

Landesatlas

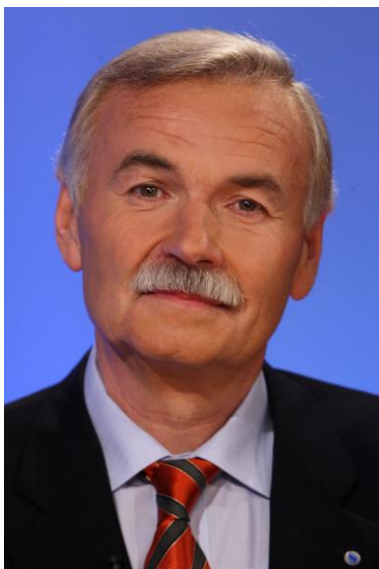


Erneuerbare Energien Mecklenburg-Vorpommern 2011

**Landesatlas
Erneuerbare Energien
Mecklenburg-Vorpommern 2011**

Inhaltsübersicht

	Seite
Grußwort	1
Einführung	
Erneuerbare Energien in Mecklenburg - Vorpommern – Stand und Perspektiven	2
Potenziale erneuerbarer Energiequellen	6
Erneuerbare Energien in der Geschichte des Landes	8
Geographie des Landes	10
Karten und Textteil	
EE zur ausschließlichen Stromerzeugung	
Windenergie – onshore	12
Windenergie – offshore	14
Photovoltaik	16
Wasserkraft	18
EE zur Erzeugung von Strom und/oder Wärme sowie von Kraftstoffen	
Basisdaten zu Biomasse-Potenzialen	20
Biogas	22
Biomassen – Holz, Getreidestroh sowie Pflanzenöl und Biokraftstoffe	24
Tiefengeothermie	32
EE zur Erzeugung von Wärme	
Solarthermie	34
Oberflächennahe Geothermie	36
Sonstige erneuerbare Energieträger	
Deponie- und Klärgas	38
Industrierest- und Altholz	40
Abfälle	42
Auswirkungen der EE	
Energieinfrastruktur	44
Wirkungen auf die Beschäftigung	46
Wirkungen auf die CO ₂ -Emissionen	48
Vergleich mit anderen Bundesländern	50
Literatur- und Quellenverzeichnis	52



Grußwort

Zum weiteren Ausbau des Einsatzes von erneuerbaren Energien zur Strom- und Wärme Gewinnung und zur Herstellung von Kraftstoffen gibt es keine Alternative. Die Endlichkeit der fossilen Energiequellen und die Notwendigkeit der Reduzierung von Treibhausgasemissionen bedingen für eine langfristige, sichere und bezahlbare Energieversorgung den verstärkten Einsatz der erneuerbaren Energien. Wie und in welchem Umfang erneuerbare Energien genutzt werden können, hängt von zahlreichen Faktoren ab. Dazu gehören in erster Linie der Stand der technischen Entwicklung und die wirtschaftlichen und energiepolitischen Rahmenbedingungen. Aber auch der Nutzung der erneuerbaren Energien sind Grenzen gesetzt. Diese Grenzen ergeben sich aus der maximalen Verfügbarkeit der Quellen, aus konkurrierenden Nutzungen und aus möglichen Belastungen von Natur und Umwelt durch eine zu hohe Inanspruchnahme der erneuerbaren Energieträger. Letzteres gilt

insbesondere für die Nutzung von Biomasse. Um auf der einen Seite die erneuerbaren Energien verstärkt zu nutzen, auf der anderen Seite diese Grenzen aber nicht zu überschreiten, ist es notwendig, sie zu kennen. Die Grenzen des Einsatzes werden durch Potenziale beschrieben. In diesem Atlas werden nun nach 1996 und 2002, in einer dritten gründlich überarbeiteten Fassung, die Potenziale der erneuerbaren Energien für Mecklenburg-Vorpommern dargestellt.

Der vorliegende Landesatlas reiht sich in die Aktivitäten meines Hauses zur Umsetzung einer klima- und umweltschonenden Energiepolitik ein. In der Gesamtstrategie Energieland 2020 wird der Einsatz der erneuerbaren Energien als Leitlinie festgeschrieben. Im Aktionsplan Klimaschutz Mecklenburg-Vorpommern 2010 bildet der Einsatz der erneuerbaren Energien neben Maßnahmen zur Energieeinsparung und der Steigerung der Energieeffizienz einen Hauptschwerpunkt. Im Landesatlas erneuerbare Energien Mecklenburg-Vorpommern 2011 soll nun das nach dem derzeitigen Kenntnisstand abschätzbare technische Potenzial der einzelnen erneuerbaren Energieträger als „obere Grenze“ ermittelt werden.

In einem einführenden Teil werden die im Atlas verwendeten Potenzialbegriffe definiert, ein Überblick über die historische Entwicklung der erneuerbaren Energien und eine geographische Beschreibung des Landes gegeben sowie die Entwicklung des Einsatzes der erneuerbaren Energien in Mecklenburg-Vorpommern mit einem Ausblick auf das Jahr 2020 dargestellt. Den Hauptteil des Atlases nimmt die Potenzialbeschreibung der einzelnen erneuerbaren Energieträger ein. Im dritten Teil des Landesatlases werden ausgewählte Effekte aus der bisherigen und künftigen Nutzung der erneuerbaren Energiequellen des Landes betrachtet. Besonders hervorheben möchte ich dabei die Auswirkungen auf den Arbeitsmarkt. Aus den durchgeführten Berechnungen lässt sich ein erhebliches Potenzial an Arbeitsplätzen für die Errichtung und für den Betrieb von Anlagen zur Gewinnung erneuerbarer Energien ableiten. Verwei-

sen möchte ich aber auch auf die Bedeutung der erneuerbaren Energien beim Klimaschutz.

Der Landesatlas richtet sich an einen breiten Leserkreis. Er soll einen Überblick über die Möglichkeiten des Einsatzes der erneuerbaren Energien geben. Dabei soll er den Leser anregen, selbst bei der Nutzung erneuerbarer Energien aktiv zu werden. Angesprochen sind dabei Privatpersonen, öffentliche Einrichtungen, Kommunen, Verbände, Verwaltungen und Wirtschaftsunternehmen. Der Landesatlas richtet sich ebenso an politische Entscheidungsträger. Gerade in den Bereichen, in denen ein hohes technisches Potenzial nur im geringen Umfang genutzt wird, müssen die energiepolitischen Rahmenbedingungen für eine verstärkte Nutzung geschaffen werden.

Die Entwicklungen beim Einsatz erneuerbarer Energien sind rasant. Der Atlas betrachtet einen Zeitraum bis zum Jahr 2020 und versucht die technischen und wirtschaftlichen Entwicklungen in die Prognosen einzubeziehen.

Im Jahr 2009 wurden in Mecklenburg-Vorpommern ca. 3.640 GWh Strom aus erneuerbaren Energien erzeugt. Damit lassen sich rechnerisch etwa 900.000 Haushalte mit Strom versorgen. Mit den Ausbauzielen der Landesregierung im Aktionsplan Klimaschutz könnten bei eingespeisten 12.000 GWh ca. drei Millionen Haushalte mit Strom beliefert werden. Das in diesem Landesatlas ermittelte Strompotenzial liegt bei 28.000 GWh. Das entspricht einem durchschnittlichen Stromverbrauch von fast sieben Millionen Haushalten. Diese Zahlen belegen auf der einen Seite das enorme Potenzial, lassen auf der anderen Seite aber auch erkennen, welche Aufgaben vor uns stehen.

Jürgen Seidel
Minister für Wirtschaft, Arbeit und Tourismus

Erneuerbare Energien in Mecklenburg - Vorpommern

Stand und Perspektiven

Die **Nutzung** der erneuerbaren Energien hat in den vergangenen Jahren eine rasante Entwicklung genommen. Die Nettostromerzeugung aus erneuerbaren Energien betrug im Jahr 2000 in Mecklenburg-Vorpommern 805 GWh. Bis zum Jahr 2009 erfolgte für die in der linken Tabelle dargestellten Energieträger eine Steigerung auf 3.640 GWh. Es ist unstrittig, dass der verstärkte Einsatz erneuerbarer Energien neben der Energieeinsparung und der Steigerung der Energieeffizienz notwendig ist, um eine den Anforderungen des Klimaschutzes gerechte Energieversorgung zu gewährleisten. Aber auch dem Einsatz erneuerbarer Energien sind Grenzen gesetzt. In welchem Umfang die erneuerbaren Energien genutzt werden können, wird durch **Potenziale** bestimmt. Die Bestimmung dieser Potenziale ist Schwerpunkt dieses Atlases. Der Landesatlas erneuerbarer Energien 2011 soll damit einen Beitrag leisten, um die vorhandenen Potenziale zu erschließen.

Dabei liegt die Bedeutung der Erschließung und Nutzung dieser Energiequellen für das Land nicht allein in ihren Beiträgen zur inländischen **Energiegewinnung und -versorgung**. Vielmehr trägt die Nutzung dieser Energiequellen auch zur Entlastung von **Klima und Umwelt** von schädlichen Stoffeinträgen bei, die entstünden, wenn stattdessen fossile Energieträger genutzt werden müssten. Darüber hinaus sind mit der Nutzung erneuerbarer Energien **vielfältige weitere Effekte** verbunden. Von der Ressourcenschonung über die Schaffung zusätzlicher Arbeitsplätze reichen sie bis hin zur Entwicklung der

Wirtschaftsstruktur und -leistung in Mecklenburg-Vorpommern.

Nicht zuletzt wegen der Endlichkeit fossiler Energieträger und aus Gründen der Versorgungssicherheit sind die erneuerbaren Energien in ihrer Bedeutung für das Land kaum zu überschätzen und müssen zukünftig noch stärker als bisher dieser Bedeutung entsprechend entwickelt werden.

Der Einsatz der erneuerbaren Energien unterscheidet sich in Energieträger für die ausschließliche **Stromgewinnung**. Hierzu zählen die on- und offshore Windenergie, die Photovoltaik und die Wasserkraft. Aus fester Biomasse, Biogas, Abfall sowie Deponie- und Klärgas können **Strom und Wärme sowie Kraftstoffe** gewonnen werden. Tiefengeothermie, oberflächennahe Geothermie und die Solarthermie werden zur **Wärmeerzeugung** genutzt. In der Summe bilden sie den Anteil der erneuerbaren Energien im Gesamtsystem.

Im **Aktionsplan Klimaschutz Mecklenburg-Vorpommern 2010** erfolgte eine intensive Diskussion zu den Potenzialen der erneuerbaren Energien und den Ausbauzielen, die bis zum Jahr 2020 erreicht werden sollen. In der rechten Tabelle sind getrennt für die Stromerzeugung und die Wärme- und Kältegewinnung technische Potenziale, aktuelle Nutzungen und die Zielsetzung für das Jahr 2020 dargestellt. Die Potenziale im Aktionsplan beziehen sich auf die anlagenbezogene Gewinnung von Strom und Wärme. **Dieser Landesatlas** betrachtet dagegen das Potenzial aus Sicht des **Primärenergieeinsatzes**. Diese Potenziale sind in der linken Tabelle dargestellt. Das technische Potenzial wird durch den Energieinhalt des Ausgangssubstrates bestimmt. Im Aktionsplan dagegen sind die Wirkungsgradverluste bei der Strom- und Kältegewinnung berücksichtigt. Des Weiteren werden im Aktionsplan verschiedene Substrate bezogen auf die Technologie der Energiegewinnung zusammengefasst (Biomasse). Im Landesatlas werden die Energiequellen im Einzelnen betrachtet. Die technischen Potenziale in diesem Lan-

desatlas stellen damit den Primärenergieinhalt der Ausgangsstoffe dar, der dann in die entsprechenden Energieformen umgewandelt werden kann.

In den nachfolgenden Kapiteln erfolgen eine Beschreibung des **technischen Potenzials** der einzelnen erneuerbaren Energien und eine kartografische Darstellung. Dieses Kapitel beinhaltet die Zusammenfassung und einen Abgleich mit dem erschließbaren Potenzial bis zum Jahr 2020. Die verschiedenen Potenzialdefinitionen werden im nachfolgenden Kapitel erklärt.

Die hier durchgeführten Potenzialbestimmungen erfolgten auf der Datenbasis und auf potenzialanalytischen Annahmen des **Energie-Umwelt-Beratung e.V. - Institut** - Rostock. Die Stromeinspeisedaten und die Anlagenstammdaten für die erneuerbaren Energien wurden aus den Veröffentlichungen der **50Hertz Transmission GmbH** recherchiert.



Eine Spitzenposition im Bereich der **Stromgewinnung** aus erneuerbaren Energien nimmt die Windenergie ein. Unter Berücksichtigung der Eignungsgebiete für Windkraftanlagen und der technischen Anlagenentwicklung wurde für die **onshore Windenergie** ein technisches Potenzial von 8.400 GWh ermittelt. Im Jahr 2009 wurden durch die onshore-Windenergieanlagen 2.328 GWh Strom eingespeist.

► Erneuerbare Energien in Mecklenburg-Vorpommern

Technische Potenziale der Primärenergieträger	
Windenergie onshore	30.100 TJ
Windenergie offshore	49.000 TJ
Photovoltaik	9.400 TJ
Wasserkraft	50 TJ
Biogas	16.600 TJ
Biomasse	37.700 TJ
davon Wald- und Waldrestholz	3.900 TJ
davon Energieholz	7.400 TJ
davon Gala-Holz	200 TJ
davon Getreidestroh	8.100 TJ
davon Pflanzenöl	7.700 TJ
davon Industrierest- und Altholz	10.400 TJ
Tiefengeothermie	5.400 TJ
Solarthermie	20.200 TJ
Oberflächennahe Geothermie	21.600 TJ
Deponie- und Klärgas	1.500 TJ
Abfall	5.500 TJ

Potenziale und Stand der Nutzung erneuerbarer Energien in der Stromerzeugung			
Energiequelle	Ziele 2020 Aktionsplan Klimaschutz (GWh)	Stand der Nutzung 2009 (GWh)	Technisches Potenzial (GWh)
Windkraft onshore	3.281	2.328	8.400
Windkraft offshore	6.856	0	13.600
Photovoltaik	150	51	2.600
Wasserkraft	6	5	14
Klär- und Deponiegas	55	44	400
Biogas	1.500	954	2.100
Biomasse	430	258	600
Potenziale und Stand der Nutzung erneuerbarer Energien in der Wärmeerzeugung			
Energiequelle	Ziele 2020 Aktionsplan Klimaschutz (GWh)	Stand der Nutzung 2009 (GWh)	Technisches Potenzial (GWh)
Tiefengeothermie	283	23	1.500
oberflächennahe Geothermie	156	101	6.000
Solarthermie	278	31	5.600
Biogas	342	196*	1.800
Biomasse	1.440	466*	4.100

* Stand 2008

Bei der **offshore Windenergie** wurde das technische Potenzial mit der Leistung der in Planung befindlichen Anlagen mit einer geplanten Stromerzeugung von 13.600 GWh beschrieben. Es wird angenommen, dass dieses Potenzial bis zum Jahr 2020 noch nicht ausgeschöpft sein wird.

Das technische Potenzial für die **Photovoltaiknutzung** lässt sich durch die vorhandenen nutzbaren Dach- und Freiflächen sowie der Strahlungsintensität bestimmen. Hier wurde ein technisches Potenzial von 2.600 GWh ermittelt. Ausschlaggebend für die Potenzialauslastung sind aber nicht die vorhandenen Flächen, sondern in erster Linie die wirtschaftlichen und energiepolitischen Rahmenbedingungen. Im Zeitraum von 2005 bis zum Jahr 2009 erhöhte sich die Stromgewinnung aus Photovoltaik von 7,85 GWh auf 51,3 GWh. Das technische Potenzial sowie die derzeitige Nutzung liegen sehr weit auseinander. Diese Potenzialreserven müssen noch verstärkt erschlossen werden.



Das theoretische Potenzial zur Nutzung der **Wasserkraft** in Mecklenburg-Vorpommern ist vergleichsweise gering. Die Ermittlung des technischen Potenzials erfolgte in Abhängigkeit der Auslastung der vorhandenen Anlagen mit einer installierten Leistung von 2,7 MW. Die Stromgewinnung der vergangenen Jah-

re schwankt zwischen 6 und 8 GWh und wird sich in den nächsten Jahren nicht signifikant verändern. Mit einem weiteren Ausbau von Wasserkraftwerken ist nicht zu rechnen.

Die potenzialbestimmenden Faktoren bei der **Biogasnutzung** sind die vorhandenen nutzbaren Biomassen. Als Inputstoffe für die Biogasnutzung werden in diesem Atlas Rindergülle, Schweinegülle, Silomais, Energiegras, Grünlandschnitt aus der Landwirtschaft und dem Garten- und Landschaftsbau sowie Roggen - Ganzpflanzensilage betrachtet. Das technische Potenzial dieser Substrate beträgt 16.600 TJ. Für die Stromgewinnung wurde ein technisches Potenzial von 2.100 GWh berechnet. In dieser Potenzialanalyse wurden nur die beschriebenen Inputstoffe berücksichtigt. Durch die Nutzung von weiteren Stoffen aus betrieblichen Prozessen und durch den Import von Biomasse erhöht sich das Gesamtpotenzial der Biogasanlagen. Das Foto auf Seite 5 zeigt die NAWARO Biogasanlage in Güstrow.

Biomassennutzung im Sinne dieses Atlases ist Waldholz, Waldrestholz, Energieholz, Holz aus dem Garten- und Landschaftsbau, Industrie- und Altholz sowie Getreidestroh, das in Heiz- und Heizkraftwerken energetisch genutzt wird. Aus der Altholzmenge von 230.000 t pro Jahr ergibt sich ein Energiepotenzial von 2.900 TJ. Das Potenzial an Industrierestholz liegt bei einem Aufkommen von 650.000 t bei 7.500 TJ. Die Potenzialanalyse ergab für den gesamten Holzsektor ein technisches Potenzial von 21.900 TJ. Für das Getreidestroh wurde ein technisches Potenzial von 8.100 TJ bestimmt. Für die Biomasse insgesamt ergibt dies ein technisches Potenzial von 37.700 TJ.

Eine rasche Entwicklung hat in den letzten Jahren die Gewinnung von **Energieträgern auf Pflanzenölbasis** genommen. Pflanzenöl wird als flüssiger Energieträger in erster Linie aus Raps gewonnen. Unter Berücksichtigung einer maximalen Anbaufläche für Raps von 230.000 ha wurde ein technisches Poten-

zial von 7.700 TJ bestimmt. Die Herstellung von Energieträgern auf Pflanzenölbasis orientiert sich an den Anlagendimensionen und den Absatzbedingungen. Importe von Inputstoffen und höhere Flächennutzungen haben dazu geführt, dass das berechnete technische Potenzial überschritten wird. Kritisch ist hier insbesondere die Flächenausweitung des Ölfurchtanbaus zu bewerten, da dieser mittelfristig hinsichtlich der Umweltverträglichkeit an Grenzen stößt.

Das Land Mecklenburg-Vorpommern hat bei der energetischen Nutzung der **hydrothermalen Geothermie** eine lange Tradition. Mit den drei Geothermiekraftwerken im Lande konnte im Jahr 2009 eine Wärmeleistung von 23 GWh erreicht werden. Bedingt durch die geologische Situation in Mecklenburg-Vorpommern ist die hydrothermale Geothermie zur Wärmeerzeugung fast flächendeckend möglich. Potenzialbestimmende Faktoren für die Anwendung sind die Wärmebedarfe und die hohen Investitionskosten. In einer ersten Abschätzung wurde ein technisches Potenzial von 5.400 TJ (1.500 GWh) berechnet.

Potenzialbestimmende Faktoren für die Nutzung der **Solarthermie** sind die vorhandenen Flächen und der Wärmebedarf. In Abhängigkeit von den vorhandenen Dachflächen wurde für die solarthermische Nutzung ein technisches Potenzial von 20.200 TJ (5.600 GWh) ermittelt. Im Jahr 2009 wurde eine Wärmeleistung von 31 GWh erreicht. Da weder das technische Potenzial noch eine Nutzungskonkurrenz zur Photovoltaik die solarthermische Nutzung signifikant beeinflussen, wird sich die Nutzung vorrangig an den wirtschaftlichen und energiepolitischen Rahmenbedingungen orientieren. Sowohl bei der oberflächennahen Geothermie als auch bei der Solarthermie sind durch die Anforderungen des Erneuerbare-Energien-Wärmegesetzes weitere Steigerungsraten zu erwarten.



Durch die **oberflächennahe Geothermie** wurde im Jahr 2009 eine Heizarbeit von 101 GWh erbracht. Die oberflächennahe Geothermie wird vorwiegend zur Wärme- und Kälteversorgung von Gebäuden genutzt. Aus diesem Grund wurden die Potenzialbetrachtungen bedarfsseitig nur für den Bereich von Siedlungsräumen durchgeführt. Auf dieser Grundlage wurde ein technisches Potenzial von 21.600 TJ (6.000 GWh) ermittelt.

Neben den klassischen erneuerbaren Energien werden in diesem Atlas auch Energieträger berücksichtigt, deren Nutzung aufgrund des Vorhandenseins sinnvoll erscheint. Dazu gehören Deponie- und Klärgas, Industrierest- und Altholz sowie Siedlungsabfälle. Für die Stromgewinnung aus **Deponie und Klärgas** wurde für das Land ein Potenzial von 400 GWh ermittelt. Potenzialbestimmende Faktoren sind die vorhandenen Deponien und Kläranlagen, die für eine energetische Nutzung geeignet sind. Dieses Potenzial wurde im Jahr 2009 mit 44 GWh zur Stromgewinnung genutzt. Mit einer signifikanten Erhöhung der Potenzialauslastung kann nur gerechnet werden, wenn weitere Kläranlagen energetisch ausgerüstet werden. Die Deponiegasentwicklung wird aufgrund der Abnahme der organischen Anteile im Hausmüll rückläufig sein.

Obwohl die energetische Nutzung von **Siedlungsabfall** auch keine klassische erneuerbare Energie ist, trägt sie zur Reduktion des Einsatzes fossiler Energieträger bei. Eine energetische Nutzung von Abfällen erfolgt in Mecklenburg-Vorpommern durch eine thermische Behandlungsanlage und durch vier Ersatzbrennstoff-Heizkraftwerke. Die thermische Behandlungsanlage in Ludwigslust hat ein technisches Energiepotenzial von 400 TJ und die Ersatzbrennstoff-Heizkraftwerke ein Energiepotenzial von 5.100 TJ. Daraus ergibt sich in Summe ein technisches Potenzial von 5.500 TJ. Die in Mecklenburg-Vorpommern anfallenden Ersatzbrennstoffe können damit vollständig im Land genutzt werden.

Die Bewertung der technischen Potenziale der einzelnen erneuerbaren Energieträger zeigt auf, dass bei der Photovoltaik, der Tiefengeothermie, der oberflächennahen Geothermie und der Solarthermie eine Nutzung nicht durch das technische Potenzial beschränkt wird. Hier sind es vorrangig die wirtschaftlichen und energiepolitischen Rahmenbedingungen, die die Entwicklung beeinflussen. In diesen Bereichen sind erhebliche **Entwicklungspotenziale** vorhanden.

Bei der Windkraft, der Biomasse und beim Biogas werden **Potenzialgrenzen** aufgezeigt, die aus Sicht von Nutzungskonkurrenzen und der Umweltverträglichkeit eingehalten werden müssen. Die Potenzialgrenzen lassen aber einen weiteren Ausbau über die landespolitischen Ziele bis zum Jahr 2020 zu. Bei der Herstellung von Energieträgern auf Pflanzenölbasis wird das technische Potenzial bereits überschritten, was auf Dauer zu Belastungen der Umwelt führen kann.

Zur Nutzung der erneuerbaren Energien ist eine gut ausgebaute **Infrastruktur** nötig. Hierzu gehört der bedarfsgerechte Ausbau des Netzes zur Einspeisung und zur Weiterleitung des elektrischen Stroms. Das Gasnetz gewinnt durch die Einspeisung von Biogas in das Erdgasnetz für die erneuerbaren Energien

zunehmend an Bedeutung. Dies betrifft auch die Speicherung von gasförmigen Energieträgern. Dezentrale Versorgungsstrukturen auf der Basis erneuerbarer Energien stellen eine Alternative zu den überregionalen Energieversorgern dar.

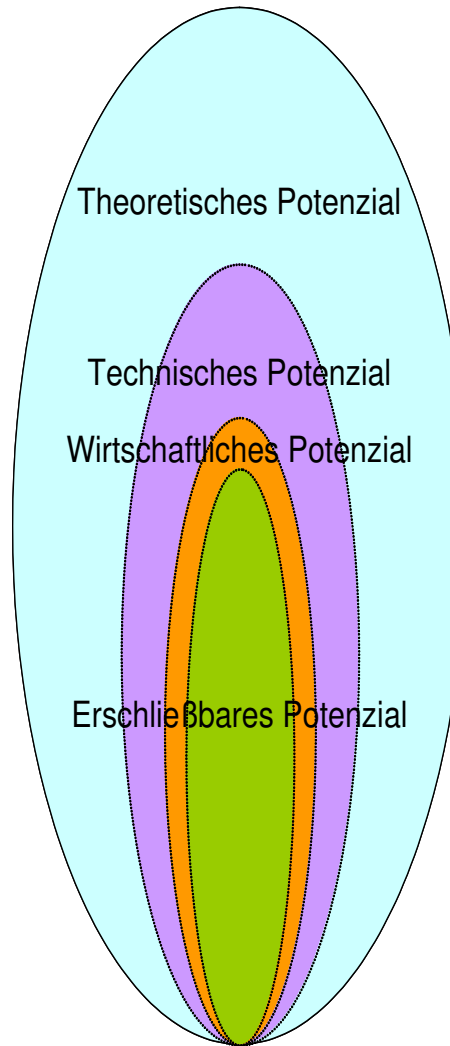
Der Einsatz der erneuerbaren Energien senkt die energiebedingten **Kohlendioxidemissionen**. Mit den Ausbauzielen des Aktionsplans Klimaschutz Mecklenburg-Vorpommern 2010 können Emissionen von 7,37 Mio. t im Stromsektor und 750.000 t im Wärmesektor eingespart werden. Das im Landesatlas ermittelte technische Potenzial würde im Ersatz fossiler Energieträger eine Reduktion um 22,3 Mio. t Kohlendioxid bedeuten.

Für die Nutzung der erneuerbaren Energien müssen Anlagen entwickelt, errichtet, betrieben und gewartet werden. Hinzu kommen Beschäftigungswirkungen durch die Versorgung der Anlagen mit nachwachsenden Energieträgern. Bis zum Jahr 2020 können bis zu 22.000 **Arbeitsplätze** entstehen. Ziel ist es, hiervon möglichst viele an Mecklenburg-Vorpommern zu binden. Erneuerbare Energien haben somit einen erheblichen Einfluss auf die Beschäftigungssituation.

Im Vergleich mit anderen **Bundesländern** vollzieht sich in Mecklenburg-Vorpommern eine ähnliche Entwicklung. Führend ist Mecklenburg-Vorpommern beim Anteil der erneuerbaren Energien am Primärenergieverbrauch. Dieser ist nahezu doppelt so hoch wie in vergleichbaren Flächenländern. In einer Bundesländer-Vergleichsstudie im Auftrag der Agentur für erneuerbare Energien e.V. Berlin zum Ausbau der erneuerbaren Energien liegt Mecklenburg-Vorpommern auf dem sechsten Platz. Im Themenfeld der energiepolitischen Programmatik liegt Mecklenburg-Vorpommern gemeinsam mit Baden-Württemberg auf dem ersten Platz. Dieser Landesatlas soll dazu beitragen diese Spitzenposition beizubehalten.

► Potenziale erneuerbarer Energiequellen

Theoretisches Potenzial	- das innerhalb einer Region vorhandene produzierbare Potenzial - wird allein durch physikalische Nutzungsgrenzen bestimmt
Technisches Potenzial	- Anteil des theoretischen Potenzials, der unter den momentanen technischen Möglichkeiten nutzbar ist - Beachtung konkurrierender Nutzungsmöglichkeiten der knappen Ressourcen (z. B. Flächen) - stark vom Stand der Technik abhängig
Wirtschaftliches Potenzial	- Anteil des technischen Potenzials, der wirtschaftlich konkurrenzfähig genutzt werden kann - abhängig von konkurrierenden Systemen und vom Energiepreisgefüge
Erschließbares Potenzial	- tatsächlich zu erwartender Beitrag zur Energieversorgung - berücksichtigt derzeit abschätzbare wirtschaftliche und energiepolitische Entwicklungen - geringer als das wirtschaftliche Potenzial, da zunächst noch subjektive Hemmnisse und Zeitverzögerung die Ausnutzung vermindern



Maßeinheiten und Umrechnungen		
J	-	Joule
kJ	-	Kilojoule
MJ	-	Megajoule
GJ	-	Gigajoule
TJ	-	Terrajoule
PJ	-	Petajoule
W	-	Watt
kW	-	Kilowatt
MW	-	Megawatt
Wh	-	Wattstunde
kWh	-	Kilowattstunde
MWh	-	Megawattstunde
GWh	-	Gigawattstunde
MWh _{el}	-	Megawattstunde elektrisch
MWh _{th}	-	Megawattstunde thermisch
1 kWh	=	3.600 kJ
1 MWh	=	3.600 MJ
1 MJ	=	0,278 kWh
1 PJ	=	278 GWh

Potenziale erneuerbarer Energiequellen

Der Umfang an erneuerbaren Energiequellen, im Folgenden kürzer als erneuerbare Energien bezeichnet, wird durch **Potenziale** beschrieben. Diese unterscheiden sich in theoretische, technische, wirtschaftliche und erschließbare Potenziale. Potenziale sind nicht statisch, sondern unterliegen zeitlichen Veränderungen. Die Potenziale unterscheiden sich danach, ob sie auf der Seite des Energiedangebotes oder auf der Seite der Nachfrage betrachtet werden. Zum Verständnis des Atlases ist es notwendig, die unterschiedlichen Potenzialtypen zu definieren.

Die Gesamtheit der erneuerbaren Energien innerhalb einer Region wird als **theoretisches Potenzial** bezeichnet. Das **technische Potenzial** gibt denjenigen Teil des theoretischen Potenzials an, der mit den derzeit verfügbaren technischen Möglichkeiten nutzbar ist. Da die Effizienz, d. h. der Wirkungsgrad dieser technischen Möglichkeiten sehr unterschiedlich sein kann, muss mit dem Potenzial auch angegeben werden, welche Technologien bzw. Wirkungsgrade bei seiner Ermittlung berücksichtigt wurden.

Als **wirtschaftliches Potenzial** wird der Anteil aus dem technischen Potenzial beschrieben, der unter den gegebenen Standort- und Rahmenbedingungen und vorhandenen Nutzungskonkurrenzen wirtschaftlich genutzt werden kann. Und selbst dieses wirtschaftliche Potenzial wird nicht vollständig genutzt, weil es dafür nicht nur ausreichenden Kapitals bedarf, sondern weil eine Reihe weiterer Bedingungen erfüllt sein müssen, damit eine Anlage zur Nutzung einer erneuerbaren Energiequelle entstehen und betrieben werden kann. Dieser tatsächlich genutzte Teil des theoretischen Potenzials wird im Allgemeinen als **erschließbares Potenzial** bezeichnet.

Wegen der zunehmenden Anzahl von zu berücksichtigenden Einflussgrößen wird die Potenzialermittlung

umso schwieriger, je näher man dem erschließbaren Potenzial kommt. Zudem entzieht sich ein Teil dieser Einflussgrößen grundsätzlich der mathematischen Berechnung und muss durch Annahmen bestimmt werden.

Im Atlas werden nur die erneuerbaren Energien berücksichtigt, die **in Mecklenburg-Vorpommern** verfügbar sind und als nutzbar eingeschätzt werden. Dabei handelt es sich um erneuerbare Energien zur ausschließlichen Stromerzeugung, zur ausschließlichen Wärmeerzeugung, zur gekoppelten Strom- und Wärmeerzeugung sowie zur Kraftstoffgewinnung. Vorhandene, aber als nicht nutzbar eingeschätzte erneuerbare Energien, werden dagegen nicht berücksichtigt. Die Ostsee weist zum Beispiel einen Tidenhub auf, der theoretisch zur Energieerzeugung genutzt werden könnte, für eine praktische Nutzung jedoch als zu gering betrachtet wird.

Die **Zeitabhängigkeit von Potenzialen** resultiert aus verschiedenen Einflüssen. Das technische und damit auch das erschließbare Potenzial sind einerseits von Veränderungen des theoretischen Potenzials und andererseits vom technischen Fortschritt abhängig. Dieser führt tendenziell zu einer steigenden Effizienz der gesamten Energieumwandlungskette und damit zur Verminderung von Verlusten. Daher sind Potenziale immer mit einem zeitlichen Bezug anzugeben. Die in diesem Atlas ausgewiesenen technischen und erschließbaren Potenziale beziehen sich auf den Zeitraum bis zum Jahr 2020. Sie berücksichtigen somit die - nach heutigem Erkenntnisstand - bis 2020 zu erwartenden Entwicklungen wesentlicher **technologischer und energiepolitischer Rahmenbedingungen**.

Bei der Analyse der Potenziale von erneuerbaren Energien sind auch Einflüsse aus der **Angebots- und Nachfrageseite** zu berücksichtigen. Beispielsweise kann das angebotsseitige Biogaspotenzial technisch sehr viel größer sein als das nachfrageseitige Potenzial - zumindest solange als Verwertungs-

pfad nur die direkte Nutzung in KWK möglich ist und gleichzeitig die regionale Nachfrage nach Wärme gering ist. Noch deutlicher wird dieser Zusammenhang bei der Geothermie. Angebotsseitig können aufgrund der geologischen Gegebenheiten des Untergrunds an vielen Standorten Erzeugungsmöglichkeiten für Wärme bzw. Strom bestehen. Eine Nutzung kommt jedoch nur an solchen Standorten zustande, an denen zugleich eine Nachfrage nach der Wärme (Siedlungs- oder Gewerbenähe) bzw. eine Einspeisemöglichkeit für den Strom (Netznähe) besteht.

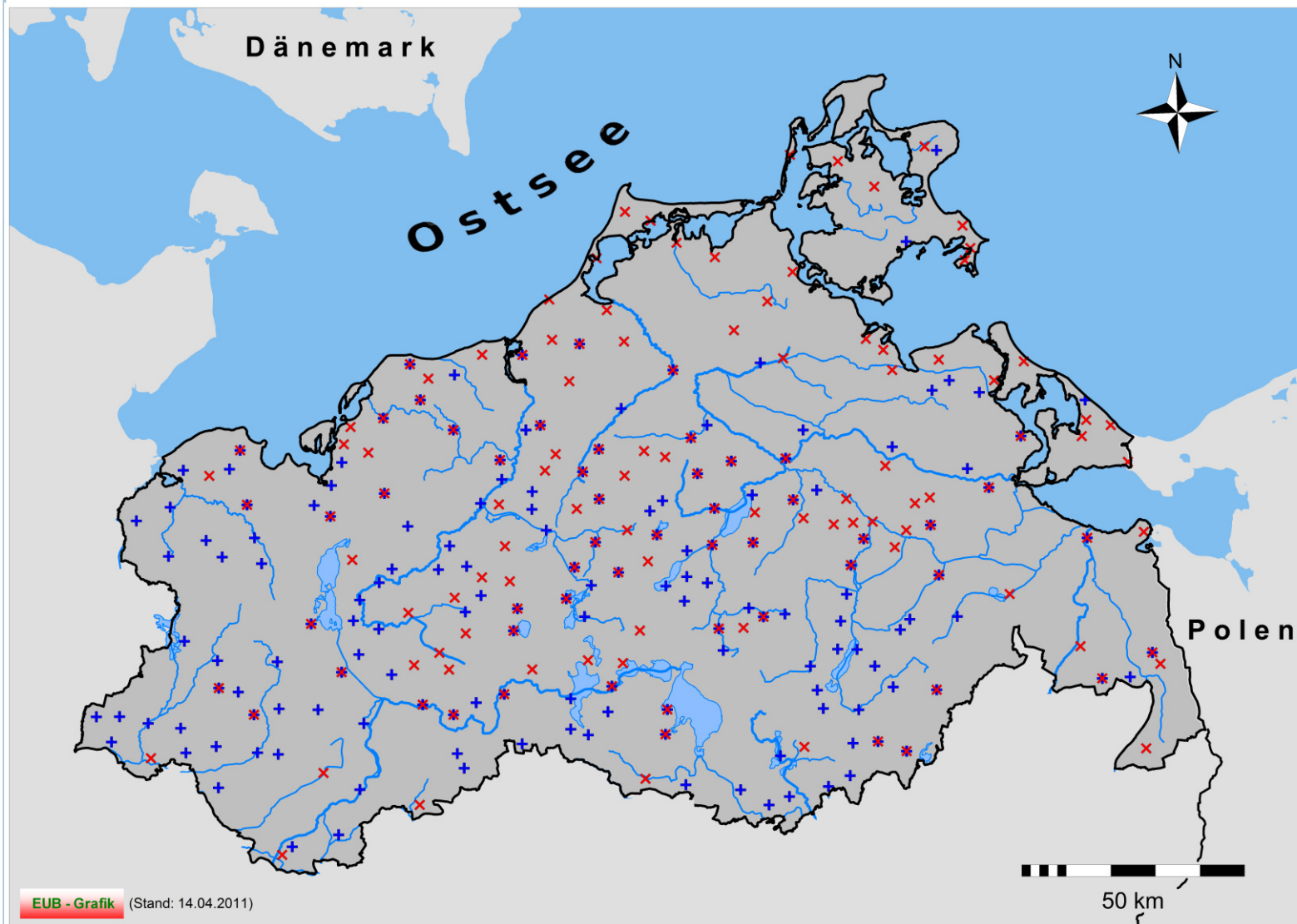
Für den umgekehrten Fall, dass das Nachfragepotenzial für eine erneuerbare Energie größer ist als das Angebotspotenzial, ist eine intensive Suche nach Erweiterungsmöglichkeiten (bzw. nach Substitutionsmöglichkeiten) zu erwarten. Betrachtet man beispielhaft die Bioenergie, so kann eine Erweiterung der - in einem bestimmten Zeitraum - regional nutzbaren Energiemenge erfolgen, indem der Import und/oder die Eigenerzeugung erhöht bzw. indem der Export reduziert wird oder indem Speicher genutzt werden.

Jeder dieser drei grundsätzlichen Strategien - Eigenerzeugung, Ex-/Import und Speicherung - zur Erweiterung der innerregional nutzbaren Energiemenge sind jedoch prinzipielle Grenzen gesetzt. Insbesondere Biomasse sollte nur in begrenzten Mengen und über relativ geringe Distanzen transportiert werden.

Diese hier nur angedeuteten Zusammenhänge gelten prinzipiell bzw. in ähnlicher Form auch für physikalische erneuerbare Energien, bei denen innerhalb der Prozesskette kein stoffliches Zwischenprodukt entsteht.

In dem vorliegenden Atlas werden die **angebotsseitigen technischen Potenziale** berücksichtigt. Ausnahmen bilden die Primärenergieträger, die ausschließlich der Wärmegewinnung dienen. Hier wurde das Potenzial mit Bezug auf den Bedarf ermittelt.

► Erneuerbare Energien in der Geschichte des Landes



Erneuerbare Energien in der Geschichte des Landes

Lässt man die bei weitem ältesten Nutzungsformen erneuerbarer Energien - in Pflanzen gebundene Solarenergie und die Biomasse für das Lagerfeuer - einmal außer Betracht, dann sind in dem heute von Mecklenburg-Vorpommern eingenommenen Gebiet die Windenergie und die Wasserkraft die am längsten genutzten Energien. Ihre Nutzungsgeschichte ist mindestens bis in die Anfänge des 12. Jahrhunderts zurück nachgewiesen.

Die in **Wind und Wasser enthaltene Energie** wurde für eine Vielzahl von Prozessen genutzt, z. B. für die Getreideverarbeitung, die Ölherstellung, die Holzverarbeitung, die Produktion von Lohe, Papier oder Pulver, das Walken von Tuchen und das Schleifen von Steinen oder anderen Werkstoffen.

Dabei entstanden im Laufe der Zeit verschiedene Typen, z. B. bei den **Windmühlen** Bock-, Holländer- (Turm-, Sockelgeschoss-, Galerie- etc.) oder Paltrock-Windmühlen (die letzte Windmühle dieser Art in Mecklenburg-Vorpommern steht heute in Sagard auf Rügen).

Manche Orte entwickelten sich zu ausgesprochenen **Mühlenstandorten**, z. B. wenn sich die Nachfrage konzentrierte, wenn Transportwege gut ausgebaut waren oder wenn sich eine Gegend als windreich erwies. An solchen Standorten entstand dann eine ganze Reihe von Mühlen, die zeitgleich betrieben wurden, z. B. in Rostock, in Wolgast oder in Woldegk. An anderen Orten wiederum waren die Mühlen sogar namensgebend, z. B. in Grevesmühlen, Mühlen Eichsen oder Mühlenhagen.

Viele dieser Mühlenstandorte werden schon sehr lange genutzt. Oft wurde - nach dem Abriss einer

Mühle - am gleichen Standort ein Nachfolger aufgebaut. Nur wenn eine Mühle abbrannte, durfte nach einem ungeschriebenen Müllergrundsatz an diesem Standort eine Mühle nicht wieder gebaut werden.

Dass Mühlen im Laufe ihrer langen **Nutzungs-geschichte** immer wieder auch Bränden zum Opfer fielen, durch Sturm und Blitzschlag oder in Kriegen beschädigt wurden, ist - anders als etwa bei Wohnhäusern der Bevölkerung - vergleichsweise gut dokumentiert. Das ist nicht zuletzt auf die Bedeutung zurückzuführen, die eine Mühle für ihren Standort bzw. für die Umgebung und für die dort lebenden und arbeitenden Menschen hatte.

Nicht selten wurden Mühlen im Verlaufe ihrer Nutzung mehrfach modernisiert und mit neuen **Antriebs-techniken** ausgestattet: Zunächst kamen Dampfmaschinen, später dann Diesel- und nach 1900 insbesondere Elektromotoren zum Einsatz (oftmals mit der - heute an vielen Mühlen zu beklagenden - Folge des Verfalls des Windzeugs). Wurde eine solche modernisierte Mühle im Verbund mit Dampfsägewerken betrieben, war es sicher auch damals schon üblich, anfallende Holzreste für die Dampferzeugung zu nutzen. Die in Rehna an der Radegast befindliche Wassermühle wurde in wasserarmen Zeiten alternativ mit einem Holzgasmotor betrieben, der aus einem Holzvergaser gespeist wurde.

Im Fall der Städte Lübz und Neubukow z. B. wurden nach 1870 in den dortigen Wassermühlen die Wasserräder durch Francis-Radialturbinen ersetzt, die mit Hilfe von Dynamomaschinen Strom erzeugten und die Städte über mehrere Jahrzehnte teilweise mit Strom versorgten (Neubukow: 1906 - 1937).

Aber nicht nur die Antriebstechnik, sondern auch die Mühlen selbst bilden eine lange Folge von technischen und baulichen Innovationen. Zu dieser Entwicklung hat Holland einen wesentlichen Beitrag geleistet, wurde doch dort eine geeignete Energiequelle für die Entwässerung benötigt, die die Urbar-

machung weiter Landesteile überhaupt erst ermöglichte.

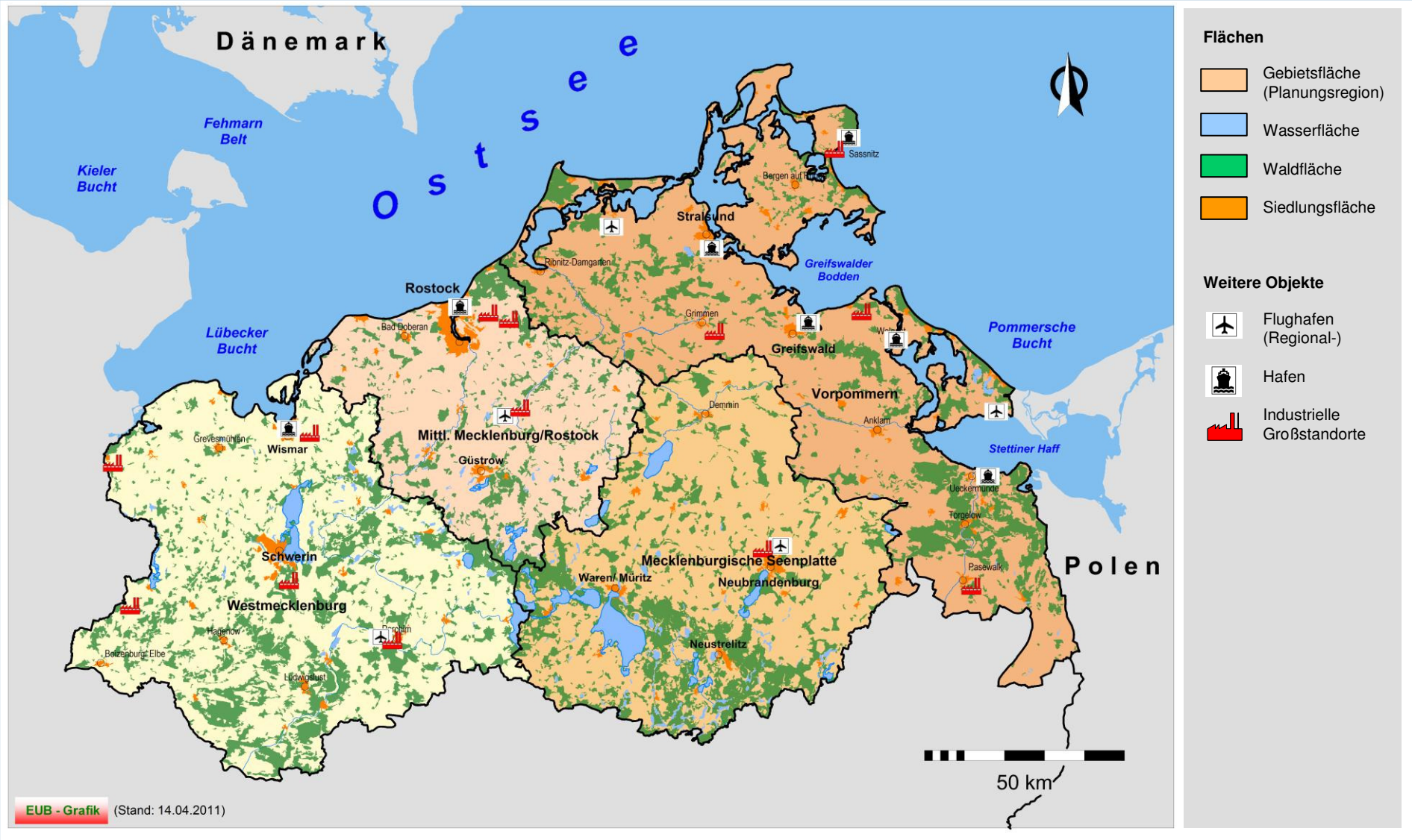
In ihrer Hochzeit um 1880 existierten im damaligen Deutschen Reich etwa 20.000 Windmühlen. Letztlich trugen die neuen Antriebstechniken - und hier insbesondere der Elektromotor - in den ersten Jahrzehnten des 20. Jahrhunderts mit der Elektrifizierung auch ländlicher Gegenden durch sog. Überlandstationen erheblich zum „**Mühlensterben**“ bei.



Die **Karte** zeigt alle Standorte, an denen heute noch eine Mühle steht bzw. stand. Dort, wo die Erhaltung, Modernisierung und Sanierung der Mühlen gelang, werden sie z. B. als Wohngebäude oder für touristische Zwecke genutzt. Das Foto zeigt die heute als Hotel und Gaststätte ausgebaut Holländermühle in Banzkow bei Schwerin. Die Mühle wurde im Jahr 1847 errichtet und stellte 1957 den Betrieb ein, bevor sie in der Zeit von 1974 bis 1976 umgebaut wurde.

In jedem Fall war die Windmühle eine bedeutende technische Innovation. Sie übertrifft mit ihrer mehrere Jahrhunderte währenden Nutzungsdauer praktisch alle heute im Einsatz befindlichen Energiesysteme deutlich.

► Geographie des Landes



Geographie des Landes

Mecklenburg-Vorpommern liegt im Nordosten der Bundesrepublik Deutschland. Es hat heute eine Fläche von 23.182 km² (6,5 Prozent der Fläche Deutschlands). Begrenzt wird das Land im Norden durch die Ostsee als natürliche Grenze und im Osten durch Polen. Innerhalb Deutschlands grenzt das Land im Süden an Brandenburg, im Südwesten an Niedersachsen und im Westen an Schleswig-Holstein.

Geologisch ist es Bestandteil des norddeutschen Tieflandes. Das wesentlich durch die Eiszeit beeinflusste Landschaftsbild wird durch Waldgebiete (22 Prozent der Landesfläche) und durch die ausgedehnte Mecklenburger Seenplatte (6 Prozent der Landesfläche sind Wasser) geprägt. Den größten Anteil der Bodenfläche nimmt die Landwirtschaft ein (64 Prozent), die übrigen 8 Prozent der Landesfläche werden im Wesentlichen als Siedlungs- und Verkehrsfläche genutzt. Die nahezu 2.000 km lange **Küste** ist stark gegliedert. Im Nordosten sind ihr die Inseln Rügen - mit einer Fläche von 930 km² Deutschlands größte Insel - und Usedom mit 373 km² (deutscher Anteil) vorgelagert.

Küstenlandschaft und Küstenhinterland, der glazial bedingte Mecklenburger Höhenrücken mit der Seenplatte (Endmoränenlandschaft) sowie die Heidelandschaften im Westen und Osten bilden die für das Land charakteristischen Naturräume. Zu ihr gehören auch ca. 2.000 Binnenseen mit einer Gesamtfläche von knapp 840 km². Der größte Binnensee ist die Müritz mit 110 km² Fläche. Die größten Flüsse sind die Warnow und die Peene (Ostseezuflüsse) sowie die Elde und die Elbe (Nordseezuflüsse). Die höchste Bodenerhebung des Landes bilden die Helpter Berge (Höhe von 179 m ü. NN).

Einen wesentlichen Bestandteil der reichen **Naturlandschaft** des Landes bilden die vielen wertvollen Tier- und Pflanzenarten und deren Lebensräume.

Ihrem Erhalt dienen ausgedehnte Naturschutzflächen.

In der gemäßigten **Klimazone** liegend, werden die Klima- und Witterungsbedingungen in Mecklenburg-Vorpommern durch den Übergang vom maritimen Einfluss im Küstenbereich zu kontinentalgemäßem Klima im Binnenland geprägt. Die Jahresdurchschnittstemperatur beträgt etwa 8 bis 10 °C.

Derzeit leben in Mecklenburg-Vorpommern 1,64 Mio. **Einwohner** (gegenüber 1990: 1,9 Mio). Damit erreicht das Land einen Anteil von 2,1 Prozent an der Bevölkerung Deutschlands und ist zugleich das Bundesland mit der kleinsten Einwohnerdichte (73 Einwohner je km²).

Region	Bevölkerung (EW) in 1.000	Gebietsfläche in km ²	EW-Dichte in EW/km ²
Westmecklenburg	493,5	6.998	70,5
Mittl. Meckl./Rostock	424,9	3.601	118,0
Meckl. Seenplatte	305,9	5.810	52,7
Vorpommern	482,9	6.771	71,3
Summe M-V	1.707,3	23.180	73,7

Die größten **Städte** des Landes sind Rostock mit ca. 200.000 EW (12 Prozent der Landesbevölkerung) sowie Schwerin, Neubrandenburg, Stralsund, Greifswald, Wismar und Güstrow. Die weitere Siedlungsstruktur ist durch einen hohen Anteil kleiner und mittlerer Siedlungen gekennzeichnet. 30 Prozent der Einwohner leben in Gemeinden mit weniger als 2.000 EW.

Ein wichtiger **Wirtschaftszweig** des Landes ist die See- und Hafenwirtschaft. Die Häfen Wismar, Rostock, Stralsund, Sassnitz, Greifswald, Wolgast und Ueckermünde bilden Deutschlands Tor zum balti-

schen Norden. In ihnen wird ein erheblicher Ladaustausch und Passagierverkehr abgewickelt. Neben der Seeschifffahrt und der Hafenwirtschaft konzentriert sich an diesen Standorten zugleich die maritime Industrie des Landes. Dazu gehören der Schiffbau, die Zulieferindustrie sowie die Meeres- und offshore-Technik, die maritime Logistikwirtschaft mit den dazugehörigen Dienstleistern, eine maritim orientierte wissenschaftlich-technische Infrastruktur, der maritime Tourismus sowie das Fischereiwesen und die Aquakultur (in Binnengewässern).

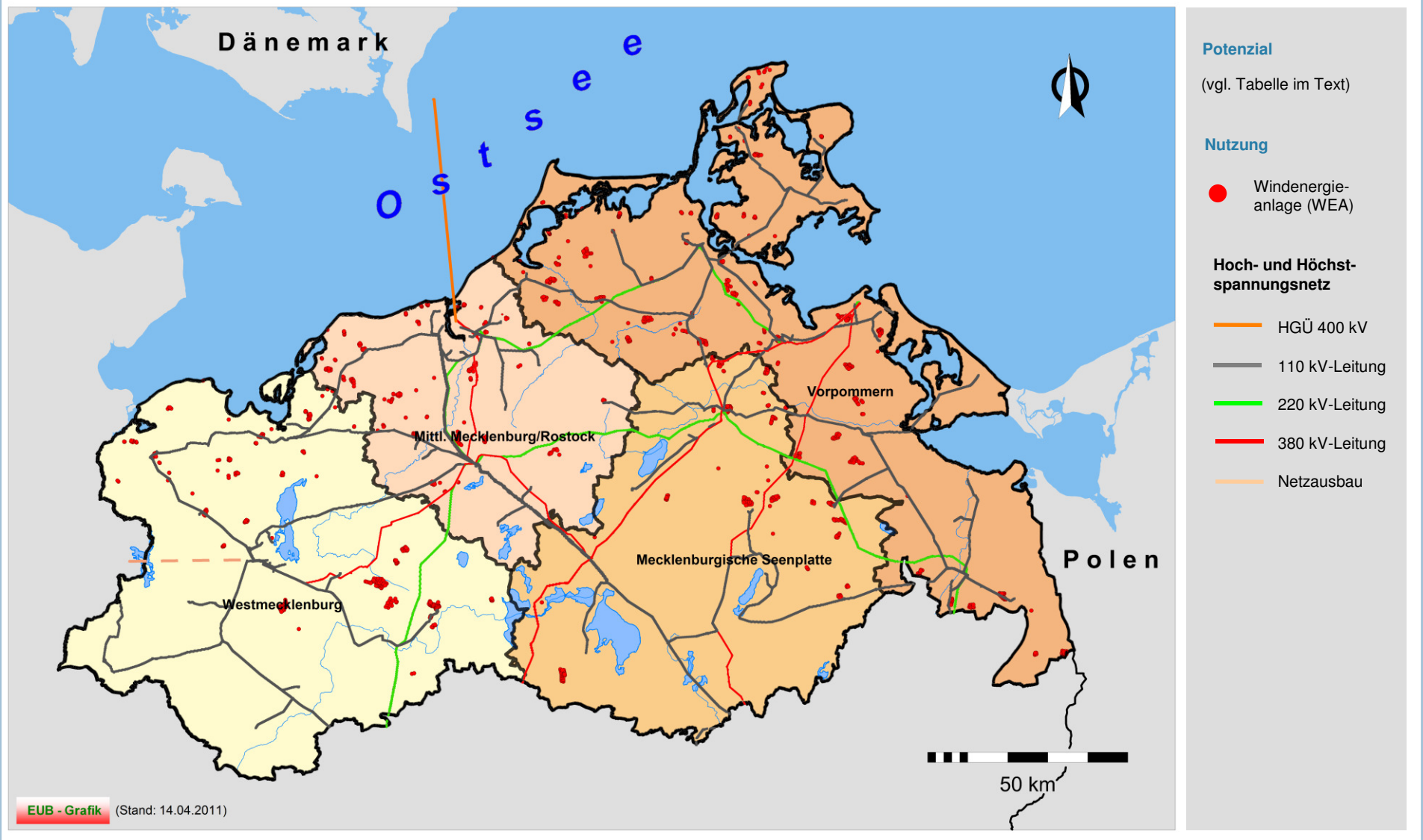
Weitere, als Industrielle Großstandorte bezeichnete **Gewerbegebiete** von mindestens 100 ha Fläche wurden eingerichtet, um die Ansiedlung großer Unternehmen zu unterstützen.

Mecklenburg-Vorpommern verfügt über eine Reihe von (kleineren) **Flughäfen**. Der wichtigste ist der Rostock Airport in Laage.

Das **Straßennetz** hat eine Gesamtlänge von 28.000 km. Darin enthalten sind ca. 550 km Bundesautobahn (insbesondere durch die A 19, A 20 und A 24). Sie bilden das Grundgerüst der verkehrlichen Anbindung und Erschließung des Landes. Ein wichtiges Straßenbauprojekt war die 2007 eröffnete Strelasund-Querung, eine neue Brückenverbindung zwischen der Insel Rügen und dem vorpommerschen Festland bei Stralsund.

Die Hauptstrecken der **Eisenbahn** für den Personen- und Güterverkehr verlaufen von Hamburg über Schwerin und Rostock nach Stralsund, von Rostock über Neustrelitz nach Berlin und von Stralsund über Pasewalk nach Berlin. Diese werden durch regionale Schienenstrecken ergänzt. Insgesamt umfasst das Schienennetz 1.700 km, die etwa zur Hälfte elektrifiziert sind. Davon sind etwa 500 km zweigleisig und 40 km schmalspurig ausgeführt.

► Windenergie - Potenzial und Nutzung onshore



Windenergie - Potenzial und Nutzung onshore

Die Windenergienutzung liefert seit Jahren den mit Abstand größten Beitrag zur Energie- bzw. Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien in Mecklenburg-Vorpommern.

Das **technische Windenergiepotenzial** ist prinzipiell kaum begrenzt, da Windenergieanlagen (WEA) aus technischer Sicht an sehr vielen Standorten errichtet werden können. Um jedoch die sensiblen Naturräume des Landes - auch wegen ihrer Bedeutung für den Naturschutz und für die Tourismuswirtschaft des Landes - zu schützen, hat sich das Land Mecklenburg-Vorpommern seit Mitte der 1990er Jahre für eine raumordnerische Steuerung der Windenergienutzung entschieden und Eignungsgebiete ausgewiesen. Es existieren auch außerhalb dieser Eignungsgebiete Windenergieanlagen, die in den ersten Jahren nach 1990 entstanden sind. Der Ausbau des WEA-Bestandes ist jedoch nur innerhalb der Eignungsgebiete zugelassen.

Insgesamt wurden in den Regionalen Raumentwicklungsprogrammen (RREP) 2010 der vier Planungsregionen des Landes **Eignungsgebiete** mit einer Gesamtfläche von ca. 14.650 ha ausgewiesen. Im Jahr 2009 waren auf 9.146 ha 1.284 Windenergieanlagen mit einer installierten Leistung von 1.400 MW in Betrieb. Damit ist die Flächenkulisse zu fast 65 % belegt.

Für den weiteren Ausbau der Windenergienutzung bieten sich zwei Strategien an. Die erste Strategie besteht in einer möglichen **Ausweitung** der Eignungsgebiete und der Errichtung von Anlagen mit höherer Leistung, die zweite Strategie besteht im Repowering, dem Ersatz von älteren Windenergieanlagen durch leistungsfähigere Neuanlagen. Beide Strategien laufen parallel und dynamisch.

Bei einer vollständigen Auslastung der ausgeschriebenen Eignungsgebiete errechnet sich eine Zahl von 2.100 Windenergieanlagen. Mit einer derzeit aktuellen durchschnittlichen Anlagenleistung von 1 MW ergibt dies eine installierte Leistung von 2.100 MW und eine Stromeinspeisung von rund 3.350 GWh.

Das technische Potenzial in diesen Gebieten ist erheblich. Es ergibt sich aus der Fläche und der je Flächeneinheit installierbaren WEA-Leistung. Das Potenzial unterliegt insofern einem Wachstum, als die technische Entwicklung der WEA fortschreitet. Eindrucksvoll ist diese z. B. an der Nabenhöhe und am Rotordurchmesser ablesbar. Die durchschnittliche Nabenhöhe der in Mecklenburg-Vorpommern installierten WEA stieg von 37 m im Jahr 1992 auf 120 m im Jahr 2009, der Rotordurchmesser wuchs im gleichen Zeitraum von 16 m auf 60 m. Schließlich kann sich das Potenzial verändern, weil die Eignungsgebiete von Zeit zu Zeit einer Überprüfung und ggf. einer Erweiterung unterzogen werden.



Unterstellt man unter Berücksichtigung der aktuellen Eignungsgebiete die vollständige Erhöhung der durchschnittlichen Anlagenleistung im Rahmen des Neubaus und des Repowerings auf eine Anlagenleistung von 2 MW, bedeutet dies eine installierte Leistung von 4.200 MW. Mit einer Volllaststundenzahl von 1.600 h errechnet sich hieraus eine Stromeinspeisung von 6.700 GWh. Für die Bestimmung des **technischen Potenzials** wird eine (über-) durch-

Windenergie onshore	
Technisches Potenzial	30.100 TJ

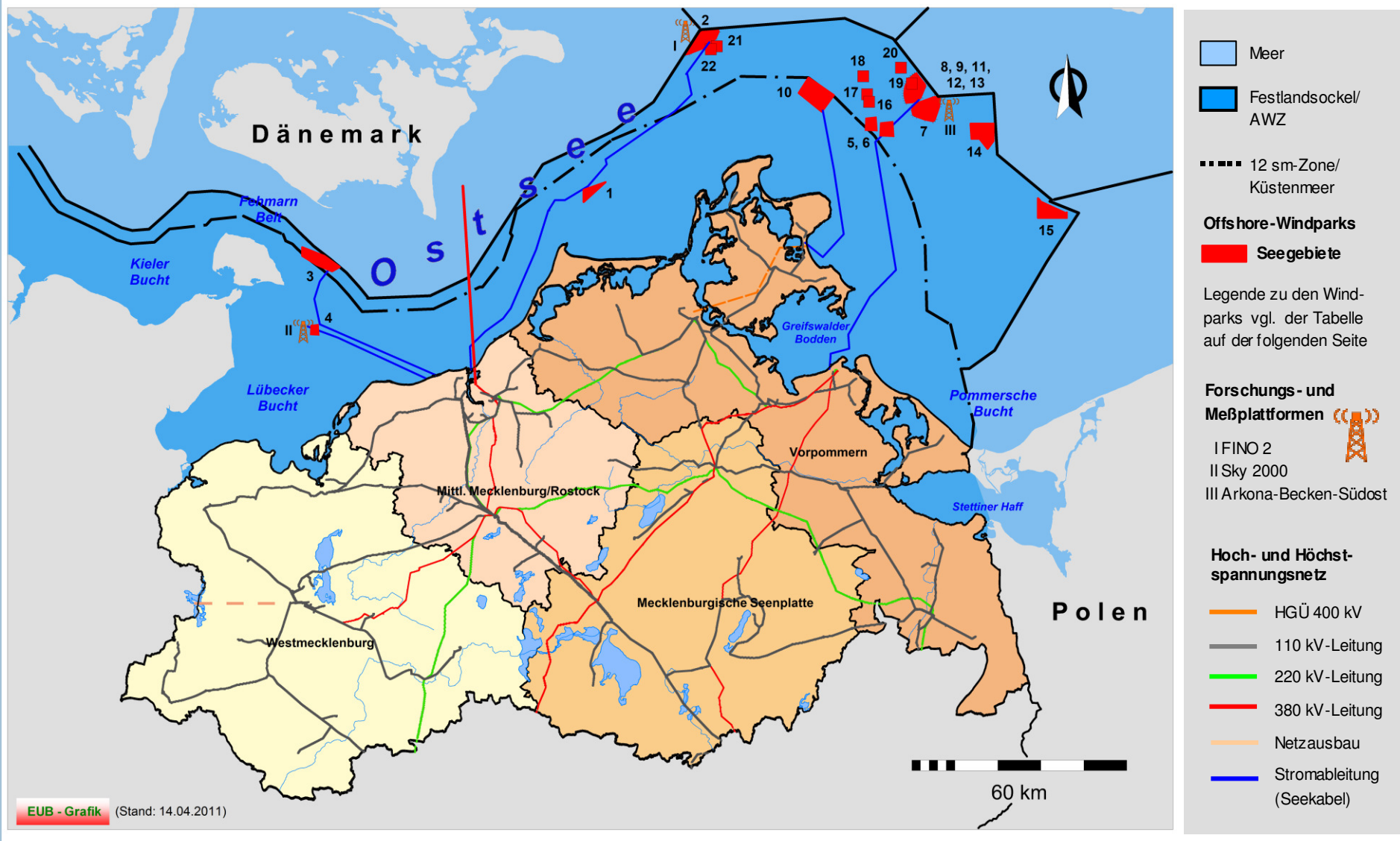
schnittliche Volllaststundenzahl von 2.000 h angenommen, wodurch sich eine Stromeinspeisung von 8.400 GWh ergibt.

Die jährliche Stromeinspeisung des WEA-Bestandes ist von den Windgeschwindigkeiten abhängig, die im Verlaufe eines Jahres auftreten. Die durchschnittliche Jahreswindgeschwindigkeit schwankt an jedem Standort um langjährige Mittelwerte, die ihrerseits ebenso Veränderungen unterliegen, wie die Spektren der im Verlauf eines Jahres aufgetretenen Windgeschwindigkeiten.

Für Mecklenburg-Vorpommern **typische Jahreswindgeschwindigkeiten** betragen 7 m/s unmittelbar an der Küste und 5 m/s an Standorten im Binnenland (jeweils gemessen 30 m über Grund). Mit dem beispielsweise bis zum Jahresende 2007 installierten WEA-Bestand wurden im Jahr 2007 (über-) durchschnittlich 2.000 MWh je MW erzeugt. Dieser Wert weist über die Jahre eine leicht steigende Tendenz auf, die auch auf die oben angesprochene verbesserte Anlagenqualität hinweist. Insgesamt betrug die **Stromeinspeisung** des Jahres 2007 2.548 GWh. Dies entspricht rechnerisch etwa einem Drittel des Stromverbrauchs des Landes in den letzten Jahren mit ca. 6.500 GWh.

Region	Anlagen- zahl	Leistung in MW	Einspeisung in GWh
	zum 31.12.2009		
Westmecklenburg	304	325	468
Mittl. Meckl./Rostock	196	217	355
Meckl. Seenplatte	244	288	494
Vorpommern	540	605	1.011
Summe M-V	1.284	1.434	2.328

► Windenergie - Potenzial und Nutzung offshore



Windenergie - Potenzial und Nutzung offshore

Die für eine offshore-Windenergienutzung ausgewiesenen **Seegebiete** befinden sich überwiegend in der Ausschließlichen Wirtschaftszone (AWZ). Insoweit werden sie hier allein aufgrund ihrer besonderen Beziehung zum Land betrachtet, d. h. aufgrund ihrer Lage vor der Küste des Landes und aufgrund ihrer Einspeisung in das Stromnetz des Landes.

Das **technische Potenzial** dieser erneuerbaren Energiequelle wird durch die Summe der Strommengen gebildet, die im Küstenvorfeld an geeigneten Standorten aus der Windenergie erzeugbar sind. Dieses Potenzial unterliegt neben physischen Faktoren wie den Windverhältnissen, der Wassertiefe und dem Seegang weiteren Einflüssen. Sie bestehen neben konkurrierenden Nutzungsansprüchen auch in infrastrukturellen Faktoren, in energiewirtschaftlichen und -politischen Rahmenbedingungen sowie in völker- bzw. seerechtlichen Aspekten.

Ob dieses technische Potenzial für das Küstenvorfeld von Mecklenburg-Vorpommern schon einmal umfassend quantifiziert wurde, ist nicht bekannt. Einen Hinweis auf seine Mindestgröße liefert jedoch die Summe der dort derzeit geplanten **offshore-Projekte**. Wie die Tabelle zeigt, sind in der Ostsee vor der Küste Mecklenburg-Vorpommerns achtzehn Projekte geplant, davon drei Projekte im Küstenmeer und fünfzehn Projekte in der AWZ. Für vier Windparks in der AWZ ist der Status unbekannt, wurde keine Genehmigung erteilt oder wurde der Antrag zurückgenommen, weshalb diese bei den Berechnungen nicht berücksichtigt werden. Die anderen Projekte bestimmen das technische Potenzial der offshore-Windenergie. Unter Berücksichtigung von Flächenüberschneidungen wurde, wie in der Tabelle dargestellt, eine maximale installierbare Gesamtleistung von 3.892,8 MW ermittelt. Bei einer Volllaststunden-

zahl von 3.500 h ergibt sich ein technisches Potenzial von 49.000 TJ (13.600 GWh) jährlicher Einspeisung.

Die **erste** in Deutschland an einem offshore ähnlichen Standort realisierte Windenergieanlage steht auf dem Breitling in Rostock, d. h. im Flachwasserbereich mit 2 m Wassertiefe und 500 m von der Kai-mauer entfernt. Die Anlage vom Typ Nordex N90 hat eine elektrische Leistung von 2,5 MW und liefert seit 2006 Strom. Diese WEA zeigt, dass die Stromerzeugung trotz kostentreibender Einflüsse wirtschaftlich sein kann. Neben den bei gleicher Anlagenleistung höheren Investitionskosten sind auch die Kosten für die Fundamentierung und Aufstellung, für Seekabel und deren Verlegung sowie für die Wartung der Anlagen im Betrieb deutlich höher als an Land. Andererseits lassen sich an offshore-Standorten insbesondere wegen der günstigeren Windverhältnisse wesentlich höhere **Erträge** erzielen als an den ertragträchtigsten Berg- oder Küstenstandorten. Zudem wird die Stromeinspeisung aus diesen Anlagen von 2009 an mit 15 ct/kWh vergütet (6 ct mehr als für den Strom aus Windenergieanlagen an Land).

Der erste kommerzielle offshore-Windpark **EnBW Baltic 1** ging im Mai 2011 an das Netz und liegt in einem von Mecklenburg-Vorpommern ausgewiesenen Eignungsgebiet innerhalb der 12 sm-Zone. Die ca. 7 km² große, dreieckige Baufläche befindet sich nördlich der Halbinsel Darß. Die durchschnittliche Wassertiefe beträgt 16 m, die Entfernung zur Küste ca. 15 km. Die anderen in der Tabelle genannten Projekte sind entweder bereits genehmigt oder befinden sich im Genehmigungsverfahren. Das erhebliche Elektroenergiepotenzial dieser Windparkprojekte ist über spezielle **Seekabel** in Bentwisch bei Rostock, Stralsund bzw. in Lubmin bei Greifswald anzulanden und in das 220/380 kV-Höchstspannungsnetz einzuspeisen.

Das meteorologische und sonstige Umfeld (Schiffsverkehr, Benthos etc.) dieser Windparks wird mit Hilfe von **Messstationen** bewertet. In der Ostsee ist dies

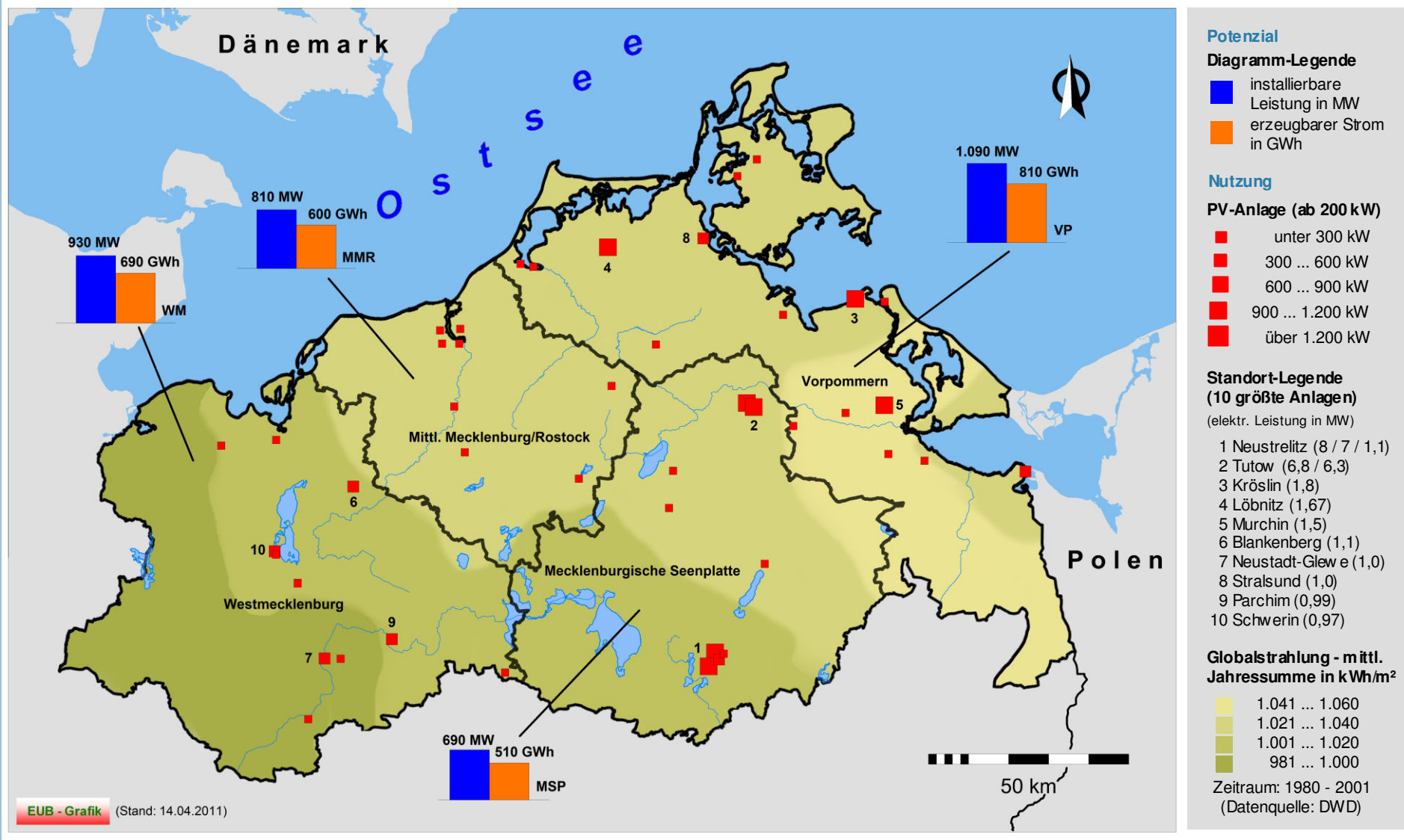
Windenergie offshore	
Technisches Potenzial	49.000 TJ

zum einen die Forschungsplattform FINO 2 (Forschungsplattformen in Nord- und Ostsee). Sie ist seit Mai 2007 etwa 35 km nördlich von Rügen in der Nähe des geplanten offshore-Windparks **Baltic 2** in Betrieb. Zum anderen ist ein Messmast im Arkona-Becken Südost seit Dezember 2006 in Betrieb. Er steht in einer Wassertiefe von 24 m und hat eine Gesamthöhe von 120 m ab Meeresgrund.

Standort	Anlagenzahl in Stück	max. WEA-Leistung in MW	max. Gesamtleistung in MW
In der Ausschließlichen Wirtschaftszone (AWZ)			
EnBW Baltic 2 (2)	80	3,6	288
Beltsee (3)	Status unbekannt		
Arkona See West (5)	80	5	400
Arkona See Süd (6)	80	5	400
Arkona Becken Südost (7)	80	5	400
Adlergrund 500 (8)	20	3,6	72
Adlergrund GAP (9)	39	3,6	140
Arcadis Ost 2 (11)	Antrag zurückgenommen		
Arkona See Ost (12)	64	5	320
Wikinger (13)	80	5	400
Adlergrund (14)	nicht genehmigt		
Pommersche Bucht (15)	nicht genehmigt		
Adlergrund Nordkap (16)	31	5	155
Seewind (17)	25	6	150
Windanker (18)	57	6	342
Strom Nord (19)	54	6	324
Strom Süd (20)	111	6	666
BalticEagle (21)	80	6	480
BalticPower (22)	80	6	480
In der 12 sm-Zone (Küstenmeer)			
EnBW Baltic I (1)	21	2,3	48,3
Beta Baltic (4)	50	3	150
Arcadis Ost 1 (10)	70	5	350
In den inneren Gewässern			
Breitling (N 90)	1	2,5	2,5
Summe (aller Gewässer)			
Alle Standorte	799*	-	3892,8*

*abzüglich 329 Konkurrenzanlagen (1.750 MW)

► Photovoltaik - Potenzial und Nutzung



Photovoltaik - Potenzial und Nutzung

Solarenergie bezeichnet die von der Sonne durch Kernfusion erzeugte Energie. Teile davon gelangen als kurzwellige elektromagnetische Strahlung (Strahlungsenergie) zur Erde. Die Photovoltaik ist eine Möglichkeit zur direkten Nutzung dieses zur Erde gelangenden Strahlungsanteils zur Stromerzeugung (Diffus- und Direktstrahlung).

Auf die Oberfläche Mecklenburg-Vorpommerns trifft im langjährigen Jahresmittel eine solare **Globalstrahlung** von 950 bis 1.050 kWh/m² auf, wobei - wie in der Karte dargestellt - niedrigere Werte für die (süd-) westlichen und die höheren Werte für die (nord-) östlichen Landesteile gelten. Beispielsweise wurden vom Deutschen Wetterdienst für Rostock in den letzten Jahren Globalstrahlungswerte zwischen 1.035 und 1.090 kWh/m² pro Jahr gemessen.

Das **technische Potenzial** für die Installation von Photovoltaik-Anlagen hängt, neben der Globalstrahlung, von der Verfügbarkeit an Gebäudeflächen (Fassaden, Dächer) und an geringwertigen Freiflächen (z. B. Altlastenflächen, Deponieflächen, Konversionsflächen) ab. Allerdings wird aktuell einer PV-Nutzung geeigneter (Dach-) Flächen der Vorrang gegenüber der solarthermischen Belegung eingeräumt.

Im Landesatlas 2002 sind die für eine solarenergetische Nutzung in Betracht kommenden **Dachflächen** auf Wohngebäuden mit 6,6 Mio. m², auf Nichtwohngebäuden mit 10,2 Mio. m² und die geeigneten **Fassadenflächen** mit ca. 4 Mio. m² abgeschätzt worden. Berücksichtigt wurden dabei die Ausrichtung der Flächen, Fenster und Gauben, Abschattungen, statische Verhältnisse und Nutzungskonkurrenzen. Hinzu kommen 2,1 Mio. m² **Freiflächen** auf Deponiestandorten. Es ist davon auszugehen, dass sich dieses

Flächenpotenzial in der Summe nicht wesentlich verändert hat und sich auch nicht signifikant verändern wird. Davon ausgehend, dass für 1 kW installierte Leistung 7 m² Solarmodulfläche nötig sind, ergibt sich für die Flächen eine installierbare Leistung von 3,27 GW. Bei einer Volllaststundenzahl von 800 h errechnet sich ein **technisches Potenzial von 2.600 GWh** jährlicher Stromeinspeisung.

Region	Anlagen- zahl	install. Leistung in kW	Einspei- sung in GWh
	zum 31.12.2009		
Westmecklenburg	1.094	19.242	10,84
Mittl. Meckl./Rostock	918	15.378	10,53
Meckl. Seenplatte	594	24.880	9,16
Vorpommern	1.329	28.515	20,79
Summe M-V	3.935	88.015	51,32

Trotz der rückläufigen **Einspeisevergütungen** gewinnt die Photovoltaik aufgrund der stetig sinkenden Investitionskosten energiewirtschaftlich an Bedeutung. Der PV-Markt ist momentan und für die nächsten Jahre subventionsgetrieben. Auch steht ihr - ebenso wie der Windenergie - das Argument einer diskontinuierlichen Verfügbarkeit entgegen. Dennoch stellt sie eine wesentliche Option für die Zukunft dar, u. a. weil die Herstellungskosten der Module stetig fallen. Ein deutliches Wachstum des Marktes für PV-Anwendungen wird erwartet, sobald der Preis für Solarstrom den Preis für konventionellen Strom erreicht bzw. unterschreitet (sog. grid parity). Allgemein wird davon ausgegangen, dass PV-Strom etwa ab 2015 wettbewerbsfähig und die Netzparität etwa 2020 erreicht ist.

Neben den in Anzahl und Leistung deutlich überwiegenden netzgekoppelten Anlagen gibt es Inselanlagen. Sie versorgen oft kleinere Verbraucher an netzfernen Standorten und ersparen dort eine unwirtschaftliche Netzanbindung. Bislang ist das in Meck-

Photovoltaik	
Technisches Potenzial	9.400 TJ

lenburg-Vorpommern vorhandene technische Potenzial **nur zu einem Bruchteil ausgeschöpft**. Insgesamt waren derzeit etwa 4.000 netzgekoppelte PV-Anlagen mit einer Gesamtleistung von 90 MW installiert. Die Größe der **installierten Anlagen** reicht von 0,1 kW bis mehrere MW. Etwa 80 % aller Anlagen sind kleiner als 10 kW.

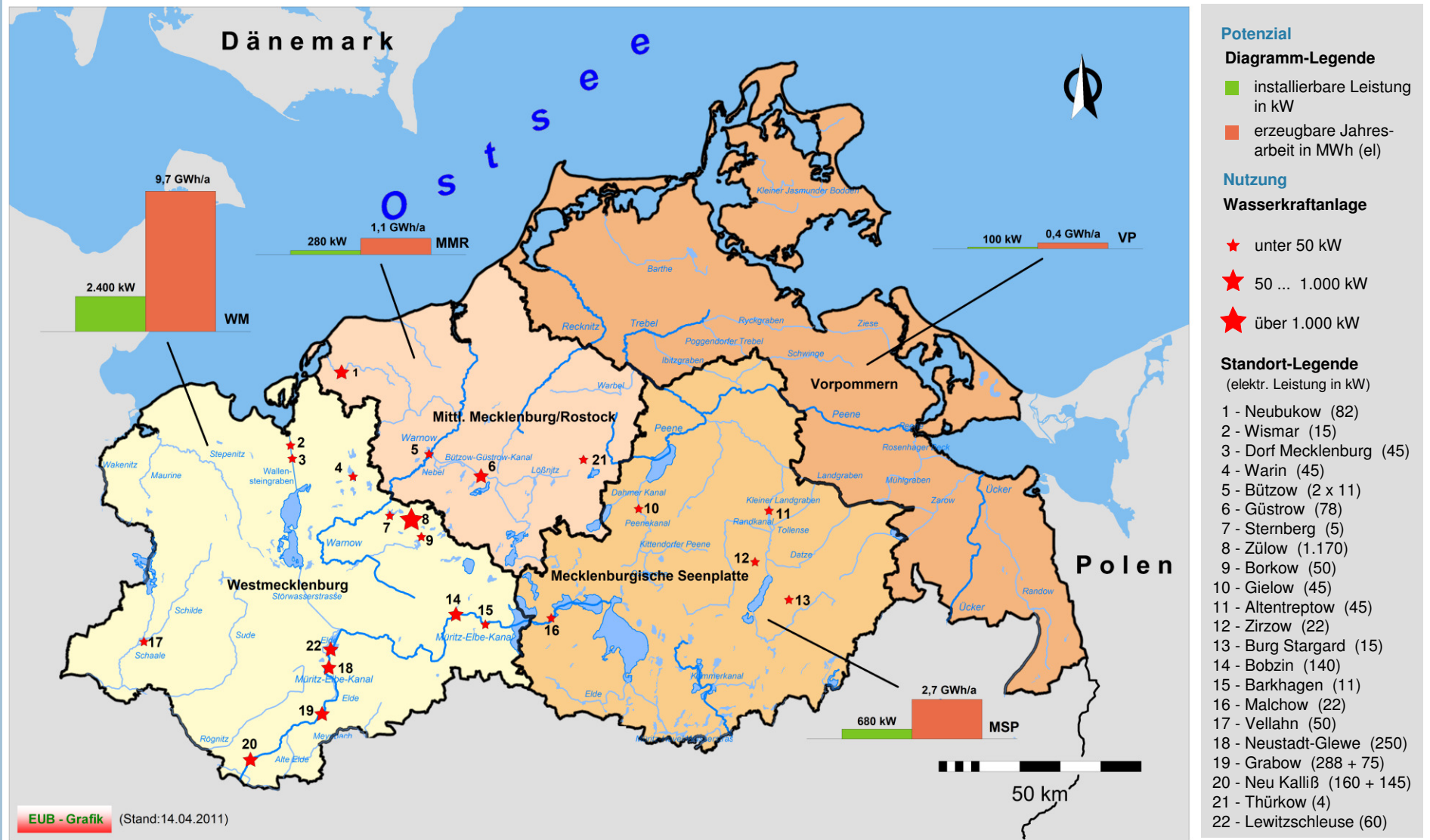
Es ist davon auszugehen, dass sich die Entwicklung der Nutzung der Photovoltaik bis zum Jahr 2020 mit vergleichbaren Steigerungen wie in den letzten Jahren fortsetzen wird.

Das Foto zeigt die Photovoltaikanlage auf der ehemaligen Deponie Blankenberg. Bedingt durch die rückläufige Einspeisevergütung und die Preissenkungen der Solarmodule kam es in den vergangenen Jahren zur Errichtung zahlreicher größerer Anlagen. Die Standorte der zehn größten PV-Anlagen sind in der Karte eingezeichnet.



Damit die Potenziale der Photovoltaik verstärkt ausgenutzt werden können, muss die Wirtschaftlichkeit von Photovoltaikanlagen langfristig energiepolitisch gesichert werden. Anlagenpreise, Finanzierungskosten und Einspeisevergütung müssen in einem ausgewogenen Verhältnis stehen.

► Wasserkraft - Potenzial und Nutzung



Wasserkraft - Potenzial und Nutzung

Wasserkraftwerke nutzen die potenzielle und die kinetische Energie von Binnengewässern oder Meeresenergie. Speicherkraftwerke und Kraftwerke zur Nutzung der Meeresenergie gibt es in Mecklenburg-Vorpommern bislang nicht. Aber auch die Wasserkraftnutzung in Laufwasserkraftwerken kann nur von untergeordneter Bedeutung sein. Dies begründet sich u. a. durch die geringen Höhenunterschiede (Gefälle) im Lauf der Binnengewässer bzw. durch den geringen Tidenhub an der Küste des Landes.

Mecklenburg-Vorpommern verfügt über ein weitläufiges und über die gesamte Landesfläche verteiltes **Flussnetz**. So stellen die Ostseezuflüsse Warnow, Peene, Recknitz, Stepenitz und Uecker mit ihren innerhalb des Landes liegenden Anteilen eine Gesamtlänge von knapp 470 km. Hinzu kommen die Anteile der Nordseezuflüsse von Elde, Elbe, Sude und Löcknitz mit einer Gesamtlänge von ca. 325 km sowie eine Vielzahl von kleineren und Nebenflüssen.

Die Nutzung der im Wasser enthaltenen Energie erfolgt in **Turbinenanlagen**. Oft muss das Wasser aufgestaut werden. In jedem Fall sind - neben Anzahl und Länge der geeigneten Gewässer - das Wasserdargebot, ggf. das Vorhandensein eines Mühlenteiches, die im Kraftwerk nutzbare Fallhöhe und die Verteilung der Durchflussmenge über das Jahr potenzialbestimmende Faktoren. Da Laufwasserkraftwerke das Wasserdargebot ohne nennenswerte Zwischenspeicherung nutzen, folgt ihre Stromerzeugung den saisonalen Schwankungen des Wasserdargebotes.

Um die Jahrhundertwende gab es ca. 240 **Standorte**, an denen die Energie des Wassers genutzt wurde. Davon wären heute noch ca. 150 Standorte für die Neuerrichtung, Reaktivierung bzw. Modernisierung

von Wasserkraftanlagen geeignet. Die an diesen Standorten installierbaren elektrischen Leistungen sind regelmäßig kleiner als 1 MW (Klein- und Kleinstanlagen). Insgesamt könnten danach im Land auf den 150 Standorten ca. 3,5 MW elektrischer Leistung installiert werden. Das jährliche **technische Potenzial** würde knapp 14 GWh betragen. Bei der Potenzialbestimmung wurde davon ausgegangen, dass die Zahl der potenziell reaktivierbaren Standorte im Laufe der Zeit zurückgeht, weil damalige Standortgegebenheiten heute nicht mehr bestehen und ggf. auch nicht wieder herstellbar sind und dass der Rückgang von Standortzahl und Leistung für den Zeitraum von 2002 bis 2008 etwa dem von 1996 bis 2002 entspricht. Zugleich wurde, wie schon im Landesatlas 2002, die Volllaststundenzahl noch einmal angepasst: Wurde im Atlas 1996 mit 7.000 h/a und im Atlas 2002 mit 5.000 h/a gerechnet, werden hier 4.000 h/a zugrunde gelegt.

Die geringen Leistungen sowie die Anforderungen aus der EU-Wasserrahmenrichtlinie und der Flora-Fauna-Habitat-Richtlinie lassen eine Reaktivierung dieser Standorte unter wirtschaftlichen Bedingungen nicht erwarten.

Region	Anlagen- zahl	install. Leistung in kW	Einspei- sung in GWh
	zum 31.12.2009		
Westmecklenburg	13	2.434	4,27
Mittl. Meckl./Rostock	5	186	0,11
Meckl. Seenplatte	3	112	0,21
Vorpommern	0	0	0,00
Summe M-V	21	2.734	4,60

2009 wurden aus Wasserkraft ca. 4,6 GWh Strom in das öffentliche Netz eingespeist. Dabei waren in 21 Einzelanlagen rund 2,8 MW elektrische Leistung installiert. In den vergangenen Jahren waren kaum Veränderungen im **Anlagenbestand** zu verzeichnen.

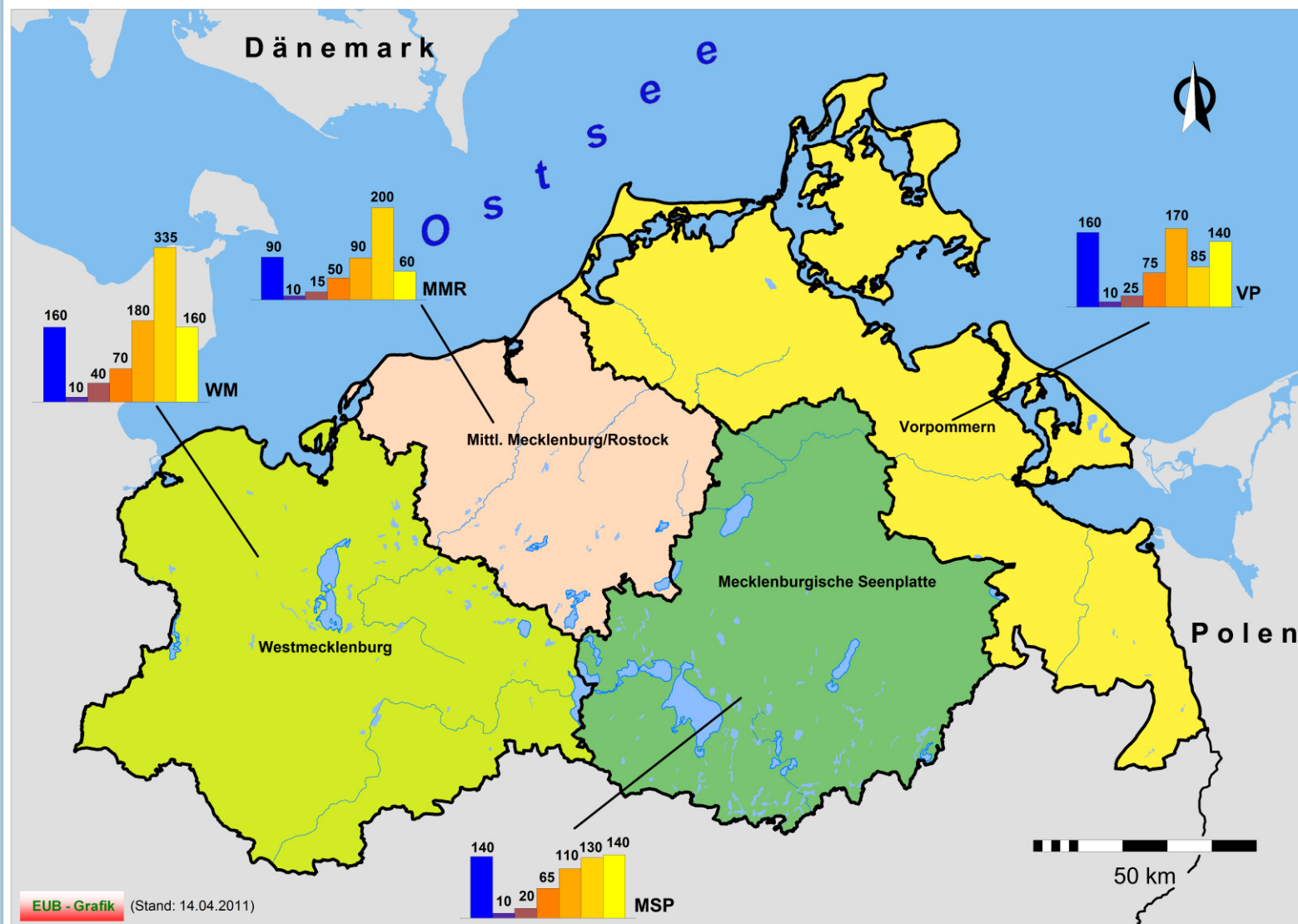
Wasserkraft	
Technisches Potenzial	50 TJ

Neben wartungsbedingten Stillständen schwanken die jährlichen Energielieferungen mit dem Wasserdargebot (2 bis 8 GWh). Bis zum Jahr 2020 wird von einem weitgehend unveränderten Anlagenbestand und gleichbleibender Jahresstromerzeugung von durchschnittlich 6 GWh ausgegangen.



Der überwiegende Anteil dieser Anlagen wird nicht von Energieversorgungsunternehmen, sondern von anderen Eigentümern betrieben. Dies gilt z. B. auch für das **größte Wasserkraftwerk** in Mecklenburg-Vorpommern, das seit 1924 in Betrieb befindliche Wasserkraftwerk Zülów. Die Abbildung zeigt das dortige Einlaufbauwerk. Es liegt in einem Nebenschluss zur Mildenitz (Mildenitzkanal) - zwischen Rothener See und Trenntsee - und nutzt ein Gefälle von 22 Metern für den Betrieb von zwei Francis-Turbinen. Die elektrische Gesamtleistung der beiden Generatoren beträgt 1.170 kW. Um die Nutzung landwirtschaftlicher Flächen nicht zu behindern, wurden 300 m des 4 km langen Oberwasserkanals unterirdisch angelegt.

► Basisdaten zu den Biomasse-Potenzialen des Landes



Basisdaten zu den Biomasse-Potenzialen

Mecklenburg-Vorpommern ist mit 500.000 ha Waldfläche eines der waldärmsten und mit 1.100.000 ha Ackerland eines der ackerreichsten Bundesländer. Schon diese beiden Fakten zeigen an, dass sich die Biomasse-Potenziale eines Landes sehr voneinander unterscheiden können. Zu ihrer Abschätzung und Bewertung bedarf es verschiedener **Basisdaten**: Die - für Mecklenburg-Vorpommern sehr bedeutsamen - Biomasse-Potenziale sind von verschiedenen Einflussfaktoren abhängig, insbesondere von der für ihre Erzeugung verfügbaren Anbaufläche, von der Bodenqualität und von den regionalen Niederschlägen.

Eine wesentliche Basis, für die in einer Region erzeugbare Biomasse, stellt die **verfügbare Landwirtschaftsfläche** dar. Sie ist deshalb in der Karte dargestellt. Die in der Landwirtschaftsfläche enthaltenen Acker- und Grünlandflächen sind nicht nur wegen ihrer absoluten Größe ein potenzialbegrenzender Faktor. Hinzu kommt, dass die Produktion von Biomasse für energetische Zwecke mit der Produktion von Nahrungs- und Futtermitteln sowie von nachwachsenden Rohstoffen für stoffliche Nutzungen konkurriert. Zwar könnte ein Drittel der Anbaufläche des Landes für die Erzeugung von Energie-Biomasse genutzt werden ohne die Versorgung mit Nahrungs- und Futtermitteln zu gefährden, solche Entscheidungen sind jedoch insbesondere betriebswirtschaftlich begründet.

Acker- und pflanzenbauliche Aspekte bilden weitere potenzialbegrenzende Faktoren. Beispielsweise ist der Rapsanbau aus pflanzengesundheitlichen Gründen auf ca. 230.000 ha zu begrenzen und in geeignete Fruchtfolgen einzuordnen. Auch bedingen die verschiedenen im Land vorzufindenden Standort- und Rahmenbedingungen unterschiedliche Nutzungsformen und Pflanzenarten.

Geringe Anteile an Landwirtschaftsflächen sind in der Rostocker Heide, in den südlichen Teilen der Planungsregionen Westmecklenburg und Mecklenburgische Seenplatte sowie im Südosten der Planungsregion Vorpommern festzustellen (diese Gebiete zeichnen sich dagegen durch relativ höhere Anteile an Waldflächen - und zum Teil an Wasserflächen - aus).

Region	Bodenfläche in ha	Landw.- fläche in ha	Waldfläche in ha
	am 31.12.2009		
Westmecklenburg	699.929	441.548	161.856
Mittl. Meckl./ Rostock	360.239	243.491	61.744
Meckl. Seenplatte	581.130	345.702	136.761
Vorpommern	677.602	429.044	141.685
Summe M-V	2.318.900	1.459.785	502.046

Die Diagramme in der Karte stellen für die Planungsregionen Informationen über Größe bzw. Bestand an potenzialbestimmenden Faktoren dar: Die ersten vier Säulen geben die in der Legende genannten Gesamtflächen für die Erzeugung von Getreide, Hackfrüchten, Silomais und Winterraps an. Einerseits wird ein Teil dieser Flächen direkt für die Biomasse-Erzeugung zu energetischen Zwecken genutzt. Dies gilt insbesondere für Silomais und Winterraps, die auch für die Erzeugung von Biogas und von Biokraftstoffen eingesetzt werden. Andererseits kann auch von den für die Nahrungs- und Futtermittelerzeugung eingesetzten Flächen Biomasse für energetische Zwecke gewonnen werden - in Form von Reststoffen wie Getreidestroh oder Rübenblattwerk. Diese Biomassen eignen sich für die Aufbereitung und Nutzung als Festbrennstoff bzw. als Einsatzstoff für die Biogaserzeugung.

2007 wurden **nachwachsende Rohstoffe** vertraglich gebunden auf insgesamt 148.500 ha (44.000 ha Stilllegungsflächen und 104.500 ha Energie-

pflanzenfläche) insbesondere zur energetischen Nutzung angebaut.

Die in der Karte folgenden zwei Säulen der Diagramme geben jeweils den **Bestand an Rindern und Schweinen** an. Sofern die in diesem Bestand anfallenden tierischen Exkremente und Futterreste nicht anderweitig genutzt werden (als Wirtschaftsdünger), können sie ebenfalls für die Biogaserzeugung herangezogen werden. Dies gilt auch für Exkremente aus der Geflügelhaltung.

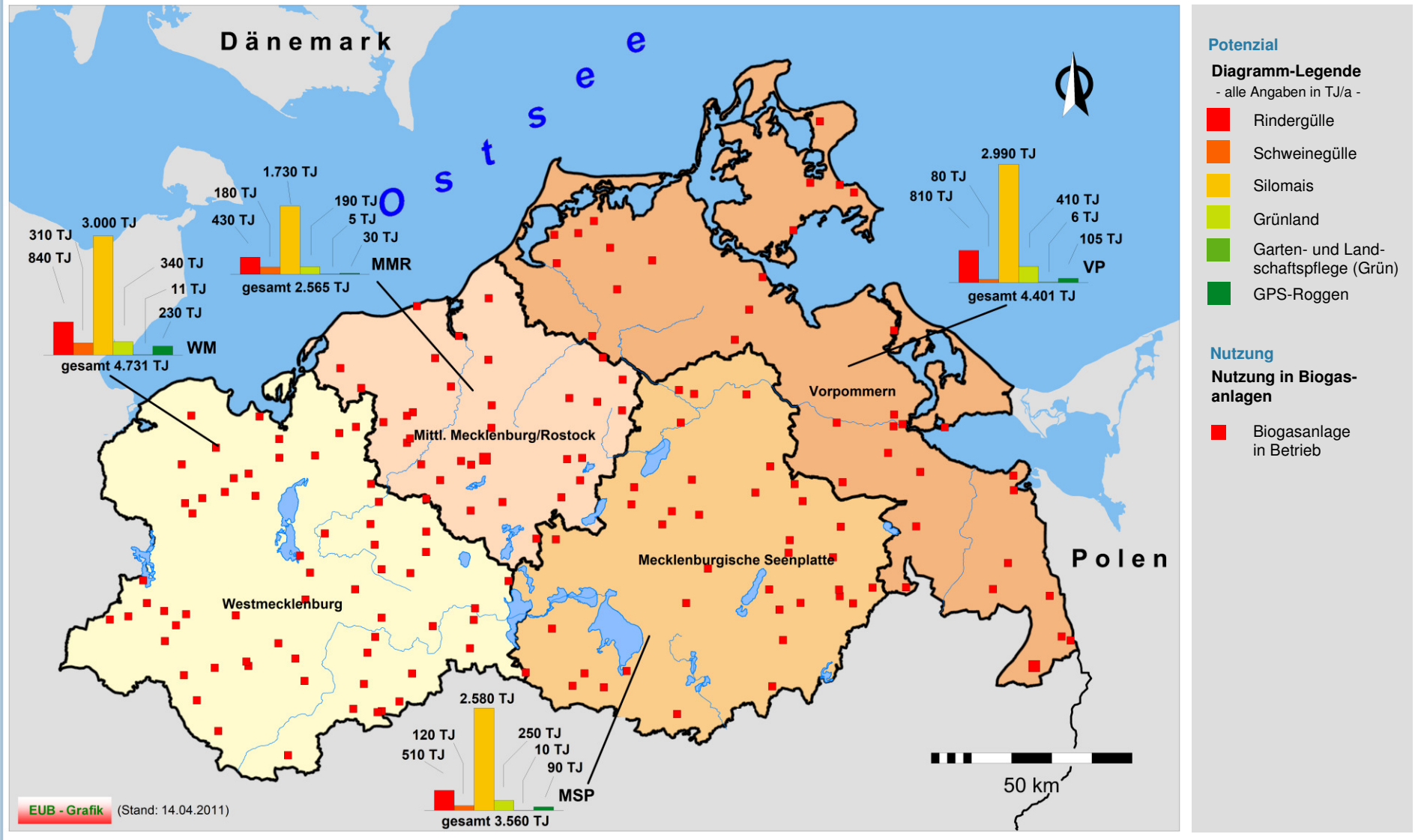
Die letzte Säule kennzeichnet die **Waldfläche**. Die verfügbare Waldfläche ist eine das Waldholzpotenzial beeinflussende Größe: Neben der stofflichen Verwertung kann Waldholz auch energetisch genutzt werden, z. B. in Form von Brenn- oder Restholz, das bei der Holzgewinnung anfällt.

Bei der Erzeugung von pflanzlichen Produkten sind die Verhältnisse in allen Landesteilen vergleichbar. Ausgeprägter sind die regionalen Unterschiede in der Tierhaltung: Während im westlichen Teil des Landes der Schweinebestand größer ist als der Rinderbestand, ist es im östlichen Landesteil umgekehrt.

Relativ größere Waldflächenanteile sind in den südlichen und südöstlichen Landesteilen zu verzeichnen: in den Sandergebieten im Süden (z. B. im Raum Ludwigslust, Neustrelitz), an der Küste (Rostocker Heide) und am Oderhaff (Ueckermünde). Im Artenbestand überwiegt leicht der Nadelwald mit ca. 60 Prozent gegenüber dem Laubwald.

Da sich die Flächennutzungen und die Erträge im Laufe der Zeit verändern, unterliegen auch die einzelnen Biomasse-Potenziale Veränderungen. Die in den Diagrammen dargestellten Flächennutzungen und Tierbestände stammen aus amtlichen Statistiken der Jahre 2007 bzw. 2009. Die Skalierung innerhalb der Karte zeigt Flächen oberhalb und unterhalb des Landesdurchschnittes an landwirtschaftlicher Nutzfläche (60-70%).

► Biogas - Potenzial und Nutzung



Biogas - Potenzial und Nutzung

Die Energiegewinnung in **landwirtschaftlichen Biogasanlagen** beruht auf der Erzeugung von Biogas und dessen anschließender Umwandlung in Wärme bzw. in Wärme und Strom (Kraft-Wärme-Kopplung). Dabei wird Biomasse in mehreren Teilschritten unter Luftabschluss (anaerob) in einem definierten Temperaturbereich kontrolliert biologisch, d. h. durch verschiedene Bakterien, abgebaut.



Typische **Inputstoffe** (Substrate) der Biogaserzeugung sind unter anderem tierische Exkremente, Silomais, Grünschnitt und Getreide. Deren regionales Aufkommen begrenzt das **technische Potenzial** der Biogaserzeugung. Es kann - neben Ertragssteigerungen - nur erweitert werden, indem: zusätzliche Ackerflächen für die Biomasseerzeugung in Nutzung genommen werden; bislang ungenutzte Biomassen zur Biogaserzeugung herangezogen werden; Biomasse von außerhalb in eine Region importiert wird. Zusätzlich können die Energieausbeuten durch verfahrensseitige Verbesserungen erhöht werden.

Die Karte zeigt die im Land vorhandenen **Biogasanlagen**. Diese Anlagen arbeiten fast alle nach dem Prinzip der Nassfermentation. Das Größenspektrum

der Anlagen reicht von kleinen Hofanlagen ab ca. 100 kW elektrischer Leistung bis hin zu industriellen Anlagen mit 20 MW. Weiterhin sind in den Diagrammen für die Planungsregionen die Energiepotenziale der einzelnen Inputstoffe aufgetragen. Ein erheblicher Teil dieser Potenziale wird bereits in den vorhandenen Biogasanlagen genutzt. Ein weiterer Teil wird durch die im Bau und in der Planung befindlichen Anlagen verbraucht werden. Von der Anlagenplanung bis zur Inbetriebnahme vergehen im Allgemeinen nur wenige Jahre.

Die Ermittlung des **technischen Potenzials** soll am Beispiel des Input-Substrates Rindergülle erläutert werden. In der Karte Basisdaten-Biomassepotenziale wird für die Planungsregion Vorpommern ein Bestand von 170.000 Rindern dargestellt. Mit einer täglichen durchschnittlichen Biogasmenge aus Gülle von 1,05 m³ je Rind würden im Jahr 65 Mio. m³ Biogas anfallen. Unter den Bedingungen, dass nur 60 % der Rindergülle gesammelt werden und davon weitere 5 % Transportverluste zu berücksichtigen sind, können 37 Mio. m³ Biogas genutzt werden. Der durchschnittliche Energieinhalt für das Biogas wird mit 21,8 MJ/m³ angegeben. Aus diesem Energieinhalt ergibt sich für die Planungsregion Vorpommern das in der Karte abgebildete technische Potenzial von 810 TJ. Die Berechnung der Potenziale der weiteren Input-Substrate erfolgte mit vergleichbaren Ansätzen und ist im Ergebnis auf der Karte dargestellt.

Die **größten Biogasanlagen des Landes** sind die beiden Bioenergieparks in Penkun und Güstrow. Dabei repräsentiert der Bioenergiepark in Güstrow ein neues Konzept: Das in den einzelnen Fermentern entstehende Biogas wird zu Erdgasqualität („Biometan“ oder „Greengas“) aufbereitet und in das Erdgasnetz eingespeist. Durch das Anlagenkonzept mit **Gasaufbereitung und -einspeisung** kann somit das an vielen (potenziellen) Standorten bestehende Problem der unzureichenden Wärmenutzungsmöglichkeiten gelöst werden. Allerdings ist die Gasaufbereitung

Biogas	
Technisches Potenzial	16.600 TJ

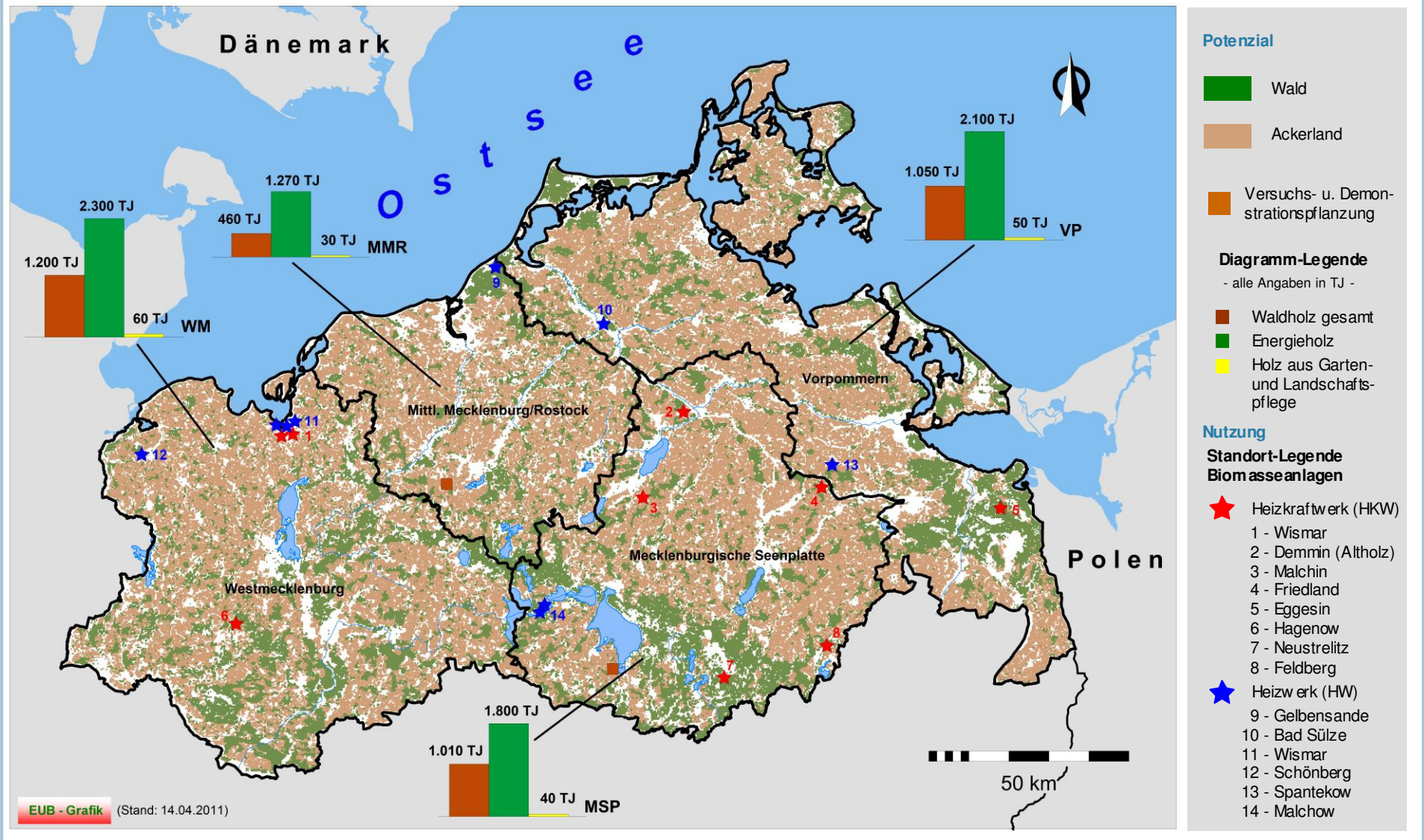
sehr kostenintensiv und daher erst ab einer bestimmten Gasmenge (Anlagengröße) wirtschaftlich sinnvoll.

Region	Anlagen- zahl	elektr. Leistung in kW	Stromein- speisung in GWh
	Zum 31.12.2009		
Westmecklenburg	89	53.132	348
Mittl. Meckl./ Rostock	45	23.651	146
Meckl. Seenplatte	53	29.067	183
Vorpommern	87	51.157	276
Summe M-V	274	157.007	954

Mit dem ab dem 01.01.2009 geltenden **Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG) 2009** werden sowohl der Biogasanlagenbegriff als auch die Vergütungsbedingungen für den eingespeisten Strom verändert, und zwar auch für Altanlagen. Zusätzlich wurde die Vergütung der Stromerzeugung aus eingespeistem Biogas in das EEG aufgenommen. Diese Änderungen lassen einen zusätzlichen Entwicklungsschub der Biogasnutzung erwarten.

Neben den landwirtschaftlich erzeugten Inputstoffen werden in Biogasanlagen zunehmend auch **außerlandwirtschaftliche Reststoffe** wie Rückstände aus der Lebensmittelindustrie, Gemüseabfälle von Großmärkten, Speiseabfälle oder Rasenschnitt und Bioabfälle aus der Kommunalentsorgung verarbeitet (Kofermentation). Allerdings können mit der Ausbringung der Gärreste aus der Fermentation auch Schad- und Störstoffe auf die landwirtschaftlichen Nutzflächen gelangen. Deshalb sind hier verschiedene Vorschriften der Düngemittel-, Dünge- und der Bioabfallverordnung sowie der EU-Hygieneverordnung zu beachten.

► Holz – Potenzial und Nutzung



Waldrestholz	
Technisches Potenzial	3.900 TJ

Wald(rest-)holz, Energieholz und Restholz aus der Garten- und Landschaftspflege - Potenzial und Nutzung

Holz ist der älteste Energieträger in der Menschheitsgeschichte. Neben dem (mengenmäßig überwiegenden) Nutzholz bezeichnet der Begriff **Waldholz** den energetisch genutzten Teil des aus dem Wald entnommenen Holzes. Es dient sowohl der Versorgung der Bevölkerung mit Brennholz als auch der Versorgung von Biomasse-Heiz(kraft-)werken (HKW). Unter **Waldrestholz** sind dagegen Durchforstungs- und Ernterückstände zu verstehen. Diese forstwirtschaftlichen Reststoffe fallen bei der Erzeugung von Holz für die industrielle Nutzung an. Es handelt sich um Kronenderbholz und um Reisholz, um die Rinde des Stammholzes sowie um Stock- und Stubbenholz unterhalb bestimmter Aufarbeitungsgrenzen.

Mecklenburg-Vorpommern ist ein **waldarmes** Land. Nur etwas mehr als 21 % der Landesfläche ist Wald (Deutschland: 30 %). Im Landesdurchschnitt ist die Waldfläche annähernd paritätisch auf Laub- und Nadelbäume verteilt. Innerhalb der Laubbäume dominiert die Buche, während bei den Nadelbaumarten die Kiefer am häufigsten anzutreffen ist.

Das **Potenzial an Waldholz** wird neben den Waldbestand maßgeblich durch weitere Faktoren beeinflusst, z. B. durch die Eigentums- und Bewirtschaftungsformen. In Mecklenburg-Vorpommern ist der größte Teil des Waldes Eigentum des Landes (ca. 220 Tha). Weitere größere Anteile sind in Privatbesitz (ca. 150 Tha) bzw. im Besitz von Körperschaften (ca. 80 Tha). Der restliche Wald verteilt sich auf Treuhand und Bund.

Energieholz	
Technisches Potenzial	7.400 TJ

Der **Holzeinschlag** zeigt seit Mitte der 1990er Jahre eine leicht steigende Tendenz. Derzeit werden ca. 1,4 Mio. m³ Rohholz jährlich eingeschlagen (ohne Brennholz und Rinde). Ein Drittel dieses Holzes findet als Stammholz Verwendung, während zwei Drittel als Industrieholz genutzt werden. Der jährliche **Zuwachs** beträgt - über alle Waldflächen und Baumarten gemittelt - ca. 4,15 Mio. m³/a. Insgesamt verfügt das Land über einen Holzvorrat von ca. 150 Mio. m³.

Region	Gebietsfläche in ha	Waldfläche in ha	Waldflächenanteil in %
Westmecklenburg	699.929	161.856	23,1
Mittl. Meckl./Rostock	360.239	61.744	17,1
Meckl. Seenplatte	581.130	136.761	23,5
Vorpommern	677.602	141.685	20,9
Summe M-V	2.318.900	502.046	21,7

Die **potenzielle Holznutzung** über alle Waldeigenumsarten wird auf jährlich 2 Mio. m³ geschätzt. Davon werden ca. 5 bis 15 %, d. h. 100.000 bis 300.000 m³ pro Jahr zur Energiegewinnung aus Biomasse berechnet.

Bei der Abschätzung des in der Karte dargestellten **technischen Potenzials** an Wald- und Waldrestholz wurde - ausgehend von der Waldfläche und der bisherigen durchschnittlichen Nutzung des jährlichen Zuwachses - für den verbleibenden, bislang ungenutzten Anteil des Zuwachses eine zukünftig mögliche energetische Nutzung von 12 % unterstellt. Am Beispiel der Planungsregion Westmecklenburg soll die Bestimmung des Potenzials erläutert werden. Die Planungsregion hat eine Waldfläche von etwa 162.000 ha. Bei einem durchschnittlichen jährlichen Zuwachs von 8 m³/ha ergibt sich ein absoluter Zuwachs von 1.295.000 m³ Holz. Als Nutzholz werden ca. 60% (777.000 m³) des Zuwachses gewonnen.

Gala-Holz	
Technisches Potenzial	200 TJ

Dementsprechend verbleibt eine Menge von 518.000 m³ **Waldholz**. Würde davon der o. g. Anteil von 12 % energetisch genutzt, ergibt sich eine Holzmenge von ca. 62.000 m³. Diese enthalten bei einem Heizwert von 14,3 MJ/kg eine Energiemenge von 670 TJ im Jahr.

Bezogen auf die Waldfläche in Westmecklenburg wurde für das **Waldrestholz** eine Durchforstungsmenge von 65.000 m³ abgeschätzt. Diese liefern bei 528 kg/m³ eine Menge von 34.000 t und bei einem Heizwert von 14,3 MJ/kg eine Energiemenge von 490 TJ/a. Potenzialanalytisch werden weiterhin 15 % des **Nutzholzes** als technische Reststoffe aus der Verarbeitung berücksichtigt. Bezogen auf die 777.000 m³ ergeben sich daraus 410.000 t Trockenmasse. Davon erweisen sich ca. 60% als nutzbar, die mit dem Heizwert von 14,3 MJ/kg einen Energieinhalt von 3.440 TJ ergeben. Durchforstungsmenge und die technischen Reststoffe ergeben als Waldrestholz 3.930 TJ. Können davon realistisch 15 % für die Energiegewinnung erschlossen werden, resultiert aus dem Waldrestholz ein technisches Potenzial von 590 TJ/a.

In der Summe von Durchforstungsrückständen und bei der Bearbeitung des Nutzholzes anfallender Rückstände errechnet sich ein technisches Potenzial von 590 TJ. In der Summe mit dem Waldholz ergibt dies das in der Karte dargestellte Gesamtpotenzial von ca. 1260 TJ für die Planungsregion Westmecklenburg. Die Berechnung der anderen Planungsregionen erfolgte analog.

Die Karte zeigt weiterhin die im Land vorhandenen größeren **Energieanlagen** auf Basis fester Biomasse. Biomasse-HKW gibt es hier seit 1997 mit der Inbetriebnahme des HKW Hagenow. Bei einer mittleren Volllaststundenzahl von 6.200 h/a speisen die Biomasse-HKW 250 bis 300 GWh/a Strom ein. Neben den Heizkraftwerken sind in der Karte auch die größeren Kraftwerke zur ausschließlichen Wärmeenergiegewinnung dargestellt.

Aufgrund der Verteuerung fossiler Energieträger wird Waldholz auch in der Bevölkerung als Energieträger wieder deutlich stärker genutzt. Daher werden in Mecklenburg-Vorpommern bedeutende Holzmenzen als Brennholz geworben. So hat sich von 2000 bis 2007 die Verkaufsmenge an **Brennholz** nahezu verdreifacht. Mit ca. 100.000 m³ erreichte das Brennholz immerhin einen Anteil von 10 % an der insgesamt verkauften Holzmenge.

Region	Anlagen- zahl	elektr. Leistung in kW	Stromein- speisung in GWh
	zum 31.12.2009		
Westmecklenburg	3	17.200	116
Mittl. Meckl./Rostock	1	1.300	2
Meckl. Seenplatte	4	23.674	141
Vorpommern	1	200	0
Summe M-V	9	42.374	258

Energieholz als erneuerbare Energie bezeichnet die gezielte Anpflanzung und die periodische Ernte schnellwachsender Baumarten auf landwirtschaftlichen Flächen (sog. Kurzumtriebsplantagen). Eine besondere, hier nicht berücksichtigte Form ist der Energiewald. Er wird erst nach vielen Jahren, ggf. erst nach Jahrzehnten geerntet.

Im **Kurzumtrieb** wird gerade die vergleichsweise sehr hohe Biomasseproduktion einiger Baumarten in ihrer Jugendphase ausgenutzt, z. B. Pappeln und Weiden. Nach einer (einmaligen) Anwuchs- und Aufbauphase wird die oberirdische Biomasse innerhalb kurzer Intervalle, d. h. im Abstand von 2 bis 10 Jahren nach der Pflanzung maschinell geerntet. Die so erzeugte Biomasse ist als Festbrennstoff zur Strom- und Wärmeerzeugung in Biomasse-Heiz(kraft-)werken einsetzbar.

Das technische **Energieholz-Potenzial** wird durch verschiedene Faktoren bestimmt: Neben der verfügbaren bzw. bereitgestellten Anbaufläche beeinflussen die standörtlichen Gegebenheiten (Wachstumsbedingungen) auf dieser Anbaufläche sowie das Alter der Pflanzung und die Baumart die Trockenmasseerträge des Energieholzes. Sie werden z. B. für Pappeln mit 8 bis 12 t TM je ha und Jahr, für Weiden dagegen mit 5 bis 9 t TM je ha und Jahr angegeben.

In einer in den frühen 1990er Jahren für Deutschland durchgeführten Potenzialanalyse wurde auch das Energieholz-Potenzial für Mecklenburg-Vorpommern bestimmt. Ausgehend von einer dafür bereitstellbaren Gesamtfläche von ca. 75.000 ha wurde das Energieholz-Potenzial des Landes auf ca. 1.430 t TM/a geschätzt. Bei einem Heizwert von 17,9 MJ/kg TM führte dies auf ein Energiepotenzial von über 25.600 TJ/a.



In landeseigenen Potenzialanalysen wurde über zehn Jahre später das auf schnellwachsenden Baumarten basierende Energiepotenzial des Landes erneut bestimmt. Es ist unter den heute geltenden Rahmenbedingungen mit 6.500 TJ/a (ca. 30.000 ha) deutlich kleiner anzusetzen.

Für die hier durchgeführte Potenzialbestimmung wurde von einer Flächennutzung von ca. 43.000 ha ausgegangen. Bei einem jährlichen Ertrag von 12 t TM je ha und Jahr ergibt sich bei einem Energieinhalt von 14,3 MJ/kg TM eine Gesamtenergiemenge von 7.400 TJ. In der Karte erfolgt eine Darstellung auf die einzelnen Planungsregionen.

In Mecklenburg-Vorpommern existieren derzeit keine Energieholzplantagen. Allerdings wurden durch die Landesforschung Mecklenburg-Vorpommern bereits 1993 zwei **Versuchs- und Demonstrationspflanzungen** mit insgesamt 28 Pappel- und Weidenklonen angelegt und über einen längeren Zeitraum begleitend untersucht:

Aus den an diesen Pflanzungen gewonnenen Ergebnissen konnten erste **Sortenempfehlungen** für den Anbau von Pappeln und Weiden unter den in Mecklenburg-Vorpommern anzutreffenden Standortverhältnissen gegeben werden. Auch wurde festgestellt, dass in Mecklenburg-Vorpommern - auch bei Düngeverzicht - nicht die Nährstoffversorgung als begrenzender Wachstumsfaktor im Baumbestand anzusehen ist, sondern der Wasserhaushalt.

Die Bereitschaft der Landwirte zum **Anbau von Energieholz** auf landwirtschaftlichen Flächen ist allerdings trotz steigender Energieholzpreise aus verschiedenen Gründen noch relativ gering. Dies könnte sich jedoch in absehbarer Zeit mit weiter steigenden Preisen ändern.

Soll die Erzeugung von Energieholz **in den nächsten Jahren** an Bedeutung gewinnen, dann muss sich dies im Wettbewerb mit den anderen Bioenergieträgern und landwirtschaftlichen Produkten vollziehen.

Dies bedeutet zunächst, dass der von den Landwirten am Markt erzielbare Erlös je Menge Energieholz (bzw. Energieinhalt) - unter Berücksichtigung der jeweiligen Logistikkosten - den Erlösen für bisher erzeugte Produkte vergleichbar sein muss. Das bedeutet, die Flächennutzung für die Energieholzerzeugung steht nicht nur im Wettbewerb mit anderen Holzarten wie dem Wald- und dem Abfallholz, sondern auch mit anderen biogenen Energieträgern wie Silomais sowie mit der Nahrungsmittelerzeugung. Daher beeinflussen neben den Preisabständen zu fossilen Energieträgern auch die Preisstrukturen der Bioenergien und die (über)regionale Preisentwicklungen für landwirtschaftliche Produkte (bis hin zu Weltmarktpreisen) die Wirtschaftlichkeit der Energieholzerzeugung. Erst wenn diese gegeben ist, werden von den Landwirten weitere Entscheidungskriterien ins Kalkül gezogen werden, z. B. die langfristige Zweckbindung der Flächen, das Vorliegen längerfristiger Lieferverträge für das Energieholz (Abnahmegarantie), der Aufwand für die Rodung einer Pflanzung nach ihrem Nutzungsende, die Verfügbarkeit von Erfahrungen und geeigneter Technik etc.

Restholz aus der Garten- und Landschaftspflege fällt bei der Durchführung von landespflegerischen oder naturschutzfachlichen Maßnahmen an. Speziell ist hier derjenige Teil der organischen Reststoffe angesprochen, der als Baum- und Strauchholz in kommunalen und öffentlichen Einrichtungen - z. B. Straßenmeistereien, Deutsche Bahn, Naturschutzbehörden, Städtische Grünämter - bzw. in mit der Pflege beauftragten Gewerbebetrieben anfällt. Herkunftsorte dieser Reststoffe sind somit Baum- und Strauchhecken, Gehölzstreifen, Vorwälder, Ufergehölze u. ä. in öffentlichen Grünanlagen, an Straßen, an Bahnlinien und an Gewässern sowie in Obstplantagen, auf Friedhöfen und ggf. in und an Privatgärten.

Ein Vorteil dieses Bioenergieträgers ist somit, dass er nicht in Flächenkonkurrenz zu anderen Bioenergien oder zur Nahrungsmittelerzeugung steht. Vielmehr werden mit seiner Erschließung zugleich über den

Umweltschutz hinausgehende, wichtige Funktionen wie die Verkehrssicherung, die Sicherung von Erreichbarkeit und Erschließung, Gewässerschutz u. ä. erfüllt.

Das **technische Potenzial** an Restholz aus der Garten- und Landschaftspflege ist - im Vergleich zu anderen Bioenergieträgern - deutlich kleiner.



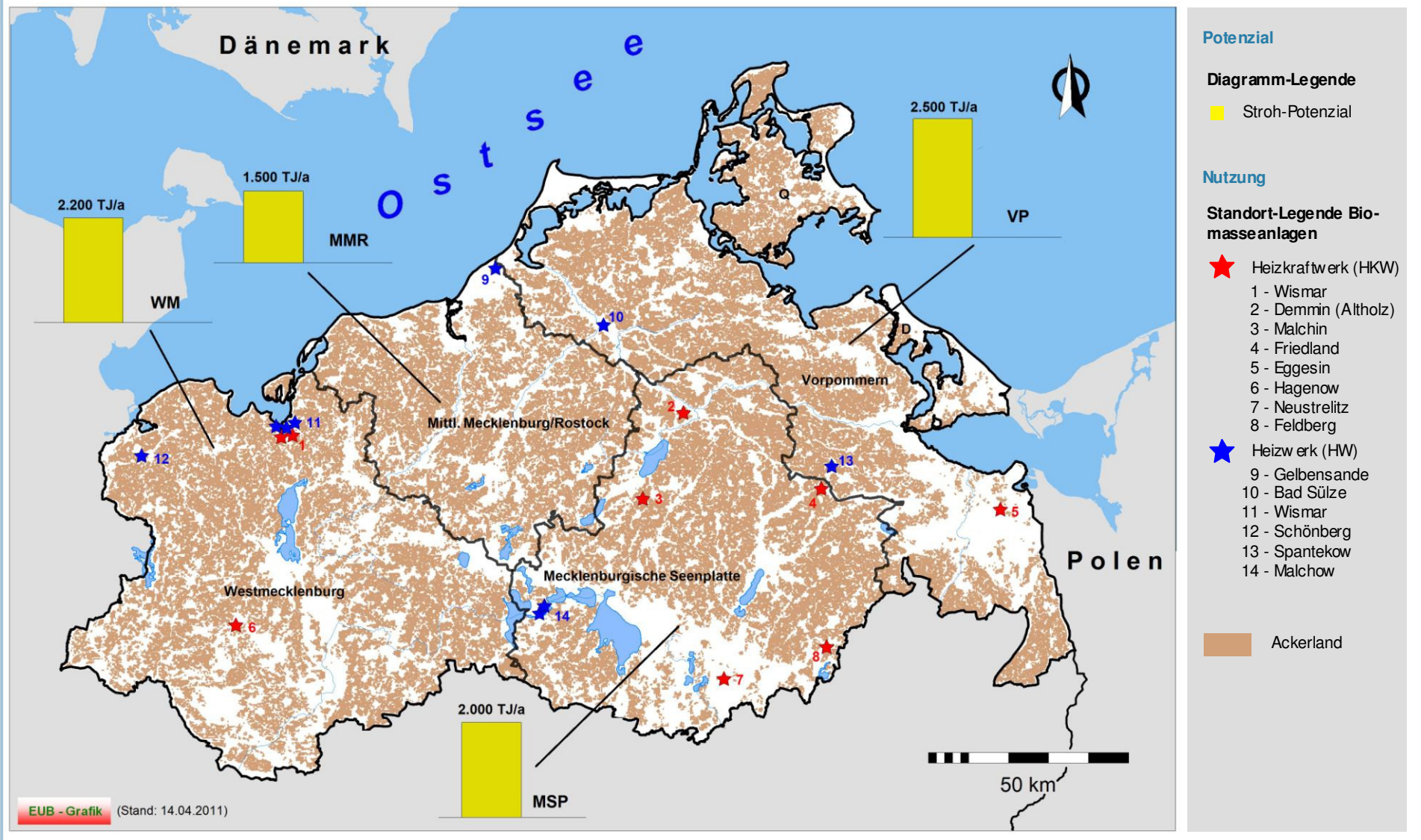
Die Karte auf Seite 24 zeigt das Energiepotenzial an Restholz innerhalb der Planungsregionen. Für die Potenzialanalyse wurde eine zu berücksichtigende Flächenkulisse von Straßenrandstreifen und Friedhöfen in der Größe von ca. 14.000 ha ermittelt. Dabei wurde für die Gehölze von einem jährlichen Zuwachs von 3 t Frischmasse je Hektar ausgegangen. Die Potenzialberechnung unterstellt, dass dieser Zu-

wachs zwar vollständig entfernt, aber nur zu einem Drittel (kostenverträglich) genutzt werden kann. Der Energieinhalt kann mit 14,3 MJ/kg angesetzt werden. Das Gesamtpotenzial beträgt 200 TJ.

Eine zentrale **Nutzung** dieser erneuerbaren Energie erfolgt - von einzelnen Beispielen abgesehen - vermutlich bislang kaum. Dafür gibt es eine Reihe von Gründen: Erstens sind Pflegemaßnahmen aufwendig und kostenintensiv, weshalb sie im Allgemeinen auf das notwendige Mindestmaß beschränkt bleiben. Infolge dessen dürften die entstehenden Mengen deutlich kleiner sein als das bestehende Potenzial. Zweitens ist dieser Bioenergieträger - mehr als andere - durch eine räumliche und zeitliche Variationsbreite gekennzeichnet, die eine gezielte Nutzung dieser Ressourcen erschwert (die Angaben z. B. für den Hackschnitzelertrag reichen von 120 bis 460 Schüttraummetern je Hektar). Im Rohzustand verteilt sich das Holzaufkommen auf verschiedene Kategorien, die vom Feinholz < 5 cm □ über Starkholz < 15 cm □ bis zu Stammholz > 15 cm □ und Stubbenholz reichen. Zeitlich fällt ein erheblicher Anteil des Restholzes während der Vegetationsruhe an.

In der Folge fanden die anfallenden Reststoffe in der Vergangenheit keine Verwendung, sondern wurden an Ort und Stelle verbrannt oder gehackt und in die Fläche verblasen. Zunehmend jedoch setzen sich auch hier ein Umdenken in der Bewertung des Restholzes **vom Abfallstoff zum Wertstoff** und die Erkenntnis durch, dass die energetische Verwertung dieser Reststoffe ggf. zur Kostendeckung der durchzuführenden Pflegemaßnahmen beitragen kann. Diese Kostendeckung wird ganz erheblich auch von der Länge der Transportwege beeinflusst, die zwischen Entstehungs- und Verwertungsort zurückzulegen sind. Eine Wirtschaftlichkeitsgrenze scheint derzeit bei ca. 20 km Transportradius zu liegen.

► Getreidestroh – Potenzial und Nutzung



Getreidestroh - Potenzial und Nutzung

Stroh entsteht als Koppelprodukt im Anbau von Körner- und Hülsenfrüchten wie Getreide, Raps und Mais. Das Stroh hat in der Landwirtschaft selbst wichtige Funktionen: Der überwiegende Teil wird zur Erhaltung der innerbetrieblichen Nährstoff- bzw. Humusbilanz benötigt, d. h. es verbleibt auf dem Acker (dies gilt insbesondere für das Rapsstroh). Ein weiterer Teil kommt z. B. als Futtermittel oder als Einstreu in Tierhaltungsanlagen zum Einsatz. Daher ist Stroh nicht als Reststoff, sondern als Wertstoff zu betrachten. Für eine energetische Verwertung steht somit nur der für die genannten Zwecke nicht benötigte Anteil des erzeugten Strohs zur Verfügung. Für diese bieten sich vielfältige Möglichkeiten: Stroh kann als Festbrennstoff, als Einsatzstoff für Biogasanlagen, aber auch für die Herstellung von Biokraftstoffen (Bioethanol) eingesetzt werden.

Das **technische Potenzial** der Energieerzeugung aus Stroh wird - neben den Stroherträgen - durch die Anbaustruktur bzw. durch die Größe der Anbauflächen bestimmt, die für die einzelnen Fruchtarten eingesetzt werden. In Mecklenburg-Vorpommern werden neben Weizen und Gerste auch Roggen und Triticale erzeugt. Die dafür in den letzten Jahren insgesamt eingesetzte Ackerfläche schwankte zwischen 500 und 600 Tha. Potenzialbestimmender Faktor für die Berechnung ist die in der Karte Basisdaten-Biomasse dargestellte Flächenkulisse von 480.000 ha. Der jährliche Strohzuwachs beträgt 4,5 t/ha. Die daraus resultierende Menge verbleibt zu etwa 60 % als bodenverbessernde Maßnahme bzw. aus Gründen der Nachhaltigkeit auf der Anbaufläche. Weiterhin wird unterstellt, dass 65 % des geborgenen Strohs einer energetischen Nutzung zugeführt werden. Mit einem Energieinhalt von 14,3 GJ je Tonne ergeben sich die in der Tabelle dargestellten Ener-

giepotenziale und die entsprechenden Potenziale für die Wärme- und Stromgewinnung.

Region	Energiepotenzial (gerundet) in TJ/a	Wärme-potenzial (gerundet) in TJ/a	Strom-potenzial (gerundet) in GWh/a
Westmecklenburg	2.200	1.980	225.000
Mittl. Meckl./Rostock	1.500	1.350	155.000
Meckl. Seenplatte	2.000	1.800	210.000
Vorpommern	2.400	2.160	255.000
Summe M-V	8.100	7.290	845.000

Allerdings wird die Entscheidung über die **Strohverwertung** im landwirtschaftlichen Betrieb von verschiedenen Faktoren beeinflusst. Z. B. können weiter steigende Düngemittelpreise dazu führen, dass wieder mehr Stroh auf den Anbauflächen belassen wird. Ebenso sind die Logistikkosten für die Bergung, für den Transport und für die Lagerung des Strohs im Falle einer energetischen Nutzung in die betrieblichen Wirtschaftlichkeitsbetrachtungen einzurechnen. Zukünftig zu berücksichtigen ist auch, dass Getreide - als Getreidekorn, aber auch als Ganzpflanze (Ganzpflanzensilage - GPS) - z. B. als Einsatzstoff in Biogasanlagen gegenüber dem weithin favorisierten Mais verschiedene Vorteile besitzt.

Eine intensive energetische Nutzung der vorhandenen Strohpotenziale erfolgt bislang in Mecklenburg-Vorpommern nicht. Wesentliche **Gründe für die geringe Potenzialausnutzung** bestehen in den Substitutionsmöglichkeiten biogener Brennstoffe untereinander (weshalb zunächst auf ökonomisch interessantere Biobrennstoffe zurückgegriffen wird) sowie in den Unsicherheiten der Bereitstellung (Versorgungssicherheit). Letztere resultiert u. a., wie bei allen anderen Energiepflanzen auch, aus den möglichen Ertragsschwankungen in der landwirtschaftlichen Produktion, die insbesondere aus den jährlich unterschiedlichen Witterungsbedingungen folgen

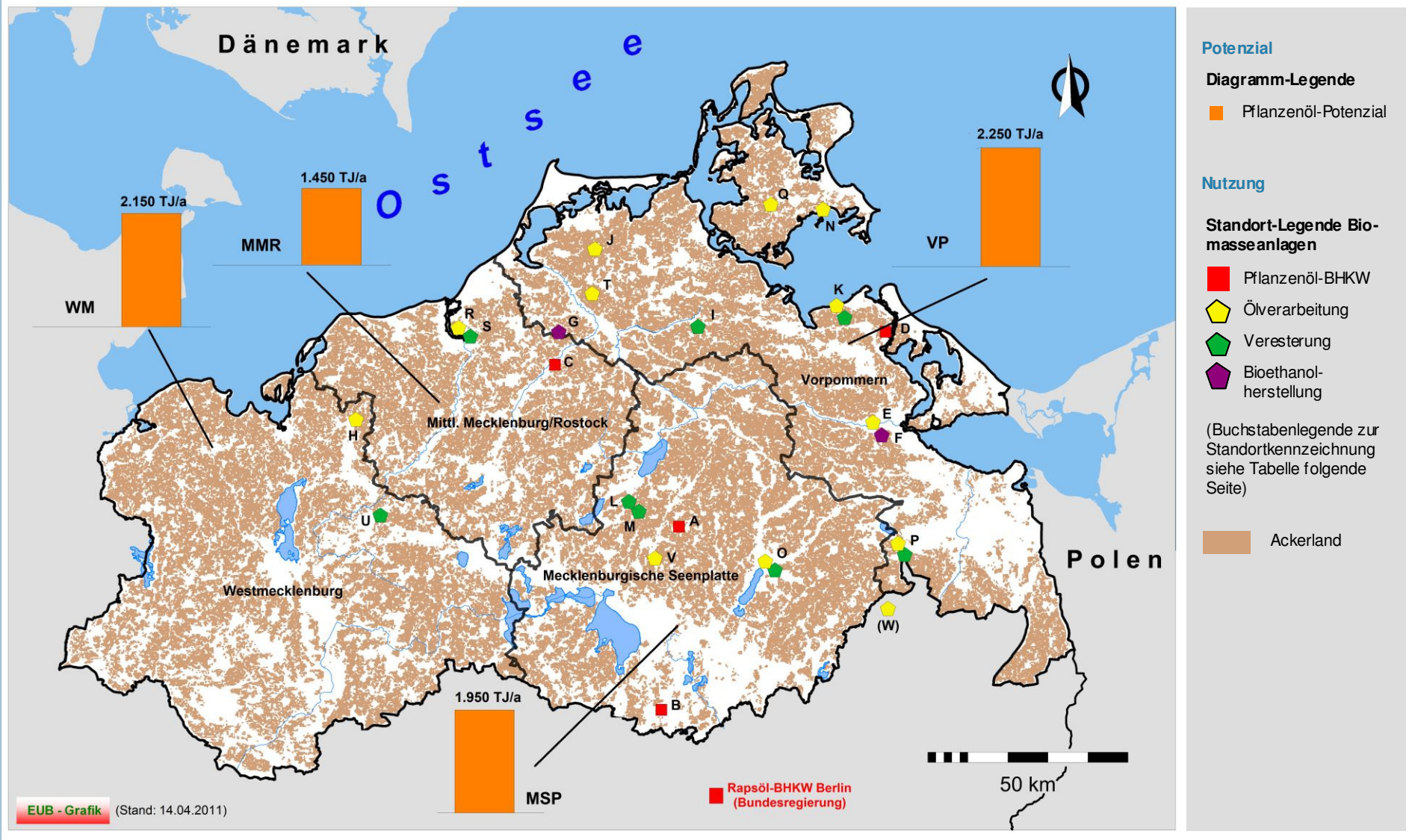
Getreidestroh	
Technisches Potenzial	8.100 TJ

können. Ein weiterer Grund wird in den Problemen gesehen, die aus einigen Inhaltsstoffen des Getreidestrohs (z. B. Kalium und Chlor) für die Verbrennungstechnik und für die Einhaltung von Emissionsgrenzwerten resultieren. Diese Probleme stehen letztlich auch einer dezentralen Nutzung in Kleinfeuerungsanlagen entgegen. Zudem ist das Problem der Verwertung der anfallenden Asche noch nicht vollständig gelöst.



In Mecklenburg-Vorpommern verfolgte **Konzepte einer großtechnischen Strohnutzung** für die Erzeugung von Pellets und für ihren Einsatz in vorhandenen und neu aufzubauenden Nahwärmenetzen konnten bislang nicht verwirklicht werden. Einerseits würde dadurch eine erhebliche Strohmenge in eine energetische Nutzung überführt werden - mit entsprechenden Wirkungen für Ressourcenschonung, Klimaschutz etc. Andererseits können die verfügbaren Strohmenen ggf. in KWK-Anlagen effizienter genutzt werden. Auch müssten sich die neu aufzubauenden Strohpellet-Heizwerke in einem lokalen Markt gegen die dort vorhandenen zentralen und dezentralen Wärmeversorgungs-lösungen durchsetzen, die ihrerseits in der Regel noch nicht das Ende ihrer technischen Nutzungsdauer erreicht haben.

► Pflanzenöl – Potenzial und Nutzung



Pflanzenöl, Biokraftstoffe - Potenzial und Nutzung

Pflanzenöl kann als flüssiger Energieträger aus einer ganzen Reihe von Pflanzen (z. B. Raps, Sonnenblumen, Soja, Lein) gewonnen werden. Das naturbelassene Pflanzenöl ist in BHKWs mit pflanzenöлтаuglichen Verbrennungsmotoren oder als Kraftstoff in Expeditionen und landwirtschaftlichen Betrieben einsetzbar. Auch kann es weiterverarbeitet werden, z. B. durch Veresterung zu Rapsmethylester (RME = Biodiesel). Angesichts steigender Preise für mineralische Kraftstoffe kann es nicht nur eine klimaschonende, sondern auch eine kostengünstige Alternative sein.

In Deutschland gilt seit Januar 2007 das **Biokraftstoffquotengesetz**, mit dem Unternehmen, die Kraftstoffe in Verkehr bringen, verpflichtet werden, einen gesetzlich bestimmten Mindestanteil des Kraftstoffes in Form von Biokraftstoffen zuzusetzen.

Mecklenburg-Vorpommern ist das „Rapsland Nr.1“ in Deutschland. Dementsprechend hat hier insbesondere Raps als Rohstoff für die Erzeugung von Biokraftstoffen erheblich an Bedeutung gewonnen (sog. non food-Raps). Allerdings ist der Rapsanbau aus pflanzengesundheitlichen Gründen auf ca. 230.000 ha begrenzt. Der Ölfruchtanbau besteht nahezu vollständig aus Winterraps. Eine weitere Erhöhung der erzeugten Rapsmenge kann somit nur über Ertragssteigerungen erreicht werden.

Schätzungen zufolge werden ca. 60 % der Rapserntemenge im Kraftstoffsektor verwendet. Die dabei entstehenden **Nebenprodukte** (Rapskuchen und Extraktionsschrot) werden im Allgemeinen für die Tierernährung - d. h. nicht für energetische Zwecke - eingesetzt.

Die Karte gibt die **räumliche Verteilung** der in Mecklenburg-Vorpommern vorhandenen, mit Biokraftstoffen betriebenen BHKW an. Insgesamt handelt es sich

um vier Standorte mit zum Teil sehr kleinen elektrischen Leistungen (Jürgenstorf, Mirow - inzwischen stillgelegt, Tessin, Wolgast, insgesamt ca. 1.300 kW). Zusätzlich ist die Energieanlage im Regierungsbezirk der Bundesregierung in Berlin dargestellt: Im **Bundestagsgebäude** sind zwei BHKW mit vier Modulen zu je 400 kW elektrischer Leistung installiert. Zusammen mit einem weiteren, benachbarten Biodiesel-BHKW werden das gesamte Plenargebäude sowie einige der umliegenden Parlamentsgebäude mit Strom und Wärme versorgt. Dazu werden sie mit jährlich ca. 4.000 t Biodiesel aus Mecklenburg-Vorpommern beliefert.

lfd. Nr.	Bezeichnung	Kapazität in t/a
A	BHKW - Gemeinde Jürgenstorf	
B	BHKW - Umweltjugendherberge Mirow	
C	BHKW - Seniorenzentrum Tessin GmbH	
D	BHKW - Krankenhaus Wolgast	
E	Ölmühle Anklam	30.000
F	Zuckerfabrik Anklam	63.000
G	Novel Fern Brennerei Dettmannsdorf GmbH	16.000
H	Landboden Betriebs GmbH Glasin	140
I	Nehlsen Grimmen	33.000
J	Bioenergie Langenhanshagen GmbH	1.400
K	Premicon Biodiesel GmbH Lubmin	60.000
L	Rapsveredelung Vorpommern GmbH & Co. KG	37.000
M	EcoMotion GmbH (SARIA) Malchin	12.000
N	Ölmühle Nadelitz GbR	280
O	Emerald Biodiesel Neubrandenburg	42.000
P	Agrargesellschaft Neuensund mbH	300
Q	Rügener Getreide und Dienstl. GmbH Ramin	1.400
R	Power Oil Rostock GmbH	200.000
S	Biopetrol Rostock	200.000
T	Ölmühlen GmbH Nord-Ost Semlow	1.400
U	EcoMotion GmbH (SARIA) Sternberg	100.000
V	Müritz-Biomassehof GbR Varchentin	650
W	Biowerk Kleisthöhe (BB)	6.000

Ein Grund für die bislang vergleichsweise **geringe Verbreitung** von Pflanzenöl-BHKWs bzw. für die Stilllegung bereits installierter Anlagen ist in techni-

Pflanzenöl	
Technisches Potenzial	7.700 TJ

schen Problemen zu sehen, die bei dem Einsatz von Pflanzenöl auftreten können und die bisher noch nicht zufriedenstellend gelöst werden konnten.

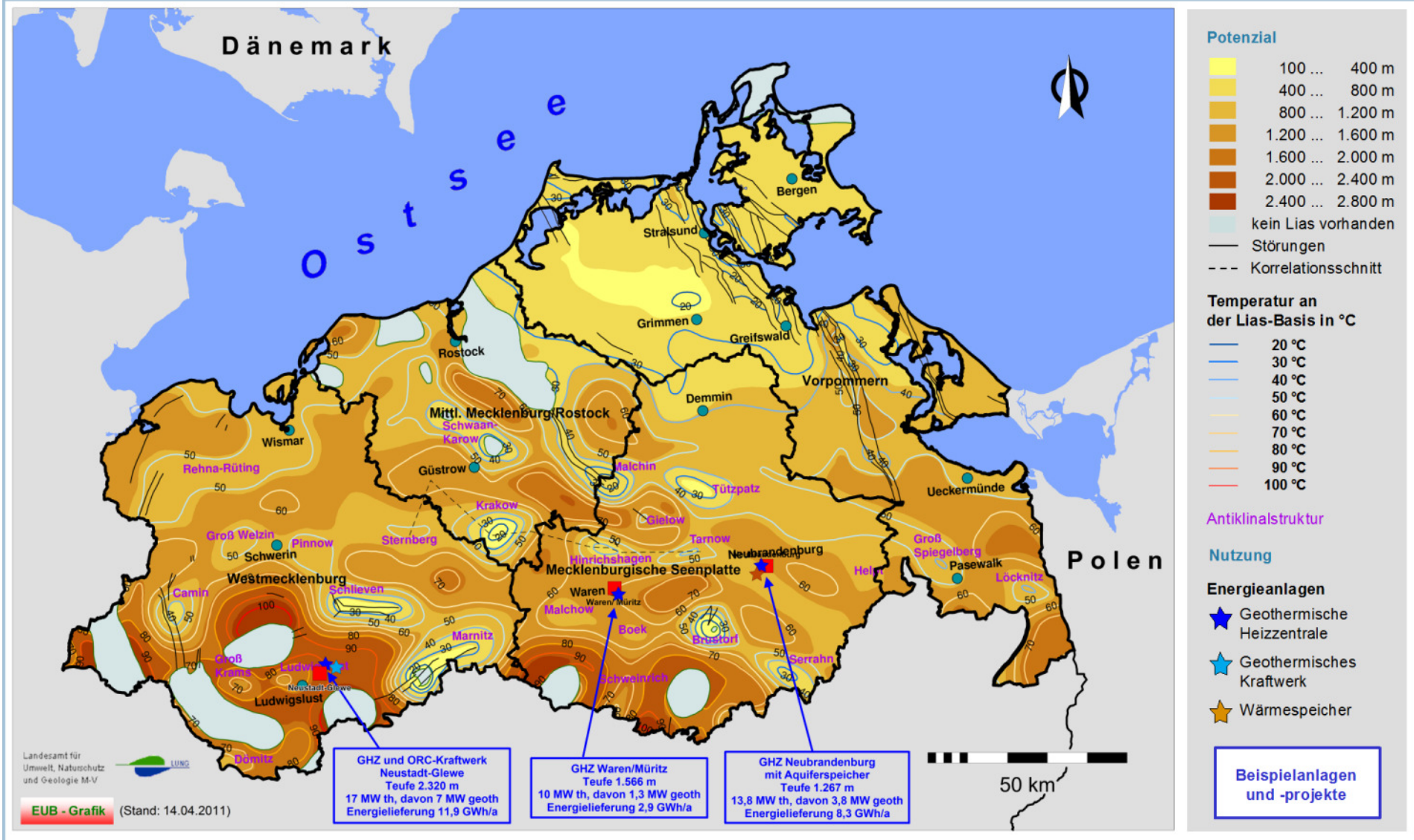
Die Karte gibt auch Auskunft über die derzeit in Mecklenburg-Vorpommern vorhandenen **Verarbeitungsanlagen für Biokraftstoffe**. Derzeit gibt es hier 13 Pflanzenöl- bzw. Biodieselfraktionen. Zehn weitere Anlagen, darunter auch zur Herstellung von Ethanol, befinden sich in Bau und Planung.

Für die **Ölgewinnung** stehen derzeit 6 Ölmühlen unterschiedlicher Kapazitäten zur Verfügung, z. B. in Langenhanshagen und in Anklam. In ihnen wird das Öl durch mechanische Pressung des Rapskornes und anschließende Filtration gewonnen. Auch für die Herstellung von RME existieren mehrere Anlagen: Die ersten wurden 2004 in Malchin und 2006 in Sternberg in Betrieb genommen (EcoMotion).



Landesbezogene **Verbrauchsprognosen** zeigen, dass der Bedarf an Biokraftstoffen bis 2020 die im Land verfügbaren Mengen deutlich übersteigen könnte. Dies würde - neben der vollständigen Ausnutzung der vorhandenen Potenziale - bedeuten, dass zukünftig nach wie vor bestimmte Mengen an mineralischen Diesel- und Vergaserkraftstoffen und zusätzlich auch Biokraftstoffe, abhängig von den Rahmenbedingungen, importiert werden müssen.

► Tiefengeothermie - Potenzial und Nutzung



Tiefengeothermie - Potenzial und Nutzung

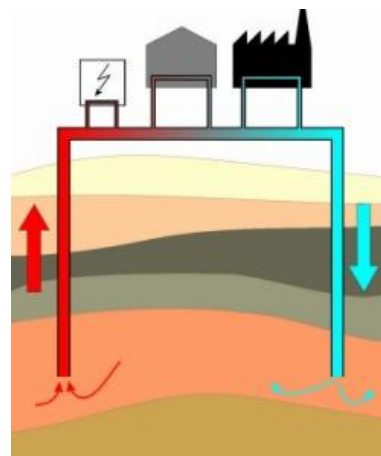
Die **Tiefengeothermie** nutzt die als Wärme gespeicherte Energie der Erdkruste unterhalb einer Tiefe von 400 m. Der Wärmeinhalt resultiert zum einen aus der Ursprungswärme bei der Bildung der Erde und zum anderen aus dem Zerfall natürlicher radioaktiver Isotope. Die hohen Temperaturen im Erdinneren bewirken einen ständigen Wärmestrom an die Erdoberfläche. Mit der Tiefe nehmen die Temperaturen im Mittel 30 K je 1.000 m zu. Berücksichtigt man eine durch die Sonnenenergie bedingte Durchschnittstemperatur an der Erdoberfläche von 10 °C, ergeben sich für eine Tiefe von 2.000 m Temperaturen von durchschnittlich 70 °C. In Abhängigkeit von den geologischen Bedingungen können jedoch erhebliche Abweichungen auftreten.

Bei der Tiefengeothermie werden zwei von den geologischen Bedingungen abhängige technologische Verfahren unterschieden. Bei der **hydrothermalen Geothermie** wird die Energie aus den salinaren Wässern tiefer Grundwasserleiter gewonnen. Bei der **petrothermalen Geothermie** steht die Wärmeleitfähigkeit der Gesteine im Vordergrund. Die Energie der Gesteine wird dann über entsprechende Wärmeträger an die Erdoberfläche geleitet. In diesem Atlas wird ausschließlich das hydrothermale System betrachtet.

Das Grundprinzip der hydrothermalen Geothermie ist in der Abbildung dargestellt. Das Thermalwasser wird über eine **Förderbohrung** an die Erdoberfläche gepumpt. Über einen Wärmetauscher kann die Energie zu Heizzwecken, zur Stromgewinnung und als Prozesswärme abgegeben werden. Über eine **Injektionsbohrung** wird das abgekühlte Thermalwasser in einem geschlossenen System wieder verpresst.

Die geologischen Bedingungen zur Nutzung der hydrothermalen Geothermie zur **Wärmegewinnung**

sind in Mecklenburg-Vorpommern günstig. Mecklenburg-Vorpommern liegt regionalgeologisch im **Nordostdeutschen Becken**, welches aus mehr als 5.000 m mächtigen permischen und jüngeren Sedimenten aufgebaut ist. In diesen finden sich fast überall in **Tiefen von 1.000 bis 2.500 m** eingeschlossene Heißwasseraquifere.



Die geothermische Nutzung der Heißwasseraquifere ist von verschiedenen **Bedingungen** abhängig. Als begrenzende Parameter für eine direkte Wärmenutzung sind Temperaturen von mehr als 60 °C und für die Stromgewinnung von mehr als 100 °C nötig. Die Gesteine müssen weiterhin gute hydraulische Eigenschaften mit einer Nutzporosität von mehr als 20 % und Mächtigkeiten von mehr als 20 m haben. Eine **Stromgewinnung** aus der hydrothermalen Geothermie ist in Mecklenburg-Vorpommern nur an wenigen Punkten möglich und wird hier nicht weiter betrachtet.

Das **geothermische Potenzial** zur Wärmegewinnung ist faktisch unerschöpflich. Seine Nutzung setzt jedoch einen hinreichend großen Wärmebedarf voraus. Bei den Potenzialbetrachtungen wurde davon ausgegangen, dass an einem typischen Standort ein

Tiefengeothermie	
Technisches Potenzial	5.400 TJ

wirtschaftlicher Betrieb erst möglich ist, wenn ein Wärmenetz vorhanden ist und die geothermische Heizleistung des zugehörigen Heizwerkes mindestens 3 MW betragen kann. Der dünn besiedelte ländliche Raum ist damit im Allgemeinen nicht für eine geothermische Wärmeversorgung geeignet.

Für die Potenzialbetrachtungen wurden die Städte des Landes Mecklenburg-Vorpommern mit einer Einwohnerzahl von mehr als 5.000 berücksichtigt. In der Tabelle wurden zu den Städtelassen entsprechende Doublettenanzahlen und Volllaststunden definiert. Daraus errechnet sich ein **bedarfsorientiertes technisches Potenzial** von 5.400 TJ.

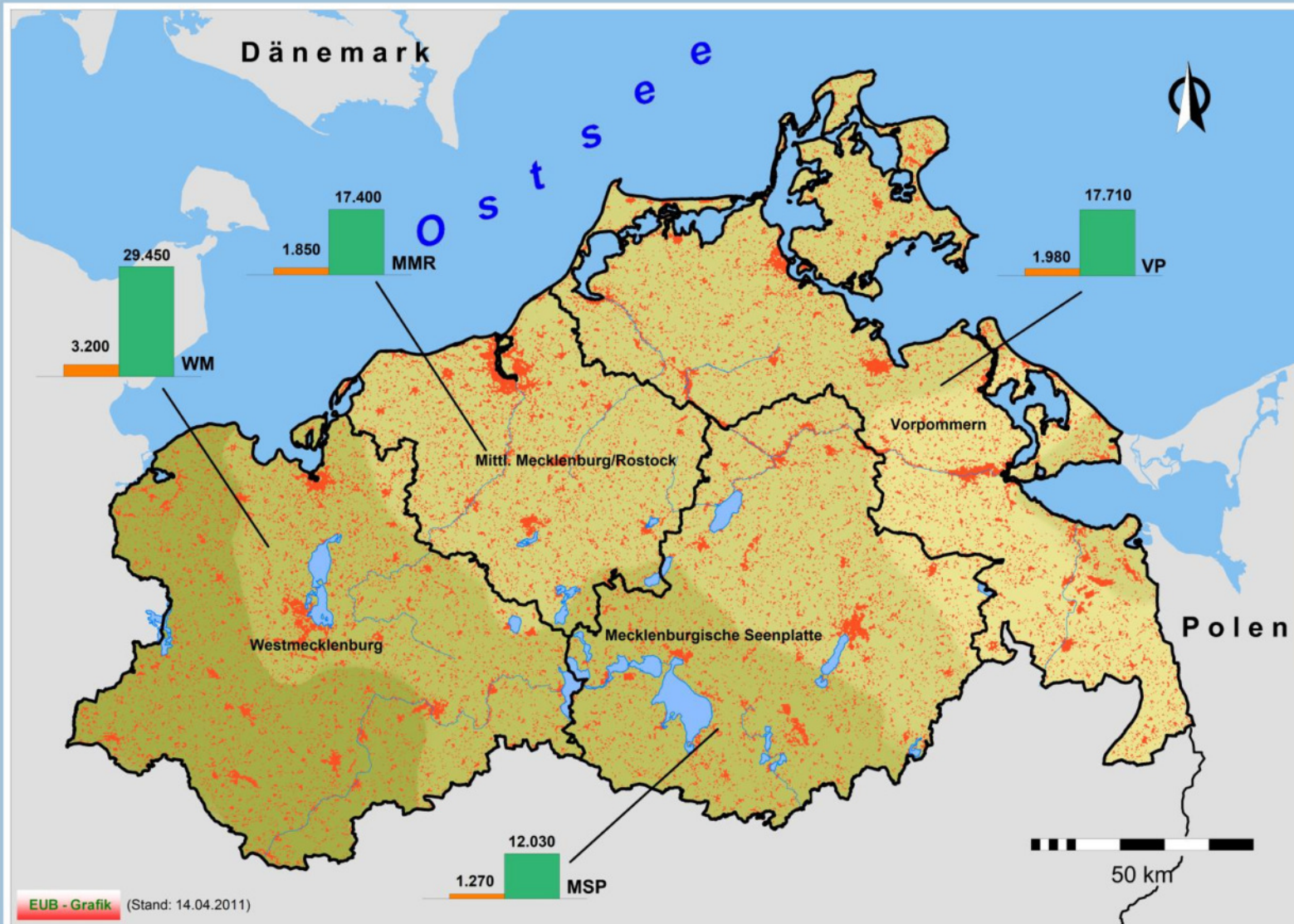
Einwohnerzahl	Anzahl	Doubletten (3 MW)	Volllaststunden
5.000 - 10.000	28	1	5.000
10.000 - 50.000	19	2	6.000
> 50.000	5	4	7.000

In der Karte sind die regional stark differenzierten Bedingungen des **Rhät-Lias-Aquiferkomplexes** und die drei Geothermieranlagen des Landes dargestellt. Das Kraftwerk in Neustadt Glewe ist dabei der erste stromerzeugende Geothermiestandort in Deutschland.

Die hydrothermale Geothermie garantiert eine langfristige **grundlastfähige Wärmeversorgung** zu konstanten Preisen. Die Errichtung neuer Anlagen wird durch die sehr hohen Investitionskosten erschwert. Weiterhin besteht ein Risiko, dass Heißwasseraquifere mit den dargestellten Eigenschaften nicht vorgefunden werden. Die Bundesrepublik unterstützt die Errichtung hydrothermalen Geothermiestandorte über das KfW-Programm „Erneuerbare Energien“, im Aktionsplan Klimaschutz des Landes hat die Tiefengeothermie oberste Priorität. Angestrebt wer-

den dabei auch gleichzeitige balneologische Nutzungen der Thermalwässer.

► Solarthermie - Potenzial und Nutzung



Potenzial

■ Siedlungsfläche

Sonnenscheindauer in h/a (langjähriges Mittel)

Zinnowitz	1.917,7
Arkona	1.805,1
Greifswald	1.769,0
Putbus	1.715,1
Boltenhagen	1.693,3
Rostock-W'mde	1.686,4
Neustrelitz	1.669,5
Neubrandenburg	1.647,7
Bad Doberan	1.644,3
Boizenburg	1.615,2
Goldberg	1.610,7
Waren	1.607,7
Teterow	1.607,1
Groß Lüsewitz	1.606,5
Schwerin	1.595,6

Globalstrahlung - mittl. Jahressumme in kWh/m²

1.041 ... 1.060
1.021 ... 1.040
1.001 ... 1.020
981 ... 1.000

Zeitraum: 1980 - 2001
(Datenquelle: DWD)

Nutzung

Installierte Anlagen und Kollektorflächen in m² (Stand 31.12.2010)

■ Anlagen (gefördert)
■ Fläche (gefördert)

Solarthermie - Potenzial und Nutzung

Die auf die Erdoberfläche auftreffende Solarstrahlung kann unter Berücksichtigung des jeweiligen geografischen Standortes und damit des Einfallwinkels der Solarstrahlen in nutzbare **Nieder-, Mittel- und Hochtemperaturwärme** umgewandelt werden.

Unter den in **Mitteleuropa** bestehenden meteorologischen Bedingungen ist eine Nutzung der Solarenergie **als Niedertemperaturwärme** - Warmwasser und Raumwärme(-unterstützung) - sinnvoll. Dazu kommen sowohl passive als auch aktive Systeme zum Einsatz: Passive Systeme wandeln die Strahlung z. B. durch die Gebäudehülle ohne zusätzlichen Energieaufwand (passiv) in Wärme um. Aktive Systeme dagegen „sammeln“ die Wärme mit zusätzlichem Energieaufwand (z. B. Pumpensystemen) in Kollektoren ein und speichern sie anschließend - im Allgemeinen in Form von Warmwasser.

Die technischen Möglichkeiten der **passiven Solarenergienutzung** sind weitgehend ausgereift, funktionssicher und nahezu wartungsfrei. Sie finden auch Eingang in architektonische und bautechnische Planungsprozesse (z. B. Wintergärten und transparente Wärmedämmungen). Auch die Anlagentechnik für aktive Systeme ist ausgereift und mit großen Variationsmöglichkeiten verfügbar.

Das **technische Potenzial** der solarthermischen Energieerzeugung wird insbesondere durch die Gesamtfläche aller installierbaren Kollektoren und durch deren Wirkungsgrad bestimmt. Aufgrund ihres Einsatzes für die Warmwasserbereitung und Raumwärmeunterstützung kommen dafür z. B. alle Dächer von Wohn- und Nichtwohngebäuden in Betracht, die wegen ihrer Himmelsrichtung und Dachneigung geeignet sind. Das (Flächen-)Potenzial für die Installation von solarthermischen Anlagen ist somit abhängig von der Gebäudezahl. Insofern ist die regionale Ver-

teilung des Wohngebäudebestandes ein Indikator für die dortigen Potenziale. Allerdings konkurrieren die solarthermischen Anlagen mit den PV-Anlagen um die in einer Region vorhandenen Dachflächen, da jede Dachfläche nur einmal belegt werden kann. Unter Berücksichtigung des Wärmebedarfs, der vorhandenen Flächen und der Sonnenintensität wurde für die solarthermische Nutzung ein technisches Potenzial von 20.200 TJ (5.600 GWh) errechnet.

Die einzelnen **Wohngebäudetypen** sind unterschiedlich für den Einsatz erneuerbarer Energien geeignet. Einfamilienhäuser (EFH) weisen gegenüber Zwei- und Mehrfamilienhäusern (ZFH, MFH) bezogen auf den Wärmebedarf eine deutlich größere Dachfläche auf, sodass hier höhere solare Deckungsgrade bei Solarkollektoranwendungen (oder höhere installierte bewohnerspezifische Leistungen bei PV) möglich sind. Die Wirtschaftlichkeit großer Solaranlagen (z. B. in Verbindung mit MFH) ist allerdings deutlich günstiger als die kleinerer Anlagen.

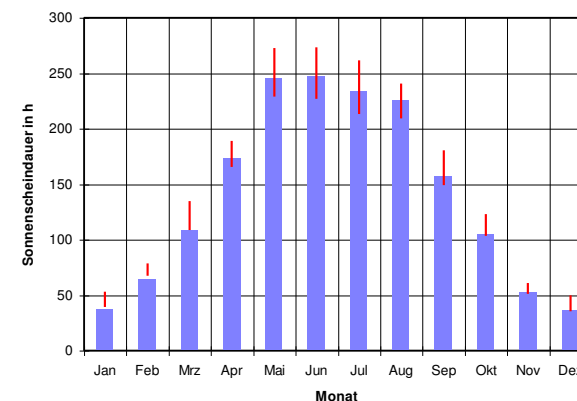
Für die Nutzung der Solarenergie werden **gebäudeintegrierte Systeme** favorisiert, da hieraus kein zusätzlicher Flächenverbrauch resultiert. Auch die Einbindung dieser Anlagen in die verschiedenen Gebäudeheizungssysteme ist im Allgemeinen technisch problemlos möglich.

Region	EFH	ZFH	MFH
	zum 31.12.2009		
Westmecklenburg	77.535	15.322	19.114
Mittl. Meckl./Rostock	50.950	9.622	17.311
Meckl. Seenplatte	48.181	8.049	11.975
Vorpommern	79.826	13.309	20.226
Summe M-V	256.492	46.302	68.626

Die mit einer bestimmten Kollektorfläche zu gewinnende Energie wird neben dem Anlagenwirkungsgrad

Solarthermie	
Technisches Potenzial	20.200 TJ

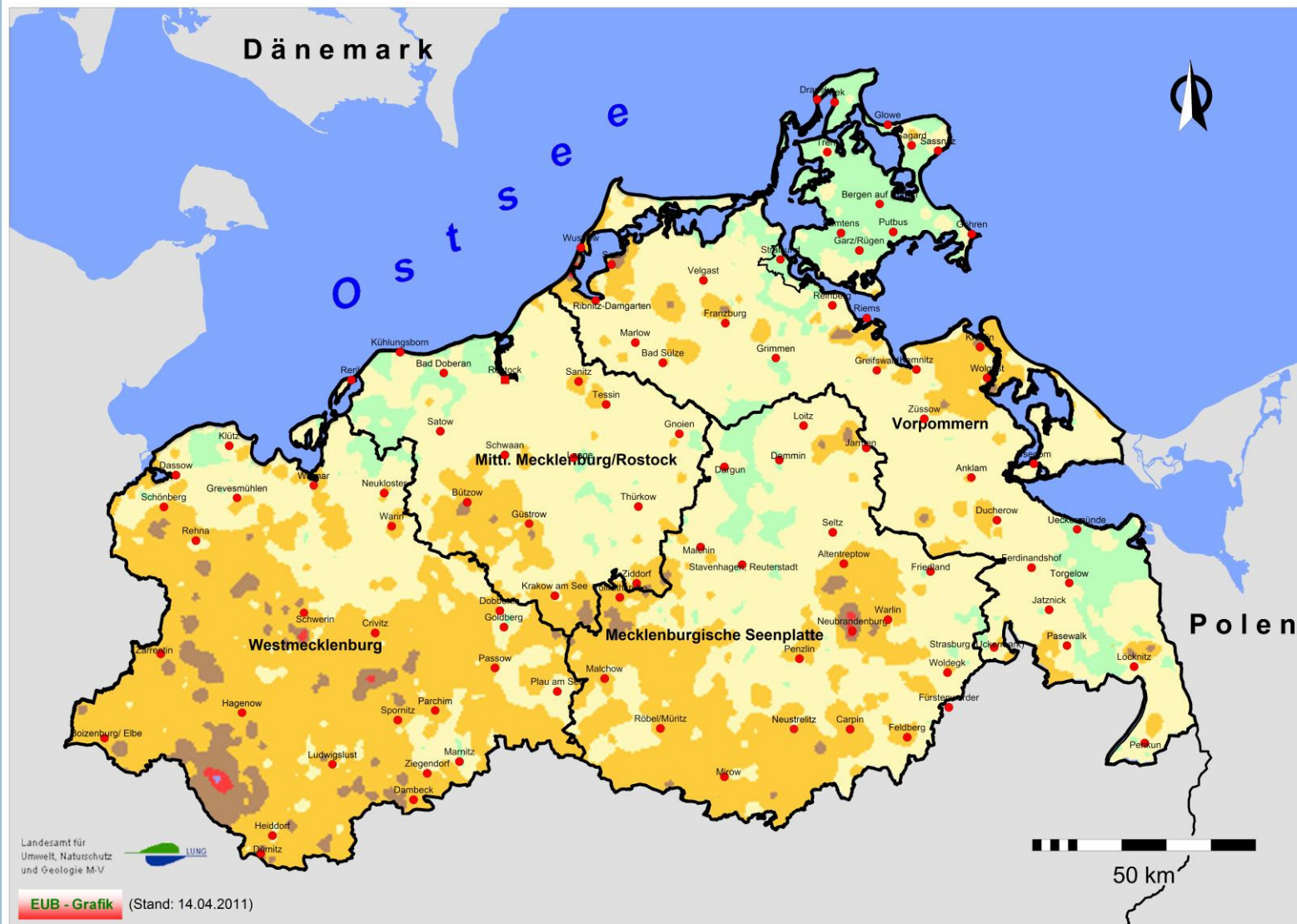
von der eingestrahlichten Solarenergie bestimmt. Das Diagramm zeigt beispielhaft für den Standort Warnemünde die **monatlichen Sonnenstunden** (als langjähriges Mittel). Die roten Striche kennzeichnen die Schwankungsbreite zwischen verschiedenen Standorten in Mecklenburg-Vorpommern.



Das technische Energiepotenzial ist **nicht unveränderlich**. Es folgt einerseits der Entwicklung der Dachflächen und damit des Gebäudebestandes (in Umfang und Qualität) und andererseits der technischen Entwicklung der Solaranlagen. Einer aktualisierten Abschätzung für Mecklenburg-Vorpommern zufolge hat sich das Potenzial an geeigneten Dachflächen im Gebäudebereich in der Summe nur marginal vergrößert.

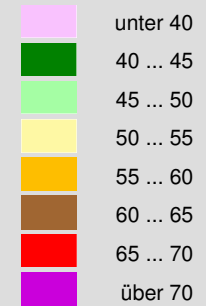
Die Karte gibt die insgesamt in den Jahren von 2000 bis 2010 **installierten Kollektorflächen** von Solaranlagen in Mecklenburg-Vorpommern in ihrer räumlichen Verteilung an. Die Summen für die Planungsregionen sind in den zugehörigen Diagrammen ausgewiesen. Die beiden Säulen geben jeweils die insgesamt vom Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle (BAFA) geförderten Anlagen und deren Kollektorfläche an.

► Oberflächennahe Geothermie - Potenzial und Nutzung



Potenzial

Geothermisches Potenzial - spezifische Wärme-Entzugsleistung in W/m



Geothermischer Gradient

Boden	Temperatur
12 m	10 °C
100 m	13 °C
200 m	16 °C
300 m	19 °C

Nutzung

- Ortschaften

Die Karte gilt für Wärmepumpenanlagen von 0 bis 100 m Bohrtiefe bei 1.800 Betriebsstunden/Jahr

Oberflächennahe Geothermie	
Technisches Potenzial	21.600 TJ

Oberflächennahe Geothermie - Potenzial und Nutzung

Die **oberflächennahe Geothermie** nutzt die Erdwärme bis zu einer Tiefe von ca. 400 m vorrangig zur Heizung und zur Kühlung von Gebäuden. Die Erdwärme, die auch als geothermische Energie bezeichnet wird, setzt sich aus der im Erdinneren gespeicherten Gravitationsenergie und dem in der oberen Erdkruste stattfindenden radioaktiven Zerfall natürlicher Isotope zusammen. Bis zu einer Tiefe von 10 m wird die Erdkruste durch den **solaren Wärmestrom** bestimmt. Bis zu dieser Tiefe haben jahreszeitliche Schwankungen Einfluss auf den Temperaturverlauf. Unterhalb einer Übergangszone bis ca. 20 m bestimmt der **terrestrische Wärmestrom** den Temperaturverlauf. Die Temperatur nimmt in der Tiefe durchschnittlich um 30 K je 1.000 m zu. Aus solarem und terrestrischem Wärmestrom resultieren daraus, bis zur Tiefe von 400 m, Temperaturen von etwas mehr als 20 °C.

Eine direkte Nutzung der oberflächennahen Erdwärme zur Heizung und Kühlung ist bedingt durch die niedrigen Temperaturen nicht möglich. Die Erschließung der Energie erfolgt über **erdgekoppelte Wärmepumpenanlagen**. Prinzipiell bestehen diese Anlagen aus drei über Wärmetauscher verbundenen Kreisläufen. Im **Erdwärmesondenkreislauf** erfolgt die Wärmeaufnahme aus dem geologischen Untergrund. Durch die Temperaturdifferenz zwischen dem kühleren Wärmeträger und dem Gestein wird die Erdwärme auf den Wärmeträger übertragen und über eine Umwälzpumpe zur Wärmepumpe transportiert. Im **Wärmepumpenkreislauf** wird das Wärmeträgermedium zunächst auf einen geringeren Druck entspannt, wobei es abkühlt. Durch die Verdichtung in der Wärmepumpe erhöht sich die Temperatur und die Energie kann auf den **Heizungskreislauf**, der Bestandteil des Gebäudes ist, übertragen werden.

Die oberflächennahe Geothermie kann in Mecklenburg-Vorpommern flächendeckend angewendet werden. Unter Betrachtung eines zu erwartenden flächenbezogenen geothermischen Wärmestroms von $0,05 \text{ W/m}^2$, lässt sich für das Land mit einer Fläche von ca. 23.200 km^2 eine nachhaltig **nachströmende Wärmemenge** von ca. 14 TWh/a ableiten. Neben der nachströmenden Wärmemenge wird durch die oberflächennahe Geothermie auch die im Untergrund bereits **gespeicherte Wärme** genutzt. Diese berechnet sich bis zu einer wirtschaftlich vertretbaren Tiefe von 100 m auf 32 kWh/m^2 . Für das Bundesland ergibt sich daraus ein theoretisches Potenzial von ca. 730 TWh/a.



Da die oberflächennahe Geothermie fast ausschließlich zu Heiz- und Kühlzwecken genutzt wird, findet eine Anwendung im **städtischen und ländlich besiedelten Raum** statt. Fast 8 % der Landesfläche Mecklenburg-Vorpommerns werden als Siedlungs- und Verkehrsfläche ausgewiesen. Es kann abgeschätzt werden, dass aufgrund bestehender Bebauungen, Verkehrswegeflächen und grundstücksrelevanter Fragestellungen maximal 10 % der Siedlungs- und Verkehrsfläche für eine oberflächennahe geothermische Nutzung erschlossen werden können. Dies entspricht einer Fläche von ca. 185 km^2 . Unter Berücksichtigung des bereits dargestellten Nutzungspotenzials von 32 kWh/m^2 liegt das **technisch**

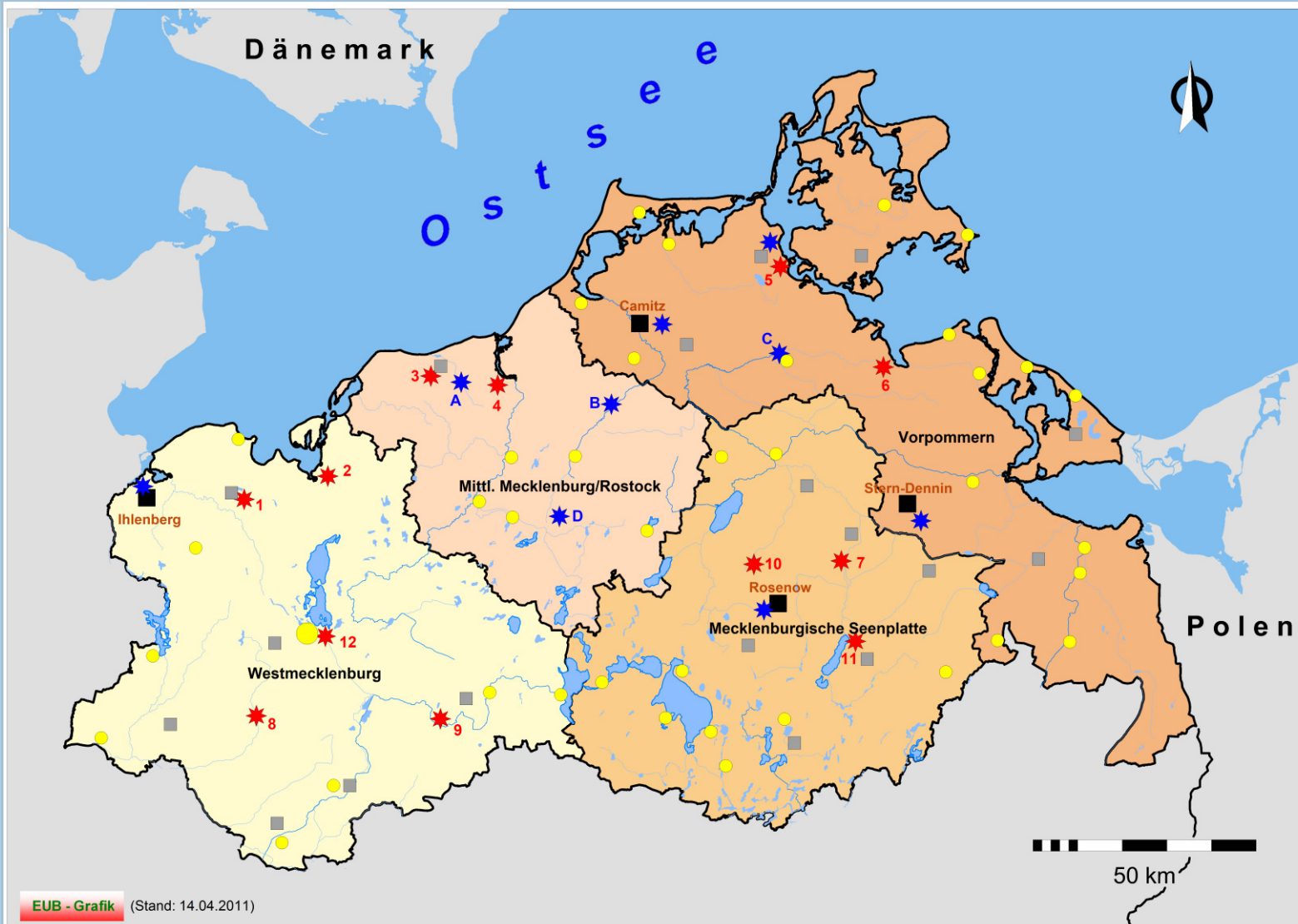
nutzbare Potenzial der oberflächennahen Geothermie im Bereich von 21.600 TJ (6.000 GWh/a). Für das Jahr 2009 wurde für das Land eine Nutzung von 101 GWh Wärmeleistung aus der oberflächennahen Geothermie ermittelt. Die Differenz aus dem technischen Potenzial und der derzeitigen Nutzung belegt, dass die Anwendungsmöglichkeiten der oberflächennahen Geothermie nicht ausgeschöpft werden und insbesondere im Neubaubereich verstärkt genutzt werden müssen.

Die planerischen Voraussetzungen für die Nutzung der oberflächennahen Geothermie sind in Mecklenburg-Vorpommern günstig. Die dargestellte Karte ist Bestandteil des vom Landesamt für Umwelt, Naturschutz und Geologie erarbeiteten „**Leitfaden Erdwärmesonden Mecklenburg-Vorpommern**“. Die Karte stellt die spezifische Wärmeentzugsleistung in einer Tiefe von 100 m dar. Neben dieser Karte sind auch die Teufenbereiche von 40 m, 60 m und 80 m bei 1.800 und 2.400 Betriebsstunden im Jahr dargestellt. Mit dem Leitfaden werden Bauherren, Planer, Heizungsbauer und Bohrunternehmer über die technischen und rechtlichen Anforderungen von erdgekoppelten Wärmepumpenanlagen informiert.

Ein innovatives Beispielprojekt für die Nutzung der oberflächennahen Geothermie zu Heiz- und Kühlzwecken ist das **Ludwig-Bölkow-Haus** der Industrie- und Handelskammer zu Schwerin. Für das im Februar 2010 fertig gestellte Verwaltungsgebäude mit modernen Büro- und Tagungsräumen, war bedingt durch den Baugrund, eine Pfahlgründung bis in eine Tiefe von 28 m notwendig. Insgesamt 218 Pfähle wurden energetisch aktiviert und versorgen das Gebäude mit Erdwärme. Durch die oberflächennahe Geothermie werden 75% des Heiz- und 95 % des Kühlungsbedarfs des Gebäudes gedeckt.

Innovation in den Anwendungsbereichen und Weiterentwicklungen der Wärmepumpentechnik sowie die Sicherung konstanter Energiekosten werden die Nutzung der oberflächennahen Geothermie fördern.

► Deponie- und Klärgas - Potenzial und Nutzung



Deponie- und Klärgas - Potenzial und Nutzung

Die im Abfall und im Abwasser enthaltenen festen organischen Reststoffe bilden unter definierten Bedingungen energetisch nutzbare Gase: Auf Deponien entsteht infolge anaerober Abbauprozesse Biogas. In Klär(gas-)anlagen entsteht bei der Vergärung des Klärschlammes in einem Faulturm in einem gesteuerten Prozess Faulgas. Die gebildeten Gasmengen und die Gasqualität sind von verschiedenen Bedingungen abhängig. Z. B. wird die Gasbildung einer Deponie von Art, Menge und Einlagerungszeitpunkt des Abfalls beeinflusst.

Diese Gase können auf Deponien in Gasfassungen aufgefangen bzw. in Klärgasanlagen aus dem Faulturm abgezogen und gesammelt werden. Anschließend werden sie im Allgemeinen zur gekoppelten Erzeugung von Strom und Wärme in BHKWs eingesetzt. Deponiegas weist anfangs einen mittleren CH₄-Gehalt von 60 % auf (zeitlich abnehmend), der CH₄-Gehalt von Klärgas ist geringfügig höher.

Potenziale Die technischen Deponie- und Klärgaspotenziale werden - neben den genannten Faktoren - auch durch den Reststoffanteil bestimmt, der in konkurrierenden Nutzungen verwertet wird, z. B. in der Kompostierung oder zur Herstellung von Festbrennstoffen.

In Mecklenburg-Vorpommern werden derzeit 4 **Deponien** betrieben. Da sich die Gasbildung über einen Zeitraum von 20 bis 30 Jahren erstrecken kann, ist eine Deponiegasnutzung auch an bereits geschlossenen Standorten möglich, wie es z. B. in Parkentin und Tessin erfolgt.

Eine Klärgasnutzung ist an allen Kläranlagenstandorten realisierbar, an denen das Gasaufkommen ausreichend groß ist. Insgesamt verfügt Mecklen-

burg-Vorpommern über mehr als 500 Kläranlagen unterschiedlicher Größenklassen, darunter 4 Anlagen der Größenklasse 5 (> 100.000 EW) und 47 Anlagen der Größenklasse 4 (> 10.000 EW). Insgesamt entspricht die den kommunalen Kläranlagen in Mecklenburg-Vorpommern zugeleitete Abwasserlast einschließlich des mitbehandelten Abwassers aus industriellen und gewerblichen Betrieben knapp 3 Mio EW. Allerdings wird dieser nur saisonal erreicht. Außerhalb der Tourismussaison wird er deutlich unterschritten. In den vorhandenen Kläranlagen fallen jährlich ca. 40.000 t Klärschlamm (Trockenmasse) an. Dieser Klärschlamm wurde bislang wegen seiner geringen Schwermetall- und Schadstoffgehalte überwiegend landwirtschaftlich verwertet bzw. kompostiert.

Die Karte zeigt für die Deponiegasnutzung die im Land vorhandenen (in Betrieb befindlichen) Deponien sowie die Deponiegasanlagen. Für die Klärgasnutzung sind die größeren Kläranlagen (Größenklassen 4 und 5) - als potentielle Standorte für die Klärgasnutzung - dargestellt. Auch bereits vorhandene Klärgasanlagen sind eingetragen.

Klärgas

Region	Anlagenzahl	install. Leistung in kW	Einspeisung in MWh
zum 31.12.2009			
Westmecklenburg	3	897	1.248
Mittl. Meckl./Rostock	0	0	0
Meckl. Seenplatte	2	1.701	2.028
Vorpommern	1	330	87
Summe M-V	6	2.928	3.362

Die **Deponiegasanlagen** in Mecklenburg-Vorpommern sind zwischen 2000 und 2005 entstanden. Die installierten elektrischen Leistungen reichen von 35 kW bis 5,5 MW. Da im Zuge der abfallrechtli-

Deponie- und Klärgas	
Technisches Potenzial	1.500 TJ

chen Entwicklungen zunehmend weniger organische Abfallbestandteile deponiert werden, lässt das zukünftige Deponiegasaufkommen einen Ausbau dieser Anlagen nicht erwarten.

In Mecklenburg-Vorpommern fallen jährlich etwa 110 Mio m³ Deponiegas an. Davon wird etwa ein Drittel in Deponiegasanlagen eingesetzt. Die jährliche Einspeisung aus den Deponiegasanlagen beträgt etwa 50 GWh.

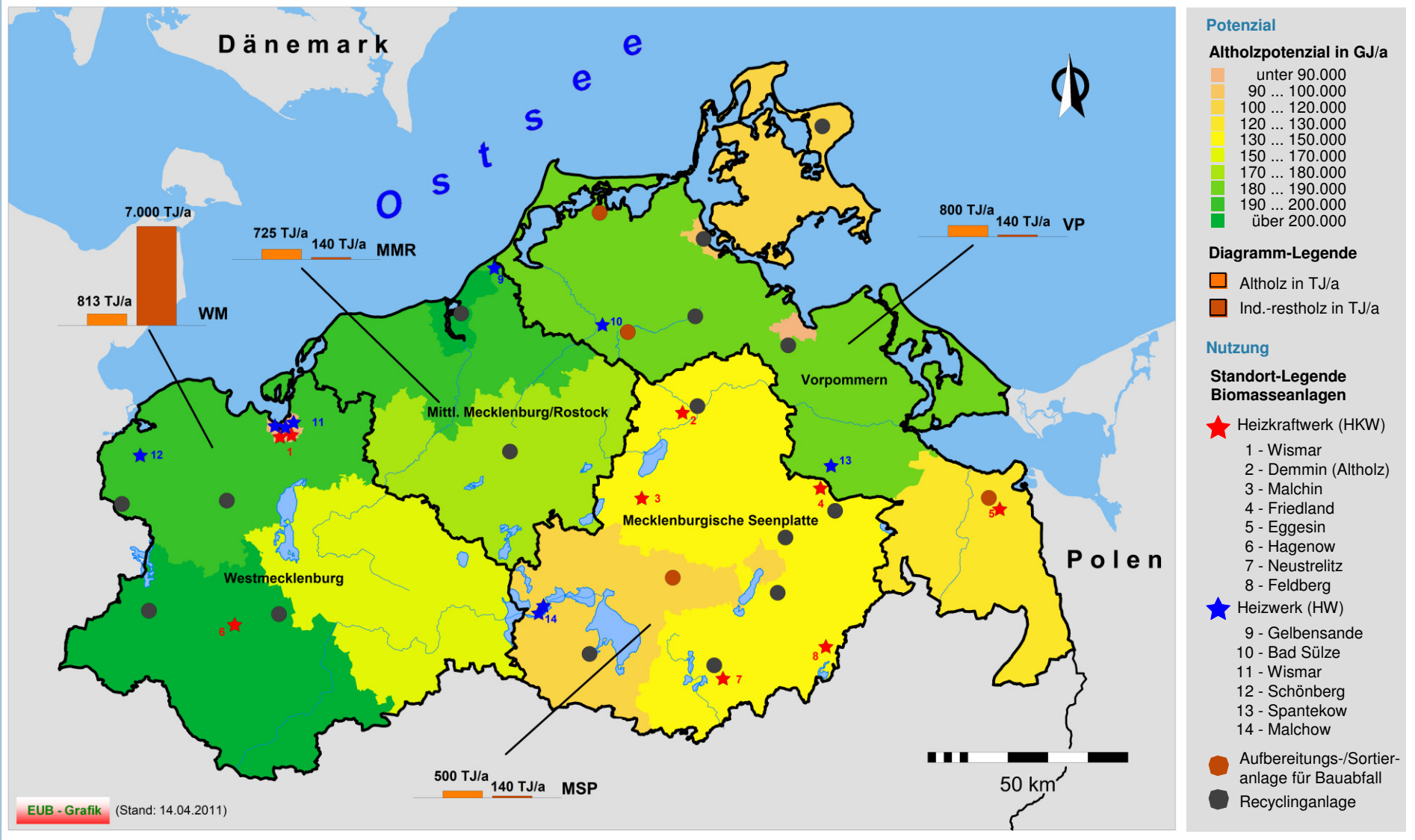
Deponiegas

Region	Anlagenzahl	install. Leistung in kW	Einspeisung in MWh
zum 31.12.2009			
Westmecklenburg	1	5.544	23.082
Mittl. Meckl./Rostock	3	2.256	5.567
Meckl. Seenplatte	1	1.252	8.583
Vorpommern	3	1.183	3.035
Summe M-V	8	10.235	40.268

Die erste **Klärgasanlage** in Mecklenburg-Vorpommern wurde 1994 mit einer elektrischen Leistung von 330 kW errichtet. Inzwischen sind ca. 4,5 MW an elektrischer Gesamtleistung installiert. Insgesamt wurden in den letzten Jahren knapp 10 Mio. m³ Klärgas energetisch genutzt. Die jährliche Einspeisung von Strom aus Klärgas beträgt etwa 10 GWh.

Der Ausbau geeigneter Klärwerke mit Klärgasanlagen und ein leicht zurückgehender Anteil der Energiegewinnung aus den Deponiegasanlagen ergeben ein **technisches Potenzial** von ca. 1500 TJ (400 GWh). Mit einer signifikanten Veränderung der derzeitigen Nutzung ist insbesondere bei den Klärgasanlagen aus wirtschaftlicher Sicht nicht zu rechnen.

► Industrierest- und Altholz - Potenzial und Nutzung



Industrierest- und Altholz	
Technisches Potenzial	10.400 TJ

Industrierest - und Altholz - Potenzial und Nutzung

Auch Altholz ist den erneuerbaren Energieträgern zuzurechnen, obwohl sein Aufkommen innerhalb der Abfallwirtschaft erfasst wird. Als Oberbegriff für aus dem Nutzungsprozess ausscheidende Holzprodukte und Verbundprodukte mit überwiegendem Holzanteil umfasst es z. B. Abfälle, die bei Baumaßnahmen wie Gebäudeabbrüchen entstehen. Unter dem Begriff Industrierestholz werden dagegen überwiegend außerhalb der Abfallwirtschaft in der Holzbe- und -verarbeitung anfallende Holzreste erfasst, z. B. in Sägewerken und in der Möbelindustrie.

Das **technische Potenzial an Altholz** wird durch eine Vielzahl von Faktoren bestimmt, z. B. durch die Intensität der regionalen Bautätigkeit und durch das Alter der dort vorhandenen Gebäude. Es ist u. a. aufgrund der demographischen Entwicklung zu erwarten, dass das Altholzaufkommen in Mecklenburg-Vorpommern in den nächsten Jahren weiter zurückgeht. Dies gilt zumindest dann, wenn man von einer fortgesetzten Angleichung des landesspezifischen Altholzaufkommens pro Kopf an den bundesdeutschen Mittelwert ausgeht. Insgesamt wird das technische Potenzial mit ca. 230.000 t pro Jahr eingeschätzt. Bei einem mittleren Heizwert von 12,5 MJ/kg ergibt sich daraus ein technisches Energiepotenzial von ca. 2.900 TJ.

Das **Potenzial an Industrierestholz** in Mecklenburg-Vorpommern beträgt ca. 650.000 t bzw. - bei unterschiedlichen Heizwerten einzelner Potenzialanteile - ca. 7.500 TJ. Es wird überwiegend von der Holzwerkstoffindustrie und von den Sägewerken im Land geliefert. Dies gilt insbesondere für das Holzzentrum in Wismar, weshalb sich das Potenzial wesentlich in der Planungsregion Westmecklenburg konzentriert. Allerdings ist zu berücksichtigen, dass ein erheblicher Anteil des Potenzials an Industrierestholz - etwa 50 % - stofflich in der Holzwerkstoffindustrie genutzt

wird. Die in der Möbelindustrie, in Betrieben des Holzgewerbes sowie im Holzverarbeitenden Handwerk anfallenden Mengen an Industrierestholz sind im Vergleich zu jenen der Sägewerke und der Holzwerkstoffindustrie sehr gering (Anteil am Potenzial kleiner 5 %).

Die Altholzverordnung vom 01. März 2003 - bindend für Erzeuger, Besitzer und Entsorger bzw. Verwerter von Altholz - enthält Vorgaben für dessen Beseitigung und **energetische Verwertung**. Die Verordnung unterteilt Altholz je nach Zustand in verschiedene Kategorien. Die Biomasseverordnung vom 21. Juni 2001 ist Bestandteil des Erneuerbare-Energien-Gesetzes (EEG) und zählt Altholz (mit Ausnahme stark belasteten Altholzes) und aus Altholz erzeugtes Gas zur Biomasse. Mit diesen und weiteren rechtlichen Rahmenbedingungen sind die jeweiligen Entsorgungs- bzw. Verwertungsmöglichkeiten von Altholz eingegrenzt bzw. vorgezeichnet.

In Mecklenburg-Vorpommern wird Altholz entweder in den dafür zugelassenen **Biomasse-Heiz(kraft)werken** (HKW) mitverbrannt oder in Recyclinganlagen behandelt. Die Karte zeigt in der Fläche das technische Energiepotenzial von Altholz. In den Diagrammen für die Planungsregionen sind zusätzlich zum Altholz auch das Aufkommen und das technische Energiepotenzial von Industrierestholz dargestellt. Weiterhin sind die im Land vorhandenen Biomasse-HKW aufgeführt. Sie werden schließlich durch die Standorte von Altholzaufbereitungs- und Recyclinganlagen ergänzt, an denen ggf. zukünftig auch eine energetische Verwertung in Erwägung gezogen werden kann.

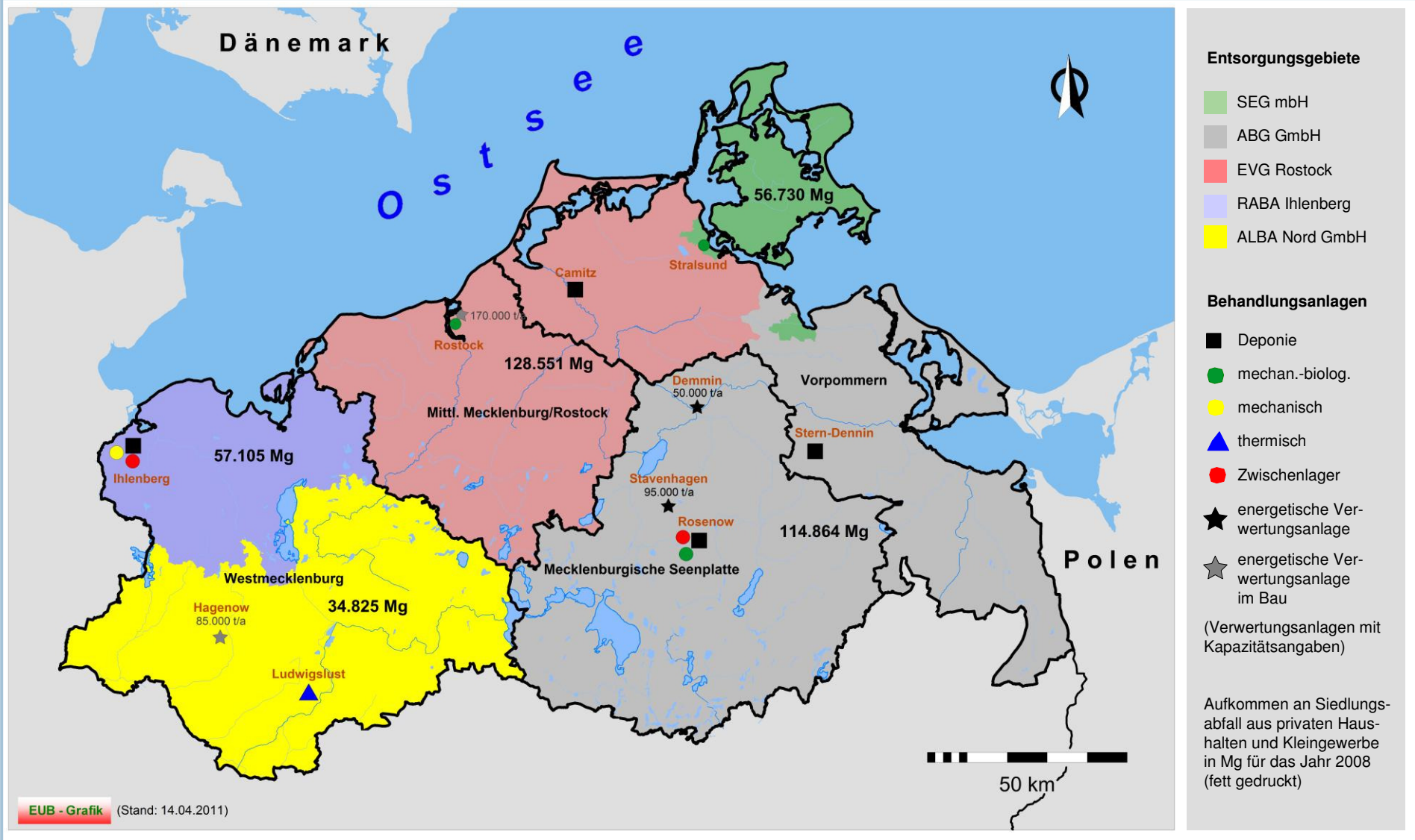
Für die Entsorgung von **Sonderabfällen**, d. h. von stark belastetem Altholz, existieren in Mecklenburg-Vorpommern - bedingt durch das geringe Mengenaufkommen - keine eigenen Entsorgungsanlagen.

Im Durchschnitt der letzten fünf Jahre wurden in Mecklenburg-Vorpommern ca. 460.000 t Altholz pro

Jahr energetisch verwertet. Darin enthalten sind ca. 310.000 t Altholz (Bau- und Abbruchabfälle, Abfallbehandlungsanlagen) und ca. 150.000 t Restholz (Abfälle aus der Holzbearbeitung). Dabei liegt der energetisch genutzte Altholzanteil über dem im Land vorhandenen Potenzial. Die Ursache dafür liegt in einem Import von ca. 220.000 t Alt- und Restholz aus anderen Bundesländern und dem Ausland.

Die energetische Verwertung von **Altholz** ist in Mecklenburg-Vorpommern mit den vorhandenen Anlagen gewährleistet. Ein höheres Aufkommen an Restholz innerhalb des Landes ist nicht zu erwarten. Beim **Restholz** wird das hier bestimmte technische Potenzial durch die vorwiegend stoffliche Nutzung eingeschränkt. Die energetische Nutzung wird bei beiden in erster Linie durch die Anlagenkapazitäten bestimmt und das Potenzial innerhalb des Landes durch Importe ergänzt.

► Abfälle - Potenzial und Nutzung



Abfälle - Potenzial und Nutzung

Abfall ist aufgrund seines Energieinhaltes energetisch nutzbar. Zwar ist er weder als fossiler noch als erneuerbarer Energieträger zu betrachten. Da er jedoch überall dort, wo Menschen tätig sind, immer wieder neu entsteht, ist er in einer wesentlichen Eigenschaft den erneuerbaren Energien vergleichbar. Energetisch ist Abfall aus zwei Gründen bedeutsam: Erstens bestimmen Art und Menge deponierter Abfälle das Aufkommen an energetisch nutzbarem Deponiegas (vgl. Teil Deponiegas). Zweitens sind in der Aufbereitung (u. a. Volumenverminderung endgültig abzulagernder Abfälle) herstellbare heizwertreiche Abfallfraktionen (sog. Ersatzbrennstoffe - EBS) sowie Altholz energetisch nutzbar.

Die Deponierung von unbehandeltem Restabfall ist nach der technischen Anleitung für Siedlungsabfälle (TASi) seit 2005 unzulässig. Abfälle sind entweder mechanisch-biologisch (MBA) oder thermisch (TBA) aufzubereiten. Dadurch soll sich die Abfallwirtschaft weiter dem Ideal der **Kreislaufwirtschaft** annähern.

Zu den abfallwirtschaftlichen Zielen und Grundsätzen des Landes (beschrieben im Abfallwirtschaftsplan Mecklenburg-Vorpommern) gehört deshalb die **Abfallhierarchie**. Danach gebührt der Abfallvermeidung die höchste Priorität vor der stofflichen Verwertung (Wiederverwendung, Recycling). Noch übrige Anteile sind zur Energiegewinnung zu nutzen (wegen der damit erzielbaren Wertschöpfung im Land). Nur nicht nutzbare Abfälle sind zu beseitigen (Deponie).

Insgesamt soll sich die Abfallwirtschaft zu einer **Stoffstrom-, Energie- und Ressourcenwirtschaft** entwickeln. In ihr werden auch der Grad der Verwertung der im Abfall enthaltenen Rohstoffe weiter erhöht und die Trennung der Abfallkomponenten in Gemischen deutlich verbessert.

Generell lassen sich Siedlungs- und (hier nicht betrachtete) Sonderabfälle unterscheiden. **Siedlungsabfälle** stammen aus privaten Haushalten, aus dem Kleingewerbe (Haus- und Geschäftsmüll, Sperrmüll und Infrastrukturabfälle) sowie aus anderen Herkunftsbereichen (Sortierabfälle, gewerblicher und industrieller Siedlungsabfall, Bau- und Abbruchabfälle zur Beseitigung sowie Sandfang-, Sieb- und Rechenrückstände aus der Abwasserbehandlung).

Potenzialbetrachtungen sollen hier für die Siedlungsabfälle durchgeführt werden. Auf der Karte sind die Entsorgungsgebiete farblich gekennzeichnet und die Menge der Abfälle zur Beseitigung aus privaten Haushalten und dem Kleingewerbe aufgeführt. In Mecklenburg-Vorpommern betrug dieses Aufkommen im Jahr 2008 demnach 392.076 t. Daraus ergibt sich ein spezifisches Aufkommen von 234 kg je Einwohner und Jahr.

Für die energetische Nutzung kommen die direkte thermische Behandlung des Siedlungsabfalls und die thermische Nutzung der heizwertreichen Abfälle aus Behandlungsanlagen (Ersatzbrennstoffe) in Frage. Für die thermische Behandlung der Siedlungsabfälle wird ein mittlerer Heizwert von 8 MJ/kg und für die Ersatzbrennstoffe ein Heizwert von 13 MJ/kg (brennbare Abfälle aus mechanischen und mechanisch-biologischen Aufbereitungsanlagen) bzw. 10 MJ/kg (sonstige Abfälle aus Sortieranlagen) angegeben.

Für die **Behandlung der Siedlungsabfälle** stehen im Land 3 MBA (Rostock, Stralsund und Rosenow), eine mechanische Behandlungsanlage (Selmsdorf) und eine thermische Behandlungsanlage (Ludwigslust) zur Verfügung. Zur Überbrückung noch fehlender Behandlungskapazitäten für Siedlungsabfall existieren drei Zwischenlager für unbehandelte und behandelte Abfälle (heizwertreiche Fraktion). Für die Ablagerung werden derzeit noch vier Deponien betrieben (Selmsdorf, Rosenow, Stern-Dennin und Camitz). Schließlich existieren an den Standorten Stavenhagen, Demmin, Rostock und Hagenow vier

Abfall	
Technisches Potenzial	5.500 TJ

Heizkraftwerke, die Ersatzbrennstoffe als Energieträger nutzen.

Die **Thermische Abfallverwertungsanlage** in Ludwigslust hat eine genehmigte Kapazität von 50.000 t/a Abfall. Mit 49.200 t war die Anlage im Jahr 2008 nahezu ausgelastet. Bei einem Heizwert von 8 MJ/kg ergibt sich ein Energieinhalt von 400 TJ. Eine zu betrachtende Wärmenutzung erfolgte nicht.

In **Mecklenburg-Vorpommern** sind im Jahr 2008 354.902 t Ersatzbrennstoffe angefallen. In den 2008 vorhandenen Anlagen (Stavenhagen, Demmin) wurden 46 % energetisch verarbeitet. Der verbleibende Teil wurde zwischengelagert bzw. außerhalb des Landes energetisch verwertet. Mit der Inbetriebnahme der beiden Anlagen in Rostock und Hagenow und den vorhandenen Anlagen wird eine Kapazität von 410.000 t/a Ersatzbrennstoffen erreicht. Für Mecklenburg-Vorpommern wird bis zum Jahr 2013 mit einem jährlichen Aufkommen von 420.000 t Ersatzbrennstoffen gerechnet. Dieses Aufkommen kann mit den vorhandenen Anlagenkapazitäten verwertet werden. Für die anfallenden Ersatzbrennstoffe errechnet sich ein technisches Potenzial von 5.100 TJ.

Für den Siedlungsabfall insgesamt ergibt sich ein technisches Potenzial von 5.500 TJ. Es wird davon ausgegangen, dass dieses Potenzial konstant genutzt wird. Mit weiteren signifikanten Steigerungen kann im Siedlungsabfallbereich in Mecklenburg-Vorpommern nicht mehr gerechnet werden.

► Energieinfrastruktur



Energieinfrastruktur

Um die erneuerbaren Energien einspeisen zu können, sie zu transportieren, zu speichern und den Verbrauchern zur Verfügung zu stellen, ist eine an die jeweiligen Bedarfe ausgerichtete **energetische Infrastruktur** notwendig. Mecklenburg-Vorpommern verfügt heute über eine (seit 1990) in großem Umfang modernisierte Energielandschaft. Mit dem weiteren Ausbau der erneuerbaren Energien muss diese Infrastruktur sowohl angebotsseitig als auch auf Seite der Nachfrage weiter entwickelt werden. Dabei sind auf der Angebotsseite insbesondere die räumliche und die zeitliche Verteilung der Einspeisung der erneuerbaren Energien zu berücksichtigen.

Derzeit sind in **Mecklenburg-Vorpommern** Energieerzeugungsanlagen auf der Basis erneuerbarer Energien mit einer installierten Leistung von ca. 1.500 MW in Betrieb. Die eingespeiste Leistung schwankt dabei zwischen minimal 130 MW und maximal 1.400 MW. Dem stehen auf der Nachfrageseite eine maximale Verbraucherlast von ca. 1.100 MW und eine Minimallast von 430 MW gegenüber. Daraus wird ersichtlich, dass bei maximaler Einspeisung der zeitgleiche Verbrauch überschritten wird. Dadurch stoßen die Netze in der **Hochspannungsebene** (110 kV) schon jetzt an die Grenzen der Übertragungsfähigkeit und der Systemsicherheit. Berücksichtigt man die zu erwartenden Steigerungsraten bei der Nutzung der erneuerbaren Energien und den prognostizierten Bevölkerungsrückgang im Land, wird sich die Situation weiter verschärfen. Die Stromversorger WEMAG und E.ON edis planen für ihre in der Karte dargestellten Versorgungsgebiete eine umfangreiche Sanierung und den Neubau von Hochspannungs-Freileitungstrassen. Die WEMAG hat den Gesamtumfang bis zum Jahr 2020 auf ca. 220 km geplant. Für das Netzgebiet der E.ON edis AG liegen noch keine aktuellen Planzahlen vor.

Die Energie, die aus den Offshore -Windenergieparks eingespeist werden wird, wird nicht in Mecklenburg-

Vorpommern verbraucht werden. Weiterhin besteht die Möglichkeit, durch Kraftwerksbetreiber Energiegewinnungsanlagen auf konventioneller Basis zu errichten. Dieser Strom muss über die **Übertragungsnetzebene** (Höchstspannung 380/220 kV) in den Süden abgeleitet werden. Die 50Hertz Transmission GmbH hält diesbezüglich einen Ausbau des 380-kV-Freileitungsnetzes von 370 km bis 470 km erforderlich. Dazu gehört auch die Trasse von Schwerin-Görries nach Krümmel, die offshore-Windstromableitung auf Rügen und die Umrüstung der vorhandenen 220 kV Leitungen auf 380 kV.

Neben dem Stromnetz besitzt auch das **Gasnetz** eine bedeutende Funktion zur Energieversorgung. Die E.ON edis AG betreibt in ihrem Versorgungsgebiet des Landes Mecklenburg-Vorpommern im Jahr 2009 ein Transportnetz mit einer Länge von 421 km, ein Verteilnetz von 1.820 km Länge und ein HA-Netz von 332 km Länge. War das Gasnetz bisher für die ausschließliche Versorgung mit fossilem Erdgas vorgesehen, wird es zunehmend für die Einspeisung und Nutzung von Biogas Bedeutung haben. Ziel des Integrierten Energie- und Klimaprogramm der Bundesregierung ist es, bis zum Jahr 2030 einen Biogasanteil von 10 % am Gesamtverbrauch einzuspeisen. Bis zum Jahr 2020 sollen es 6 % sein. Mit dem „NAWARO BioEnergiepark Güstrow“ wurde im Jahr 2009 die weltweit größte Anlage zur Einspeisung von Biogas in das Erdgasnetz in Betrieb genommen. Im Endausbau kann die Anlage den Energiebedarf von ca. 50.000 Haushalten mit Biogas abdecken.

Für eine sichere Gasversorgung ist die Bereitstellung von **Speicherkapazitäten** notwendig. Dies gilt insbesondere zur Pufferung von Spitzenlasten in den Wintermonaten und zur Vermeidung von Versorgungsengpässen. Seit dem Jahr 2000 werden in Krakow, im Landkreis Ludwigslust, drei Kavernenspeicher mit einem Gesamtvolumen von 240 Mio. m³ betrieben. Eine vierte Kaverne wird derzeit ausgebaut. Mit den ebenfalls in der Karte dargestellten Standorten Schweinrich, Hinrichshagen und Moeckow sind wei-

tere Unterspeicher in der Planung. Mit der sich entwickelnden Einspeisung von Biogas in das Erdgasnetz werden auch die Gasspeicher eine infrastrukturelle Bedeutung für die nachwachsenden Rohstoffe haben.

Durch 22 kommunale Unternehmen werden im Land Mecklenburg-Vorpommern Fernwärmenetze betrieben. Die Wärmeengewinnung erfolgt zumeist durch moderne Kraft-Wärme-Kopplungsanlagen, die etwa ein Viertel des im Land erzeugten Stroms bereitstellen. Diese kommunalen Unternehmen leisten mit ihrer **dezentralen Versorgungsstrategie** einen wichtigen Beitrag zum Wettbewerb auf dem Energiemarkt und zur regionalen Wertschöpfung. Mit dem Biomasse-Heizkraftwerk der Stadt Neustrelitz existiert auch eine größere Kraft-Wärme-Kopplungsanlage auf der Grundlage nachwachsender Rohstoffe.

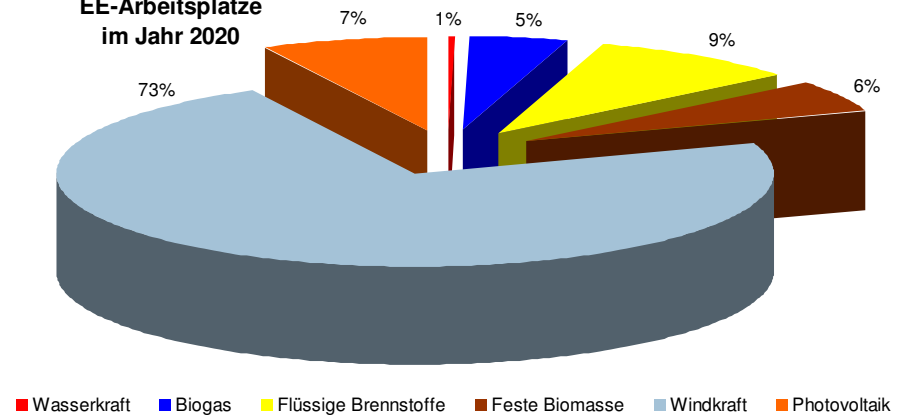
Im **ländlichen Raum** entwickeln sich erste dezentrale Versorgungsstrukturen, die Gesamtkonzepte auf der Basis erneuerbarer Energien verfolgen. Beispiele hierfür sind die Kompetenzzentrum Regio-Strom-Ivenack GmbH mit einer Energie- und Wärmeversorgung durch Biomasse und Solarenergie, das Bioenergiedorfprojekt Neuhoof mit einer wärmegeführten Kraft-Wärme-Kopplung einer Biogasanlage oder der Müritz Biomassehof Varchentin, der den energetischen Bedarf durch einen Holzvergaserofen, durch Solaranlagen und durch eine Kaltpressanlage für Rapsöl deckt. Gerade die Entwicklung von Bioenergieregionen hat für die Struktur des Landes ein großes Potenzial. Das Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz hat dazu den Wettbewerb „**Bioenergieregionen**“ ausgelobt. Mit den Regionen „Rügen“ und „Mecklenburgische Seenplatte“ konnten sich zwei Bewerber im Wettbewerb durchsetzen und unterhalten damit finanzielle Unterstützung zur Entwicklung von Netzwerken zur innovativen Nutzung erneuerbarer Energien.

► Wirkungen der Nutzung Erneuerbarer Energien – Beschäftigung

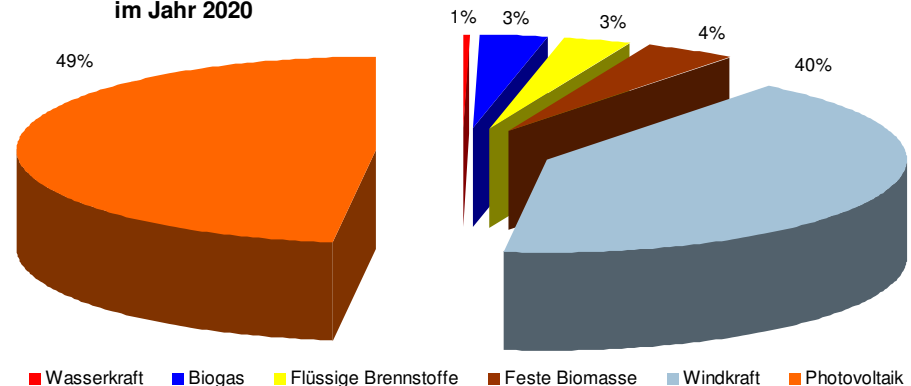
Energiequelle	Arbeitsplätze 2020 - bei EE-Ausbau lt. Aktionsplan Klimaschutz		
	in Betrieb und Wartung	in der Investition	gesamt
Windkraft	4.500	12.000	16.500
Photovoltaik	80	1.600	1.680
Wasserkraft	1	3	4
Feste Biomasse	850	425	1.275
Flüssige Brennstoffe	2.100	0	2.100
Biogas	550	500	1.050
Summe	8.081	14.528	22.609

Energiequelle	Arbeitsplätze 2020 bei Ausschöpfung der EE-Potentiale		
	in Betrieb und Wartung	in der Investition	gesamt
Windkraft	9.500	15.000	24.500
Photovoltaik	1.400	27.000	28.400
Wasserkraft	3	6	9
Feste Biomasse	1.600	800	2.400
Flüssige Brennstoffe	1.900	0	1.900
Biogas	950	900	1.850
Summe	15.353	43.706	59.059

EE-Arbeitsplätze
im Jahr 2020



EE-Arbeitsplätze
im Jahr 2020



Die jeweilige Anzahl der Arbeitsplätze ergibt sich für den investiven Bereich aus der installierten Leistung (Arbeitsplätze je MW) und für den Bereich Betrieb und Wartung aus den mit dieser Leistung bereitstellbaren Energiemengen (Arbeitsplätze je MWh bzw. GWh). So waren z.B. 2005 in der Windenergiebranche mindestens 3 Arbeitsplätze je MW und 0,4 Arbeitsplätze je GWh vorhanden. Zwar geht die Anzahl der Arbeitsplätze je MW bzw. je MWh im Lauf der Jahre tendenziell zurück. Die Zahl der Arbeitsplätze nimmt aber aufgrund steigender installierter Leistungen zu.

EE-Wirkungen - Beschäftigung

In Mecklenburg-Vorpommern nimmt, wie in der Bundesrepublik Deutschland insgesamt, die Bedeutung der erneuerbaren Energien als **Wirtschaftsfaktor** und damit auch für den Beschäftigungssektor zu. Die erneuerbaren Energien gehören zu den **Wachstumsbranchen**. Im Rahmen eines Forschungsvorhabens des BMU zur Bruttobeschäftigung durch erneuerbare Energien in Deutschland im Jahr 2010 wurde für die Branche eine Bruttobeschäftigung von 367.400 Personen ermittelt. Gegenüber dem Jahr 2009 mit einer Bruttobeschäftigung von 339.500 Personen ist das eine Steigerung von 8 %.

Die Beschäftigung im Bereich der erneuerbaren Energien kann drei Gruppen zugeordnet werden. Die erste Gruppe umfasst die Beschäftigung aus der **Anlagenherstellung**. Hier ist zu berücksichtigen, dass nicht alle in Mecklenburg-Vorpommern hergestellten Anlagen zur Gewinnung erneuerbarer Energien im Land betrieben werden. Die Exportrate bei Windenergieanlagen, die in Mecklenburg-Vorpommern hergestellt werden, liegt z. B. bei 70 %. Im Gegenzug werden aber auch Anlagen zur Gewinnung erneuerbarer Energien, die im Land errichtet werden, importiert. Da der Landesatlas die Potenziale zur Nutzung der erneuerbaren Energien aus Sicht des Primärenergieträgereinsatzes betrachtet, beziehen sich die Beschäftigungszahlen auf die im Land betriebenen Anlagen sowie die Anlagen, die zur Potenzialnutzung errichtet werden müssen. Damit stehen die Beschäftigungszahlen nicht im direkten Zusammenhang mit dem Land Mecklenburg-Vorpommern.

Die zweite Gruppe umfasst den Bereich **des Betriebs und der Wartung sowie der Bereitstellung von Brenn- und Kraftstoffen**. Hier kann davon ausgegangen werden, dass die daraus resultierende

Beschäftigung durch regionale Unternehmen, Handwerk und Landwirtschaftsbetriebe erfolgt. Diese Arbeitsplätze bestehen zum überwiegenden Teil in Mecklenburg-Vorpommern.

Als dritte Gruppe werden Beschäftigte aus dem Bereich **der Verwaltung und der öffentlich geförderten Forschung** betrachtet. An den Hochschulen und Universitäten des Landes beschäftigen sich Wissenschaftler mit der Forschung und Entwicklung zur Nutzung der erneuerbaren Energien. In den kommunalen und staatlichen Verwaltungen werden die nötigen Genehmigungen zur Errichtung und zum Betrieb der Anlagen bearbeitet. Mitarbeiter aus den Ministerien und der Staatskanzlei begleiten Gesetzgebungsverfahren, entwickeln Landesprogramme und schaffen Voraussetzungen für die Umsetzung. Darüber hinaus ist zu erwähnen, dass mit der Fachagentur für nachwachsende Rohstoffe in Gülzow bei Güstrow eine nachgeordnete Behörde des Bundes angesiedelt ist, die für den energetischen Teil der Nutzung nachwachsender Rohstoffe zu dieser Gruppe zu zählen ist.



Die **Beschäftigung** im Bereich der erneuerbaren Energien ist neben der technischen Entwicklung vom Ausbau der Energiegewinnung abhängig. Unter Berücksichtigung der Preisentwicklungen auf dem konventionellen Energiemarkt, dem Ausstieg aus der

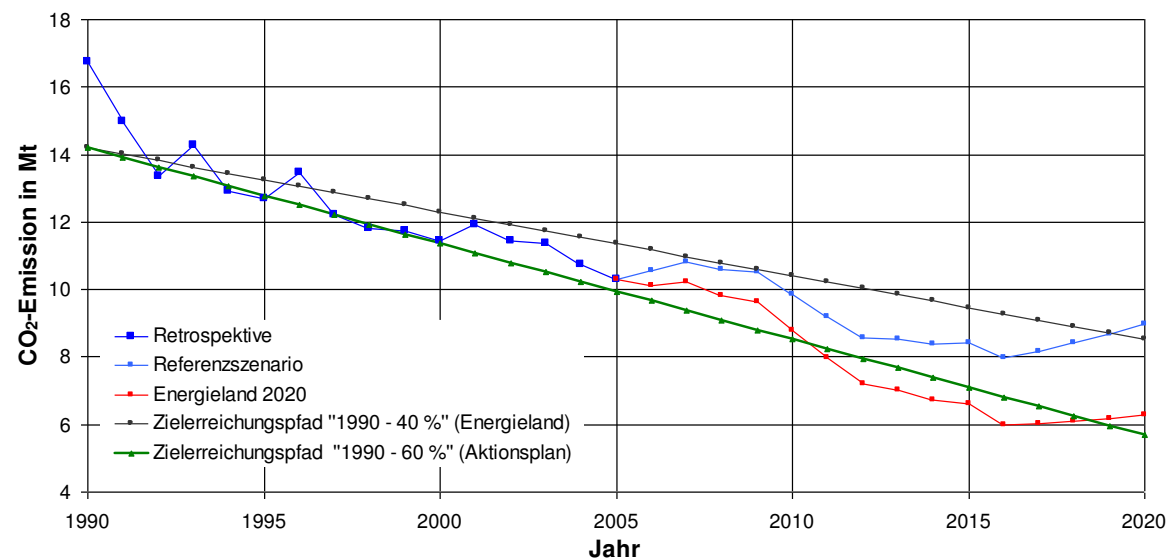
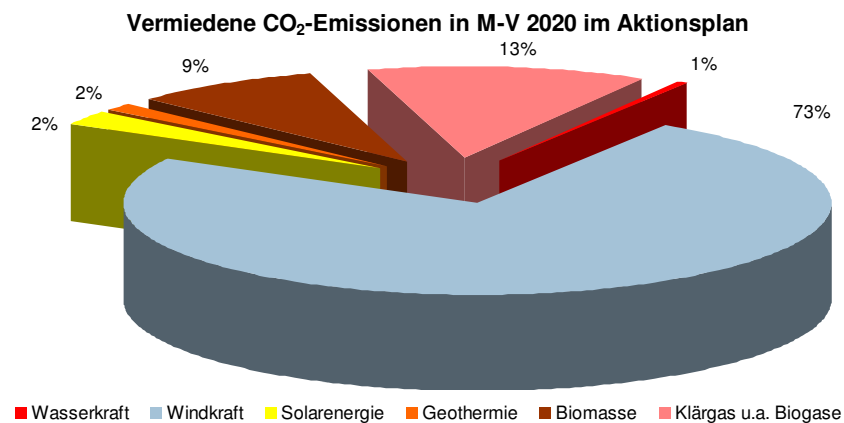
Kernenergie, den Wirkungen des **Erneuerbare-Energien-Gesetzes** und des **Marktanreizprogramms der Bundesregierung** können verschiedene Ausbauszenarien betrachtet werden. Das Land Mecklenburg-Vorpommern hat sich mit dem Strategiepapier Energieland 2020 und dem Aktionsplan Klimaschutz Mecklenburg-Vorpommern ehrgeizige Ziele zum Ausbau der erneuerbaren Energien gestellt. Diese Ziele sollen hier Grundlage der Beschäftigungsentwicklung sein.

Grundlage der Betrachtungen bildet eine Studie des BMU über die Auswirkungen des Ausbaus der erneuerbaren Energien auf den Arbeitsmarkt. In dieser Studie wurden Beschäftigungsindexe berechnet. Für den Bereich der Anlagenherstellung wurden für die verschiedenen Technologien Beschäftigungsindexe aus dem Verhältnis der installierten Leistung der Anlage zu den Beschäftigten ermittelt. Für den Bereich des Betriebs und der Wartung erfolgt die Berechnung aus dem Verhältnis der gewonnenen Energie zur Beschäftigtenzahl. Grundlage dafür waren vorliegende Daten aus dem Jahr 2005. Unter Berücksichtigung der zu erwartenden technischen Entwicklungen wird der Beschäftigungsindex reduziert. In der Tabelle sind die Beschäftigungszahlen dargestellt.

In den Tabellen sind die Beschäftigungszahlen dargestellt. Die obere Tabelle und das obere Diagramm zeigen die Beschäftigungsentwicklung und die Verteilung auf die Technologien bei der Umsetzung des Aktionsplans Klimaschutz. Bis zum Jahr 2020 können ca. 22.600 Arbeitsplätze in Verbindung mit erneuerbaren Energien entstehen, wobei die Windenergie mit ca. 73 % den größten Anteil hat. Die unteren Darstellungen zeigen die Beschäftigungsentwicklung bei Ausschöpfung der technischen Potenziale. Insbesondere durch die Auslastung des technischen Photovoltaikpotenzials würde sich eine Beschäftigtenzahl von fast 60.000 ergeben.

► Wirkungen der Nutzung Erneuerbarer Energien – CO₂-Einsparung

Energiequelle	bei Potential-ausschöpfung		lt. Aktionsplan Klima-schutz bis 2020	
	Strom	Wärme	Strom	Wärme
in 1.000 t CO ₂				
Wasserkraft	10	-	4	-
Windkraft	13.200	-	6.100	-
Solarenergie	1.600	1.680	100	100
Geothermie	0	2.250	0	132
Biomasse	400	1.230	250	450
Klärgas u.a. Biogase	1.500	550	950	100
Summe	16.710	5.710	7.404	782



EE-Wirkungen - CO₂-Minderung

Erneuerbare Energien sind gegenwärtig zwar nicht frei von **CO₂-Emissionen**, aber doch vergleichsweise sehr emissionsarm. Die Nutzung von Wind- oder Solarenergie erzeugt im Betrieb keine CO₂-Emissionen. Bei der Nutzung von Bioenergieträgern entstehen dagegen CO₂-Emissionen. Dabei wird allerdings nur jenes CO₂ freigesetzt, das vorher - und nach erdgeschichtlichen Zeitmaßstäben faktisch zeitgleich - im Pflanzenwachstum durch die Biomasse gebunden wurde. Und natürlich erfordern grundsätzlich alle Energieanlagen einen bestimmten Betriebs- und Wartungsaufwand, der eine bestimmte Menge CO₂ verursacht. Deshalb werden allgemein in der Berechnung und Analyse regionaler CO₂-Emissionen vereinfachend die erneuerbaren Energien als CO₂-emissionsfrei betrachtet.

Gerade wegen dieser sehr geringen Unabhängigkeit der CO₂-Emissionen ist die Nutzung der erneuerbaren Energien ein bedeutsamer Weg zur Minderung der CO₂-Emissionen einer Region oder eines Landes - so auch in Mecklenburg-Vorpommern.

Um die diesbezügliche Wirkung der **erneuerbaren Energien** bewerten zu können, wird im Allgemeinen eine Vergleichsrechnung herangezogen: Sie berechnet und vergleicht die CO₂-Emissionen, die zusätzlich entstanden wären, wenn die von den erneuerbaren Energien gelieferten Energiemengen konventionell - d. h. mit fossilen Energieträgern - erzeugt worden wären.

Für diese Berechnungen wurde davon ausgegangen, dass bei der Stromgewinnung aus fossilen Energieträgern für 1 GWh 600 t CO₂ emittiert werden. Für den Wärmesektor werden 300 t CO₂-Emissionen je GWh betrachtet. Diese hier verwendeten Daten sind als Mittelwerte zu betrachten. Letztendlich hän-

gen sie davon ab, welche konventionellen Kraftwerkstechnologien durch die erneuerbaren Energien ersetzt werden sollen und unterliegen damit einem Schwankungsbereich.

Im Diagramm sind die durch die einzelnen erneuerbaren Energien resultierenden **Einsparpotenziale** rückblickend auf das Jahr 2005 und im Vergleich mit dem erschließbaren Potenzial zum Jahr 2020 und dem technischen Potenzial dargestellt.

Im Jahr 2009 wurden in Mecklenburg-Vorpommern 3.640 GWh **Strom aus erneuerbaren Energien** gewonnen. Dadurch wurden unter den hier angenommenen Emissionsfaktoren 2,2 Mio. t CO₂ eingespart. Für das erschließbare Potenzial zum Jahr 2020 errechnet sich eine Emissionseinsparung von 5,5 Mio. t. Bei einer angenommenen Nutzung des technischen Potenzials könnten 16,6 Mio. t CO₂ weniger emittiert werden. Aus Sicht des Klimaschutzes ist aber insbesondere der Vergleich mit dem erschließbaren Potenzial relevant.

Ohne den Einsatz der erneuerbaren Energien wären im Jahr 2009 in Mecklenburg-Vorpommern 2,45 Mio. t CO₂ mehr emittiert worden. Mit dem Ziel des Aktionsplans Klimaschutz wird eine Gesamteinsparung von 8,1 Mio. t CO₂ erreicht.

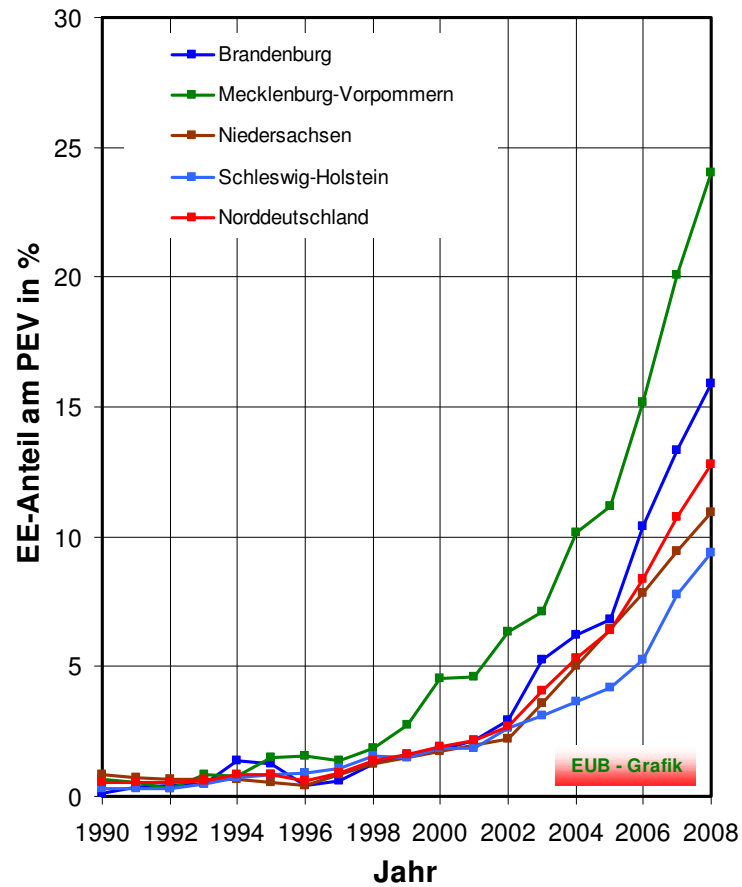
Ziel der Bundesregierung für das Jahr 2020 ist eine Reduzierung der Treibhausgasemissionen um 40 % zum Vergleichsjahr 1990. Demnach müssten die energiebedingten CO₂-Emissionen bis zum Jahr 2020 auf 9,72 Mio. t sinken. Berücksichtigt man einen seit 1995 leichten Anstieg im Primärenergieverbrauch, kann die Konstanz der CO₂-Emissionen insbesondere auf die Kompensation der erneuerbaren Energien zurückgeführt werden.

Die Entwicklung der CO₂-Emissionen ist in der Tabelle dargestellt. Die schwarze Linie im Diagramm stellt linear das Reduktionsziel von 40 % zum Jahr 1990 dar. Die blaue Linie gibt bis zum Jahr 2005 einen

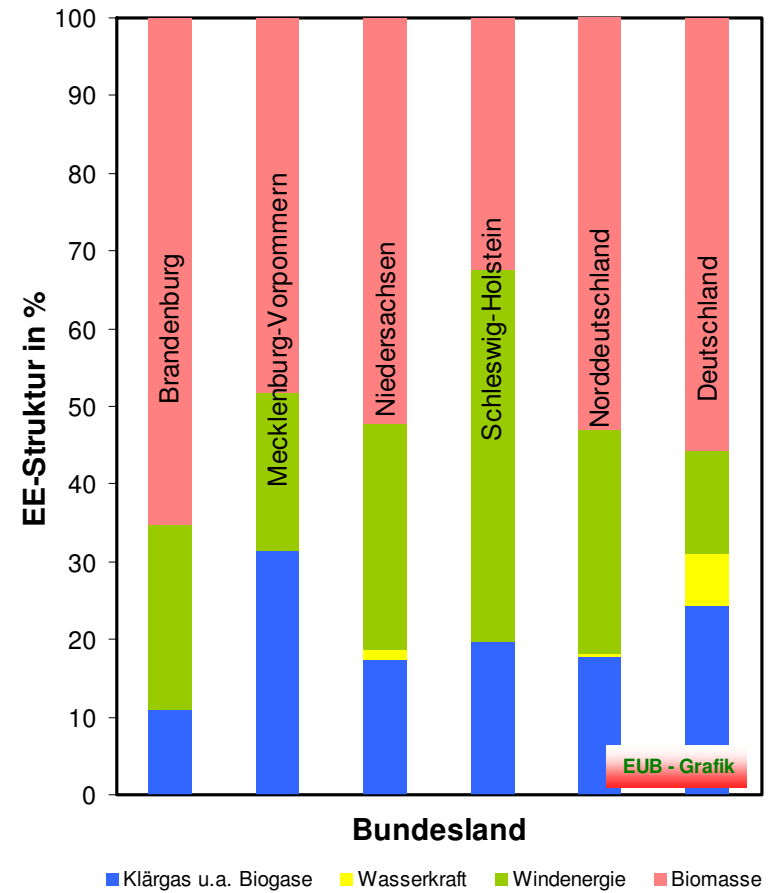
Rückblick auf die ermittelten CO₂-Emissionen in Mecklenburg-Vorpommern. Diese Retrospektive wird als blaue Linie ohne den weiteren Ausbau der Nutzung erneuerbarer Energien fortgeführt. Die rote Linie kennzeichnet die Reduktion mit den Ausbauzielen des Aktionsplans Klimaschutz. Berücksichtigt man einen weiteren Anstieg des Primärenergieverbrauchs und die Möglichkeit der Errichtung fossiler Kraftwerke, kann das Reduktionsziel nur erreicht werden, wenn die Ziele des **Aktionsplans Klimaschutz** umgesetzt werden.

In der Nutzung der erneuerbaren Energien liegt neben der Energieeinsparung und der Steigerung der Energieeffizienz der Schlüssel zur Reduzierung der energiebedingten CO₂-Emissionen. Die Entwicklung der Emissionen ist von vielfältigen Faktoren abhängig, wie z. B. von der wirtschaftlichen, der technologischen und der demographischen Entwicklung. Mecklenburg-Vorpommern exportiert seit 2004/2005 mehr Strom als es importiert. Durch die damit gesicherte Selbstversorgung und den Entwicklungspotenzialen der erneuerbaren Energien verfolgt das Land Mecklenburg-Vorpommern das CO₂-Reduktionsziel „**40plus**“.

► Vergleich mit ausgewählten Bundesländern



(Norddeutschland = Summe der betrachteten Bundesländer)



Vergleich mit anderen Bundesländern

Um den bei der Nutzung erneuerbarer Energien in Mecklenburg-Vorpommern erreichten Entwicklungsstand einordnen zu können, bietet sich ein **Vergleich mit anderen Regionen** an. Für einen solchen Vergleich eignen sich aufgrund ähnlicher äußerer Rahmenbedingungen die anderen Bundesländer (Flächenländer) und hier insbesondere diejenigen, die zudem ähnliche regionale, wirtschaftliche und naturräumliche Gegebenheiten aufweisen. Hier soll deshalb ein Bezug zu den anderen **nord-deutschen Flächenländern** Brandenburg, Schleswig-Holstein und Niedersachsen hergestellt werden.

Der Vergleich erfolgt für diese Länder hinsichtlich ihrer bisherigen Entwicklung des Erneuerbare-Energien-Anteils am Primärenergieverbrauch (PEV) und für die Energieträgerstruktur innerhalb der erneuerbaren Energien für das Jahr 2004. In diesen Vergleich werden die auf der Bundesebene bedeutendsten erneuerbaren Energien einbezogen.

Die linke Abbildung vergleicht die genannten Länder, Norddeutschland sowie die Bundesrepublik insgesamt hinsichtlich der Entwicklung ihres **Anteils der erneuerbaren Energien (EE) am Primärenergieverbrauch (PEV)**. Bis ca. 1997 war der EE-Anteil in allen Ländern annähernd gleich. Erst danach begannen insbesondere Brandenburg und Mecklenburg-Vorpommern den EE-Anteil stärker zu entwickeln. Dies begründet sich dadurch, dass in diesen Ländern bis Mitte der 1990er Jahre die grundlegende - d. h. grundlasttragende - Infrastruktur der Energieversorgung erneuert und konsolidiert wurde. Danach erfolgte der weitere Ausbau der Energieversorgungsinfrastruktur unter deutlich stärkerer Einbeziehung der Erneuerbaren Energien. Möglich war diese Entwicklung nicht zuletzt durch die fördernde Wirkung des Erneuerbare-Energien-Gesetzes (EEG).

Insgesamt ist der EE-Anteil am PEV in Mecklenburg-Vorpommern deutlich, d. h. nahezu doppelt so hoch wie in den anderen Ländern.

Dies liegt auch daran, dass Mecklenburg-Vorpommern einerseits über günstige Voraussetzungen für eine intensive Nutzung verschiedener erneuerbarer Energien verfügt, andererseits aber hat Mecklenburg-Vorpommern den mit Abstand niedrigsten PEV der betrachteten Länder. Dementsprechend sind hier mit den bereits installierten Leistungen höhere EE-Anteile am PEV erreichbar.

Gemessen an dem Anteil der erneuerbaren Energien am PEV ist die **Dynamik des EE-Ausbaus in allen betrachteten Ländern** vergleichbar. Innerhalb der erneuerbaren Energien lassen sich in den einzelnen Ländern jedoch deutlich unterschiedliche strategische Ansätze erkennen, die insbesondere den dortigen wirtschaftlichen und naturräumlichen Gegebenheiten Rechnung tragen.

Betrachtet man z. B. die EE-Entwicklung in **Schleswig-Holstein** von 1990 an, so lag bis vor wenigen Jahren eine deutliche Priorität auf dem Ausbau der Windenergienutzung. Erst seit wenigen Jahren werden auch die anderen erneuerbaren Energien - und hier insbesondere die Bioenergie - entwickelt.

Niedersachsen dagegen hat die EE-Nutzung - ausgehend von einer stark dominierenden Bioenergienutzung im Jahr 1990 - bis Mitte der 1990er Jahre hin zu einer ausgewogenen EE-Struktur entwickelt. In den Folgejahren ging dann der Biomasseanteil zugunsten der anderen erneuerbaren Energien und auch der Windenergie zurück. Seit der Mitte der 1990er Jahre ist die EE-Struktur des Landes relativ konstant (ca. 30 % Windenergie, 50 % Biomasseanteil und 20 % Anteil aller anderen im Land genutzten erneuerbaren Energien).

Mecklenburg-Vorpommern ist insofern einen Mittelweg gegangen, als in den ersten Jahren nach 1990 die Entwicklung der Windenergienutzung deutlich im Vordergrund stand. In den Jahren um 1995 gewinnt auch die Bioenergie an Bedeutung. Etwa 1997 wurde eine EE-Struktur erreicht, an der seither keine grund-

legenden Änderungen mehr zu verzeichnen waren (ca. 30 % Windenergie, 60 % Biomasseanteil und 10 % Anteil aller anderen im Land genutzten erneuerbaren Energien).

Jahr	Windenergieanteil an den Erneuerbaren Energien (PEV) in %			
	BB	M-V	NS	S-H
1990	0,0	0,0	0,0	0,0
1995	1,9	14,5	15,4	51,6
2000	26,8	32,6	37,3	73,7
2005	28,8	37,0	31,9	62,3

Jahr	Anteil aller Biogase an den Erneuerbaren Energien (PEV) in %			
	BB	M-V	NS	S-H
1990	38,7	2,0	9,2	9,5
1995	6,9	6,9	11,4	3,0
2000	18,1	14,6	8,2	9,0
2005	6,0	15,8	18,3	8,8

Die Tabelle zeigt die beschriebenen unterschiedlichen Zeitabläufe beim Ausbau der Windenergie und der Biogase.

Es ist erkennbar, dass der Ausbau der erneuerbaren Energien in Mecklenburg-Vorpommern sich vergleichbar mit den anderen Bundesländern entwickelt. Investitionen in die erneuerbaren Energien sind im starken Umfang abhängig von der Wirtschaftskraft der Region. Für Mecklenburg-Vorpommern ist es wichtig, dass der Ausbau der erneuerbaren Energien im Rahmen der wirtschaftlichen Möglichkeiten des Landes fortgesetzt wird. In den Bereichen Tiefengeothermie und der onshore-Windenergie besitzt das Land Know-how und Standortvorteile. Diese sollten noch stärker genutzt werden.

Literatur- und Quellenverzeichnis

Ministerium für Wirtschaft, Arbeit und Tourismus M-V: Aktionsplan Klimaschutz Mecklenburg-Vorpommern 2010. Schwerin. 2010.

Ministerium für Bau, Landesentwicklung und Umwelt M-V: Erneuerbare Energien. Landesatlas Mecklenburg-Vorpommern 1996. Schwerin. 1997.

Umweltministerium M-V: Erneuerbare Energien. Landesatlas Mecklenburg-Vorpommern 2002. Schwerin. 2003.

Statistisches Amt M-V (Hrsg.): Statistisches Jahrbuch Mecklenburg-Vorpommern. Statistisches Amt Mecklenburg-Vorpommern. Schwerin. Verschiedene Jahrgänge.

Statistische Ämter des Bundes und der Länder (Hrsg.): Statistik Regional. Ausgabe 2006. Mit Kreisdaten für ganz Deutschland. Wiesbaden. Verschiedene Jahrgänge.

Statistische Ämter des Bundes und der Länder (Hrsg.): Statistik Lokal. Ausgabe 2006. Mit Gemeindedaten für ganz Deutschland. Wiesbaden. Verschiedene Jahrgänge.

Statistisches Amt M-V (Hrsg.): Bevölkerungsentwicklung in Mecklenburg-Vorpommern bis 2020 (Basisjahr 2005). 3. Landesprognose (überarbeitete Fassung 2007). Statistisches Amt Mecklenburg-Vorpommern. Schwerin. 2005.

Ministerium für Wirtschaft, Arbeit und Tourismus M-V: Energiebericht des Landes Mecklenburg-Vorpommern. Wirtschaftsministerium M-V. Schwerin. Versch. Jge.

Ministerium für Wirtschaft, Arbeit und Tourismus M-V: Energieland Mecklenburg-Vorpommern 2020. Sozioökonomische Rahmendaten. Schwerin. 2007.

Ministerium für Ernährung, Landwirtschaft, Forsten und Fischerei M-V: (Bio-)Energieland M-V. Von der Vision zur Realität. Schwerin. 2006.

H.S.W. Ingenieurbüro Gesellschaft für Energie und Umwelt mbH: Potenzialabschätzung oberflächennahe Geothermie. Schriftliche Mitteilung. 2011.

Ministerium für Landwirtschaft, Umwelt und Verbraucherschutz M-V (Hrsg.): Agrarbericht 2008 des Landes M-V (Berichtsjahr 2007). Schwerin. 2008.

EUB e.V./INSTITUT: Energieszenarien für Mecklenburg-Vorpommern bis 2020 (Basisjahr 2005). Im Auftrag des Ministeriums für Wirtschaft, Arbeit und Tourismus M-V. Rostock. 2008.

Weiß, W. (Hrsg.): Mecklenburg-Vorpommern. Brücke zum Norden und Tor zum Osten. Justus Perthes Verlag. Gotha. 1996.

Ministerium für Wirtschaft, Arbeit und Tourismus M-V: Zukunftsperspektiven der maritimen Industrie in M-V (Konzept). Schwerin. 2008.

Geothermie Neubrandenburg GmbH: Möglichkeiten der Stromerzeugung aus hydrothormaler Geothermie in M-V. Im Auftrag des Wirtschaftsministeriums M-V. Neubrandenburg/Schwerin. 2003.

Ministerium für Wirtschaft, Arbeit und Tourismus M-V: Regionale Zentren der Gesundheitswirtschaft auf Basis der Thermalsolevorkommen in M-V (Kurzfassung). Schwerin. 2008.

Ministerium für Wirtschaft, Arbeit und Tourismus M-V: Abfallwirtschaftsplan M-V (AWP M-V) vom 15. April 2008. Schwerin. 2008.

Forschungsstelle für Umweltpolitik an der FU Berlin: Zukünftiger Ausbau erneuerbarer Energieträger unter besonderer Berücksichtigung der Bundesländer. Endbericht für das Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit. Berlin. 2007.

Kaltschmitt, M.; Wiese, A: Erneuerbare Energieträger in Deutschland. Potentiale und Kosten. Springer-Verlag. Berlin/Heidelberg/New York. 1993.

Universität Rostock: Innovationen für Klimaschutz und wirtschaftliche Entwicklung. 2. Rostocker Bioenergieforum

vom 29. und 30. Oktober 2008. Tagungsband. Rostock. 2008.

Kommunale Abwasserentsorgung im Land Mecklenburg-Vorpommern. Lagebericht 2005. (und vorhergehende Jahre).

Ministerium für Ernährung, Landwirtschaft, Forsten und Fischerei M-V: Vierter Forstbericht des Landes Mecklenburg-Vorpommern. Von der Vision zur Realität. Schwerin. 2006.

Energiewirtschaftliches Institut an der Universität zu Köln (Hrsg.): Energieszenarien für den Energiegipfel 2007. Endbericht. Basel/Köln. 2007.

Bundesregierung: Eckpunkte für ein integriertes Energie- und Klimaprogramm. Berlin. 2007.

BMWT/BMU: Bericht zur Umsetzung der in der Kabinettsklausur am 23./24.08.2007 in Meseberg beschlossenen Eckpunkte für ein Integriertes Energie- und Klimaprogramm. Berlin. 05.12.2007.

BMU: Erneuerbare Energien: Arbeitsplatzeffekte. Wirkungen des Ausbaus erneuerbarer Energien auf den deutschen Arbeitsmarkt. Berlin. 2006. (Follow up 2007).

Datenquellen: Zusätzlich zu den genannten Datenquellen wurde eine Vielzahl von Institutionen und Unternehmen befragt bzw. auf deren Internet-Auftritte zugegriffen, z.B.

http://www.regierung-mv.de/cms2/Regierungsportal_prod/Regierungsportal/de/start/index.jsp

http://www.statistik-mv.de/cms2/STAM_prod/STAM/de/start/index.jsp

http://www.vattenfall.de/www/trm_de/trm_de/717435eeg/717494eeg-j/806366jahre/index.jsp

<http://www.bmwi.de/BMWi/Navigation/Energie/energiestatistiken.html>

http://www.bmu.de/erneuerbare_energien/downloads/doc/2720.php

Herausgeber:
Ministerium für Wirtschaft, Arbeit und Tourismus Mecklenburg-Vorpommern
Referat 510 - Klimaschutz, Emissionshandel, Ökobilanzen
Johannes-Stelling-Str. 14 • 19053 Schwerin
Telefon: (03 85) 5 88 - 55 10
www.wm.regierung-mv.de

Weitere Exemplare sind zu beziehen bei:
Ministerium für Wirtschaft, Arbeit und Tourismus Mecklenburg- Vorpommern
Pressebüro
Johannes-Stelling-Str. 14 • 19053 Schwerin
Telefon: (03 85) 5 88 - 50 07
Telefax: (03 85) 5 88 - 58 79
E-Mail: presse@wm.mv-regierung.de

Projektbearbeitung, Text und Karten: Energie-Umwelt-Beratung e.V./Institut Rostock, www.eub-institut.de
Friedrich-Barnewitz-Straße 4c
18119 Rostock

Karten Geothermie und Thermalsole: Geothermie Neubrandenburg GmbH, Neubrandenburg
Karte Erdwärme: Kartenportal Umwelt Mecklenburg-Vorpommern (<http://www.umweltkarten.mv-regierung.de/script/>),
erreichbar auch über <http://www.lung.mv-regierung.de/insite/cms/umwelt/gis/kartenportal.htm>)

Fotonachweis:	Titel	- Ralf Kähler, Robert Huwald,
	S. 2	- EnBW
	S. 4, 27, 29	- Ralf Kähler,
	S. 9, 17	- Michael Moll,
	S. 13,	- Frank Grüttner,
	S. 19	- http://de.wikipedia.org/wiki/Wasserkraftwerk_Zuelow ,
	S. 5, 23, 35, 47	- Agentur für erneuerbare Energien,
	S. 26	- B. Boelcke, Landesforschungsanstalt für Landwirtschaft und Fischerei Mecklenburg-Vorpommern in Gülzow,
	S. 31	- http://www.biopetrol-ind.com/press_fotos_rostock.htm ,
	S. 33	- Geothermie Neubrandenburg GmbH.
	S. 37	- IHK zu Schwerin

Druck: Druck und Service GmbH Neubrandenburg

Stand: April 2011

Diese Veröffentlichung wird im Rahmen der Öffentlichkeitsarbeit des Ministeriums für Wirtschaft, Arbeit und Tourismus Mecklenburg-Vorpommern herausgegeben. Sie darf weder von Parteien noch von deren Kandidaten oder Helfern während des Wahlkampfes zum Zwecke der Wahlwerbung verwendet werden. Dies gilt für alle Wahlen. Missbräuchlich ist insbesondere die Verteilung auf Wahlveranstaltungen, an Informationsständen von Parteien sowie das Einlegen, Aufdrucken oder Aufkleben parteipolitischer Informationen oder Werbemittel. Untersagt ist auch die Weitergabe an Dritte zur Verwendung bei der Wahlwerbung. Auch ohne zeitlichen Bezug zu einer bevorstehenden Wahl darf die vorliegende Veröffentlichung nicht so verwendet werden, dass dies als Parteinahme des Herausgebers zugunsten einzelner politischer Gruppen verstanden werden kann. Diese Beschränkungen gelten unabhängig vom Vertriebsweg, also unabhängig davon, auf welchem Wege und in welcher Anzahl diese Informationen dem Empfänger zugegangen sind.

