



*RPU Wiesbaden*  
**JOURNAL**

*Sonderausgabe • Juni 2012*

Abfall • Arbeitsschutz • Bergbau • Immissionsschutz • Landesgewerbeamt • Wasser

**Erneuerbare  
Energien**

Abteilung Arbeitsschutz und Umwelt Wiesbaden

Vorwort



Sehr geehrte Leserinnen und Leser,

gut ein Jahr ist es her, dass wir Sie mit unserem Sonderheft Erdwärme über unterschiedliche Positionen und fachliche Aspekte der Zukunftstechnologie Geothermie informiert hatten - dies auch gerade vor dem Hintergrund der Lage des Regierungsbezirkes am Oberrheingraben, wo die geologischen Rahmenbedingungen günstig und aussichtsreich scheinen.

Das Heft war, dank Ihrer regen Nachfrage und positiven Rückmeldungen, ein großer Erfolg.

Dies hat uns ermutigt, Ihnen mit dem vorliegenden Journal aktuelle Informationen zu anderen Sparten der erneuerbaren Energien zu geben - sowohl den Energieressourcen aus Wind, Wasser und Sonne als auch dem Energiepotential, das aus der Biomasse nachwachsender Rohstoffe über Biogasanlagen und Biomassekraftwerke generiert werden kann. Wir nehmen dabei hauptsächlich die Sichtweise des Regierungspräsidiums als mittelbehördliche Fachverwaltung ein, die mit verschiedensten und umfangreichen Planungs-, Zulassungs- und Überwachungsaufgaben auf diesen Gebieten betraut ist.

In diesem Zusammenhang richte ich Ihre Aufmerksamkeit auch auf die Neugestaltung unseres Internetauftritts (<http://www.rp-darmstadt.hessen.de>), wo Sie bereits über die Startseite einen Einstieg in das Portal Erneuerbare Energien erhalten, in dem wir zeitnah über aktuelle Themen, Sachverhalte und Geschehnisse rund um den Bereich Energiewende informieren möchten.

Dies steht auch im Kontext mit den umfangreichen Informationskampagnen der hessischen Landesregierung rund um die Thematik.

Kooperation und Kommunikation mit Bürgern, Kommunen, Unternehmen und Betrieben stellen die Basis für eine flächendeckende, gesellschaftliche Akzeptanz dar, die wiederum der Schlüssel zu einer erfolgreichen Energiewende und damit der Energieversorgung von morgen ist. Nur mit einer breiten Unterstützung aller am Prozess Beteiligten werden die erforderlichen Aktivitäten und die Umsetzung von Maßnahmen zeitgerecht, effizient und umweltschonend gestaltet und realisiert werden können.

Ich würde mich freuen, wenn auch unser „Sonderjournal Erneuerbare Energien“ einen Beitrag dazu leisten und Ihr geschätztes Interesse finden würde.

Mit freundlichen Grüßen

Ihr

Johannes Baron  
Regierungspräsident

<b>Inhalt</b>	<b>Seite</b>
<i>Vorwort</i> .....	2
von Regierungspräsident Johannes Baron	
<i>Zur Einführung: Erneuerbare Energien – Ökonomische Streiflichter</i> .....	4 - 6
von Joachim Barton	
<i>Diese Sonderausgabe im Kontext des hessischen Energiegipfels</i> .....	6 - 8
von Gerd Darschin	
<i>Regenerative Energiegewinnung durch Windkraft: Von der Idee bis zur genehmigten Windkraftanlage</i> .....	9 - 13
von Thomas Sölling und Andreas Wolk	
<i>Arbeitsschutztechnische Anforderungen bei Windkraftanlagen</i> .....	13 - 16
von Ingo Gehrisch	
<i>Die Hochschule RheinMain entwickelt die Technologie für Windkraftanlagen aus Holz</i> .....	16 - 20
Interview mit Prof. Dr.-Ing. Leander Bathon	
<i>Das Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG): Eine deutsche Erfolgsgeschichte mit Zukunft</i> .....	20 - 22
von Achim Kilb	
<i>Biomassekraftwerk - Die Geburtsstunde eines ‚Bio-Riesen‘</i> .....	22 - 26
von Peter Bissinger	
<i>Biogasanlagen - Ein Baustein zur Energiewende in Deutschland</i> .....	26 - 28
von Achim Kilb	
<i>Arbeitsschutzrechtliche Anforderungen an den Betrieb von Biogasanlagen</i> .....	29 - 30
von Ursula Aich	
<i>Photovoltaik auf Deponien - oder: Die Rolle ehemaliger Deponien (jetzt: „Deponieparcs“) bei der Energiewende</i> .....	30 - 32
von Peter Wagner	
<i>Energie aus Wasser am Beispiel der Wasserkraftanlage Kostheim: Das modernste Flusswasserkraftwerk am hessischen Main</i> .....	33 - 35
von Alfred Borrmann und Dr. Kurt Schefczik	
<i>Effizienter und sparsamer Einsatz von Energie: Das geht uns alle an!</i> .....	36 - 38
von Frauke Schorcht	
<i>Energieeffizienz im Unternehmen - Einsatz von Druckluft</i> .....	39 - 41
von Ludwig Kirschstein	
<i>Energie aus Abwasser</i> .....	41 - 47
von Christoph Kühmichel	
<i>Impressum</i> .....	48



## Zur Einführung: Erneuerbare Energien - Ökonomische Streiflichter

Joachim Barton, Jurist. Seit 1993 beim Regierungspräsidium Darmstadt, in den Bereichen Naturschutz, Abfallwirtschaft, Wasserwirtschaft und Bodenschutz eingesetzt. In der Abteilung Arbeitsschutz und Umwelt Wiesbaden ab 2007 juristischer Dezernent für den Immissionsschutz, außerdem hiesiger Koordinator der Umweltallianz Hessen.

**Die Energiegewinnung aus Wind, Biomasse, Biogas, Sonne, Wasser, Geothermie bietet Chancen, stellt aber auch Herausforderungen in technischer und ökonomischer Hinsicht. In Hessen haben die Regierungspräsidien weitgehende Zuständigkeiten bei der Zulassung und Überwachung solcher Anlagen.**



Das *bbr* Fachmagazin für Brunnen- und Leitungsbau beschäftigte sich in einem Artikel seines Sonderhefts 2011 *Neue Leitungsnetze Netzausbau* mit den Herausforderungen für die Energieversorgung der Zukunft und sah als Deutschlands greifbare Energiereserven Wind, Biomasse, Wasser, Geothermie und Know-how. In der technologischen Erschließung von Energieeffizienz und erneuerbaren Energiequellen lägen die zukunftsreichsten Reserven. Eine moderne und zukunftssichere Energieversorgung senke nicht nur die Abhängigkeit von Energieimporten, sondern - auf längere Sicht - auch die finanzielle Belastung von Industrie und Haushalten.

Zugleich fördere dieser Weg die technologische Entwicklung und es ergäben sich neue Exportchancen auf den Weltmärkten.

Der Bundesverband Erneuerbare Energien (BEE) kam bereits in seiner *Ausbauprognose* der Erneuerbare-Energien-Branche (Teil 1: Stromversorgung 2020; S. 3) vom Oktober 2009 zu dem Ergebnis, dass sich Kraftwerkskapazitäten und Stromproduktion der erneuerbaren Energien bis 2020 etwa verdreifachen würden, die erneuerbaren Energien dann in der Summe 278 Milliarden Kilowattstunden zur Stromproduktion beitragen und die installierte Leistung auf 111 Gigawatt anwachsen würde.

[www.bee-ev.de/downloads/publikationen/studien/2009/091015\\_BEE-Branchenprognose\\_Strom2020\\_kurz.pdf](http://www.bee-ev.de/downloads/publikationen/studien/2009/091015_BEE-Branchenprognose_Strom2020_kurz.pdf)

In den VDI Nachrichten Nr. 30/31 vom 29. Juli 2011 war zu lesen, dass Finanzinvestoren verstärkt auf erneuerbare Energien setzen. Nach Angaben von BloombergNewEnergyFinance wuchsen hier die Kapitalanlagen in erneuerbare Energien in 2010 weltweit um 30% auf 2,2 Mrd. \$, hauptsächlich in Nordamerika, hieß es dort. An gleicher Stelle erfuhr man jedoch in einem weiteren Artikel, Fondmanager seien sich uneins über die Risiken global agierender Energiekonzerne. Wohl zweifeln manche, ob die Regelungen zur Senkung der CO<sub>2</sub>-Emissionen ausreichend berücksichtigt und eingepreist seien, während andere gar nicht an einschneidende Kürzungen bei dem Verbrauch fossiler Brennstoffe glaubten.

Die französische Umweltmesse Pollutec Horizons 2011 stand allerdings im Zeichen der erneuerbaren Energien, wie das Umwelt Magazin in seinen Ausgaben 10/11 2011 und 1/2 2012 schrieb. Auch die diesjährige Hannover Messe setzte auf Umweltechnologien; die Energiewende könnte gar zum Konjunkturmotor werden, meinte der Wiesbadener Kurier schon am 2. Februar 2012 in diesem Zusammenhang.

Das Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU) sieht ebenfalls erhebliche wirtschaftliche Impulse im Zusammenhang mit dem Bau und Betrieb von Anlagen zur Nutzung erneuerbarer Energien in Deutschland: In den Jahren vor der Finanz- und Wirtschaftskrise ist das Welthandelsvolumen mit Umweltschutzgütern stark gewachsen. Im Durchschnitt gab es zwischen 2002 und 2008 einen jährlichen Zuwachs der Weltexporte um 17%. Dagegen wuchs der Welthandel mit Industriewaren jahresdurchschnittlich nur um 14,4%. Besonders dynamisch entwickelte sich der internationale Handel mit Klimaschutzgütern. In den Jahren 2002 bis 2008 verzeichnete er einen jährlichen Zuwachs um 19%, bei den erneuerbaren Energien sogar um knapp 33% pro Jahr.

Die Investitionen in die Errichtung von Erneuerbare-Energien-Anlagen in Deutschland im Jahr 2010 lagen bei insgesamt 27,9 Mrd. €, die wirtschaftlichen Impulse aus dem Betrieb von Anlagen zur Nutzung erneuerbarer Energien bei 11,3 Mrd. €.

Die erneuerbaren Energien könnten ihre zunehmende Bedeutung als Wirtschaftsfaktor unterstreichen (vgl. BMU, *Umweltwirtschaftsbericht*, Stand September 2011; Seite 17 - [www.bmu.de/files/pdfs/allgemein/application/pdf/umweltwirtschaftsbericht\\_2011\\_bf.pdf](http://www.bmu.de/files/pdfs/allgemein/application/pdf/umweltwirtschaftsbericht_2011_bf.pdf)) und die Broschüre *Erneuerbare Energien in Zahlen - Internet Update ausgewählter Daten*; [www.erneuerbare-energien.de/files/pdfs/allgemein/application/pdf/ee\\_zahlen\\_internet-update.pdf](http://www.erneuerbare-energien.de/files/pdfs/allgemein/application/pdf/ee_zahlen_internet-update.pdf); Stand Dez. 2011, S. 17 ff).

Für Umwelttechnologien werden allgemein außergewöhnliche Wachstumsraten prognostiziert, bei den erneuerbaren Energien werden sogar weltweite Umsatzzuwächse von 15 - 30% erwartet (BMU, *Energiewende Aktuell*; Ausg. 08/2012; [www.bmu.de/newsletter/content/48648.php](http://www.bmu.de/newsletter/content/48648.php)).

Deutschland hat sich für eine Energiewende hin zu erneuerbaren Energien entschieden.

Die Kreditanstalt für den Wiederaufbau (KfW) hat in 2011 mit mehr als 22. Mrd. € den Umwelt- und Klimaschutz gefördert und begleitet Unternehmen, Kommunen und Privatpersonen auf diesem Weg. BMU und KfW haben für weitere fünf Jahre die gemeinsame Förderung von Investitionen zur Wärmeversorgung durch erneuerbare Energien vereinbart. (vgl. <http://energiewende.kfw.de> und BMU Newsletter vom 29. Februar 2012, Seite 2 - [www.erneuerbare-energien.de/files/pdfs/allgemein/application/pdf/bmu\\_newsletter\\_1203\\_bf.pdf](http://www.erneuerbare-energien.de/files/pdfs/allgemein/application/pdf/bmu_newsletter_1203_bf.pdf)). Verschiedentlich wird gewarnt, eine Ausweitung des „Staatsanteils“ am Strompreis ginge zu Lasten der Verbraucher (siehe IHK Wiesbaden in ihrem Magazin *Hessische Wirtschaft* vom Februar 2012, S. 6).

Das BMU weist in seiner Informationsschrift *Energiewende Aktuell* - Ausgabe 03/2012 - darauf hin, dass der Börsenstrompreis heute 10-20% niedriger als vor 3-4 Jahren und zugleich einer der niedrigsten in ganz Europa sei. Einer der Gründe sei der gestiegene Anteil erneuerbarer Energien und die Einsatzreihenfolge der Kraftwerke (*Merit-Order-Effekt*). Gestiegen seien die Haushaltsstrompreise. Belastung Nummer eins seien dort die gestiegenen Kosten für Transport und Vertrieb des Stromes, insbesondere die hohen Preise für Gas- und Steinkohleimporte ([http://www.bmu.de/energiewende\\_aktuell/content/48456.php](http://www.bmu.de/energiewende_aktuell/content/48456.php)).



Der im April 2011 von Ministerpräsident Volker Bouffier begründete Hessische Energiegipfel hat eine sichere, umweltschonende, bezahlbare und gesellschaftlich akzeptierte Energieversorgung für alle hessischen Bürger und Unternehmen zum Ziel.

Die Deckung des Endenergieverbrauchs in Hessen (Strom und Wärme) soll bis zum Jahr 2050 möglichst zu 100 Prozent aus erneuerbaren Energien erreicht werden. Die Energiewende erfordert zwar in erheblichem Maße Investitionen in Energieerzeugungsanlagen, in den Aus- und Umbau der Energieverteilernetze, in Speichertechnologien und Effizienzmaßnahmen. Sie bedeutet aber auch eine große Chance für Innovationen und neue Technologien zum Schutz der Umwelt und des Klimas und kann so die Technologieführerschaft Deutschlands stärken und Arbeitsplätze sichern (Abschlussbericht vom 10. November 2011, S. 5 ff.; [www.energiegipfel.hessen.de/mm/Abschluss.pdf](http://www.energiegipfel.hessen.de/mm/Abschluss.pdf)).



Die Hessische Landesregierung ordnet ihre Energiepolitik in den Kontext der internationalen, europäischen und nationalen Ziele und bestehender rechtlicher Rahmenbedingungen ein.

Zu den Handlungsfeldern gehören der Ausbau von Biomasse zur Stromerzeugung und im Wärmebereich, der Windenergie, der Geothermie, der Wasserkraft und der Photovoltaik.

Die vom Hessischen Energiegipfel definierten Ziele und die sich daraus ergebenden Konsequenzen sollen in einer Neufassung des Hessischen Energiegesetzes und der damit verbundenen Förderrichtlinien aufgenommen werden. Dort soll auch die Festlegung der künftigen Förderschwerpunkte erfolgen.

**Die Broschüre zum Umsetzungskonzept findet sich unter [www.energieland.hessen.de/mm/Broschuere\\_Energiegipfel.pdf](http://www.energieland.hessen.de/mm/Broschuere_Energiegipfel.pdf).**

Die hessischen Regierungspräsidien sind zuständig für die maßgeblichen Anlagen zur Gewinnung erneuerbarer Energien, insbesondere für Biogasanlagen, Biomassekraftwerke, Windkraftanlagen mit einer Gesamthöhe von mehr als 50 m, Wasserkraftwerke und geothermische Anlagen.

Die folgenden Beiträge möchten Sie darüber informieren, was das **Regierungspräsidium Darmstadt** in seinen Arbeitsschutz- und Umweltschutzabteilungen hier für Dienstleistungen erbringt und welchen Beratungsservice es hierzu anbietet.

Die Technik und Leistungsfähigkeit der verschiedenen Anlagen zur Erzeugung regenerativer Energien, aber auch die effiziente Energienutzung sowie die speziellen Anforderungen der oft umfangreichen verwaltungsrechtlichen Verfahren und die dabei zu überwindenden Hindernisse sollen beleuchtet werden - sind doch häufig zahlreiche Träger öffentlicher Belange und die Öffentlichkeit selbst einzubeziehen sowie eine Reihe von Fachgutachten einzuholen.



### *Diese Sonderausgabe im Kontext des hessischen Energiegipfels*

Gerhard Darschin (Jahrgang 1950), Hydrogeologe. Seit 1983 in der hessischen Umweltverwaltung, zunächst in der Abfallwirtschaft, ab 2005 im Wiesbadener Bergdezernat, das er seit 2009 leitet.

**Anlass dieses Journals sind der Hessische Energiegipfel und die dabei im Konsens der beteiligten Parteien, Verbände, Energieunternehmen, Gewerkschaften und Arbeitgebervertreter formulierten Aussagen: „Ziel des Hessischen Energiegipfels ist deshalb eine sichere, umweltschonende, bezahlbare und gesellschaftlich akzeptierte Energieversorgung für alle hessischen Bürger und Unternehmen.“**

Mit dieser Sonderausgabe wollen wir einen kleinen Beitrag zu dieser *Mammutaufgabe* leisten, wir wollen uns präsentieren als die Behörde, die erforderlichen Verfahren bearbeitet, wollen selbst Hilfestellungen und Anregungen geben zu den Bausteinen:

Energie sparen, Energie effizienter einsetzen und Energie anders, also innovativ gewinnen.

Und dann sollen die nachfolgenden Artikel auch einen Beitrag leisten zu dem immer mehr in den Vordergrund tretenden Thema:

### **Gesellschaftliche Akzeptanz der energiepolitisch notwendigen Schritte der Zukunft.**

Wer die Tagespresse verfolgt, wird genügend Belege dafür finden, dass es in fast allen Regionen, die z.B. für Windkraftanlagen geeignet wären, noch erheblichen Diskussionsbedarf in der Bevölkerung und den Gemeindeparlamenten gibt.

Die breite öffentliche Akzeptanz suchen natürlich auch die Kolleginnen und Kollegen, die Zulassungsverfahren zur Genehmigung solcher Anlagen durchführen, denn im Konsens entscheidet es sich einfacher, schneller und letztlich rechtssicherer.

Lassen Sie uns noch ein paar Festlegungen des Hessischen Energiegipfels herausstellen, die erklären, warum sich unsere Abteilung mit dem Thema „Erneuerbare Energien“ beschäftigt und warum das Thema so komplex ist und sich nicht wie der gordische Knoten einfach durchtrennen lässt.

### *Stichwort Biomasse*

Der Energiegipfel empfiehlt:

- Effizienzsteigerung von Biomassenutzungsanlagen (z.B. verbesserte Wärmenutzungskonzepte oder Biogasaufbereitung und -einspeisung in Erdgasnetze)
- Unterstützung von Projekten zur Steigerung der Nutzung von biogenen Reststoffen (z.B. Bioabfälle aus den Haushalten, Grünschnitt), die den Vorteil haben, nicht in Konkurrenz zur Nahrungsmittelproduktion und zur stofflichen Nutzung zu treten, werden in Hessen derzeit noch nicht ausgeschöpft.
- Beachtung der Nachhaltigkeit der Bereitstellung von Biomasse. Hierzu zählen unter anderem artenreiche Fruchtfolgen für Biogasrohstoffe, die Einbeziehung von Reststoffen aus der Landschaftspflege und die Nutzung von forstlichen Reststoffen.
- Unterstützung von Konzepten auf der Basis von speicherbarem Methan als Energieträger.

Das heißt aber, dass die klassischerweise in Hessen über die Landwirtschaft im ländlichen Raum entstandenen Anlagen um- oder ausgebaut werden müssten, sich der Input ändert und Genehmigungsbescheide entsprechend anzupassen bzw. zu ergänzen sind (Stichwort: *Abfallverwertung*).

Das bedeutet sicher auch, dass weitere Anlagen im Bereich von Entsorgungszentren entstehen könnten. Mehr Kooperation wäre sinnvoll.

### *Stichwort Windkraft*

Der Energiegipfel empfiehlt:

- Regionalplanerische Berücksichtigung in der Größenordnung von 2% der Landesfläche. Nicht als Vorrangflächen erfasste Gebiete gelten hierbei als Ausschlussgebiete. Je effizienter und innovativer die benötigte Energiemenge von Windenergieerzeugungsanlagen erreicht werden kann, umso geringer wird der Anteil an der Landesfläche ausfallen können.

Dazu kommen weitere Festlegungen zu Flächen für Windräder und Festlegungen zu Abstandsregelungen für Infrastruktureinrichtungen und besonders geschützten Gebieten (Naturschutzgebieten, Reservaten, Naturdenkmälern etc.).

Außerdem wird besonders für diese Energieanlagen *„die Einbindung der Kommunen in die Ausweisung von Windvorranggebieten und Windausschlussgebieten“* empfohlen, ebenso wie die *„Unterstützung der Beteiligung von Bürgerinnen und Bürgern an Windkraftanlagen zur Steigerung der gesellschaftlichen Akzeptanz, zur Bereitstellung von Investitionsmitteln sowie zur Ertragsbeteiligung“*.

Vielleicht ist das ja der - einzige - Weg zu einer breiten Akzeptanz: Der über die angemessene finanzielle Beteiligung, bei dem nicht nur die Energieunternehmen verdienen.

### *Stichwort Sonnenergie*

Die hierzu formulierten Empfehlungen beziehen sich auf eine systematische Erfassung von geeigneten Flächen – Stichwort *Solardachkataster* - , Nutzung von Lärmschutzwällen entlang von Autobahnen und Bahnlinien für Photovoltaik und die Bereitstellung von geeigneten Dächern von Landesliegenschaften für die Installation von „Bürgersolaranlagen“ sowie die Anpassung von Bauordnungen, über die Anlagen bereits bei der Planung von Industrieanlagen berücksichtigt werden können.

Zu diesem Thema sind vornehmlich die Kommunen, das Hessische Immobilienmanagement und die Baubehörden gefragt.

### *Stichwort Geothermie*

Diese spielt trotz der sehr guten geologischen Bedingungen im hessischen Teil des Oberrheingrabens bei den Empfehlungen des Energiegipfels kaum eine Rolle.

Hierzu sei auf unser letztjähriges Sonderheft Erdwärme (Ausgabe April 2011) verwiesen, in dem wir uns ausgiebig mit dem Thema auseinandergesetzt haben.

### *Stichwort Wasserkraft*

Hier sieht der hessische Energiegipfel aufgrund der Gegebenheiten in Hessen relativ wenige Möglichkeiten.

Lesen Sie in diesem Journal, was ein Wasserkraftwerk im Main leisten kann und welche Möglichkeiten sich bei der Nutzung/Gewinnung von Wärme aus Abwasser ergeben können.

### *Stichwort Energieeffizienz*

„*Maßnahmen zur effizienten Energienutzung*“, lautet das Fazit des Energiegipfels, *„tragen entscheidend dazu bei, den Energiebedarf langfristig zu reduzieren“*.

Der Energiegipfel empfiehlt nicht nur eine deutliche Steigerung der energetischen Sanierungsquote im Land und eine Mobilisierung von Fördermitteln für diese Zwecke, sondern auch die spezielle Energieberatung für den hessischen Mittelstand und die Fortsetzung der energetischen Sanierung von Landesliegenschaften.

Energieeffizienz ist ebenfalls ein weites Feld, auch hierzu finden Sie etwas in den Beiträgen in diesem Heft.

Der Energiegipfel empfiehlt noch weit mehr:

Verbesserungsmöglichkeiten der Bürgerbeteiligung bei Genehmigungsverfahren, dabei die verstärkte Nutzung neuer Medien, Bildungsarbeit in Schulen zum Gewinnen von Akzeptanz für besondere Maßnahmen und Methoden und vieles mehr.

Wir sind als Regierungspräsidium Darmstadt immer für Transparenz und umfassende Information über unser Handeln, und wollen durch dieses Journal dazu beitragen.

**Wir hoffen, Sie bekommen die eine oder andere Anregung, sich an der Energiewende zu beteiligen.**

**Denn die, soviel dürfte sicher sein, werden wir nur gemeinsam hinbekommen!**



## *Regenerative Energiegewinnung durch Windkraft - Von der Idee bis zur genehmigten Windkraftanlage*

Andreas Wolk (links), Dipl. Ing. Verfahrenstechnik. Seit 1993 in der hessischen Immissionsschutzverwaltung tätig, mit dem Schwerpunkt Genehmigung und Überwachung von BImSchG-Anlagen (Wärmeerzeugung, Energie - u. a. auch Windkraftanlagen).

Co-Autor Dipl.-Ing. Thomas Sölling, auch seit 1993 in der hiesigen Umweltverwaltung: Nach Zwischenstation im Bereich ‚Abfall‘ ab 2008 wieder im Immissionsschutz („Energie, Chemie, Abfall“); hier ebenfalls zuständig für die Genehmigung/Überwachung von WKA.

**Der Hessische Energiegipfel brachte Übereinkunft, dass ein großer Anteil an der zukünftigen Energiegewinnung durch Windenergie erfolgen wird. Hierbei gilt der Grundsatz, dass Energieerzeugung dort stattfinden soll, wo die geeigneten Ressourcen vorhanden sind.**

Im daraus folgenden Umsetzungskonzept der Hessischen Landesregierung wurde eine Windkarte erstellt. Dieses Kataster zeigt auf, an welchen Standorten Windkraftanlagen effizient eingesetzt werden können. Am 5. Dezember 2011 wurde die Windkarte der Öffentlichkeit vorgestellt. Die Erkenntnisse hieraus fließen u.a. in den Teilplan Windenergie des Regionalplans Südhessen/Regionaler Flächennutzungsplan 2010 ein, der sich zurzeit in Bearbeitung durch das Regierungspräsidium Darmstadt befindet und sodann der Regionalversammlung zum Beschluss vorgelegt werden wird.

### Gesetzliche Grundlagen



In Deutschland benötigen die Errichtung und der Betrieb von Windkraftanlagen ab einer Gesamthöhe von mehr als 50 Metern eine Genehmigung nach dem Bundes-Immissionsschutzgesetz (BImSchG).

Diese schließt andere die Anlage betreffende behördliche Entscheidungen ein, insbesondere öffentlich-rechtliche Genehmigungen, Zulassungen, Verleihungen, Erlaubnisse und Bewilligungen mit Ausnahme von Planfeststellungen, Zulassungen bergrechtlicher Betriebspläne, behördlichen Entscheidungen auf Grund atomrechtlicher Vorschriften und wasserrechtlichen Erlaubnissen und Bewilligungen.

Im Rahmen des Genehmigungsverfahrens ist außerdem zu klären, ob eine Umweltverträglichkeitsprüfung nach dem Umweltverträglichkeitsprüfungsgesetz (UVPG) erforderlich ist.

### Aufbau einer Windkraftanlage

Eine Windkraftanlage, so wie sie heute zur Stromgewinnung Verwendung findet, besteht in der Regel aus folgenden Teilen:

#### → Rotorblätter

(heute meist 3; aus glasfaserverstärktem Kunststoff mit Stelleinrichtung, Rotor und Nabe zur Umwandlung der Windenergie in Drehbewegung. Die Länge des einzelnen Rotorblatts beträgt heute ca. 60 Meter)

→ **Ggfs. Getriebe**

(wobei mittlerweile auch effizientere Anlagen ohne Getriebe gebaut werden)

→ **Generator**

(heute bis ca. 5 MW; zur Umwandlung der Drehbewegung in elektrische Energie)

→ **Anlagensteuerung**

(Getriebe, Bremse und Generator sind mit der zum Betrieb erforderlichen Anlagensteuerung in einer drehbaren Gondel auf einem - manchmal über 120 Meter hohen - Mast bzw. Turm untergebracht)

→ **Turmfundament**

(das die erforderliche Standsicherheit gewährleistet)

→ **Transformator**

(zur Aufbereitung des erzeugten Stroms an die Anforderungen des Stromnetzes)

Voraussetzung für den wirtschaftlichen Betrieb einer Windkraftanlage sind hauptsächlich die meteorologischen Bedingungen, d. h. die durchschnittlichen Windgeschwindigkeiten am konkreten Standort.

## **Der Weg zum Genehmigungsverfahren**

Da die Erstellung eines Genehmigungsantrages zeit- und kostenaufwendig ist, führt vielfach der erste Weg der Antragsteller zu den Gemeinden mit potenziellen Standorten, auf denen die Windverhältnisse ausreichend sind, und außerdem zum örtlich zuständigen Regierungspräsidium.

Hier sind viele zuständige Fachdezernate wie u.a. die Immissionsschutzdezernate, die zentral das Genehmigungsverfahren durchführen, die Regionalplanung und der Naturschutz die primären Anlaufstellen.

Ziel ist die Abklärung vor Antragstellung, ob und wenn ja wo ein Genehmigungsantrag erfolgversprechend ist bzw. ob für bestimmte Bereiche schon entsprechende Hinderungsgründe bekannt sind. Es kann nämlich sein, dass eine Gemeinde ihre Siedlungsflächen in eine bestimmte Richtung auszudehnen beabsichtigt, was hier zu Konflikten führen könnte.

Manche Gemeinden stellen zur Steuerung der Errichtung von Windkraftanlagen auf ihrem Gebiet entsprechende Flächennutzungspläne auch mit Ausschlussgebieten auf.

Außerdem kann eine frühzeitige Information/Beteiligung der betroffenen Gemeinde / Anwohner bei der Auswahl geeigneter Standorte mögliche Probleme im Genehmigungsverfahren verringern und die Akzeptanz im Umfeld erhöhen.

## **Das Genehmigungsverfahren**

Zuständig für die Erteilung der immissionsschutzrechtlichen Genehmigung für die Errichtung und den Betrieb von Windkraftanlagen mit einer Gesamthöhe von mehr als 50 Metern ist in Hessen das für die Region zuständige Regierungspräsidium.

Kleinere Anlagen, so genannte „Kleinwindkraftanlagen“, werden von der jeweils örtlich zuständigen unteren Bauaufsicht genehmigt.

Im immissionsschutzrechtlichen Genehmigungsverfahren wird neben den Anforderungen des BImSchG (u. a. im Hinblick auf Lärm und Licht) auch die Vereinbarkeit mit anderen öffentlich-rechtlichen Vorschriften geprüft.

Dazu wird neben der Standortgemeinde eine Vielzahl von Fachbehörden und Fachleuten beteiligt; insbesondere zum Bauplanungs- und Bauordnungsrecht, zum Arbeitsschutz und Brandschutz, zum Denkmalschutz, die Landwirtschaft, Naturschutz (Schutz von Vögeln, Fledermäusen u.a.) und Forst, aber auch die Bereiche Regionalplanung und Straßen- und Luftverkehr.

Bau und Betrieb von Windkraftanlagen können in vielen unterschiedlichen Bereichen Probleme bereiten. Diese sehr breit gefächerte Prüfung des Genehmigungsantrages auf verschiedensten Fachgebieten erfordert umfangreiche und ausführliche Genehmigungsunterlagen. Diese für die Durchführung eines Genehmigungsverfahrens nach dem Bundes-Immissionsschutzgesetz erforderlichen Antragsunterlagen sind zu finden beim Hessischen Landesamt für Umwelt und Geologie unter der Internetadresse

<http://www.hlug.de/start/luft/downloads/downloads-genehmigungsverfahren.html>.

Für manche Bereiche (Lärm, Schattenwurf, Vogelschutz, Standfestigkeit) sind in der Regel Sachverständigengutachten erforderlich.

Im Lärmgutachten beispielsweise wird unter Berücksichtigung des Schallleistungspegels der Anlage, der nächstgelegenen Bebauung und der Topografie eine Ausbreitungsrechnung durchgeführt, deren Ergebnis mit den Immissionsrichtwerten der Technischen Anleitung zum Schutz gegen Lärm (TA Lärm) verglichen wird.

Manche Fachgutachten können für ihre Erstellung bis zu einem Jahr benötigen (z. B. das Naturschutzgutachten zum Vorkommen von Vögeln und Fledermäusen).

Sollten sich aus den vorgelegten Fachgutachten Überschreitungen der rechtlichen Vorgaben ergeben, so stellt die Genehmigungsbehörde sicher, dass etwa durch Reduzierung des Schallleistungspegels oder einer Betriebszeitenregelung (z.B. Abschaltung der Windkraftanlage zur Nachtzeit) die Anforderungen der TA Lärm eingehalten werden.

Um Überschreitungen der Schattenwurfzeiten entgegen zu wirken, müssen die Anlagen mit sogenannten „Schattenwächtern“ (zwangsläufig wirkende Abschaltvorrichtungen zur Vermeidung von Schattenwurf) ausgerüstet werden, die gewährleisten, dass die Gesamteinwirkungszeit durch Schattenwurf die entsprechenden Richtwerte einhält.

Wie in dem gemeinsamen Erlass *„Umsetzung der bauplanungsrechtlichen Anforderungen zur Rückbauverpflichtung und Sicherheitsleistung nach § 35 Abs.5 Satz 2 und 3 BauGB bei der Genehmigung von Windenergieanlagen im Außenbereich“* des Hessischen Ministeriums für Wirtschaft, Verkehr und Landesentwicklung und des Hessischen Ministeriums für Umwelt, Energie, Landwirtschaft und Verbraucherschutz (Staatsanzeiger Nr. 44 vom 31. Oktober 2011, S.1351) geregelt, ist die Errichtung, der Ersatz einer alten Windkraftanlage durch eine neue (*Repowering*) oder die sonstige Änderung einer Windkraftanlage nur zulässig, wenn eine Verpflichtungserklärung abgegeben wird, die nach § 35 Abs. 1 Nr. 2 bis 6 Baugesetzbuch (BauGB) privilegierten Vorhaben im Außenbereich nach dauerhafter Aufgabe der zulässigen Nutzung zurückzubauen und die Bodenversiegelungen zu beseitigen.

Diese **Rückbauverpflichtung** soll die Genehmigungsbehörde durch nach Landesrecht vorgehene Baulast oder in anderer Weise sicherstellen (§ 35 Abs. 5 Satz 3 BauGB). Das geschieht regelmäßig durch die Aufnahme entsprechender Nebenbestimmungen. In Betracht kommen die in § 232 BGB genannten Arten oder gleichwertige Sicherungsmittel.

Unter bestimmten Voraussetzungen ist darüber hinaus die Durchführung einer **Umweltverträglichkeitsprüfung** notwendig.

Dies ist von der Anzahl der im räumlichen Zusammenhang zu genehmigenden Anlagen abhängig und daraus bestimmt sich auch die erforderliche Prüftiefe.

Die Errichtung von nur 1 bis 2 Windkraftanlagen ist noch nicht hiervon erfasst.

Für die Errichtung und den Betrieb einer Windfarm mit 3 bis 5 Anlagen mit einer Gesamthöhe von jeweils mehr als 50 Metern ist eine standortbezogene Vorprüfung des Einzelfalls nach § 3c Satz 2 UVPG erforderlich.

Bei 6 bis 19 solcher Anlagen ist eine allgemeine Vorprüfung des Einzelfalls nach § 3c Satz 1 UVPG durchzuführen.

Wenn 20 oder mehr solcher Windkraftanlagen errichtet werden sollen, ist stets eine vollständige Umweltverträglichkeitsprüfung erforderlich.

Eine immissionsschutzrechtliche Genehmigung schließt - wie gesehen - die anderen für die Errichtung und den Betrieb der Windkraftanlagen erforderlichen Genehmigungen ein, insbesondere die Baugenehmigung und die naturschutzrechtliche Eingriffsgenehmigung).

Nicht hiervon erfasst sind eventuelle Rodungsarbeiten zur Herstellung der Zuwegung zum Anlagengrundstück (z. B. Fahrbahnverbreiterungen in Kurven) und die Ableitung des erzeugten Stromes von der Windkraftanlage/vom Windpark zum nächsten Netzeinspeisepunkt.



**Bild: „Beispiel Repowering“ - Ersatz einer WKA mit einer Gesamthöhe von ca. 90 m und 500 KW Nennleistung durch eine WKA mit einer Gesamthöhe von ca. 180 m und 2,3 MW Nennleistung (ca. 4-5 fache Leistung)**

Die Voraussetzungen dieser eingeschlossenen Genehmigungen werden innerhalb des immissionsschutzrechtlichen Genehmigungsverfahrens geprüft.

In den jeweiligen Fachbehörden prüfen Spezialisten die vorgelegten Antragsunterlagen und Gutachten unter anderem darauf, ob der Schutz der Anwohner, der Natur und des Umfelds gewährleistet ist.

Wenn es nötig ist, kann eine Genehmigung mit entsprechenden Auflagen oder Bedingungen versehen werden.

So kann gewährleistet werden, dass Anwohner nachts trotz des Betriebs der Windkraftanlagen noch schlafen können, dass bei Sturm nichts passiert, eine Blendung vermieden wird, man keine Angst vor Eisbrocken haben muss, dass Passanten bei Brand und Blitzschlag nicht verletzt werden, dass die Natur ausreichend geschützt ist.

Wenn bei der Prüfung der Antragsunterlagen festgestellt wird, dass das Vorhaben nicht den rechtlichen Anforderungen entspricht, und deren Einhaltung auch nicht durch Auflagen oder Nebenbestimmungen erreicht werden kann, muss der Genehmigungsantrag abgelehnt werden.

Dies können Gründe des Immissionsschutzes selbst, aber beispielsweise auch solche des Baurechts oder des Naturschutzrechts und des übrigen Fachrechts sein.

**Entspricht das Vorhaben den rechtlichen Anforderungen, hat der Antragsteller einen gesetzlichen Anspruch auf die immissionsschutzrechtliche Genehmigung als gebundene Entscheidung.**



### *Arbeitsschutztechnische Anforderungen an Windkraftanlagen*

Ingo Gehrisch (Jg. 1971), Diplom-Bauingenieur. Zunächst 10 Jahre Bauleiter in der Mobilfunkbranche, seit Ende 2009 in der Wiesbadener Abtlg. Arbeitsschutz und Umwelt tätig. Hier zuständig für betrieblichen Arbeitsschutz in den Bereichen Bau, Entsorgung und Recycling, das gewerbliche Sprengstoffwesen und überwachungsbedürftige Anlagen gemäß Betriebssicherheitsverordnung.

**Seit dem Beschluss der Bundesregierung Mitte des Jahres 2011 ist klar, dass man sich in Deutschland energietechnisch neu organisieren und aufstellen muss. Die Energiewende macht den Schritt hin zu regenerativen Energien unumgänglich, um die Energieversorgung in der BRD nachhaltig zu sichern, wobei hier der Bau von Windkraftanlagen einen wichtigen Bestandteil darstellt.**

**Der vermehrte Aufbau von Offshore-Parks im Küstenbereich zeigt die immer größer werdende Bedeutung dieser Art der Energiegewinnung durch Wind. Aber nicht nur in Küstennähe werden Windkraftanlagen gebaut, auch im Binnenland kann und wird man die oft imposanten Bauwerke immer häufiger sehen. Schon alleine aufgrund ihrer Bauhöhe bergen sie besondere Gefahren, so dass sich auch der Arbeitsschutz intensiv mit dieser Thematik auseinandersetzen muss.**

Während die Errichtung des Fundaments sowohl bau- als auch arbeitsschutztechnisch keine großen Herausforderungen darstellt, sieht es beim Bau und insbesondere Betrieb der Anlagen anders aus.

Für hoch gelegene Arbeitsplätze ist das A und O ein durchdachtes Aufbau- und Betriebskonzept, in dem ein Rettungskonzept beinhaltet sein muss.

Dies müssen die Ingenieure mit in Ihre Planungen einbeziehen.

Im Innern der Windkraftanlagen befinden sich Steigschutzleitern. Hierbei sind die Leitersprossen links und rechts der Steigschutzschiene befestigt, in der das Sicherungselement, der so genannte Läufer, eingesetzt wird.

Steigschutzleitern werden mit persönlicher Schutzausrüstung bestiegen.

Hierzu zählen neben dem bereits erwähnten Läufer, Helm, geeignetes Schuhwerk, Handschuhe und ein Auffanggurt (Gurt). Der Läufer stellt die Verbindung zwischen Mensch/Gurt und Leiter her. Zusätzlich sind spezielle Sicherungsseile nötig. Hierzu gehört der Bandfalldämpfer. Dieser ist nötig, sobald sich der Monteur von der Leiter lösen muss, um beispielsweise im Bereich der Nabe des Rotors, am Generator oder sonst außerhalb der Windkraftanlagen zu arbeiten. Der Bandfalldämpfer wird an einem Ende in der Rückenöse des Gurts befestigt und am anderen Ende mittels eines Hakens an einem statisch nachgewiesenen und entsprechend markierten Befestigungspunkt eingehängt.

Er enthält ein Sicherheitselement in Form eines Klettbandes, das im Falle eines Absturzes aufreißt und die Fallenergie in ein für den Menschen erträgliches Maß reduziert.



Bild: Läufer



Bild: Läufer in der Steigschutzschiene



Bild: Läufer als Verbindungsmittel zwischen Mensch/Gurt und Leiter



Bild: Gurt mit Bandfalldämpfer

Ein Absturz und das damit verbundene Hängen im Seil verursacht beim Verunfallten neben meist körperlichen Schmerzen eine erhebliche psychische Belastung. Schockartige Zustände bis hin zur Todesangst können die Folge sein.

Um zu verhindern, dass es zu solchen Situationen kommt, müssen Beschäftigte, die mit dem Bau und Betrieb von Windkraftanlagen zu tun haben, gewisse Voraussetzungen erfüllen.

Hierzu gehört die körperliche Eignung, die durch die entsprechende arbeitsmedizinische Vorsorgeuntersuchungen (G41-Untersuchung - Arbeiten mit Absturzgefahr) festgestellt wird. Hierbei werden insbesondere der Gleichgewichtssinn und das Herz-Kreislauf-System untersucht. Je nach Alter findet diese Untersuchung alle ein bis drei Jahre statt.

Weiterhin muss in regelmäßigen Abständen, am besten einmal pro Jahr, eine Höhenrettungsschulung absolviert werden, in der die Beschäftigten Möglichkeiten der Selbstrettung erlernen und trainieren. Im Absturzfall ist es beispielsweise möglich, mittels handelsüblicher Reepschnüre, sogenannten Prusikschlingen, am Bandfalldämpfer nach oben zu steigen. Selbst wenn dies nicht gelingen sollte, kann man mit Hilfe der Prusikschlingen eine erhebliche Entlastung des Oberschenkel-Leistenbereichs, der beim Hängen im Seil/Gurt extrem belastet wird, erreichen, in dem man sich einfach in die Schlingen hineinstellt.



Bild: Wichtigste Elemente der persönlichen Schutzausrüstung zum ‚Klettern‘ auf hoch gelegene Arbeitsplätze



Bild: Prusikknoten



Bild: Entlastung durch Stehen in den Prusikschlingen

Den gleichen Effekt kann man mit einem Arbeitsseil erreichen. Dieses kann man mittels eines mechanischen Seilkürzers auf die richtige Länge einstellen und sich hineinknieen.

Beide Möglichkeiten verlängern die Zeit, in der man unbeschadet im Seil/Gurt hängen kann, erheblich.

Ohne diese Entlastung können erste Schäden bereits nach einigen Minuten auftreten, da durch das Hängen im Gurt der Blutrückfluss aus den Beinen zum Herz verhindert wird. Wird dagegen nichts unternommen, kann es zum so genannten Hängetrauma kommen, bei dem der Abgestürzte zunächst bewusstlos wird und letztlich stirbt.

Über die Zeit, wann ein Hängetrauma nach Absturz eintreten kann, sind sich die Mediziner nicht einig, man muss allerdings von einem Zeitfenster von nur 10 - 20 Minuten ausgehen.

Wie oben beschrieben, kann sich der Abgestürzte zumindest noch selbst helfen, wenn er weiß wie, und wenn er beim Absturz keine Verletzungen erlitten hat, die direkt zu einer Bewusstlosigkeit geführt hat.

Was aber, wenn der Verunfallte bereits bewusstlos ist ?

Sollte dies der Fall sein, ist man auf Kollegen angewiesen, die wissen, was in einem solchen Fall zu tun ist. Neben der Selbstrettung bekommt man dies ebenfalls auf den bereits erwähnten Höhenrettungsschulungen beigebracht.

Sollte der Verunfallte nicht abgestürzt sein, sondern bewusstlos im Läufer, also noch direkt an der Leiter hängen, ist die einfachste und schnellste (allerdings auch anstrengendste) Methode die Schulterrettung.

Hierbei unterklettert der Retter den Bewusstlosen so weit, bis sich sein Läufer unmittelbar am Läufer des Verunfallten befindet. Durch Anheben des Bewusstlosen entriegelt dessen Läufer und man kann ihn quasi auf seinen Schultern nach unten bringen. Diese Art der Rettung eignet sich allerdings nur, wenn der Verunfallte nicht allzu weit oben in der Steigschutzleiter hängt, genügend Platz für 2 Personen vorhanden ist und die Verhältnisse des Körpergewichts zwischen Retter und Verunfalltem halbwegs zueinander passen. Ein 70-kg-Retter wird sich mit einem 120-kg-Verunfallten sicherlich sehr schwer tun.

Lässt sich diese Schulterrettung nicht anwenden, gibt es nur noch eine Möglichkeit: Die Benutzung eines Rettungsgerätes samt Rettungsseil. Mit diesem Rettungsgerät kann man Verunfallte mit verschiedenen Techniken sowohl retten, wenn er sich noch an der Leiter befindet, als auch wenn er durch Absturz im Bandfalldämpfer hängt.

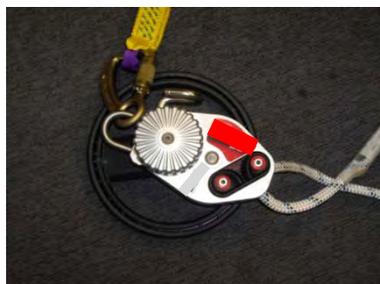
Es gibt mittlerweile eine Vielzahl von namhaften Rettungsgeräteherstellern.

Das Prinzip der Rettungsgeräte ist jedoch immer das Gleiche:

Mittels Rettungsseil, das mit verschiedenen „Adaptern“ an der Rückenöse oder dem Seil des Abgestürzten befestigt werden kann, und einer Kurbel (mit Übersetzung), wird der Verunfallte ein Stück nach oben gezogen. Dadurch entlastet sich das Element, in dem er hängt, also entweder das Seil oder der Läufer. Diese Entlastung ermöglicht es dem Retter, die Verbindung zwischen Verunfalltem und Leiter/Befestigungspunkt zu lösen und ihn danach mit Hilfe des Rettungsgerätes und -seils sicher zu Boden zu bringen.



**Bild: Rettungsgerät älteren Baujahrs**



**Bild: Rettungsgerät neueren Baujahrs**



**Bild: Rettungsgerät samt Rettungsseil**

Wichtig ist, dass er am Boden erst in eine Hock-Kauer-Stellung gebracht wird, um ein schlagartiges Zurückschießen des Blutes zum Herzen zu verhindern. Dies würde zum Tod des Verunglückten führen.

Am Boden kann dann die Erstversorgung durch den Retter erfolgen, ehe der Notarzt die weitere medizinische Versorgung übernimmt.

Die Unfall- bzw. Rettungssituation ist für alle am Ort beteiligten extrem belastend, sowohl physisch als auch psychisch, aber nur so kann die Rettung von Erfolg gekrönt sein. Auch bei der Alarmierung eines Höhenrettungstrupps, auf den sich viele Unternehmer und Beschäftigte verlassen, dauert es in aller Regel zu lange, bis dieser am Unfallort eintrifft.

Das Konzept zum sicheren Arbeiten an Windkraftanlagen umfasst also eine Vielzahl von Punkten, die bereits bei der Planung von Bau und Betrieb von den Verantwortlichen (Bauherren, Ingenieuren) und insbesondere den ausführenden Firmen zu berücksichtigen sind:

- Körperliche, medizinische Eignung (G41)
- Höhenrettungslehrgang (Selbstrettung, Fremdrettung, Umgang mit Rettungsgerät)
- Mindestens 2 Personen am Standort
- Ersthelfer
- Steigschutzleiter
- Persönliche Schutzausrüstung (Helm, geeignete Schuhe, Handschuhe, Gurt, Läufer, Bandfalldämpfer, Arbeitsseil, Prusikschlingen)
- Rettungsgerät samt Seil in ausreichender Länge

Die zuständigen Beschäftigten des Arbeitsschutzes werden die beteiligten Unternehmen von diesen Punkten überzeugen.

Damit kann dem Bau von Windkraftanlagen positiv entgegensehen werden und „der Arbeitsschutz“ wird einen wichtigen Beitrag zum unfallfreien Ausbau regenerativer Energien leisten.



### *Die Hochschule RheinMain entwickelt die Technologie für Windkraftanlagen aus Holz*

Interview mit Prof. Dr.-Ing. Leander Bathon vom Fachbereich ‚Architektur und Bauingenieurwesen‘ der Hochschule RheinMain am Standort Wiesbaden

(Das Interview führte Joachim Barton)

**Die Hochschule RheinMain bereitet an den drei Studienorten Wiesbaden, Rüsselsheim und Geisenheim Studierende auf moderne Berufsfelder vor. Im Wiesbadener Fachbereich Architektur und Bauingenieurwesen befassen sich Prof. Dr.-Ing. Leander Bathon und sein Team unter anderem mit Holz-Stahl-Klebeverbindungen, die mittlerweile auch beim Bau von großen Windkraftanlagen Anwendung finden.**

**RPU-Journal:** Sehr geehrter Herr Prof. Dr.-Ing. Bathon, der Holzbau spielt in Ihrem Fachbereich eine große Rolle. Sie selbst gründeten bereits 2002 das Labor für Holzbau als feste Institution. Wie groß ist Ihr Team?

**Prof. Dr. Bathon:** Unser Team besteht derzeit aus 5 Ingenieuren: Dipl.-Ing. Oliver Bletz-Mühldorfer, M.Eng. Jens Schmidt, Dipl.-Ing.(FH) Michael Weil, B.Eng. Friedemann Diehl und ich stellen das Kernteam dar. Hinzu kommen noch zahlreiche Studenten, die wir während ihres Studiums mit forschungsnahen Tätigkeiten betrauen, damit sie einen Einblick in das wissenschaftliche Arbeiten erhalten.

**RPU-Journal:** Wie ist es zur Gründung des Labors für Holzbau gekommen und wo liegen die wissenschaftlichen Schwerpunkte?

**Prof. Dr. Bathon:** Seit meiner Berufung im Jahr 1996 liegt mir die Forschung im Holzbau sehr nahe. Diese wurde zu Anfang eher hochschulintern vollzogen.

Mit der Zeit entstanden immer neue Kontakte in die Wirtschaft, Fragestellungen wurden konkreter und richteten sich zunehmend auf die Umsetzung bei bestimmten Bauprojekten. Dieser Entwicklung trugen wir mit der Gründung des Labors für Holzbau im Jahr 2002 Rechnung. Seitdem sind wir sehr erfolgreich im Bereich der Forschung und Entwicklung tätig. Wir sehen uns dabei als wissenschaftlicher Partner für die Wirtschaft, insbesondere für kleine und mittelständische Unternehmen. Im Rahmen von Forschungsvorhaben agieren wir als Kooperationspartner und leisten dabei unseren Beitrag bei Produktentwicklungen oder der Findung von konstruktiven Lösungsansätzen.



**Bild: Verschiedenste Modelle der Holz-Stahl-Konstruktionen**

Die Materialprüfung und die Auftragsforschung stellt unser zweites Standbein dar. Seit 2010 sind wir zudem eine anerkannte Überwachungs- und Zertifizierungsstelle für Unternehmen aus dem Holzbau. Unsere Entwicklung seit 2002 ist insgesamt sehr positiv, wir sind breit aufgestellt mit klarer Zielrichtung auf wissenschaftliche Dienstleistungen für den Holzbau. Der Standort Wiesbaden hat sich im Holzbau etabliert.

**RPU-Journal:** Herr Prof. Dr. Bathon, eine Vielzahl von Projekten haben Sie inzwischen durchgeführt und einige laufen auch aktuell.

Können Sie bitte einen kurzen Überblick geben und welche würden Sie herausheben?

**Prof. Dr. Bathon:** Zu Anfang lag unser Schwerpunkt im Bereich der Holz-Beton-Verbundbauweise. Diese recht junge Bauweise, die hauptsächlich im Bereich von Geschossdecken eingesetzt wird, weist gegenüber Deckentragwerken aus Holz oder Stahlbeton signifikante Vorteile auf. In Wiesbaden haben wir für diese Bauweise ein spezielles Verbindungsmittel entwickelt, welches uns weltweit bekannt gemacht hat. Hierzu kleben wir Streckmetalle ins Holz ein. Dies ist auf den ersten Blick unspektakulär, für den gesamten Ingenieurholzbau bedeutet dieser Ansatz jedoch eine kleine „Revolution“, wenn man bedenkt, dass bis heute ca. 95% aller Verbindungen im Holzbau mittels Nägeln, Schrauben oder sonstiger mechanischer Verbindungsmittel ausgeführt werden, deren Wirkungsweise sich in den letzten Jahrhunderten nicht wesentlich weiterentwickelt haben. Eingeklebte Streckmetalle weisen gegenüber diesen mechanischen Verbindungsmitteln wesentliche Vorteile auf: u.a. sind sie deutlich tragfähiger, d.h. man kann höhere Lasten aufbringen. Zudem sind sie nahezu starr und können trotzdem so ausgebildet werden, dass sie duktile Eigenschaften aufweisen. Das Verbindungsmittel hat sich inzwischen auch im Brückenbau bewährt. Für die durchgeführten Untersuchungen, die von meinem Mitarbeiter Oliver Bletz-Mühldorfer im Rahmen seiner laufenden Promotion durchgeführt wurden, haben wir im Übrigen eine Anerkennung beim Deutschen Holzbaupreis erhalten.

**RPU-Journal:** Holzskelettbauweise bei Häusern ja, aber Windkraftanlagen aus Holz bzw. Holz-Stahl-Verbindungen bei Windenergietürmen, das hört sich verblüffend an. Wie kam es überhaupt zu diesem Thema?

**Prof. Dr. Bathon:** Auf einer Tagung haben wir die Forschungsergebnisse aus unseren Untersuchungen zur Ermüdungsfestigkeit von eingeklebten Streckmetallen bei Holz-Beton-Verbundbrücken vorgestellt.

Die Geschäftsführung einer in diesem Bereich tätigen Firma war bei diesem Vortrag anwesend. Diese hatte zu diesem Zeitpunkt bereits ein Konzept entwickelt, bei dem die Türme von Windkraftanlagen aus Holz erstellt werden sollten. Zum Einsatz kommen hierbei großformatige Holzplatten, die auf der Baustelle zu einem mehreckigen Hohlkörper zusammengefügt werden. Eine der wesentlichen Herausforderungen bestand nun darin, die Holzelemente so zu koppeln, dass sie den statischen und ermüdungsrelevanten Beanspruchungen aus der Nutzung als Windenergieturm genügen. Zuerst dachten wir daran, die Holzelemente über eingeklebte Streckmetalle zu verbinden, schließlich lagen hierzu bereits zahlreiche wissenschaftliche Untersuchungen vor. Das Konzept wurde jedoch modifiziert und anstelle der Streckmetalle wurden etwas massivere Lochbleche ausgewählt. Das Prinzip ist ähnlich: Es wird ein metallischer Flachkörper ins Holz eingeklebt, um zwei Holzquerschnitte miteinander zu verbinden. Zahlreiche Untersuchungen wurden in Wiesbaden durchgeführt, hinzu kam noch einmal eine Vielzahl an theoretischen Betrachtungen durch die Herstellerfirma, so dass die eingeschalteten Fachgutachter und Behörden letztlich dem Konzept zustimmten.

**RPU-Journal:** Große Windkraftanlagen, wie sie auch in dieser Region vom Regierungspräsidium Darmstadt immissionsschutzrechtlich genehmigt werden, haben 180 Meter und mehr Gesamthöhe, eine Nabenhöhe um die 140 Meter und einen Rotordurchmesser von gut 80 Metern. Da ist die Statik sicher eine Herausforderung.

Welche Holzarten und welche Klebstoffe kommen zum Einsatz und wie muss man sich die entsprechenden Holz-Stahl-Klebeverbindungen genau vorstellen?



**Bild:** Modelle der Holz-Stahl-Klebeverbindungen

**Prof. Dr. Bathon:** Holzseitig werden 30 cm dicke Elemente aus Brettsperrholz verwendet. Beim eingesetzten Brettsperrholz werden mehrere Holzlagen aus Fichte miteinander verklebt. Die Elemente weisen Breiten von ca. 2,50 m sowie Höhen von bis zu 15 m auf. Der Holzturm besteht somit aus einer Vielzahl solcher Einzelemente, die nach einem Baukastenprinzip aufeinander gestellt werden. Unsere Holz-Stahl-Klebeverbindungen kommen bei allen horizontalen Stoßfugen zweier Brettsperrholzelemente zum Einsatz. Hierzu sind alle Brettsperrholzelemente im Bereich der Stoßfugen mit Schlitzen versehen. Diese werden während der Herstellung der Elemente im Werk durch CNC-Maschinen (Computerized Numerical Control) eingebracht. Der Einsatz dieser Maschinen gewährleistet die erforderliche höchste Präzision. Auf der Baustelle werden nun die Elemente aufeinander gesetzt, so dass die Schlitze jeweils genau übereinander liegen. Von der Innenseite des Turms werden dann die Lochbleche in die Schlitze eingeschoben und anschließend mit Klebstoff ausgefüllt.

Bei der Verbindung zweier Elemente kommen pro Stoß ca. 60 Lochbleche zum Einsatz. Der Klebstoff selbst ist ein hochmoderner und hochleistungsfähiger zweikomponentiger Klebstoff aus Polyurethan. Außenseitig ist der Turm vollflächig mit einer Beschichtungsbahn versehen, damit das Holz nicht der Witterung ausgesetzt ist.

**RPU-Journal:** Eine immissionsschutzrechtliche Genehmigung für die Errichtung und den Betrieb von Windkraftanlagen schließt andere die Anlage betreffende behördliche Entscheidungen ein. Das Regierungspräsidium als Bündelungsbehörde prüft hier insbesondere Baurecht, aber z. B. auch Gewässerschutz und Brandschutz.

Gibt es Besonderheiten bei der Verwendung von Holz und Klebstoffen, die speziell zu beachten sind?

**Prof. Dr. Bathon:** Die eingesetzten Materialien beim Holzturm sind absolut unproblematisch. Brettsperrholz, Lochbleche sowie der 2K-PUR-Klebstoff sind für sich jeweils langjährig bewährte Produkte aus der Baupraxis. Neu bei dem Turm ist lediglich die Kombination dieser Materialien in einem Projekt. Hier bedurfte es natürlich einiger baurechtlicher Verfahren bis zur Genehmigung der Turmerstellung. Für den 100 m hohen Piloturm, der in Hannover realisiert wird, wurden mehrere Institutionen eingeschaltet, u.a. das Deutsche Institut für Bautechnik, der TÜV, das zuständige Ministerium in Hannover sowie etliche Fachgutachter. Die technischen, juristischen und formalen Fragen sind inzwischen beantwortet, so dass die Umsetzung des Turmaufbaus im vollen Gang ist.

**RPU-Journal:** Welche baulichen und ökologischen Vorteile sind mit der Verwendung von Holz beim Bau großer Windkraftanlagen verbunden?

**Prof. Dr. Bathon:** Aus ökologischer Sicht ist der Turm aus Holz im Vergleich zu herkömmlichen Turmkonzepten aus Stahl oder Stahlbeton einzigartig.

Holz ist das einzige Baumaterial, das nachwächst und sich somit selbst produziert. Zudem benötigt Holz für sein Wachstum CO<sub>2</sub> aus der Atmosphäre, wobei es den Kohlenstoff für den Aufbau des Holzes verwendet. Dieser Kohlenstoff bleibt im Holz gebunden.

Holz ist also ein natürlicher Klimaschützer.

Die Materialien Stahlbeton und insbesondere Stahl sind dagegen die reinsten „Klimakiller“ – bei beiden Materialien wird eine enorme Menge an Energie für Herstellung und Fertigung eingesetzt. Hier entstehen entsprechende Mengen an klimaschädlichem CO<sub>2</sub>.

Weitere Vorteile, die vor allem die Logistik und den Bauablauf betreffen, ergeben sich aus dem Konzept der vorgefertigten Einzelteile, die auf der Baustelle zusammengesetzt werden.

Durch die Formatierung der Elemente und den dadurch möglichen Transport zum Standort in Containern werden die bisher erforderlichen Schwerlasttransporte überflüssig. Das ist insbesondere von Vorteil, wenn schwer zugängliche oder schützenswerte Areale – Waldstandorte seien hier exemplarisch genannt – erreicht werden sollen.

**RPU-Journal:** Und welche wirtschaftlichen Vorteile bieten sich den Betreibern?

**Prof. Dr.-Ing. Bathon:** Aussagen zur Wirtschaftlichkeit fallen mir als Techniker – und das im Vorfeld eines Pilotprojekts – natürlich schwer. Hier muss ich mich auf Berechnungen und Kalkulationen der Herstellerfirma verlassen. Das Konzept ist auf jeden Fall sehr spannend – regenerative Stromgewinnung durch Windkraftanlagen, die auf Türmen aus dem nachwachsenden Rohstoff Holz angeordnet sind. Aus wirtschaftlicher Sicht spricht einiges für den Holzturm, z. B. ist der Holzpreis im Vergleich zum Stahlpreis sehr stabil.

Und im Übrigen ergibt sich ein weiterer Vorteil für den Holzturm:

Der Trend geht zu immer höheren Anlagen, da aufgrund günstigerer Randbedingungen – weniger Turbulenzen und höhere Windgeschwindigkeiten in größeren Höhen – insgesamt mehr Energie mit einer Anlage erzeugt werden kann.

Es gilt die Faustregel:

Mit jedem Meter steigender Nabenhöhe wird ca. 1% mehr Energie erzeugt.

An dieser Stelle stoßen herkömmliche Turmkonzepte aus Stahl, Stahlbeton oder der Kombination aus Stahlbeton und Stahl oft an ihre wirtschaftlichen Grenzen, da höhere Türme ja auf Turmfüßen mit größeren Durchmessern stehen müssen, was aus transportlogistischen Gründe kaum zu bewerkstelligen ist.



**Bild:** Prof. Dr. Leander Bathon (re.) und der wissenschaftliche Mitarbeiter Dipl.-Ing. Oliver Bletz-Mühdorfer (li.) vor einem ihrer maßstabsgetreuen Windrad-Modelle aus Holz

Die Holzlösung mit seiner Formatierung hat hier deutliche Vorteile.

Eine Verbreiterung des Turmfußes ist leicht zu erreichen. Dadurch können bei dem vorliegenden konischen Verlauf der Holztürme höhere Nabenhöhen leicht erreicht werden, was sich – so die Theorie – direkt in den Renditen niederschlägt.

Nach dem Turmbau in Hannover und der anschließend geplanten Nullserienfertigung wird man aber schlauer sein: Dann zeigt sich, wie wirtschaftlich das Gesamtkonzept in der Realität ist.

Wir gehen von einer Lebensdauer des Turms von 20 Jahren aus. Dann könnten Ermüdungen der Metallteile und des Fundaments auftreten.

Denkbar ist jedoch, dass das Holz selbst anschließend noch eine weitere Verwendung findet, z. B. als Baumaterial für Gebäude.

**RPU-Journal:** Herr Prof. Bathon, recht vielen Dank für diese sehr interessanten Informationen.



### *Das Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG): Eine deutsche Erfolgsgeschichte mit Zukunft*

Achim Kilb, Dipl.-Ing., Dipl.-Wirtschaftsing. und Sicherheitsingenieur, im Wiesbadener Dezernat 43.2 „Immissionsschutz: Energie, Chemie, Abfall“ u. a. zuständig für die Genehmigung und Überwachung von Biogasanlagen.

**Das „Erneuerbare-Energien-Gesetz“ (EEG) spielt eine zentrale Rolle bei der im Herbst 2011 in Deutschland eingeleiteten Energiewende. Der Abschlussbericht des Hessischen Energiegipfels empfiehlt zusätzliche Bundes- u. / o. EU-Mittel zu mobilisieren und die Beratungsangebote für Verbraucher und Unternehmen, auch zu Förderprogrammen, zu optimieren. Grund genug, das EEG nochmals vorzustellen.**

#### **Die Anfänge**

Es begann 1991 mit dem Vorläufer, dem Gesetz über die Einspeisung von Strom aus erneuerbaren Energien in das öffentliche Netz, kurz *Stromeinspeisungsgesetz* genannt.

Damaliges Ziel war es, den wenigen Stromerzeugern aus erneuerbaren Energie den Zugang zu den Verbundnetzen zu ermöglichen und Hindernisse zu beseitigen.

Im Jahre 2000 wurde das Stromeinspeisungsgesetz durch das „Gesetz für den Vorrang erneuerbarer Energien“ („Erneuerbare-Energien-Gesetz - EEG“) ersetzt.

Damit wurden wirtschaftliche Anreize durch ordnungspolitische Rahmenbedingungen geschaffen, die den Umbau der Energieversorgung und die Entwicklung der neuen Technologien vorantreiben.

War es damals das Ziel, den Anteil an erneuerbaren Energien an der Stromversorgung bis zum Jahre 2010 zu verdoppeln, so werden bereits 12 Jahre nach Inkrafttreten des Gesetzes rund 20 % des gesamten Stromverbrauchs in Deutschland mit Strom aus erneuerbaren Energien abgedeckt (vgl. etwa Wustlich/Kachel, ZUR 1/2012, S. 1).

## Das Erneuerbare-Energien-Gesetz

Eine zentrale Rolle bei der Energiewende in Deutschland mit dem Umbau und der Neuausrichtung der deutschen Energieerzeugung hin zu Strom aus Windkraft, Wasserkraft, solarer Strahlungsenergie, Geothermie, Deponiegas, Klärgas, Biomasse und Grubengas spielt das EEG.

Sein Grundprinzip beruht auf einem **Anschluss- und Abnahmezwang**, wonach die Betreiber der Stromnetze in Deutschland verpflichtet sind, vorrangig Strom aus erneuerbaren Energien und Grubengas abzunehmen (§ 2). Außerdem wurde eine Investitionssicherheit mit festgesetzten, garantierten Einspeisevergütungen je Kilowattstunde Strom geschaffen, womit man über Zeiträume von 15 bis 20 Jahren differenzierte Vergütungsätze für diesen Strom regelte.

Die entstehenden Mehraufwendungen für die Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien werden nicht aus Staatsmitteln finanziert, sondern nach dem Verursacherprinzip auf die Endverbraucher gleichmäßig verteilt und umgelegt.

Durch eine fortlaufende Anpassung wurden ferner die Weiterentwicklungen der Stromerzeugungstechnologien wesentlich beschleunigt. So sind bereits heute handelsübliche Photovoltaik-Anlagen bei einem Haushaltsstrompreis von ca. 24 Cent pro Kilowattstunde konkurrenzfähig zur Stromerzeugung aus fossilen Energieträgern wie Öl oder Kohle.

2009 und 2012 wurde mit einer neuen Eigenverbrauchsregelung die Basis für einen dezentralen Stromnetzausbau in Deutschland gelegt. Damit schuf man neue Rahmenbedingungen für die Energieerzeugung vor Ort an den Verbrauchsstellen.

## Ein Blick ins benachbarte Ausland

Ähnlich dem EEG wurden bisher in rund 20 EU-Mitgliedstaaten Einspeisetarife für Ökostrom nach dem deutschen Vorbild eingeführt. Außerdem haben Länder wie Österreich, Italien oder Belgien ebenfalls eine Energiewende eingeleitet.

## Ausblick

Auch künftig wird das EEG mit seinen festen Vergütungssätzen für die Einspeisung von Strom aus erneuerbaren Energien benötigt, um diese Stromerzeugung wettbewerbsfähig machen. Der zu erwartende Anstieg der Kosten für Strom aus Öl und Kohle könnte allerdings dazu führen, dass die Vergütungssätze im EEG sukzessive wieder reduziert werden.

Die Strompreisentwicklung in den letzten 12 Jahren für die privaten Haushalte erscheint weitgehend unabhängig von der EEG-Umlage bzw. -Förderung.

Zwar ist diese von 0,41 Cent im Jahre 2003 bis auf 3,592 Cent pro Kilowattstunde im Jahre 2012 gestiegen, aber der Börsenstrompreis ist heute um 10-20% niedriger als vor 3-4 Jahren (vgl. [http://www.bmu.de/energiewende\\_aktuell/content/48456.php](http://www.bmu.de/energiewende_aktuell/content/48456.php)).

Weiterhin sind der volkswirtschaftliche Nutzen mit über 380.000 zusätzlichen Beschäftigten in der Branche (BMU; Pressemitteilung Nr. 036/12 vom 26. März 2012; siehe: [http://www.bmu.de/pressemitteilungen/aktuelle\\_pressemitteilungen/pm/48528.php](http://www.bmu.de/pressemitteilungen/aktuelle_pressemitteilungen/pm/48528.php)) und die Vermeidung von Klimaschäden zur Bewältigung der Klimakrise zu bedenken.

### Ansprechpartner

Für Anlagen, die vor dem 1. Januar 2012 in Betrieb gegangen sind, wird weiterhin bei den Regierungspräsidien über die Erfüllung der Voraussetzungen für den Formaldehyd-Bonus nach § 27 Absatz 5 EEG (a. F.) entschieden und die entsprechende Bescheinigung ausgestellt (§ 66 Absatz 1 EEG).

Ein generell wichtiger Ansprechpartner für Förderungsmaßnahmen in Hessen ist die *hessenENERGIE*,

eine Energieagentur, die sich mit Investitionsprojekten und mit Beratungsleistungen für eine effiziente und umweltschonende Energienutzung engagiert.

Im Internet unter [www.hessenenergie.de](http://www.hessenenergie.de) sind weitergehende Informationen zu Fördermaßnahmen in nahezu allen Bereichen der Stromerzeugung aus erneuerbaren Energie zu finden.

**Weitere Informationen** zur Umsetzung der Ergebnisse des Energiegipfels, Hinweise zu energiepolitischen Entscheidungen, Konzepten, Projekten, Beratungsangeboten und rund um die Themen Erneuerbare Energien und Energieeffizienz in Hessen gibt es beim Themenportal *Energieland Hessen* (<http://www.energieland.hessen.de/>).



### *Biomassekraftwerk - Die Geburtsstunde eines ‚Bio-Riesen‘*

Peter Bissinger, Dipl. Ing., seit 1985 in der Hessischen Landesverwaltung tätig. Im Wiesbadener Dezernat 43.2 „Immissionsschutz: Energie, Chemie, Abfall“ u. a. zuständig für die Genehmigung und Überwachung von Biomasseheizkraftwerken.

**Holz, Pflanzenabfälle und Dung waren in der Vergangenheit eine der wichtigsten Energieträger. Heizkraftwerke, welche mit fester Biomasse befeuert werden, bezeichnet man als Biomasseheizkraftwerke, Biomassekraftwerke oder Biomasseheizwerke. Die beiden erst genannten erzeugen durch die Verbrennung fester Biomasse Strom. Bei den Biomasseheizkraftwerken wird zusätzlich noch Wärme bereit gestellt, die dann als Prozess-, als Nah- oder als Fernwärme zur Verfügung steht und entsprechend genutzt wird. Von einem Biomasseheizwerk spricht man dann, wenn ausschließlich Wärme zur Nutzung erzeugt wird.**

Ein großer Vorteil dieser Anlagen ist es, dass sie grundlastfähig sind und dass sie dort errichtet werden können, wo sie „gebraucht“ werden. Es handelt sich überwiegend um Dampfkraftwerke, bei denen Wasser bzw. Hochdruckdampf als Arbeitsmedium zum Einsatz kommt.

### **Brennstoffe**

Biobrennstoffe gelten als CO<sub>2</sub> neutral, da nur so viel CO<sub>2</sub> bei der Verbrennung ausgestoßen wird, wie vorher durch das Wachstum der Biomasse dem Biokreislauf entnommen wurde.

Bei dieser Betrachtung berücksichtigt man allerdings nicht das bei der Erzeugung, der Aufarbeitung und dem Transport der Biomasse freigesetzte CO<sub>2</sub>.

Ferner findet eine CO<sub>2</sub>-Freisetzung durch verschiedene Beschichtungen, Lackierungen oder sonstige „Verschmutzungen“ der Althölzer, welche ebenfalls unter den Begriff Biomasse fallen, keine Berücksichtigung.

Nachfolgend beispielhaft aufgeführte Brennstoffe dürfen sich als *Bio-Brennstoffe* bezeichnen:

- Unbehandeltes Holz aus der Forstwirtschaft und „Straßenschnitt“,
- Sägewerksnebenprodukte,
- Biologisch abbaubare Abfälle wie z. B. Garten-, Parkabfälle, Grünschnitt,
- Schilf, Stroh, Getreide, usw.,
- Altholz, eingeteilt in die 4 Schadstoffklassen AI, AII, AIII und AIV gemäß Altholzverordnung

Bei Letzterem kann es sich durchaus um lackierte Hölzer, welche mit Holzschutzmittel imprägniert sind, Hölzer mit Kunststoffbeschichtung usw. handeln. Gerade diese Hölzer, welche auch aus Sperrmüllanlieferungen stammen, sind für einen Anlagenbetreiber sehr interessant: Sie haben einen recht hohen Heizwert, da es sich hier um trockenes Brenngut handelt und sind preiswert zu erhalten. Man spart hier im Prinzip noch die (anderweitige) Entsorgung. Allerdings muss die Verbrennungsanlage für diese Hölzer entsprechende Bedingungen erfüllen und natürlich die erforderliche immissionsschutzrechtliche Genehmigung haben.



Bild : Biomassekraftwerk Wicker - Biomasse Rhein-Main GmbH

### Behördliche Anforderungen an die Anlage

**Wichtigstes Kriterium** für die Genehmigungsbehörde ist der geplante **Brennstoffeinsatz**. In Hessen sind die Regierungspräsidien die jeweils zuständige Genehmigungsbehörde.

Findet ausschließlich naturbelassenes Holz den Weg in die Verbrennungsanlage, so sind die Anforderungen der [„Technischen Anleitung Luftreinhaltung \(TA Luft\)“](#) einzuhalten.

Sollte die Verbrennungsanlage jedoch von ihrer Feuerungswärmeleistung gleich oder größer 50 Megawatt sein, so sind die Anforderungen der [„Verordnung über Großfeuerungs- und Gasturbinenanlagen“](#) - [13. BImSchV](#)- einzuhalten.

Werden noch zusätzlich Althölzer der Verbrennungsanlage zugeführt, so sind dann die Anforderungen der [„Verordnung über die Verbrennung und die Mitverbrennung von Abfällen“](#) - [17. BImSchV](#)- zu erfüllen.

In diesem Bereich können im Einzelfall durchaus gewisse Ausnahmeregelungen möglich, aber auch verschärfte Auflagen erforderlich sein.

Eben diese Verwendung von behandeltem Altholz stellt sich oftmals als problematisch dar. Hier kommt es immer wieder zu starker Kritik, dass Brennstoffe mit recht hohem Anteil von Imprägnierungen, Holzschutzfarben, Kunststoffbeschichtungen usw. als Biomasse akzeptiert werden.

Diese Materialien werden oft eher als Müll und die sie verbrennenden Anlagen als Müllverbrennungsanlagen (MVA) angesehen; bei einer MVA geht es aber hauptsächlich darum, Abfälle zu beseitigen und dann die in den Abfällen enthaltenen Restenergien zu nutzen.

Ferner sind Biomassekraftwerke in die Kritik geraten, wenn sie nur Strom erzeugen und die anfallende Abwärme ungenutzt in die Atmosphäre ausstoßen.

Weiterhin ist auch die Brennstoffanlieferung und die Lagerung nicht unproblematisch, denn für die Zwischenlagerung des Brennstoffes Biomasse, ist ebenfalls eine immissionsschutzrechtliche Genehmigung erforderlich. Es gibt verschiedene Arten der Lagerung, unter anderem abhängig von den Anforderungen des Kraftwerkes an die Brennstoffqualität. Die Brennstoffe können frisch, feucht oder auch vorgetrocknet angeliefert werden und dann, im Regelfall in einer Halle, zwischengelagert werden. Es besteht jedoch auch die Möglichkeit, dass die Zwischenlagerung unter Vlies, Folie oder gar im Freien erfolgt.

Daher muss etwa für eine Anlage mit einer Feuerungswärmeleistung von ca. 40 Megawatt und einem jährlichen Brennstoffeinsatz von ca. 70.000 t eine umfassende immissionsschutzrechtliche Genehmigung beantragt werden zum Bau und Betrieb einschließlich aller Nebeneinrichtungen (z. B. Zwischenlager für die Lagerung von gefährlichen Abfällen) gemäß § 4 BImSchG i. V. m. der Anlage zur Verordnung über genehmigungsbedürftige Anlagen - 4. BImSchV, Ziffer 1.2 Spalte 2a, nach Ziffer 8.1 Spalte 1a und 1b, Ziffer 8.2 Spalte 2 a und b, Ziffer 8.12 Spalte 1 und Spalte 2b (kann eine Anlage vollständig verschiedenen Anlagenbezeichnungen zugeordnet werden, dann ist die speziellere Anlagenbezeichnung maßgebend; § 2 Abs. 2 der 4. BImSchV). Ferner fallen diese Anlagen unter Nummer 8.1.1 bzw. 8.1.2 der Anlage 1 zum Gesetz über die Umweltverträglichkeitsprüfung (UVPG) und unterliegen somit der **Pflicht zur Durchführung einer Umweltverträglichkeitsprüfung**.

## Anlagentechnik

Es sind hauptsächlich **drei Feuerungsarten** zu unterscheiden:

- **Vorschubrostfeuerungen** (ab 1 MW Feuerungswärmeleistung),
- **Walzenrostfeuerungen** (vorzugsweise bei Müllverbrennungsanlagen),
- **Wirbelschichtfeuerungen** (ab 5 MW Feuerungswärmeleistung).

Die Verbrennung des Brennstoffs erfolgt also auf einer Rostfeuerungsanlage oder alternativ über eine Wirbelschichtfeuerung. Die Rostfeuerungen sind jedoch am meisten verbreitet.

Dabei wird der Brennstoff automatisch auf den Rost aufgelegt. Er wird in verschiedenen Zonen getrocknet, gezündet und im Verbrennungsraum verbrannt. Das Wirbelschichtverfahren wird speziell bei größeren Anlagen eingesetzt. Hier wird der Brennstoff direkt in den Feuerungsraum gegeben. Das hat zur Folge, dass leichtere Bestandteile bereits im Fluge verbrennen, dickere fallen nach unten und werden dort optimal verbrannt. Die Anlagen sind mit einer zusätzlichen Stützfeuerung, welche entweder mit Heizöl EL oder mit Erdgas/Biogas betrieben wird, ausgerüstet. Sinn dieser Stützfeuerung ist es, entsprechend der 17. BImSchV sicherzustellen, dass die Verbrennungstemperatur von  $> 850^{\circ}\text{C}$  sicher eingehalten wird.

Man unterscheidet im Wesentlichen zwischen **drei Verfahrensweisen**:

Beim **Kondensationsbetrieb** legt man den größten Wert auf einen guten Wirkungsgrad zur Stromerzeugung. Die Verfahrensweise **Gegendruckbetrieb** findet Verwendung bei der Erzeugung von Strom und Wärme. Die Wärme wird normalerweise in ein Nahwärmenetz oder ein Fernwärmenetz eingespeist. Bei diesem Verfahren wird gleichbleibend Strom und Wärme gewonnen. Dies hat zur Folge, dass die Anlage einen sehr hohen Gesamtwirkungsgrad (bis zu 90%) aufweist. Beim **Entnahme-Kondensationsbetrieb** handelt es sich um eine Kombination der beiden vorherigen Varianten. Dieses Verfahren ist besonders gut geeignet bei schwankender Wärmeabnahme (Fernwärmenetze während der Heizperiode). Sollte keine Wärme benötigt werden, so wird die entsprechende Entnahmestelle geschlossen und der gesamte Dampf wird zur Stromgewinnung verwendet. Diese Verfahrensart stellt eine gute Art der Stromgewinnung dar, die jedoch auf Kosten des Gesamtwirkungsgrades geht, denn die Abwärme wird an die Umwelt abgegeben.

## Funktionsschema eines Biomassekraftwerkes

Bei der Verbrennung von Biomasse entstehen unerwünschte Emissionen. In verschiedenen rechtlichen Regelungen ist jeweils der maximale Ausstoß dieser Emissionen limitiert. Art und die Menge sind abhängig von dem Verbrennungsprozess, der eingesetzten Technik, der verwendeten Brennstoffe und auch von der Betriebsführung der Anlage.

Die Anlagen müssen mit zusätzlichen Entstaubungsanlagen, ausgerüstet werden, die zur Reduzierung der Staubemissionen unbedingt erforderlich sind. Folgende Verfahren können Verwendung finden:

→ **Gewebefilter**

Vorteil: Sehr guter Wirkungsgrad; Nachteil: Hohe Investitions- und Betriebskosten

→ **Elektrofilter**

Vorteil: Guter Wirkungsgrad; Nachteil: Hohe Investitionskosten

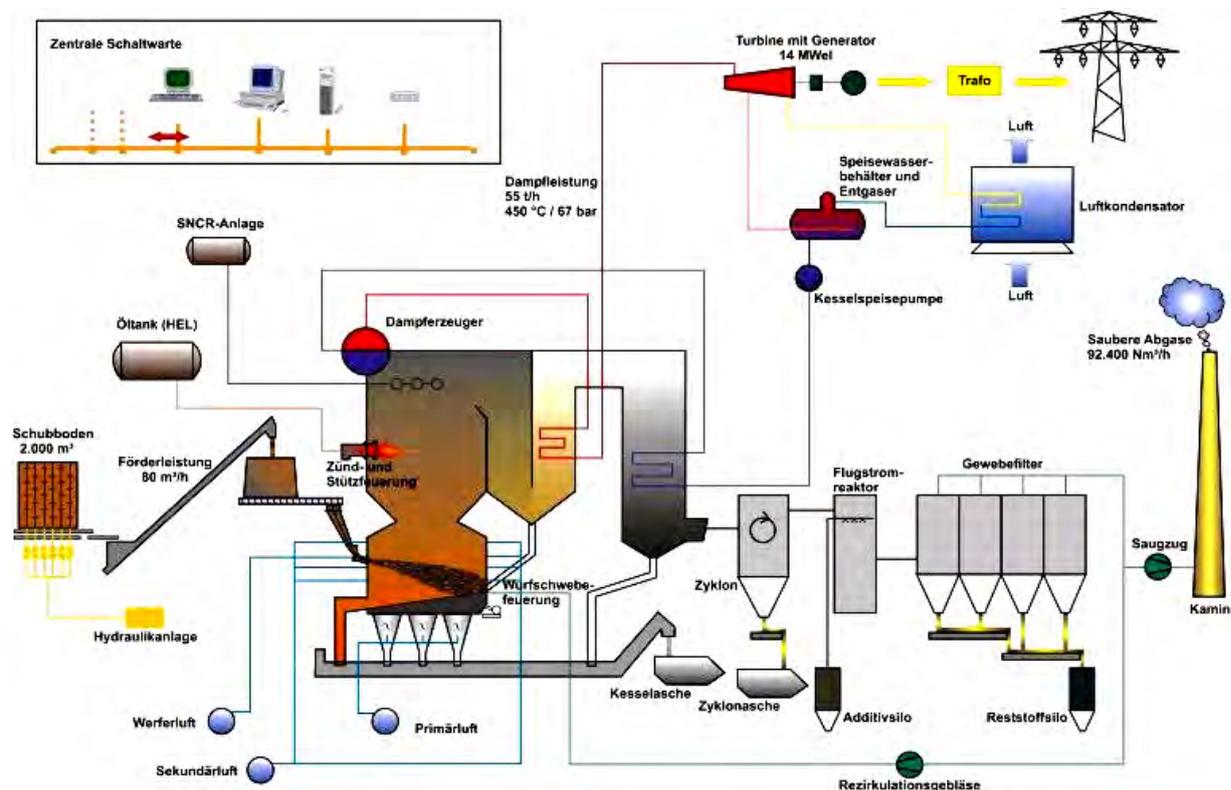
→ **Zyklon**

Vorteil: Niedrige Investitionskosten u. niedrige Betriebskosten

Nachteil: geringer Wirkungsgrad

→ **Doppel-Zyklon-System**

Mittlere Investitionskosten und Betriebskosten; mittlerer Wirkungsgrad



Schema : Biomassekraftwerk Wicker - Biomasse Rhein- Main GmbH

Stark belastete Rauchgase werden überwiegend mit Kalkhydrat zur Neutralisation der Säuren und mit Herdofenkoks als Adsorber gereinigt. Die aus dem Rauchgasstrom entstehende Asche lagert sich am Gewebefilter ab. Dieser muss regelmäßig gereinigt werden.

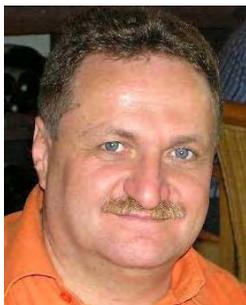
Die freigesetzten Stickoxide müssen ebenfalls neutralisiert werden. Dies wird meistens durch die so genannte Selektive nicht katalytische Reduktion (SNCR- Verfahren - Selective Non Catalytic Reduction) mit Harnstoffeindüsung oder Ammoniak bzw. Ammoniaklösung bewerkstelligt. Der eingedüste Harnstoff oder Ammoniak wird durch eine chemische Reaktion mit den gasförmigen Stickoxiden zu Wasserdampf und Stickstoff. Beim Einsatz von Ammoniakwasser findet die Reaktion in der Nähe der Kesselwände statt, denn das Ammoniak dampft direkt nach Eintritt in die Rauchgase aus.

Um die erforderliche Eindringtiefe zu erhalten, ist ein erhöhter Energieaufwand erforderlich, daher muss die entsprechende Dampf- bzw. Luftmenge erheblich erhöht werden. Bei dem Einbringen von Harnstoff hingegen wird ein wesentlich geringerer Energieaufwand für eine hohe Eindringtiefe benötigt, denn der in Wasser gelöste Harnstoff spaltet sich in reaktionsfähige Radikale, sobald das Wasser verdampft ist. Für eine mit Ammoniakwasser betriebene Anlage sind somit die Betriebskosten wesentlich höher. Hinzu kommen noch höhere sicherheitstechnische Anforderungen, denn Ammoniak ist ein giftiges Gas. Ein weiterer Vorteil für Harnstoff ist, dass Harnstofflösungen nur der Wassergefährdungsklasse 1 zuzuordnen sind. Eine Auffangwanne ist hier ausreichend, damit sichergestellt wird, dass Harnstoff nicht in das Grundwasser gelangen kann. Auch dies ist bei Ammoniakwasser problematischer, es wird der Wassergefährdungsklasse 2 eingestuft. Ferner unterliegt es den technischen Richtlinien für Dampfkessel TRD 451 und 452 aufgrund des hohen Gefährdungspotenzials für die Umwelt.

## Förderung

Die Erzeugung von Strom aus Biomasse wird in der Bundesrepublik Deutschland durch das Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG) gefördert. Hier ist sichergestellt, dass der Anlagenbetreiber für 20 Jahre eine erhöhte Grundvergütung erhält. Antragsberechtigt sind alle öffentlichen und privaten Träger, wobei alle natürlichen Personen und juristischen Personen des Privatrechts unter die privaten Träger fallen.

Über die genauen Bedingungen für die dsbzgl. Förderung in Hessen informiert das **„Merkblatt zur Förderung von Biomassefeuerungsanlagen in Hessen“** [www.hessenenergie.de/FoerProg/Hessen/hess-biom/hess-biom.shtml](http://www.hessenenergie.de/FoerProg/Hessen/hess-biom/hess-biom.shtml) in Verbindung mit dem **„Programm und Richtlinien zur Förderung der ländlichen Entwicklung in Hessen“** ([www.hessenenergie.de/FoerProg/Hessen/hess-pdfs/Richtlin-Foerd-laend-Entw-01042008.pdf](http://www.hessenenergie.de/FoerProg/Hessen/hess-pdfs/Richtlin-Foerd-laend-Entw-01042008.pdf)) (beides auch im Download-Bereich der Wirtschafts- und Infrastrukturbank Hessen unter [www.wibank.de/de/Foerderprogramme/Infrastruktur/Energie-Biomassefeuerungsanlage.html](http://www.wibank.de/de/Foerderprogramme/Infrastruktur/Energie-Biomassefeuerungsanlage.html))



### *Biogasanlagen: Ein Baustein zur Energiewende in Deutschland*

Achim Kilb, Dipl.-Ing., Dipl.-Wirtschaftsing. und Sicherheitsingenieur, im Wiesbadener Dezernat 43.2 „Immissionsschutz: Energie, Chemie, Abfall“ u. a. zuständig für die Genehmigung und Überwachung von Biogasanlagen.

**In seinem Abschlussbericht vom 10. November 2011 empfiehlt der Hessische Energiegipfel eine Effizienzsteigerung von Biomassenutzungsanlagen auch durch eine verbesserte Biogasaufbereitung und -einspeisung. Jeder redet über Biogas - Was ist eigentlich Biogas und wie entsteht es?**

Biogas entsteht durch Vergärungsprozesse, etwa beim anaeroben Biomasseabbau, aus Polysacchariden, Proteinen und Fetten. Am Ende der Vergärung, nach einem vierstufigen Prozessablauf, liegen als Hauptprodukte Methan (CH<sub>4</sub>) und Kohlendioxid (CO<sub>2</sub>) vor. Unterschiedliche Ausgangsmaterialien ergeben dabei unterschiedlichste Biogaserträge (etwa in Norm-Kubikmeter pro Tonne Biomasserohstoff) und, je nach ihrer Zusammensetzung, wiederum ein Gas mit variablem Methangehalt. Je höher der Gehalt an Methan, rund 40 - 60 Vol.-%, desto höher der Energiegehalt bzw. Heizwert des Biogases. Ein Norm-m<sup>3</sup> Biogas hat einen Heizwert von 5 bis 7,5 kWh, das entspricht einem Heizöl-Äquivalent von ca. 0,6 l Heizöl.

Mit den unterschiedlichsten Technologien wird Biogas heute hergestellt, welches dann als Wärmelieferant, Treibstoff, Erdgasersatz oder zur Stromerzeugung eingesetzt wird.

Die grundlegenden **technischen Komponenten einer heutigen Biogasanlage** bestehen aus einer **Substrat-Einheit** mit der Aufbereitung und Konditionierung der Biomasse, einer **Fermentations-Einheit**, in der der eigentliche Vergärungsprozess stattfindet, und einer **Gasspeicher- bzw. Gasverwertungs-Einheit**, in welcher das Gasgemisch zwischengespeichert und für die abschließende Verwertung vorbereitet wird (z. B. Entschwefelung, Gastrocknung, CO<sub>2</sub>-Abtrennung).

Das Gasgemisch wird dann dem ausgewählten Verwertungsverfahren, etwa zur Wärme- oder Stromerzeugung, zugeführt.



**Bild: Agrogasanlage Deponie Brandholz, Neu-Anspach**

So besteht beispielsweise die *Agrogasanlage Brandholz* auf dem Deponiegelände in Neu-Anspach im Hochtaunuskreis aus acht Trockenfermentern mit je 370 m<sup>3</sup> und einem Perkolatspeicher von 1.200 m<sup>3</sup>. Weiterhin sind zwei Gas-Otto-Motoren vorhanden.

Jährlich werden ca. 13.000 Tonnen Biomasse-Substrat ausschließlich aus nachwachsenden Rohstoffen verarbeitet mit einem Ertrag von ca. 2,8 Mio. Norm-Kubikmetern Biogas. Das entspricht einer elektrischen Energie von ca. 5,7 Mio. Kilowattstunden. Damit können rund 1.600 Haushalte versorgt werden.

Zusätzlich besitzt die Agrogasanlage noch eine Photovoltaikanlage auf dem Dach mit einer Leistung von 35,28 Kilowatt Peak.

Derartige Biogasanlagen mit vergleichbaren Ablaufschemata und Aussehen sind überall in Deutschland anzutreffen.

In Hessen wurden schon in 2008 rund 443 Gigawattstunden Strom und 152 Gigawattstunden Wärme aus biogenen Gasen bereitgestellt.

Davon sind rund 46% so genannte *NawaRo-Biogasanlagen*, in denen ausschließlich nachwachsende Rohstoffe eingesetzt werden, hauptsächlich im Regierungsbezirk Kassel.

Im Ballungszentrum Rhein-Main-Gebiet liegt der Schwerpunkt bei biogenen Gasen aus Bioabfall, Klär- und Deponiegas.

**Hinweise zur aktuellen Biomassenutzung in Hessen können der Biomassepotenzialstudie Hessen 2009 ([www.biomasse-hessen.de](http://www.biomasse-hessen.de)) entnommen werden.**

Sie zeigt die vorhandenen regionalen regenerativen Energieerzeugungen auf und gibt Daten zu Ausbaupotenzialen bei der Biomasseverwertung wieder.

Die ökologische wie ökonomische Entwicklung mit dem zunehmenden Ausbau von Biogasanlagen zur Energieerzeugung wirkt im Zusammenhang mit der Anlagenerrichtung und dem Betrieb der Anlagen, eine Reihe von Fragen auf.

Dabei spielen folgende Kriterien eine Rolle:

- Beachtung der rechtlichen Vorgaben aus den Fachgesetzen - insbesondere Bundes-Immissionsschutzgesetz (BImSchG), Umweltverträglichkeitsprüfungsgesetz, Baugesetzbuch, Hessische Bauordnung, Wasserhaushaltsgesetz, Hessisches Wassergesetz, Arbeitsschutzgesetz
- Berücksichtigung von Auswirkungen auf das Landschaftsbild (z. B. Standortwahl)
- Biodiversität, naturschutzfachliche Ziele
- Erhalt der Bodenfunktionen und Berücksichtigung des Bodenschutzes
- Schutz von Grundwasser- und Oberflächengewässern
- Klimaschutz, Minimierung der CO<sub>2</sub>-Freisetzung.

Kleinere Biogasanlagen werden mit Baugenehmigungen und bei Bedarf mit einer veterinärrechtlichen Zulassung genehmigt.

Größere Anlagen bedürfen einer immissionsschutzrechtlichen Genehmigung, die eine Baugenehmigung und eine veterinärrechtliche Zulassung ihrerseits einschließt.

Die gesamte Biogasanlage bedarf einer solchen Genehmigung nach dem BImSchG, sobald ein Anlagenteil der Anlage die festgeschriebenen Grenzen im Anhang zur 4.BImSchV überschreitet.

#### **Immissionsschutzrechtliche Genehmigungen sind insbesondere dann nötig, wenn**

- mehr als 1,2 Mio. Norm-Kubikmeter Roh-/Biogas pro Jahr bereitgestellt werden,
- Verbrennungsmotorenanlagen ab einer bestimmten Feuerungswärmeleistung vorliegen,
- Abfallbehandlungen mit mehr als 10 Tonnen Durchsatz am Tage stattfinden,
- Behälter zur Lagerung von brennbaren Gasen ab 3 Tonnen vorhanden sind,
- Güllelager ab 6.500 m<sup>3</sup> vorliegen,
- große Tierhaltungsanlagen vorhanden sind (z.B. Geflügelmast).

Ansprechpartner für die Erteilung der Genehmigungen nach dem BImSchG sind in Hessen die Regierungspräsidien.

Sie bündeln mit Fachleuten der unterschiedlichsten Disziplinen sämtliche Fragestellungen.

Immissionsschutzrechtliche Anforderungen hinsichtlich Lärm, Luftschadstoffen, Gerüchen, aber auch erforderliche Mindestabstände zu Wohnbebauungen sowie der Vollzug der Bioabfallverordnung und veterinärrechtliche Vorgaben werden in einem Haus gelöst.

Regionalpläne und regionale Raumordnungspläne befassen sich derzeit zwar noch nicht mit entsprechenden Zielvorgaben hinsichtlich der Energiegewinnung aus Biogas, doch enthalten sie planungsrechtliche Aspekte, so dass bereits im Planungsstadium eine fachliche Beratung zu empfehlen ist.

Biogasanlagen werden derzeit in den unterschiedlichsten Förderprogrammen auf Bundes- und Landesebene gefördert. So gibt es u. a. den *Technologiebonus* für innovative Anlagentechnik, den *NawaRo-Bonus*, den *Güllebonus*, den *Landschaftspflegebonus*, den *Luftreinhaltebonus* und den *KWK (Kraft-Wärme-Kopplung)-Bonus* für Biogasanlagen nach dem Erneuerbare-Energien-Gesetz.

**Ansprechpartner für Erstberatungen ist in Hessen die *Energieagentur hessenENERGIE*:**  
[www.hessenenergie.de](http://www.hessenenergie.de)



## Arbeitsschutzrechtliche Anforderungen an den Betrieb von Biogasanlagen

Ursula Aich, Dipl.-Ing., seit 1980 in der Arbeitsschutzverwaltung in Hessen tätig. Leiterin des Wiesbadener Arbeitsschutzdezernats 45.1 „Chemie, Druck, Metall, Nahrungsmittel, Verkehr, Versorgung“.

**Mit der Zahl der Biogasanlagen haben bundesweit auch die mit dem Betrieb verbundenen Unfälle und Schadensfälle zugenommen. Insbesondere sind Schäden durch Auslaufen von Gülle, Brände und auch Explosionen entstanden.**

Die rechtlichen Anforderungen an den Betrieb von Biogasanlagen sind in verschiedensten staatlichen Gesetzen, Verordnungen und in Regelungen der Unfallversicherungsträger enthalten. Derzeit gibt es keine aktuellen detaillierten Regeln aus denen z. B. speziell für den Betrieb von Biogasanlagen die Maßnahmen zum Schutz gegen Brände und Explosionen beschrieben wären.

### Arbeitsschutzrechtliche Anforderungen

Wenn ein Arbeitgeber oder ein bei einer Berufsgenossenschaft versicherter Unternehmer eine Biogasanlage betreibt und dabei auch Beschäftigte einsetzt muss er dafür Sorge tragen, dass die Sicherheit und Gesundheit dieser Personen bei den übertragenen Tätigkeiten nicht gefährdet werden.

Die Rechtsgrundlage in diesem Bereich ist das Arbeitsschutzgesetz und die hieraus gestützten Verordnungen:

- [Arbeitsstättenverordnung](#)
- [Betriebssicherheitsverordnung](#)
- [Biostoffverordnung](#)
- [Gefahrstoffverordnung](#)
- [Lärm-Vibrations-Arbeitsschutzverordnung](#)
- [Unfallverhütungsvorschriften und Regeln der gesetzlichen Unfallversicherungen](#)

um die wichtigsten Rechtsgrundlagen zu nennen, die im Bereich von Biogasanlagen einschlägig sind. Die staatlichen Verordnungen werden durch Technische Regeln mit Vermutungswirkung konkretisiert, die von staatlichen Ausschüssen im Auftrag des Bundesministeriums für Arbeit und Sozialordnung ermittelt werden.

### Ausblick auf neue Regelwerke für Biogasanlagen

Derzeit besteht Konkretisierungsbedarf bezüglich des gesetzlich notwendigen Niveaus der Schutzmaßnahmen bzw. des Standes der Technik bei der Errichtung neuer Biogasanlagen, insbesondere beim Brand- und Explosionsschutz.

Im Bereich der staatlichen Arbeitsschutzausschüsse ist aufgrund der Bedeutung der Biogasanlagen vom ‚Ausschuss für Gefahrstoffe‘ (AGS) beschlossen worden, die gesetzlichen Anforderungen in einer **Technischen Regel zur Gefahrstoffverordnung „Tätigkeiten bei der Herstellung von Biogas“** anlagenspezifisch zu konkretisieren.

Dabei sollen in der TRGS die Erkenntnisse und notwendigen Schutzmaßnahmen hinsichtlich der Bildung bzw. Freisetzung von Gefahrstoffen wie Schwefelwasserstoff oder Ammoniak, der Bildung explosionsfähiger Biogas-Luft-Gemische sowie der Exposition von Beschäftigten gegenüber Biogas bei Tätigkeiten in Biogasanlagen beschrieben werden.

Parallel dazu soll hinsichtlich der Zoneneinteilung eine Beispielsammlung für häufigste Betriebsweisen von Anlagen erstellt werden. Dies erfolgt in Kooperation mit der ‚Berufsgenossenschaft Rohstoffe und chemische Industrie‘ (BG RCI) durch den dafür zuständigen Arbeitskreis und dem Fachverband Biogas.

Der Arbeitskreis des AGS arbeitet zusammen mit Mitgliedern des für den Brand- und Explosionsschutz zuständigen Unterausschuss 3 im Ausschusses für Betriebssicherheit (ABS) sowie der Kommission für Anlagensicherheit (KAS), welche sich ebenfalls aufgrund des Unfallgeschehens mit dem sicheren Betrieb von Biogasanlagen befassen.

#### Literatur:

- Betriebssicherheitsverordnung vom 27. September 2002 (BGBl. I S. 3777), i. d. F. vom 1. Dezember 2011
- Gefahrstoffverordnung vom 26. November 2010 (BGBl. I S. 1643, 1644), die durch Artikel 2 des Gesetzes vom 28. Juli 2011 (BGBl. I S. 1622) zuletzt geändert durch Art. 2 G vom 28. Juli 2011 I 1622
- TRBS 1112 Teil 1 „Explosionsgefährdungen bei und durch Instandhaltungsarbeiten - Beurteilungen und Schutzmaßnahmen (Ausgabe: März 2010)
- TRBS 1123 „Änderungen und wesentliche Veränderungen von Anlagen nach § 1 Abs. 2 Satz 1 Nr. 3 BetrSichV - Ermittlung der Prüfnotwendigkeit gemäß § 14 Abs. 1 und 2 BetrSichV“ (Ausgabe: Februar 2010)
- TRBS 1201 Teil 1 „Prüfung von Anlagen in explosionsgefährdeten Bereichen und Überprüfung von Arbeitsplätzen in explosionsgefährdeten Bereichen“ (BAnz. Nr. 232a, S. 20)
- TRBS 1201 Teil 3 „Instandsetzung an Geräten, Schutzsystemen, Sicherheits-, Kontroll- und Regelvorrichtungen im Sinne der Richtlinie 94/9/EG - Ermittlung der Prüfnotwendigkeit gemäß § 14 Abs. 6 BetrSichV“ (GMBL Nr. 25 vom 15. Juni 2009 S. 527)
- TRGS 720/TRBS 2152 „Gefährliche explosionsfähige Atmosphäre - Allgemeines“ (BAnz. Nr. 103a; BArbBl. 8/9-2006, S. 36 ff.)
- TRGS 721/TRBS 2152 Teil 1 „Gefährliche explosionsfähige Atmosphäre - Beurteilung der Explosionsgefährdung“ (BAnz. Nr. 103a; BArbBl. 8/9-2006, S. 36 ff.)
- TRGS 722/TRBS 2152 Teil 2 „Vermeidung oder Einschränkung gefährlicher explosionsfähiger Atmosphäre“ (BAnz. Nr. 103a; BArbBl. 8/9-2006, S. 36 ff.)
- TRBS 2152 Teil 3 „Gefährliche explosionsfähige Atmosphäre - Vermeidung der Entzündung gefährlicher explosionsfähiger Atmosphäre“ (GMBL Nr. 77 vom 20. November 2009, S. 1583)
- TRBS 2152 Teil 4 „Gefährliche explosionsfähige Atmosphäre - Maßnahmen des konstruktiven Explosionsschutzes, welche die Auswirkung einer Explosion auf ein unbedenkliches Maß beschränken“ (GMBL Nr. 26 vom 4. Juli 2008, S. 530)
- TRBS 2153 „Vermeidung von Zündgefahren infolge elektrostatischer Aufladungen“ (GMBL Nr. 15/16 vom 9. April 2009, S. 278)
- „Explosionsschutz-Regeln“ der DGUV (BGR 104) „Sicherheitsregeln für Biogasanlagen“ der Landwirtschaftlichen Berufsgenossenschaft (TI 4)
- LASI-Leitlinien zur Betriebssicherheitsverordnung (LV 35) unter <http://lasi.osha.de/docs/lv35.pdf>



#### *Photovoltaik auf Deponien- oder: Die Rolle ehemaliger Deponien (jetzt: „Deponieparcs“) bei der Energiewende*

Peter Wagner, Dipl.-Ing., Dipl.-Umweltwissenschaftler. Seit 1991 in der Hessischen Umweltverwaltung und hier in der Abfallwirtschaft tätig; er ist Vertreter Hessens in der Ad-hoc-AG „Deponietechnik“ der Bund-/Länderarbeitsgemeinschaft Abfall (LAGA).

**Deponien erleben in den letzten Jahren - weit vor und losgelöst von den Entscheidungen zum Atomausstieg bzw. dem Einleiten einer Energiewende - als Standorte für die Erzeugung regenerativer Energie erheblich an Bedeutung.**

Nach den aktuell vorliegenden Daten (Energiebericht 2011) konnte alleine die Rhein-Main Deponie GmbH („RMD“) mit ihren vielfältigen Aktivitäten (Fotovoltaik, Deponie- und Biogasnutzung, Energetische Verwertung von Biomassen) an den Standorten Deponie Flörsheim-Wicker (Main-Taunus-Kreis), Deponie Brandholz, Neu Anspach, und Grävenwiesbach (Hochtaunuskreis) eine Energiemenge von insgesamt 149.729.069 kWh in 2011 erzeugen. Dies entspricht etwa dem Energieverbrauch von 38.392 Haushaltungen bzw. 115.175 Personen. Hierdurch konnte ein Ausstoß an Kohlendioxid von etwa 97.322,5 CO<sub>2</sub>-Äquivalente [t] vermieden werden.

## Dieses Beispiel verdeutlicht eindrucksvoll die Bedeutung der Deponiestandorte bei der sogenannten Energiewende.

Auch andere Deponiebetreiber, wie die Entsorgungsbetriebe der Landeshauptstadt Wiesbaden (ELW) am Deponiestandort Dyckerhoffbruch oder der Eigenbetrieb Abfallwirtschaft Rheingau-Taunus-Kreis (EAW) am Deponiestandort Taunusstein-Orlen haben in den letzten Jahren große Freiflächen-Photovoltaikanlagen auf oder im Bereich der planfestgestellten Deponiegelände errichtet.

Die Bedeutung der Deponien (und auch von Altstandorten/-ablagerungen) als potentielle Standorte für Photovoltaik-Großflächenanlagen wird auch durch verschiedene Leitfäden dokumentiert, die sich mit den besonderen Standortgegebenheiten auseinandersetzen.

### Photovoltaik-Leitfäden:

→ Hessische Arbeitshilfe  
„Fotovoltaik auf Deponien und Alt-  
ablagerungen“

→ Bundeseinheitlicher Qualitäts-  
standard 7-4a der LAGA Ad-hoc-  
AG „Deponietechnik“:  
„Technische Funktionsschichten –  
Photovoltaik auf Deponien“



Bild: Freiflächen-Photovoltaikanlage auf der Deponie Flörsheim-Wicker (MTK)

Eine enge Abstimmung an die technischen Erfordernisse einer geordneten Deponiestilllegung und Deponienachsorge ist hierbei erforderlich.

Die notwendigen Voraussetzungen werden in der Regel im Rahmen von abfallrechtlichen Plangenehmigungsverfahren geschaffen.

Daneben gehört die **Nutzung des Deponiegases aus Hausmülldeponien**, die in der Vergangenheit mit unvorbehandeltem Hausmüll und ähnlichen Gewerbeabfällen verfüllt wurden, schon seit annähernd 20 Jahren zur anerkannten Praxis in der Abfall- bzw. Deponietechnik.

Alleine durch die Fassung, Aufbereitung und Verstromung der Deponiegase der ehemaligen Hausmülldeponie in Flörsheim-Wicker konnte in 2011 etwa 27.433.934 kWh (entspricht dem Verbrauch von etwa 7.000 Haushalten) Energie erzeugt werden.

Durch die, verglichen mit CO<sub>2</sub>, deutlich höhere (schädliche) Klimarelevanz des Methans als Hauptbestandteil der gefassten Deponiegase, ist die Bedeutung dieser umwelttechnischen Maßnahmen besonders hervorzuheben.

An dem Beispiel der Deponie Flörsheim-Wicker lässt sich dies eindrucksvoll verdeutlichen:



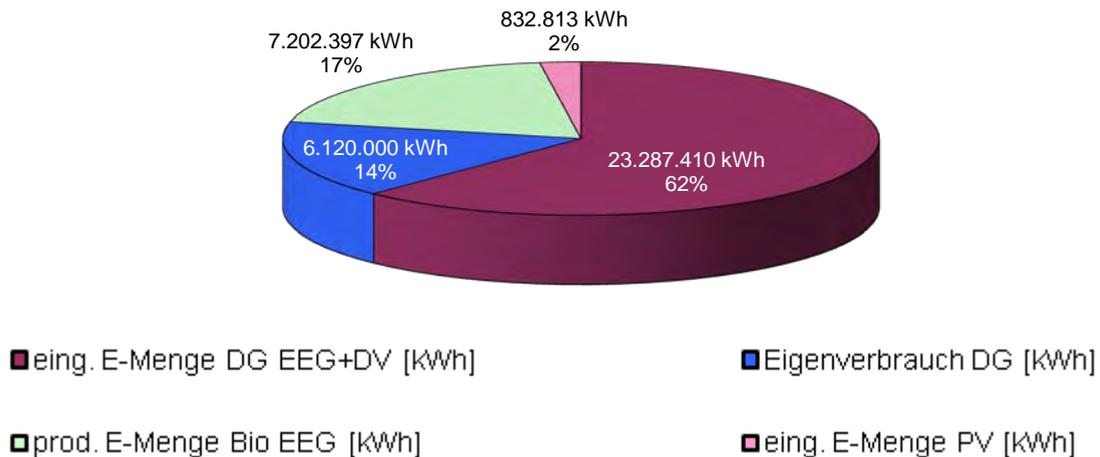
„Auf der Deponie Flörsheim-Wicker lagern etwa 11 Millionen Kubikmeter Hausmüll, aus denen während der Betriebs- und Nachsorgezeit ca. 2,2 Milliarden Kubikmeter Deponiegas entstehen. Mit einer gut funktionierenden Deponiegaserfassung können ca. 50 - 70 % der produzierten Gasmenge erfasst werden, also rund 1,2 Milliarden Kubikmeter. Der Energieinhalt dieser Gasmenge entspricht etwa 500 Millionen Liter Heizöl. Derzeit werden ca. 15 Millionen Kubikmeter Deponiegas pro Jahr aus der Deponie abgesaugt. Hiermit können rund 30 Millionen Kilowattstunden Strom erzeugt werden“. (Quelle: [www.deponiepark.de](http://www.deponiepark.de))

Bild: Deponiegas-Sammelbalken mit abgehender Deponiegas-Ringleitung auf der Deponie Flörsheim-Wicker

Die Nutzung der Sonnenenergie durch Photovoltaikanlagen ist in der energetischen Gesamtbilanz für einen typischen Standort einer alten Hausmülldeponie, d.h. mit Deponiegasnutzung, eher von untergeordneter Bedeutung.

Nachstehende Graphik für den Deponiestandort Flörsheim-Wicker verdeutlicht dies:

Gesamterzeugung	eing. E-Menge	Eigenverbrauch	prod. E-Menge	eing. E-Menge
	DG EEG+DV [kWh]	DG [kWh]	Bio EEG [kWh]	PV [kWh]
<b>37.442.620 kWh</b>	23.287.410 kWh	6.120.000 kWh	7.202.397 kWh	832.813 kWh
100%	62%	14%	17%	2%



Legende:  
DG= Deponiegas; DV= Direktvermarktung; PV= Photovoltaik; Bio= Biogas; eing. E-Menge= eingespeiste Energiemenge

Abbildung: Energieerzeugung und -einspeisung 2010 der Deponie Flörsheim-Wicker (Main-Taunus-Kreis)

Bilanziert ist hier neben der Energiegewinnung aus Deponiegas und der über die Photovoltaikanlage noch die Energieerzeugung über die Vergärungsanlage (Nutzung von Bioabfällen). Inwieweit ein weiterer Ausbau der Photovoltaikanlagen auf Deponien und Altlasten zukünftig durch den etwaigen Wegfall oder die deutliche Minderung der Einspeisungsvergütungen noch stattfinden wird, ist zurzeit fraglich.

Ein wirtschaftlich rentabler Betrieb solcher Anlagen würde dadurch erheblich erschwert.

### „Deponieparks“ / „Energieparks“

Neben der originären Energienutzung der abgelagerten Abfälle der Deponien (Deponiegasnutzung) und der Nutzung der Deponieflächen als Standorte für Großflächen-Photovoltaikanlagen findet weiterhin eine **Umwandlung einer Reihe von Deponiestandorten zu zentralen Abfallwirtschafts- und Energieparks** statt. Dort werden gezielt abfallwirtschaftliche Aktivitäten (Altholzaufbereitung, Bioabfallaufbereitung u. ä.) mit energiewirtschaftlichen Vorhaben (Biomasseverbrennungsanlagen, Biomassevergärungsanlagen u. ä.) gekoppelt.

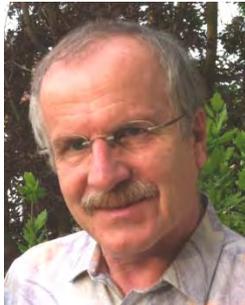
Dies ermöglicht durch optimierte Transportabläufe und eine gemeinsame Nutzung von Infrastruktureinrichtungen eine verbesserte Energie- und Ressourceneffizienz. Auch können deponietechnische Einrichtungen (Deponiegasverstromungsanlagen, Sickerwasserbehandlungsanlagen u. ä.) mit genutzt werden; wodurch diese Anlagen bei Rückläufigen Deponiegas oder Sickerwassermengen eine bessere Auslastung erfahren können.

Die Nutzung von Deponiestandorten für all diese abfallwirtschaftlichen und energiewirtschaftlichen Aktivitäten muss immer im Einklang mit den originären Anforderungen des Deponierechts stehen und ist auch planungsrechtlich (Regionalplan, Flächennutzungsplanungen, ggfls. Bebauungsplanungen) langfristig solide zu verankern.



## Energie aus Wasser am Beispiel der Wasserkraftanlage Kostheim: Das modernste Flusswasserkraftwerk am hessischen Main

Alfred Borrmann, Dipl.-Ing. für Bauwesen. Seit 1986 in der hessischen Wasserwirtschaftsverwaltung, ab 1997 im Wiesbadener Dezernat 41.2 ‚Oberflächengewässer‘; zuständig für unterschiedlichste Aufgaben rund um Hochwasserschutz, Hydrologie und Renaturierung von Oberflächengewässern.



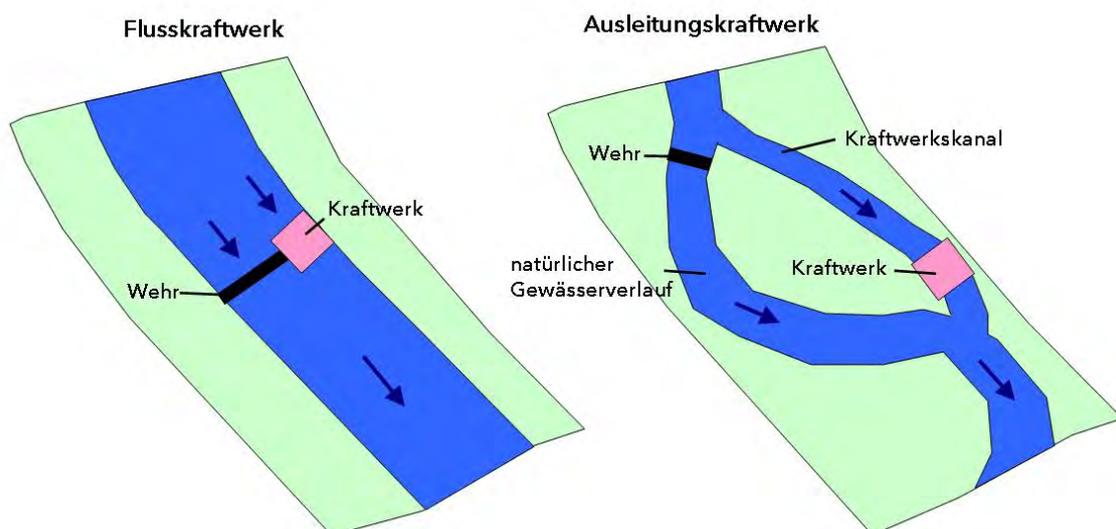
Dr. rer. nat. Kurt Schefczik, Biologe, ist seit 1998 in der hessischen Wasserwirtschaftsverwaltung, auch im Dez. ‚Oberflächengewässer‘ tätig. Mit dem Schwerpunkt Gewässerökologie ist er insbes. mit der Umsetzung der Wasserrahmenrichtlinie und mit wasserrechtlichen Zulassungsverfahren beschäftigt. Er ist Vertreter Hessens in der internationalen Wasser-Agenda 21, die sich mit Fragen des Fischabstiegs an Wasserkraftwerken befasst.

### Die nahezu emissionslose Energieerzeugung und die hohe Verfügbarkeit über das ganze Jahr machen Wasserkraftwerke zu einem wichtigen Baustein beim Ausbau des Anteils erneuerbarer Energien.

Der größte Anteil der Energie aus Wasserkraft wird in Deutschland aus **Laufwasserkraftwerken** gewonnen, die nur über einen geringen Wasserspeicher verfügen.

Bei diesen Kraftwerken wird das Turbinenhaus entweder im Fluss errichtet (**Flusskraftwerk**) oder das Wasser wird aus dem natürlichen Gewässerbett entnommen, in einem außerhalb gelegenen Turbinenhaus zur Energiegewinnung genutzt und in einer mehr oder weniger großen Entfernung unterhalb wieder in das Gewässer eingeleitet (**Ausleitungskraftwerke**).

Um eine durch die Turbine nutzbare Höhendifferenz des Wasserstandes zu erzeugen, ist ein Wehr zum Aufstau des Gewässers bzw. zur Ausleitung des Wassers erforderlich.



**Abbildung: Formen von Laufwasserkraftwerken**

Die gewinnbare Energiemenge hängt wesentlich von den naturräumlichen Gegebenheiten wie dem nutzbaren Abfluss des Gewässers und der durch den Aufstau bzw. die Ausleitung erzielbaren Wasserstands-differenz ab.

Das größte Potential zur Energiegewinnung aus Wasserkraft findet sich damit im Süden Deutschlands.

## Wasserkraft in Hessen

In Hessen beträgt der Anteil der Stromerzeugung aus Wasserkraft an den regenerativen Energien ca. 17% und liegt damit etwa gleichem Niveau mit der Stromerzeugung aus fester Biomasse aber noch deutlich hinter der Windenergie, die in den letzten Jahren erhebliche Zuwachsraten verzeichnen konnte. Landesweit werden zurzeit rund 600 Wasserkraftwerke betrieben.

### Gewässerökologische Aspekte bei der Wasserkraftnutzung

Da mit dem Neubau oder der Modernisierung von Wasserkraftwerken meist erhebliche Eingriffe in ein Gewässer verbunden sind, ist für diese Vorhaben in der Regel ein Planfeststellungsverfahren mit Umweltverträglichkeitsprüfung nach § 68 des Wasserhaushaltsgesetzes (WHG) erforderlich. In Hessen werden diese Planfeststellungsverfahren von den Regierungspräsidien durchgeführt.

So beeinträchtigt die Wasserkraftnutzung die natürlich schwankenden Wasserstände und Fließgeschwindigkeiten mit der Folge einer Reihe von negativen Auswirkungen auf den Geschiebehaushalt, die verbleibende Restwassermenge bei Ausleitungskraftwerken, die Wassertemperatur, die strömungsangepassten Tierarten und das Algenwachstum.

Sie führt aber auch zu einer Unterbrechung der Durchgängigkeit.

Die Unterbrechung der Durchgängigkeit durch diese sogenannten Querbauwerke beeinträchtigt vorwiegend Fische und am Gewässerboden lebende Kleinorganismen (Makrozoobenthos) erheblich bei ihren natürlichen Wanderungsbewegungen.

Aus gewässerökologischer Sicht ist die Wasserkraftnutzung daher nicht unproblematisch.

Zur Minimierung der Auswirkungen ist es zumindest erforderlich, die Durchgängigkeit des Gewässers durch die Errichtung von Fischwanderhilfen wie Umgehungsgerinnen oder Fischpässen weitgehend zu erhalten bzw. wiederherzustellen.

Nach einer Untersuchung der Universität Kassel besteht bei 85% der Wasserkraftanlagen in Hessen ein Handlungsbedarf im Hinblick auf die Aufwärtspassierbarkeit und bei 63% im Hinblick auf die Abwärtspassierbarkeit.

Zur Wiederherstellung des „guten ökologischen“ Zustandes bis 2015, wie ihn die Europäische Wasserrahmenrichtlinie fordert, sind daher erhebliche Anstrengungen notwendig.

Mit dem Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG) vom Juli 2004 wird die erhöhte Einspeisevergütung von Strom aus Wasserkraftanlagen u. a. an den Nachweis gebunden, dass mit der Wasserkraftnutzung ein guter ökologischer Gewässerzustand erreicht oder der ökologische Zustand durch Modernisierungen wesentlich verbessert worden ist.

### Wasserkraftanlage Kostheim in Hochheim am Main



Bild: Einlaufbereich der Wasserkraftanlage Kostheim a. M.

An der, seit Beginn der 1930er-Jahre, bestehenden Wehranlage Kostheim in Hochheim am Main wurde im Oktober 2010 eines der größten und modernsten Flusswasserkraftwerke in Hessen in Betrieb genommen.

Bauherr und Betreiber ist die Wasserkraftwerk Staustufe Kostheim/Main GmbH & Co. KG mit Sitz in Ulm.

Bis zum Bau der Anlage floss das Wasser an der Staustufe Kostheim ungenutzt über ein Wehr, das früher mit einer Schleuse zur besseren Schiffbarmachung des Mains gebaut worden war.

Im Betrieb werden zur Stromerzeugung nun bis zu 160 Kubikmeter Mainwasser pro Sekunde durch zwei Turbinen geleitet. Dadurch können jährlich ca. 18,8 Gigawattstunden regenerativer Energie erzeugt werden, genug um eine Stadt mit ca. 6.000 Einwohnern mit Strom zu versorgen. Das Investitionsvolumen hat mehr als zwanzig Millionen Euro betragen.

Der Standort gilt als besonders umweltfreundlich, da die Stauanlage bereits bestand und auch keine für den Naturschutz wertvollen Flächen in Anspruch genommen werden mussten.



**Bild: Auslaufbereich der Wasserkraftanlage Kostheim a. M.**

Die Genehmigung der Anlage erfolgte durch das Regierungspräsidium Darmstadt, Abteilung Arbeitsschutz und Umwelt Wiesbaden, in Abstimmung mit der Oberen Fischereibehörde unter Beteiligung der Wasser- und Schifffahrtsverwaltung des Bundes und der Fischereiverbände.

An den Schutz der Fische wurden hohe Anforderungen nach dem Stand der Wissenschaft und Technik gestellt. Für den Fischaufstieg wurde eigens ein Bach um das Kraftwerk herum gebaut, ein sogenanntes „Umgehungsgerinne“.

Abwanderungswillige Fische, wie z.B. Aale oder Junglachse, sollen insbesondere durch einen neuartigen Bypass in einem Pfeiler des Kraftwerks gefahrlos in das Unterwasser geleitet werden.

Zudem kommen erstmals zwei Kaplan-Turbinen zum Einsatz, die durch große freie Querschnittsflächen zwischen den Turbinenschaufeln und geringe Druckdifferenzen auf Fischfreundlichkeit optimiert wurden. Damit soll der Verletzung kleiner Fische vorbeugt werden, die durch den in Hessen zum Zeitpunkt der Zulassung obligatorischen 20 mm Feinrechen vor den Turbinen schlüpfen können.

Die neuen Fischwege wurden nun im Rahmen einer einjährigen, sehr umfangreichen Funktionsuntersuchung durch die BFS - Bürogemeinschaft für Fisch- und Gewässerökologische Studien (Dr. Schneider), Frankfurt a. M., eingehend getestet. Dabei zeigte sich, dass das neue Umgebungsgewässer gröbenselektiv wirkt und schwimmschwache Arten und Individuen bevorzugt werden. Für die schwimmstarken Fische, die sich demzufolge direkt unterhalb des Turbinenauslaufs sammeln, wird daher vom Gutachter der Bau eines zweiten Einstiegs direkt unterhalb des Turbinenauslaufs vorgeschlagen.

Die Abwanderhilfen, die vor dem Rechen stehende Fische gefahrlos ins Unterwasser leiten sollen, erfüllten nicht die Erwartungen, da Sie oft nicht gefunden wurden. Daher wandern viele Fische durch die Turbine ab, die jedoch mit einer Mortalitätsrate von 10-30% in Abhängigkeit von Art und Größe der Fische nicht als „fisch-freundlich“ bezeichnet werden kann. Erwartet wurde eine Mortalitätsrate von weniger als 10%.

Die Planfeststellungsbehörde wird nun prüfen, welche weiteren praktikablen Maßnahmen zur Verbesserung des Fischschutzes und der Fischwege erforderlich sind und umgesetzt werden müssen. Die Untersuchungen zeigen darüber hinaus, dass die Kenntnisse über das Verhalten von Fischen an Wasserkraftanlagen noch sehr lückenhaft sind.

Bis die fisch-freundliche Turbine und der gut funktionierende Fischabstieg Wirklichkeit werden, ist noch viel Forschungs- und Entwicklungsarbeit nachzuholen, die in den letzten Jahrzehnten leider versäumt worden ist.

Die umfangreichen Untersuchungen an den neuen Fischwegen der hessischen Wasserkraftanlage Kostheim haben diesen Mangel deutlich sichtbar gemacht.



## ***Effizienter und sparsamer Einsatz von Energie: Das geht uns alle an!***

Frauke Schorcht, Diplomingenieurin für Verfahrenstechnik. Nach zunächst 6 Jahren Tätigkeit in der Glasindustrie seit nunmehr 20 Jahren im hessischen Immissionsschutz-Vollzug; in der Wiesbadener Abtlg. Arbeitsschutz und Umwelt im Immissionsschutz-Dezernat 43.2 „Energie, Chemie, Abfall“ tätig. 6 Jahre war Frau Schorcht als nationale Expertin in der EU-Kommission.

**Energie effizient einzusetzen und zu sparen ist ein globales Anliegen. Die EU Kommission bereitet eine Richtlinie vor, in der Energieeffizienzziele festgeschrieben werden, die mit Durchsetzung von Energieeinsparmaßnahmen in den EU Mitgliedsstaaten bis zu einer gesetzten Frist zu erreichen sind. Der Hessische Energiegipfel widmet in seinem Abschlussbericht der Energieeffizienz einen eigenen Abschnitt.**

### **Definition Energieeffizienz**

Es wird uns gelehrt, dass die Energieeffizienz ein Maß für den Energieaufwand zur Erreichung eines festgelegten Nutzens sei. Im Gegensatz zum Wirkungsgrad bedürfe der Nutzen hier keiner energetischen Definition. Ein Vorgang sei dann effizient, wenn der Nutzen mit wenig Energieaufwand erreicht werde. Dies entspreche dem ökonomischen Prinzip, bei dem jeder unnütze Verbrauch vermieden werde. [1]

Energie ist eine physikalische Größe, die in verschiedenen Varianten vorzufinden ist:

Als *potentielle, kinetische, chemische oder thermische Energie*, wobei die einzelnen Energievarianten in andere umwandelbar sind.

Die **Ausnahme ist hier die thermische Energie, die nicht uneingeschränkt in andere Energievarianten umwandelbar ist** (2. Hauptsatz der Thermodynamik).

### **Sparsame und effiziente Energienutzung**

Sparsame und effiziente Nutzung von Energie ist eine vorrangige Aufgabe, der sich Gewerbetreibende und die Industrie, aber auch jeder von uns im privaten Bereich zu stellen haben. Es gibt Industriezweige und industrielle Prozesse, die zwangsläufig aufgrund der Art und Weise der Produktion einen sehr hohen Energieverbrauch haben, ob als Wärmeenergie oder in Form von mechanischer oder elektrischer Energie, z. B. die Keramik-, Zement- und Kalkindustrie, die Papierindustrie und auch die Prozessindustrie. In verschiedenen EU-Mitgliedsstaaten wird der Bedarf an Energie über Atomkraft erzeugt. Das gehört in Deutschland nunmehr der Vergangenheit an. Fossile Brennstoffressourcen wie Kohle, Erdöl, Erdgas sind nur in begrenzter Menge vorhanden. Neue Wege zur Energieerzeugung müssen begangen werden. Die Wind- und Wasserkraft sowie die Sonnenenergie werden seit Jahren genutzt und gefördert.

**Das allein reicht aber nicht, solange Energie nicht sparsam und effizient genutzt wird.**

Die steigenden Energiepreise sind zudem zu einem wesentlichen Kostenfaktor in den Unternehmen geworden. Durch die fortschreitende Automatisierung von industriellen und gewerblichen Verfahren sowie den Einsatz von entsprechenden Anlagen und Maschinen ist ein hoher Energieverbrauch entstanden. Neben der Erhöhung der Wettbewerbsfähigkeit tragen Energieeinsparungen zudem dazu bei, CO<sub>2</sub>-Emissionen in Industrie- und Gewerbebetrieben zu reduzieren.

### **Deutschlands Energieeinsparpolitik**

Bereits 2009 bezifferte das Bundesumweltministerium die Einsparungen des Energieverbrauchs der Industrie zu wirtschaftlich vernünftigen Bedingungen auf 20 bis 40 % bis 2020. Allein die elektrischen Antriebe verursachten in der Industrie rund zwei Drittel des Stromverbrauchs.

Durch Einsatz von elektronischen Drehzahlregelungen wäre der Verbrauch um 15 Prozent zu reduzieren – das entspräche mit mehr als 4.000 Megawatt der Leistung von drei bis vier großen Kraftwerken.

Ziel der Bundesregierung ist es, die Energieproduktivität bis 2020 gegenüber 1990 zu verdoppeln. Im Jahr 2020 würde dann in Deutschland pro Einheit Bruttosozialprodukt nur noch halb so viel Energie verbraucht wie 1990. [2]

Der Zentralverband Elektrotechnik- und Elektronikindustrie e. V. (ZVEI) errechnete ein wirtschaftliches Einsparpotential von 5,5 Milliarden Kilowattstunden (kWh) Strom in der deutschen Industrie durch den Einsatz von Energiesparmotoren. Ihr Einsatz lohne sich in der Regel schon ab einer jährlichen Nutzungsdauer von 2000 Betriebsstunden. [2]

Am 6. April 2011 wurde von der Hessischen Landesregierung der Hessische Energiegipfel ins Leben gerufen. Dessen Abschlussbericht vom 10 November 2011 beinhaltet neben anderen energiepolitischen Empfehlungen auch eine zur „Identifizierung von Energieeffizienz- und Energieeinsparpotenzialen in Hessen“. Die große Bedeutung der Energieeinsparung für die Energiewende wurde ausdrücklich betont. [3]

Aus dem Bericht der Arbeitsgruppe „Energieeffizienz“ geht hervor, dass „die Potenziale der Effizienztechnik enorm“ seien und es auf die entsprechende Erschließung ankäme. Der Stromverbrauch der privaten Haushalte ließe sich im Zuge des Ersatzes ineffizienter Altgeräte und Beleuchtungsanlagen ohne Komfortverzicht durch ökonomisch vorteilhafte Effizienztechnik und energiebewusstes Nutzerverhalten um rund ein Viertel vermindern.

Ähnlich wird die Situation eingeschätzt bei den Querschnittstechnologien im Strombereich, die in den Sektoren Gewerbe, Handel und Dienstleistungen (einschließlich öffentliche Gebäude) wie auch in der Industrie zur Anwendung kommen (bspw. Beleuchtung, IT-Technik, Kopierer, Drucker, Druckluft, Antriebe, Pumpen, etc. sowie deren intelligente Steuerung).

Aufgrund der Erfahrungen aus Beratungsprogrammen könne man für die große Zahl von kleineren Unternehmen verschiedenster Branchen, in denen die Energiekosten ggf. nur eine untergeordnete Rolle spielen und wo Stromeffizienz deshalb kein vorrangiges Investitionsfeld wäre, bei Einbeziehung der Prozesstechnik mit einem wirtschaftlichen Sparpotenzial von 20 bis 30 % und mehr rechnen. [4]

## **Energieeffizienz in Industriesektoren**

Eine Vielzahl der Industriebranchen und der damit verbundenen industriellen Prozesse bedingen zahlreiche unterschiedliche Möglichkeiten zur Steigerung der Energieeffizienz, basierend auf den angewandten Prozesstechnologien der einzelnen Industriesektoren.

Energiespartechiken, die vor einigen Jahren noch mit sehr hohen Investitionskosten verbunden waren und sich im Gegenzug kaum amortisierten, sind mittlerweile innerhalb weniger Jahre rentabel.

Der Einsatz des Standes der Technik, regelmäßige Wartung sowie der Einsatz effizienter Automatisierungstechnik und die Nutzung effizienter Steuerungen und Regelungen bieten große Sparpotenziale.

Unternehmen mit industriell großtechnischen Prozessen, die große Mengen an thermischer und/oder elektrischer Energie erfordern, haben durch die effiziente Nutzung von Wärmeenergie ein Potenzial zur Energieeinsparung.

Thermische Energie wird mittels Verbrennung von Brennstoffen bereitgestellt, z. B. fossile Brennstoffe (Kohle, Erdgas, Erdöl) und/oder entsprechend aufbereiteter Abfall.

Von verschiedenen Produktionsprozessen nicht genutzte überschüssige Wärme, etwa bei Zement- und Kalkanlagen, Papierfabriken oder Chemieanlagen, kann wiedergenutzt werden; ob zur Erzeugung von elektrischer Energie, als bereitgestellte Wärme für weitere Prozesse (wie z. B. Trocknung, Aufheizung) oder auch zur Versorgung von Gebäuden mit Heizung und Warmwasser.

Diese Nutzungen bedingen genügend zur Verfügung stehende Wärme (Menge, Temperatur) aus den Produktionsprozessen und akzeptable Entfernungen, um möglichst wenig Wärmeverluste zu haben.

### Regelungen im Bundes-Immissionsschutzgesetz (BImSchG)

Das BImSchG verweist in § 5 Abs. 1 Nr. 4 auf die Pflichten der Betreiber genehmigungsbedürftiger Anlagen, diese so zu errichten und betreiben, dass zur Gewährleistung eines hohen Schutzniveaus für die Umwelt insgesamt Energie sparsam und effizient verwendet wird.

Für die Antragstellung zu einer Genehmigung nach BImSchG sind Art und Umfang der Antragsunterlagen im §§ 4 bis 4e der Verordnung über das Genehmigungsverfahren (9. BImSchV) spezifiziert. Angaben zur Energieeffizienz ergeben sich aus dortigem § 4d:

Bei der Beantragung einer Genehmigung nach BImSchG müssen die Unterlagen Angaben über vorgesehene Maßnahmen zur sparsamen und effizienten Energieverwendung enthalten, insbesondere Angaben über Möglichkeiten zur Erreichung hoher energetischer Wirkungs- und Nutzungsgrade, zur Einschränkung von Energieverlusten sowie zur Nutzung der anfallenden Energie.

Auf Grundlage der vom Antragsteller eingereichten Unterlagen und der entsprechend aufgeschlüsselten Angaben hat die Genehmigungsbehörde zu prüfen und zu beurteilen, ob und wie effizient Energie innerhalb der jeweiligen Anlage eingesetzt wird und ob ggf. weitere Forderungen notwendig sind zur Gewährleistung der sparsamen und effizienten Verwendung von Energie.

### Die neue Energieeffizienzrichtlinie der EU-Kommission - ein Ausblick

Bereits 2007 hatten die Staats- und Regierungschefs der EU-Mitgliedsstaaten beschlossen, den Energieverbrauch in der EU bis 2020 um 20 Prozent zu reduzieren. Nach momentanen Schätzungen der EU-Kommission wird die EU dieses Ziel wohl nur zur Hälfte erreichen, sollte die bisherige Handlungsweise gleich bleiben. Daher schlägt die Kommission ein neues Maßnahmenpaket vor, um die Energieeinsparziele zu erreichen.

Das Maßnahmenpaket soll in einer neuen EU-Richtlinie für Energieeffizienz gebündelt werden. Diese soll die bestehenden EU-Richtlinien zu Energiedienstleistungen (2006/32/EG) und Kraft-Wärme-Kopplung (2004/8/EG) weitestgehend ersetzen und in ein umfassendes Regelwerk überführen. Die Richtlinie wird Maßnahmen für eine effiziente Energienutzung in sämtlichen Bereichen der Energiewertschöpfungskette vorsehen - von der Energieumwandlung über die Energieverteilung bis hin zum Energieverbrauch. [5]

Um die Strategie der Energieeffizienz auch in Deutschland umzusetzen, haben die einzelnen Bundesländer Energieagenturen eingerichtet. Beispielsweise wurden für verschiedene Industriebranchen „Branchenenergiekonzepte“ erarbeitet, die Möglichkeiten der Energieeinsparung innerhalb von Produktionsprozessen aufzeigen. [6]

Die teilweise recht umfangreichen Informationen der einzelnen Energieportale können abgerufen im Internet und zur Umsetzung von Energieeffizienzmaßnahmen genutzt werden.

Eine Weiterentwicklung der Energieeinsparung und der effiziente Einsatz von Energie, im privaten, öffentlichen oder gewerblich-industriellen Bereich wird auch zukünftig ein Thema sein, dem es sich zu stellen gilt.

#### Literatur / Quellen:

- [1]: <http://de.wikipedia.org/wiki/Energieeffizienz>  
 [2]: BMU; Energieeffizienz - die intelligente Energiequelle - Tipps für Industrie und Gewerbe; Juli 2009  
[http://www.bmu.de/files/pdfs/allgemein/application/pdf/broschuere\\_energieeffizienz\\_tipps.pdf](http://www.bmu.de/files/pdfs/allgemein/application/pdf/broschuere_energieeffizienz_tipps.pdf)  
 [3]: <http://www.energieland.hessen.de/>  
 [4]: <http://www.energiegipfel.hessen.de/dynasite.cfm?dsmid=16453>  
 [5]: <http://www.energieeffizienz-online.info/index.php?id=12310>  
 [6]: Energieagentur NRW;  
<http://www.energieagentur.nrw.de/unternehmen/page.asp?TopCatID=3695&CatID=3722&RubrikID=3722>



## *Energieeffizienz im Unternehmen beim Einsatz von Druckluft*

Ludwig Kirschstein ist Ingenieur für chemische Technologie; hier im Dezernat 43.1 „Immissionsschutz: Metall u. a., Strahlenschutz“ tätig. Innerhalb des Regierungspräsidiums widmet er sich verstärkt Aufgaben des Anlagen- und Fluglärmschutzes. Seit 2009 studiert er berufsbegleitend das Fach „Erneuerbare Energien und Energieeffizienz“ an der Uni Kassel und nimmt hausintern die Fachberatung für Fragen der Energieeffizienz wahr.

**Der Stellenwert eines rationellen Energieeinsatzes im Betrieb ist in den letzten Jahren deutlich gestiegen und damit auch in den Fokus des allgemeinen Interesses gerückt. Das hat zum einen mit dem Anstieg der Energiepreise zu tun. Darüber hinaus sollte erwähnt werden, dass Energie zunächst erzeugt und bereit gestellt werden muss, und dass die Energieerzeugung mit „Risiken und Nebenwirkungen“ wie der Klimaerwärmung verbunden ist.**

Aus der Sicht der Immissionsschutzbehörde ist für genehmigungsbedürftige Anlagen der § 5 Absatz 1 Satz 4 Bundes-Immissionsschutzgesetz hervorzuheben, der vorgibt, dass **Energie „sparsam und effizient zu verwenden“** ist.

Die Vorgabe ist behördlicherseits allerdings nur schwer umzusetzen, u. a. weil sich das Spargebotsgebot auf die betreffende Anlage bezieht und insoweit nur einen begrenzten Gegenstand erfasst.

Hilfreich für einen rationellen Energieeinsatz im Allgemeinen ist die (genaue) Kenntnis der jeweiligen Verbräuche, die es ermöglicht, eine eventuelle Energieverschwendung bzw. Sparpotenziale zu identifizieren. Wo solche Daten nicht zur Verfügung stehen, ist es möglich, sie durch Messungen zu ermitteln. Ansonsten müssten sie anhand von Typenschildern und den jeweiligen Einsatzzeiten abgeschätzt werden.

Ideal hingegen ist es, die Verbräuche laufend elektronisch zentral zu erfassen. Hierfür sind Messgeräte geeignet, die ein elektrisches Ausgangssignal liefern.

Der Aspekt des rationellen Energieeinsatzes ist vielfältig. Es soll hier ein Ausschnitt zum Thema exemplarisch beleuchtet werden, nämlich der Einsatz von **Druckluft**.

Die Verwendung von Druckluft ist dem Einsatz elektrischer Energie nicht unähnlich.

Beides sind Energieformen, die über ein entsprechendes Netz schnell transportiert werden können. Die Anwendung der Druckluft ist in Industrie und Gewerbe fest etabliert.

In Deutschland werden pro Jahr etwa 14 Mrd. kWh elektrischer Energie für ihre Herstellung aufgewendet, das entspricht im Sektor Gewerbe und Industrie einem Anteil von über 10% bzw. dem Energieverbrauch der Deutschen Bahn. [1]

**Pneumatische, also mit Druckluft betriebene Werkzeuge haben als in der Praxis häufige Anwendungsfälle bedeutende Vorteile**, nämlich insbesondere:

- Einfache Antriebe:  
In Druckluftwerkzeugen gibt es keine Wicklungen und Magnete etc. Dadurch sind sie zum jeweiligen elektrisch angetriebenen Pendant relativ leicht und einfach konstruiert und mit wenig Körperkrafteinsatz handhabbar.
- Keine Funken:  
In pneumatischen Werkzeugen entstehen keine Induktionsfunken. Das prädestiniert sie für Einsätze in explosionsgefährdeten-Bereichen.

**Dem steht jedoch als wesentlicher Nachteil gegenüber, dass die Erzeugung von Druckluft mit hohen Umwandlungsverlusten verbunden ist**, denn nur etwa 5 % der im Kompressor eingesetzten elektrischen Energie wird tatsächlich in Druckluft umgewandelt, der Rest wird zu Wärme. (siehe folgende Graphik [2]).

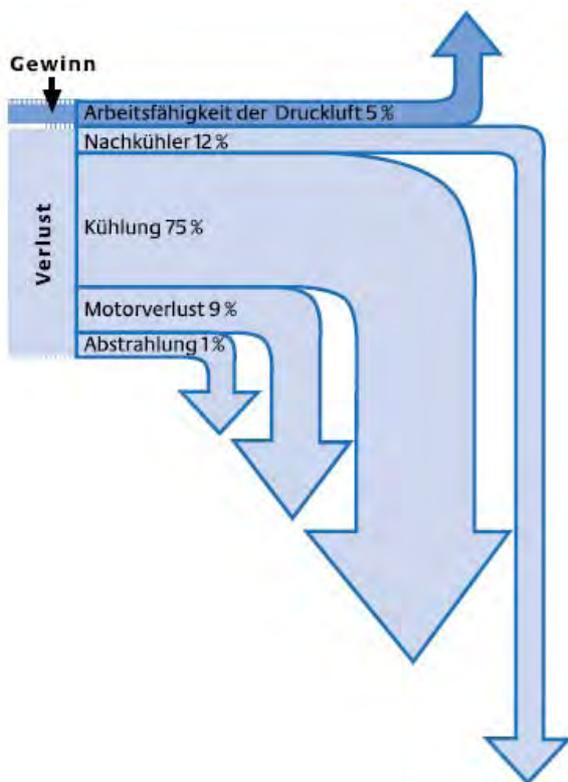


Abbildung: Energieflussdiagramm eines Verdichters (nur der nach oben zeigende Pfeil der eingesetzten Energie wird in Druckluft, also die sog. *Nutzenergie*, umgewandelt) [2]

**So lassen sich Transportvorgänge oft auch mit elektromotorischen Antrieben durchführen.**

**Hat man sich für einen Drucklufteinsatz entschieden, so ist es ratsam, folgende Punkte zu beachten:**

- Leckagen sollten soweit wie möglich beseitigt werden; sie können im Verborgenen erhebliche Druck-Verluste und hohe Kosten verursachen. Leckagen im Druckluftnetz treten bevorzugt an Verbindungsstellen und Kupplungen auf, sowie an flexiblen Leitungen, die mit der Zeit verspröden oder korrodieren. Zur Detektion der Leckagen bieten sich arbeitsfreie Zeiten an, in denen das Ausströmgeräusch an einem Leitungsleck leicht aufgefunden werden kann. Dafür stehen besondere Ultraschall-Messgeräte zur Verfügung. Hier kann die Hilfe von speziellen Servicefirmen in Anspruch genommen werden. Alternativ und gleichsam als Low-Tech-Variante können, zur Erkennung von kleinen Druckluftlecks, verdächtige Stellen mit Seifenlauge bestrichen werden.
- Es sollte hinterfragt werden, ob der eingestellte Druck im Netz auch wirklich gebraucht wird. Bei einem geringeren Druck wäre weniger Energieeinsatz zur Verdichtung erforderlich. Falls bestimmte Anwendungen bedeutende Druckluftmengen auf einer geringeren Druckstufe brauchen als im Netz vorhanden ist, ist es ratsam zu überlegen, diese Druckluft separat bzw. dezentral zu erzeugen.
- Bei der Auswahl des Verdichters sollte darauf geachtet werden, dass die verdichtete Luft möglichst rasch und effektiv gekühlt wird. Damit nähert man sich dem Idealfall einer so genannten isothermen Verdichtung an. Dies gelingt etwa bei Verdichtern, deren Schmiermittel in einem Sekundärkreislauf laufend gekühlt wird. Effizient arbeiten Schraubenkompressoren, die Wasser statt Öl als Kühl- und auch als Schmiermittel verwenden, denn die Rückkühlung von Wasser ist aufgrund der Stoffeigenschaften leichter [3]. Die Wasser einspritzenden Verdichter sind sehr gut geeignet, wenn an die Hygiene bzw. Ölfreiheit der Druckluft hohe Anforderungen zu stellen sind (z. B. in der Lebensmittelindustrie).
- Durch moderne elektronische Motorsteuerung bzw. Frequenzregelung lässt es sich erreichen, dass in Zeiten, zu denen keine Kompressionsarbeit erforderlich ist, der Verdichter im Leerlaufbetrieb nicht weitere Energie verbraucht.

- Ein relativ hohes Maß an Abwärme ist bei der Verdichtung dennoch unvermeidlich. Grundsätzlich kann diese Wärme über Wärmetauscher zurückgewonnen werden. Damit lässt sich dann bspw. Verbrennungsluft vorwärmen, Brauchwasser erwärmen oder ein Betriebsgebäude beheizen. Auch gilt auch der Grundsatz, dass der Vermeidung von Abwärme Vorrang gegenüber ihrer Verwertung bzw. Rückgewinnung einzuräumen ist.



Bild: Rückgewinnung der Kompressorwärme zur Raumheizung

- Häufig handelt es sich bei Druckluftnetzen um historisch mit dem Betrieb gewachsene Netze. Hier sollte man kritisch fragen, ob das Netz noch modernen Anforderungen genügt, z. B. ob der Leitungsquerschnitt ausreichend bemessen ist.
- In Stillstandszeiten des Betriebs sollte der Verdichter abgeschaltet werden.

**Weitere nützliche Informationen zum Thema finden Sie z. B. bei folgenden Einrichtungen:**

Das Fraunhofer Institut für industrielle Energiesysteme (ISI) hat zum sorgsamem Umgang mit Druckluft die Schriftensammlung „Druckluft effizient“ veröffentlicht, die online kostenlos zur Verfügung steht: <http://www.druckluft-effizient.de/dokumente.html>

**Literatur/Quellen:**

- [1]: E. Ruppelt; Druckluft-Handbuch 4. Auflage, Vulkan-Verlag
- [2]: Ratgeber „Druckluftsysteme für Industrie und Gewerbe“ (Aug. 2010) der Deutschen Energie-Agentur (dena) - Initiative Energieeffizienz in Industrie und Gewerbe (<http://www.dena.de/index.php?id=1173>)
- [3]: „Drucklufttechnik - Grundlagen, Tipps und Anregungen“; Kaeser Kompressoren GmbH (<http://www.k-magazin.de/index.cfm?pid=1436&pk=63806>)



**Energie aus Abwasser**

Christoph Kühmichel, Dipl.-Ing. für Umwelt- und Hygienetechnik, ist seit 1990 in der hessischen Umweltverwaltung. Im Wiesbadener Dezernat 41.3 „Abwasser, Anlagenbezogener Gewässerschutz“ ist er mit Zulassungsverfahren und Überwachungsaufgaben bzgl. industriell-gewerblichen Abwassers verschiedenster Branchen betraut. Er ist u. a. Vertreter Hessens in der Bund-/Länder-AG zur Überarbeitung der Abwasserverordnung, hier des Bereichs ‚Abwasser aus der Herstellung von Papier und Pappe‘.

**Auch wenn der hiesige Energiegipfel das Potential des Mediums ‚Wasser‘ im Zusammenhang mit ‚Erneuerbaren Energien‘ in Hessen als vergleichsweise gering einstuft, bleibt dennoch festzuhalten, dass im Abwasser eine durchaus beachtenswerte Energiemenge ‚schlummert‘, die es gerade auch unter den nicht zu unterschätzenden Aspekten „Energieeffizienz“ und „Energieeinsparpotential“ ‚zu wecken gilt‘.**

In Zeiten hoher Energiekosten und geringer werdender konventioneller Rohstoffe scheint es eine pure Verschwendung, Abwässer energetisch ungenutzt in die Kanalisation bzw. Kläranlagen ablaufen zu lassen bzw. gar ‚aufgewärmt‘ in Gewässer einzuleiten. Zukunftsweisende Strategien, Projekte und Maßnahmen sind gefragt, dieses durchaus hohe Energiepotential möglichst gewinnbringend und umweltschonend auszuschöpfen, d. h. im Abwasser enthaltene Energie diesem ‚abzurufen‘ und wieder dem Energiekreislauf zuzuführen.

Einerseits handelt es sich hierbei um eine große Wärmemenge, die sich weniger unmittelbar durch („geföhlt“) höhere Temperaturen physikalisch ‚bemerktbar‘ macht (besser: feststell- bzw. messbar ist), sondern sich vielmehr ‚indirekt‘ über die z. T. immensen Abwassermengen und bei Berücksichtigung der sehr hohen spezifischen Wärmekapazität von Wasser (in Höhe von 4187 J pro kg und Kelvin) darstellt bzw. generieren lässt.

Andererseits gilt es aber auch die ‚chemisch gebundene‘ Energie in Form von (organischen) Abwasserinhaltsstoffen zu betrachten, die sich ebenfalls ausnutzen lässt und damit nicht auch noch zusätzlich, bei einer (finalen) Abwasserbehandlung zu weiterem Energieaufwand bzw. -verbrauch führt.

### Nutzung des Wärmegehalts des Abwassers

Küche, Dusche/Toilette, Waschmaschine: Im Abwasser unserer Haushalte steckt ein großes **Wärmepotential**. So groß, dass theoretisch (betrachtet man alleine Energiemenge bzw. -dargebot) etwa bis zu 10 % aller Gebäude in Deutschland beheizt werden könnten. [1]

Die Idee einer **Abwasserwärmenutzung** aus häuslichem Abwasser ist dabei nicht neu, bereits seit ca. 30 Jahren sind solche Anlagen, vornehmlich in der Schweiz, zuverlässig und mit überwiegend zufriedenstellenden Ergebnissen in Betrieb.

Bei entsprechend geeigneten Rahmenbedingungen, planerischer Berücksichtigung der örtlichen Begebenheiten und richtiger Ausführung sind Anlagen zur Nutzung der Abwasserwärme (= Abwärme), gerade im Vergleich zu fossilen Heizanlagen und bei weiter steigenden Energiepreisen, technisch wettbewerbsfähig und auch betriebswirtschaftlich interessant - moderne Wärmetauscher- u. / o. Wärmepumpen-Technologien vorausgesetzt.

Der in der Regel ‚jahresdurchgängig‘ (im Kanal) vorliegende Temperaturbereich von etwa 10-20 Grad Celsius kann als optimal bezeichnet werden; je nach Art und Ort des Wärmetauschers sowie dem örtlichen Abwasser- und Temperaturdargebot sind für eine effektive Abwasserwärmenutzung Trockenwetterabflüsse von etwa 10-15 l/s sinnvoll. [1]

Grundsätzlich ist diese Wärmerückgewinnung am effizientesten, wenn relativ hohe Temperaturen und/oder große Abwassermengen vorhanden sind, wobei die Wärme dem Abwasser im Gebäude selbst, aus dem Kanal oder vor/nach der Kläranlage entnommen werden kann:

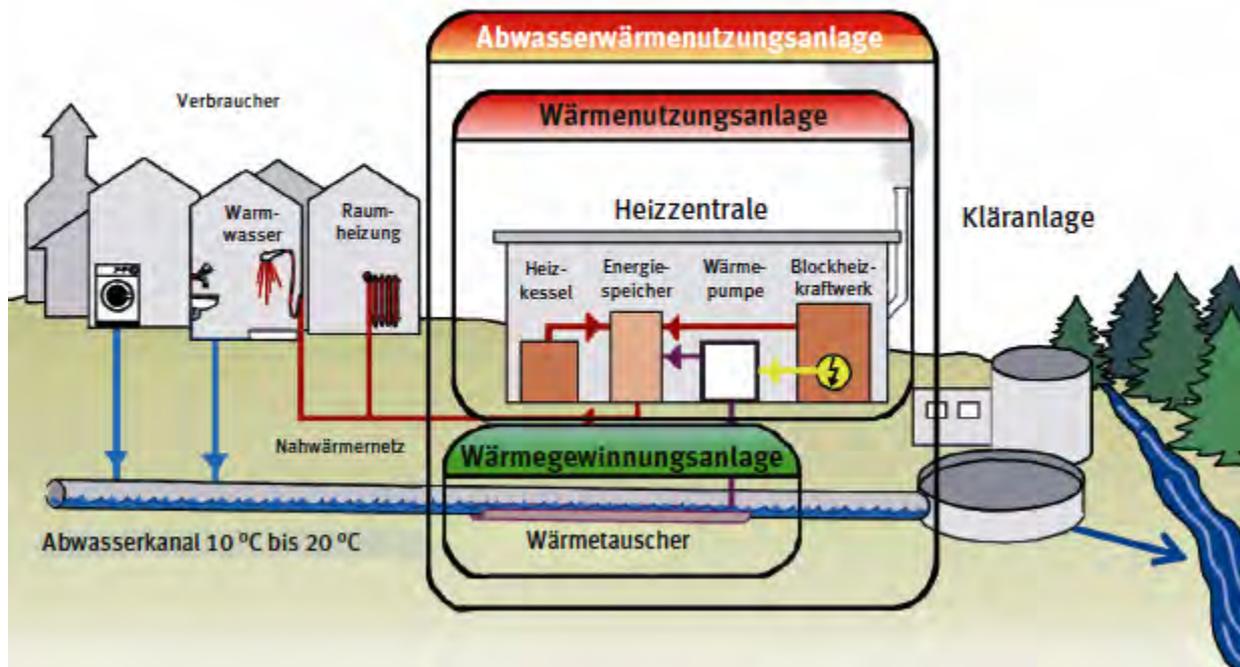


Abbildung: Abwärmenutzung aus häuslichem Abwasser [1], [2]

Um Wärme aus Abwasser z. B. für die Heizung von Gebäuden als auch für die Erwärmung von Wasser einzusetzen, ist eine Wärmepumpe erforderlich, welche die Wärme auf ein höheres Temperaturniveau anhebt. Wärmepumpen können mit der Wärmequelle Abwasser nutzbare Temperaturen bis zu 70 °C erreichen. In Kombination mit einem Heizkessel können sie selbst dort eingesetzt werden, wo höhere Temperaturen gefragt sind. Die Verknüpfung von Wärmepumpe mit Heizkessel bringt mit höherer Versorgungssicherheit und verbesserter Wirtschaftlichkeit noch weitere Vorteile. Grundsätzlich gilt: Je tiefer das Temperaturniveau der Wärmebezieher, desto effizienter können Wärmepumpen arbeiten; diese können gleichzeitig aber auch zur Kühlung genutzt werden (und wirken dabei -in umgekehrter Weise- als Kältemaschine), z. B. für gewerbliche Kälte oder im Sommer auch zur Raumkühlung.

In jedem Falle ist aber, neben einer ausreichend verfügbaren Abwasserwärmemenge, ein entsprechender Wärmebedarf in (relativ) nahem Umkreis notwendig/sinnvoll, so dass sich dafür vor allem größere Einzelgebäude oder ein Nahwärmeverbund mehrerer Gebäude anbietet. Besonders geeignet sind aber auch andere energieintensive Nutzungen, wie z. B. im Bereich der Schwimmbäder und ihrer Heizungen oder z. B. auch (auf Kläranlagen) die Trocknung des Klärschlammes.

Insbesondere für Kommunen könnte sich hierüber eine auch wirtschaftlich darstellbare Möglichkeit zur CO<sub>2</sub>-Reduktion bieten, wenn z. B. größere öffentliche Gebäude (wie Schulen, größere Verwaltungseinheiten, Sportanlagen/Bäder, Heime o. ä.) mit Abwasserwärme versorgt würden. Aber auch andere, gewerbliche Nutzungen sind vorstellbar.

Ort der Abwasser-Wärmegewinnung	Vorteile	Nachteile
<i>Im Gebäude</i>	Nah zu Abwärmeerzeugern = hohe Abwassertemperaturen Kurze Wärmetransportwege = geringe Verluste bzw. hohe Effektivität Kein Niederschlagswasser-Einfluss Kanalnetz-unabhängiger Betrieb	Große tageszeitliche Schwankungen bei sehr geringem Abfluss Evtl. störende Abwasserinhaltsstoffe Relativ hoher Betriebsaufwand
<i>Im Entwässerungssystem</i>	Deutlich größere Abwassermengen Relativ kurze/mittlere Wärmetransportwege Angemessene Überwachung und Betriebssicherheit	Einbauten bedingen Überwachung Etwaiger Einfluss auf abwasserreinigende Prozesse Abhängigkeit von Kanalnetzbetreiber
<i>Auf bzw. nach einer Kläranlage</i>	Kein Einfluss auf Abwasserreinigung (wenn WGA nach der Kläranlage) Große/relativ konstante Abwassermenge und damit größtes Wärmeangebot Abwasser ist gereinigt Abwasserabkühlung zu Gunsten des Gewässers	Langer Wärmetransportweg (damit Verlust), wenn keine Abnehmer in der Nähe Abhängigkeit vom Kläranlagenbetreiber

Tabelle: Übersicht der Vor- und Nachteile der verschiedenen Orte zur Abwasser-Wärmegewinnung [1]

Lässt man die Nutzung in Gebäuden (damit den Bereich der Hausinstallationen) hier außer Acht und betrachtet man vornehmlich die Anwendungsfälle rund um das öffentliche Entwässerungssystem, d. h. den Abwasserwärmeentzug entweder im Kanal oder nach der Kläranlage, dann sind bei umfassender Betrachtung, richtiger Planung und entsprechend optimierter Ausführung weder Nachteile für die Entwässerung noch für die anschließende Behandlung in der zentralen Abwasserreinigungsanlage zu besorgen.

**Aufgabe von Entwässerungssystemen und Kläranlagen ist und bleibt dabei aber vorrangig die ordnungsgemäße Ableitung und Reinigung von Abwasser. Eine etwaige Energiegewinnung ist diesem Ziel unterzuordnen und darf es keinesfalls gefährden.**

Durch Einbau, Betrieb und Unterhaltung von Wärmetauschern muss die erforderliche, hydraulische Leistungsfähigkeit des betreffenden Kanalisationsabschnitts, die sich aus der Entwässerungsplanung ergibt, ebenso gewährleistet bleiben wie die Reinigungsleistung einer Kläranlage, die nicht nachteilig beeinträchtigt werden darf.

Die Abwasserreinigung in einer Kläranlage erfolgt weitgehend über biochemische Prozesse. Deren Ablauf wird ganz entscheidend auch von der Abwassertemperatur beeinflusst:

Grundsätzlich nimmt der Wirkungsgrad aller biologischen Abwasserbehandlungsprozesse bei sinkender Abwassertemperatur aufgrund der Verminderung der Wachstums- und Stoffwechselgeschwindigkeit der Mikroorganismen ab.

Am stärksten hiervon betroffen sind die Stickstoffumwandlungsprozesse, die Nitrifikation und die Denitrifikation, die bei abnehmender Abwassertemperatur langsamer ablaufen und für die Reinigungsleistung (sowie eine etwaige anschließende Eutrophierung der Gewässer) bedeutend sind. Mit einer relevanten Absenkung der Abwassertemperatur (im Zulauf) kann hier direkt eine Verschlechterung die Ablaufqualität einher gehen.

Aus dem Kanal bzw. vor einer Kläranlage kann eine Wärmenutzung mit einer Abwasserabkühlung von 0,5 bis (max.) 1 K (im Zulauf zur Kläranlage) als vergleichsweise problemlos angesehen werden, d. h. ohne dass das Abwasser für die anschließenden biochemischen Prozesse auf der Kläranlage nachteilig abkühlt ist. Hierbei ist vornehmlich die Abwassertemperatur im Belebungsbecken (gemittelt über das sog. *Schlammalter*) - für die jeweiligen Belastungsfälle und die notwendigen Reinigungsleistungen bzw. Ablaufwerte bzgl. Kohlenstoff und Stickstoff, ggfs. auch Phosphor - zu beachten und darf nicht unter die sog. *Bemessungstemperatur* fallen - häufig ist dort aber eine ausreichende Dimensionierungsreserve vorhanden, so dass die Abkühlung aufgefangen werden kann.

Wird die Wärmeabgewinnung ausschließlich im Winterbetrieb eingesetzt, so sind vornehmlich die zuvor genannten Aspekte bezüglich des Entwässerungssystems zu beachten.

Wird das Abwasser im Sommerbetrieb durch die Nutzung zu Kühlzwecken aufgewärmt, so ist dies für die Ablaufwerte der Kläranlage eher unkritisch.

Es muss allerdings beachtet werden, dass durch die Erhöhung der Abwassertemperaturen die im fließenden Abwasser stattfindenden biologischen Prozesse stimuliert werden, was zu einer beschleunigten Sauerstoffzehrung bei gleichzeitig geringerer Sauerstoffsättigungskonzentration führt. Vor allem im Sommer sind Geruchsbildung und Korrosion aufgrund einer möglichen Bildung von Schwefelwasserstoff ( $H_2S$ ) oder ähnlicher geruchsintensiver Verbindungen nicht völlig auszuschließen. Betrieblicherseits muss zudem sichergestellt sein, dass genügend Sauerstoff ins Belebungsbecken eingeblasen wird.

Wird die Wärme nach der Anlage, d. h. vor Einleitung in das Gewässer, entzogen, können deutlich größere Differenzen (bis zu 6 K), damit ein höheres Wärmepotential, ausgenutzt werden. Allerdings ist dies, mit zunehmender Entfernung von Siedlungsbereichen und damit ‚externen‘ Verbrauchern, wohl vornehmlich für den Eigenbedarf interessant. Eine Abkühlung des Abwassers findet hier insbesondere auch zugunsten der Wärmebilanz des Oberflächengewässers statt.

### Abwasserreinigung - Steigerung und Optimierung der Klärgasproduktion

Kommunale Kläranlagen beanspruchen ca. 20% des gesamten Energiebedarfs öffentlicher Gebäude und Anlagen (noch vor Schulen, Krankenhäusern oder anderen Einrichtungen). Die bundesweit etwa 10.000 Anlagen verbrauchen ca. 4.400 GWh pro Jahr und damit etwa 0,7 % des Gesamtstromverbrauchs - vornehmlich sind dies Kläranlagen der Größenklassen von mehr als 10.000 Einwohnern (bzw. Einwohnerwerten); deren Energieverbrauch umfasst immerhin ungefähr 85%. [5]

Dabei wird etwa Zweidrittel der Energie im Bereich der biologischen Reinigung (incl. Nachklärung und Entwässerung) verbraucht - vornehmlich auch, um den biochemischen Abbauprozess der Veratmung („*Aerobie*“) mit Sauerstoff zu versorgen und damit (den eigentlichen Betriebszweck der Anlage, nämlich) eine hochwertige und ordnungsgemäße Abwasserreinigung sicherzustellen. Ganz überwiegend erfolgt die Versorgung ‚der Biologie‘ mit dem Medium Luft, das ja bekanntermaßen nur über knapp 20% des ‚eigentlich kostbaren Gutes  $O_2$ ‘ verfügt, mithin sind bereits hier Verluste vorprogrammiert bzw. systemimmanent.

Grundsätze und Konzepte zur Optimierung bzw. Energieeffizienz von Kläranlagen existieren schon seit den 90er Jahren, erfahren aber in jüngerer Vergangenheit mit der Ausrichtung hin zu einer ‚Energiewende‘ neuere und breitere Wahrnehmung. [6], [7], [8]

Vornehmlich im Fokus der Betrachtungen und etwaiger Veränderungen zur Stromeinsparung standen und stehen dabei die häufig in Dauerbetrieb befindlichen Aggregate und Einrichtungen, wie z. B. Belüfterelemente, Verdichter/Gebälse, Rührwerke, Pumpen, wobei auch deren Bemessung / Auslegung, Anordnung sowie die Regelung bzw. Steuerung des biochemischen Prozesses energetisch von Bedeutung ist. Daneben hat auch die Behandlung der (bei aeroben Prozessen beträchtlichen Bakterienmasse =) Klärschlämme, deren Konditionierung bzw. Eindickung sowie Entwässerung, ggfs. nach einer ‚Ausfäulung‘, Reduzierungs- bzw. Optimierungspotential.

Viele der Abwasserbehandlungsanlagen – der langen Historie der Entwässerungs-/Abwassertechnik und letzten Endes des Gewässerschutzes ‚geschuldet‘ – stammen z. T. aus einer Zeit niedriger Energiekosten und energetisch ineffizienterer Anlagen und Aggregate. Sie wurden vornehmlich dann ‚anlassbezogen‘ optimiert, wenn Aggregate ausgefallen, grundsätzliche Probleme mit der Anlagentechnik aufgetreten sind und/oder behördliche Vorgaben eine Neukonzeption der Abwasserbehandlung erforderlich machten.

Ein beträchtlicher Teil des Energieverbrauchs kommunaler Abwasserreinigungsanlagen wird dabei ursächlich durch (indirekte) industriell-gewerbliche Abwassereinleitungen hervorgerufen – je nach Anteil und Art nicht-häuslichen Abwassers sowie Kläranlagengröße und aufbau kann dies bis zu ca. 35% betragen. Daneben ist der Energiebedarf bei Industrie-/Gewerbebetrieben und ihrer eigenen Abwasserbehandlung (je nach Art, Inhaltsstoffen und Behandlungsziel), selbst wenn diese ‚nur‘ als Vorbehandlung, für die anschließende Einleitung in die öffentliche Kanalisation (= Indirekteinleitung) konzipiert ist, erheblich.

Eine neuerliche, verfahrenstechnische wie energetische Bewertung dieser Anlagen hinsichtlich des Energieoptimierungspotentials könnte zu erheblichen Einsparungen führen.

Die Anaerobtechnologie zur Behandlung kommunaler, aber auch industriell-gewerblicher Abwässer (und Abfälle) hat – wenn auch mehr als ‚Hochlaststufe‘ (Industrieabwasser) bzw. zur Schlammbehandlung (Kommunalabwasser) – eine langjährige Tradition in der Abwassertechnik; die besondere (auch internationale) Bedeutung ist bereits seit vielen Jahren bekannt, vielfältigst untersucht und anlagentechnische wie betriebliche Daten umfangreich dokumentiert. [8], [9], [10]. Unter bestimmten Randbedingungen stellen sie zuverlässige und wirtschaftlich arbeitende Verfahren für die Behandlung von Industrieabwasser dar.

**Auch unter den Aspekten der Energieeffizienz und Abfallvermeidung bzw. Ressourcenschonung haben die verschiedensten Anlagen bzw. Verfahrenstechniken zur anaeroben Abwasserreinigung die vergangenen Jahre eine hohe Akzeptanz erfahren** – eigentlich in allen Bereichen bzw. Branchen mit organisch stark belasteten Abwässern (siehe Tabelle).

Branche	Anzahl der Projekte	davon in Betrieb
Brauereien	29	26
Brennereien	11	8
Chemie / Pharma	6	6
Erfrischungsgetränke	3	3
Fruchtsaft	7	7
Früchte- und Gemüseverarbeitung	6	6
Hefeindustrie	6	5
Kartoffelverarbeitung	16	13
Lebensmittelindustrie, sonstige	19	18
Molkereien	6	5
Papier und Pappe	75	72
Stärkeindustrie	7	4
Verarbeitung tierischer Nebenprodukte	9	0
Verschiedenes	10	8
Zellstoffindustrie	7	4
Zuckerindustrie	33	20
Summe	250	205

In Deutschland wurden bis Dezember 2008 250 großtechnische Anaerobanlagen zur Industrieabwasserbehandlung errichtet.

Die Tabelle zeigt die Verteilung über bzw. Anzahl in verschiedensten Branchen (bei denen mehr als 5 Projekte realisiert sind).

Die größte Anzahl von Anaerobanlagen (75) wurde in der Papierindustrie errichtet, gefolgt von der Zuckerindustrie mit 33 und Brauereien mit 29 Anlagen.

Unter „Lebensmittelindustrie, sonstige“ sind Branchen zusammen gefasst, bei denen es jeweils weniger als drei Anlagen gibt, wie z. B. bei Feinkost, Fischverarbeitung, Mälzereien, Pektinindustrie, Süßwarenindustrie, Weinkellereien, Herstellung von Cerealien, Zitronensäure-Produktion (oder weitere Anlagen bei denen eine Zuordnung unmöglich ist).

Unter „Verschiedenes“ fallen Betriebe zur Produktion von Biodiesel, Bioethanol, Leder, Leim, Spanplatten sowie Schlachtbetriebe. [9]

**Tabelle: Anzahl großtechnischer Anaerob-Anlagen in Deutschland - aufgeteilt nach Branchen; Stand: 12/2008 [9].**

Jüngste Untersuchungen aus NRW [11] zeigen, dass im **verstärkten Ausbau und der Optimierung anaerober Verfahrenstechniken bei geeignete Produktionsabwässern** noch ein großes Potenzial zur Energieeinsparung ausschöpfbar wäre und sich der insgesamt benötigte Energiebedarf der biologischen Abwasserbehandlung deutlich reduzieren lässt.

Die Vorzüge ‚liegen auf der Hand‘: Da die anaerobe Behandlung unter Abwesenheit von (Luft-)Sauerstoff stattfindet, wird die Belüftungsenergie größtenteils eingespart; als Abbauprodukt entsteht vornehmlich ein Bio- bzw. ‚Klärgas‘, das zu ca. 70-85 % aus Methan und damit sehr gut energetisch nutzbar ist. Anaerobanlagen zeichnen sich darüber hinaus durch eine sehr geringe Biomasseproduktion (in Höhe von ca. 1-5%) aus - der Schlamm muss weitestgehend dem Behandlungssystem erhalten bleiben.

Währenddem der Energiebedarf in einer aeroben Abwasserbehandlungsanlage etwa 0,7 bis 1 kWh pro kg ‚CSB‘ (*Chemischer Sauerstoffbedarf*, ‚klassischer‘ Abwasserparameter und Maß für die organische Verschmutzung bzw. Summe aller im Abwasser vorhandenen chemisch-oxidierbaren Stoffe) beträgt, verschiebt sich dies bei einer anaeroben Behandlung deutlich hin zu (schwankenden) Werten zwischen etwa 0,07 bis 0,1 kWh pro kg CSB, mithin also um einen bis Faktor 10 geringeren Energiebedarf!

Auch für anaerobe Prozesse bei der Abwasserbehandlung gilt - analog der bereits im Artikel über Biogasanlagen getroffenen Feststellung -, dass unterschiedliche Ausgangsmaterialien unterschiedlichste Biogaserträge ergeben, d. h. hier die produzierbare Klärgasmenge vom Industriezweig und vom dort anfallenden bzw. zu behandelnden Abwasser abhängig ist.

Typischerweise kann von ca. 0,4 bis 0,5 Norm-cbm Klärgas pro kg abgebauten CSB ausgegangen werden; bei einem CH<sub>4</sub>-Gehalt von ca. 70 bis zu 85% also zwischen 0,3 bis 0,4 Norm-cbm Methan (wobei 1 cbm CH<sub>4</sub> einen Energiegehalt von 35 MJ hat). Z. B. können bei einem durchschnittlichem Brauereiabwasser mit 3.500 mg CSB/l bis zu 1,6 cbm Klärgas pro cbm Abwasser erzeugt werden, d. h. ein Energiegehalt von mehr als 10 kWh ist erzielbar. Im Schnitt weist dieses Klärgas einen Brennwert von ca. 6,7 kWh/cbm auf. Durch eine anaerobe Vorbehandlung könnte, bei vollständiger Verwertung des erzeugten Biogases, für das Beispiel aus der Brauereiwirtschaft mehr als 100 % des Energiebedarfs eingespart werden, mithin wäre ein Energie- und CO<sub>2</sub>-neutraler Betrieb der Industriekläranlage möglich.[11]

Selbst für industrielle Indirekteinleiter besteht ein erhebliches Einsparpotenzial durch die Umstellung auf eine anaerobe Vorbehandlungstechnik: Bei einem Indirekteinleiter mit einem Anteil von ca. 25 % an der CSB-Fracht einer kommunalen Kläranlage lassen sich ca. 15 % des Energiebedarfs dieser Anlage einsparen. Insgesamt könnte der Indirekteinleiter durch die Verfahrensumstellung die notwendige Energie für die eigene Abwasserbehandlung komplett decken und sogar noch zusätzlich Überschüsse produzieren (einspeisen).

Die Gesamtbetrachtung für die in NRW untersuchten, aufgrund der Abwasserqualität bzw. der Höhe der anfallenden organischen Schmutzfrachten relevanten Industrie- bzw. Wirtschaftsbranchen - **Ernährungsgewerbe (milchverarbeitende Industrie; Erfrischungsgetränke- und Fruchtsaftindustrie; Stärkeindustrie; Braugewerbe; Zuckerindustrie; Hefeindustrie; Schlacht- und Fleischverarbeitungsbetriebe sowie Tierkörperverwertung), das Papiergewerbe und die chemische Industrie** - ergab bei veränderter Verfahrensweise in der Abwasserreinigung ein Energieeinsparpotenzial von etwa 46,0 Mio. kWh pro Jahr. Dieses Potential beruhte i. W. auf einem reduzierten Belüftungsenergiebedarf durch den vermehrten Einsatz anaerober (Vor)Behandlungsverfahren. Eine zusätzlich mögliche Energieerzeugung durch die Verstromung der bei den anaeroben Abbauprozessen anfallenden Klärgasmenge lässt sich auf etwa die gleiche Höhe abschätzen, mithin wurde ein abwasserseitiges Energieeinspar- bzw. -optimierungspotential in der industriellen Abwasserreinigung von ungefähr 94,4 Mio. kWh/a ausgemacht. [11]

Generell ist aber zu berücksichtigen, dass die ermittelten bzw. aufgezeigten Energieeinsparpotentiale - die sicherlich in vergleichbaren Bundesländern bei den betreffenden Branchen analoge Ergebnisse erwarten lassen - betriebswirtschaftlich gesehen für die Industrie- und Gewerbebetriebe nicht immer gleichbedeutend mit einer Handlungsnotwendigkeit sind.

Vor einer Projektrealisierung sind aus betriebswirtschaftlicher und verfahrenstechnischer Sicht immer auch detailliert die abwasserspezifischen Randbedingungen vor Ort zu prüfen – hierzu gehört auch, bei Indirekteinleitern das etwaige Fehlen gut abbaubarer Abwasserinhaltsstoffe (industrieller Herkunft) für die kommunale Abwasserreinigung zu beachten.

### Ausblick

Die Bereiche ‚Abwasser & Energie‘ werden zukünftig, bei weiter steigenden Energie- und wohl auch Abwasserkosten, noch stärker miteinander verschmelzen. Dabei wird Abwasser bzw. seine Reinigung als energiewirtschaftlicher Faktor zunehmend interessant und Kläranlagen werden, auch unter infrastrukturellen Aspekten, als Standorte energetisch relevanter Prozesse in den Fokus der Erörterungen bzw. Planungen rund um die Energiewende und die CO<sub>2</sub>-Einsparungspotentiale rücken. Das abwasserseitige Potential zur (Steigerung der) Stromerzeugung im Vergleich zur Stromeinsparung fällt dabei häufig deutlich höher aus.

Der Vollständigkeit halber sei noch erwähnt, dass Abwasser - neben der thermischen und der chemischen Energie - ‚natürlich‘ auch Anteile kinetischer sowie potentieller Energie besitzt; erstere ist aufgrund der recht geringen Fließgeschwindigkeiten eher von untergeordneter Bedeutung ist. Bei der Lage- bzw. potentiellen Energie könnte die Sache, zumindest lokal, schon etwas anders aussehen: Vielleicht werden wir uns zukünftig nicht nur wieder an ‚Mühl- oder ähnliche Räder‘ im unmittelbaren Bereich von Fließgewässern, sondern ggfs. auch in Ablaufbauwerken von Kläranlagen gewöhnen bzw. erfreuen können...!?



**Bild: Kläranlagen-Auslaufbauwerk mit Wasserrad**

Auf der Kläranlage Warendorf (NRW) wird das gereinigte Abwasser über ein Wasserrad in einen Alt-Arm der Ems abgeleitet - es handelt sich um ein ober-schlächtiges, einseitig gelagertes sog. ‚Turas‘-(Getriebe-) Wasserrad mit 40 Schaufeln (bei einem Raddurchmesser von 4,83 m, die Radbreite beträgt 1,50 m, das max. Schluckvermögen 1.440 m<sup>3</sup>/h; die berechnete Leistung bei einem Füllgrad von 50 % beläuft sich auf ca. 13,6 kW).

Bei einer Ablaufwassermenge von 4 bis 5 Mio. m<sup>3</sup>/a liegt die Stromerzeugung bei etwa 30.000 bis 40.000 kWh/a, so dass knapp 2 % des Gesamt-Energieverbrauchs der Kläranlage (80.000 Einwohnerwerte) zurückgewonnen werden können.

### Literatur / Quellen:

- (1) DWA-M 114: Merkblatt „Energie aus Abwasser -Wärme- und Lageenergie“ (Juni 2009) der Deutschen Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e. V. (DWA)
- (2) Müller, E. A., Schmid, F. (2005): „Heizen und Kühlen mit Abwasser“ - Ratgeber für Bauherrschaften und Gemeinden. EnergieSchweiz, Bundesamt für Energie BFE, Bern
- (3) Buri, R., Kobel, B. (2005); „Energie aus Kanalabwasser - Leitfaden für Ingenieure und Planer“. Arbeitsgemeinschaft Ryser Ingenieure AG, Bern
- (4) „Energiegewinnung aus Abwasser - Die Gemeinde als Motor“ aus Landesversammlung 2010; Bayerischer Gemeindetag (Hrsg.)
- (5) „Aktuelle Energiefragen bei Kläranlagen“ - Fachvortrag von Prof. Dr.-Ing. Frechen, Kassel, bei der Festveranstaltung ‚25 Jahre Hydroingenieure‘, Düsseldorf, 11. Oktober 2007
- (6) „Verbesserung der Energieeffizienz von Abwasserbehandlungsanlagen - Anforderungen an die Planung und Durchführung“ (August 2011); Hrsg.: Hessisches Ministerium für Umwelt, Energie, Landwirtschaft und Verbraucherschutz (HMUELV)
- (7) „Ökoeffizienz in der Wasserwirtschaft - Steigerung der Energieeffizienz von Abwasseranlagen“ (Oktober 2007); Hrsg.: Ministerium für Umwelt, Forsten und Verbraucherschutz Rheinland-Pfalz
- (8) „Förderung der Anaerobtechnologie zur Behandlung kommunaler und industrieller Abwässer und Abfälle“ (Stand: Dezember 1998) - Zusammenfassender Bericht zum dsbzgl. ‚Sektorvorhaben‘ der TBW - Naturgerechte Technologien, Bau- und Wirtschaftsberatung GmbH, Frankfurt, für die Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit GmbH (GTZ), Eschborn
- (9) 7. Arbeitsbericht der DWA-Arbeitsgruppe IG-5.1 „Anaerobe Verfahren zur Behandlung von Industrieabwässern“ - Anaerobe Reaktoren und ihre Einsatzbereiche; KA Korrespondenz Abwasser, Abfall; Nr. 11/2009
- (10) „Industrieabwässer - Branchen, Verfahren und Leistungsfähigkeit“ - Prof. Dr.-Ing. K.-H. Rosenwinkel; KA Korrespondenz Abwasser, Abfall; Nr. 10/2011
- (11) „Analyse der Energieeinspar- und Energieoptimierungspotenziale in der industriellen Abwasserreinigung“ - Bericht vom Dezember 2011 zu einer Studie im Auftrag des Landes Nordrhein-Westfalen (MKULNV NRW) unter Projektleitung der aqua-consult Ingenieur GmbH, Hannover

## Impressum

„RPU Wiesbaden Journal“ wird herausgegeben vom  
**Regierungspräsidium Darmstadt - Abteilung Arbeitsschutz und Umwelt Wiesbaden**  
**Lessingstraße 16 - 18, 65189 Wiesbaden; Telefon: 0611 3309 0, Telefax: 0611 3309 444**  
**Postanschrift: Postfach 50 60, 65040 Wiesbaden**  
**RPU Wiesbaden Journal online: [www.rp-darmstadt.hessen.de](http://www.rp-darmstadt.hessen.de) (→ *Umwelt & Verbraucher*)**

### **Chefredaktion:**

Christoph Kühmichel (Tel.: 0611 3309 129) - V. i. S. d. P.; E-Mail: [RPJournal.Wiesbaden@rpd.hessen.de](mailto:RPJournal.Wiesbaden@rpd.hessen.de)

### **Redaktion:**

Ursula Aich (Tel.: -519): Pressebeauftragte (Bereiche „Arbeitsschutz“ und „Landesgewerbeamt“); Jochen Barnack (Tel.: -467): Pressebeauftragter (Bereiche „Umwelt“ und „Bergbau“); Tillmann Küpper (Tel.: -308): Redaktion Bereich „Abfall“; Ingo Gehrisch (Tel.: -525): Redaktion Bereiche „Arbeitsschutz“ und „Landesgewerbeamt“; Gerd Darschin (Tel.: -475): Redaktion Bereich „Bergbau“; Joachim Barton (Tel.: -416): Redaktion Bereich „Immissionsschutz“; Holger Densky (Tel.: -329): Redaktion Bereich „Wasser“

### **Autorinnen und Autoren dieser Ausgabe:**

Ursula Aich; Joachim Barton; Peter Bissinger (Tel.: -434); Alfred Borrmann (Tel.: -215); Gerd Darschin; Ingo Gehrisch; Achim Kilb (Tel.: -435); Ludwig Kirschstein (Tel.: -421); Christoph Kühmichel; Dr. Kurt Schefczik (Tel.: -216); Frauke Schorcht (Tel.: -104); Thomas Sölling (Tel.: -424); Peter Wagner (Tel.: -311); Andreas Wolk (Tel.: -404)

Die Chefredaktion, die Redaktion und die Autor/Innen dieser Ausgabe sind über die o. a. Anschrift der Abteilung „Arbeitsschutz und Umwelt“ Wiesbaden zu erreichen.

### **Das „RPU Wiesbaden Journal“ bedankt sich für den Gastbeitrag von:**

Prof. Dr. Ing. Leander Bathon (Telefon: 0611 9495 1482); c/o Hochschule RheinMain - Fachbereich ‚Architektur und Bauingenieurwesen‘; Institut für Baustoffe und Konstruktion, Materialprüfanstalt für Bauwesen (MPA), Labor für Holzbau; Kurt-Schumacher-Ring 18, 65197 Wiesbaden

### **Bildnachweis:**

Titelseite - oben: © InfraServ Wiesbaden GmbH, links: © Andreas Wolk, RP Da, rechts oben: © JuwelTop / PIXELIO, rechts Mitte: © Irene Diwersy, RP Da, rechts unten: © Dr. Kurt Schefczik, RP Da; S. 4, 17, 18, 20: © Joachim Barton, RP Da; S. 9, 12: © A. Wolk, RP Da; S. 14, 15: © Verwaltungs-Berufsgenossenschaft; S. 23, 25: © Biomasse Rhein Main GmbH; S. 27, 32: © Rhein Main Deponie GmbH; S. 31: © Peter Wagner, RP Da; S. 34, 35: © Dr. K. Schefczik, RP Da; S. 40: © Deutsche Energie-Agentur GmbH; S. 41: © Kaeser Kompressoren GmbH; S. 42: © Dtsche. Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall (DWA); S. 47: © Abwasserbetrieb Warendorf

**Druck:** Regierungspräsidium Darmstadt - Layout- und Druckzentrum, Luisenplatz 2, 64283 Darmstadt  
**Nachdruck** oder sonstige Reproduktion sind - auch auszugsweise - nur mit ausdrücklicher schriftlicher Genehmigung der Redaktion bzw. der Autorinnen oder Autoren erlaubt!