

TECHNOLOGIEANALYSE:

Verfügbarkeit von Biomasse als regenerative Energiequelle



Dieser Bericht wurde im Rahmen des folgenden Projektes erstellt:

»Smart Energy – Network of Excellence, Nr. 5403«

Interreg IV Programm Italien – Österreich 2007 – 2013

Mit EU-Mitteln kofinanziertes Projekt,
Europäischer Fonds für regionale Entwicklung

Autoren:

Matteo Danelon, Giorgio Alberti, Gianfranco Pergher,
Università degli Studi di Udine



**UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
DI UDINE**

Inhalt

1. Biomasse als erneuerbare Energiequelle in der Europäischen Union.....	3
2. Umwandlung von Biomasse in Energie.....	4
3. Verfügbarkeit von Ernterückständen als Energiequelle in Europa.....	6
4. Waldbiomasse als Energiequelle in Europa.....	7
5. Internationaler Brennholzhandel.....	12

1. Biomasse als erneuerbare Energiequelle in der Europäischen Union

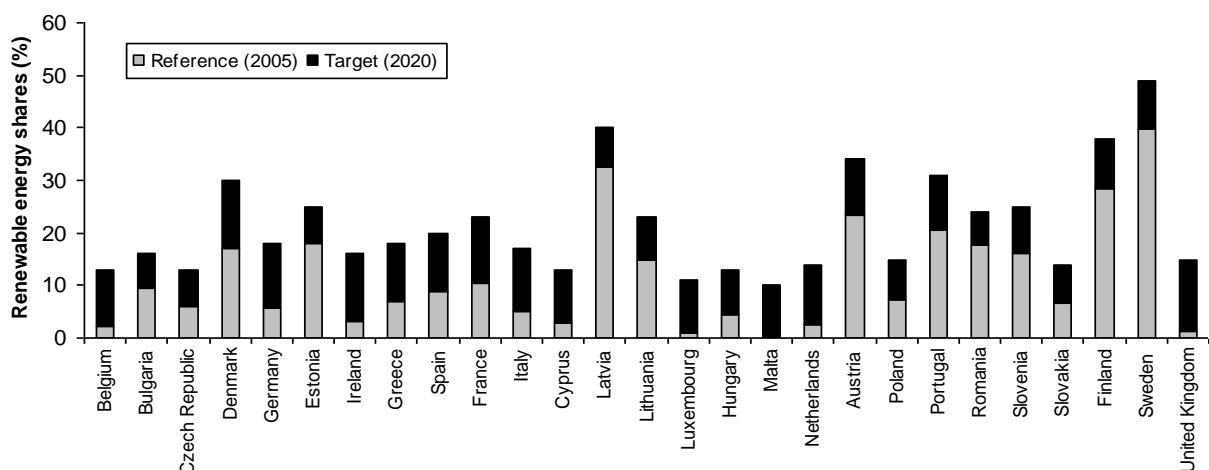
Energiesicherheit und Klimaschutz sind Kernelemente der derzeitigen Klima- und Energiepolitik der Europäischen Union (EU). Im Jahr 2008 hat die EU die sogenannten „20-20-20 bis 2020“ Ziele beschlossen, die vorsehen, dass die Mitgliedsstaaten der EU bis zum Jahr 2020 die Emission von Treibhausgasen um 20% senken, einen Anteil von 20% erneuerbaren Energien an der Gesamtenergieversorgung erreichen und die Energieeffizienz um 20% steigern (Europäischer Rat, 2008). In den Anhängen zur Richtlinie 2009/28/EG sind festgelegt: i) die allgemeinen Ziele für den Anteil von Energie aus erneuerbaren Ressourcen für das Jahr 2020 und ein Referenzwert für das Jahr 2005 (Anhang I; Biomasse als erneuerbare Energiequelle in der Europäischen Union

), sowie ii) annähernde Richtwerte, die über den gesamten Zeitraum der Umsetzung entsprechenden Referenzjahren erreicht oder überschritten werden müssen. Der Europäische Rat hat darüberhinaus das langfristige Ziel einer Verringerung der Treibhausgasemissionen von 80-95% bis zum Jahr 2050 festgelegt.

Entsprechend der EU-Entwürfe wird der Anteil von Biomasse an der Gesamtenergieversorgung aus erneuerbaren Ressourcen in der EU-27 im Jahr 2020 auf 51% geschätzt (Beurskens et al., 2011). Wird allein die zum Heizen und Kühlen erforderliche Energie aus erneuerbaren Quellen berücksichtigt, steigt hier der Anteil von Biomasse sogar auf 81% der Gesamtressourcen.

Der Begriff Bioenergie steht für Energie aus Rohstoffen von drei Hauptlieferanten (Landwirtschaft, Forstwirtschaft und Abfälle) für drei hauptsächliche Nutzungsbereiche (Transportwesen, Wärmeerzeugung und Elektrizitätsgewinnung). Holzenergie im Besonderen wird aus Holzbrennstoffen gewonnen, zu denen sämtliche Biobrennstoffe gehören, die aus Holzbiomasse gewonnen werden (CEN, 2004).

Eigens angebaute Energiepflanzen sowie Abfälle sind die zwei Hauptquellen von Biomasse. In *Abb. 1 - Anteil der erneuerbaren Energiequellen im Ländervergleich aus Anhang I der Richtlinie 2009/28/EC.*



diesem kurzen Bericht konzentrieren sich die Verfasser auf Ernterückstände aus der Landwirtschaft und feste Holzbrennstoffe, die einen Großteil der festen Biobrennstoffe liefern.

Ernterückstände aus der Landwirtschaft können definiert werden als oberirdisches Pflanzenmaterial, das nach dem Abernten auf dem Boden zurückgelassen wird. Holzbrennstoffe werden in folgende Gruppen unterteilt: i) Zu den raffinierten Holzbrennstoffen gehört sämtliches Material, das durch industrielle Verarbeitung bestimmte Brennstoffeigenschaften erhält; ii) Ausgangsbasis für die Energiegewinnung aus nicht raffinierten Holzbrennstoffen ist Holzmaterial, das außer einer Zerkleinerung (z.B. durch Zerspanen oder Häckseln) kaum Abweichungen von seiner forstwirtschaftlichen Ursprungsform aufweist. Zur ersten Gruppe gehören unter anderem Holzpellets und Holzbriketts, die zur Erhöhung der Energiedichte getrocknet und gepresst werden. Anzumerken ist, dass Holzpellets je Gewichtseinheit doppelt so viel Energie liefern können, wie Holzspäne, was sich wesentlich auf Logistik und Vertrieb auswirkt. Die wichtigsten Brennstoffeigenschaften sind Partikelgröße, Dichte, Heizkraft, Feuchtigkeitsgehalt, Ascheanteil, Chlorgehalt und Erweichungspunkt der Asche (detailliertere Angaben zu Rohstoffeigenschaften in Saidur et al., 2011).

2. Umwandlung von Biomasse in Energie

Biomasse kann anhand verschiedener Prozesse in einen Brennstoff umgewandelt werden. Welcher dieser Prozesse schließlich gewählt wird, hängt von der Art und Menge des verfügbaren Biorohstoffs, dem gewünschten Energieträger (vorgesehener Endverbrauch), den Umweltschutzanforderungen und wirtschaftlichen Bedingungen sowie weiteren Faktoren ab.

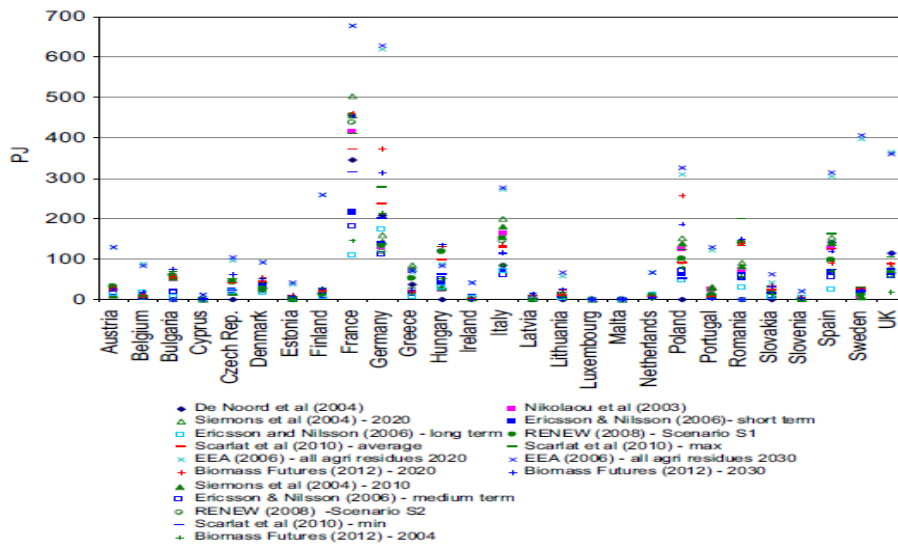
Zur Umwandlung von Biomasse in nutzbare Energieformen stehen mehrere Methoden zur Verfügung:

- **Direkte Verbrennung.** Die in Holzbrennstoffen und anderer Biomasse enthaltene chemische Energie wird durch Verbrennung in Nutzenergie, z.B. Wärme oder Elektrizität, umgewandelt. Zur Erzeugung von Dampf für die Energiegewinnung kann Biomasse in solchen Fällen ohne chemische Umwandlung direkt in Müllheizkraftwerken verbrannt werden. Die direkte Verbrennung ist jedoch eine erhebliche Schadstoffquelle.
- **Pyrolyse.** Die Pyrolyse ist eine thermische Dekomposition organischen Materials unter Sauerstoffabschluss, eine vergleichsweise langsame chemische Reaktion bei geringer Temperatur. Es entstehen wertvolle Brennstoffe, wie ein kohlenwasserstoffreiches Gasgemisch und ein kohlenstoffreicher Feststoffrückstand. Welche Hauptprodukte bei der Biomassenpyrolyse entstehen, hängt von der Temperatur, der Aufheizgeschwindigkeit, der Korngröße und dem verwendeten Katalysator ab.

- **Biomassevergasung.** Mit diesem thermo-chemischen Verfahren wird Biomasse durch teilweise Oxidation in gasförmige Brennstoffe umgewandelt. Die Zusammensetzung des Synthesegases kann durch die Vergasungsbedingungen (Temperatur, Äquivalenzverhältnis und Druck) beeinflusst werden. Einen vollständigen Überblick über die derzeit verfügbaren Technologien zur Biomassevergasung liefern Graciosa Pereira et al. (2012).
- **Fermentation.** Bei diesem Prozess wird der Brennstoff Bio-Ethanol erzeugt. Die zwei am häufigsten angewendeten Verfahren nutzen Hefe zur Fermentierung der in den Pflanzenteilen enthaltenen Stärke. Das schließlich gewonnene Ethanol kann als Kraftstoff im Transportsektor genutzt werden.
- **Anaerobe Gärung.** Die biochemische Umwandlung organischen Materials in Biogas. Die Umwandlung erfolgt unter Sauerstoffabschluss durch Bakterien.
- **Chemische Umwandlung.** Biomasse kann unter Einsatz von Chemikalien oder Hitze in gasförmige oder flüssige Brennstoffe umgewandelt werden.

Auf der Nachfrageseite sind die Märkte heterogen und reichen von Pelletöfen für Einpersonenhaushalte bis hin zu Verbrennungsanlagen von mehreren hundert Megawatt Energieleistung. Im Bereich der Wärmeerzeugung aus Biomasse sind die Angebote der europäischen Produzenten äußerst breit gefächert und reichen von Leistungen für Privathaushalte bis hin zur institutionellen und industriellen Nutzung. Da sich Biomassearten zudem hinsichtlich ihrer chemischen und physikalischen Eigenschaften unterscheiden, müssen die Heizkessel auf die jeweilige Biomasse abgestimmt sein. Im Allgemeinen liegt der Anschaffungspreis für Biomasseheizkessel über dem für Heizkessel zur Nutzung fossiler Brennstoffe. Der Brennstoff selbst ist beim Biomasseheizkessel jedoch deutlich preiswerter.

Abbildung 2 – Verschiedene Beurteilungen des Potentials von Ernterückständen und deren Verfügbarkeit in der EU (Monforti et al., 2013).



Minguez et al. (2012) haben einen umfassenden Überblick über die verfügbare Technologie (Öfen und Kessel) mit 186 Herstellern und 995 Modellen erstellt und dabei sechs grundlegende Anlage-Rohstoff-Kombinationen erkennen können: Kessel mit Holzpellets, Kessel mit Hackgut, Kessel mit Scheitholz, Kessel mit Hackgut und Pellets (Kombikessel), Misch- oder Mehrstoffkessel und schließlich Pelletöfen. Nahezu alle Pelletöfen und Kessel mit Scheitholz sind mit einem festen Rost ausgestattet, obgleich bei Pellet- und Hackgutkesseln mit steigender Kesselleistung immer häufiger bewegliche Roste Verwendung finden. 56% der Pelletkessel und 66,9% der Pelletöfen verfügen über eine automatische Zündung, wohingegen in 66,3% der Hackgutkessel und 83,7% der Kombikessel (Pellets und Hackgut) ein automatisches Zündgebläse verwendet wird. Die Beschickung von oben (Schwerkraftnutzung) ist die übliche Technik bei Kesseln mit geringerer Leistung (<15 kW), die horizontale Beschickung findet sich häufiger bei Kesseln mit einer Leistung über 40 kW. Die meisten Kessel verfügen über eine Steuerung anhand verschiedener Parameter.

3. Verfügbarkeit von Ernterückständen als Energiequelle in Europa

- Zahlreiche in den letzten 20 Jahren veröffentlichte Untersuchungen waren auf die Potentiale unterschiedlicher in Europa verfügbarer Biomasserückstände fokussiert (**Pyrolyse**). Die Pyrolyse ist eine thermische Dekomposition organischen Materials unter Sauerstoffabschluss, eine vergleichsweise langsame chemische Reaktion bei geringer Temperatur. Es entstehen wertvolle Brennstoffe, wie ein kohlenwasserstoffreiches Gasmisch und ein kohlenstoffreicher Feststoffrückstand. Welche Hauptprodukte bei der Biomassenpyrolyse entstehen, hängt von der Temperatur, der Aufheizgeschwindigkeit, der Korngröße und dem verwendeten Katalysator ab.
-). Aufgrund uneinheitlicher statistischer und methodischer Ansätze ist die Ungenauigkeit solcher

Beurteilungen jedoch noch sehr hoch (Monforti et al., 2013). Darüber hinaus rührt eine gewisse Ungenauigkeit auch aus unterschiedlichen Definitionen von verfügbarer Biomasse (namentlich Gesamtproduktion, nachhaltige Ernte aus ökologischer Sicht, technische Machbarkeit).

Kürzlich haben Monforti et al. (2013) die Gesamtmenge des zur Energieerzeugung nutzbaren Ernteanteils mit Hilfe eines Geo-Informationssystems berechnet, das auf NUTS-2-Ebene für die zu dem Zeitpunkt 27 EU-Mitgliedsstaaten angewendet wurde. Ihre Schätzungen beruhten insbesondere auf Ernteerträgen, Ernteflächen und bestimmten Rückstands-Produkt-Verhältnissen. Gemäß ihrer Schätzungen wurden in den Jahren 2000 bis 2009 in den damaligen 27 EU-Mitgliedsstaaten 283.890 Kilotonnen Ernterückstände produziert.

Nur ein Teil dieser Rückstände (35%) stehen für die Energiegewinnung zur Verfügung, da nicht alle Rückstände eingesammelt werden und ein Teil der eingesammelten Rückstände als Einstreu verwendet wird. Auf der abgeernteten Fläche muss ausreichend Material zurückbleiben (für gewöhnlich vierzig Prozent), um die Bodenfruchtbarkeit zu erhalten. Darüber hinaus kann in einigen Ländern (z.B. Irland) der Anteil der hiervon als Einstreu für Zuchtvieh verwendeten Rückstände beträchtlich sein.

In der gleichen Untersuchung wurde eine Schätzung zur Anzahl der Kraftwerke angestellt, die diese verfügbare Biomasse nutzen könnten. Das typische Kraftwerk hat demnach eine Kapazität von 50 MW Wärmezufuhr (100 Kilotonnen Reststoffe pro Jahr) und wurde als geeignet eingestuft, wenn die erforderliche Biomasse in einem Umkreis von 50 Kilometern (maximaler Anfahrtsweg 70 Kilometer) verfügbar war. Hiervon ausgehend schätzten die Autoren die Anzahl der Kraftwerke auf 837 bis 852 mit einer entweder optimierten oder randomisierten Verteilung und einer Gesamtenergieproduktion zwischen 1510 und 1540 PJ.

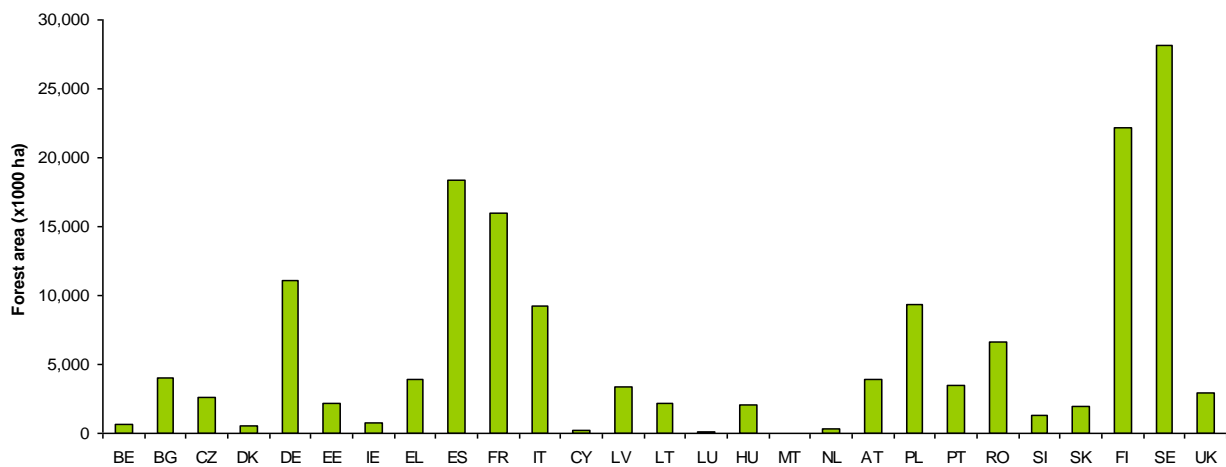
4. Waldbiomasse als Energiequelle in Europa

In Europa gibt es 1,02 Milliarden Hektar Waldflächen (FAOSTAT, 2012), ein Viertel der Gesamtfläche weltweit. Insbesondere in den vergangenen fünfzig Jahren haben die 27 Mitgliedsstaaten der Europäischen Union einen stetigen Waldzuwachs erlebt. Dieser Zuwachs stand im Zusammenhang mit wirtschaftlichen Globalisierungstendenzen, die die Intensivierung der Landwirtschaft, die Industrialisierung und die Bevölkerungsabwanderung aus ländlichen Gebieten vorangetrieben haben. In der Folge wurden landwirtschaftlich genutzte Randgebiete verlassen, so dass es zu einer sekundären Sukzession kam. Andererseits hat die EU die Aufforstung ehemals landwirtschaftlich genutzten Bodens unterstützt (sowohl kurzfristig für die Herstellung von Biomasse, als auch mittel- und langfristig für die Produktion hochwertiger Hölzer oder aufgrund ökologischer Bedürfnisse). Im Jahr 2011 waren über $157 \cdot 10^6$ ha der damaligen EU-27 mit Wald bedeckt, was 36% der gesamten Landfläche entspricht (FAOSTAT, 2012) (Kürzlich haben

Monforti et al. (2013) die Gesamtmenge des zur Energieerzeugung nutzbaren Ernteanteils mit Hilfe eines Geo-Informationssystems berechnet, das auf NUTS-2-Ebene für die zu dem Zeitpunkt 27 EU-Mitgliedsstaaten angewendet wurde. Ihre Schätzungen beruhten insbesondere auf Ernteerträgen, Ernteflächen und bestimmten Rückstands-Produkt-Verhältnissen. Gemäß ihrer Schätzungen wurden in den Jahren 2000 bis 2009 in den damaligen 27 EU-Mitgliedsstaaten 283.890 Kilotonnen Ernterückstände produziert.

).

Abb. 3 – Waldgebiete in der EU-27 im Jahr 2011 (aus: FAOSTAT, 2012).



Hinsichtlich der stehenden Biomasse und des Wachstums gibt es reichlich Hinweise, dass sich das Waldwachstum in Europa (Nettoprimärproduktion, NPP) im vergangenen Jahrhundert positiv entwickelt hat. Unter Berücksichtigung der nationalen Bestände und Holzerntestatistiken, allometrischer Zusammenhänge und angemessener Umschlagsraten für Blätter und feines Wurzelwerk konnten Ciaia et al. 2008 berichten, dass Europa den stehenden Bestand an Biomasse pro Hektar Waldfläche wie auch die NPP um den Faktor 1,75 steigern konnte. Die größte Steigerung der NPP und des Bestandes wurden für die Jahre zwischen 1970 und 1990 berechnet. Die Tatsache, dass in diesem Zeitraum die Ausdehnung der bewaldeten Fläche nicht signifikant zugenommen hat, deutet darauf hin, dass der beobachtete Anstieg der NPP nicht allein durch eine Flächenänderung erklärt werden kann. Änderungen in der Altersstruktur von Wäldern, unterschiedliche Bewirtschaftungs- und Erntestrategien, die Auswirkungen erhöhter Stickstoffwerte in der Atmosphäre und des reduzierten Schwefelausstoßes sowie eine erhöhte Kohlendioxidkonzentration in der Atmosphäre zählten zu den wahrscheinlichsten Verursachern einer steigenden NPP.

Wälder gelten als eine wichtige Ressource beim Erreichen der EU-Ziele zur Nutzung erneuerbarer Energien, denn zum Einen liefern Holz und Holzabfälle derzeit die Grundlage für rund

50% der gesamten Energieproduktion aus erneuerbaren Ressourcen (EUROSTAT, 2010), zum Anderen werden Wälder derzeit wohl nicht in vollem Umfang bewirtschaftet, der Abtrieb liegt im Allgemeinen deutlich unter dem jährlichen Zuwachs (MCPFE, 2007). Es ist jedoch nach wie vor unklar, wie viel Holz oder Biomasse die Wälder der EU tatsächlich liefern können, um die Nachfrage nach Material und Energieverbrauch zu befriedigen.

Forstbiomasse dient derzeit hauptsächlich der Stützung der Nutzholznachfrage. In Zukunft könnten hier jedoch Energiezwecke an erster Stelle stehen. Sollte sich die Energienachfrage tatsächlich annähernd gemäß den energie- und umweltpolitischen Zielstellungen entwickeln – und ausgehend von steigender Energieeffizienz (+20%) sowie der Tatsache, dass „lediglich“ 40% der erneuerbaren Energien auf Biomasse beruhen – dann dürfte sich die Nachfrage nach Energieholz bis zum Jahr 2020 mehr als verdoppeln (Mantau et al., 2010). 2010 lag das Gesamtvolumen der Holzressourcen in den damals 27 Mitgliedsstaaten bei rund einer Milliarde Kubikmetern, von denen knapp 70% aus Wäldern stammen, die übrigen 30% aus anderer, nicht waldbundener Holzbiomasse.

Tabelle 1 - Merkmale verschiedener Untersuchungen, die das Potential der Forstenergie in Europa bewerten. Aus: Rettenmaier et al. (2010).

Reference	Type of potential	Approach	Biomass sources	Geographical coverage	Time frame
Alakangas et al. 2007	Technical, economic	Demand-driven	Stemwood, logging residues, stumps, early thinnings	EU20	2001-2004, 2010, 2020
Asikainen et al. 2008	Technical, economic	Resource-focused	Stemwood, logging residues, stumps	EU27	2005
De Wit and Faaij 2010	Technical (economic)	Demand-driven	Stemwood, logging residues	EU27 + Ukraine	2000-2030
EEA 2007	Sustainable	Resource-focused	Stemwood, logging residues	EU25	2010, 2020, 2030
Ericsson and Nilsson 2006	Technical	Resource-focused	Logging residues	EU25 + Belarus + Ukraine	Short term (10-20y), medium term (20-40y), long term (>40)
Panoutsou et al. 2009	Technical	Resource-focused	Stemwood, logging residues	EU27	2000, 2010, 2020
Thrän et al. 2006	Technical, economic	Demand-driven	Stemwood, logging residues	Germany, EU15, EU27 + Turkey	2000, 2010, 2020

Das entsprechende Gewicht von etwa einer halben Milliarde Tonnen Trockenmasse (*oven dry tonnes*) entspricht wiederum einer Energieausbeute von rund 8.500 PJ. Während sich die Nachfrage nach Energieholz mehr als verdoppelte, stiege der Verbrauch von Nutzholz um lediglich 35% von 458 Millionen Kubikmetern auf 620 Millionen Kubikmeter. Zu einem unbestimmten Zeitpunkt zwischen den Jahren 2015 und 2020 würde also die Energienachfrage die Materialnachfrage übertreffen. Die Energienachfrage wird darüber hinaus meistens unterschätzt, da der Energieverbrauch seit jeher über den Angaben zum Brennholzverbrauch liegt. Letzterer wird in offiziellen Statistiken oft nur teilweise festgehalten. Der Begriff „Brennholz“ bezieht sich zudem nur auf Holz aus Waldbeständen.

Die potentielle Verfügbarkeit von Holz zur Energiegewinnung kann beschrieben werden als die theoretisch verfügbare Menge unter Berücksichtigung technischer und Umweltschutzauflagen sowie einiger sozioökonomischer Beschränkungen. In vollem Umfang wird das potentielle Angebot nur dann auf dem Markt erhältlich sein, wenn es aus wirtschaftlicher Sicht günstig ist, dieses Potential zu mobilisieren. Dies ist besonders relevant für forstwirtschaftliche Rückstände, deren Mobilisierungspreis unter den derzeitigen Gegebenheiten oft über ihrem Energiewert liegt.

In mehreren Studien (Hinsichtlich der stehenden Biomasse und des Wachstums gibt es reichlich Hinweise, dass sich das Waldwachstum in Europa (Nettoprimärproduktion, NPP) im vergangenen

Jahrhundert positiv entwickelt hat. Unter Berücksichtigung der nationalen Bestände und Holzerntestatistiken, allometrischer Zusammenhänge und angemessener Umschlagsraten für Blätter und feines Wurzelwerk konnten Ciaia et al. 2008 berichten, dass Europa den stehenden Bestand an Biomasse pro Hektar Waldfläche wie auch die NPP um den Faktor 1,75 steigern konnte. Die größte Steigerung der NPP und des Bestandes wurden für die Jahre zwischen 1970 und 1990 berechnet. Die Tatsache, dass in diesem Zeitraum die Ausdehnung der bewaldeten Fläche nicht signifikant zugenommen hat, deutet darauf hin, dass der beobachtete Anstieg der NPP nicht allein durch eine Flächenänderung erklärt werden kann. Änderungen in der Altersstruktur von Wäldern, unterschiedliche Bewirtschaftungs- und Erntestrategien, die Auswirkungen erhöhter Stickstoffwerte in der Atmosphäre und des reduzierten Schwefelausstoßes sowie eine erhöhte Kohlendioxidkonzentration in der Atmosphäre zählten zu den wahrscheinlichsten Verursachern einer steigenden NPP.

) wurde versucht, das Potential für die Energienutzung aus europäischen Wäldern zu beurteilen. Unterschiedliche Grundbedingungen führten jedoch zu heterogenen Schätzungen. In keiner der Analysen wurden gesellschaftliche Faktoren berücksichtigt, obgleich diese als wichtige Vorbedingung für die Holzmobilisierung gelten (z.B. Straka et al., 1984).

Die Untersuchung von Thran et al. (2006) schloss mit der höchsten Schätzung des derzeitigen Biomassepotentials in den 27 Mitgliedsstaaten (2,82 EJ pro Jahr). Das geringste derzeitige Potential gaben Siemons et al. (2004) mit 0,47 EJ pro Jahr an. Ausgehend von einem Umrechnungsfaktor 6,3 GJ pro Kubikmeter (Annahme: $1 \text{ m}^3 = 1,7 \text{ MWh} = 6,3 \text{ GJ}$) entsprechen diese zwei Schätzungen Werten von 447×10^6 beziehungsweise 74×10^6 Kubikmetern Biomasse pro Jahr.

Die Ergebnisse sonstiger Studien bewegen sich zwischen diesen zwei Extremen. Ähnlich heterogen fallen auch die Prognosen des Potentials von Stammholz und primären Forstrückständen aus.

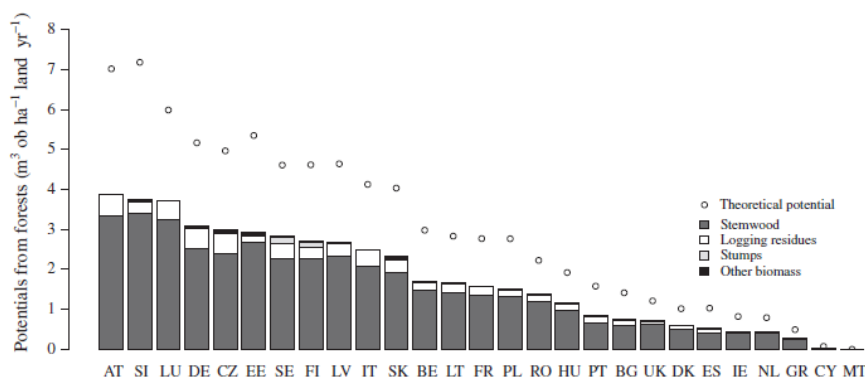
Eine der jüngsten Schätzungen wurde von Verkerk et al. (2011) vorgelegt. Die Autoren analysieren die potentielle Holzversorgung für Energiezwecke für den Zeitraum von 2010 bis 2030 auf Grundlage von drei Szenarien:

- High Scenario (HI): Schwerpunkt auf der Nutzung von Holz zur Energiegewinnung und für andere Anwendungen, wirksame Umsetzung derzeitiger Empfehlungen zur Holzmobilisierung. Dieses Szenario geht von einer starken Mechanisierung in ganz Europa aus. Durch einen verbesserten Informationsaustausch werden vorhandene Technologien erfolgreich unter den Ländern geteilt. Richtlinien zur Ernte der Biomasse sind weniger

restriktiv. Der Einsatz von Düngemitteln ist gestattet, um Schäden am Boden durch Schlagabraum und Stockrodung einzudämmen.

- Medium Scenario (ME): Geltende Empfehlungen werden nicht vollständig umgesetzt oder zeigen nicht die gewünschte Wirkung. Neue Waldbesitzerverbände und Kooperativen haben sich in Europa etabliert, doch wesentliche Änderungen bei der Verfügbarkeit von Holz seitens privater Waldbesitzer gibt es nicht. Die Richtlinien zur Ernte der Biomasse, die in mehreren Ländern ausgegeben wurden, gelten als angemessen und ähnliche Richtlinien werden auch in anderen Ländern festgelegt. Es erfolgt eine Mechanisierung des Erntevorgangs, der zu einer noch deutlicheren Verschiebung von der motorisch-manuellen hin zur mechanisierten Ernte führt. Der Einsatz von Düngemitteln ist begrenzt zulässig.
- Low Scenario (LO): Starke ökologische Bedenken hinsichtlich der intensiven Holznutzung, Waldbesitzer ernten eher ungern. Der Einsatz von Düngemitteln ist gestattet, um Schäden am Boden durch Schlagabraum und Stockrodung einzudämmen. Waldbestände werden vorgehalten, um die Biodiversität zu schützen. Holzeinschlag und Erntemöglichkeiten sind in diesen Gebieten stark eingeschränkt. Waldbesitzer sind zudem einer intensiveren Nutzung Ihrer Wälder gegenüber negativ eingestellt. Es erfolgt eine Mechanisierung des Erntevorgangs, der zu einer Verschiebung von der motorisch-manuellen hin zur mechanisierten Ernte führt.

Abbildung 4 - Verteilung des durchschnittlichen verwertbaren Forstbiomassepotentials pro Hektar Landfläche in den EU-Mitgliedsstaaten 2010. Quelle: Verkerk et al. (2011).



Im Jahr 2010 wurde das maximale theoretische Biomassepotential der Wälder im EU-27-Raum über der Rinde auf 1277×10^6 Kubikmeter pro Jahr geschätzt. Für dieses Gesamtpotential wurde ein Rückgang um 1,8% bis zum Jahr 2030 prognostiziert.

Der Großteil dieses maximalen Potentials findet sich in Stämmen (52%). Rückstände und Stümpfe tragen 26% beziehungsweise 21% bei. Sonstige Biomasse stellt nur 1% des gesamten theoretischen Potentials dar. Unter Berücksichtigung der bestehenden umweltpolitischen,

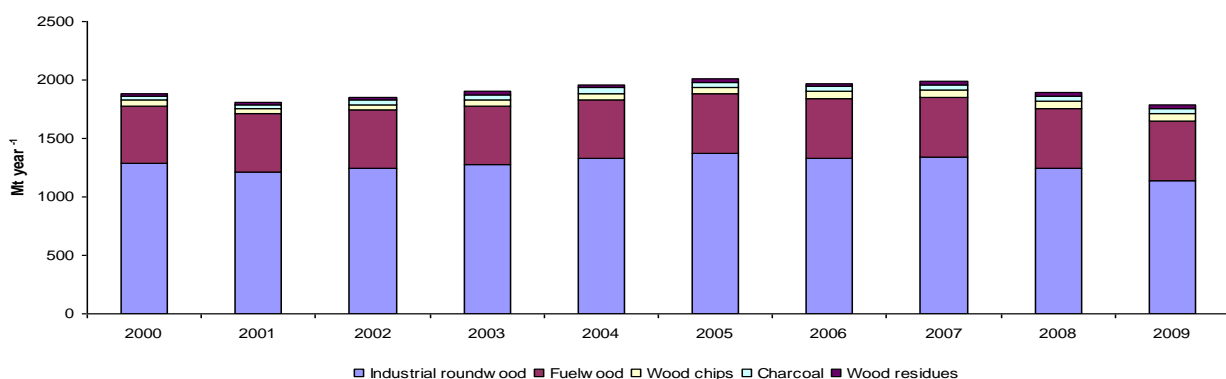
technischen und sozialen Gegebenheiten schätzten Verkerk et al. (2011) das verwertbare Biomassepotential aus Wäldern im Jahr 2010 auf 744×10^6 Kubikmeter pro Jahr über der Rinde (58% des maximalen theoretischen Potentials). Unter Annahme eines HI-Szenarios würde das verwertbare Biomassepotential bis zum Jahr 2030 auf 895×10^6 Kubikmeter pro Jahr ansteigen (71% des theoretischen Potentials). Im LO-Szenario ergäbe sich ein Potential von 623×10^6 Kubikmetern pro Jahr (50% des theoretischen Potentials). In jedem Fall sind die verwertbaren Biomassepotentiale ungleich zwischen den EU-Mitgliedsstaaten verteilt. Das meiste Biomassepotential ist in Schweden, Deutschland, Frankreich, Finnland und Italien konzentriert (58% des gesamten Waldbiomassepotentials in der EU und 58% der verfügbaren Waldfläche für die Holzversorgung).

Haupteinflussfaktoren sind laut der im Rahmen der Studie durchgeführten Sensitivitätsanalyse Einschränkungen der Ernteaktivität durch privaten Waldbesitz sowie restriktive Waldschutzbestimmungen. Änderungen beim Waldwachstum mögen beispielsweise einen eher geringen Einfluss auf das Biomassepotential haben (+1,6 oder -3,9% bei Zu- beziehungsweise Abnahme des Waldwachstums), Einschränkungen der Ernteaktivität kann das Potential hingegen um bis zu 20% steigern oder verringern.

5. Internationaler Brennholzhandel

Der internationale Handel mit Holzbiomasse für Energiezwecke umfasst Brennholz, Hackschnitzel, Holzrückstände und Holzkohle. Der Handel mit festen Biobrennstoffen entwickelte sich in den letzten zehn Jahren äußerst heterogen, die Warenströme im Handel mit Holzpellets, Hackschnitzeln, Holzabfällen, Brennholz und Holzrückständen wurden auf Angebots- und Nachfrageseite von verschiedensten wirtschaftlichen und politischen Faktoren beeinflusst.

Abb. 5 - Weltweite Produktion von Holz und holzbasierter Biomasse in Megatonnen nach FAOSTAT (2011)



6. Rund zwei Drittel (ca. 33,5 EJ) der weltweit genutzten Bioenergie stammen aus Brennholz, das vornehmlich zum traditionellen Heizen und Kochen verwendet wird (IEA, 2010; Edenhofer et al., 2011). Die weltweite Brennholzproduktion ist von 497 Megatonnen im Jahr 2000 auf 509 Megatonnen im Jahr 2009 angestiegen (FAOSTAT, Internationaler Brennholzhandel

). Deutliche Zuwächse waren in Indien, Äthiopien und dem Kongo zu verzeichnen. Die größten Rückgänge in der Produktion gab es in China, Indonesien und Russland. Traditionell stammen Holzbrennstoffe vorwiegend aus lokalen Quellen: Offiziellen Statistiken zufolge wird weniger als 1% des jährlichen Produktionsaufkommens tatsächlich gehandelt (Lamers et al., 2012, Olsson und Hillring, 2012). Die steigende Nachfrage nach Holzbrennstoffen in Ländern ohne wesentliche heimische Ressourcen dürfte hier Änderungen bewirken. Die 27 EU-Mitgliedsstaaten waren in diesem Zusammenhang treibende Kraft und Hauptimporteur (**Fehler! Ungültiger Eigenverweis auf Textmarke.**). Zwischen 2000 und 2004 zeichneten sie für die Hälfte des weltweiten Handelsaufkommens verantwortlich, zwischen 2005 und 2009 bereits für 80%. Der Hauptanteil des EU-weiten Aufkommens im Brennholzhandel ist für die Versorgung mit Raumwärme bestimmt.

Abb. 6 - EU Handelsströme für Brennholz (>50 kt) im Jahr 2010. Die Zahlen geben das jährliche maximale Handelsvolumen an, können also auf Import- oder Exportzahlen beruhen. Bei Exporten kann es sich um Rückexporte handeln. Aus: Lamers et al. (2012).



Abb. 7 - Geschätzte Pelletproduktion weltweit von 2000 bis 2010 in kt (aus: Lamers et al., 2012).

Im Verhältnis zu ihrem weltweiten Produktionsvolumen sind Hackschnitzel der mit Abstand am meisten gehandelte Rohstoff. Sie stammen hauptsächlich aus der Ernte oder der Verarbeitung von Forstrückständen (Zweige, Baumkronen, Ausholzung, Rinde usw.). Die wichtigsten Produktionsländer von Hackschnitzeln in den vergangenen zehn Jahren waren Kanada (37%), Australien (8%), Schweden (7%), Russland (6%) und China/Finnland (jeweils 5%). Die EU führte

als Nettoimporteur vornehmlich aus Russland, Uruguay, Brasilien, Kanada, dem Kongo, Weißrussland und der Ukraine ein (Eurostat, 2011).

Zu den Holzrückständen gehören hauptsächlich Sägemehl, Holzabfälle und Altholz. Dieses Material kann direkt zur Verbrennung genutzt oder zu Pellets verarbeitet werden. Holzpellets werden zunehmend international gehandelt. Im Jahr 2010 wurde die weltweite Pelletproduktion auf rund 15 Millionen Tonnen geschätzt, von denen rund 6,6 Millionen Tonnen (entspricht 44%) in den zwischenstaatlichen Handel gelangten (Lamers et al., 2012;

Abb. 7 - Geschätzte Pelletproduktion weltweit von 2000 bis 2010 in kt (aus: Lamers et al., 2012).

Die Entwicklung der Pelletindustrie begann mit kleinen Betrieben mit Kapazitäten unter 50 Kilotonnen, deren Produktion auf Überresten aus der Sägeindustrie basierte. Heute erreichen große Werke Kapazitäten von nahezu einer Megatonne. Seit dem Jahr 2000 haben sich Produktion, Nachfrage und Einfuhren in die EU mehr als verzehnfacht. Trotz hoher Transportkosten ist die EU derzeit ein Nettoimporteur von Holzpellets.

Die weltweite Holzkohleproduktion schließlich hat sich von 36,7 Megatonnen im Jahr 2000 auf rund 47 Megatonnen im Jahr 2009 erhöht. Holzkohle wird zum Heizen und Kochen eingesetzt, kommt jedoch auch in der chemischen Industrie sowie in der Eisen- und Stahlindustrie zum Einsatz. Hinsichtlich des Importvolumens wurde der weltweite Handel von Deutschland (10%), Japan (9%) und Südkorea (8%) beherrscht.