoch eine Verlagerung der Niederschläge zugunsten der Winterniederschläge deutlich. Im Zeitraum von 1901 bis 2000 stiegen die Winterniederschläge bezogen auf den Mittelwert um 12 %, während die Sommerniederschläge in gleichem Umfang zurückgingen (FREUDE, 2001). Bei der Betrachtung kürzerer Zeitreihen des Niederschlags kann FREUDE (2001) stärkere Rückgänge feststellen, die jedoch statistisch nicht signifikant sind, aber im Zeitraum von 1980 bis 1999 sogar 28 % betragen.

In dem vergangenen Jahrhundert konnte weltweit ein eindeutiger Anstieg der mittleren Jahrestemperatur um etwa 1 K gemessen werden (OLEJNIK et al., 2001). Der Jahresmittelwert der Lufttemperatur weist in der Reihe von 1901 bis 2000 an der Station Potsdam nach FREUDE (2001) einen signifikanten, positiven Trend von etwa 0,01 K/a bzw. 9 % des langjährigen

Mittelwertes auf. Der Anstieg der mittleren Lufttemperatur führt auch zu einer Steigerung der potenziellen und aktuellen Verdunstung.

Die Entwicklung des künftigen Klimas ist in zahlreichen Studien untersucht worden. Das Klimaszenario für den mittleren Fläming basiert auf den Studien des IIASA (International Institute for System Analysis in Laxenburg, Österreich), (Hulme et al., 1990). Das verwendete Szenario heißt „Business as usual“ (BUS), in welchem für die Mitte des 21. Jahrhunderts eine Verdoppelung des CO₂-Partialdrucks der Atmosphäre angenommen wird. Nach diesem Klimaszenario wird sich die Temperatur um 4 °C erhöhen und die Summe der Jahresniederschläge um knapp ein Drittel steigen, s. Tab. 11-9. Die Steigerung von Niederschlag und Temperatur wird jedoch je nach Jahreszeit unterschiedlich ausfallen. Die Temperatur wird im Winter um etwa 5 °C, im Sommer jedoch nur um etwa 3 °C steigen. Die Niederschläge während der Vegetationsperiode werden zurückgehen, während die Winterniederschläge steigen. In der Vegetationsperiode wird also den Pflanzen bei höherer realer Verdunstung weniger Wasser zur Verfügung stehen. Die täglichen Wetterdaten des Klimaszenarios wurden mit Hilfe zweier Gleichungen aus den gemessenen Wetterdaten des heutigen Klimas errechnet.

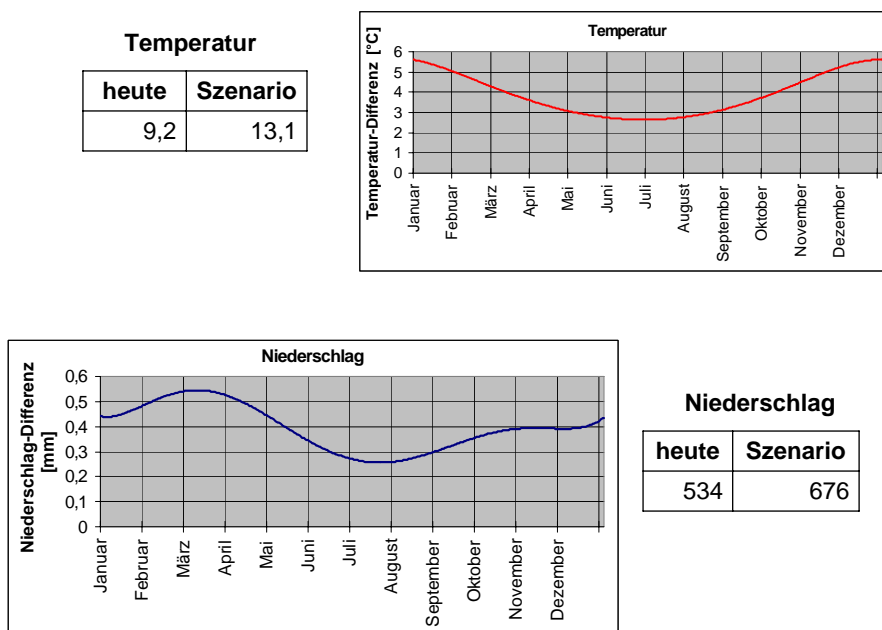


Bild 3: Veränderung von Temperatur und Niederschlag bis Mitte 21. Jahrhunderts im Klimaszenario für den mittleren Fläming nach Hulme et al., 1990

Auf der Grundlage dieser Erhöhung der Niederschläge steigt die Grundwasser-Neubildung nicht in entsprechendem Maß. Durch die Temperaturerhöhung ergibt sich eine Steigerung der Verdunstung von derzeit durchschnittlich 439 mm auf 585 mm im Jahr. Trotz einer Niederschlagserhöhung um ca. 140 mm vergrößert sich die Grundwasser-Neubildung um nicht einmal 10 mm.

Die Konsequenz, die sich daraus für die Landnutzung und den Grundwasserschutz ergibt ist, dass die Rahmenbedingungen für die landwirtschaftliche Produktion im mittleren Fläming, wie in weiten Teilen Brandenburgs, bei einem Anhalten der Trends einer Verlagerung von den Sommer- zu Winterniederschlägen und einem Anstieg der Verdunstung immer schwieriger werden. Die brandenburgischen Landwirte haben bereits heute die schwierigsten, standortabhängigen Produktionsbedingungen in Deutschland.

Hält dieser Trend an, ist die landwirtschaftliche Flächennutzung ohne zusätzliche Beregnung in Brandenburg langfristig in Frage gestellt. Ohne eine landwirtschaftliche Nutzung sinkt die Abfluss- und Grundwasser-Neubildungsrate noch stärker, als das aufgrund der klimatischen Situation ohnehin der Fall ist.

Als Folge davon sinken die Grundwasserstände in den Niederungen. Langfristig wird unter Umständen sogar die Grundwasser-Neubildung gefährdet, was zu einem stärkeren Absinken der Grundwasserstände auf den Hochflächen führt, als dies ohnehin schon der Fall ist. Daraus ergibt sich eine noch höhere Bedeutung winterlicher Wasserspeicherung in der Landschaft, um aus dem temporären Überschuss des Winters zur Linderung von Wasserdefiziten im Sommer beizutragen.

1.3 Grundwasser

Für die Situationsanalyse wurden vom LUA (2001) ca. 1.000 Grundwassermessstellen im obersten Grundwasserleiter hinsichtlich der Entwicklung der Grundwasserstände ausgewertet. Da nicht mit einem einheitlichen Trend über längere Zeiträume gerechnet werden kann, wurden von FREUDE (2001) 4 Zeitreihen gewählt. Die mit 40 Jahren längste Zeitreihe weist einen geringen Rückgang des Grundwasserstands auf. Deutliche Absenkungen, besonders bei den Hochflächen, fanden zwischen 1980 und 1990 statt. In den Niederungsgebieten ist der fallende Trend abgeschwächt zu sehen und hat sich mit Beginn der 90er Jahre gebietsweise in einen positiven Trend umgekehrt. Bei der Beurteilung dieser Ergebnisse muß berücksichtigt werden, dass am Anfang der intensiven Komplexmeliorationen, zum Beginn der Messungen in den 60er und 70er Jahren, keine natürlichen Verhältnisse mehr im Landschaftswasserhaushalt gegeben waren.

Kartendarstellung des interpolierten 30-jährigen Trends

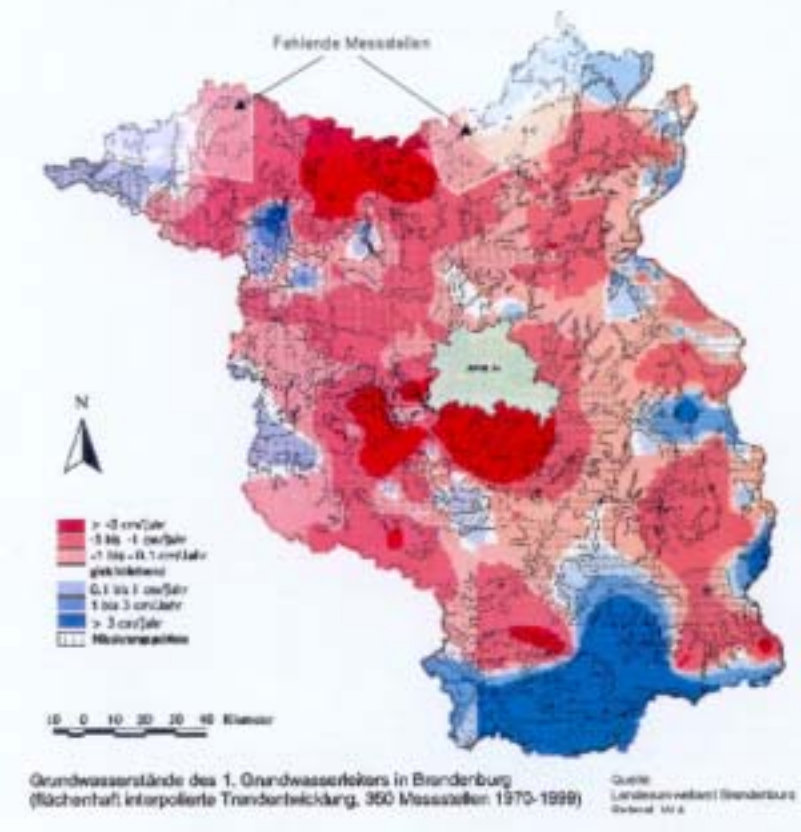


Bild 4: Trend im ersten Grundwasserleiter von 1970 bis 1999

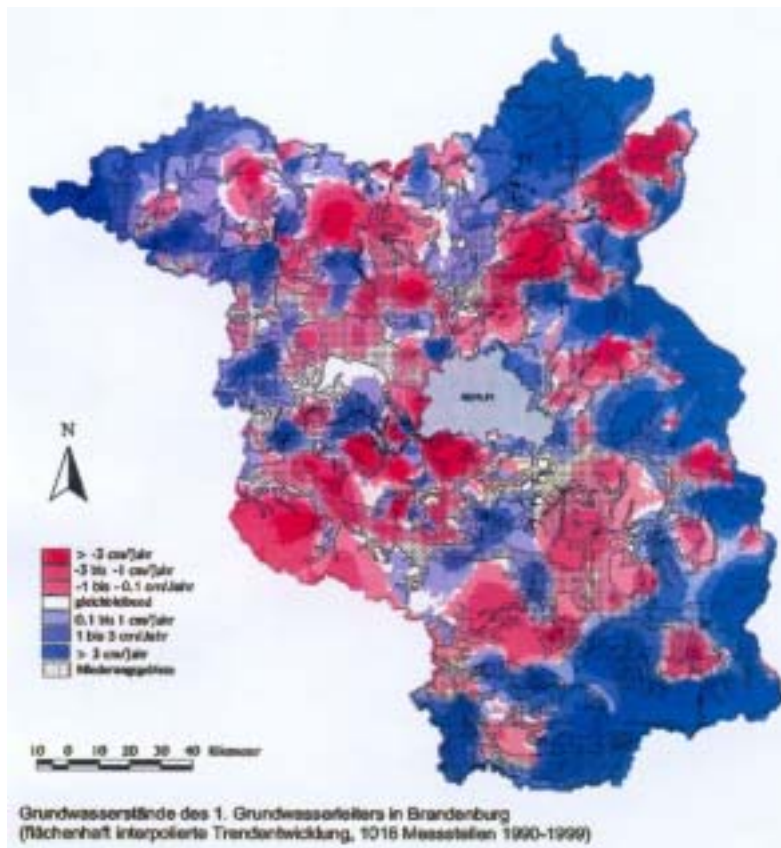


Bild 5: Trend im ersten Grundwasserleiter von 1990 bis 1999

Die Auswertung langjähriger Ganglinien zeigt überwiegend schwach fallende Trends. Der Grundwasserstand stabilisiert sich nach FREUDE (2001) landesweit auf einem Niveau, das unter den Wasserständen vor 1970 liegt.

2. Landnutzung und Grundwasser-Neubildung

In der Nord-Ost Studie (BORK et al. 1995) wurden mehrere Landschaftsindikatoren untersucht, wenn sich die ökonomischen Rahmenbedingungen für die landwirtschaftlichen Betriebe verschlechtern. Dabei wurde in Szenarien untersucht, ob die ökonomische Anpassungsfähigkeit der Landwirtschaftsbetriebe hoch oder niedrig ist und ob die freiwerdenden Flächen „offengehalten“ oder aufgeforstet werden.

Diese Szenarien sind sehr realistisch, weil mit der EU-Osterweiterung 30 % Agrarfläche aber nur 6 % zusätzliches Brutto-Inlandsprodukt in die Europäische Union aufgenommen werden. Die bisherige Förderpraxis für die Landwirtschaft kann so weiterhin nicht durchgeführt werden.

Landwirtschaft in Brandenburg wird es ohne Beihilfe nicht mehr in dem Umfang wie bisher geben.

In der Nord-Ost-Studie wird von einer hohen oder niedrigen Anpassungsfähigkeit der Landwirte an die EU-Agrarreform ausgegangen. Das heißt, sie erwirtschaften 50 oder 100 Euro weniger pro Hektar. Als Ergebnis konnte festgestellt werden, dass für den bearbeiteten Raum 2 bis 10 % der Fläche aus der landwirtschaftlichen Nutzung herausfallen würden.

Die Aufforstung stellt die Nutzungsalternative zur landwirtschaftlichen Flächennutzung dar. Es wurde untersucht, wie sich die Grundwasser-Neubildung, die Energiefixierung in der Biomasse und zahlreiche sonstige Landschaftsindikatoren verändern werden. Die Grundwasser-Neubildung nimmt bei vorrangiger Aufforstung sehr deutlich ab.

Tab. 1: Verringerung des Gesamtabflusses (potenzielle Grundwasser-Neubildung) eines ca. 10.000 km² großen Agrarraumes in Nordostdeutschland bei sich ändernder Landnutzung aufgrund der EU-Agrarreform und unterstellten Anpassungsfähigkeiten der landwirtschaftlichen Betriebe. (Regionsmittelwert der Höhe des Gebietsabflusses aus Niederschlägen: 116 mm · a⁻¹), [Daten: DANNOWSKI, 1995: S. 153 sowie KÄCHELE und DABBERT, 1995: S. 115]

angenommene Rahmenbedingungen (Anpassungsfähigkeit der landw. Betriebe)	Änderung der landwirtsch. genutzten Fläche (Ausgangssituation 1992 = 100%)	Nutzung der aufgelassenen Flächen als:	Änderung des Gesamtabflusses (Ausgangssituation 1992 = 100%)
<i>hoch</i>	- 4 %	Wald (nach Aufforstung)	- 1 %
		Offenlandschaft (durch Landschaftspflege)	+/- 0 %
<i>niedrig</i>	- 32 %	Wald (nach Aufforstung)	- 10 %
		Offenlandschaft (durch Landschaftspflege)	- 2 %

3. Bedeutung der Landschaftsstruktur

Die Gesamtverdunstung einer Landschaft entsteht nur zu einem Teil aus derjenigen Verdunstung, die auf den landwirtschaftlich genutzten Flächen stattfindet. Es bestehen Unterschiede in der Verdunstung zwischen Acker, Grünland, Wasserflächen und Wald. Die Landnutzungsform Wald hat, wie aus der Tabelle 2 deutlich wird, geringere Grundwasser-Neubildungsraten als Ackerland.

Tab. 2: Grundwasser-Neubildung ($\text{mm} \cdot \text{a}^{-1}$) bei unterschiedlichen Nutzungsformen
Standort: Süchteln / Niederrhein) [Daten: EULENSTEIN und DRECHSLER, 1992]

	Trockenjahr (1989/90)	Normaljahr (vieljähriges Mittel)	Feuchtjahr (1987/88)
Niederschlag	627	749	936
Acker	108	233	351
Weide	0	155	271
Wald	0	149	181

Ergänzend zu diesen generellen Landnutzungsformen müssen diejenigen Landschaftselemente betrachtet werden, die vorwiegend heterogen aufgebaut sind oder die keiner Nutzung unterliegen (naturbelassene Landschaftselemente). Letztere sind zum einen Saumstrukturen mit niedriger Vegetation bzw. Hecken sowie kleinere Gehölze oder Waldstrukturen. Vergleichbar den Grünlandflächen weisen diese Landschaftselemente gegenüber den Ackerkulturen längere Zeiträume der aktiven grünen Vegetationsdecke sowie höhere Blattflächenindizes und damit höhere Jahresverdunstungswerte auf.

Zudem besteht bei Hecken in Landschaften die Möglichkeit, dass warme Luft aus weniger stark transpirierenden Landschaftsbereichen (z.B. Brachen oder spärlich begrünten Feldern) zur Hecke zuströmt (advektive Energie). Dies hat zur Folge, dass die Verdunstung von Heckenstrukturen höher sein kann als die von Grünland in der gleichen Landschaft. Die zur Verfügung stehende Verdunstungsenergie und damit die potenziell verdunstbare Menge an Wasser ist damit in solchen Systemen höher als allein durch die einstrahlende Globalstrahlung bzw. die mittlere Landschaftslufttemperatur möglich wäre, wodurch ein Oaseneffekt entsteht.

Untersuchungen von RYSZKOWSKI und KEDZIORA (1995) aus Westpolen (Tabelle 3) zeigen diesen Einfluß der Landnutzung auf den Gebietswasser-Haushalt. Dort wurde zwischen dem Landschaftstyp Acker, Grünland, Laubwald usw. differenziert. Auch hier wurde festgestellt, dass der Wald eine deutlich höhere Verdunstung aufweist als Ackerflächen.

Tab. 3: Aktuelle Evapotranspiration sowie Verhältnis der aktuellen Evapotranspiration zur potenziellen Evapotranspiration in verschiedenen Ökosystemen (Acker, Grünland, Wald, Heckenlandschaften, Waldanteile) in einer Landschaft (Modellberechnungen; Standort: Turew, PL), [Daten nach von RYSZKOWSKI und KEDZIORA (1995) sowie eigene Berechnungen]

Landschaftstyp	Evapotranspiration		Verhältnis aktueller zu potenzieller Evapotranspiration (E_{akt} / E_{pot})
	($mm \cdot a^{-1}$)	(%) ['Acker' = 100%]	
Acker	434	100	0,99
Grünland	482	111	1,10
Laubwald	552	127	1,26
Nadelwald	616	142	1,41
See	620	143	1,42
Brache	317	73	0,73
Acker + Laubwald (10%)	443	102	1,01
Acker + Laubwald (20%)	452	104	1,03
Acker + Laubwald (30%)	460	106	1,05
Acker + Nadelwald (10%)	449	104	1,03
Acker + Nadelwald (20%)	464	107	1,06
Acker + Nadelwald (30%)	478	110	1,09

Es spielt natürlich auch der Grad der Strukturierung der Landschaft eine Rolle, denn ein Acker, eingebettet im Laubwald, die Landschaft mit 10 bis 20 % Laubwald bestockt, verhält sich anders als eine reine Ackerlandschaft; der Laubwaldanteil erhöht - ebenso wie der Nadelwaldanteil - die Verdunstung in der Landschaft.

Setzt sich eine agrarisch genutzte Landschaft aus unterschiedlichen Anteilen derartiger Landschaftselemente (Hecken oder andere waldähnliche Strukturen) zusammen, so steigt die Gesamtverdunstung dieser Landschaft. In stark strukturierten Landschaften sinkt somit bei Zunahme der Nicht-Ackerfläche die potenzielle Grundwasser-Neubildung linear ab. Je Prozentpunkt Zunahme an laubwaldähnlichen Strukturen nimmt die Gebietsverdunstung um 0,2 Prozentpunkte zu und damit die potenzielle Grundwasser-Neubildung ab. Für Nadelwaldstrukturen nimmt die Gebietsverdunstung dagegen um 0,33 Prozentpunkte zu mit jedem Prozentpunkt an Vergrößerung des Anteils an Nichtackerfläche. Bei vorrangigem Ziel der Grundwasser-Neubildung in einer Region sollten die Flächenanteile an Strukturelementen

möglichst klein sein. Aus Sicht maximaler Gebietswasserabflüsse ist somit eine Verringerung an naturnaher oder waldähnlicher Fläche anzustreben. Dies aber steht dem Wunsch der Naturschützer entgegen, möglichst hohe Anteile an naturbelassenen Flächen als Lebensräume in agrarisch genutzten Landschaften vorzufinden (KRETSCHMER 1995). Die dabei als optimal bezeichneten Flächenanteile von 8-15 % für naturbelassene Strukturelemente würde eine kalkulatorische Minderung der potenziellen Grundwasser-Neubildung um ca. 3-5 % bewirken.

Tab. 4: Struktur der Energiebilanz ($\text{MJ} \cdot \text{m}^{-2}$) und Evapotranspiration (mm) ganzer Landschaften während der Wachstumsperiode in einem Untersuchungsgebiet (Standort: Turew, PL) [Daten nach: RYSZKOWSKI und KEDZIORA, 1987]

	Landschaftstyp (durchgehende Ackerfrucht: Getreide)				
	'ausgeräumt'	Netzwerk von Hecken	künstliche Windschutzbarrieren	'ausgeräumt' plus advective Energie	Hecke im Einströmungsbereich der Advektion
verfügbare Nettoenergie (R_n)	1542	1586	1567	1542	1586
Latenter Wärme flu ß (LE)	1035	1078	1010	1258	1161
Fühlbare Wärme	495	496	456	271	412
Bodenerwärmung	12	12	11	13	13
Evapotranspiration - <i>potenziell</i> - (mm)	650	586	581	898	592
Evapotranspiration - <i>aktuell</i> - (mm)	414	431	404	503	464

Die Verdunstungsraten reiner Agrarökosysteme und strukturierter Agrarlandschaften mit Hecken unterscheiden sich deutlich. In Polen durchgeführte Untersuchungen zeigen, dass die künstlichen Windschutzbarrieren, also intelligent angelegte Strukturen, durchaus in der Lage sind, die Verdunstung einer Landschaft zu reduzieren. Eine Hecke an sich betrachtet, also isoliert, hat eine deutlich höhere Verdunstung als die Agrarökosysteme im direkten Umfeld. Offenbar sind die Hecken aber in der Lage, den Wind abzubremsen, und damit die wasserdampfgesättigte Luft über den Pflanzenbeständen zu halten und nicht zusätzlich noch Wasser zu verbrauchen und aus der Landschaft abzuführen.

Ein intelligentes Landschaftsmosaik mit Habitatfunktion kann dazu beitragen, den Austrag von Wasser aus der gesamten Region zu minimieren.

Zur Optimierung der Grundwasser-Neubildung muß auch zukünftig trotz schwieriger

agrarpolitischer Rahmenbedingungen grundsätzlich die landwirtschaftliche Flächenbewirtschaftung sichergestellt werden.

4. Einfluß der landwirtschaftlichen Kulturen auf die Grundwasser-Neubildungsrate

Wie in der Tabelle 5 dargestellt, haben die landwirtschaftlichen Kulturen einen erheblichen Einfluß auf die Grundwasser-Neubildungsrate

Tab 5: Mittlere jährliche Sickerwassermenge ($\text{mm} \cdot \text{a}^{-1}$) für verschiedene Ackerfruchtarten auf drei Bodentypen, Standort: Nordostdeutschland. [Daten nach: SCHINDLER et al., 1996 sowie eigene Berechnungen]

Fruchtart / Fruchtartengruppe	Bodentyp		
	Sand Rosterde (D1)	Sand Tieflehm- Fahlerde (D3)	Lehm Para- braunerde (D5)
Wintergetreide	144	105	91
Sommergetreide	157	113	96
Zuckerrüben	154	122	102
Kartoffeln	170	143	124
Mais	156	125	106
Sonnenblumen	171	139	119
Luzerne	142	116	98
Lupine	175	151	136
Winterraps	130	99	81
Grasbestand	121	98	84
<i>Mittelwerte</i>	152	121	104
<i>Standardabweichung</i>	18	19	18
<i>Variationskoeffizienten</i>	12 %	15 %	17 %

Die Modellierung der Grundwasser-Neubildung erfolgt in mehreren repräsentativen brandenburgischen Agrarlandschaften.

Die meteorologischen, Landnutzungs-, topographischen und bodenhydrologischen Daten, werden zu diesem Zwecke in einem „Geographischen Informationssystem“ (GIS) zusammengeführt. Anschließend werden die unterschiedlichen räumlichen und zeitlichen Informationsebenen verschnitten. Dazu wurde konkret ein Landschaftsausschnitt ausgewählt,

der für Brandenburg auch weitestgehend repräsentativ ist. Es ist eine überwiegend agrarisch genutzte Landschaft im Landkreis Märkisch-Oderland um Müncheberg, Seelow, Wriezen, Neuhardenberg und Golzow. In diesem ungefähr 66 000 Hektar landwirtschaftliche Nutzfläche umfassenden Gebiet wurde von jedem Landwirtschaftsbetrieb Informationen zu seinen Schlägen und den Betrieben als Wirtschaftseinheiten aufgenommen. Über den Zeitraum von 1993 bis 2001 wurden unter anderem Anbaufrüchte, Düngung und Erträge ermittelt. Diese Informationsebene der Landnutzung wurde mit der digitalen Bodenkarte (MMK) verschnitten. Das Modell Theseeus errechnet, wieviel unter jeder Teilfläche, die sich als Verschnitt aus Landnutzung und aus Bodeneinheit ergibt, an Sickerwasser oder Verdunstungsmenge anfällt. Aus Bild 6 ist ersichtlich, dass im Durchschnitt der Jahre unter landwirtschaftlicher Nutzfläche ca. 100 Millimeter Grundwasser-Neubildung anfällt. Darüber hinaus ist bekannt, dass verschiedene landwirtschaftliche Kulturen - zum Beispiel die Wintergerste, Sommergerste, Zuckerrüben, Körnerleguminosen, Raps, Mais, Luzerne, Sonnenblumen usw. unterschiedliche Grundwasserneubildungsraten und Verdunstungsmengen auf heterogenen Böden haben.

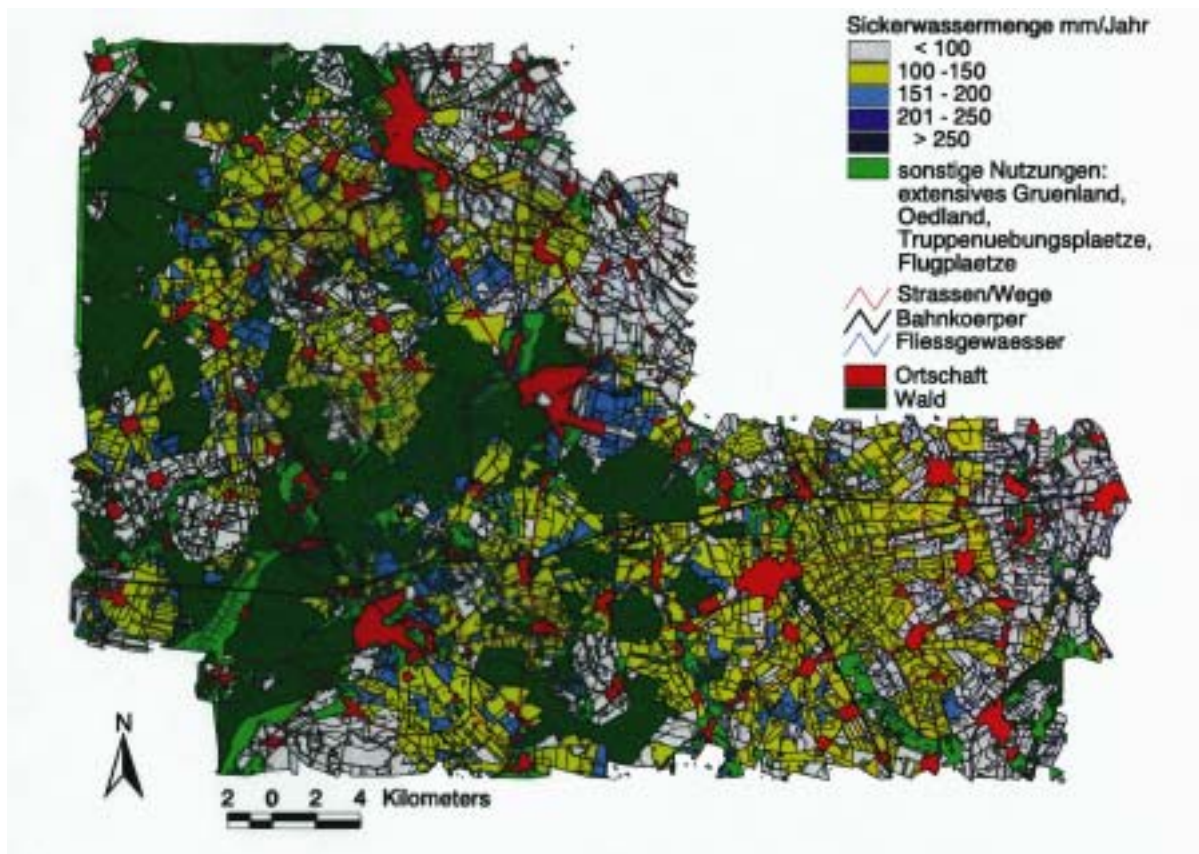


Bild 6: Modellierte jährliche Sickerwassermengen in Märkisch- Oderland

Aus dieser Kenntnis heraus ist es möglich, Fruchtfolgen so zusammenzustellen, dass sie im

Hinblick auf eine Optimierung der Grundwasser-Neubildung funktionieren würden. Dies ist aber im Moment nicht vorrangiges Ziel der Landnutzungsplanung, weil agrarpolitische Rahmenrichtlinien, z. B. durch die Förderung bestimmter Anbaufrüchte (Ölsaatenförderung) und durch agrarpolitische Vorgaben wie der Flächenstilllegung, in der Fruchtfolgeplanung dominieren.

5. Einfluß der Beregnung auf die Grundwasser-Neubildungsrate im mittleren Fläming

Die Frage, welchen Einfluß die Beregnung auf die Grundwasser-Neubildungsrate im mittleren Fläming besitzt, wurde durch einen Modellansatz beantwortet. Für die zurückliegenden Jahre seit 1971 wurde auf der Grundlage von betrieblichen, agrarstatistischen Erhebungen die in Bild 7 dargestellten Fruchtartenverteilungen ermittelt. Mit dieser Fruchtartenverteilung wurde unter Verwendung realer Wetterdaten der Wasserhaushalt für zwei im mittleren Fläming dominierende Böden rekonstruiert.

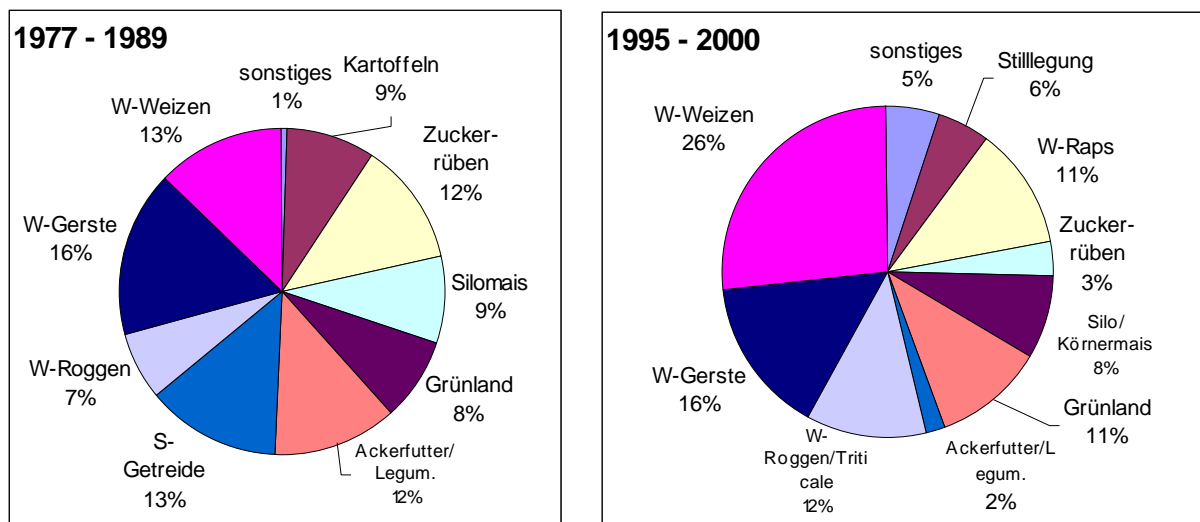


Bild 7: Unterstellte Fruchtartenverteilung im mittleren Fläming (links vor 1990, rechts nach 1990)

Es handelt sich um dominierende glazifluviale lehmige Sande und ton- und schluffreichere Auenböden und Sandlöss.

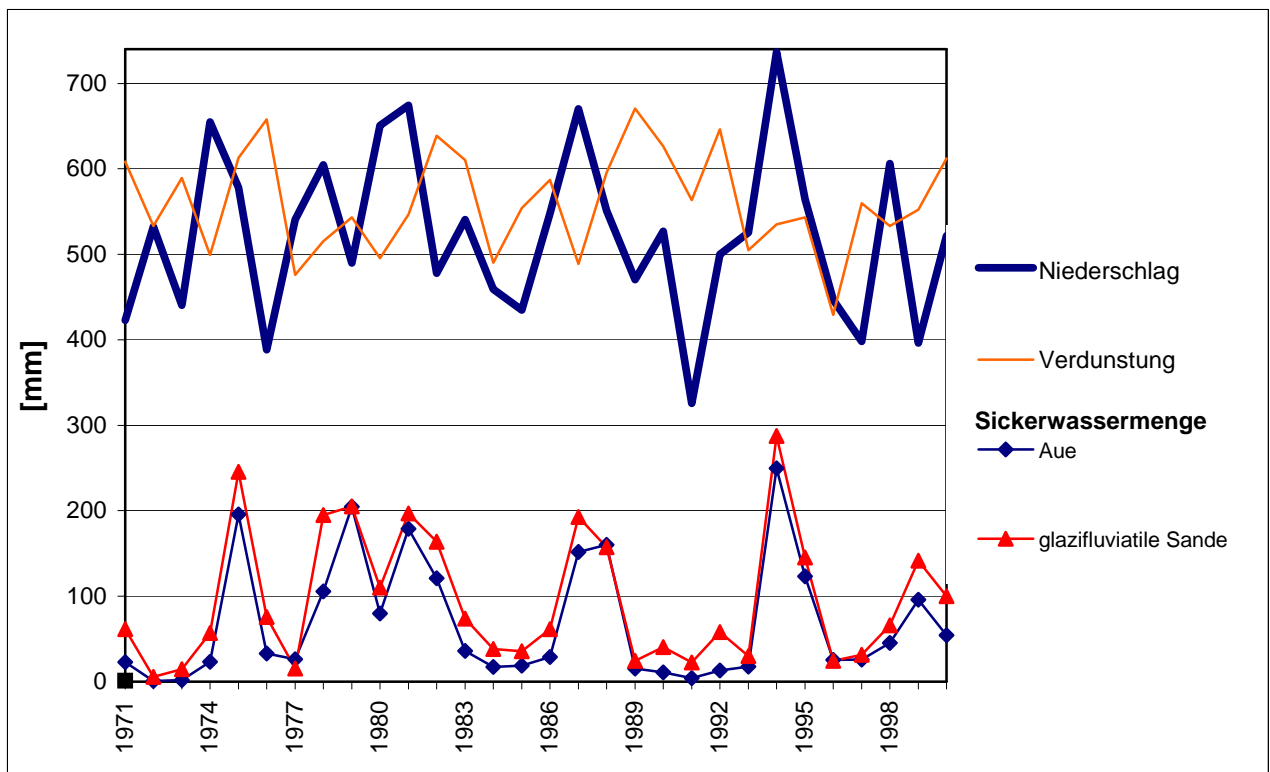


Bild 8: Gemessener Niederschlag, berechnete potenzielle Verdunstung und modellierte Grundwasser-Neubildung für zwei Böden im mittleren Fläming (Brandenburg)

Alle drei dargestellten Komponenten des Wasserhaushaltes zeigen über die Jahre hinweg eine beachtliche Schwankung. Die Sickerwasserraten liegen zwischen 0 und fast 300 mm pro Jahr. Im Durchschnitt des Modellzeitraumes liegt der Wert bei 72 mm bei Auenböden und 98 mm bei Sanden. Dies würde heißen, daß bei einer mittleren jährlichen Beregnungsmenge von 80 mm pro Jahr die beregneten Böden augenblicklich dasjenige Grundwasser Neubilden, welches zu ihrer Beregnung benötigt wird. Unter den Bedingungen des zukünftigen Klimas (vgl. Kap. 1.2) erhöht sich aufgrund steigender Verdunstung, trotz um ca. 140 mm steigender Niederschläge, die Sickerwassermenge nur um 2 mm bei den Auensubstraten und um ca. 20 mm bei den Sanden.

Die reale Verdunstung steigt nach den Szenarien um den Betrag der steigenden Niederschläge wobei aufgrund der Niederschlagsumverteilung die Beregnungsbedürftigkeit steigt. Beregnungsflächen sind daher jetzt in Brandenburg, ähnlich wie Waldflächen, eine eher neutrale Funktion im Landschafts-Wasserhaushalt bei deutlich höherer ökonomischer Wertschöpfung zuzuweisen.

Im Rahmen zukünftiger klimatischer Entwicklungen muß das Ergebnis einer

gesamtgesellschaftlichen Diskussion darüber entscheiden, ob den Berechnungsflächen der höhere Bedarf zugesprochen wird oder nicht.

Literatur

- BORK, H.-R., DALCHOW, C., KÄCHELE, H., PIORR, H.-P., WENKEL, K.-O. (1995): Agrarlandschaftswandel in Nordost-Deutschland unter veränderten Rahmenbedingungen: ökologische und ökonomische Konsequenzen, Verlag Ernst & Sohn, Berlin, 1995, 418 Seiten.
- DANNOWSKI, R. (1995): Landschaftsindikator Klimatische Wasserbilanz, in: BORK, H.-R., DALCHOW, C., KÄCHELE, H., PIORR, H.-P., WENKEL, K.-O.: Agrarlandschaftswandel in Nordost-Deutschland unter veränderten Rahmenbedingungen: ökologische und ökonomische Konsequenzen, 149-165, Verlag Ernst & Sohn, Berlin, 1995, 418 Seiten.
- EULENSTEIN, F., DRECHSLER, H. (1992): Ursachen, Differenzierung und Steuerung der Nitratkonzentration im Grundwasser überwiegend agrarisch genutzter Wassereinzugsgebiete. – Dissertation an der Georg-August Universität Göttingen, Inst. f. Bodenwissenschaft.
- EULENSTEIN, F., OLEJNIK, J., WERNER, A., WILLMS, M. (2000): Vergleich modellierter und gemessener Evapotranspiration für verschiedene Landnutzungsformen. – Zeitschrift für Kulturtechnik und Landentwicklung 41 (5): 231-235.
- FREUDE, M. (2001): Landschaftswasserhaushalt in Brandenburg: Situationsanalyse und Ausblick, Landschaftswasserhaushalt – Wo bleibt das Wasser?, 7-26, SPD-Landtagsfraktion Brandenburg. 114 S.
- HULME, M., WIGLEY T. M. L., JONES P. D. (1990): Limitations of climate scenarios for impact analysis. in: Landscape-ecological impact of climatic change. Red. M. Boer, R. De Groot, IOS-Press, Amsterdam.
- KERSEBAUM, K-C. (1999): Model based evaluation of land use and management strategies in a nitrate polluted drinking water catchment in North Germany. In: R. Lal (ed.): Integrated Watershed Management in the Global Environment. CRC Press, Boca, Raton. 223-238.
- KRETSCHMER, H. (1995): Strukturelemente in Agrarlandschaften Ostdeutschlands. Zentrum für Agrarlandschafts- und Landnutzungsforschung (ZALF), ZALF-Bericht 19, 164 Seiten.
- LANDESUMWELTAMT BRANDENBURG (2001): Flächendeckende Modellierung von Wasserhaushaltsgrößen für das Land Brandenburg, Studien und Tagungsberichte, Band 27, 77S.
- LANDGRAF, L. (2001): Tätigkeitsbericht der Projektgruppe „Landschaftswasserhaushalt“ Landschaftswasserhaushalt- Wo bleibt das Wasser?, 7-26, SPD-Landtagsfraktion Brandenburg. 114 S.

- OLEJNIK, J., EULENSTEIN, F. (2001): Modification of Bowen Ratio Method for Estimation of Heat Balance Structure Components of Active Surface. Roczniki Akademii Rolniczej (in press).
- RYSZKOWSKI, L., und KEDZIORA, A. (1987): Impact of Agricultural Landscape Structure on Energy of Low and Water Cycling. – Landscape Ecology 1,(2): 85-94.
- RYSZKOWSKI, L., und KEDZIORA, A. (1995): Modification of Effects of Global Climate Change by Plant Cover Structure in an agricultural Landscape. – Geographica Polonica 65, 5-34.
- SCHINDLER, U., WEGEHENKEL, L., MÜLLER, L., EULENSTEIN, F. (1996): Wirkung von Böden und Fruchtarten auf die Grundwasserneubildung jungpleistozäner Ackerstandorte Ostbrandenburgs.- Archiv Acker-, Pflanzenbau und Bodenkunde. 41 S.167-197.
- WEGEHENKEL, M. (1999): Möglichkeiten und Grenzen der GIS-gestützten Wasser- und Stoffhaushaltsmodellierung als ein Beispiel der integrierten Landschaftsmodellierung. In: U. Steinhardt & M. Volk (Hrsg.): Regionalisierung in der Landschaftsökologie. Teubner Verlag Stuttgart Leipzig, S. 299-311.