



Ministerium für Ländliche Entwicklung,
Umwelt und Verbraucherschutz



Fachbeiträge des Landesumweltamtes

Heft Nr. 104

Daten zum integrierten Klimaschutzmanagement im Land Brandenburg



LANDESUMWELTAMT
BRANDENBURG

**Daten zum integrierten
Klimaschutzmanagement
im Land Brandenburg**

Fachbeiträge des Landesumweltamtes, Titelreihe, Heft-Nr. 104

Daten zum integrierten Klimaschutzmanagement im Land Brandenburg

Herausgeber:

Landesumweltamt Brandenburg (LUA)

Berliner Str. 21-25

14467 Potsdam

Tel.: 0331 - 23 23 259

Fax: 0331 - 29 21 08

E-Mail: infoline@lua.brandenburg.de

www.mluv.brandenburg.de/info/lua-publikationen

Autoren:

LUA, Projektgruppe Klimaschutzmanagement im Dezember 2005

Carsten Linke, Ref. T2; Projektgruppenleiter; carsten.linke@lua.brandenburg.de

Siegfried Grimmert, Ref. T2

Ronald Jordan, Ref. Ö1

Babette Jurkutat, Ref. Ö3

Klaus Kaldun, Ref. T3

Andreas Krone, Ref. Ö4

Norbert Krüger, Ref. T3

Dr. Jutta Rademacher, Ref. Ö3

Redaktionelle, technische Umsetzung:

LUA, Ref. Umweltinformation/Öffentlichkeitsarbeit S5

Potsdam, im Oktober 2006

Die Veröffentlichung als Print und Internetpräsentation erfolgt im Rahmen der Öffentlichkeitsarbeit des Ministeriums für Ländliche Entwicklung, Umwelt und Verbraucherschutz des Landes Brandenburg. Sie darf weder von Parteien noch von Wahlwerbern oder Dritten zum Zwecke der Wahlwerbung verwendet werden.

Inhalt

1	Ausgangssituation und Handlungsrahmen	4
1.1	Handlungsrahmen und Globalentwicklung	4
1.2	Klimadaten Brandenburgs	6
2	Indikatoren- und Datenübersicht und Bewertung	9
2.1	Treibhausgasemissionen	9
2.2	Energieverbrauchsentwicklung und Energieproduktivität	15
2.3	Emissionshandel und zur Nutzung erneuerbarer Energien	21
2.4	Verkehrswesen	27
2.5	Entsorgungswirtschaft	33
2.6	Landesplanung, Bauen und Wohnen	35
2.7	Forstwirtschaft	37
2.8	Landwirtschaft	46
2.9	Landschaftswasserhaushalt und Hochwasserschutz	51
2.10	Naturschutz	58
	Verzeichnisse	62
	Literatur	62
	Abbildungen	63
	Tabellen	64
	Anhang	64
1	Anlagenübersicht zum Emissionshandel	65
2	ZALF-Gutachten zum Wasserhaushalt	70
3	ZALF-Gutachten zur Sickerwasserqualität	76
4	Indikationsschema Vogelwelt	84
5	Erläuterungen zu IPCC-Szenarien	92

1 Ausgangssituation und Handlungsrahmen

1.1 Handlungsrahmen und Globalentwicklung

Weltweit gehen die Klimatologen bereits heute von eindeutigen Anzeichen für einen Klimawandel aus. Während für globale Entwicklungen bereits Erkenntnisse vorliegen, fehlen diese für die lokale oder regionale Ebene noch weitgehend. Ein erster Schritt wurde durch das Potsdam-Institut für Klimafolgenforschung e.V. (PIK) im Auftrag des Ministeriums für Landwirtschaft, Umwelt und Raumordnung des Landes Brandenburg 2002 getan. Die „Studie zur klimatischen Entwicklung in Brandenburg bis 2055 und deren Auswirkung auf den Wasserhaushalt, die Forst- und Landwirtschaft sowie die Ableitung der ersten Perspektiven“ [1] zeigt erstmals ein regionalbezogenes Szenario einer möglichen Entwicklung auf.

Im Ergebnis der PIK-Studie hat der Landtag Brandenburg in seiner 88. Sitzung am 12.12.2003 eine Entschließung zum Aufbau eines integrierten Klimaschutzmanagements angenommen [2]. Die Landesregierung wurde durch diesen Landtagsbeschluss beauftragt, alle relevanten Politikfelder zusammenzufassen und zu begleiten. Damit soll es zukünftig möglich sein, ein zielgerichtetes integriertes Management für Klimaschutz und zum Klimawandel aufzubauen.

Die Aufgabe des Landesumweltamtes Brandenburg ist dabei insbesondere der Aufbau und die Fortschreibung der Datenbasis im Rahmen des integrierten Klimaschutzmanagements. Über ein breites fachliches Spektrum wurden vorhandene Beobachtungen und Statistiken ausgewählt, die die Wirkungen des Managements über einen längeren Zeitraum anschaulich abbilden sollen. Grundlage bilden einzelne Umwelt- und Nachhaltigkeitsindikatoren, die Klimainventare sowie Energie- und Abfallbilanzen. Darüber hinaus werden langjährige Beobachtungs- und Messreihen zum Wasserhaushalt herangezogen. Der Prozess der Auswahl und die Eignungsprüfung von Indikatoren sind noch nicht abgeschlossen. Aktuell wurden 49 Datenreihen ausgewertet; die notwendigen Bewertungen weiterer Entwicklungskennziffern stehen noch aus. Langfristig sollen für die einzelnen Betrachtungsfelder die Indikatoren stärker gewichtet und in Kernindikatoren, direkte und indirekte Indikatoren gegliedert werden.

Das Klima wandelt sich. In den letzten 100 Jahren hat sich die globale Jahresmitteltemperatur um 0,6 °C erhöht. Die Erwärmung war in Deutschland (0,9 °C), Österreich (1,1 °C) und der Schweiz (1,4 °C) größer als im globalen Mittel. Dabei haben sich in Deutschland die Wintertemperaturen in den letzten 30 Jahren mit 1,5 °C viel stärker erhöht als die Sommertemperaturen (0,5 °C). Speziell in der Region Brandenburg-Berlin stieg die Jahresmitteltemperatur im letzten Jahrhundert um 1,0 °C an [3].

Das Jahr 1998, gefolgt von 2002, 2003, 2001 und 1997, war bis zum Jahr 2004 global das wärmste seit dem Beginn systematischer weltweiter Messungen ab 1861, auf der Nordhalbkugel vermutlich sogar der letzten 1000 Jahre! Für Deutschland war das Jahr 2000 mit einer Jahresmitteltemperatur von 9,9 °C das wärmste seit Beginn meteorologischer Messungen. Es lag mit 1,6 °C über dem Mittelwert der Jahre 1961 – 1990 [4]. NASA-Berechnungen zufolge hat das Jahr 2005 alle Rekorde gebrochen. [5]

Im Ergebnis jüngster Modellrechnungen des Max-Planck-Instituts für Meteorologie (MPI-M) in Hamburg könnte die globale Temperatur schon zum Ende dieses Jahrhunderts um 2,5 bis 4 °C steigen. Damit wäre die kritische 2-Grad-Schwelle weit überschritten [7]. Immer mehr wissenschaftliche Beweise sprechen dafür, dass der Nutzen einer Begrenzung der Temperaturerhöhung auf 2 °C, welche verbunden ist mit einem CO₂-Gehalt in der Atmosphäre von 550 ppm¹, bei weitem höher ist, als die Kosten der daraus resultierenden Maßnahmen [6]. Das besondere an diesen Aussagen ist, dass sich die internationalen Szenarien immer mehr verdichten und die Spannweite der Aussagen zur Temperaturerhöhung abnimmt, die Szenariowerte sich aber im oberen Bereich einpegeln.

Die Abbildung 1.1.1 veranschaulicht, dass es in den zurückliegenden Jahrtausenden immer Temperaturschwankungen gegeben hat. Sie verdeutlicht aber auch, dass Temperatur und CO₂-Konzentration eng miteinander verknüpft sind. Der aktuelle Konzentrationswert beträgt über 370 ppm!

¹ ppm = parts per million (Tausendstel der Gasmasse)

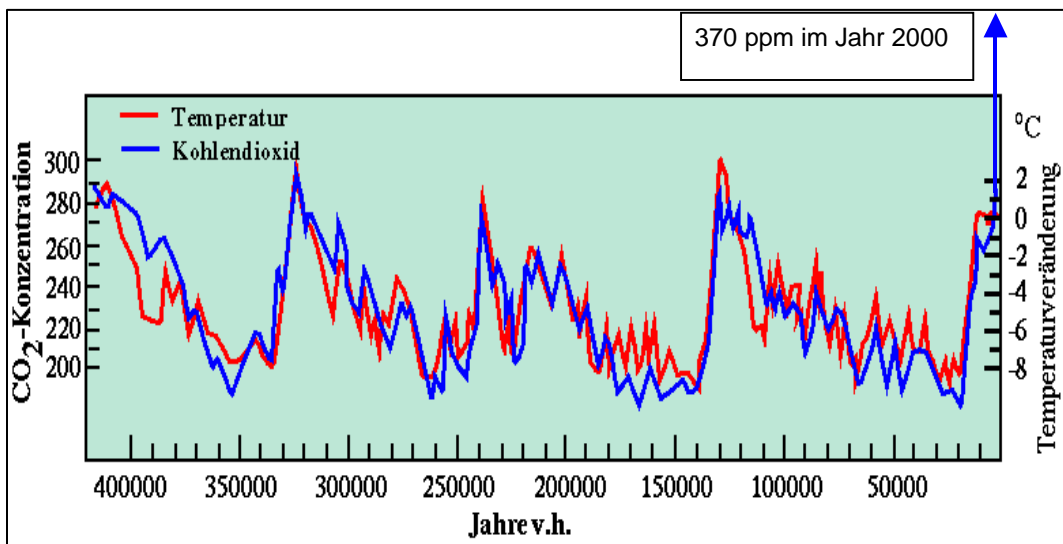
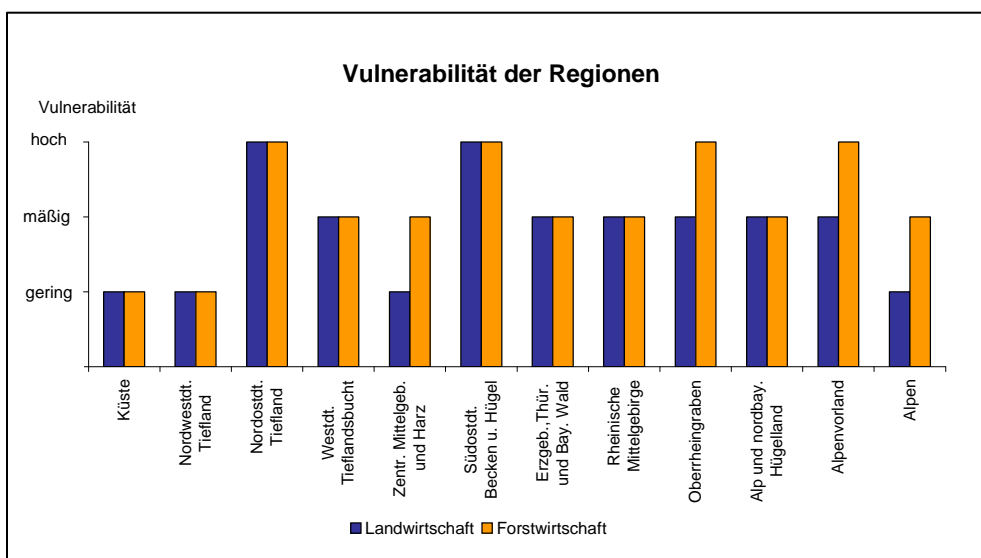


Abb. 1.1.1: Rekonstruierte Entwicklung von Temperatur und CO₂-Konzentration in der Atmosphäre für 400000 Jahre vor heute (Quelle: PIK 2003)

Der Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) hat im 2001 vorgelegten 3. Sachstandsbericht dargestellt, dass der Mensch die wichtigste Ursache für den bereits stattfindenden globalen Klimawandel ist [8]. Die anthropogenen Einflussfaktoren setzen sich zusammen aus der Änderung der atmosphärischen Konzentration von klimawirksamen Spuren- bzw. Treibhausgasen und Aerosolen sowie der Änderung des Stoff- und Energieflusses an der Erdoberfläche durch Landnutzung, einschließlich Waldrodungen, durch Bebauungen und industrielle Einflüsse.

Die Nutzung fossiler Energieträger hat eine Dimension erreicht, die eine neue Qualität der Klimabeeinflussung zur Folge hat. Nicht die anthropogene Beeinflussung an sich, sondern alleinig das quantitative Ausmaß und die regionale Ausprägung sind noch fraglich. Wichtigste Voraussetzung für eine Trendwende bei den Klimagasemissionen ist eine weltweit drastische Reduzierung des Energieverbrauchs auf der Basis fossiler Energieträger. Diese Forderung ist zuallererst an die Industrienationen gerichtet.

Wie verwundbar einzelne Regionen Deutschlands hinsichtlich des Klimawandels sind, wurde durch eine Studie des PIK innerhalb eines Forschungsprojektes des Umweltbundesamtes (UBA) untersucht. Die Studie macht deutlich, dass in einem „Ohne-Gegenmaßnahmen-Szenario“ der Oberrheingraben, die zentralen Teile Ostdeutschlands (Nordostdeutsches Tiefland, Südostdeutsche Becken und Hügel) und die Alpen die höchste Vulnerabilität (Verwundbarkeit) gegenüber dem Klimawandel aufweisen [9].



Quelle: PIK, Vulnerabilität und Anpassungsstrategien klimaintensiver Systeme; Juni 2005

Abb. 1.1.2: Vulnerabilität der Regionen in Bezug auf deren Land- und Forstwirtschaft

In Ostdeutschland ist die geringe Wasserverfügbarkeit und die Gefahr von Dürren im Sommer ausschlaggebend für die hohe Vulnerabilität. Die schon aktuell ungünstige klimatische Wasserbilanz wird durch die bereits zu beobachtende und weiter zu erwartende Abnahme der Jahresniederschläge (insbesondere der Sommerniederschläge) und steigende Verdunstung weiter verschlechtert. Davon betroffen sind insbesondere die Land- und Forstwirtschaft, aber auch der Verkehrsbereich (Schifffahrt). Hinzu kommt die Vulnerabilität durch Hochwasser in den Einzugsgebieten der großen Flüsse Elbe und Oder. In der Lausitz, wo mit besonders hohen Sommertemperaturen zu rechnen ist, muss von einer Hitzebelastung im Bereich Gesundheit ausgegangen werden [9].

Im Ergebnis der Studien [5, 9] wird deutlich, dass Anpassungsmaßnahmen an den Klimawandel und Emissionsminderungsmaßnahmen keine Alternativlösungen sind, sondern parallel durchgeführt werden müssen.

1.2 Klimadaten Brandenburgs

Die wesentlichen Kenngrößen für die klimatische Entwicklung und die Szenariendarstellung sind Lufttemperatur und Jahresniederschlag. Weitere wichtige meteorologische Parameter sind Sonnenscheindauer, Luftfeuchte, Wind, Strahlung und Bewölkung.

Bezugsgröße für die Erwärmung ist der durchschnittliche Jahresmittelwert der Lufttemperatur für den Zeitraum von 1961 – 1990. Dieser Bezugswert ist in Tabelle 1.2.1 für Brandenburg landesweit dargestellt. Der Wert schwankt regional (Süd-Nord-Gefälle) zwischen 7,9 und 9,1 °C. Die deutschen Mittel-, Minimal- und Maximalwerte sind ebenfalls dargestellt. Es wird deutlich, dass Brandenburg sich nur unwesentlich vom Großteil der Bundesrepublik unterscheidet [10].

Tab. 1.2.1: Mittelwerte der Temperatur in Brandenburg für den Basiszeitraum 1961 – 1990 (Mittelwerte)

ALIASNAME	Jan	Feb	Mrz	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dez	Jahr
ANGERMUENDE (WEWA)	-1,2	-0,3	3,0	7,4	12,7	16,2	17,5	17,1	13,4	9,0	4,1	0,6	8,3
BERGE	-0,6	0,3	3,7	7,9	13,2	16,6	17,9	17,4	13,8	9,4	4,5	1,1	8,8
BERLIN-SCHOEN.(FLUGWEWA)	-1,0	0,0	3,5	7,9	13,1	16,6	18,0	17,6	13,9	9,3	4,3	0,7	8,7
BERLIN-TEGEL (FLUGWEWA)	-0,3	0,7	4,1	8,6	13,9	17,4	18,7	18,2	14,4	9,9	4,9	1,3	9,3
BERLIN-TEMP. (FLUGWEWA)	-0,2	0,8	4,2	8,6	13,9	17,4	18,8	18,4	14,6	10,0	4,9	1,4	9,4
BRANDENBURG-GOERDEN	-0,3	0,4	3,7	7,8	13,2	16,6	17,9	17,3	13,7	9,5	4,7	1,3	8,8
COTTBUS (WEWA)	-0,8	0,3	3,8	8,2	13,5	16,9	18,4	17,7	14,0	9,5	4,6	0,9	8,9
DOBERLUG-KIRCHHAIN(AWST)	-0,8	0,1	3,6	7,7	12,8	16,2	17,6	17,2	13,7	9,2	4,3	0,8	8,5
FRANKFURT/ODER	-1,0	0,0	3,6	8,1	13,3	16,7	18,1	17,7	14,0	9,4	4,4	0,7	8,7
GRUENOW (AWST)	-1,6	-0,7	2,5	6,9	12,2	15,6	17,1	16,8	13,2	8,8	3,8	0,3	7,9
JUETERBOG	-0,7	0,1	3,6	7,9	13,1	16,6	18,0	17,4	13,6	9,2	4,3	0,9	8,7
LINDENBERG (OBS)	-1,2	-0,1	3,4	7,9	13,1	16,5	17,9	17,6	13,9	9,3	4,1	0,4	8,6
MANSCHNOW (WEWA)	-1,2	-0,4	3,4	7,9	13,0	16,5	17,8	17,4	13,8	9,1	4,2	0,8	8,5
MENZ	-1,1	-0,3	2,7	6,8	12,3	15,8	17,1	16,5	13,0	8,8	4,0	0,6	8,0
MUENCHEBERG	-1,3	-0,4	3,0	7,5	12,8	16,4	17,8	17,2	13,5	9,0	4,1	0,6	8,3
NEURUPPIN (WEWA)	-0,8	0,0	3,1	7,5	12,8	16,2	17,5	17,3	13,7	9,4	4,5	0,9	8,5
SCHWARZE PUMPE	-0,7	0,3	4,0	8,4	13,8	17,2	18,8	18,2	14,3	9,7	4,6	0,9	9,1
ZEHDENICK	-1,1	-0,2	3,1	7,4	12,8	16,3	17,6	17,1	13,3	8,9	4,2	0,7	8,4
POTSDAM (OBS)	-0,9	0,2	3,7	8,0	13,2	16,6	17,9	17,5	13,9	9,4	4,2	0,7	8,7
Land Brandenburg (DS19)	-0,9	0,0	3,5	7,8	13,1	16,5	17,9	17,5	13,8	9,3	4,4	0,8	8,6
Deutschland (DS675)	-0,5	0,4	3,5	7,3	11,9	15,2	16,8	16,4	13,2	8,9	3,9	0,7	8,1

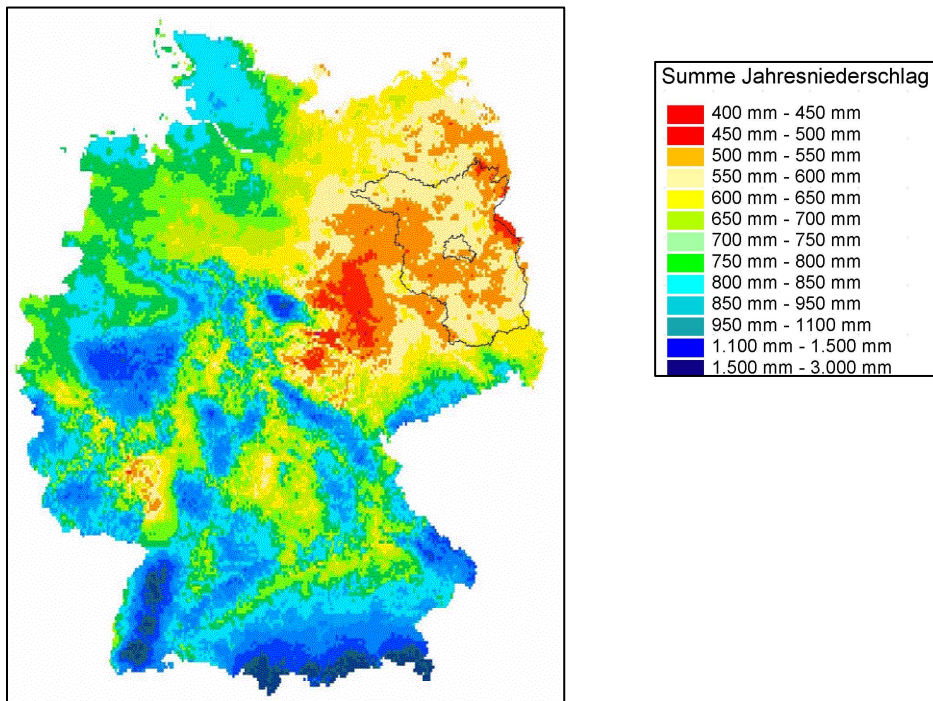
*Die Berechnung der Durchschnittswerte für Deutschland (blau) und Brandenburg (gelb) erfolgte auf Basis der zur Verfügung stehenden Stationsdaten bzw. Stationen (in Brandenburg 19; in Deutschland 675 Stationen)

Quelle: DWD/LUA Brandenburg

Neben der Temperatur hat auch die Sonnenscheindauer erhebliche Einwirkungen auf die Verdunstung und somit auf ein wesentliches Element des Landschaftswasserhaushaltes. Im Mittel lag die Sonnenscheindauer im Land Brandenburg um 6,3 % (Prozent) über dem bundesdeutschen Durchschnittswert des Basiszeitraums. Die Abweichung zur „Spitzenreiter-Station“ (Zinnowitz/Mecklenburg-Vorpommern) beträgt nur 14,5 %. In den Monaten Mai und Juni lagen für alle Messstationen die berechneten Werte der Sonnenscheindauer über dem bundesdeutschen Durchschnitt, welcher auf Basis von 427 Wetter-/Meldestationen berechnet wurde [10].

Am deutlichsten unterscheiden sich die Basisdaten Brandenburgs zum Bundesdurchschnitt und -gebiet im Jahresniederschlag. Im Jahresdurchschnitt weicht das Niederschlagsaufkommen um -30,7 % vom bundesdeutschen Durchschnittswert ab! Die Abweichung zu süddeutschen Regionen ist um ein

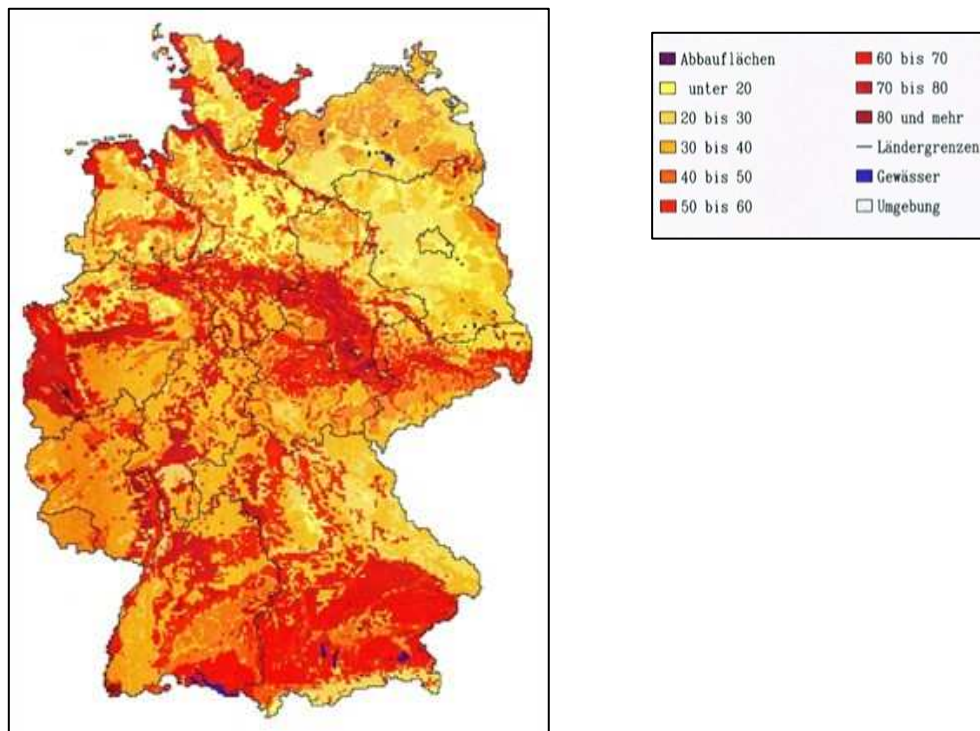
Vielfaches größer (Abb. 1.2.1). Die niederschlagsreichste Station des Basiszeitraums in Deutschland (Balderschwang/Bayern) verzeichnet bereits nach drei Monaten die gleiche Niederschlagsmenge wie Brandenburg im Jahresdurchschnitt (553 mm/a) [10].



Quelle: Deutscher Wetterdienst (DWD)

Abb.1.2.1: Jahresniederschläge im Basiszeitraum 1961 – 1990 (Mittelwerte)

Zur Beurteilung der Wasserhaushaltssituation müssen neben den meteorologischen auch die geologischen Verhältnisse betrachtet werden. Brandenburg besitzt diesbezüglich ungünstige Gegebenheiten (Lockergesteinsbereich mit überwiegend durchlässigen Sandböden).



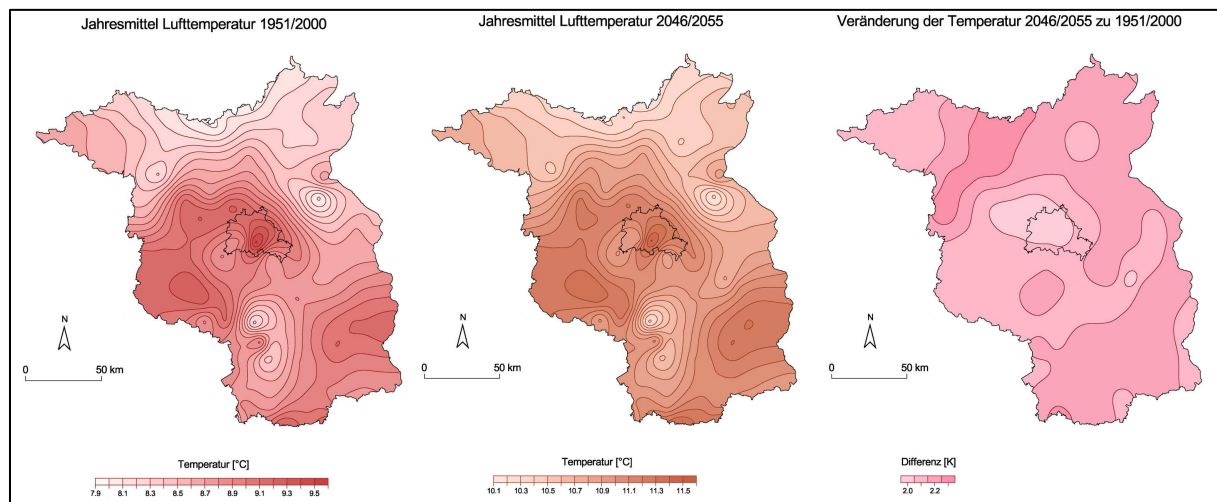
Quelle: KFA Jülich

Abb. 1.2.2: Bodenzahlen der vorherrschenden Leitbodenarten

Das geringe Niederschlags- und Wasserdargebot in Brandenburg (Abb. 1.2.1) geht einher mit leichten Böden (Abb. 1.2.2) und führt zu einer stärker angespannten Wasserhaushaltssituation als in den angrenzenden Bundesländern.

Das Problem wird zusätzlich durch Bergbau und Hydromelioration in den Niederungen verschärft. Diese „Wasserarmut“ erhöht die Dürregefahr und kann längerfristig erhebliche Auswirkungen auf die Land- und Forstwirtschaft, die Zielstellungen der Wasserrahmenrichtlinie (Gewässerqualität) sowie auf die Dimensionierung von Trinkwasserschutzzonen haben.

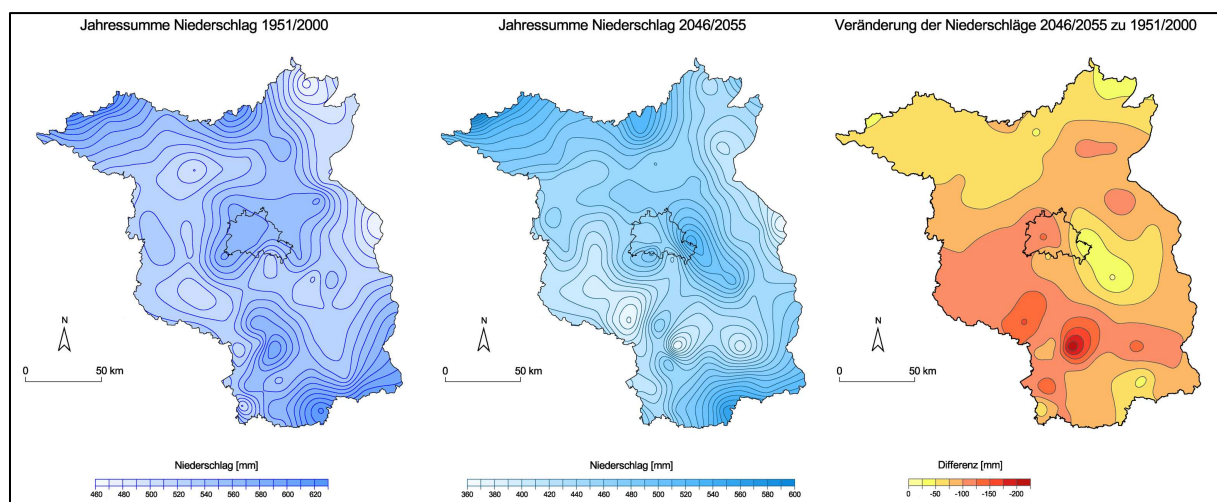
Hinsichtlich der klimatischen Kenngrößen Lufttemperatur und Jahresniederschlag wurde im PIK-Szenario [1] bis 2005 ein globaler Temperaturanstieg um 1,4 °C angenommen und daraus folgend Temperaturerhöhungen um 2,0 bis 2,3 °C und Niederschlagsrückgänge von bis zu 225 mm/a berechnet. Die Abbildung 1.2.3 zeigt die räumlich differenzierte Entwicklung der Jahresmittelwerte der Lufttemperatur und die Temperaturdifferenz, welche sich nur geringfügig unterscheidet.



Quelle: PIK [1]

Abb. 1.2.3: Mittlere Lufttemperatur für Brandenburg und deren Änderung laut PIK-Szenario

Die Abbildung 1.2.4 zeigt die räumlich differenzierte Entwicklung des Jahresniederschlages entsprechend dem Szenario [1]. Es wird deutlich, dass die Niederschlagsabnahme speziell in den für die Grundwasserneubildung wichtigen Hochlagen abnehmen könnte.



Quelle: PIK [1]

Abb. 1.2.4: Mittlere Jahresniederschläge für Brandenburg und deren Änderung laut PIK-Szenario

Zur Entwicklung der klimatischen Kenngrößen liegen neben dem PIK-Szenario [1] weitere aktuelle Berechnungen vor. Das MPI-M hat erstmals flächendeckend regionale Auswirkungen der klimatischen

Veränderungen im Auftrag des UBA modelliert [12]. Die Hamburger Forscher erwarten, dass die durchschnittliche Jahrestemperatur in einigen Regionen Deutschlands bis 2100 um bis zu 4 °C höher liegen könnte als im vergangenen Jahrhundert. Die Erwärmung wird sich regional und saisonal unterschiedlich stark ausprägen. Die Temperaturerhöhung wird laut Berechnungen im Jahresmittel weitere 1,9 bis 2,9 °C für Brandenburg betragen, wo bei sich die Wintertemperaturen um 2,6 bis 3,9 °C erhöhen werden. Die Spannweite der Temperaturangaben ist abhängig von der Globalentwicklung bzw. den zugrunde liegenden Globalszenarien (B1, A1B und A2; siehe Anhang 5). Die Abnahme der Jahresniederschläge ist geringer als 10 %. Die Winter werden in Brandenburg und in ganz Deutschland feuchter. Im Sommer könnten die Niederschläge in Süd-, Südwest- und Nordostdeutschland bis zu 30 % zurückgehen. Besonders problematisch ist diese Entwicklung der Niederschlagsrückgänge innerhalb der Vegetationsperioden.

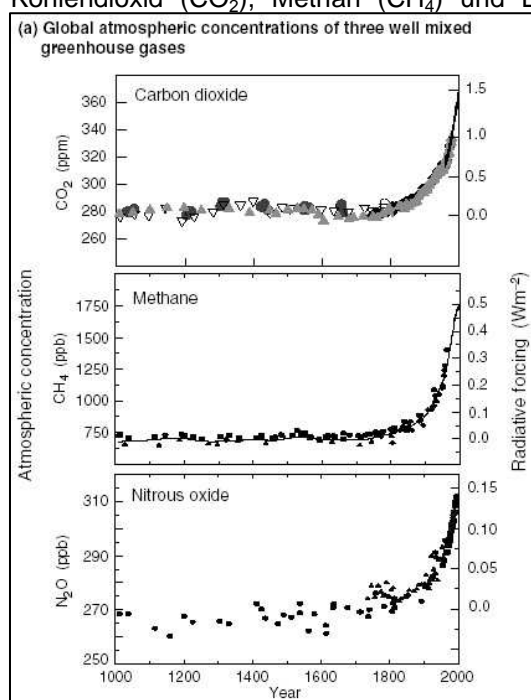
Derartige Szenarien machen die detaillierte Beobachtung der klimatischen Kenngrößen Brandenburgs notwendig. Gleichzeitig ermöglicht die Beobachtung der Klimakenngrößen und des Landschaftswasserhaushaltes eine Analyse der Trendentwicklung. Im Kapitel 2.9 wird die Analyse der klimatischen Kenngrößen beispielhaft anhand der Station Potsdam durchgeführt, da diese meteorologische Station speziell für die Jahresmitteltemperatur und die Sonnenscheindauer als auch für die Jahresniederschläge als repräsentative mittlere Größe angesehen werden kann (Tab. 1.2.1) [10]. Darüber hinaus sind nur an dieser Station lückenlose hundertjährige Datenreihen in Brandenburg vorhanden. Dies wiederum ist eine wesentliche Voraussetzung für eine solide meteorologische Beurteilung der klimatischen Kenngrößen.

Neben der Beobachtung der klimatischen Entwicklung ist die Analyse weiterer Daten zur Beratung des Klimaschutzmanagements notwendig (Kap. 2). Zu diesen Datenreihen und Indikatoren gehören die Treibhausgasemissionen ebenso wie die Daten zur Entwicklung des Energieverbrauchs, des Verkehrs und der Land- und Forstwirtschaft.

2 Indikatoren- und Datenübersicht und Bewertung

2.1 Treibhausgasemissionen

Der globale Klimawandel vollzieht sich durch den vom Menschen verursachten (anthropogenen) Treibhauseffekt mit einer bis dato nicht bekannten Dynamik. Die weltweit stark angestiegene Verbrennung fossiler Energieträger wie Öl, Kohle und Gas ist die Hauptursache für den anthropogenen Treibhauseffekt. Durch die Freisetzung klimawirksamer Gase, insbesondere Kohlendioxid (CO₂), Methan (CH₄) und Lachgas (N₂O), beeinflusst der Mensch die chemische



Zusammensetzung der Atmosphäre und verstärkt dadurch den natürlichen Treibhauseffekt. Nach Modellrechnungen auf der Basis gekoppelter Klimamodelle ist bis zum Jahr 2100 bei weiterer ungebremster Treibhausgasentwicklung mit einer Erwärmung von bis zu 5,8 K im globalen Mittel gegenüber 1860 und einem Meeresspiegelanstieg von bis zu 88 cm zu rechnen [4]. Damit drohen gewaltige Schäden für Mensch und Natur, deren Abwendung den Klimaschutz zu einer großen umweltpolitischen Herausforderung der Menschheit macht.

Selbst wenn es gelingt, die Emissionen auf dem heutigen Niveau einzufrieren, wäre schon bis zum Jahre 2030 mit einer Verdoppelung und bis zum Jahr 2100 mit einer Verdreifachung des CO₂-Gehalts der Atmosphäre gegenüber dem vorindustriellen Stand (280 ppm) zu rechnen [13]. Die aktuelle Konzentration beträgt 380 ppm. [14].

Abb. 2.1.1: *Rekonstruktion der Treibhausgas-konzentrationen von Kohlendioxid, Methan und Lachgas (IPCC 2001)*

Wichtigste Voraussetzung für eine Trendwende bei den Klimagasemissionen ist eine weltweit drastische Reduzierung des Energieverbrauchs auf der Basis fossiler Energieträger.

Diese Forderung, die zuallererst an die Industrienationen gerichtet ist, erfüllen die Bundesrepublik und auch das Land Brandenburg gegenwärtig nicht. Zwar zeigt die Entwicklung des Primärenergieverbrauchs in Brandenburg im Zeitraum 1990 bis 2003 einen Rückgang um 28 %, die angestrebte Steigerung des Wirtschaftswachstums bedingt jedoch auch einen höheren Energiebedarf. Dieser wird bei einem kalkulierten Wirtschaftswachstum von durchschnittlich 3,6 % pro Jahr im Zeitraum 2001 bis 2020 ansteigen und nur noch 16 % unter dem Verbrauch des Jahres 1990 liegen [15].

Unmittelbar an den Verbrauch fossiler Energieträger ist die Entwicklung des Hauptanteils der Treibhausgasemissionen gebunden. Das Land Brandenburg ist mit seiner traditionellen Energiewirtschaft, die durch die Förderung und Veredelung heimischer Braunkohle sowie die Verarbeitung großer Mengen an Erdölimporten geprägt ist, ein Bundesland mit überdurchschnittlicher Emission an energiebedingten Treibhausgasen, insbesondere CO₂ (siehe 2.1.6). Die Bereitstellung des Landesbedarfs an Strom und Mineralölprodukten und die erheblichen Lieferungen dieser Energieträger in andere Bundesländer beeinflussen maßgeblich die Emissionsentwicklung. Im Jahr 2003 betrug der Anteil Brandenburgs am Primärenergieverbrauch Deutschlands 4,4 %, an den energiebedingten CO₂-Emissionen jedoch 7,3 %. Mit diesem überdurchschnittlichen Emissionsanteil steht das Land in der besonderen Verantwortung, Maßnahmen zu unterstützen, die zu einer Senkung der Treibhausgasemissionen führen. Mit der Umgestaltung der Wirtschaftsstruktur in den 1990er Jahren des 20. Jahrhunderts wurden bereits deutliche Senkungen spezifischer Emissionen erreicht. Bei Steigerung der wirtschaftlichen Tätigkeit und vermehrtem Produktionsausstoß lässt sich für den Zeitraum bis 2010/2020 eine Zunahme absoluter Treibhausgasemissionen gegenüber dem derzeitigen Niveau nicht ausschließen. Die Emissionssteigerung muss jedoch deutlich geringer ausfallen als der Anstieg des Energieverbrauchs.

Indikatoren und Datenreihen

Die Entwicklung der Treibhausgasemissionen im Land Brandenburg kann innerhalb des Klimaschutzmanagements anhand folgender Datenreihen und Indikatoren beobachtet und bewertet werden:

1. Entwicklung der Kyoto-Treibhausgasemissionen,
2. CO₂-Emissionen und CO₂-Äquivalente nach sektoralen Quellen,
3. Entwicklung der energiebedingten CO₂-Emissionen (gesamt),
4. Entwicklung der energiebedingten CO₂-Emissionen nach Sektoren,
5. Entwicklung der energiebedingten CO₂-Emissionen nach Energieträgern,
6. Entwicklung der energiebedingten CO₂-Emissionen pro Einwohner.

Anmerkung

Seitens des LDS Brandenburg werden ebenfalls CO₂-Emissionen für das Land Brandenburg publiziert. Diese werden nach einem vereinfachten Verfahren berechnet und weichen von den hier dargestellten Emissionswerten ab. Für die 1990er Jahre liegen die Werte ca. 10 %, für die jüngere Vergangenheit ca. 5 % unter den hier dargestellten Ergebnissen. Den Emissionsdaten dieses Berichtes liegen die gleichen methodischen Berechnungsansätze zu Grunde wie den Gutachten zur Energiestrategie 2010 [15], sowie allen bisherigen Klimaschutz- und Immissionsschutzberichten des Landes.

Ziel- und Vergleichsgröße

Das klimapolitische Hauptziel Brandenburgs ist die Senkung der energiebedingten CO₂-Emissionen auf 53 Mio. t (Tonnen) bis zum Jahr 2010 [16].

2.1.1 Entwicklung der Kyoto-Treibhausgase

Das von der 3. Vertragsstaatenkonferenz der Klimarahmenkonvention in Kyoto am 10.12.1997 angenommene Protokoll verpflichtet die Industriestaaten, nicht nur die Treibhausgase CO₂, CH₄ und N₂O zu reduzieren, sondern auch die fluorierten Gase HFKW (wasserstoffhaltige Fluorkohlenwasserstoffe), PFC (perfluorierte Fluorkohlenwasserstoffe) und SF₆ (Schwefelhexafluorid).

Die Kyoto-Treibhausgase CH₄, N₂O, HFKW, PFC und SF₆ unterscheiden sich gegenüber dem CO₂ durch die erheblich geringer anfallende Menge, jedoch in Abhängigkeit von der zu Grunde gelegten

Verweildauer in der Atmosphäre und der unterschiedlichen molekularen Absorptionskoeffizienten auch durch eine vielfach höhere Treibhauswirksamkeit. Bei einer Verweildauer von 100 Jahren betragen die Wertigkeiten für CH₄ = 21, N₂O = 310, HFKW = 1.330, PFC = 7.350 und SF₆ = 23.900. Allerdings bestehen im Land Brandenburg noch keine Möglichkeiten der Erfassung fluoriertes Treibhausgase. In der Ausweisung als CO₂-Äquivalent sind damit nur die Unterschiede von CH₄ und N₂O berücksichtigt.

Die Tabelle 2.1.1 macht deutlich, dass die Entwicklung vorrangig durch das Gas Kohlendioxid (CO₂) bestimmt wird. Dessen Entwicklung wird detailliert mittels der Indikatoren zur Entwicklung der energiebedingten Klimagase (Pkt. 2.1.3 - 2.1.6) dargestellt.

Tab. 2.1.1: Stand und Entwicklung der Treibhausgasemissionen

		1990	1996	1998	2000	2002
CO ₂	Mio.t/a	91	55	63	64	65
CH ₄	kt/a	1.034	403	399	170	171
N ₂ O	kt/a	4	3	3	3	3
HFKW	kt/a	NE	NE	NE	NE	NE
PFC	kt/a	NE	NE	NE	NE	NE
SF ₆	kt/a	NE	NE	NE	NE	NE
Summe in CO ₂ -Äquivalenten	Mt/a	114	64	72	68	69

* NE – keine Daten verfügbar

Quelle: LDS Brandenburg/LUA Brandenburg

Das Bezugsjahr für die Treibhausgase CO₂, CH₄ und N₂O ist 1990. Für die fluorierten Treibhausgase besteht ein Wahlrecht zwischen 1990 und 1995. Entsprechend dem Nationalen Klimaschutzprogramm 2005 hat sich die Bundesregierung für 1995 entschieden.

Der Anteil der fluorierten Treibhausgase betrug auf Bundesebene im Jahr 2002 rund 1,3 % an den Gesamtemissionen.

Entsprechend ihrer Entstehung unterteilt man die Treibhausgase in energiebedingte und nicht energiebedingte Treibhausgase.

Für das Land Brandenburg können die energiebedingten Treibhausgase CO₂, CH₄ und N₂O aus dem Verbrauch fossiler Energieträger ermittelt und im Unterschied zu den nicht energiebedingten Treibhausgasen mit geringer Fehlerquote berechnet werden.

Bei den nicht energiebedingten Treibhausgasen, die hauptsächlich bei Industrieprozessen (CO₂, N₂O, fluorierte Gase), in der Landwirtschaft (CH₄, N₂O) und in der Abfallwirtschaft (CH₄, N₂O) auftreten, fehlt es teilweise an belastbaren landesspezifischen Daten, so dass eine Vollständigkeit bisher noch nicht gegeben ist. Dadurch besteht die Möglichkeit, dass bei zunehmendem Erkenntnisstand mit verbesserter Datenlage trotz technischer und technologischer Fortschritte die ausgewiesenen Emissionen ansteigen.

2.1.2 CO₂-Emissionen und CO₂-Äquivalente nach sektoralen Quellen

In Tabelle 2.1.2 wurden die Kyoto-Treibhausgase nach ihren Quellen aufgeschlüsselt. Besonders problematisch ist die Datensituation im Bereich der Landwirtschaft und der Abfallwirtschaft. Hier fehlt es flächendeckend noch an zuverlässigen Erfassungs- und Bewertungsmethoden.

Die Tabelle macht deutlich, dass Kohlendioxidemissionen den Hauptteil der Treibhausgasemissionen darstellen. Bezogen auf das CO₂-Äquivalent betrug der Anteil des CO₂ bei den energiebedingten Treibhausgasen im Jahr 2002 bis zu 98 %, unter Einbeziehung der nicht energiebedingten Treibhausgase bis 94 %.

Tab. 2.1.2: Stand und Entwicklung der CO₂-Emissionen und CO₂-Äquivalente nach sektoralen Quellen

Quellen und Senken von Treibhausgasen	CO ₂					Gesamt-CO ₂ -Äquivalent				
	Mio. t/a					Mio. t/a				
	1990	1996	1998	2000	2002	1990	1996	1998	2000 ^{*)}	2002 ^{*)}
Gesamtemissionen	91,0	55,0	62,5	63,9	64,9	114,1	64,4	71,9	68,3	69,3
I Energiebedingte Emissionen	91,0	54,3	61,8	63,2	64,2	94,7	55,4	63,0	64,2	65,2
A Verbrennungsbedingt	90,8	54,3	61,5	63,1	64,2	92,3	55,1	62,4	63,9	64,9
1. Energiegewinnung und -umwandlung	63,6	38,9	45,1	46,9	47,7	64,3	39,2	45,6	47,3	48,1
2. Industrie	11,5	4,4	5,3	5,4	5,3	11,6	4,4	5,3	5,5	5,4
3. Verkehr	3,3	5,8	6,0	6,0	5,9	3,4	6,2	6,3	6,3	6,0
4. Haushalte, Kleinverbraucher und Gewerbe	12,4	5,2	5,1	4,8	5,4	13,0	5,3	5,2	4,8	5,4
5. Andere	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE
6. Verbrennung von Biomasse	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE
B Förderung, Aufbereitung und Verteilung von Brennstoffen	0,2	0,0	0,3	0,1	0,0	2,4	0,3	0,6	0,3	0,3
II Nicht energiebedingte Emissionen	NE	0,7	0,7	0,7	0,7	19,4	9,0	8,9	4,1	4,1
C Industrieprozesse	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE
D Lösemittel- und Produktverwendung	NO	NO	NO	NO	NO	NE	NE	NE	NE	NE
E Landwirtschaft	NO	NO	NO	NO	NO	2,8	1,8	1,7	1,6	1,6
F Änderung von Flächennutzung und Holzbestand	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE
G Abfallwirtschaft	NE	0,7	0,7	0,7	0,7	16,6	7,2	7,2	2,5	2,5
Internationaler Verkehr	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE

^{*)} vorläufige Angaben

NE - keine Daten verfügbar

NO - nicht vorkommend

Quelle: LDS Brandenburg/LUA Brandenburg

2.1.3 Energiebedingte CO₂-Emissionen (gesamt)

Die besondere Aufmerksamkeit gilt im Land Brandenburg den energiebedingten CO₂-Emissionen. Im Energiekonzept des Landes [17] hat sich die Landesregierung bereits im Jahr 1996 zu dem Minderungsziel (Senkung auf 53 Mio. t bis zum Jahr 2010) bekannt und diese Zielstellung in der Energiestrategie 2010 [16] gemeinsam mit Vertretern der Energiewirtschaft, der Industrie, von Wirtschafts- und Interessenverbänden sowie verschiedenen Instituten bekräftigt. In der Abbildung 2.1.3 ist der Verlauf der CO₂-Emissionen im Land Brandenburg seit 1990 dargestellt. Die Senkung im Zeitraum 1990 – 1996 beruht dabei vor allem auf der Umsetzung gesetzlicher Vorschriften im Einigungsvertrag und wirtschaftlichen Erfordernissen, in deren Folge eine große Anzahl von Kraftwerken und Brikettfabriken stillgelegt wurden. In diesen Zeitraum fallen ebenfalls die geförderten Hauptaktivitäten bei der Sanierung der Fernwärmeleitungen sowie der Erneuerungen von Heizungsanlagen.

Die Abbildung macht deutlich, dass die Zielstellung der Energiestrategie 2010 voraussichtlich nicht erreicht wird, aber eine Annäherung möglich ist. Der Rückgang der Emissionen in 2003 auf das Niveau von 1998 lässt sich noch nicht als Trendwende kennzeichnen. Es wird jedoch erwartet, dass sich der weitere Ausbau erneuerbarer Energien sowie der Handel mit Kohlendioxid-Emissionsrechten langfristig positiv auswirken.

2.1.4 Energiebedingte CO₂-Emissionen nach Sektoren

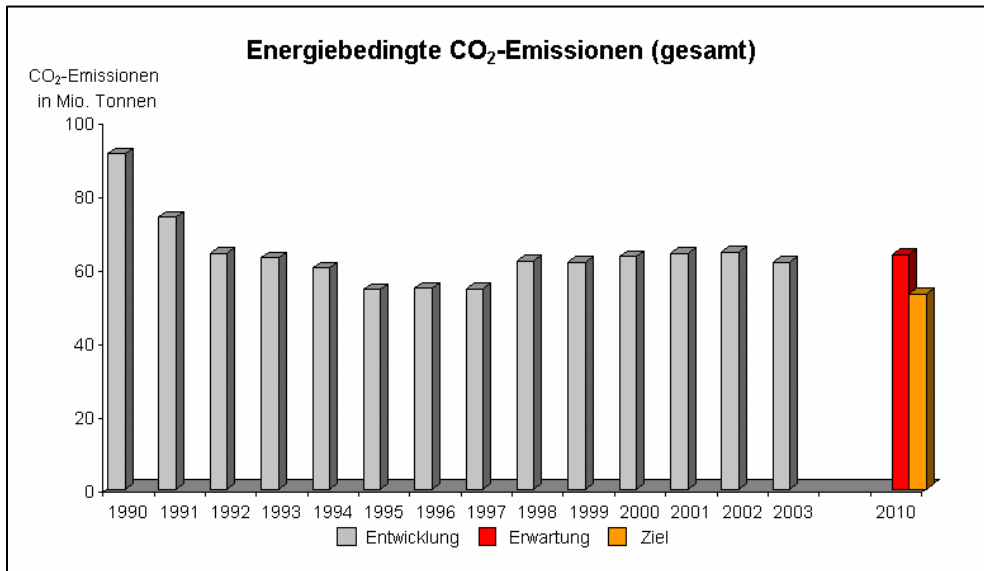
Die Abbildung 2.1.4 zeigt, in welchen Größenordnungen die einzelnen Sektoren an der Gesamtemission beteiligt sind.

Der Umwandlungsbereich ist der Sektor mit den größten Emissionsanteilen. Hierzu gehören die Groß- und Industriekraftwerke, Heizkraftwerke und Heizwerke, eine Brikettfabrik sowie eine Erdö Raffinerie, in denen aus Primärenergieträgern (Steinkohle, Rohbraunkohle, Erdöl, Erdgas) Endenergieträger (Strom, Wärme, Kraftstoffe, Heizöle, Brikett, Flüssiggas u.a.) produziert werden. Im Jahr 2003 entfielen mit rund 45 Mio. t/a ca. 74 % des Emissionsvolumens auf diesen Sektor.

Bei den Großkraftwerken und Heizkraftwerken fallen die Emissionen vollständig bei der Strom- und Wärmeerzeugung an. In der Raffinerie fällt nur ein vergleichsweise geringer Teil bei der Erdölspaltung an. Etwa 90 % der Emissionen entstehen erst beim Verbraucher. Dadurch werden anders als bei den Kraft- und Heizwerken die Emissionen aus der Nutzung der ausgeführten Mineralölprodukte nicht mehr dem Land Brandenburg zugerechnet.

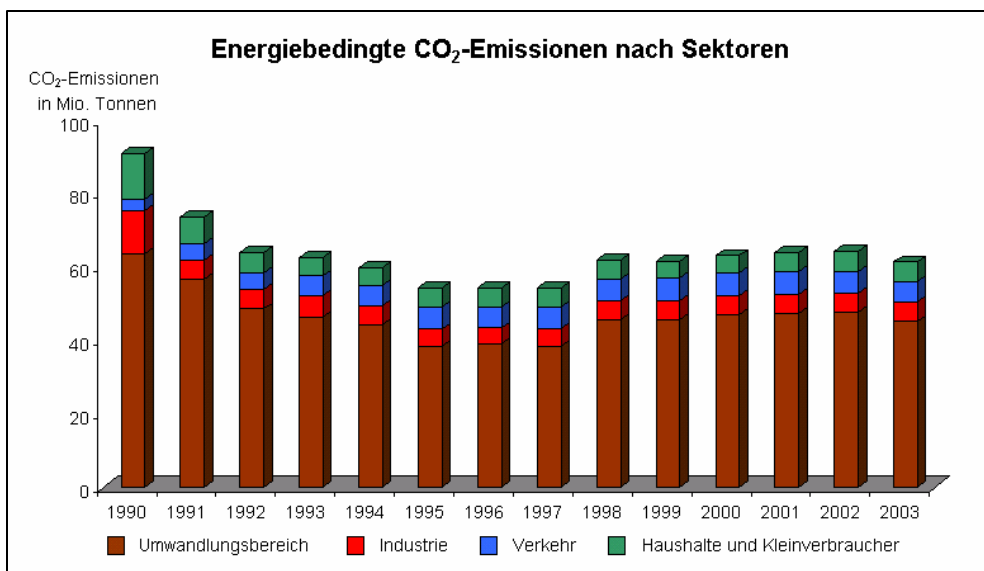
Im Ergebnis dessen entfallen 57 bis 67 % (2003: 67,4 %) der energiebedingten CO₂-Gesamtemissionen auf die Stromerzeugung. Der Anteil der Stromausfuhr, der im Jahr 2003 rund 60 % und in den Jahren davor bis zu 65 % der CO₂-Emission der Stromerzeugung verursachte, ist dabei ein maßgeblicher Faktor. Bedeutsam hierfür ist der hohe Braunkohleanteil in der Stromerzeugung. Dieser bestimmt das Niveau der CO₂-Emission zu über 80 % (2003: 82 %).

Die Anteile der anderen Sektoren (Industrie, Verkehr, Haushalte und Kleinverbraucher) sind im Emissionsverhalten in den letzten Jahren weitgehend stabil. Detailliertere Angaben erfolgen im Zusammenhang mit den Indikatoren zur Energieverbrauchsentwicklung (siehe 2.2).



Quelle: LDS Brandenburg/LUA Brandenburg

Abb. 2.1.3: Energiebedingte CO₂-Emissionen (gesamt)



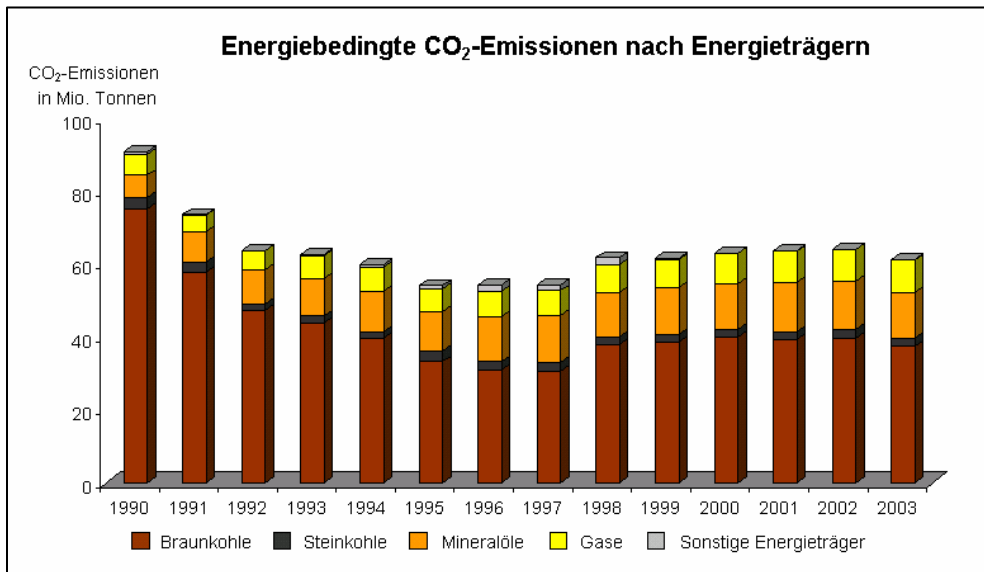
Quelle: LDS Brandenburg/LUA Brandenburg

Abb. 2.1.4: Energiebedingte CO₂-Emissionen nach Sektoren

2.1.5 Energiebedingte CO₂-Emissionen nach Energieträgern

Die Abbildung 2.1.5 veranschaulicht, in welchen Größenordnungen die einzelnen Energieträger an der Gesamtemission beteiligt sind. Besonderes Augenmerk gilt der Braunkohle. Die daraus resultierenden

CO₂-Emissionen betragen seit 1998 rd. 40 Mio. t/a. Durch die anhaltend hohe Stromproduktion der Kraftwerke Jänschwalde und Schwarze Pumpe zeigt sich in den letzten sechs Jahren ein nahezu unverändertes Bild.



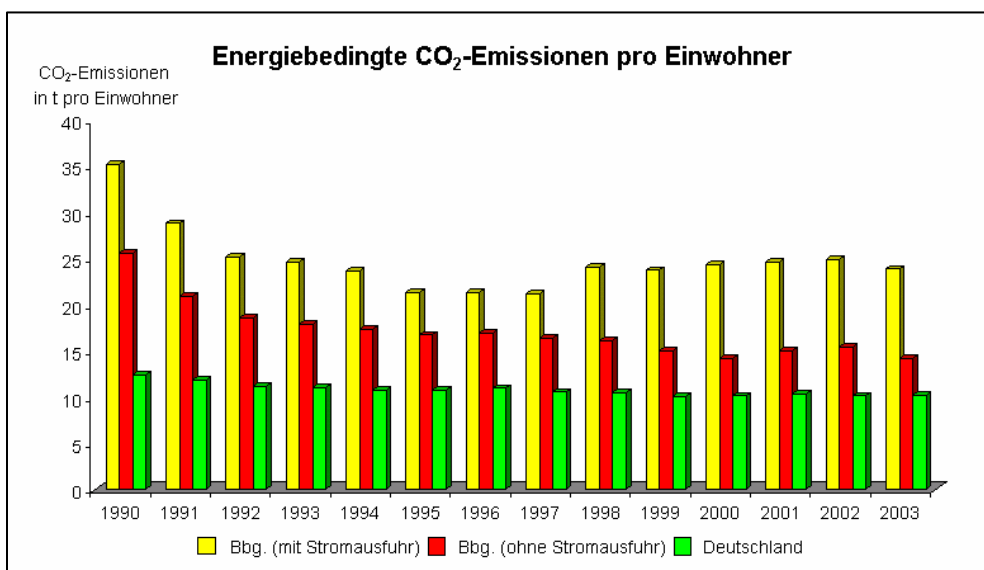
Quelle: LDS Brandenburg/LUA Brandenburg

Abb. 2.1.5: Energiebedingte CO₂-Emissionen nach Energieträgern

2.1.6 Energiebedingte CO₂-Emissionen pro Einwohner

Dieser Umweltindikator dient vorrangig dem Vergleich im bundesweiten Maßstab. Mit dem Anstieg der CO₂-Emission ab 1998 nahm zugleich die CO₂-Pro-Kopf-Emission zu.

Die Höhe der Stromausfuhren aus dem Land Brandenburg, die den brandenburgischen Verbrauch deutlich übersteigen, beeinflusst in erheblichem Maße die jährliche Pro-Kopf-Emission. Im Jahr 2003 betrug die Pro-Kopf-Emission Brandenburgs 23,9 t CO₂. Unter Abzug des beträchtlichen Exportanteils an Strom und der damit verbundenen Emissionen liegt das Land Brandenburg mit 14,1 t CO₂ je Einwohner ebenfalls noch deutlich über dem Bundesdurchschnitt (10,2 t CO₂ je Einwohner).



Quelle: LDS Brandenburg/LUA Brandenburg

Abb.2.1.6: Energiebedingte CO₂-Emissionen pro Einwohner

Zusammenfassung 2.1 - Treibhausgasemissionen

- Die Minderung der CO₂-Emissionen stellt das entscheidende Kriterium zur Begrenzung des anthropogenen Treibhauseffektes dar.
- Das landespolitische Ziel, die CO₂-Emissionen bis zum Jahr 2010 auf 53 Mio. t zu senken, ist noch nicht gesichert. Der Fehlbetrag liegt derzeit bei ca. 8 Mio. Tonnen bzw. 15 %.

2.2 Energieverbrauchsentwicklung und Energieproduktivität

Energieversorgung und -verbrauch sind das zentrale Handlungsfeld für den Klimaschutz, denn unmittelbar an den Verbrauch fossiler Energieträger ist die Entwicklung des Hauptanteiles der Treibhausgasemissionen gebunden. Über 80 % der freigesetzten Treibhausgase sind energiebedingte Emissionen aus der Energiegewinnung, der Industrie, dem Verkehr und anderen Bereichen. Mit einem Anteil von 75 % verursacht die Energiegewinnung, der sogenannte Umwandlungsbereich, den größten Anteil an den CO₂-Emissionen. Die Landesregierung hat mit dem „Integrierten Verkehrskonzept“ und der „Energiestrategie 2010“ zwei wesentliche Instrumente geschaffen, deren Umsetzung zur Verbesserung des Klimaschutzes beitragen soll.

Mit der „Energiestrategie 2010“ [16] des Landes Brandenburg wurde im Jahr 2002 das Energiekonzept aus dem Jahre 1996 [17] fortgeschrieben. Es wurden u.a. folgende energiepolitische Zielstellungen formuliert:

- der Anteil der erneuerbaren Energien am Primärenergieverbrauch soll auf 5 % ansteigen,
- die energiebedingten CO₂-Emissionen sollen auf 53 Mio. t gesenkt werden,
- umweltverträgliche und effiziente Bereitstellung und Nutzung von Energie,
- Verbesserung der ökonomischen und sozialen Lebensgrundlagen und Verwirklichung des Prinzips der nachhaltigen Entwicklung durch Energieeinsparung, rationelle Energienutzung sowie Nutzung erneuerbarer Energiequellen,
- zuverlässiges und kostengünstiges Energieangebot bei Gewährleistung einer ausgewogenen regionalen und kommunalen Energieversorgungsstruktur sowie der Sicherung der subventionsfreien Braunkohlenutzung,
- Sicherung des Wirtschaftsstandortes Brandenburg mit Arbeitsplatzsicherung und Wertschöpfung für das Land,
- Ausbau der energetischen Nutzung der Biomasse in strukturschwachen ländlichen Regionen und Nutzung der ökologischen und ressourcenschonenden Kreislaufwirtschaft.

Die Strukturänderung im Bereich der brandenburgischen Stromwirtschaft wurde im wesentlichen mit der vollen Produktionsaufnahme des Kraftwerkes Schwarze Pumpe im Jahr 1998 abgeschlossen. Die spezifische CO₂-Emission pro erzeugter Kilowattstunde (kWh) Strom hat sich durch den Umstrukturierungsprozess und die zunehmende Nutzung erneuerbarer Energien im Landesdurchschnitt von 1,26 kg CO₂/kWh im Jahr 1991 auf 0,95 kg CO₂/kWh im Jahr 2003 erheblich verbessert. Innerhalb dieser Struktur sind die Großkraftwerke Jämschwalde und Schwarze Pumpe als Grundlast-Kraftwerke mit 84 % der gesamten Stromerzeugung bestimmend. Mit 1,05 kg CO₂/kWh Strom lag im Jahr 2003 deren Emission aufgrund des 94 %-igen Anteils von Braunkohle deutlich über dem ausgewiesenen Landesdurchschnitt.

Wettbewerbsfähigkeit und Umweltverträglichkeit der Stromerzeugung hängen in großem Maße von fortschrittlichen Technologien ab. Dazu muss die Effizienz der Verstromung heimischer Braunkohle weiterhin durch technische Innovationen gesteigert werden. Dies gewann mit der Einführung des Emissionshandels am 1.1.2005 noch zusätzliche Bedeutung. Der Energiekonzern Vattenfall sucht nach neuen Wegen, CO₂-Emissionen zu vermeiden. Im Mai 2005 kündigte das Unternehmen den Bau einer braunkohlebefeuerten Pilot-Energieanlage an, bei der das bei der Verbrennung entstehende CO₂ abgespalten und anschließend in einem stillgelegten Erdgasspeicher deponiert werden soll. Es bleibt abzuwarten, wie sich die Entwicklungsergebnisse in Richtung CO₂-freies Kraftwerk gestalten, insbesondere auch aus der Sicht des deutlichen erhöhten Eigenbedarfs an Energie, der zu einer erheblichen Senkung des Kraftwerkswirkungsgrades führt.

Indikatoren und Datenreihen:

Zur Ableitung von Handlungsmöglichkeiten und Handlungsempfehlungen ist es notwendig, Indikatoren zu bilden, die die bisherige Entwicklung reflektieren und die bereits unternommenen Anstrengungen widerspiegeln.

Indikatoren zur Entwicklung des Energieverbrauchs sind:

1. Entwicklung des Primärenergieverbrauchs nach Sektoren,
2. Entwicklung des Endenergieverbrauchs nach Verbrauchssektoren,
3. Entwicklung des Endenergieverbrauchs der Industrie,
4. Entwicklung des Endenergieverbrauchs im Sektor Haushalte und Kleinverbraucher,
5. Entwicklung der Energieproduktivität für Deutschland und Brandenburg.

Ziel- und Vergleichsgröße

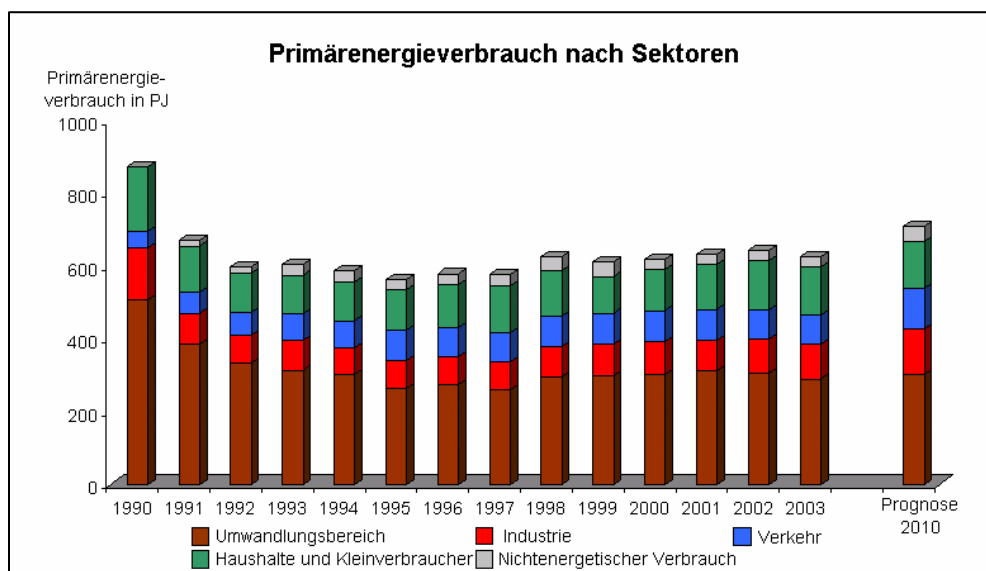
Die Energiestrategie 2010 gibt diesbezüglich keine konkreten Zielstellungen. Die nationale Nachhaltigkeitsstrategie verfolgt das Ziel bis zum Jahr 2020, die Energieproduktivität im Zeitraum 1990 – 2020 zu verdoppeln [18].

2.2.1 Primärenergieverbrauch nach Sektoren

Die Entwicklung der Treibhausgase ist eng an die Entwicklung des Primärenergieverbrauchs gekoppelt. Der sparsame Umgang mit fossilen Energieträgern wie Kohle, Erdöl und Erdgas leistet neben der Senkung des Endenergieverbrauchs (Energieeinsparung) und Steigerung der Energieeffizienz (Energieausnutzung) den wichtigsten Beitrag zum Klimaschutz.

Der Primärenergieverbrauch in Brandenburg zeigte einen wechselhaften Verlauf in den 1990er Jahren und bewegte sich zwischen 2000 und 2003 in einem Bereich zwischen 618 und 643 PJ². Die Hauptursache ist neben einem steigenden Inlandsbedarf ein nach wie vor hoher Anteil an Endenergieträgern, der für andere Bundesländer produziert wird. Mehr als die Hälfte der produzierten Energieträger, das waren im Jahr 2003 rund 375 PJ, wurde aus Brandenburg ausgeführt. Diese Energieträger verursachen anteilmäßig produktionsbedingte Energieaufwendungen, die dem Energieverbrauch des Erzeugerlandes Brandenburg zuzurechnen sind. Nach bisheriger Einschätzung in [15] wird bei der unterstellten wirtschaftlichen Entwicklung – auch unter der Bedingung sinkender spezifischer Energieverbräuche – im Jahr 2010 ein Primärenergieverbrauch in Höhe von 709 PJ erwartet. Diese Größenordnung ist für die Landesregierung eine Orientierung bei der Umsetzung der Zielstellung, 5 % davon durch erneuerbare Energien zu decken.

Der Sektor mit dem größten Energieverbrauch im Land ist der Umwandlungsbereich (Kraftwerke, Heizwerke, Brikettfabriken, Raffinerien).



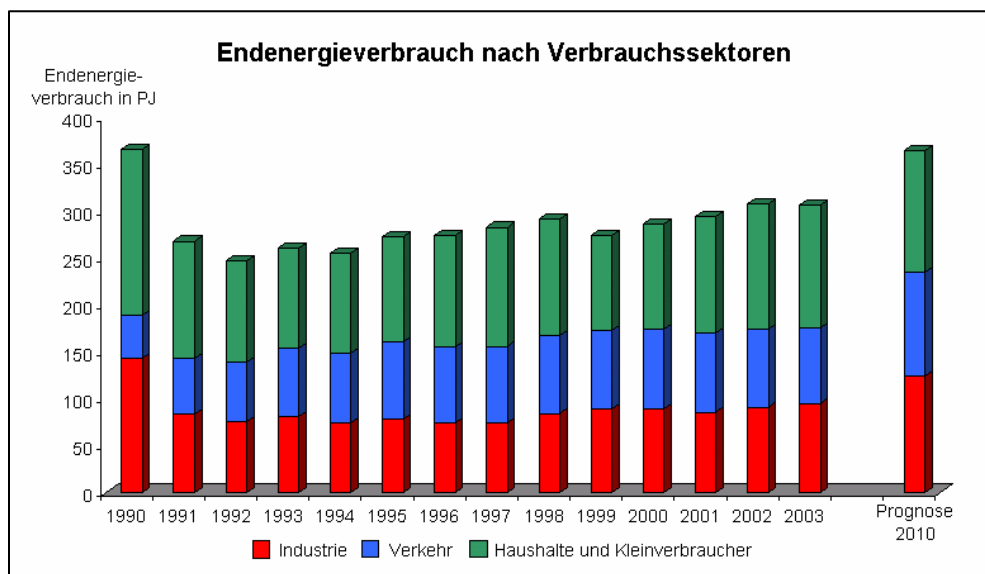
Quelle: LDS Brandenburg/LUA Brandenburg

Abb. 2.2.1: Primärenergieverbrauch nach Sektoren

² 1 PJ (Petajoule) entspricht 278.000 MWh (Megawattstunden) oder 278 Mio. kWh (Kilowattstunden)

2.2.2 Endenergieverbrauch nach Verbrauchssektoren

Die Bezeichnung Endenergieverbrauch bezieht sich gebräuchlicher Weise auf den Energieverbrauch der in der Energiebilanz aufgeführten Verbrauchssektoren Industrie (Gewinnung von Steinen und Erden, sonstiger Bergbau und Verarbeitendes Gewerbe), Verkehr sowie Haushalte und Kleinverbraucher. Bei speziellen Untersuchungen sind darüber hinaus die Eigenverbräuche der Kraftwerke bei der Produktion der Endenergieträger sowie die Fackel- und Leitungsverluste zu berücksichtigen. Ebenso unberücksichtigt bleiben die in der chemischen Industrie nicht energetisch genutzten Endenergieträger für die Herstellung von Bitumen, Lösungsmittel u.a.m. Der Energieverbrauch der einzelnen Verbrauchssektoren ist in der Abbildung 2.2.2 ausgewiesen.



Quelle: LDS Brandenburg/LUA Brandenburg

Abb. 2.2.2: Endenergieverbrauch nach Verbrauchssektoren

Die Entwicklung des Endenergieverbrauches trägt den grundlegenden Veränderungen innerhalb der einzelnen Verbrauchssektoren Rechnung. So sind vor allem für die Industrie ein tiefgreifender Strukturwandel, für den Verkehr ein hohes Straßentransportaufkommen sowie ein hoher Sättigungsgrad an privaten Kfz und für den Sektor Haushalte und Kleinverbraucher eine spürbare Verbesserung der Wohnbedingungen, ein erheblicher Anstieg an Handwerksbetrieben und Gewerbetreibenden sowie ein hoher technischer Ausstattungsgrad charakteristisch. Die Auswirkungen auf den Energiebedarf und Energieträgermix sind in 2.2.3, 2.2.4 und 2.4.4 bis 2.4.6 detaillierter dargestellt. Die Prognose für 2010 basiert auf dem Gutachten zur Fortschreibung des Energiekonzeptes des Landes Brandenburg [15].

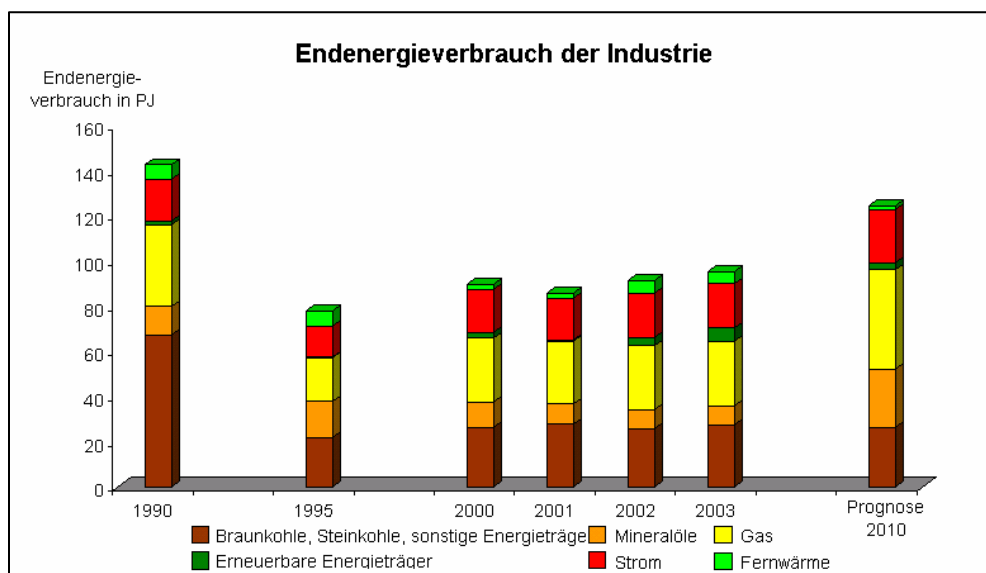
2.2.3 Endenergieverbrauch der Industrie

Der Endenergieverbrauch der Industrie ist im Zeitraum 1990 bis 2003 um 33 % zurückgegangen. Allerdings ist seit dem Erreichen der Talsohle im Jahr 1994 (74,5 PJ) wieder ein Zuwachs um 28 % zu verzeichnen. Mehr als 80 % der bereitgestellten Energieträger nehmen die Industriezweige der Vorleistungsgüterproduktion (ohne Energiegewinnungs- und Umwandlungsbereiche) in Anspruch, zu denen die Metallerzeugung und -verarbeitung sowie die Herstellung von Metallerzeugnissen, das Glasgewerbe/Keramik, die Verarbeitung von Steinen und Erden, die chemische Industrie, das Papiergewerbe u.a. gehören. Die Entwicklung des Energieverbrauches wird maßgeblich durch Veränderungen beim Energieträgermix geprägt, von denen vor allem die emissionsintensiven Energieträger Braunkohle und Braunkohleprodukte betroffen waren. Laut Prognose in [15] wird bis zum Jahr 2010 ein Energieverbrauch in Höhe von 124,5 PJ erwartet.

1995 und 1996 hatten sich 19 Wirtschaftsverbände auf Bundesebene verpflichtet, ihre spezifischen CO₂-Emissionen bzw. den spezifischen Energieverbrauch bis zum Jahr 2005 freiwillig um 20 % gegenüber 1990 zu senken. Unter Berücksichtigung der internationalen Verpflichtungen erwiesen sich die beschlossenen und bereits zu einem großen Teil umgesetzten Maßnahmen als nicht ausreichend.

Die Wirtschaftsverbände sagten Ende des Jahres 2000 gegenüber der Bundesregierung zu, durch zusätzliche Anstrengungen bis zum Jahr 2005 die spezifischen CO₂-Emissionen um 28 % gegenüber 1990 zu verringern und bis 2012 eine spezifische Minderung aller sechs im Protokoll der 2. Klimarahmenkonferenz von Kyoto genannten Treibhausgase um 35 % erreichen zu wollen [19]. Die Vereinbarung zwischen der Bundesregierung und der Energiewirtschaft im Juni 2001 zur Förderung von Strom aus KWK sollte dabei eine maßgebliche Grundlage für die erforderliche Senkung von 23 Mio. t CO₂ (bis zum Jahr 2012) bilden. Im Gegenzug verzichtete die Bundesregierung auf ordnungsrechtliche Instrumente außerhalb ihrer Verpflichtungen im Rahmen der Europäischen Union. Diese Selbstverpflichtung der deutschen Industrie gilt auch für die Unternehmen in Brandenburg und Berlin.

Die Entwicklung des industriellen Energieverbrauches ist in Brandenburg durch Effizienzsteigerung gekennzeichnet, allerdings nach den bisherigen Umstrukturierungsprozessen nur noch in abgeschwächter Form. Die Rahmenzielstellungen sehen vor, dass sich die Bruttowertschöpfung im Zeitraum 2000/2020 mindestens verdoppelt, der Energieverbrauch jedoch mit einem Zuwachs von höchstens 85 % langsamer ansteigt. Die Steigerung des Energieverbrauchs findet in allen Branchen statt. Die Metallherzeugung und -verarbeitung sowie die Glas- und Keramikindustrie gehören zu den besonders Energie nachfragenden Branchen und leisten einen maßgeblichen Beitrag an der Bruttowertschöpfung. Die Prognose für 2010 basiert auf dem Gutachten zur Fortschreibung des Energiekonzeptes des Landes Brandenburg [15].



Quelle: LDS Brandenburg/LUA Brandenburg

Abb. 2.2.3: Endenergieverbrauch der Industrie

Die Erfassung und Bewertung der nicht aus dem Verbrauch von Energieträgern entstehenden Treibhausgase ist mangels anlagen- bzw. technologiebezogener Kennwerte noch sehr lückenhaft. Diese Erfassung erfolgt auf der Grundlage der Elften Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (Emissionserklärungsverordnung – 11. BImSchV), in der Fassung vom 29.04.2004 mit Beginn des Jahres 2004 alle drei Jahre. In den Emissionserklärungen erfolgt keine Differenzierung zwischen energiebedingten und nichtenergiebedingten Emissionen, so dass eine Bewertung erschwert wird. Bestehende Kennwerte geben die Emissionen in Abhängigkeit von der Produktmenge an.

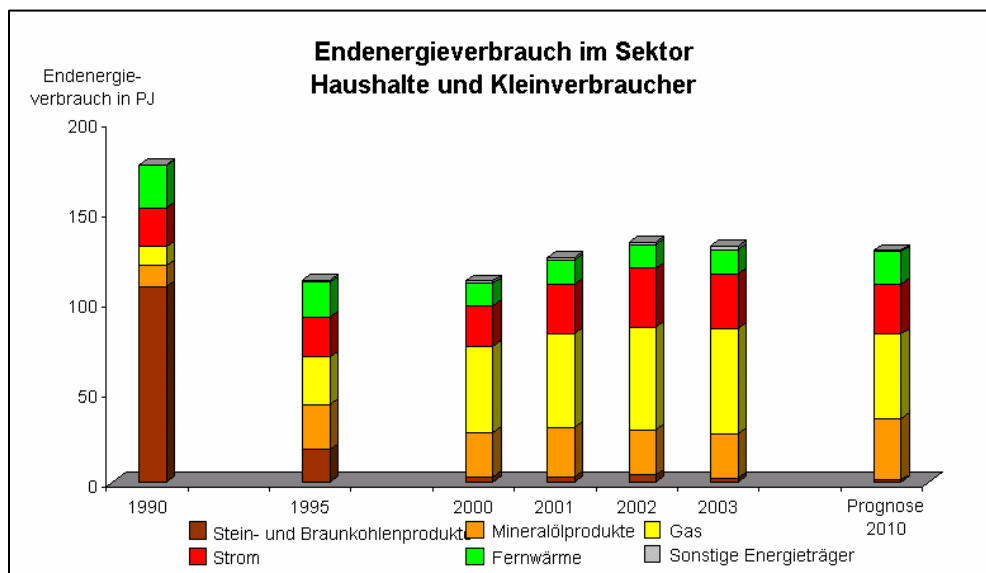
2.2.4 Endenergieverbrauch im Sektor Haushalte und Kleinverbraucher

Die Haushalte bilden mit den Kleinverbrauchern in der Energiebilanz des Landes Brandenburg eine Abrechnungseinheit. Kleinverbraucher in diesem Sinne sind z.B. landwirtschaftliche Betriebe, Gewerbetreibende, Dienstleistungseinrichtungen, öffentliche Einrichtungen. Die getrennte Ausweisung von Energieverbräuchen ist nur bei leitungsgebundenen Energieträgern (Erdgas, Strom, Fernwärme) möglich. Die Absätze von Kohleprodukten u.a. festen Brennstoffen, Heizöl und Flüssiggas über den Brennstoffhandel sind nicht eindeutig einer bestimmten Verbrauchergruppe zuzuordnen.

Im Jahr 2003 beanspruchte dieser Sektor mit 43 % den größten Anteil an Endenergie (131,5 PJ). Aus Abbildung 2.2.4 ist ersichtlich, dass sich der Energieträgermix erheblich zu Gunsten der emissionsärmeren Energieträger Erdgas und Heizöl verändert hat. Vor allem Braunkohleprodukte sind im Verbrauch bedeutungslos geworden und haben dadurch ihre Rolle bei der Minderung der CO₂-Emissionen verloren.

Die Fernwärmeerzeugung hat sich im Zeitraum 1990 – 2003 von 30,6 PJ um mehr als ein Drittel auf 18,9 PJ verringert. Haushalte und Kleinverbraucher haben daran einen Anteil von 13,4 PJ bzw. 70 %. Wesentliche Ursachen für die zurückgehende Fernwärmenutzung liegen in der Erneuerung von Erzeugungs- und -fortleitungseinrichtungen mit der Verringerung von Verlusten und der Modernisierung fernwärmeversorgter Wohnungen und öffentlicher Einrichtungen, verbunden mit einem erhöhten Wärmeschutz an den Gebäuden und der Erneuerung von Wärmeverteilungseinrichtungen. Erhebliche Senkungspotenziale beinhalten die Stadtumbauten, die auf Grund des hohen Wohnungsbestandes bereits zum Abriss ganzer Wohnviertel führten. Des Weiteren spielten die ungünstigen wirtschaftlichen Verhältnisse beim dezentralen Ausbau der gekoppelten Strom- und Wärmeproduktion eine entscheidende Rolle. Hieraus resultiert teilweise das überdurchschnittliche Preisniveau im Wärmebereich. Die Landesregierung war bisher bestrebt einen hohen Fernwärmeversorgungsgrad zu erhalten und förderte insbesondere in den 1990er Jahren entsprechende Konzepte und Studien sowie deren Umsetzung.

Lt. Prognose in [15] könnte sich der Energieverbrauch im Jahr 2010 bei 130 PJ bewegen. Gut 60 % entfallen auf die Haushalte. Der spezifische Wärmebedarf der Gebäude wird weiter sinken. Insbesondere im Bereich der Ein- und Zweifamilienhäuser, die etwa 70 % des Energieverbrauchs im Sektor Haushalte beanspruchen, ist durch weitere zielgerichtete Informations- und Kommunikationsmaßnahmen die Motivation zu energiekosten sparenden und emissionsmindernden Investitionen zu stärken. Der Strombedarf der Haushalte hat auf Grund weiter wachsender Ausstattung mit elektrischen Geräten, Kommunikationstechnik und Haushaltselektronik trotz sinkender spezifischer Energieverbräuche bereits heute den Wert für 2010 erreicht. Die Steigerung des Stromverbrauchs von 2000 auf 2003 beträgt 34 %, die des gesamten Endenergieverbrauchs beträgt im gleichen Zeitraum 17,5 %.



Quelle: LDS Brandenburg/LUA Brandenburg

Abb. 2.2.4: Endenergieverbrauch im Sektor Haushalte und Kleinverbraucher

2.2.5 Energieproduktivität für Deutschland und Brandenburg

Grundanliegen einer nachhaltigen Energiepolitik ist, mit immer weniger Energieverbrauch immer mehr Produkte zu erzeugen und Dienstleistungen zu erbringen. Ein Maß hierfür ist die Energieproduktivität. In der Abbildung 2.2.5.1 ist diese Entwicklung für den Zeitraum 1991 – 2003 im Vergleich zum gesamtdeutschen Durchschnitt dargestellt. Trotz der Steigerung der Energieproduktivität im Zeitraum von 1991 – 2003 um über 70 % ist der bundesdeutsche Durchschnitt doppelt so hoch wie die

Energieproduktivität Brandenburgs. Die Abbildung verdeutlicht darüber hinaus, dass in der Gesamtrendenz in Brandenburg und in Deutschland eine Stagnation eingetreten ist.

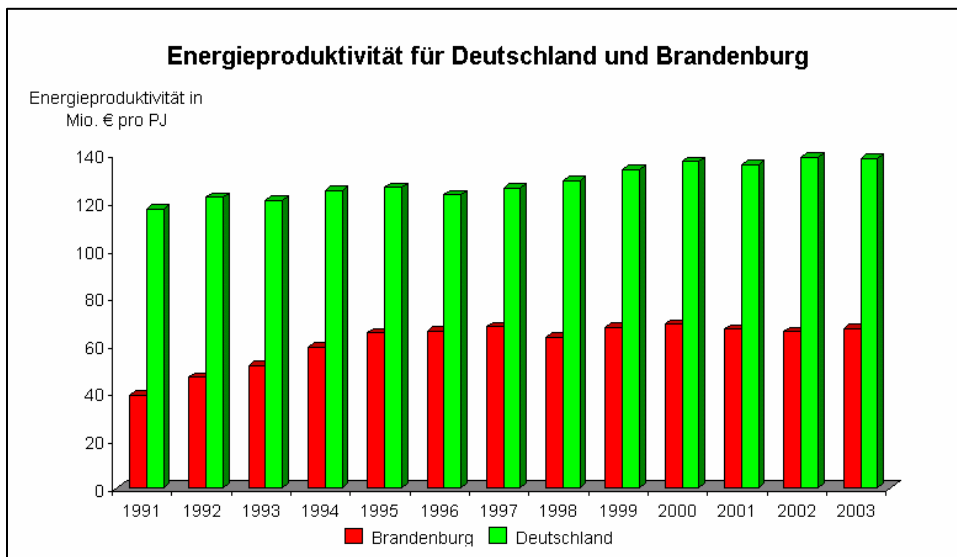


Abb. 2.2.5.1: Energieproduktivität für Deutschland und Brandenburg

Zwar hat sich der Energieverbrauch von der Entwicklung des Bruttoinlandsproduktes (BIP) abgekoppelt, jedoch verlaufen die Entwicklung des BIP und des exportbereinigten Primärenergieverbrauches nicht immer in dieselbe Richtung, sondern überwiegend entgegengesetzt. In Abbildung 2.2.5.2 sind die Entwicklungen jeweils gegenüber dem Vorjahr dargestellt. Die Jahre 1994 bis 1997 weisen noch die gewünschten Entwicklungen auf. Seit 2001 sinkt der Primärenergieverbrauch ab und zeitgleich verringert sich die negative Entwicklung des BIP. In den kommenden Jahren könnte es, bei Fortschreibung der Tendenzen, wieder zu positiven Gesamtergebnissen kommen. Diese Entwicklungen können in den einzelnen Jahresscheiben nicht ohne eingehendere wirtschaftswissenschaftliche Untersuchungen schlüssig begründet werden. Kühle Witterung, verbunden mit erhöhtem Energieverbrauch, als ein mögliches Argument kommt nur für das Jahr 2001 in Betracht. Diese Entwicklungen Brandenburgs laufen nicht mit der gesamtdeutschen Entwicklung konform. Entsprechend der Nationalen Nachhaltigkeitsstrategie der Bundesregierung soll sich die Energieproduktivität bis zum Jahr 2020 gegenüber 1990 verdoppeln.

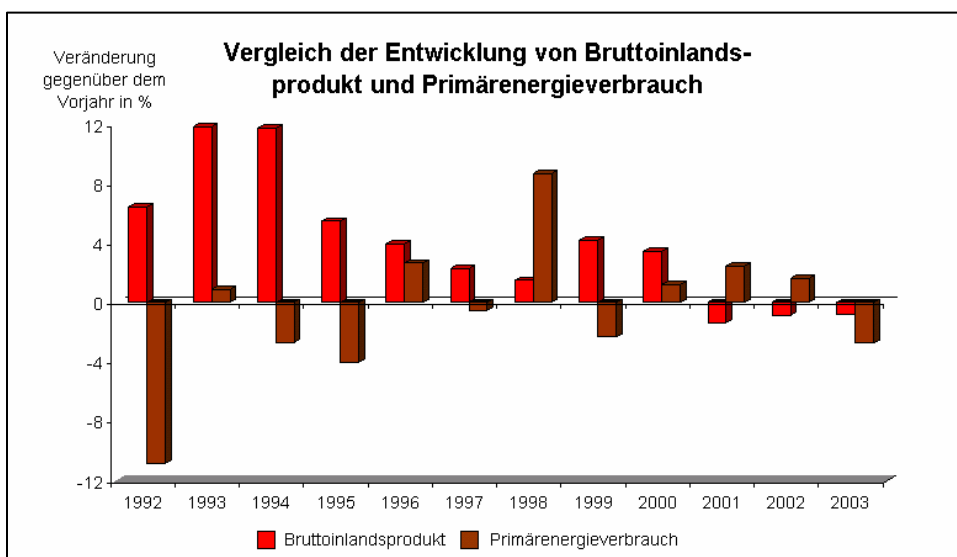


Abb. 2.2.5.2: Vergleich der Entwicklung von Bruttoinlandsprodukt und Primärenergieverbrauch

Zusammenfassung 2.2 - Energieverbrauchsentwicklung

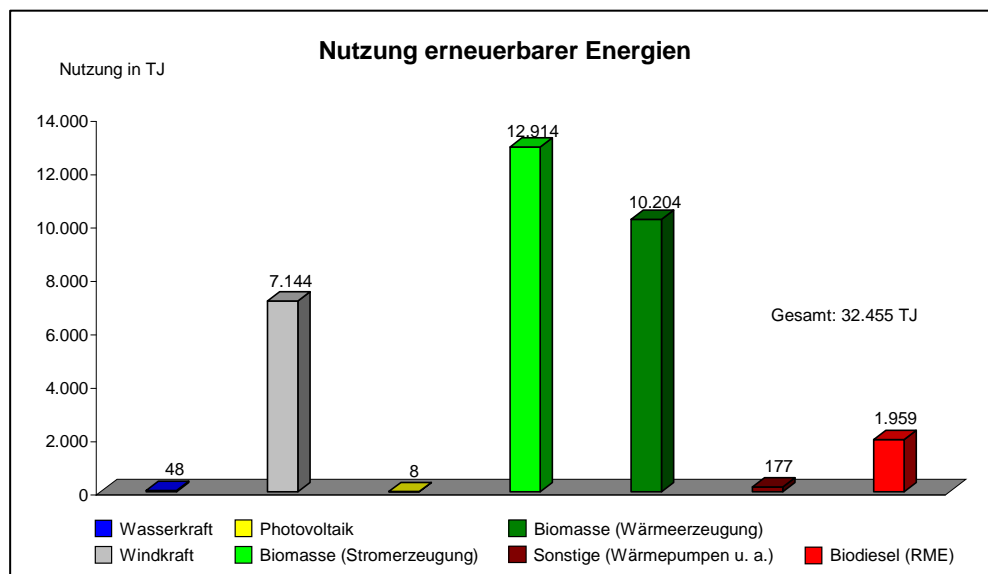
- Der Primärenergieverbrauch ist in der Gesamttendenz weiter steigend. Die Sektoren Industrie und Haushalte/Kleinverbraucher sind die Motoren beim Endenergieverbrauchsanstieg. Einzig der Verkehrssektor hat entgegen allen Prognosen eine positive Entwicklung genommen.
- Der Anstieg im Bereich Primärenergieverbrauch ist speziell dem Umwandlungsbereich und der damit einhergehenden Braunkohlenutzung zuzuschreiben. Die Dominanz dieses Energieträgers bestimmt weiterhin die Entwicklung des Energieverbrauchs und der CO₂-Emissionen. Der notwendige Energieträgerwechsel zu emissionsärmeren Energieträgern findet nur partiell statt.
- Die Haushalte und Kleinverbraucher haben ebenfalls einen Verbrauchsanstieg zu verzeichnen. Hier sind besondere Anstrengungen notwendig.

2.3. Emissionshandel und Nutzung erneuerbarer Energien

Die Versorgung der Menschen mit Wärme, Strom und Kraftstoffen kann nicht mehr wie bisher nur mit den traditionellen Rezepten sichergestellt werden. Damit die Energieversorgung nachhaltig wird, muss sie bestimmten Kriterien gerecht werden: Klimaverträglichkeit, Ressourcenschonung, Risikoarmut, Sozialverträglichkeit und gesellschaftliche Akzeptanz. Gleichzeitig soll sie auch Innovationsimpulse vermitteln sowie zur Schaffung zukunftssträchtiger Arbeitsplätze beitragen.

In zahlreichen weltweiten und regionalen Studien und Analysen wird den erneuerbaren Energien zugetraut, diese Forderungen erfüllen zu können.

In den zurückliegenden Jahren erfolgte ein rasanter Ausbau der Windkraftnutzung im Land Brandenburg. Ende 2005 waren 2.033 Anlagen mit einer installierten Leistung von 2.619,6 MW (Megawatt) errichtet [20]. Zukünftig soll der Schwerpunkt beim Ausbau der erneuerbaren Energien im Bereich der Biomassenutzung liegen.



Quelle: Landesumweltamt Brandenburg

Abb. 2.3: Nutzung erneuerbarer Energien im Land Brandenburg im Jahr 2003

Die anlagengenaue Quantifizierung der Beiträge der Solarenergie stellt sich sehr problematisch dar. Allein im Photovoltaikbereich sind verlässliche Daten verfügbar. So wurden beispielsweise im neuen KfW-Programm „Solarstrom Erzeugen“ im Jahr 2005 109 PV-Anlagen mit einer installierten Nennleistung von 898,6 kWp errichtet.

Durch den in Abbildung 2.3 dargestellten Einsatz erneuerbarer Energien wurden im Jahr 2003 über 3,5 Mio. t CO₂-Emissionen vermieden. Für das Jahr 2004 wird eine Einsparung von fast 5 Mio. t CO₂-Emissionen erwartet [20]. Darüber hinaus sollen mittels des Börsenindex für CO₂-Emissionsberechtigungen Rückschlüsse über einige kurz- und langfristige Brennstoffentwicklungen im Lande ermöglicht werden.

Indikatoren und Datenreihen

Es werden folgende Indikatoren und Datenreihen zur Beurteilung der Entwicklung für hilfreich erachtet:

1. Börsenindex zum Handel mit Kohlendioxid-Emissionsrechten,
2. Anteil erneuerbarer Energien am Primärenergieverbrauch,
3. Anteil erneuerbarer Energien an der Bruttostromerzeugung,
4. Anteil erneuerbarer Energien am Endenergieverbrauch von Strom,
5. Entwicklung von Biogasanlagen im Land Brandenburg,
6. Entwicklung von Klärgasanlagen im Land Brandenburg,
7. Entwicklung von Deponiegasanlagen im Land Brandenburg,
8. Entwicklung von Windkraftanlagen im Land Brandenburg.

Ziel- und Vergleichsgröße

In der Energiestrategie 2010 ist als Ziel genannt, bis zum Jahr 2010 5 % des Primärenergieverbrauchs durch erneuerbare Energien zu decken. Unter Zugrundelegung der Prognose von 709 PJ Primärenergieverbrauch im Jahr 2010 beträgt der anzustrebende Anteil erneuerbarer Energien 35,5 PJ. Das Land Brandenburg verfügt nach gegenwärtigem Erkenntnisstand über ein technisches Potenzial erneuerbarer Energien in Höhe von 221 PJ [21].

2.3.1 Börsenindex zum Handel mit Kohlendioxid-Emissionsrechten

Der Börsenindex ist kein landesspezifischer Indikator. Er kann aber Auskunft geben über einige kurz- und langfristige Entwicklungen im Land und zur Bewertung von Entwicklungen in anderen Indikatoren dienen.

Der Emissionshandel als Instrument zur kostengünstigen Emissionsminderung gehört zu den flexiblen Mechanismen, die im Kyoto-Protokoll zur Sicherung der Minderungsziele für Treibhausgasemissionen vorgesehen wurden und kann langfristig zur Steigerung der Energieeffizienz beitragen.

Für die Erreichung des in Kyoto vereinbarten Ziels, die Minderung der europäischen Emissionen bis zum Jahr 2012 gegenüber dem Jahr 1990 um 8 %, ist der Aufbau des Emissionshandels die wichtigste gemeinsame Klimaschutzmaßnahme der Europäischen Union. Über die Preisbildung für Kohlendioxid-Emissions-Zertifikate werden durch den Emissionshandel Anreize für Investitionen in Maßnahmen zur Emissionsminderung dort geschaffen, wo sie am kostengünstigsten zu realisieren sind. Am Anfang einer Handelsperiode wird den am Emissionshandel teilnehmenden Unternehmen unter Berücksichtigung der festgelegten Minderungsziele ein Emissionsbudget zugeteilt. Die Unternehmen können dann am Markt Emissionsberechtigungen verkaufen oder zukaufen, je nach dem, ob die Emissionsmengen die zugeteilten Emissionsberechtigungen unter- oder überschreiten. Ein Verkauf von nicht benötigten Emissionsberechtigungen kommt insbesondere im Ergebnis von Minderungsmaßnahmen in Betracht. Der Zukauf von Emissionsberechtigungen ist eine Option für den Fall, dass mögliche Minderungsmaßnahmen im Unternehmen teurer ausfallen würden.

Im Nationalen Allokationsplan 2005-2007 (Makro- und Mikroplan) wurde in Deutschland für die erste Zuteilungsperiode den 1.849 Anlagen, die am Emissionshandel teilnehmen jährlich ein Budget von 495 Mio. t CO₂ zugeteilt [22]. Die Anlagen der Energiewirtschaft haben erwartungsgemäß einen hohen Anteil an den Zuteilungsmengen. Auf 1.234 Anlagen der Energiewirtschaft (67 %) entfallen 1.170 Mio. Emissionsberechtigungen (79 %).

Die im Land Brandenburg am Emissionshandel teilnehmenden 76 Anlagen haben für die erste Handelsperiode 2005-2007 insgesamt Emissionsberechtigungen im Umfang von 160 Mio. t CO₂ zugeteilt bekommen. Das sind pro Jahr 53,3 Mio. t CO₂. Somit können mehr als 80 % der gesamten CO₂-Emissionen des Landes Brandenburg gehandelt werden. Die 76 teilnehmenden Kraftwerks- und Industrieanlagen stellen 4 % aller emissionshandelspflichtiger Anlagen in Deutschland dar und untergliedern sich in:

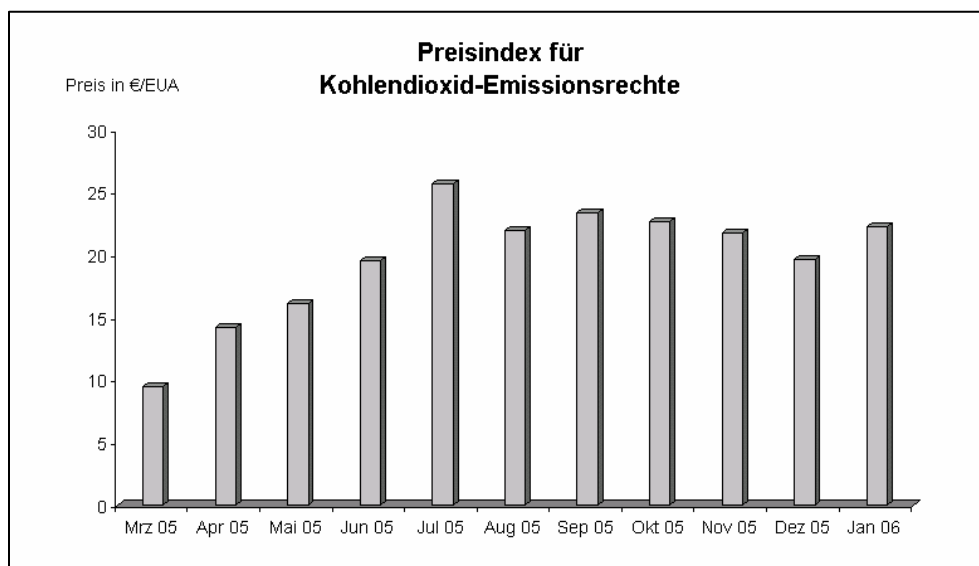
- 56 Anlagen aus dem Bereich Energieumwandlung und -umformung,
- 3 Anlagen aus dem Bereich Eisenmetallerzeugung und -verarbeitung,
- 16 Anlagen aus dem Bereich mineralverarbeitende Industrie,
- 1 Anlage zur Herstellung von Papier, Karton oder Pappe.

Der Brandenburger Anteil an der Zuteilungsmenge erreicht auf Grund der dominierenden Braunkohlekraftwerke 11 % bezogen auf alle Emissionsberechtigungen Deutschlands. In Summe entfallen auf die Länder Brandenburg und Berlin 188 Millionen Emissionsberechtigungen (13 %). Die 114 am Emissionshandel teilnehmenden Anlagen Berlin-Brandenburgs sind im Anhang 1 dargestellt. Das Kraftwerk Jänschwalde der Vattenfall Europe Generation AG & Co. KG ist nach dem Kraftwerk Niederaußem der RWE mit 77 Mio. Emissionsberechtigungen zweitgrößter Teilnehmer am Emissionshandel in Deutschland. Auf die Kraftwerke Schwarze Pumpe und Jänschwalde entfallen zusammen 73 % (117 Mio.) der Brandenburger Emissionsberechtigungen [22].

Für das Jahr 2005 müssen die Anlagenbetreiber in Deutschland bis Februar 2006 erstmals eine CO₂-Bilanz erstellen. Hierbei werden die betrieblichen Monitoringkonzepte und die zugeteilten Emissionsrechte erstmalig überprüft.

Anfang März 2005 begann an der Leipziger Strombörse EEX der Handel mit Kohlendioxid-Emissionsrechten. Der Preis entwickelte sich von 10 € (Euro) am Handelsstart auf über 28,60 € je Zertifikat im Monat Juli. In den letzten drei Monaten des Jahres pegelte sich der Handelspreis zwischen 21,- und 23,- € ein. Die Ursache für das hohe Preisniveau wird in den steigenden Öl- und Gaspreisen gesehen, die zu einem zunehmenden Kohleinsatz, verbunden mit erhöhten Emissionen an Kohlendioxid, führen.

Der Handel begann verhalten. So wurden in den ersten acht Handelswochen nur 145.000 Emissionsrechte (EUA) gehandelt. Im zweiten Quartal (11.6.-2.9.2005) betrug die Handelsmenge knapp über eine Million und im letzten Quartal (18.9.-11.1.2006) stieg die Handelsmenge auf über 1,6 Million. Dies entspricht einem durchschnittlichen Handelsvolumen von 22.152 EUA/Handelstag.



Quelle: Energieagentur NRW

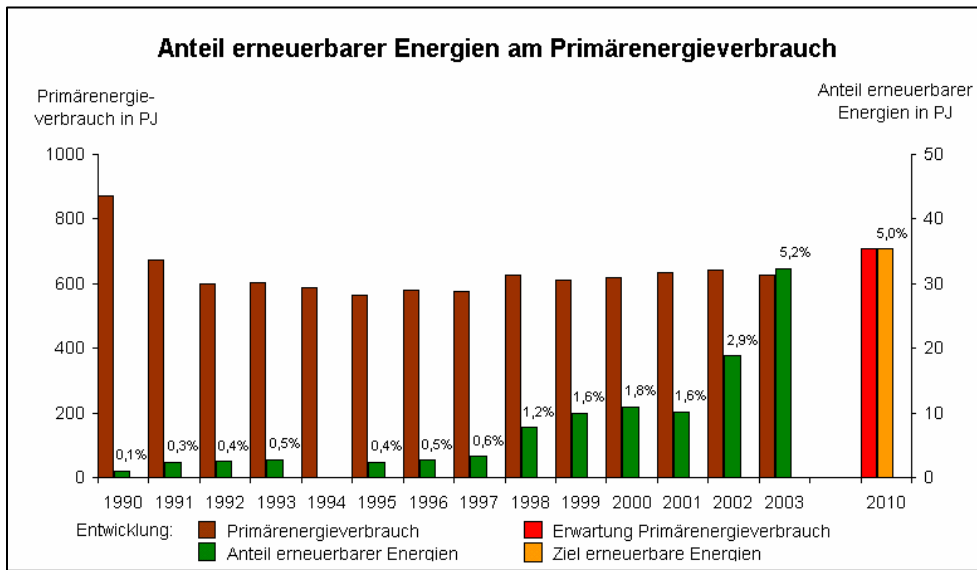
Abb. 2.3.1: Preisindex für Kohlendioxid-Emissionsrechte

2.3.2 Anteil erneuerbarer Energien am Primärenergieverbrauch

Der Anteil der erneuerbaren Energien am Primärenergieverbrauch betrug 2002 knapp 3 % und erreichte 2003 die 5%-Marke. Durch die Nutzung der erneuerbaren Energien werden im Land Brandenburg seit 2000 ca. zehn Millionen Tonnen CO₂-Emissionen vermieden. In Abbildung 2.3.2 sind die Entwicklung der Anteile erneuerbarer Energien am Primärenergieverbrauch sowie die Primärenergieverbrauchsentwicklung dargestellt.

Durch günstige Förderbedingungen, besonders durch das Erneuerbaren-Energien-Gesetz (EEG), konnten die Erträge aus erneuerbaren Energien im Zeitraum 1996 – 2003 verzehnfacht werden. Durch den weiteren Ausbau der erneuerbaren Energien besteht daher durchaus die Möglichkeit, die Zielstellung der brandenburgischen Energiestrategie, bis 2010 einen Anteil erneuerbarer Energien am Primärenergieverbrauch von 5 % zu erreichen und zu überbieten.

Erneuerbaren Energien können neue Innovationsimpulse vermitteln sowie zur Schaffung zukunftsträchtiger Arbeitsplätze beitragen.

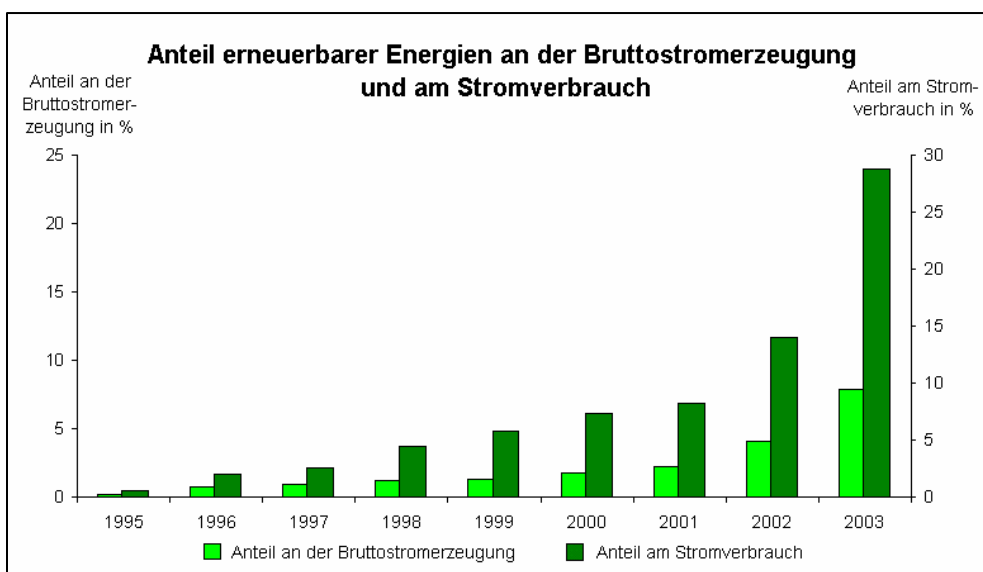


Quelle: LDS Brandenburg/LUA Brandenburg

Abb. 2.3.2: Anteil erneuerbarer Energien am Primärenergieverbrauch

2.3.3 Anteil erneuerbarer Energien an Bruttostromerzeugung und Stromverbrauch

Der Anteil einzelner erneuerbaren Energien an der Gesamtbilanz macht deutlich, dass ca. 2/3 des Gesamtbeitrages der Erneuerbaren auf die Stromproduktion entfallen. Wasserkraft, Windkraft, Photovoltaik sowie erhebliche Teile der Biomassenutzung dienen der Stromerzeugung. Die Abbildung 2.3.3 macht deutlich, dass die Anteile an der Bruttostromerzeugung (2003: 9,4 %) und am Endenergieverbrauch (2003: 28,7 %) kontinuierlich gestiegen sind. Die Differenz zwischen Bruttostromerzeugung und Endverbrauch ist durch die großen Exportmengen an Strom und die Übertragungsverluste zu erklären. In 2002 stammte ca. jede sechste Kilowattstunde Strom bei den Endverbrauchern bereits aus erneuerbaren Energien. In 2003 ist es bereits jede vierte Kilowattstunde.



Quelle: LUA Brandenburg

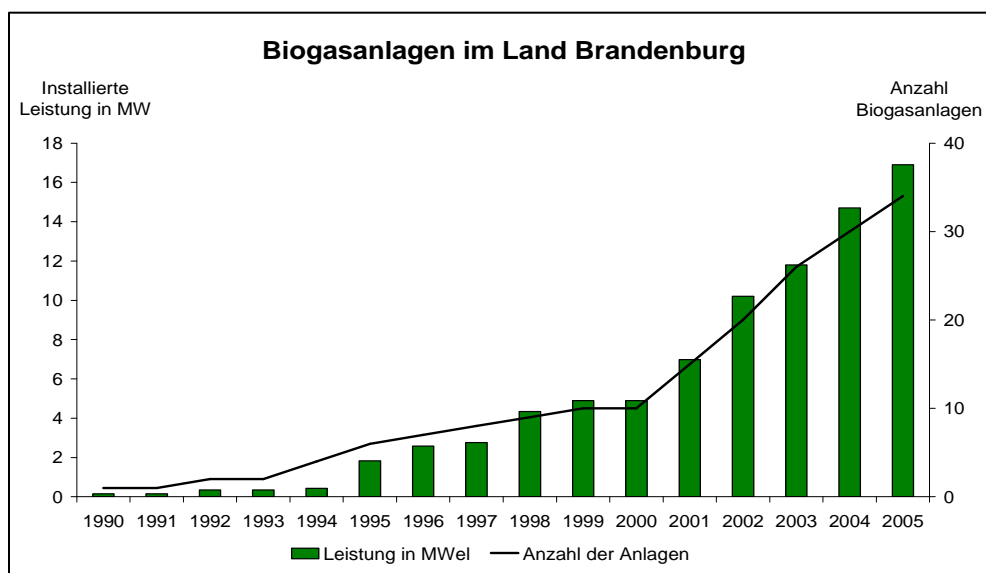
Abb. 2.3.3: Anteil erneuerbarer Energien an der Bruttostromerzeugung und am Stromverbrauch

2.3.4 Biogasanlagen im Land Brandenburg

Innerhalb der erneuerbaren Energien hat die Biomasse (Klärgas, Biogas, Deponiegas, nachwachsende Rohstoffe) in Brandenburg den größten Nutzungsanteil. Im Jahr 2003 wurden insgesamt 25,1 PJ in Form von Wärme und Strom sowie Kraftstoffen auf Basis Biomasse genutzt. Die Windenergie leistet demgegenüber im gleichen Jahr „nur“ 7,1 PJ.

Biomasse als Energieträger hat in der Region Brandenburg-Berlin ein erhebliches Potenzial. Sie hat den besonderen Vorteil gegenüber der Windenergie, dass der Energieträger gespeichert werden kann. Die Biomasse unterteilt sich im Wesentlichen in Festbrennstoffe wie Stroh und Restholz, pflanzliche Öle als Treibstoff und Biogasnutzung. Darüber hinaus können landwirtschaftlich erzeugte Rohstoffe herkömmliche Industrierohstoffe wie Farben, Faser und Schmierstoffe substituieren und somit einen Beitrag zur Einsparung fossiler Energieträger leisten. Welchen Umfang derartige stoffliche Ablösungen erreichen werden, kann derzeit nicht eingeschätzt werden. Ebenso ungeklärt ist, welcher Weg, die energetische oder die stoffliche Nutzung, den höheren Klimaschutzeffekt bringt.

In Brandenburg sind 34 Biogasanlagen mit einer installierten elektrischen Leistung in Höhe von rund 17 MW errichtet. Dabei ist grundsätzlich festzustellen, dass die Substitution fossiler Energieträger (Kohle, Erdöl, Erdgas) durch Biogas eine positive Ökobilanz aufweist, insbesondere dann, wenn bei der Energieumwandlung des Biogases in Blockheizkraftwerken die anfallende Wärme umfassend mit genutzt wird.



Quelle: LUA Brandenburg

Abb. 2.3.4: Biogasanlagen im Land Brandenburg

2.3.5 Klärgasanlagen im Land Brandenburg

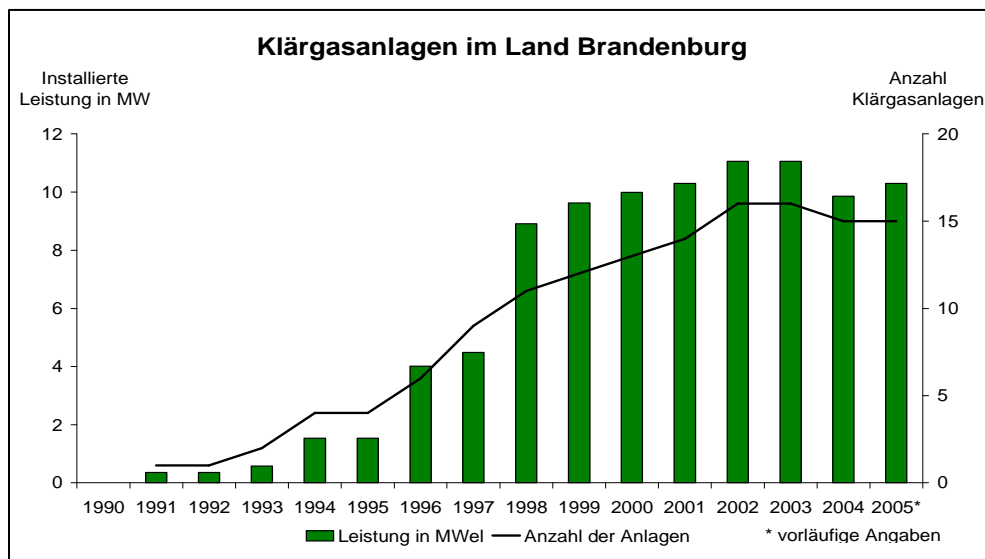
Die energetische Nutzung von Klärgas dient vor allem der Vermeidung von Emissionen klimaschädlicher Abgase (CH_4). Darüber hinaus werden durch die Produktion von Strom und Wärme Energieproduktion anderenorts substituiert und somit CO_2 -Emissionen vermieden (Abb. 2.3.5). Der Ausbau der Klärgasnutzung konnte anfänglich durch gezielte Landesförderung angesprochen und durch das EEG konsequent weiterentwickelt werden. Die Wirtschaftlichkeit derartiger Anlagen ist jedoch trotzdem nicht immer gegeben, so dass es nach 2002 zu negativen Entwicklungen kam.

2.3.6 Deponiegasanlagen im Land Brandenburg

Neben den Biogasanlagen, die speziell für die Zukunft der Landwirtschaft von Bedeutung sind, leisten aktuell die Deponiegasanlagen den höchsten Beitrag zum Klimaschutz innerhalb der gasgebundenen Energieerzeugung (Abb. 2.3.6).

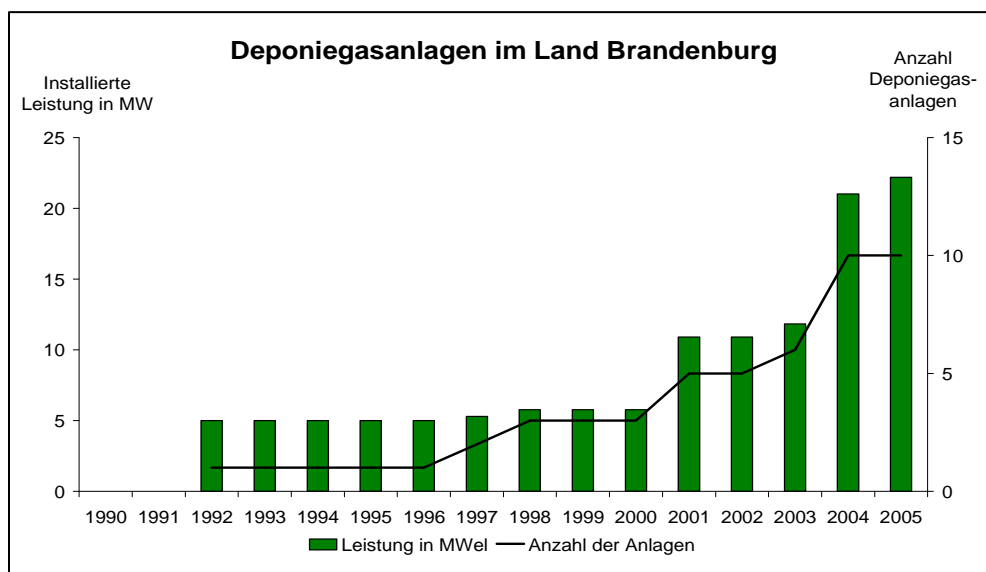
Die Fassung des Deponiegases und deren energetische Nutzung vermeidet klimaschädliche Emission und substituiert Strom- und Wärmeproduktion anderenorts. Der Schub in der Entwicklung der

Deponiegasnutzung fand durch die Regelungen des EEG statt. Ein Abklingen der Entwicklung ist erst mit der nachlassenden Ausgasung der Deponien und mit deren Schließung verbunden.



Quelle: LUA Brandenburg

Abb. 2.3.5: Klärgasanlagen im Land Brandenburg

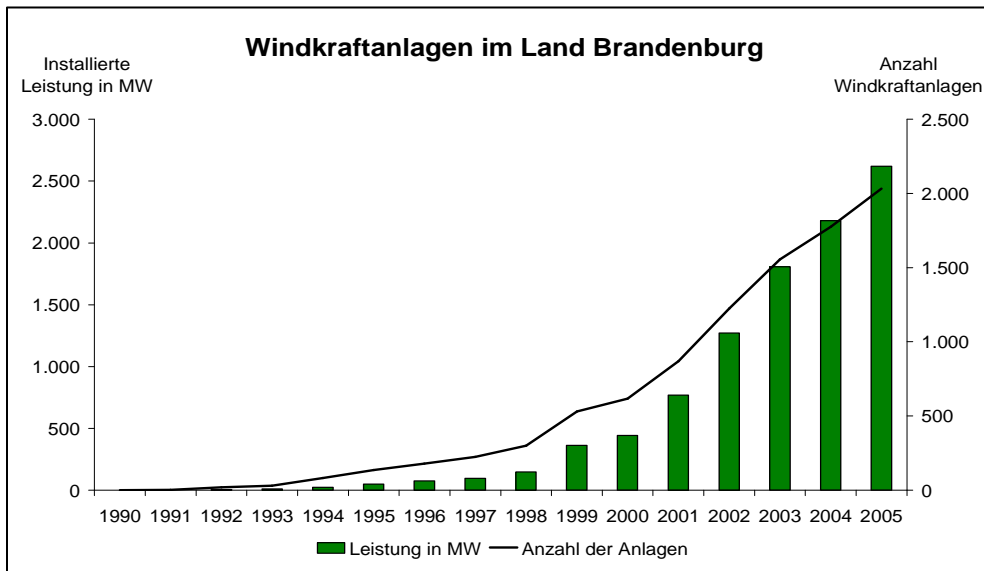


Quelle: LUA Brandenburg

Abb. 2.3.6: Deponiegasanlagen im Land Brandenburg

2.3.7 Windkraftanlagen im Land Brandenburg

In den zurückliegenden Jahren erfolgte ein rasanter Ausbau der Windkraftnutzung im Land Brandenburg. Ende 2005 waren 2.033 Anlagen mit einer installierten Leistung von 2.619,6 MW errichtet. Damit sind im Land Brandenburg fast 50 % des in ausgewiesenen Windeignungsgebieten vorhandenen Potenzials erreicht. Die Entwicklung ist in dieser Form nur schwer aufrecht zu erhalten, denn die Erschließung der weniger werdenden Windeignungsgebiete, die technischen Grenzen für Binnenlandanlagen und die Einbindungsrestriktionen von WKA ins Versorgungssystem sind drei wesentliche Hemmnisse (Abb. 2.3.7).



Quelle: LUA Brandenburg; Deutsches Windenergie-Institut

Abb. 2.3.7: Windkraftanlagen im Land Brandenburg

Zusammenfassung 2.3 – Emissionshandel und Erneuerbare Energien

- Der von der EU eingeführte Handel mit Emissionszertifikaten hat sich seit Öffnung der Handelsplätze stark entwickelt. Aufgrund der hohen Öl- und Gaspreise stieg auch der Zertifikatspreis auf über 20 Euro/Zertifikat. Dies führt aber bisher nicht zur gewünschten Steigerung der Energieeffizienz in den einzelnen Industriebetrieben, sondern kurzfristig zur verstärkten Nutzung des billigeren, aber emissionsreicheren Energieträgers Braunkohle.
- Der Anteil erneuerbarer Energien am Primärenergieverbrauch von 5,2 % zeigt, mit welchem Übergewicht die fossilen Energieträger den Energiemix primärenergieseitig dominieren. Beim Endenergieverbrauch an Strom stammt bereits jede vierte Kilowattstunde aus erneuerbaren Energien. Durch günstige Förderbedingungen, besonders durch das EEG, konnten die Erträge aus erneuerbaren Energien im Zeitraum 1996 bis 2003 verzehnfacht werden. Durch den weiteren Ausbau der erneuerbaren Energien besteht daher durchaus die Möglichkeit, die Zielstellung der brandenburgischen Energiestrategie, bis 2010 einen Anteil erneuerbarer Energien am Primärenergieverbrauch von 5 %, zu erreichen und zu überbieten. Dies wären nach gegenwärtigen Erwartungen mindestens 35 PJ. Durch die Nutzung erneuerbarer Energien werden seit 2003 im Land Brandenburg jährlich über 3,5 Mio. Tonnen CO₂-Emissionen vermieden. Den Schwerpunkt dabei bildet die Nutzung des erheblichen Biomassepotenzials in Brandenburg.

2.4 Verkehrswesen

„Das Verkehrssystem des Landes Brandenburg dient der Sicherung individueller Mobilität und der Optimierung der Standortbedingungen für die Entwicklung der Wirtschaft des Landes. Die dazu erforderlichen infrastrukturellen und betrieblichen Maßnahmen müssen zu einer nachhaltigen und umweltgerechten Entwicklung der Dörfer, Städte und Regionen des Landes beitragen.“ [23]

Mit dem Integrierten Verkehrskonzept (IVK) des Landes [24] sind die verkehrspolitischen Ziele festgelegt und erläutert worden. Das IVK wurde erstmals 1995 aufgestellt und im Jahr 2002 überarbeitet. Entsprechend dieser Zielstellungen gilt grundsätzlich die Prioritätenfolge: Verkehrsvermeidung vor Verkehrsverlagerung und Verkehrsintegration. Als Strategiekonzept der Langfristplanung im Schienenverkehr wurde das Bahnkonzept 2009 entwickelt, das das bisherige Zielnetz 2000 ablöst. Die neue Konzeption fußt auf dem Beschluss des Landtages vom 18.04.2002 und verfolgt einen komplexen bahnpolitischen Ansatz:

- Schwerpunkt Schienenpersonennahverkehr (SPNV) als Aufgabe des Landes,
- Definition der Interessen und Vorstellungen des Landes zum Schienenpersonenfernverkehr und zum Schienengüterverkehr [18].

Der hohe Energieverbrauch im Verkehrsbereich (26 % des Endenergieverbrauchs) und die territorial starke Belastung der Bevölkerung durch Lärm und Staub erfordern langfristig ein Verkehrssystem, welches deutlich geringere Umweltbelastungen verursacht.

Im Verbrauchssektor Verkehr dominiert mit rund 93 % des gesamten Kraftstoffabsatzes der Straßenverkehr. Untersuchungsergebnisse zur Verkehrsentwicklung im Land Brandenburg weisen aus, dass der tatsächliche Kraftstoffverbrauch über dem Kraftstoffabsatz liegt, da vor allem der durch den Transitverkehr und den Berlin-Umlandverkehr entstehende Verbrauch nicht mit entsprechenden Tankvorgängen im Land Brandenburg verbunden ist.

Zum Teil erhebliche Entfernungen zwischen Wohn- und Arbeitsort sowie der Zuwachs an Ein- und Zweifamilienhäusern, insbesondere außerhalb der Oberzentren Potsdam, Cottbus, Frankfurt/O. und Brandenburg a.d.H. sowie im engeren Verflechtungsraum um Berlin, erfordern eine hohe Mobilität der Einwohner und stellen eine große Herausforderung an eine ökologische Infrastruktur dar. Das Land Brandenburg wird als Flächenland und Bindeglied zu den osteuropäischen EU-Beitrittsländern auch in Zukunft mit einem überdurchschnittlich hohen Verkehrsaufkommen umgehen müssen. Eigene Strategien zur verkehrsbezogenen Energieeinsparung und CO₂-Reduktion könnten dabei hilfreich sein.

Indikatoren und Datenreihen

Zur Ableitung von Handlungsmöglichkeiten und Handlungsempfehlungen ist es notwendig, Indikatoren zu bilden, die die bisherige Entwicklung reflektieren und die bereits unternommenen Anstrengungen widerspiegeln. Der Prozess der Indikatorenbildung ist im Verkehrsbereich noch nicht abgeschlossen.

Zur Beurteilung der Entwicklungen im Verkehrssektor wird auf folgende Umweltindikatoren und Datenreihen zurückgegriffen:

1. Verkehrsleistung im öffentlichen Personennahverkehr,
2. Güterverkehrsleistung für Schienen-, Binnenschifffahrt- und Straßenverkehr,
3. Luftverkehr (Schönefeld, Tegel, Tempelhof),
4. Entwicklung des Energieverbrauchs im Verkehr nach Energieträgern,
5. Entwicklung des Energieverbrauchs im Verkehr nach Verkehrsträgern,
6. Entwicklung der CO₂-Emissionen im Verkehrsbereich.

Ziel- und Vergleichsgrößen

Der Verkehrssektor gehört zu den Verbrauchssektoren, die entwicklungsbedingt zu einem erhöhten Treibhausgasausstoß beitragen. Bleibt die bisherige Verbrauchsstruktur der Energieträger unverändert, und trifft die Prognose [15] zu, dann ist im Jahr 2010 mit einer CO₂-Emission in Höhe von 8 Mio. t zu rechnen. Durch verstärkten Einsatz von Erdgas und Bio-Kraftstoffen kann dieser Entwicklung entgegengewirkt werden. Mit der zielgerichteten Umsetzung des Integrierten Verkehrskonzeptes des Landes und weitergehender Maßnahmen besteht nach gegenwärtiger Einschätzung die Möglichkeit, bis zum Jahr 2010 1,0 bis 1,5 Mio. t CO₂ zu vermeiden [17].

Die nationale Nachhaltigkeitsstrategie verfolgt bis zum Jahr 2020 das Ziel, die Transportintensität des Güterverkehrs um 5 % gegenüber 1990 zu senken, die Güterverkehrsleistung der Schiene im Zeitraum 1997 – 2015 zu verdoppeln und die Güterverkehrsleistung der Binnenschifffahrt auf einen Anteil von 14,1 % der Gesamtleistung zu steigern [18].

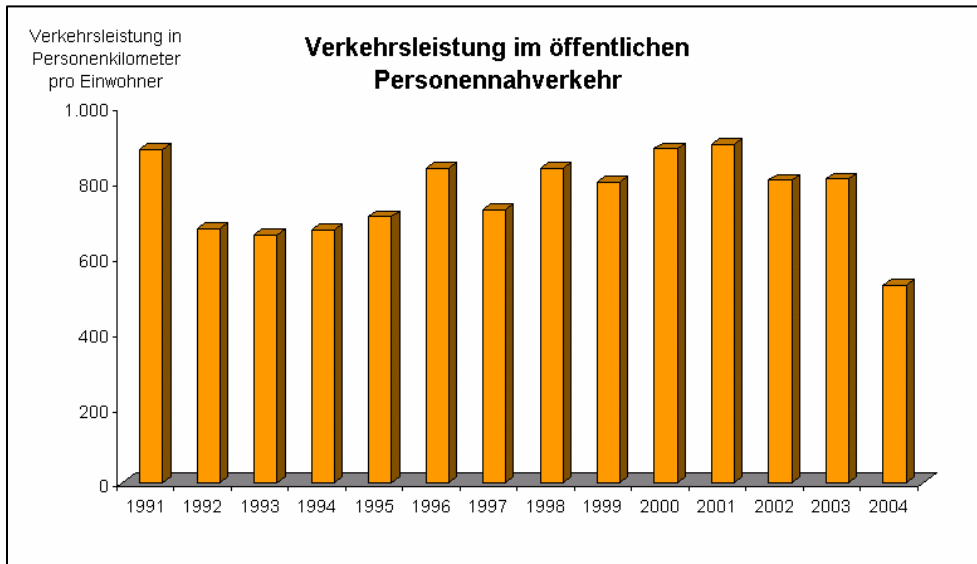
2.4.1 Verkehrsleistung im öffentlichen Personennahverkehr

Ein wichtiger Indikator für die Bewertung der Entwicklungen im Verkehrssektor ist die „Verkehrsleistung“. Diese wird differenziert nach Verkehrsleistung im öffentlichen Personennahverkehr (ÖPNV) und im Güterverkehr. Die Verkehrsleistung betrachtet den Anteil der verschiedenen Verkehrsträger (Straße, Schiene, Binnenschifffahrt) am gesamten Güterverkehr. Sie wirkt sich auf verschiedene wichtige Indikatoren der nachhaltigen Entwicklung aus (z.B. Kohlendioxidemissionen, Flächenverbrauch, Waldzustand). Die Senkung der Verkehrsleistungen und die Steigerung nichtmotorisierter und umweltfreundlicher Verkehrsträger (Schiene, Binnenschifffahrt) sind für die Klimaschutzstrategie besonders wichtig.

Die Veränderung der Verkehrsleistungen im Öffentlichen Straßenpersonenverkehr spiegelt die Nachfrage der Bevölkerung nach Angeboten des öffentlichen Verkehrs wider. Sie ist ein Hinweis für eine nachweisbare Substitution von Umwelteffekten des motorisierten Individualverkehrs. Eine Verände-

zung zu Gunsten energie- und schadstoffarmer Verkehrsmittel wird dabei mit einer Verminderung der Umweltbelastung gleichgesetzt.

Die Daten für das Land Brandenburg zeigen eine positive Tendenz der ÖPNV-Verkehrsleistung bis 2001. Danach sinkt das Niveau wieder ab. Ursache hierfür sind die veränderten Berichtspflichten der Beförderungsunternehmen, da ab 2004 kleinere Unternehmen weitreichend von den Berichtspflichten entlastet wurden und somit nicht mehr erfasst werden. Die gewünschte Zunahme der Verkehrsleistung im öffentlichen Personennahverkehr ist dennoch bisher nicht eingetreten.

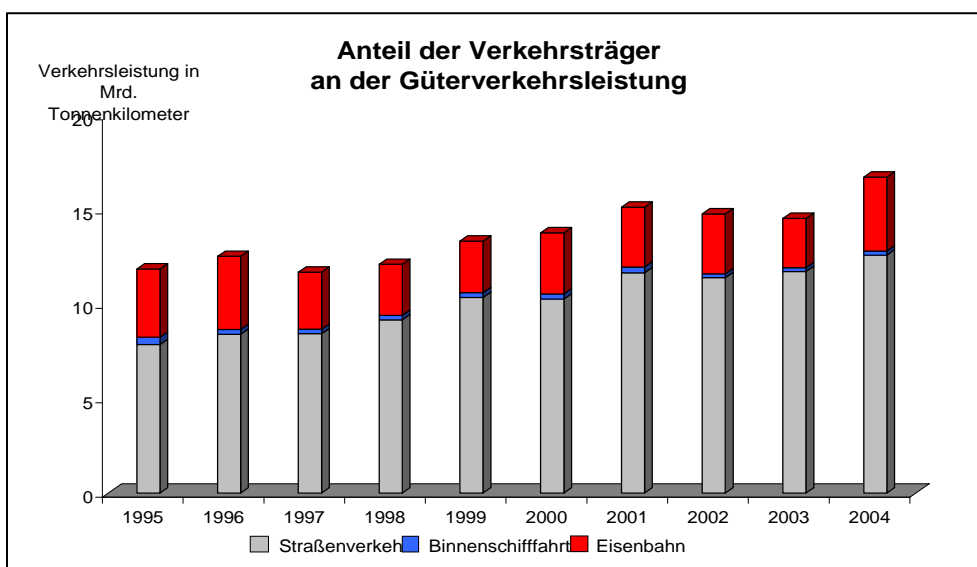


Quelle: LDS Brandenburg/LUA Brandenburg

Abb. 2.4.1: Verkehrsleistung im öffentlichen Personennahverkehr

2.4.2 Anteil der Verkehrsträger an der Güterverkehrsleistung

Der Indikator Güterverkehrsleistung betrachtet die jährlichen Verkehrsleistungen der vom jeweiligen Untersuchungsraum ausgehenden Transporte gemäß Verflechtungsmatrix, unabhängig vom Ort der erbrachten Leistung. Die Verkehrsleistung entspricht dem Produkt aus transportierter Menge (t) und Entfernung (km). Im Eisenbahnverkehr wird die entsprechend Tarif festgelegte Transportleistung in Tarif-tkm erfasst.



Quelle: LDS Brandenburg/LUA Brandenburg

Abb. 2.4.2: Anteil der Verkehrsträger an der Güterverkehrsleistung

Beim Güterverkehr soll sich entsprechend der Nationalen Nachhaltigkeitsstrategie der Anteil des Schienenverkehrs am Gütertransport bis 2015, bezogen auf das Jahr 1997, verdoppeln. Gleichzeitig soll die Verkehrsleistung der Binnenschifffahrt um rund 40% anwachsen [25]. Anhand der Daten Brandenburgs zeichnen sich weder die gewünschte Reduzierung der Transportleistung noch eine Steigerung des Anteils umweltfreundlicher Verkehrsmittel im Güterbereich ab.

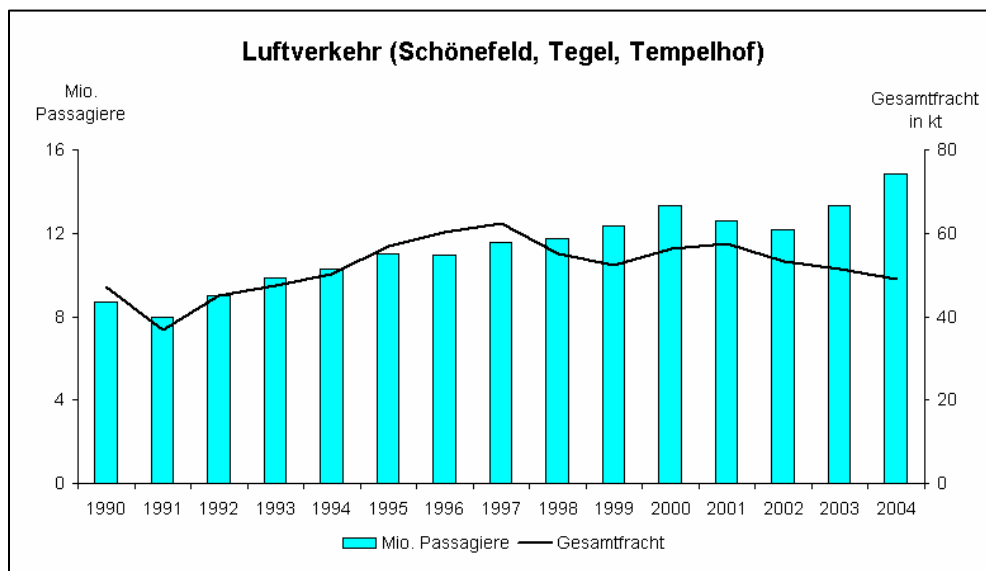
Beim Schienenverkehr sind Transportleistungen im Transit durch das Land Brandenburg nicht erfasst. Ab 1998 enthalten diese Daten auch die Transportleistungen der Wettbewerber. Aufgrund der Bereinigung der Daten zu den Schienenbeständen der DB/DR sind erst ab 1995 Daten verfügbar. Der Anteil des Schienen- und Binnenschiffsverkehrs an der gesamten Güterverkehrsleistung beträgt 2004 ca. 23 %.

2.4.3 Luftverkehr (Schönefeld, Tegel, Tempelhof)

Die Daten zum Luftverkehr geben Auskunft über die Entwicklung der beförderten Passagiere, der Fracht und der Flugbewegungen von und zu den drei Flughäfen Berlin-Brandenburgs.

Auf den drei Flughäfen Schönefeld (SXF), Tegel (TXL) und Tempelhof (THF) wurde 2004 Luftfracht in Höhe von rund 49.000 Tonnen umgeschlagen. Das ist ein Rückgang um 5 %. Die einzelnen Anteile haben sich unterschiedlich entwickelt. So wurden 2004 23,2 % weniger Luftpost transportiert als 2003. Bei anderen Frachtgütern konnte ein Anstieg um 2,5 % auf insgesamt 37.639 Tonnen erreicht werden. Zeitgleich wurden auf den drei Flughäfen 14,87 Mio. Passagiere abgefertigt. Dies ist ein Anstieg um 11,8 % zum Vorjahr 2003. Damit einhergehend stieg die Zahl der Flugbewegungen (Start und Landung) um 3,8 % auf insgesamt 222.926 [26].

Im Brandenburger Flughafen Schönefeld wurden nahezu 40 % der Luftfracht (ohne Luftpost) umgeschlagen. Mit der Expansion Schönefelds wird ein erhöhter Energieverbrauch für den Flughafen selbst und für die Flugzeuge einhergehen. Inwieweit dies durch Entwicklungen in TXL und THF kompensiert werden kann, bleibt vorerst abzuwarten.



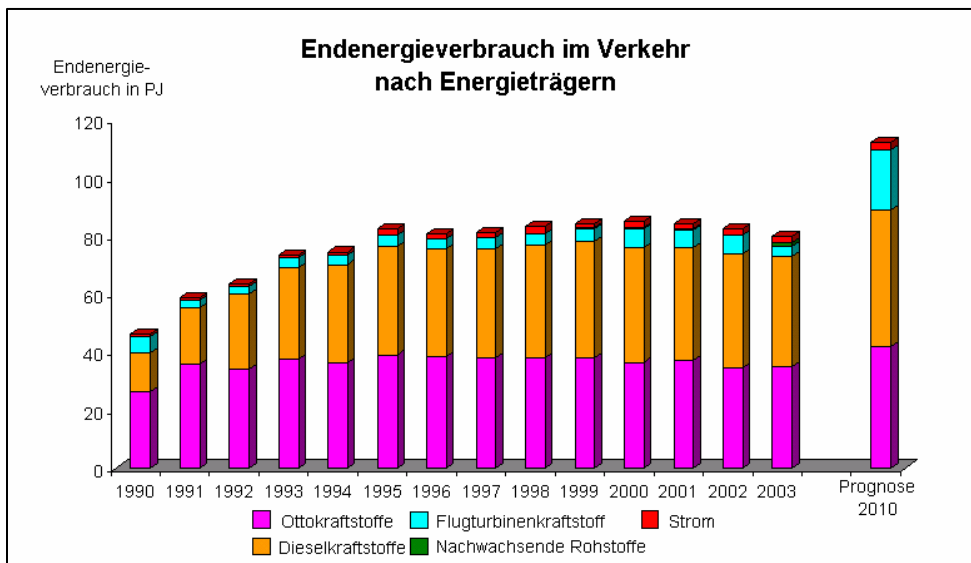
Quelle: Flughafen Berlin-Schönefeld GmbH

Abb. 2.4.3: Luftverkehrsdaten für Schönefeld, Tegel und Tempelhof

2.4.4 Endenergieverbrauch im Verkehr nach Energieträgern

Ein weiterer Indikator zur Bewertung einer klimagerechteren Verkehrsentwicklung ist der Endenergieverbrauch des Sektors Verkehr. Die Abbildung 2.4.4 zeigt deutlich, dass der Endenergieverbrauch des Jahres 2003 dem von 1996 entspricht und sich seit 1995 nur unwesentlich verändert hat. Die Abweichung beträgt zwischen -1,9 und +3,3 %. Ausgehend von einem Energieverbrauch von 83,1 PJ

in 1998 wird dem Sektor ein jährliches Energieverbrauchswachstum von 1,6 %/a zugestanden. Die Zielgröße für 2010 beträgt 118,0 PJ und wurde zu keinem Zeitpunkt erreicht. 2003 entfielen 96 % des verkehrsbedingten Energieverbrauchs auf Mineralölprodukte. Kurz- und mittelfristig müssen die Nutzung von Erdgas als Treibstoff, und die Nutzung nachwachsender Rohstoffe ausgebaut werden, sonst bleibt deren Anteil am gesamten Endenergieabsatz unbedeutend.

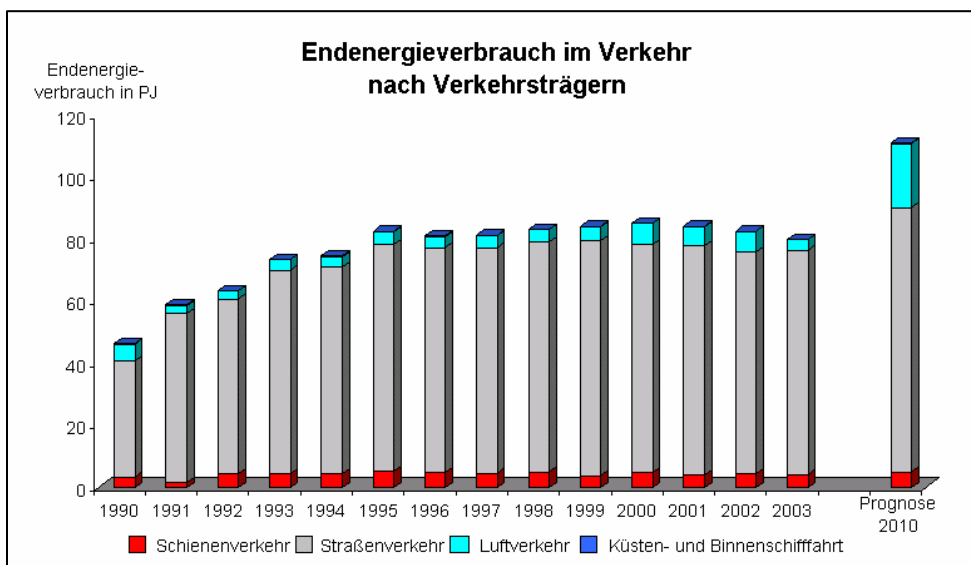


Quelle: LDS Brandenburg/LUA Brandenburg

Abb. 2.4.4: Endenergieverbrauch im Verkehr nach Energieträgern

2.4.5 Endenergieverbrauch im Verkehr nach Verkehrsträgern

Im Verbrauchssektor Verkehr dominiert mit rund 93 % des gesamten Kraftstoffabsatzes der Straßenverkehr. Bis 1995 trat eine annähernde Verdoppelung des Kraftstoffabsatzes gegenüber 1990 ein. Die nach 1995 geringen Veränderungen beruhen auf dem erreichten Sättigungsgrad bei PKW, Krädern und LKW sowie der durchschnittlichen Verringerung der Fahrleistungen je Kraftfahrzeug, die ihre Ursachen u. a. in den steigenden Kraftstoffkosten und der zunehmenden Besteuerung haben.



Quelle: LDS Brandenburg/LUA Brandenburg

Abb. 2.4.5: Endenergieverbrauch im Verkehr nach Verkehrsträgern

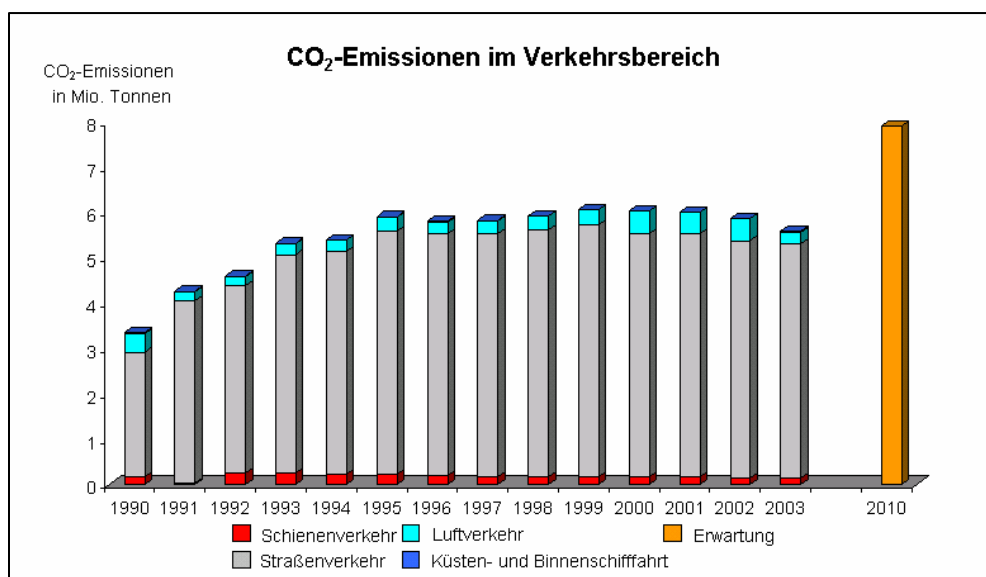
Untersuchungsergebnisse zur Verkehrsentwicklung im Land Brandenburg weisen jedoch aus, dass der tatsächliche Kraftstoffverbrauch über dem Kraftstoffabsatz liegt, da vor allem die durch den

Tanktourismus, den Transitverkehr und den Berlin-Umlandverkehr entstehenden Verbräuche nicht mit entsprechenden Tankvorgängen im Land Brandenburg verbunden ist. In Abbildung 2.4.5 ist dargestellt, mit welchen Anteilen die einzelnen Verkehrssektoren am Endenergieverbrauch beteiligt sind. Der starke Rückgang des Energieverbrauchs im Luftverkehr für 2003 ist mit den gestiegenen Passagierzahlen nicht in Einklang zu bringen (siehe 2.4.3).

2.4.6 CO₂-Emissionen im Verkehrsbereich

Das integrierte Verkehrskonzept des Landes Brandenburg greift den Beschluss der Länderverkehrs- und Umweltminister von 1992 auf, die Kohlendioxidemissionen im Verkehrsbereich bis 2005 um 10 % gegenüber 1987 zu reduzieren.

An den gesamten energiebedingten CO₂-Emissionen des Landes Brandenburg war der Verkehrssektor im Jahr 2003 mit rund 9 % beteiligt. Die Abbildung 2.4.6 zeigt, dass im Bilanzzeitraum (1990 – 2003) fast eine Verdopplung der CO₂-Emissionen eingetreten. Nach einem Anstieg der Emissionen im Zeitraum 1990 – 1995 von 3,3 auf 5,9 Mio. t jährlich verweilt das Emissionsniveau auf etwa gleicher Höhe. Rund 90 % der Klimagasemissionen des Verkehrs verursacht der Straßenverkehr (siehe 2.4.5).



Quelle: LDS Brandenburg/LUA Brandenburg

Abb. 2.4.6: CO₂-Emissionen im Verkehrsbereich

Zusammenfassung 2.4 – Verkehrswesen

- An den energiebedingten CO₂-Emissionen des Landes Brandenburg war der Verkehrssektor im Jahr 2003 mit rund 9 % beteiligt.
Die Entwicklung des Energieverbrauchs im Verkehr ist hinsichtlich seiner absoluten Höhe positiv verlaufen. Zu beachten ist, dass diese Bewertung sich nur auf die in Brandenburg getankten Mengen Kraftstoff stützt. Die Ursachen können in den gestiegenen Kraftstoffpreisen, gestiegenem Tanktourismus nach Polen und dem hohen Sättigungsgrad an Fahrzeugen liegen.
Der starke Rückgang des Energieverbrauchs im Luftverkehr für 2003 ist mit den gestiegenen Passagierzahlen nicht in Einklang zu bringen.
Für den gesamten Verkehrsbereich ist der Aufbau eines Monitorings unerlässlich. Nur so werden genauere Bewertungen ermöglicht.
- Innerhalb des Verkehrssektors zeigen die Datenübersichten, dass die Verlagerung der Verkehrsleistung von der Straße auf die Schiene sowie der Anteil der Verkehrsleistung im öffentlichen Personennahverkehr stagniert.

2.5 Entsorgungswirtschaft

Als Verursacher von Methan-Emissionen (CH₄) spielt die Abfallwirtschaft eine wichtige Rolle im Klimaschutzmanagement.

Entsprechend der Abfallbilanz der öffentlich-rechtlichen Entsorgungsträger [27] fielen im Land Brandenburg im Jahr 2003 insgesamt 1,81 Mio. t an Abfällen an, die durch die öffentlich-rechtliche Entsorgungsträger entsorgt wurden. Von den 1,81 Mio. t Abfällen wurden ca. 1,16 Mio. t in Deponien abgelagert, 66,6 kt wurden mechanisch-biologisch behandelt.

Durch die Forderungen der TA Siedlungsabfall und der Abfallablagerungsverordnung dürfen seit dem 1.6.2005 nur noch Abfälle abgelagert werden, die den Anforderungen der sogenannten Deponieklassen I und II entsprechen, welche u.a. einem sehr geringen Organikgehalt des abzulagernden Abfalls verlangen. Demzufolge ist bei Abfällen, die diese Anforderungen nicht erfüllen, eine Reduzierung der organischen Bestandteile vorzunehmen. Diese kann sowohl über eine Verbrennung in Müllverbrennungsanlagen als auch über einen biologischen Abbau der organischen Substanz in mechanisch-biologischen Anlagen (MBA) erfolgen.

Im Land Brandenburg wurde auf Grund der überwiegend ländlichen Siedlungsstruktur eine langfristig angelegte Abfallwirtschaftsstrategie, der sogenannte „Brandenburger Weg“, entwickelt, welche die Behandlung der Abfälle in einem flächendeckenden System von mechanisch-biologischen Anlagen als Kernelement hat.

Abfalldeponien sind bedeutende Quellen von Methanemissionen. Die in einer Deponie abgelagerten und nicht ausreichend vorbehandelten Siedlungsabfälle unterliegen biologischen oder chemischen Reaktionen, die Schäden für Mensch und Umwelt verursachen können. Es entstehen Geruchsbelästigungen sowie Sickerwässer, die infolge unzureichend abgedichteter Deponiekörper in das Grundwasser eindringen können, und insbesondere entsteht methanhaltiges Deponiegas, das den Treibhauseffekt verstärkt. Es wird eingeschätzt, dass in Deutschland ca. 30 % der anfallenden Methanemissionen aus Deponien stammen.

Von den im Land Brandenburg bisher genutzten 33 Siedlungsabfalldeponien werden seit dem 1.6.2005 nur noch sechs Anlagen für die Ablagerung der behandelten Abfälle weiter betrieben. Demzufolge darf seit Juni 2005 kein weiterer Eintrag von Abfällen mit hohem Organikgehalt stattfinden – es werden somit keine neuen Methanemissionspotenziale geschaffen.

Es ist jedoch zu berücksichtigen, dass aus den früher abgelagerten Abfällen in den bestehenden Deponien weiterhin Methan produziert wird, mit jedoch von Jahr zu Jahr stark abnehmenden Mengen.

In Brandenburg werden die Abfälle künftig in acht Abfallbehandlungsanlagen in Nauen-Schwanebeck, Freienhufen, Lübben-Ratsvorwerk, Niederlehme, Schöneiche, Vorketzin, Jänschwalde und Brandenburg (Stadt) a.d.H. aufbereitet. Diese Anlagen unterliegen den strengen Bedingungen der 30. BImSchV. Damit soll unter anderem erreicht werden, dass Emissionen treibhauswirksamer gasförmiger organischer Verbindungen auf geringste Mengen (Grenzwerte) reduziert werden.

Da die genannten Anlagen zum Teil sich noch in der Inbetriebsetzungs- bzw. Erprobungsphase befinden, sind noch keine belastbaren Angaben zum Treibhausgas-Reduktionseffekt möglich.

In den Restabfallbehandlungsanlagen wird der hochkalorische Anteil der Restabfälle (ca. 40 – 50 %) abgetrennt und, z.T. nach einem weiteren Aufbereitungsschritt, als Ersatzbrennstoff einer thermischen Verwertung in energetischen Anlagen zugeführt. Da diese Ersatzbrennstoffe einen biogenen Anteil haben, trägt die Substituierung von fossilen Festbrennstoffen durch Ersatzbrennstoffe aus Restabfall zu einer Verminderung der treibhausrelevanten Emissionen der Energieanlagen bei.

Indikatoren und Datenreihen

Die Erarbeitung von Ziel- und Vergleichsgrößen steht noch aus. Derzeitig ist nur dargestellt:

1. Siedlungsabfallaufkommen und deren Verwertungsquote
2. Darüber hinaus wird an folgenden Datensammlungen gearbeitet:
 - 2a Entwicklung und Zusammensetzung des Müllaufkommens,
 - 2b Emissionen und Erfassung von Deponiegas,
 - 2c Energieeinsatz in den MBA,
 - 2d Ersatzbrennstoffeinsatz in Verbrennungsanlagen,
 - 2e Transportwege und -aufwendungen.

Ziel- und Vergleichsgrößen:

Die Ziele der Kreislauf- und Abfallwirtschaft des Landes Brandenburg sind im § 1 Abs. 2 des Brandenburgischen Abfallgesetzes (BbgAbfG) beschrieben. Darin bilden sich die wichtigsten Grundsätze der Abfallwirtschaft ab:

- Abfälle vermeiden,
 - nicht vermeidbare Abfälle vorrangig hochwertig verwerten (z.B. Wertstoffe, Bioabfälle, Bauabfälle, Gewerbeabfälle, Altfahrzeuge, Altholz),
 - nicht verwertbare Abfälle so behandeln, dass sie gemeinwohlverträglich beseitigt werden können.
- Diese Ziele entsprechen auch den Interessen des Klimaschutzes. Die Quantifizierung einzelner Zielparameter muss noch entwickelt werden.

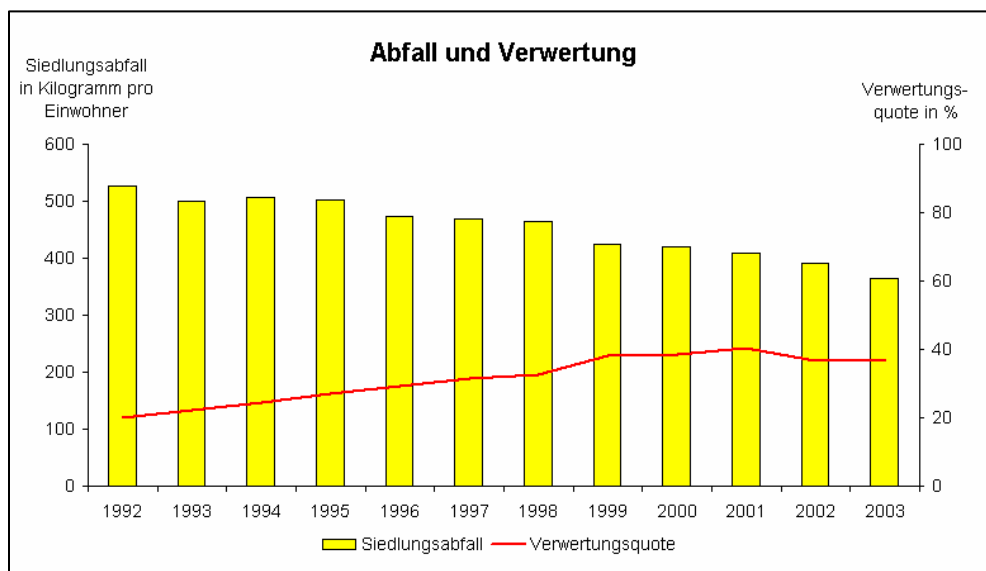
2.5.1 Indikator: Siedlungsabfallaufkommen und dessen Verwertungsquote

Der Indikator gibt über die Vermeidung von Siedlungsabfall und somit indirekt über die Methanvermeidung sowie über die Verwertungsquote und die damit einhergehende Energieträgersubstitution Auskunft.

Der Siedlungsabfall beinhaltet Haus- und Sperrmüll sowie Wertstoffe, Papier/Pappe, Glas, Leichtverpackungen und Bioabfall, die im Rahmen der kommunalen und dualen Abfallentsorgung erfasst werden. Der Rückgang des Siedlungsaufkommens ist vor allem auf die Abfallvermeidung in privaten Haushalten zurückzuführen.

Ob mit diesem Rückgang auch eine Minderung der biogenen Abfälle einhergeht muss noch analysiert werden. Inwieweit dies langfristig zu einer Minderung der Methanemissionen beiträgt müssen die Erkenntnisse der Indikatoren 2a bis 2d belegen.

Die Verwertungsquote errechnet sich aus der Summe der genutzten Wertstoffe geteilt durch die Gesamtmenge an Siedlungsabfall. Die Brandenburger Daten belegen einen andauernden Rückgang des Aufkommens an Siedlungsabfällen und eine sich auf knapp unter 40 % einstellende Verwertungsquote.



Quelle: LUA Brandenburg

Abb. 2.5.1: Abfallaufkommen und deren Verwertung

2.6 Landesplanung, Bauen und Wohnen

Der Raumordnung und Landesplanung obliegt auch die Aufgabe, bei der strukturellen Entwicklung des Landes ökologische Erfordernisse zu berücksichtigen. Dabei kommt es darauf an, regional-spezifische Ziele mit den Erfordernissen des Klimaschutzes in Einklang zu bringen. Fragestellungen der Flächeninanspruchnahme und der Landnutzung sind aber auch eng verknüpft mit Strategien zur Adaption an den Klimawandel. Der Landesentwicklungsplan für den Gesamttraum Berlin-Brandenburg vom Juli 2004 enthält auch klimaschutzrelevante Festlegungen. Somit bestünde die Möglichkeit, ein ergänzendes Monitoring für derartige Festlegungen zu entwickeln.

Mit der Etablierung der unterschiedlichen Energieträger können Nutzungskonflikte verbunden sein. Langfristig werden Bewertungshilfen benötigt, die Aussagen zu den flächenbezogenen Erträgen einzelner Energieträger erlauben und Technologiefolgenabschätzungen sowie Standortentscheidungen ermöglichen.

Die Ausweitung von Flächen für Bauten und Verkehr hat durch den damit einhergehenden Energieverbrauch starke klimaschädigende Folgen. Haushalte/Kleinverbraucher und der Verkehr waren im Jahr 2003 verantwortlich für fast 70% des Endenergieverbrauchs.

Mit 42,9 % verbrauchten Haushalte und Kleinverbraucher in 2003 die meiste Endenergie, wovon wiederum etwa zwei Drittel auf die Wärme für Heizung und Warmwasser entfallen. Sie stellen eine entscheidende Größe hinsichtlich des Klimaschutzes dar. Das Klimaschutzmanagement und eine nachhaltige Energiepolitik müssen stärker als bisher den Handlungsschwerpunkt von der Steigerung des Angebotes (Erzeugerseite) auf die Senkung Nachfrage (Energieverbrauch) verlagern.

Die Reduzierung des Ressourcenverbrauchs für Gebäude und die damit einhergehende Minderung der Betriebskosten können einen Beitrag zum Klimaschutz leisten und zugleich Impulse für mehr Beschäftigung geben. Ein Schwerpunkt zur CO₂-Vermeidung kann die Substanzerhaltung und Modernisierung des Wohnungsbestandes und nicht die Errichtung neuer Siedlungen auf der grünen Wiese sein. Sanierung und Modernisierung haben bei wesentlich geringerem Materialverbrauch größere Arbeitsplatzeffekte. Zudem erzeugen sie keinen zusätzlichen motorisierten Individualverkehr.

Indikatoren und Datenreihen

Für eine managementbezogene Bewertung bieten sich im Politikfeld Landesplanung bisher nur wenige direkte Ansatzpunkte. Indirekte Wirkungen entstehen u.a. im Zusammenwirken von Landesplanung, Bauen und Wohnen sowie der Verkehrsentwicklung. Ein Nachhaltigkeits-Indikator der Landesplanung ist der Flächenverbrauch für Siedlungs- und Verkehrsflächen.

Die Einbindung des Bereiches Bauen und Wohnen in das Klimaschutzmanagement erfolgte bisher nur in Ansätzen. Die Erarbeitung von Indikatoren und von Ziel- und Vergleichsgrößen steht noch aus. Ein erster Ansatz ist die Betrachtung der Wohnflächen und Wohnungszahlen.

Ziel- und Vergleichsgrößen

Die nationale Nachhaltigkeitsstrategie verfolgt bis zum Jahr 2020 das Ziel, die tägliche Zunahme der Siedlungs- und Verkehrsflächen von heute 93 auf zukünftig 30 ha/d (Hektar je Tag) zu senken. Für Brandenburg bedeutet das eine anspruchsvolle Zielstellung (entspricht 2,5 Hektar pro Tag). Brandenburg hat 2002/2003 am gesamtdeutschen Wert von 93 ha/d einen Anteil von ca. 9 % (8,33 ha/d).

2.6.1 Zusätzliche Flächeninanspruchnahme

Die zusätzliche Flächeninanspruchnahme ist ein anerkannter Nachhaltigkeits-Indikator und beschreibt die Intensität des Gebrauchs der endlichen Ressource Boden. Die Inanspruchnahme von Bodenflächen für Siedlungs- und Verkehrsflächen ist meist mit dem unwiederbringlichen Verlust an freien, unversiegelten Flächen verbunden.

Die zusätzliche Flächeninanspruchnahme liegt deutlich über dem brandenburgischen Anteil der siedlungs- und Verkehrsflächen (5,6 % vom Bundeswert) oder dem Bevölkerungsanteil (3,2 % vom Bundeswert) [25].

Die Abbildung 2.6.1 zeigt, dass der Flächenverbrauch in Brandenburg nach 2000/2001 leicht gesunken ist. Ein Trend zur Erreichung der langfristigen Zielstellung ist aber bisher nicht erkennbar.

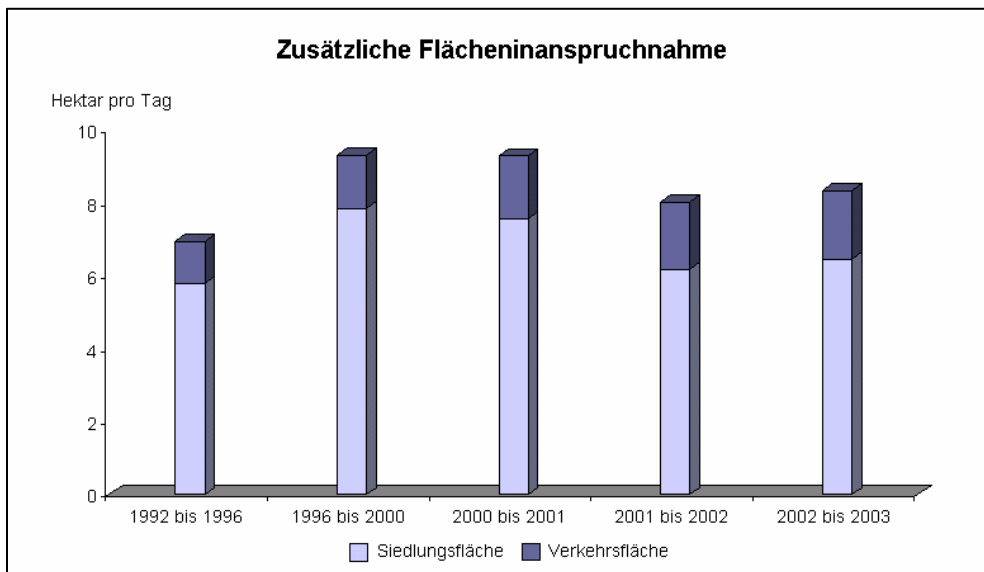


Abb. 2.6.1: Zusätzliche Flächeninanspruchnahme

2.6.2 Wohnfläche und Wohnungszahl

Aussagekräftige Kenngrößen hinsichtlich Flächen- und Energieverbrauch sind die gesamte Wohnfläche und die Zahl der Wohnungen. Aus der Abbildung 2.6.2 geht eine kontinuierliche Zunahme der Wohnflächen und Wohnungen hervor. Die Zahl der Wohnungen ist im letzten Jahrzehnt um 17 % gestiegen und gleichzeitig hat die durchschnittliche Wohnfläche um ein Viertel zugenommen. Bei der üblichen Ausstattung und Nutzung bedeutet dies eine erhebliche Zunahme der Strom- und besonders der Heizenergieverbräuche. Inwieweit diese Entwicklung durch die zeitgleiche Verbesserung des Wärmedämmschutzes kompensiert werden konnte, müssen weitere Untersuchungen ergeben. Die Ziele der Energiestrategie des Landes im Bereich des Wohnens sind nicht durch konkrete Maßnahmenplanungen untersetzt.

Im Hinblick auf das Klimaschutzmanagement können die Folgen der bisherigen Bautätigkeit, wie auch die Erfolge einer energetischen Sanierungspolitik auf der vorhandenen Datenbasis nicht gemessen werden. Hierzu wären Erfassungen der Wohnflächen (aufgeschlüsselt nach Gebäudeart, -größe, -alter), der Sanierungsmaßnahmen (aufgeschlüsselt nach Gebäudeart, -fläche, -baujahr), des Wärmeschutzindex und des Einsatzes erneuerbarer Energien nötig.

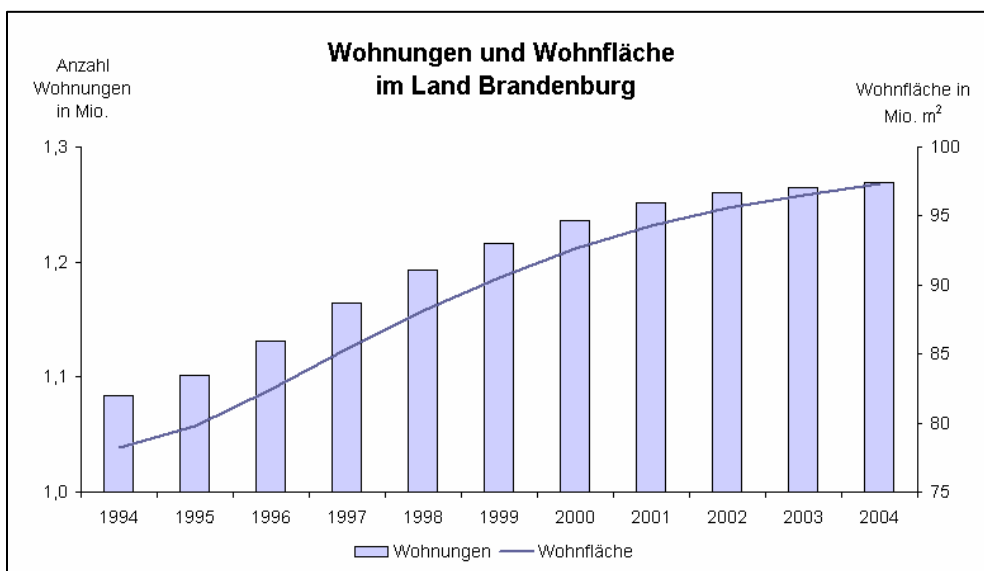


Abb. 2.6.2: Wohnungsbestand und Wohnflächen im Land Brandenburg

2.7 Forstwirtschaft

Der Wald hat neben seiner Hauptfunktion als Wirtschaftsgut vielfältige Aufgaben. Hierzu gehören Natur- und Artenschutz ebenso wie Erholungsfunktionen. Darüber hinaus spielt der Wald aber auch eine wichtige Rolle als Speicher von Kohlendioxid und Anbieter von Biomasse. Wälder binden durch ihr Wachstum Kohlenstoff. Eine nachhaltige Waldnutzung ermöglicht durch die Verwendung von Holzprodukten und die Erzeugung von energetischer Biomasse eine Minderung des Verbrauchs an fossilen Roh- und Brennstoffen.

Der aktuelle Waldzustandsbericht für Brandenburg und Berlin [28] macht deutlich, dass die Auswirkungen des Klimawandels auch in unseren Wäldern sichtbar werden. Die durch Temperaturrekorde oder Niederschlagsextreme gekennzeichneten Jahre nach 1995 haben ihre Spuren hinterlassen.

In den vergangenen Jahren wurde ein mehrstufiges, aufeinander abgestimmtes Untersuchungsprogramm unterschiedlicher Intensitätsebenen (Level) entwickelt. Das forstliche Umweltmonitoring umfasst drei Ebenen:

Level I	Erhebung auf einem systematischen Stichprobennetz, die flächenrepräsentative Informationen über den Waldzustand und dessen Entwicklung bereitstellt
Level II	Intensive Untersuchung der Ursache-Wirkungsbeziehungen zwischen Wald-ökosystemen und den sie beeinflussenden Faktoren auf Dauerbeobachtungsflächen
Level III	Waldökosystemforschung zur Synopse und Erweiterung der bisher verfügbaren Kenntnisse zu Prozessabläufen

Das forstliche Umweltmonitoring ist im Level II in die Integrierten ökologischen Dauerbeobachtung (IÖDB) eingebunden.

Die Anzahl aller Wetterextreme (Stürme, Starkniederschläge, Hochwasser) hat sich global zwischen 1950/59 und 1990/99 vervierfacht [29]. Für die ökologischen Wachstumsbedingungen der Wälder in Brandenburg und Berlin ist die Höhe und Verteilung der Niederschläge entscheidend. Trockenstressbedingte Zuwachseinbrüche, ein erhöhtes Waldbrandrisiko und die Zunahme der Schäden durch Insekten könnten Konsequenzen für die Waldbewirtschaftung haben.

Indikatoren und Datenreihen

Der Waldzustand ist ein wichtiger und sensibler Indikator für den Grad der Belastbarkeit der Natur. Veränderungen der Wälder infolge von Immissionen und klimatischen Einflüssen werden im forstlichen Umweltmonitoring erfasst und bewertet. Die Ergebnisse sind für die Zukunft der Waldbewirtschaftung wichtig.

Die Landesforstanstalt Eberswalde beschäftigt sich mit einer Vielzahl von Fragenstellungen zu Klimaschutz und Klimawandel. Zahlreiche wissenschaftliche Arbeiten und Beobachtungsprojekte können für die weitere Arbeit von großem Nutzen sein. Die bereits dargestellten Level-II-Flächen und die IÖDB spielen dabei eine zentrale Rolle. Diese im Land Brandenburg betriebenen Musterflächen und die Erkenntnisse des warmen Sommers 2003 zeigen deutlich, dass der Wald insbesondere unter den Wetter-Extremen leidet.

Bisherige Indikatoren und Datenreihen sind:

1. Entwicklung der Holzvorräte und Waldflächen,
2. Entwicklung der Nutzholzpoteziale,
3. Entwicklung der Vegetationsperiodenlänge,
4. Entwicklung der Waldschäden,
5. Entwicklung der Stoffeinträge in den Boden,
6. Entwicklung des Bodenzustandes und der Humusbildung,
7. Entwicklung der Waldmoore,
8. Entwicklung der Schädlinge im Wald.

Ziel- und Vergleichsgrößen

Ziel des langfristigen Waldumbaus sind mit Laubbäumen gemischte Nadelwälder. In den vergangenen sieben Jahren wurden fast 10.000 ha Laub-Nadelholz-Mischwälder geschaffen. In den nächsten

Jahrzehnten sollen ca. 100.000 ha schrittweise umgebaut werden [30]. Dies hat das Ziel, die Vulnerabilität der Waldbestände durch Klimaänderungen zu senken und einen verbesserten Beitrag zur Grundwasserneubildung zu leisten. Direkte Zielstellungen zur Bindung von Kohlenstoff durch Aufforstung sind damit nicht verbunden.

Die Energiestrategie 2010 stellt das Ziel, dass die erneuerbaren Energien einen Anteil von 5 % am Primärenergieverbrauch in 2010 haben sollen. Innerhalb der erneuerbaren Energien soll die Biomasse den größten Anteil bereitstellen. Für die Forstwirtschaft ergeben sich somit neue wirtschaftliche Zielstellungen.

2.7.1 Entwicklung der Holzvorräte und Waldflächen

Neben seiner Hauptfunktion als Wirtschaftsgut hat der Wald vielfältige Aufgaben. Der Wald hat eine wichtige Rolle als Speicher von Kohlendioxid und Anbieter von Biomasse. Eine nachhaltige Waldnutzung ermöglicht durch die Verwendung von Holzprodukten und die Erzeugung von energetischer Biomasse eine Minderung des Verbrauchs an fossilen Roh- und Brennstoffen. Brandenburg verfügt über eine Holzbodenfläche von 1.036.584 ha. Diese Fläche gliedert sich in folgende Eigentumsarten:

Tab. 2.7.1.1: Waldflächen gegliedert nach Eigentumsarten

Landeswald	Sondervermögen	Körperschaftswald	Privatwald	Treuhand	Bundeswald	Andere
254.095 ha	27.993 ha	60.458 ha	544.731 ha	67.886 ha	70.983 ha	10.438 ha

Der Privatwald, heute mit ca. 52 % an der Gesamtwaldfläche vertreten, wird perspektivisch einen Anteil von etwa 60 % haben. Im Jahr 2005 sind ca. 100.000 Waldbesitzer Eigentümer von 544.731 ha, im Durchschnitt 5,44 ha pro Waldbesitzer. Die Masse der Waldbesitzer (73 %) bewirtschaftet ihren Wald individuell und zählt mit einer Fläche von unter 10 ha zum Kleinprivatwald. 27 % sind in Forstbetriebsgemeinschaften (FBG'en) organisiert [31].

Tab. 2.7.1.2: Baumartenzusammensetzung in den Brandenburger Forsten

Kiefer	Eiche	Buche	Sonst. Nadelholz	Sonst. Laubholz
79 %	4 %	2 %	5 %	10 %

Die dominierenden Kieferbestände sind durch eine gestörte Altersklassenstruktur gekennzeichnet. Es mangelt insbesondere der Kiefer an einer „normalen“ Altholzausstattung. Bis auf die überalterte Buche, liegt eine deutlich schiefe Verteilung auf den jungen bis mittel-alten Altersstufen bei allen Baumarten. Dem entsprechend verteilen sich die Vorräte in den Alterstufen für die Hauptbaumarten wie in Abbildung 2.7.1 dargestellt.

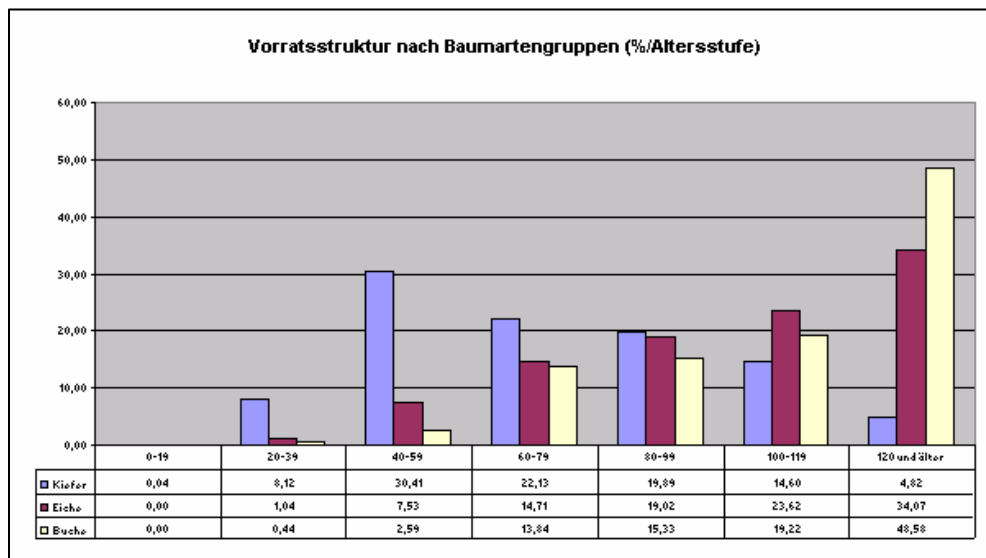
Zwischen den Eigentumsarten bestehen in der Vorratsausstattung keine wesentlichen Unterschiede. Die Vorräte haben sich in den letzten fünf Jahren im Durchschnitt um 18 Vfm/ha³ erhöht. Der jährliche Zuwachs liegt zurzeit über alle Baum- und Besitzarten bei 6,82 Vfm/ha, was etwa 5,5 Efm/ha entspricht. Dieses Nutzungspotenzial ist geprägt von regionalen Unterschieden. Im Norden des Landes Brandenburg liegt es über diesem Wert und im Südteil deutlich darunter. Es ist eine erhebliche Differenzierung der Einschlagsmengen zwischen den Waldbesitzarten zu verzeichnen. In keinem Fall wird das nutzbare Potenzial ausgeschöpft.

2.7.2 Entwicklung der Nutzholzpotenziale und Holzverkauf

Wald ist ein Wirtschaftsgut. Eine nachhaltige Waldnutzung ermöglicht durch die Verwendung von Holzprodukten und die Erzeugung von energetischer Biomasse eine Minderung des Verbrauchs an fossilen Roh- und Brennstoffen. Das leistet einen aktiven Beitrag zum Klimaschutz und zur Stärkung regionaler Wirtschaftskreisläufe. Nach den Ergebnissen der Holzaufkommensmodellierung der Bundeswaldinventur 2 (BWI 2) kann für den Gesamtwald (über alle Besitzarten) in Brandenburg im

³ Ein Vfm/ha bedeutet Vorratsfestmeter je Hektar; ein Efm/ha ist ein Erntefestmeter je Hektar.

Zeitraum 2003 – 2007 für Waldbestände ab 7 cm Brusthöhendurchmesser von folgenden prognostizierten Nutzungsmengen ausgegangen werden.



Quelle: MLUV Brandenburg, Abt.4

Abb. 2.7.1: Vorratsstruktur nach Baumartengruppen

Tab. 2.7.2: Prognostizierte Nutzungsmengen im Zeitraum 2003 – 2007 (Angaben in m³/ha)

	Holzartengruppe				
	Eiche	Buche	Fichte	Kiefer	alle
Stammholz	19	28	19	19	20
Industrieholz	4	6	2	3	3
Verwertbar	24	34	21	21	23
x-Holz	1	2	1	1	1
sonst. Derbholz	5	8	2	4	5
Nicht verwertbar	6	9	3	5	6
Summe	30	44	24	27	29

Der Einschlag von Waldholz hat sich in den vergangenen Jahren, wenn auch nur leicht, kontinuierlich erhöht. Angaben über Erlöse können nur für die Eigentumsarten Land/ Treuhand/ Sondervermögen ausgewiesen werden. Die Preisentwicklung für Energieholz entscheidet letztendlich über die Nutzung des regenerativen Energieträgers Holz. Dieser muss sich an der Preisentwicklung für herkömmliche Energieträger (Öl, Gas) messen lassen. In den Jahren 2000 – 2003 ist der Preis für Kurzholz relativ konstant geblieben (ca. 20,50 €/Fm (Euro je Festmeter)). Die Preise für Sägeholz schwanken in den letzten vier Jahren um $\pm 10\%$ [31].

2.7.3 Entwicklung der Vegetationsperiodenlänge

Auswirkung der Klimaänderungen auf das Waldwachstum vermittelt die Baumphysiologie. Höhere Frühjahrstemperaturen führen zu einem früheren Blattaustrieb, der bei laubabwerfenden Bäumen zu einer Verlängerung der Vegetationsperiode beiträgt. Die steigende Vegetationsperiodenlänge ergibt sich aus dem früheren Austrieb abzüglich der eher eintretenden Blattverfärbung bzw. des Laubabwurfes. Im Zeitraum 1984 – 1999 ist ein durchschnittlicher Trend zu früherem Austrieb um etwa zehn Tage zu verzeichnen, während das Datum der Laubverfärbung keinen ausgeprägten Trend aufweist. Die dadurch errechnete Zunahme der absorbierten Strahlung ergibt eine leichte Verschiebung in der Konkurrenzstärke der Arten. Im Klimaszenario des PIK [1] wird deutlich, dass sowohl Buche und Eiche im Reinbestand als auch Mischbestände aus Kiefer mit den Laubhölzern höhere Kohlenstoffbindungspotenziale entwickeln können. Im Szenario steigt der Schadholzanteil und die Produktivität der Wälder sinkt etwas. Allerdings bleibt auf den Referenzstandorten die Überlegenheit der Laubhölzer und Mischbestände erhalten. Zur Bewertung derartiger Aussagen sind

speziell die Indikatoren „Vegetationsperiodenlänge“ und „Waldschäden“ notwendig. Dies ist besonders wichtig im Zusammenhang mit dem fortzuführenden Waldumbau und den Auswirkungen auf den Kohlenstoffhaushalt.

Tab. 2.7.3: Errechnete Vegetationsperiodenlänge und Erhöhung der absorbierten Strahlung

Errechnete Vegetationsperiodenlänge (Tage) und Erhöhung der absorbierten Strahlung (%)		
	Trends 1984 – 1999 (Tage)	relative Änderung der absorbierten Strahlung (%)
Birke	11	4,32
Roskastanie	8	3,67
Buche	7	3,29
Eiche	9	4,26

Quelle: Waldzustandsbericht 2005 der Länder Brandenburg und Berlin

2.7.4 Entwicklung der Waldschäden

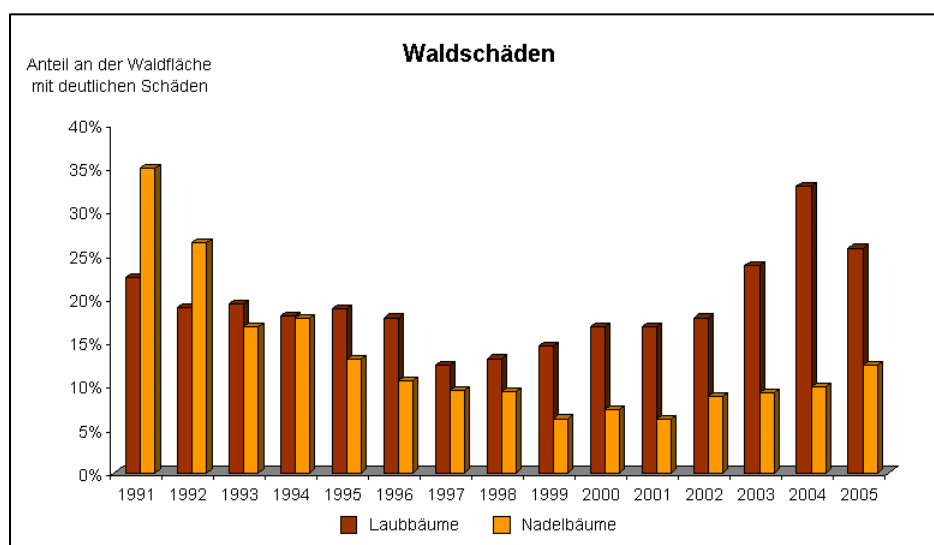
Der aktuelle Waldzustandsbericht 2005 für Brandenburg und Berlin macht deutlich, dass die Auswirkungen des Klimawandels auch in unseren Wäldern sichtbar werden [28]. Die Zahl der extrem trockenen Vegetationsperioden häuft sich in den letzten Jahrzehnten. Die Szenarien der Klimaforschung zu weiter steigenden Lufttemperaturen lassen im ohnehin trockenen Brandenburg einen weiteren Anstieg des Risikos von Witterungsstress für die Wälder erwarten. Insbesondere das Trockenjahr 2003 hat seine Spuren bei den Laubbäumen hinterlassen. Die Eichen bleiben auch 2005 mit 40 % deutlichen Schäden die am stärksten geschädigte Baumart.

Tab. 2.7.4: Hauptergebnisse der Waldschadenserhebung 2005 (Angaben in Prozent der Waldfläche, Veränderung zum Vorjahr in Prozentpunkten)

	ohne Schäden Schadstufe 0	Warnstufe Schadstufe 1	deutliche Schäden Schadstufen 2-4
Berlin	10	49	41
Veränderung	-1	0	+1
Brandenburg	41	45	14
Veränderung	-4	+2	+2
Gesamtregion	40	45	15
Veränderung	-4	+2	+2

Quelle: Waldzustandsbericht 2005 der Länder Brandenburg und Berlin

Seit 1999 stiegen die deutlichen Schäden kontinuierlich an und liegen gegenwärtig in Brandenburg bei 14 %. Gegenüber dem Beginn vergleichbarer Erhebungen im Jahr 1991 hat sich der Kronenzustand der Waldbäume bis 1999 erheblich verbessert. Seither nehmen die Kronenverlichtungen tendenziell wieder zu.



Quelle: Landesforstanstalt Eberswalde, Abt. Waldentwicklungsplanung

Abb. 2.7.4: Waldschäden in Brandenburg-Berlin

Beim Vergleich von Nadel/Laubbaumarten wird die unterschiedliche Entwicklung des Kronenzustandes beider Baumartengruppen deutlich. Waren zu Beginn der systematischen Waldschadenserhebungen vor allem die Schäden der Kiefer in engem Zusammenhang mit der Schwefel-Immissionsbelastung problematisch, so gibt heute die Entwicklung der Laubbaumarten Anlass zur Sorge.

2.7.5 Entwicklung der Stoffeinträge in den Boden

Der Stoffeintrag in den Boden ist ein Indikator für den Grad der natürlichen und anthropogenen Belastung. Veränderungen der Wälder infolge von Immissionen und klimatischen Einflüssen werden im forstlichen Umweltmonitoring erfasst und bewertet. Die Ergebnisse sind für die Zukunft der Waldbewirtschaftung wichtig.

Die Ergebnisse der Immissions- und Depositionsmessungen an den Level II – Flächen im Land Brandenburg zeigen, dass

- eine primäre Schadwirkung der Luftkomponenten Schwefeldioxid (SO₂), Stickstoffdioxid (NO₂) und Ammoniak (NH₃) auf Waldgebiete großflächig nicht mehr besteht. Die Jahresmittelkonzentrationen liegen mit 4-6 µg/m³ für SO₂, 7-9 µg/m³ für NO₂ und 0,8-1,3 µg/m³ für NH₃ weit unter den kritischen Konzentrationswerten,
- nur in der Nähe von Emittenten (Tieranlagen, Autobahnen) lokal begrenzte Schadwirkungen der genannten Gase nachweisbar sind,
- im Gegensatz dazu im langfristigen Trend eine Zunahme der Ozonkonzentrationen zu verzeichnen ist, die immer wieder zur Überschreitung der zulässigen Ozondosis führt. Geringe Ozonschäden konnten im Jahr 2003 an Buchenblättern nachgewiesen werden.
- Die Stoffeinträge im Niederschlag haben sich ebenfalls bei allen untersuchten Elementen verringert. Dies gilt besonders für die Schwefeleinträge, die auf 1/10 der Einträge vor 1990 zurückgegangen sind und die Kalziumeinträge (Reduzierung im gleichen Zeitraum um 60 %). Die N_{ges}-Einträge sind seit 1996 nicht mehr zurückgegangen und liegen damit landesweit auf einem kritischen Niveau.
- Die Jahresfrachten der basischen Kationen und der freien Protonen sind ebenfalls rückläufig, was sich in relativ gleichbleibenden pH-Werten widerspiegelt.

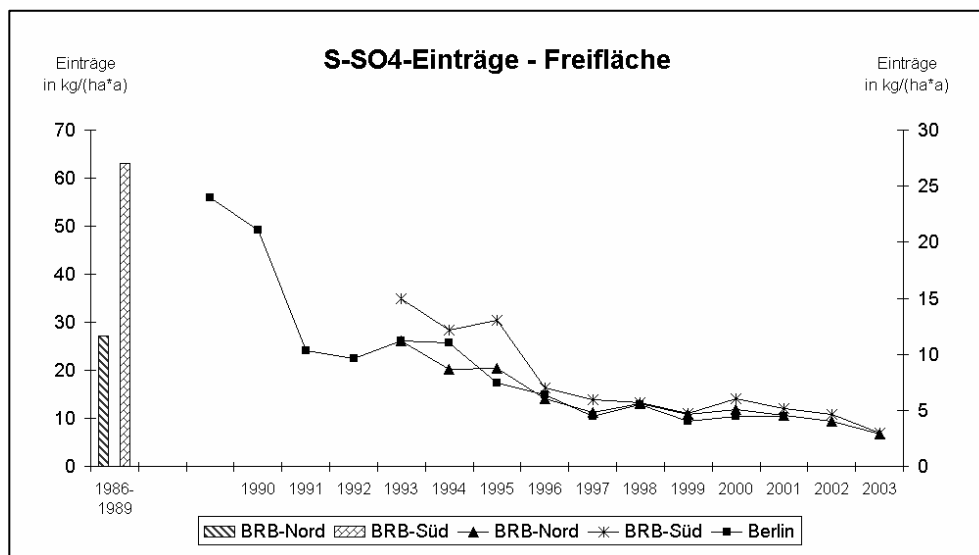


Abb. 2.7.5.1: S-SO₄-Einträge in den Boden

Quelle für Abbildungen 2.7.5.1 bis 2.7.5.4

MLUV-42: Entwicklung der Stoffeinträge in Nord-Brandenburg (level-II-Flächen 1201, 1202, 1203), Süd-Brandenburg (level-II-Flächen 1204, 1205, 1206) und in Berlin (level-II-Flächen 1101, 1102, 1103)

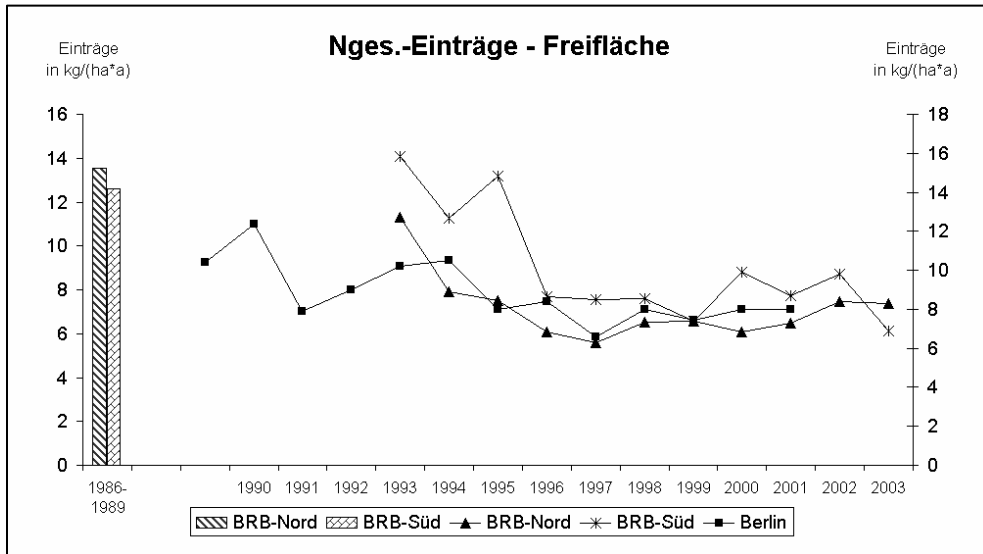


Abb. 2.7.5.2: N_{ges} -Einträge in den Boden

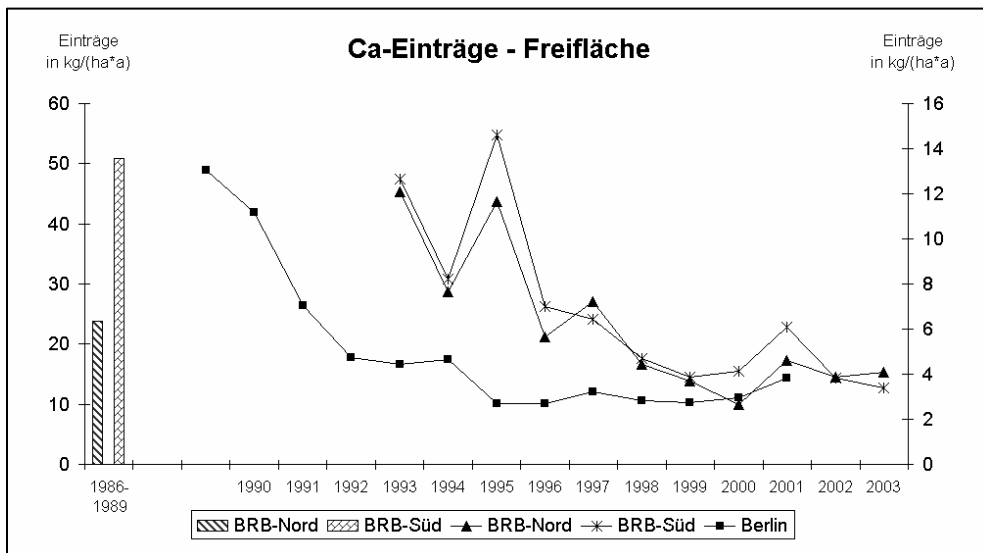


Abb. 2.7.5.3: Ca-Einträge in den Boden

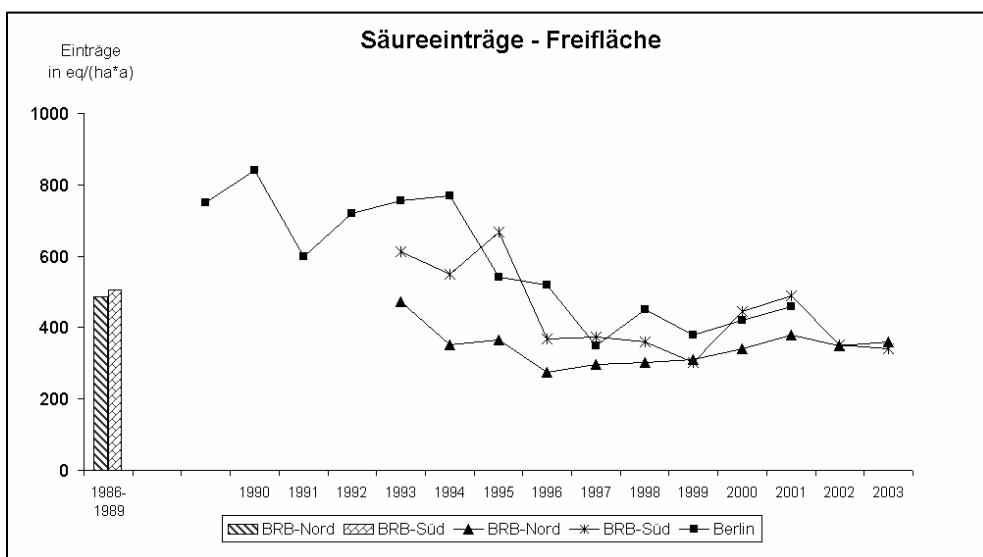


Abb. 2.7.5.4: Säureeinträge in den Boden

2.7.6 Entwicklung von Bodenzustand und Humusbildung

Im Bodenumus findet eine erhebliche zeitweilige oder längerfristige Festlegung von organisch gebundenem Kohlenstoff über mindestens mehrere Jahrzehnte, eher jedoch Jahrhunderte bis Jahrtausende statt, wodurch das klimarelevante CO₂ dem Stoffkreislauf entzogen wird.

Die festgelegte Menge hängt vor allem vom Grad der Wasserbeeinflussung des Bodens (Hydromorphie) ab. Mit steigender Grundwassernähe ist auch eine steigende Festlegung von Kohlenstoff in organischer Substanz zu verzeichnen. Diese Humusanreicherung wird in den Bodenformen der im Land Brandenburg üblichen forstlichen Standortskartierung abgebildet und deren Häufigkeit überschlägig in den repräsentativen Messnetzstichproben der Ökologischen Waldzustandskontrolle bzw. Bodenzustandserhebung (ÖWK, BZE) ermittelt. Daraus ergeben sich für die brandenburgische Waldfläche etwa die in Tabelle 2.7.6 ausgewiesenen groben Rahmenwerte.

Demnach kommt den flächig geringer vertretenen humusvorratsreicheren Böden eine erhebliche Bedeutung bei der Kohlenstoffbindung zu. Die Bodenformen verändern sich bei Verschiebungen der mittleren Grundwasserstände, z.B. bei angespannterer klimatischer Wasserbilanz, was sich zurzeit vor allem anhand lokaler Studien mit vorrangig direkt durch den Menschen ausgelöster Bodenveränderung verfolgen lässt. So wurden z.B. durch Entwässerung, kombiniert mit unangemessenen Bodenbearbeitungsverfahren, in Waldflächen der Havelniederung zwischen 1960 und 1990 auf etwa 2.500 ha ehemals stärker grundwasserbeeinflusster Böden bei geringem Mooranteil größenordnungsmäßig ca. 35 t C je ha freigesetzt, was einer Zusatzbelastung der Atmosphäre mit 86.500 t C bzw. ca. 320.000 t CO₂ entspricht und damit etwa 0,45 % der energiebedingten jährlichen CO₂-Emissionen der letzten Jahre erreicht (vgl. Abschnitt 2.1.3 – energiebedingte CO₂-Emissionen) [31]. Eine flächige Bilanz der Veränderungen für das Land liegt bisher nicht vor.

Auf den in Brandenburg bei weitem vorherrschenden grundwasserfernen Böden ergibt sich durch Veränderung der Stickstoffzustände eine Schwankungsbreite der Humuseinbindung von ± 20 bis 30 t Humus bis 20 cm Bodentiefe je Hektar bei Baumholzbeständen mit Kiefer (entspr. ca. 42 – 63 t CO₂/ha) [31]. Wahrscheinlich sind diese Spannweiten der an den Humuszustand gekoppelten Verschiebungen im Humusvorrat auch weitgehend auf Laubholz- und Mischbestände anwendbar. Hervorzuheben ist, dass das Maximum des Humusvorrates bei den vorherrschenden sandigen Waldböden nicht bei den besten Humuszuständen (Mull- Humusformen) liegt, sondern bei mittleren Verhältnissen (Rohhumus-artiger Moder), da hier noch eine vergleichsweise vorratsreiche Humusauflage existiert.

Tab. 2.7.6: C-Vorräte brandenburgischer Waldböden

Bodenformengruppe		mittlerer C-Vorrat bis 80 cm (t/ha); nur Humus-C	Anteil an der Waldfläche in Brandenburg (%)	Gesamtvorrat für Holzbodenfläche in Brandenburg (Mio t/ C bis 80 cm)
Nr.	Bezeichnung			
1	Regosole, Saumpodssole u.ä. in Sandsubstraten.	44	13	5.67
2	Rost-, Humusrostpodsole u.ä. in Sandsubstraten	81	4	3.26
3	Braunerde u.ä. in Sandsubstratgruppe	58	49	28.49
4	Kolluvial-/ Alluvialerden	65	1	0.65
6	Fahlerden u.ä. in Tieflehm-,Lehm- u.ä.Substraten	70	8	5.58
8, 9	Rendzinen und Rohböden	35	2	0.70
10	Sand- Gleyregosole u.ä.	49	3	1.47
11	Sand- Gleypodsole	122	3	3.66
12	Sand- Gleybraunerden u.ä.	76	9	6.80
14	Braunerdestaugleye u.ä. in Lehmsubstraten	76	1	0.76
20, 21	Graugleye (humusärmere Normgleye) u.ä.	70	3	2.09
30, 31	Humusgleye	134	2	2.67
33	Anmoor- und Moorgleye	262	1	2.62
40	Moor	640	1	6.40
gesamt			100	70.81

Quelle: Konopatzky – Der Bodenzustand in den Wäldern Brandenburgs. Landesforstanstalt Eberswalde, 1999, verändert, Humusvorräte f. Bodenformen nach KOPP u. Schwanecke, 1994; Holzbodenfläche zu 1Mio ha gerundet (alle Eigentumsarten)

Überschreitung des Stickstoffzustandes mit maximaler N-Einbindung führt demnach auch zu realen N-Verlusten durch Humusabbau. Dieser Effekt ist durch Langzeitstudien für das nordostdeutsche Tiefland bereits verifiziert. In der Folge geht Stickstoff meist als Nitrat ins Grundwasser ab oder wird je nach Baumbestand in Dendromasse eingebaut. Zusätzlich kann aber auch klimaschädigendes Lachgas in die Atmosphäre abgegeben werden, wobei letzteres bisher aber noch nicht einmal überschlägig quantifiziert werden kann.

Die Verbesserung (Anhebung) des Stickstoffzustandes des Waldbodens ist bisher vor allem durch Stickstoffeintrag aus landwirtschaftlichen oder energetischen Quellen, inklusive Verkehr, zu erklären. Durch Klimaerwärmung ist ebenfalls eine Anhebung der Stickstoffzustände auf Grund schnellerer Humusumsatzprozesse im Boden zu erwarten, so dass sich auch allein dadurch Verschiebungen des Bodenhumusvorrates innerhalb des oben genannten Rahmens ergeben können. Das Grundniveau der Humusvorräte sinkt außerdem mit ungünstigerer klimatischer Wasserbilanz, was das Potenzial für die CO₂-Freisetzung durch Klimaerwärmung deutlich erhöht bzw. den oben genannten Freisetzungsräumen ausdehnt. Eine Quantifizierung dieser möglichen Effekte steht derzeit für Brandenburg noch aus.

Der Humusvorrat baut sich im Altersklassenwald nach Kahlschlag erst allmählich bis zum Baumholzalter auf. So binden 20- bis 60- jährige Kiefernbestände im Mittel ca. 7 – 15 t C/ha weniger im Boden als die älteren Baumholzbestände. Durch Verzicht auf Kahlschläge kann die zusätzliche CO₂-Freisetzung aus Humusabbau im laufenden Forstbetrieb gemindert werden.

Der laufende Beitrag der brandenburgischen Waldböden zur Kohlenstoffbindung ist zwar – gemessen an den derzeitigen direkten Freisetzungen aus anthropogenen Quellen – eher gering, jedoch besteht hier eines der wenigen längerfristigen und relativ stabilen Einbindungspotenziale.

Die Landesregierung Brandenburg setzt vor allem auf folgende Maßnahmen, die unter anderem die Kohlenstoffeinbindung in den Bodenhumus der Wälder verbessern sollen:

- Allgemeine Stabilisierung des Landschaftswasserhaushaltes,
- Verstärkten Schutz und hydrologische Sanierung der Moore im Wald,
- Vermeidung von Kahlschlägen und flächiger Bodenbearbeitung (beschränkt auf zertifizierte Betriebe wie die Ämter für Forstwirtschaft oder größere Privat- und Körperschaftswälder),
- Minimierung des Stickstoffeintrages im Rahmen von Luftreinhaltestrategien

2.7.7 Waldmoorentwicklung

Moore reagieren sehr sensibel auf Veränderungen des Wasserhaushaltes in ihrem Einzugsgebiet. Um Rückschlüsse auf den Wandel von Klimagrößen ziehen zu können, dürfen die Einzugsgebiete keinen menschlichen Einflüssen ausgesetzt sein. Dafür eignen sich besonders gut Kessel- und Verlandungsmoore in abgeschlossenen Binneneinzugsgebieten mit natürlicher Waldbestockung.

Weiterhin sind auch Quellen und Quellmoore geeignet, wenn die Ausdehnung ihres Einzugsgebietes bekannt ist und sie den genannten Bedingungen entsprechen. Unentwässerte Moore und Seen in lehmigen Endmoränenlandschaften sind vermutlich die einzigen Feuchtgebiete in Brandenburg, deren Wasserhaushalt ausschließlich durch das Klima gesteuert wird.

Es gibt noch keine zusammenhängenden Erfassungen, nur einzelne Quellen und Quellmoore sind bekannt. Längere Aufzeichnungen aus ungestörten bzw. naturnahen Mooren sind in Brandenburg nicht bekannt.

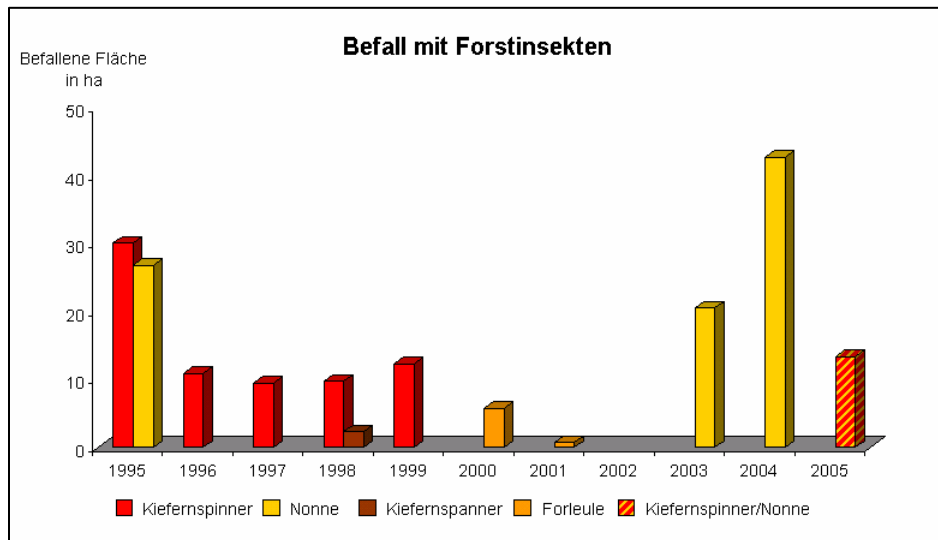
Gegenwärtig sind nur noch 10 % der brandenburgischen Moore in einem naturnahen Zustand. Lediglich 2 % des Gesamtmoorbstandes bilden noch Torf. Etwa 8 % der Waldfläche in Brandenburg sind organische Standorte, d.h. Moore in verschiedenen Ausprägungen und Zuständen. Moore haben im Wesentlichen drei wichtige Funktionen in der Landschaft:

- Wasserspeicher und ausgleichende Funktion auf das Kleinklima,
- Kohlenstoffspeicher und
- Rückzugsgebiet für viele spezialisierte Arten [31].

Moore reagieren auf Störungen im Landschaftswasserhaushalt, die durch menschliche Einflüsse wie z.B. Entwässerung, monotone Nadelholzkulturen, Wasserfassungen und Braunkohlebergbau sowie Klimaveränderungen verursacht werden, sehr empfindlich.

2.7.8 Schädlinge im Wald

In den Kiefernwäldern Brandenburgs treten in fast jährlichen Abständen Massenvermehrungen von nadelfressenden Insekten auf. Zu erwartende Schäden verlangen meist Schutzmaßnahmen in Form von Pflanzenschutzmitteleinsatz. Eine Aussage, ob derartiger Befall von Forstinsekten im Zusammenhang mit sich ändernden klimatischen Bedingungen steht, kann derzeit nicht gemacht werden. Ob durch die Erwärmungstendenzen neue Schädlinge in die Forsten eindringen werden, kann auf Basis der Szenarien noch nicht eindeutig belegt werden [31].



Quelle: MLUV Brandenburg, Abt.4

Abb. 2.7.8: Befall mit Forstinsekten

Zusammenfassung 2.7 – Forstwirtschaft

- Der aktuelle Waldzustandsbericht für Brandenburg und Berlin macht deutlich, dass die Auswirkungen des Klimawandels auch in unseren Wäldern sichtbar werden. Die durch Temperaturrekord- oder Niederschlags-extreme gekennzeichneten Jahre nach 1995 haben ihre Spuren hinterlassen.
- Die Beobachtung des Waldes und seines Zustandes wird sich zukünftig auch neuen Fragen stellen müssen: Wie reagiert der Wald auf Klimaveränderungen und Wasserdefizite? Welchen langfristigen Beitrag liefern die Wälder zur Kohlenstoffspeicherung oder -emission? Wie entwickelt sich die Biodiversität? Erste Antworten und Lösungsansätze finden sich in den dargestellten Indikatoren.
- Durch Klimaerwärmung ist eine Anhebung der Stickstoffzustände auf Grund schnellerer Humusumsatzprozesse im Boden zu erwarten, so dass sich allein dadurch Verschiebungen des Bodenumumvorrates ergeben können. Das Grundniveau der Humusvorräte sinkt außerdem mit ungünstigerer klimatischer Wasserbilanz, was das Potenzial für die CO₂-Freisetzung durch Klimaerwärmung deutlich erhöht bzw. den oben genannten Freisetzungsrahmen ausdehnt. Eine Quantifizierung dieser möglichen Effekte steht derzeit für Brandenburg noch aus.
- Das Nutzungspotenzial des Waldholzes ist geprägt von regionalen Unterschieden. Es ist eine erhebliche Differenzierung der Einschlagsmengen zwischen den Waldbesitzarten zu verzeichnen. In keinem Fall wird das nutzbare Potenzial ausgeschöpft (ökonomische Grenzen).

2.8 Landwirtschaft

Die Landwirtschaft ist in dreierlei Hinsicht von Interesse für das Klimaschutzmanagement. Die Landwirtschaft ist einerseits Verursacher von klimaschädigenden Emissionen (z.B. Methan und Lachgas), andererseits leistet die Landwirtschaft durch die Produktion von Biomasse und den ökologischen Landbau einen Beitrag zum Klimaschutz. Der dritte, langfristig entscheidende Punkt ist die Adaptionsfähigkeit der Landwirtschaft an den Klimawandel. Hierbei ist besonders die Wechselwirkung von Landwirtschaft und Landschaftswasserhaushalt von großem Interesse.

Neben der Rinderhaltung ist die mineralische Düngung ein Problem für den Klimaschutz, für die Bodenbeschaffenheit und letztendlich auch für den Wasserhaushalt bzw. die Wasserqualität. Eine besondere Problematik besteht darin, dass von der landwirtschaftlichen Nutzfläche Brandenburgs (ca. die Hälfte der Landesfläche) 34 % überwiegend grundwasserferne Sandstandorte mit Ackerzahlen unter 28 sind [32]. Ihr geringes Wasserspeichervermögen ist die Hauptursache für Ertragsausfälle in längeren Trockenperioden. Die Art der Landnutzung kann aber erheblich zur Grundwasserneubildung beitragen. Dies gilt vor allem für Wasserzuflüsse auf den Moränen- und Talsandstandorten, die ca. drei Viertel der Landesfläche einnehmen, denn hier findet die höchste Grundwasserneubildung (ca. 100mm/a) bei ackerbaulicher Nutzung statt.

Neueste Untersuchungen haben ergeben, dass bei einer Erwärmung um 1,4 °C und dem zeitgleichen Niederschlagsrückgang auf durchschnittlich 460 mm (PIK-Szenario [1]) die Grundwasserneubildung auf ein Fünftel absinkt und gleichzeitig der Nitratgehalt des Sickerwassers um den Faktor 3 steigt [33].

Extensive Landbewirtschaftung, wie beispielsweise der ökologische Landbau, leistet gegenüber der konventionellen Landwirtschaft durch ihren geringeren Dünger- und Energieeinsatz einen deutlichen Beitrag zum Klimaschutz. Die CO₂-Minderung beträgt ca. 0,6 t CO₂ je Hektar ökologische Anbaufläche [34]. Im Jahr 2004 wurden bereits 9,6 % der insgesamt landwirtschaftlich genutzten Fläche in Brandenburg derartig bewirtschaftet. Dies ist bundesweit der höchste Anteil und bedeutet eine jährliche CO₂-Minderung von 80.000 t.

Durch die Produktion von Energiepflanzen kann die Landwirtschaft, die sich zurzeit in einem Umorientierungsprozess hin zu einer stärker multifunktionellen Ausrichtung befindet (u.a. vom Landwirt zum Energiewirt), wichtige Klimaschutzbeiträge liefern. Biomasse als Energieträger hat in der Region Brandenburg-Berlin ein erhebliches Potenzial und den besonderen Vorteil gegenüber Solar- und Windenergie, dass dieser Energieträger gespeichert werden kann. Die Biomasse unterteilt sich im Wesentlichen in Festbrennstoffe wie Stroh, Feldholz und Restholz, pflanzliche Öle als Treibstoff und Biogasnutzung. Darüber hinaus können landwirtschaftlich erzeugte Rohstoffe herkömmliche Industrierohstoffe wie Farben, Fasern und Schmierstoffe substituieren und somit einen Beitrag zur Einsparung von Mineralölen leisten. Welchen Umfang derartige stoffliche Ablösungen erreichen werden, kann derzeit nicht eingeschätzt werden. Ebenso ungeklärt ist, welcher Weg, die energetische oder die stoffliche Nutzung, den höheren Klimaschutzeffekt bringt.

In den letzten Jahren hat es in der Region Brandenburg-Berlin einen Trend zu abnehmenden Sommerniederschlägen und leicht zunehmenden Winterniederschlägen gegeben. Die Anfälligkeit der Landwirtschaft gegenüber Witterungsschwankungen hat sich dadurch verstärkt. Eine regionale Erwärmung muss nicht zu einer Zuspitzung der Situation führen. Ertragsrückgänge bei einer Vielzahl von Kulturen können ggf. durch das höhere CO₂-Angebot kompensiert werden.

Klimaänderungen müssen nicht unbedingt mit Ertragsverlusten einhergehen. Da die Länge der Wachstumsperiode vor allem temperaturbestimmt ist, können die prognostizierten Temperaturerhöhungen bei einigen ausgewählten Kulturen zu Ertragserhöhungen führen.

Die Kosten der landwirtschaftlichen Güterproduktion steigen mit den Kosten der Bewässerung. Die Wettbewerbsfähigkeit der brandenburgischen Agrarproduktion steht nach Aussagen der aktuellen Klimaszenarien in direkter Abhängigkeit von den hydrologischen Verhältnissen. Die schon jetzt sehr angespannte Wasserversorgungssituation wird sich in Brandenburg für alle Fruchtartengruppen verschärfen [35].

Indikatoren und Datenreihen

Indikatoren die die Wechselwirkungen zwischen Klimaschädigung und aktivem Klimaschutz abbilden können sind:

1. Entwicklung des Rinderbestandes,
2. Entwicklung des Mineraldüngereinsatzes,
3. Entwicklung des ökologischen Landbaus,
4. Anteil der Biomasse am Primärenergieverbrauch.

Darüber hinaus gilt es im Zusammenhang mit der Adaptionfähigkeit der Landwirtschaft zunächst folgende Fragestellungen zu klären:

1. Wie ändern sich die Komponenten der klimatischen Wasserhaushaltsbilanz unter den Bedingungen des Klimaszenarios im Vergleich zum Referenzzeitraum?
2. Welche Auswirkungen hat das auf die ökologisch relevanten Stoffausträge unter landwirtschaftlich genutzten Flächen und welche Sickerwasserkonzentration sind zu erwarten?
3. Welche Veränderungen der Erträge landwirtschaftlicher Kulturpflanzen können sich unter veränderten Klimaverhältnissen ergeben?
4. Welche Konsequenzen sind für die Tierproduktion zu erwarten?

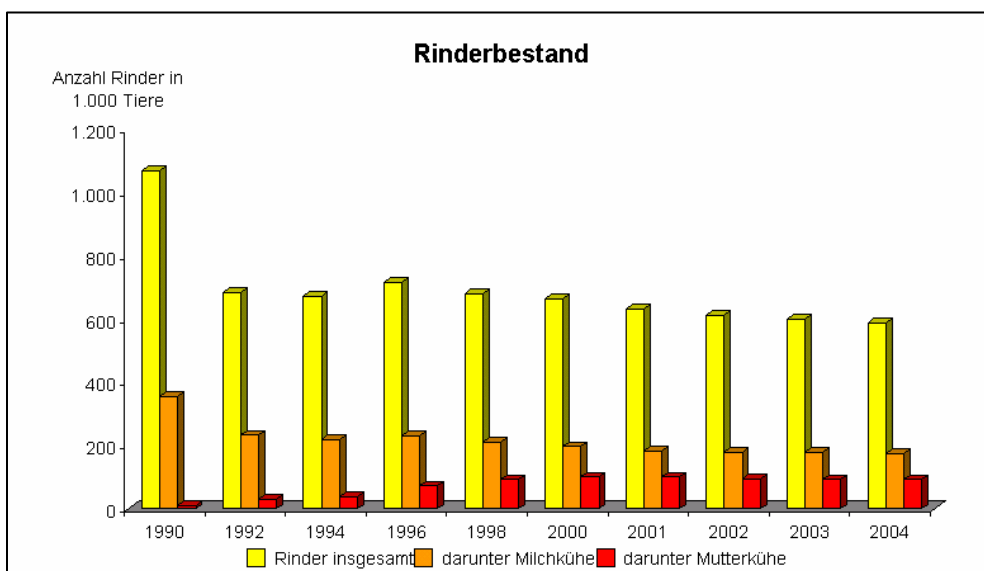
(siehe Punkt 2.8.5 Indikatoren zur Adaptionfähigkeit der Landwirtschaft)

Ziel- und Vergleichsgrößen

Für den Einsatz der mineralischen Düngung, den Ausbau des ökologischen Landbaus oder zum Rinderbestand fehlen derzeit noch Zielstellungen. Die Energiestrategie 2010 hat das Ziel, dass die erneuerbaren Energien einen Anteil von 5 % am Primärenergieverbrauch in 2010 haben sollen. Innerhalb der erneuerbaren Energien soll die Biomasse (Biogas, Klärgas, Deponiegas und nachwachsende Rohstoffe) den größten Anteil bereitstellen.

2.8.1 Rinderbestand

Bei den nichtenergiebedingten Treibhausgasen spielen für die Landwirtschaft Brandenburgs die Klimagase Methan (CH₄) und Lachgas (N₂O) eine wichtige Rolle. Verursacher der Methan-Emissionen sind vor allem die Rinderbestände des Landes. Milchkühe spielen dabei eine besondere Rolle, da bei deren enterogener Fermentation eine überproportionale Treibhausgasemission entsteht. Eine Begrenzung der CH₄-Emissionen ist durch die Anzahl der Rinder als auch über die Zusammensetzung des Futters möglich.



Quelle: MLUV Brandenburg, Abt.2

Abb. 2.8.1: Rinderbestand im Land Brandenburg

Die Entwicklung stellt sich im bundesdeutschen Vergleich wie folgt dar:

Tab. 2.8.1: Entwicklung des Rinderbestandes im Vergleich (1.000 Tiere)

	Brandenburg		Deutschland	
	2003	2004	2003	2004
Rinder insgesamt	601,2	589,3	13.612	13.196
darunter Milchkühe	178,6	174,0		4.286
landwirtschaftlich genutzte Fläche (LF) in 1.000 ha	1.328	1.338	17.008	17.020
Rinderanzahl pro ha LF	0,45	0,44	0,80	0,78

Quelle: MLUV Brandenburg, Abt.2

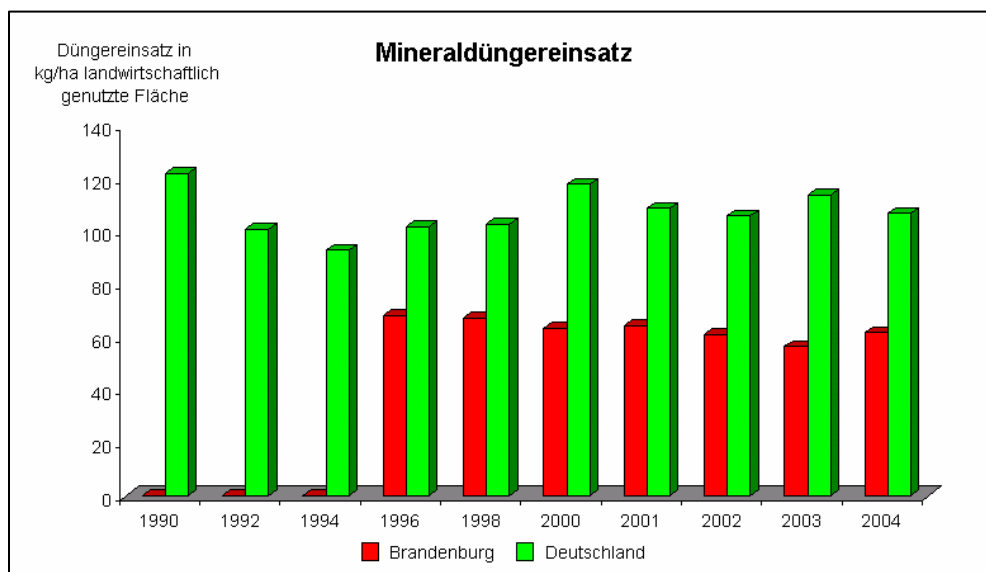
2.8.2 Mineraldüngereinsatz

Bezüglich des Beitrages der Landwirtschaft zur Emission klimawirksamer Spurengase spielen neben Lachgas und Methan, Ammoniak (NH₄), Kohlenmonoxid (CO), Stickoxide (NO_x), Nicht-Methan-Kohlenwasserstoffe sowie gasförmige Schwefelverbindungen eine Rolle. Der Indikator Mineraldüngereinsatz soll Auskunft über die Lachgasemissionen geben. Lachgas ist Distickstoffoxid (N₂O). In Brandenburg liegt der Einsatz stickstoffhaltiger Mineraldünger deutlich unter dem bundesdeutschen Durchschnitt (Abb. 2.8.2).

Ziel ist die pflanzenbedarfs- und standortgerechte Düngung, die der Erhaltung oder Verbesserung der Bodenfruchtbarkeit sowie der Gewährleistung der Ertragssicherheit dient. Ein Übermaß an Düngung belastet Klima, Boden und Wasser. Ein Schwerpunkt der Landesagrarpolitik ist es, umwelt- und klimaschonende Wirtschaftsweisen durch Aus- und Fortbildung, Beratung, Forschungsprojekte und gezielte Förderprogramme zu unterstützen.

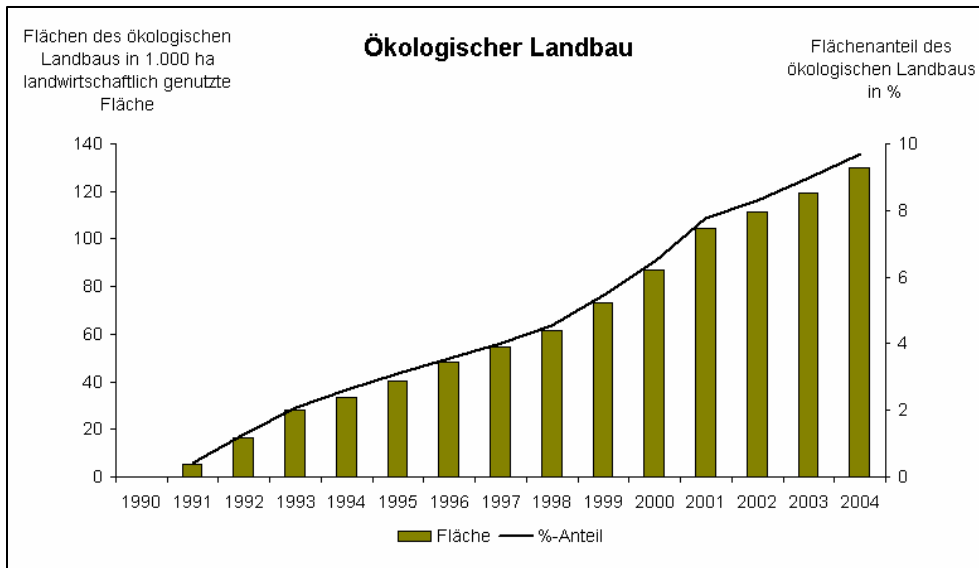
2.8.3 Ökologischer Landbau

Extensive Landbewirtschaftung, wie beispielsweise der ökologische Landbau, leistet gegenüber der konventionellen Landwirtschaft durch ihren geringeren Energieeinsatz einen deutlichen Beitrag zum Klimaschutz. Einem um ca. 40 – 60 % geringeren Energieeinsatz stehen beim ökologischen Landbau verminderte Erträge (ca. 10 – 30 %) gegenüber. Das entspricht einer Klimagasreduzierung um etwa 0,6 t CO₂-Äquivalent/ha und resultiert aus dem Verzicht auf mineralische Stickstoffdüngung (Abb. 2.8.3) [34].



Quelle: MLUV Brandenburg, Abt.2

Abb. 2.8.2: Mineraldüngereinsatz im Vergleich



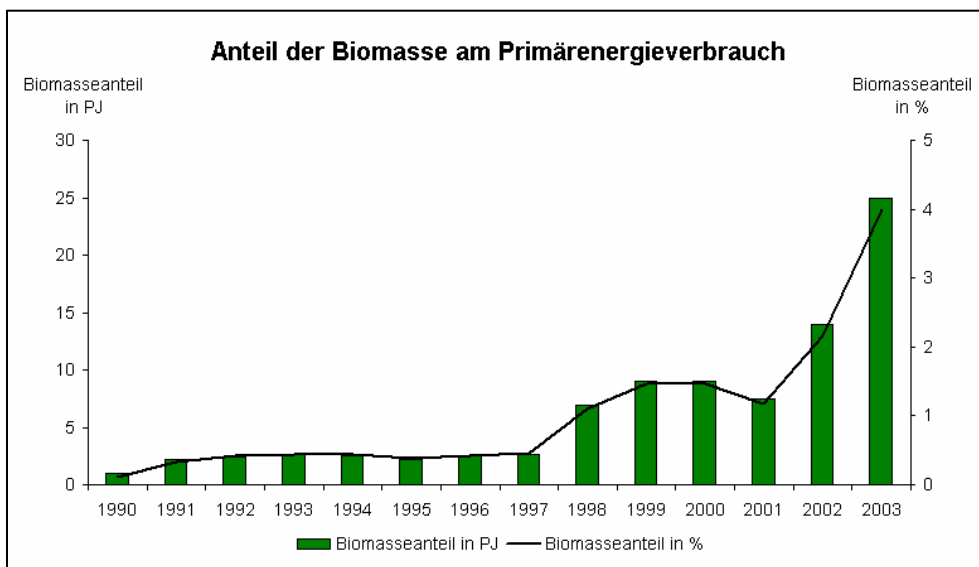
Quelle: MLUV Brandenburg, Abt.2 /LUA Brandenburg

Abb. 2.8.3: Entwicklung des ökologischen Landbaus im Land Brandenburg

2.8.4 Anteil der Biomasse am Primärenergieverbrauch

Die Produktion von Energie aus Biomasse ist ein wichtiger Faktor für die zukunftsorientierte Entwicklung ländlicher Regionen auch hinsichtlich der Schaffung neuer und der Sicherung vorhandener Arbeitsplätze. Auf Grund der Nachfrage von Biomasse für die energetische und stoffliche Verwertung sowie für die Kraftstoff-Produktion müssen Lösungen für die Rohstoffabsicherung entwickelt werden. Eine Möglichkeit bietet der ökologische Anbau von Kurzumtriebsplantagen mit schnellwachsenden Gehölzen. Solche Plantagen könnten mittelfristig zu einem größeren Rohstoffangebot beitragen.

Der Anteil der Biomasse an der Gesamtbilanz erneuerbarer Energien von 32,5 PJ nahm im Jahr 2003 mit rund 77 % (25,1 PJ) die angestrebte herausragende Stellung ein. Durch die Nutzung in Biomassekraftwerken und Blockheizkraftwerken sowie Beimischungen in öffentlichen Kraftwerken und Industriekraftwerken kamen 12,9 PJ für die Strom- und 10,2 PJ für die Wärmezeugung zum Einsatz. Fast 2,0 PJ wurden in Form von biogenen Kraftstoff bereitgestellt (Abb. 2.8.4).



Quelle : LUA Brandenburg

Abb. 2.8.4: Anteil der Biomasse am Primärenergieverbrauch

2.8.5 Indikatoren zur Adaptionfähigkeit der Landwirtschaft

Für die Beurteilung der „Adaptionfähigkeit der Landwirtschaft“ an den Klimawandel wurde durch das Zentrum für Agrarlandschaftsforschung e.V. in Müncheberg (ZALF) erarbeitet, welche Herausforderungen mit dem Klimawandel verbunden sind.

Innerhalb einer Forschungsarbeit [33] wurden auf Basis des PIK-Szenariums [1] die möglichen Auswirkungen der Klimaänderung für das Jahrzehnt 2046 bis 2055 anhand eines repräsentativen Agrarlandschaftsraumes untersucht. Hierbei handelt es sich um ein 54.000 ha großes Gebiet im Landkreis Märkisch-Oderland. Grundlage für die Untersuchung bildeten neben den eigenen Methoden und Expertenwissen die am ZALF verfügbaren schlaggenauen Erhebungen zu den Fruchtarten, den Erträgen und der Düngung von insgesamt 54 Landwirtschaftsbetrieben.

Bei der Szenarienberechnung wurden folgende Randbedingungen und Annahmen außer Acht gelassen:

- Änderung der Landnutzung zwischen den Betrachtungsperioden (1993 – 2001 und 2046 – 2055),
- Anbau stresstoleranterer Sorten von Kulturpflanzen (Züchtungserfolge etc.),
- Änderung des Managements in der Pflanzenproduktion (Bodenbearbeitung etc.),
- Veränderung der pflanzlichen Stoffbildung durch erhöhtes CO₂-Angebot,
- Intensivierung des Stoffwechsels als Folge steigender Temperaturen.

Die Untersuchungen betrachten nicht die Folgen von Extremwetterlagen, die voraussichtlich das größte Problem für die landwirtschaftliche Produktion darstellen, sondern spiegeln die Folgen eines normalen Witterungsverlaufes eines zukünftigen Jahrzehnts wider. Kernstück des skizzierten Klimas ist die Niederschlagsarmut und der Wassermangel innerhalb der Vegetationsperiode. Im einzelnen kommen die Untersuchungen des ZALF zu folgenden Ergebnissen [33]:

1. Es wird ein Rückgang der Erträge je nach Fruchtart um 5 bis 14 % erwartet.
2. Erhebliche Probleme entstehen in der Tierproduktion in Folge höherer Umgebungstemperaturen (verringertes Wachstum, geringere Milchleistung, erhöhte Sterblichkeit).
3. Die Verdunstung in Brandenburg wird um etwa 20 mm/a zunehmen. Dies ist insbesondere darauf zurückzuführen, dass die Pflanzenbestände den Wasservorrat des Bodens im Sommer bereits jetzt voll ausschöpfen.
4. Der Wasservorrat des Bodens sinkt im Klimamodell um fast ¼. Die durchschnittliche Sickerwasserrate sinkt von 143 mm/a auf 12 mm/a ab. Das bedeutet, dass in vielen Jahren kein Sickerwasser mehr anfällt.
5. Die Gefahr des Austrocknens zahlreicher Gewässer und Feuchtgebiete wie Seen, Sölle und Niedermoore nimmt durch die sich deutlich verringemde Grundwasserneubildung zu.
6. Stark steigende Konzentrationen von Nitrat im Sickerwasser (Faktor 3) bei deutlich verzögertem Austrag der Schadstoffe aus den landwirtschaftlich genutzten Flächen in tiefere Bodenschichten.

Die Ergebnisse der ZALF-Untersuchungen sind auszugsweise im Anhang 2 und 3 dargestellt.

Zusammenfassung 2.8 – Landwirtschaft

- Für den Einsatz der mineralischen Düngung, den Ausbau des ökologischen Landbaus und zum Rinderbestand sind noch keine Zielstellungen quantifiziert. Der Vergleich mit der bundesdeutschen Entwicklung macht aber deutlich, dass in Brandenburg wesentlich weniger mineralische Dünger ausgebracht werden und das Land beim Ausbau des ökologischen Landbaus einen Spitzenplatz belegt.
- Landwirtschaftlich genutzte Flächen tragen bisher in hohem Maße zur Grundwasserneubildung bei. Inwieweit der Klimawandel diese wichtige Funktion beeinträchtigen wird, hängt von den sich einstellenden Niederschlagsmengen und der Adaptionfähigkeit der Landwirtschaft ab. Angesichts der breiten Palette von Handlungsmöglichkeiten bestehen gute Voraussetzungen dafür, dass sich die brandenburgische Landwirtschaft auf die sich ändernden Klimabedingungen ohne große Verluste in der Tier- und Pflanzenproduktion einstellen kann. Die ökologischen Auswirkungen hingegen sind eine schwere Bürde für den Landschaftswasserhaushalt. Einen wesentlichen Beitrag zur Lösung dieser Aufgabenstellung lassen Landschaftsgrößenexperimente erwarten. Der Aufbau eines speziellen ergänzenden Indikatorensystems sollte erfolgen.

2.9 Landschaftswasserhaushalt und Hochwasserschutz

Das Land Brandenburg ist gekennzeichnet von Gewässerreichtum und Wasserarmut. Das Land durchziehen mehr als 33.000 km Fließgewässer ergänzt durch ca. 3000 Seen mit einer jeweiligen Fläche größer 1 ha. Das geringe Niederschlags- und Wasserdargebot geht einher mit leichten Böden und erhöht somit die Dürregefahr. Das Problem wird durch den Bergbau und die Hydromelioration in den Niederungen verschärft.

Die Wechselbeziehungen zwischen Klimabedingungen, Landschaftswasserhaushalt und Gewässerdurchfluss müssen auch im Zusammenhang mit dem Klimaschutzmanagement untersucht und dargestellt werden. Bereits kleine Änderungen der klimatischen Randbedingungen, insbesondere des Niederschlags und der Lufttemperatur, haben relativ große Auswirkungen auf die anderen Elemente des Wasserkreislaufs. Klimatische Veränderungen wirken sich über die Grundwasserneubildung direkt auf die Grundwasserstände und Abflüsse in den Fließgewässern aus. Grundwasserstände und Abflüsse stellen deshalb gute Indikatoren zur Einschätzung der Wirkung von Klimaveränderungen dar. Dabei ist jedoch zu berücksichtigen, dass andere anthropogene Einflüsse wie Land- und Wasserwirtschaft diese Größen stark beeinflussen. In vielen Fällen werden vorhandene Probleme (z.B. großräumige Grundwasserabsenkung im Rahmen der Braunkohleförderung, Moorentwässerung) durch den Klimawandel nur verschärft.

Wie die Entwicklung einzelner Parameter (Lufttemperatur, Niederschlag, potenzielle Verdunstung, klimatische Wasserbilanz) verdeutlicht, macht sich die globale Klimaerwärmung bereits regional bemerkbar. Neben einer Temperaturerhöhung ist ein verändertes Auftreten von bestimmten Wetterlagentypen festzustellen. Die mittlere Jahrestemperatur ist an der Station Potsdam seit 1900 um 0,9 °C angestiegen [35]. Änderungen des Niederschlages sind regional sehr unterschiedlich und Trendaussagen hierzu sind mit großen Unsicherheiten behaftet. Bezüglich seltener Ereignisse scheint sich eine Tendenz zur Zunahme von Extremereignissen zu zeigen. Gesichert lässt sich nur die Zunahme der Temperatur erwarten, wobei für die nächsten 50 Jahre mit einer weiteren Erhöhung um mindestens 1,5 °C zu rechnen ist [35].

Auswirkungen auf den Wasserhaushalt sind bei Änderung der klimatischen Bedingungen grundsätzlich zu erwarten. Es steht deshalb weniger in Frage ob, sondern wie groß diese Änderungen und Einwirkungen sind und wie sie auf die unterschiedlichen Größen des Wasserkreislaufs wirken. Zur Beurteilung der hydrologischen Auswirkungen sind in den letzten Jahren zunehmend Modelle zum Einsatz gekommen [35], [1], [36]. Sie sind notwendig, um die an den Messstellen erfassten Punktwerte der Klimagrößen wie auch der Abflüsse in landesweite Aussagen zur Entwicklung des Landschaftswasserhaushaltes zu transformieren. Neben der Analyse vergangener Zeitreihen sind mit den Modellen auch prognostische Aussagen möglich, z.B. zur Wirkung von Landnutzungs- und Bewirtschaftungsänderungen, zur Niedrigwasservorhersage sowie für die Bearbeitung der Aufgaben im Rahmen der EU-Wasserrahmenrichtlinie (WRRL).

Vor allem für die Ableitung landesweiter Aussagen muss die Bedeutung des vom LUA betriebenen Pegelnetzes hervorgehoben werden. Die eigene Datenerhebung ist notwendig, um die Auswirkungen von Klimaänderungen auf die Wasserstände, Abflussverhältnisse und Bewirtschaftungsmaßnahmen in den Regionen Brandenburgs detailliert erfassen zu können.

Die Modellierung des landesweiten Wasserhaushaltes sollte zukünftig im Abstand von fünf Jahren mit den aktuellen Klimadaten vorgenommen werden. Die dabei ermittelten Daten können dann die Grundlage für die Gewässerbewirtschaftung sowie für die Erteilung wasserrechtlicher Genehmigungen bilden. Nur so wird eine zeitnahe Anpassung der Nutzungen an sich verändernde Wasserverhältnisse möglich.

Sollte sich die Tendenz der geringen Grundwasserneubildung verstärken, ergeben sich vielfältige neue Fragestellungen und Probleme. Abnehmendes Grundwasser kann durch den sinkenden Auflagerungsdruck zum Aufsteigen des mineralisierten Tiefenwassers führen. Das wiederum könnte eine Versalzung unserer Grundwasserreserven bewirken. Wasser in etwa 300 bis 3.000 m (Meter) Tiefe erreicht einen Chloridgehalt, der bis zu 50mal höher ist als der der Ostsee. Auch wenn eine derartige Versalzung nicht alle Trinkwassergewinnungsgebiete betreffen wird, kommt es darauf an, Strategien zu entwickeln, derartige Auswirkungen zu verhindern [37].

Ein weiteres Problem im Zusammenhang mit dem Landschaftswasserhaushalt ist die Flutung der Tagebaurestlöcher in der Lausitz. Hier müssen unter Beachtung des ggf. weiter steigenden

Dargebotsdefizits begleitende Neubewertungen hinsichtlich Quantität der Flutung und Qualität der Gewässer, auch in Bezug auf die WRRL, erfolgen.

Brandenburg besitzt heute eine Moorfläche von rund 220.000 ha (ca. 7 % der Landesfläche), von denen noch 10 % als relativ naturnah eingestuft werden. Eine fortschreitende Entwässerung bzw. Austrocknung der Moorstandorte führt durch Torfmineralisation zur CO₂-Freisetzung. So betragen Emissionswerte bei der Torfmineralisation auf Grünlandstandorten bis 6.700 kg CO₂ je Hektar und Jahr. Die Förderrichtlinie Landschaftswasserhaushalt des MLUV hat in den letzten Jahren landesweit Projekte insbesondere zur Wiedervernässung von Moorstandorten unterstützt. Ein weiterer Handlungsschwerpunkt ist das Brandenburger Moorschutzprogramm, das sich auf Waldmoore konzentriert. Durch Verschluss von Entwässerungsgräben und gezielten Waldumbau zu standortgerechten Laubwäldern wird der Wasserhaushalt der Waldmoore verbessert und ein weiterer Torfabbau verhindert.

Die prognostizierten Veränderungen im Landschaftswasserhaushalt und die Zunahme von Extremwetterlagen werden in der wasserwirtschaftlichen Planung, speziell dem Hochwasserschutz, Berücksichtigung finden müssen. Im Zusammenhang mit der Raumordnung werden ggf. Flächen als Vorrangflächen für den Hochwasserschutz zu sichern sein oder für den Bau von Rückhaltebecken u.ä. gesucht werden müssen. Die Einbindung des Themas Hochwasserschutz in das Klimaschutzmanagement erfolgte bisher nicht. Die Erarbeitung von Indikatoren und von Ziel- und Vergleichsgrößen steht diesbezüglich noch aus.

Indikatoren und Datenreihen

Indikatoren zur Beurteilung des Klimas und des Landschaftswasserhaushaltes sind:

1. Entwicklung der Lufttemperatur*,
2. Entwicklung des Niederschlages*,
3. Entwicklung der potenziellen Verdunstung*,
4. Entwicklung der klimatischen Wasserbilanz*,
5. Entwicklung der Grundwasserstände,
6. Entwicklung des Abflussverhaltens.

*Die einzelnen Entwicklungen werden auf Basis der meteorologischen Station Potsdam stellvertretend dargestellt. Die Station Potsdam kann für die Summe der Parameter als repräsentatives Beispiel für das Land Brandenburg angesehen werden [10]. Darüber zeichnet sich die Station durch das lückenlose Datenmaterial seit über 100 Jahren aus.

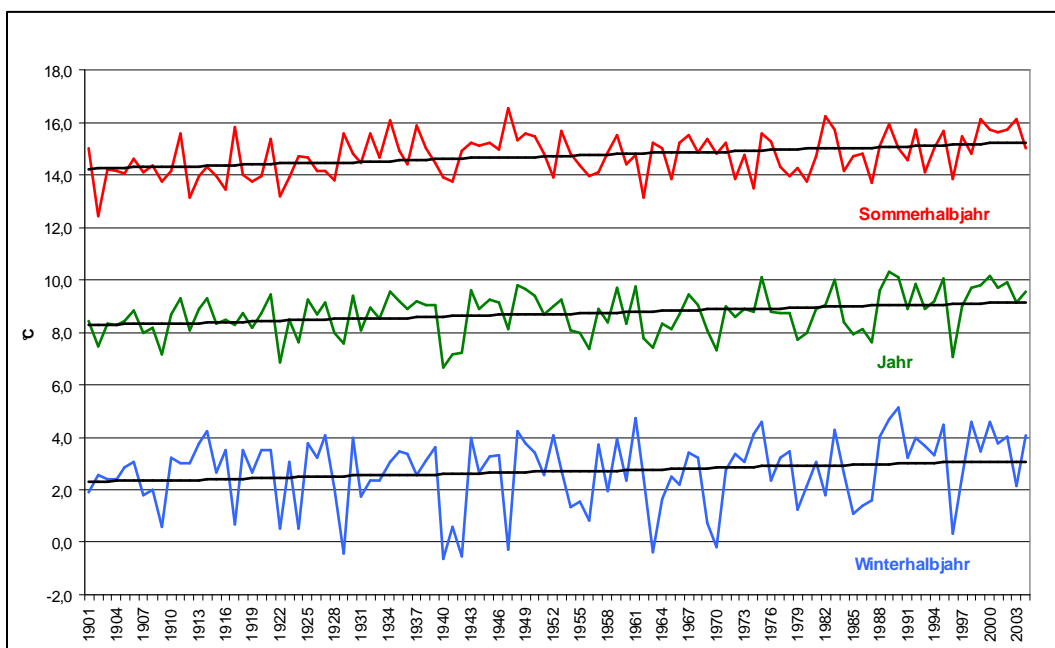
Ziel- und Vergleichsgrößen

Für das Handlungsfeld werden keine Ziele hinsichtlich der Minderung von Klimagasen definiert. Ziel des Handlungsfeldes ist die Stabilisierung des Landschaftswasserhaushaltes bei sich verschärfenden Rahmenbedingungen, u.a. durch Klimaänderung. Durch die Verbesserung des Wasserhaushalts von Moorflächen wird die CO₂-Freisetzung reduziert. Wachsende Moore tragen durch Akkumulation organischer Stoffe zur CO₂-Fixierung bei.

2.9.1 Mittelwerte der Lufttemperatur

Die Lufttemperatur ist der Indikator, an dem heute auf globaler und regionaler Ebene die Klimaentwicklung beurteilt wird. Die langjährige Beobachtung der Klimagrößen an den meteorologischen Stationen ermöglicht eine Analyse der langfristigen Trendentwicklung.

Am Beispiel der Station Potsdam wird deutlich, dass die Mittelwerte der Lufttemperatur für die Halbjahre sowie für das hydrologische Jahr (November bis Oktober) starke Schwankungen aufweisen. Das betrifft sowohl die innerjährlichen Schwankungen als auch die Schwankungen der aufeinanderfolgenden Jahre (Abb. 2.9.1). Die Berechnung des linearen Trends ergibt einen statistisch signifikanten Anstieg der mittleren Jahrestemperatur an der Station Potsdam seit 1900 um 0,9 °C. Diese positive Temperaturentwicklung betrifft sowohl das Winterhalbjahr als auch das Sommerhalbjahr, wobei der Temperaturanstieg im Sommer nur geringfügig größer ist als im Winterhalbjahr.



Quelle: DWD/LUA Brandenburg

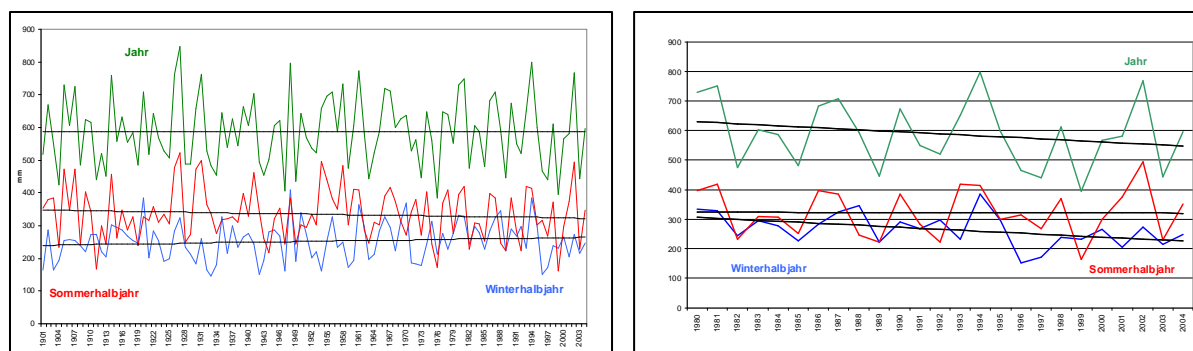
Abb. 2.9.1: Jahres- und Halbjahresmittelwerte der Lufttemperatur für die hydrologischen Jahre 1901 – 2004

2.9.2 Jahresniederschläge

Der zweite wichtige Indikator zur Beurteilung der regionalen Klimaentwicklung ist der Niederschlag. Anders als bei der Lufttemperatur sind beim Niederschlag bereits innerhalb von Deutschland regional deutlich unterschiedliche Trendentwicklungen zu verzeichnen. Während sich in Süddeutschland die Jahresniederschläge in den letzten 100 Jahren um bis zu 150 mm erhöht haben, weisen die mittleren Jahresniederschläge an der Station Potsdam keinen signifikanten Trend auf (Abb. 2.9.2 links).

Auf Grund des kontinental geprägten Klimas überwiegen in der Jahresniederschlagssumme die Sommerniederschläge. Bei der Entwicklung der Halbjahressummen des Niederschlags wird eine geringe Abnahme der Sommerniederschläge bei gleichzeitiger Zunahme der Winterniederschläge deutlich. Große Bedeutung besitzt die Höhe der Winterniederschläge insbesondere für die Grundwasserneubildung, da die Niederschläge im Sommerhalbjahr von der Vegetation aufgenommen werden und kaum zur Grundwasserneubildung beitragen.

Bei der Betrachtung der Trendentwicklung für kürzere Zeiträume (letzten 25 Jahre; Abb. 2.9.2 rechts) wird ein deutlich anderes Trendverhalten sichtbar. Im Zeitraum von 1980 – 2004 wurde an der Station Potsdam ein Rückgang der mittleren Jahresniederschläge um 80 mm (ca. 13 %) registriert. Dabei war der Rückgang im Winterhalbjahr, entgegen dem langjährigen Trend, deutlich stärker als im Sommerhalbjahr.



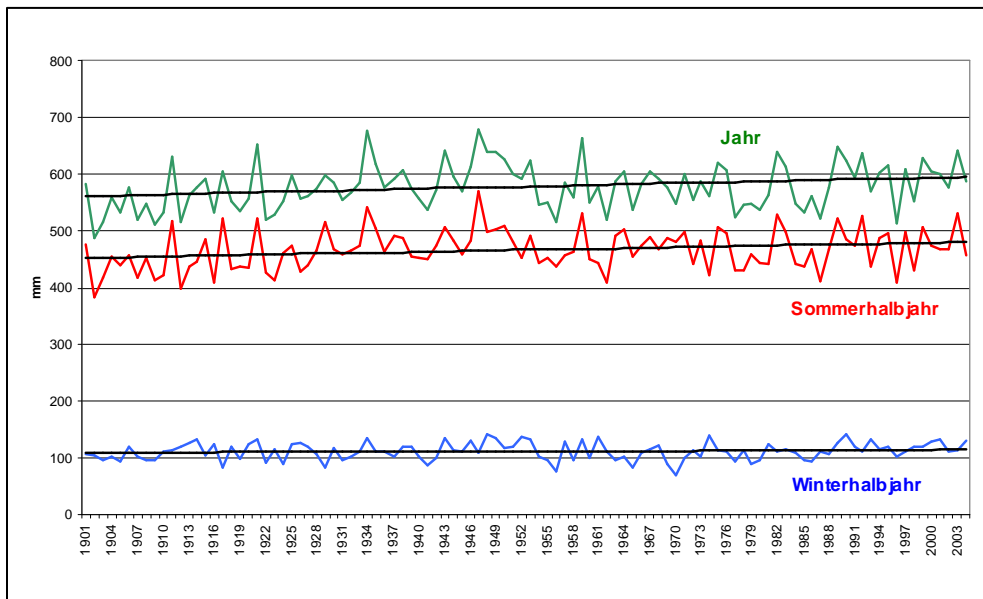
Quelle: DWD/LUA Brandenburg

Abb. 2.9.2: Jahres- und Halbjahresmittelwerte des Niederschlags für die hydrologischen Jahre 1901 – 2004 (links) und 1980 – 2004 (rechts)

2.9.3 Potenzielle Verdunstung

Die potenzielle Verdunstung ist die Wassermenge, die ein optimal mit Wasser versorgter Rasen maximal verdunsten kann. Diese maximal mögliche Verdunstung wird auch als „Verdunstungsanspruch der Atmosphäre“ bezeichnet. Diese Größe lässt sich rechnerisch aus Klima- und Strahlungsdaten berechnen. Die tatsächliche (reale) Verdunstung ist auf Landflächen meist deutlich niedriger als die potenzielle Verdunstung, da in Trockenperioden der Verdunstungsanspruch der Atmosphäre nicht befriedigt werden kann und die Vegetation bei Wassermangel die Verdunstung pflanzenphysiologisch reduziert. Bei Wasserflächen kann die tatsächliche Verdunstung die potenzielle Verdunstung dagegen z.T. deutlich übersteigen.

Bei der potenziellen Verdunstung wurde für die Station Potsdam im Zeitraum von 1901 – 2004 ein signifikanter Anstieg um 34 mm berechnet (Abb. 2.9.3). Im Sommerhalbjahr war der Anstieg dabei stärker als im Winterhalbjahr.



Quelle: DWD/LUA Brandenburg

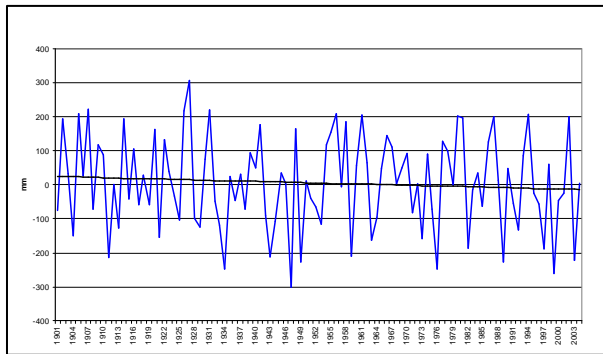
Abb. 2.9.3: *Jahres- und Halbjahresmittelwerte der potenziellen Verdunstung für die hydrologischen Jahre 1901 bis 2004*

2.9.4 Klimatische Wasserbilanz

Die klimatische Wasserbilanz ist eine rechnerische Größe, die aus der Differenz von Niederschlag und potenzieller Verdunstung berechnet wird. Sie stellt dar, welcher Anteil des Jahresniederschlags zur Befriedigung des Verdunstungsanspruches der Atmosphäre maximal verbraucht werden kann. Jahre mit positiver klimatischer Wasserbilanz sind Feuchtjahre, während eine negative klimatische Wasserbilanz Trockenjahre anzeigt.

Bei der Darstellung der Jahresreihe der klimatischen Wasserbilanz seit 1901 an der Station Potsdam werden die starken Schwankungen zwischen den Einzeljahren deutlich (Abb. 2.9.4 links). Seit Anfang der 1980er Jahre ist eine regelmäßige Abfolge von Trocken- und Feuchtjahren mit einer Frequenz von sieben Jahren aufgetreten!

Für den betrachteten Zeitraum von 1901 – 2004 ergibt sich ein Rückgang der klimatischen Wasserbilanz um 38 mm. Dieser Trend ist jedoch statistisch nicht signifikant, d.h. noch ist die Entwicklung statistisch nicht relevant.



Quelle: DWD/LUA Brandenburg

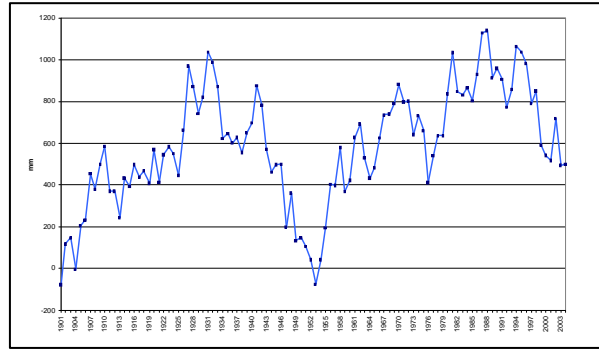


Abb. 2.9.4: Klimatische Wasserbilanz für die hydrologischen Jahre 1901 – 2004 (rechts: kumulative klimatische Wasserbilanz)

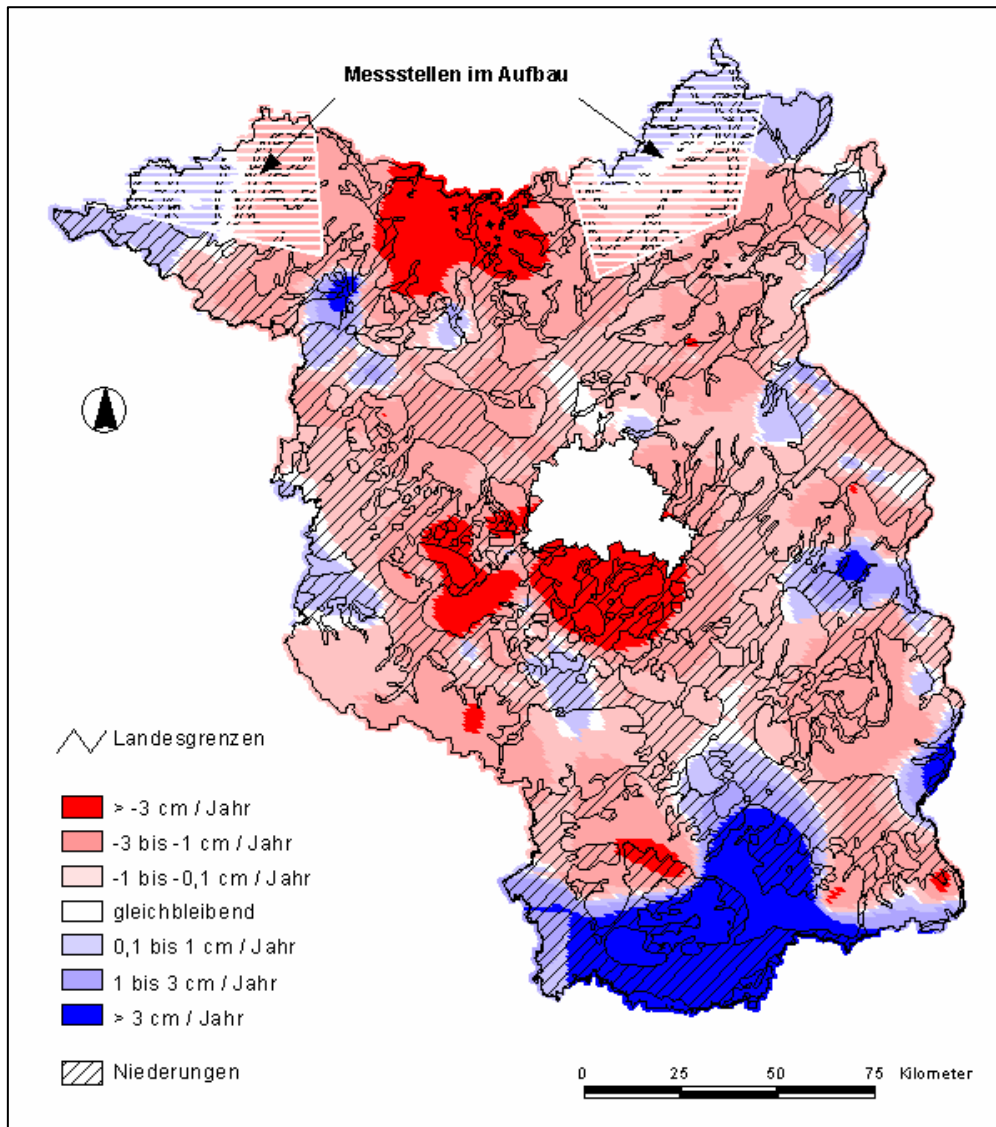
Eine andere Form der Darstellung ist die Aufsummierung der klimatischen Wasserbilanzen der Einzeljahre (Abb. 2.9.4 rechts). Diese kumulative klimatische Wasserbilanz übernimmt jeweils die Überschüsse bzw. Defizite der Vorjahre und eignet sich damit zur Darstellung von Trocken- und Feuchtperioden. Der Verlauf der kumulativen klimatischen Wasserbilanz bildet sich sehr gut in Grundwasserganglinien und Wasserständen abflussloser Seen wieder.

Die Gangliniendarstellung weist eine deutliche Trockenperiode im Zeitraum von Anfang der 1940er Jahre bis 1953 aus. Bis zur Mitte der 1980er Jahre schloss sich dann eine Periode mit deutlichen Wasserbilanzüberschüssen an. Seit Mitte der 1990er Jahre ist die Wasserbilanz deutlich negativ, wobei das Hochwasserjahr 2002 eine Ausnahme bildet.

2.9.5 Grundwasserstände

Die Grundwasserstände werden vom Landesumweltamt Brandenburg landesweit an mehr als 2.500 Grundwasserpegeln registriert. Sie sind stark von der regionalen klimatischen Entwicklung (Grundwasserneubildung) und von Standortbedingungen sowie der Bewirtschaftung abhängig. Landwirtschaftliche Flächen haben einen sehr großen Einfluss auf die Sickerwasser- und Grundwasserneubildung. Untersuchungen haben ergeben, dass bei einer landesweiten Aufforstung deutliche Rückgänge der Sickerwasserneubildung (um ca. 50 %) und negative Effekte für den Landschaftswasserhaushalt zu verzeichnen wären [36]. Für die Forstwirtschaft selbst bedeutet dies, dass ein Rückgang des Grundwassers Auswirkungen auf das Wachstum der Bäume hat. Die Bewirtschaftung und der notwendige Waldumbau müssen genau diese Wechselwirkung betrachten.

Die flächenhaft interpolierte Trendentwicklung im ersten Grundwasserleiter für den Zeitraum 1970 – 1999 ist in Abbildung 2.9.5 dargestellt. Es wird deutlich, dass in vielen Regionen deutlich negative Trends in den Grundwasserständen beobachtet wurden. Besonders ausgeprägt sind die Rückgänge auf den Hochflächen, während sie in den Niederungsgebieten geringer ausfallen. Besonders starke Rückgänge im Süden von Berlin resultieren aus der Einstellung der Rieselfeldnutzung und sind deshalb anthropogenen Ursprungs. Grundwasserstandsanstiege sind auf die Einstellung der Braunkohleförderung sowie die Einstellung des Schöpfwerksbetriebs in Niederungsgebieten zurückzuführen.



Quelle: LUA Brandenburg

Abb. 2.9.5: *Entwicklung der Grundwasserstände, Trendverhalten im 1. Grundwasserleiter 1970 – 1999*

2.9.6 Abflussverhalten

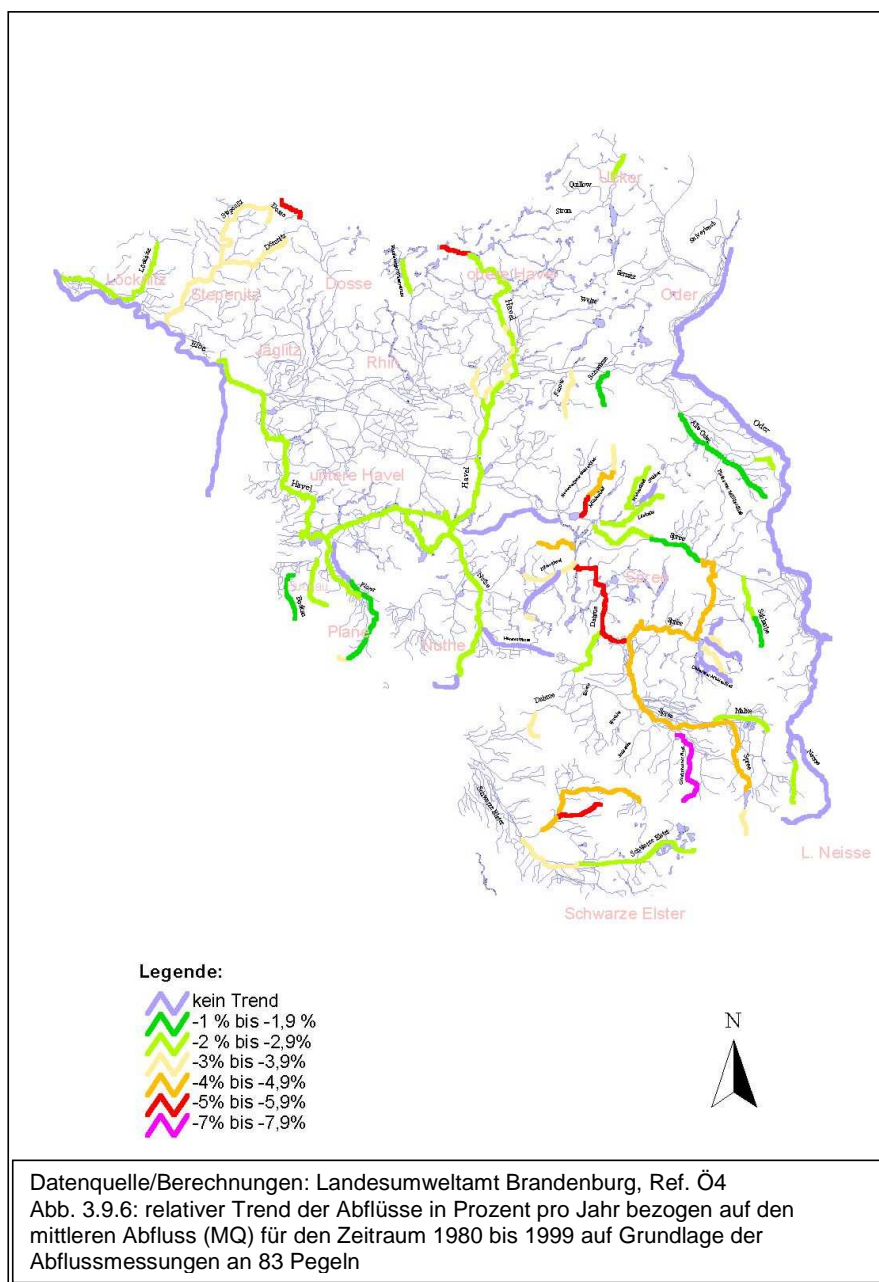
Eine Analyse der Abflussverhältnisse im Zusammenhang mit den klimatischen Größen wurde vom LUA im Jahr 2001 im Rahmen zur Studie zum Landschaftswasserhaushalt durchgeführt. Dabei wurden insgesamt 81 Pegelstationen mit verfügbaren Abflussmessungen einer Trendanalyse unterzogen.

Für den Zeitraum 1980 – 1999 betrug der durchschnittliche Rückgang der Abflüsse in Brandenburg 2,5 % pro Jahr bezogen auf den Jahresmittelwert (Abb. 2.9.6). Das bedeutet für den Zeitraum einen Rückgang der mittleren Jahresabflüsse um 50 % [35].

Als Hauptursache für die Abflussrückgänge im Zeitraum von 1980 bis 1999 konnten überwiegend klimatische Gründe nachgewiesen werden. Dem Rückgang der Abflüsse im Zeitraum von 1980 – 1999 um 50 % steht ein Anstieg der potenziellen Verdunstung von 5 % gegenüber. Im gleichen Zeitraum wurde ein Rückgang der mittleren Jahresniederschläge um 28 % registriert, der hauptsächlich aus verringerten Niederschlägen im Winterhalbjahr resultierte (Abb. 2.9.2.2). Der daraus resultierende Rückgang der Grundwasserneubildung führte zu einem Absinken der Grundwasserstände und ist die Ursache für den Rückgang der hauptsächlich sich aus dem Grundwasser gespeisten Abflüsse in den Oberflächengewässern.

Von den deutlichsten Abflussrückgängen sind Fließgewässer mit Quellgebiet in Brandenburg betroffen. In der Lausitz resultieren die Abflussrückgänge aus der Grundwasserabsenkung in den Braunkohlegebieten, die nur teilweise durch Grubenwassereinleitungen kompensiert werden. Das stabile Abflussverhalten von Oder und Elbe kann auf die Größe der Einzugsgebiete und die damit verbundene stabilere Speisung zurückgeführt werden. Große Anteile der Einzugsgebiete dieser Flüsse befinden sich in Mittelgebirgsregionen, die stabilere klimatische Bedingungen aufweisen.

Gegenüber den 1970er und 1980er Jahren haben sich die mittleren Abflüsse in zahlreichen Oberflächengewässern in den 1990er Jahren auf einem deutlich niedrigeren Niveau stabilisiert. Auch die niederschlagsreichen Jahre 1994/95 haben nur kurzzeitig zu einer Erhöhung der Wasserstände und Abflüsse geführt. Für diesen inzwischen mehr als zehn Jahre andauernden Zustand liegen keine vergleichbaren Beobachtungen aus früheren Perioden vor, da ausreichend langfristig beobachtete Abflusspegel fehlen. Es kann deshalb nicht eingeschätzt werden, ob dieses Abflussverhalten Bestandteil eines langfristigen natürlichen Schwankungsverhaltens ist oder bereits mit den prognostizierten Klimaänderungen in Zusammenhang steht.



Zusammenfassung 2.9 – Landschaftswasserhaushalt

- Brandenburg gehört zu den niederschlagsärmsten Regionen Deutschlands. Anders als in anderen Gebieten hat sich die mittlere Niederschlagsmenge in den letzten 100 Jahren kaum verändert. Bei dieser langfristigen Betrachtung ist eine leichte Zunahme der Winterniederschläge zu verzeichnen, der ein Rückgang der Sommerniederschläge in etwa gleicher Höhe gegenübersteht. Ein deutlich anderes Bild ergibt sich bei Betrachtung kürzerer Zeitperioden. So gingen die mittleren Jahresniederschläge seit 1980 um 13 % zurück, wobei der Rückgang hauptsächlich im für die Grundwasserneubildung wichtigen Winterhalbjahr auftrat.
- Der deutschlandweite Trend des Anstiegs der mittleren Lufttemperatur in den letzten 100 Jahren um 0,9 °C konnte auch für Brandenburg an der Station Potsdam bestätigt werden. Der Temperaturanstieg betrifft in gleichem Maße das Sommer- wie das Winterhalbjahr. Aus der Lufttemperaturerhöhung resultiert auch ein Anstieg der Verdunstung und damit eine Verschlechterung der klimatischen Wasserbilanz.
- Insgesamt kann eingeschätzt werden, dass sich der natürlicherweise bereits kritische Landschaftswasserhaushalt in Brandenburg aufgrund der klimatischen Entwicklung in den letzten 20 Jahren weiter verschärft hat. Das wird bereits in sinkenden Grundwasserspiegeln und deutlich zurückgehenden Abflüssen in den Oberflächengewässern deutlich. Der angespannte Landschaftswasserhaushalt bei überwiegenden Böden mit geringem Wasserspeichervermögen macht Brandenburg für Dürren empfindlich.

2.10 Naturschutz

Die Wirkungen der natürlichen und anthropogenen Klimabeeinflussung auf Mensch und Umwelt sind heute noch nicht vollständig abschätzbar. Veränderungen der Lebensbedingungen stellen an das Anpassungsvermögen von Tier- und Pflanzenarten hohe Anforderungen, vielleicht auch zu hohe. Je nach dem Anpassungsvermögen der einzelnen Arten sowie der Fähigkeit und Möglichkeit zur Abwanderung ergeben sich neue räumliche Verteilungen und Zusammensetzungen der natürlichen Lebensgemeinschaften und die Beeinflussung der Nahrungsketten und Stoffkreisläufe. Extremwetterlagen, u.a. Überschwemmungen, Dürren, Hitzeperioden, Stürme können durch Hitze- und Trockenstress, durch Wind- oder Schneebruch oder ähnliche Effekte dazu führen, dass in Ökosystemen starke strukturelle Schäden entstehen – bis hin zu deren Zerstörung.

Flora und Fauna reagieren ebenfalls auf Klimaveränderungen. Als Folge der Verlagerung der Klimazonen ergibt sich eine Verschiebung der Vegetationszonen. Bei einer Temperaturerhöhung um 1 °C wird eine Verschiebung der Vegetationszonen um etwa 200 – 300 km polwärts beziehungsweise um 200 Höhenmeter angenommen [38]. Da die einzelnen Pflanzenarten unterschiedliche Reaktionsgeschwindigkeiten aufweisen, kommt es zu einer räumlichen und zeitlichen Entmischung bisher bestehender Artengemeinschaften. Dabei werden besonders weniger „mobile“ Tier- und Pflanzenarten in Mitleidenschaft gezogen. Ökosysteme wie Wälder, Hochmoore, Gebirgsökosysteme, aber auch Agrarökosysteme werden beispielsweise von dieser Entwicklung betroffen sein.

In das Klimaschutzmanagement können folgende Informationsgrundlagen eingebunden werden:

- Grundwasserstände und Abflüsse (Fließgewässer),
- Moorwasserpegel in Waldmooren der Hochflächen,
- phänologische Beobachtungen (Zugvögel, Blühaspekte etc.),
- Änderung der Zirkulationsdynamik von geschichteten Gewässern,
- Langzeitige Planktonmengen-Trends,
- Verbreitung sensibler Moos- und Flechtenarten,
- Verbreitung atlantischer und kontinentaler Gefäßpflanzen,
- Verbreitung atlantischer und kontinentaler Arten (Arealverschiebungen),
- Verbreitung von Quellen und Quellmooren mit bewaldetem Einzugsgebiet.

Eine Aussage, welche Pflanzenarten besonders von dem prognostizierten Klimawandel betroffen sein könnten, ist derzeit kaum möglich, da sich gegenwärtige Entwicklungen auch auf landnutzungsbedingte Ursachen zurückführen lassen. Es wird zurzeit davon ausgegangen, dass das Spektrum der heimischen Pflanzenarten an längerfristige Klimaschwankungen so weit angepasst ist, dass diese allein zwar Bestandsveränderungen bewirken können, in der Regel aber nicht zum Verschwinden der Arten führen.

Messbare Trends in der Vogelwelt können auch auf anderen Faktoren beruhen. Durch die Verlängerung der Vegetationsperiode können Arten ihre Reproduktionsperiode verlängern und später abziehen, speziell Kurzstreckenzieher. Die einzelnen sich ändernden Klimafaktoren können auf eine Art unterschiedlich wirken. Einzelne Arten werden durch Wasserabnahme benachteiligt, andere durch Hochwasser begünstigt. In Abhängigkeit von der tatsächlichen Stärke eintretender klimatischer Veränderungen können die Effekte für eine Vogelart sehr differieren.

Klimaänderungen verändern das Gleichgewicht zwischen den Arten und beeinträchtigen die Räuber-Beute-Beziehungen. Gleiches gilt für die Parasit-Wirt-Beziehungen. Bereits nach drei Wochen mit Temperaturen über 21 °C entwickeln sich die Stadien des Malariaerregers in der Mücke so, dass sie für den Menschen infektiös werden, bei Vögeln schon bei niedrigerer Temperatur. Wärme liebende Arten können durch höhere Temperaturen neu zuwandern oder sich verstärkt ausbreiten. Einige Gebiete Deutschlands (u.a. Oberrhein-, Main-, Donau- und Elbegebiet, Bodenseeraum) weisen bereits heute ein vermehrtes Aufkommen und einen Zustrom von Wärme liebenden Arten, darunter Vektoren, auf. Vektoren sind Überträger von Krankheitserregern wie Viren und anderen Mikroorganismen (z.B. Borrelien, Leishmanien). Wichtige Vektoren sind Stechmücken, Zecken und Flöhe [38]. Dies kann mittel- und langfristig auch Auswirkungen auf die menschliche Gesundheit haben.

Im Zusammenhang mit der schleichenden Klimaänderung sind schon feststellbar:

- die frühere Ankunft vor allem bei Kurzstreckenziehern, aber auch Arten wie dem Weißstorch
- ein früherer Brutbeginn bei vielen Arten,
- die teilweise ungenügende Synchronisation zwischen Zug- und Brutzeiten (z.B. Trauerschnäpper),
- Vögel mit variabler Anzahl Bruten neigen eher zu späterem Abzug und verlängern so die Reproduktionsperiode,
- Kurzstreckenzieher verlassen uns meist später, ziehen nicht mehr so weit oder neigen verstärkt zur Überwinterung (z.B. Graugans, Kranich, Rotmilan, Star, Feldlerche), teils sogar zu neuen Überwinterungsgebieten (z.B. Mönchsgrasmücke); Langstreckenzieher ziehen jedoch teilweise früher ab (z.B. Fitis, Gartengrasmücke, Trauerschnäpper),
- Arktische Arten, die in Mitteleuropa überwintern, sind hier teils seltener geworden (Ohrenlerche, Schneeammer, Raufußbussard),
- Verstärktes Auftreten südlicher Arten (z.B. Silberreiher, Weißflügel- und Weißbartseeschwalbe, Bienenfresser),
- unter Arten mit abnehmendem Bestand sind besonders viele Langstreckenzieher.

Indikatoren

Als biologische Indikatoren bieten sich an:

- Einzelne Leitarten (zum Beispiel die auf kalte Fließgewässer angewiesene Bachforelle), die die Funktionsfähigkeit von Habitaten, Biotopen oder ganzen Ökosystemen zeigen.
- Lebensgemeinschaften (zum Beispiel der Fließgewässer) oder Ökosysteme (zum Beispiel Wald, Hochmoor), die definierte Mindestanforderungen an Umweltfaktoren (z.B. Wasserversorgung, Wasserstand, Strukturen) stellen. Bei abrupten Änderungen dieser Umweltfaktoren reagieren sie mit Ausfallerscheinungen.

Bei der Indikatorenbildung sind die Querverbindungen zu den Handlungsfeldern Forstwirtschaft und Landschaftswasserhaushalt zu beachten.

Im Bereich des Vogelschutzes ist folgendes Indikationsschema denkbar:

- Benachteiligung einzelner Arten durch Wassermangel,
- Förderung einzelner Arten durch Hochwasser zur Brutzeit,
- Förderung einzelner Arten durch Trockenheit,
- Förderung einzelner Arten durch Waldbrand und Sturm.

Für die Umsetzung des Klimaschutzmanagements ist es von großer Bedeutung, dass im Bereich des Handlungsfeldes Naturschutz auf bereits bestehende Arbeiten zurückgegriffen werden kann. Der Unterarbeitskreis „Monitoring von Klimaveränderungen mit Hilfe von Bioindikatoren“ des Arbeitskreises „Bioindikation/Wirkungsermittlung“ der Landesanstalten und -ämter für Umweltschutz befasst sich seit zwei Jahren mit laufenden Programmen und methodischen Ansätzen des Klimamonitorings auf Basis biologischer Indikatoren.

Durch die regelmäßige und dauerhafte Beobachtung der Verbreitung von Arten in einer Region müssen Daten zur Veränderung von Populationen gewonnen werden. Erst die Untersuchung der möglichen Ursachen für diese Populationsveränderungen erlaubt eine tiefgreifende Auswertung, die gegebenenfalls auch in neue Handlungsempfehlungen mündet. Langfristig ist auch zu prüfen, inwieweit sich durch den Klimawandel in Brandenburg Prioritätenverschiebungen in der Naturschutzpolitik ergeben. Darauf aufbauend wurden und werden drei Indikationsschemata erarbeitet:

2.10.1 Indikationsschema Bioindikation (siehe Tab. 2.10.1)

2.10.2 Indikationsschema Vogelwelt (siehe Anhang 4)

2.10.3 Indikationsschema Leitarten (in Arbeit)

Tab. 2.10.1: Bioindikationsmethoden zur Ermittlung Klima induzierter Wirkungen

Umweltbereich	Ursache	Wirkung	Untersuchungsmethoden
Landschaft	Temperaturerhöhung, Hitze- und Trockenstress, Erosion, Schadereignisse (u.a. Windwurf, Schneebruch, Hochwasser, Erdbeben)	Veränderung des Landschaftsbildes durch Vegetationswandel	Monitoring floristischer Leitarten
Ökosysteme, Biotope	Temperaturerhöhung, Hitze- und Trockenstress, Erosion, Schadereignisse (u.a. Windwurf, Schneebruch)	Änderung der Biodiversität, Ausfall empfindlicher Arten (u.a. Glazialrelikte), Zuwanderung neuer Arten	Erhebung/Auswertung unter Klima-Aspekten von Arteninventaren, Artensukzession, Artenabundanz, Artendominanz, pflanzensoz. Erhebungen
Fauna	Temperaturerhöhung, Hitze- und Trockenstress, Wassermangel, Nahrungsmangel für Phytophage	Änderung der Biodiversität, Ausfall empfindlicher Arten (u.a. Glazialrelikte), Zuwanderung neuer Arten (Neozoen)	Phänologische Erhebungen (u.a. Eiablage, Brut- und Zugtermine bei Vögeln). Inventarisierung und Monitoring thermophiler, montaner, alpiner, polarer Arten (insbesondere Vögel, und Insekten). Monitoring von Vektoren (Krankheitsüberträgern)
Flora	Temperaturerhöhung, Hitze- und Trockenstress, Wassermangel	Änderung der Biodiversität, Ausfall empfindlicher Arten (u.a. Glazialrelikte), Zuwanderung neuer Arten (Neophyten)	Phänologische, Vitalitäts- und pflanzensoz. Erhebungen in ausgewählten Biotopen (u.a. Wald, Moor, Grünland). Inventarisierung und Monitoring thermophiler, montaner, alpiner, polarer Arten. Auswertung von Zeigerwerten (Temperatur, Kontinentalität, Feuchte) nach Ellenberg (höhere Pflanzen), Düll (Moose), Wirth (Flechten)
Boden	Temperaturerhöhung, Extremereignisse (Trockenheit; Starkregen, Hochwasser, Erdbeben), Erosion	Anstieg der Bodenaktivität und Mineralisierung, Gefahr des Nährstoff- und Schadstoffaustrags, Beeinträchtigung der Bodenlebewelt	Bodenbiol. Erhebung/ Auswertung unter Klimaaspekten von Arteninventaren, Artensukzession, Artenabundanz, Artendominanz (insbesondere von Collembolen, Regenwürmern)
Wasser	Temperaturerhöhung, Wassermangel	Erwärmung der Gewässer, Niedrigwasserphasen, Sauerstoffmangel, Schadstoffanreicherung, Artenverluste, Zuwanderung neuer Arten, Organismensterben (u.a. Fische, Muscheln)	Monitoring thermophiler, montaner, alpiner, polarer Arten. Erhebung/ Auswertung unter Klima-Aspekten (Arteninventaren, Artensukzession, Artenabundanz, Artendominanz), Erhebung der Gewässergüte (biol. und mikrobiol.)

Quelle: Auszug aus dem Konzept „Monitoring von Klimaveränderungen mit Hilfe von Bioindikatoren (Klima-Biomonitoring)“ des Arbeitskreises Bioindikation/Wirkungsermittlung der Landesanstalten und Landesämter für Umweltschutz, Unterarbeitskreis Klima-Biomonitoring.

Diese Tabelle gibt einen ersten Methodenüberblick. Die einzelnen Bioindikationsverfahren müssen in weiteren Schritten darauf hin geprüft werden, für welche zeitlichen und räumlichen Dimensionen die Ergebnisse aussagefähig sind (Stand 2005).

Ziel- und Vergleichsgrößen

Für das Handlungsfeld werden keine Ziele hinsichtlich der Minderung von Klimagasen definiert. Ziel des Handlungsfeldes ist der umfängliche Erhalt von schützenswerter Flora, Fauna und Habitaten sowie die Erarbeitung der dazu notwendigen Anpassungsstrategien. Hier sind ggf. Präzisierungen in Abhängigkeit von der Entwicklung notwendig.

Zusammenfassung 2.10 – Naturschutz

- Auch die Pflanzen- und Tierwelt ist vom Klimawandel betroffen. Die Vegetationszonen verschieben sich, extreme Wetterlagen treten häufiger auf und das Wasserdargebot nimmt ab. Die verschiedenen Arten weisen eine unterschiedliche Anpassungsfähigkeit an diese Veränderungen auf. Dadurch können sich Arealverschiebungen und Änderungen der Artenzusammensetzung innerhalb der verschiedenen Lebensgemeinschaften ergeben.
- Insbesondere bei den Vögeln sind bereits erhebliche Veränderungen als Reaktion auf den Klimawandel erkennbar. Auch wenn bei Veränderungen des Vorkommens und der Zusammensetzung der Arten auch andere Faktoren eine Rolle spielen können, bieten sich bestimmte Leitarten bzw. Lebensgemeinschaften, z.B. Bachforelle, Hochmoore und Zugvögel als Indikatoren für den Klimawandel an.

Verzeichnisse

Literatur

- [1] Potsdam-Institut für Klimafolgenforschung e.V. (PIK): PIK-Report No. 83, Juni 2003
- [2] Landtag Brandenburg Beschluss: Entwicklung eine integrierten Klimaschutzmanagements für Brandenburg, LT-DS 3/6821-B, 12. Dezember 2003
- [3] Deutsche Meteorologische Gesellschaft (DMG), Österreichische Gesellschaft für Meteorologie (ÖGM) und Schweizerischen Gesellschaft für Meteorologie (SGM): Klimastatement, aktualisierte Fassung, September 2003
- [4] Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit: Wissenschaftler warnen vor Klimaveränderungen, Erdatmosphäre erwärmt sich rascher als bisher angenommen, Internetveröffentlichung zu den Ergebnissen der Arbeitsgruppe I des IPCC, 2001
- [5] t-online-Nachrichtendienst auf Basis einer Studie der US-Raumfahrtbehörde NASA: www2.onnachrichten.t-online.de/c/67/86/75/6786754.html, 25.Januar 2006
- [6] Kommission der Europäischen Gemeinschaft: Mitteilung an den Rat, an das Europäische Parlament, an den Europäischen Wirtschafts- und Sozialausschuss und an den Ausschuss der Regionen; Strategie für eine erfolgreiche Bekämpfung der globalen Klimaänderung, Brüssel 09.02.2005
- [7] Max-Planck-Institut für Meteorologie (MPI-M): Klimaprojektion für das 21.Jahrhundert, Hamburg Januar 2006
- [8] Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC): Climate change 2001 Third assessment report (TAR) Synthesis Report and The Scientific Basis Cambridge University Press, 2001
- [9] Potsdam-Institut für Klimafolgenforschung e.V. (PIK): Vulnerabilität und Anpassungsstrategien klimaintensiver Systeme; Potsdam, Juni 2005
- [10] Landesumweltamt Brandenburg: Klimamittelwerte der Periode 1961-1990 - Land Brandenburg im Vergleich zur Bundesrepublik Deutschland auf Basis der DWD-Mittelwerte, Potsdam, Nov. 2005
- [11] Potsdam-Institut für Klimafolgenforschung e.V. (PIK): Massive Klimafolgen unvermeidlich – Anpassung jetzt beginnen, Presseinformation, Potsdam, 19.02.2001
- [12] Umweltbundesamt (UBA) und Max-Planck-Institut für Meteorologie (MPI-M): Künftige Klimaänderungen in Deutschland – Regionale Projektion für das 21.Jahrhundert, Dessau April 2006
- [13] Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit: Klimaschutz – Die größte umweltpolitische Herausforderung der Menschheit, Internetveröffentlichung, 2001
- [14] Deutscher Wetterdienst, Klimastatusbericht 2004, Offenbach 2005
- [15] Prognos: Gutachten zur Fortschreibung des Energiekonzeptes des Landes Brandenburg, Untersuchung im Auftrag des Ministeriums für Wirtschaft, Berlin, 2001
- [16] Land Brandenburg: Energiestrategie 2010 – Der energiepolitische Handlungsrahmen des Landes Brandenburg bis zum Jahr 2010, Ministerium für Wirtschaft, Potsdam, Juni 2002
- [17] Land Brandenburg: Energiekonzept für das Land Brandenburg, Ministerium für Wirtschaft, Mittelstand und Technologie, Potsdam, 1996
- [18] Landtag Brandenburg DS 3/5830, Antwort der Landesregierung auf die Große Anfrage 56 der PDS-Fraktion DS 3/5236 „Nachhaltigkeit als gesellschaftliche Herausforderung – die Umsetzung der Agenda 21“, Potsdam 08.05.2003
- [19] Selbstverpflichtungserklärung der deutschen Wirtschaft – Vereinbarung zwischen Bundesregierung und Wirtschaft zur Klimavorsorge getroffen -, Umwelt Nr. 12/2000
- [20] Deutsches Windenergie-Institut GmbH, Windenergienutzung in Deutschland (Stand 20.01.2006), www.dewi.de
- [21] Landesumweltamt Brandenburg: Erneuerbare Energien – Potentiale im Land Brandenburg – Berichte aus der Arbeit 2000, Potsdam, 2001
- [22] Deutsche Emissionshandelsstelle: Nach dem Kraftakt - Auswertung der Zuteilung für die erste Emissionshandelsperiode, Vortrag v. Kühleis, C. anlässlich Berliner Energietage 2005
- [23] Landesregierung Brandenburg: www.brandenburg.de/land/msww/verkehr/ziele.html
- [24] Land Brandenburg: Integriertes Verkehrskonzept, Ministerium für Stadtentwicklung, Wohnen und Verkehr des Landes Brandenburg, Potsdam, 2002
- [25] LUA Brandenburg: Umweltindikatoren im Land Brandenburg – 1. Fortschreibung. In: Umweltdaten aus Brandenburg, Bericht 2005, S. 192-199. Potsdam 2005
- [26] Flughafen Berlin-Schönefeld GmbH: Zahlen – Daten – Fakten 2004, Februar 2005
- [27] Landesumwelt Brandenburg: Abfallbilanz des Land Brandenburg, Potsdam 2004
- [28] Land Brandenburg, Senatsverwaltung für Stadtentwicklung Berlin: Waldzustandsbericht 2005 der Länder Brandenburg und Berlin, 2005
- [29] Potsdam-Institut für Klimafolgenforschung e.V. (PIK): Klimawandel und Folgen für die nachhaltige Waldbewirtschaftung, Potsdam 2003
- [30] Ministerium für ländliche Entwicklung, Umwelt und Verbraucherschutz Brandenburg: Pressemeldung vom 16.September 2003

- [31] Ministerium für ländliche Entwicklung, Umwelt und Verbraucherschutz Brandenburg: Beiträge der Forst zum Klimamanagement (Entwürfe), Potsdam 2005
- [32] Freude (2004): Landschaftswasserhaushalt in Brandenburg – Vortrag anlässlich des Deutschen Naturschutztages 2004 am 26.05.2004 in Potsdam,
- [33] Leibniz-Zentrum für Agrarlandschaftsforschung e.V. (ZALF): Entwicklung eines integrierten Klimaschutzmanagements für Brandenburg – Handlungsfeld Landwirtschaft (unveröffentlicht); Münchenberg, September 2005
- [34] Ministerium für Landwirtschaft, Naturschutz und Umwelt Thüringen: Klimaschutz in Thüringen – Analyse, Potentiale, Handlungsfelder, 2002
- [35] BRONSTERT, LAHMER, KRYSANOVA (2003): Klimaänderung in Brandenburg und Folgen für den Wasserhaushalt, Gutachten im Auftrag des Landesumweltamtes Brandenburg
- [36] BÜRO FÜR ANGEWANDTE HYDROLOGIE (2004): Erstellung einer Abflusspendenkarte der mittleren Abflüsse der Zeitreihe 1981 bis 2000 für das Land Brandenburg, Gutachten im Auftrag des Landesumweltamtes Brandenburg
- [37] Ministerium für ländliche Entwicklung, Umwelt und Verbraucherschutz Brandenburg: Brandenburger Agrar- und Umweltjournal Nr.18 (Mai 2005);
- [38] Unterarbeitskreis Monitoring von Klimaveränderungen mit Hilfe von Bioindikatoren des Arbeitskreises Bioindikation/Wirkungsermittlung der Landesanstalten/ämter für Umweltschutz: Monitoring von Klimaveränderungen mit Hilfe von Bioindikatoren, April 2004

Abbildungen

- Abb. 1.1.1 Rekonstruierte Entwicklung von Temperatur und CO₂-Konzentration in der Atmosphäre (PIK 2003)
- Abb. 1.1.2 Vulnerabilität der Regionen in Bezug auf deren Land- und Forstwirtschaft
- Abb. 1.2.1 Jahresniederschläge im Basiszeitraum 1961-1990 (Mittelwerte)
- Abb. 1.2.2 Bodenzahlen der vorherrschenden Leitbodenarten
- Abb. 1.2.3 Mittlere Lufttemperatur für Brandenburg und deren Änderung laut PIK-Szenario
- Abb. 1.2.4 Mittlere Jahresniederschläge für Brandenburg und deren Änderung laut PIK-Szenario
- Abb. 2.1.1 Rekonstruktion der Treibhausgaskonzentrationen von Kohlendioxid, Methan und Lachgas (IPCC 2001)
- Abb. 2.1.3 energiebedingte CO₂-Emissionen (gesamt)
- Abb. 2.1.4 energiebedingte CO₂-Emissionen nach Sektoren
- Abb. 2.1.5 energiebedingte CO₂-Emissionen nach Energieträgern
- Abb. 2.1.6 energiebedingte CO₂-Emissionen pro Einwohner
- Abb. 2.2.1 Primärenergieverbrauch nach Sektoren
- Abb. 2.2.2 Endenergieverbrauch nach Verbrauchssektoren
- Abb. 2.2.3 Endenergieverbrauch der Industrie
- Abb. 2.2.4 Endenergieverbrauch im Sektor Haushalte und Kleinverbrauch
- Abb. 2.2.5.1 Energieproduktivität für Deutschland und Brandenburg
- Abb. 2.2.5.2 Vergleich der Entwicklung von Bruttoinlandsprodukt und Primärenergieverbrauch
- Abb. 2.3 Nutzung erneuerbarer Energien im Land Brandenburg im Jahr 2003
- Abb. 2.3.1 Preisindex für Kohlendioxid-Emissionsrechte
- Abb. 2.3.2 Anteil erneuerbarer Energien am Primärenergieverbrauch
- Abb. 2.3.3 Anteil erneuerbarer Energien an der Bruttostromerzeugung und am Stromverbrauch
- Abb. 2.3.4 Biogasanlagen im Land Brandenburg
- Abb. 2.3.5 Klärgasanlagen im Land Brandenburg
- Abb. 2.3.6 Deponiegasanlagen im Land Brandenburg
- Abb. 2.3.7 Windkraftanlagen im Land Brandenburg
- Abb. 2.4.1 Verkehrsleistung im öffentlichen Personennahverkehr
- Abb. 2.4.2 Anteil der Verkehrsträger an der Güterverkehrsleistung
- Abb. 2.4.3 Luftverkehrsdaten für Schönefeld, Tegel und Tempelhof
- Abb. 2.4.3 Endenergieverbrauch im Verkehr nach Energieträgern
- Abb. 2.4.5 Endenergieverbrauch im Verkehr nach Verkehrsträgern
- Abb. 2.4.6 CO₂-Emissionen im Verkehrsbereich
- Abb. 2.5.1 Abfallaufkommen und deren Verwertung
- Abb. 2.6.1 Zusätzliche Flächeninanspruchnahme
- Abb. 2.6.2 Wohnungsbestand und Wohnflächen im Land Brandenburg
- Abb. 2.7.1 Vorratsstruktur nach Baumartengruppen
- Abb. 2.7.4 Waldschäden in Brandenburg-Berlin
- Abb. 2.7.5.1 S-SO₄-Einträge in den Boden
- Abb. 2.7.5.2 Nges-Einträge in den Boden
- Abb. 2.7.5.3 Ca-Einträge in den Boden
- Abb. 2.7.5.4 Säureeinträge in den Boden
- Abb. 2.7.8 Befall mit Forstinsekten
- Abb. 2.8.1 Rinderbestand im Land Brandenburg
- Abb. 2.8.2 Mineraldüngereinsatz im Vergleich

Abb. 2.8.3	Entwicklung des ökologischen Landbaus im Land Brandenburg
Abb. 2.8.4	Anteil der Biomasse am Primärenergieverbrauch
Abb. 2.9.1	Jahres- und Halbjahresmittelwerte der Lufttemperatur für die hydrologischen Jahre 1901 – 2004
Abb. 2.9.2	Jahres- und Halbjahresmittelwerte des Niederschlags für die hydrologischen Jahre 1901 – 2004 und 1980 – 2004
Abb. 2.9.3	Jahres- und Halbjahresmittelwerte der potentiellen Verdunstung für die hydrologischen Jahre 1901 – 2004
Abb. 2.9.4	Klimatische Wasserbilanz für die hydrologischen Jahre 1901 – 2004
Abb. 2.9.5	Entwicklung der Grundwasserstände, Trendverhalten im 1. Grundwasserleiter 1970 – 1999
Abb. 2.9.6	Relativer Trend der Abflüsse in Prozent pro Jahr bezogen auf den mittleren Abfluss (MQ) für den Zeitraum 1980 – 1999 auf Grundlage der Abflussmessungen an 83 Pegeln

Tabellen

Tab. 1.2.1	Mittelwerte der Temperatur in Brandenburg für den Basiszeitraum 1961-1990 (Mittelwerte)
Tab. 2.1.1	Stand und Entwicklung der Treibhausgasemissionen
Tab. 2.1.2	Stand und Entwicklung der CO ₂ -Emissionen und CO ₂ -Äquivalente nach sektoralen Quellen
Tab. 2.7.3	Errechnete Vegetationsperiodenlänge und Erhöhung der absorbierten Strahlung
Tab. 2.7.4	Hauptergebnisse der Waldschadenserhebung 2005 (Angaben in Prozent der Waldfläche, Veränderung zum Vorjahr in Prozentpunkten)
Tab. 2.7.6	C-Vorräte brandenburgischer Waldböden
Tab. 2.8.1	Entwicklung des Rinderbestandes im Vergleich (1.000 Tiere)
Tab. 2.10.1	Bioindikationsmethoden zur Ermittlung Klima induzierter Wirkungen

Anhang

Anhang 1	Anlagenübersicht zum Emissionshandel
Anhang 2	ZALF-Gutachten zum Wasserhaushalt
Anhang 3	ZALF-Gutachten zur Sickerwasserqualität
Anhang 4	Indikationsschema Vogelwelt
Anhang 5	Erläuterungen zu IPCC-Szenarien

Anhang 1

Anhang 1

Anlagenübersicht zum Emissionshandel

(Deutsche Emissionshandelsstelle (DEHSt) –
Anlagenliste, Stand 2005)

Akten- zeichen	Betreibername	Anlagenname	Anla- gen- PLZ	Anlagenort	Tätigkeit gemäß RegVO	Zuteilungs- menge 2005 - 2007 (in Emissions- berechtigungen)
Bundesland Brandenburg						
14220-0014	B.E.S. Brandenburger Elektrostahlwerke GmbH	Elektrostahlwerk Brandenburg	14770	Brandenburg	5 Eisen und Stahl	502.449
14310-0358	BASF Schwarzheide GmbH	GuD-Kraftwerk	01986	Schwarzheide	1 Verbrennung	1.408.407
14310-1256	Campina GmbH & Co. KG	Dampfkesselanlage	17291	Prenzlau	1 Verbrennung	35.256
14260-0040	Crinitz Baukeramik GmbH	Keramische Produktion	03246	Crinitz	8 Keramik	5.565
14310-0265	e.distherm Wärmedienstleistungen GmbH	Heizkraftwerk Werder	14542	Werder/Havel	1 Verbrennung	36.792
14310-0438	E.ON Kraftwerke GmbH	Kraftwerk Kirchmöser	14774	Brandenburg	1 Verbrennung	647.142
14220-0038	EKO Stahl GmbH	Roheisen- und Stahlerzeugung	15890	Eisenhütten-stadt	4 Röst- und Sinteranlagen für Metallerz	6.305.142
14240-0073	EKO Stahl GmbH	Kalkbrennmahlanlage	15890	Eisenhütten-stadt	6 Zement und Kalk	489.021
14310-1282	Emsland-Stärke GmbH	Heizkraftwerk Kyritz	16866	Kyritz	1 Verbrennung	64.716
14310-0939	Energie und Wasser Potsdam GmbH	HKW Potsdam-Süd	14478	Potsdam	1 Verbrennung	900.114
14310-0942	Energie und Wasser Potsdam GmbH	HW Potsdam-Nord	14471	Potsdam	1 Verbrennung	15.891
14310-1102	Energieversorgung Premnitz GmbH	Industriekraftwerk Premnitz	14727	Premnitz	1 Verbrennung	291.867
14310-0628	ENRO Ludwigsfelde Energie GmbH	HKW Ludwigsfelde	14974	Ludwigsfelde	1 Verbrennung	197.442
14310-0222	envia Mitteldeutsche Energie AG	Heizwerk Vetschau	03226	Vetschau	1 Verbrennung	28.563
14310-0224	envia Mitteldeutsche Energie AG	Heizkraftwerk Guben	03172	Guben	1 Verbrennung	114.216
14240-0005	FELS-Werke GmbH	Fels KÜ GGR 5 Rüdersdorf	15562	Rüdersdorf	6 Zement und Kalk	561.612
14240-0074	FELS-Werke GmbH	Fels KÜ NSO 1-3	15562	Rüdersdorf	6 Zement und Kalk	212.931
14310-0219	Fernwärme Teltow GmbH	HW3 Teltow	14513	Teltow	1 Verbrennung	30.603
14310-0718	Fernwärme Teltow GmbH	HW1 Teltow	14513	Teltow	1 Verbrennung	16.908
14310-0485	Flughafen Berlin- Schönefeld GmbH	Flughafen Berlin Schönefeld	12521	Berlin	1 Verbrennung	31.617
14310-0203	Gesellschaft für Montan- und Bautechnik mbH	Heizkraftwerk Senftenberg	01968	Senftenberg	1 Verbrennung	299.418
14260-0091	GOLEM-Kunst-und Baukeramik GmbH	GA-Anlage Ziegelwerk Golem Altgietzen	16259	Altgietzen	8 Keramik	909
14260-0137	GOLEM-Kunst-und Baukeramik GmbH	GO-Anlage Ziegelwerk Golem Sieversdorf	15236	Sieversdorf	8 Keramik	840

Anhang 1

Akten- zeichen	Betreibername	Anlagenname	Anla- gen- PLZ	Anlagenort	Tätigkeit gemäß RegVO	Zuteilungs- menge 2005 - 2007 (in Emissions- berechtigungen)
Fortsetzung Bundesland Brandenburg						
14220-0009	H.E.S. Hennigsdorfer Elektrostahlwerke GmbH	Elektrostahlwerk Hennigsdorf	16761	Hennigsdorf	5 Eisen und Stahl	345.387
14310-0900	Harpen Energie Contracting GmbH	Heizwerk Lauchhammer	01979	Lauchhammer	1 Verbrennung	48.114
14310-0448	Herbstreith & Fox GmbH Pektin-Fabrik Werder	Herbstreith&Fox GmbH Pektin-Fabrik Werder (Energiezentrale)	14542	Werder/Havel	1 Verbrennung	102.054
14310-0733	Klenk Holz AG	Urbas Kessel 1-3	15837	Baruth	1 Verbrennung	74.943
14260-0125	Klinkerwerk Muhr GmbH & Co. KG	Klinkerwerk Lichterfeld	03238	Lichterfeld	8 Keramik	11.436
14310-0905	Kronotex GmbH & Co.KG	Kronotex GmbH & Co.KG und Kronoply GmbH & Co.KG	16909	Heiligengrabe	1 Verbrennung	614.514
14280-0105	LEIPA Georg Leinfelder GmbH	Papiermaschinen 1-4	16303	Schwedt	9 Papier und Zellstoff	650.292
14260-0198	Märkische Keramik - Manufaktur Reicho GmbH	Anlage BB- 60690430000	14828	Görzke	8 Keramik	2.769
14310-1057	NEA Norddeutsche Energieagentur für In- dustrie und Gewerbe GmbH	Wittenberge - Breerer Str.	19322	Wittenberge	1 Verbrennung	53.253
14260-0147	Neue ZIEGEL- MANUFAKTUR Glindow GmbH	Glindower Ziegelei	14542	Werder OT Glindow	8 Keramik	4.680
14210-0017	PCK Raffinerie GmbH	PCK Petrochemie Schwedt	16303	Schwedt	2 Raffinerien	148.191
14210-0018	PCK Raffinerie GmbH	PCK Wasserstoffanlage H2B Schwedt	16303	Schwedt	2 Raffinerien	782.598
14210-0019	PCK Raffinerie GmbH	PCK Raffinerie Glocke Schwedt	16303	Schwedt	2 Raffinerien	4.370.241
14310-0794	PCK Raffinerie GmbH	PCK Kraftwerk	16303	Schwedt	1 Verbrennung	7.425.585
14310-0314	Rathenower Wärmeversorgung GmbH	BHKW mit SLK-Anlage Wärmeversorgung Rathenow	14712	Rathenow	1 Verbrennung	47.139
14250-0016	Rexam Glass Germany GmbH	Rexam Glass Drebkau	03113	Drebkau	5 Glas	127.101
14250-0018	Rexam Glass Germany GmbH	Rexam Glass Neuenhagen	15366	Neuenhagen	5 Glas	107.898
14260-0115	Röben Klinkerwerke GmbH & Co. KG	Röben Klinkerwerke GmbH & Co. KG	14827	Reetz	8 Keramik	162.588
14230-0010	Rüdersdorfer Zement GmbH	Rüdersdorfer Zement GmbH	15562	Rüdersdorf	6 Zement und Kalk	4.450.791
14310-0443	Saar Energie AG	Heizwerk 1 Fürstenwalde	15517	Fürstenwalde	1 Verbrennung	40.497
14250-0004	Samsung Corning Deutschland GmbH	Samsung Corning Deutschland GmbH	03130	Tschernitz	5 Glas	210.498
14310-1061	Stadt- und Überlandwerke GmbH Luckau-Lübbenau	BHKW Lübbenau	03222	Lübbenau	1 Verbrennung	68.919
14310-0743	Städtische Werke Brandenburg an der Havel GmbH	Heizkraftwerk Brandenburg	14772	Brandenburg	1 Verbrennung	230.616
14310-0761	Stadtwerke Bernau GmbH	BHKW Bernau	16321	Bernau	1 Verbrennung	34.509
14310-0999	Stadtwerke Cottbus GmbH	HKW Cottbus Gesamtanlage	03052	Cottbus	1 Verbrennung	1.536.969
14310-0643	Stadtwerke Eberswalde GmbH	Heizhaus und BHKW - Nordend	16225	Eberswalde	1 Verbrennung	49.479

Anhang 1

Akten- zeichen	Betreibername	Anlagenname	Anla- gen- PLZ	Anlagenort	Tätigkeit gemäß RegVO	Zuteilungs- menge 2005 - 2007 (in Emissions- berechtigungen)
Fortsetzung Bundesland Brandenburg						
14310-0644	Stadtwerke Eberswalde GmbH	HW Prignitzer Straße	16227	Eberswalde	1 Verbrennung	21.414
14310-0051	Stadtwerke Finsterwalde GmbH	Heizwerk Süd Finsterwalde	03238	Finsterwalde	1 Verbrennung	19.491
14310-0272	Stadtwerke Frankfurt (Oder) GmbH	Heizkraftwerk Frankfurt (Oder)	15236	Frankfurt (Oder)	1 Verbrennung	666.678
14310-0273	Stadtwerke Frankfurt (Oder) GmbH	Heizwerk Nord Frankfurt (Oder)	15234	Frankfurt (Oder)	1 Verbrennung	28.239
14310-0887	Stadtwerke Hennigsdorf GmbH	SW Hennigsdorf - Heizkraftwerk	16761	Hennigsdorf	1 Verbrennung	81.903
14310-0896	Stadtwerke Hennigsdorf GmbH	Bombardier Heizkessel	16761	Hennigsdorf	1 Verbrennung	26.193
14310-1281	Stadtwerke Neuruppin GmbH	BB 10681000000 6003 BHKW Neuruppin	16816	Neuruppin	1 Verbrennung	82.719
14310-0415	Stadtwerke Oranienburg GmbH	Heizkraftwerk Oranienburg	16515	Oranienburg	1 Verbrennung	95.799
14310-0347	Stadtwerke Rheinsberg GmbH	Heizkraftwerk Rheinsberg	16831	Rheinsberg/Mark	1 Verbrennung	39.441
14310-0093	Stadtwerke Schwedt GmbH	Spitzen- und Reserve- heizwerk Schwedt	16303	Schwedt/Oder	1 Verbrennung	864
14310-0678	Stadtwerke Senftenberg GmbH	Spitzenheizwerk Mitte	01968	Senftenberg	1 Verbrennung	11.472
14310-0883	Stadtwerke Strausberg GmbH	HKW Nord Strausberg	15344	Strausberg	1 Verbrennung	133.692
14310-1010	Stadtwerke Strausberg GmbH	HW Vorstadt	15344	Strausberg	1 Verbrennung	33.123
14310-1250	Stadtwerke Velten GmbH	Energiezentrale Velten Süd	16727	Velten	1 Verbrennung	32.214
14310-0102	Südzucker AG Mannheim/Ochsenfurt	Zuckerfabrik Brottewitz	04895	Brottewitz	1 Verbrennung	141.333
14310-0717	Unitherm Baruth GmbH	Energiezentrale	15837	Baruth/Mark	1 Verbrennung	306.831
14310-0268	UPM-Kymmene Papier GmbH & Co. KG	Heizkraftwerk UPM Werk Schwedt	16306	Vierraden	1 Verbrennung	301.032
14310-0306	Vattenfall Europe Contracting Biomasse GmbH	HEW Contract Betriebsges. Elbstrom Aschersleben	16348	Klosterfelde	1 Verbrennung	5.067
14310-0671	Vattenfall Europe Generation AG & Co. KG	GTKW Ahrensfelde	16356	Ahrensfelde	1 Verbrennung	8.847
14310-0675	Vattenfall Europe Generation AG & Co. KG	GTKW Thyrow	14974	Thyrow	1 Verbrennung	14.850
14310-0918	Vattenfall Europe Generation AG & Co. KG	Kraftwerk Jänschwalde	03185	Peitz	1 Verbrennung	77.273.142
14310-0921	Vattenfall Europe Generation AG & Co. KG	Kraftwerk Schwarze Pumpe	03130	Spremberg	1 Verbrennung	39.405.066
14310-0841	Vulkan Energiewirtschaft Oderbrücke GmbH	Dampfheizkraftwerk VEO	15890	Eisenhüttenstadt	1 Verbrennung	6.463.752
14310-1297	Vulkan Energiewirtschaft Oderbrücke GmbH	Gasturbine im Abhitzebetrieb	15890	Eisenhüttenstadt	1 Verbrennung	235.851
14260-0053	Wienerberger Ziegelindustrie GmbH	Werk Buchwäldchen	03205	Calau	8 Keramik	38.238
14260-0055	Wienerberger Ziegelindustrie GmbH	Hintermuerziegel-Werk Bad Freienwalde	16259	Bad Freienwalde	8 Keramik	79.101
14330-0010	WINGAS GmbH	Erdgasverdichterstation Mallnow	15326	Mallnow	1 Verbrennung	360.270
Summe Bundesland Brandenburg						159.805.104

Anhang 1

Akten- zeichen	Betreibername	Anlagenname	Anla- gen- PLZ	Anlagenort	Tätigkeit gemäß RegVO	Zuteilungs- menge 2005 - 2007 (in Emissions- berechtigungen)
Bundesland Berlin						
14310-1320	Bayerische Motoren Werke Aktiengesellschaft	BMW Werk 3 Berlin Energiezentrale	13599	Berlin	1 Verbrennung	31.113
14310-0664	Berliner Flughafen GmbH	Heizwerk mit 3 Heißwassererzeugern	13405	Berlin	1 Verbrennung	38.754
14310-0589	Bewag AG & Co. KG	BHKW Köpenick	12557	Berlin	1 Verbrennung	65.592
14310-0590	Bewag AG & Co. KG	HKW Charlottenburg	10589	Berlin	1 Verbrennung	347.574
14310-0605	Bewag AG & Co. KG	HW Altglienicke	12524	Berlin	1 Verbrennung	38.673
14310-0607	Bewag AG & Co. KG	HW Blankenburger Straße	13156	Berlin	1 Verbrennung	36.618
14310-0608	Bewag AG & Co. KG	HW Friedrichshagen	12587	Berlin	1 Verbrennung	28.656
14310-0609	Bewag AG & Co. KG	HKW Buch	13125	Berlin	1 Verbrennung	137.676
14310-0611	Bewag AG & Co. KG	HW Scharnhorststraße	10115	Berlin	1 Verbrennung	31.587
14310-0612	Bewag AG & Co. KG	HKW Klingenberg	10317	Berlin	1 Verbrennung	4.592.649
14310-0618	Bewag AG & Co. KG	HKW Moabit	13353	Berlin	1 Verbrennung	1.687.221
14310-0619	Bewag AG & Co. KG	HKW Lichtenberg	12681	Berlin	1 Verbrennung	280.476
14310-0620	Bewag AG & Co. KG	HW Prenzlauer Promenade	13089	Berlin	1 Verbrennung	49.755
14310-0621	Bewag AG & Co. KG	HKW Rudow	12357	Berlin	1 Verbrennung	2.280.954
14310-0622	Bewag AG & Co. KG	HKW Reuter West	13599	Berlin	1 Verbrennung	9.111.288
14310-0623	Bewag AG & Co. KG	HW Treptow	12435	Berlin	1 Verbrennung	49.095
14310-0624	Bewag AG & Co. KG	HKW Reuter	13599	Berlin	1 Verbrennung	1.890.831
14310-0625	Bewag AG & Co. KG	HKW Wilmersdorf	14199	Berlin	1 Verbrennung	19.893
14310-0638	Bewag AG & Co. KG	HKW Mitte	10179	Berlin	1 Verbrennung	3.053.223
14310-1063	Bewag AG & Co. KG	HKW Lichterfelde	12207	Berlin	1 Verbrennung	1.987.704
14310-0427	BTB-Blockheizkraftwerks-, Träger- und Betreibergesellschaft mbH Berlin	BTB HKW Schöneweide	12349	Berlin	1 Verbrennung	279.582
14310-0508	BTB-Blockheizkraftwerks-, Träger- und Betreibergesellschaft mbH Berlin	BTB Heizkraftwerk im Sportforum Berlin	13053	Berlin	1 Verbrennung	37.863
14310-0520	BTB-Blockheizkraftwerks-, Träger- und Betreibergesellschaft mbH Berlin	BTB Gasturbinenanlage in der Papierfabrik Melitta	12359	Berlin	1 Verbrennung	99.576
14310-0525	BTB-Blockheizkraftwerks-, Träger- und Betreibergesellschaft mbH Berlin	HKW Adlershof	12489	Berlin	1 Verbrennung	272.184
14310-0852	Bundesversicherungsanstalt für Angestellte	Heizwerk Berlin	10709	Berlin	1 Verbrennung	41.634
14310-0137	DaimlerChrysler AG	Heizwerk B11 Berlin	12277	Berlin	1 Verbrennung	70.941
14310-0627	DEK Deutsche Extrakt Kaffee GmbH	DEK Feuerungsanlage	12347	Berlin	1 Verbrennung	85.449
14310-1231	Ev. Waldkrankenhaus Spandau gGmbH	Kesselhaus mit 2 DE + 3 HWE	13589	Berlin	1 Verbrennung	13.722
14310-0276	Fernheizwerk Märkisches Viertel GmbH	Fernheizwerk Märkisches Viertel GmbH	13435	Berlin	1 Verbrennung	356.262

Anhang 1

Akten- zeichen	Betreibername	Anlagenname	Anla- gen- PLZ	Anlagenort	Tätigkeit gemäß RegVO	Zuteilungs- menge 2005 - 2007 (in Emissions- berechtigungen)
Fortsetzung Bundesland Berlin						
14310-0467	Fernheizwerk Neukölln AG (FHW Neukölln AG)	Fernheizwerk Neukölln	12059	Berlin	1 Verbrennung	326.403
14310-0848	GETEC AG	Dampfkesselanlage Flughafen Tempelhof	10965	Berlin	1 Verbrennung	29.100
14310-0655	Harpen Energie Contracting GmbH	Heizwerk Gropiusstadt	12357	Berlin	1 Verbrennung	109.620
14310-0592	Messe Berlin GmbH	Betriebszentrale K 2-6	14055	Berlin	1 Verbrennung	37.053
14310-0200	Philip Morris GmbH	Feuerungsanlage zur Dampferzeugung	12057	Berlin	1 Verbrennung	40.110
14310-0874	S-Bahn Berlin GmbH	Heizwerk Schöneweide	12439	Berlin	1 Verbrennung	11.628
14310-1247	Schering AG	Schering AG Energiezentrale	13353	Berlin	1 Verbrennung	284.898
14310-1248	Schering AG	Schering AG Heizkraftwerk Charlottenburg	10589	Berlin	1 Verbrennung	33.213
14310-0213	Spitzenheizwerk Lange Enden GmbH	Spitzenheizwerk Lange Enden GmbH	13437	Berlin	1 Verbrennung	72.135
Summe Bundesland Berlin						27.960.705

Anhang 2

ZALF-Gutachten zum Wasserhaushalt

Matthias Willms, Frank Eulenstein, Lothar Müller, Uwe Schindler, Wilfried Mirschel, Andreas Fischer



1 Methoden und Modelle

Die Auswirkungen der Klimaveränderungen auf die Komponenten der klimatischen Wasserhaushaltsbilanz wurden mit Hilfe der Simulationsmodelle HERMES und SULFONIE abgeschätzt. Das von KERSEBAUM (1995) beschriebene Simulationsmodell HERMES stellt eine Weiterentwicklung seines 1989 beschriebenen Modells zur Stickstoffdynamik in Ackerböden dar (KERSEBAUM 1989). Es berücksichtigt die Prozesse der Stickstoff-Mineralisation, der heterotropen Denitrifikation, des Transports von Nitrat mit dem Bodenwasser, die atmosphärische Stickstoffdeposition sowie die Stickstoffaufnahme durch Pflanzen. Das Modell arbeitet mit einer zeitlichen Auflösung von einem Tag und mit 1 dm Tiefenabschnitten des Bodens. Es ist auf den Bereich der Wurzelzone (max. 20 dm) beschränkt. Ein kapillarer Aufstieg aus Schichten unterhalb von 20 dm wird berücksichtigt. Ein Schema des Modells ist in Abbildung 1 wiedergegeben.

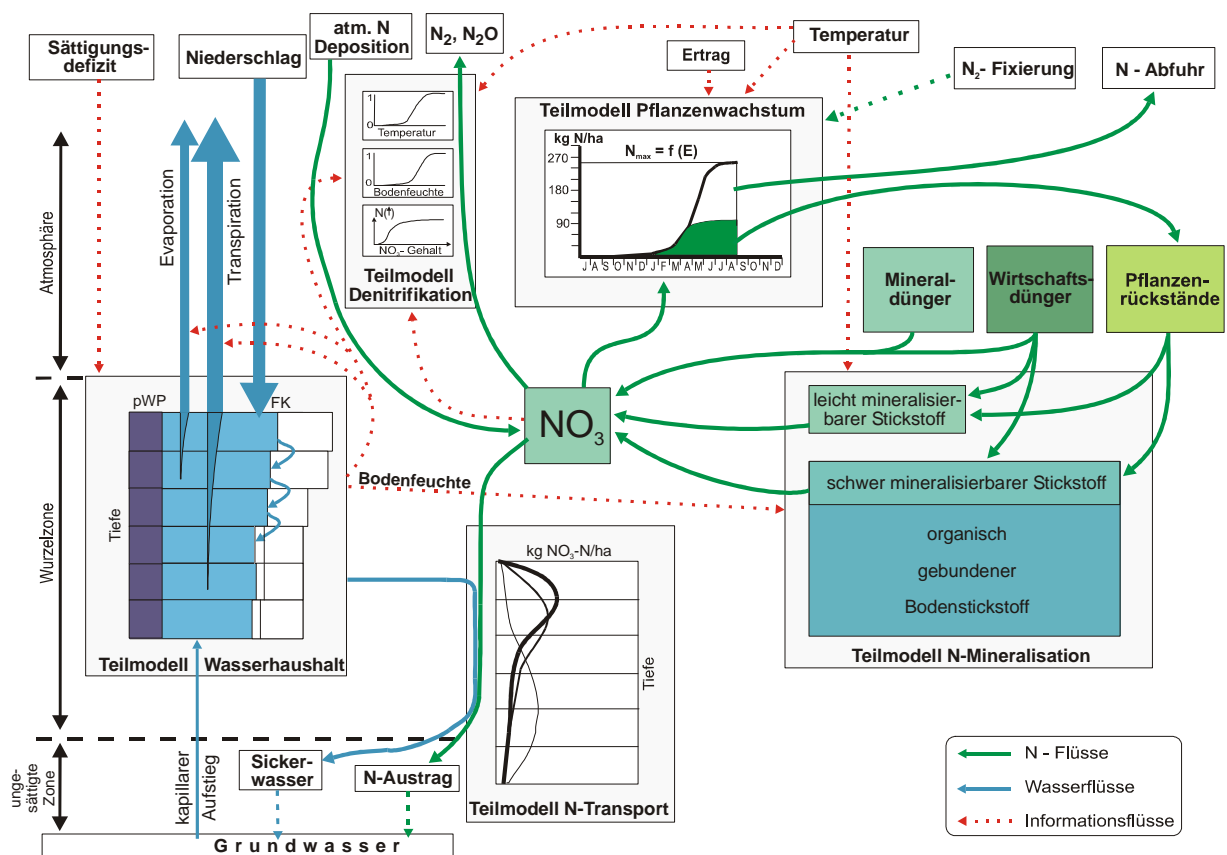


Abb. 1: Schema des Stickstoff-Simulationsmodells HERMES (Grafik: K. C. KERSEBAUM/ZALF)

Anhang 2

Auf der Basis dieses Modellansatzes wurde von KERSEBAUM (1989 u. 1995) unter Nutzung einzelner Teilmodule von HERMES das Modell SULFONIE zur Abbildung der wesentlichen Prozesse der Wasser- und Sulfatdynamik in der Wurzelzone erstellt (EULENSTEIN et al., 2003). Für die Beschreibung des Wasserhaushaltes wurde ein einfacher Kapazitätsansatz gewählt. Gegenüber den sogenannten „mechanistischen“ Wassermodellen, die auf dem Potenzialkonzept beruhen, hat ein derartiger "funktionaler" Ansatz neben kürzeren Rechenzeiten den Vorteil einer erheblich einfacheren Parameterableitung (ADDISCOTT u. WAGNET, 1985). Die unbestritten höhere Flexibilität des physikalisch basierten („mechanistischen“) Modellansatzes geht einher mit einer hohen Sensitivität gegenüber den notwendigen hydraulischen Funktionen sowie den unteren Randbedingungen.

Aufgrund der im Großmaßstab existierenden Ungenauigkeit der Bodendaten relativiert sich die größere Exaktheit eines solchen Modellansatzes gegenüber einem Kapazitätsansatz erheblich. Die für den verwendeten Modellansatz notwendigen Kapazitätsparameter (Wassergehalt bei Feldkapazität und am permanenten Welkepunkt) werden entsprechend der Bodenkundlichen Kartieranleitung (BGR, 1994) aus der Texturklasse des Bodens unter Berücksichtigung von Zu- und Abschlägen für Grundwasserabstand, Humus- und Steingehalt abgeleitet.

Der tägliche kapillare Aufstieg aus dem Grundwasser wird ebenfalls entsprechend der Bodenkundlichen Kartieranleitung (BGR, 1994) in Abhängigkeit von Bodenart und Abstand zum Grundwasser des jeweils untersten Tiefenkompartiments, dessen Wassergehalt 70 % nFK unterschreitet, berechnet. Unterhalb der simulierten Profilmächtigkeit wird unterstellt, dass die Bodenart bis zum Grundwasserspiegel nicht wechselt und für die tieferen Bodenkompartimente gleiche Bedingungen gelten.

Die potenzielle Evapotranspiration (ET_p) wird nach HAUDE (1955) unter Verwendung kulturartspezifischer Monatsfaktoren (F_{kF} und F_{kU}), nach HEGER (1978) und dem Deutschen Wetterdienst (FRIESLAND et al., 1998) unter Verwendung des Wasser-Dampfdruck-Sättigungsdefizits um 14:30 Uhr (SD₁₄) in mm Hg mit Formel (1) und (2) berechnet. Für die Zeitangaben gilt die mitteleuropäische Zeit (MEZ); die mitteleuropäische Sommerzeit (MESZ) bleibt unberücksichtigt.

- (1) $ET_p = SD_{14} \cdot F_{kF_{\text{Monat, Pflanze}}}$ für die Vegetationszeit.
Außerhalb dieser gilt:
- (2) $ET_p = SD_{14} \cdot F_{kU_{\text{Monat}}}$

Für die Zeiten, in denen der Acker unbestellt ist, werden automatisch die Monatsfaktoren für unbewachsenen Boden (F_{kU}) verwendet. Da fruchtartspezifische Faktoren nicht für alle hier zu betrachtenden Fruchtarten vorhanden sind, mussten für einige Fruchtarten Faktoren von ähnlichen Pflanzenarten abgeschätzt werden. Es handelt sich hierbei jedoch um erste Annahmen, die einer genaueren Spezifizierung und Validierung bedürfen.

Die potenzielle Verdunstung wird, abhängig vom Bodenwassergehalt, zu einer realen Verdunstung (ET_r) reduziert, wobei abhängig von der Tiefe der Durchwurzelung verschiedene Bodenschichten beteiligt sind. Der in dieser Arbeit verwendete Begriff „reale Verdunstung“ ist synonym zu dem in der Literatur ebenfalls häufig verwendeten Begriff „aktuelle Evapotranspiration“.

Das Simulationsmodell HERMES modelliert die potenzielle Verdunstung nach HAUDE (1955) und reduziert diese aufgrund des begrenzten Wasservorrats im Boden mit den kulturartspezifischen Faktoren von HEGER (1978).

2 Ergebnisse der Simulation des Wasserhaushalts

Wasserhaushalts-Simulation aufgrund der Landnutzung 1993 – 2001: Der mittlere Jahres-Niederschlag für die angegebene Periode beträgt 569 mm/a (s. Tab. 1). Mit Hilfe der Modelle HERMES/SULFONIE wurde die potenzielle Evapotranspiration nach Haude in Höhe von 510 mm/a berechnet. Unter Berücksichtigung der angebauten Fruchtarten und der begrenzten Wasserverfügbarkeit in den Sommermonaten liegt die aktuelle Evapotranspiration fast 100 mm niedriger und beträgt 417 mm/a. Die Sickerwasserspense beträgt im Mittel der Jahre etwa 140 mm/a. In dem Modell wird das abwärts verdrängte Bodenwassers als Sickerwasser ausgewiesen, welches tiefer als 2 m im Boden verlagert wird. *Nach dem Klimaszenario* (GERSTENGARBE, 2003), ist den Zeitabschnitt 2046 – 2054 von folgenden mittleren Werten in der klimatischen Wasserbilanz auszugehen: Der Jahres-Niederschlag geht

Anhang 2

112 mm/a auf 457 mm/a zurück. Dies entspricht 80 % des Jahresniederschlags vom Ist-Klima. Trotz geringerer Niederschläge steigt die aktuelle berechnete Evapotranspiration geringfügig um 20 mm/a auf 437 mm/a an. Dies lässt sich dadurch erklären, dass durch den gewachsenen Verdunstungsanspruch der Pflanzen der Wasservorrat des Bodens stärker ausgeschöpft wird. Das Modell weist jeweils zum 31.10 den Wasservorrat in 0 – 2 m Tiefe aus. Dieser beträgt für das Klimaszenario 313 mm und ist um 91 mm geringer als für das Ist-Klima. Der Verlauf des Bodenwasservorrates zum Ende des hydrologischen Jahres ist in Abbildung 2 dargestellt. Die Sickerwasserrate sinkt auf 12 mm/a ab, was bedeutet, dass in vielen Jahren praktisch kein Sickerwasser mehr anfällt.

Tab. 1: Komponenten des Wasserhaushaltes im Untersuchungsgebiet Märkisch-Oderland für das heutige Klima und ein Klimaszenario nach Gerstengarbe (2003)

Klima	Niederschlag mm/a	=	aktuelle Evapotranspiration mm/a	+	Sickerwasser mm/a	+	Vorratsänderung mm/a
Ist-Klima 1993–2001 ('Referenz-Szenario')	569	=	417	+	143	+	9
Klimaszenario 2046–2054	457	=	437	+	12	+	8

Abbildung 2 zeigt den Verlauf von vier Größen des Wasserhaushaltes für das Ist-Klima und das Klimaszenario. Für das Ist-Klima folgt die Sickerwasserrate weitgehend den Streuungen der Jahresniederschläge. Die höhere Sickerwasserspende 1999 bei geringeren Niederschlägen kommt dadurch zustande, dass in 2 m Bodentiefe zunächst noch Sickerwasser aus dem Vorjahr versickert und so die relativ hohe Sickerwasserspende zustande kommen lässt. Da die Niederschläge dieses Jahrs relativ gering sind, wird die Bodenfeuchte stärker ausgeschöpft, welches den niedrigen Bodenwassergehalt zum Ende des hydrologischen Jahres 1999 erklärt.

Die generierten Witterungsverläufe des Klimaszenarios zeigen folgendes Bild: Die aktuelle Evapotranspiration folgt weitgehend den Niederschlagsraten, während die Sickerwasserrate auf ein sehr niedriges Niveau fällt. Für das Jahr 2052 wurde (stochastisch) ein feuchterer Witterungsverlauf angenommen, welches zu einer leichten Anhebung des Bodenwasservorrates zum Ende des hydrologischen Jahres führt.

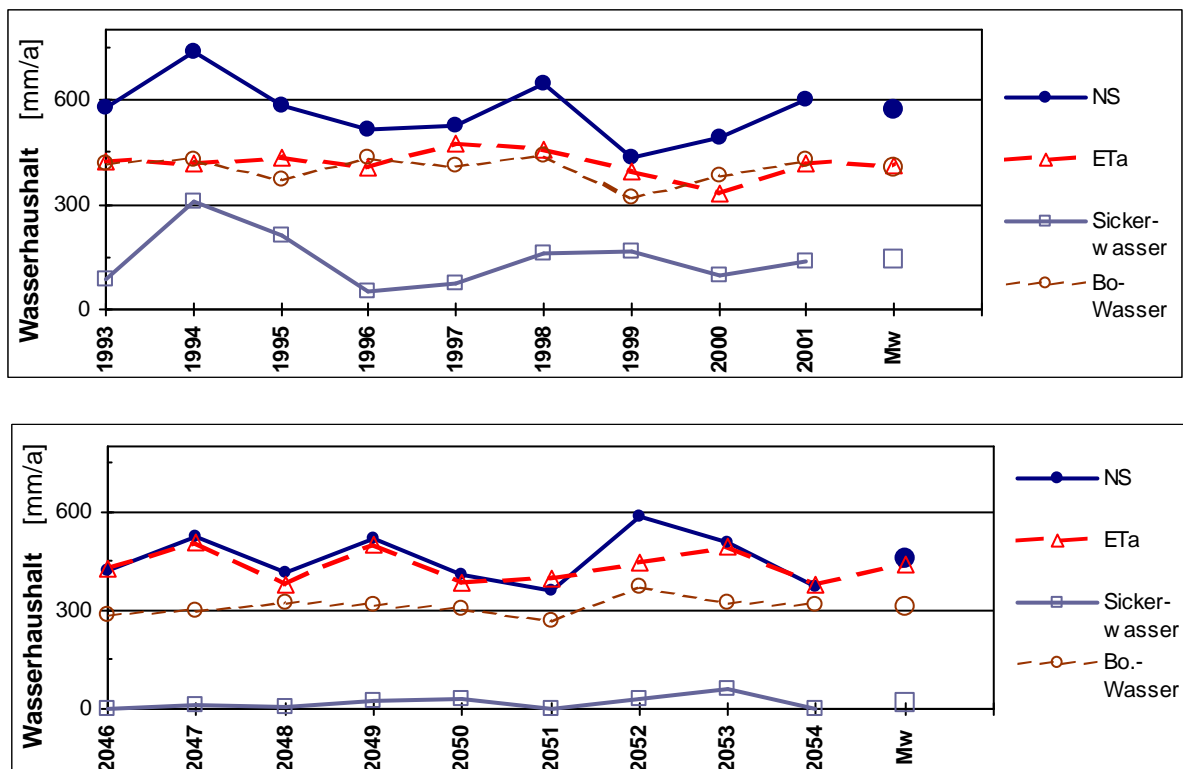


Abb. 2: Verlauf der Kenngrößen des Wasserhaushaltes für das Ist-Klima und das Klima-Szenario. Mit: NS = Niederschlag, Eta = aktuelle, berechnete Verdunstung, Bo.-Wasser = Wasservorrat des Bodens in 0 – 2 Tiefe zum Ende des hydrologischen Jahres (31.10.), Mw, Mittelwert.

Anhang 2

Abbildung 3 zeigt die räumliche Verteilung der durchschnittlichen jährlichen Sickerwasser-Raten für den Zeitabschnitt 1993 – 2001. Die Klassen mit Sickerwasserraten von 60 – 120 und 120 – 180 mm/a dominieren das Bild. Dabei tritt die Klasse mit 60 – 120 mm/a (blau) Sickerwasser häufiger im Osten des Untersuchungsgebietes auf, welches dem Oderbruch entspricht. Die Auenböden in diesem Teil des Untersuchungsgebietes haben durch ihren höheren Ton- und Schluffgehalt eine höhere Feldkapazität. Dies führt im Sommer zu einer höheren Verdunstung und infolgedessen zu einer niedrigeren Sickerwasserspende als auf den sandigeren D-Standorte außerhalb des Oderbruchs.

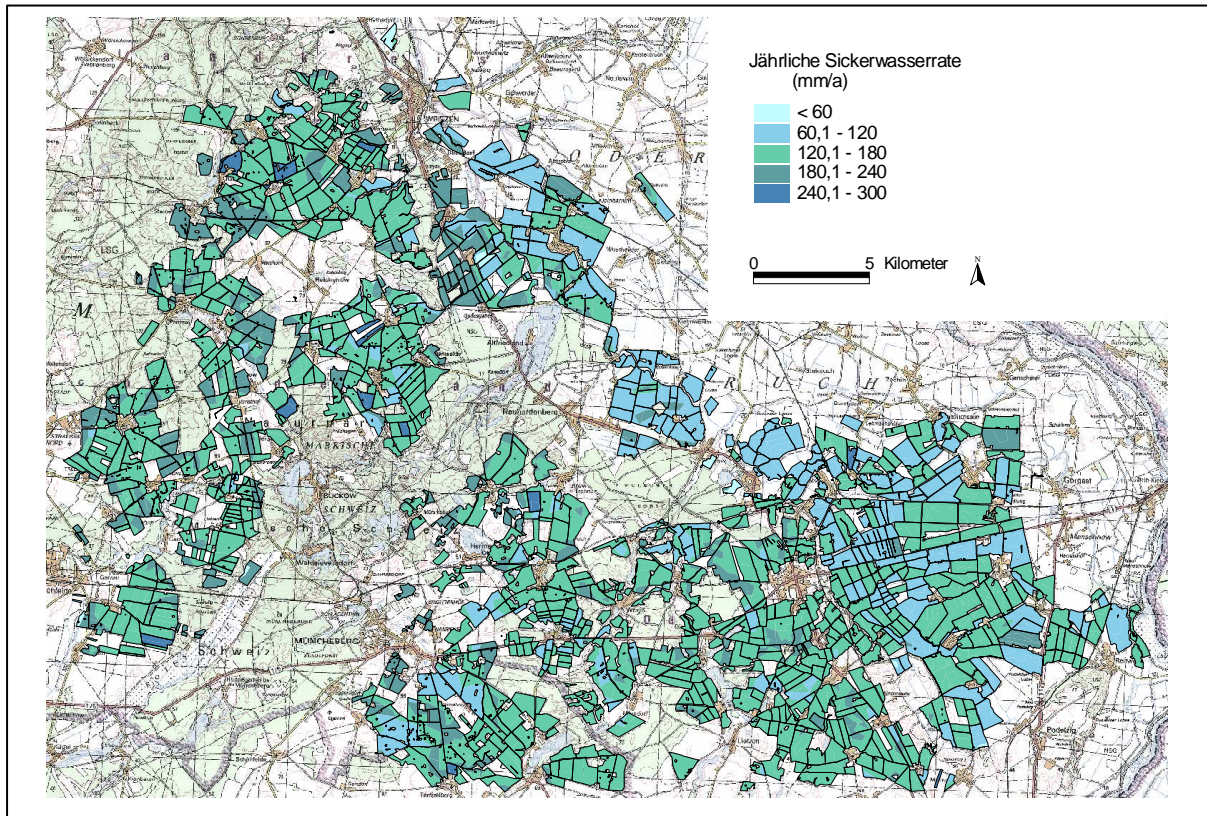


Abb. 3: Jährliche Sickerwasser-Rate als Mittel der Periode 1993 – 2001

Abbildung 4 zeigt die Differenz der Sickerwasserrate des Klimaszenarios Minus der des Ist-Klimas. Dabei ist wieder eine Zweiteilung des Untersuchungsgebietes zu erkennen. Im Oderbruch dominieren die Klassen mit einer Reduktion der Sickerwasserrate um 100 – 120 und 120 – 140 mm/a. Auf den D-Standorten außerhalb des Oderbruchs treten zusätzlich Klassen mit einer stärkeren Reduktion der Sickerwasserraten auf. Diese Änderungen beim Sickerwasser werden den Stoffaustrag in den Böden, z.B. Nitrat in deren Konzentrationen im Sickerwasser erheblich ändern.

In Abbildung 5 sind die Komponenten der Wasserbilanz dargestellt und nach Standortgruppen der MMK aufgegliedert. Zusätzlich werden die Wasserhaushalts-Komponenten quantifiziert nach ihrem Anteil während des Winterhalbjahres (01.11. – 31.03.) und während der Vegetationsperiode (1.04. – 31.10.).

Die Niederschläge während der Vegetationsperiode betragen für das Ist-Klima 352 mm, welches 62 % der Jahres-Niederschlagssumme entspricht. Für das Klimaszenario sinkt der Niederschlag während der Vegetationsperiode um 70 mm auf 282 mm. Die Sickerwasserrate des Ist-Klimas nimmt von den A1-Standorten über die D4-, D5-Standorte zu den D1-, D2-, D3-Standorten hin zu. Bei den A1-Standorten ist die Sickerwasserrate während der Vegetationsperiode etwa genau so groß, wie während des Winterhalbjahres. Dies liegt darin begründet, dass die Abwärtsverdrängung des Sickerwassers aus dem Winterhalbjahr unter die 2 m Tiefenlinie des Bodens noch nicht abgeschlossen ist.

Anhang 2

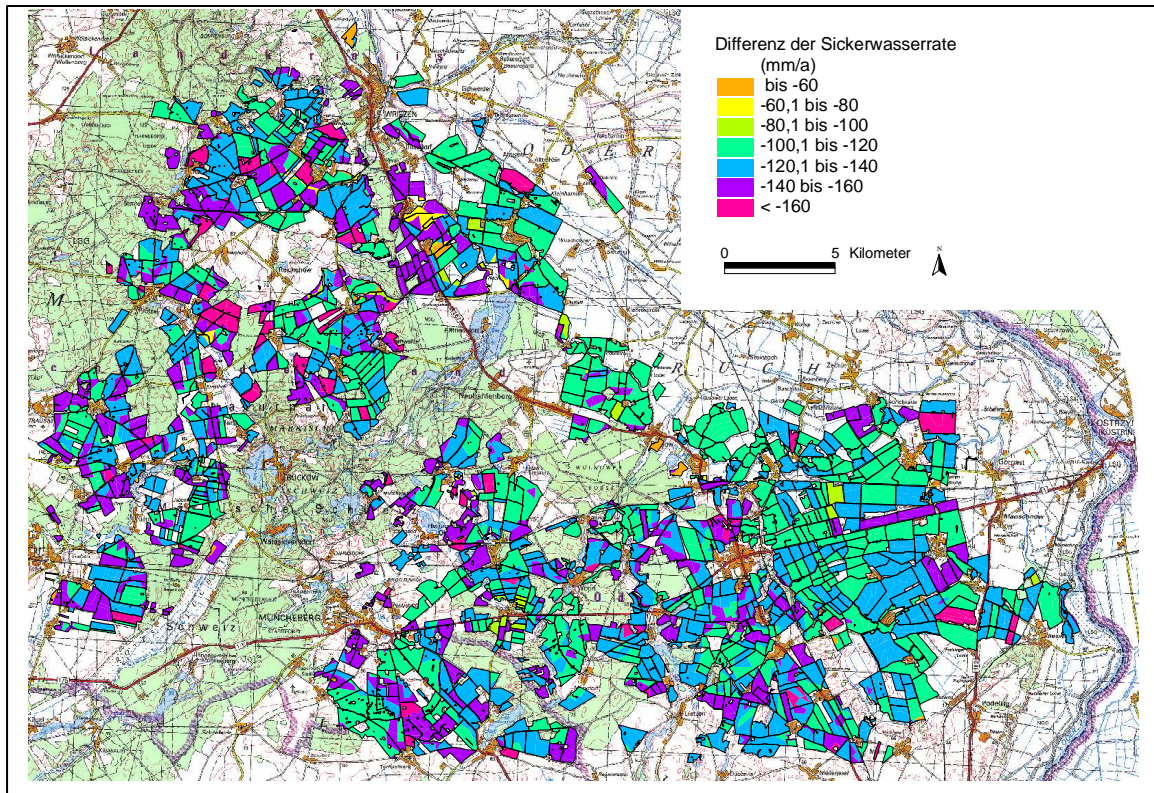


Abb. 4: Differenz der jährlichen Sickerwasser-Rate: Ist-Klima Minus Klimaszenario. Mittelwerte einer 9-jährigen Periode.

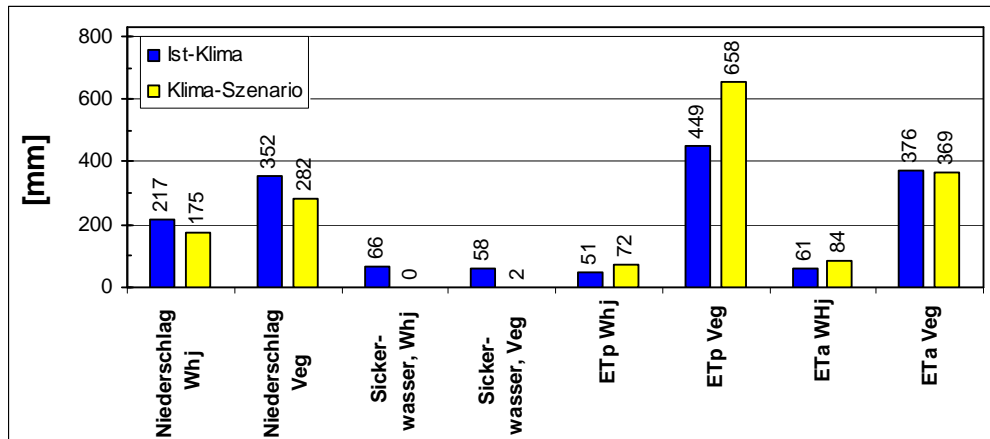
Dieser Effekt tritt bei den leichteren Standorten nur in verringertem Maße auf. Im Klimaszenario kommt die Sickerwasserbildung der A1-Standorte praktisch zum Erliegen, während die auf den D-Standorten noch in geringem Maße stattfindet. Eingangs wurde festgestellt, dass die berechnete aktuelle Evapotranspiration des Klimaszenarios um 20 mm/a höher ist als die des Ist-Klimas. Diese differenzierte Aufstellung der Komponenten der Wasserhaushaltsbilanz zeigt, dass diese höhere aktuelle Evapotranspiration ausschließlich auf das Winterhalbjahr zurückzuführen ist. Über alle Standorte hinweg ist für das Klimaszenario die aktuelle Evapotranspiration um etwa 20 mm höher als die des Ist-Klimas.

Aus diesen Berechnungen ist abzuleiten, dass sich unter den mittleren zukünftig zu erwartenden Klimaveränderungen die durch das Wasserdargebot bedingten Stresssituationen für Pflanzenbestände erhöhen könnte. Die Verdunstung gerade in den Wintermonaten, bedingt durch Temperaturerhöhung, wird wahrscheinlich ansteigen. Aus dem gesamten Ausmaß der Verdunstungsänderung ist die Zunahme des Wassermangels für landwirtschaftliche Kulturpflanzen jedoch als eher moderat einzustufen. Daher dürften auch die negativen Konsequenzen für die Ertragsbildung unter mittleren Verhältnissen eher überschaubar bleiben. Entscheidend für die ökonomische Situation in der Landwirtschaft ist aber sicherlich die Häufigkeit des Auftretens von Extremwetterlagen, wie etwa 2003 (Sommertrockenheit) oder 2002 (niederschlagsbedingt Überschwemmungen). Die Häufung derartiger Extremjahre könnte zum eigentlichen Problem für die landwirtschaftliche Pflanzenproduktion werden (EULENSTEIN et al. 2005a).

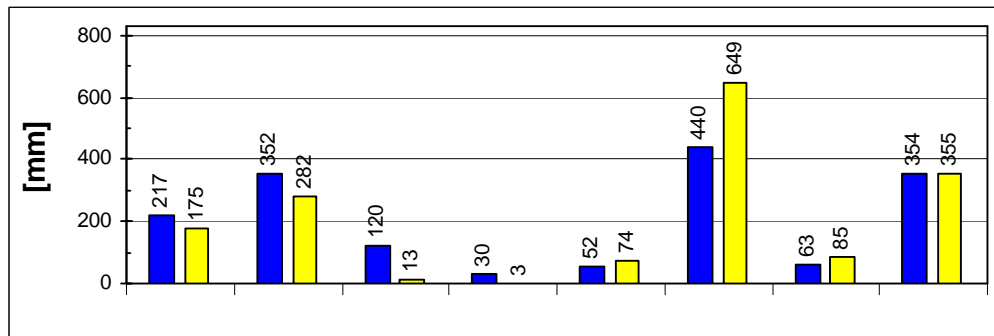
Wesentlich gravierender dürften die Auswirkung des Rückganges der Grundwasserneubildung auf die Speisung der ökologische wertvollen Feuchtgebiete sein. Die landwirtschaftliche Flächennutzung führt anders als die forstliche Nutzungsalternative augenblicklich zu nennenswerten Grundwasserneubildungsraten (EULENSTEIN et al. 2005b). Sie liefert aus der Sickerung und deren lateralen Abfluss die Speisung der zahlreichen in Brandenburg vorkommenden ökologischen Feuchtbiotope (Seen, Sölle, Moore und sonstige Niederungsgebiete). Sollte sich die Sickerwasserspende der landwirtschaftlichen Nutzflächen tatsächlich so entwickeln, wie es das Szenario hergibt, dann wird die ökologische Funktionsfähigkeit dieser Ökosysteme in Frage zu stellen sein.

Anhang 2

AL-Standorte, 30 % der Fläche



D4- und D5-Standorte, 51 % der Fläche



D1-, D2- und D3-Standorte, 18 % der Fläche

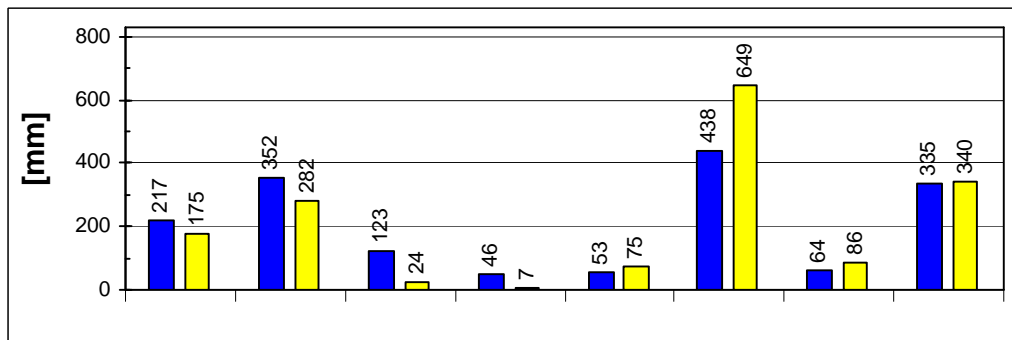


Abb. 5: Komponenten des Wasserhaushaltes für das Ist-Klima und das Klimaszenario, aufgliedert nach Gruppen von Standorttypen der MMK.

Anhang 3

ZALF-Gutachten zur Sickerwasserqualität

Frank Eulenstein, Matthias Willms, Lothar Müller, Uwe Schindler, Wilfried Mirschel, Andreas Fischer



1 Nährstoffbilanzen

Die zentrale Größe zur Beurteilung des Einflusses der landwirtschaftlichen Flächennutzung auf die Sickerwasserbeschaffenheit ist der Nährstoffsaldo. Für die Nährstoffe Stickstoff und Schwefel stellt der Saldo die potenzielle Stoffmenge dar, die an Partikel gebunden, in Wasser gelöst oder gasförmig in andere Ökosysteme eingetragen werden kann.

Für die Berechnungen der Nährstoffsalden ist die von EULENSTEIN et al. (2003) beschriebene Methode verwendet worden.

2 Betriebsbilanz

In Tabelle 1 sind die aggregierten Nährstoffbilanzen aller Betriebe für das Untersuchungsgebiet als flächengewichtete Mittelwerte dargestellt:

Beim **Nährstoffimport** stammen aus zugekauften Düngern die meisten Nährstoffe. Mit Düngern werden für die Nährstoffe Stickstoff, Magnesium und Schwefel über 80 % der Gesamtimporte importiert. Für Stickstoff entspricht dies einer Zufuhr mit zugekauften Düngern von 99 kg/ha. Phosphat und Kalium aus Dünger haben an den gesamten Importen dagegen nur einen Anteil von 63 bzw. 53 %. Mit Handelsfuttermitteln gelangen vor allem Phosphat und Kalium in das Untersuchungsgebiet. Die Nährstoffimporte mit Vieh sind aufgrund des geringen Viehbesatzes vernachlässigbar.

Der **Nährstoffexport** erfolgt zum größten Teil mit verkauften pflanzlichen Produkten (Marktfrüchten). Mit ihnen werden 56 kg/ha Stickstoff exportiert, welches 88 % des gesamten Stickstoffexportes entspricht. Für Phosphor, Kalium, Magnesium und Schwefel beträgt der mit Marktfrüchten exportierte Anteil über 85 %. Mit tierischen Produkten (Vieh, Milch) werden 8 kg/ha Stickstoff exportiert, welches einem Anteil von 12 % an den gesamten Exporten entspricht.

Tab. 1: Nährstoffbilanz auf der Basis der aggregierten Betriebsbilanzen von 55 landwirtschaftlichen Betrieben mit insgesamt 54.397 ha, Abweichungen rundungsbedingt

Bilanzposten	N		P		K		Mg		S	
	1993 – 2001		1993 – 2001		1993 – 2001		1999 – 2001		1999 – 2001	
	kg/ha	%	kg/ha	%	kg/ha	%	kg/ha	%	kg/ha	%
– Handelsdünger	99	82	7	63	17	53	19	89	11	82
– Futtermittel	21	18	4	37	15	47	2	11	2	18
– Vieh	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1
Import gesamt	121	100	11	100	32	100	22	100	13	100
– Marktfrüchte	56	88	11	88	17	93	4	94	5	87
– tierische Produkte	8	12	2	12	1	7	< 1	5	1	13
– Abgabe Wirtschaftsdünger	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	1	< 1	1
Export gesamt	64	100	12	100	19	100	4	100	6	100
Nährstoffsaldo	57		-2		14		17		7	

Der Stickstoffsaldo ist mit 57 kg/ha im mittleren Bereich. Der Phosphorsaldo ist negativ, hier ist in den letzten Jahren die Düngung auf den landwirtschaftlichen Betrieben vernachlässigt worden. Aufgrund

Anhang 3

des gestiegenen Bewusstseins für die Schwefeldüngung fällt der Schwefelsaldo mit 10 kg/ha relativ hoch aus.

3 Flächenbilanz

Mit Hilfe der Flächenbilanz können schlaggenaue Aussagen über die Höhe der Bilanzsalden gemacht werden. Die Auswertung der Landnutzungsdaten aus der Flächenbilanz werden als flächengewichtete Mittelwerte berechnet. Während der Stickstoffsaldo der aggregierten Betriebsbilanzen 57 kg/ha beträgt, liegt dieser nach der Flächenbilanz bei 50 kg/ha (Tab. 2). Die Abweichung liegt dabei unterhalb von 20 %. Dieser Unterschied ist darauf zurückzuführen, dass in der Flächenbilanz nicht alle Betriebe der Betriebsbilanz enthalten sind, da für einige Betriebe nur eine Betriebsbilanz berechnet werden konnte.

Die Nährstoffzufuhr mit Wirtschaftsdüngern ist gering. Dies ist auf den geringen Viehbesatz im Untersuchungsgebiet zurückzuführen. Er beträgt für Stickstoff 38 kg/ha, welches einem Anteil von 27 % der Gesamtzufuhr entspricht. Für Magnesium und Schwefel beträgt die Nährstoffzufuhr mit Wirtschaftsdüngern jeweils 5 kg/ha, welches einem Anteil von 22 bzw. 26 % entspricht. Im Gegensatz dazu beträgt die Phosphor- und Kalizufuhr 9 bzw. 35 kg/ha. Dies entspricht einem Anteil von 59 % bzw. 68 % an der Gesamtzufuhr. Diese Zahlen zeigen, dass Phosphor und Kalium häufig nur mit Wirtschaftsdüngern gedüngt werden, während Mineraldünger nicht oder nur geringfügig eingesetzt werden. Dies führt für Phosphor zu einer ausgeglichenen Bilanz, während für Kalium die Flächenbilanz geringfügig negativ wird.

Tab. 2: Nährstoffbilanz der aggregierten Flächenbilanz von 54 landwirtschaftlichen Betrieben mit insgesamt 53.573 ha, Abweichungen rundungsbedingt

	N	P	K	Mg	S
	1993 – 2001			1999 – 2001	
	kg/ha	kg/ha	kg/ha	kg/ha	kg/ha
Zufuhr Mineraldünger	102	6	17	18	12
Zufuhr Wirtschaftsdünger	38	9	35	5	5
Abfuhr	90	17	59	6	7
Saldo	50	2	-8	17	9
Abschläge: Lager- und Ausbringungsverluste von organischen Düngern	12	—	—	—	—
Zuschläge: N ₂ -Bindung durch Leguminosen	9	—	—	—	—
Saldo unter Berücksichtigung von Zu- und Abschlägen	47	—	—	—	—

Gasförmige Stickstoffverluste von organischen Düngern bei Lagerung und Ausbringung werden nach Düngeverordnung berücksichtigt. Sie betragen im Mittel der Jahre für den Durchschnitts-Hektar des Untersuchungsgebietes 12 kg/ha. Diese relativ geringen Abschläge sind durch die geringe Viehdichte mit 0,38 GV/ha begründet. Die Stickstoffbindung durch Leguminosen wird mit Hilfe von Faustzahlen abgeschätzt. Für den durchschnittlichen Hektar des Untersuchungsgebietes beträgt die N₂-Fixierung durch Leguminosen im Mittel der Jahre 9 kg/ha. Der Saldo mit Berücksichtigung von Zu- und Abschlägen liegt mit 47 kg/ha geringfügig unter dem ohne Berücksichtigung von Zu- und Abschlägen.

4 Modellierung des Stickstoff- und Sulfataustrages

Die Modellierung, für die im Untersuchungsgebiet erhobenen und bilanzierten Schläge wurde mit den bereits in Kapitel 3 beschriebenen Modellen HERMES und SULFONIE von KERSEBAUM (1995) durchgeführt. Die detaillierten Ergebnisse der Modellläufe sind in den Tabellen 1 und 2 des Anhanges dargestellt. In den folgenden Abbildungen 1 und 2 ist neben den Komponenten des Wasserhaushaltes, die daraus resultierenden der Sulfat- und Nitratausträge aus der durchwurzelter Zone sowie deren Konzentrationen im Sickerwasser dargestellt. Die Stickstoffausträge streuen, mit Ausnahme des Peaks, zwischen 25 und 100 kg/ha und Jahr. Die Abbildungen zeigen deutlich, wie der erhöhte Jahresniederschlag im Jahr 1994 zu einer erhöhten Sickerwasser-Rate und einem stark erhöhten Stoffaustrag, besonders für Stickstoff, führt. Da der Stoffaustrag stärker steigt als die Sickerwasseremmen-

Anhang 3

ge, führt dies zu einer hohen Nitratkonzentration von etwa 300 mg/l im Sickerwasser. Der erhöhte Niederschlag im Jahr 1998 führt zu einer Erhöhung der Sickerwasserspende, die sich auf die Jahre 1998 und 1999 verteilt. Infolgedessen fällt der Peak des Stoffaustrages gering aus, bei den Konzentrationen ist kein eindeutiger Peak mehr feststellbar.

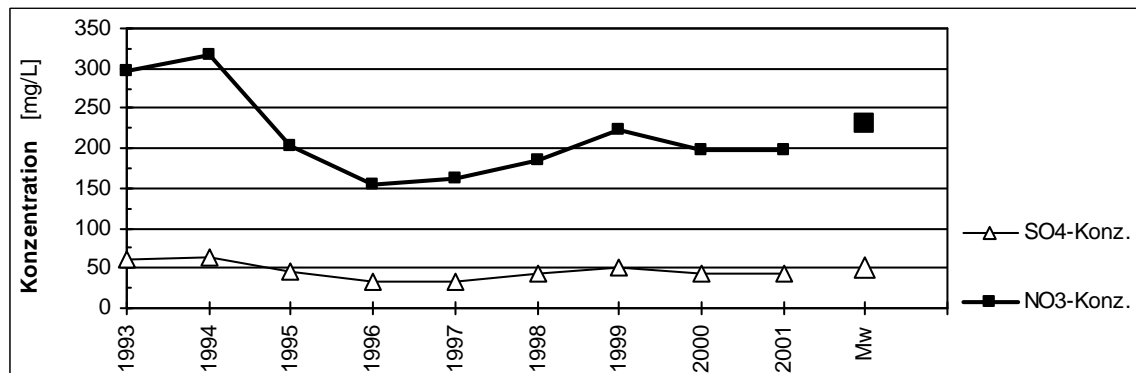
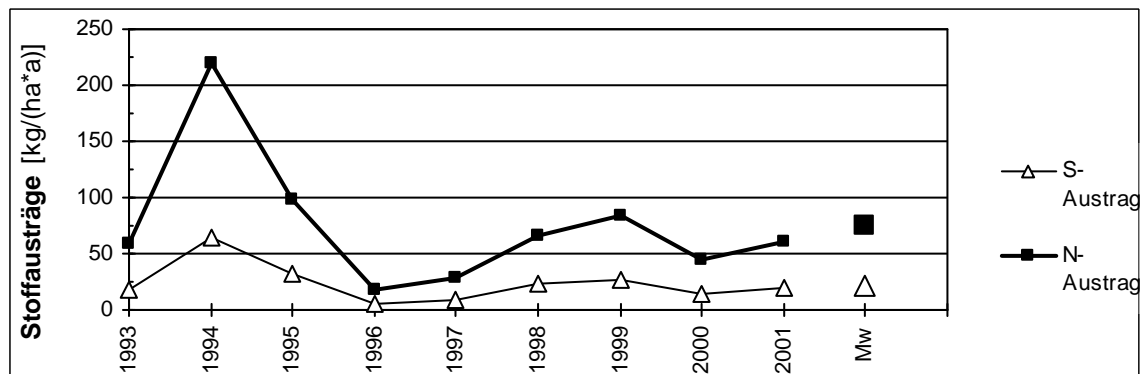
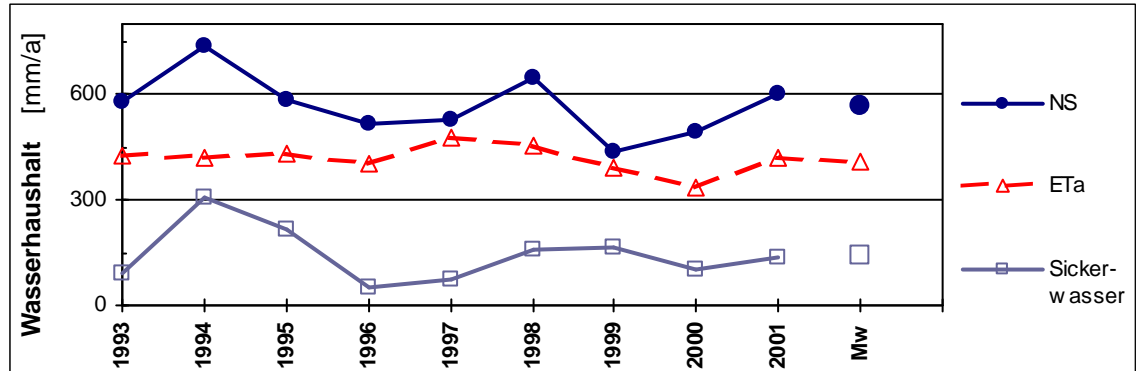


Abb. 1: Verlauf der simulativ berechneten Stoffausträge und Konzentrationen für die Periode 1993 – 2001 des Ist-Klimas

Anhang 3

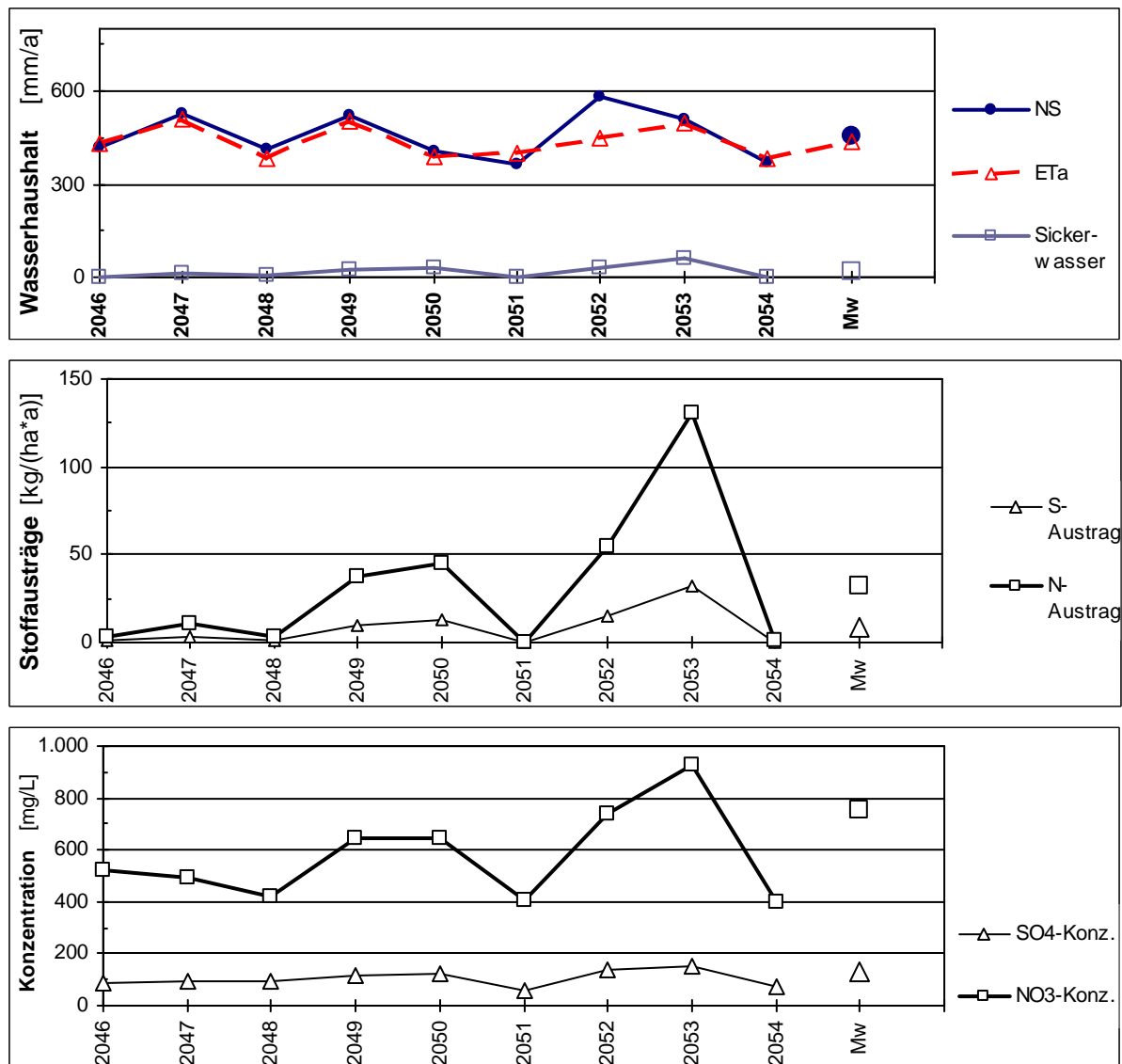


Abb. 2: Potenzieller Verlauf der simulativ berechneten Stoffausträge und Konzentrationen für die Periode 2046 – 2054 des Klimaszenarios

Für das Klimaszenario wird mit den Modellen ein niedrigerer Stickstoffaustrag prognostiziert, Dieser steigt jedoch im betrachteten Zeitabschnitt an. Infolge geringerer Sickerwasserraten werden Stickstoff und Schwefel nicht so schnell abwärts verlagert, was zu einer Erhöhung des im Boden gespeicherten Vorrats dieser Stoffe in der betrachteten Bodenschicht bis 2 m Tiefe führt. Dieser Prozess dauerte während der Simulationszeit noch an, was die steigenden Mengen an Stickstoff und Schwefel erklärt, welche unter die 2 m Marke im Boden jährlich abwärts verdrängt werden. Die steigenden Raten des Stoffaustrages führen dabei zu steigenden Konzentrationen des Sickerwassers, welches Nitratkonzentration von bis zu 900 mg/l erreicht.

Die räumliche Verteilung der simulativ berechneten Nitratkonzentration im Mittel der Jahre 1993 – 2001 ist in Abbildung 3 dargestellt. Die berechneten Konzentrationen liegen vorwiegend in den unteren drei Klassen bis 450 mg/l NO_3 . Dabei sind die Nitratkonzentrationen im östlichen Bereich der Karte - im Bereich des Oderbruchs - höher, als in dem übrigen Teil des Untersuchungsgebietes.

Anhang 3

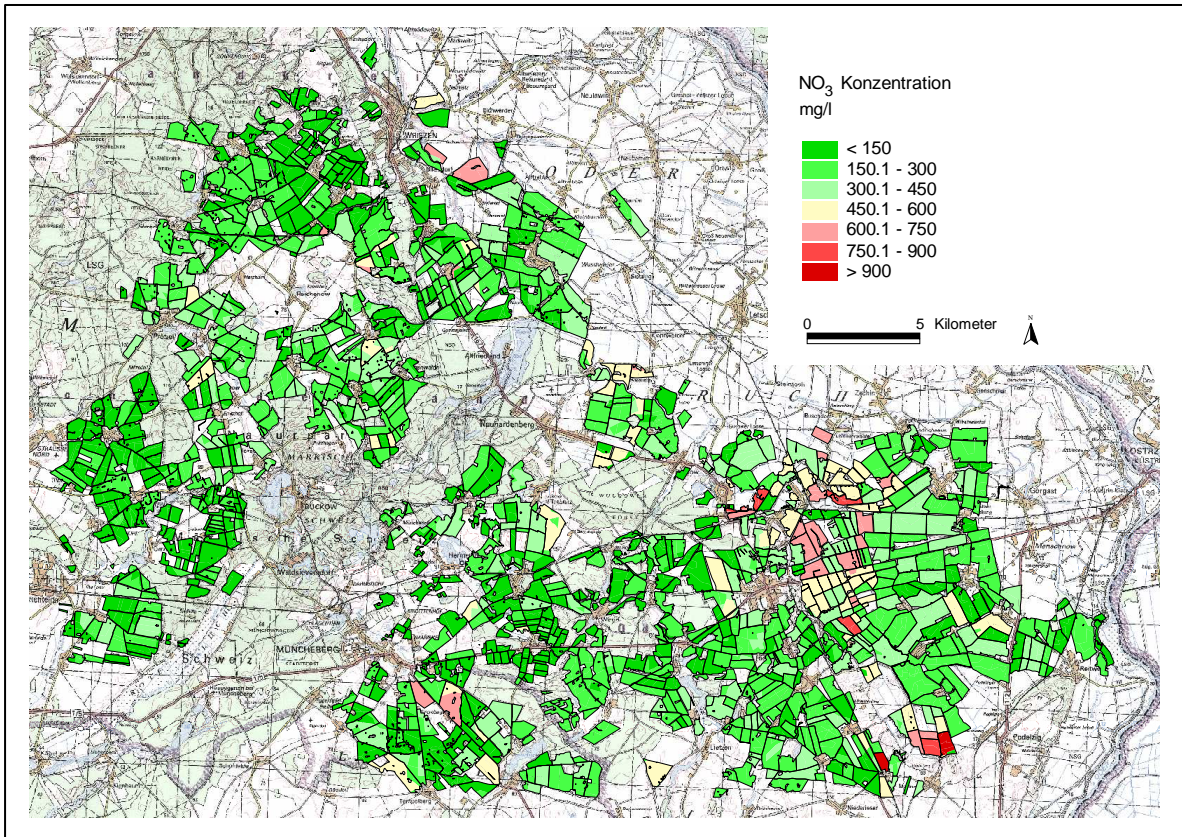


Abb. 3: Simulativ berechnete Nitratkonzentration im Mittel der Jahre 1993 – 2001

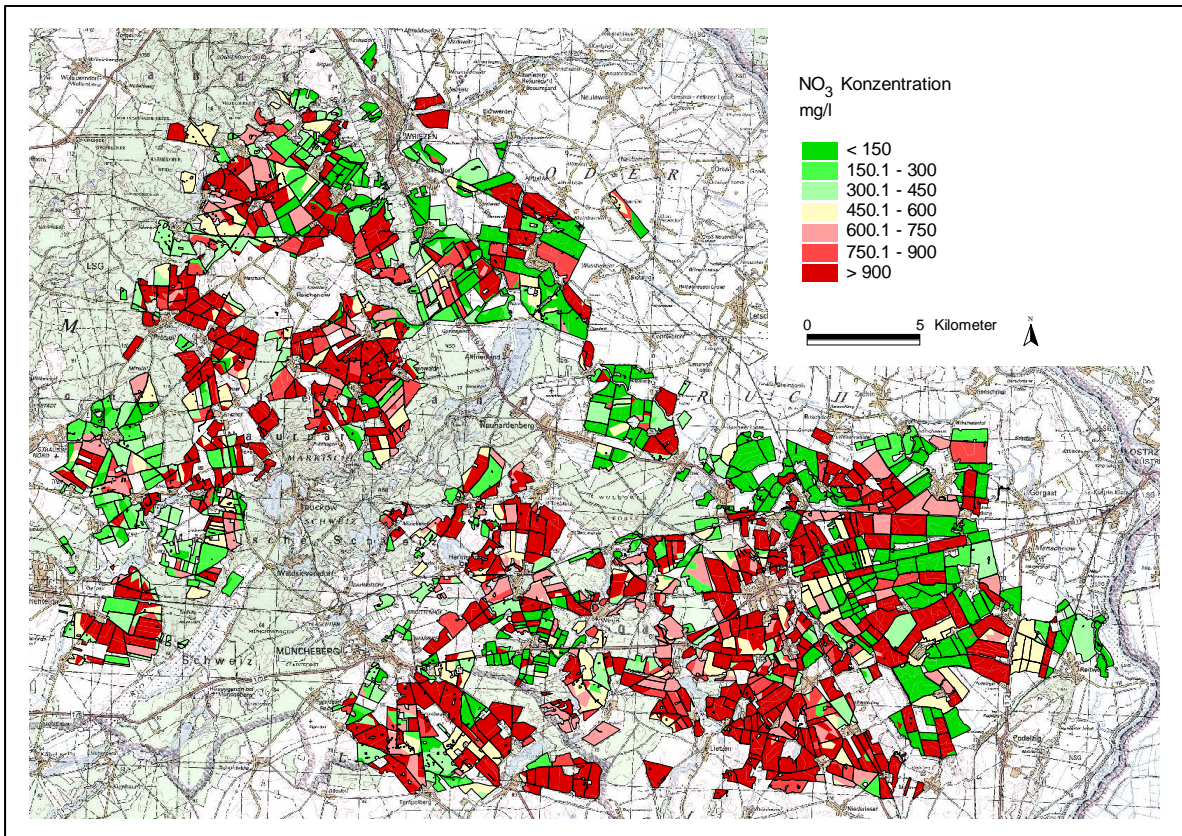


Abb. 4: Simulativ berechnete Nitratkonzentration im Mittel der Jahre 2046 – 2054

Anhang 3

In Abbildung 4 ist die räumliche Verteilung der mittleren jährlichen Nitratkonzentrationen für den Zeitabschnitt 2046 – 2054 des Klimaszenarios dargestellt. Die Karte macht deutlich, dass generell die Nitratkonzentrationen erheblich gestiegen sind. Die Nitratkonzentrationen liegen überwiegend oberhalb von 600 mg/l. Obwohl für diesen Zeitabschnitt der Stickstoffaustrag von 60 kg/ha auf 40 kg/ha reduziert wurde. Dies ist auf die in erheblichem Maße zurückgehende jährliche Sickerwasser-Spende zurückzuführen. Es handelt sich bei der Erhöhung der Konzentration im Sickerwasser also nicht um eine Erhöhung der Stickstofffracht, sondern um einen Konzentrationseffekt aufgrund der reduzierten Sickerwasser-Rate.

Bei der Bewertung der Konzentrationen ist zu berücksichtigen, dass es sich nicht um reale, sondern um potenzielle Werte handelt. Das Modell berücksichtigt die Prozesse der Immobilisation und der Mineralisation ebenso wie die heterotrophe Denitrifikation in der Krume, d. h. in den oberen 30 cm des Bodens. Diese bodenbiologischen Prozesse werden in ihrer Interaktion mit den Pflanzenbeständen abgebildet. Derzeit ist es aber nicht hinreichend möglich, die Prozesse der heterotrophen und der autotrophen Denitrifikation unterhalb der Krume, in der ungesättigten Bodenzone oberhalb des Grundwassers abzubilden. Diese spielen aber für die denitrifikative Reduktion der Nitrat-Konzentrationen auf quartären und tertiären, pyrihaltigen Substraten in der ungesättigten Zone eine entscheidende Rolle.

Da sich aufgrund der Ertragserwartung in der pflanzlichen Produktion das Düngeregime nicht erheblich ändern dürfte, ist zu erwarten, dass auch das niedrige Niveau der Bilanzüberschüsse sich aus pflanzenbaulicher Sicht nicht deutlich reduzieren lassen wird. Auf den Karten der Abbildungen 3 und 4 sind die Nitrat-Konzentrationen des Sickerwassers unter der jetzigen Landnutzung und den zukünftig prognostizierten Verhältnissen dargestellt. Unter den zukünftig prognostizierten Klimaveränderungen reichen selbst geringe Nährstoffüberschüsse, die der Guten fachlichen Praxis der landwirtschaftlichen Produktion Rechnung tragen aus, um derartig hohe Stoffkonzentration im Sickerwasser zu erreichen.

In der Tabelle 3 sind die erheblichen Differenzen der Sulfat- und Nitratkonzentrationen zwischen den beiden Betrachtungszeiträumen als stark räumlich und zeitlich aggregierte Mittelwerte dargestellt.

Tab. 3: Kenngrößen des Wasserhaushaltes der landwirtschaftlichen Nutzflächen

	1993 – 2001	2046 – 2054	Differenz 2046 – 2054 minus 1993 – 2001
Stickstoffaufnahme durch Pflanzen (kg/ha)	108	118	+ 10
Sulfatkonzentration Im Sickerwasser [mg/l]	49	132	+ 83
Theoretische. NO ₃ -Konzentration des Sickerwassers unter Berücksichtigung von gasförmigen Lagerverlusten bei Wirtschaftsdüngern [mg/l]	257	911	+ 654
Theoretische. NO ₃ -Konzentration des Sickerwassers unter Berücksichtigung von gasförmigen Lager- und Ausbringungsverlusten bei Wirtschaftsdüngern [mg/l]	232	751	+ 519

Neben dem rein quantitativen Effekt der Reduktion der Grundwasserneubildung ist sehr deutlich auch der qualitative Aspekt in den Fokus der Betrachtung zu stellen. Unter der Berücksichtigung der Tatsache, dass die landwirtschaftliche Flächennutzung aus ihrem Abfluss nicht nur Grundwasserleiter, sondern auch ökologisch wertvolle Feuchtgebiete speist, ist zu erwarten, dass diese natürlichen Standorte in erheblichen Umfängen der Gefahr der Eutrophierung ausgesetzt werden.

Anhang 3

Tab. 4: Untersuchungsgebiet Märkisch-Oderland: Simulationsergebnisse für das Szenario erhobene Landnutzung mit Wetterdaten des heutigen Klimas nach GERSTENGARBE.

Jahr	Nieder-schlag	Nieder-schlag, boden-wirksam	Jahres-durch-schnitts-tem-peratur	N-Bulk-Deposi-tion	S-Bulk-Deposi-tion	S-Aus-trag in 2 m Tiefe	N-LAV-Austrag in 2 m Tiefe	Sicker-wasser	S-Auf-nahme durch Pflanzen	N-Auf-nahme durch Pflanzen	ETP	ETa	S-Netto-Mine-ralisation	N-Netto-Mine-ralisation	Boden-wasser-gehalt in 0-2 m Tiefe	Smin (SO₄-S) im Boden in 0-2 m Tiefe	Nmin im Boden in 0-2 m Tiefe	SO₄-Konzentration im Sicker-wasser	NO₃-Konzentration im Sicker-wasser N-LAV Weide30
	hydrolog. Jahr	hydrolog. Jahr	Kalender Jahr	Kalender Jahr	Kalender Jahr	hydrolog. Jahr	hydrolog. Jahr	hydrolog. Jahr	hydrolog. Jahr	hydrolog. Jahr	hydrolog. Jahr	hydrolog. Jahr	hydrolog. Jahr	hydrolog. Jahr	zum 31.10.	zum 31.10.	zum 31.10.	hydrolog. Jahr	hydrolog. Jahr
	Mm	Mm	°C	kg/ha	kg/ha	kg/ha	kg/ha	mm	kg/ha	kg/ha	mm	mm	kg/ha	kg/ha	mm	kg/ha	kg/ha	mg/L	mg/L
1993	580	499	8,7	8	6	18	59	88	12	107	485	423	12	64	420	112	340	61	297
1994	739	677	9,7	8	6	65	220	308	9	101	524	418	11	54	430	67	188	63	316
1995	585	518	9,0	8	6	32	98	213	12	110	540	432	11	52	371	51	154	45	203
1996	516	444	7,1	8	6	5	17	50	12	103	417	404	10	53	434	71	199	32	155
1997	526	437	9,1	8	6	8	28	75	10	110	535	476	11	53	409	83	230	34	164
1998	647	562	9,3	8	6	23	66	158	12	112	516	456	11	49	439	76	214	43	185
1999	436	373	10,0	8	6	28	83	165	11	118	550	393	8	38	321	71	194	50	224
2000	494	439	10,4	8	6	14	45	99	10	104	543	333	10	44	382	76	227	43	198
2001	601	534	8,5	8	6	20	60	135	10	108	476	419	11	51	430	75	246	44	198
1993 – 2001	569	498	9,10			24	75	143	11	108	510	411	11	51	404	76	221	49	232

Anhang 3

Tab. 5: Untersuchungsgebiet Märkisch-Oderland: Simulationsergebnisse für das Szenario erhobene Landnutzung mit Wetterdaten des Klima-Szenarios des PIK (GERSTENGARBE)

Jahr	Niederschlag	Niederschlag, bodenwirksam	Jahresdurchschnittstemperatur	N-Bulk-Deposition	S-Bulk-Deposition	S-Austrag in 2 m Tiefe	N-LAV-Austrag in 2 m Tiefe	Sickerwasser	S-Aufnahme durch Pflanzen	N-Aufnahme durch Pflanzen	ETP	ETa	S-Netto-Mineralisation	N-Netto-Mineralisation	Bodenwassergehalt in 0-2 m Tiefe	Smin (SO ₄ -S) im Boden in 0-2 m Tiefe	Nmin im Boden in 0-2 m Tiefe	SO ₄ -Konzentration im Sickerwasser	NO ₃ -Konzentration im Sickerwasser N-LAV
	hydrolog. Jahr	hydrolog. Jahr	Kalender Jahr	Kalender Jahr	Kalender Jahr	hydrolog. Jahr	hydrolog. Jahr	hydrolog. Jahr	hydrolog. Jahr	hydrolog. Jahr	hydrolog. Jahr	hydrolog. Jahr	hydrolog. Jahr	hydrolog. Jahr	zum 31.10.	zum 31.10.	zum 31.10.	hydrolog. Jahr	hydrolog. Jahr
	Mm	mm	°C	kg/ha	kg/ha	kg/ha	kg/ha	mm	kg/ha	kg/ha	mm	mm	kg/ha	kg/ha	mm	kg/ha	kg/ha	mg/L	mg/L
2046	418	358	10,9	8	6	1	3	3	13	109	722	429	10	52	288	286	881	89	524
2047	527	453	11,0	8	6	3	11	10	11	115	789	509	12	61	297	303	931	94	492
2048	413	370	9,6	8	6	1	3	3	13	111	742	381	9	42	322	316	983	96	421
2049	518	440	10,8	8	6	10	37	26	13	115	667	502	13	65	317	331	1008	114	647
2050	409	363	10,3	8	6	12	45	31	11	117	780	386	8	36	305	336	999	120	643
2051	362	308	10,9	8	6	0	0	0	13	121	789	399	10	41	271	350	1.034	61	403
2052	584	516	9,8	8	6	15	55	33	13	128	678	446	11	56	375	359	1.050	136	743
2053	509	443	10,6	8	6	32	131	63	11	110	720	497	12	61	327	348	1007	154	924
2054	372	320	11,8	8	6	0	1	1	13	136	811	382	11	51	317	363	1.058	73	402
1993 – 2001	457	397	10,62	8	6	8	32	19	12	117	744	437	11	52	313	332	995	132	751

Anhang 4

Indikationsschema Vogelwelt

Torsten Langgemach



1 Einleitung

Der Klimawandel ist inzwischen keine vage Prognose mehr, sondern vielfach belegte Realität. Auch die Vogelwelt spielt dabei eine Rolle, einerseits, indem sie dazu beitragen kann, die klimatischen Veränderungen anzuzeigen, andererseits durch direkte Betroffenheit einzelner Arten. Im Rahmen der weiteren Strategie des Landes Brandenburg beim Umgang mit dem Klimawandel stellt sich die Frage, welche ökologischen Parameter innerhalb der Vogelwelt als Indikatoren geeignet sind.

Im Folgenden wird geprüft, inwieweit ornithologische Daten klimatische Änderungen widerspiegeln können, welche Teilprogramme des Vogelmonitorings schon jetzt im Rahmen eines Klimamanagements verwendbar sein könnten und welche Parameter künftig für ein systematisches Monitoring in Brandenburg geeignet erscheinen.

2 Indikationskonzept

2.1 Phänologische Daten

2.1.1 Veränderte Zugzeiten

a) Parameter

- Ankunftsdaten (z.B. Erstbeobachtung/Median gemeldeter Erstbeobachtungen, beides sowohl für hiesige Brutvogelarten als auch bei Arten, die hier als Wintergäste auftreten, anwendbar)
- Abzugdaten (Letztbeobachtung/Median gemeldeter Letztbeobachtungen, ebenfalls sowohl Brutvögel als auch Wintergäste)
- Durchzugsgipfel (z.B. Beobachtungssummen je Pentade)

b) Erfassungsmethoden

- systematische Sammlung von Zufallsbeobachtungen, in Berlin und Brandenburg z.B. durch die Arbeitsgemeinschaft Berlin-Brandenburgischer Ornithologen (ABBO)
- systematisch und nach gleichbleibendem Muster gewonnene Daten einzelner Beobachter (z.B. KOOIKER 2004)
- standardisierte Beringungsprogramme
- darüber hinaus ggf. auch Analyse von Beringungsdaten aus großen Datenspeichern, z.B. der Beringungszentrale Hiddensee

c) Fallbeispiele

- Beobachtungen in Berlin und Brandenburg deuten frühere Ankunft vor allem bei einer Reihe von Kurzstreckenziehern an, aber auch bei einzelnen Fernziehern wie dem Weißstorch (SCHMIDT 1989, ABBO 2001, s.a. PTASZYK et al. 2003 für Westpolen). Kurzstreckenzieher verlassen uns meist später (z.B. Graugans, Kranich, Rotmilan).
- Für die Insel Helgoland liegen aktuelle Auswertungen eines vierzigjährigen Beringungsprogramms vor mit Trends in den Heim- und Wegzugzeiten, die weitgehend den Erwartungen entsprechen: Bei 20 von 24 Arten („Kurzmittel-, und Langstreckenzieher) besteht ein Trend zur Verfrühung des Heimzuges (signifikant bei 14 Arten) bei Verfrühungen bis zu 12 Tagen. Auf dem Wegzug besteht bei 14 von 26 Arten (vor allem Langzieher) ein Trend zur Verspätung (signifikant bei 5 Arten) bei

Anhang 4

Verspätung bis zu 9 Tagen. Allerdings hat sich der Abzug bei 6 Arten auch verfrüht (nicht signifikant). Im Herbst ist die Beziehung zu Klimaelementen schwächer ausgeprägt als im Frühjahr (HÜPPOP & HÜPPOP 2005).

d) Eignung für Monitoring

Systematische Sammlung von Beobachtungsdaten unter Einbeziehung einer großen Zahl von Mitarbeitern kann in beschränktem Maß Trends anzeigen, vor allem bei sehr auffälligen Veränderungen. Es ist jedoch zu berücksichtigen, dass auch eine gesteigerte Beobachtungsintensität (z.B. mehr Beobachter oder gesteigertes „Meldungsbewusstsein“ der Beobachter) die Daten beeinflusst, z.B. indem sie die Wahrscheinlichkeit der Erfassung von Erstankömmlingen erhöht oder Durchzugsmediane durch höhere Datendichte weniger zufallsabhängig macht. Dass sich auch aus sehr lückenhaften und unsystematisch erhobenen Daten, selbst unter Einbeziehung der Bevölkerung, Trends ableiten lassen, zeigen Beispiele aus England. Hinweise kann zudem die vergleichende Betrachtung von Daten liefern, z.B. indem sich bei Kurzstreckenziehern andere Trends zeigen als bei Langstreckenziehern. In jedem Fall bedürfen die Daten eingehender Prüfung und Interpretation. Wenngleich sich der Ausbau der Erfassungen nicht im Sinne eines Monitorings standardisieren lässt, sollten die vorhandenen Daten regelmäßig analysiert werden.

Beringungsprogramme können bei standardisiertem Ansatz und langfristiger Laufzeit sehr gute Daten liefern. Hierfür sind sowohl Programme, die sich mit dem Durchzug an definierten Fangplätzen befassen, geeignet, als auch solche, in denen intensiv einzelne Arten bearbeitet werden. Zusätzlich dürfte die Betrachtung des Gesamtdatenspeichers der Beringungszentrale Hiddensee eine Vielzahl von Ergebnissen erbringen. Über die Daten aus laufenden Programmen hinaus enthält er auch eine riesige Zahl von Zufallsberingungen. Die vorliegenden Daten sind rückwirkend bis 1977 digitalisiert worden.

2.1.2 Veränderungen beim Wintervogelbestand

a) Parameter

- Winterbestand ausgewählter Arten (Anzahl von Beobachtungen/Individuen in definierten Gebieten und Zeitperioden)

b) Erfassungsmethoden

- systematische Sammlung von Zufallsbeobachtungen, z.B. durch die ABBO
- Erfassungen im Rahmen laufender Monitoringprogramme, z.B. Internationale Wasservogelzählung, aber auch andere standardisierte und langfristige Erfassungen, z.B. auf lokaler Ebene
- bedingt auch Beringungsprogramme

c) Fallbeispiele

- Viele Kurzstreckenzieher neigen verstärkt zur Überwinterung bzw. pulsieren mit Wärme- und Kältefronten und erscheinen daher häufiger im Winter bei uns, z.B. Graugans, Kranich, Rotmilan, Kiebitz, Feldlerche (SCHMIDT 1989, ABBO 2001)
- Arktische Arten, die in Mitteleuropa überwintern, sind hier teils seltener geworden, z.B. Ohrenlerche, Schneeammer (ABBO 2001)
- Bei Entenarten hängt die Höhe des Mittwinter-Bestandes in Deutschland von der Härte des Winters ab (WAHL & SUDFELDT 2005).
- Einen interessanten Vergleich liefert das Großstadtklima von Berlin, welches bei vielen Arten die Überwinterung begünstigt, so dass hier größere Zahlen registriert werden als außerhalb der Stadt, z.B. Stare, Ringeltauben usw. (ABBO-Daten).

d) Eignung für Monitoring

Systematische Sammlung von Beobachtungsdaten unter Einbeziehung einer großen Zahl von Mitarbeitern kann unter Berücksichtigung o. g. Einschränkungen zumindest Indizien liefern, vor allem bei sehr auffälligen Veränderungen. Diese bedürfen eingehender Prüfung und Interpretation, wobei z. B. die spezielle Situation im Großstadtbereich nicht mit den übrigen Daten vermengt werden darf. Wie bei den Zugdaten (2.1.1.) sollten die durch avifaunistische Institutionen dokumentierten faunistischen Daten regelmäßig analysiert werden, ohne dass ein zusätzliches Monitoringprogramm zur gezielten Erfassung der Überwinterungsneigung von Vogelarten sinnvoll und machbar erscheint. Dies schließt auch Beringungsdaten ein.

Anhang 4

Die Internationale Wasservogelzählung liefert wertvolle Daten für eine gesamte Artengruppe. Insbesondere der Mittwinter-Zähltermin im Januar, der von Anfang an (d.h. 1965) so konzipiert war, dass sich Zügbewegungen hier weitgehend ausschließen lassen, ist geeignet, Trends im Laufe von Jahrzehnten zu ermitteln. Allerdings ist für viele Arten zu berücksichtigen, dass sowohl Abzug als auch Zuzug aus nördlichen und östlichen Gebieten die Überwinterungsdaten beeinflusst, ebenfalls Änderungen der Bestandsgrößen, das primäre Ziel dieses Monitorings (z.B. WAHL & SUDFELDT 2005). Hier sind gesamtdeutsche oder gesamteuropäische Betrachtungen sinnvoll, die Einblicke in die räumliche Verteilung der Arten geben. Die Betrachtung zusätzlicher Faktoren ist unumgänglich.

2.1.3 Phänologische Veränderungen im Brutgeschehen

a) Parameter

- Brut- bzw. Legebeginn/Schlupfbeginn
- Dauer der Brutperiode
- Anzahl der Bruten

b) Erfassungsmethoden

- Brutbiologische Untersuchungen an ausgewählten Arten mit standardisiertem und langfristigem Ansatz

c) Fallbeispiele

- Zwischen 1985 und 2003 hat sich bei Mauerseglern im Harz der mittlere Schlupftermin um etwa 7 Tage verfrüht und die Schlupfperiode verkürzt, was sich mit zunehmenden Temperaturen in der ersten Maidekade korrelieren ließ (GÜNTER et al. 2003)
- Mehrere Meisenarten hatten 1983-1995 einen signifikant verfrühten Legebeginn gegenüber 1971 bis 1982, wobei die Eiablage gut mit dem Laubaustrieb korreliert war (HAMANN et al. 1997)
- Vögel mit variabler Anzahl Bruten neigen eher zu späterem Abzug und verlängern so die Reproduktionsperiode

d) Eignung für Monitoring

Bei standardisiertem und langfristigem Ansatz sowie definierten Kontrollflächen ergeben sich Daten, die weniger zufallsabhängig sind als gesammelte Zufallsbeobachtungen einer großen Zahl von Ornithologen. Das Hauptproblem bei der Bewertung der Daten ist die Beeinflussung durch eine Vielzahl von anderen Faktoren, die teils vom Klimawandel völlig unabhängig sind, teils aber auch indirekt und in komplizierten Verknüpfungen damit zusammenhängen (s. Diskussion). Da die bisher dokumentierten Änderungen bisher eher fragmentarisch sind und nur einzelne Arten und Gebiete betreffen, lassen sich daraus keine Standards für ein gezieltes Monitoring ableiten. Gleichwohl zeigen die vorliegenden Ergebnisse Trends an und bekunden einmal mehr den großen Wert langfristiger faunistischer Arbeit.

2.2 Brutbestands- und Arealveränderungen

a) Parameter

- Brutbestand definierter Gebiete bzw. auf Probeflächen
- Neuauftreten oder Verschwinden von Arten in definierten Gebieten – Verschiebung von Arealgrenzen

b) Erfassungsmethoden

- Brutbestandserfassungen bei ausgewählten Arten und Trendanalyse
- Siedlungsdichteuntersuchung, Punkt-Stopp-Kartierung und Linientaxierung als derzeitige Standardmethoden im DDA-Monitoring häufiger Brutvögel
- Atlaskartierungen und Vergleich mit früheren Kartierungen
- ergänzende Daten durch die Vogelberingung

c) Fallbeispiele

- Verstärktes Auftreten südlicher Arten nördlich ihrer ursprünglichen Brutgebiete (in Brandenburg z.B. Silberreiher, Weißflügel- und Weißbartseeschwalbe, Bienenfresser), zunächst als Gast-, dann als Brutvögel (ABBO 2001, Bienenfresser in Deutschland z.B. GEDEON et al. 2004 im Vergleich zu RHEINWALD 1993)

Anhang 4

- Die Arealausdehnung der Bartmeise lässt sich neben besseren Habitatbedingungen auf milde Winter zurückführen. Durch geringere Winterverluste steigt das mittlere Lebensalter und damit der Bestand (T. DÜRR, unveröff. Ergebnisse aus dem bundesweiten Beringungsprogramm Bartmeise)
- Widersprüchlich ist die Ansiedlung zweier nordischer Arten in Mitteleuropa, dem Singschwan und der hocharktischen Weißwangengans. Beide Arten entkommen jedoch regelmäßig aus Haltungen, so dass nicht auszuschließen ist, dass die Primäransiedlung auch auf diesem Weg initiiert wurde.

d) Eignung für Monitoring

Bestandsveränderungen und Arealverschiebungen können durch eine Vielzahl von Faktoren verursacht werden. Sie sollten wie bisher weiter sorgfältig dokumentiert werden, da zumindest auffällige und über Artengrenzen hinweg übereinstimmende Entwicklungen mit großer Wahrscheinlichkeit mit der Änderung von Klimafaktoren zusammenhängen.

2.3 Zugwegverlagerung

a) Parameter

- Ergebnisse der wissenschaftlichen Vogelberingung

b) Erfassungsmethoden

- Vogelberingung
- weitere Formen der Vogelmarkierung, z.B. Satelliten-Telemetrie, GPS-Telemetrie
- systematische Erfassung von Zufallsbeobachtungen

c) Fallbeispiele

- Die bei SCHMIDT (1998) aufgeführten Beispiele (vermehrte Beobachtungen von Rotfußfalken, veränderte Relation von Heim- und Wegzug beim Buchfinken) lassen sich nicht zweifelsfrei auf klimatische Veränderungen zurückführen.
- Ob neue Überwinterungsgebiete (z.B. Mönchsgrasmücke in Süd-England) mit Klimaveränderungen zu tun haben, ist unbekannt.

d) Eignung für Monitoring

Die bisherigen Hinweise sind noch zu vage für gesicherte Aussagen und erscheinen bisher ungeeignet für die Integration in ein Monitoringprogramm.

2.4 Kondition und Fitness

a) Parameter

- Reproduktionsdaten
- Fettdepots bei Zugvögeln

b) Erfassungsmethoden

- Brutbiologische Untersuchungen
- Vogelfang und -beringung

c) Fallbeispiele

- Bei 17 untersuchten heimziehenden Vogelarten auf Helgoland veränderte sich die Körpermasse in Abhängigkeit von der Nordatlantischen Oszillation, einem großräumigen Klimaphänomen (HÜPPOP & HÜPPOP 2004).
- Bei der Bartmeise scheint die Depotfettbildung von der Wintertemperatur abzuhängen (T. DÜRR, unveröff. Ergebnisse aus dem bundesweiten Beringungsprogramm Bartmeise)

d) Eignung für Monitoring

Da die genannten Parameter von vielen anderen Faktoren abhängig sind, können sie nur unter Vorbehalt auf Klimaveränderungen zurückgeführt werden.

2.5 Häufigkeit von Extremereignissen

Anhang 4

a) Parameter

- Zufallswahrnehmung von Extremereignissen und ihren Folgen für die Vogelwelt
- z.B. Horstabstürze durch Sturm, Brutverluste durch Starkregen oder Überflutung, Nahrungsmangel in Dürreperioden

b) Erfassungsmethoden

- Zufallswahrnehmungen
- bedingt standardisierbar durch systematische Dokumentation

c) Fallbeispiele

- Auslöschung der Schwarzhalstaucher-Lachmöwen-Kolonie am Rietzer See durch einen Gewittersturm (DÜRR & SOHNS 2000)
- zahlreiche Horstabstürze bei Graureihern, Fischadlern und sogar Schreiadlern durch das Sturmtief „Ziska“ am 10.07.2002 (Staatliche Vogelschutzwarte unveröff.)
- nahezu Totalausfall bei Rohrsängern durch einen Orkan 2003 am Rietzer See (Staatliche Vogelschutzwarte unveröff.)

d) Eignung für Monitoring

Entsprechende Ereignisse sollten weiter und gründlicher als bisher dokumentiert werden, da sie offenbar zunehmen. Für ein gezieltes Monitoring fehlt der systematische Ansatz, jedoch liefert die sorgfältige und langfristige Dokumentation wichtige Daten, die ggf. später hinsichtlich von Trends ausgewertet werden können.

2.6 Sonstige Parameter

a) Parameter

- Brutbestand von Jahresvögeln in Abhängigkeit von der Schwere des vorausgegangenen Winters
- Ergebnisse weiterer systematischer Untersuchungen, die Zusammenhänge biologischer Phänomene mit Witterungsparametern und dem Klima nahe legen
- Zufallswahrnehmungen unterschiedlichster Art

b) Erfassungsmethoden

- Monitoring häufiger Brutvogelarten
- Prinzipiell können viele weitere Erfassungsmethoden Hinweise auf zusätzliche Parameter liefern.

c) Fallbeispiele

- Eine Vielzahl direkter und indirekter Zusammenhänge zwischen Witterungsfaktoren und Brutvogelbeständen liefert das Monitoring häufiger Brutvogelarten (FLADE & SCHWARZ 2004 am Beispiel der Waldvögel).
- Abnahme der Eigröße beim Neuntöter in Polen während einer 32-jährigen Untersuchungsperiode (TRYJANOWSKI et al. 2004)

d) Eignung für Monitoring

Das laufende Monitoring häufiger Brutvogelarten liefert schon nach 15-jähriger Laufzeit eine Vielzahl von Daten, die sich mit Witterungsfaktoren sowie zusätzlichen wetterbeeinflussten Datenreihen (z.B. Waldmast) korrelieren lassen. Die Fortsetzung des Monitorings lässt erwarten, dass Zusammenhänge mit längerfristigen klimatischen Veränderungen zunehmend deutlich werden. Dies gilt auch für andere langfristige Untersuchungsreihen.

Zufallswahrnehmungen sind im Grundsatz ungeeignet für ein Monitoring. Sie können jedoch Anlass für weiterführende Untersuchungen sein, die bei langfristigem Verlauf Zusammenhänge mit Klimaveränderungen anzeigen können.

3 Diskussion

Nach KLOSE (2000) „... ist auf dem Weg in die Zukunft mit einem unüberschaubar komplexen global-ökologischen Netzwerk eine Vielzahl von Faktoren und Interdependenzen zu erwarten, deren Existenz und Bedeutung noch unbekannt sind“. Das bedeutet auch hinsichtlich der Vogelwelt, dass die messbaren Trends mit vielen anderen Faktoren zusammenhängen können, die wiederum durch Klimafaktoren direkt oder indirekt beeinflusst sein können. Indirekte Folgen der gegenwärtigen Klimaänderungen können z. B. sein:

- Allgemeine Vegetationsförderung durch Stimulierung der Photosynthese (Erhöhung der Maiserträge um 2 %, aber zuzüglich der Photosynthese-Stimulierung sogar um 8 %),
- Vorverlegung der Vegetationsperiode,
- geänderte Landnutzung, z.B. verstärkter Maisanbau, was wärmeliebende Arten, die von den Klimaänderungen eigentlich profitieren würden, wieder benachteiligen kann,
- häufigere Waldbrände (Veränderung von Waldbildern, Förderung u.a. von Ziegenmelker, Brachpieper, Heidelerche, Birkhuhn),
- Abnahme von Grund- und Oberflächenwasser mit negativen Auswirkungen auf viele Arten, einhergehend mit Verschlechterung der Wasserqualität, die wiederum Arten über eine Nährstoffanreicherung auch fördern kann, z.B. den Kormoran,
- sehr komplexe Änderungen in den großen Luchgebieten, z.B. Mineralisierung durch Wassermangel und Steigerung der mikrobiellen Aktivität durch höhere Temperatur, Rückwirkung auf das Klima),
- Wechselwirkungen zwischen Klima, CO₂, Schadstoffen, UV-Strahlung usw.

Andererseits können Faktoren, die unabhängig vom Klima wirken, ähnliche Veränderungen wie der Klimawandel auslösen und damit Kausalschlüsse bei der Interpretation ornithologischer Daten erschweren. Dies betrifft z.B. Eutrophierung und eine Vielzahl dadurch ausgelöster Veränderungen der Vegetation, z.B. die Frequenz und Intensität der Fruktifikation bei Baumarten. Zudem verändern Klimaänderungen auch das Gleichgewicht zwischen den Arten, z.B.

- Räuber-Beute- und Konkurrenzbeziehungen (z.B. zwischen Höhlenbrütern und dem Siebenschläfer, SCHMIDT et al. 2004),
- Parasit-Wirt-Beziehungen (bei 3 Wochen >21 °C entwickeln sich die Stadien des Malariaerregers in der Mücke so, dass sie für den Menschen infektiös werden, bei Vögeln schon bei niedrigerer Temperatur / auch bei Säugern gibt es entsprechende Hinweise, z.B. bei Elchen, die im Norden der USA unter Hitzestress und zunehmendem Zeckenbefall leiden),
- Synchronisation von Nahrungsorganismen und Vögeln (z.B. SCHAEFER 2004).
- Unterschiedliches Zugverhalten kann zu unterschiedlicher Betroffenheit und Verschiebung von Konkurrenzverhältnissen führen, z.B. indem Kurzstreckenzieher weniger Verluste im Winter erleiden und zusätzlich Vorteile aus einer verlängerten Reproduktionsperiode ziehen können, während langfristige Vögel durch Dürrekatastrophen in Durchzugs- und Überwinterungsgebieten beeinträchtigt werden.
- Auftreten von Krankheiten bei Vögeln und Menschen, z.B. West-Nil-Virus in Amerika, Botulismus (BOSCH 2003).

Die einzelnen sich ändernden Klimafaktoren können auf eine Art unterschiedlich wirken bzw. sich gegenseitig aufheben. So werden Arten wie Kampfläufer oder Trauerseeschwalbe durch die Wasserabnahme grundsätzlich benachteiligt, können aber von Extremereignissen wie Überschwemmungen und Hochwasser unter Umständen auch profitieren. In Abhängigkeit von der tatsächlichen Stärke und Dauer eintretender klimatischer Veränderungen können die Effekte für eine Vogelart sehr differieren. So werden z.B. in Großbritannien und Irland Teichrohrsänger und Nachtigall bei einem mittlerem Szenario begünstigt, bei stärkeren Veränderungen jedoch benachteiligt (HARRISON et al. 2003). Die Anpassungskapazität der einzelnen Arten wird sich unterschiedlich entwickeln und ist nicht immer vorhersagbar, wie z.B. die unerwarteten Anpassungen des Kranichs in den letzten zwei Jahrzehnten zeigen.

Zugvögel können durch Klimaveränderungen sowohl im Brutgebiet als auch im Überwinterungsgebiet beeinflusst werden, was zu schwer interpretierbaren Ergebnissen führen kann. Unter den Arten mit abnehmendem Bestand sind besonders viele Langstreckenzieher, was auf Probleme auf den Zug-

Anhang 4

wegen hindeutet, die allerdings nicht nur klimatisch bedingt sein müssen. Schreiadler scheinen (aufgrund dortiger Taktgeber?) zunehmend spät aus den südafrikanischen Winterquartieren abzuziehen und treffen teils verspätet im Brutgebiet ein mit negativen Auswirkungen auf den Bruterfolg (Satelliten-telemetrische Daten, B.-U. MEYBURG, unveröff.). Die frühere Ankunft von Mönchsgrasmücken hängt mit neuen Überwinterungsgebieten im Süden Englands zusammen, doch scheinen hohe Verluste dort in harten Wintern das Auftreten früher Individuen zu beeinflussen.

4 Gesamtfazit

- Die Entwicklung der Vogelwelt gibt zahlreiche Hinweise auf Zusammenhänge mit Klimaänderungen.
- Dies beruht sowohl auf den Ergebnissen laufender Monitoringprogramme als auch auf der systematischen Dokumentation von Zufallsdaten sowie einer Reihe von wissenschaftlichen Studien mit langfristigem Ansatz.
- Die klimabedingten Änderungen der Vogelwelt werden durch eine Vielzahl anderer Faktoren in einem komplizierten Wirkungsgefüge beeinflusst, wodurch eindeutige Ursache-Wirkungs-Beziehungen nicht herstellbar sind.
- Der beste Indikator sind phänologische Veränderungen (Zug, Brut, Überwinterung), die aber überwiegend den Faktor „Temperatur“ widerspiegeln. Andere Faktoren (Niederschläge, Wasserhaushalt, Sonnenscheinhäufigkeit, Extremereignisse) beeinflussen zwar ebenfalls die Vogelwelt, lassen sich aber bisher nicht eindeutig und quantifizierbar mit Trendergebnissen bei den Vögeln korrelieren.
- Hinsichtlich der Betroffenheit der Menschheit liefern die dokumentierten klimabeeinflussten Trends in der Vogelwelt keine Daten, die aussagefähiger bzw. dramatischer als die vorhandenen Signale aus anderen (abiotischen) Bereichen sind.
- Die Datensammlung sollte dennoch mindestens im bisherigen Umfang fortgeführt werden, um die weitere Entwicklung im Auge zu behalten, insbesondere die direkte Betroffenheit von Vogelarten. Dies betrifft sowohl die laufenden Monitoringprogramme als auch die Dokumentation von Zufallsdaten.
- Ein spezielles zusätzliches Monitoring im Hinblick auf die Indikation von Klimaänderungen durch Vögel erscheint nicht erforderlich.

Literaturübersicht

- ABBO (Arbeitsgemeinschaft Berlin-Brandenburgischer Ornithologen) (2001): Die Vogelwelt von Berlin und Brandenburg. Natur & Text, Rangsdorf.
- BOSCH, S. (2003): Viren, Stechmücken und Vögel: Das West-Nil-Fieber in Nordamerika und Europa. Orn.Mitt. 55: 308-312.
- DÜRR, T. & G. SOHNS (2000): Brutverlust durch Witterungseinflüsse bei Schwarzhalstauchern und Lachmöwen am Rietzer See. Natursch. Landschaftspf. Brandenburg 9: 72.
- FLADE, M. & J. SCHWARZ (2004): Ergebnisse des DDA-Monitoringprogramms, Teil II: Bestandsentwicklung von Waldvögeln in Deutschland 1989-2003. Vogelwelt 125: 177-213.
- GEDEON, K., A. MITSCHKE & C. SUDFELDT (Hrsg.) (2004): Brutvögel in Deutschland. Stiftung Vogelmonitoring in Deutschland, Hohenstein-Ernstthal.
- GERSTENGARBE, F.-W., F. BADECK, F. HATTERMANN, V. KRYSANOVA, W. LAHMER, P. LASCH, M. STOCK, F. SUCKOW, F. WECHSUNG & P. C. WERNER (2003): Studie zur klimatischen Entwicklung im Land Brandenburg bis 2055 und deren Auswirkungen auf den Wasserhaushalt, die Forst- und Landwirtschaft sowie die Ableitung erster Perspektiven. PIK-Report 83, Potsdamer Institut für Klimafolgenforschung.
- GÜNTHER, E., M. HELLMANN & U. SEIFERT (2003): Zur Brutphänologie baumbrütender Mauersegler *Apus apus* im nordöstlichen Harz (Sachsen-Anhalt) – Erste Auswirkung der aktuellen Klimaänderung? Ornithol. Jahresber. Mus. Heineanum 21: 57-68.
- HAMANN, H. J., K.-H. SCHMIDT & W. WILTSCHEK (1997): Klimatische Einflüsse auf den Legebeginn und die Brutbiologie höhlenbrütender Singvögel. J. Ornithol. 138: 359.
- HARRISON, P. A., D. P. VANHINSBERGH, R. F. FULLER & B. M. BERRY (2003): Modelling climate change impacts on the distribution of breeding birds in Britain and Ireland. J. Nat. Conserv. 11: 31-42.
- HÜPPOP, K. & O. HÜPPOP (2004): Wie beeinflussen Klimavariationen die Körperkondition von Heimzüglern. Vogelwelt 42: 251.

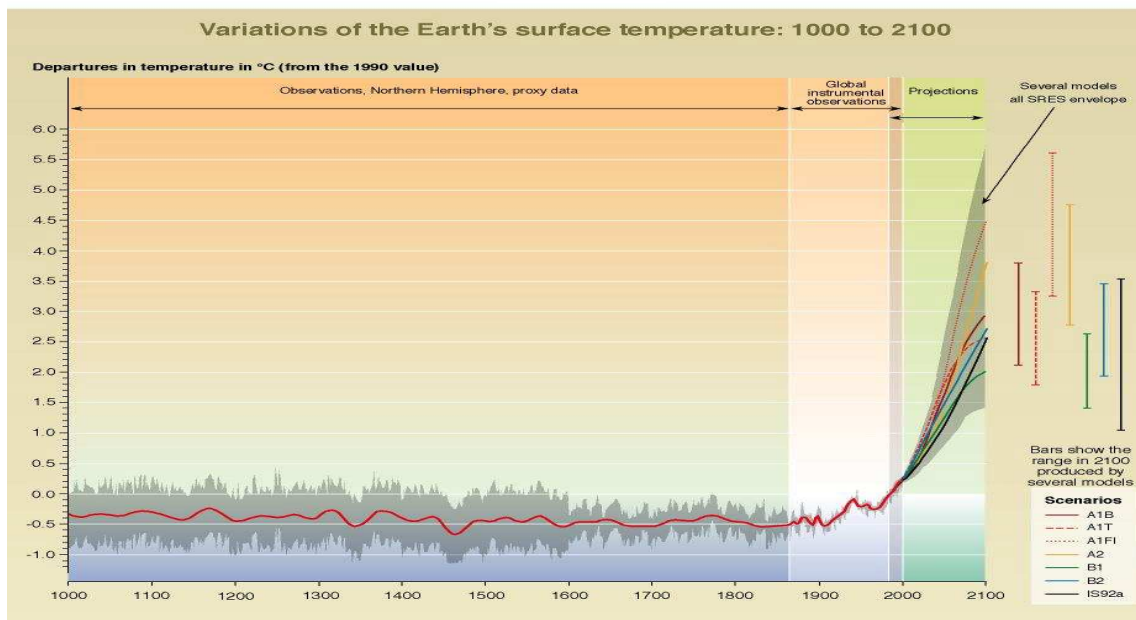
Anhang 4

- HÜPPOP, K. & O. HÜPPOP (2005): Atlas zur Vogelberingung auf Helgoland. Vogelwarte 43: 217-248.
- KLOSE, S. (2000): Konsequenzen globaler Klimaveränderungen für die biologische Vielfalt. NNA-Berichte 13, Heft 2 „Klimaveränderungen und Naturschutz“: S. 90-95.
- PTASZYK, J., J. KOSICKI, T. H. SPARKS & P. TRYJANOWSKI (2003): Changes in the timing and pattern of arrival of the White Stork (*Ciconia ciconia*) in western Poland. J. Ornithol. 144: 323-329.
- RHEINWALD, G. (1993): Atlas der Verbreitung und Häufigkeit der Brutvögel Deutschlands. Dachverband Deutscher Avifaunisten (DDA), Bonn.
- SCHAEFER, T. (2004): Früher Vogel fängt den Wurm nicht mehr. Vogelwarte 42: 237.
- SCHMIDT, A. (1998): Reaktionen der Vogelwelt in Brandenburg auf die Klimaerwärmung – eine Auswahl von Beispielen. Otis 6: 60-72.
- SCHMIDT, K.-H., B. KOPPMANN-RUMPF & C. HEBERER (2004): Zur Konkurrenzsituation zwischen höhlenbrütenden Singvögeln und Siebenschläfern während der Brutzeit. Vogelwarte 42: 237.
- SCHWARZ, J. & M. FLADE (in Vorb.): Waldvögel und Klimawandel – welche potenziellen Auswirkungen ergeben sich aus den Daten des DDA-Monitorings häufiger Arten?
- TRYJANOWSKI, P., T. H. SPARKS, L. KUCZYŃSKI & S. KUŹNIAK (2004): Should avian egg size increase as a result of global warming? A case study using the red-backed shrike (*Lanius collurio*). J. Ornithol. 145: 264-268.
- WAHL, J. & C. SUDFELDT (2005): Phänologie und Rastbestände der Gründelentenarten (*Anas spec.*) im Winterhalbjahr in Deutschland. Vogelwelt 126: 75-91.

Anhang 5 Erläuterungen zu IPCC-Szenarien

Das Klimasystem der Erde ist ein hochgradig nichtlineares System. Das bedeutet, dass Klimaentwicklungen nicht oder nur in sehr beschränktem Maß vorhersehbar sind. Um trotzdem zu Aussagen über mögliche Klimaentwicklungen und deren Auswirkungen zu kommen, führt der Weg über Entwicklung von Szenarien. Unter einem Szenario versteht man die Beschreibung eines sich einstellenden Klimazustandes über einen bestimmten Zeitraum auf Basis von Annahmen zu einzelnen Einflussgrößen. Ein Szenario ist keine Prognose oder Vorhersage.

Um realistisch abschätzen zu können, wie sich das Klima der Zukunft entwickeln wird, muss nicht nur die innere Dynamik des Klimasystems analysiert werden, sondern auch zukünftige Entwicklungen der äußeren Ursachen, der Antriebe. Um diese besser abschätzen zu können, wurden verschiedene Szenarien entwickelt. Jedes Szenario beschreibt einen plausiblen, auf bestimmten Annahmen beruhenden Entwicklungspfad der Menschheit, die sich wiederum auf die zu erwartenden Treibhausgasemissionen und Umweltveränderungen unterschiedlich auswirken.



Quelle: European Commission, Environment Directorate General; auf Basis IPCC 2001
Abb. 5.1 Rekonstruktion des Temperaturverlaufs der letzten tausend Jahre und Projektion des möglichen Temperaturanstiegs auf der Nordhalbkugel in Abhängigkeit der Szenarien

Eine Expertengruppe des Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) hat sich auf etwa 35 Emissionsszenarien, sogenannte SRES-Szenarien geeinigt, denen verschiedene Entwicklungstendenzen zugrunde liegen. Diese Vielzahl der Szenarien ist in vier Familien unterteilt.

Die A1-Szenarienfamilie beschreibt eine Welt mit sehr schnellem Wirtschaftswachstum, einer Weltbevölkerung, die in der Mitte des 21. Jahrhunderts ihr Maximum erreicht und danach abnimmt, und die schnelle Einführungen neuer und effizienter Technologien. Regionale Unterschiede in Lebensstandard und Einkommen werden ausgeglichen. Diese Szenarienfamilie kann in diverse Gruppen unterteilt werden, welche verschiedene technologische Pfade der Energiegewinnung berücksichtigen: A1-FI legt Schwergewicht auf fossile Energieträger und A1-B beruht auf einer Mischung von verschiedenen Energieträgern.

Die A2-Szenarienfamilie beschreibt eine sehr heterogene Welt. Man geht von einer gewissen regionalen Autarkie und dem Erhalt lokaler Unterschiede aus. Die Weltbevölkerung nimmt kontinuierlich zu. Die ökonomische Entwicklung, der Lebensstandard und die Einkommen sind regional sehr unterschiedlich, der technische Wandel geht nur langsam voran.

Anhang 5

Die B1-Szenarienfamilie geht wie A1 von einer Weltbevölkerung aus , die nur bis zur Mitte des 21. Jahrhunderts anwächst. Die ökonomische Entwicklung geht aber mehr in Richtung einer Dienstleistung- und Informationsgesellschaft mit weniger Materialverbrauch und der Einführung von saubereren und effizienten Technologien. Das Gewicht liegt auf globalen, nachhaltigen Lösungen der ökonomischen, ökologischen und sozialen Probleme.

Die B2-Szenarienfamilie unterstellt eine Entwicklung, in der lokale, nachhaltige Lösungen für ökonomische, ökologische und soziale Probleme gefunden werden. Die Bevölkerung steigt kontinuierlich an, aber langsamer als in A2. Es gibt eine weniger schnelle Entwicklung und eine mehr diverse technologische Entwicklung als in den anderen Szenarien. Der Schwerpunkt liegt auf Umweltschutz und sozialer Gerechtigkeit mit starker Betonung der lokalen und regionalen Ebene.

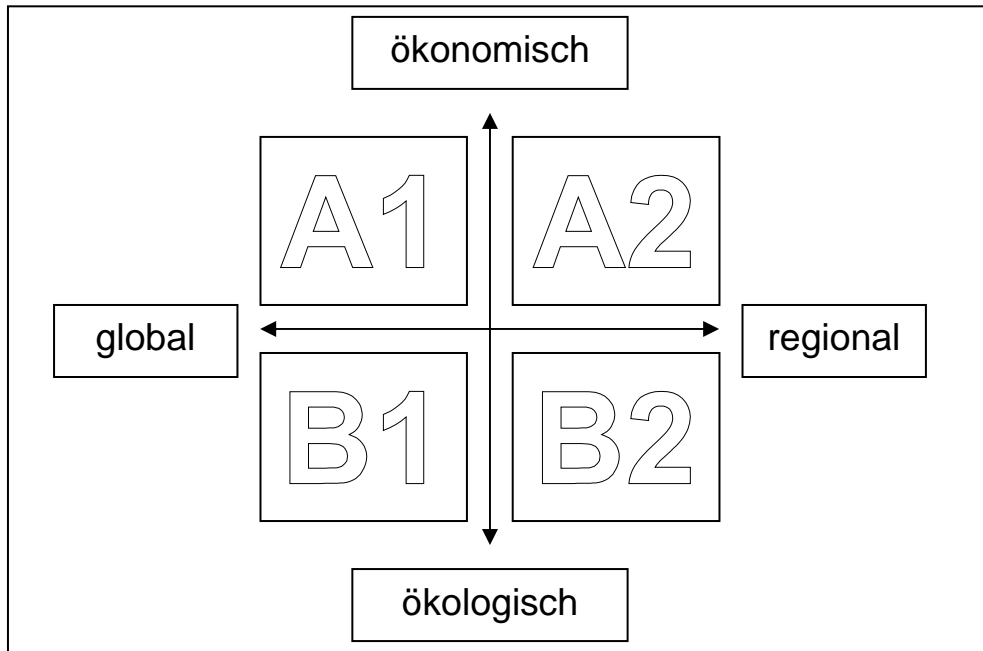


Abb. 5.2 Die vier Leitszenarien des IPCC-Berichts in ihrer grundsätzlichen Ausrichtung (IPCC 2001)

Mit dem Jahr 2005 haben sich auf nationaler und internationaler Ebene grundlegende Änderungen auf dem Gebiet der globalen Klimamodelle ergeben. In Absprache mit dem IPCC wurden auf nationaler Ebene die Emissionsszenarien B1, A1B und A2 empfohlen, um die Spannweite einer möglichen Klimaänderung besser abschätzen zu können.

Obwohl die globalen und nationalen Trends aufgrund der langjährigen Messprogramme der Wetterdienste einigermaßen gut bekannt sind, bestehen derzeit noch Defizite auf Länder- und vor allem auf regionaler Ebene. Es ist dringend notwendig, zu verlässlicheren regionalen Aussagen zu kommen, und zwar sowohl bezüglich der mittleren Verhältnisse als auch des Auftretens von Extremereignissen. Für die regionale Klimaprojektion wird derzeit, durch das Umweltbundesamt (UBA) beauftragt, ein wetterlagenbasierendes Regionalisierungsmodell für ganz Deutschland erarbeitet. Auf bundesdeutscher Ebene wurde eine Gitterpunktauflösung der Modelle von 130 km erreicht. Die höhere Auflösung des globalen Klimamodells erlaubt eine Verfeinerung der Wetterlagen unter Verwendung eines deutlich erweiterten Datensatzes und zusätzlicher Einflussgrößen. Dieses wird mit aktuellen globalen Antriebsdaten für die Emissionsszenarien B1, A1B und A2 gerechnet. Somit erhalten die Bundesländer erstmals eine abgestimmte und auf gleichen Ausgangsdaten basierende Modellierung des regionalen Klimas für die Zeitspanne bis 2100. Mit ersten Ergebnissen einer deutschlandweiten Modellierung regionaler Klimaszenarien ist im Sommer 2006 zu rechnen.

**Ministerium für Ländliche Entwicklung,
Umwelt und Verbraucherschutz
des Landes Brandenburg**

Landesumweltamt Brandenburg
Referat Umweltinformation/Öffentlichkeitsarbeit

Berliner Straße 21-25
14467 Potsdam
Tel: (03 31) 23 23 259
Fax: (03 31) 29 21 08
E-Mail: info@lua.brandenburg.de
www.mluv.brandenburg.de/info/lua-publikationen