



Branchenpapier Papier

Stand: 10.06.2013

Erarbeitet von Wuppertal Institut und Ecofys

Prozessoptimierungen und beste verfügbare Technologien (BVT) (kurz- bis mittelfristig bis 2030):

Rahmenbedingungen:

Das Papiergewerbe ist für knapp 3 % des gesamten Endenergieverbrauchs in Deutschland verantwortlich. Der Endenergiebedarf wird von Strom und Erdgas dominiert. Während der absolute Energiebedarf des Papiergewerbes von 1991 bis 2007 um 81 % zugenommen hat, konnte der spezifische Energiebedarf für die Tonne Papier auf einem konstanten Niveau gehalten werden. Im gleichen Zeitraum reduzierte sich die CO₂-Intensität der Papierproduktion um 25% (vor allem durch die Substitution fossiler Brennstoffe durch weniger CO₂-intensive Energieträger wie Erdgas, Fernwärme und Sekundärbrennstoffe. Die Papierproduktion wuchs zwischen 1991 und 2007 um 81% (Fraunhofer ISI/IREES/Hassan 2011).

Der energetisch bedeutendste Prozess der Papier-Wertschöpfungskette stellt in Deutschland die Herstellung einer Papierbahn mit den Ausgangsstoffen Faserstoffe, Zusatzstoffe, Energie und Wasser dar. Insgesamt zeigt die Analyse, dass im Papiergewerbe noch beträchtliche Möglichkeiten bestehen, die Energieeffizienz zu verbessern. Die verschiedenen Einsparoptionen sind zum Teil sehr kurzfristig realisierbar und tendenziell auch sehr wirtschaftlich. Einige Maßnahmen sind jedoch augenblicklich noch relativ kostspielig bzw. technisch noch nicht ausgereift; sie besitzen aber hohe langfristige Potenziale. Da sich viele der Einsparoptionen auf den gleichen Prozess bzw. Prozessschritt beziehen, müssen mögliche Überschneidungen und wechselseitige Auswirkungen der Einsparoptionen berücksichtigt werden.

Es gibt in NRW keine einzige Zellstofffabrik, so dass eventuelle Verbesserungspotentiale auf dem Gebiet der Schwarzlaugung nicht relevant sind. In engem Zusammenhang mit der Zellstoffproduktion ist das Potential der "Bio-Raffinerie" zu sehen. Durch den chemischen Zellstoffaufschluss eröffnen sich Möglichkeiten durch den Umbau des Prozesses weitere Wertstoffe zu generieren, abseits von rein biogenen Brennstoffen. Die NRW-Papierindustrie setzt laut eigenen Angaben jedoch ausschließlich auf zugekauften Zellstoff, selbst erzeugten mechanischen Holzstoff oder rezyklierte Fasern als Rohstoff.



Minderungsstrategien:

Handlungsfeld Steigerung der Energieeffizienz

Strategien	Minde- rungs- po- tenzial (++, +, o)	Umsetz- barkeit (rot, gelb, grün)	Weitere Anmerkungen <i>(die Anmerkungen beruhen auf dem Kleingruppengespräch der AG2 am 12.11.12 und zusätzlichen Ergänzungen durch StoraEnso und Grünewald Papier)</i>
Effiziente Prozessführung (a) durch Modernisierung oder Ersatz alter Anlagen, z.B. Nutzung effizienter Antriebssysteme, (b) oder flächendeckende Nutzung von Schuhpressen, (c) vor der Trockenpartie	a) o/+ b) o/+ c) o/+		a) Weitgehend umgesetzt b) Weitgehend umgesetzt c) Nur bei bestimmten Sorten, hohe Investitionssumme erforderlich → Minderungswirkung standort- und systemabhängig
Optimierung der Vakuumsysteme	o/+		Oft Investitionen erforderlich
Schließung der Stoff- und Energiekreisläufe, u.a. durch weiteren Ausbau der Nutzung der Abwärme (a) bzw. KWK (b), v.a. bei der Papiertrocknung (mittels Pinchanalyse)	a) o/+ b) +		- Kreislaufschließung weitgehend umgesetzt a) Externe Abwärmenutzung: Verbraucher gesucht b) KWK Förderung sinnvoll, aber weitgehend umgesetzt. Projekte teilw. nicht genehmigt wegen großer Nähe zu Wohnbebauung. (Stora: sinnvoll; durch Ansiedlungen um Papierwerke könnte die Abwärme besser genutzt werden. Dort scheitert manchmal die Errichtung einer KWK Anlage an der Genehmigungssituation → Ansatzpunkt für Maßnahme)



Strategien	Minde- rungs- po- tenzial (+, +, +, o)	Umsetz- barkeit (rot, gelb, grün)	Weitere Anmerkungen <i>(die Anmerkungen beruhen auf dem Kleingruppengespräch der AG2 am 12.11.12 und zusätzlichen Ergänzungen durch StoraEnso und Grünewald Papier)</i>
Erhöhung der Recyclingquote	o		<p>Je nach Sorte kann die Recycling-Erhö- hung der Energiebedarfe in NRW führen (wenn Zellstoff er- setzt wird).</p> <p>In Deutschland ist die Altpapiereinsatzquote laut VDP von 60 % im Jahr 2000 auf 71 % im Jahr 2008 gestiegen und liegt damit im europäischen Vergleich sehr hoch. Altpapier lässt sich nicht beliebig für alle Papiersorten einsetzen und auch die Qualität des Altpapiers kann sich deutlich unterscheiden. Darüber hinaus schränken auch technische Hürden den Alt- papiereinsatz weiter ein, da einige Papiersorten, wie Toilet- tenpapier, nicht zurückgewonnen werden können und mit jedem Recyclingzyklus die Faserlänge abnimmt.</p>
Effizienter Umgang mit eingesetzter Biomasse	o		Seit jeher elementares Interesse der Papierindustrie
Erforschung und Förderung der Nutzung von Niedertemperatur-Abwärme	+		Keine kurzfristige Lösung

Klimaschutzplan Nordrhein-Westfalen



Effizienzsteigerungen bei Motoren, Pumpen, Beleuchtung	+		Geringe Potentiale im Vergleich zu Gesamtenergiebedarf der Branche
Effizienzverbesserungen bei der Papierrohstoffherstellung: <ul style="list-style-type: none"> • Holzstoff: Wärmerückgewinnung, Enzymatische Vorbehandlung, Energieeffiziente Schleiffläche, Fortschrittliche Refinerverfahren • Altpapier: Hochkonsistenzstoffauflösung, Effiziente Siebung, Prozessoptimierungen beim De-Inking 	++		Durch Energieeffiziente Schleiffläche und Enzymatische Vorbehandlung bis zu 50% Stromeinsparungen möglich Hochkonsistenzstoffauflösung bis zu 20% Minderungspotenzial Umsetzbarkeit mit Industrievertretern abstimmen



Handlungsfeld Energieträgerwechsel

Strategien	Minde- rungs- potenzi- al (++, +, o)	Umsetz- barkeit (rot, gelb, grün)	Weitere Anmerkungen <i>(die Anmerkungen beruhen auf dem Kleingruppengespräch der AG2 am 12.11.12 und zusätzlichen Ergänzungen durch StoraEnso und Grünewald Papier)</i>
Weitestgehende Nutzung biogener Energieträger als Brennstoffe (falls stofflich nicht nutzbar)	o		Wird so bereits durchgeführt



Handlungsfeld Reduktion prozessbedingter Emissionen

Strategien	Minde- rungs- potenzi- al (++, +, o)	Umsetz- barkeit (rot, gelb, grün)	Weitere Anmerkungen <i>(die Anmerkungen beruhen auf dem Kleingruppengespräch der AG2 am 12.11.12 und zusätzlichen Ergänzungen durch StoraEnso und Grünewald Papier)</i>
Optimierung der Produktionsverfahren und Weiterentwicklung der Produktionsstätten zu CO ₂ neutralen Erzeugern, bzw. Netto-Emittenten	o		Nur durch Zellstofferzeugung denkbar > nicht in NRW vorhanden
Prüfung und Analyse des realisierbaren Potentials für CCS	o	o	CCS wäre für die Kraftwerke der Papierindustrie theoretisch möglich bei bestehender Infrastruktur, aber aus Kostensicht sicherlich unrealistisch, da Papierindustrie im Durchschnitt viel zu klein und eine bereits bestehende CCS-Infrastruktur nötig wäre



Handlungsfeld Klimaverträgliche Gestaltung des Produktportfolios

Strategien	Minde- rungs- potenzi- al (++, +, o)	Umsetz- barkeit (rot, gelb, grün)	Weitere Anmerkungen <i>(die Anmerkungen beruhen auf dem Kleingruppengespräch der AG2 am 12.11.12 und zusätzlichen Ergänzungen durch StoraEnso und Grünewald Papier)</i>
Weiterentwicklung von Produktionsstandorten zu diversifizierten Produktionszentren für klimaverträgliche Produkte	o		Konzept für die Zellstoffherstellung, die es aber in NRW nicht gibt
Zertifizierung der Rohstoffquelle und der Qualitäts- und Umweltmanagement-Systeme	+		Großer administrativer Aufwand im Vergleich zu Minde- rungspotential



Alternative Technologien (langfristig bis 2050):

Minderungsstrategien:

Handlungsfeld Steigerung der Energieeffizienz

Strategien	Minderungs- potenzial (++, +, o)	Umsetz- barkeit (rot, gelb, grün)	Weitere Anmerkungen <i>(die Anmerkungen beruhen auf dem Kleingruppengespräch der AG2 am 12.11.12 und zusätzlichen Ergänzungen durch StoraEnso und Grünewald Papier)</i>
Weitere Erforschung und Entwicklung der Substitution von Wasser als Lösungsmittel in der Faser-Wasser-Suspension	++	Vision	<p>Als Vision sehr interessant, aber kein Lösungsansatz erkennbar; kein Forschungsinstitut in NRW</p> <p>Bei bisher kommerziell eingesetzten Verfahren kann zwar der Dampfverbrauch deutlich gesenkt werden, jedoch steigt der Stromverbrauch entsprechend stark, so dass die primär-energetischen Einsparungen nicht eindeutig sind und es von der Art der Stromerzeugung abhängt, ob die Technologie energetisch vorteilhaft ist.</p>
Aufbau energieautarker Standorte und ggf. Abgabe von Wärme/Strom	o/+		<ul style="list-style-type: none"> - Vielfach umgesetzt > siehe KWK Förderung - Teilweise nur Niedertemperatur Abwärme vorhanden



Produkt- Materialsubstitution: Substitution von Holz als Papierrohstoff durch faserlose Füllstoffe	+	+	Da die Herstellung von Füll- und Hilfsstoffen in der Regel weniger Energie benötigt als Fasermaterial, ist ihr Einsatz für die Entwicklung des Energiebedarfes im Papiersektor bedeutend. Derzeit befindet sich die chemische Fasermodifikation noch in der Pilotphase und es hat sich noch kein dominanter technischer Ansatz herausgebildet. Die vielversprechenden Ergebnisse der Pilotversuche lassen jedoch hoffen, dass dieses Verfahren in Zukunft wirtschaftlich realisierbar sein wird. Mit einem Markteintritt wird nicht vor 2015 gerechnet
Neue Verfahren für effizientere Trocknung (z.B. Dampfprall- und Luftpralltrocknung, Kondensationsbandtrocknung, luftlose Trocknung, Impulstrocknung)	+	+	Auch wenn eines der diskutierten neuen Verfahren marktreife erlangen würde, so könnte das resultierende Einsparpotenzial nur über einen relativ langen Zeitraum gehoben werden, da die Trockenpartie einer Papiermaschine eine typische Lebensdauer von 20-40 Jahren aufweist

Handlungsfeld Energieträgerwechsel

Strategien	Minde- rungspo- tenzial (++, +, o)	Umsetz- barkeit (rot, gelb, grün)	Weitere Anmerkungen <i>(die Anmerkungen beruhen auf dem Kleingruppengespräch der AG2 am 12.11.12 und zusätzlichen Ergänzungen durch StoraEnso und Grünwald Papier)</i>
(Empty cell)	(Empty cell)	(Empty cell)	(Empty cell)



Weitestgehende Nutzung biogener Energieträger als Brennstoffe (falls stofflich nicht nutzbar)	○		- Wird so bereits durchgeführt (Stora: Biogene Brennstoffe fallen z.B. bei der mechanischen Holzstoff-Herstellung, bei der Zellstoffherzeugung, als Reststoff bei der Altpapieraufbereitung oder als Schlämme an. Ihr Aufkommen ist quantitativ sehr unterschiedlich je nach Stoffmodell der betrachteten Papierfabrik; darf natürlich nicht die Nutzungskaskade der Rohstoffe infrage stellen, stoffliche Nutzung soll wo immer möglich Vorrang haben vor der energetischen)
---	---	--	--

Handlungsfeld Reduktion prozessbedingter Emissionen

Strategien	Minderungspotenzial (++, +, ○)	Umsetzbarkeit (rot, gelb, grün)	Weitere Anmerkungen <i>(die Anmerkungen beruhen auf dem Kleingruppengespräch der AG2 am 12.11.12 und zusätzlichen Ergänzungen durch StoraEnso und Grünewald Papier)</i>
Nutzung biogener Brennstoffe (a, siehe oben) und Optimierung der Prozesskreisläufe (b) durch Produktion weiterer Nebenprodukte	○		a) Zunächst stoffliche Nutzung vor energetischer anzustreben b) Produktion von Nebenprodukten bei der Zellstoffherstellung möglich > gibt es nicht in NRW
Prüfung und Analyse des realisierbaren Potentials für CCS	○		CCS wäre für die Kraftwerke der Papierindustrie theoretisch möglich bei bestehender Infrastruktur > aber aus Kostensicht sicherlich unrealistisch (Stora: Papierindustrie im Durchschnitt viel zu klein; bestehende Infrastruktur wäre nötig)



Weiterführende Literatur:

- AGEB (2010): Vorwort zu den Energiebilanzen: AG-Energiebilanzen. Online: <http://www.ag-energiebilanzen.de> (Stand: 17.02.2011).
- Andritz AG (2006): LemaxX Spiral. Online: spectrum.andritz.com/lemaxx_spiral.pdf (Stand: 08.04.2010).
- Blum, O.; Hutter, A. (2008): Praxisbeispiele zur Optimierung des Energiebedarfs in Papierfabriken. In: Allgemeine Papier-rundschau, 02/2008, S. 19-20.
- Brettschneider, W. (2007): Energiekostenreduzierung – auch in der Stoffaufbereitung, eine Herausforderung. In: twogether – Magazin für Papiertechnik, 24, S. 11-15. EnBW; E.ON Energie; RWE Power; Vattenfall Europe (2009): Energiezukunft 2050: Teil II - Szenarien. München: Forschungsstelle für Energiewirtschaft e.V. http://www.ffe.de/download/berichte/Endbericht_Energiezukunft_2050_Teil_I.pdf
- EnBW; E.ON Energie; RWE Power; Vattenfall Europe (2009): Energiezukunft 2050: Teil II - Szenarien. München: Forschungs-stelle für Energiewirtschaft e.V. http://www.ffe.de/download/berichte/Endbericht_Energiezukunft_2050_Teil_I.pdf
- Erhard, K.; Arndt, T.; Miletzky, F. (2010): Einsparung von Prozessenergie und Steuerung von Papiereigenschaften durch ge-zielte chemische Fasermodifizierung. In: European Journal of Wood and Wood Products, 68 (3), S. 271-280.
- European IPPC Bureau (2010): Integrated Pollution Prevention and Control (IPPC) – Draft Reference Document on Best Available Techniques in the Pulp and Paper Industry: European Commission.
- Franzen, R. (2006): Recent developments in mechanical pulping. In: ipw – The magazine for the international pulp & paper industry, 9/2006, S. 52-56.
- Fraunhofer ISI; IREES; Hassan, A. (2011): Möglichkeiten, Potenziale, Hemmnisse und Instrumente zur Senkung des Energie-verbrauchs und der CO₂-Emissionen von industriellen Branchentechnologien durch Prozessoptimierung und Einführung neuer Verfahrens-techniken. Schlussbericht No. Forschungs- und Entwicklungsvorhaben FKZ 3709 46 130. Karlsruhe, Berlin: Fraunhofer Institut für System- und Innovationsforschung (Fraunhofer ISI), IREES GmbH, TU Berlin.
- JRC-IET. (2011). 2011 Technology Map of the European Strategic Energy Technology Plan (SET-Plan) (Technology Descrip-tions No. EUR 24979 EN). JRC Scientific and Technical Reports (S. 178). European Commission Joint Research Centre Institute for Energy and Transport. Abgerufen von <http://iet.jrc.ec.europa.eu/>
- IEA (2012): Energy Technology Perspectives 2012 – pathways to a clean energy system.
- IFEU (2006): Ökologischer Vergleich von Büropapier in Abhängigkeit vom Faserrohstoff, Heidelberg: Institut für Energie- und Umweltforschung Heidelberg GmbH.
- IT.NRW (2011): Energiebilanz und CO₂-Bilanz in Nordrhein-Westfalen 2009. No. E443200900. Statistischer Bericht. Düssel-dorf: Information und Technik Nordrhein-Westfalen.
- IUTA; PTS; LTT; EUTech (2008): Branchenleitfaden für die Papierindustrie, Duisburg: Institut für Energie- und Umwelttechnik e.V.; PTS Papiertechnische Stiftung; RWTH Aachen Lehrstuhl für Technische Thermodynamik; EUTech Energie & Ma-nagement GmbH.
- Leinonen, A. (2006): A long search for energy efficient wood grinding – Mikael Lucander was awarded for his innovative re-search. In: link – KCL's customer magazine for re-inventing paper, 1/2006, S. 10-12.

Klimaschutzplan Nordrhein-Westfalen



- McKinsey Deutschland (2007): Kosten und Potentiale der Vermeidung von Treibhausgasemissionen in Deutschland - Sektorperspektive Industrie. Berlin.
- Pehnt, M.; Arens, M.; Duscha, M.; et al. (IFEU; Fraunhofer ISI) (2011): Energieeffizienz: Potenziale, volkswirtschaftliche Effekte und innovative Handlungs- und Förderfelder für die Nationale Klimaschutzinitiative - Endbericht des Projektes „Wissenschaftliche Begleitforschung zu übergreifenden technischen, ökologischen, ökonomischen und strategischen Aspekten des nationalen Teils der Klimaschutzinitiative“. Heidelberg, Karlsruhe, Berlin, Osnabrück, Freiburg: IFEU, Fraunhofer ISI.
- Roland Berger Strategy Consultants (2011): Studie: Effizienzsteigerung in stromintensiven Industrien. Ausblick und Handlungsstrategien bis 2050
- Schlomann, Barbara (Projektleitung); Arens, M.; Cebulla, F.; et al. (Fraunhofer ISI; IREES; Hassan, A.) (2011): Möglichkeiten, Potenziale, Hemmnisse und Instrumente zur Senkung des Energieverbrauchs und der CO₂-Emissionen von industriellen Branchen-technologien durch Prozessoptimierung und Einführung neuer Verfahrenstechniken. Schlussbericht No. Forschungs- und Entwicklungsvorhaben FKZ 3709 46 130. Karlsruhe, Berlin: Fraunhofer Institut für System- und Innovationsforschung (Fraunhofer ISI), IREES GmbH, TU Berlin.
- Schröter, M; Lerch, C.; Jäger, A. (2011): Materialeffizienz in der Produktion: Einsparpotenziale und Verbreitung von Konzepten zur Materialeinsparung im Verarbeitenden Gewerbe - Endberichterstattung an das Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie (BMWi). Karlsruhe: Fraunhofer-Institut für System- und Innovationsforschung ISI
- Trauth, J; Schönheit, E. (2004): Kritische Papierbericht 2004. Umweltbundesamt. Essen: Initiative 2000 plus, NRW. Abgerufen von <http://evelyn-schoenheit.de/media/Kritischer%20Papierbericht%202004.pdf>
- Verband Deutscher Papierfabriken e.V. (VDP): Papier hoch 7 – 7 Vorurteile und Antworten der Papierindustrie. Abgerufen von http://www.google.de/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=2&cad=rja&sqi=2&ved=0CCcQFjAB&url=http%3A%2F%2Fwww.vdp-online.de%2Fde%2Fpublikationen%2Fangebot.html%3FeID%3Ddam_frontend_push%26docID%3D278&ei=YIGbUP-0Bobx4QTP0oCYDA&usg=AFQjCNHdPHEvheNBJL8bcOJMshQY7TeNSQ
- Viforr, S. (2008): D1.1.11 Enzymatic pre-treatment of wood chip for energy reductions at mechanical pulp production – A review, Ecotarget: New and innovative processes for radical changes in the European pulp & paper industry, project within the EU Sixth Framework Programme.
- WWF (2009): Modell Deutschland - Klimaschutz bis 2050. Vom Ziel her denken. Basel/Berlin