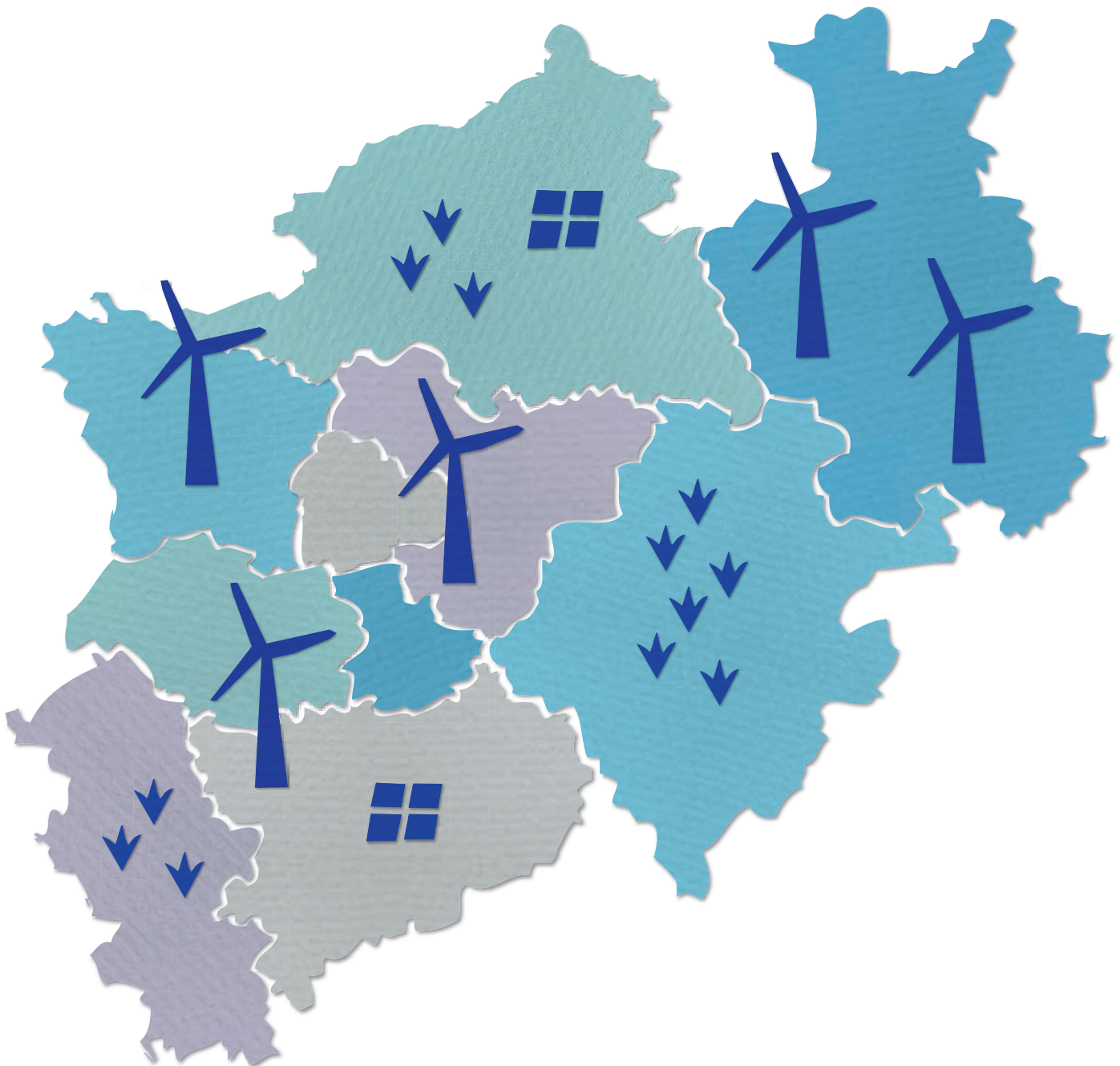


# Landschaftsarchitektur und Energiewende

Aus Politik wird Planung





# Literatur

50Hertz Transmission GmbH, Amprion GmbH, TenneT TSO GmbH, TransnetBW GmbH (2013): Netzentwicklungsplan Strom 2013. Zweiter Entwurf der Übertragungsnetzbetreiber. Berlin, Dortmund, Bayreuth, Stuttgart.

Amprion GmbH (2012): Konverter in Oserath. Hintergründe und aktueller Planungsstand. [http://www.amprion.net/sites/default/files/pdf/121025\\_Information\\_Osterath.pdf](http://www.amprion.net/sites/default/files/pdf/121025_Information_Osterath.pdf). Aufgerufen am 16.04.2014.

BINE Informationsdienst (2007): Druckluftspeicher-Kraftwerke. Projektinfo 05/07. [http://www.eti-brandenburg.de/fileadmin/user\\_upload/Energiethemen/Energiespeicherung/druckluftspeicherkraftwerke.pdf](http://www.eti-brandenburg.de/fileadmin/user_upload/Energiethemen/Energiespeicherung/druckluftspeicherkraftwerke.pdf). Aufgerufen am 16.04.2014.

Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU) & Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz (BMELV) (2009): Nationaler Biomasseaktionsplan für Deutschland. Beitrag der Biomasse für eine nachhaltige Energieversorgung. [http://www.bmelv.de/SharedDocs/Downloads/Broschueren/BiomasseaktionsplanNational.pdf?jsessionid=42182D7EBC4F2CFEE6BDDF286DA4C02D.2\\_cid358?\\_\\_blob=publicationFile](http://www.bmelv.de/SharedDocs/Downloads/Broschueren/BiomasseaktionsplanNational.pdf?jsessionid=42182D7EBC4F2CFEE6BDDF286DA4C02D.2_cid358?__blob=publicationFile). Aufgerufen am 28.01.2014.

Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU) (2011): Erneuerbare Energien – Innovationen für eine nachhaltige Energiezukunft. [http://www.ifeu.de/energie/pdf/ee\\_innovationen\\_energiezukunft\\_2012.pdf](http://www.ifeu.de/energie/pdf/ee_innovationen_energiezukunft_2012.pdf). Aufgerufen am 06.03.2014.

Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung (BMVBS) & Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung (BBSR) (2009): Klimawandelgerechte Stadtentwicklung. Rolle der bestehenden städtebaulichen Leitbilder und Instrumente. BBSR-Online-Publikation, Nr. 24/2009. [http://www.bbsr.bund.de/BBSR/DE/Veroeffentlichungen/BBSROnline/2009/DL\\_ON242009.pdf?\\_\\_blob=publicationFile&v=2](http://www.bbsr.bund.de/BBSR/DE/Veroeffentlichungen/BBSROnline/2009/DL_ON242009.pdf?__blob=publicationFile&v=2). Aufgerufen am 16.04.2014.

Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie (BMWi) (2014): Eckpunkte für die Reform des EEG. <https://www.bmwi.de/BMWi/Redaktion/PDF/E/eeg-reform-eckpunkte,property=pdf,bereich=bmwi2012,sprache=de,rwb=true.pdf>. Aufgerufen am 16.04.2014.

Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie (BMWi) (2014a): Zweiter Monitoring-Bericht „Energie der Zukunft“. <http://www.bmwi.de/BMWi/Redaktion/PDF/Publikationen/zweiter-monitoring-bericht-energie-der-zukunft,property=pdf,bereich=bmwi2012,sprache=de,rwb=true.pdf>. Aufgerufen am 16.04.2014.

Bundesregierung (2008): Deutsche Anpassungsstrategie an den Klimawandel. [http://www.bmub.bund.de/fileadmin/bmu-import/files/pdfs/allgemein/application/pdf/das\\_gesamt\\_bf.pdf](http://www.bmub.bund.de/fileadmin/bmu-import/files/pdfs/allgemein/application/pdf/das_gesamt_bf.pdf). Aufgerufen am 07.03.2014.

Bundesregierung (2010): Energiekonzept für eine umweltschonende, zuverlässige und bezahlbare Energieversorgung. [http://www.bundesregierung.de/ContentArchiv/DE/Archiv17/\\_Anlagen/2012/02/energiekonzept-final.pdf?\\_\\_blob=publicationFile&v=5](http://www.bundesregierung.de/ContentArchiv/DE/Archiv17/_Anlagen/2012/02/energiekonzept-final.pdf?__blob=publicationFile&v=5). Aufgerufen am 16.04.2014.

Bundesregierung (2012): Gesetzespaket im Überblick. <http://www.bundesregierung.de/ContentArchiv/DE/Archiv17/Artikel/2012/06/2012-06-04-artikel-hintergrund-energiewende-gesetzespaket.html>. Aufgerufen am 16.04.2014.

Bundesregierung (2013): Deutschlands Zukunft gestalten. Koalitionsvertrag zwischen CDU, CSU und SPD. 18. Legislaturperiode. [http://www.bundesregierung.de/Content/DE/\\_Anlagen/2013/2013-12-17-koalitionsvertrag.pdf;jsessionid=3EDC77965378F1A6EA16ABCEA093AC80.s2t1?\\_\\_blob=publicationFile&v=2](http://www.bundesregierung.de/Content/DE/_Anlagen/2013/2013-12-17-koalitionsvertrag.pdf;jsessionid=3EDC77965378F1A6EA16ABCEA093AC80.s2t1?__blob=publicationFile&v=2). Aufgerufen am 29.01.2014.

Deutsche Energie-Agentur (dena) (2010): Netzstudie II. Integration erneuerbarer Energie in die deutsche Stromversorgung im Zeitraum 2015–2020 mit Ausblick 2025. [http://www.dena.de/fileadmin/user\\_upload/Publikationen/Erneuerbare/Dokumente/Ergebniszusammenfassung\\_dena-Netzstudie.pdf](http://www.dena.de/fileadmin/user_upload/Publikationen/Erneuerbare/Dokumente/Ergebniszusammenfassung_dena-Netzstudie.pdf). Aufgerufen am 27.01.2014.

Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR), Institut für Energie- und Umweltforschung (ifeu), Wuppertal Institut für Klima, Umwelt und Energie (2004): Ökologisch optimierter Ausbau der Nutzung erneuerbarer Energien in Deutschland. Forschungsvorhaben im Auftrag des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit. [https://ifeu.de/landwirtschaft/pdf/Oekologisch\\_optimierter\\_Ausbau\\_Langfassung.pdf](https://ifeu.de/landwirtschaft/pdf/Oekologisch_optimierter_Ausbau_Langfassung.pdf). Aufgerufen am 27.01.2014.

EnergieAgentur.NRW (2014): Fakten zur Bioenergie in NRW. <http://www.energieagentur.nrw.de/biomasse/fakten-zur-bioenergie-in-nrw-23965.asp>. Aufgerufen am 16.04.2014.  
Fthenakis, V., Kim, H.C. (2009): Land use and electricity generation: A life-cycle analysis. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 13(6-7): 1465-1474.

Gesellschaft für Freilandökologie und Naturschutzplanung (GFN) & Zentrum für Sonnenenergie- und Wasserstoff-Forschung Baden-Württemberg (ZSW) (2011): Auswirkungen der Ausbauziele zu den Erneuerbaren Energien auf Naturschutz und Landschaft. [http://www.bfn.de/fileadmin/MDB/documents/themen/erneuerbarer-energien/Publikationen\\_FuE/endbericht\\_regionale\\_auswirk\\_ee.pdf](http://www.bfn.de/fileadmin/MDB/documents/themen/erneuerbarer-energien/Publikationen_FuE/endbericht_regionale_auswirk_ee.pdf). Aufgerufen am 16.04.2014.

# Vorwort



Der Schutz des Klimas ist zu einem zentralen gesellschaftlichen Thema und zu einer wichtigen gesellschaftlichen Aufgabe geworden. Die Energiewende stellt das größte Modernisierungs- und Infrastrukturprojekt der kommenden Jahrzehnte dar. Um eine sichere und nachhaltige Energieversorgung zu gewährleisten, müssen neue Anlagen zur Erzeugung von Energie aus Wind, Sonne, Wasser und Biogas errichtet, Einrichtungen zu ihrer Speicherung entwickelt und die Netze zum Transport der Energie ausgebaut werden. Hierzu bedarf es der Erarbeitung eines überzeugenden Gesamtkonzepts unter Beteiligung verschiedener Fachdisziplinen.

Um eine fundierte Grundlage für die notwendige fachliche Diskussion zu schaffen, hat die Architektenkammer Nordrhein-Westfalen mit Unterstützung des „Wuppertal Instituts für Klima, Umwelt, Energie“ die politischen Vorgaben, die technologischen Ansätze und die zu erwartenden landschaftsrelevanten Auswirkungen der Energiewende untersucht und zusammengefasst.

Im Vergleich mit der Ausbeutung fossiler Energieträger im Über- und Untertagebergbau führt die Nutzung regenerativer Energien nicht zu grundlegend neuen Landschaften. Gleichwohl haben Wind- und Solarparks schon heute vielerorts das Landschaftsbild verändert; eine Entwicklung, die in der Öffentlichkeit und in der Fachwelt sensibel aufgenommen und zunehmend kontrovers diskutiert wird. Dies gilt auch für Nordrhein-Westfalen, dessen Landschaftsräume der Agrarwirtschaft, aber auch der Erholung und dem Tourismus dienen.

Die Integration von Anlagen und Einrichtungen zur Gewinnung und Verteilung regenerativer Energie muss daher sorgfältig abgewogen und qualitativ geplant werden. Architekten und Stadtplaner, vor allem aber Landschaftsarchitektinnen und Landschaftsarchitekten sind aufgrund ihrer Ausbildung, ihrer Berufsfelder und den ihnen zur Verfügung stehenden Planungsinstrumentarien in der Lage, diese für die Umsetzung der Energiewende und für ihre Akzeptanz in der Gesellschaft wichtigen Gestaltungsaufgaben verantwortungsvoll zu übernehmen.

Der Klimawandel ist eine große Herausforderung für unsere Gesellschaft. Wir haben die Aufgabe, die Konsequenzen für die Freiraumplanung daraus zu ziehen. Eine Aufgabe, die wir aktiv annehmen und gestalten wollen.

Es grüßt Sie herzlich  
Ihr

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'Uhing', written over a light blue circular stamp.

Ernst Uhing  
Präsident der Architektenkammer Nordrhein-Westfalen



# Inhalt

<b>Energiewende und Landschaftsarchitektur</b> .....	4
Begriffsbestimmung: Energiewende, Klimaschutz und Klimaanpassung .....	6
Politische Vorgaben auf Bundesebene .....	7
Energiewende und Klimaschutz in NRW .....	8
<b>Raumbedeutsame Technologien der Energiewende</b> .....	10
Energieerzeugung .....	14
Energiespeicherung .....	18
Energieübertragung und -verteilung .....	20
<b>Auswirkungen der Energiewende auf Natur und Landschaft</b> .....	22
Flächeninanspruchnahme von Energieanlagen .....	27
Auswirkungen auf Ökosysteme .....	28
Auswirkungen auf das Landschaftsbild und die Baukultur .....	32
Exkurs: Auswirkungen von Klimaveränderungen und Anpassungsmaßnahmen .....	36
<b>Instrumente und Strategien der Landschaftsarchitektur</b> .....	38
(Planungs-) Rechtlicher Rahmen .....	40
Planerische Strategien zur Gestaltung der Energiewende im Siedlungsraum (Innenbereich) .....	43
Planerische Strategien zur Gestaltung der Energiewende im Freiraum (Außenbereich) .....	44
<b>Impressum</b> .....	48
<b>Zusammenfassende Thesen</b> .....	Umschlag
<b>Literatur</b> .....	Umschlag Innenseite

# Energiewende und Landschaftsarchitektur

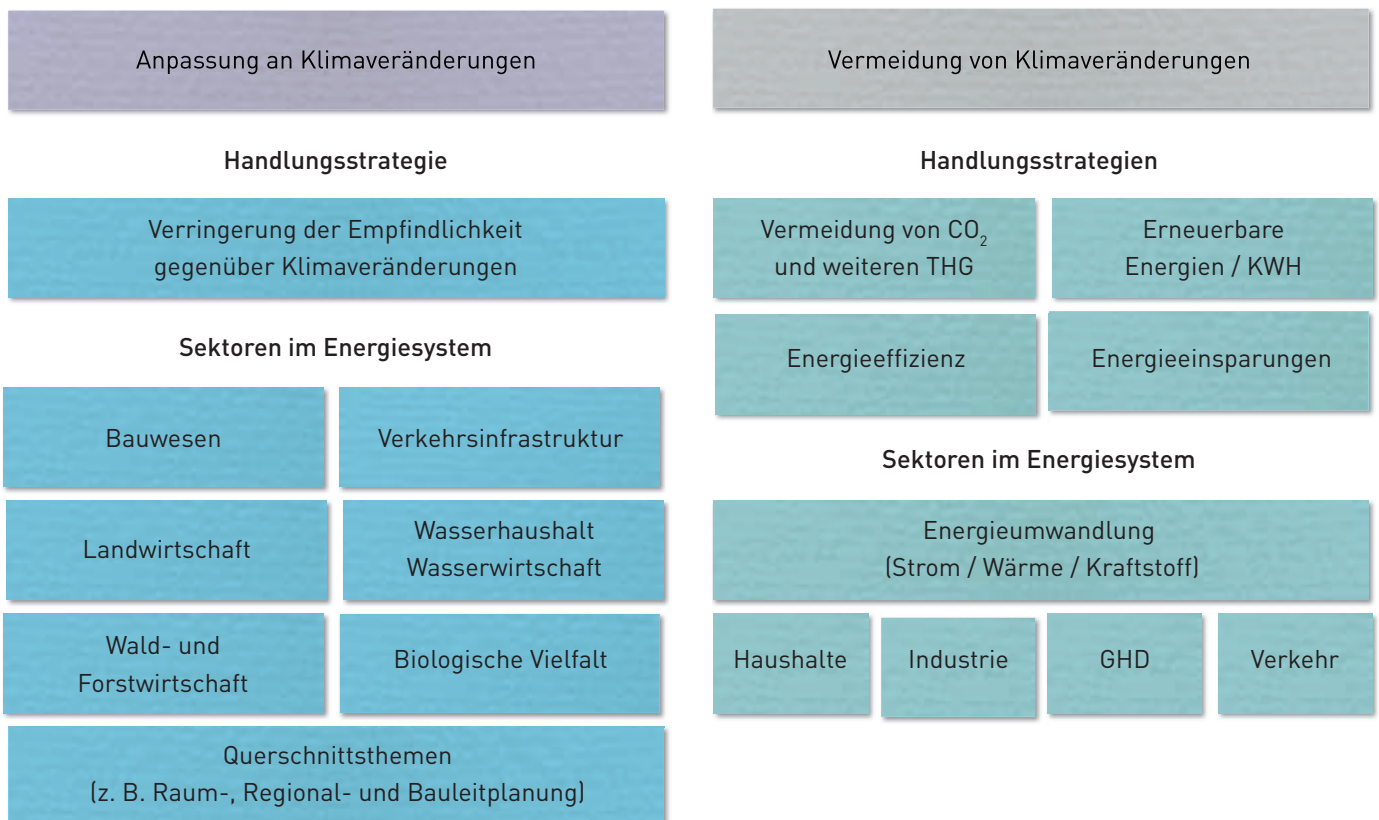


Die Energiewende ist ein zentrales umwelt- und energiepolitisches Ziel in der Bundesrepublik Deutschland. Mit der Energiewende soll der Aufbruch in ein neues Energiezeitalter gelingen. Wesentliche Treiber dafür sind der Klimaschutz und die Aufrechterhaltung der Versorgungssicherheit angesichts begrenzter fossiler Energierohstoffe. Erneuerbare Energien und Klimaschutzmaßnahmen durchdringen dabei bereits jetzt zunehmend verschiedenste Lebensbereiche. Dabei geht es um weit mehr als um ein Austauschen (z. B. Atomkraftwerk gegen Windpark oder Solarkraftwerk) und Vernetzen großer Infrastrukturen (Netzausbauplanungen, Virtuelle Kraftwerke). Die Lebensräume, also vor allem die Städte mit ihren Quartieren, Grün- und Freiräumen und insbesondere der Landschaftsraum, werden sich verändern und anpassen.

Dieses Positionspapier zeigt die zentralen Handlungsfelder und Gestaltungsmöglichkeiten der Landschaftsplanung im Bereich der Energiewende und des Klimaschutzes auf. Die Ausführungen konzentrieren sich auf Aspekte der Energiewende im suburbanen und ländlichen Raum, die für den Freiraum und die Planung von Landschaftsräumen relevant sind – ohne die Herausforderungen in Architektur und Städtebau zu verkennen.

## Abbildung 1

Handlungsstrategien und -felder zu den Herausforderungen des Klimawandels





# Begriffsbestimmung: Energiewende, Klimaschutz und Klimaanpassung



Hochspannungsleitung an der  
„Erzbahntrasse“ bei Herne-Wanne  
Foto: Karl-Heinz Danielzik, Duisburg

Energiewende, Klimaschutz und Klimaanpassung sind Begriffe, die im gesellschaftspolitischen und wissenschaftlichen Diskurs oftmals in enger Verknüpfung verwendet werden. Der übergeordnete Hintergrund dieser Themen ist der globale Klimawandel in Folge anthropogen verursachter Treibhausgasemissionen mit den damit in Verbindung stehenden Auswirkungen auf gesellschaftliche und natürliche Systeme. Prinzipiell werden zwei Strategien unterschieden, mit denen auf die Herausforderungen des Klimawandels reagiert werden kann: die Anpassung an Klimaveränderungen (Adaptation) und die Vermeidung von Klimaveränderungen (Klimaschutz, Mitigation – Abbildung 1).

Die erste Strategie umfasst die Anpassung an prognostizierte und nicht oder kaum mehr vermeidbare Klimaveränderungen wie die Zunahme der Häufigkeit und Intensität von Extremwetterereignissen (beispielsweise Hitzewellen, Starkregen und Hochwasser), die in zunehmendem Maße auch in Nordrhein-Westfalen auftreten. Maßnahmen im Bereich Klimaanpassung haben das Ziel, die Empfindlichkeit gesellschaftlicher und natürlicher Systeme gegenüber Klimaveränderungen zu verringern. In der deutschen Anpassungsstrategie an den Klimawandel werden unterschiedliche Handlungsfelder identifiziert, in denen entsprechende Maßnahmen und Initiativen umgesetzt werden sollen, wie beispielsweise die Bereiche Bauwesen, Verkehrsinfrastruktur und Landwirtschaft (Bundesregierung 2008). Insbesondere im Querschnittsthema der Raum-, Regional- und Bauleitplanung werden verschiedene freiraumbezogene Anpassungsmaßnahmen wie etwa die Schaffung von Retentionsräumen und Freiluftschneisen realisiert. Dies verdeutlicht, dass es sich bei der Klimaanpassung um ein Handlungsfeld mit Relevanz für die Landschaftsplanung handelt, welches jedoch im Hinblick auf Strategieziele und die Art der Maßnahmen und Initiativen von der Energiewende thematisch abzugrenzen ist.

Strategien zur Vermeidung von Klimaveränderungen haben die Reduktion von Treibhausgasemissionen (insbesondere CO<sub>2</sub>) zum Ziel. Dies kann über die Substitution fossiler durch erneuerbare Energien, Maßnahmen zur Steigerung der Energieeffizienz und durch Energieeinsparungen in den verschiedenen Sektoren des Energiesystems (Energieumwandlung, Haushalte, Gewerbe, Handel, Dienstleistungen, Industrie, Verkehr) erreicht werden. Weitere Maßnahmen zur Reduktion von Treibhausgas (THG)-Emissionen können beispielsweise auf den Erhalt von Wäldern abzielen oder die THG-Emissionen in der Landwirtschaft betreffen (beispielsweise Methanausstoß von Nutztieren, klimarelevante Folgen der Bewirtschaftung landwirtschaftlicher Böden).

Der Schutz des globalen Klimas ist eine wesentliche Antriebsfeder der Energiewende. Unter der Energiewende wird dabei der umfassende Prozess der klimafreundlichen Transformation der Energieversorgung verstanden. Ein wesentlicher

Aspekt ist der Ausbau erneuerbarer Energien in den Bereichen Strom, Wärme und Kraftstoffe. Neben dem Ausbau von klimafreundlichen Energieerzeugungsanlagen sind auch Maßnahmen auf der Nachfrageseite des Energiesystems zur Steigerung der Energieeffizienz und zu Energieeinsparungen wesentliche Bestandteile der Energiewende. Derzeit entstehen rund 83 Prozent der Treibhausgasemissionen der Bundesrepublik Deutschland im Bereich der Energieversorgung (Umweltbundesamt 2013). Die Energiewende ist daher von zentraler Bedeutung für den Klimaschutz. Zugleich trägt die Energiewende zur Innovationsdynamik im Bereich neuer Energietechnologien sowie bei vor- und nachgelagerten Branchen bei, stärkt die Exportchancen in diesen Wirtschaftsbereichen und hat positive regionalwirtschaftliche Effekte.

Aus Sicht der Landschaftsplanung stehen bei der Energiewende die Aspekte im Vordergrund, die aufgrund ihrer Raumwirksamkeit und Bedeutung für den Freiraum landschaftsrelevant sind und mit Planungsinstrumenten beeinflusst werden können. Dabei handelt es sich im Wesentlichen um Anlagen der erneuerbaren Energieerzeugung sowie die Technologien für deren Systemintegration (Netzinfrastruktur und Speichertechnologien). Von besonderer Bedeutung sind hierbei Technologien der klimafreundlichen Stromerzeugung, da Technologien der (erneuerbaren) Wärmeerzeugung wie beispielsweise Solarthermieanlagen und Wärmepumpen in erster Linie dezentrale, gebäudebezogene oder siedlungsnaher Konzepte sind, die keine große Raumwirksamkeit aufweisen. Die landschaftsrelevanten Aspekte der Klimaanpassung stehen nicht im Fokus der nachfolgenden Ausführungen, da sie kein direktes Handlungsfeld der Energiewende sind. Sie werden aber aufgrund ihrer Relevanz für die Landschaftsplanung und der thematischen Nähe zum Klimaschutz mit angesprochen.

## Politische Vorgaben auf Bundesebene

Die Leitmarke der weltweiten Klimaschutzbemühungen ist die Begrenzung der globalen Erwärmung auf maximal zwei Grad Celsius im Vergleich zum vorindustriellen Niveau. Deutschland beabsichtigt, dafür die Treibhausgas-Emissionen im Vergleich zu 1990 um 80 – 95 Prozent bis zum Jahr 2050 zu senken. Dafür soll der Primärenergieverbrauch im Vergleich zum heutigen Niveau bis 2050 um 50 Prozent und der Bruttostromverbrauch um 25 Prozent verringert werden. Die erneuerbaren Energien sollen bis dahin 60 Prozent des Bruttoendenergieverbrauchs (2012: 12,4 Prozent) und mindestens 80 Prozent des Bruttostromverbrauchs (2012: 23,6 Prozent) bereitstellen (BMWi 2014).

Zur Erfüllung der Ziele der Energiewende und des Klimaschutzes stellte die Bundesregierung im Jahr 2010 ihr Energiekonzept vor, das zentrale Leitlinien für eine umweltschonende, zuverlässige und finanzierbare Energieversorgung bis zum Jahr 2050 darlegt. Neben dem Ausbau erneuerbarer Energien werden dabei insbesondere die Verbesserung der Energieeffizienz, die Schaffung einer

leistungsfähigen Netzinfrastruktur und die energetische Gebäudesanierung bzw. energieeffizientes Bauen als tragende Säulen der Energiewende benannt (Bundesregierung 2010). Im Sommer 2011 wurde das Energiekonzept mit einem Gesetzespaket zur Energiewende hinterlegt. Mit diesen Gesetzen werden wesentliche Strategien des Energiekonzepts sowie der 2011 beschlossene Atomausstieg bis zum Jahr 2022 umgesetzt (Bundesregierung 2012). Auch nach der Bundestagswahl im Jahr 2013 wurde im Koalitionsvertrag von CDU, CSU und SPD der Wille bekräftigt, die internationalen wie auch nationalen Ziele zum Schutz des Klimas einzuhalten und mit einem stetig anwachsenden Anteil an erneuerbaren Energien die Entwicklung zu einer Energieversorgung ohne Atomenergie konsequent und planvoll fortzuführen (Bundesregierung 2013). Wichtige Themen der Energiewende auf Bundesebene sind derzeit neben einer Neuausrichtung der Förderung erneuerbarer Energien (Festlegung von Ausbaukorridoren, zunehmende Marktintegration) weiterhin die Steigerung der Energieeffizienz sowie der Netzausbau (BMWi 2014).

Zusätzlich zu den Bundesgesetzen wird die Energiewende durch Gesetze und Maßnahmen sowohl auf europäischer Ebene (beispielsweise Emissionshandel und Ökodesignrichtlinie für effiziente Elektrogeräte) als auch auf der Ebene der Länder und Kommunen forciert. Nachfolgend wird der landespolitische Rahmen der Energiewende und des Klimaschutzes in Nordrhein-Westfalen beschrieben.

## Energiewende und Klimaschutz in NRW

Nordrhein-Westfalen ist das Energie- und Industrieland Nummer eins in Deutschland. In Nordrhein-Westfalen wird etwa ein Drittel aller in Deutschland ausgestoßenen Treibhausgase emittiert, ungefähr 30 Prozent des in der Bundesrepublik benötigten Stroms werden hier erzeugt, und nahezu ein Viertel der Endenergie Deutschlands wird in Nordrhein-Westfalen verbraucht (MKULNV NRW 2012). Das Land hat daher eine große Bedeutung für die Erreichung nationaler und europäischer Klimaschutzziele und beabsichtigt, eine Vorreiterrolle für den Klimaschutz und die Energiewende einzunehmen. Zu den Zielen des Landes in den Bereichen Energieversorgung und Klimaschutz heißt es dementsprechend im Koalitionsvertrag 2012-2017 der nordrhein-westfälischen SPD und von Bündnis90/Die Grünen NRW (2012):

**„NRW hat eine besondere Verantwortung für das Gelingen der Energiewende und das Erreichen der Klimaschutzziele. Wir wollen, dass das Energie- und Industrieland NRW mit zahlreichen energieintensiven Unternehmen, als größter Kraftwerksstandort und Stromlieferant, und als Innovationsschmiede für Produkte und Prozesse gestärkt wird. Klimaschutz und Energiewende sind zentrale Themen, die den notwendigen Umbau des Wirtschaftsstandorts NRW prägen werden.“**

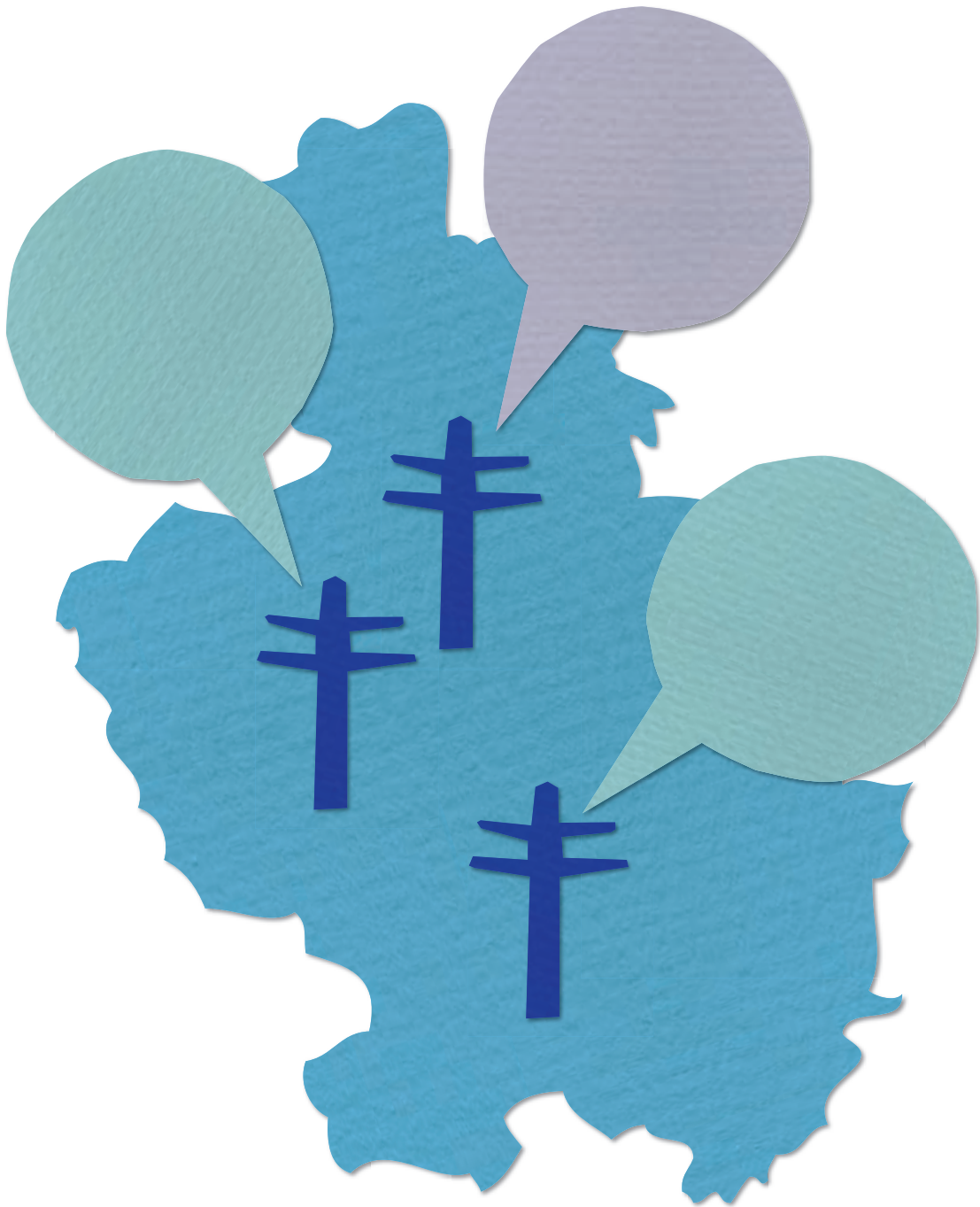
Das zentrale Element der Klimaschutz- und Energiepolitik des Landes Nordrhein-Westfalen ist das Klimaschutzgesetz, welches vom Landtag am 23. Januar 2013 verabschiedet wurde. Damit ist Nordrhein-Westfalen das erste deutsche Bundesland mit gesetzlich verbindlichen Zielen für die Reduktion von Treibhausgasen. Die Gesamtsumme der klimaschädlichen Treibhausgasemissionen in Nordrhein-Westfalen soll demnach bis zum Jahr 2020 um mindestens 25 Prozent und bis zum Jahr 2050 um mindestens 80 Prozent im Vergleich zu den Gesamtemissionen des Jahres 1990 reduziert werden. Damit diese Vorgaben umgesetzt werden können, erstellt die Landesregierung auf der Grundlage eines breit angelegten Dialog- und Beteiligungsverfahrens einen Klimaschutzplan. Darin werden konkrete Strategien und Maßnahmen zur Erreichung der Klimaschutzziele und zur Begrenzung der negativen Auswirkungen von Klimaveränderungen festgelegt. Nach Beschluss durch den Landtag soll der Klimaschutzplan erstmals im Jahr 2014 vorliegen und danach alle fünf Jahre fortgeschrieben werden (MKULNV NRW 2012a).

Aus Sicht der Landschaftsplanung und Landschaftsarchitektur sind insbesondere die den (Frei-) Raum betreffenden Maßnahmen und Strategien des Klimaschutzplans im Bereich der Energieversorgung von Bedeutung. Dies betrifft vor allem rechtliche, informative und finanzielle Instrumente zur Förderung des Ausbaus erneuerbarer Energien. Das Klimaschutzgesetz legt dabei fest, dass eine Umsetzung raumbezogener Maßnahmen über die Raumordnung erfolgen soll. Diese kann einen wichtigen Beitrag zum Klimaschutz leisten, indem sie auf die räumliche Ordnung der Energieprozesskette von der Erzeugung über den Transport zum Endverbrauch einwirkt. Die Voraussetzungen dafür, dass raumbezogene Festlegungen des Klimaschutzplans umgesetzt werden können, sollen im Landesentwicklungsplan über raumordnerische Ziele und Grundsätze geschaffen werden.

Neben dem Klimaschutzgesetz und Klimaschutzplan ist das sogenannte KlimaschutzStartProgramm ein weiterer wichtiger Baustein der Klima- und Energiepolitik des Landes Nordrhein-Westfalen. Im Rahmen dieses Programms hat das Land bereits vor dem Beschluss des Klimaschutzgesetzes und der Erstellung des Klimaschutzplans zentrale Klimaschutzmaßnahmen umgesetzt. Beispiele für Maßnahmen zur Unterstützung der Energiewende sind die Einrichtung einer Informations- und Beratungsplattform EnergieDialog.NRW und die Verabschiedung eines neuen Windenergieerlasses (MKULNV NRW 2011).

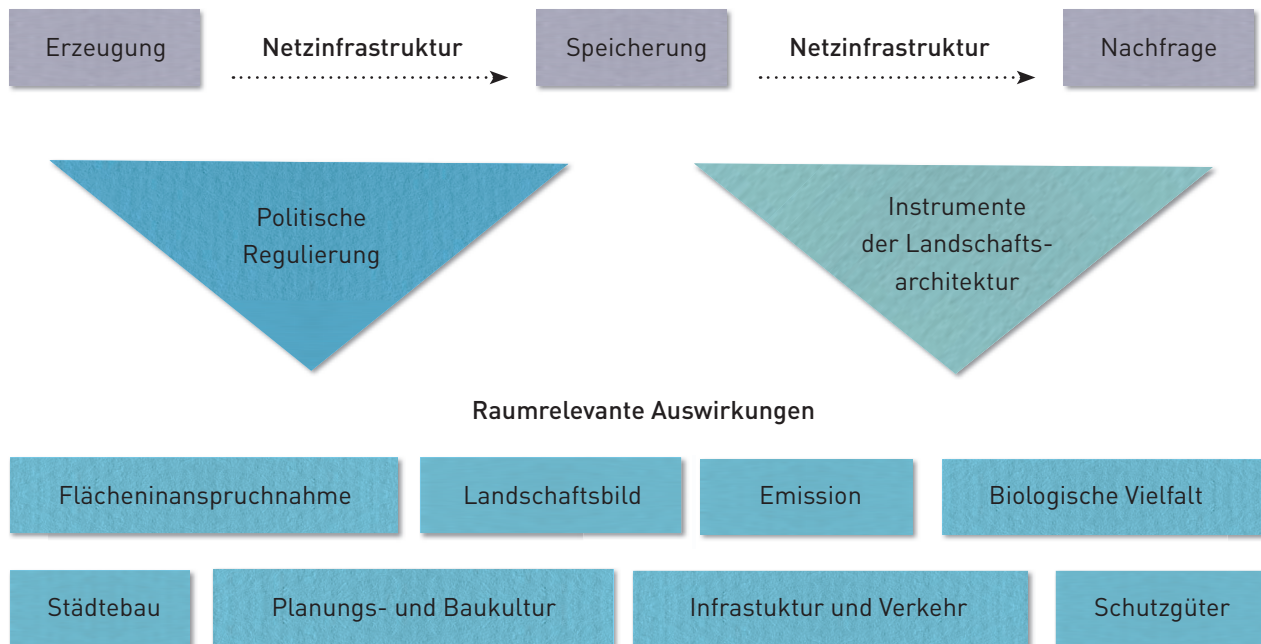
Auch auf regionaler Ebene in den Städten und Gemeinden des Landes Nordrhein-Westfalen existieren zahlreiche Initiativen und Maßnahmen für den Klimaschutz und die Energiewende. Viele Kommunen haben eigene Energieversorgungs- und Klimaschutzkonzepte entwickelt. Bei den kommunalen Klimaschutzkonzepten handelt es sich um eigene Klimaschutzaktivitäten von Städten, Gemeinden und Kreisen, welche die örtlichen Möglichkeiten zu Klimaschutz und Klimaanpassung aufzeigen und entsprechende Maßnahmen vorschlagen. Sie werden von der Landesregierung als ein wichtiges Element zu Erreichung der landesweiten Klimaschutzziele betrachtet.

# Raumbedeutsame Technologien der Energiewende



## Abbildung 2

Prozesskette der erneuerbaren Energieversorgung und deren raumrelevante Auswirkungen



Raumbedeutsame Technologien für die Energiewende können in die drei Kategorien Energieerzeugung, Energiespeicherung und Netzinfrastruktur untergliedert werden<sup>1</sup>. Es handelt sich um zentrale Segmente der Energieprozesskette, welche für die Energieversorgung der Endverbraucher benötigt werden. Aufgrund ihrer hohen Raumwirksamkeit und zentralen Bedeutung für die Umsetzung der Energiewende stehen bei der Energieerzeugung die Technologien zur Nutzung erneuerbarer Energien im Mittelpunkt der Betrachtung. Speichertechnologien und Netzinfrastruktur werden für die Systemintegration erneuerbarer Energien benötigt, wobei Speicher im Wesentlichen den Ausgleich zeitlicher Schwankungen von Energieangebot und -bedarf leisten und Netze der Zusammenschaltung räumlich ungleich verteilter Erzeugungsanlagen und Endverbraucher dienen.

Entlang der Energieprozesskette entstehen Wechselwirkungen mit der Raumstruktur (Siedlungsraum und Freiraum). Die notwendigen Energieanlagen nehmen Flächen in Anspruch und verändern das Landschaftsbild. Daneben sind Auswirkungen auf die biologische Vielfalt und die Planungs- und Baukultur zu erwarten. Durch politische Regulierung sowie die Instrumente der Landschaftsarchitektur kann planerisch Einfluss auf die (frei-) raumbezogenen Auswirkungen der Energietechnologien genommen werden (vgl. Abbildung 2).

<sup>1</sup>Auf der Nachfrageseite sind Maßnahmen zur Steigerung der Energieeffizienz und von Energieeinsparungen von Bedeutung, die jedoch keine direkte Raumwirksamkeit aufweisen. Effizienzsteigerungen bei Endgeräten können beispielsweise aber zu einer Minderung des Bedarfs nach flächenintensiver (erneuerbarer) Energieerzeugungskapazität führen – und stehen damit indirekt in Beziehung zum Raum.

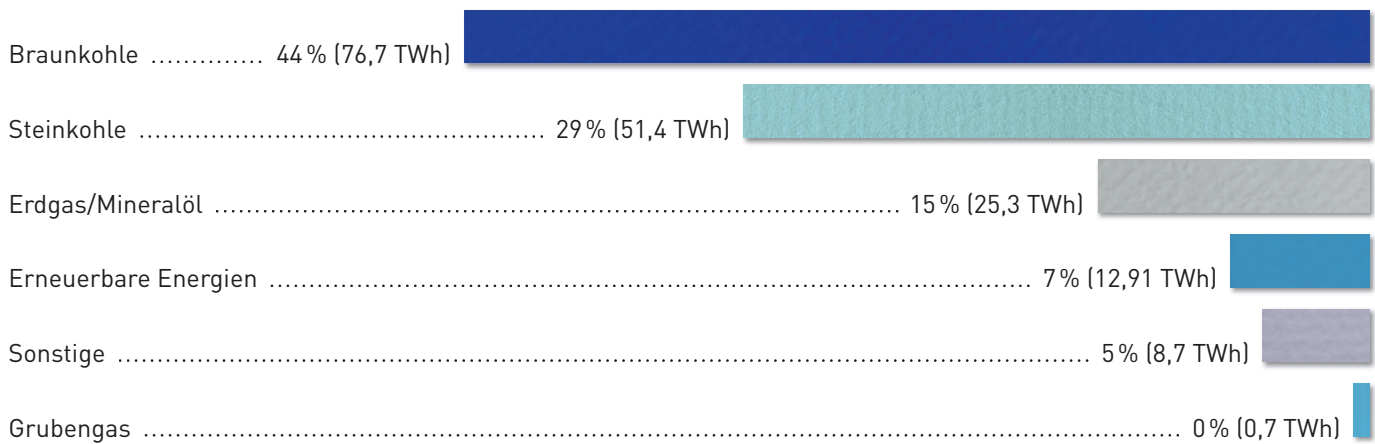


Im Jahr 2011 lag der Anteil erneuerbarer Energien an der gesamten Stromerzeugung (ca. 175,7 TWh/a) in Nordrhein-Westfalen bei rund sieben Prozent (ca. 12,91 TWh/a). Etwa 73 Prozent der Stromerzeugung des Landes beruhten zu diesem Zeitpunkt auf Braun- und Steinkohle (MKULNV NRW 2012) (Abbildung 3).

Die erneuerbare Stromerzeugung des Landes (ohne Grubengas) stieg zwischen den Jahren 2010 und 2011 von 10,5 auf 12,9 TWh um rund 23 Prozent an. Einen großen Bedeutungszuwachs hat dabei vor allem die Stromproduktion aus Windenergie, Photovoltaik und Biomasse verzeichnet (IWR 2012). Bioenergie und Windenergie sind die mengenmäßig bedeutendsten erneuerbaren Energien in Nordrhein-Westfalen mit einem Anteil von zusammen rund 79 Prozent (insgesamt 10,3 TWh) an der erneuerbaren Stromerzeugung<sup>2</sup> (Abbildung 4).

### Abbildung 3

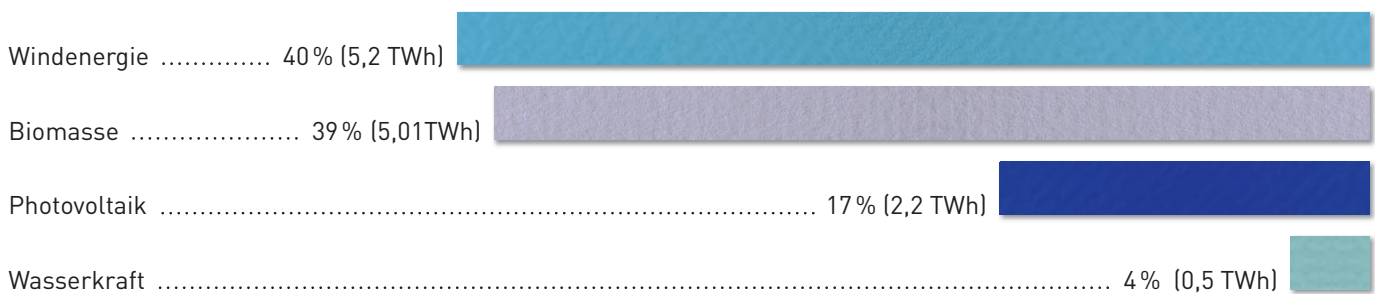
Brutto-Stromerzeugung (TWh) in NRW 2011



(eigene Darstellung auf Grundlage von MKULNV 2012b)

### Abbildung 4

Brutto-Stromerzeugung (TWh) auf Basis erneuerbarer Energien in NRW 2011

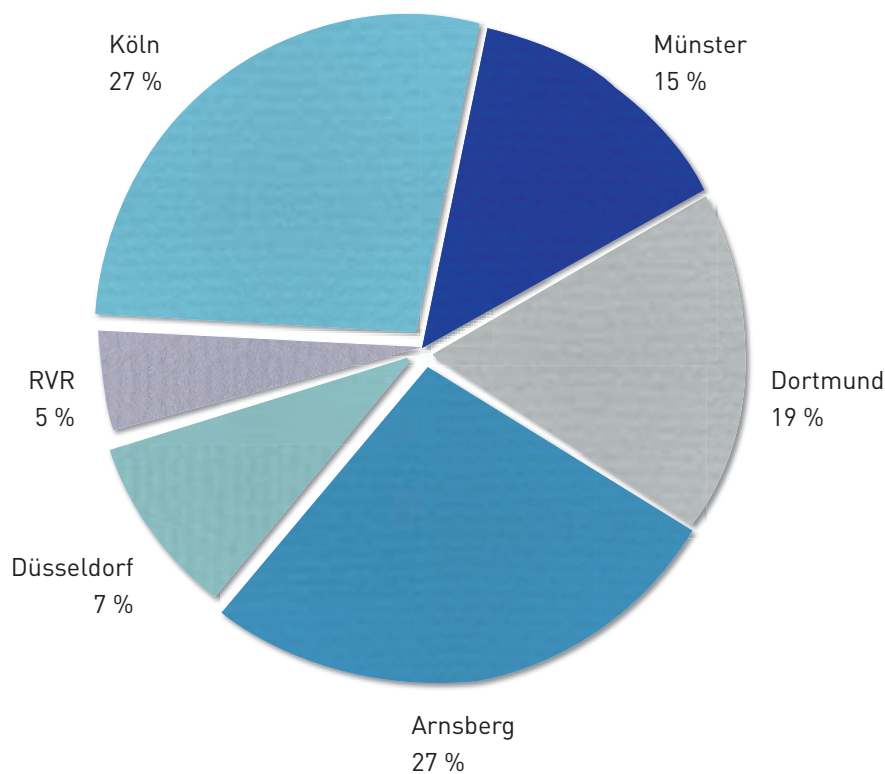


(eigene Darstellung auf Grundlage von MKULNV 2012b)

Im Folgenden werden die Energietechnologien mit Relevanz für die Landschaftsarchitektur beschrieben und ihre Potenziale dargestellt. Der Fokus liegt dabei nicht auf den technologischen und ökonomischen Eigenschaften. Derartige Ausführungen finden sich bereits in einer Vielzahl anderer Veröffentlichungen (beispielsweise BMU 2011: Erneuerbare Energien – Innovationen für eine nachhaltige Energiezukunft). Vielmehr wird hier insbesondere die landschaftsplanerische Relevanz der Energietechnologien erläutert, die sich vor allem aus den raumbezogenen Eigenschaften und Auswirkungen der einzelnen Technologien auf den Freiraum ergibt. Die mit den hier dargestellten Energietechnologien verbundenen Auswirkungen auf Natur und Landschaft werden im Kapitel 4 vertiefend beschrieben.

## Abbildung 5

Anteile der Nettostrompotenziale in den Planungsregionen am Gesamtpotenzial von 71 TWh/a (LANUV 2012)



<sup>2</sup>Das Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz NRW (LANUV) untersucht derzeit die Ausbaupotenziale erneuerbarer Energien in Nordrhein-Westfalen und deren regionale Schwerpunkte. Im Rahmen der „Potenzialstudie Erneuerbare Energien NRW“ wurden bereits die Potenziale für Windenergie und Solarenergie ermittelt. Die Studien für Bioenergie, Geothermie und Wasserkraft folgen sukzessive.



# Energieerzeugung

## Solarenergie

Sonnenenergie kann in unterschiedlicher Form energetisch genutzt werden. Über thermische Solaranlagen kann mit Kollektoren die Energie der Sonnenstrahlung zur Wärmeerzeugung für die Raumwärme- und Warmwasserbereitstellung verwendet werden. Bei den entsprechenden Anlagen handelt es sich in der Regel um gebäudebezogene Konzepte geringer Größe. Aus Sicht der Landschaftsplanung sind in erster Linie große Photovoltaik-Freiflächenanlagen von Bedeutung. Bei diesen Solarkraftwerken handelt es sich um in langen Reihen verschaltete und auf eine Unterkonstruktion montierte Solarmodule. Die auf den Modulen befindlichen Solarzellen wandeln einen Teil der Sonneneinstrahlung in elektrischen Strom um. Für eine optimale Strahlungs- und damit auch Energieausbeute werden diese Anlagen auf südlich ausgerichteten Freiflächen installiert. Die Bevorzugung von Flächen mit einer hohen Vorbelastung und geringer naturschutzfachlicher Bedeutung führt dabei zu einer Eingriffsminderung.

Gemäß der Potenzialstudie Solarenergie des Landesamtes für Natur, Umwelt- und Verbraucherschutz (LANUV 2013) besteht in Nordrhein-Westfalen insgesamt ein technisch mögliches Potenzial der solaren Stromerzeugung von 84,4 GW<sub>peak</sub>. Das Gesamtpotenzial war somit zu diesem Zeitpunkt nur zu etwa drei Prozent erschlossen. Demgegenüber betrug Ende 2011 die Nennleistung aller in Nordrhein-Westfalen installierten PV-Anlagen ca. 2,9 GW<sub>peak</sub>. Die Potenzialflächen liegen zu 53 Prozent auf Dachflächen und zu 47 Prozent auf Freiflächen. 60 Prozent des Freiflächenpotenzials konzentriert sich auf die gezielte Nutzung von Randstreifen an Autobahnen und Schienenwegen. Des Weiteren sind Potenziale auf Parkplätzen, Freiflächen und Brachen in Industrie- und Gewerbegebieten sowie auf Deponien, Halden und Konversionsflächen verortet. Durch die Nutzung derartiger Flächen würde die Stromerzeugung sowohl zentral wie auch dezentral-verbrauchernah erfolgen, und es könnte die vorhandene Netzinfrastruktur zur Einspeisung genutzt werden<sup>3</sup>. Teilweise müssten allerdings auch neue Zuleitungen zu Deponien, Halden und Konversionsflächen entstehen. Die größten Gesamtpotenziale der solaren Stromerzeugung finden sich im Ruhrgebiet und in Teilen der Rheinschiene, da sich dort in vielen Gemeinden eine dichtes überregionales Verkehrsnetz, viele Parkplatzflächen sowie Industrie- und Gewerbegebiete mit einem entsprechenden Freiflächenangebot befinden (LANUV 2013).

---

<sup>3</sup>Im Falle von Autobahnen, Schienenwegen, Parkplätzen wäre eine direkte Stromnutzung durch Elektrofahrzeuge möglich. Bei Flächen in Gewerbe- und Industriegebieten kann sich die Nähe zu potenziellen Stromabnehmern und Einspeisepunkten positiv auswirken.

## Windenergie

Windenergie zählt aufgrund der mengenmäßigen Bedeutung und der verbleibenden Ausbaupotentiale im Bereich der erneuerbaren Stromerzeugung zu den wichtigsten klimafreundlichen Energieerzeugungsarten. Zugleich sind mit dieser Art der Energieerzeugung Auswirkungen auf die (Kultur-) Landschaft und Natur verbunden. Beim größten Teil der heute installierten Windenergieanlagen handelt es sich um Windräder, die mit drei Rotorblättern ausgestattet sind. Durch die Drehung der Rotorblätter im Wind wird über eine Welle und einen Generator elektrische Energie erzeugt. Unter wirtschaftlichen Gesichtspunkten ist die Windkraftnutzung an Flächen mit ausreichender Windhöffigkeit gebunden.

Ende des Jahres 2011 lag der Anteil der Windenergie an der Gesamtstromerzeugung in Nordrhein-Westfalen bei ungefähr vier Prozent. Die Landesregierung sieht vor, bis 2020 einen Wert von 15 Prozent der Stromerzeugung aus der Windkraftnutzung zu erzielen. Bezogen auf den Stromverbrauch im Jahr 2010 entspricht dies ca. 20,7 TWh/a Stromproduktion mit Windenergie, wobei ein großer Anteil durch Repowering – also den Ersatz alter Anlagen durch neue, leistungsstärkere Windenergieanlagen – erschlossen werden soll. Unter den Rahmenbedingungen des geltenden Windenergieerlasses verfügt Nordrhein-Westfalen über eine Potenzialfläche für Windenergieanlagen von rund 113.000 Hektar oder 3,3 Prozent der Landesfläche (unter der Annahme, dass Waldareale inklusive Nadelwald und Kyrill-Schadflächen für die Windenergieerzeugung genutzt werden), auf der beispielsweise insgesamt 9.780 Windenergieanlagen der 3-MW-Klasse eine Nettostromproduktion von rund 71 TWh/a bereitstellen könnten (LANUV 2012). Die Nettostrompotenziale der Windkraftnutzung in den einzelnen Planungsregionen des Landes Nordrhein-Westfalen werden in Abbildung 5 dargestellt. Die geringsten Potenziale liegen in den Planungsregionen Düsseldorf und Regionalverband Ruhr, was durch die kleinere Flächengröße der Regionen und die besonders hohe Siedlungsdichte begründet ist.

**Windenergie zählt (...) zu den wichtigsten klimafreundlichen Energieerzeugungsarten.**

## Geothermie

Von geothermischer Energie spricht man allgemein, wenn Erdwärme energetisch genutzt wird. Es wird zwischen oberflächennaher und Tiefengeothermie unterschieden. Bei der oberflächennahen Geothermie wird Erdwärme beispielsweise über dezentrale Wärmepumpen direkt für die Heiztechnik in Gebäuden genutzt. Natur- und landschaftsrelevant ist in erster Linie die Tiefengeothermie, welche zur Strom- und Wärmeerzeugung genutzt wird, wobei die Energie vom Standort der Geothermieanlage über Leitungsanlagen und Netzinfrastruktur zum Verbraucher transportiert wird. Im Bereich der Tiefengeothermie sind zwei unterschiedliche Verfahren von Bedeutung, die petrothermale (Hot-Dry-Rock, HDR) und die hydrothermale Tiefengeothermie. Diese sind räumlich jeweils an besondere geologische Gegebenheiten gebunden.

Beim HDR-Verfahren wird eine Bohrung in bis zu 5 km Tiefe in heiße, trockene, meist kristalline Gesteinsschichten eingebracht, um dann unter hohem Druck Wasser in die Bohrung zu pumpen, welches als Wärmeträger dient. Durch eine zweite Bohrung wird das in den heißen Tiefengesteinen erhitzte Wasser entweder direkt in ein Nah- oder Fernwärmenetz gespeist oder per Dampfturbine zur Stromerzeugung genutzt. In Deutschland gibt es diese kristallinen Gesteinsstrukturen fast flächendeckend, weshalb 95 Prozent des bisher genutzten Potenzials mit der HDR-Technik erschlossen werden. Zur Wärme- und Stromerzeugung kann auch heißes Wasser aus sogenannten Aquiferen genutzt werden, wenn diese eine Temperatur von über 100° C aufweisen und in ausreichender Menge verfügbar sind. In Deutschland findet man diese Heißwasservorkommen erst in einer Tiefe von ca. 4.000 Metern. Diese Vorkommen liegen hauptsächlich in Bayern und im Oberrheintalgraben (BMU 2011)<sup>4</sup>.



---

<sup>4</sup>Eine Potenzialstudie für die Hot-Dry-Rock-Tiefengeothermie in Nordrhein-Westfalen befindet sich derzeit in der Erarbeitung.

Rapsfelder bei Kalletal-Bavenhausen, Kreis Lippe  
Foto: Daniel Schwen, Wikimedia

## Wasserkraft

Wasserkraft wurde über Jahrhunderte zum Betrieb von Mühlen eingesetzt. Dafür wurde potenzielle oder kinetische Energie des Wassers in Rotationsenergie umgewandelt. Bei der hier im Fokus stehenden Nutzung von Wasserkraft wird diese Energie über Generatoren in elektrischen Strom transformiert. Es handelt sich in der Regel um Laufwasserkraftwerke, welche die Strömung eines Flusses zur Stromerzeugung nutzen. Dabei wird eine Turbine mit durchfließendem Wasser angetrieben.

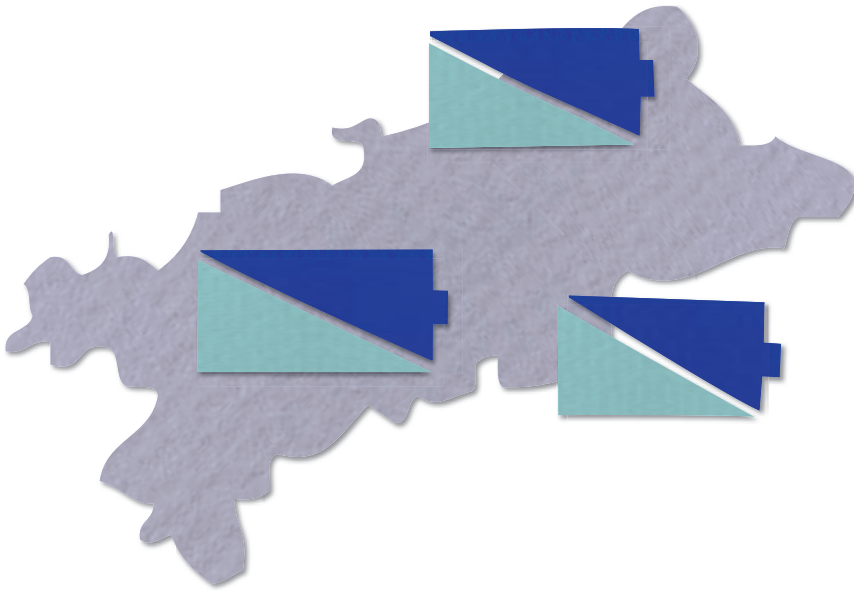
Bei der Wasserkraftnutzung ist eine Neuerrichtung nur an vorhandenen Querverbauungen möglich (siehe Wasserhaushaltsgesetz, Naturschutzrecht und Wasserrahmenrichtlinie). Da das Potenzial aber weitgehend ausgeschöpft ist, erfolgt zumeist ein Zubau oder eine Modernisierung der bestehenden Anlagen. Ende 2011 wurde in ca. 400 Wasserkraftanlagen in Nordrhein-Westfalen eine Leistung von 130 MW Strom erzeugt. Das entspricht ca. vier Prozent des durch erneuerbare Energien erzeugten Stroms. Es wird von einem zusätzlich ausbaubaren Potenzial von ca. 12,9 MW ausgegangen (MUNLV NRW 2006).

## Bioenergie

Biomasse kann energetisch zur Strom- und Wärmeerzeugung sowie zur Herstellung von Kraftstoffen verwendet werden. Biogene Feststoffe wie naturbelassene Hölzer, Althölzer sowie Reste der Papier- und Zellstoffindustrie können in einem Biomasse-Heizkraftwerk oder in einem Holzvergaser verbrannt werden, um Strom zu erzeugen. In flüssiger Form können beispielsweise Palm- und Rapsöl in einem Pflanzenöl-Blockheizkraftwerk für die Energieerzeugung verwendet werden. Biogas (überwiegend Methan und Kohlendioxid) wird vor allem aus der Nassfermentation von Mais, Gülle, Gras, Ganzpflanzensilage und verschiedenen Getreidesorten gewonnen und anschließend in Biogasanlagen (mit Kraft-Wärme-Kopplung) energetisch genutzt. Neben Energiepflanzen können auch Grün- und Bioabfall sowie Reste aus der Gastronomie, dem Handel und der Lebensmittelindustrie als Substrate verwendet werden. Über die Aufbereitung von Biogas zu Biomethan ist eine Einspeisung in das Erdgasnetz möglich.

In Nordrhein-Westfalen wurden im Jahr 2012 mit Biomasse rund 5,2 TWh Strom und 9,8 TWh Nutzwärme sowie 352.000 Tonnen Kraftstoffe erzeugt. Mit einem Anteil von 40 Prozent ist Biomasse dabei eine wesentliche Säule der erneuerbaren Stromerzeugung. Ein großer Anteil an biogenem Strom wird derzeit auf der Grundlage von Biogas erzeugt. So waren im Jahr 2012 im Bereich der landwirtschaftlichen Biogasanlagen in NRW etwa 585 Anlagen mit einer installierten elektrischen Leistung von rund 250 MW gemeldet. Hinzu kommen ungefähr ein Dutzend kommunale Anlagen zur Vergärung von biogenen Abfällen und privatwirtschaftliche Biogasanlagen zur Vergärung von Speiseresten (EnergieAgentur. NRW 2014). Je nach Größe der Bioenergieanlagen und Nutzungsform, aber insbesondere durch den damit verbundenen Anbau von Energiepflanzen ergibt sich ein großer Flächenbedarf mit entsprechenden Auswirkungen auf Ökosysteme

und die (Kultur-) Landschaft. Eine starke räumliche Konzentration der energetischen Biomassenutzung im Außenbereich kann zu einer Überformung ehemals eher kleinteiliger Bauernhöfe durch großmaßstäbliche bauliche Anlagen, zur Zunahme von Geruchsemissionen und verkehrlichen Belastungen sowie der Notwendigkeit des Ausbaus von Straßen und Wirtschaftswegen führen. Hier bestehen Konfliktpotenziale hinsichtlich des Landschaftsbildes und des Erholungswertes ländlicher Räume. Auch besteht eine Flächennutzungskonkurrenz zwischen Energiepflanzen-, Nahrungs- und Futtermittelproduktion.



## Energiespeicherung

Anlagen zur Nutzung erneuerbarer Energien erzeugen Strom und Wärme in der Regel in Abhängigkeit von natürlichen saisonalen und meteorologischen Einflüssen und nicht orientiert am tatsächlichen Energiebedarf. Für die Aufrechterhaltung der Versorgungssicherheit sind bei einem fortschreitenden Ausbau erneuerbarer Energien daher zunehmend Fragen der Pufferung und Speicherung wichtig.

Bei den bisher etablierten Speichertechnologien im Bereich der Stromversorgung wird elektrische Energie in eine andere Energieart umgewandelt und bei Bedarf wieder zurückgewandelt. Bisher bekannte Technologien sind mechanische (z. B. Druckluftspeicher, Pumpspeicherkraftwerke), elektrische (z. B. Kondensatoren) sowie elektrochemische Energiespeicher (z. B. Batterien, Wasserstoffspeicher). Natur- und landschaftsrelevant sind aufgrund ihrer flächenintensiven Auslegung insbesondere Pumpspeicherkraftwerke und Druckluftspeicher.

## Pumpspeicherkraftwerke

Bei einem Pumpspeicherkraftwerk wird Wasser in Zeiten geringer Stromnachfrage in die Höhe gepumpt und in einem Oberbecken gespeichert. Ist das Stromangebot geringer als der Bedarf, lässt man das Wasser wieder bergab fließen, um damit eine Turbine anzutreiben, die mittels Generatoren elektrischen Strom produziert. Pumpspeicherkraftwerke haben derzeit im Bereich der großtechnischen Energiespeicher den höchsten Wirkungsgrad, um bei Schwankungen zwischen Stromnachfrage und -angebot elektrische Energie zwischenzuspeichern.

Bedingt durch ihren großen Flächenbedarf und die Aufstauung zuvor freier Bach- oder Flussläufe oder durch das Neuanlegen von großen Speicherbecken stellen Pumpspeicherkraftwerke einen erheblichen Eingriff in den Landschaftsraum dar. Die Standorte zum Bau neuer Stauseen und Pumpspeicherkraftwerke beschränken sich in Nordrhein-Westfalen auf die Regionen Eifel, Bergisches Land und Sauerland, da diese über entsprechende topographische Voraussetzungen verfügen. Eine naturschonende Möglichkeit zur Umsetzung von Pumpspeicherkraftwerken kann die Nutzung von ehemaligen Bergwerken sein, wobei das Gefälle zwischen einem unterirdischen Speicherbecken im Bergwerk und einem oberirdischen Speicherbecken auf dem nicht mehr betrieblich genutzten Zechengelände energetisch genutzt wird (Universität Duisburg-Essen 2014).

## Druckluftspeicher

Bei Druckluftspeichern handelt es sich um luftdichte Salzstöcke, in denen künstlich Hohlräume geschaffen werden, um verdichtete Luft zwischenzuspeichern. Ist das Stromangebot größer als die Nachfrage, kann der „Überschuss“ an elektrischer Energie für die Verdichtung von Luft verwendet werden. Die komprimierte Luft kann zu einem späteren Zeitpunkt wieder zurück verstromt werden. Die Einrichtung von Druckluftspeichern ist mit Auswirkungen auf den geologischen Untergrund und unter Umständen auch auf den Wasserhaushalt verbunden. So werden für die Herstellung der Salzkaverne große Mengen an Frischwasser benötigt. Die bei der Kavernenaushöhlung in großen Mengen anfallende Sole muss so entsorgt werden, dass sie keine Fließgewässer belastet oder ins Grundwasser eindringen kann (BINE Informationsdienst 2007). Hinzu kommen Flächennutzungskonkurrenz beispielsweise mit der Erdgas- und Erdölspeicherung. Die Einrichtung von unterirdischen Druckluftspeichern ist an bestimmte geologische Gegebenheiten gebunden, wie man sie vor allem in Norddeutschland vorfindet. Die Potenziale dieser Speichertechnologie in Nordrhein-Westfalen werden aufgrund der spezifischen regionalen Voraussetzungen als gering eingeschätzt.

# Energieübertragung und -verteilung

Für die Systemintegration eines zunehmenden Anteils von Strom aus erneuerbaren Energien sind ein Ausbau und die Modernisierung der Netzinfrastruktur erforderlich. Dabei geht es sowohl um den Ausbau des Übertragungsnetzes zum überregionalen Stromtransport (beispielsweise von den windreichen Regionen in Norddeutschland in die Verbrauchszentren im Süden) als auch um den Ausbau des Verteilnetzes für die regionale Einbindung von erneuerbaren Energieanlagen in das Netz und die Versorgung der Endverbraucher. Die Deutsche Energie-Agentur (dena) bezifferte im Jahr 2010 die in Deutschland benötigten zusätzlichen Höchstspannungsleitungen im Übertragungsnetz auf 3.600 km, die insbesondere in Nord-Südrichtung verlaufen sollen.

Prinzipiell kann der Netzausbau mit Freileitungen oder mit Erdkabeln bewerkstelligt werden. Bei beiden Formen des Leitungsbaus wird vom Gesetzgeber das Bündelungsprinzip vorgegeben. Dieses sieht die Ausweisung raumverträglicher Trassenkorridore für Infrastrukturnutzungen vor, um Flächenverbräuche einzudämmen (beispielsweise über die Bündelung von Stromtrassen mit Bahnstromtrassen).

## Freileitungen

Als Freileitungen werden auf Masten befestigte Stromleitungen bezeichnet, die für die überregionale Stromübertragung benötigt werden. Raumbedeutsam sind insbesondere Hochspannungs-Freileitungen auf Stahlfachwerkmasten.

Betriebs- und anlagenbedingte Umweltauswirkungen von Freileitungen sind die Flächeninanspruchnahme der Masten und Leitungen sowie von Schutzstreifen, Schallemissionen und niederfrequente elektrische und magnetische Felder (Winkler-Hartenstein & Buksdrücker 2012). Landschaftsplanerisch relevante Folgen können eine Beeinträchtigung des Landschaftsbildes (bis zum Verlust landschaftsprägender Elemente) sowie ökologische Beeinträchtigungen durch das Kollisionsrisiko für Raub- und Zugvögel sowie Fledermäusen und die Veränderung natürlicher Lebensräume sein.

Um den durch Windenergie erzeugten Strom von den Erzeugungsschwerpunkten an der Küste zu den Schwerpunkten des Verbrauchs im Binnenland über große Entfernungen zu transportieren, wird zunehmend die Hochspannungsgleichstrom-Übertragungstechnologie (HGÜ) eingesetzt. So ist gemäß dem zweiten Entwurf des Netzentwicklungsplans Strom 2013 ein HGÜ-Korridor von Norddeutschland durch Nordrhein-Westfalen vorgesehen, im Rahmen dessen auch eine Konverterstation bei Meerbusch-Osterath geplant ist (50 Hertz Transmission GmbH et al. 2013). Durch derartige Konverterstationen, die der Umwandlung von Wechselstrom in Gleichstrom dienen, erlangt die HGÜ-Technik

---

<sup>5</sup>[http://www.amprion.net/sites/default/files/pdf/121025\\_Information\\_Osterath.pdf](http://www.amprion.net/sites/default/files/pdf/121025_Information_Osterath.pdf).

nologie eine besondere Raumbedeutsamkeit. Der Flächenbedarf einer Konverterstation für die Übertragung von 2 Gigawatt (GW) beträgt ca. 100.000 m<sup>2</sup>, davon sind ca. 20.000 m<sup>2</sup> mit Gebäuden bis zu ca. 20 m Höhe bebaut (Eckdaten für den geplanten Konverter in Meerbusch-Osterath gemäß Übertragungsnetzbetreiber Amprion 2012<sup>5</sup>). Umspannanlagen und Konverterstationen liegen häufig im Außenbereich, so dass eine besondere Herausforderung darin besteht, diese Anlagen in die Landschaft zu integrieren. Als landschaftsschonende Optionen könnten bestehende Kraftwerksstandorte, Industriebrachen oder Standorte in Gewerbegebieten genutzt werden (beispielsweise Konverter TenneT in Eemshaven/NL).

## **Erdkabel**

Erdkabel sind oberflächennah verlegte Stromleitungskabel im Erdreich. Die Kabel werden parallel zueinander in einem künstlichen Bettungsmaterial verlegt, das sich in einem Graben mit mindestens fünf Metern Breite befindet. Erdkabel sind insbesondere in Siedlungsnähe eine Möglichkeit, die negativen Auswirkungen des Netzausbaus auf die (Kultur-) Landschaft zu begrenzen. Auch HGÜ-Trassen können prinzipiell unterirdisch verlegt werden.

Allerdings gehen auch Erdkabel mit Effekten auf den Natur- und Landschaftsraum einher. Sowohl durch die Erdarbeiten beim Bau als auch im Betrieb findet ein Eingriff in den Boden- und Wasserhaushalt statt. Neben der Flächeninanspruchnahme durch eingeschränkte Nutzungen der Fläche über den Kabelkorridor, dem Raumanspruch oberirdischer Anlagenteile und durch Schutzstreifen sind insbesondere niederfrequente magnetische Felder und lokale Bodenerwärmungen umweltrelevante Auswirkungen von Freileitungen (Winkler-Hartenstein & Buksdrücker 2012). Bei der Durchführung der Bodenarbeiten sind sowohl das Bundesbodenschutzgesetz als auch die Bundesbodenschutz- und Altlastenverordnung zu beachten. Als planerische Prüfungsverfahren kommen hier die Strategische Umweltprüfung (SUP) sowie die Umweltverträglichkeitsprüfung (UVP) zum tragen (BMU 2011a). Im Vergleich zu Freileitungen sind Erdkabel mit ungleich höheren Investitionskosten verbunden, weshalb in der Regel nur in siedlungsnahen und besonders sensiblen Arealen eine unterirdische Verkabelung vorgenommen wird.

**Umspannanlagen und Konverterstationen liegen häufig im Außenbereich, so dass eine besondere Herausforderung darin besteht, diese Anlagen in die Landschaft zu integrieren.**



# Auswirkungen der Energiewende auf Natur und Landschaft



## Abbildung 6

Auswirkungen der Nutzung erneuerbarer Energien  
auf Natur und Landschaft



Erneuerbare Energien sind zweifellos ein wesentlicher Baustein einer nachhaltigen Energieversorgung und kennzeichnen sich prinzipiell durch vorteilhafte Wirkungen auf Natur und (Kultur-) Landschaft. Durch die verstärkte Substitution fossiler durch erneuerbare Energieträger werden nicht nur die Treibhausgasemissionen reduziert; auch die Umweltbeeinträchtigungen, die bei der Förderung fossiler Energierohstoffe und bei deren Verbrennung im Kraftwerk entstehen, können begrenzt werden. Generell kann davon ausgegangen werden, dass die Energiewende zusätzlich zu Entlastungen beim Ressourcen- und Wasserverbrauch und zu einer Minderung der radioaktiven Belastung der Umwelt durch den Betrieb von Kernkraftwerken beiträgt (Löschel et al. 2014). Diese positiven Effekte entfalten sich jedoch erst in einer langfristigen und überregionalen Betrachtungsperspektive. In einer regionalen bzw. lokalen Perspektive können die Technologien der erneuerbaren Energieerzeugung am Standort ihrer Nutzung auch mit Beeinträchtigungen von Natur und Landschaft einhergehen.

# Tabelle 1

Bewertung der landschaftsplanerisch relevanten Auswirkungen raumbedeutsamer Technologien der Energiewende

	Standortgebundenheit	Flächenanspruchnahme	Auswirkungen auf Biodiversität und Artenschutz	Lokale (stoffliche und nichtstoffliche) Emissionen	Auswirkungen auf das Landschaftsbild und die Baukultur
<b>Energieerzeugung</b>					
Onshore Windenergieanlagen <sup>6</sup> .....	+	++	+	+	++
Photovoltaik-Freiflächenanlagen .....	+	++	+	+	+
(Große) Bioenergieanlagen <sup>7</sup> .....	+	++	++	++	+
Tiefengeothermie .....	+	-	-	-	-
Wasserkraftanlagen .....	+	+	+	-	+
<b>Energiespeicherung</b>					
Pumpspeicherkraftwerk .....	+	++	+	-	++
Druckluftspeicher .....	+	+	-	-	-
<b>Netzinfrastuktur</b>					
Überlandleitungen .....	-	+	+	-	++
Erdverkabelung .....	-	+	-	-	-

 in der Regel keine oder geringe Relevanz

 mittlere Relevanz


 hohe Relevanz

Abbildung 6 beinhaltet eine Übersicht der wesentlichen natur- und landschaftsrelevanten Auswirkungen der Nutzung erneuerbarer Energien und typisiert diese auf der Grundlage ihrer zeitlichen (kurzfristig, mittel- und langfristig) und räumlichen (global, regional und lokal) Wirkungsweise. Dargestellt werden direkte Auswirkungen (fett gedruckt), die unmittelbar am Standort der erneuerbaren Energieerzeugung entstehen, und indirekte Auswirkungen, die über Rückkopplungen mit der fossilen Energieversorgung unter der Annahme entstehen, dass ein starker Ausbau erneuerbarer Energien mit einer verminderten Nutzung fossiler Energieträger einhergeht.

Aus Sicht der Landschaftsplanung stellen in erster Linie die direkten regionalen und lokalen Umweltauswirkungen erneuerbarer Energien mögliche Handlungsfelder dar. Dabei handelt es sich vor allem um die Flächeninanspruchnahme von Energieanlagen, die Auswirkungen auf Ökosysteme und biotische sowie abiotische Schutzgüter, stoffliche und nichtstoffliche (beispielsweise akustische und optische) Emissionen sowie Veränderungen des Landschaftsbildes und der Kulturlandschaft mit damit in Zusammenhang stehenden Effekten für die Baukultur. Diese Auswirkungen ergeben sich insbesondere durch die flächenhafte Verteilung der erneuerbaren Energieanlagen.

Aufgrund der geringen Energiedichte (Energieerzeugungsleistung in Bezug zur Fläche) erneuerbarer Energien ist viel (Natur-) Raum notwendig, um einen signifikanten Beitrag zur Energieversorgung zu leisten. Großflächig angelegte Windenergieparks und Photovoltaik-Freiflächenanlagen sowie die Nutzung großer landwirtschaftlicher Areale für den Anbau von Energiepflanzen sind die landschaftsprägenden Folgen einer auf erneuerbaren Energien basierenden Energiegewende. Da erneuerbare Energien in Abhängigkeit von naturräumlichen Faktoren in der Fläche ungleich verteilt sind und zeitlich variabel Strom und Wärme erzeugen, sind zudem linienhafte Netzinfrastrukturen für den Energietransport zu den Versorgungszentren und Speichertechnologien notwendig, die ihrerseits Auswirkungen auf Natur und Landschaft haben.

Für eine erste systematische Beschreibung der Auswirkungen erneuerbarer Energien auf Natur und Landschaft wurden diese im Jahr 2013 im Rahmen eines Workshops des Arbeitskreises „Landschaftsarchitektur und Energie“ der Architektenkammer Nordrhein-Westfalen anhand verschiedener Kriterien vergleichend bewertet. Die Ergebnisse werden zusammenfassend in einer Matrix dargestellt (vgl. Tabelle 1). Die Matrix kann als ein erstes, stark generalisiertes Raster interpretiert werden, mit dem landschaftsplanerische Handlungserfordernisse in spezifischen Technologie- und Wirkungsfeldern identifiziert werden können<sup>8</sup>.

Die Auswirkungen erneuerbarer Energien auf Natur und Landschaft werden in den nachfolgenden Abschnitten detaillierter betrachtet. Auswirkungen auf Biodiversität und Artenschutz sowie lokale Emissionen werden dabei zusammenfassend als Auswirkungen auf Ökosysteme dargestellt.

---

<sup>6</sup> Hier aufgefasst als Windpark mit einer größeren Anzahl an Windenergieanlagen inklusive zugehöriger Abstandsflächen.

<sup>7</sup> Inklusive Anbau von Energiepflanzen

<sup>8</sup> In der Matrix wird zusätzlich zu den landschaftsplanerisch relevanten Auswirkungen erneuerbarer Energien die Standortgebundenheit der Technologieoptionen einbezogen. Diese beschreibt den Grad der direkten örtlichen Bindung der Energieerzeugung an natürliche Standortfaktoren (beispielsweise bei Wasserkraftanlagen das Vorhandensein eines Fließgewässers).

## Tabelle 2

Abschätzung des Flächenbedarfs verschiedener Energietechnologien  
 (Löschel et al. 2012)

	Flächennutzung	Flächenbedarf (Mio. m <sup>2</sup> )	Durchschnittlicher spezifischer Bedarf
<b>Konventionelle Energien</b>			
Kernkraftwerke	Anlagefläche	3	150 m <sup>2</sup> /MW <sub>el</sub>
Kohlekraftwerke	Anlagefläche	17	350 m <sup>2</sup> /MW <sub>el</sub>
Gas-/Ölkraftwerke	Anlagefläche	5	200 m <sup>2</sup> /MW <sub>el</sub>
Braunkohletagebau	In Betrieb	526	
	Rekultivierte	1.209	
Steinkohebergbau	Oberirdisch	Vernachlässigbar	
Lager für nukleare Brennstoffe	Oberirdisch	Vernachlässigbar	
<b>Erneuerbare Energien</b>			
Windkraftanlagen	Versiegelt	13	460 m <sup>2</sup> /MW
	Abstandsfläche	17.500	500 m Abstand
PV-Freifläche	Offene Fläche	41	35.000 m <sup>2</sup> /MW
Energiepflanzenanbau	Ackerfläche	20.560	17 % der Ackerfläche
Biomasseanlagen	Anlagefläche	60	Biogas: 20 m <sup>2</sup> /kW <sub>el</sub>
Geothermie	Anlagefläche	Vernachlässigbar	
Wasserkraft	Anlagefläche	Vernachlässigbar	
	Stauseen	30	5.000 m <sup>2</sup> /MW
Übertragungsnetz	Schutzstreifen	7.200	50 m bzw. 70 m Abstand ...
	Abstandsfläche	64.950	50 m Abstand

# Flächeninanspruchnahme von Energieanlagen

Der Flächenbedarf von Energieanlagen ist ein zentraler Indikator der Auswirkungen auf Natur und Landschaft. Die Flächeninanspruchnahme ermöglicht nicht nur Aussagen über den Grad der direkten physischen Oberflächenversiegelung. Der Parameter kann auch als Hinweis für Flächennutzungskonkurrenzen und Verlagerungs- bzw. Verdrängungseffekte interpretiert werden. Beispielsweise deuten die hohen Flächenbedarfe für den Anbau von Energiepflanzen bei der Nutzung von Bioenergie auf Konflikte mit der Nutzung von Ackerflächen für den Nahrungs- und Futtermittelanbau hin. Bei der Flächeninanspruchnahme handelt es sich zudem um einen wichtigen Indikator zur Bewertung der Auswirkungen auf Ökosysteme und den Artenschutz sowie der direkten Belastung von Menschen (beispielsweise durch Umsiedlungen, Lärm). Weitere landschaftsplanerisch relevante Umweltwirkungen wie das Ausmaß der Landschaftsfragmentierung und die Veränderung von Landschaftsbildern stehen damit ebenfalls in direktem Zusammenhang.

Für eine erste Bewertung des spezifischen Flächenbedarfs verschiedener Energieanlagen können am besten Grobabschätzungen der direkten Flächeninanspruchnahme verwendet werden, wie sie beispielsweise in der Stellungnahme der Expertenkommission der Bundesregierung für das Monitoring der Energiewende vorgeschlagen werden (Löschel et al. 2014 – vgl. Tabelle 2).

Die Tabellendaten zeigen, dass erneuerbare Energien im Vergleich zu konventionellen Stromerzeugungstechnologien einen höheren **direkten** Flächenbedarf haben (dargestellt über die spezifische Inanspruchnahme). Dies ist dadurch begründet, dass aufgrund der geringeren Energiedichte erneuerbarer Energien größere Anlagenflächen bzw. -stückzahlen (beispielsweise bei Windenergieanlagen) notwendig sind, um eine ähnliche Energiemenge wie bei fossilen oder nuklearen Anlagen zu erzeugen. Bedingt durch die Energiewende wird die **direkte** Flächeninanspruchnahme des Energiesystems daher voraussichtlich weiter zunehmen. Derzeit wird von einer energieerzeugungsbedingten Flächeninanspruchnahme in Deutschland von fast 34.500 km<sup>2</sup> (inklusive Abstandsflächen) ausgegangen, was ungefähr 10 Prozent der Landesfläche entspricht. Ein Großteil davon entfällt mit ungefähr zwei Drittel dieses Flächenbedarfs auf den Anbau von Energiepflanzen (Löschel et al 2014).

Bezieht man die Flächenbedarfe entlang der gesamten Energieprozesskette – also die bei Rohstoffförderung, Transport, Erzeugung und Übertragung zum Endverbraucher resultierende Flächenbedarfe – in die Bewertung ein, so zeigen erste Forschungsergebnisse, dass sich bei der fossilen Prozesskette im Vergleich zu erneuerbaren Energien ein höherer Flächenverbrauch ergibt (Hirschberg et al. 2006, Fthenakis & Kim 2009). Wichtige Ursachen dafür sind, dass sich erneuerbare Energien im Vergleich zu fossil-nuklearen Arten der Energieversorgung durch kürzere Prozessketten und geringere Ressourcenbedarfe auszeichnen. Während bei Anlagen zur Nutzung erneuerbarer Energien gegenüber nur



Biogasanlage, Klimakommune Saerbeck

Foto: Gemeinde Saerbeck

Flächenbedarf bei der Erzeugung und der Übertragung bzw. Verteilung von Energie auftreten, entstehen beispielsweise bei Kohle- und Gaskraftwerken zusätzlich nennenswerte Flächenbedarfe bei der Förderung und dem Transport von Primärenergieträgern<sup>9</sup>.

Für die umfassende Bewertung der Auswirkungen des Flächenbedarfs von Energieanlagen aus Sicht der Landschaftsplanung sind weitere Aspekte zu berücksichtigen. Es handelt sich dabei insbesondere um die Art der Flächennutzung (beispielsweise Errichtung von Windkraftanlagen auf Industrie- und Gewerbeflächen, auf landwirtschaftlichen Flächen oder in Wäldern) bzw. bei geplanten Anlagen, welche Arten von Flächen alternativ zu Verfügung stehen. Des Weiteren sollten die Flächen nach der Nutzungsintensität, der Nutzungsdauer sowie dem Zustand der Flächen nach abgeschlossener Nutzung klassifiziert werden (Löschel et al. 2014). So zeichnet sich zum Beispiel die energetische Nutzung von Braunkohle insbesondere bei der Kohleförderung durch eine starke Nutzungsintensität und auch nach Beendigung der Förderung durch erhebliche Umweltwirkungen aus, weshalb Braunkohlefolgelandschaften oftmals auch als Sinnbild devastierter (Energie-) Landschaften herangezogen werden. Bei der Windenergienutzung entfällt die Rohstoffförderung. Aufgrund der geringen Energiedichte ist ein flächenhafter Ausbau notwendig, wobei die Flächen nach Ablauf der energetischen Nutzung mit vergleichsweise geringem Aufwand in andere (natürliche) Nutzungen zurückgeführt werden können.

## Auswirkungen auf Ökosysteme

---

<sup>9</sup>Eine Ausnahme ist hierbei die Nutzung von Bioenergie, die mit dem Anbau von Energiepflanzen als „Rohstoff“ einhergehen kann (alternativ ist die Verwendung von organischen Abfall- und Reststoffen möglich). Zukünftig werden bei erneuerbaren Energien verstärkt auch Flächenbedarfe für Speicheranlagen von Relevanz sein.

Ein weiterer Aspekt, der hier nicht einbezogen wurde, ist die indirekte Raumrelevanz der Stromerzeugungsanlagen über ihren Rohstoffbedarf (z.B. der Stahlerzeugung für Kraftwerke und Windkraftanlagen). Hier gilt es aber ebenfalls, die entsprechenden Bedarfe entlang der Energieprozesskette zu berücksichtigen.

Für das Erreichen der langfristigen Ziele des Natur- und Umweltschutzes ist die Umstellung der Energieversorgung auf erneuerbare Energien ein wichtiger Faktor. So können erneuerbare Energien durch die Minderung klimaschädlicher Treibhausgasemissionen einen wichtigen Beitrag zur Begrenzung der durch den Klimawandel hervorgerufenen negativen Auswirkungen auf Ökosysteme leisten. Zudem entfallen bei der Nutzung erneuerbarer Energien mögliche ökologische Beeinträchtigungen, wie sie bei der Förderung von fossilen Energieressourcen (beispielsweise Zerstörung von Habitaten durch Kohletagebau) und deren Verbrennung in Kraftwerken (Schadstoffemissionen) entstehen. Bei der ganzheitlichen Bewertung erneuerbarer Energien sind allerdings auch deren negative ökologische Auswirkungen zu berücksichtigen. Beeinträchtigungen des Ökosystems treten aufgrund der tendenziell dezentralen, flächenhaften Verteilung erneuerbarer Energien (insbesondere auch im Freiraum) und der direkten Kopplung mit natürlichen Ressourcen auf. Im politischen und planerischen Kontext geht es daher auch um die Abwägung von Belangen des globalen Klimaschutzes auf der einen Seite und denen des regionalen Natur- und Artenschutzes auf der anderen Seite.



Die konkreten lokalen Auswirkungen erneuerbarer Energien auf Ökosysteme und den Artenschutz hängen von den spezifischen Technologien und den biotischen und abiotischen Standortfaktoren des betreffenden Planungsgebiets ab. In der Regel sind auch nicht die Auswirkungen einzelner Infrastruktur- und Technologievorhaben allein negativ zu bewerten, sondern die Überlagerung mit anderen Prozessen in dem Gebiet (GFN & ZSW 2011). In Anlehnung an einen „Special Report“ des IPCC (2012) zum Themenfeld erneuerbarer Energien werden drei Wirkungsbereiche als wesentlich für die Auswirkungen erneuerbarer Energien auf das Ökosystem identifiziert:

- **Direkte physische Beeinträchtigung von Habitaten und Ökosystemen durch Landnutzungsveränderungen.** Beispiele dafür sind die Veränderung von Flussläufen und die Anlage von Staubecken bei der Nutzung von Wasserkraft. Im Fall der Nutzung von Bioenergie können Landnutzungsveränderungen durch Umbruch von Grünland für den Anbau von Energiepflanzen ökologische Beeinträchtigungen bewirken. Je nach angebaute Pflanzenart kann es zu einer Einschränkung der Agro- und Biodiversität und zu Schädigungen des Naturhaushalts kommen.
- **Fragmentierung von Habitaten und Beeinträchtigung von Ökosystemen durch Energieanlagen.** Die (Teil-) Versiegelung und Überbauung mit Energieanlagen kann zu einer Minderung oder Segmentierung natürlicher Lebensräume sowie einer Schädigung biotischer und abiotischer Standortfaktoren führen. Ein Beispiel dafür ist die Einzäunung von Photovoltaik-Freiflächenanlagen und die dadurch entstehende Barrierewirkung. Je nach Anlagenbeschaffenheit und Betriebsweise kann auch eine direkte Gefährdung von Individuen resultieren. Beispielsweise sind Raub- und Zugvögel sowie Fledermäuse durch die Rotorbewegung von Windkraftanlagen der Gefahr von Kollisionen ausgesetzt.
- **Stoffliche und nichtstoffliche Emissionen von Energieanlagen.** Je nach Energietechnologie kann es zu stofflichen Emissionen und damit zu einem Eintrag von Nähr- und Schadstoffen in natürliche und naturnahe Lebensräume kommen. Schädigungen von Flora und Fauna durch Luft- und Wasserverschmutzung können mögliche Folgen sein. Ein Beispiel dafür ist der mögliche Eintrag von Gärresten aus Bioenergieanlagen in den ökologischen Kreislauf. Neben den stofflichen Emissionen können auch nichtstoffliche Emissionen zu einer Beeinträchtigung natürlicher Lebensräume und der menschlichen Gesundheit führen. Hierzu zählen beispielsweise Emissionen durch Windenergieanlagen wie Schattenwurf und Lärm, die entsprechende Beeinträchtigungen von Flora und Fauna sowie von Anwohnern in der näheren Umgebung mit sich bringen können.



## Tabelle 3

Beispielhafte Übersicht der ökologischen Auswirkungen erneuerbarer Energien (Zusammenstellung auf Grundlage von DLR et al. 2004, IPCC 2012 und GFN & ZSW 2011)

### Windkraft (onshore)

- Mögliche Beeinträchtigung des Vogelzugs und der natürlichen Lebensräume .....
- Individuenverluste von Vögeln und Fledermäusen durch Bau von und Kollisionen mit Windenergieanlagen .....
- Beeinträchtigung der Lebensqualität von Anwohnern durch bedrängende Wirkung, Schattenwurf und Geräuschemissionen sowie Einschränkung von Freizeit- und Erholungsnutzungen .....

### Photovoltaik-Freiflächenanlagen

- Beeinträchtigung des Naturhaushalts durch Bodenversiegelung und -überschirmung .....
- Beeinträchtigung für Mensch und Tier durch visuelle Wirkungen und optische Emissionen .....
- Verlust und Fragmentierung von natürlichem Lebensraum durch Geländeeinzäunung .....

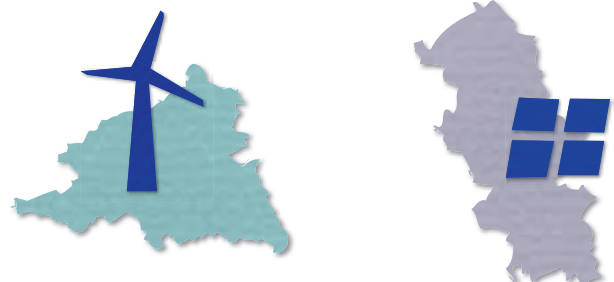
### Wasserkraft

#### a) Allgemein:

- Auswirkungen auf aquatische Flora und Fauna durch Veränderung des Wasserhaushalts .....
- Beeinträchtigung der Wanderung von Fischen und der Zugänglichkeit von Laichgebiete .....
- Veränderung der Sedimentlast von Gewässern .....

#### b) Reservoirs:

- Verlust von natürlichem Lebensraum und Biotopen durch Überschwemmungen .....
- Veränderung der biochemischen Zusammensetzung und der Temperatur des Wassers mit damit einhergehenden Auswirkungen auf Flora und Fauna .....



## Bioenergie (fest, flüssig und gasförmig)

### a) Anbau von Energiepflanzen:

- Beeinträchtigung natürlicher Lebensräume und der Biodiversität durch Grünlandumbruch .....
- Beeinträchtigung der Agrobiodiversität durch eingeschränkte Fruchtfolgen .....
- Risiko der Stärkung von Neophyten und des Anbaus von genetisch veränderten Organismen .....
- Risiko von Bodenschädigungen .....
- Veränderung des Wasserhaushalts beim Anbau von Energiepflanzen mit hohem Wasserbedarf .....
- Eutrophierung und Eintrag von Pestiziden in aquatische Ökosysteme .....

### b) Anlagenbetrieb:

- Beeinträchtigung von Bodenfunktionen durch Oberflächenversiegelung .....
- Schädigung von Vegetation und Entzug von Vegetationsfläche durch den Anlagenbaukörper .....
- Schädigung von Boden, Vegetation und Grundwasser durch Eintrag von Gärresten .....
- Belastung von Gewässern durch Oberflächenabfluss von Silagesickersäften und Gülle .....
- Belastung von Anwohnern durch Gerüche und Lärmemissionen .....

## Geothermie

- Veränderung von natürlichen Lebensräumen durch Bohrungen und Anlagenbau .....
- Möglicher Eintrag von umweltgefährdenden Chemikalien .....



Beim großräumlichen Einsatz von Bioenergie sind aufgrund der direkten Koppelung zwischen Energieerzeugung und Ökosystem durch den Anbau von Energiepflanzen die umfangreichsten Eingriffe in den Naturhaushalt zu verzeichnen. Beeinträchtigungen der Bio- und Agrodiversität können ebenso Folgen sein wie die Veränderung des Wasserhaushalts, die Degradierung des Bodens und die Schädigung natürlicher und naturnaher Lebensräume. Inwieweit diese Effekte tatsächlich eintreten, hängt allerdings in starkem Maße von der Art der angebauten Energiepflanzen und lokalen biotischen und abiotischen Standortfaktoren ab. Die einzelnen Energiepflanzenarten unterscheiden sich stark hinsichtlich ihrer Auswirkungen auf Natur und Landschaft (GFN und ZSW 2011).

Für eine ganzheitliche Bewertung von Auswirkungen der Bioenergienutzung und der Nutzung anderer erneuerbarer Energien auf die Biodiversität und Ökosysteme sind die langzeitigen positiven Effekte des Klimaschutzes den kurzfristig eintretenden negativen Effekten der Landnutzungsveränderungen gegenüberzustellen. Zudem ist zu berücksichtigen, dass erneuerbare Energien im Einzelfall auch positive lokale Veränderungen für die Arten- und Strukturvielfalt verzeichnen. Die tatsächlichen Auswirkungen erneuerbarer Energien auf Natur und Landschaft müssen jeweils vorhaben- und lokalspezifisch im Kontext ihres jeweiligen Wirkungsgefüges bewertet werden.

## Auswirkungen auf das Landschaftsbild und die Baukultur

Anlagen zur Nutzung erneuerbarer Energien sind technische Bauwerke, die zu einer Veränderung des Landschaftsbildes und von Kulturlandschaften beitragen. Häufig spricht man im Kontext der Energiewende auch von sich neu formierenden „Energiewendelandschaften“, um den landschafts- und naturprägenden Charakter der meist flächenhaft verteilten Energieanlagen prägnant zu beschreiben. Diese Energiewendelandschaften werden vom Menschen dabei landschaftsästhetisch bzw. visuell sehr unterschiedlich wahrgenommen und bewertet. Neuartige Landschaftselemente wie Windkraftanlagen können einerseits als „fremd“ empfunden und abgelehnt werden. Andererseits können sie auch als Symbole für die Bemühungen um einen effektiven Klimaschutz gesehen und positiv beurteilt werden.

Bei der Betrachtung und Bewertung der Auswirkungen erneuerbarer Energien und ihrer Technik auf das Landschaftsbild muss differenziert vorgegangen werden. Dabei geht es in einem weiteren Sinne nicht nur um ästhetische Kategorien der Wahrnehmung einer intakten bzw. gewachsenen (Kultur-) Landschaft, sondern auch um Begriffe wie Identität bzw. Eigenart. Damit verbunden ist die Identifikation mit Landschaften und Räumen. In welchem Maße eine Natur- oder



Neuer Niederfeldsee, Essen-Altendorf  
Foto: Karl-Heinz Danielzik, Duisburg

Kulturlandschaft dabei durch Energieanlagen zu einer Energielandschaft transformiert wird, hängt daher neben der technischen Spezifikationen der Energieanlagen und den geomorphologisch-strukturellen Eigenschaften der Landschaft (beispielsweise linienhafte oder flächenhafte Strukturen) in erheblichem Maße von historisch-kulturellen und wahrnehmungsbezogenen Faktoren ab.

Sowohl ästhetische Kategorien wie landschaftliche Vielfalt, Schönheit und Unberührtheit als auch die historisch-kulturellen Merkmale von Landschaften unterliegen in ihrer Deutung subjektiven Wertungen und sind stetigen Veränderungen unterworfen. Aufgrund dessen werden nachfolgend in erster Linie die physisch-technischen Eigenschaften beispielhafter Anlagentypen und die damit in Zusammenhang stehenden Wirkungen auf das Landschaftsbild beschrieben. Damit soll aufgezeigt werden, wie der landschaftsprägende Charakter erneuerbarer Energien einzuschätzen ist und in welchen Bereichen Landschaftsarchitektur durch Gestaltungs- und Planungsentscheidungen in besonderem Maße das Wesen zukünftiger Energielandschaften mit beeinflussen kann.

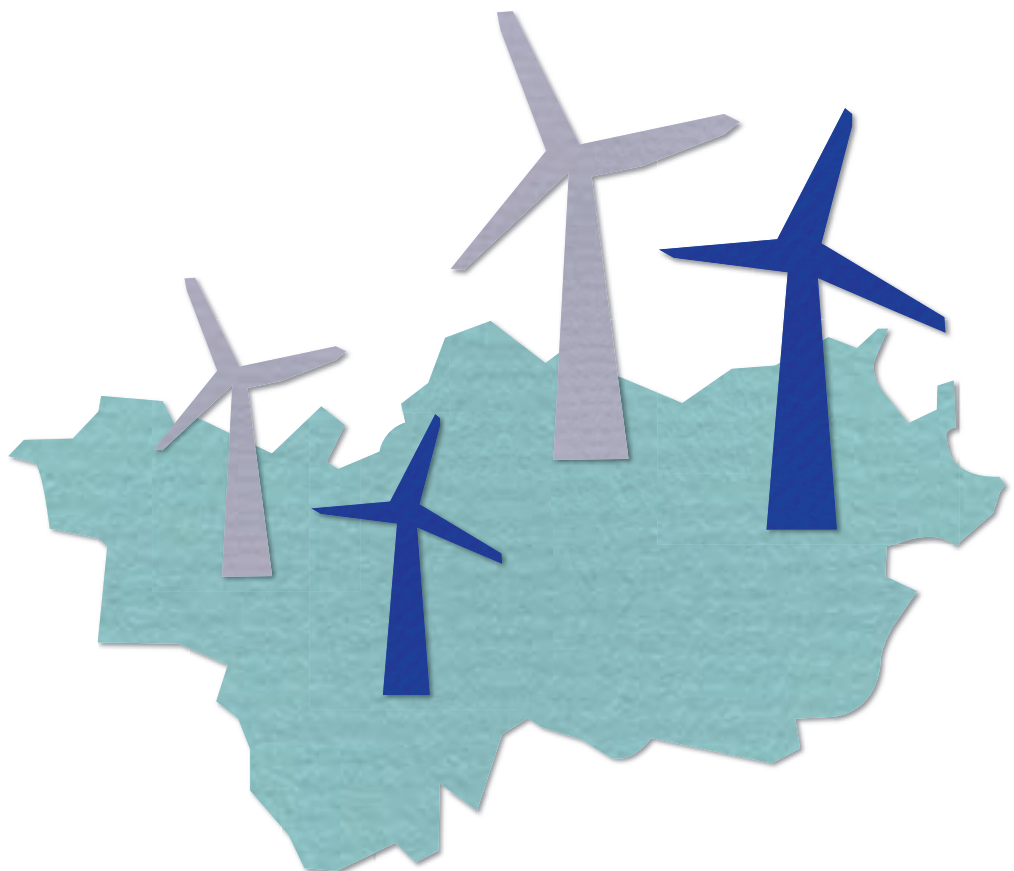
**Windenergieanlagen** lassen sich als vertikale Bauwerke mit Höhen von bis zu 200 m beschreiben. Es handelt sich in dieser Größenordnung um neuartige Landschaftselemente, die Rotorbewegungen aufweisen sowie Geräusche und periodischen Schattenwurf verursachen. Das Landschaftsbild kann, wenn die Windräder in größerer Zahl und weithin sichtbar auftreten, beherrscht und nivelliert werden. Von Erholungssuchenden werden Windräder umso mehr als „störend“ beurteilt, je weniger sie mit einem bestimmten Landschaftstyp in Verbindung gebracht werden. So werden Windräder an der Nord- und Ostseeküste als eher weniger fremdartig als im Mittelgebirge beurteilt. Aus landschaftsästhetischer Sicht sind die Dimensionen von Windenergieanlagen (Turmhöhe, Rotordurchmesser, Größe der Gondel und des Turmfußes) die wichtigsten Bewertungsmerkmale (Schöbel 2012). Weitere Kriterien für den Effekt von Windenergieanlagen auf das Landschaftsbild sind bei Windparks die Anzahl und Anordnung der Anlagen, Farbe, Befeuern, die Empfindlichkeit der Landschaft gegenüber vertikalen Strukturen, das Maß der anthropogenen Überprägung (insbesondere durch vertikale Strukturen) und die Topographie der Landschaft (GFN & ZSW 2011).

Der Anbau von Energiepflanzen für die Nutzung von **Bioenergie** auf großen Flächen kann eine nachhaltige Veränderung der Landschaft und des gewohnten Landschaftsbildes bewirken. Es treten in Verbindung mit der Erholungsnutzung und dem Tourismus vor allem in den Regionen Zielkonflikte auf, in denen das Kulturlandschaftsbild noch durch kleinräumigen und vielfältigen Wechsel der Landschafts- und Nutzungsstrukturen geprägt wird. Insbesondere der räumliche konzentrierte Anbau hochwüchsiger Energiepflanzen wie Mais oder Kurzumtriebsplantagen auf Acker und Grünland kann dabei zu erheblichen Einschränkungen von Sichtbeziehungen und des Landschaftsbildes führen.

**Von Erholungssuchenden werden Windräder umso mehr als „störend“ beurteilt, je weniger sie mit einem bestimmten Landschaftstyp in Verbindung gebracht werden.**

**Photovoltaik-Freiflächenanlagen** sind horizontal strukturierte technische Bauwerke, die mit keinen tradierten Wahrnehmungsgewohnheiten (wie z. B. bei Windkraft mit früheren Windmühlen) in Verbindung gebracht werden. Aufgrund ihrer geringen Höhe und horizontalen Lage in der Landschaft treten sie nur einzeln in Erscheinung. Konflikte in Bezug auf das Landschaftsbild und die Veränderung von Kulturlandschaften sind an Standorten wahrscheinlich, in deren direktem Umfeld geschützte oder schützenswerte Kultur-, Bau-, Bodendenkmäler oder historische Kulturlandschaften liegen. Die Auswirkungen auf das Landschaftsbild hängen insbesondere von der Größe und Gestaltung der Anlagen, der Struktur und dem Relief des Gebiets (Lage in der Ebene oder in Hangbereichen, Grad der Abpflanzung/Sichtverschattung) und den Vorbelastungen durch andere technische Bauwerke ab (GFN & ZSW 2011).

Die verstärkte Nutzung von **Wasserkraft** durch Kraftwerksbauten, in der Regel in Verbindung mit bereits vorhandenen Stauanlagen, führt zu keinen erheblichen Veränderungen des Landschaftsbildes und der charakteristischen Kulturlandschaft, zumal hier tradierte Wahrnehmungsgewohnheiten angesprochen werden. Dagegen können Pumpspeicherkraftwerke zu erheblichen Veränderungen der Landschaft führen, wenn neue Stauraumkapazitäten in der Landschaft erst noch geschaffen werden müssen.



Energieanlagen im Freiraum sind bauliche Objekte, die ebenso wie andere Infrastrukturanlagen und Gebäude auch hinsichtlich ihrer architektonischen und gestalterischen Merkmale bewertet werden können. Bislang spielen beim fortschreitenden Ausbau erneuerbarer Energien im Freiraum in erster Linie funktionale und technische Aspekte eine Rolle. Bei Anlagen zur Nutzung erneuerbarer Energien im städtischen Raum ist bereits in einem viel stärkerem Maße die planerisch-ästhetische Integration in das Stadtbild thematisiert worden, etwa bei der Anordnung von Solarmodulen auf Dächern oder bei baulichen Maßnahmen zur energetischen Sanierung.

In der Zukunft ist auch im Freiraum von einer wachsenden Bedeutung gestalterischer Aspekte bei Infrastruktur- und Technologieprojekten im Bereich erneuerbarer Energienutzung auszugehen. Dies ist letztlich auch für die gesellschaftliche Akzeptanz der Energiewende wichtig, insbesondere vor dem Hintergrund der zunehmenden Bedeutung partizipativer Entscheidungsprozesse im Bereich der Energieversorgung. Landschaftsarchitektur und Landschaftsplanung haben in diesem Zusammenhang eine wichtige Bedeutung für die Mitgestaltung und Vermittlung zukünftiger klimafreundlicher Energielandschaften.



BergFoyer und Schwebesteg  
im CarlAlexanderPark, Baesweiler  
Foto: Martin Richardt,  
Planungsbüro DTP, Essen

## Exkurs: Auswirkungen von Klimaveränderungen und Anpassungsmaßnahmen

Auch bei aktiver Klimaschutzpolitik ist eine Veränderung des Klimas nicht mehr aufzuhalten. Daher ist es wichtig, auch die Folgen eines nicht oder kaum mehr umkehrbaren Klimawandels und die Anpassung an Klimaveränderungen einschließlich der damit verbundenen landschaftsplanerischen Implikationen zu thematisieren. So wird bei fortschreitenden anthropogenen Einflüssen auf das Klima von einem weiteren Anstieg der Durchschnittstemperaturen und häufigeren extremen Wetterlagen ausgegangen. Extremwetterereignisse wie Hitzewellen, Starkregen und Hochwasser treten zunehmend auch in Nordrhein-Westfalen auf. Dies führt einerseits zu einer klimabedingten Veränderung der Landschaft beispielsweise durch Erosionsprozesse, Veränderungen des Wasserhaushalts und damit auch des Oberflächenabflusses in Flüssen und Seen. Andererseits können die Maßnahmen zur Anpassung an diese Folgen des Klimawandels auch selbst zu Veränderungen der Natur und Landschaft beitragen.

Das Ziel von Anpassungsmaßnahmen ist dabei in erster Linie die Bereitstellung von resilienter Infrastruktur – d. h. von Infrastruktur, die widerstandsfähig gegenüber Klimaveränderungen ist; unter anderem in den Bereichen Energieversorgung, Städtebau, Wasserbau und Verkehr. Aus der landschaftsplane-

## Tabelle 4

Raumbezogene Maßnahmen im Bereich Klimaanpassung  
(Zusammenstellung nach Gruehn 2010)

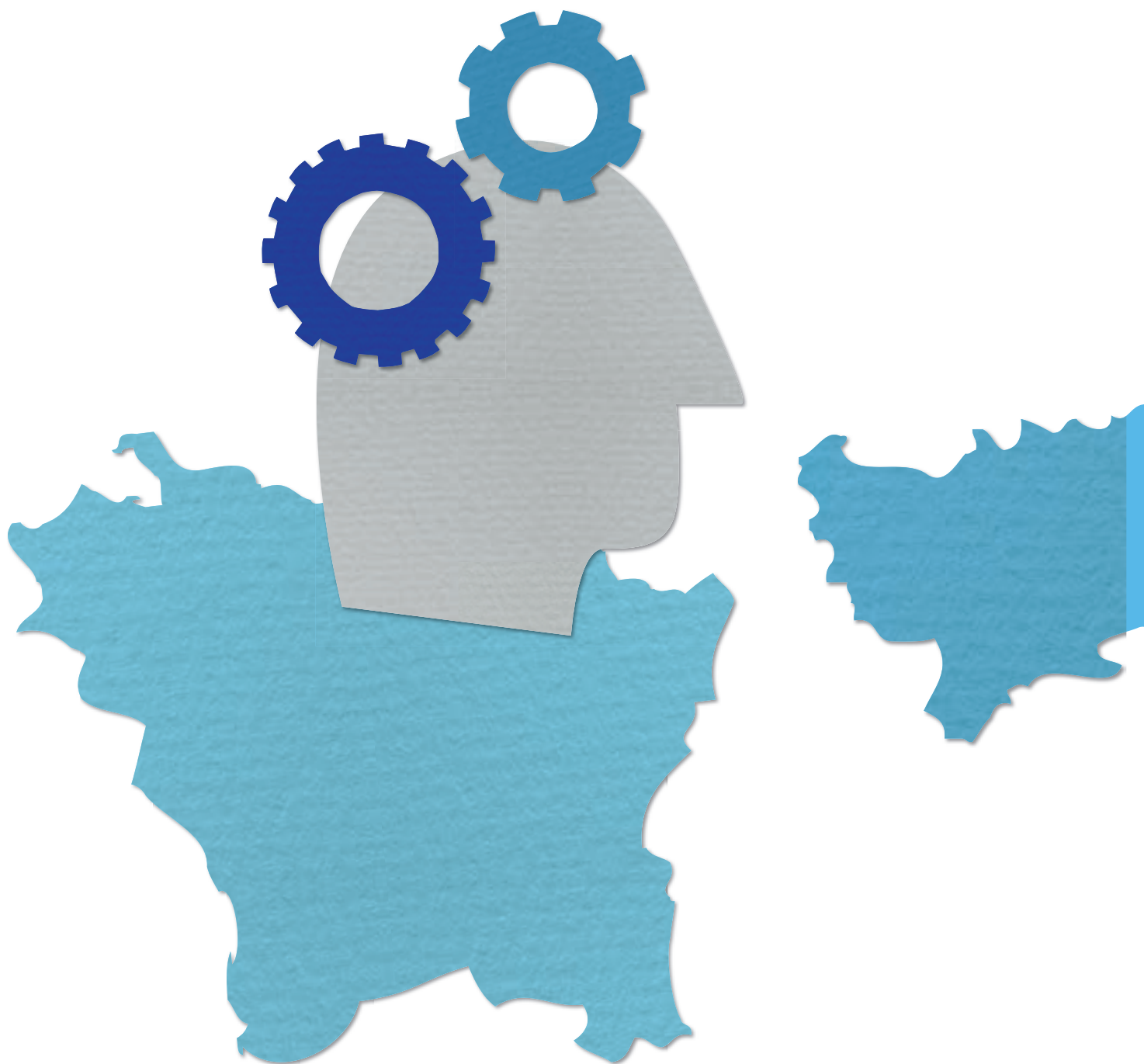
<u>Folgen des Klimawandels</u>	<u>Landschaftsbezogene Anpassungsmaßnahmen</u>
Hitzeperioden/Hitzewellen .....	Frischluftentstehungsflächen (Acker, Grünland, Wald, Grünflächen) ..... und Freiluftschneisen .....
Starkregenereignisse/Sturzfluten .....	Retentionsräume (kleinräumige Grünflächen, Mulden etc.) .....
Flusshochwässer/Überschwemmungen .....	Auen/Retentionsräume (großräumig Einzugsgebietsspeicher), Deiche .....
Bodenerosion .....	Erosionsschutzstreifen/-nutzung (Grünland/Wald) .....
Steigender Meeresspiegel .....	Deiche, Überschwemmungsflächen .....
Gravitative Massenbewegungen .....	Schutzwälder, Abstandsflächen .....
Waldbrände .....	Schutzstreifen .....
Gefährdung der Artenvielfalt .....	Erweiterung und Verbindung von Habitaten .....

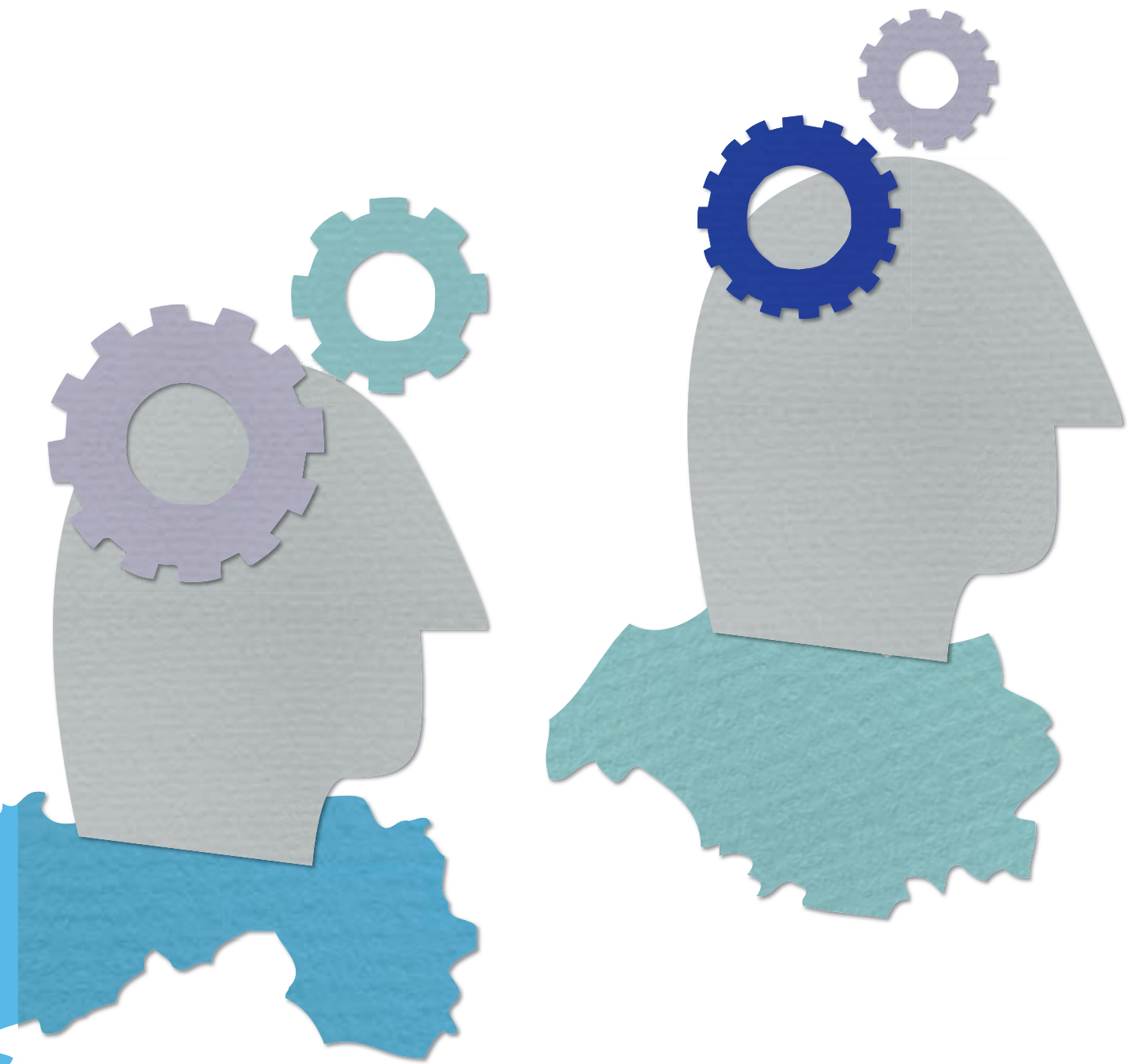
rischen Perspektive sind hierbei Maßnahmen besonders relevant, die den Frei- und Naturraum betreffen. Dabei handelt es sich insbesondere um die Schaffung von (natur-) räumlichen Puffern und Speichern für unterschiedliche Extremwetterereignisse. Es geht also primär um Maßnahmen, die einem Landschafts- und Flächenerhalt oder der Landschaftsrückgewinnung dienen und einer weiteren Landschaftsüberprägung entgegenstehen. Tabelle 4 gibt einen Überblick über zentrale Folgen des Klimawandels und landschaftsplanerisch relevante Anpassungsmaßnahmen.

Einige der raumbezogenen Maßnahmen der Klimaanpassung können Synergien mit Maßnahmen des Natur- und Landschaftsschutzes erzeugen. So haben insbesondere die Anpassungsmaßnahmen im Bereich Landschafts- und Flächenerhalt positive Wirkungen auf den regionalen Umweltschutz, beispielsweise durch den Erhalt von Grünland und die Erweiterung von Habitaten. Zugleich begrenzen sie die klimaschädlichen Wirkungen, die bei Grünlandumbruch, Trockenlegung von Mooren oder ähnlichen Vorhaben entstehen können. Es ist daher sinnvoll, direkte Verbindungen zwischen Maßnahmen des Natur- und Umweltschutzes und der Anpassung planerisch zu nutzen.



# Instrumente und Strategien der Landschaftsarchitektur





Klimaschutz und Energiewende sind zentrale gesellschaftliche und planerische Herausforderungen und wichtige Handlungsfelder der Landschaftsarchitektur. Viele Sachzusammenhänge in diesen Themenfeldern sind seit längerem bekannt. Einige Aspekte haben sich unterdessen weiter entwickelt. So scheint es heute vordringlich, zu schnellen Lösungen zu kommen, um den Klimawandel aufzuhalten. Auch gilt es, die neuen Erkenntnisse zügig in zielführende Maßnahmen und sachgerechte Projekte umzusetzen. Dabei stellt sich die Frage, ob das bestehende Instrumentarium der Landschaftsplanung diesen Anforderungen gerecht wird oder ob nicht auch neue Wege und Instrumente gefunden werden müssen, um diesen Herausforderungen adäquat zu begegnen.

# (Planungs-) Rechtlicher Rahmen



Rhein-Herne-Kanal bei Oberhausen  
Foto: Karl-Heinz Danielzik, Duisburg

Die räumlichen Erfordernisse des Klimaschutzes sind als raumordnerischer Grundsatz im Raumordnungsgesetz (ROG) verankert. Nach § 4 ROG steuern die Regionalpläne die raumbedeutsame Entwicklung und die räumliche Voraussetzung für den Ausbau der Erneuerbaren Energien. So kann über die Regionalpläne eine gebietsscharfe Festlegung von Vorrang- und Eignungsgebieten erfolgen, beispielsweise für raumbedeutsame Windkraftanlagen. Dabei werden andere raumbedeutsame Nutzungen in den Vorranggebieten ausgeschlossen, sofern sie mit dem Bau und Betrieb von Windkraftanlagen unvereinbar sind. Im Falle von nicht (direkt) raumbedeutsamen Vorhaben der Energiewende ist keine normative räumliche Steuerung durch die Landes- und Regionalplanung möglich. In diesem Fall können informelle Planungsinstrumente, regionale Entwicklungsstrategien oder raumordnerische Verträge ergänzend zu den regionalplanerischen Instrumenten herangezogen werden (Zaspel 2014). So gibt es auf kommunaler Ebene die Energieleitplanung als informelles Planungsinstrument, welches Berücksichtigung bei der Aufstellung von Bauleitplänen finden muss. Ergänzt wird das Instrumentarium der Regionalplanung im Bereich der Energiewende durch vorhabenspezifische Fachplanungen. Beispielsweise wird im Bereich des Stromtransports über die Bundesfachplanung, welche gesetzlich im Netzausbaubeschleunigungsgesetz (NABEG) verankert ist, in Abstimmung zwischen Übertragungsnetzbetreibern und Bundesnetzagentur ein Bundesbedarfsplan für den Netzausbau erstellt.

Generell lässt sich feststellen, dass der Landschaftsplanung in den Handlungsfeldern Klimaschutz und Energiewende ein breites und etabliertes gesetzliches Instrumentarium zur Verfügung steht. Dieses umfasst Rechtsverordnungen und darauf basierende planerische Instrumente auf den verschiedenen Planungsebenen, von der Bundes- über die Landesebene bis hin zur regionalen und kommunalen Ebene sowie schließlich zu spezifischen Fachplanungen (vgl. Tabelle 5 für eine Übersicht bestehender Instrumente der Landschaftsplanung in den Bereichen Energiewende und Klimaschutz).

Insbesondere auf der Ebene der Regional- und Flächennutzungsplanung werden wichtige Weichenstellungen zur Umsetzung der Energiewende vorgenommen. Hier werden vorwiegend auf der Grundlage informeller Planungen wie Windenergie- und Fotovoltaik-Potenzialflächenanalysen die geeigneten Räume und Flächen ermittelt, die für die Gewinnung erneuerbarer Energie grundsätzlich geeignet sind. Diese werden dann als Vorranggebiete oder Eignungsgebiete in Regionalplänen bzw. als Konzentrationszonen für die Nutzung der Wind- und Solarenergie in Flächennutzungsplänen der Kommunen mit räumlicher Steuerungsfunktion nach § 35 Abs. 3 BauGB dargestellt.

Das planerische Instrumentarium wurde bereits in der Vergangenheit an die neuen Themenstellungen und Herausforderungen, die sich durch die Energiewende und den Klimaschutz ergeben haben, angepasst. Zu erwähnen sind hier die verschiedenen Novellierungen des Planungsrechts von 2004 und insbesondere die sogenannte „Klimaschutznovelle“ 2011 (Gesetz zur Förderung des

## Tabelle 5

Instrumentarium der Landschaftsplanung im Bereich  
Energiewende und Klimaschutz

<u>Planungsebene</u>	<u>Instrument</u>	<u>Rechtsgrundlagen</u>
Raumordnungsplan	Existiert nicht; auf Bundesebene bisher nur Forschungstätigkeit	§ 2 Abs. 2 Nr. 2 und 6 ROG
Landesentwicklungsplan	Landschaftsprogramm	§ 15 Landschaftsgesetz NRW
Regionalplan	Landesentwicklungsplan	§ 15 Landschaftsgesetz NRW
Flächennutzungsplan	Umweltprüfung (einschl. bauleitplanerischer Eingriffsregelung)	§ 1 Abs. 5 Satz 2 Baugesetzbuch § 1a Baugesetzbuch § 1a Abs. 3 BauGB i. V. m. § 18 BNatSchG § 2 Abs. 4 Baugesetzbuch §§ 2, 2a Baugesetzbuch § 44 Abs. 1 BNatSchG (Artenschutzprüfung)
Bebauungsplan	Umweltprüfung Landschaftspflegerischer Fachbeitrag (einschl. bauleitplanerischer Eingriffsregelung)	§ 1 Abs. 5 Satz 2 Baugesetzbuch § 1a Baugesetzbuch § 1a Abs. 3 BauGB i. V. m. § 18 BNatSchG § 2 Abs. 4 Baugesetzbuch §§ 2, 2a Baugesetzbuch § 44 Abs. 1 BNatSchG (Artenschutzprüfung)
Genehmigungsplanung	Projekt-UVP Landschaftspflegerischer Begleitplan (einschl. Eingriffsregelung)	§§ 3a-c UVPG § 44 Abs. 1 BNatSchG (Artenschutzprüfung) §§ 4-6 Landschaftsgesetz NRW



Photovoltaikanlagen im Bioenergiepark, Klimakommune Saerbeck

Foto: Gemeinde Saerbeck

Klimaschutzes bei der Entwicklung in den Städten und Gemeinden – BauGBua-AndG v. 22.07.2011). Darin wurde als kurzfristige Reaktion auf den Atomausstieg nach der Nuklearkatastrophe von Fukushima präzisiert, dass Klimaschutz und Klimaanpassung eindeutig als Aufgaben der Planung zu verstehen sind. In der Folge hat die jüngste Novelle des Planungsrechts vom Juli 2013 die Innenentwicklung und die Reduzierung der Flächeninanspruchnahme als Planungsziel gestärkt. Weiterhin zeigt ein Urteil des Oberverwaltungsgerichts Nordrhein-Westfalen (OVG NRW v. 01.07.2013 2 D 46/12.NE; sog. „Bürener Urteil“) neue Handlungserfordernisse zum Planungsermessen bei der Ausweisung von harten und weichen Tabuzonen bei der Planung von Windkonzentrationszonen auf. Im Grundsatz ist hier unter der Voraussetzung einer entsprechenden artenschutzrechtlichen Einzelfallbetrachtung ein größerer Handlungsspielraum für die planenden Kommunen entstanden.

Die genannten Beispiele zeigen, dass das planerische Instrumentarium im Hinblick auf den Klimaschutz und die Energiewende aktuell in hohem Maße in Bewegung ist. Auch in der Zukunft ist durch die sich stetig verändernden Handlungserfordernisse der Energiewende von einer hohen Anpassungsdynamik auszugehen.



# Planerische Strategien zur Gestaltung der Energiewende im Siedlungsraum (Innenbereich)

Aus landschaftsplanerischer Sicht stellt sich im Siedlungsraum die Frage nach der Gestaltung städtischer Freiflächen. Städtische Freiflächen wie Parks und Grünanlagen sind in der Regel keine Standorte von Anlagen zur Nutzung regenerativer Energie, so dass die Landschaftsplanung hier keine direkten planerischen Gestaltungsaufgaben im Bereich der raumbedeutsamen Energieanlagen hat. Allerdings berühren die aktuellen Diskussionen im Bereich städtebaulicher Leitbilder unterschiedliche für die Energiewende und den Klimaschutz relevante Themenfelder, beispielsweise die Reduzierung der Flächeninanspruchnahme durch kommunales Flächenressourcenmanagement, die Reaktivierung innerörtlicher Brachflächen durch Nutzungsmischung und die Priorisierung von Innenentwicklung vor Außenentwicklung. Wesentliche Merkmale einer klimafreundlichen Stadtentwicklung sollten dabei eine hohe städtebauliche Dichte, der Erhalt von Freiflächen und die Etablierung engmaschiger Infrastrukturnetze zur Integration dezentraler Energieanlagen sein, wie sie in den Leitbildern der Dezentralen Konzentration und der Kompakten Stadt vertreten werden (BMVBS und BBSR 2009). Eine zentrale Herausforderung bei der städtebaulichen Entwicklung sind dabei die bekannten klassischen Flächennutzungskonflikte zwischen Freihalten, Begrünen, Versickern, Bebauen, Nutzen, welche durch die Flächenintensität der Nutzung erneuerbarer Energien eine zusätzliche Komponente erhalten.

Städtische Grünflächen erfüllen wichtige Funktionen im Bereich der Klimaanpassung. So ist das Stadtklima bereits seit langem ein planerisches Thema, ebenso wie die Schaffung eines den Siedlungsbereich gliedernden Freiraumsystems zur kleinräumigen Durchlüftung durch die Freihaltung von Durchlüftungsschneisen und die Anpflanzung von CO<sub>2</sub>-absorbierenden Bäumen, Sträuchern sowie Dach- und Fassadenbegrünungen. Dies wurde in der Vergangenheit sehr oft durch Sachzwänge und mangelndes Bewusstsein für den Stellenwert dieser Planungsbelange in den Hintergrund konkreten Handelns geschoben. Sollen Klimaschutz und Klimaanpassung als konkrete Leitmotive planerischen Handelns etabliert werden, so ist in diesem Bereich vor allem eine veränderte Prioritätensetzung notwendig. Bestehende landschafts- und stadtplanerische Instrumente sind im Blick auf die deutlich zunehmenden Anforderungen an die Freiraumqualität und an die Freiraumleistungen der Städte intensiver einzusetzen und gezielt weiter zu entwickeln.



Biggesees bei Olpe  
Foto: Toni Müller, Wikimedia

# Planerische Strategien zur Gestaltung der Energiewende im Freiraum (Außenbereich)

Die durch die Energiewende verursachten neuen Ansprüche an den Freiraum im Außenbereich erfordern ebenfalls eine veränderte Prioritätensetzung und zum Teil neue planerische Denkansätze und Problemlösungen. Diese sollten entlang der vorhandenen Prioritätenreihung der Landschaftsplanung – also zunächst der Vermeidung und Minimierung von Eingriffen sowie der Bewahrung von Naturräumen, dann dem Ausgleich unvermeidbarer Eingriffe in (Kultur-) Landschaften und schließlich der Gestaltung von (nicht vermeidbaren) Eingriffen – etabliert und umgesetzt werden.

## Vermeidung und Bewahrung

Eine grundsätzliche Herausforderung ist, dass der im Rahmen der Energiewende erforderliche Umfang an Maßnahmen der Gewinnung, der Speicherung und des Transports regenerativer Energie nicht exakt bekannt ist. Die Abstimmung der erforderlichen technischen Entwicklungen und planerischen Maßnahmen zwischen Industrie, Energieversorgern und der Politik stellt einen dynamischen Prozess dar, der für die konkrete räumliche Planung häufig nur grobe und teilweise zwischen verschiedenen Gruppen auch umstrittene Randbedingungen zur Verfügung stellen kann.

Gleichzeitig ist auch der Natur- und Landschaftsschutz aufgrund der Auswirkungen des Klimawandels nicht mehr als statisch zu verstehen. So ist der derzeitige Artenschutz auf die Sicherung eines Status Quo ausgelegt, wobei aufgrund der Klimaerwärmung schon heute festzustellen ist, dass bestimmte Arten bereits einer „Nordwanderung“ unterzogen sind (Neophyten, Neozoen). Es ist daher zu hinterfragen, ob die ursprünglichen Ziele des Erhalts der natürlichen Lebensgrundlagen und der Sicherung der Biodiversität zumindest mittelfristig einem Paradigmenwechsel unterliegen, der eine neue Interpretation der bisherigen Rahmensetzungen und Zielsetzungen erfordert.

**Eine mögliche Herangehensweise wäre es dabei, Ausgleichsmaßnahmen (...) auch regional und überregional umzusetzen.**





Bioenergiepark, Klimakommune Saerbeck

Foto: Gemeinde Saerbeck

## Ausgleich

Die durchweg gestiegenen Anforderungen an den Artenschutz sowie die Eingriffsbilanzierung (Umweltprüfung) in Zusammenhang mit Planungs- und Baumaßnahmen stellen viele Kommunen insbesondere im ländlichen Raum zunehmend vor das Problem, geeignete Ersatz- und Kompensationsflächen zu finden, nicht zuletzt auch wegen akuter Nutzungskonkurrenzen zur Landwirtschaft. Es sind daher auch im Bereich der Ausgleichsmaßnahme neue Denksätze zu prüfen.

Eine mögliche Herangehensweise wäre es dabei, Ausgleichsmaßnahmen nicht nur lokal im Wirkzusammenhang mit dem Eingriff, sondern auch regional und überregional umzusetzen. Können zum Beispiel Ausgleichsmaßnahmen für den Eingriff in das Landschaftsbild beim Bau von Windenergieanlagen im Münsterland, das von linienhaften Landschaftsstrukturen (hier Wallhecken) geprägt ist, nicht auch durch Aufbau neuer Grünstrukturen in der Soester Börde (natürlich unter Berücksichtigung der naturschutzfachlichen Erfordernisse) erfolgen? Diese könnten als „Windbrecher“ einen Beitrag zum Erosionsschutz und damit auch zur Klimaanpassung leisten, das Landschaftsbild einer ausgeräumten



Windenergieanlage am Longinusturm  
bei Nottuln, Kreis Coesfeld  
Foto: Dietmar Rabich, wikimedia

Kulturlandschaft verbessern und bei entsprechend sachgerechter Pflanzenwahl nicht zuletzt einen Beitrag zu Verbesserung der Biodiversität leisten. Auf solche flexibleren und auf Synergien angelegten Problemlösungsstrategien ist das bisherige Planungsinstrumentarium noch nicht ausgelegt. Sie bieten aber die Chance, mehrere Aspekte des Klimaschutzes bis hin zu Maßnahmen der Klimaanpassung zielführend im Sinne einer ganzheitlichen Lösung miteinander zu verknüpfen.

## Gestaltung

Eine verstärkte (landschafts-) planerische Gestaltung von Energieanlagen und -infrastrukturen im Außenbereich ist ein zentrales Instrument, um die gesellschaftliche Akzeptanz einer auf flächenintensiven erneuerbaren Energien basierenden Energiewende zu erhöhen. Erforderlich wäre hierzu eine Abkehr von der bisherigen Praxis, die das Anlagenlayout von Windparks dem mehr oder weniger zufälligen Zustandekommen von Pachtverträgen zwischen Investoren und Flächeneignern überlässt und die der Frage nach einer landschafts(bild)-gerechten Einbindung der Anlagen nur wenig Raum gibt. Hier sind vielmehr frühzeitig einsetzende gestaltende Regelungen erforderlich, die über die wirtschaftlichen Interessen von Investoren und Grundstückseigentümern hinausgehen sollten.

## Methoden

Zur Umsetzung der beschriebenen beispielhaften Strategien und neuen Denkansätze ist ein intensiverer Einsatz (zum Teil auch neuer) landschaftsplanerischer Methoden notwendig.

Große Möglichkeiten einer auch methodisch deutlich verbesserten landschaftsplanerischen Gestaltung liegen z. B. in einer optimierten Visualisierung und Analyse der Auswirkungen erneuerbarer Energien und anderer Energieinfrastrukturen und der sie adressierenden Planungsvorhaben auf den Freiraum. Hierbei können auch neue Ansätze anderer Disziplinen, beispielsweise aus der Wahrnehmungspsychologie oder der raumbasierten Informationstechnologien (beispielsweise geographische Informationssysteme), eingesetzt werden.

Wichtig für gelingende und auch lokal akzeptierbare Planungsergebnisse ist zum anderen auch eine entsprechend weit blickende formal-organisatorische Umsetzung spezifischer Planungsvorhaben. Insbesondere im Bereich der Bürgerbeteiligung und Partizipation verfügen die planenden Disziplinen hier über vielfach bewährte Ansätze, die im Außenbereich bislang nur eingeschränkt genutzt werden. Beispiele sind die Durchführung von Beteiligungsvorhaben unter Nutzung der einschlägigen planerischen Methoden oder auch informelle integrierte Kommunalentwicklungsstrategien, wie sie etwa in der „Klimakommune“ Saerbeck im Münsterland umgesetzt werden. Bewährt hat sich in diesem

Zusammenhang auch die Auslobung von Planungswettbewerben, die bei Projekten der Landschaftsarchitektur und der Stadtplanung eine hohe Planungsqualität sichern und auch die Information und Einbeziehung der interessierten Öffentlichkeit ermöglichen. Grundsätzlich sollte die planerische Gestaltung der Energiewende im Außenbereich ähnlich wie im städtischen Innenbereich auf übergeordneten Leitbildvorstellungen basieren, die Leitplanken für die Entwicklung zukünftiger, ggf. stärker durch regenerative Energiegewinnung und Energieinfrastrukturen geprägte (Energie-) Landschaften setzen. Folgende Frage sollte dabei berücksichtigt werden: Können wir Energielandschaften der Gegenwart und Zukunft durch geeignete Planung und Teilhabe aktiver gestalten und ihnen damit einen gesellschaftlichen oder sogar ästhetischen Wert geben so wie früher, als Halden und Fabrikschornsteine Arbeit und regionale Prosperität signalisierten?

Die aufgeworfenen Fragen und Themen machen die Spannweite ebenso wie die Herausforderungen der Handlungsfelder Energiewende, Klimaschutz und Klimaanpassung in der Landschaftsplanung deutlich. Der planerische Handlungsrahmen zur qualitätvollen Umsetzung der Energiewende ist genauso herausfordernd wie die Energiewende selbst. Die Bewältigung der Herausforderungen von Klimaschutz und Klimaanpassung erfordert ein ganzheitliches, handlungsfeldübergreifendes Denken, ein integratives Vorgehen und einen ambitionierten Strategieeinsatz. Es gilt viele Faktoren gleichermaßen einzubinden, zu einem schlüssigen Gesamtkonzept zusammenzufügen und mit sachgerechtem Instrumenteneinsatz umzusetzen. Dazu steht zwar ein bewährter Instrumentenkoffer zur Verfügung, jedoch sollte die Planung dynamischer reagieren bzw. agieren, um den laufenden Klimaveränderungen entschlossen entgegenzutreten.

Für Planerinnen und Planer gilt es dabei, die bestehenden Instrumente flexibel zu nutzen und offensiv zu interpretieren. Wichtig ist vor allem aber, dass auch gesellschaftlich die zentrale Rolle einer soliden und entsprechend priorisierten planerischen Gestaltung wieder stärker verankert wird. Dazu müssen die entsprechenden Leitbilder kontinuierlich und proaktiv weiterentwickelt werden.

**Die Bewältigung der Herausforderungen von Klimaschutz und Klimaanpassung erfordert ein ganzheitliches handlungsfeldübergreifendes Denken.**

# Impressum

## Herausgeber

Architektenkammer Nordrhein-Westfalen © 2014

## Redaktion

Ernst Herbstreit

Wilfried Brandt

Karl-Heinz Danielzik

Norbert Hellmann

Jan Schüsseler

Guido Wallraven

## Wissenschaftliche Begleitung und Textbearbeitung

Wuppertal Institut für Klima Umwelt Energie

Dr. Stefan Lechtenböhmer

Andrea Esken

Valentin Espert

## Layout und Grafik

Annette Jacobs, Düsseldorf

[www.annettejacobs.de](http://www.annettejacobs.de)

## Herstellung

Wagner Druck und Werbe GmbH, Essen



## Redaktioneller Hinweis

Die Architektenkammer Nordrhein-Westfalen setzt sich für die Gleichstellung von Mann und Frau ein. Sie erachtet es als wichtig, diese Haltung auch in der bewussten Verwendung von Sprache zum Ausdruck zu bringen. Die Architektenkammer achtet deshalb in allen Veröffentlichungen darauf, dass z. B. bei der Nennung von Berufsbezeichnungen nicht allein die maskuline Form verwendet wird. Nach Möglichkeit wird immer wieder im Laufe des Textes auch die feminine Form genannt. Im Interesse der Leserinnen und Leser dieser Publikation wird dem Textfluss und einer guten Lesbarkeit höchste Priorität eingeräumt.

Gruehn, D. (2010): Herausforderungen für Klimaanpassungsstrategien auf regionaler Ebene. Präsentation im Rahmen der „15. Konferenz für Planerinnen und Planer NRW - Klimaschutz und Klimaanpassung“ am 05.03.2010 in Wuppertal. [http://www.ils-forschung.de/down/15\\_Planerkonferenz\\_Seiten\\_17-31.pdf](http://www.ils-forschung.de/down/15_Planerkonferenz_Seiten_17-31.pdf). Aufgerufen am 16.04.2014.

Hirschberg, S., Dones, R., Heck, T., Burg-herr, P., Schenler, W., Bauer, C. (2006): Strengths and weakness of current energy chains in a sustainable development perspective. *International Journal for Nuclear Power*, 51(7): 447-457.

Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) (2011): IPCC Special Report on Renewable Energy Sources and Climate Change Mitigation. [http://srren.ipcc-wg3.de/report/IPCC\\_SRREN\\_Full\\_Report.pdf](http://srren.ipcc-wg3.de/report/IPCC_SRREN_Full_Report.pdf). Aufgerufen am 16.04.2014.

Internationales Wirtschaftsforum Regenerative Energien (IWR) (2012): Zur Lage der Regenerativen Energiewirtschaft in NRW 2011, Teil 1: Monitoringbericht. Studie im Auftrag des Ministeriums für Klimaschutz, Umwelt, Landwirtschaft, Natur- und Verbraucherschutz des Landes Nordrhein- Westfalen. [http://www.umwelt.nrw.de/klima/pdf/studie\\_regenerative\\_energiewirtschaft\\_2011.pdf](http://www.umwelt.nrw.de/klima/pdf/studie_regenerative_energiewirtschaft_2011.pdf). Aufgerufen am 06.11.13.

Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz Nordrhein-Westfalen (LANUV) (2012): Potenzialstudie Erneuerbare Energien NRW, Teil 1 – Windenergie. LANUV Fachbericht 40. <http://www.lanuv.nrw.de/veroeffentlichungen/fachberichte/fabe40/fabe40-I.pdf>. Aufgerufen am 20.01.2014.

Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz Nordrhein-Westfalen (LANUV) (2013): Potenzialstudie Erneuerbare Energien NRW, Teil 2 – Solarenergie. LANUV Fachbericht 40. <http://www.lanuv.nrw.de/veroeffentlichungen/fachberichte/fabe40/fabe-40-II.pdf>. Aufgerufen am 20.01.2014.

Löschel, A., Erdmann, G., Staiß, F., Ziesing, H.-J. (2014): Expertenkommission zum Monitoring-Prozess „Energie der Zukunft“. Stellungnahme zum zweiten Monitoring-Bericht der Bundesregierung für das Berichtsjahr 2012. [http://ftp.zew.de/pub/zew-docs/gutachten/Stellungnahme\\_Expertenkommission\\_2014.pdf](http://ftp.zew.de/pub/zew-docs/gutachten/Stellungnahme_Expertenkommission_2014.pdf). Aufgerufen am 16.04.2014.

Ministerium für Klimaschutz, Umwelt, Landwirtschaft, Natur- und Verbraucherschutz des Landes NRW (MKULNV) (2011): KlimaschutzStartProgramm der Landesregierung. [http://www.umwelt.nrw.de/klima/pdf/klimaschutz\\_start\\_programm.pdf](http://www.umwelt.nrw.de/klima/pdf/klimaschutz_start_programm.pdf). Aufgerufen am 12.12.2012.

Ministerium für Klimaschutz, Umwelt, Landwirtschaft, Natur- und Verbraucherschutz des Landes NRW (MKULNV) (2012): EnergieDaten. NRW 2012. [http://www.umwelt.nrw.de/ministerium/pdf/energie-daten\\_nrw\\_2012\\_web.pdf](http://www.umwelt.nrw.de/ministerium/pdf/energie-daten_nrw_2012_web.pdf). Aufgerufen am 14.01.2014.

Ministerium für Klimaschutz, Umwelt, Landwirtschaft, Natur- und Verbraucherschutz des Landes NRW (MKULNV) (2012a): Eckpunkte für den Klimaschutzplan Nordrhein-Westfalen. [http://www.umwelt.nrw.de/klima/pdf/eckpunkte\\_klimaschutzplan.pdf](http://www.umwelt.nrw.de/klima/pdf/eckpunkte_klimaschutzplan.pdf). Aufgerufen am 07.12.2012.

Ministerium für Umwelt und Naturschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz des Landes NRW (MUNLV) (2006): Bericht zur „Studie zur Ermittlung und gewässerökologischen Bewertung von Stauanlagen in den Gewässern von NRW und zur Ausweisung von energetisch angepassten Nutzungsmöglichkeiten“.

NRWSPD – Bündnis 90/Die Grünen NRW (2012): 2012–2017. Koalitionsvertrag 2012–2017. [http://www.gruene-nrw.de/fileadmin/user\\_upload/gruene-nrw/politik-und-themen/12/koalitionsvertrag/Koalitionsvertrag\\_2012-2017.pdf](http://www.gruene-nrw.de/fileadmin/user_upload/gruene-nrw/politik-und-themen/12/koalitionsvertrag/Koalitionsvertrag_2012-2017.pdf). Aufgerufen am 29.01.2014.

Umweltbundesamt (2013): Energiebedingte Emissionen und ihre Auswirkungen. <http://www.umweltbundesamt.de/daten/energiebereitstellung-verbrauch/energiebedingte-emissionen-ihre-auswirkungen>. Aufgerufen am 16.04.2014.

Universität Duisburg-Essen (2014): Unterflur-Pumpspeicherwerke. Regionale Speicher für regenerative Energien. <http://www.upsw.de/index.php/de/>. Aufgerufen am 16.04.2014.

Schöbel, S. (2012): Windenergie und Landschaftsästhetik: Zur landschaftsgerechten Anordnung von Windfarmen. Berlin Winkler-Hartenstein, K. & Buksdrücker, T. (2012): Arbeitskreis 1: Freileitungen und Erdkabel: Ökologische Auswirkungen von Freileitungen und Erdkabeln auf die Schutzgüter. Präsentation im Rahmen der Fachtagung „Aus- und Umbau der Energienetze – Naturschutz und Kulturlandschaftspflege (2)“ am 27./28.09.2012. [http://www.landespflege.de/aktuelles/energienetze/2/winkler-hartenstein\\_buksdruecker.pdf](http://www.landespflege.de/aktuelles/energienetze/2/winkler-hartenstein_buksdruecker.pdf). Aufgerufen am 20.01.2014.

Zaspel, B. (2014): Energiewende in Deutschland – Herausforderungen für die Landesplanung. In: Küpper, P. et. al. (Hrsg.): Raumentwicklung 3.0 – Gemeinsam die Zukunft der räumlichen Planung gestalten. Arbeitsberichte der ARL 8. Hannover: 106-122.

# Zusammenfassende Thesen

## 1

Mit der Energiewende und dem Klimaschutz sind Herausforderungen und Auswirkungen auf die Umwelt- und Lebensbedingungen zu erwarten, die heute noch nicht absehbar sind und welche die planenden Disziplinen vor neue Aufgaben und Arbeitsfelder stellen.

## 2

Die Bedeutung von Klimaschutz und Energiewende als wesentliche Aufgaben nachhaltiger Zukunftssicherung von bebauter und unbebauter Umwelt wird weiter zunehmen. Hier ist eine zeitnahe Reaktion durch solides planerisches Handeln notwendig. Dabei werden auch eine Modifikation bisheriger Strategien und Leitbilder, die die Anwendung innovativer Methoden und die Entwicklung neuer Denkansätze erforderlich sein.

## 3

Klimaschutz und Energiewende als neue Handlungsfelder erfordern eine zum Teil neue, vor allem aber vielfach intensivierte Auseinandersetzung aller beteiligten Disziplinen aus Wissenschaft, Politik und Planung.

## 4

Prioritäten der Energiewende sind Energieeinsparung und Energieeffizienz; sie reichen aber zur Umsetzung der Energiewende und für den Klimaschutz alleine nicht aus.

## 5

Die planerische Begleitung von Vorhaben zur Schaffung von (regenerativen) Energieanlagen und -infrastrukturen muss eine neue Qualität erreichen, die von Beginn an landschaftsgestalterische Aspekte aktiv mit einbezieht. Dazu bedarf es sowohl einer wesentlich stärkeren Priorisierung frühzeitiger planerischer Einbettung als auch einer Änderung der gestalterischen und methodischen Vorgehensweise, z. B. durch Wettbewerb, Simulation und Partizipation.

## 6

Die Anpassung an die Folgen sowie die Abschwächung der Wirkungen des Klimawandels sind teilweise noch planerisches Neuland. In diesem Kontext gewinnen die bestehenden planerischen Instrumentarien im Bereich der Freiflächenplanung und -gestaltung, der Stadtklimatologie und des Wasserbaus stark an Bedeutung. Es sollte verstärkt integrativ gedacht werden, wodurch auch Synergien zwischen Klimaschutz- und Anpassungsmaßnahmen erschlossen werden könnten.

## 7

Im Grundsatz steht für die genannten Aufgaben ein ausreichendes und umfassendes planerisches Instrumentarium zur Verfügung. Dabei sollten die bewährten Planungsprinzipien in einem transparenten und an den Zielen der Nachhaltigkeit orientierten Prozess neu interpretiert werden. Es kann letztlich nicht mehr um die Konservierung existierender Landschaften und bestehender Natur gehen, sondern um die nachhaltige Gestaltung von Städten und Landschaften, die sich an die neuen Umweltbedingungen und Herausforderungen anpassen.

## 8

Ziel muss sein, die Energielandschaften der Gegenwart und Zukunft durch geeignete Planung und Teilhabe aktiver zu gestalten und ihnen damit einen gesellschaftlichen und ästhetischen Wert zu geben. Dabei wird gute und vorausschauende Planung dazu beitragen, dass die gesellschaftlich vereinbarten Ziele der Energiewende sich auch in qualitativ hochwertig gestalteten, funktionalen und attraktiven Freiräumen widerspiegeln.

Architektenkammer  
Nordrhein-Westfalen



Haus der Architekten  
Zollhof 1  
40221 Düsseldorf  
Tel. (0211) 4967-0  
Fax (0211) 4967-99  
[info@aknw.de](mailto:info@aknw.de)  
[www.aknw.de](http://www.aknw.de)