Universität für Bodenkultur Wien

University of Natural Resources and Life Sciences, Vienna

Die Zukunft der festen Biomasse als Energieträger in Österreich

MASTERARBEIT

zur Erlangung des akademischen Grades

Diplom-Ingenieur

im Rahmen des Studiums

Umwelt und Bioressourcenmanagement

eingereicht von

Nikolaus Böheim

Matr. Nr.: 0840277

Department für Materialwissenschaften und Prozesstechnik

Institut für Verfahrens- und Energietechnik

Betreuer:

Univ. Prof. Dipl.-Ing. Dr. techn. Tobias Pröll

Wien. September, 2017

Danksagung und Motivation

Neben meinem „Umwelt- Bioressourcen Management“ Studium an der Universität für Bodenkultur hatte ich die Möglichkeit für die EVN Wärme GmbH im Bereich „Förderungen von Biomasse Nah- und Fernwärmeanlagen in Niederösterreich“ zu arbeiten. Die EVN Wärme GmbH ermöglichte mir, das gelernte theoretische Wissen der Universität mit Erfahrungen aus der Praxis zu verbinden. Seit dieser Zeit interessiere ich mich für die technischen und wirtschaftlichen Rahmenbedingungen und politischen Einflussfaktoren der energetischen Nutzung fester Biomasse in Österreich. Ohne diese Erfahrungen wäre meine Diplomarbeit nicht entstanden.

Speziellen Dank möchte ich meinem Betreuer Univ. Prof. Dipl.-Ing. Dr. Pröll aussprechen, für den es ein Selbstverständnis war, mich bei einem selbst gewählten Thema zu unterstützen. Vielen Dank, dass Sie mich bei dieser Masterarbeit so professionell beraten und freundlich ermutigt haben diese Arbeit zu verfassen.

Vielen Dank allen TeilnehmerInnen der Experten-Interviews. Die interessanten Antworten der Energie-Experten liefern professionelle und aktuelle Ergebnisse für die Beantwortung meiner Forschungsfragen. Die Interviewprotokolle befinden sich im Anhang der Masterarbeit.
Vielen Dank an Hr. Ing. Sacher, *EVN Wärme GmbH*; Hr. DI Kasimir Nemestothy, *LK Österreich*; Hr. Ing. Andreas Ranftl, *LuxBau GmbH*; Hr. Mag. (FH) Hannes Stelzhammer, *Energy Changes GmbH*; Fr. Mag. Katalin-Andrea Griessmair-Farkas, *FGW*; Hr. Univ. Prof. Christoph Pfeifer, *BOKU* und Hr. Dipl. Ing. Lorenz Strimitzer, *AEA*.

Besonders bedanken möchte ich mich bei Hr. Ing. Robert Herrisch *(EVN Wärme GmbH)*, für die professionelle Unterstützung bei der Beschreibung der Fernkälteversorgung des Landesklinikums Mistelbach auf Basis von biogener Fernwärme.

Meine Dankbarkeit gilt aber vor allem meiner Mutter Catherine und meinem Vater Klaus für die liebevolle Unterstützung während meiner Studienzeit an der BOKU in Wien.

Kurzfassung

Vorliegende Masterarbeit behandelt die Zukunft der festen Biomasse als Energieträger in Österreich. Dabei wird die energetische Nutzung von *biogenen Festbrennstoffen* - hauptsächlich Holzhackschnitzel, Holz- Pellets, Sägenebenprodukte, Stroh und Brennholz - untersucht. Eine Analyse der energiewirtschaftlichen Rahmenbedingungen für eine de*zentrale Strom-, Kälte und Wärmeversorgung* kleinerer Städte, Gemeinden oder Industriebetrieben auf Biomasse-Basis stellt das Kernstück dieser Arbeit dar. In diesem Kontext werden energiewirtschaftliche Aspekte der biogenen Nah- und Fernwärmeerzeugung, der Speicherung und Verteilung sowie der Verstromung von Biomasse untersucht. Qualitative Experteninterviews behandeln einerseits die Fragestellung, ob der bisherige vermehrte Einsatz von fester Biomasse in der Energieerzeugung die Erwartungen der Energieexperten erfüllen konnte und andererseits ob die feste Biomasse weiterhin eine zentrale Rolle in Österreichs Energiebereitstellung spielen wird.

Die Verarbeitung von landwirtschaftlichen Biomasseprodukten wie Raps oder Zuckerrohr zu gasförmigen oder flüssigen Energieträgern wie z.B. Biogas, Biodiesel- und Ethanol inklusive dem daraus entstandenen agrarpolitischen Landnutzungskonflikt wird in dieser Masterarbeit nicht thematisiert.

Bioenergie, vor allem feste Biomasse, ist der wichtigste erneuerbare Energieträger in Österreich. Die energetische Nutzung von fester Biomasse – in Form von Stückholz, Hackschnitzel, Pellets oder Stroh - leistet einen unverzichtbaren Beitrag für Österreichs erneuerbare Energieproduktion, vor allem im Zusammenhang mit der Wärmeversorgung. In ländlichen und waldreichen Regionen Österreichs werden auch Verstromungsanlagen auf Basis von Biomasse mit gekoppelter Wärmeausleitung - sog. Biomasse KWK- Anlagen - eingesetzt. Die energetische Nutzung der festen Biomasse gilt als CO_2-neutral, da der Kohlenstoff, der bei der Verbrennung freigesetzt wird, schon vorher von der Pflanze aufgenommen und in organischer, biogener Materie gespeichert wurde. Die energetische Nutzung von regional verfügbarer fester Biomasse ist strategisch wichtig für Österreichs Energieversorgungssicherheit und Energieunabhängigkeit. Des Weiteren fördert die energetische Nutzung der Biomasse die regionale Wertschöpfung, wohingegen Energieimporte einen Geldabfluss

bedeuten. Trotz der Vorteile, die sich im Zusammenhang mit der energetischen Nutzung fester Biomasse ergeben, können Biomasse Anlagen wie Heizwerke und KWK- Anlagen aktuell zumeist nur mit Förderungen in Form eines Investitionszuschusses oder mittels einer Einspeisevergütung für biogen produzierten Strom, wirtschaftlich betrieben werden. Dies ist unter anderem auf die seit 2012 stark gefallene Energiepreise für fossile Energien zurückzuführen, was sich auch auf Investitionen bei Biomasseprojekten auswirkt. Die geänderten energiewirtschaftlichen Rahmenbedingungen mit stark gefallenen Energiepreisen für Strom und fossile Energien wie Rohöl oder Erdgas in den letzten Jahren sprechen derzeit gegen einen weiteren großräumigen Ausbau in der Biomasse-Branche. Energieimporte sind in Österreich heute billiger als die Eigenproduktion, allerdings werden Erdgas und Erdöl aber zumeist aus politisch eher instabilen Ländern nach Österreich importiert. Im Vergleich dazu wird die feste Biomasse in Österreich unter den strengen Auflagen der österreichischen Forstwirtschaft bewirtschaftet, wobei auf die Prinzipien der Nachhaltigkeit und auf die Erhaltung der Nutz-, Schutz-, Wohlfahrts- und Erholungsfunktion des Waldes großes Augenmerk gelegt wird. Es gibt nur wenige Energieträger, die so nachhaltig bewirtschaftet werden, wie die feste Biomasse in Österreich. Allerdings konnten sich die Erwartungen an Biomasse als wirtschaftlich konkurrenzfähigen Energieträger zumindest bis jetzt nicht zur Gänze erfüllen. Nichtsdestotrotz wird laut Experten die Biomasse in Österreich auch in Zukunft einen wesentlichen Beitrag zu einer immer diversifizierteren Energiebereitstellung liefern. Der weitere Ausbau ist stark von der mittelfristigen Entwicklung der Kosten für Energieimporte abhängig und der zukünftigen Gestaltung von Ökostrom- und Umweltförderung in Österreich. Durch das Auslaufen der Einspeisetarife für Biomasse-Ökostromerzeuger und aufgrund der ungewissen zukünftigen Gestaltung der Ökostrom-Förderung ist ein Trend in Richtung Schließung von Anlagen zu verzeichnen. Wenn für bestehende Biomasse KWK-Anlagen keine Verlängerung der Einspeisetarife folgt, besteht die Gefahr, dass die ganze Branche wegbricht. Gerade Biomasse KWK-Anlagen haben jedoch den Vorteil, dass sie der saisonalen Variabilität in der Erzeugung anderer erneuerbarer Energien entgegenwirken. Die Fernkälte bietet die Möglichkeit für KWK-Anlagenbetreiber auch im Sommer neben der Stromerzeugung Wärme sinnvoll auszukoppeln um damit zu kühlen. Es kann geschlussfolgert werden, dass die feste Biomasse einen unverzichtbaren Beitrag zu Österreichs Energieversorgunssicherheit und Energieautarkie vor allem im Bereich der Wärmeversorgung leistet. Aufgrund der

vielen Vorteile, die mit der energetischen Anwendung fester Biomasse im Hinblick auf ökologische, soziale und wirtschaftliche Kriterien verbunden sind, wird die feste Biomasse auch zukünftig eine wichtige Rolle in der immer stärker diversifizierten österreichischen Energieproduktion einnehmen.

Abstract

The present master thesis concerns the future of solid biomass as an energy source in Austria. In the course of this the energetic use of biogenic solid fuels – mainly wood chips, wood pellets, sawing by-products, straw and firewood - is analysed. Analysis of economic conditions for a decentralized supply of smaller towns, communities as well as of industrial facilities with electricity, heat and cooling is the centrepiece of this thesis. In this context, energy-related aspects of producing biogenic energy for long-distance and short-distance heating, storage, distribution as well as generation of electricity are investigated. Qualitative expert interviews were conducted to answer on the one hand the question, whether increased usage of solid biomass for energy production could fulfil the expectations of the energy experts and on the other hand whether solid biomass will remain to have a central role in Austria's energy provision.

Processing of agricultural solid biomass, e.g. rape or sugar cane, into gaseous or liquid energy carriers, e.g. biogas, biodiesel or bioethanol, is not addressed in the present thesis, neither addressed is the concomitant conflict over the use of land for this purpose.

Biomass, especially solid biomass, is the most important renewable source of energy in Austria. Energetic conversion of solid biomass – in the form of logs, wood chips and wood pellets – provides an indispensable contribution for production of renewable energy in Austria, especially in context of supply with heat. In rural and densely wooded regions of Austria electricity conversion plants based on biomass combined with heat dissipation – so called CHP (combined heat and power) plants are in use. Energetic use of biomass is considered as CO_2-neutral, since all of the carbon converted into CO_2 during combustion has before been taken up by the plant and stored as organic biogenic solid biomass. Energetic usage of regionally available solid biomass is of strategic importance for Austria's energy supply security and energy independence. Additionally, energetic use of biomass supports regional value chains, whereas import of energy leads to monetary loss. Despite the many advantages concomitant to energetic use of solid biomass biomass-plants can at the present time often only be operated economically with state subsidies, either in form of investment grants or via a feed-in remuneration for the produced electricity. This is, among other reasons, due to the massive decline of the energy prices of fossil energy sources since 2012 that

also impacts investments for biomass-projects. Altered economic framework conditions with massively declined prices for electricity and fossil energy sources are currently sound arguments against further large-scale expansions in the biomass sector. Import of energy into Austria is currently cheaper compared to local production, but natural gas and crude oil are most often imported from politically rather unstable countries. In comparison to that, in Austria, solid biomass is cultivated under strict conditions of the Austrian forest management, that prioritizes principles of sustainability and conservation of forest for protection, well-being, recreation and use. There are very few energy sources that can be used as sustainably as solid biomass in Austria. Nevertheless, expectations in solid biomass as an economically competitive source of energy could not be completely fulfilled until now. Nonetheless biomass will also in future remain to have a significant contribution to the ever-diversifying energy supply according to experts. Future expansions will strongly depend on the medium-term development of prices for energy imports as well as on the development of subsidies for green electricity and environmental conservation. Due to the expiry of feed-in remunerations and an uncertain future of subsidies for green energy currently a trend towards shutdown of biomass-plants is to be reported. In case there will be no extension of subsidies for feed-in remunerations for already existing biomass-plants the whole biomass-sector is endangered. However, especially biomass-CHP-plants have the major advantage of being able to counteract seasonal variability of other renewable energy sources. District-cooling offers the possibility for CHP-plants to decouple production of electricity and production of heat and to use the latter to cool. In can be concluded, that the energetic use of solid biomass is an important contribution to the energy supply security and the energy self-sufficiency of Austria especially for the heating sector. Due to many advantages in social, economic and ecologic fields, solid biomass prospectively remains an important energy resource in Austria.

Inhaltsverzeichnis

1. **Einleitung** 10

1.1 Regenerative Energieträger - Ein Weg in die Zukunft 10

1.2 Die Biomasse als erneuerbare Energiequelle 13

2. **Literaturüberblick** 17

2.1 Die feste Biomasse als Energieträger 17

2.1.1 Zum geschichtlichen Rückblick der Biomassenutzung 17

2.1.2 Zum Biomassepotential in Österreich 18

2.1.3 Biomasse als Brennstoff – Begriffserklärungen 21

2.1.4 Feste Biomasse - Brennstoffarten 24

2.2 Wärme- und Stromerzeugung aus fester Biomasse 32

2.2.1 Thermodynamische Grundlagen 32

2.2.3 Feuerungstechnologien für feste Biomasse 35

2.2.4 Dezentrale Nah- und Fernwärmesysteme auf Biomassebasis 38

3. **Forschungsfragen** 41

4. **Material und Methoden** 42

4.1 Literaturrecherche 42

4.2 Qualitative Experteninterviews 43

5. **Ergebnisse** 48

5.1 Zur Entwicklung der Wärmeerzeugung aus fester Biomasse: 48

5.2 Zu den Erfolgsgründen von biogener Nah- und Fernwärme 50

5.3 Zu den Nachteilen von biogenen Wärmesystemen 52

5.4 Grüne Fernkälte: Zum Absorptions-Kältekreislauf 55

5.4.1 Fernkälte für das Landesklinikum Mistelbach 57

5.5 Zur Fernkälte – Hemmnisse und Schwierigkeiten 60

5.6 Zur Kraft-Wärme-Kopplung mit Biomasse in Österreich 61

5.7 Zu den Vorteilen von Biomasse KWK-Anlagen 63

5.8 Zu den Nachteilen von Biomasse KWK-Anlagen 64

5.9 Nachhaltigkeit und Kohlendioxid-Neutralität 66

6. **Diskussion der Ergebnisse und Schlussfolgerung** 72

7. **Anhang zur Diplomarbeit** 78

8. **Literaturverzeichnis** 115

9. **Abbildungsverzeichnis** 120

10. **Tabellenverzeichnis** 122

11. **Abkürzungen** 123

1. Einleitung

Einleitend wird die Relevanz regenerativer Energieträger in Österreich beschrieben und welchen Stellenwert feste Biomasse in der österreichischen Energieproduktion hat. Folgend werden Begriffe wie „Biomasse“ und „Kohlendioxid- neutrale Energiegewinnung“ definiert und die Entstehung der Biomasse in der Natur.

1.1 Regenerative Energieträger - Ein Weg in die Zukunft

Die Bereitstellung von Energie ist ein wichtiger Schlüssel für wirtschaftliches Wachstum und die Erzeugung von Wohlstand in einer Gesellschaft. Die regional verfügbaren Energieressourcen sind für alle Staaten dieser Erde bedeutsam und wichtig in Hinblick auf die Gewährleistung einer verlässlichen nationalen Energieversorgung der Bevölkerung mit Strom, Wärme und Kälte. Neben dem gesellschaftlichen und wirtschaftlichen Wachstum welche eine moderne Energiebereitstellung ermöglicht, gibt es einen Zusammenhang zwischen Ressourcenabbau, Energieproduktion und Umweltauswirkungen. (Dincer & Zamfirescu, 2011)

Der Einsatz regenerativer bzw. erneuerbarer Energieträger zur Erzeugung von Strom, Wärme und Kälte ist eine effektive und langfristige Antwort auf gesellschaftliche Herausforderungen im Umwelt- und Energiebereich wie z.B. stratosphärischer Ozonabbau, Gewässereutrophierung, Energieknappheit, Ressourcenverlust oder dem anthropogenen Einfluss auf den Klimawandel. Da regenerative Energien in ihrem Potential praktisch unerschöpflich sind, werden sie auch für zukünftige Generationen energetisch nutzbar bleiben. Deshalb besteht ein sehr enger Zusammenhang zwischen der nachhaltigen Entwicklung einer Gesellschaft und dem Einsatz erneuerbarer Energieträger. (Dincer, 2000)

Erneuerbare Technologien gründen auf den gegenwärtigen und zukünftigen Bedürfnissen einer modernen Gesellschaft in Hinblick auf die kulturelle, soziale und wirtschaftliche Entwicklung. Bei optimaler Nutzung der verfügbaren Ressourcen stellen regenerative Energieformen eine saubere Form der Energieproduktion dar, da bei der Energiebereitstellung Umwelteffekte minimiert werden. (Panwar et al., 2011).

Von einem nachhaltigen Energiesystem spricht man, wenn Energie, z.B. Strom oder Wärmeenergie, kosteneffizient, emissionsarm und zuverlässig mittels regionalen und lokalen Energieträgern angeboten wird (Hepbasil, 2008).

Der Einsatz regenerativer Energiequellen ist notwendig um die zukünftige Versorgungssicherheit mit Energie zu gewährleisten und somit unseren Lebensqualitäts-Standard abzusichern. Die wichtigsten regenerativen Energieressourcen sind Sonnen-, Wind-, Wasserkraft, Geothermie und die elektrische und thermische Verwertung der festen Biomasse. Sie sind dadurch charakterisiert, dass die Energie von natürlichen Energieströmen erneuert wird, während bei nicht-regenerativen Energieträgern wie z.B. Braun- Steinkohle, Erdöl- und Gas die Energie in statischen, unterirdischen Lagern gespeichert ist und sehr lange Reproduktionszeiten benötigt. Diese fossilen, also aus der Urzeit stammenden Energieträger werden auch als endliche oder braune Ressourcen bezeichnet. (Twidell & Weir, 2015).

Biomasse war die Grundlage für die Bildung von fossilen Energiereserven. Da diese Konversion zu energetisch hoch effizienten Energieträgern wie z.B. Erdöl sehr große Zeiträume beansprucht spricht man bezogen auf die durchschnittliche Lebenserwartung eines Menschen von einer nicht nachhaltigen Energienutzung. (Ratka & Hormann- Wenig, 2015)

Die elektrische und thermische Nutzung der fossilen Energieträger ist aufgrund der hohen Energiedichte sehr effizient aber wie allgemein bekannt ist, gilt die Verbrennung von Kohle, Öl und Gas als Hauptursache für den verstärkten CO_2- Ausstoß in unsere Atmosphäre. Prinzipiell spielen die wichtigsten Treibhausgase Wasserdampf, Kohlenstoff-, Stickstoffdioxid, Ozon und Lachgas eine wichtige Rolle in der Erhaltung unserer klimatischen Verhältnisse und der Energiebilanz der Erde, da ohne dem natürlichen Treibhauseffekt die globale Durchschnitts- Oberflächentemperatur bei -18°C liegen würde und nicht bei +15°C. Treibhausgase beeinflussen den Energiehaushalt der Erde, da kurzwellige Sonnenstrahlung durchgelassen und die von der Erde reflektierte langwellige Infrarotstrahlung absorbiert wird. (ACCC, 2008)

Als Mitglied der Europäischen Union ist Österreich dem Klimaschutz verpflichtet und Teil der internationalen Wachstumsstrategie „Europa 2020“. Die Kernziele von „Europa 2020“ beruhen auf einem intelligenten, integrativen und nachhaltigen Wachstum um Fortschritte oder Verbesserungen in den fünf Bereichen Erwerbstätigkeit, Forschung & Entwicklung, Bildung, Armutsbekämpfung und Klimaschutz zu erzielen. (Europäische Kommission, 2010).

Für umweltrelevante Sektoren strebt Die Europäische Union über Etappenziele bis zum Jahr 2050 eine Emissionsreduktion der klimarelevanten Gase von 80% zum Stand von 2005 an. Für Österreich gilt bis 2020 eine Erhöhung des erneuerbaren Anteils im Bruttoendenergieverbrauch auf 34%, eine Begrenzung des Endenergieverbrauchs auf 1.100 PJ und eine Reduktion von 16 % der Treibhausgasemissionen in Sektoren, die vom europäischen Emissionshandel ETS nicht betroffen sind (BKA, 2016) Im Juli 2016 wurde von den europäischen Staats- und Regierungschefs auf Basis von „Europa 2020“ die „Lastenverteilungsverordnung“ präsentiert, in der eine weitere THG- Emissionsminderung von 36% bis 2030 zum Stand von 2005 in Österreich erreicht werden soll. (Österreichs E-Wirtschaft, 2016)

In Österreich hat der Ausbau der erneuerbaren Energien zur Bereitstellung von Strom und Wärme einen sehr hohen Stellenwert. Der Einsatz von regenerativen Energieträgern in Österreich festigt unsere Energiewirtschaft, da die nationale Energieversorgung gestärkt wird und somit ein Beitrag zur Energieunabhängigkeit Österreichs gewährleistet ist. Des Weiteren wird die nationale Wettbewerbsfähigkeit im energiewirtschaftlichen Bereich erhöht und es entstehen neue hochqualifizierte Arbeitsplätze in Österreich. (BMWFW, 2010)

Abbildung 1 zeigt die Entwicklung der heimischen Energieerzeugung von 1990-2013 und es ist zu erkennen, dass die erneuerbare Energieproduktion in Österreich kontinuierlich zunimmt, während die Energie aus fossiler Erzeugung abnimmt:

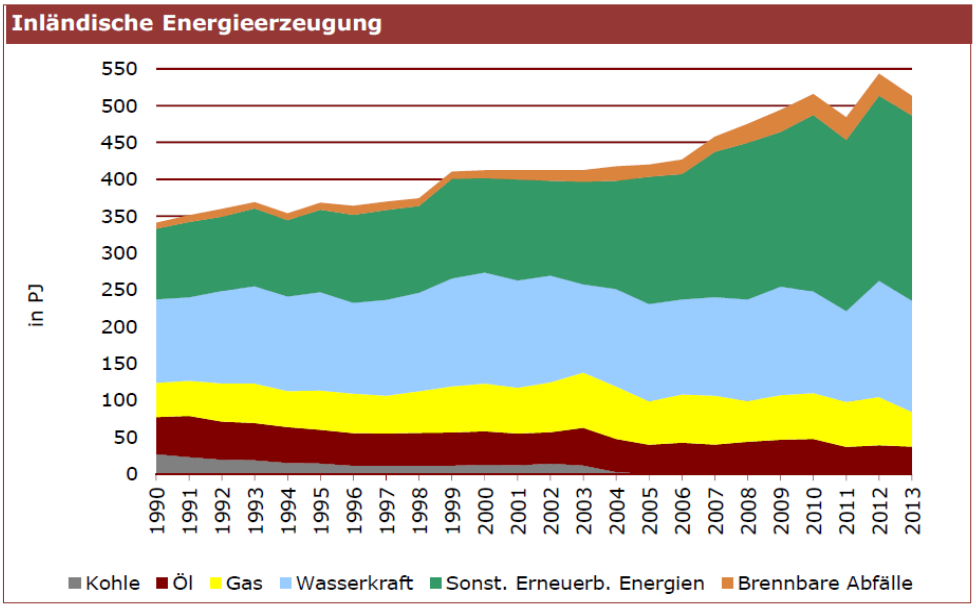

Abbildung 1: Anteile diverser Primärenergieträger an Österreichs Energieerzeugung von 1990 bis 2013 (Quelle: BMWFW, 2015)

Den Anstoß für den vermehrten Ausbau erneuerbarer Energien in Österreich lieferte das 1993 in Kraft getretene Umweltförderungsgesetz. Bis 2013 wurden über 142.000 Projekte mit einer Förderungshöhe von 7,2 Mrd. Euro bei einem Investitionsvolumen von 27,2 Mrd. Euro wirtschaftlich unterstützt. (BMLFUW, 2016)
Österreichische Gemeinden, Betriebe und Privatpersonen haben die Möglichkeit, umweltrelevante Projekte bei der Kommunal Kredit Public Consulting GmbH zur Förderung einzureichen. Gefördert werden etliche Klimaschutz- und Energieeffizienz-Maßnahmen in den Bereichen Energieerzeugung, Energieverteilung, thermische Gebäudesanierung, Abfallmanagement, Mobilität etc. (Kommunal Kredit Public Consulting GmbH, s.a.) Neben dem Umweltförderungsgesetz ist das Ökostromgesetz von 2002 die wichtigste Rechtsgrundlage für die Förderung von erneuerbaren Energien in Österreich. Abbildung 2 zeigt, dass 2013 ca. 80% der heimischen Energieerzeugung aus erneuerbaren Ressourcen generiert wurde.

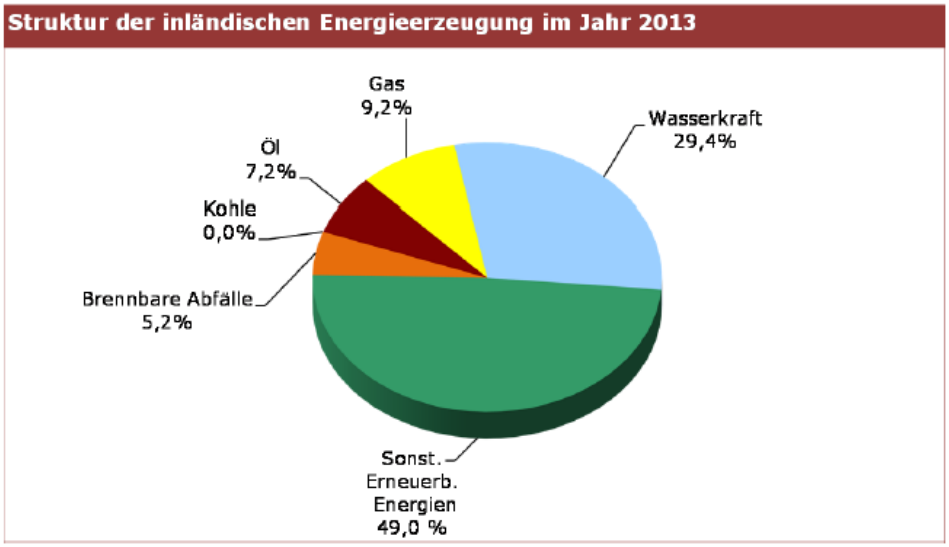

Abbildung 2: Anteile diverser Primärenergieträger 2013 an Österreichs Energieerzeugung (Quelle: BMWFW, 2015)

1.2 Die Biomasse als erneuerbare Energiequelle

Der Begriff *Biomasse* wird in Österreich durch die ÖNORM M7101 folgend definiert: „Unter dem Begriff Biomasse versteht man alle organischen Stoffe biogener, nicht fossiler, Art und umfasst also in der Natur lebende und wachsende Materie und daraus resultierende Abfallstoffe, sowohl von der lebenden als auch schon abgestorbener organischer Masse“. (ÖGUT, 2009)

Zu aller erst ist es wichtig zu verstehen, wie die Biomasse überhaupt entsteht und welche Vorteile die energetische Nutzung von holzbasierten Energieträgern aufweist. Biomasse ist die Energie der Sonne, die durch den biochemischen Prozess der *Photosynthese*, bei höheren Pflanzen, Algen oder Bakterien in organische, kohlenstoffhältige Materie umgewandelt und auch gespeichert wird (Kaltschmitt & Streicher, 2009).

Die Photosynthese ist einer der wichtigsten und ältesten biologischen Prozesse der Erde, bei dem mithilfe von lichtabsorbierenden Farbstoffen wie z.B. Chlorophylle, Phycobiline oder Carotinoide Sauerstoff (O_2) gebildet wird und die Synthese organischer Stoffe stattfindet. In den Chloroplasten, das sind zur Photosynthese befähigte Zellorganellen, wird die elektromagnetische Sonnenenergie absorbiert, welche in weiterer Folge in chemische Energie umgewandelt wird. Dieser Prozess der Photosynthese wird als Phototropie bezeichnet. Im letzten Schritt der Photosynthese wird die chemische Energie in kohlenstoffhältigen Verbindungen gespeichert. Für die Photosynthese werden Kohlendioxid (CO_2) als Kohlenstoff- und Sauerstofflieferant sowie Wasser (H_2O) als Wasserstoffquelle benötigt. (Watter, 2015)

Die Entstehung von Biomasse:

$$\mathbf{H_2O + CO_2 + Hilfsstoffe + Energie \rightarrow C_kH_mO_n + H_2O + O_2 + Stoffwechselprodukte}$$

$$\downarrow$$

Biomasse

Im einfachsten Fall der oxygenenen Photosynthese entsteht Traubenzucker bzw. Glucose ($C_6H_{12}O_6$) (Quaschning, 2008).

$$\mathbf{6\ CO_2 + 6H_2O + Energie/\ Licht \rightarrow C_6H_{12}O_6 + 6\ O_2}$$

Bei der Photosynthese beträgt der Nutzungsgrad zwischen eingestrahlter Sonnenenergie und chemisch gebundener Energie maximal 3%. (Ratka & Hormann- Wenig, 2015)

Der Biomasseaufbau bei Pflanzen ist eine spezielle Form der indirekten Sonnenenergienutzung, da pflanzliches Wachstum nicht unmittelbar von der Sonneneinstrahlung abhängt und somit kaum Angebotsschwankungen bei der Biomasse-

Produktion anfallen wie z.B. bei der Windkraft- oder Solarthermie Nutzung. (Kaltschmitt & Streicher, 2009)

Die bei der Photosynthese gebildete Biomasse setzt sich hauptsächlich aus den Elementen Kohlenstoff (C), Wasserstoff (H), Sauerstoff (O), Stickstoff (N) und Schwefel (S) zusammen. Die wichtigsten Bestandteile des Holzes sind *Cellulose*, Hemicellulose, da sie den Zellwänden Struktur und Festigkeit geben und *Lignin* (lat. Lignum „Holz“). Lignin ist ein phenolisches Makromolekül welches in der Zellwand lagert und die Verholzung der Zelle auslöst. Lignin und Cellulose sind die häufigsten organischen Stoffe der Erde. (Watter, 2015)

Die thermische Nutzung von Biomasse wird als *Kohlendioxid neutral* beschrieben. Damit ist gemeint, dass bei der Verbrennung von biogenen Festbrennstoffen nur so viel an CO_2 an die Atmosphäre abgegeben wird, wie Kohlendioxid vorher von der Pflanze aufgenommen und verarbeitet wurde. Der Wald speichert Kohlenstoff und gibt Sauerstoff ab. Das CO_2 aus Holzfeuerungsanlagen kann von der Biomasse direkt verarbeitet werden und damit schließt sich der *Kohlenstoffkreislauf* wieder. (Österreichischer Biomasseverband, 2014)

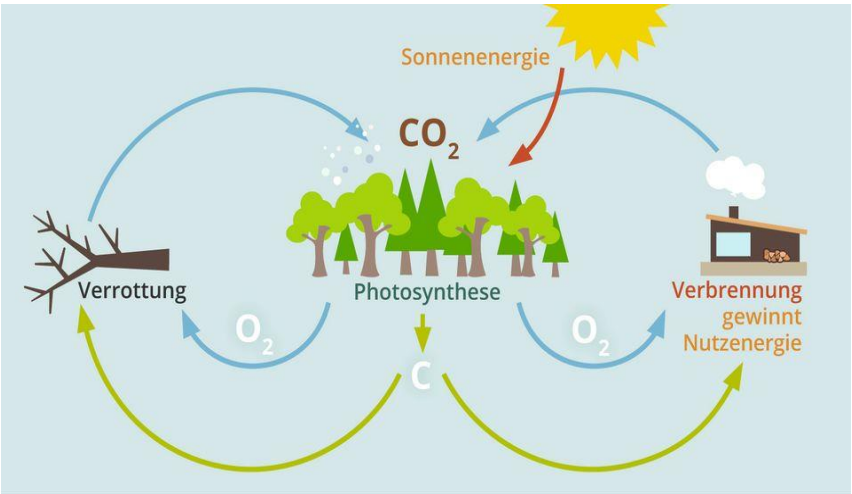

Abbildung 3: CO^2- Kreislauf der energetischen Biomassenutzung

(Quelle: Biomasseverband, 2014)

Für die Energieproduktion also für die thermische Verwertung der Biomasse eignet sich z.B. *industrielle Biomasse* der holzverarbeitenden Unternehmen z.B. Papier- und Zellstoffindustrie, Plattenindustrie und Sägeindustrie so genannte Sägenebenprodukte (Rinde, Sägespäne, Hackgut) oder Reststoffe aus der land- und forstwirtschaftlichen Produktion. (Quaschning, 2013). Die *forstliche Biomasse,* hauptsächlich Waldhackgut

und Brennholz, ist die in Österreich bedeutendste Biomassefraktion. (Kranzl et al., 2008) Forstliche Biomasse kann z.B. bei der Waldpflege und bei der Durchforstung von Altbeständen gewonnen werden.

Die energetische Nutzung von Holz steht prinzipiell nicht in Konkurrenz zur stofflichen Verwertung als Bau- oder Werkstoff, da einerseits die für die thermische Nutzung geeignete Biomasse als Restholz bei der forstwirtschaftlichen Ernte bzw. bei der Durchforstung und andererseits beim Einschnitt im Sägewerk automatisch anfällt. Man spricht von einer *kaskadischen Holznutzung*. (Biomasseverband OÖ, 2015)

Die thermische Verwertung der festen Biomasse weist eine hohe Umweltverträglichkeit auf, nicht nur in Bezug auf die Kohlendioxid-Emissionen, sondern auch im Hinblick auf die generelle Umweltqualität einer Region. Der Einsatz von effizienter Anlagentechnik und modernsten Verbrennungs- und Rauchgasreinigungstechnologien ermöglicht eine nachhaltige thermische Verwertung der Biomasse in Österreich. Durch die Ausbringung der Asche z.B. auf Agrarflächen kann außerdem der Mineralienkreislauf weitgehend geschlossen werden. (Obernberger, 1998)

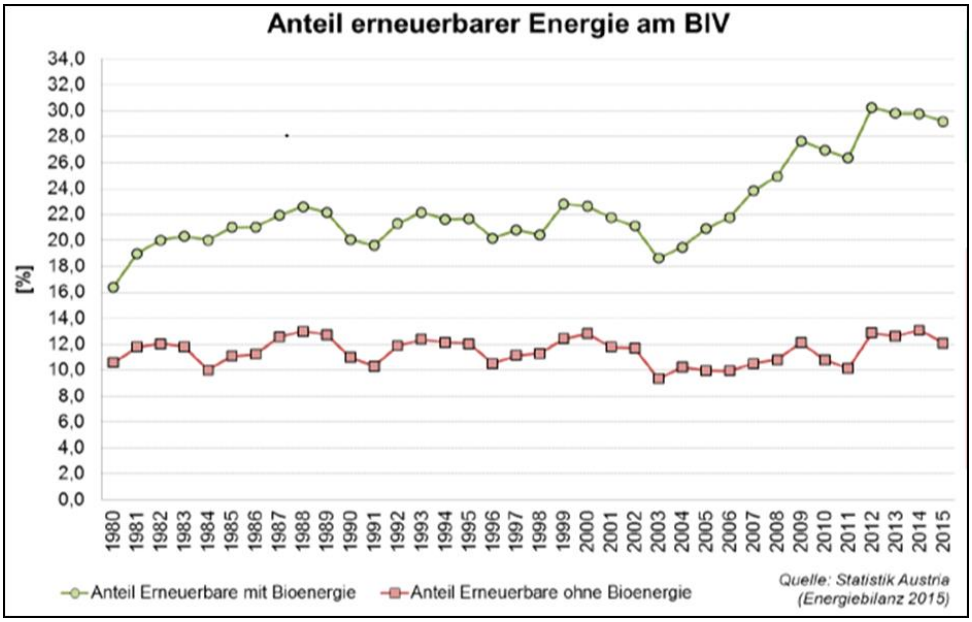

Abbildung 4: Anteil erneuerbarer Energien am Bruttoinlandsverbrauch mit und ohne Bioenergien (Quelle: Nemestothy 2017)

Abbildung 4 zeigt, dass der Anteil am BIV erneuerbarer Energien ohne Bioenergien nur bei ca. 10% liegen würde. Mit Bioenergien kann ein Wert von über 30% erreicht werden. Bioenergie, vor allem Biomasse, ist eine tragende Säule, wenn Österreich

internationale Klimaziele erreichen will. Bei Bioenergien handelt es sich zum Großteil (ca.80%) um holzbasierte Brennstoffe, also um feste Biomasse.

2. Literaturüberblick

Der Literaturüberblick gibt einen Einblick in die Möglichkeiten der energetischen Nutzung der festen Biomasse. Es werden energiewirtschaftliche Begriffe definiert und unterschiedliche feste biogene Brennstoffarten beschrieben.

2.1 Die feste Biomasse als Energieträger

In den folgenden Kapiteln werden zunächst ein geschichtliches Hintergrundwissen der Biomassenutzung in Österreich vermittelt und in Folge unterschiedliche Brennstoffarten der Biomasse beschrieben. Des Weiteren wird das Potential der energetischen Nutzung von Biomasse untersucht.

2.1.1 Zum geschichtlichen Rückblick der Biomassenutzung

Biomasse, vor allem *Holz,* wird seit der Entdeckung des Feuers durch den Steinzeitmenschen vor 790 000 Jahren als Energie- und Wärmequelle genutzt. Bis zur industriellen Revolution blieb Biomasse die wichtigste Primärenergie und wurde dadurch der weltweit bedeutendste erneuerbare Energieträger. In Entwicklungsländern wie Äthiopien oder Mozambique ist Holz noch immer die wichtigste Energie- und Wärmequelle und deckt fast 90% des gesamten Energiebedarfs. (Quaschning, 2013)
Der *Wald* und seine Rohstoffe spielten aber auch im Alpenraum schon immer eine existenzsichernde Rolle für die Menschen. Einerseits bietet der Wald Schutz vor Naturgefahren wie Lawinen und Murenabgängen. Andererseits dient er als Ressource und Reserve für Güter wie Holz, Früchte und Arzneimittel. (proHolz Austria, 2016)
Dass in Österreich bereits vor tausenden Jahren der Rohstoff Holz technisch sinnvoll verwendet wurde, beweist ein archäologischer Fund von 2003: In einer aus der Bronzezeit stammenden Abbaukammer des Hallstätter Salzbergwerks wurde die *älteste Holztreppe Europas* entdeckt. Die dendrochronolgische Analyse des Treppenholzes wies ein Alter von 3350 Jahren auf und wurde auf 1343 v. Chr. Datiert. (Austria- Forum, 2013)

Für den Abbau von Erzen (vor allem Eisenerz) und Salz wurde bereits im 11. Jahrhundert *Holzkohle* hergestellt. Die Holzkohle lieferte die für die Bearbeitung der Erze notwendige Hitze in den Hochöfen. (Wieser, 2015)
Holz war ein bedeutender *Werkstoff* - z.B. bei Grubenbauten, Holzrohrbauten zur Beförderung der Sole zu den Pfann-Häusern und zur Herstellung von Holzfässern für die Lagerung des Salzes. In der frühkapitalistischen Epoche (1500–1800) wurde das Holz aufgrund der hohen Biomassenachfrage der *Bergbauindustrie* knapp. Es entstanden Versorgungsengpässe und Bedenken über eine zukünftige Holzversorgung. Die Erhaltung des Waldes wurde immer wichtiger und mit dem *Forstgesetz von 1852* wurde der Erhalt Österreichischer Waldflächen zum Gesetz. (proHolz Austria, 2016)
Land– und forstwirtschaftliche Produkte - vor allem Holz - waren bis ins 19. Jahrhundert die wichtigste Rohstoffquelle der vorindustriellen Wirtschaftsepoche. Biomasse war der wichtigste Energieträger bei der Herstellung von Werkzeugen, Waffen oder Baustoffen aus anorganischen Rohstoffen. (Gronauer, 2012)
Während der industriellen Revolution substituierte *Kohle* die Biomasse als Brennstoff und Energieträger. Die Entwicklung der *Holzvergaser* und *Holzgasgeneratoren* ermöglichte dann im 19. Jahrhundert eine kombinatorische Verwendung von Kohle und biogenen Festbrennstoffen. (Wieser, 2015) Für Industrienationen spielte die Biomasse im 20. Jahrhundert, bedingt durch den Einsatz fossiler Energieträger, keine bedeutende Rolle mehr. Erst im 21. Jahrhundert (ausgelöst durch steigende Preise der fossilen Energieträger vor allem Öl und durch Klimaschutzmaßnahmen im Bereich Energie) wurde die Biomasse wieder als Primärenergiequelle für Industriestaaten interessant. Heute wird in modernen Heiz- und Kraftwerken Wärme, Kälte und Strom aus regionaler Biomasse erzeugt. (Quaschning, 2013)

2.1.2 Zum Biomassepotential in Österreich

Global betrachtet nehmen die vorhandenen Waldflächen ab. Ein Beispiel für diesen weltweiten Trend ist die großflächige Rodung von Tropenwäldern für landwirtschaftliche Zwecke in Südamerika. Anders ist die Situation im europäischen Alpenraum. Hier nimmt die Waldfläche seit der Industrialisierung in den 1960er, 1970er Jahren stetig zu. Dies ist in Österreich vor allem dadurch zu erklären, dass früher landwirtschaftlich genutzte Flächen wie Almen und Weiden nicht mehr bewirtschaftet werden. Dadurch können holzartige Pflanzen den Standort zurückerobern. *Österreichs Waldfläche*

beträgt ca. vier Mio. Hektar, das entspricht fast der Hälfte der Bundesfläche. Man kann also von einer sehr hohen *Bewaldungsdichte* sprechen. Nur 18 Prozent der österreichischen Waldfläche sind im öffentlichen Besitz - vor allem der österreichischen Bundesforste. Der Rest von 82 % fällt auf Privatbesitz. (BFW, 2016)
Ein weiterer Grund, warum der Holzvorrat in Österreich stetig wächst, liegt in den strengen Regelungen der *nachhaltigen Forstwirtschaft.* Es darf dabei nie mehr geerntet werden, als nachwächst. (proHolz Austria, 2016)

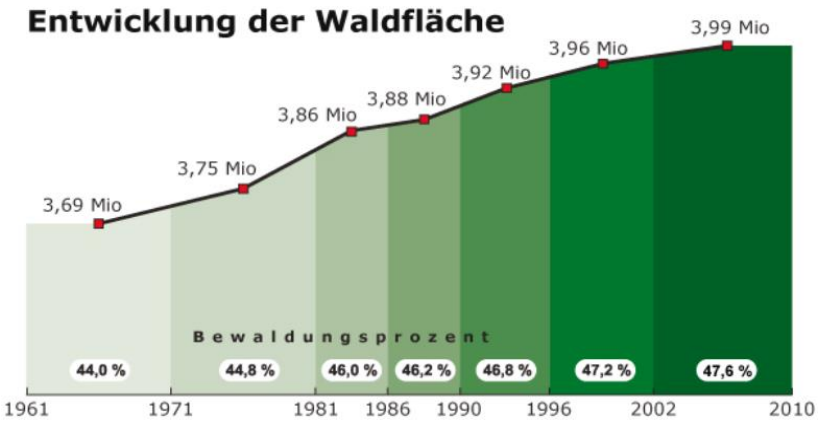

Abbildung 5: Zuwachs der österreichischen Waldfläche im zeitlichen Verlauf, angegeben in Hektar (Quelle: BFW, 2016)

Abbildung 5 zeigt, dass Österreichs Waldfläche auf ca. 4 Mio. ha ansteigt. Dadurch werden ca. 1,135 Mrd. Vorratsfestmeter Biomasse zur Verfügung stehen. Durchschnittlich wächst der österreichische Holzvorrat jährlich um 30,4 Mio. m³. Davon werden jährlich rund 25,9 Mio. m³ wieder geerntet. In Österreich stehen der *holzverarbeitenden Industrie* rund 65 verschiedene Holzarten zur Verfügung. Besonders häufig werden Fichtenwälder kultiviert – mit einem holzmengenmäßigen Anteil von 61,2%. Der Anteil an Buchenholz beträgt ca. 9,6% des Holzvorrats und bei Kiefer und Lärche sind es jeweils ca. 7%: (proHolz Austria, 2016)

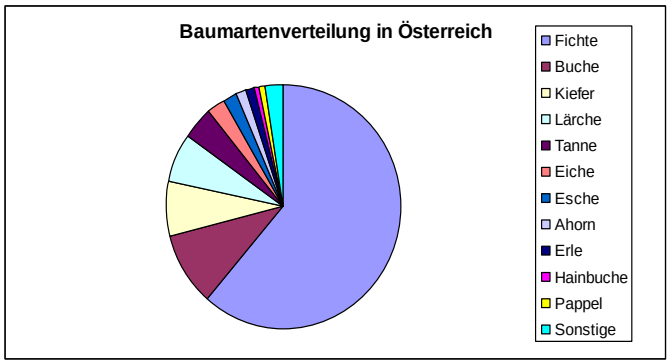

Abbildung 6: Baumartenverteilung in Österreich. (Quelle: proHolz, 2016)

Österreichs Holzindustrie zählt mit 26.212 beschäftigten Personen in 1369 Betrieben zu den wichtigsten Arbeitgebern aller 17 Industriezweige. Das Produktionsvolumen der Holzindustrie lag 2014 bei 7,08 Mrd. Euro. Die Exportquote für Holzprodukte betrug im Jahr 2014 68% bei einem Gesamtvolumen von 4,78 Mrd. Euro. Holzprodukte wurden 2014 im Wert von 3,67 Mrd. Euro importiert, wobei Länder der Europäischen Union die wichtigsten Handelspartner mit einem Anteil von 87,2% des Importholzes sind. (Fachverband der Holzindustrie Österreichs, 2015) Österreich liegt weltweit beim Holzimport im Spitzenfeld. Laut einer Studie der Universität Graz wurden im Jahr 2012 8,1 Mio. fm Holz nach Österreich importiert. China war in diesem Zeitraum der größte Holzimporteur der Welt mit rund 38. Mio. fm, an zweiter Stelle liegt Österreich gefolgt von Schweden mit 7,3 Mio. fm importierter Holzware. (DER STANDARD, 6.7.2014)
Ein zukünftiges Potential der Biomasseproduktion liegt im sogenannten *Energiewald*. Die Biomasse wird durch rasch wachsende Pflanzen - wie Pappel, Weide oder Robinie - im Kurzumtrieb bereitgestellt. Kurzumtriebsplantagen, auch Energiewälder genannt, sind dadurch charakterisiert, dass rasch Biomasse aufgebaut wird und Umtriebszeiten alle zwei bis acht Jahre stattfinden. Die Biomassenutzung kann ertragreicher sein als bei einem herkömmlichen Wald. Prinzipiell steigt der Ertrag nach dem ersten Umtrieb, doch nach 25 Jahren sinkt das Biomassepotential und es folgt meist eine Rodung und Neukultivierung. (Sperr, s.a.). Für Landwirte kann die Bewirtschaftung von Energiewäldern einen positiven wirtschaftlichen Effekt haben, da sie neben landwirtschaftlichen Erträgen, auch zusätzliches Einkommen als Energielieferanten erzielen können. Besonders sinnvoll erscheint die Pflanzung eines Energiewaldes auf einem marginalen Standort, der sich zur Nahrungsmittelproduktion schlechter eignet (z.B. aufgrund schlechter Bodenbeschaffenheit oder ungeeigneter Lage).

Abbildung 7: Junger Energiewald in Ost-Österreich mit Pappel (Quelle: Speer, s.a.)

2.1.3 Biomasse als Brennstoff – Begriffserklärungen

Man unterscheidet zwischen zwei Formen der *Primärenergien* (oder *Rohenergien):* Erstens gibt es sich *erneuernde* Primärenergien wie Biomasse, Wind, Sonnenstrahlung usw. Zweitens gibt es sich *aufbrauchende* Primärenergien wie Erdöl, Gas, Kohle oder Kernenergie. Primärenergien können den Endverbrauchern zumeist nicht direkt bereitgestellt werden. Aus diesem Grund werden Umwandlungsprozesse wie z.B. die Raffination eingesetzt, um die Primärenergie leichter nutzen zu können. Nach den jeweiligen Umwandlungsprozessen werden Sekundär-, End- und Nutzenergien unterschieden. Zu Sekundärenergien zählt man Strom und Fernwärme. Zu *sekundären Brennstoffen* zählt man Briketts, Heizöl bzw. Benzin. Nach etwaigen Energieverlusten (wie z.B. Netzverlusten bei der Energieverteilung) wird die *End- oder Gebrauchsenergie* dem Verbraucher zur Verfügung gestellt. So erhält der Energiekonsument *Nutzenergie* in Form von Beleuchtung, von Heizwärme, von Prozesswärme, von mechanischer Arbeit oder von Schall. (Müller, 2001)

Bei den physikalischen Eigenschaften der festen Biomasse lässt sich festhalten, dass die *Massen- und Energiedichte* im Vergleich zu fossilen oder flüssigen Energieträgern geringer ist. (Ratka & Homan-Wenig, 2015) Selbst stark gepresste feste biogene Energieträger wie Pellets weisen das zwei– bis dreifache Transport- und Lagervolumen im Vergleich zu flüssigen Energieträgern auf. (Kaltschmitt & Streicher, 2009).

Im Hinblick auf die kalorischen Eigenschaften der Biomasse unterscheidet man zwischen dem *Heizwert* (unterer Heizwert, kurz *Hu)* und dem *Brennwert* (oberer Heizwert, kurz *Ho)* eines Brennstoffes. Watter (2015) definiert den *Heizwert* als „die bei einer Verbrennung maximal nutzbare Wärmemenge, bei der es nicht zu einer Kondensation des im Abgas enthaltenen Wasserdampfes kommt.“ Der *Brennwert* beinhaltet auch Kondensationswärme von Wasser. (Watter, 2015) Der Brennwert beschreibt also die vollständige Wärmemenge, die bei der Verbrennung eines Energieträgers entsteht. Deshalb ist der Heizwert bei typischen Brennstoffen und auch bei fester Biomasse etwas geringer als der Brennwert. Die Differenz ergibt sich über die im Wasserdampf enthaltene Abgas-Kondensationswärme. Bei der Erstellung von Energiebilanzen verwendet man häufig den Heizwert, angegeben in kJ oder kWh pro kg Brennstoffmenge. (Panos, 2009)

Ausschlaggebend für den Heizwert der Biomasse ist der *Wassergehalt M bzw. W* des Holzes. Dieser errechnet sich über das Verhältnis der Masse des Wassers im Holz

und der gesamten Holzmasse. Der durchschnittliche Wassergehalt von frischem Holz beträgt zwischen 40% und 60%. Nach ungefähr zwei Jahren Lufttrocknung sinkt der Wassergehalt der Biomasse auf 12 % bis 20%.

Abb. 7 zeigt, dass der Heizwert der biogenen Energieträger mit dem Wassergehalt abnimmt:

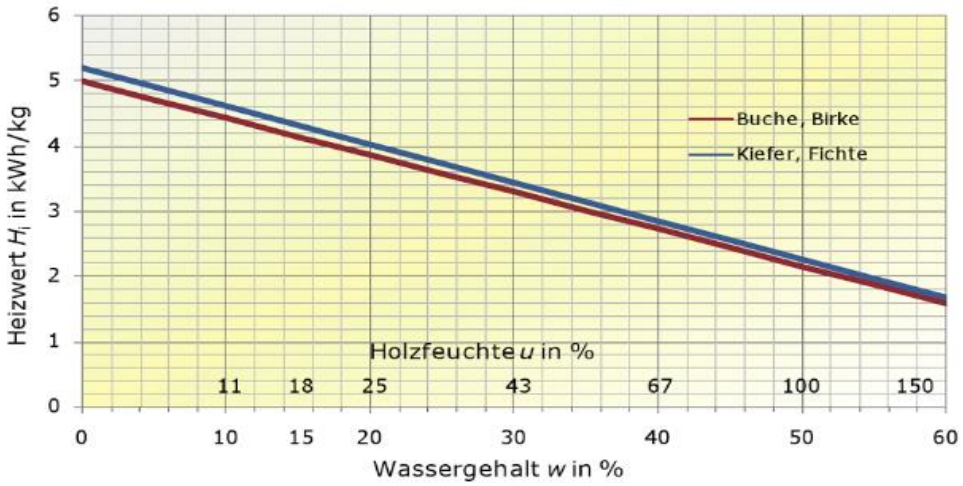

Abbildung 8: Relation von Wassergehalt und Heizwert von 2 Laub- u. Nadelbaumarten (Quelle: Quaschning, 2013)

Die *Holzfeuchte U* unterscheidet sich vom Wassergehalt dadurch, dass sie das Verhältnis von der Masse des Wassers in der Biomasse zu der Masse eines absolut trockenen Holzes (atro) stellt. (Quaschning, 2013). Zur Festlegung des Transportvolumens der Biomasse verwendet man die Begriffe Festmeter (fm), Schüttraummeter (srm) und Raummeter - rm. (Watter, 2015) Ein *Festmeter* wird als Maßeinheit für einen Kubikmeter feste Holzmasse ohne Luft-Zwischenräume verwendet. Ein *Raummeter* ist ein Kubikmeter geschichtetes Holz mit Einbeziehung der Luftzwischenräume. Ein *Schüttraummeter* wird als ein Kubikmeter zerkleinertes Holz unter Einbeziehung der Luftzwischenräume definiert:

Tabelle 1: Umrechnungstabelle für Energieholz (Quelle: Österreichischer Biomasseverband, s.a.)

Rundholz	Scheitholz	Stückholz	Stückholz	Hackgut
fm	**rm**	**rm**	**srm**	**srm**
in Festmetern	geschichtet in Raummetern (1 Meter lang)	geschichtet in Raummetern (30-33cm lang)	geschüttet in Schüttraummetern (30-33cm lang)	geschüttet in Schüttraummetern
1,0	1,4	1,2	2,0	2,5
0,7	1,0	0,85	1,4	1,8
0,85	1,2	1,0	1,67	2,0
0,5	0,7	0,6	1,0	1,25
0,4	0,55	0,5	0,8	1,0

Die folgende Tabelle listet physikalische Eigenschaften des Hackgutes diverser Baumarten hinsichtlich ihres Wassergehaltes auf:

Tabelle 2: Masse und Energiegehalt von Hackgut in Abhängigkeit vom Wassergehalt. (Quelle: Biomasseverband Österreich, s.a.)

Baumart	mittleres Atro-gewicht	Wassergehalt = 0%					Wassergehalt = 20%				
		H-TS* 100%	Gesamt Gewicht				H-TS* <100%	Gesamt Gewicht			
	kg/fm	kg/Srm	**kg/Srm**	**Srm/t**	kWh/kg	**kWh/Srm**	kg/Srm	**kg/Srm**	**Srm/t**	kWh/kg	**kWh/Srm**
Pappel/Weide	410	164	**164**	**6,10**	5,00	**820**	145	181	5,53	3,86	698
Tanne	410	164	**164**	**6,10**	5,28	**866**	147	184	5,43	4,09	753
Fichte	430	172	**172**	**5,81**	5,28	**908**	154	193	5,19	4,09	787
Erle	490	196	**196**	**5,10**	5,00	**980**	171	214	4,67	3,86	828
Kiefer	510	204	**204**	**4,90**	5,28	**1077**	181	227	4,41	4,09	927
Lärche	550	220	**220**	**4,55**	5,28	**1161**	198	247	4,04	4,09	1011
Ahorn	600	240	**240**	**4,17**	5,00	**1200**	216	270	3,71	3,86	1042
Rotbuche	670	268	**268**	**3,73**	5,00	**1340**	227	283	3,53	3,86	1095
Esche	670	268	**268**	**3,73**	5,00	**1340**	237	296	3,38	3,86	1143
Birke	640	256	**256**	**3,91**	5,00	**1280**	225	281	3,56	3,86	1087
Eiche	680	272	**272**	**3,68**	5,00	**1360**	239	298	3,35	3,86	1152
Weißbuche	750	300	**300**	**3,33**	5,00	**1500**	250	312	3,20	3,86	1206

Baumart	mittleres Atro-gewicht	Wassergehalt = 30%					Wassergehalt = 35%				
		H-TS* 100%	Gesamt Gewicht				H-TS* <100%	Gesamt Gewicht			
	kg/fm	kg/Srm	**kg/Srm**	**Srm/t**	kWh/kg	**kWh/Srm**	kg/Srm	**kg/Srm**	**Srm/t**	kWh/kg	**kWh/Srm**
Pappel	410	142	203	4,93	3,30	669	142	218	4,58	3,01	658
Tanne	410	145	207	4,82	3,49	724	145	223	4,48	3,19	713
Fichte	430	152	217	4,61	3,49	757	152	233	4,28	3,19	745
Erle	490	168	240	4,16	3,30	792	168	259	3,87	3,01	779
Kiefer	510	179	255	3,92	3,49	890	179	275	3,64	3,19	877
Lärche	550	195	278	3,59	3,49	972	195	300	3,33	3,19	958
Ahorn	600	212	303	3,30	3,30	1000	212	327	3,06	3,01	984
Rotbuche	670	222	317	3,16	3,30	1044	222	341	2,93	3,01	1027
Esche	670	233	332	3,01	3,30	1096	233	358	2,79	3,01	1078
Birke	640	221	316	3,17	3,30	1040	221	340	2,94	3,01	1024
Eiche	680	234	335	2,99	3,30	1103	234	360	2,78	3,01	1085
Weißbuche	750	244	348	2,87	3,30	1147	244	375	2,67	3,01	1129

Tabelle 3 zählt unterschiedliche Biomassefraktionen auf und vergleicht deren Heizwert und Energiedichte in Anhängigkeit des Wassergehaltes:

Tabelle 3: Arten von Energieholz (Quelle: Schäfer, 2012)

Arten von Energieholz			
	W	**Heizwert**	**Energiedichte**
Pellets	10%	5 MWh/t	0,3 m³ = 1 MWh
Hackgut	20%	4 MWh/t	1,3 m³ = 1 MWh
Scheitholz	20%	4 MWh/t	0,75 m³ = 1 MWh
Wipfelholz	45%	2,5 MWh/t	1,4 m³ = 1 MWh

Der Verbrennungsrückstand der Biomasse wird als *Asche* bezeichnet. Chemisch betrachtet bildet die Asche den anorganischen Teil des Stoffgemisches. Sie besteht hauptsächlich aus den Oxiden und Karbonaten Al_2O_3, CaO, MgO oder Fe_2O_3.

Schlacke entsteht bei sehr hoher Feuerungstemperatur, bei der die Asche teigig, weich wird und nach späterer Abkühlung wieder fest und porös. (Watter, 2015)
Als *lufttrockenes Holz* (lutro) bezeichnet man Biomasse mit einem Wassergehalt von 15%-20%. Die sog. *Atro-Tonne* wird rechnerisch ermittelt. Sie gibt die Maßeinheit für die Holzmasse bei einem Wassergehalt von 0% an. Absolut trockenes Holz hat meistens einen Heizwert von ca. 5 kWh/kg. (Metschina et al., 2014). Die technischen und rechtlichen Anforderungen in Bezug auf feste Biomasse-Brennstoffe waren lange Zeit durch die ÖNORM M 7133 geregelt. Aufgrund von Österreichs Verpflichtung zur Einhaltung internationaler, europäischer Normen bestimmt jetzt die Normenreihe ÖNORM EN ISO 17225 die Qualitätsanforderungen für den Brennstoff Biomasse. (Metschina et.al., 2014)

Als Anwendungsbeispiel der Norm für Qualitätshackgut siehe die Angaben unterhalb der folgenden Abbildung. Die Angaben bedeuten folgendes:

1.1.3.1 =	Stammholz, Laubbaum mit Rinde
P31 =	klar definierte Partikelgröße
M25 =	Wassergehalt von 25 Gew%
A1.0 =	Aschegehalt von max. 1 % TS
BD150 =	Schüttdichte mind. 150kg/srm
Q3,6 =	Heizwert mind. 3,6 kWh/kg

Abb. 9: Beispiel für Normanwendung (Quelle: Metschina et al.,2014)

2.1.4 Feste Biomasse - Brennstoffarten

Die unterschiedlichen Brennstoffarten der festen Biomasse gelten als „Nachwachsende Rohstoffe“. Sie sind Erzeugnisse der land- und forstwirtschaftlichen Produktion, die einer Verwendung im Nichtnahrungsbereich zugeführt werden können. (Muhmann, 2006)
Für die energetische Nutzung fester Biomasse lassen sich nach Kaltschmitt & Streicher (2009) verschiedene feste biogene Brennstoffe unterscheiden: Es gibt h*olzartige Biomasse* (z.B. Restholz aus der Industrie oder Forstwirtschaft) und

halmgutartige Biomasse (z.B. Stroh oder Energiegräser). Die physikalischen und chemischen Charakteristika der festen Biomasse haben einen großen Einfluss auf die Bereitstellungskosten, auf die Transportkosten, auf die Lagerung und die Brennstoffbeschickung, auf die Rauchgasreinigungstechnologie, auf die Anlagentechnik und die Ascheverwertung. Bei den physikalischen Parametern sind vor allem Form, Partikelgröße, Wassergehalt und Energiedichte ausschlaggebend. Bei den chemischen Eigenschaften sind die Stickstoff-, Schwefel- und Chlor-Konzentrationen der Biomasse sowie der Aschegehalt wichtige Parameter. Des Weiteren sind die Konzentrationen von Alkali- und Schwermetallen (Cd, Zn, Pb, K, Na) von Bedeutung, da die chemischen Eigenschaften der Biomasse einen großen Einfluss auf die Emissionen bei der Biomasseverbrennung haben. Die eingesetzte Biomasse-Brennstoffart gehört zu den wichtigsten Parametern in der Anlagenplanung eines Biomasse-Heizwerkes. Es sollte in der Planungsphase eine chemische und physikalische Analyse der verwerteten Biomasse durchgeführt werden. Danach empfiehlt sich ein Abschluss von langfristigen Brennstofflieferverträgen. (Obernberger, 2000)

Scheitholz:

Die klassische Form von Energieholz ist Scheitholz. Unterschieden wird zwischen Harthölzern (Buche, Eiche, Ahorn, Kirsche etc.) und Weichhölzern (Fichte, Tanne, Kiefer etc.). Weichhölzer haben aufgrund des höheren Anteils an Lignin einen höheren Heizwert je kg Holz als Harthölzer. Die volumenspezifischen Unterschiede im Heizwert sind durch die vermehrte Lufteinschließung im Holz bei Nadelbäumen zu erklären. So hat etwa 1rm Buche einen um 40% höheren Heizwert als 1rm Fichtenholz. Aus diesem Grund sind Weichhölzer etwas kostengünstiger in der Anschaffung. Jedoch wird mehr Holz benötigt, um die angestrebte Wärmemenge zu erreichen.

Scheitholz hat üblicherweise eine Länge von 25 cm–100 cm. Bevor das Stammholz gehackt wird sollte es einen Sommer lang an einem sonnen- und windexponierten Standort gelagert werden. Niederschlag und Einlagerung von Grünteilen aufgrund der Gefahr von Schimmelbildung sollten vermieden werden. (Metschina et al., 2014)

Obwohl die eher arbeitsintensiven handbeschickten Scheitholzkessel immer mehr durch automatisierte Pellets- und Hackgutkessel substituiert werden, ist die Nachfrage nach Stückholz noch immer groß. Das liegt an der Beliebtheit von Kachelöfen, z.B. mit Sichtfenster. (Metschina et al., 2014)

Zum Beispiel: 2016 wurden in Österreich 3.453 neue Scheitholzkessel installiert - hauptsächlich Kessel mit einer Nennleistung unter 30 kW (ca. 84%) - das sind 9,6 % weniger als 2015. Prinzipiell erkennt man, dass seit 2012 ein Rückgang an neu installierten Stückholzkesseln in Österreich zu verzeichnen ist. (Landwirtschaftskammer Niederösterreich, 2016)

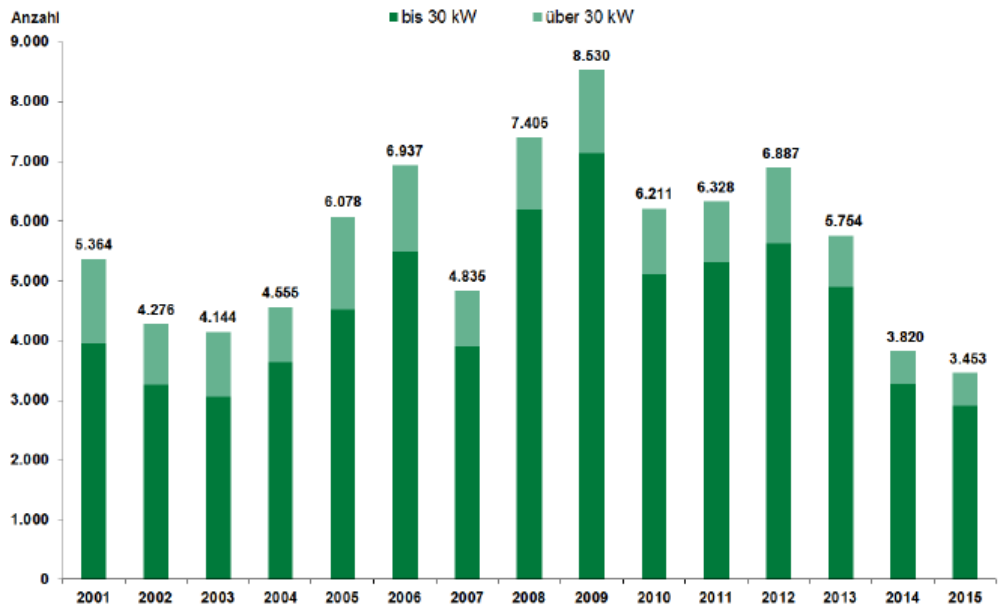

Abbildung 10: Jährlich neu errichtete Stückholzkessel bis 30 kW und über 30 kW in Österreich. (Quelle: Landwirtschaftskammer Niederösterreich, 2016)

***Rinde und rindenähnliche Brennstoffe*:**

Die holzartige Ummantelung eines Baumstammes wird Rinde genannt. Bei der energetischen Verwertung der Rinde kann es sein, dass der Brennstoff zu einem Teil mit Staub oder Steinen verunreinigt ist. Das kann an der vorangegangenen Nutzung wie z.B. Holzernte, Rückung und Transport liegen. Die Korngröße der Rinde (das ist die streifenförmige Form) variiert bei den jeweiligen Baumarten sehr stark. Aufgrund der inhomogenen Korngrößen und des oft hohen Wassergehalts (45% - 65%) wird Rinde für Feuerungsanlagen über 500 kW eingesetzt. Der Aschegehalt der Rinde ist abhängig von der Verunreinigung des Brennstoffs. Er liegt zwischen 2% und 8% TS. Vorteile bei der energetischen Verwendung der Rinde liegen in der hohen Verfügbarkeit und am niedrigen Beschaffungspreis. (Steffens, 2002)

Holzpellets:

Dieser Brennstoff entsteht durch starkes Verdichten und Pressen - auch Pelletieren genannt - von holzartigen Abfällen. Meistens wird industrielle oder forstliche Biomasse verwendet. Der Prozess des Pelletierens wird schon seit über 100 Jahren in der Futtermittelerzeugung eingesetzt. Er wurde durch die Einführung der Pellets-Heizungen auch für die Energiewirtschaft bedeutend. Holz eignet sich sehr gut zum Pelletieren, da aufgrund der holzeigenen Harze und des Lignins ein stabiler Aufbau und Zusammenhalt der Pellets gewährleistet ist. Aufgrund des Verdichtungsprozesses erhöht sich der Heizwert. Generell gilt, je dichter die Pellets gepresst werden, desto besser ist das Brennverhalten. (Holz, 2006) Pellets werden zylindrisch geformt mit einem Durchmesser von 6–8 mm und einer Länge von 5–30 mm. Es ist ein sehr homogener Brennstoff in Bezug auf Korngröße und Wassergehalt. Aufgrund der Reinheit des Brennstoffs im Vergleich zu Rinde oder Hackschnitzeln bieten Pellets eine hohe Zuverlässigkeit im Anlagenbetrieb. (Steffens, 2002) Der Durchschnittspreis von Pellets in Österreich beträgt 22,25 Cent pro kg bzw. 4,54 Cent pro kWh oder (45,4 Euro pro MWh) (proPellets Austria, 2016). Die Einführung verbindlicher Normen für die Pelletsverarbeitung war die Basis für eine wirtschaftliche und technische Verwertung dieses Energieträgers. (Holz, 2006)

Die ISO 17225-2 aus dem Jahr 2004 regelt die weltweiten Qualitätsanforderungen für Holzpellets und unterscheidet drei Kategorien: Qualitätsklasse 1A bestimmt die Anforderungen für kleine Feuerungsanlagen wie Pellets-Zentralheizungen. Für größere Kessel zur Versorgung von öffentlichen oder gewerblichen Gebäuden mit Energie aus Pellets gelten die Qualitätsanforderungen der Kategorien A2 und B. (proPellets Austria, s.a.)

Die folgende Tabelle zeigt physikalische und chemische Anforderungen hinsichtlich einer energetischen Anwendung von Pellets für die genannten Kesselkategorien:

Tabelle 5: Qualitätsanforderungen für Pellets (Quelle: proPellets Austria, s.a.)

Eigenschaft	Einheit	ENplus A1	ENplus A2	ENplus B	Prüfnorm [k)]
Durchmesser	mm	6 ± 1 oder 8 ± 1			ISO 17829
Länge	mm	3,15 < L ≤ 40 [d)]			ISO 17829
Wassergehalt	m-% [b)]	≤ 10			ISO 18134
Aschegehalt	m-% [c)]	≤ 0,7	≤ 1,2	≤ 2,0	ISO 18122
Mechanische Festigkeit	m-% [b)]	≥ 98,0 [e)]	≥ 97,5 [e)]		ISO 17831-1
Feinanteil (< 3,15 mm)	m-% [b)]	≤ 1,0 [f)] (≤ 0,5 [g)])			ISO 18846
Temperatur der Pellets	°C	≤ 40 [h)]			–
Heizwert Hu	kWh/kg [b)]	≥ 4,6 [i)]			ISO 18125
Schüttdichte	kg/m³ [b)]	600 ≤ Schüttdichte ≤ 750			ISO 17828
Additive	m-% [b)]	≤ 2 [j)]			–
Stickstoff	m-% [b)]	≤ 0,3	≤ 0,5	≤ 1,0	ISO 16948
Schwefel	m-% [c)]	≤ 0,04	≤ 0,05		ISO 16994
Chlor	m-% [c)]	≤ 0,02		≤ 0,03	ISO 16994
Ascheerweichungstemperatur [a)]	°C	≥ 1200	≥ 1100		CEN/TC 15370-1
Arsen	mg/kg [c)]	≤ 1			ISO 16968
Kadmium	mg/kg [c)]	≤ 0,5			ISO 16968
Chrom	mg/kg [c)]	≤ 10			ISO 16968
Kupfer	mg/kg [c)]	≤ 10			ISO 16968
Blei	mg/kg [c)]	≤ 10			ISO 16968
Quecksilber	mg/kg [c)]	≤ 0,1			ISO 16968
Nickel	mg/kg [c)]	≤ 10			ISO 16968
Zink	mg/kg [3)]	≤ 100			ISO 16968

[a)] Asche wird bei 815 °C hergestellt.
[b)] Im Anlieferungszustand.
[c)] Wasserfrei.
[d)] Maximal 1 % der Pellets darf zwischen 40 und 45 mm lang sein. Kein Pellet darf länger als 45 mm sein.
[e)] Bei Beladung des Transportmittels (Fahrzeug, Schiff) an der Produktionsanlage.
[f)] Am Werkstor oder bei der Beladung von Fahrzeugen für die Auslieferung an Endkunden.
[g)] Beim Befüllen von Pelletsäcken oder versiegelten *Big Bags*.
[h)] Bei der Beladung von Fahrzeugen für die Auslieferung an Verbraucher.
[i)] Entspricht 16,5 MJ/kg.
[j)] Die Menge der Additive in der Produktion ist auf 1,8 w-% beschränkt, die Menge der Additive, die nach der Produktion eingesetzt werden (z. B. Beschichtungsöle), ist auf 0,2 w-% beschränkt.
[k)] Bis zur Veröffentlichung der genannten ISO-Prüfnormen müssen die Prüfungen nach den Vorgaben des korrespondierenden CEN-Standards durchgeführt werden.

Für Österreich ist die Qualitätsanforderung für Pellets in der ÖNORM M 7135 geregelt. Die Einhaltung der ÖNORM im Herstellungsprozess ist von großer Bedeutung, z.B. um umweltschädliche Emissionen bei der Verbrennung zu vermeiden.

Tabelle 6: Ö-Norm Anforderungen für Pellets (Quelle: EH Energy Home AG, s.a.)

Kriterium	Einheit	Ö-Norm M7135
Durchmesser	mm	4 – 10
Länge	mm	<5*d
Heizwert	MJ/kg	18
Heizwert	kWh/kg	4,5 - 5
Abriebsfestigkeit	%	<2,3
Rohdichte	Kg/dm³	>1,12
Aschegehalt	%	<0,5
Wassergehalt	%	<10
Schwefelgehalt	%	<0,04
Chlorgehalt	%	<0,02
Stickstoffgehalt	%	<0,30
Fremdkontrolle		Ja
Presshilfe	%	<2

***Waldhackgut*:**

Waldhackgut (Hackschnitzel) ist maschinell zerkleinertes Holz, wobei meistens qualitativ minderwertiges Kron- oder Astmaterial verwendet wird. Das verwendete Holz für Waldhackgut stammt direkt aus dem Wald. Es wurde vor der thermischen Verwertung stofflich nicht genutzt. Bei der Ernte beträgt der Wassergehalt des Rundholzes noch bis zu 60%. Durch die Weiterverarbeitung zu Hackgut und durch die anschließende Lagerung fällt der Wassergehalt der Hackschnitzel auf 25–35%. Die übliche Korngröße dieses Brennstoffs liegt zwischen 20 und 80mm. Da bei Hackschnitzeln immer auch Rinde enthalten ist, variiert der Aschegehalt, bei ca. 1%TS für Weichholz und 2,5% TS für Harthölzer. (Steffens, 2002)

In kleineren Wärmeanlagen sollte nur trockene qualitativ hochwertige Biomasse verwendet werden (Wassergehalt unter 30%), wobei in größeren Biomasseheizwerken auch nasse Biomasse verwendet wird. Ein Schüttraummeter Hackschnitzel kann je nach Wassergehalt und Baumart hinsichtlich der Holzmasse zwischen 200 kg und 450 kg betragen. Das bedeutet, dass auch der Heizwert von einem srm Hackschnitzel zwischen 630 kWh und 1100 kWh variieren kann. Deshalb sind der Wassergehalt und das Gewicht entscheidend bei der Hackschnitzelbeschaffung. Das Auswiegen der Biomasse wird z.B. bei größeren Heizwerken vor Ort durch eine geeichte Brücken-waage durchgeführt. Für kleinere Biomasseanlagen auf Hackschnitzelbasis ist eine professionelle Lagerung des Brennstoffs von großer Bedeutung, um den Wassergehalt auf unter 30% zu halten. Die Qualitätsanforderungen und Prüfbestimmungen für die

energetische Verwertung von Waldhackgut und Schredderholz in Feuerungsanlagen mit einer Nennwärmeleistung von über 500 kW sind in der ÖNORM C 4005 deklariert (BMLFUW, 2015).

Die folgenden Tabellen listen verschiedene Hackgutarten nach ihrem Wassergehalt und nach anderen wesentlichen Kategorien auf:

Tabelle 7: Hackgutkategorien nach Wassergehalt (Quelle: Metschina et al., 2014)

Holzhackgut	Wassergehalt (M)
lufttrockenes Holzhackgut (M20)	M < 20 %
lagerbeständiges Holzhackgut (M30)	20 % < M < 30 %
beschränkt lagerbeständiges Holzhackgut (M35)	30 % < M < 35 %
feuchtes Holzhackgut (M40)	35 % < M < 40 %
erntefrisches Holzhackgut (M50)	40 % < M < 50 %

Tabelle 8: Gewicht und Heizwert von Hackgut bezogen auf den Wassergehalt (Quelle: Metschina et al., 2014)

Wassergehalt in %	Raumgewicht in kg/srm				Heizwert in kWh/srm			
	Buche	Eiche	Kiefer	Fichte	Buche	Eiche	Kiefer	Fichte
20 %	277	280	216	188	1.048	1.062	867	759
30 %	316	320	246	216	1.022	1.034	846	740
40 %	369	374	287	251	986	998	818	716
50 %	443	449	345	302	936	948	780	682

Tabelle 9: Mittelwerte für Mengenbestimmung (Quelle: Metschina et al., 2014)

Maßeinheit	Holzart	Wassergehalt (%)	srm	t	t_{atro}	kWh
1 srm Hackschnitzel-Volumen	Fichte	15 %	1	0,20	0,17	876
		30 %	1	0,25	0,17	847
		45 %	1	0,31	0,17	819
	Buche	15 %	1	0,32	0,27	1298
		30 %	1	0,39	0,27	1252
		45 %	1	0,49	0,27	1180
1 t Hackschnitzel-Frischgewicht	Fichte	15 %	5	1	0,85	4.380
		30 %	4	1	0,68	3.388
		45 %	3,2	1	0,55	2.621
	Buche	15 %	3,1	1	0,85	4.024
		30 %	2,6	1	0,69	3.255
		45 %	2,1	1	0,55	2.478

Die Preise für regionales Waldhackgut sind in Österreich regional sehr unterschiedlich. Grundsätzlich bilden Holzart, Wassergehalt, Liefermenge und Transportmöglichkeiten den Waldhackgutpreis. Der durchschnittliche Preis für Waldhackgut - bezogen auf den Heizwert - betrug im Mai 2016 3,59 Cent pro kWh oder 35,9 Euro pro MWh. (Österreichischer Biomasseverband, 2016)

Industriehackgut:

Österreich hat eine sehr große und volkswirtschaftlich wichtige Holzindustrie - vor allem in den Industriebereichen der Platten-, Zellstoff und Möbelverarbeitung. Es fallen oft große Mengen an Restholz an, welches bei großen Anlagen zumeist direkt am Standort thermisch und elektrisch verwertet wird. Industriehackgut sind Reststoffe der holzverarbeitenden Industrien, so genannte Sägenebenprodukte (SNP), die zu Hackschnitzeln verarbeitet werden. Restholz aus der Möbelherstellung (Sägeindustrie) hat einen geringeren Wassergehalt (ca. 20%) als herkömmliche industrielle Biomasse (mit einem Wassergehalt von ca. 40% - 55%). Der Aschegehalt variiert je nach Ausgangsholz (Hartholz, Weichholz oder Rindenanteil). Die Vorteile von Industriehackgut sind die preisgünstige Beschaffung und die Homogenität des Brennstoffs, die einen effizienten Anlagenbetrieb von Heizwerken ermöglicht. (Steffens, 2002) Industriehackgut wird meist direkt an Ort und Stelle energetisch verwendet. (FNR, 2000) Die folgende Abbildung zeigt, dass die Zahl der neu errichteten Hackgutfeuerungen im höheren thermischen Leistungsbereich von über 1000kW in den Jahren 2006 und 2007 einen Höhepunkt erreicht hat. Jedoch seit 2013 ist ein Rückgang an neu errichteten Biomasse-Hackgutanlagen im mittleren als auch im größeren Leistungsbereich in Österreich zu verzeichnen:

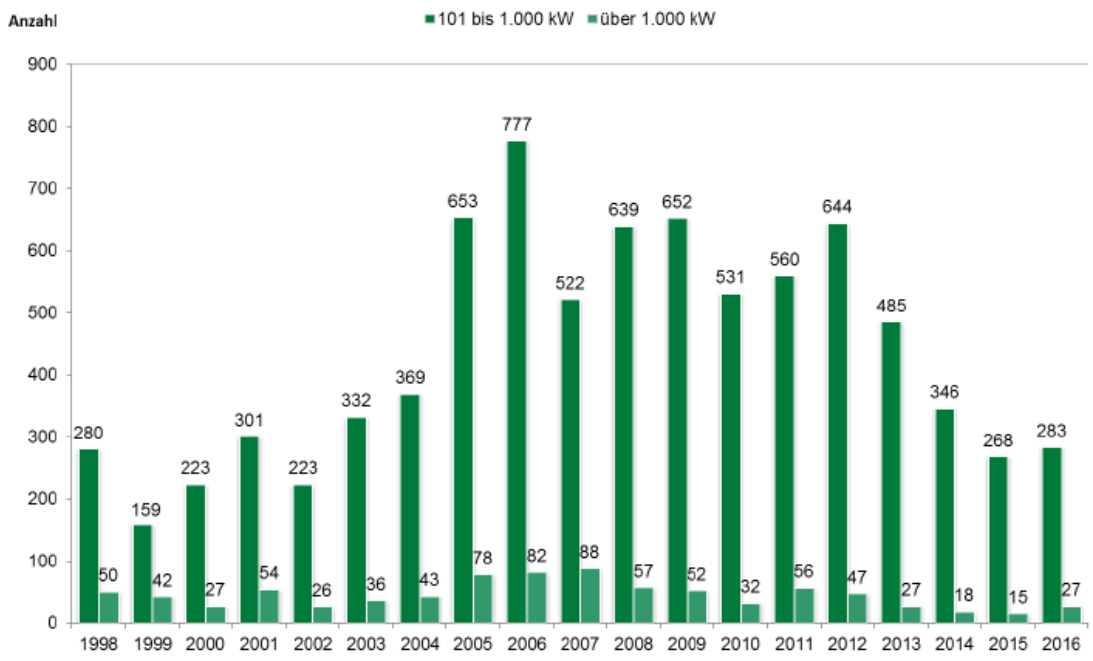

Abb.11: Jährlich neu errichtete Hackgutfeuerungen über 100 kW in Österreich (Quelle: Landwirtschaftskammer NÖ, 2016)

***Halmgutartige Biomasse wie z.B. Stroh**:*

Es können aber nicht nur Rückstände der forstlichen Ernte oder der industriellen Produktion einer energetischen Verwendung zugeführt werden. Auch Energiegräser oder Nebenprodukte der landwirtschaftlichen Produktion, z.B. anfallendes Stroh bei der Getreide- oder Maisproduktion können genutzt werden. Halmgutartige Biomasse kann auch durch Landschaftspflege gesammelt und energetisch verwendet werden. Z.B. bei der Pflege von unter Schutz stehenden Gebieten wie Nationalparks oder Naturschutzgebieten, aber auch im städtischen Raum im Zuge der Pflege von Grünflächen fällt halmgutartige Biomasse an. (FNR, 2000)

Wenn Stroh vom Acker für energetische Zwecke entfernt wird, anstatt zur Streu- und Humusbildung liegen zu bleiben, muss auf alle Fälle der Bestand einer Humusschicht im Boden gewahrt werden. Das ist eine wichtige Voraussetzung für eine ergiebige agrarische Produktion. Stroh hat üblicherweise schon bei der Ernte einen geringen Wassergehalt von ca. 20%. Dadurch bedarf es kaum einer Aufbereitung des Brennstoffs vor der energetischen Verwertung. Stroh und halmhutartige Biomasse können bei der Verbrennung unerwünschte Emissionen aufgrund der chemischen Variabilität verursachen. Die chemische Zusammensetzung des Strohs kann auch an ein und demselben Standort stark inhomogen sein. (Kaltschmitt, 2016)

2.2 Wärme- und Stromerzeugung aus fester Biomasse

In den folgenden Kapiteln folgt nach einer kurzen Einführung in thermodynamische Grundlagen eine Beschreibung der unterschiedlichen Verbrennungstechnologien für feste Biomasse und der Anwendungsgebiete für eine dezentrale Wärme- und Stromversorgung.

2.2.1 Thermodynamische Grundlagen

Im antiken Griechenland vermutete man, dass Wärme durch die Bewegung kleinster Teilchen entsteht. Selbst Galileo Galilei (1564-1641) und Isaac Newton (1643-1726) stimmten dieser Theorie der Wärmeerzeugung noch zu. Erst im Laufe des 18. Jahrhunderts wurde die Wärmeübertragung aufgrund von Temperaturdifferenzen zwischen zwei Stoffen beschrieben. Kommen zwei Materien in thermischen Kontakt, ist die von einem Körper abgegebene Wärmeenergie gleich der aufgenommenen

Wärmeenergie des anderen Körpers. (Tipler & Mosca, 2009) Erst im 19. Jahrhundert konnte *James Joule* (1818 –1889) beweisen, dass man theoretisch unbegrenzt thermische Energie z.B. durch Reibung erzeugen kann. Somit wusste man, dass die abgegebene Wärmeenergie durch verrichtete mechanische Arbeit regelbar ist. Bei der Wärmeübertragung von einem wärmeren auf einen kühleren Körper erhöht sich die innere Energie des kälteren Körpers. (Tipler & Mosca, 2009)

Halliday et al. (2001) definieren Wärme wie folgt: *„Wärme ist Energie, die von einem Körper auf einen anderen Körper aufgrund eines Temperaturunterschieds zwischen den beiden Körpern übertragen wird“*.

Früher war die Einheit der Wärmeenergie Q die *Kalorie (cal)*, welche als Wärmemenge definiert ist, durch die 1g Wasser mit 15°C um 1 Kelvin erwärmt wird. Heute ist die SI-Einheit *Joule (J)* die am häufigsten verwendete Einheit für die Wärmeenergie. 1cal entspricht 4,184 J, 1J entspricht 1Ws, was 1Nm gleichkommt. (Tipler & Mosca, 2009)

Die Wärmeenergie eines Stoffes wird durch die Bewegungsenergie der Moleküle und Atome charakterisiert. Das lineare Maß zur Bestimmung dieser Energie ist die SI-Einheit *Temperatur (T)* angegeben in Kelvin oder Grad Celsius. (Meschede, 2005)

Bei Energieumwandlungen von Wärme und mechanischer Arbeit werden naturgemäß hohe *Wirkungsgrade n* - Energieumwandlungen unter geringstem Verlust - angestrebt. Wirkungsgrade beschreiben das Verhältnis von Nutzen und Aufwand. Aus technischer Sicht wird das Verhältnis aus erzeugter elektrischer oder thermischer Energie zu der im Brennstoff chemisch gebundenen Energie beschrieben. Der thermische Wirkungsgrad n = W / Q definiert nur die Umwandlung von Wärme in Arbeit, während der Brennstoffnutzungsgrad die gesamte erzeugte Nutzenergie im Verhältnis zur eingesetzten Energie beschreibt. Energieumwandlungen erfolgen meist in mehreren Prozessschritten. (Karl, 2004)

In den folgenden Abbildungen werden Prozessschritte von energetischen Konversionsverfahren erläutert:

Abbildung 12: Prozessschritte der Nutzwärmeerzeugung (Quelle: Karl, 2012)

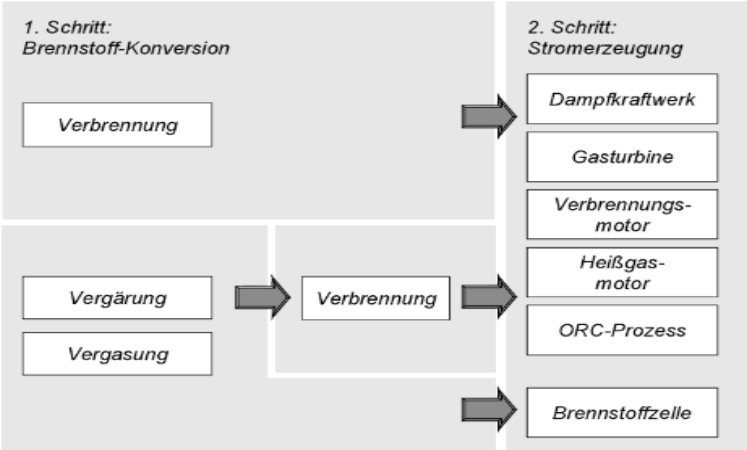

Abbildung 13: Prozessschritte bei der Stromerzeugung (Quelle: Karl, 2012)

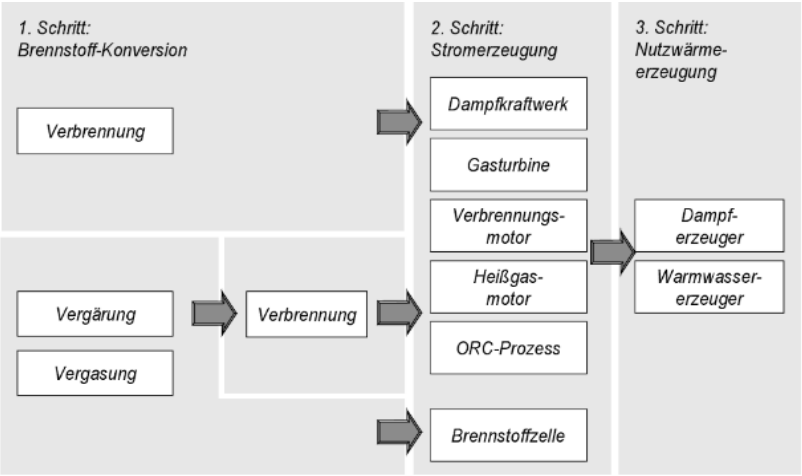

Abbildung 14: Prozessschritte der Kraft-Wärme-Kopplung (Quelle: Karl, 2012)

Bevor die chemisch gebundene Energie der festen Biomasse in Wärme oder Strom umgewandelt werden kann, erfolgt die thermochemische Konversion oder Verbrennung, die in unterschiedlichen Phasen abläuft. Nach Kaltschmitt et. al (2016) sind die wichtigsten Vorgänge bei der klassischen Verbrennung von Biomasse folgende:

1. Erwärmung des biogenen Brennstoffs durch Rückstrahlung von Flamme, Glutbett und Brennraumwänden.
2. Ab 100°C verdampft das in der Biomasse enthaltene Wasser und der Brennstoff wird trocken.
3. Bei weiterem Temperaturanstieg erfolgt die pyrolytische Zersetzung der Biomasse. Fester Kohlenstoff vergast zu CO, CO_2, H_2O und O_2
4. Ab 700°C bis über 1500°C erfolgt die Oxidation der brennbaren Gase zu CO_2 und H_2O.

2.2.3 Feuerungstechnologien für feste Biomasse

Die Wahl der eingesetzten Feuerungstechnologie in einem Biomasse-Heizwerk hängt grundsätzlich von der Größe der Anlage ab – das heißt von der Leistungsauslegung und vom zum Einsatz kommenden Brennstoff.
Nah- und Fernwärmeanlagen mit größerer Leistung verfügen zumeist über eine automatische Brennstoffbeschickung. Automatisch beschickte Feuerungsanlagen werden nach der Relativgeschwindigkeit zwischen Brennstoffpartikeln und der Verbrennungsluft in Festbett-, Wirbelschicht- und Flugstromfeuerungen (Staub oder Einblasfeuerngen) eingeteilt. (Kaltschmitt et al., 2016)

Festbettfeuerungen:
Zu den Arten der Festbettfeuerung zählen die Unterschubfeuerung und die Rostfeuerung.
Die *Unterschubfeuerung* ist besonders bei der Verbrennung von Biomasse mit sehr kleiner Partikelgröße und geringem Aschegehalt relevant. Der biogene Brennstoff wird dabei von unten der Retorte (Feuermulde) zugeführt. Es entsteht ein Brennstoffbett. Aufgrund der eingeschränkten technischen Möglichkeiten bei der Brennstoffbeschickung – z.B. mittels Förderschnecken - ist die Kesselleistung von Unterschubfeuerungen mit 6 MW_{th} limitiert. Hauptsächlich werden Unterschubfeuerungen in der dezentralen Wärmeversorgung im kleinen Leistungsbereich von wenigen hundert kW eingesetzt. Diese Feuerungstechnologie ermöglicht einen emissionsarmen Schwachlastbetreib (Sommerbetrieb) aufgrund des gleichmäßigen Biomasseeintrags. Voraussetzung für einen störungsfreien Betrieb von Unterschubfeuerungen ist ein sehr homogenes Material für die Brennstoffbeschickung. Üblicherweise werden Holzhackschnitzel und Sägespäne mit einem Wassergehalt von 5 bis max. 50% verfeuert. Die Unterschubfeuerung wird z.B. auch bei Pellets Zentralheizungskesseln angewendet. Für Rinde und halmgutartige Biomasse wie Stroh sind andere Feuerungstechnologien besser geeignet. Ein Vorteil von Unterschubfeuerungen ist der oft vergleichsweise niedrige Anschaffungspreis. (Obernberger, 2000; Karl, 2004; Kaltschmitt et al. 2016)

Rostfeuerungen sind die am häufigsten eingesetzten Feuerungstechnologien für Biomasse im Leistungsbereich zwischen 1 und 30 MW_{th}. Sie eignen sich zur thermischen Verwertung von homogener Biomasse wie Hackschnitzeln, Pellets oder

Restholz. (Karl, 2004) Sie werden aber auch als „Allrounder“ in Biomasseanlagen mit variierendem Brennstoffeinsatz in Bezug auf Partikelgröße und Wassergehalt installiert. Rostfeuerungen weisen eine geringe Ascheagglomeration und Verschlackung auf. Sie bilden weniger Staub im Rauchgas als andere Kesselarten. Bei Rostfeuerungen wird die Biomasse transportiert. Das bedeutet, dass die Rostbewegung die Agglomeration von Ascheschichten verhindert und somit auch die Luftzufuhr verbessert wird. Deshalb können Rostfeuerungen auch bei Biomasse mit hohem Aschegehalt eingesetzt werden. Unterschiedliche Rosttypen werden nach Rostneigung und Bewegungsrichtung klassifiziert. Bis zu einer Kessel-Nennleistung von 15 MW_{th} sind sowohl Anschaffungs- als auch Betriebskosten von Rostfeuerungen vergleichsweise günstig. (Obernberger, 2000)

Vorschubrostfeuerungen sind durch horizontale oder schräg abwärts geneigte Vorschubroste charakterisiert. Des Weiteren gibt es Plan-, Treppen-, Walzen- oder Wanderroste. Homogene Biomasse wird der Brennkammer meist mit einer Förderschnecke zugeführt. Bei variierendem Brennstoff wie Rinde wird meist ein Kolben-Beschicker eingesetzt. Im vorderen Bereich des Rostes wird die Biomasse aufgeheizt und getrocknet. In der Mitte der Rostfeuerung (in der Hauptverbrennungszone) findet die pyrolytische Zersetzung und Vergasung statt. Im letzten Bereich erfolgt der sog. Ausbrand der Holzkohle. Moderne Rostfeuerungen mit hoher thermischer Leistung erlauben eine sehr kontrollierte Verbrennung. Die Primärluftzufuhr am Rost kann nämlich den einzelnen Phasen der thermochemischen Umwandlung individuell angepasst werden. (Kaltschmitt et al. 2016) Die folgende Abbildung zeigt eine moderne Anlage:

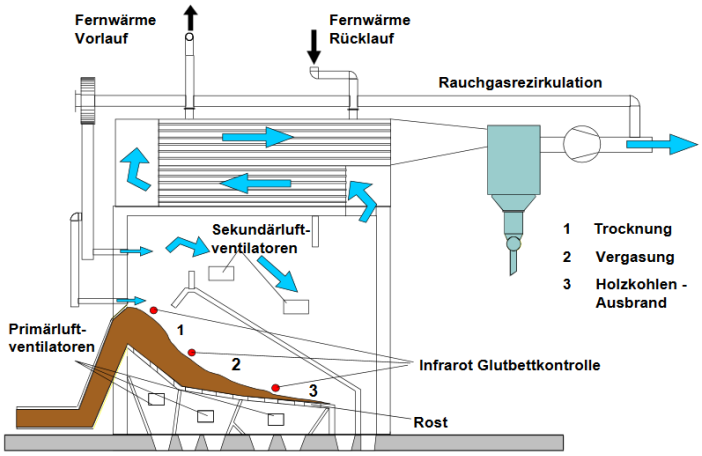

Abbildung 15: Schematische Darstellung einer modernen Biomasse-Schrägvorschubrostfeuerung mit Infrarot-Glutbetthöhenkontrolle, dreigeteiltem Rostbereich und sektionsweise regelbarer Primärluftzufuhr. (Quelle: Obernberger, 2000)

Wirbelschichtfeuerungen:

Wirbelschichtfeuerungen werden bei großen Feuerungsanlagen mit sehr hoher thermischer Leistung eingesetzt. Sie funktionieren, indem die Primärluft von unten in ein Sandbett geleitet wird. So werden die Partikel in Schwebe gehalten („Fluidisierung“). Zuerst wird das Sandbett auf ca. 800-900°C vorgeheizt. Anschließend werden die Brennstoffpartikel meist über eine Förderschnecke oder eine Wurfbeschickung der Brennkammer zugeführt und verbrennen in der Wirbelschicht bei geringem Luftüberschuss und konstanter Verbrennungstemperatur. Daher sind Wirbelschichtfeuerungen in Bezug auf die NO_x- Emissionen vorteilhaft. Man unterscheidet zwischen stationären, blasenbildenden Wirbelschichten – sog. „bubbling fluidized beds“ - und sog. „circulating fluidized beds“, wie die zirkulierenden Wirbelschichten genannt werden. (Karl, 2004) Wirbelschichtfeuerungen können auch bei variierendem festem biogenem Brennstoff in Hinblick auf den Wasser- oder Aschegehalt verwendet werden. Ein weiterer Vorteil von Wirbelschichtanlagen ist die meist einfache und kostengünstige Rauchgasreinigung. Durch Beimengen von Additiven – z.B. Kalkstein oder Dolomit - können Luftemissionen reduziert werden. Stationäre Wirbelschichten werden für einen Leistungsbereich von 5-50 MW installiert, während zirkulierende Wirbelschichten aus wirtschaftlichen Gründen erst ab 30 MW in Frage kommen. (Kaltschmitt et al., 2016)

Zigarrenfeuerung:

Für halmgutartige Biomasse wie Stroh eignet sich die in Dänemark entwickelte Technologie der sog. Zigarrenfeuerung. Die Brennstoffbeschickung erfolgt meist mittels hydraulischem Stößel. Dabei können ganze Halmgutballen aber auch geschreddertes Strohmaterial in die Brennkammer befördert werden. Auf dem Rost brennt die Biomassekohle während des Vorschubs vollständig aus. Stroh und Ganzpflanzen haben einen niedrigen Ascheschmelzpunkt und Wassergehalt. Deshalb ist es notwendig, die Feuerraumtemperatur zu regulieren. Die Temperatur kann z.B. über eine Rauchgaszirkulation oder durch wasserdurchflutete Wände in der Brennkammer regulierte werden. (Obernberger, 1998)

Die thermische Mindestleistung von Biomasse-Heizwerken mit Zigarrenbrandfeuerungen liegt bei 2-3 MW. Es ist zwar so, dass die Brennstoffaufbereitung - die Ballenerzeugung - einerseits sehr einfach ist. Andererseits benötigt die Brennstoffzuführung bei Zigarrenfeuerungen oft genau festgelegte Brennstoffmaße. Bei Strohfeuerungen ist der Wassergehalt der Biomasse in Bezug auf einen emissionsarmen

Anlagenbetrieb von hoher Bedeutung. Der Wassergehalt sollte nicht mehr als 20% betragen. Weiters spielt der Temperaturwechsel im Verbrennungsraum beim Ballenwechsel eine wichtige Rolle in Bezug auf die CO-Emissionen. Deshalb empfiehlt sich eine Brennstoffbeschickung, die eine Teilung der Ganzballen und somit eine gleichmäßige Feuerung ermöglicht. (Kaltschmitt et al. 2016)
Zigarrenfeuerungen können einen Risikofaktor für zu hohe CO-Emissionen und für Schlackebildung darstellen. Deshalb werden meist Strohheizwerke mit einer Rostfeuerung für die eventuelle Zugabe von Holzhackschnitzeln errichtet. (Karl, 2004)

Staubfeuerungen:
Staubfeuerungen (Einblasfeuerungen) haben eine ähnlich kompakte Bauweise wie Gasbrenner. Dabei wird z.B. Sägemehl in den Brenner geblasen. Dadurch erfolgt eine sehr rasche thermische Zersetzung des Brennmaterials. Bei Staubfeuerungen sollte die verwendete Biomasse in möglichst kleiner Partikelgröße vorliegen, also <20mm, da Luft als Trägermedium fungiert. Ein Vorteil von Staubfeuerungen ist, dass sie gemeinsam mit gewöhnlichen Großwasserraumkesseln eingesetzt werden können. Des Weiteren kann aufgrund der geringen Brennstoffpartikelgröße meist eine entsprechende Ausbrandqualität bei geringen CO-Emissionen erzielt werden. Weitere Vorteile liegen in den niedrigen NO_x- Emissionen - bedingt durch eine gestufte Luftzufuhr und meist geringen Luftüberschüssen. (Karl, 2004; Obernberger, 2000)

2.2.4 Dezentrale Nah- und Fernwärmesysteme auf Biomassebasis

Dezentrale Energieversorgung bedeutet, dass Energie-Erzeugungsanlagen mit geringer Leistung verstreut in einem größeren Gebiet - z.B. im ländlichen Raum - eingesetzt werden. Somit liegen Energiebereitstellung und Energieverbrauch örtlich nah beieinander. Für die dezentrale Energieversorgung kommen neben Biomasse-Heizwerken auch z.B. Photovoltaik-, Windkraft-, oder Wasserkraftanlagen in Frage. (Paschotta, 2017)
Um hohe Nutzungsgrade und Primärenergiewerte zu erreichen, ist es von Vorteil, wenn die Wärme aus vorgelagerten Prozessen bezogen wird - z.B. Abwärme aus der Stromerzeugung oder von industriellen Prozessen. Während bei der konventionellen Stromerzeugung Nutzungsgrade von ca.35-50% erreicht werden, können KWK-Anlagen bis zu 80% der bezogenen Energie nutzen. (BMLFUW, 2011)

Unter *Fernwärme (district heating)* versteht man die Wärmeversorgung mehrerer Wärmeabnehmer aus einem Heizwerk über ein Wärmenetz. Wärmenetze mit geringerer Leitungslänge oder Wärmeleistung werden oft auch als Nahwärmenetze bezeichnet. (Panos, 2009) Es gibt keine einheitliche Definition, bis zu welcher Leitungslänge oder bis zu welcher thermischen Leistung der Wärmenetze man von Nah- oder von Fernwärme spricht. Der Unterschied ist sprachlicher Natur, da die technische Funktionsweise beider Systeme ident ist. (Isoplus Fernwärmetechnik, s.a.)
Bei der Planung von effizienten Wärmenetzen muss man mehrere Faktoren beachten - z.B. die Rohrnetzlänge, die Durchmesser der Leitungen, Netzverluste, Vor- und Rücklauftemperaturen und die Betriebskosten der Anlage. Netze mit kleineren Rohrdurchmessern erfordern höhere Durchflussgeschwindigkeiten und somit einen höheren Aufwand bei den strombetriebenen Netzpumpen. Je größer der Rohrdurchmesser der Wärmeleitung ist, desto mehr Wärme kann befördert werden. Mit größerer Rohroberfläche steigt jedoch der Netzverlust. (BMLFUW, 2011)

Ein Nah- oder Fernwärmeversorgungssystem besteht hauptsächlich aus den folgenden Komponenten:

- Wärmeerzeugungsanlage
    - Brennstofflagerung
    - Brennstoffbeschickung
    - Heizkesselanlage
    - Abgasanlage
    - Regelungstechnik
    - Pumpstation und Hydraulik
    - Wärmespeicher
- Wärmenetz
- Hausanschlüsse
- Wärme-Übergabestation
- Hausverteilung (meist über eine Zentralheizung)

Aufgrund der Wärmeversorgung über ein Fernheizwerk verringert sich die Anzahl der kleineren Wärmeerzeuger. Dies führt zu einer Steigerung der energetischen Effizienz und zu einer Reduzierung der Luftemissionen. (Muhmann 2006; Panos, 2009)

Die Brennstofflager werden meist großzügig dimensioniert, sodass der sichere automatisierte Betrieb über mehrere Tage gewährleistet werden kann. Wartungsarbeiten, Instandhaltungskosten und die Brennstoffbesorgung fallen bei einer Fernwärmeversorgung für Energiekunden weg. Die Wirkungsgrade von großen Heizkesseln fallen meistens besser aus als bei kleiner dimensionierten Anlagen. Hinsichtlich der Wärmenetze steigt jedoch der Wärmeverlust mit der Leitungslänge. Ein großer Vorteil von Nah- und Fernwärmeanlagen liegt im Bereich der Abgasreinigung. Moderne Filteranlagen wie Multizyklon (Fliehkraft Abscheider), E- Filter und Gewebefilter ermöglichen einen geringeren Schadstoffgehalt im Abgas. Der Betrieb von Biomasseheizwerken unterliegt außerdem gesetzlichen Emissionsauflagen. (Quaschning, 2013)

3. Forschungsfragen

Die Zukunft der energetischen Anwendung von fester Biomasse ist derzeit ein vielfach diskutiertes Thema in Österreichs Energiewirtschaft. Aufgrund der Verwerfungen am europäischen Energiemarkt mit sehr niedrigen Strompreisen und aufgrund der ungewissen Gestaltung zukünftiger Förderungen für Biomasse Heizwerke und Biomasse KWK- Anlagen besteht die Gefahr, dass besonders im Bereich der Stromgewinnung aus Biomasse zukünftig etliche Anlagen keinen wirtschaftlichen Betrieb gewährleisten können.

Die Masterarbeit soll im Wesentlichen folgende Forschungsfragen beantworten:

- Wie werden sich der Anteil von fester Biomasse in der Wärmeproduktion und der generelle Wärmebedarf - nach Einschätzung der befragten Experten - in den nächsten Jahren in Österreich entwickeln?

- Welche Möglichkeiten gibt es, biogene Wärme vermehrt im Sommer zu nutzen - im Hinblick auf einen zukünftig steigenden Kältebedarf in Österreich?

- Wird die inländische Stromerzeugung aus fester Biomasse mittels KWK-Technologie - nach Meinung der befragten Experten - wachsen und welche Rahmenbedingungen werden für ein Wachstum in diesem Sektor benötigt?

- Welchen Beitrag kann die energetische Verwendung der festen Biomasse für eine nachhaltige und umweltfreundliche Energieproduktion in Österreich leisten?

4. Material und Methoden

Die Ergebnisse dieser Masterarbeit entstanden einerseits nach einer ausgiebigen Literaturrecherche internationaler und nationaler Fachliteratur. Andererseits wurden die Interviewprotokolle mit Experten aus der Biomassebranche und anderen Energiesektoren eingearbeitet.
Für die Beschreibung der Fernkälteversorgung für das Landesklinikum in Mistelbach waren die persönlichen Gespräche bei der EVN Wärme GmbH mit Hrn. Ing. Herrisch für die Arbeit sehr einflussreich und prägend. Bei gemeinsamen Fahrten in das Landesklinikum Mistelbach durfte der Autor dieser Arbeit Fotos der gesamten Kälteversorgung aufnehmen. Hr. Ing. Herrisch hat detailreich die technische Ausführung der Anlage beschrieben. Neben technischen Daten und projektrelevanten Informationen wurde dem Autor dieser Arbeit auch ein Anlagenplan zur Verfügung gestellt. Für die Beschreibung des Kältekreislaufes wurde aus dem Benutzerhandbuch der beschriebenen heißwasserbefeuerten Niedertemperatur-Absorptionskältemaschine in Mistelbach Informationen gewonnen und daraus zitiert.

4.1 Literaturrecherche

Zu Beginn der Masterarbeit erfolgte eine intensive Literaturrecherche in der Hauptbibliothek der Universität für Bodenkultur. Die Literaturrecherche begann mit der „Top Down“-Strategie, bei der zuerst ein Gesamtüberblick der Thematik erzielt wurde. Dann erfolgte eine spezifische Suchstrategie. (Wytrzens et. al., 2009)
Der Online- Katalog der Universitätsbibliothek bietet über die „Schlagwortsuche“ eine Vielzahl von Biomasse-bezogenen Publikationen. In dieser Diplomarbeit wird großteils aus Fachbüchern zitiert, welche die energetische Nutzung der festen Biomasse thematisieren. Ebenfalls wurden Bachelor- und Masterarbeiten sowie Dissertationen an österreichischen und internationalen Universitäten gesichtet.
Bei der Internetrecherche wurde zuerst über „Google Scholar“ nach internationaler Fachliteratur gesucht um allgemein an die Thematik heranzuführen. Bei der intensiven und spezifischen Suche nach österreichischer Biomasse-Fachliteratur stellte sich die elektronische Bibliothek des Österreichischen Biomasse-Verbandes als eine sehr wichtige Literaturquelle heraus. Sie listet eine Vielzahl von wissenschaftlichen Publikationen auf, welche die Bewirtschaftung von und die Energiegewinnung aus

Biomasse diskutieren. Um geeignete internationale Fachliteratur zu begutachten, hat sich der Autor dieser Arbeit an der OPEC-Bibliothek in Wien registriert. Diese Fachbibliothek bietet eine Vielzahl an internationalen energiewirtschaftlichen Publikationen an - wie z.B. den Energy Outlook der IEA (International Energy Agency) oder den World Oil Outlook der OPEC.

4.2 Qualitative Experteninterviews

Von Anfang an war geplant, Experten der Energie-Branche für Interviews zu gewinnen. Es wurden sieben Energieexperten - SpezialistInnen von öffentlichen, privaten und universitären Unternehmen - aus verschiedenen Bereichen der Energiewirtschaft mündlich befragt. Es wurden sowohl Experten, die direkt im Bereich Biomasse oder Erneuerbare Energien agieren als auch Experten anderer Sektoren interviewt. Diese Herangehensweise öffnete für diese Arbeit einen neutralen und interdisziplinären Zugang zur Thematik. Die Prognosen und Einschätzungen der Energieexperten lieferten die Basis für den Ergebnisteil der Masterarbeit.

Die TeilnehmerInnen der Experten-Interviews waren:

1. Hr. Ing. Sacher, Geschäftsführer von EVN Wärme GmbH
2. Hr. Dipl. Ing. Nemestothy, Referatsleiter „Energie“ in der Landwirtschaftskammer Österreich
3. Hr. Ing. Ranftl, Geschäftsführer im Bereich Zimmerei und Alternativenergien der LuxBau GmbH, Hainfeld. Er ist auch Energieberater für „KlimaAktiv“ und das „Land Niederösterreich“
4. Fr. Mag. Griessmair-Farkas, Referentin „Wärme“ für die Österreichische Vereinigung für das Gas und Wärme Fach (FGW)
5. Hr. Dipl. Ing. Strimitzer, Leiter der Abteilung „Nachwachsende Rohstoffe“ bei der Österreichischen Energieagentur, Wien
6. Hr. Mag (FH) Stelzhammer, Geschäftsführer der Energy Changes Projektentwicklung GmbH in Traismauer
7. Hr. Univ. Prof. Dipl. Ing. Dr. Pfeifer, Leiter des Instituts für Energie- und Verfahrenstechnik an der Universität für Bodenkultur, Wien

Der Interviewleitfaden besteht aus vier Bereichen. Pro Themenbereich wurden drei bis vier gezielte Fragen formuliert, welche die jeweilige Forschungsfrage der Masterarbeit thematisieren.

Der Interviewleitfaden im Wortlaut:

Sehr geehrter Hr./Fr. Ing. Mustermann,

Vielen Dank, dass Sie sich die Zeit für ein qualitatives Experten- Interview zum Thema „Energie aus fester Biomasse“ nehmen. Als Energieexperte im Bereich Biomasse und Erneuerbare Energien eignen Sie sich ideal als Interviewpartner für meine Diplomarbeit zum dem Thema „Die Zukunft der festen Biomasse als Energieträger in Österreich“

Der Leitfaden besteht insgesamt aus vier Bereichen:

1. **Wärmeproduktion durch feste Biomasse**
2. **Entwicklung Wärmebedarf und Möglichkeiten für Sommerbetrieb - Biogene Fernkälte**
3. **Stromproduktion aus fester Biomasse**
4. **Kohlendioxid und Nachhaltigkeit**

Einstiegsfrage:

Bioenergie ist vor der Wasserkraft der wichtigste erneuerbare Energieträger in Österreich. Im Jahre 1990 lag der Anteil der Bioenergie am Energie- Bruttoinlandsverbrauch noch bei 9%, bis 2014 stieg der Anteil der Biomasse schon auf 17%. Den Löwenanteil innerhalb der Bioenergien stellt die feste Biomasse mit ca. 80%. Der hohe Anteil an fester Biomasse liegt vor allem im steigenden Einsatz von Holznebenprodukten wie Hackschnitzel oder Rinde für die energetische Verwendung. In absoluten Zahlen wurde im Zeitraum 1990 – 2014 der Biomasseeinsatz in Österreich um das 2,5 fache von 96 PJ auf 237 PJ erweitert. (ÖBMV, 2016; BMLFUW, 2016)

Was waren Ihrer Meinung nach die wichtigsten Einflussfaktoren für den vermehrten Einsatz von Biomasse zur Erzeugung von Wärme, Kälte und Strom in Österreich in den letzten Jahren?

Erwarten Sie in den nächsten Jahren ein ähnliches Wachstum für diesen Energiesektor?

1. Biogene Wärme:

In Österreich gibt es über 2100 Biomasse Heizwerke mit einer thermischen Gesamtleistung von mehr als 1,8 GW (ÖBMV, 2016).

Was sind Ihrer Meinung nach die Gründe für den Erfolg von Biomasse Nah- und Fernwärmesystemen in Österreich in den letzten Jahren?

Welche Vorteile bietet die feste Biomasse im Vergleich zu anderen Primärenergieträgern wie z.B. fossile Energien?

Welche Nachteile oder mögliche Schwierigkeiten sind mit dem Einsatz von fester Biomasse in Nah- und Fernwärmesystemen verbunden?

Der Anteil der Nah- und Fernwärme an der österreichischen Gesamtwärmeproduktion liegt bei über 20%. Der biogene Anteil davon ist von 22% im Jahr 2005 auf über 45% im Jahr 2014 gestiegen. (BMWFW, 2016)

Wie wird sich Ihrer Meinung nach der Biomasse-Anteil der österreichischen Wärmeproduktion in den nächsten Jahren entwickeln und welche energiewirtschaftlichen Rahmenbedingungen werden benötigt um ein Wachstum in diesem Sektor zu erzielen?

Inwiefern konnte die Wärmeproduktion aus fester Biomasse die Erwartungen der Energieexperten erfüllen?

2. Entwicklung Wärmebedarf und Möglichkeiten für die Kältenutzung:

Wie wird sich Ihrer Meinung nach generell der Wärmebedarf unter Berücksichtigung eines möglicherweise sinkenden Wärmebedarfs (z.B. aufgrund von verbesserter thermischer Gebäudeisolierung oder Rückgang der Heizgradtage) in Österreich zukünftig entwickeln?

Mit wärmeren Sommern wird der Kältebedarf in Österreich steigen. Welche Möglichkeiten gibt es, biogene Fernwärme auch im Sommer effizient zu nutzen?

Welche energiewirtschaftlichen Rahmenbedingungen werden benötigt, um mehr biogene Fernkälte in Österreich zu produzieren und so elektrische Energie und Kohlendioxid einzusparen?

3. Stromproduktion aus fester Biomasse in Österreich:

In Österreich sind derzeit 111 Biomasse-KWK-Anlagen mit einer elektrischen Gesamtleistung von mehr als 313 MW und einer Wärmeauskopplung von ca. 4.457GWh pro Jahr in Betrieb. (ÖBMV, 2016)

Was sind Ihrer Meinung nach die Vor- und Nachteile bei der Verstromung fester Biomasse mittels Kraft-Wärme-Kopplung (KWK)?

Welche energiewirtschaftlichen Rahmenbedingungen werden benötigt um vermehrt Biomasse betriebene KWK- Anlagen in Österreich zu betreiben?

Welche Hürden stehen einem Wachstum in diesem Sektor entgegen? Rechnen Sie in den nächsten Jahren weiterhin mit einem Ausbau der Biomasse KWK- Anlagen in Österreich?

4. Kohlendioxid und Nachhaltigkeit:

Die thermische Verwertung der Biomasse gilt als CO_2 neutral. Das bedeutet, dass nur die Menge an Kohlenstoff freigesetzt wird, die vorher schon durch die Photosynthese gespeichert wurde. Trotzdem wird Kohlendioxid z.B. bei Errichtung der Biomasse Anlagen oder bei den Brennstofflieferungen freigesetzt.

Ist es aus Ihrer Sicht gerechtfertigt, CO_2-Emissionen aus Biomasseanlagen als „klimaneutral" einzustufen? Warum?

Im „Drei-Säulen-Modell der Nachhaltigkeit" (BMLFUW, 2016) kann nachhaltige Entwicklung nur dann erreicht werden, wenn folgende Kriterien erfüllt werden:

- **Ökologische Nachhaltigkeit** hat zum Ziel die Natur und Umwelt für die nachfolgenden Generationen zu erhalten. (Artenvielfalt, Klimaschutz, die Pflege von Kultur- und Landschaftsräumen).
- **Ökonomische Nachhaltigkeit** ist gegeben wenn, die Entwicklung so angelegt ist, dass die Wirtschaftsweise dauerhaft eine tragfähige Grundlage für Erwerb und Wohlstand bietet.
- **Soziale Nachhaltigkeit** hat zum Ziel, den Ausgleich sozialer Kräfte und eine auf Dauer zukunftsfähige, lebenswerte Gesellschaft zu erreichen.

Unter welchen Rahmenbedingungen ist Ihrer Meinung nach „Nachhaltigkeit" bei der energetischen Nutzung der festen Biomasse gegeben?

Vielen Dank, dass Sie sich für dieses Interview Zeit genommen haben. Im Anschluss werde ich ein Protokoll zu den Inhalten des Interviews verfassen und Ihnen zur Kontrolle und Freigabe per E- Mail senden. Die Ergebnisse fließen qualitativ in die Arbeit ein und das Interview Protokoll wird im Anhang der Diplomarbeit stehen.

Vielen Dank für Ihr Engagement

Mit freundlichen Grüßen
Nikolaus Böheim

Quellen:

- ÖBMV, 2016. Bioenergie Atlas 2016. S-6-19
- BMLFUW, 2016. Energiebilanz der Holzsortimente. Verfügbar unter: https://www.google.at/?gws_rd=ssl#q=Energiebilanz+der+Holzsortimenete [Abfrage am 6.5.2017]
- BMLFUW, 2016. Energiestatus 2016 Verfügbar unter: https://www.bmwfw.gv.at/EnergieUndBergbau/Energiebericht/Documents/Energiestatus%202016.pdf. [Abfrage, am 7.5.2017]
- BMLUFW, 2016. 3-Säulen der Nachhaltigkeit. Verfügbar unter: https://www.bmlfuw.gv.at/umwelt/nachhaltigkeit/nachhaltigkeit.html [Abfrage am 08.05.2017]
- proHolz Austria, 2016. Der Österreichische Wald. Verfügbar unter: http://www.proholz.at/zuschnitt/51/der-oesterreichische-wald/ [Abfrage am 8.5.2017]

Die Antworten der Interviewten wurden zusammengefasst. Sie flossen qualitativ in den Ergebnisteil ein. Die Interviewprotokolle befinden sich im Anhang dieser Diplomarbeit.

5. Ergebnisse

Im Ergebnisteil wurden die Antworten der Experteninterviews zusammengefasst und teilweise durch Literaturrecherchen ergänzt.

5.1 Zur Entwicklung der Wärmeerzeugung aus fester Biomasse:

In Österreich begann der Ausbau der biomassebetriebenen Nah- und Fernwärmesysteme Ende der 1980er, Anfang der 1990er Jahre. Heute sind energetische Biomasse-Systeme flächendeckend im Land im Einsatz zur Versorgung von öffentlichen, privaten oder Industriekunden mit umweltfreundlicher Wärme. In Österreich gibt es über 2100 Biomasse-Nah- oder Fernheizwerke mit einer thermischen Gesamtleistung von mehr als 1,8 GW. Der biogene Anteil der hierzulande produzierten Fernwärme ist von 22% im Jahr 2005 auf über 45% im Jahr 2014 gestiegen. (Österreichischer Biomasseverband, 2016)

Die technische Entwicklung der Biomasse-Kessel begann mit der industriellen Reststoffverwertung der holzverarbeitenden Industrie vor allem in der Zellstoff-Platten- und Sägeindustrie. In Zeiten, in denen das Holz noch im Wald geschält und entrindet an die „Säge“ geliefert wurde, ergab sich rasch ein Reststoffproblem im Forst. Man begann das Holz mit Rinde an die jeweiligen Industriebetriebe zu liefern. Da der Energiebedarf an vielen Industriestandorten sehr hoch ist, kam die Überlegung der thermischen Verwertung von holzbasierten Reststoffen direkt am Betrieb für die Produktion auf. Dies führte zunächst zur technischen Entwicklung der industriellen Biomassekessel. Mehrere Anlagenhersteller konzipierten in Folge kleinere biomassebetriebene Heizungssysteme für private Kunden mit niedrigem Wärmebedarf. Diese Entwicklung führte zu einem Wettbewerb unter den Biomassekessel-Herstellern hinsichtlich der Anlagen Effizienz, der Regelbarkeit und der Umwelteffekte. Es hat bei den kleineren Anlagen auch einige Zeit benötigt, bis die Anlagentechnik so weit ausgereift war, dass man auch im geringen Leistungsbedarf einen störungsfreien Betrieb gewährleisten konnte. Je kleiner die Anlagen sind, desto schwieriger gestaltet sich der Anlagenbetrieb hinsichtlich Brennstoffbeschickung, Steuerungstechnik und Emissionsverhalten. Ende der 1980er, Anfang der 1990er Jahre begann der Biomasse-Ausbau für die energetische Nutzung. Ab Mitte der 1990er Jahre kamen verstärkt Pellets auf den Markt. Gleich zu Beginn der Biomasse-Bewegung (gegen

Ende des 20. Jahrhunderts) waren die Erwartungen sehr hoch, dass sich hier in enger Kooperation mit der Forstwirtschaft und der Landwirtschaft ein neues Geschäftsfeld entwickelt. Es zeigte sich dann aber, dass die Verbrennungstechnologie und Fördertechnik bei manchen Biomasseanlagen technisch noch nicht ausgereift waren. So dauerte es einige Jahre, bis standardisierte Anlagen auf den Markt kamen. Heute sind Biomassekessel und Biomasse-Nah- und Fernwärmesysteme technisch ausgereifte Anlagen mit extrem hoher Zuverlässigkeit. Biomassekessel „Made in Austria“ sind international gefragt. Österreichische Energieexperten und Kesselhersteller verfügen über ein sehr großes branchenspezifisches „Knowhow“. Dies liegt darin, dass die Forschung und Entwicklung im Biomassebereich stark voran-geschritten ist. Es lässt sich festhalten, dass der Brennstoff Holz hierzulande sehr gut erforscht ist.

Neben Forschung und Entwicklung spielt die Akzeptanz seitens der Bevölkerung eine wichtige Rolle, damit neue Technologien wie Biomasse-Fernwärmesysteme vermehrt zum Zug kommen können.

Bis 2008 waren Biomasse betriebene Anlagen in Österreich in der Öffentlichkeit sehr angesehen. Biomassesysteme waren für Gemeinden und Städte teilweise Prestige-projekte. Zu dieser Zeit gab es auch noch den stärkeren Konsens aller politischen Kräfte im Land, dass die Biomasse-Bewegung weiter voranschreiten solle. Mittlerweile wurde es aber zu einem politischen Streitthema, welche Technologien in welchem Ausmaß wirtschaftliche Förderungen erhalten sollten. Die derzeitigen Energiepreise für Gas und Öl hemmen den Fernwärmeausbau, da der Gaspreis (Gas ist Haupt-konkurrent zur biogenen Fernwärme) noch immer etwas niedriger ist als der Wärmepreis. Ausschlaggebend für den bisherigen und auch für den zukünftigen Ausbau von Biomasse-Heizwerken ist das Umwelt-Förderungsgesetz aus dem Jahr 1993 (UFG), welches im Rahmen der Umweltförderung einen Investitionszuschuss für biomassebetriebene Nah- und Fernwärmeanlagen ermöglicht. Das Förderprojekt wird online in einer Datenbank erfasst. Zur Steigerung der technischen Effizienz und zur Qualitätskontrolle von österreichischen Biomasse-Heizwerken wird ein Teil dieser Datenbank zum Qualitätsmanagement („qm- Heizwerke“) benützt. Dabei wird die Einhaltung der Förderkriterien für Heizwerke und Wärmenetze überprüft.

5.2 Zu den Erfolgsgründen von biogener Nah- und Fernwärme

Eine Vielzahl von biogenen Nah- und Fernwärmesysteme, die in den letzten 30 Jahren errichtet wurden, ersetzen zunehmend fossil Energieerzeugungsanlagen. Sie übernehmen die lokale Wärmeversorgung in vielen Gemeinden. Feste Biomasse ist besonders im Wärmebereich eine sinnvolle Alternative zu Heizöl oder Gas und reduziert die österreichische Energie-Abhängigkeit von anderen Ländern. Aus strategisch-volkswirtschaftlicher Sicht ist es sehr wichtig, die eigenen Energieressourcen optimal auszunützen. Die feste Biomasse kann einen wichtigen Beitrag zur Energieversorgungssicherheit in Österreich leisten.

Ein wichtiger Faktor für den Erfolg von biomassebetriebenen Heizsystemen ist der gesellschaftliche Wille. Man könnte sagen, es gibt eine Art „awareness“ in der Bevölkerung, dass Energie in Österreich nachhaltig und umweltfreundlich bereitgestellt werden soll. Bewusstseinsbildende Maßnahmen und Informationstätigkeiten für die Öffentlichkeit waren sehr wichtig, um diese Branche aufzubauen. Dieser Bereich der Öffentlichkeitsarbeit wird auch weiterhin sehr wichtig bleiben. Außerdem ist das gesellschaftliche Engagement dafür, erneuerbare Energieträger einzusetzen, um Wärme und Strom zu generieren, gestiegen und so auch das Interesse dafür.

Die feste Biomasse ist in Österreich für die Nah- und Fernwärmeversorgung besonders im ländlichen Raum gut geeignet, da der Brennstoff meist regional verfügbar ist. Die Vielzahl von entstandenen Biomasse-Heizwerken sind nicht nur von Energieversorgungsunternehmen errichtet worden, sondern auch von privaten Unternehmen oder Industriebetrieben. Die Brennstofflieferung als neues Geschäftsfeld für land- und forstwirtschaftliche Produzenten führte auch dazu, dass vermehrt Genossenschaften von Holzproduzenten entstanden, die auch Heizwerke und Wärmenetze betreiben. Ein wichtiger Erfolgsfaktor für den starken Ausbau Mitte der 2000er Jahre war die Mobilisierung des Kleinforstes für die Holzbeschaffung. Früher waren die Transportdistanzen zu den Heizwerken viel größer. Es benötigte einige Zeit, bis anfängliche Logistikprobleme gelöst wurden. Die Beschaffung und Verwendung regionaler Biomasse ist auch ein Förderkriterium bei der Umweltförderung. Die Nutzung von regionalen Bioenergien ist ein wichtiger Faktor für die regionale Wertschöpfung und für die Arbeitsplatzsicherung - besonders im ländlichen Raum. Im Bereich der energetischen Nutzung von fester Biomasse gibt es ca. 19.500 Voll-Arbeitsplätze. Fast jeder zweite Arbeitsplatz im Bereich „Erneuerbare Energien“ in

Österreich hängt mit der energetischen Nutzung fester Biomasse zusammen. (Österreichischer Biomasseverband, 2016)

Die Chance der Steigerung der regionalen Wertschöpfung ist aus volkswirtschaftlicher und energiestrategischer Sicht sehr wichtig für Österreich. Besonders im ländlichen Raum, wo die Biomasse anfällt, spielen die Energieunabhängigkeit und die Versorgungssicherheit eine enorme Rolle.

Die feste Biomasse - also Holz - ist ein sehr gut erforschter Brennstoff. Die Biomasse lässt sich gut verarbeiten. Sie ist gut lagerbar, aber man braucht mehr Lagerplatz, da die Energiedichte nicht so hoch ist wie bei fossilen Energien.

Ein großer Vorteil ist, dass die Energieerzeugung aus Biomasse zeitlich unabhängig (also speicherbar und leichter regelbar im Vergleich zur Windkraft- oder Sonnenstromnutzung) ist. Man muss nicht darauf warten, dass die Sonne scheint oder dass Windkraftpotential vorhanden ist. Wenn die Wärme benötigt wird, kann man die Biomasseanlage selbst anfahren und Energie erzeugen.

Durch den Einsatz eines Biomasse-Heizwerks mit Nah- oder Fernwärmeverteilung kann die Luftqualität in einer Region, wo zuvor viele Einzelöfen eingesetzt worden waren, stark verbessert werden. Dies kann durch die effiziente Rauchgasreinigung von modernen Biomasse-Heizwerken gewährleistet werden. Diese Verbesserungen der Luftqualität in einer Region werden von der Bevölkerung oft rasch registriert und positiv bewertet. Kleine private Holzöfen oder private Hackschnitzelanlagen können nicht so hohe Feuerungstemperaturen erreichen wie große Biomassekessel. Dementsprechend ist auch der Schadstoffanteil und das Abbrandverhalten bei kleinen Öfen problematischer und schwieriger kontrollierbar.

Auch im urbanen Raum ist gerade die Fernwärme aufgrund der leichten Handhabung eine sehr beliebte Alternative zu einer konventionellen Wärmeversorgung. Nachdem der Wärmeanschluss und die Wärmeübergabestation errichtet wurden, können Wärmekunden langfristig, bequem und ohne zusätzliche Wartungs- und Instandhaltungskosten Warmwasser beziehen. Die Fernwärme ist ein sehr komfortables Produkt, da - im Vergleich zur Energieversorgung mit Gas oder Öl – bei der Fernwärmeversorgung Wartungs- Reinigungs- und Kesselerneuerungskosten wegfallen.

Aus wirtschaftlicher Perspektive (hinsichtlich Rentabilität) kann man sagen, dass die Fernwärmeerzeugung auf Basis fester Biomasse ein eher bescheidenes Geschäftsfeld ist, welches aber durchaus seine Berechtigung hat. Bei der Energieversorgung ist

- wie bei vielen Infrastrukturprojekten - meist erst auf lange Sicht mit Gewinnen zu rechnen. Bei Biomasse-Fernwärmeprojekten können für Anlagenbetreiber Amortisationszeiten von bis zu 20 Jahren entstehen.

.

5.3 Zu den Nachteilen von biogenen Wärmesystemen

Trotz moderner Filterausrüstung und Rauchgasreinigungstechnologien weichen dezentrale Biomasse-Anlagen meist an den Rand einer Gemeinde oder - wenn vorhanden - auf ein Industriegebiet aus, damit Emissionen für die Bevölkerung so gering wie möglich gehalten werden können. Es kann z.B. durch die Anfuhr von Biomasse zu Emissionen geringerem Ausmaßes kommen mit z.B. zu Staub- oder Lärmemissionen. Schwierigkeiten können in diesem Bereich auch entstehen, wenn die Wärmeerzeugungsanlage im selben Gebäude wie die Energieverbraucher situiert ist. Hier können wiederum Lärm- und Staubemissionen ein Thema sein. Des Weiteren wird durch die Anfuhr der Biomasse das Verkehrsaufkommen etwas erhöht. Die Auswahl des geeigneten Standortes ist ein sehr wichtiger Faktor bei der Projektierung von Biomasse-Heizwerken. Eine geeignete Lösung speziell für kleine Wärme-Verbrauchsschwerpunkte im urbanen Raum sind sog. „Modul-Anlagen“ die etwas abseits der Wärmekunden max. ein Kilometer entfernt an einem günstigen Standort errichtet werden. Solche Anlagen können mit Beton-Fertigbauteilen rasch errichtet werden. Sie verfügen über einen Biomassekessel mit max. 800 kW. Das sind standardisierte Anlagen für die Erzeugung von umweltfreundlicher Nahwärme.
Schwierigkeiten können aber auch bei der Lagerung der festen Biomasse entstehen. So werden aufgrund der eher geringen Energiedichte im Vergleich zu fossilen Brennstoffen zumeist große Lagerkapazitäten gebraucht. Bei der Bevorratung im Freien kann es zu einer Selbstentzündung oder zu einem biologischen Abbau bei Regenexposition kommen. Bei der energetischen Nutzung von Stroh kann es Probleme bei der Brennstoffbeschickung geben. Das Ascheschmelzverhalten kann ein problematischer Faktor im Hinblick auf Schlackenbildung sein. Bei Stroh-Einstreu können die chemischen und physikalischen Eigenschaften des Brennstoffs stärker variieren - im Vergleich zu Hackschnitzel oder Pellets. Bei industriellen (also großen) Anlagen sind das Probleme, die durch einen effizienten Anlagenbetrieb in den Griff zu bekommen sind.

Die Klimaerwärmung ist mit wärmeren Wintern deutlich spürbar und im durchschnittlichen Rückgang der Heizgradtage abbildbar. Man bemerkt einen generellen Trend des zurückgehenden Wärmebedarfs. Dennoch ist der Rückgang der Heizgradtage nicht zwingend vorausgezeichnet. Gerade der Winter 2016/17 mit dem kältesten Jänner seit 30 Jahren hat deutlich gezeigt, dass eine diversifizierte Wärmeversorgung in unserer Energielandschaft in Spitzenlastzeiten erforderlich ist. In den Fernwärmenetzen im urbanen Bereichen, wo Wohnraumwachstum besteht, werden derzeit Verdichtungsmaßnahmen durchgeführt. So kann man den Wärmeabsatz in diesen Netzen konstant halten. Im ländlichen Gebiet nimmt der Wärmeabsatz eher ab, da Energieeffizienzmaßnahmen von Hauseigentümern umgesetzt werden. Die Energieeffizienz und die thermische Gebäudesanierung haben trotz geringer Energiepreise und relativ niedriger Sanierungsraten in Österreich Einzug gehalten. Das könnte zukünftig sinkende Wärmeabsätze für Biomasse-Anlagenbetreiber bedeuten. Mit verhältnismäßig geringen Maßnahmen im Gebäudebereich - wie zum Beispiel die Isolierung der obersten Geschossdecke oder einem Fenstertausch - kann eine Energieeinsparung erzielt werden, die dann zu einer geringeren Wärmenachfragen führt.

Im kleinen Leistungsbereich gibt es die Konkurrenzsituation zu anderen Technologien. Es deutet alles darauf hin, dass entweder immer mehr Gebäude thermisch saniert werden und dass bei Neubauten die Entwicklung in Richtung Passivhaus oder zumindest Niedrigenergiehaus geht. Neubauten von Einfamilienhäusern sind beliebter als die Sanierung alter Einfamilienhäuser. Diese Branche verzeichnet ein konstantes Wachstum**.** In diesem Bereich gibt es aber auch alternative Technologien für die Wärmeversorgung wie z.B. Wärmepumpen oder Solar- und Photovoltaik-Anlagen. Diese Technologien drängen immer stärker in den Wärmemarkt. Bei der Wärmepumpe - vor allem unter Berücksichtigung des verstärkten Ausbaus der Luft-Wärmepumpen (LWP) - muss auf die Gefahren der Elektrifizierung des Wärmemarktes hingewiesen werden: Speziell LWPn erreichen an besonders kalten Wintertagen sehr niedrige Arbeitszahlen und können den Stromverbrauch deutlich heben. Im Jahr 2015 betrug die installierte thermische Gesamtleistung der in Österreich installierten Luftwärmepumpen über 900 MW. (Benke, 2017) Im Winter erzeugen die heimischen Wasserkraftwerke aufgrund niedriger Wasserstände weniger Strom. Diese Konstellation kann in weiterer Folge zu Notwendigkeit von steigenden Stromimporten nach Österreich führen.

Ein mögliches Hemmnis für den verstärkten Ausbau der energetischen Nutzung im Biomasse-Bereich ist auch die Wettbewerbssituation mit anderen Teilnehmern am Holzmarkt. Von der jährlichen österreichischen Holzernte werden 80% kaskadisch genutzt, also stofflich verarbeitet und erst nach Ende der Produktlebenszeit energetisch genutzt. 20% der jährlichen Holzernte werden direkt zu Brennholz in Form von Scheitholz oder Hackschnitzeln verarbeitet. Obwohl speziell die Zellstoffindustrie oft große Biomasse-Anlagen zur energetischen Eigenversorgung an Betriebsstandorten betreibt, kann es zu Negativ-Kommunikationen hinsichtlich einer vermehrten energetischen Biomassenutzung kommen. Die Holzindustrie befürchtet wahrscheinlich eine aus der erweiterten energetischen Nutzung resultierende Preissteigerung des Holzes. Die Zellstoff-, Platten- und Möbelindustrie verwendet aber für ihre Produkte andere Holzsortimente als die Energiebranche. Für die energetische Verwertung sollte im Idealfall nur industrielles Restholz und das anfallende Holz bei der Landschaftspflege (z.B. bei der Durchforstung von Wäldern) verwendet werden.
Die Preisentwicklung für Schleifholz in Österreich zeigt, dass der Preis im Besonderen im Jahr 2010 gestiegen ist - mit einem Höchststand 2013 von ca. 41 Euro pro Festmeter. Seit 2014 sind die Preise für Faser- und Schleifholz wieder gesunken und befinden sich jetzt im Bereich um 36 Euro pro Festmeter.

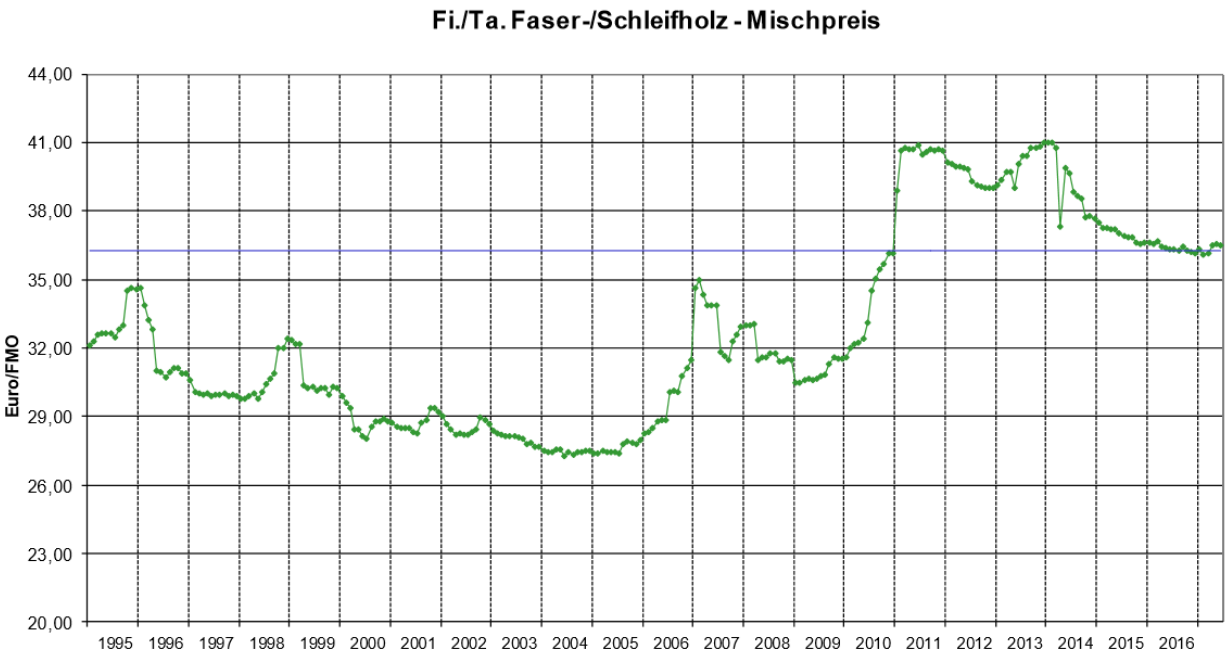

Abbildung 16: Preisentwicklung - Faser- Schleifholz Mischsortiment
(Quelle: Landwirtschaftskammer Österreich, 2017)

Die Preise für Energieholz - z.B. Hackgut - sind ebenfalls in den letzten Jahren gestiegen. Dennoch ist der Biomassepreis und der Holzpreis nicht so volatil wie bei anderen Energieträgern (z.B. fossilen Energien). Somit ist bei Biomasse-Projekten eine gewisse Planungssicherheit hinsichtlich der Brennstoff-Preisstabilität gegeben.
Die folgende Abbildung zeigt die reale und die nominale Entwicklung des Rohölpreises von 2000-2040:

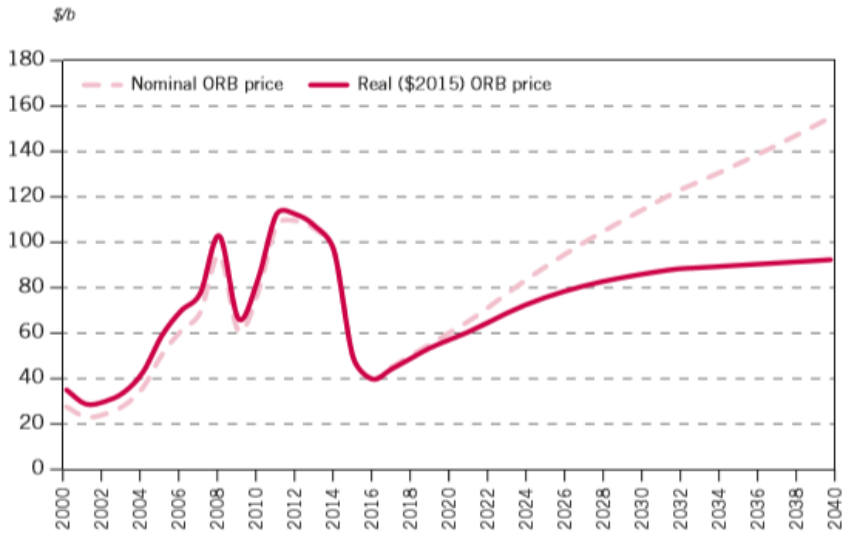

Abbildung 17: Entwicklung des Erdölpreises (Quelle: OPEC - World Oil Outlook, 2016)

Die Preise für Rohöl (als Bsp. OPEC-ORB price) waren in den letzten Jahren sehr volatil mit einem Höhepunkt 2011 und 2012 bei einem Erdölpreis von ca. 120 $/barrel. Zurzeit sind die die Preise für Rohöl sehr niedrig mit ca. 52 $/barrel. Die Prognosen deuten zukünftig wieder auf einen kontinuierlichen Anstieg des Preises hin. Wichtigster Grund dafür ist die weitere Steigerung des globalen Ölbedarfs. Die Rohöl-Nachfrage wächst vor allem außerhalb des OECD-Raums. (OPEC, 2016)

5.4 Grüne Fernkälte: Zum Absorptions-Kältekreislauf

Biomasse KWK-Anlagen Betreiber sind in den Sommermonaten zumeist mit dem Problem der fehlenden oder geringeren Wärmenachfrage konfrontiert. Eine alternative Lösung, Abwärme einer Biomasse KWK-Anlage im Sommer dennoch effizient zu nutzen, bietet die Fernkälte. Für die energetische Nutzung der festen Biomasse hat sich hier ein neues Geschäftsmodell aufgetan. Fernkältesysteme werden mit heißwasserbefeuerten Absorptionskälte-Anlagen betrieben, anstatt mit elektrisch

betriebenen Kompressions-Anlagen. Von grüner oder biogener Fernkälte spricht man, wenn die verwendete Abwärme erneuerbar - z.B. aus einer Biomasse Anlage - bezogen wird. Ein Beispiel hierfür ist die Kälteversorgung des Landesklinikums in Mistelbach, da hier die bezogene Wärme aus einer regionalen Biomasse KWK-Anlage stammt. (siehe folgendes Kapitel). Durch den Einsatz von Fernkälte kann überschüssige Fern- oder Abwärme sinnvoll zur Kühlung von meist größeren Einrichtungen wie z.B. Krankenhäusern, Universitäts- oder Bürogebäuden verwertet werden. Ein Ziel der Europäischen Union ist es, den Anteil an erneuerbarer Energie im Wärme- und Kältesektor jährlich um 1% zu erhöhen. In Österreich werden bereits etliche Gebäude mit umweltfreundlicher Fernkälte versorgt. Beispiele sind die Kälteversorgung des Wiener Allgemeinen Krankenhauses und des Wiener Hauptbahnhofs.

Folgend wird die Funktionsweise einer Absorptions-Kältemaschine beschrieben:

Bei gewöhnlichen mechanischen Dampfkompressions-Anlagen verdampft ein Kältemittel bei niedrigen Temperaturen und sorgt somit für die Kühlung. Dabei wird durch eine Druckerhöhung im Kompressor mit anschließender Abkühlung das Kältemittel kondensiert. Kompressionsanlagen benötigen meist einen über einen Elektromotor betriebenen Kompressor. Bei einer Absorptionskälteanlage sind Verdampfer und Kondensator im Wesentlichen gleich, ein Chemikalienabsorber und Thermogenerator ersetzen den Kompressor. Druckänderungen werden mit einer Pumpe bereitgestellt. Diese verbrauchen weniger Strom als Kompressoren.

Ein Schema eines Absorptions-Kältekreises ist in Abb. 18 dargestellt:

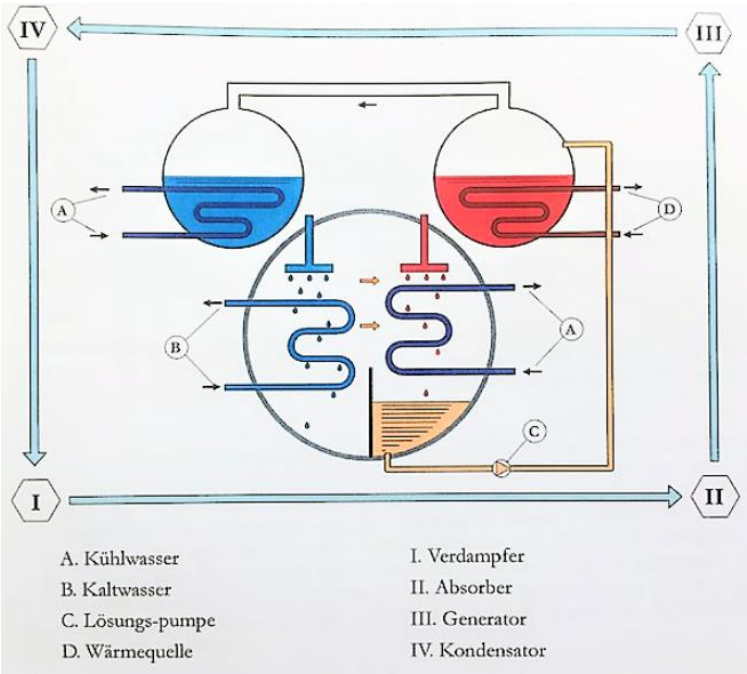

Abbildung 18: Absorptions-Kältekreislauf (Quelle: Thermax, s.a.)

Der Bereich links unten im Absorptions-Kreislauf (I) wird als Verdampfer bezeichnet. Das Kältemittel Wasser verdampft bei sehr niedrigem Druck und bei einer Temperatur von 3,7°C. Rechts davon befindet sich der Absorber (II). Hier wird eine wässrige, hygroskopische Salzlösung (Lithiumbromid) eingesprüht. Die bei der Absorption erzeugte Wärme wird über das Kühlwasser-Rohrbündel abgeführt. Um die Lithiumbromidlösung wieder aufzutrennen, benötigt man Wärme. Hier kommt die Fernwärme ins System. Der rechte obere Bereich wird als Generator (III) bezeichnet. Hier wird Wärmeenergie in Form von Fernwärme zugeführt, um das Wasser aus der Salzlösung zu verdampfen. Diese Wasserdämpfe werden in Folge zum Kondensator (IV) - einem Wärmetauscher – gepumpt, wo die Wasserdämpfe kondensieren. Dieses kondensierte Wasser dient als Kältemittel, welches wieder in den Verdampfer eingesprüht wird. (Thermax, s.a.)

5.4.1 Fernkälte für das Landesklinikum Mistelbach

Im Zuge des Neu- und Zubaus des Landesklinikums in Mistelbach wurde die Kälteversorgung zur Erzeugung von Kaltwasser zur Kühlung - z.B. von Operationsräumen, Intensivstationen, medizinischen Geräten und Serverräumlichkeiten - von elektrisch betriebenen Kompressions-Kältemaschinen auf „grüne Absorptionskälte“ und „Free-Cooling“ umgestellt. Die Fernwärme wird ganzjährig über eine lokale Biomasse KWK-Anlage eines Sägewerkes bereitgestellt. Mit der Fernkälte kann überschüssige Abwärme der KWK-Anlage mit Absorptionskälte-Anlagen effizient genutzt werden. Baubeginn für das Fernkälteprojekt war im Oktober 2013, die Fertigstellung im Juni 2014. Der Kältebedarf für die Klimatisierung des Krankenhauses beträgt ca. 3 GWh pro Jahr. Er kann zu 62% von der Absorptionskälte-Anlage und der Free-Cooling Anlage gedeckt werden. Die übrige Kälte wird über die Kompressions-Kältemaschinen erzeugt.

Im Zuge des Umbaus wurde eine Absorptionskältemaschine mit einer Fernwärmeleistung von 1 MW errichtet (Fernwärmeanschluss DN 125). Das Wärmeverhältnis β beträgt 0,7 somit liegt die max. Kälteleistung bei 700 kW. Die neu errichtete Free-Cooling Anlage für die Kälteversorgung in den Wintermonaten hat eine Kälteleistung von 500 kW und die Jahresarbeitszahl beträgt ca. 25. Des Weiteren können vier Kompressions-Kältemaschinen mit jeweils 800 kW (JAB: 3-4) zu Spitzenlastzeiten

oder als Ausfallreserve die benötigte Kälte erzeugen. Die Dach- Rückkühlung besteht aus 4 Rückkühlern mit jeweils 850 kW.

Folgend werden der Winter- und Sommerbetrieb der Anlage beschrieben.

In den Wintermonaten beträgt der max. Kältebedarf ca. 220 kW. Die Vorlauftemperatur des Kaltwassers beträgt 8°C und die Rücklauftemperatur ca. 14°C. Wenn die Außentemperatur <6°C beträgt, kann die Kälte rein über die Free-Cooling Anlage und über die Rückkühlung am Dach des Krankenhauses bereitgestellt werden. Dabei wird in der Rückkühlung über die Außenluft Kühlwasser mit 7°C erzeugt und in der Free-Cooling Anlage weiter zu Kaltwasser mit 8°C. Dieses Kaltwasser wird in das System geleitet und dient der Klimatisierung der Krankenhausräumlichkeiten.
In den folgenden Abbildungen ist links die Free-Cooling Anlage abgebildet und rechts die Rückkühlung des Kältesystems auf dem Dach des Gebäudes:

Abbildung 19: Free-Cooling Anlage und Rückkühler (Quelle: Eigene Darstellung)

Wenn in den Wintermonaten die Außentemperatur auf über 6°C steigt, wird die benötigte Kälte mit den Kompressions-Kältemaschinen (siehe Abbildung unten) erzeugt.

Abbildung 20: Kompressions- Kältemaschine (Quelle: Eigene Darstellung)

Die elektrisch betriebenen Kompressions-Kältemaschinen sind aber auch noch in den Sommermonaten von großer Bedeutung. An extrem heißen Tagen kann nämlich die Leistung des Absorbers etwas zurückgehen.

In den Sommermonaten wird die Absorptions-Kältemaschine eingesetzt. Aufgrund einer vorgeschriebenen Mindestlast von über 100 kW des Absorbers ist es zumeist nur von Mai bis September möglich, mit dem Absorber zu kühlen. In diesem Zeitraum ist jedoch der Kältebedarf am höchsten und beträgt im Mittel 1,2–2 MW. Die Systemtemperaturen sind niedriger als in den Wintermonaten. Der Vorlauf hat 6°C und die Rücklauftemperatur beträgt 12°C.
Die für den Absorber benötigte Fernwärme wird von einer nahegelegenen Biomasse KWK-Anlage bereitgestellt.

Abbildung 21: Fernwärmeanschluss und Absorptions-Kältemaschine (Quelle: Eigene Darstellung)

Die eingesetzte Fernwärme wird über ein lokales Fernwärmenetz direkt für den Betrieb des Absorbers in die Kältezentrale des Krankenhauses geliefert. Außerdem wurde ein Kaltwasserspeicher mit einem Fassungsvermögen von 100m³ direkt neben dem Gebäude installiert. Die Netzpumpen werden benötigt, um die erzeugte Kälte im System zu befördern.

Abbildung 22: Kältespeicher und Kaltwasserpumpen (Quelle: Eigene Darstellung)

Durch die Substitution von elektrisch betriebenen Kompressions-Kältemaschinen auf grüne Fernkälte können jährlich durch das Landesklinikum Mistelbach ca. 400 MWh Primärenergie und 260t CO_2- Emissionen eingespart werden. Verglichen mit der Ausgangssituation entspricht das einer Verringerung des jährlichen Kohlendioxid-Ausstoßes um 33%. Des Weiteren wird die Kälte-Versorgungssicherheit erhöht, da einerseits aus Abwärme und andererseits mit Strom gekühlt werden kann. Die Fernkälte trägt damit zur Auslagerung des Anlagenrisikos bei. (Herrisch, s.a.)

5.5 Zur Fernkälte – Hemmnisse und Schwierigkeiten

Ebenso wie bei Strom- und Wärmeprojekten auf Basis von fester Biomasse sind auch bei Fernkälte-Anlagen Förderungen für einen wirtschaftlich nachhaltigen Betrieb notwendig. Dementsprechend benötigt es politische Bereitschaft, in das österreichische Fernkälte-System zu investieren. Im Rahmen des Wärme- und Kälteleitungsausbaugesetzes von 2014 muss es weiterhin Förderungen geben um einen wirtschaftlichen Anreiz für Anlagenbetreiber zu setzen. Dieses Bundesgesetz sieht ähnlich wie bei Nah- und Fernwärmeanlagen vor, dass Kälte-Systeme - also

Erzeugungsanlagen und Verteilsystem (Kältenetz) - mit einem einmaligen Investitionszuschuss wirtschaftlich unterstützt werden.
Des Weiteren ist es aus wirtschaftlicher Sicht wichtig, dass die verwendete Abwärme für den Betrieb der Absorptions-Kältemaschine relativ günstig bezogen werden kann - z.B. die überschüssige Abwärme einer KWK-Anlage in den Sommermonaten. Oft ist es aber so, dass industrielle KWK-Anlagen meist am Stadtrand (nicht in unmittelbarer Nähe größerer Kältekunden wie öffentlichen Gebäude oder Bürogebäude) situiert sind. Somit kommen Industriebetriebe für die Fernkälteerzeugung nur begrenzt in Frage.
Obwohl der Kältebedarf zunehmen wird, erwarten Experten, dass ähnlich wie bei der Wärmeversorgung die Entwicklung in der Gebäudearchitektur ebenso wie in der thermischen Gebäudeisolierung zügig voranschreiten wird. Eine gewisse Kühlwirkung kann bereits durch eine effiziente Gebäudeplanung erreicht werden. Diverse Varianten von Beschattungssystemen - Außenjalousien oder Arkadengänge - sind relativ einfache Maßnahmen, mit denen eine respektable Kühlwirkung erzielt werden kann.
Generell lässt sich festhalten, dass das Heizen von Gebäuden von der österreichischen Bevölkerung als wichtiger gesehen wird, als die Kühlung. Es gibt noch dazu immer mehr Menschen, die allgemein mit Klimaanlagen unzufrieden sind – auch, weil sie das Gefühl haben, diese würden gar nicht benötigt.

5.6 Zur Kraft-Wärme-Kopplung mit Biomasse in Österreich

Im europäischen Vergleich weist Österreich generell einen sehr hohen Anteil an erneuerbaren Energien in der Stromproduktion auf. Die wirtschaftliche Förderung von Ökostrom-Anlagen ist von hoher politischer Bedeutung. (Rihs, 2012) In Österreich sind derzeit über 111 Biomasse KWK-Anlagen mit einer elektrischen Gesamtleistung von mehr als 313 MW und mit einer Wärmeauskopplung von ca. 4.457 GWh pro Jahr in Betrieb. (Österreichischer Biomasseverband, 2016)
Wie in Abbildung 23 ersichtlich, wurde in Österreich nicht nur großflächig die Wärmeproduktion aus fester Biomasse ausgebaut, sondern auch die biogene Stromproduktion. Die räumliche Verteilung der Biomasse-Standorte begünstigt eine regionale Anlieferung der Biomasse mit kurzen Anfuhrdistanzen:

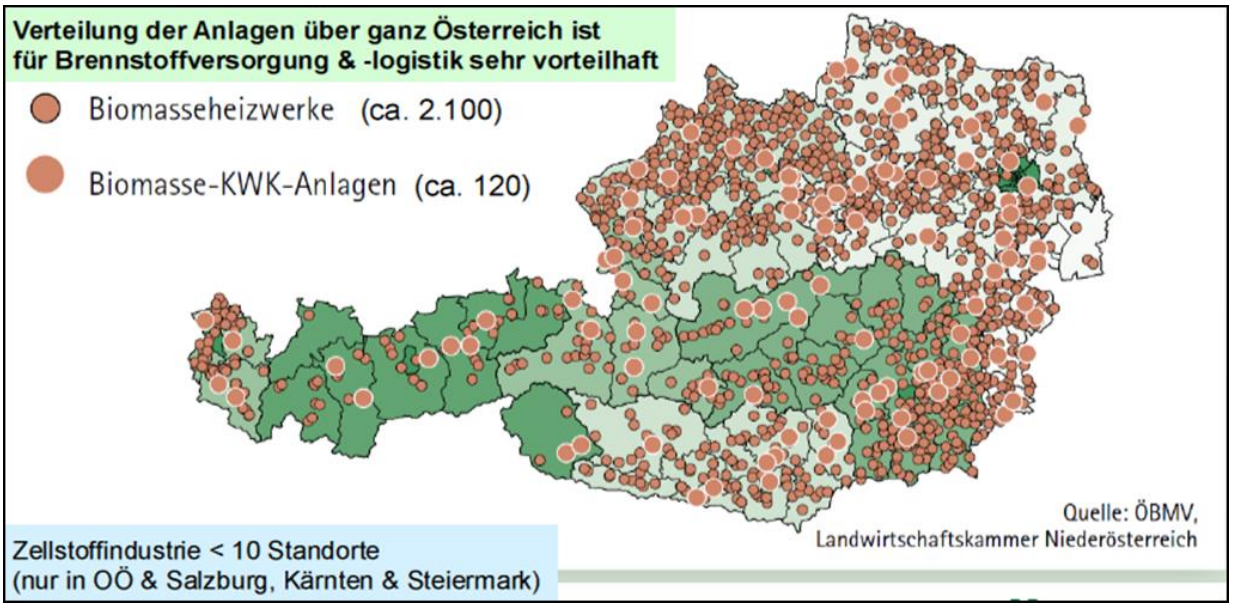

Abbildung 23: Biomasse Landkarte des Österreichischen Biomasse Verbands (Quelle: ÖBMV,2016; Nemestothy, 2017)

Das größte Biomasse-Heizkraftwerk in Österreich ist das „Waldkraftwerk Simmering“, welches jährlich über 166 GWh Ökostrom produziert. Besonders das Ökostromgesetz von 2002 begünstigte den Ausbau von biogen betriebenen Verstromungs-Anlagen. Mit dem Ökostromgesetz wollte man für Biomasse KWK-Anlagenbetreibern einen wirtschaftlichen Rahmen eröffnen, mit der Möglichkeit, für den in das öffentliche Netz eingespeisten Ökostrom einen für 13 Jahre fixen Einspeisetarif zu erhalten. Dieses Fördermodell wurde bis heute beibehalten. Zusätzlich gab es weitere kleinere Förderungen für Biomasse Projekte, die von Bundes- bis auf Gemeindeebene gestaltet wurden, um den Ausbau der Biomasseverstromung zu fördern. Die Einspeisetarife sind nach Anlagengröße gestaffelt. Sie bewegen sich im Schnitt zwischen 12 Cent und 20 Cent pro eingespeister kWh Ökostrom. Nach Vertragsabschluss gilt der zugesagte Einspeisetarif für 13 Jahre.

Mit dem Ökostromgesetz von 2006 wurde die Ökostrom-Abwicklungsstelle eingerichtet, welche die Betriebsförderung für KWK-Anlagenbetreiber koordiniert. (Rihs, 2012)

Diese, für die Biomasse-Branche günstigen energiewirtschaftlichen Rahmenbedingungen führten zwischen 2004-2007 zu einem Ausbauboom an Biomasse KWK-Anlagen. Alleine in diesem Zeitraum sind ca. 100 Biomasse KWK-Anlagen in Österreich in Betrieb gegangen. Nach der Ökostromnovellierung von 2006 ist die Zahl der Neuerrichtungen wieder gesunken. Die Ökostromnovellierung 2012 brachte einen

Anstieg bei Windkraftanlagen und Photovoltaiksystemen. Hinsichtlich der biogenen Brennstoffe gab es keine besonderen Veränderungen. Die eingespeiste Ökostrommenge - generiert durch feste Biomasse - ist seit 2008 weitgehend gleichgeblieben, bei ca. 2000 GWh pro Jahr. Während einige neue Anlagen dazugekommen sind, mussten vereinzelt Biomasse-Anlagen ohne Wärmeauskopplung den Betrieb einstellen. Gründe dafür waren der niedrige Großhandelspreis für Strom im Vergleich zu den hohen Energie-Gestehungskosten einer Biomasse KWK-Anlage. Bei der reinen Verstromung von Biomasse können ohne Abwärmenutzung nur Gesamtwirkungsgrade von 25%$_{e}$–30%$_{el}$ erreicht werden. Hinsichtlich solcher eher ineffizienten Anlagen gab es bereits eine Marktbereinigung in Österreich.

5.7 Zu den Vorteilen von Biomasse KWK-Anlagen

Mit Biomasse KWK-Anlagen versucht man den Brennstoff Biomasse bestmöglich energetisch zu verwerten. Es gibt die Möglichkeit neben der Stromerzeugung Wärme auszukoppeln und diese zu nutzen. Der Betrieb von KWK-Anlagen ist vergleichsweise günstiger, als wenn nur rein Strom in einem konventionellen Großkraftwerk ohne Wärmenutzung produziert wird. Der elektrische Wirkungsgrad ist in so einer Großanlage zumeist höher. Der Gesamtwirkungsgrad (elektrisch und thermisch) ist jedoch bei der Biomasse KWK-Anlage mit ca. 60%-80% höher. Kraft-Wärme-Kopplung ist eine Schlüsseltechnologie mit dem Vorteil der Steigerung der Primärenergieeffizienz.

Ein weiterer Vorteil von Biomasse KWK-Anlagen ist, dass sie Grundlast-Strom liefern. Sie können über 8000 Betriebsstunden erreichen. Damit unterliegen sie hinsichtlich der Energieerzeugung keinen saisonalen Schwankungen. Hier hat die energetische Anwendung der festen Biomasse einen großen Vorteil zu anderen erneuerbaren Energieträgern (wie z.B. Photovoltaik-Anlagen, Wasserkraftwerken oder Windkraft-Anlagen). Gerade an kalten Wintertagen, wenn viel Strom und Wärme benötigt wird, können Biomasse KWK-Anlagen zuverlässig und leicht regelbar eingesetzt werden. Deren Betrieb ist speziell in den kalten Wintermonaten mit hoher Energienachfrage eine verlässliche und umweltfreundliche Art der heimischen Energieerzeugung aus

erneuerbaren Ressourcen. Biomasse KWK-Anlagen festigen die Energieversorgungssicherheit in Österreich und verringern Stromimporte aus Atomkraft und fossiler Erzeugung.
Ein wichtiger Vorteil liegt auch darin, dass es in Österreich eine hohe Verfügbarkeit von industrieller und forstwirtschaftlicher Biomasse gibt. Dazu kommt hierzulande Schadholz, welches durch Schadholzereignisse wie z.B. Käferkalamitäten oder Sturmschäden entsteht. Die forstwirtschaftlichen Produzenten sind gesetzlich dazu verpflichtet dieses Schadholz aus dem Wald zu entfernen. Die energetische Nutzung von regionalen Holzabfällen oder Schadholz ist eine sinnvolle Verwertung dieses Rohstoffs. Die energetische Nutzung von Reststoffen oder von Abfall wird zukünftig immer wichtiger werden.

5.8 Zu den Nachteilen von Biomasse KWK-Anlagen

Die energiewirtschaftlichen Rahmenbedingungen in Mitteleuropa führen derzeit dazu, dass Energieimporte nach Österreich billiger sind als die Energie aus der Eigenproduktion. Der Strompreis ist auf Grund mehrerer Faktoren sehr niedrig. Zum einen ist Österreich umgeben von Ländern mit Atomkraft-Nutzung und Atomkraftwerke können mit niedrigen Energiegestehungskosten betrieben werden. Zum anderen fördert der Energie-Ausbau Deutschlands im erneuerbaren Bereich eine Stromüberproduktion vor allem in den Sommermonaten, besonders in den Sektoren Windkraft und Photovoltaik. Energiewirtschaftliche Rahmenbedingungen sollten für „Level playing fields“, (das heißt: gleiche Wettbewerbsbedingungen) für alle Energieträger sorgen. Derzeit verlangt man lautstark von den Produzenten erneuerbarer Energien, dass sie unter Marktbedingungen wettbewerbsfähig agieren. Gleichzeitig gibt es jedoch keinen Energieträger, der ohne politische oder wirtschaftliche Förderungen auf dem Markt existieren kann. Wenn man will, dass erneuerbare Energien - z.B. Biomasse - wettbewerbsfähig und marktreif werden, sollten politische Akteure für „Level playing fields“ sorgen. Solange bei fossilen und atomaren Energieträgern die externen Kosten nicht abgebildet werden, ist der Energiepreis nicht richtig wertgeschöpft. Es müsste ein Ansatz geschaffen werden, welcher die Subventionen und rechtlichen Begünstigungen fossiler Energien ausräumt und ein Einpreisen von externen Kosten - z.B.

Entsorgungskosten für Demontage der Anlagen, Folgekosten oder Renaturierungskosten - beinhaltet. Dann wäre es für erneuerbare Energien viel einfacher, wettbewerbsfähig am Energiemarkt aufzutreten. Hinsichtlich der „Economies of Scale“ (sinkende Kosten bei steigender Produktionsmenge) lässt sich festhalten, dass die Wirtschaftlichkeit einer Biomasse KWK-Anlage mit der Leistungsauslegung der Anlage in Verbindung steht. So sind die Stromgestehungskosten größerer KWK-Anlagen geringer als bei kleineren Anlagen. Das bedeutet, dass es für kleine dezentrale KWK-Anlagenbetreiber schwieriger ist als für große Betreiber, bei sinkenden Energiepreisen und Einspeisetarifen einen wirtschaftlichen Betrieb der Biomasse-KWK zu führen.

Die energiewirtschaftlichen Rahmenbedingungen sprechen derzeit gegen einen weiteren größeren Ausbau der Biomasse KWK-Infrastruktur. Durch ein Auslaufen der Einspeisetarife ist nämlich schon jetzt ein Trend in Richtung Schließung von Anlagen zu erkennen. Es wird voraussichtlich nach Auslaufen dieser Tarife zu Stilllegungen oder zu begrenzten Laufzeiten der Anlagen kommen. Wenn in den nächsten Jahren keine Verlängerung der Einspeisetarife stattfindet, könnte die gesamte Biomasse KWK-Branche wegbrechen. Ohne Ökostrom-Förderung ist nämlich unter den gegebenen Rahmenbedingungen kein wirtschaftlicher Betrieb möglich. Ein Ausbau der Biomasse KWK-Infrastruktur ist nur bei einer Verlängerung der Einspeisetarife für bereits bestehende Anlagen und zusätzliche Förderungen für Neuerrichtungen möglich.

Ein zukünftiges Hindernis könnte die lokale bis regionale Biomasseaufbringung darstellen. Die Mobilisierung der Forstwirtschaft war ein wichtiger Erfolgsfaktor für den Biomasse KWK-Ausbau in Österreich. Wenn aber viele KWK-Anlagen aufgrund wirtschaftlicher Probleme nicht mehr ganzjährig laufen und die Nachfrage nach fester Biomasse wieder sinkt, wird es zu Biomasse-Überkapazitäten und in weiterer Folge zu einem möglichen Preisverfall für Energieholz kommen. Anzunehmen ist, dass zuerst der Kleinforst als Biomasselieferant ausfallen wird. Dann wird die Beschaffungsplanung komplexer und es könnte zu Lieferengpässen kommen. Die Lagerung von Rundholz bzw. die Errichtung von Lagerhallen für Biomassebevorratung werden in Zukunft eine noch wichtigere Rolle bei der Planung von Biomasse KWK-Anlagen spielen.

Der energetischen Nutzung fester Biomasse wird oftmals nachgesagt, im Wettbewerb zur stofflichen Nutzung der holzverarbeitenden Industrie zu stehen. Österreich hat eine sehr große und international wettbewerbsfähige Holzindustrie. Österreich importiert

zwar im internationalen Vergleich sehr viel Holz, doch liegt das an der leistungsfähigen gut positionierten holzverarbeitenden Industrie (Zellstoffindustrie, Sägeindustrie und Plattenindustrie). Die österreichische Plattenindustrie als Beispiel hat eine Exportquote von ca. 80%. Während die Platten- und Sägeindustrie der energetischen Nutzung der festen Biomasse neutral gegenüber steht, ist die Papierindustrie teilweise dem Bau größerer KWK-Anlagen negativ gesinnt. Festzuhalten ist, dass bei der energetischen Nutzung der festen Biomasse das verwendete Holz als Reststoff anfallen bzw. aus kaskadischer Nutzung stammen sollte. Für die Zellstoffindustrie kommen jedoch auch nur ca. 50% des verwendeten Holzes für die Papiererzeugung in Frage, da entrindetes Holz einen Anteil von ca. 50% Cellulose, 25-30% Hemicellulose, 20% Lignin und ein paar Prozent Harze hat. Bei der chemischen Auftrennung werden die 50% Cellulose abgetrennt. Zusätzlich mit der Rinde, können über 50% der Biomasse ohne kaskadischer Nutzung als Ablauge direkt energetisch verwertet, meist zur Deckung des eigenen Energiebedarfs am Standorts. Im Gegensatz dazu kann bei der Holzplatten-Herstellung ca. 80% und in der Sägeindustrie zumeist 70% des eingesetzten Holzes stofflich genutzt werden. Das anfallende Restholz wird ebenfalls meistens zu Energieholz weiterverarbeitet. Obwohl für Biomasse KWK- Anlagen andere Holsortimente eingesetzt werden und holzverarbeitende Industrien selber große Biomasse Anlagen betreiben, stehen Vertreter der Papierindustrie dem vermehrten Bau von großen Biomasse KWK- Anlagen kritisch gegenüber. Wie schon erwähnt, werden 80% der jährlichen heimischen Holzernte zuerst stofflich genutzt und erst die Reststoffe dienen als Energieträger. 20% werden direkt zu Energieholz verarbeitet.

5.9 Nachhaltigkeit und Kohlendioxid-Neutralität

Die energetische Anwendung der festen Biomasse gilt als CO_2 neutral, da die Pflanzen über die Photosynthese unmittelbar vorher das Kohlendioxid, welches bei der Verbrennung freigesetzt wird, aufgenommen und verwertet haben. Die Verbrennung fester Biomasse verursacht also kein zusätzliches Kohlendioxid in der Atmosphäre. Bei den fossilen Energien, die ja auch zum Teil ein Produkt von Pflanzen sind, wurde der Kohlenstoff vor Millionen Jahren gebunden. Durch die Verbrennung fossiler Energien gelangt der Kohlenstoff über das CO_2 wieder in unsere Atmosphäre. Dieses

„überschüssige CO_2“ kann von den vorhandenen Pflanzen nicht zusätzlich gebunden werden. Somit kommt es zu einer höheren atmosphärischen Konzentration von CO_2, die den Treibhauseffekt und die Klimaerwärmung begünstigt. Seit der Industrialisierung sind die Treibhausgasemissionen vor allem Kohlendioxid in der Atmosphäre verstärkt angestiegen. 1960 betrug der atmosphärische Kohlenstoffgehalt ca. 318 ppm (Parts per Million) während im August 2017 bereits ein Wert von über 400 ppm im Observatorium für atmosphärischen CO2- Gehalt in Mauna Loa, Hawaii, gemessen wurde.

Die folgende Abbildung zeigt den Anstieg des atmosphärischen Kohlendioxidgehaltes zwischen 2013 und 2018:

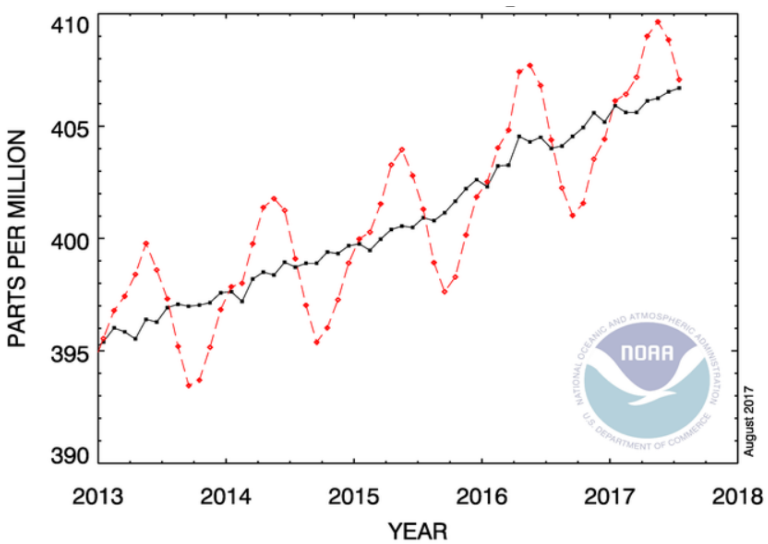

Abbildung 24: Atmosphärische Kohlendioxidkonzentration (Quelle: NOAA, 2017)

Die Verbrennung fossiler Energien gilt als Hauptursache für den Treibhausgasanstieg vor allem Kohlendioxid in unserer Atmosphäre Die jährliche globale Emissionsmenge an CO_2, die durch die Verbrennung fossiler Energien freigesetzt wird beträgt ca. 35 Mrd. Tonnen. Im österreichischen Alpenraum wurde seit 1960 ein mittlerer Temperaturanstieg von 1,5°C festgestellt. (Hasenauer, 2014).

Seit der Industrialisierung kam es in Österreich kontinuierlich zu einer Ausweitung der Waldflächen. Seit den 1950er, 1960er Jahren gibt es einen ständig steigenden Waldanteil und damit einen kontinuierlich steigenden Holzvorrat. Während Grün- und Agrarland stetig an Fläche verlieren, verzeichnet die Waldfläche Österreichs Zuwächse. Über diese Ausbreitung der Wälder und über die Erhöhung des Holzvorrates in der gesamten Europäischen Union entstand generell betrachtet für die

Forstwirtschaft ein „Kohlendioxid-Credit“ (Guthaben) und kein „Debt“ (Schuld). Für die Forstwirtschaft gilt also ein CO_2 Guthaben, welches hinsichtlich der Ausbreitung von Waldflächen generiert werden konnte. Holzartige Biomasse, die aber nicht genutzt im Wald belassen wird, speichert nur eine gewisse Zeit lang Kohlenstoff. Die Kohlendioxid-Bilanz ist besser, wenn die Pflanze oder der Pflanzenbestand noch in der Wachstumsphase sind. Biogene, lebende Materie kann nur begrenzt Kohlenstoff speichern. Irgendwann wird der Kohlenstoff wieder veratmet, zersetzt und abgegeben. Besonders rasch können sich die Kohlenstoffverhältnisse ändern, wenn unvorhergesehene Kalamitäten wie Sturmschäden oder Pilzbefall innerhalb kurzer Zeit große Mengen an Schadholz verursachen. Feste Biomasse dann energetisch einzusetzen, vermindert Emissionen aus fossiler Energieerzeugung. Trotzdem entsteht auch beim energetischen Einsatz fester Biomasse wie bei anderen Energieträgern Kohlendioxid, da es ja zu einer Verbrennung kommt. Außerdem wird durch die Bereitstellung und den Transport der Biomasse, wobei fossile Energien eingesetzt werden, Kohlendioxid frei.

Aufgrund der trotzdem vergleichsweise niedrigen CO_2 Emissionen bei der thermischen Verwertung leistet die Biomassenutzung einen wichtigen Beitrag für die Energiewende in Österreich und vor allem bei der Substitution fossiler Energieträger durch erneuerbare Energien. Eine CO_2-Analyse des gesamten Lebenszyklus‘ der Biomasse wäre sinnvoll und zwar vom Anbau der Pflanze bis zur Entsorgung der Asche. Energie aus Biomasse ist klimaschonend und mindert CO_2- Emissionen. Man sollte immer danach trachten, dass die CO_2- Emissionen, die bei der Ernte und beim Transport der Biomasse entstehen, möglichst gering sind.

Für eine negative CO_2- Bilanz lässt sich Biomasse auch anders verwerten. So können zuerst z.B. gewisse Biomassestöme pyrolisiert, die gasförmigen und ölhaltigen Komponenten stofflich oder thermisch genutzt werden und zuletzt kann die Biokohle z.B. in verarmte Böden eingearbeitet werden. Sie speichert den Kohlenstoff über lange Zeiträume und verbessert die Nährstoffversorgung des Standorts.

„Nachhaltigkeit“ ist ein aus der Forstwirtschaft stammender Begriff. Er ist von hoher Bedeutung und in der österreichischen Waldbewirtschaftung und im Österreichischen Forstgesetz geregelt.

Hans Carl von Carlowitz (1645-1714) hat in Sachsen vor ca. 300 Jahren den Begriff erstmals in seinem Werk „Sylvicultura oeconomica“ beschrieben. Carlowitz forderte,

dass nur so viel an Holz aus den Wäldern entnommen wird, wie durch planmäßige Wieder-Aufforstung nachwächst. Man solle bei der Holzentnahme im Wald darauf achten, woher die Nachkommen diesen wichtigen Rohstoff beziehen werden. Grundlage für das Werk stellte die massive Rodung der europäischen Wälder im frühen 18 Jhdt. dar. (Weimann, 2003)

Der Begriff Nachhaltigkeit gilt in Österreich nicht nur in Bezug auf die Erntemengen und den Holzzuwachs, sondern auch auf die Erhaltung des Gesamtsystems Wald. Damit ist schon vorgegeben, dass die Holzerzeugung so zu gestalten ist, dass alle Funktionen des Waldes (die Wohlfahrts,- Nutz-, Schutz- und Erholungsfunktion) in ihrer Vielfalt erhalten bleiben sollen.

In Österreich wird Holz für die stoffliche Nutzung und auch feste Biomasse für die energetische Nutzung aus nachhaltig bewirtschafteten Wäldern geliefert. In Europa gibt es das Thema der Holzengpässe nicht mehr. Es gibt auch kein Problem der Tropenwald-Abholzung wie in Südamerika. Bei jeder kWh erzeugten Energie aus fester Biomasse muss der Forstwirt nachweisen, dass das Holz wieder nachwächst. Die Holzproduktion ist streng reglementiert. Holzproduzenten sind dazu angehalten, generationenübergreifend zu agieren. Hier muss man aber vergleichen, unter welchen Rahmenbedingungen in Österreich Holz und Biomasse erzeugt wird und unter welchen Rahmenbedingungen fossile Energieträger bereitgestellt werden. Die Rahmenbedingungen bei der Gewinnung fossiler Energien sind unvergleichbar mit den Rahmenbedingungen der nachhaltigen Forstwirtschaft. Diese für die Biomasse strengen Voraussetzungen in der Bereitstellung erschweren die Konkurrenzsituation mit anderen Energieträgern, die nicht so stark reglementiert werden.

Das „Drei-Säulen-Modell der Nachhaltigkeit“ beschreibt, dass nachhaltige Entwicklung nur dann erreicht werden kann, wenn ökologische, ökonomische und soziale Nachhaltigkeitskriterien erfüllt werden. Dabei zielt die ökologische Dimension auf die Erhaltung der Natur und Umwelt für nachfolgende Generationen (Artenvielfalt, Klimaschutz, Pflege von Kultur- und Landschaftsräumen). Ökonomische Nachhaltigkeit ist gegeben, wenn die Entwicklung so angelegt ist, dass die Wirtschaftsweise dauerhaft eine tragfähige Grundlage für Erwerb und Wohlstand bietet. Die wirtschaftliche Nachhaltigkeit inkludiert insbesondere den Schutz wirtschaftlicher Ressourcen vor Ausbeutung. Die dritte - soziale - Dimension des Drei-Säulen-Modells der Nachhaltigkeit hat zum Ziel, den Ausgleich sozialer Kräfte und eine auf Dauer zukunftsfähige, lebenswerte Gesellschaft zu erreichen. (BMLFUW, 2016)

Hinsichtlich der ökologischen Nachhaltigkeit lässt sich festhalten, dass bei der energetischen Anwendung der festen Biomasse der vorhandene Energieaufwand durch Nachpflanzen wieder zurückgewonnen werden kann. Aus ökologischer Sicht ist Nachhaltigkeit sicherlich gegeben, da einerseits die energetische Biomasse Nutzung als Kohlendioxid-neutral gilt und andererseits die Waldbewirtschaftung in Österreich unter strengen gesetzlichen Auflagen erfolgt. Von forstwirtschaftlichen Produzenten wird die Einhaltung einer umweltschonenden und nachhaltigen Bewirtschaftung gefordert, während bei anderen Energieträgern kaum strenge Regelungen in der Bewirtschaftung der Ressourcen gelten. Feste Biomasse muss auf eine Art und Weise genutzt werden, dass keine massiven Einschränkungen oder Änderungen der Lebensräume entstehen. Die österreichischen Wälder sind in einem guten Zustand und werden nachhaltig bewirtschaftet. Besonders der Mischwald ist von hohem ökologischen Wert, da die Biodiversität in solchen Ökosystemen sehr hoch ist.

Die wirtschaftliche Nachhaltigkeit ist für Biomasse-Anlagenbetreiber erst auf lange Sicht zu erreichen. Es werden Förderungen sowohl für Biomasse Heizwerke, KWK-Anlagen oder Fernkältesysteme benötigt, um einen wirtschaftlichen Rahmen für den Betrieb der Anlagen zu bieten. Wenn argumentiert wird, dass Energie aus Biomasse ohne Förderung marktreif werden soll, dann muss aber ein „level playing field“ geschaffen werden, indem fossile Energien entsprechend den Rahmenbedingungen und Regelungen einer nachhaltigen Forstwirtschaft gehandhabt werden. Alle am Energiemarkt existierenden Energieformen - nicht nur die feste Biomasse - erhalten in irgendeiner Form politische oder wirtschaftliche Förderungen.

Die soziale Nachhaltigkeit wird bei der energetischen Nutzung der festen Biomasse gefördert, da mit dem Ausbau von Heizwerken und KWK- Anlagen auf Basis von Biomasse in Energieprojekte investiert wird, die die zukünftige Energie Versorgungs-sicherheit in Österreich sichern können. Der Rohstoff Holz wird hierzulande nachhaltig bereitgestellt und ist regional verfügbar. Österreich importiert zwar viel Rundholz für die Holzverarbeitung der einzelnen Industriesektoren, aber dieses Holz kommt zumeist aus den unmittelbaren Nachbarländern. Die Anfuhrdistanzen sind in diesem Bereich überschaubar. Für Österreich als Mitglied der Europäischen Union ist der Warenverkehr frei über die Grenze. Ein Beispiel: Wenn man als Waldviertler Holzproduzent Biomasse aus Tschechien bezieht, kann das noch immer regionale Biomasse genannt werden und aus nachhaltiger Bewirtschaftung stammen. Die Nutzung von fester Biomasse fördert die wirtschaftliche Entwicklung in einer Region.

Das ist auch aus volkswirtschaftlicher Sicht wichtig für Österreich. Die energetische Nutzung von fester Biomasse hat dazu geführt, dass ein neues Geschäftsfeld in der Land- und Forstwirtschaft entstanden ist. Diese Förderung des heimischen Arbeitsmarktes und der heimischen Energie-Infrastruktur steht gegen den Geldabfluss durch Energieimporte aus Ländern, die oftmals politisch instabil sind.

6. Diskussion der Ergebnisse und Schlussfolgerung

- **Wie werden sich der Anteil von fester Biomasse in der Wärmeproduktion und der generelle Wärmebedarf in den nächsten Jahren in Österreich entwickeln?**

Obwohl Nah- und Fernwärmesysteme auf Basis von fester Biomasse sehr gerne von Wärmekunden aufgrund der vielen Vorteile wie der einfachen Handhabung und dem hohen Maß an Sicherheit angenommen werden, können zumeist nur mehr Verdichtungsmaßnahmen den Wärmeabsatz in einem biogenen Fernwärmenetz halten. Wärmere Winter und Energieeffizienzmaßnahmen im Gebäudebereich haben in den letzten Jahren den Wärmebedarf generell gesenkt. Trotzdem ist eine diversifizierte Energielandschaft zur Versorgung der österreichischen Bevölkerung von hoher Bedeutung um auch weiterhin für extrem kalte Winter gerüstet zu sein. Die Biomasse leistet einen unverzichtbaren Beitrag für unsere heimische Energie Versorgungssicherheit im Wärme-Bereich und für unser Ziel der Energie-Autarkie. Ein wichtiger Erfolgsfaktor für den verstärkten Ausbau für biogene Nah- und Fernwärmeprojekte bis 2008 war die Investitionsförderung für Heizwerke und Wärmenetze auf Basis von Biomasse die im Rahmen der Umweltförderung Inland vergeben wurden. Im Laufe der Zeit haben sich die Richtlinien und Förderungskriterien verschärft und nur die effizientesten Heizwerke können dem Qualitätsmanagement der Förderstelle entsprechen und auf eine Investitionsförderung hoffen. So ist z.B. der Gesamt-Wirkungsgrad der Anlage, die erlaubten Wärmeverluste und die maximale Anfuhr Distanzen des Brennstoffs vorgegeben. Andererseits ist dieses Qualitätsmanagement auch ein Garant für den Bau und Betrieb von effizienten und gut geplanten Biomasse Energiesystemen in Österreich. Die zukünftige Gestaltung der energiewirtschaftlichen Rahmenbedingungen hinsichtlich Förderungen für Biomasse Heizwerke ist ausschlaggebend für einen weiteren Ausbau. Wenn wieder attraktive Förderungen geschaffen werden, kann es noch den ein oder anderen Ausbau Boom geben, wenn die Förderungen stoppen oder weniger werden, können maximal bestehende Anlagen und Netze weiter betrieben werden.

Potential gibt es für die feste Biomasse im kleinen Leistungsbereich bzw. im Neubau, so ist in einigen Bundesländern z.B. in Niederösterreich der Einbau von Ölkesseln für

Neubauten verboten worden. In Österreich sind aber immer noch über 600.000 Ölkessel im Einsatz. Hackschnitzel und Pellets wären für eine Substitution prädestiniert, da man den Öltank gleich als Biomasselager verwenden könnte. Als Konkurrent zur Biomasse in der Wärmeversorgung tritt im Einfamilienbereich die Wärmepumpe in Kombination z.B. mit einem Photovoltaiksystem immer häufiger auf. Ein Nachteil von Wärmepumpen sind die niedrigen Arbeitszahlen an sehr kalten Wintertagen, die sich in einem hohen Stromverbrauch niederschlagen können.
Gerade im Wärmebereich tritt aber die im Vergleich zur Fernwärme etwas billigere konventionelle Gasversorgung als Hauptkonkurrent der Biomasse auf. Im urbanen Raum wie Wien hat die Gasversorgung einen hohen Stellenwert und wird praktisch flächendeckend eigesetzt. Zwar gibt es einen generellen Trend des zurückgehenden Wärmebedarfs, trotzdem ist der Anteil nicht erneuerbarer Energien in allen Energiemärkten (Kraftstoffe, Wärme und Strom) groß. Wenn man auf das Pariser Abkommen setzt, sollte verstärkt ein Wechsel von Erdgas und anderen fossilen Energien zu erneuerbaren Energien stattfinden und gerade im Wärmebereich gibt es ein noch immer enormes Potential für die Substitution von Erdgas- oder Heizöl zu Biomasse.

- **Welche Möglichkeiten gibt es, biogene Wärme vermehrt im Sommer zu nutzen im Hinblick auf einen zukünftig steigenden Kältebedarf in Österreich?**

Die Fernkälteerzeugung mittels Absorptions-Kältemaschinen ist ein neuer Weg, überschüssige Abwärme aus Biomasse KWK- Anlagen in den Sommermonaten sinnvoll zu nutzen. Durch die Verwendung der überschüssigen Fernwärme sind auch die Biomasse KWK-Anlagen im Sommerbetrieb wirtschaftlich darstellbar und haben die Möglichkeit der Abnahme von der aus dem Dampfturbinenprozess entstehenden Abwärme, auch in den Sommermonaten. Mit der umweltfreundlichen Fernkälte können Kompressions-Kältemaschinen ersetzt werden und damit elektrische Energie sowie CO_2 eingespart werden. Die eingesparte Menge an CO_2 ist natürlich auch davon abhängig, ob die Abwärme biogenen Ursprungs ist oder aus fossiler Erzeugung stammt.

Der weitere Ausbau der Fernkälte-Infrastruktur in Österreich hängt von den zukünftigen vorgegebenen energiewirtschaftlichen Rahmenbedingungen ab. Die politische Bereitschaft und der gesellschaftliche Wille, in das Fernkälte-System zu investieren, müssen gegeben sein. Eine entsprechende Berücksichtigung der Fördertöpfe, die im Rahmen des WKLG bereit gestellt werden, ist von hoher Bedeutung, da die Erweiterung einer Kälteversorgung mit biogener Fernkälte zumeist mit hohen Investitionskosten verbunden ist.
Obwohl der Kältebedarf voraussichtlich zukünftig weiter zunehmen wird, gibt es im Bereich der Gebäudearchitektur ähnlich wie bei der thermischen Sanierung enorme Entwicklungen hinsichtlich einer thermisch-energieeffizienten Gebäudearchitektur. So können moderne Beschattungssysteme wie Jalousien oder Arkadengänge eine gewisse Kühlwirkung erzielen und Energie einsparen, dass ansonsten zur Klimatisierung benötigt werden würde. Es deutet darauf hin, dass zukünftig Gebäude leichter und energieeffizienter klimatisiert werden können.
Ein weiteres Hindernis für die Fernkälte ist die Tatsache, dass industrielle KWK-Anlagen zumeist nicht in der Nähe von größeren Kältekunden wie öffentlichen Gebäuden oder Bürokomplexen situiert sind und deshalb oftmals lange Kältetransportleitungen (verbunden mit hohen Kosten) benötigt werden würden.

- **Wird die inländische Stromerzeugung aus fester Biomasse mittels KWK-Technologie wachsen und welche Rahmenbedingungen werden für ein Wachstum in diesem Sektor benötigt?**

Die Verstromung von Biomasse mittels KWK-Technologie weist einige Vorteile gegenüber der Stromerzeugung aus anderen erneuerbaren Energiequellen auf. So können Biomasse-Kraftwerke auch dann Strom produzieren, wenn andere Energiequellen keine ergiebige Strombereitstellung vorweisen. So wird die Verstromung von fester Biomasse zum Ausgleich der saisonalen Schwankungen in der erneuerbaren Energieerzeugung immer wichtiger. Besonders in der kalten Jahreszeit wird viel Strom benötigt, wobei Wasserkraftwerke und Photovoltaikanlagen in dieser Zeit mit schwächerer Last in Betrieb sind. Noch dazu scheint die energetische Entwicklung hin zu einer strombasierten Gesellschaft zu gehen. Auch der Ausbau der Wärmepumpen und Photovoltaikanlagen, besonders im Neubau und Einfamilienhaus,

trägt zu dieser Elektrifizierung bei. Somit kann es in Österreich zukünftig im Sommer eine sehr hohe Stromproduktion geben und eine ehr niedrige Eigenproduktion in den Wintermonaten. Bei den erneuerbaren Energien – Wasserkraft und Photovoltaik-anlagen - steht eine intensive Stromerzeugung in den Sommermonaten einer verringerten Leistung in den Wintermonaten gegenüber. Die Biomasse-Kraftwerke können jedoch diese saisonalen Schwankungen in der erneuerbaren Energieproduktion ausgleichen und somit Stromimport aus fossiler Erzeugung und Atomkraft verringern.

Voraussetzung für einen wirtschaftlich nachhaltigen Betrieb ist, dass die vorhandene Abwärme aus der Stromproduktion ausgekoppelt und genutzt werden kann. Reine Verstromungsanlagen weisen im Gegensatz zu KWK-Anlagen niedrige Gesamt-Jahresnutzungsgrade auf von nur ca. 25%$_{el}$. Mit der Kraft-Wärme-Kopplung versucht man den Brennstoff bestmöglich energetisch zu verwerten und erreicht Brennstoff-Wirkungsgrade von über 60%.

Die energiewirtschaftlichen Rahmenbedingungen sprechen derzeit gegen einen verstärkten zukünftigen Ausbau von Biomasse KWK-Anlagen, da schon jetzt der Trend in Richtung Schließung einiger Anlagen geht, da deren Einspeisetarife für die Ökostromeinspeisung auslaufen. Der zukünftige Ausbau und der Erhalt der Biomasse KWK-Infrastruktur in Österreich ist maßgeblich von der weiteren wirtschaftlichen Förderung abhängig. Dabei sollte bedacht werden, dass Investitionen in Schüsseltechnologien wie Biomasse KWK- Anlagen Österreichs Energieversorgungssicherheit und Energieautarkie fördern. Förderungen sind aus derzeitiger Sicht speziell für Biomasse KWK-Anlagenbetreiber weiterhin notwendig. Durch das Auslaufen der Einspeisetarife und aufgrund der bis dato ungeklärten Situation über zukünftige Förderungen ist schon jetzt der Trend in Richtung Schließung von Anlagen zu verzeichnen. Sollte es in der nächsten Zeit, zu keiner Verlängerung der Einspeisetarife für bereits bestehende Biomasse KWK-Anlagen kommen, besteht die Gefahr, dass die komplette Branche wegbricht. Gerade Biomasse KWK-Anlagen können Strom aus regionaler, erneuerbarer und nachhaltiger Produktion auch dann bereitstellen, wenn andere Energiequellen auslassen. Ein weiterer Ausbau der Biomasse KWK-Infrastruktur würde die Versorgungssicherheit der österreichischen Bevölkerung mit Strom und Wärme fördern und Energieimporte mindern.

- **Welchen Beitrag kann die energetische Verwendung der festen Biomasse für eine nachhaltige und umweltfreundliche Energieproduktion in Österreich leisten?**

Die energetische Nutzung der festen Biomasse kann nach Einschätzungen der Energieexperten alle drei Dimensionen der Nachhaltigkeit erfüllen und leistet einen Beitrag zur sicheren und ökologisch nachhaltigen Energieerzeugung in Österreich. Aufgrund des ständig wachsenden Holzvorrats in Österreich, zurückzuführen auf die strengen Gesetze der Österreichischen Forstwirtschaft, wird die Verfügbarkeit des Brennstoffs auch zukünftig gegeben sein. Es sollte öffentlich noch mehr kommuniziert werden, wie wichtig und nachhaltig die energetische Nutzung von Holz ist. Feste Biomasse fällt entweder als Reststoff in der industriellen Verarbeitung oder im Forst an. Auch bei der direkten Verarbeitung von Frischholz zu Energieholz müssen die Gesetze der nachhaltigen Forstwirtschaft eingehalten werden, die eine Holznutzung vorschreiben, die in einer Art und Weise so zu gestalten ist, dass keine massiven Einschränkungen oder Änderungen der Lebensräume gegeben sind und die Funktionen der Wälder (Schutz-, Wohlfahrts-, Erholungs- und Nutzenfunktion) erhalten bleiben. Es gibt nur wenige Energieträger, die in der Bewirtschaftung der Ressource so stark reglementiert werden wie die feste Biomasse. Wenn die feste Biomasse als Energieträger an Bedeutung gewinnen soll, müssen faire Wettbewerbsbedingungen für alle Energieträger am Energiemarkt geschaffen werden. Es ist schwer mit anderen Energieträgern, die in ihrer Bewirtschaftung kaum reglementiert sind wirtschaftlich zu konkurrieren.

Gerade für die wirtschaftliche Entwicklung im ländlichen Raum Österreichs ist die energetische Nutzung der festen Biomasse prädestiniert, da anstatt Energieimporte heimische Ressourcen genutzt werden und Arbeitsplätze in der Region entstehen. Für land- und forstwirtschaftliche Produzenten hat sich hier ein neues Geschäftsmodell aufgetan. Obwohl, typisch für Energie-Infrastrukturprojekte, sehr lange Amortisationszeiten entstehen, sind Biomasse-Anlagen mit entsprechender Förderung auf lange Sicht wirtschaftlich nachhaltig zu betreiben.

Das Thema der Kohlendioxid-Neutralität hinsichtlich der energetischen Nutzung fester Biomasse hat kontroversielle Ansichten seitens der Experten gezeigt. So ist es unumstritten, dass die CO_2-Bilanz deutlich besser als beim Einsatz fossiler Energie ist, doch kommt es auch bei der thermischen Verwertung von Biomasse zu einer

Verbrennung von Kohlenstoff und somit zu einem Kohlendioxid-Ausstoß. Zudem wird fossile Energie benötigt um die Biomasse zu ernten und zu transportieren. Auch beim Bau der Anlagen bzw. bei den Brennstofflieferungen wird Kohlendioxid freigesetzt. Obwohl das CO_2 aus der Verbrennung unmittelbar vorher durch die Photosynthese gebunden wurde und die energetische Anwendung von Biomasse als CO_2-neutral definiert wurde, könnte man einen geringen Wert an CO_2 (z.B. für die Errichtung und die Brennstofflieferungen) festlegen. Für die Forstwirtschaft generell gilt dennoch seit der Industrialisierung und der Intensivierung der Landwirtschaft ein CO_2-Guthaben, welches durch eine kontinuierliche Ausweitung der österreichischen Waldfläche generiert werden konnte. So ist Österreichs Staatsfläche zur Hälfte mit 4 Mio. ha bewaldet und das entspricht einem Holzvorrat von über 1.135 Mio.Vorratsfestmeter.

7. Anhang zur Diplomarbeit:

Interviewprotokolle der Experten- Interviews:

1. Hr. Ing. Sacher (EVN Wärme GmbH)
2. Hr. Dipl. Ing. Nemestothy (Landwirtschaftskammer Österreich)
3. Hr. Ing. Ranftl (LuxBau Ges m.b.H., Energieberater für KlimaAktiv und Land Niederösterreich)
4. Fr. Mag. Griessmair-Farkas (Österreichische Vereinigung für das Gas und Wärme Fach)
5. Hr. Dipl. Ing. Strimitzer (Energie Agentur Österreich)
6. Hr. Mag (FH) Stelzhammer (Energy Changes GmbH)
7. Hr. Univ. Prof. Dipl. Ing. Dr. Pfeifer (Universität für Bodenkultur, Institut für Energie- und Verfahrenstechnik)

1. *Interviewprotokoll mit Hr. Ing. Sacher, Geschäftsführer EVN Wärme GmbH*

Bioenergie ist vor der Wasserkraft der wichtigste erneuerbare Energieträger in Österreich. Im Jahre 1990 lag der Anteil der Bioenergie am Energie- Bruttoinlandsverbrauch noch bei 9%, bis 2014 stieg der Anteil der Biomasse schon auf 17%. Den Löwenanteil innerhalb der Bioenergien stellt die feste Biomasse mit ca. 80%. Der hohe Anteil an fester Biomasse liegt vor allem im steigenden Einsatz von Holznebenprodukten wie Hackschnitzel oder Rinde für die energetische Verwendung. In absoluten Zahlen wurde im Zeitraum 1990 – 2014 der Biomasseeinsatz in Österreich um das 2,5 fache von 96 PJ auf 237 PJ erweitert. (ÖBMV, 2016; BMLFUW, 2016)

Was waren Ihrer Meinung nach die wichtigsten Einflussfaktoren für den vermehrten Einsatz von Biomasse zur Erzeugung von Wärme, Kälte und Strom in Österreich in den letzten Jahren?

Aus meiner Sicht war ein wichtiger Einflussfaktor die Etablierung eines Ökostromgesetzes welche die Stromerzeugung aus fester Biomasse im Rahmen eines Geschäftsmodells erst ermöglichte. Das heißt, dass hier schlussendlich eine Wirtschaftlichkeit gegeben war und das erste Ökostromgesetz garantierte einen Einspeisetarif für 13 Jahre und zusätzlich wurde auch für Wärmeauskopplung im Rahmen der Umweltförderung eine Möglichkeit geschaffen, Projekte wirtschaftlich zu gestalten. Ich glaube diese finanziellen Anreize waren schlussendlich ausschlaggebend, dass es ab ungefähr 2004/05 einen regelrechten „Ausbauboom“ an Biomasse KWK- Anlagen gegeben hat. Es sind in Österreich eine Vielzahl von Anlagen errichtet worden und zwar nicht nur von Energieversorgungsunternehmen sondern auch von privaten Unternehmen, wenn man so will „Erneuerbare Energien Start- Ups oder ÖKO Start- Ups“ die entstanden sind bzw. auch von institutionellen Anlegern, die eine private equity fonds Gesellschaft im Hintergrund hatten aber auch Industriebetriebe haben auf Biomasse gesetzt. Die Platten- und Papierindustrie hat Biomasse-Anlagen mit oft hohen elektr. Leistungen zur Eigenversorgung am Standort errichtet.
Ein weiterer wichtiger Einflussfaktor war meiner Meinung nach auch die Mobilisierung der Forstwirtschaft. Vor Allem in den Anfangsjahren des Ausbaubooms also 2004/05 hat man schon gemerkt, dass mancherorts die Forstwirtschaft sich erst auf die boomende Nachfrage einstellen

musste. Früher waren die Transportdistanzen der Biomasse zu den Anlagen viel größer. Vor Allem durch die Mobilisierung des Kleinforstes war der Ausbauboom überhaupt erst möglich. Man muss alle Nebenprodukte die bei der Verwertung von Holz entstehen, optimal nutzen. Es hat jedoch schon einige Zeit gebraucht, bis auch die logistischen Anfangsprobleme gelöst werden konnten.
Einziger Wermutstropfen des starken Biomasse KWK- Anlagen Booms in Österreich war sicherlich, dass es keine Einschränkung hinsichtlich der Jahres- Nutzungsgrade bei Biomasse betriebenen Verstromungsanlagen gegeben hat. Deshalb sind auch Anlagen entstanden, die fast ausschließlich kondensieren für die Stromproduktion mit einem Gesamt- Nutzungsgrad von nur ca. 25% und keine Abwärme nutzen. Derzeit stellt sich die Situation derart dar, dass für eine Fortführung bzw. zur Erreichung eines Nachfolgetarifes hinsichtlich Ökostrom- Förderung es unbedingt erforderlich ist, dass ein Gesamt Jahres Nutzungsgrad von mind. 60% erreicht wird. Das kann sicherlich auch nur dann erreicht werden wenn auch entsprechend ausreichend die Abwärme genutzt werden kann, sei es direkt am Standort für die Produktion der einzelnen Industriebetriebe oder zur Fernwärmeversorgung.
Ein weiterer wichtiger Punkt für die rasche Entwicklung der Bioenergien vor allem Biomasse war das Know- How in der Anlagentechnik, dass es hier in Österreich gibt um solche Biomasse Anlagen effizient zu betreiben. Diese Anlagen sind mittlerweile so standardisiert, dass es keine technischen Probleme mehr gibt. Die Biomasse Bewegung die seit Anfang der 80er-90er Jahre etabliert ist, hat das Ihre geleistet hinsichtlich Standards bei der Verbrennungstechnik. Zum Zeitpunkt wo man auf Ökostromförderungen gesetzt hat, war die Logistik, die Förder- und Anlagentechnik so weit ausgereift, dass es kaum Probleme im Anlagenbetrieb mehr gab.

Erwarten Sie in den nächsten Jahren ein ähnliches Wachstum für diesen Energiesektor?

Die nächsten Jahre hängen davon ab, wie die energiewirtschaftlichen Rahmenbedingungen seitens der Politik vorgegeben werden. Wenn die Rahmenbedingungen so gesteuert werden, dass es Nachfolgetarife für bereits bestehende KWK- Anlagen oder wieder attraktive Fördermöglichkeiten für neue Heizwerke geschaffen werden, kann es sicherlich noch mal einen verstärkten Ausbau der Biomasse Heizwerke bzw. KWKs geben.
Derzeit schätze ich die Entwicklung entsprechender günstiger Rahmenbedingungen jedoch eher negativ ein. Es gibt ja auch einen Förder-Deckel von 200 MW elektr. Leistung für einen möglichen Nachfolgetarif, das bedeutet, dass einige Anlagen nicht zum Zug kommen werden bzw. im Zusammenhang mit den erforderlichen Jahresnutzungsgrad vielleicht nur mehr in den Winter-monaten in Betrieb sind oder komplett stillgelegt werden müssen.

1. Biogene Wärme

In Österreich gibt es über 2100 Biomasse Heizwerke mit einer thermischen Gesamtleistung von mehr als 1,8 GW (ÖBMV, 2016).

Was sind Ihrer Meinung nach die Gründe für den Erfolg von Biomasse Nah- und Fernwärmesystemen in Österreich in den letzten Jahren?

Nah- und Fernwärmesysteme haben in den letzten Jahren einen großen Erfolg gehabt, hier ausschlaggebend waren sicherlich u.a. entsprechende Förderungen über die Umwelt Förderung Inland, die quasi diesen Anschub ermöglicht haben und natürlich das Bewusstsein der Gesellschaft zum Umweltschutz und zur Einsparung von CO_2. Des Weiteren wird den Kunden mit dem umweltfreundlichen Energieträger Fernwärme, ein Energieprodukt zur Verfügung gestellt, welches

sehr komfortabel für den Endkunden ist und viele Vorteile gegenüber anderen Energieträgern aufweist. Vor Allem in urbanen Gebieten werden Nah- und Fernwärmesysteme sehr gerne angenommen, da sie neben dem Umweltschutz auch eine bequeme, komfortable und auch preiswerte Art des Heizens ist.

Welche Vorteile bietet die feste Biomasse im Vergleich zu anderen Primärenergieträgern wie z.B. fossile Energien?

Der ökologische Footprint bei Biomasseanlagen ist ein starkes Entscheidungskriterium, welches für die Biomasse spricht, z.B. im Vergleich zu Heizöl und Gas. Feste Biomasse zählt zu den Erneuerbaren Energien und ist CO_2- neutral, das Kohlendioxid aus der Verbrennung wird vorher durch die Photosynthese in den Pflanzen gebunden.
Ein weiterer wichtiger Vorteil ist die leichte Handhabung für Wärmekunden. Nachdem der Hausanschluss und die Wärmeübergabestation, die üblicherweise im Betreuungsbereich des EVUs verbleiben, errichtet sind, kann der Kunde langfristig bequem und ohne zusätzliche Wartungs- und Instandhaltungskosten Wärme beziehen und muss sich nicht um Gaskesselerneuerung- und Wartung oder Kaminreinigungen usw. wie es bei einer konventionellen fossilen Heizung erforderlich ist kümmern.

Welche Nachteile oder mögliche Schwierigkeiten sind mit dem Einsatz von fester Biomasse in Nah- und Fernwärmesystemen verbunden?

Wenn die Erzeugungsanlage für das Fernwärmesystem direkt beim Kunden im Zentrum einer Gemeinde situiert ist, kann die Anfuhr von Biomasse das Verkehrsaufkommen erhöhen. Wenn der Heizwerks- Standort nicht optimal gewählt wird, (normalerweise weicht man auf den Stadtrand aus z.B. in ein Industriegebiet), kann es Gegner für dieses Projekt geben. Man muss schon darauf achten, dass die Zufahrt zum Heizwerk sehr sorgfältig ausgewählt wird.
Wenn ein Biomasse Nahwärmesystem in einer Wohnhausanlage zur Wärmeversorgung (meist im Keller) installiert wird kann es auch im kleineren Ausmaße zu Lärm- oder Staubemissionen durch die Brennstoffanlieferung kommen. Ebenfalls die Verkehrs- oder Lärmsituation. Man muss also schon sorgfältig auswählen, an welchem Standort eine Anlage errichtet werden kann. Für kleine Wärme-Verbrauchschwerpunkte im urbanen Bereich hat EVN Wärme eine gute Lösung gefunden, unsere Modul- Anlagen, die üblicherweise an einem günstigen Standort etwas entfernt (maximal 1 km) vom Zentrum errichtet werden. Das sind standardisierte Anlagen mit Beton- Fertigbauteilen und Biomassekesseln mit Leistungen bis 800 kW.

Der Anteil der Nah- und Fernwärme an der österreichischen Gesamtwärmeproduktion liegt bei über 20%. Der biogene Anteil davon ist von 22% im Jahr 2005 auf über 45% im Jahr 2014 gestiegen. (BMWFW, 2016)

Wie wird sich Ihrer Meinung nach der Biomasse-Anteil der österreichischen Wärmeproduktion in den nächsten Jahren entwickeln und welche energiewirtschaftlichen Rahmenbedingungen werden benötigt um ein Wachstum in diesem Sektor zu erzielen?

Das hängt von den zukünftigen Förderungen ab, wenn es keine weiteren Förderungen geben wird, können maximal bestehende Anlagen weiter betrieben werden, aber einen starken Ausbau wird es dann nicht geben. Obwohl die Fernwärmenetze Kundenzuwächse verzeichnen, merkt man schon jetzt, dass durch Energieeffizienzmaßnahmen wie z.B. der thermischen Gebäudesanierung, der

Wärmebedarf in einem Fernwärmenetz sich kaum verändert. Auch die Klimaänderung ist bemerkbar, die Heizgradtage nehmen ab und vermindert den Wärmeabsatz, darunter leidet natürlich die Wirtschaftlichkeit der Projekte.
Die wichtigsten Faktoren für ein weiteres Wachstum der Biomasse in der Energieversorgung, sind aber die politischen Rahmenbedingungen sowie Förderungen für Biomasse KWK- Anlagen zur Ökostromerzeugung und Förderungen für die Errichtung von Biomasse Heizwerke.

Inwiefern konnte die Wärmeproduktion aus fester Biomasse die Erwartungen der Energieexperten erfüllen?

Zu Beginn zahlte man noch Lehrgeld. Ende der 80er, Anfang der 90er Jahre hat der Biomasse Ausbau für die energetische Nutzung begonnen. Gleich zu Beginn der Bewegung waren die Erwartungen sehr hoch, dass hier in enger Kooperation mit der Forstwirtschaft und Landwirtschaft ein neues Geschäftsfeld voranschreitet. Es hat sich dann gezeigt, dass die Verbrennungstechnologie und Fördertechnik bei Biomasseanlagen technisch noch nicht ausreichend ausgereift waren und es hat einige Jahre gedauert, bis standardisierte Anlagen auf den Markt gekommen sind. Auch die Biomassekessel entsprachen damals noch nicht heutigen Anforderungen. Der Beginn war schwierig aber mit zunehmendem Ausbau wurden diese Probleme gelöst und jetzt ist die Wärmeerzeugung aus Biomasse ein ökologisch nachhaltiges Geschäftsfeld geworden. Von der wirtschaftlichen Seite lässt sich sagen, dass die Fernwärmeerzeugung auf Basis fester Biomasse ein kleines hinsichtlich Rentabilität eher bescheidenes Geschäftsfeld ist, welches aber durchaus seine Berechtigung hat. Bei der Energieversorgung ist, wie bei vielen Infrastrukturprojekten, erst auf lange Sicht mit Gewinnen zu rechnen.

2. Entwicklung Wärmebedarf und Möglichkeiten für die Kältenutzung:

Wie wird sich Ihrer Meinung nach generell der Wärmebedarf unter Berücksichtigung eines möglicherweise sinkenden Wärmebedarfs (z.B. aufgrund von verbesserter thermischer Gebäudeisolierung oder Rückgang der Heizgradtage) in Österreich zukünftig entwickeln?

In den Fernwärmenetzen in urbanen Bereichen, wo Wohnraumwachstum besteht, werden Verdichtungsmaßnahmen durchgeführt, so kann man den Wärmeabsatz in diesen Netzen konstant halten. Im ländlichen Gebiet nimmt der Wärmeabsatz eher ab, da Energieeffizienzmaßnahmen von Hauseigentümer umgesetzt werden. Darüber hinaus macht sich die Klimaveränderung deutlich bemerkbar, durch die wärmeren Wintermonate. Zu der thermischen Gebäudesanierung lässt sich sagen, dass auch wenn die Sanierungsrate gering ist, die Energieeffizienz in Österreich Einzug genommen hat und diese schreitet sicherlich auch voran und senkt dementsprechend den Wärmebedarf.
Es ist wie so oft eine Finanzierungsfrage und zurzeit ist Energie bei uns sehr günstig am Markt zu bekommen. Die Preise von fossilen Energien wie Öl, Gas und Kohle haben sich reduziert und das bremst natürlich auch die Bereitschaft Energieeffizienzmaßnahmen umzusetzen. Man kann schon mit verhältnismäßig geringen Maßnahmen im Gebäudebereich wie zum Beispiel die Isolierung der obersten Geschossdecke oder Fenstertausch viel erreichen und eine Energieeinsparung erzielen.

Mit wärmeren Sommern wird der Kältebedarf in Österreich steigen. Welche Möglichkeiten gibt es, biogene Fernwärme auch im Sommer effizient zu nutzen?

Es stellt sich natürlich die Frage: „Wie wird die biogene Abwärme der KWK Anlagen im Sommer optimal genutzt?“ Hier kann man einen neuen Weg einschlagen, z.B. die Abwärme aus diversen Biomasse KWKs auskoppeln und für die Fernkälteversorgung verwenden. Somit kann überschüssige Wärme sinnvoll im Sommer genutzt werden um über Absorptions- Anlagen Kälte zu erzeugen. Auch bei den Kälteprojekten sind Förderungen zur Erreichung einer Wirtschaftlichkeit notwendig. Für Industriestandorte von KWK- Anlagen kommt die Fernkälte nur begrenzt in Frage, da solche KWK-Standorte zumeist nicht unmittelbar in der Nähe von großen Kälteabnehmern wie z.B. öffentliche Gebäude situiert sind.

Welche energiewirtschaftlichen Rahmenbedingungen werden benötigt, um mehr biogene/ „grüne“ Fernkälte in Österreich zu produzieren und so elektrische Energie und Kohlendioxid einzusparen?

Wie gesagt sind die Förderungen sehr wichtig und natürlich auch die Bereitschaft der Kältekunden wie z.B. Bürogebäude oder Krankenhäuser den ökologischen Wert der Fernkälte zu erkennen und auch die Bereitschaft einen gewissen Betrag dafür zu bezahlen.

3. Stromproduktion aus fester Biomasse in Österreich:

In Österreich sind derzeit 111 Biomasse-KWK-Anlagen (Ökostromregime) mit einer elektrischen Gesamtleistung von mehr als 313 MW und einer Wärmeauskopplung von ca. 4.457GWh pro Jahr in Betrieb. (ÖBMV, 2016)

Was sind Ihrer Meinung nach die Vor- und Nachteile bei der Verstromung fester Biomasse mittels Kraft-Wärme-Kopplung (KWK)?

Ein großer Nachteil liegt für mich darin, wenn das Kopplungsprodukt, die Wärme nicht genutzt werden kann haben diese Erzeugungsanlagen (nur mit einer Dampfturbine) einen geringen Wirkungsgrad von ca. 25% elektrisch. Da weisen Biomasse- Anlagen einen Nachteil gegenüber großen Erzeugern auf bei denen andere Primärenergien zum Einsatz kommen und höhere Wirkungsgrade erreicht werden.
Der Vorteil von Biomasse KWK- Anlagen ist, dass man versucht den Brennstoff bestmöglich einzusetzen. Es gibt die Möglichkeit neben der Stromerzeugung Wärme auszukoppeln und diese zu nutzen. Dieses Kopplungsprodukt ist günstiger, als wenn man nur Strom in einem konventionellen Kraftwerk produziert ohne Wärmenutzung. Der elektrische Wirkungsgrad ist in einer Großanlage höher, aber der Gesamtwirkungsgrad ist bei der Biomasse KWK mit ca.60% höher. Das spricht für biogen betriebene KWK Anlagen.

Welche energiewirtschaftlichen Rahmenbedingungen werden benötigt um vermehrt Biomasse betriebene KWK- Anlagen in Österreich zu betreiben und welche Hürden stehen einem Wachstum in diesem Sektor entgegen? Rechnen Sie in den nächsten Jahren weiterhin mit einem Ausbau der Biomasse KWK- Anlagen in Österreich?

Das hängt sehr stark von den Rahmenbedingungen des Ökostromgesetzes ab. Durch das Auslaufen der Einspeisetarife ist schon jetzt ein Trend leider Richtung Schließung von Anlagen bemerkbar. Es wird sehr wahrscheinlich nach Auslaufen dieser Tarife zu Stilllegungen oder zu begrenzten Laufzeiten der Anlagen kommen. Eine weitere Hürde für den Weiterbetrieb könnte in Zukunft die Biomasseaufbringung darstellen. Die Mobilisierung der Forstwirtschaft, wie ich anfangs erwähnte, war ja ein wichtiger Erfolgsfaktor für den Biomasse KWK- Ausbau in Österreich. Wenn aber viele KWK- Anlagen aufgrund wirtschaftlicher Problemen nicht mehr ganzjährig laufen und die Biomasse

Nachfrage sinkt, wird es zu Biomasse Überkapazitäten und zu Preisverfall kommen und ich gehe davon aus, dass dann vor allem zuerst der Kleinforst als Lieferant ausfallen wird. Dann wird natürlich die Beschaffungsplanung komplexer und es könnte zu Lieferengpässen kommen. Lagerung von Rundholz bzw. die Errichtung von Lagerhallen für Biomassebevorratung werden in Zukunft wichtiger werden.

4. Kohlendioxid und Nachhaltigkeit:

Die thermische Verwertung der Biomasse gilt als CO_2 neutral. Das bedeutet, dass nur die Menge an Kohlenstoff freigesetzt wird, die vorher schon durch die Photosynthese gespeichert wurde. Trotzdem wird Kohlendioxid z.B. bei Errichtung der Biomasse Anlagen oder bei den Brennstofflieferungen freigesetzt.

Ist es aus Ihrer Sicht gerechtfertigt, CO_2-Emissionen aus Biomasseanlagen als „klimaneutral" einzustufen? Warum?

Das ist eine Definition und ich denke, dass es gerechtfertigt ist, dass Biomasse Anlagen als CO_2 neutral betrachtet werden, da die Pflanze über die Photosynthese unmittelbar vorher das Kohlendioxid, das bei der Verbrennung freigesetzt wird, aufgenommen und verwertet hat. Bei den fossilen Energien, die ja auch zum Teil ein Produkt von Pflanzen sind, wurde der Kohlenstoff vor Millionen Jahren gebunden. Durch die Verbrennung fossiler Energien gelangt der Kohlenstoff über das CO_2 wieder in unsere Atmosphäre. Das überschüssige CO_2 kann von den Pflanzen nicht zusätzlich gebunden werden und somit kommt es zu einer höheren Konzentration von CO_2, die schlussendlich zum Treibhauseffekt und zur Klimaerwärmung führt.

Im „Drei-Säulen-Modell der Nachhaltigkeit" (BMLFUW, 2016) kann nachhaltige Entwicklung nur dann erreicht werden, wenn folgende Kriterien erfüllt werden:

- **Ökologische Nachhaltigkeit** hat zum Ziel die Natur und Umwelt für die nachfolgenden Generationen zu erhalten. (Artenvielfalt, Klimaschutz, die Pflege von Kultur- und Landschaftsräumen).
- **Ökonomische Nachhaltigkeit** ist gegeben wenn, die Entwicklung so angelegt ist, dass die Wirtschaftsweise dauerhaft eine tragfähige Grundlage für Erwerb und Wohlstand bietet.
- **Soziale Nachhaltigkeit** hat zum Ziel, den Ausgleich sozialer Kräfte und eine auf Dauer zukunftsfähige, lebenswerte Gesellschaft zu erreichen.

Unter welchen Rahmenbedingungen ist Ihrer Meinung nach „Nachhaltigkeit" bei der energetischen Nutzung der festen Biomasse gegeben?

Die energetische Nutzung der festen Biomasse leistet einen Beitrag zur sicheren und ökologisch nachhaltigen Energieversorgung. Bei der wirtschaftlichen Nachhaltigkeit bin ich mir etwas unsicher. Es sind sehr langfristige Projekte mit einer Amortisationsdauer von bis zu 20 Jahren. Die ökonomische Nachhaltigkeit ist erst auf lange Sicht erreichbar. Zur sozialen Nachhaltigkeit kann man sagen, dass durch die Möglichkeit der Energieholzaufbringung ein neues Geschäftsfeld für landwirtschaftliche oder forstwirtschaftliche Betriebe entstanden ist. Somit können eigentlich alle drei Säulen der Nachhaltigkeit hinsichtlich der energetischen Nutzung von fester Biomasse erfüllt werden

2. *Interviewprotokoll mit Hr. Dipl. Ing. Nemestothy; Landwirtschaftskammer Österreich Referatsleiter Energie*

Bioenergie ist vor der Wasserkraft der wichtigste erneuerbare Energieträger in Österreich. Im Jahre 1990 lag der Anteil der Bioenergie am Energie- Bruttoinlandsverbrauch noch bei 9%, bis 2014 stieg der Anteil der Biomasse schon auf 17%. Den Löwenanteil innerhalb der Bioenergien stellt die feste Biomasse mit ca. 80%. Der hohe Anteil an fester Biomasse liegt vor allem im steigenden Einsatz von Holznebenprodukten wie Hackschnitzel oder Rinde für die energetische Verwendung. In absoluten Zahlen wurde im Zeitraum 1990 – 2014 der Biomasseeinsatz in Österreich um das 2,5 fache von 96 PJ auf 237 PJ erweitert. (ÖBMV, 2016; BMLFUW, 2016)

Was waren Ihrer Meinung nach die wichtigsten Einflussfaktoren für den vermehrten Einsatz von Biomasse zur Erzeugung von Wärme, Kälte und Strom in Österreich in den letzten Jahren?

Seit den 80er Jahren gab es vor allem im Nahwärmebereich einen großen Ausbau der festen Biomasse vor allem wegen den Förderungen die teilweise bis auf Gemeindeebene gestaltet wurden. Das führte auch zu einer raschen Technologieentwicklung und zu einem guten Transparenzsystem bezüglich der Umweltwerte und dies führte zu einem Wettbewerb unter den Kesselbauern z.B. bezüglich der Effizienz oder der Emissionswerte der Anlagen. Dann etwas später kamen auch die automatisch beschickten Kessel für Haushalte dazu. Mitte der 90er Jahre hat der Einsatz von Pellets Platz gegriffen und das Alles führt zu einer kontinuierlichen Entwicklung der festen Biomasse am Wärmemarkt. Deutlich verstärkend wirkte ab Mitte der 2000er Jahr die Neugestaltung des Ökostromregimes. Das Ökostromgesetz 2002 hat in Folge dann zu einem Ausbau- Boom geführt. Von 2004- 2007 ist eine Vielzahl von Biomasse betriebenen KWK-Anlagen ans Netz gegangen ca.100. Bei diesem Anstieg von 96 PJ auf 237PJ ist ja auch flüßige Biomasse enthalten und es gab ab 2005 eine Beimischungsverpflichtung von flüßiger Biomasse für konventionelle Kraftstoffe mit der Zielsetzung über 5% Erneuerbare im Verkehrssektor zu erreichen. Der wesentliche Beitrag ist natürlich Holz basiert aber es gab auch andere Beiträge.
Lange Zeit herrschte auch bei den politischen Kräften in Österreich sozusagen Einigkeit, dass alle erneuerbaren Energieträger aktiv gefördert werden sollen, aber in den letzten Jahren wurde es zum Streitthema, welche erneuerbare Energie in welcher Form und in welchem Ausmaß weiter entwickelt werden soll. Der politische Konsens ist sehr wichtig um eine erneuerbare Energieform aktiv unterstützen zu können und in den Energiemarkt zu bringen.

Erwarten Sie in den nächsten Jahren ein ähnliches Wachstum für diesen Energiesektor?

Nein. Vor zwei drei Jahren begann eine Kulminierungsphase nicht zuletzt aufgrund der Ökostromnovellierung 2006. Nach dem Ausbauboom 2007 wurde das gestoppt. Die eingespeiste Ökostrommenge generiert durch feste Biomasse ist seit 2008 stagnierend bei ca. 2000 GWh bei fester Biomasse und 550 GWh bei Biogas. Bei der Ökostromnovelle 2012 gab es dann einen Anstieg bei Photovoltaik und Windkraft, wobei der Bereich der Biogenen eher vernachlässigt wurde. Es geht darum ob der Anteil der Biogenen in Zukunft erhalten oder verdrängt wird. Es zeichnet sich aus jetziger Sicht noch nicht ab, wie der Ausbau in den nächsten Jahren weitergehen wird. Speziell im Wärmebereich nehme ich an, dass es wahrscheinlich weniger Neuanlagen geben wird aufgrund der zurückgehenden Heizgradtage. Der Klimawandel ist ja abbildbar am Rückgang der Heiztage und Heizsummen und dann kommt noch der verbesserte Gebäude Standard mit hohen Dämmwerten im Wohnbereich dazu. Man weiß ja, dass der Wärmebedarf z.B. pro Quadratmeter zurückgeht usw. Im Neubau ist das sowieso der Fall.
In der Technologieentwicklung bei den Gebäudestandards gibt es enormen Wettbewerb und die Effizienz als Beispiel die Dämmwerte verbessern sich ständig. Die Wärmepumpe hat einen enormen

Marktanteil erhalten und das macht es für Biomasse nicht einfacher. Der Trend geht nach unten und ich erwarte in den nächsten Jahren keinen außergewöhnlichen Umschwung, wenn sich die politischen Rahmenbedingungen bezüglich Energie aus Biomasse nicht ändern.

1. Biogene Wärme:

In Österreich gibt es über 2100 Biomasse Heizwerke mit einer thermischen Gesamtleistung von mehr als 1,8 GW (ÖBMV, 2016).

Was sind Ihrer Meinung nach die Gründe für den Erfolg von Biomasse Nah- und Fernwärmesystemen in Österreich in den letzten Jahren?

Das war ein mehrstufiges Entwicklungssystem und eigentlich hat die Technologieentwicklung im Bereich der industriellen Reststoffverwertung begonnen. Die Sägewerke und die Papierindustrien stellten sich zuerst die Frage was mit der Rinde passieren soll und hatten ein Problem mit der Reststoffverwertung. Früher wurde das Holz im Wald entrindet, geschält und das Holz wurde entrindet geliefert. Die Rinde sollte eben nicht mehr im Wald liegen bleiben und dann wurde die Rinde mit an die „Säge" geliefert. Eigentlich wollte man den Reststoff sozusagen loswerden und man begann zu überlegen wie die Rinde noch sinnvoll genutzt werden konnte. Bei den meisten Sägewerken fällt viel Restholz und Rinde an und noch dazu ist der Energie- und Wärmebedarf meist am Standort sehr hoch. Deshalb ist die Überlegung der thermischen Nutzung aufgekommen. Das war eigentlich der Hintergrund für die rasche technologische Entwicklung bei industriellen Biomasse Kessel- Anlagen. Diese wurden dann in Österreich von mehreren Anlagenproduzenten auch für kleinere Wärmeabnehmer konzipiert.
Bis 2008 war es eben auch so, dass Biomasse betriebene Anlagen sehr gern gesehen waren, dann veränderte sich ein wenig der politische Konsens. Die Biomasse war sehr beliebt und ein Wettbewerb unter Gemeinden ist aufgekommen. Die Förderquoten waren sehr hoch, die Fördermöglichkeiten waren sehr gut und das alles hat dazu beigetragen, dass sich das so gut entwickeln konnte.

Welche Vorteile bietet die feste Biomasse im Vergleich zu anderen Primärenergieträgern wie z.B. fossile Energien?

Die übliche Argumentsammlung:
1. Schaffung regionaler Wertschöpfung, das steht gegen den Geldabfluss durch Energieimport.
2. Vor allem bei den Gemeinden gab es Motivation „Genossenschaftlich" Biomasse Nahwärme Heizwerke zu errichten, weil es auch die Frage gab: Was tut man mit dem anfallenden Holz aus der Waldpflege? Es gibt viele Waldbestände in Österreich, die nicht ausreichend durchgeforstet werden und da ist es von großem Vorteil, wenn man ein energetisches Biomasse System hat.
3. Klimapolitik

Welche Nachteile oder mögliche Schwierigkeiten sind mit dem Einsatz von fester Biomasse in Nah- und Fernwärmesystemen verbunden?

Am Anfang gab es noch Potential für Verbesserungen in der Anlagentechnik. Desto kleiner die Anlagen sind, umso sensibler sind sie in der Anlagentechnik z.B. bei der Brennstoffbeschickung. Bei der Steuerungstechnik konnten im Laufe der Zeit kontinuierlich die Emissionswerte verbessert werden und die Grenzwerte wurden auch immer verschärft.

Es gibt aber auch die Marktsituation bei der Biomasse, dass andere Holzmarkt- Player wie z.B. die Papierindustrie gegen die energetische Nutzung sind und das auch kommunizieren. Es gibt einfach andere Marktteilnehmer die in Konkurrenz zu einer energetischen Nutzung stehen und die keine Freude an einer großen Weiterentwicklung in der Biomasse Anlagentechnik haben.

Der Anteil der Nah- und Fernwärme an der österreichischen Gesamtwärmeproduktion liegt bei über 20%. Der biogene Anteil davon ist von 22% im Jahr 2005 auf über 45% im Jahr 2014 gestiegen. (BMWFW, 2016)

Wie wird sich Ihrer Meinung nach der Biomasse-Anteil der österreichischen Wärmeproduktion in den nächsten Jahren entwickeln und welche energiewirtschaftlichen Rahmenbedingungen werden benötigt um ein Wachstum in diesem Sektor zu erzielen?

Die Weiterentwicklung ist eine Herausforderung. Man muss zwei Punkte im Auge behalten:
1. Wie entwickeln sich im Gesamt Energie Einsatz von Österreich der Biomasseeinatz und der Verbrauch?
2. Wie viel neue Anlagen sollen errichtet werden?

Wir haben einen großen Alt- Anlagenbestand mit schlechterem Wirkungsgrad als moderne Feuerungsanlagen, oft Allesbrenner mit schlechtem Verteilsystem usw. und ein großer Teil des Holzes wird dabei energetisch ungenutzt durch den Rauchfang abgeleitet. Heute kann man mit viel mehr Komfort höhere Brennstoffnutzungsgrade erreichen. Das kann bis zu einem Faktor 5 führen! In Zukunft wird man mehr Wärme aus weniger Holz bekommen aufgrund des technologischen Fortschritts wie bessere Verteilsysteme, Speichersysteme und einer effizienten Nutzung. Was will man? Welche Strategie wird verfolgt? Die Möglichkeiten wären z.B. Effizienzsteigerung oder Kesselerneuerungen.

Inwiefern konnte die Wärmeproduktion aus fester Biomasse die Erwartungen der Energieexperten erfüllen?

Ja im Wesentlichen. Das ist ein ausgereiftes System! Man braucht natürlich Level playing fields, also gleiche Wettbewerbsbedingungen. Derzeit verlangt man lautstark von den Erneuerbaren Energien, dass sie unter Marktbedingungen wettbewerbsfähig sein sollen, aber gleichzeitig gibt es keinen Energieträger, der ohne irgendwelche politischen oder wirtschaftlichen Förderungen am Markt ist. Man muss auf faire Konstellationen achten. Wenn man will das erneuerbare Energien z.B. Biomasse wettbewerbsfähig und marktreif werden, dann muss man für level playing field sorgen, also gerechte Marktsituationen schaffen. Solange bei fossilen und atomaren Energieträgern die externen Kosten nicht abgebildet werden, kann das nicht funktionieren. Eine gute Idee wäre Subventionen und rechtliche Begünstigungen von fossilen Energien auszuräumen und gesetzliche Rahmenbedingungen zu schaffen die eine Einpreisung z.B. bei der Haftpflichtversicherung von AKW-Betreibern oder Entsorgungskosten für Abrisse der Anlagen und Folgekosten beinhalten. Dann wäre es für erneuerbare Energien viel einfacher und deshalb braucht es eigentlich bei uns überhaupt ein Ökostromregime.

2. Entwicklung Wärmebedarf und Möglichkeiten für die Kältenutzung:

Wie wird sich Ihrer Meinung nach generell der Wärmebedarf unter Berücksichtigung eines möglicherweise sinkenden Wärmebedarfs (z.B. aufgrund von verbesserter thermischer Gebäudeisolierung oder Rückgang der Heizgradtage) in Österreich zukünftig entwickeln?

Es gibt einen generellen Trend des zurückgehenden Wärmebedarfs, trotzdem gibt es einen großen Anteil nicht erneuerbarer Energien in allen Energiemärkten (Kraftstoffe, Wärme und Strom). Es gibt einen großen Kuchen und wenn man auf das Pariser Abkommen setzt, sollte schon ein Wechsel von Erdgas und anderen Fossilen zu Erneuerbaren stattfinden und es gibt ein enormes Potential zur Substitution, gerade im Wärmebereich. Es gibt bei der Wärme auch kein Speicherproblem. Der „Shift gas to biomass" ist möglich in Österreich.

Mit wärmeren Sommern wird der Kältebedarf in Österreich steigen. Welche Möglichkeiten gibt es, biogene Fernwärme auch im Sommer effizient zu nutzen?

Grundsätzlich gibt es ja technische Lösungen, um mit Wärme Kälte zu erzeugen, entsprechend den Absorptionsmaschinen, die wie ein Kühlschrank funktionieren. Es gibt Kältenetze in denen die Kälte auch verteilt wird. Parallel mit der Wärme führend, kann das zur besseren Auslastung und Wirtschaftlichkeit der Biomasse Anlagen führen. Es gibt in Österreich Kältenetze, die Kälte verteilen. Das bringt bessere Auslastungen und eine höhere Wirtschaftlichkeit der Anlagen.

Welche energiewirtschaftlichen Rahmenbedingungen werden benötigt, um mehr biogene Fernkälte in Österreich zu produzieren und so elektrische Energie und Kohlendioxid einzusparen?

Das ist wie in allen Bereichen. Für Markteinführungen braucht es eine Förderkonstellation, wenn am Anfang höhere Investitionskosten anfallen. Es müssen Anreize geschaffen werden, damit die Nutzung steigt.

3. Stromproduktion aus fester Biomasse in Österreich:

In Österreich sind derzeit 111 Biomasse-KWK-Anlagen mit einer elektrischen Gesamtleistung von mehr als 313 MW und einer Wärmeauskopplung von ca. 4.457GWh pro Jahr in Betrieb. (ÖBMV, 2016)

Was sind Ihrer Meinung nach die Vor- und Nachteile bei der Verstromung fester Biomasse mittels Kraft-Wärme-Kopplung (KWK)?

Man muss mit den Zahlen aufpassen, ein paar große Anlagen sind nicht im Ökostromregime z.B. die der Papierindustrie, die aber entsprechend dem System beitragen. Es ist ein Unterschied ob man Teil des Ökoregimes ist, oder nicht. Diese Zahlen sind Ökostrom Anlagen. Da ist es so, dass man den Anlagenbetreibern für den in das öffentliche Netz eingespeisten Ökostrom mit Einspeisetarifen einen wirtschaftlichen Rahmen eröffnen wollte.
Der Vorteil der KWK ist, dass eine noch hochwertige Energieform geschaffen wird. Wenn man Strom und Wärme kombiniert produziert, hat man den Vorteil, dass die Brennstoffenergie in einen hoch wertigen Energieträger gewandelt wird und die anfallende Wärme eben auch nutze und das ist der große Vorteil bei der Verstromung einer Wärmegeführten KWK. Man erreicht höhere Brennstoff-nutzungsgrade.
Nachteil ist, dass man derzeit bei den Gestehungskosten für Strom einer Biomasse KWK- Anlage nicht bei Marktpreisen entsprechend arbeiten kann. Die Marktpreise sind deutlich unter den Gestehungskosten. Derzeit ca. bei 3 Cent Marktpreise und der Einspeisetarif liegt bei ungefähr 13 Cent/ kWh. Die Einspeisetarife sind nicht für alle KWK-Anlagen gleich, es gibt eine Staffelung nach Anlagengröße oder eingesetzten Brennstoffen und Technologien. Der Einspeisetarif ist vertraglich mit der Oemag, die Ökostrom Abwicklungsstelle geregelt und fix. Es ist so, dass bei der Biomasse, der Einspeisetarif für neue Anlagen im Laufe der Zeit nicht sehr gesenkt worden ist, man hat eher für neue Anlagen die Rahmenbedingungen verschärft bezüglich der Effizienzkriterien. Alle Anlagen haben ihren vertraglich bestimmten Tarif. Es gilt der Zeitpunkt des Vertragsabschlusses und bei der Biomasse ist das ca. im gleichen Rahmen geblieben. Ca. 12-20 Cent/ kWh für Biomasse Anlagen. Umweltförderung Inland und die Oemag sind die wesentlichen Förderstellen. Es kommen aber auch

Landes- und Gemeinde Förderungen dazu, Klimafonds etc. Die Förderkonstellation ist komplex. Bei Strom natürlich die Oemag und Im Wärmebereich die Umweltförderung Inland.

Welche energiewirtschaftlichen Rahmenbedingungen werden benötigt um vermehrt Biomasse betriebene KWK- Anlagen in Österreich zu betreiben?

Diese Frage wurde ausgelassen bzw. zum Teil vorher schon erörtert!

Welche Hürden stehen einem Wachstum in diesem Sektor entgegen? Rechnen Sie in den nächsten Jahren weiterhin mit einem Ausbau der Biomasse KWK- Anlagen in Österreich?

Was in der letzten Zeit verstärkt öffentlich diskutiert wird ist die Argumentation der Papierindustrie, dass die stoffliche und energetische Verwendung der Biomasse in Konkurrenz stehen.
Man muss folgende Begriffe unterscheiden:
1.Holzindustrie: Sägeindustrie, Möbelherstellung
2.Forstwirtschaft: Bereitstellung Holz
3.Papier- und Zellstoffindustrie
4.Plattenindustrie
Import Holz: muss man aufpassen mit dem Standard- Bericht „Österreich – Weltmeister im Holzimport! Das kann an nicht so stehen lassen. Österreich importiert nicht Holz für den eigenen Bedarf, es ist so, dass es in Österreich eine enorm hohe Netto- Exportquote von ca. 80% an Holzprodukten gibt. Sägeindustrie liegt bei einer Exportquote von 60%. Plattenindustrie auch um die 80%. Das Holz was hier verarbeitet wird wäre weit ausreichend für die österreichische Bevölkerung aber weil wir natürlich eine sehr leistungsfähige Platten-, Säge- und Papierindustrie in Österreich haben, wird auch viel aus den Nahbarländern importiert. Es wird quasi ein Teil der Rohstoffe aus unseren Nachbarländern in Österreich verarbeitet und dann im fertigen Produkt weiter exportiert. Diese Produkte werden auf den Weltmärkten abgesetzt und Österreich hat ja eine wettbewerb-sfähige, leistungsfähige Platten- und Zellstoffindustrie. Dies führt zu einer guten Position am internationalen Holzmarkt. Die
Plattenindustrie hat bei uns einen neutralen Zugang zur thermischen Nutzung der festen Biomasse, da sie selber große Anlagen betreiben. Die Papierindustrie will als Monopolist am Holzmarkt auftreten und sieht die energetische Anwendung der Biomasse eher kritisch. Gelegentlich wird auch nicht mit Fakten operiert, es geht mehr um Interessenslagen. Papierindustrie will besonders in der Nachfrage nach Holzsegmenten als Monopolist auftreten können. Es geht oft um Marktmacht und es wird nicht mit Fakten operiert.
Von den 3 Sektoren, verheizt die Zellstoffindustrie den größten Teil an Biomasse ungenutzt. Holz besteht zu 50% aus Cellulose. Hemicellulose, Lignin und Harze werden ohne kaskadische Nutzung verbrannt. Es wird nur ein Teil des Holzes stofflich genutzt und der Rest wird einfach verbrannt. Aus der Forstwirtschaft in Österreich werden ca. 80% des geernteten Holzes für die stoffliche Nutzung verwertetet und 20% gehen in die energetische Nutzung.
Entrindetes Holz hat ca. einen Anteil von 50% Cellulose, ungefähr 25-30% Hemicellulose, 20% Lignin und ein paar Prozent Harze. Bei der chemischen Auftrennung werden die 50% Cellulose getrennt, der Rest ist Ablauge. Mit der Rinde ca.10% gehen dann fast 60% direkt in die energetische Nutzung meist zur Deckung des Energiebedarfs am Standort. Die Plattenindustrie verwendet den ganzen Rohstoff, es kann auch Rinde in den Platten enthalten sein. Das ganze Holz wird zu einem Produkt gepresst und oft mehrmals recycelt. Das Holz geht in die Platten zurück, es gibt einen hohen Anteil des erhaltenen Rohstoffs. 10% Rinde und 10% des Holzes vielleicht nicht genutzt, aber mind. 80% des Holzes gehen in die Platte. Bei der Sägeindustrie ist es im Schnitt so, dass 60% Schnittholz sind und ca. 40% Restholz. Die 40% Restholz werden zum Teil für die Plattenindustrie verwendet und als industrielles Hackgut verwendet. Ausgehend von der Forstwirtschaft wird von dem produzierten

Nadelholz (weil Nadelholz verwendet von Papierindustrie) geht in Österreich 80% in die stoffliche Nutzung und 20% wird energetisch genutzt. In der Sägeindustrie ist der Anteil der stofflichen Nutzung bei ca. 70% und 30% energetisch genutzt. Bei der Plattenindustrie ist das Verhältnis ca. 80:20 und bei der Papier- Zellstoffindustrie ca. 40% stofflich genutzt werden und 60% des verwendeten Holzes energetisch genutzt werden. Der Sektor der den größten Anteil an energetischer Nutzung aufweist, steht der thermischen Nutzung der Biomasse am kritischsten gegenüber.
Man sollte auch aufpassen, was unter kaskadischer Nutzung zu verstehen ist und nicht verwechseln mit dem Begriff der Ressourceneffizienz. Kaskadische Nutzung bedeutet, dass ich ein Produkt herstelle, nutze und nach der Nutzung wieder einer anderen Verwendung zuführe usw.
Es nehmen auch kritische Stimmen von Umweltorganisationen zu, vor allem auf europäischer Ebene. Da steckt dahinter, dass man mit dem Schutzgedanken auch ein Zertifizierungssystem aufbauen will und entsprechende Interessen dementsprechend im Spiel sind. Wer hat was zu sagen? Das hat verschiedene Gründe. Es geht auch darum, wer was wie regeln und bestimmen darf bei Zertifikaten und Labellings. Es wird generell sehr viel in Frage gestellt. Neben Gesetzen möchten manche Akteure ihre eigenen Systeme z.B. über Labells schaffen und so eine gewisse Macht auch ausüben zu können. Das Alles macht es für Erneuerbare und speziell auch für Biomasse nicht einfacher. Da ergibt sich ein Wechselspiel der Akteure.

4. Kohlendioxid und Nachhaltigkeit:

Die thermische Verwertung der Biomasse gilt als CO_2 neutral. Das bedeutet, dass nur die Menge an Kohlenstoff freigesetzt wird, die vorher schon durch die Photosynthese gespeichert wurde. Trotzdem wird Kohlendioxid z.B. bei Errichtung der Biomasse Anlagen oder bei den Brennstofflieferungen freigesetzt.

Ist es aus Ihrer Sicht gerechtfertigt, CO_2-Emissionen aus Biomasseanlagen als „klimaneutral" einzustufen? Warum?

Ja natürlich! aber ganz wichtig ist, dass man klare Systemgrenzen zieht bei solchen Betrachtungen. Bei der Klimawandelproblematik geht es darum, dass unterhalb der Erdoberfläche aus biogenen Substanzen entstandene Energieträger nach Millionen Jahren der Einlagerung wieder freigesetzt werden. Die Verbrennung dieser fossilen Energien gilt als Hauptursache für den Treibhausgasanstieg vor allem Kohlendioxid in unserer Atmosphäre. Jährlich ist die globale Quote ca. 35 Mrd. Tonnen CO2, die durch die Verbrennung fossiler Energien freigesetzt wird und wir hatten jährlich eine ständige Steigerung des Wertes und in den letzten Jahren ist die Kurve etwas abflachend. Die Steigerung ist nicht mehr so stark. Das ist das Hauptproblem und wird auch in diversen Klimaschutzabkommen wie z.B. Klimaschutzabkommen von Paris entsprechend kommuniziert. Das muss man in den Griff bekommen.
Bei den Biogenen ist es so, wenn wir als Systemgrenze die Schornsteingrenze betrachten ist es natürlich so, dass CO2 freigesetzt und in die Atmosphäre gebracht wird. Dies führt aber nicht zu einer zusätzlichen Anreicherung der Atmosphäre mit CO2 weil vorher dieses CO2 in der Biomasse gebunden wurde. Seit der Industrialisierung kam es kontinuierlich zu einer Ausweitung der Waldflächen. Wir haben in Europa seit den 50er, 60er Jahren einen ständig steigenden Waldanteil und einen ständig steigenden Holzvorrat. Über die kontinuierliche Ausbreitung der Wälder und über die Erhöhung des Holzvorrates in der europäischen Union entstand für die Forstwirtschaft ein Kohlendioxid Credit oder Guthaben und kein Debt oder Schuld. Wir haben ein CO2 Guthaben, das wir aus Fossilen CO2 zusätzlich gebunden haben in Ausweitung der Waldflächen. Holz ist mehr als CO2 neutral in Europa, wir haben hier nicht das Problem der Tropenwald- Abholzung. Dies entstand

durch das Überangebot an agrarischen Produkten seit den 50er und 60er Jahren und der Verwaldung der Almen. Das Holz im Wald zu lassen und nicht zu verbrennen wäre nicht sinnvoll, da es dann noch weniger Substitution der Fossilen gibt. Biomasse, die sie im Wald belassen speichert nur eine Zeit Kohlenstoff. Biomasse um Fossile zu substituieren, vermindert aber Emissionen auf ewig. Biogene, lebende Materie kann nur begrenzt Kohlenstoff speichern, irgendwann wird der Kohlenstoff wieder veratmet oder zersetzt. Bei Substitution gilt das auf ewig. Gefahr z.B. in Kanada oder Sibirien → Käferkalamität, Brand oder Sturm? Es kann durch natürliche Prozesse sehr rasch gehen und mit einem Schlag ändern sich die Kohlenstoffverhältnisse. Man muss die Wälder optimal nutzen. Auch nach der Lebensdauer der Biomasse, kann man es als Energieträger verwenden. Biogene haben eine gewisse Lebensdauer, anschließend wird die Materie wieder zersetzt, freigesetzt und in den Umlauf gebracht. Es geht nicht mit lebenden Substanzen endlos CO2- Stöcke aufzubauen, das geht nur in einem bestimmten Rahmen und das darf man eben nicht außer Auge lassen. Wenn Sie in diesem Rahmen noch zusätzlich Biomasse erzeugen und Fossile ersetzen, werden Emissionen auf ewig eingespart! Wenn man auf Holz verzichtet, verzichtet man auf die ewige Substitution. Nichtnutzung ist sicher keine Lösung.

Im „Drei-Säulen-Modell der Nachhaltigkeit“ (BMLFUW, 2016) kann nachhaltige Entwicklung nur dann erreicht werden, wenn folgende Kriterien erfüllt werden:

- **Ökologische Nachhaltigkeit** hat zum Ziel die Natur und Umwelt für die nachfolgenden Generationen zu erhalten. (Artenvielfalt, Klimaschutz, die Pflege von Kultur- und Landschaftsräumen).
- **Ökonomische Nachhaltigkeit** ist gegeben wenn, die Entwicklung so angelegt ist, dass die Wirtschaftsweise dauerhaft eine tragfähige Grundlage für Erwerb und Wohlstand bietet.
- **Soziale Nachhaltigkeit** hat zum Ziel, den Ausgleich sozialer Kräfte und eine auf Dauer zukunftsfähige, lebenswerte Gesellschaft zu erreichen.

Unter welchen Rahmenbedingungen ist Ihrer Meinung nach „Nachhaltigkeit“ bei der energetischen Nutzung der festen Biomasse gegeben?

Grundsätzlich ist die Waldbewirtschaftung in Österreich entsprechend mit Gesetzen begleitet. In Österreichs Forstwirtschaft gilt der Nachhaltigkeitsbegriff sehr umfassend, nicht nur in Bezug auf die Ernte und Holzzuwachs sondern auf die Erhaltung des Gesamtsystems und damit ist schon vorgegeben, dass die Holzerzeugung so zu gestalten ist, dass alle Funktionen des Waldes in ihrer Vielfalt erhalten bleiben sollen. Die Wohlfahrts,- Nutz-, Schutz- und Erholungsfunktion. Die Vielfalt muss erhalten bleiben und das wird angestrebt.
Man sollte in diesem Zusammenhang die Relationen richtig setzen. Man muss vergleichen, was sind die Rahmenbedingungen unter denen bei uns Holz erzeugt wird und was sind die Bedingungen mit denen andere Energieträger bereitgestellt werden in anderen Ländern. Da muss man auf die Relationen aufpassen und das richtig setzen. Fürs „level playing field“, wie ich schon am Anfang gesagt habe ist es wichtig zu berücksichtigen, dass selbst unter der Prämisse die wir in der Waldbewirtschaftung haben, also, dass generationsübergreifend gearbeitet werden muss, nie mehr nutzt als nachwächst usw. ist es schwer unter Marktbedingungen mit Energieträgern die in ihrer Nutzung nicht so streng reglementiert sind, zu konkurrieren. In der Forstwirtschaft wird der Gesamt-Nachhaltigkeitsgedanke immer mit einbezogen. Hier sollte ein „level playing field“ durchgeführt werden als Beispiel für jede kWh produzierte Energie die aus der Erde an die Oberfläche gebracht wird, braucht es eine gesetzliche Vorgabe, dass die gleiche Menge an Energie in erneuerbare Energien investiert werden muss. Da könnte man ja z.B. mit Zertifikaten arbeiten. Die fossile Industrie hat keine Vorgaben. Ab diesem Moment bräuchte ich keine Förderungen mehr. Die Rahmenbedingungen bei der Gewinnung fossiler Energien sind unvergleichbar mit den

Rahmenbedingungen der nachhaltigen Forstwirtschaft. Es gibt bei uns nur die Diskussion wie man die Forstwirtschaft noch nachhaltiger und noch besser gestalten kann, anstatt für ein „level playing field“ zu sorgen. Weiter wird auch ständig darüber diskutiert, dass Biomasse ohne Förderung marktreif werden soll, dann muss aber ein „level playing field“ geschaffen werden indem Fossile Energien entsprechend den Rahmenbedingungen und Regelungen einer nachhaltigen Forstwirtschaft gehandhabt werden sollen. Bei uns ist es so, dass man bei jeder kWh erzeugten Energie aus Biomasse nachweisen muss, dass die gleiche Menge an Holz erzeugt wird. Warum darf fossile Energie ohne weiteres gefördert werden und der Forstwirt muss ständig Generationen übergreifend denken und sich ständig gegen zusätzliche Auflagen wehren. Es wäre auch international denkbar z.B. über Indizes wie Menschen- und Frauenrechte Energieträger zu klassifizieren, als Beispiel könnte man z.B. wirtschaftliche Aufschläge für Energien aus Ländern mit zu hohem Korruptionsindex einführen. Es bräuchte WHO konforme Regelungen für soziale Standards in der Energie Erzeugung, nur das Problem ist, dass die meisten Energieimporteure diese Standards nicht besitzen. Kasachstan ein wichtiger Importeur für Österreich wäre da betroffen zum Beispiel. Ungefähr 1 % des österreichischen Rohölbedarfs kommt aus der europäischen Union und die heimische Ölproduktion deckt ca. 8% des heimischen Rohölbedarfs ab. Mit der heimischen Gasförderung decken wir ca. 20 % des Gasbedarfs ab.

3. *Interviewprotokoll mit Hr. Ing. Ranftl, Geschäftsführer Zimmerei und Alternativenergien LUXBau Ges. m.b.H., Energieberater für Klimaaktiv und für das Land Niederösterreich*

Bioenergie ist vor der Wasserkraft der wichtigste erneuerbare Energieträger in Österreich. Im Jahre 1990 lag der Anteil der Bioenergie am Energie- Bruttoinlandsverbrauch noch bei 9%, bis 2014 stieg der Anteil der Biomasse schon auf 17%. Den Löwenanteil innerhalb der Bioenergien stellt die feste Biomasse mit ca. 80%. Der hohe Anteil an fester Biomasse liegt vor allem im steigenden Einsatz von Holznebenprodukten wie Hackschnitzel oder Rinde für die energetische Verwendung. In absoluten Zahlen wurde im Zeitraum 1990 – 2014 der Biomasseeinsatz in Österreich um das 2,5 fache von 96 PJ auf 237 PJ erweitert. (ÖBMV, 2016; BMLFUW, 2016)

Was waren Ihrer Meinung nach die wichtigsten Einflussfaktoren für den vermehrten Einsatz von Biomasse zur Erzeugung von Wärme, Kälte und Strom in Österreich in den letzten Jahren?

Der größte Einflussfaktor ist, dass bei uns in Österreich mehr Holz zuwächst als verbraucht wird und wir ein sehr holzreiches Land sind. Die Biomasse kann z.B. über ein Fernwärmenetz eine sehr bequeme Wärmeübertagung liefern. Die Asche- und Staubbelastung ist da für die Umwelt wesentlich geringer, wie wenn jedes einzelne Gebäude eine Hackschnitzel- Anlage hätte. Man hat da keinen Staub im Haus usw. und ich finde prinzipiell diese Entwicklung positiv. Das Biomasse Heizwerk in Hainfeld liefert z.B. für einen Teil der Stadt Fernwärme. In Fernwärmesystemen ist es meiner Meinung nach auch am besten die Biomasse einzustufen. Nicht überall vereinzelt Biomasse Öfen betreiben, sondern lieber ein zentrales Heizwerk mit ordentlicher Steuerung usw. Solche Systeme sind leichter regelbar effizienter und man kann auch die Feuerung mit höherer Temperatur fahren, weil eine kleine Hackschnitzel Heizung in einem kleinen Häuschen bekommt nicht die Feuerungstemperaturen zusammen, also über 1000°C und dementsprechend ist auch der Schadstoffanteil bzw. das Abbrand Verhalten. Ich sehe hier gerade im urbanen Bereich eine Chance für die Biomasse.

Erwarten Sie in den nächsten Jahren ein ähnliches Wachstum für diesen Energiesektor?

Eigentlich schon, ich denke was wird uns denn übrigbleiben? Mit was sollen wir in Zukunft heizen? Mit Öl kann ich mir nicht vorstellen, da der Ausstieg geplant ist. Wir wollen grundsätzlich aus dieser Abhängigkeit aussteigen. Grundsätzlich ist es so, dass wir sowohl Gas als auch Öl nicht ausreichend im Lande besitzen und alle Menschen mit denen ich zu tun habe, sagen zu mir sie wünschen sich, dass sie sich selber mit Energie versorgen können und mit diesen Rohstoffen kann man sich hier nicht selber versorgen, die muss man kaufen, aber einen Baum, kann man selber pflanzen und irgendwann die Biomasse verwenden und energetisch nutzen. Die anderen Erneuerbaren ergänzen das noch. Es gibt auch seit heuer zwei Firmen die Holzgasanlagen im kleineren Leistungsbereich anbieten. Holzgas entsteht bei ca. 400-500°C. Mit diesem Holzgas kann man einen Motor betreiben, das gibt es schon für Anlagen mit 10 kW. Für den landwirtschaftlichen Bereich stelle ich mir das sehr interessant vor, weil die brauchen den Strom, wenn die Sonne nicht scheint und man muss in der Früh und am Abend die Kühe melken, da braucht man die Kühlung. Die Batteriespeicher sind noch nicht so leistungsfähig. Die Thematik ist die, was im Kleinen funktioniert, funktioniert auch für das Große. Die Holzgasgeschichte ist sicher auch ein Thema für Biomasse Kraftwerke. Man könnte damit z.B. Strom für eine kleine Stadt produzieren. Mir passt es auch nicht recht, dass man Strom nach einem fixen Tarif produzieren muss, sondern ich hoffe, dass die sogenannten „Intelligenten Netze" bald kommen und dann Strom produziert wird, wenn ich Spitzen habe und dann haben solche Systeme einen Sinn. Es macht keinen Sinn ein Biomasse Kraftwerk nur mit Strom zu betreiben, aber bei Bedarfsspitzen schon. Die Grundlast braucht man in Österreich mit Biomasse nicht decken, da ist das Holz zu schade. Grundlast bei Strom geht bei uns über Wasserkraft.
Im Wärmebereich ist die Biomasse vor allem im Winter schon Grundlast tauglich. Die Wärme muss man sowieso erzeugen.
Der Strom ist grundsätzlich zu billig bei uns leider, in Deutschland sind die Energiepreise weit höher und somit gibt es bei uns kaum ein Energiebewusstsein in der Gesellschaft. Das ist natürlich politisch bedingt und das Problem jetzt in Österreich durch den Energiehandel an der Börse ist, dass sogar heimische Wasserkraftwerke unwirtschaftlich laufen und geschlossen werden. Die Atomkraftwerke liefern so billig Strom und wir sind umgeben von Staaten mit Atomkraft. Die sind abgeschrieben und können quasi den Strom verschenken. Des Weiteren führte der Energieausbau Deutschlands zu einem weiteren Überangebot, besonders bei Sonne und Wind. Man weiß dann gar nicht wohin mit dem Strom. Den freien Handel mit Energie, die Energiebörse wo der Preis verhandelt wird, sollte man kritisch sehen, weil wenn z.B. ein altes Kohle Kraftwerk sehr billig Strom liefert, weil es nicht abgeschalten werden soll, drückt das den gesamten Strompreis. Wenn es hier gerechtere Wettbewerbsbedingungen geben würde, wäre der Strompreis fair z.B. Einpreisung der Demontage der Kraftwerke, die Reststoffbehandlung und Umwelteffekte z.B. Rückbau der Natur. Die Schäden und externe Effekte die bei der Bereitstellung dieser billigen Energien, entstehen werden dann auf die Gesellschaft über das Steuersystem übertragen, da sollten aber die Anlagenbetreiber haften. Ich habe lieber die Biomasse, weil die kann genauso geregelt und gesteuert werden wann ich die Energie brauche und den Rest mach ich mit Wind, Wasser und Photovoltaik.

1. Biogene Wärme:

In Österreich gibt es über 2100 Biomasse Heizwerke mit einer thermischen Gesamtleistung von mehr als 1,8 GW (ÖBMV, 2016).

Was sind Ihrer Meinung nach die Gründe für den Erfolg von Biomasse Nah- und Fernwärmesystemen in Österreich in den letzten Jahren?

Ab 300 Meter Rohrleitungslänge oder Netzlänge finde ich nicht zuletzt auch wegen den hohen Kosten spricht man schon von Fernwärme und nicht mehr von Nahwärme.

Der Erfolg ist ganz leicht erklärbar, bei der Biomasse, da spricht man ja hauptsächlich von Holz, die Wertschöpfung bei uns in Österreich bleibt. Für Bauern oder landwirtschaftliche Produzenten hat sich hier ein neues Geschäftsfeld aufgetan. Holz kann nicht mehr nur für die Baubranche, sondern eben z.B. für die Fernwärme produziert werden und die Menge an Holz die gebraucht wird für den Betrieb einer Anlage ist planbar. Im Sommer wird ja weniger oder gar nicht geheizt. Der Hauptkonkurrent für die Biomasse im Wärmebereich ist sicherlich Gas. Der Preis von Gas ist zurzeit sehr billig und quasi nicht richtig wert geschöpft. Das ist das Problem bei all diesen fossilen Energien aber auch bei Schotter. Der Natur wird etwas entnommen aber nichts zurückgegeben. Der Grundpreis ist meist den Gestehungskosten gleich zu setzen aber es gibt kaum Kosten für die Umwelteffekte. Vielleicht eine geringe Steuer, aber diese Steuern gehören erhöht. Es herrscht aber ein System bei dem die wirtschaftliche Rendite im Vordergrund steht. Wenn z.B. Gas aus Russland sehr billig angeboten wird, dann zahlt es sich sogar aus das Gas zu verstromen. Die Biomasse mit konstanten Preisen tut sich dann schwer. Die Gaspreise können variieren. Es fehlt ein bißchen die Ehrlichkeit in der Energiebranche.

Welche Vorteile bietet die feste Biomasse im Vergleich zu anderen Primärenergieträgern wie z.B. fossile Energien?

Ganz einfach → Autonomie ist der wichtigste Vorteil. Das ist das Ziel jedes einzelnen Individuums. Das heißt unabhängig zu sein von anderen, das ist die Leitidee.

Welche Nachteile oder mögliche Schwierigkeiten sind mit dem Einsatz von fester Biomasse in Nah- und Fernwärmesystemen verbunden?

Das ist jetzt ein ausgereiftes System, es gibt jedoch keine Maschine von Menschen Hand erbaut, die keiner Wartung bedarf. z.B. wenn ich meine Anlagen nicht reinige usw. Für die Ewigkeit ist das nicht.

Der Anteil der Nah- und Fernwärme an der österreichischen Gesamtwärmeproduktion liegt bei über 20%. Der biogene Anteil davon ist von 22% im Jahr 2005 auf über 45% im Jahr 2014 gestiegen. (BMWFW, 2016)

Wie wird sich Ihrer Meinung nach der Biomasse-Anteil der österreichischen Wärmeproduktion in den nächsten Jahren entwickeln und welche energiewirtschaftlichen Rahmenbedingungen werden benötigt um ein Wachstum in diesem Sektor zu erzielen?

An der Biomasse wird man einfach nicht vorbeikommen und das gehört natürlich auch viel besser in der Öffentlichkeit kommuniziert, wie wichtig die feste Biomasse für uns in Österreich ist. Der Energiepreis müsste fairer sein. In Zukunft wird man alle Erneuerbaren forcieren müssen und das haben die politischen Kräfte im Land schon verstanden. Des Weiteren geht's um die Besteuerung. Das ist einfacher bei Fossilen. Bei Sonnenstrom z.B. ist es viel schwieriger eine effiziente Steuer zu setzen.
Bezüglich der Konkurrenzsituation von Biomasse zur Papierindustrie, weil dieses Thema auch manchmal diskutiert wird muss ich dazusagen, dass der Papieraufwand für die Bürokratie in Österreich ein Wahnsinn ist. Man bräuchte nicht so viel Papier nutzen. Das beginnt ja auch bei den Behörden, bei denen man immer Papier- Nachweise braucht. Auch bei den Bauprojekten war das früher noch anders und sparsamer. Die Technologie z.B. mit digitaler Unterschrift ist schon da. Früher wurden Bauprojekte auch mit viel weniger Papieraufwand bewältigt, jetzt ist man mit einer

Vielzahl von Ordnern konfrontiert, weil man für alles jetzt schon einen Beleg braucht. Nur damit man alles schön sauber archivieren kann braucht man ja schon extrem viel Papier bzw. Holz.

Inwiefern konnte die Wärmeproduktion aus fester Biomasse die Erwartungen der Energieexperten erfüllen?

Ich kann hier aus Erfahrungen von der Biomasse Fernwärmeversorgung in Hainfeld sprechen. Wir haben dort einen guten Anlagenbetrieb, ohne Ausfälle und kommen auch mit den prognostizierten Energiemengen zurecht. Es gibt dort zwei Kessel mit unterschiedlicher Leistung. Im Sommer wird der kleinere Biomassekessel befeuert und im Winter der Größere. Es gibt auch einen Pufferspeicher mit 40 m³. Die Hackschnitzel kommen aus der Region. In Hainfeld gibt es Gas, wenn natürlich der Gaspreis so gering ist wie jetzt, ist es schwer mit der Wärme mitzuhalten, besonders bei kleinen privaten Kunden. Der Wärmepreis beträgt ca. 7 Cent pro kWh oder 70 Euro pro MWh. Gas ist drunter. Die Problematik ist aber auch, dass der Mensch nicht weiterdenkt und in drei bis vier Jahre seine Kosten amortisiert haben will. Wärmekunden bei uns bekommen einen Vertrag für 30 Jahre und somit braucht sich der Kunde nicht kümmern um eine Wartung, Erneuerung. Gasthermen muss man alle 10-15 Jahre erneuern, alle 2 Jahre warten usw. Meistens ist es so, dass Kunden der Preisvergleich vorgerechnet wird, aber trotz des Komforts der Fernwärme wird die Gastherme bevorzugt. Es gibt einfach auch Leute die bei Mehrkosten im Bereich von 100 Euro pro Jahr, nicht die erneuerbare Biomasse und Fernwärme ausprobieren wollen. Das finde ich nicht in Ordnung, da ist die Politik schon gefragt und generell kann man sagen, dass unsere Gesellschaft sehr verschwenderisch agiert, z.B. beim Autofahren oder der Ressourcenverbrauch generell.

2. Entwicklung Wärmebedarf und Möglichkeiten für die Kältenutzung:

Wie wird sich Ihrer Meinung nach generell der Wärmebedarf unter Berücksichtigung eines möglicherweise sinkenden Wärmebedarfs (z.B. aufgrund von verbesserter thermischer Gebäudeisolierung oder Rückgang der Heizgradtage) in Österreich zukünftig entwickeln?

Meine persönliche Meinung ist, dass sich die Wärmepumpe immer weiter entwickeln wird und immer mehr Häuser eine Wärmepumpe besitzen. Mit der kann ich zwei Sachen machen. Im urbanen Bereich kann ich damit wärmen und kühlen und zweitens geht die klimatische Entwicklung in Österreich hier in Richtung Wüstenklima mit sehr heißen Tagen und kalten Nächten. Die Vegetation muss sich auch umstellen. Die Speicherthematik wird sich erhöhen.
Ich brauche die Wärme aber gleichmäßig im Haus verteilt und da hat die Biomasse einen Vorteil, weil es ein Puffersystem gibt, die Wärme kann am Abend sofort geliefert werden, besonders in Kombination mit einer Photovoltaik Anlage oder einer Wärmepumpe. So wird es sich in Zukunft entwickeln. Natürlich stellt Gas die Wärme sofort bereit oder Öl, hat aber den Nachteil der Abhängigkeit zu Energieimporten. Holz habe ich hier immer zur Verfügung.

Mit wärmeren Sommern wird der Kältebedarf in Österreich steigen. Welche Möglichkeiten gibt es, biogene Fernwärme auch im Sommer effizient zu nutzen?

2 Themen:

1. Biomasse einzuheizen, um dann daraus Kälte zu machen, ich weiß nicht ob das effizient ist. Ich glaube, dass die Wärmepumpe in Kombination mit einer Photovoltaikanlage effizienter ist.

2. Sogar eine normale Klimakaltanlage eben z.B. mit Kompressionsschrauben könnte man z.B. mit Photovoltaik erledigen, weil im Sommer sowieso viel Sonnenstrom erzeugt wird. Dazu muss man keinen Wald umschneiden. Es kann auch eine technische Kombination die Lösung bieten. Wenn wir im Sommer so viel Photovoltaik-Strom produzieren und es dafür kaum Abnehmer gibt, drückt das wieder den Strompreis. Diesen selber gemachten Bio-Strom könnte man in heimischen Kälteanlagen gleich verstromen.

Welche energiewirtschaftlichen Rahmenbedingungen werden benötigt, um mehr biogene Fernkälte in Österreich zu produzieren und so elektrische Energie und Kohlendioxid einzusparen?

Es gehört eine Änderung im Steuersystem vollzogen. Wenn alles ehrlich berechnet werden würde, wären die Erneuerbaren weitaus billiger als die fossilen Energien. Grundsätzlich ist es so, dass man den Bürgern nichts mehr verdienen lässt. 2015 sind die Energiepreise gefallen, aufgrund des Photovoltaik-Anlagen Booms aus China kommend. Da hätte die EU eingreifen können, z.B. dass es nur Förderung gibt für den Betrieb von Photovoltaikanlagen aus der EU. In Deutschland sind alle Photovoltaik Firmen daran gescheitert.

3. Stromproduktion aus fester Biomasse in Österreich:

In Österreich sind derzeit 111 Biomasse-KWK-Anlagen mit einer elektrischen Gesamtleistung von mehr als 313 MW und einer Wärmeauskopplung von ca. 4.457GWh pro Jahr in Betrieb. (ÖBMV, 2016)

Was sind Ihrer Meinung nach die Vor- und Nachteile bei der Verstromung fester Biomasse mittels Kraft-Wärme-Kopplung (KWK)?

Man kann der Fluktuation von Photovoltaik und Wind entgegenwirken, Biomasse ist im Wärmebereich Grundlast tauglich aber eigentlich auch für die Verstromung. Der Nachteil ist der geringe Wirkungsgrad von 25% elektrisch. Im Sommer gibt es Abwärme die durch den Betrieb der KWK anfällt, doch kaum einen Wärmebedarf, hier könnte man eben schon die Abwärme zum Kühlen verwenden, aber da muss man meistens ein Kältenetz auch dazu bauen und das ist natürlich sehr teuer. Lieber wäre mir die KWK- Anlagen auf Biomasse Basis für Spitzenlastabdeckung, also mittags und abends, weil in der Nacht wird der Strom und auch die Wärme nicht so gebraucht. Das Problem ist, dass die einen fixen Stromeinspeisetarif haben und somit rennt die Anlage auch im Sommer. Im Sommer sollte man abschalten und das Speichersystem für Sonnenstrom gehört generell ausgebaut.

Welche energiewirtschaftlichen Rahmenbedingungen werden benötigt um vermehrt Biomasse betriebene KWK- Anlagen in Österreich zu betreiben?

Steueränderung, Förderregime. Das ist eine reine politische Sache. Die E-Control gehört da gefordert. Strom ist zu billig bei uns. Smart- Meter werden auch kommen, da hoffe ich sehr darauf.

Welche Hürden stehen einem Wachstum in diesem Sektor entgegen? Rechnen Sie in den nächsten Jahren weiterhin mit einem Ausbau der Biomasse KWK- Anlagen in Österreich?

Wurde schon vorher beantwortet.

4. Kohlendioxid und Nachhaltigkeit:

Die thermische Verwertung der Biomasse gilt als CO_2 neutral. Das bedeutet, dass nur die Menge an Kohlenstoff freigesetzt wird, die vorher schon durch die Photosynthese gespeichert wurde. Trotzdem

wird Kohlendioxid z.B. bei Errichtung der Biomasse Anlagen oder bei den Brennstofflieferungen freigesetzt.

Ist es aus Ihrer Sicht gerechtfertigt, CO_2-Emissionen aus Biomasseanlagen als „klimaneutral" einzustufen? Warum?

Nein in Wirklichkeit nicht, weil es ja zu einer Verbrennung kommt und in der Geschwindigkeit, in der das verbrennt ja kein Baum nachwächst. Das gehört geklärt. Der Stromanteil wird an der Gesamtproduktion immer mehr werden. Vom gesamten Energiemix, den wir haben ist Strom nur ca. 20%. Der kann ja ruhig etwas höher werden. Strom, der nicht aus der Verbrennung entsteht, das glaube ich ist die Zukunft. Auf eine gewisse Art verstärkt es den Teibhausgasausstoss. Trotzdem wird ja bei uns Holz nachhaltig erwirtschaftet. Es gibt andere Länder wie z.B. Nicaragua in denen noch Holzkohle produziert und verkauft wird, aber es kaum noch gesunde und intakte Wälder gibt. Die Wälder sind abgeholzt und trotzdem besitzen viele Menschen noch eine Holzköhlerei. Beim Schotterabbau ist es ähnlich, teilweise wird da ein Raubbau an der Natur betrieben und die externen Effekte also z.B. dann die Renaturierungskosten werden von der Gesellschaft übernommen.
Aus technischer Sicht wird Kohlendioxid frei bei der Verbrennung von fester Biomasse.

Im „Drei-Säulen-Modell der Nachhaltigkeit" (BMLFUW, 2016) kann nachhaltige Entwicklung nur dann erreicht werden, wenn folgende Kriterien erfüllt werden:

- **Ökologische Nachhaltigkeit** hat zum Ziel die Natur und Umwelt für die nachfolgenden Generationen zu erhalten. (Artenvielfalt, Klimaschutz, die Pflege von Kultur- und Landschaftsräumen).
- **Ökonomische Nachhaltigkeit** ist gegeben wenn, die Entwicklung so angelegt ist, dass die Wirtschaftsweise dauerhaft eine tragfähige Grundlage für Erwerb und Wohlstand bietet.
- **Soziale Nachhaltigkeit** hat zum Ziel, den Ausgleich sozialer Kräfte und eine auf Dauer zukunftsfähige, lebenswerte Gesellschaft zu erreichen.

Unter welchen Rahmenbedingungen ist Ihrer Meinung nach „Nachhaltigkeit" bei der energetischen Nutzung der festen Biomasse gegeben?

Nachhaltig ist es für mich dann, wenn ich meinen Energieaufwand nachpflanzen oder zurückgeben kann, was ja bei unserer Art der Biomassenutzung zutrifft. Holzimport wäre als Gegenteil nicht nachhaltig. Die drei Säulen des Ministeriums sind ja ganz gut gemeint, aber das gehört vorgelebt.

Bei der energetischen Nutzung der festen Biomasse ist aber trotzdem eindeutig Nachhaltigkeit gegeben, aufgrund der strengen Gesetze.

4. ***Schriftliche Beantwortung des Interviewleitfadens von Fr. Mag. Griessmair-Farkas, Referentin Wärme für den Fachverband der Gas- und Wärmeversorgungsunternehmen Österreich (FGW)***

Was waren Ihrer Meinung nach die wichtigsten Einflussfaktoren für den vermehrten Einsatz von Biomasse zur Erzeugung von Wärme, Kälte und Strom in Österreich in den letzten Jahren?

Für den Wärmebereich war der höhere Wärmebedarf sowie der Umstand, dass die Unternehmen aufgrund geänderter Energiepreisrelationen die Eigenerzeugung zulasten des Bezugs von Dritten forcierten. Auch ein immer stärkeres Klimabewusstsein sowie die vorgegebenen Klimaziele führten zu einer Steigerung der Erneuerbaren in der Wärmeversorgung. Regionale Biomasseanlagen können gut auf spezielle Voraussetzungen und Bedürfnisse eines kleineren Einzugsgebietes eingehen. In Regionen mit Waldbestandkönnen Hackschnitzel aus der Forstwirtschaft oder Sägenebenprodukte verwendet werden.

Erwarten Sie in den nächsten Jahren ein ähnliches Wachstum für diesen Energiesektor?

Ja, denn auch weiterhin sind Klima und Effizienzziele zu erreichen, die EU-Kommission will in ihrem Vorschlag „Saubere Energie für alle Europäer" die Nutzung Erneuerbarer weiter vorantreiben. Die Mitgliedsstaaten sollen es anstreben, den erneuerbaren Anteil im Wärme und Kälte Sektor um 1% jährlich zu erhöhen.

Was sind Ihrer Meinung nach die Gründe für den Erfolg von Biomasse Nah- und Fernwärmesystemen in Österreich in den letzten Jahren?

Hunderte Anlagen, die in den letzten 30 Jahren entstanden sind, ersetzen zunehmend fossile Brennstoffe und sichern vielerorts die regionale Versorgung. Viele Gemeinden stellen gerne ihr Heizsystem von Öl auf Biomasse um, insbesondere dort, wo Biomasse auch vor Ort vorhanden ist. Förderungen durch Land und Bund.

Welche Vorteile bietet die feste Biomasse im Vergleich zu anderen Primärenergieträgern wie z.B. fossile Energien?

Biomasse ist CO2-neutral, die Anlagen verwerten Restholz, Rinde, Sägenebenprodukte. Biomasse ist ein heimischer Energieträger und ist relativ preisstabil. Festbiomasse ist nicht volatil, wie andere Erneuerbare wie Wind und Sonne und steht immer zur Verfügung.

Welche Nachteile oder mögliche Schwierigkeiten sind mit dem Einsatz von fester Biomasse in Nah- und Fernwärmesystemen verbunden?

Nicht feinstaubfreie Verbrennung. Insbesondere im Einzelofen. Teilweise Intensivierung des Anbaus von Energiepflanzen, als nachwachsender Rohstoff muss auf genügend Flächen und Zeit geachtet werden. Auf die Balance Nahrungsmittel-Energiepflanzen muss geachtet werden.

Wie wird sich Ihrer Meinung nach der Biomasse-Anteil der österreichischen Wärmeproduktion in den nächsten Jahren entwickeln und welche energiewirtschaftlichen Rahmenbedingungen werden benötigt um ein Wachstum in diesem Sektor zu erzielen?

Der Biomasseanteil in der Wärme wird stetig weiter steigen, allerdings nicht sprunghaft. Es gab bereits auch eine Marktbereinigung bei kleinen unwirtschaftlichen Anlagen. Die Entwicklung ist jedoch nicht mehr zurückzudrehen. Fossile Energieträger wie Kohle und Öl werden in Zukunft in die Bedeutungslosigkeit versinken zugunsten der Erneuerbaren wie Biomasse. Förderungen sollen dort

wo nötig beibehalten werden, aber am wichtigsten ist Planungs- und Rechtssicherheit für die Anlagenbetreiber.

Inwiefern konnte die Wärmeproduktion aus fester Biomasse die Erwartungen der Energieexperten erfüllen?

Durch die Förderungen und die Forcierung des Einsatzes von Biomasse war eigentlich absehbar, dass sich dieser Energieträger auch wegen der vielen Vorteile durchsetzen wird.

Wie wird sich Ihrer Meinung nach generell der Wärmebedarf unter Berücksichtigung eines möglicherweise sinkenden Wärmebedarfs (z.B. aufgrund von verbesserter thermischer Gebäudeisolierung oder Rückgang der Heizgradtage) in Österreich zukünftig entwickeln?

Der Rückgang der Heizgradtage ist nicht zwingend vorausgezeichnet. Gerade im Winter 2016/17 mit dem kältesten Jänner seit 30 Jahren hat deutlich gezeigt, dass es ohne eine diversifizierte Energielandschaft nicht geht. Heizwerke und KWK-Anlagen liefen ja auf Hochtouren. Ein sinkender Energiebedarf durch höhere Effizienz wird dazu führen, dass aufgrund der vorgegebenen Klimaziele die umweltfreundlichsten Heizsysteme weniger umweltfreundliche Systeme allmählich verdrängen werden. Eine Netzverdichtung z.B. im Wärmebereich steht dem sinkenden Wärmebedarf entgegen. Und dann wird im Sommer immer mehr Klimatisierung benötigt.

Mit wärmeren Sommern wird der Kältebedarf in Österreich steigen. Welche Möglichkeiten gibt es, biogene Fernwärme auch im Sommer effizient zu nutzen?

Egal woraus die Energie entsteht, auch biogene Quellen eignen sich im Sommer zur Kühlung: Fernkälte ist die Lösung.

Welche energiewirtschaftlichen Rahmenbedingungen werden benötigt, um mehr biogene Fernkälte in Österreich zu produzieren und so elektrische Energie und Kohlendioxid einzusparen?

Die Bereitschaft in das FK-System zu investieren. Fördertöpfe im Rahmen des WKLG zu füllen, damit das Kältenetz weiter ausgebaut wird.

Was sind Ihrer Meinung nach die Vor- und Nachteile bei der Verstromung fester Biomasse mittels Kraft-Wärme-Kopplung (KWK)?

KWK ist eine Schlüsseltechnologie. Vorteil: Primärenergieeffizienz, durch Erzeugung von Strom entsteht auch Wärme, die genutzt werden kann. Verbrennungsprozess hoch technisch kontrolliert, Schadstoffe werden herausgefiltert. Zentrale Versorgung möglich. Derzeitiger Nachteil: Strom ist billiger im Import als in der Selbsterzeugung durch Verstromung von Biomasse oder Erdgas.

Welche energiewirtschaftlichen Rahmenbedingungen werden benötigt um vermehrt Biomasse betriebene KWK- Anlagen in Österreich zu betreiben? Welche Hürden stehen einem Wachstum in diesem Sektor entgegen? Rechnen Sie in den nächsten Jahren weiterhin mit einem Ausbau der Biomasse KWK- Anlagen in Österreich?

Derzeit ist das Potential an Biomasse-KWKs in Österreich gut ausgefüllt. Nach Auslauf der Förderungen sollen Nachfolgetarife kommen.

Ist es aus Ihrer Sicht gerechtfertigt, CO_2-Emissionen aus Biomasseanlagen als „klimaneutral" einzustufen? Warum?

k.A.

Unter welchen Rahmenbedingungen ist Ihrer Meinung nach „Nachhaltigkeit" bei der energetischen Nutzung der festen Biomasse gegeben?

Kein Raubabbau, keine Intensivierung über das Notwendige hinaus, regionale Verfügbarkeit beachten, keine langen Transportwege, keine Monokulturen, Landschaft beachten (z.B. Erosion vermeiden), zentrale Verbrennung besser als im Einzelofen.

5. ***Hr. Dipl. Ing. Strimitzer, Energieagentur Österreich (AEA), Leitung Center Nachwachsende Rohstoffe & Ressourcen***

Bioenergie ist vor der Wasserkraft der wichtigste erneuerbare Energieträger in Österreich. Im Jahre 1990 lag der Anteil der Bioenergie am Energie- Bruttoinlandsverbrauch noch bei 9%, bis 2014 stieg der Anteil der Biomasse schon auf 17%. Den Löwenanteil innerhalb der Bioenergien stellt die feste Biomasse mit ca. 80%. Der hohe Anteil an fester Biomasse liegt vor allem im steigenden Einsatz von Holznebenprodukten wie Hackschnitzel oder Rinde für die energetische Verwendung. In absoluten Zahlen wurde im Zeitraum 1990 – 2014 der Biomasseeinsatz in Österreich um das 2,5 fache von 96 PJ auf 237 PJ erweitert. (ÖBMV, 2016; BMLFUW, 2016)

Was waren Ihrer Meinung nach die wichtigsten Einflussfaktoren für den vermehrten Einsatz von Biomasse zur Erzeugung von Wärme, Kälte und Strom in Österreich in den letzten Jahren?

Einer der wichtigsten Einflussfaktoren war meiner Sicht die begleitende Forschung und Entwicklung in diesem Gebiet. Es ist ja bekannt, dass die Kesselindustrie auf Basis von Biomasse in Österreich und Mitteleuropa hinsichtlich der technischen Ausführung führend ist. Bewusstseins bildende Maßnahmen und Informationstätigkeiten für die Öffentlichkeit waren sicherlich auch sehr wichtig, um diese Branche aufzubauen. Dieser Bereich der Öffentlichkeitsarbeit wird auch weiterhin sehr wichtig bleiben. Außerdem ist das gesellschaftliche Engagement erneuerbare Energieträger einzusetzen um Wärme und Strom zu generieren gestiegen und auch das Interesse dafür nicht zu Letzt im ländlichen Raum. Andererseits waren wirtschaftliche Förderungen wie Einspeisetarife für Biomasse KWK-Anlagen und Investitionsförderungen für Biomasse Heizwerke wichtige und positive Einflussfaktoren für den vermehrten Ausbau der Bioenergien.

Erwarten Sie in den nächsten Jahren ein ähnliches Wachstum für diesen Energiesektor?

Die großen Ausbau Jahre, die „Boom"- Jahre, sind höchst wahrscheinlich vorbei aber man bemerkt trotzdem ein moderates Wachstum. Viel Potential sehe ich noch beim Austausch älterer Öl Kessel in Einfamilienhäusern und bei den Verdichtungen von bestehenden Wärmenetzen. Die mittel- oder langfristige Planungssicherheit spielt bei Investitionen eine wichtige Rolle und man weiß derzeit nicht genau wie die notwendigen Rahmenbedingungen gestaltet werden.
Wir haben in der Energieagentur u.a. eine Studie zu den Effekten der regionalen Wertschöpfung und der Beschäftigung der energetischen Nutzung von fester Biomasse in KWK- Anlagen durchgeführt und es zeigt sich, dass der inländische Beitrag zur Wertschöpfungskette sehr groß und höher ist, als die Wertschöpfung die im Ausland generiert wird. Die Branche könnte aber „wegbrechen", wenn die Einspeisetarife nicht mehr zur Verfügung stehen würden. So wie das Wachstum in der Vergangenheit war, wird es sich nicht fortsetzen auch wenn es das Potential dafür gibt. Man sieht ja auch bei den Heizungs- Erhebungen der Landwirtschaftskammer, dass der Verkauf von neuen Biomassekessel zurückgegangen ist. Gründe dafür liegen in den gesunkenen Energiepreisen für Fossile, der erhöhten

Energieeffizienz im Land kombiniert mit der fortschreitenden thermischen Gebäudesanierung. Im ganz kleinen Leistungsbereich gibt es für Biomasse Kessel die Konkurrenz zur Wärmepumpe. Tendenziell geht der Verkauf von Biomassekesseln zurück und aus heutiger Sicht ist keine Trendwende abzusehen.

1. Biogene Wärme:

In Österreich gibt es über 2100 Biomasse Heizwerke mit einer thermischen Gesamtleistung von mehr als 1,8 GW (ÖBMV, 2016).

Was sind Ihrer Meinung nach die Gründe für den Erfolg von Biomasse Nah- und Fernwärmesystemen in Österreich in den letzten Jahren?

Wie eingangs schon erwähnt, der Aufbau von „Knowhow" um solche Biomasse Anlagen technisch effizient zu betreiben. Ich denke, dass seitens der Bevölkerung, besonders im ländlichen Raum, eine große Akzeptanz hinsichtlich Biomasse Anlagen für die Fernwärmelieferung gegeben ist. Im Nah- und Fernwärmebereich wurde noch dazu durch die Einführung der klimaaktiv „QM- Heizwerke" Datenbank (Anmerkung: klimaaktiv ist die Klimaschutzinitiative des BMLFUW) ein Qualitätsmanagement errichtet, wo man merkt, dass hier die Entwicklung gut voranschreitet. Natürlich hat es auch zu Beginn der Ausbaujahre noch einige Zeit gebraucht, bis auch die Brennstoff-bereitstellung, die Brennstoffkette so weit geplant war, dass es auch im Bereich der Brennstofflogistik keine Probleme mehr gab.

Welche Vorteile bietet die feste Biomasse im Vergleich zu anderen Primärenergieträgern wie z.B. fossile Energien?

Vorteile gibt es sehr viele. Es gibt bei uns eine große Abhängigkeit von fossilen Energie- Importen und die feste Biomasse liefert gerade im Wärmebereich eine sehr sinnvolle Alternative zu fossilen Brennstoffen. Aus strategisch volkswirtschaftlicher Sicht ist es sehr wichtig, dass man die eigenen Energieressourcen optimal ausnützt. Weiters spielt die große Thematik des Klimawandels und des Klimaschutzes eine enorme Rolle aber vor allem die Sicherung von heimischen Arbeitsplätzen und die Erhöhung der regionalen Wertschöpfung. Bei den Erhebungen der Energieagentur die wir in einer KEM- Region durchführten, kann man sehen, dass die regionale Wertschöpfung bei der Nutzung von Bioenergien bis zum Faktor sieben höher ist, als beim Einsatz von importierten fossilen Brennstoffen. Das Geld bleibt hier in der Region und fließt nicht ins Ausland ab. Das ist für mich schon ein sehr wichtiger Erfolgsfaktor der festen Biomasse. Österreich exportiert sehr viele Technologien und da gehören natürlich Biomassekessel auch dazu. Holz ist nach wie vor ein günstiger Brennstoff und vor allem ist die Preisstabilität bei der Biomasse gegeben im Vergleich z.B. zu Heizöl. Hinsichtlich der Energie- Versorgungssicherheit kann man sagen, dass es in Österreich genug Holz gibt und der Holzvorrat hier ständig wächst. Die österreichischen Holzströme die gemeinsam u.a. mit der Landwirtschaftskammer erstellt werden, zeigen, dass das in Österreich geerntete Frischholz mit einem Anteil von bis zu 80% kaskadisch genutzt wird. Das bedeutet, dass diese Menge zuerst stofflich genutzt wird und erst zu Letzt energetisch verwertet wird. Österreich besitzt eine große Holzindustrie und ich finde es absolut sinnvoll, die anfallenden Holz- Reststoffe energetisch zu nutzen. Die restlichen 20 % fallen auf Scheitholz und Hackschnitzel. Scheitholz ist nach wie vor ein wichtiger Teil der Holzproduktion, besonders für kleinere private Wärmekunden, doch geht der Verkauf auch in diesem Bereich eigentlich konstant zurück. Es werden jährlich ca. 6-7 Mio. Fest-meter Scheitholz in Österreich verbraucht.

Welche Nachteile oder mögliche Schwierigkeiten sind mit dem Einsatz von fester Biomasse in Nah- und Fernwärmesystemen verbunden?

Bei den Nah- und Fernwärmesystemen werden generell bestimmte Wärmedichten benötigt um den geplanten oder benötigten Wärmeabsatz zu erreichen. Wenn man die Biomasse Landkarte vom Biomasse Verband aufbereitet, dann zeigt sie, dass einfach viele Standorte bzw. Städte in Österreich Biomasse Anlagen sei es KWKs oder Nahwärmesysteme besitzen und die Biomasse eigentlich flächendeckend in Österreich umgesetzt wurde. Es ist jetzt einfach immer schwieriger geeignete Standorte zu finden. Ich nehme an, dass noch ein großes Potential in der Verdichtung und Optimierung bestehender Systeme liegt.
Ein weiteres Hemmnis ist die Konkurrenz zu anderen Technologien. Im städtischen Bereich wie in Wien hat es die Nahwärmeversorgung aus Biomasse schwer im Vergleich zur Gasversorgung, die eigentlich flächendeckend eingesetzt wird.

Der Anteil der Nah- und Fernwärme an der österreichischen Gesamtwärmeproduktion liegt bei über 20%. Der biogene Anteil davon ist von 22% im Jahr 2005 auf über 45% im Jahr 2014 gestiegen. (BMWFW, 2016)

Wie wird sich Ihrer Meinung nach der Biomasse-Anteil der österreichischen Wärmeproduktion in den nächsten Jahren entwickeln und welche energiewirtschaftlichen Rahmenbedingungen werden benötigt um ein Wachstum in diesem Sektor zu erzielen?

Ich sehe das Potential in der Verdichtung der Netze und natürlich in geänderten energiewirtschaftlichen Rahmenbedingungen wie ich schon anfangs erwähnte. Weiters wird auch noch der Austausch der Öl Kessel in älteren Einfamilienhäusern relevant. Vielleicht kann die Biomasse einen Aufschwung von dieser privaten Seite erleben. Im Neubau ist in gewissen Bundesländern der Einbau von Ölkesseln verboten und es gibt, glaube ich noch mehr als 600.000 Öl Kessel in Österreich. Pellets wären prädestiniert für einen Ersatz, da man gleich den Öltank als Pellets Lager verwenden könnte. Da sehe ich noch eine große Chance für die feste Biomasse.
In der Energieagentur beschäftigen wir uns auch mit Energielösungen für Unternehmen, wie z.B. Gärtnereien oder Bio-Hotels die Biomasse als nachhaltigen und umweltfreundlichen Brennstoff verwenden wollen. Die Frage des Unternehmenskonzepts oder des Leitbildes des Unternehmens spielen hier auch eine wichtige Rolle. Für manche Unternehmen ist es nicht mit dem Unternehmenskonzept vereinbar, wenn fossile Energien eingesetzt werden z.B. über einen Öl Kessel.

Inwiefern konnte die Wärmeproduktion aus fester Biomasse die Erwartungen der Energieexperten erfüllen?

Man muss einfach festhalten, dass Wärme aus Biomasse einen unverzichtbaren Beitrag für unsere heimische Energieerzeugung leistet. Besonders auch in kalten Wintern, in denen man viel Wärmeenergie benötigt, sind Biomasse Fernwärmesysteme unverzichtbar. Eine ambitionierte österreichische Klima- und Energiestrategie wäre wünschenswert und sinnvoll

2. Entwicklung Wärmebedarf und Möglichkeiten für die Kältenutzung:

Wie wird sich Ihrer Meinung nach generell der Wärmebedarf unter Berücksichtigung eines möglicherweise sinkenden Wärmebedarfs (z.B. aufgrund von verbesserter thermischer Gebäudeisolierung oder Rückgang der Heizgradtage) in Österreich zukünftig entwickeln?

Der Wärmebedarf wird wahrscheinlich sinken wobei man nach wie vor für kalte Winter, die es weiter geben wird, gerüstet sein muss. Es wäre ein Trugschluss zu glauben, dass man in Österreich auf die feste Biomasse im Wärmebereich verzichten kann. Im Neubau mit geringem thermischem Wärmebedarf oder geringer benötigter Leistung hat es die Biomasse auch sehr schwer, weil hier die Wärmepumpe zurzeit sehr attraktiv ist. Die Chancen der Biomasse sehe ich eher im ländlichen Raum,

Mit wärmeren Sommern wird der Kältebedarf in Österreich steigen. Welche Möglichkeiten gibt es, biogene Fernwärme auch im Sommer effizient zu nutzen?

Die Fernkälte ist natürlich eine gute Idee, dabei kann über Absorptionskältemaschinen im Sommer überschüssige KWK-Abwärme sinnvoll genutzt werden. Diese Systeme haben Potential, nur ist wahrscheinlich jedes Projekt hinsichtlich der Kosten oder des passenden Standorts einzeln zu betrachten. Ich kenne einige Fernkälteprojekte in Wien doch andererseits ist dieses Gebiet noch eine Nischengebiet in der österreichischen Energiewirtschaft.

Welche energiewirtschaftlichen Rahmenbedingungen werden benötigt, um mehr biogene Fernkälte in Österreich zu produzieren und so elektrische Energie und Kohlendioxid einzusparen?

Auch wenn wirtschaftliche Förderungen eingesetzt werden und passende Rahmenbedingungen geschaffen werden, müssen sich diese Systeme auch irgendwann selbst erhalten können. Langfristig müssen energiewirtschaftliche Projekte finanziell sinnvoll sein.
Dazu fällt mir generell noch ein, dass man durch effiziente Raumplanung schon sehr viel im Bereich der Kühlung erreichen kann. Das Gesamtsystem muss immer betrachtet werden und es stellt sich die Frage, welchen Beitrag die einzelnen Technologien leisten können. Es kann nicht immer nur ein System die Lösung bieten, vielmehr müssen alle verfügbaren Technologien effizient eingesetzt und kombiniert werden.

3. Stromproduktion aus fester Biomasse in Österreich:

In Österreich sind derzeit 111 Biomasse-KWK-Anlagen mit einer elektrischen Gesamtleistung von mehr als 313 MW und einer Wärmeauskopplung von ca. 4.457GWh pro Jahr in Betrieb. (ÖBMV, 2016)

Was sind Ihrer Meinung nach die Vor- und Nachteile bei der Verstromung fester Biomasse mittels Kraft-Wärme-Kopplung (KWK)?

Das Wichtigste aus meiner Sicht ist die regionale Verfügbarkeit von Arbeitsplätzen und die Generierung von Wertschöpfung. Weiters wird zukünftig biogener Strom vermehrt in den Wintermonaten benötigt, da unsere heimischen Wasserkraftwerke zu dieser Zeit weniger Strom produzieren. In dieser Zeit wird mehr Strom importiert und wir sollten die Eigenproduktion steigern bzw. sichern. Dazu werden aber alle vorhandenen Technologien benötigt, nicht nur die Biomasse. Wenn ambitionierte Klimaziele erreicht werden sollen, dann müssen alle verfügbaren erneuerbaren Energien noch weiter gefördert werden.
Bei der energetischen KWK- Anwendung mit fester Biomasse liegt ein wichtiger Vorteil darin, dass Grundlast geliefert wird, im Gegensatz zu anderen volatileren Energien, die jetzt auch vermehrt am Markt aufkommen. Noch dazu gibt es bei uns leider oftmals viel Schadholz, welches durch Schadholzereignisse wie z.B. Käferkalamitäten oder Windschäden entsteht. Die forstwirtschaftlichen Produzenten sind gesetzlich dazu verpflichtet dieses Schadholz aus dem Wald zu entfernen und die energetische Nutzung von regionalen Holzabfällen oder Schadholz ist sicherlich eine sinnvolle Verwertung dieses Rohstoffs.
Ein Nachteil von Biomasse KWK- Anlagen sehe ich im geringen Wärmebedarf der Kunden in den Sommermonaten und somit kann man die überschüssige aber vorhandene Wärme nicht immer optimal nutzen.

Welche energiewirtschaftlichen Rahmenbedingungen werden benötigt um vermehrt Biomasse betriebene KWK- Anlagen in Österreich zu betreiben?

Die bestehenden KWK- Anlagen benötigen bei den derzeit niedrigen Strom- und Energiepreisen weiterhin Einspeisetarife und ein effizientes Fördersystem.

Welche Hürden stehen einem Wachstum in diesem Sektor entgegen? Rechnen Sie in den nächsten Jahren weiterhin mit einem Ausbau der Biomasse KWK- Anlagen in Österreich?

Das hängt von den Rahmenbedingungen ab. Aus heutiger Sicht eher nein, aber die großen gut konzipierten Anlagen der Holzindustrie werden weiterhin sehr wichtig bleiben und ich sehe eher dahingehend, also in der Reststoffverwertung schon ein Potential für diese Technologie.

4. Kohlendioxid und Nachhaltigkeit:

Die thermische Verwertung der Biomasse gilt als CO_2 neutral. Das bedeutet, dass nur die Menge an Kohlenstoff freigesetzt wird, die vorher schon durch die Photosynthese gespeichert wurde. Trotzdem wird Kohlendioxid z.B. bei Errichtung der Biomasse Anlagen oder bei den Brennstofflieferungen freigesetzt.

Ist es aus Ihrer Sicht gerechtfertigt, CO_2-Emissionen aus Biomasseanlagen als „klimaneutral" einzustufen? Warum?

Absolut neutral ist „Nichts" und es stellt sich die Frage der betrachteten Systemgrenzen. Wenn man Öko- Bilanzen errechnet, können die Ergebnisse stark variieren, wenn man unterschiedliche Allokationsmethoden oder Systemgrenzen einsetzt. Es ist eher für mich eine Frage der Vergleichbarkeit. Wenn man die Biomasse mit fossilen Energien vergleicht, die ja übrigens auch zumindest politische Förderungen erhielten, ist Biomasse viel umweltfreundlicher. Mir kommt es so vor, dass unsere Forstwirtschaft oder die Biomasseproduzenten immer noch „grüner" werden müssen und die Auflagen bei der Biomasse ständig schärfer werden, doch von anderen Energiesystemen wird das nicht in diesem Ausmaß verlangt. Die Bezeichnung der CO_2- Neutralität ist für mich bei der festen Biomasse gerechtfertigt wenngleich durch die Aufbringung, Transport oder Lagerung CO_2-Emissionen entstehen.

Im „Drei-Säulen-Modell der Nachhaltigkeit" (BMLFUW, 2016) kann nachhaltige Entwicklung nur dann erreicht werden, wenn folgende Kriterien erfüllt werden:

- **Ökologische Nachhaltigkeit** hat zum Ziel die Natur und Umwelt für die nachfolgenden Generationen zu erhalten. (Artenvielfalt, Klimaschutz, die Pflege von Kultur- und Landschaftsräumen).
- **Ökonomische Nachhaltigkeit** ist gegeben wenn, die Entwicklung so angelegt ist, dass die Wirtschaftsweise dauerhaft eine tragfähige Grundlage für Erwerb und Wohlstand bietet.
- **Soziale Nachhaltigkeit** hat zum Ziel, den Ausgleich sozialer Kräfte und eine auf Dauer zukunftsfähige, lebenswerte Gesellschaft zu erreichen.

Unter welchen Rahmenbedingungen ist Ihrer Meinung nach „Nachhaltigkeit" bei der energetischen Nutzung der festen Biomasse gegeben?

Biomasse muss immer nachweisen, dass die Bereitstellung nachhaltig erfolgt und bei anderen Energieträgern ist das etwas anders und wird nicht so stark gefordert. Es gibt genügend gesetzliche Bestimmungen hinsichtlich der Holznutzung und wir verzeichnen ständig Zuwächse im Holzvorrat. Außerdem gibt es bei uns in Österreich Standorte die nicht effizient genutzt werden und verwildern und verwalden. Ein Nachhaltigkeitsproblem gibt es bei uns einfach nicht. Warum hier eine Debatte entstanden ist, verstehe ich nicht ganz. Das gehört viel stärker in der Öffentlichkeit kommuniziert, wie nachhaltig die energetische Nutzung der festen Biomasse hier ist. Österreich importiert viel Rundholz für die Holzproduktion bzw. Sägeindustrie und auch dieses Holz kommt aber zumeist aus

den unmittelbaren Nachbarländern. Die Anfuhr Distanzen sind auch in diesem Bereich schon überschaubar und man kann Österreich einfach nicht als abgetrennten Wirtschaftsbereich sehen. Wir sind Teil der Europäischen Union, der Warenverkehr ist frei über die Grenze und als Beispiel, wenn man als Waldviertler Holzproduzent Biomasse aus Tschechien bezieht, kann das noch immer regionale Biomasse und nachhaltig sein. Es betrifft aber die Export- Import Statistik. Die Nutzung der festen Biomasse ist bei uns wie auch in unseren Nachbarländern nachhaltig und aus volkswirtschaftlicher Sicht wichtig für die jeweilige Region.

6. *Interview mit Hr. Mag. (FH) Stelzhammer, Geschäftsführer Energy Changes GmbH*

Bioenergie ist vor der Wasserkraft der wichtigste erneuerbare Energieträger in Österreich. Im Jahre 1990 lag der Anteil der Bioenergie am Energie- Bruttoinlandsverbrauch noch bei 9%, bis 2014 stieg der Anteil der Biomasse schon auf 17%. Den Löwenanteil innerhalb der Bioenergien stellt die feste Biomasse mit ca. 80%. Der hohe Anteil an fester Biomasse liegt vor allem im steigenden Einsatz von Holznebenprodukten wie Hackschnitzel oder Rinde für die energetische Verwendung. In absoluten Zahlen wurde im Zeitraum 1990 – 2014 der Biomasseeinsatz in Österreich um das 2,5 fache von 96 PJ auf 237 PJ erweitert. (ÖBMV, 2016; BMLFUW, 2016)

Was waren Ihrer Meinung nach die wichtigsten Einflussfaktoren für den vermehrten Einsatz von Biomasse zur Erzeugung von Wärme, Kälte und Strom in Österreich in den letzten Jahren?

Meiner Meinung nach war eine Kombination aus mehreren Faktoren für den Erfolg der Bioenergien in Österreich verantwortlich. Anfang bis Mitte der 2000er Jahren waren einerseits die Energiepreise wesentlich höher als heute, dadurch war gerade im Fernwärmebereich die Biomasse wirtschaftlich konkurrenzfähig. Das Ökostromgesetz ermöglichte andererseits zuerst eine wirtschaftliche Unterstützung für Biomasse betriebene KWK-Anlagen und des Weiteren gab es über die Umwelt Förderung Inland eine Investitionsförderung für biogene Wärmeprojekte. Der wichtigste Faktor war meiner Meinung nach aber, dass noch Anfang der 2000er Jahre die Energiepreise z.B. für Öl oder Gas viel höher waren. Nochmals kurz zusammengefasst die für mich ausschlaggebenden Faktoren:

1. **Ökostromgesetz mit fixem Einspeisetarif**
2. **Umweltförderung Inland mit Investitionsförderung für Heizwerke**
3. **Umweltbewusstsein in der Öffentlichkeit / Bewusstseins bildende Maßnahmen**

Außerdem waren die Erneuerbaren Energien speziell Biomasse vor einigen Jahren auch noch ein wichtigeres politisches Thema. Man hat sehr viel in öffentlichen Zeitungen über Kohlendioxid und Klimawandel gelesen. Seitens der Länder gab es Investitionen im Bereich der Bewusstseinsbildung und Beratungsstellen wie z.B. die ENU haben sehr intensiv die Vorteile der Biomasse kommuniziert und propagiert.

Erwarten Sie in den nächsten Jahren ein ähnliches Wachstum für diesen Energiesektor?

Nein eigentlich nicht mehr, weil hinsichtlich der Ortsversorgungen sind bei Biomasseprojekten schon viele große Anlagen gebaut worden. Die energiewirtschaftlichen Rahmenbedingungen eignen sich zurzeit auch nicht um einen weiteren Ausbau zu forcieren. Die Förderkriterien werden immer schärfer und die ganze Förderungsabwicklung hinsichtlich der Effizienzkriterien der Anlagen wurden kontinuierlich verschärft. Man muss heute schon im MS 2 hinsichtlich des „QM- Heizwerke“ ganz

genau angeben wer die Wärmekunden sind, früher gab es da noch mehr Spielraum. Heutzutage ist es schwieriger so große Netze bereits im Vorhinein mit allen Wärmekunden zu planen. Die Anlagen werden immer kleiner oder man kann sagen, dass vermehrt kleinere Nahwärmeanlagen gebaut werden, damit die Effizienzkriterien der Förderstelle eingehalten werden können. Hinsichtlich der Fernwärme lässt sich zurzeit generell sagen, dass Gas als Hauptkonkurrent der Wärme zurzeit günstiger ist und somit die Fernwärme nicht so attraktiv für Wärmekunden ist. Auch wenn die gesamten Wartungs- und Rauchfangkehrer Kosten berücksichtigt werden bleibt die Fernwärme etwas teurer. Bei der Gasbereitstellung in politisch instabilen Ländern werden aber die Kriterien der Nachhaltigkeit nicht so scharf gehandhabt wie bei unserer heimischen Forstwirtschaft bei der nie mehr geerntet werden darf als nachwächst.
Ein Vorteil ist, dass der Biomassepreis ist nicht so volatil ist wie z.B. bei den Fossilen. Der Biomassepreisindex schwankt meistens im Bereich des Verbraucherpreis- Index

1. Biogene Wärme:

In Österreich gibt es über 2100 Biomasse Heizwerke mit einer thermischen Gesamtleistung von mehr als 1,8 GW (ÖBMV, 2016).

Was sind Ihrer Meinung nach die Gründe für den Erfolg von Biomasse Nah- und Fernwärmesystemen in Österreich in den letzten Jahren?

Die Umweltförderung Inland hat da einen wichtigen Beitrag geleistet, dass biogene Fernwärme annähernd konkurrenzfähig am Energiemarkt auftreten kann. Der Biomassepreis schwankt viel weniger, wie z.B. die Preise für Fossile. Bei der Biomasse lässt sich somit auch das Risiko besser einschätzen. Die Wärmeverträge werden zu meist für einen großen Zeitrahmen bis zu 30 Jahren abgeschlossen, das bietet eine gewisse Versorgungssicherheit. Es gibt aber auch Energiekunden, die so lange Energielieferverträge abschrecken. Es liegen auch Gründe darin, dass die Leute sehen, dass die Wertschöpfung in der Region bleibt und das wird zumeist von den Bewohnern der Region positiv registriert.

Welche Vorteile bietet die feste Biomasse im Vergleich zu anderen Primärenergieträgern wie z.B. fossile Energien?

Die regionale Wertschöpfung ist meiner Meinung nach ein ganz wesentlicher Faktor. Bei der Förderstelle KPC ist es auch reglementiert, wie weit die maximalen Anfuhr Distanzen für „regionale Biomasse“ sein dürfen. Das ist meiner Meinung nach auch sehr wichtig, da man so verpflichtend regionales Hackgut einsetzen muss. Die österreichische Forstwirtschaft ist streng reglementiert und beruht auf den Prinzipien der Nachhaltigkeit. In Österreichs Wäldern wächst mehr Holz nach als verbraucht wird. Zuwächse kann man nur dann erreichen, wenn der Wald gepflegt ist und durchgeforstet wird bzw. ist dann der Zuwachs einfach höher. Bei der energetischen Nutzung der festen Biomasse kann man bei uns von einer „krisensicheren“ Energieversorgung sprechen und in günstigen Regionen wachst teilweise sehr viel Holz nach und es lässt sich sagen, dass eine Region mit viel Wald und hohem Holzvorrat hinsichtlich Energiebereitstellung krisensicherer ist als Regionen mit geringerem Holzvorrat. Ebenfalls kann man von einer gewissen wirtschaftlichen Planungssicherheit sprechen, damit meine ich den wie gesagt eher konstanten Biomassepreisindex.

Welche Nachteile oder mögliche Schwierigkeiten sind mit dem Einsatz von fester Biomasse in Nah- und Fernwärmesystemen verbunden?

Die Papierindustrie appelliert öfters auch öffentlich, dass man generell Holz stofflich und nicht energetisch nutzen sollte. Die holzverarbeitenden Industrien wollen nicht, dass der Holzpreis aufgrund einer verstärkten Nachfrage aufgrund der energetischen Biomasse Anwendung steigt. Meiner Meinung nach werden aber bei der energetischen Nutzung fester Biomasse andere Holzsortimente verwendet. Gutes Faser- oder Schleifholz ist sowieso zu teuer für die Verbrennung. Bei der festen Biomasse ist es so, dass man versucht sehr wenig Stammholz zu verwenden, viel mehr kommt Rest- und Durchforstungsholz mit Ast- und Kronenholz zum Einsatz. Ein Beispiel geben die Österreichischen Bundesforste, die in diesem Bereich die Holz Qualitäten strikt trennen. Biomasse Nahwärmeanlagen sind aufwendiger als herkömmliche Gasanschlüsse mit kompaktem Gaskessel. Bauliche Maßnahmen wie Heizwerksbau, Erd- und Baumeisterarbeiten, Rohrverlegungsarbeiten und auch die Brennstofflogistik sind schon zu meist teuer und aufwendig. Das Verkehrsaufkommen wird etwas erhöht. Die Anfuhr der Biomasse verursacht natürlich geringe Emissionen wie Lärm oder Staub. Es kann passieren, dass solche Nahwärmeprojekte an der Frage des geeigneten Standorts scheitern. Asche- und Feinstaubbelastung kann auch vorkommen, aber in der Regel ist die Technik der Biomasseverbrennung schon ausgereift und „state of the art" und man kann mit einem vernünftigen Anlagenbetrieb z.B. entsprechende Kaminhöhe usw. einen effizienten Betrieb durchführen. Gerade die kleinen vereinzelten Anlagen bei Einfamilienhäusern mit nur geringer Leistung verursachen die meisten Emissionen. Außerdem ist die Luftwärmepumpe besonders im Neubau sehr gefragt und tritt sicherlich als Konkurrent zur energetischen Nutzung der festen Biomasse auf. Die Wärmepumpe eignet sich eher für kleinere Abnehmer, bei größeren Kunden finde ich ein Biomasse Nahwärmesystem besser oder effizienter aufgestellt als die Wärmepumpe. Außerdem muss man bei der Wärmepumpe besonders bei der Luftwärmepumpe darauf achten, dass die Jahresarbeitszahlen der Anlagen, gerade wenn es wirklich sehr kalt ist, sehr niedrig sind.

Der Anteil der Nah- und Fernwärme an der österreichischen Gesamtwärmeproduktion liegt bei über 20%. Der biogene Anteil davon ist von 22% im Jahr 2005 auf über 45% im Jahr 2014 gestiegen. (BMWFW, 2016)

Wie wird sich Ihrer Meinung nach der Biomasse-Anteil der österreichischen Wärmeproduktion in den nächsten Jahren entwickeln und welche energiewirtschaftlichen Rahmenbedingungen werden benötigt um ein Wachstum in diesem Sektor zu erzielen?

Ich vermute, dass der Biomasse Anteil nicht mehr so stark steigen wird, da meiner Meinung nach viele oder die meisten Ortsversorgungen auf Basis von Biomasse schon gebaut wurden und die Fernwärme ist eher für Ortszentren mit Altbauten geeignet als in Neubauten. Neubauten für Einfamilienhäuser sind weiter sehr beliebt und diese Branche verzeichnet auch ein ständiges Wachstum. Die Energiepreise sprechen eigentlich gegen ein Wachstum am Biomassesektor. Bei Pellets und Scheitholz wird das Wachstum auch geringer ausfallen. Zu aller erst wurden seitens der Politik Möglichkeiten geschaffen, z.B. mittels Investitionsförderungen für Biomasse Heizwerke, damit eine Wirtschaftlichkeit bei Biomasse Projekten gegeben war, doch dann haben die energiewirtschaftlichen Rahmenbedingungen hinsichtlich fallender Energiepreise eine positive wirtschaftliche Entwicklung erschwert und auch verhindert.

Inwiefern konnte die Wärmeproduktion aus fester Biomasse die Erwartungen der Energieexperten erfüllen?

Eigentlich sind die Verbrennungsanlagen auf Biomasse Basis alle technisch einwandfrei zu betreiben. Finanzielle Probleme gab es in der Vergangenheit für Biomasse Verstromungsanlagen ohne Wärmenutzung. Diese Anlagen hatten einfach einen zu geringen Gesamt- Wirkungsgrad und die Betreiber rechneten wahrscheinlich mit steigenden Energiepreisen. Eine rein mit der Dampfturbine betriebene Verstromung erreicht maximalen einen Brennstoff Nutzungsgrad von nur 30- 35%.

2. Entwicklung Wärmebedarf und Möglichkeiten für die Kältenutzung:

Wie wird sich Ihrer Meinung nach generell der Wärmebedarf unter Berücksichtigung eines möglicherweise sinkenden Wärmebedarfs (z.B. aufgrund von verbesserter thermischer Gebäudeisolierung oder Rückgang der Heizgradtage) in Österreich zukünftig entwickeln?

Meiner Meinung nach wird der Wärmebedarf in Österreich trotzdem leicht steigen, da die Sanierungsrate, besonders im Altbau sehr gering ist und weit unter den Erwartungen liegt. Neubauten gerade im Einfamilienbereich sind weiterhin beliebt und dieser Bereich „boomt" sehr stark. Es gibt noch dazu viele leere alte Gebäude. Damit meine ich, dass der Neubau einfach viel attraktiver ist, als die Renovierung und der Bezug von Altbauten.

Mit wärmeren Sommern wird der Kältebedarf in Österreich steigen. Welche Möglichkeiten gibt es, biogene Fernwärme auch im Sommer effizient zu nutzen?

Der Kältebedarf wird auf jeden Fall steigen. Es gibt die Möglichkeit aus der Fernwärme Fernkälte zu erzeugen mittels Absorptionskältemaschinen. Die Produktion von Fernkälte ist natürlich mit einem Wirkungsgrad- Verlust der verwendeten Fernwärme verbunden. Wie sinnvoll es ist, aus der Wärme Fernkälte zu erzeugen hängt immer vom jeweiligen Projekt ab und ist einzeln zu betrachten Fernkälte ist aber eine Möglichkeit für KWKs Wärme auch im Sommer zu nutzen. Es stellt sich auch die Frage, ob die verwendete Fernwärme biogen produziert wurde oder fossilen Ursprungs ist und ob es entsprechende Förderungen für solche Anlagen gibt. Die CO_2- Bilanz muss betrachtet werden. Man sollte schon schauen, dass die vorhandene Wärme im Sommer effizient genutzt wird.

Welche energiewirtschaftlichen Rahmenbedingungen werden benötigt, um mehr biogene Fernkälte in Österreich zu produzieren und so elektrische Energie und Kohlendioxid einzusparen?

Dazu kann ich nicht viel sagen, außer dass sicherlich auch bei der Fernkälte Förderungen benötigt werden hinsichtlich der derzeit geringen Strompreise. Absorptionskälte wird ja als Alternative zu elektrisch betriebenen Kompressions- Kältemaschinen eingesetzt.

3. Stromproduktion aus fester Biomasse in Österreich:

In Österreich sind derzeit 111 Biomasse-KWK-Anlagen mit einer elektrischen Gesamtleistung von mehr als 313 MW und einer Wärmeauskopplung von ca. 4.457GWh pro Jahr in Betrieb. (ÖBMV, 2016)

Was sind Ihrer Meinung nach die Vor- und Nachteile bei der Verstromung fester Biomasse mittels Kraft-Wärme-Kopplung (KWK)?

Die Primärenergie wird gut ausgenützt, aber Schwierigkeiten ergeben sich dabei, dass es erst ab einer gewissen Anlagengröße wirtschaftlich sinnvoll ist und es muss auch einen konstanten Wärmebedarf, sei es am Standort oder in einem Wärmenetz geben. Mit der Größe der Anlagen steigen aber auch Probleme wie Brennstofflogistik also z.B. die Holz- bzw. Hackschnitzelaufbringung. Da braucht man sicher viele verschiedene Lieferanten von Biomasse. Bei Biomasse KWKs stellt sich zumeist die Frage nach dem geeigneten Standort. Kleinere Lösungen wie oftmals im ländlichen Raum eingesetzt sind einfacher in der Anlagenregelung und es wird zu meist regionales Hackgut verwendet. Das ist eine positive Entwicklung für den ländlichen Raum.

Welche energiewirtschaftlichen Rahmenbedingungen werden benötigt um vermehrt Biomasse betriebene KWK- Anlagen in Österreich zu betreiben?

Die Großhandelspreise für Strom sind zu niedrig und das ist ein großes Problem für die Entwicklung am Biomassesektor. Eine anständige Fortführung des Ökostromgesetzes und man sollte andere energiewirtschaftlichen Systeme in der Branche einführen. Ich denke an ein effizientes und nachhaltiges System mit CO_2 Steuern, das wäre nachhaltiger als rein über das Einspeisetarifsystem die Einführung der erneuerbaren Energien zu fördern. Es bräuchte ein Steuersystem, in dem die externen Effekte der Energiebereitstellung besser eingepreist werden. Ein anderes Beispiel liefert der schwedische Energiemarkt, die ein System mit Ökostromzertifikate besitzen. Eine Bewertung und Einpreisung der reellen Kohlendioxid- Emissionen wäre sinnvoll und gerecht.

Welche Hürden stehen einem Wachstum in diesem Sektor entgegen? Rechnen Sie in den nächsten Jahren weiterhin mit einem Ausbau der Biomasse KWK- Anlagen in Österreich?

Einerseits die niedrigen Energiepreise und andererseits gibt es in Österreich auch ein strukturelles Problem. Die Städte im ländlichen Raum sind sehr klein und Biomasse KWKs eignen sich für größere Städte oder größere Kunden. Für kleine Städte oder den ländlichen Raum eignen sich reine Biomasse Heizwerke zur Erzeugung von Nah- oder Fernwärme meiner Meinung nach besser.

4. Kohlendioxid und Nachhaltigkeit:

Die thermische Verwertung der Biomasse gilt als CO_2 neutral. Das bedeutet, dass nur die Menge an Kohlenstoff freigesetzt wird, die vorher schon durch die Photosynthese gespeichert wurde. Trotzdem wird Kohlendioxid z.B. bei Errichtung der Biomasse Anlagen oder bei den Brennstofflieferungen freigesetzt.

Ist es aus Ihrer Sicht gerechtfertigt, CO_2-Emissionen aus Biomasseanlagen als „klimaneutral" einzustufen? Warum?

Es ist zum Teil richtig, weil man den ganzen Lebenszyklus betrachten muss, z.B. die Holzaufbringung und den Transport. Holz besteht auch aus Kohlenstoff, der bei der Verbrennung wieder freigesetzt wird und man müsste auch bei der Biomasse einen geringen CO_2 Wert festlegen, zumindest um die Kritiker zu besänftigen. Die thermische Anwendung der festen Biomasse als $C0_2$ neutral zu bezeichnen finde ich ein bißchen überzogen.

Im „Drei-Säulen-Modell der Nachhaltigkeit" (BMLFUW, 2016) kann nachhaltige Entwicklung nur dann erreicht werden, wenn folgende Kriterien erfüllt werden:

- **Ökologische Nachhaltigkeit** hat zum Ziel die Natur und Umwelt für die nachfolgenden Generationen zu erhalten. (Artenvielfalt, Klimaschutz, die Pflege von Kultur- und Landschaftsräumen).
- **Ökonomische Nachhaltigkeit** ist gegeben wenn, die Entwicklung so angelegt ist, dass die Wirtschaftsweise dauerhaft eine tragfähige Grundlage für Erwerb und Wohlstand bietet.
- **Soziale Nachhaltigkeit** hat zum Ziel, den Ausgleich sozialer Kräfte und eine auf Dauer zukunftsfähige, lebenswerte Gesellschaft zu erreichen.

Unter welchen Rahmenbedingungen ist Ihrer Meinung nach „Nachhaltigkeit" bei der energetischen Nutzung der festen Biomasse gegeben?

Die energetische Anwendung der festen Biomasse kann hinsichtlich der Brennstoffaufbringung, also bei Nutzung regionaler Biomasse die soziale und wirtschaftliche Wertschöpfung und somit die nachhaltige Entwicklung in einer Region unterstützen und das finde ich gut. Bei der ökologischen Betrachtung muss man aufpassen, welches Holz man verwendet. Es gibt bei uns Mischwälder und Fichtenwälder. Da herrscht eine gute ökologische Balance die erhalten werden muss. Die Strukturen in der österreichischen Waldbewirtschaftung sind sehr gut. Es wird zusätzliches Einkommen für Bauernfamilien geschaffen. Die kleinen Anlagen leisten auch einen Beitrag und sind sehr wichtig für die energetische Entwicklung im ländlichen Raum.

7. ***Interview mit Hr. Univ. Prof. Pfeifer, Leiter des Instituts für Verfahrens- und Energietechnik an der Universität für Bodenkultur:***

Bioenergie ist vor der Wasserkraft der wichtigste erneuerbare Energieträger in Österreich. Im Jahre 1990 lag der Anteil der Bioenergie am Energie- Bruttoinlandsverbrauch noch bei 9%, bis 2014 stieg der Anteil der Biomasse schon auf 17%. Den Löwenanteil innerhalb der Bioenergien stellt die feste Biomasse mit ca. 80%. Der hohe Anteil an fester Biomasse liegt vor allem im steigenden Einsatz von Holznebenprodukten wie Hackschnitzel oder Rinde für die energetische Verwendung. In absoluten Zahlen wurde im Zeitraum 1990 – 2014 der Biomasseeinsatz in Österreich um das 2,5 fache von 96 PJ auf 237 PJ erweitert. (ÖBMV, 2016; BMLFUW, 2016)

Was waren Ihrer Meinung nach die wichtigsten Einflussfaktoren für den vermehrten Einsatz von Biomasse zur Erzeugung von Wärme, Kälte und Strom in Österreich in den letzten Jahren?

Ein wichtiger Faktor ist der gesellschaftliche Wille, man könnte sagen es gibt eine Art „awareness" in der Bevölkerung, dass unsere Energie nachhaltig und umweltfreundlich bereitgestellt werden soll. Ein weiterer wichtiger Faktor war sicherlich das Ökostromgesetz und andere Förderungen, die wenn man so will einen wirtschaftlichen Anschub ermöglichten. Natürlich spielt auch die Thematik der Energie- Versorgungssicherheit eine wichtige Rolle. Es ist schon ein Thema, dass Gas und Öl oftmals von Ländern bereitgestellt werden, die politisch instabil sind. Man will unabhängiger von Energieexporten werden.

Erwarten Sie in den nächsten Jahren ein ähnliches Wachstum für diesen Energiesektor?

Wir beschäftigen uns am Institut nicht mit Szenarien aber ich erwarte aus heutiger Sicht, dass es einen Rückgang oder zumindest ein Stagnieren bei energetischen Biomasse Projekten geben wird. Das hängt damit zusammen, dass die Preise für fossile Energien z.B. Gas oder Öl derzeit sehr niedrig sind. Obwohl es in Österreich die Motivation gibt im Bereich der energetischen Nutzung der festen Biomasse voranzuschreiten, spielt die wirtschaftliche Komponente eine enorme Rolle in der

Energiewirtschaft. Ohne selbst Studien darüber verfasst zu haben, tendiere ich dazu, dass eher mit einer Stagnation zu rechnen ist und ich denke, dass auch andere Experten diese Einschätzung teilen.

1. Biogene Wärme:

In Österreich gibt es über 2100 Biomasse Heizwerke mit einer thermischen Gesamtleistung von mehr als 1,8 GW (ÖBMV, 2016).

Was sind Ihrer Meinung nach die Gründe für den Erfolg von Biomasse Nah- und Fernwärmesystemen in Österreich in den letzten Jahren?

Mir sind einige Beispiele bekannt, bei denen Biomasse Nahwärmesysteme umgesetzt worden sind und erfolgreich Wärme liefern. Bei solchen biogenen Nahwärmeprojekten sehen die Leute oft schnell welche Erfolge bzw. Verbesserungen erzielt werden können. Ein Beispiel gibt meine Heimatgemeinde, in der ein „Allesbrenner System" von biogener Nahwärme ersetzt wurde und große Verbesserungen im Emissionsverhalten der Anlage und folglich in der Luftqualität der Region zu verzeichnen waren. Auch für Laien ohne professionelle Luftmessgeräte, waren diese positiven Veränderungen bemerkbar. Ein weiterer Vorteil ist natürlich, dass die Wertschöpfung in der Region bleibt und somit zusätzliche Einkommensmöglichkeiten für bäuerliche Betriebe entstanden sind. Es kann leider immer wieder zu einer Neiddebatte kommen, da den Bauern der zusätzliche Gewinn nicht gegönnt wird. Prinzipiell wird von der Bevölkerung schon wahrgenommen, dass die Wertschöpfung in der Region bleibt und Geld nicht ins Ausland abfließt. Bei der Nah- und Fernwärme fallen noch dazu Wartungskosten für die Anlage weg und trotzdem hat man ein hochwertiges Energiesystem zur Verfügung. Fernwärme ist sehr komfortabel und man spart sich wie gesagt Kesselerneuerungen und Wartungskosten.

Welche Vorteile bietet die feste Biomasse im Vergleich zu anderen Primärenergieträgern wie z.B. fossile Energien?

Die feste Biomasse also Holz ist ein sehr gut erforschter Brennstoff und man kann Biomasse gut „handeln". Es ist gut lagerbar, aber man braucht mehr Lagerplatz, da die Energiedichte nicht so hoch ist wie bei fossilen Energien. Bei der Biomasse ist die Energieerzeugung zeitlich unabhängig, also speicherbar und leichter regelbar im Vergleich zur Windkraft- oder Sonnenstromnutzung. Man muss nicht darauf warten, dass die Sonne scheint oder Windkraftpotential da ist. Wenn ich den Strom oder die Wärme benötige, kann ich die Anlage selbst anfahren und Energie erzeugen.

Welche Nachteile oder mögliche Schwierigkeiten sind mit dem Einsatz von fester Biomasse in Nah- und Fernwärmesystemen verbunden?

Man braucht große Lagerkapazitäten aufgrund der eher geringen Energiedichte. Wenn ich es im Freien lagere, kann es zu einer Selbstentzündung oder zumindest zu einem biologischen Abbau bei Regenexposition kommen. Bei der energetischen Nutzung von Stroh kann es Schwierigkeiten bei der Brennstoffbeschickung geben und das Ascheschmelzverhalten ist ein Thema im Hinblick auf die Verschlackung. Bei Stroh- Einstreu können die chemischen und physikalischen Eigenschaften des Brennstoffs stark variieren im Vergleich zu Hackschnitzel oder Pellets. Bei industriellen also großen Anlagen sind das Probleme, die man aber in den Griff bekommen kann.

Der Anteil der Nah- und Fernwärme an der österreichischen Gesamtwärmeproduktion liegt bei über 20%. Der biogene Anteil davon ist von 22% im Jahr 2005 auf über 45% im Jahr 2014 gestiegen. (BMWFW, 2016)

Wie wird sich Ihrer Meinung nach der Biomasse-Anteil der österreichischen Wärmeproduktion in den nächsten Jahren entwickeln und welche energiewirtschaftlichen Rahmenbedingungen werden benötigt um ein Wachstum in diesem Sektor zu erzielen?

Ich vermute, dass es noch Wachstum geben wird, voraussichtlich aber nicht mehr so stark, weil z.B. die Gebäude immer besser isoliert werden und zeitgleich nehmen Photovoltaik- bzw. Solarthermie Anlagen in Kombination mit Wärmepumpen am Markt zu. Aufgrund der niedrigen Strompreise sind auch Wärmepumpen zurzeit sehr beliebt. Es könnte in Zukunft Wärmesysteme mit verschiedenen Einspeisern geben, Holz bzw. Reststoffe aus der Holzverarbeitung werden aber sicher noch für einen längeren Zeitraum eine wichtige Rolle spielen, da dieser Brennstoff bei uns besonders im ländlichen Raum sowieso anfällt, z.B. bei der Pflege und Durchforstung der Wälder. Ich glaube an einen moderaten Anstieg.

Inwiefern konnte die Wärmeproduktion aus fester Biomasse die Erwartungen der Energieexperten erfüllen?

Ich denke schon, gerade in Österreich oder Mittel- Europa wurden sehr gute Systeme entwickelt und die Verbrennungsanlagen auf Basis von Biomasse sind „state of the art". Diese sind auch in größeren Leistungsbereichen sehr zuverlässig, und man kann man die technische Entwicklung im Bereich der energetischen Nutzung der festen Biomasse retrospektiv sehr positiv bewerten.

2. Entwicklung Wärmebedarf und Möglichkeiten für die Kältenutzung:

Wie wird sich Ihrer Meinung nach generell der Wärmebedarf unter Berücksichtigung eines möglicherweise sinkenden Wärmebedarfs (z.B. aufgrund von verbesserter thermischer Gebäudeisolierung oder Rückgang der Heizgradtage) in Österreich zukünftig entwickeln?

Es deutet alles darauf hin, dass entweder immer mehr Gebäude thermisch saniert werden oder dass bei Neubauten die Entwicklung in Richtung Passivhäuser oder zumindest Niedrigenergie- Häuser gehen wird. Zu den Heiztagen kann ich sagen, dass alles darauf hindeutet, dass es ein System der Klimaänderung gibt, die sich in einem Rückgang der benötigten Heizenergie auch zeigt. Die Kaltphasen werden einfach kürzer. Das Alles wird in Zukunft zu einem Rückgang der benötigten Wärme in Österreich führen.

Mit wärmeren Sommern wird der Kältebedarf in Österreich steigen. Welche Möglichkeiten gibt es, biogene Fernwärme auch im Sommer effizient zu nutzen?

Man kann Absorptionskältemaschinen einsetzen um auch die Fernwärme im Sommer effizienter zu nutzen. Auch hier spielt aber die Gebäudeplanung mit Isolierungen und Luftsystemen eine wichtige Rolle. Ich denke, dass die Entwicklung einer effizienten Gebäudearchitektur sehr wichtig ist und dass im Bereich der Architektur mehr Forschung und Entwicklung hinsichtlich Kühlung von Gebäuden mittels effizienter Gebäudeplanung stattfinden wird, als im Bereich der Fernkälte. In Zukunft werden Gebäude vielleicht so geplant und gebaut werden, dass eine Kühlung vielleicht gar nicht mehr notwendig ist. Ich denke an Varianten von Beschattungssystemen, Außen- Jalousien oder Arkadengänge. Man kann auch selber zu Hause mit einfachen Maßnahmen viel Energie im Bereich der Kühlung sparen.

Welche energiewirtschaftlichen Rahmenbedingungen werden benötigt, um mehr biogene Fernkälte in Österreich zu produzieren und so elektrische Energie und Kohlendioxid einzusparen?

Hinsichtlich der gesetzlichen Rahmenbedingungen bin ich kein Experte aber zum Einen vermute ich, dass die Entwicklung wie schon erwähnt im Gebäudestandard weiter schreiten wird und dass die Gebäudearchitektur sich anpassen wird hinsichtlich einer effizienten Sommer- Kühlung. Zum Anderen habe ich das Gefühl, dass das Heizen von Gebäuden generell kritischer gesehen wird, damit meine ich, dass es als unangenehmer betrachtet wird wenn es im Haus nur 18°C hat als wenn es im Sommer mehrere Wochen 35°C hat. Es gibt auch immer mehr Leute, die mit Klimaanlagen generell unzufrieden sind, weil sie das Gefühl haben es wird gar nicht benötigt, oder es ist ihnen dann zu kalt. Die gesetzlichen Rahmenbedingungen sind meiner Meinung nach vielleicht auch nicht so das entscheidende Kriterium, viel wichtiger ist der Preis der Fernkälte im Vergleich zu anderen Varianten der Kühlung.

3. Stromproduktion aus fester Biomasse in Österreich:

In Österreich sind derzeit 111 Biomasse-KWK-Anlagen mit einer elektrischen Gesamtleistung von mehr als 313 MW und einer Wärmeauskopplung von ca. 4.457GWh pro Jahr in Betrieb. (ÖBMV, 2016)

Was sind Ihrer Meinung nach die Vor- und Nachteile bei der Verstromung fester Biomasse mittels Kraft-Wärme-Kopplung (KWK)?

Ein Vorteil liegt in der erhöhten Energieeffizienz indem man Strom und Wärme gleichermaßen nutzt. Bei Biomasse KWK- Anlagen gibt es einen wichtigen Vorteil gegenüber anderen erneuerbaren Energieträgern und zwar kann man den saisonalen Schwankungen in der erneuerbaren Energieproduktion entgegenwirken. Damit meine ich, dass solche Anlagen auch dann betrieben werden, wenn andere Erneuerbare weniger zum Tragen kommen, z.B. bei wenig Sonnenenergie und Windkraft in den Wintermonaten. In den Wintermonaten führen die Flüsse auch weniger Wasser, wobei mittels Pumpspeicher- und anderen Speicherkraftwerken Energie aus Wasserkraft erzeugt und gespeichert werden kann. Ein gewisser Nachteil ist, dass erst große Biomasse KWK- Anlagen im Hinblick auf „economies of scale“ mit wirtschaftlichem Erfolg zu betreiben sind. Bei Systemen mit Gasmotoren ist es anders, die sind nur im kleineren Leistungsbereich ökonomisch rentabel, die größeren Anlagen haben wirtschaftliche Hindernisse, aufgrund der derzeit geringen Gaspreise am Markt. Bei dezentralen Biomasse KWK Anlagen ist es dennoch so, dass auch kleinere Anlagen wirtschaftlich funktionieren können und die Wertschöpfung bzw. Arbeitsplätze bleiben in der Region. Ich tendiere dazu, dass es in Zukunft aber weniger KWK- Anlagen geben wird, die mit Hackschnitzel betrieben werden, sondern eher mit Reststoffen und Abfallstoffen wie z.B. bei der Müllverbrennung mit KWK-System. Hier wird es glaub ich noch ein stärkeres Wachstum geben. Natürlich sind solche Anlagen meist groß und kompliziert im Anlagenbetrieb z.B. für eine effiziente Rauchgasreinigung. Das sind dann große Anlagen die von den EVUs betrieben werden, die das „Handling“ von Großanlagen gewohnt sind. Schöne, gerade Bäume also Wertholz zu fällen um daraus Hackschnitzel für die Energieaufbringung zu erzeugen ist meiner Meinung nach nicht sinnvoll. Wenn die Biomasse kaskadisch genutzt wird, also quasi auch als Reststoff der stofflichen Nutzung anfällt, ist die thermische Verwertung dann für mich auch effizient. Unser Institut propagiert die energetische Nutzung von Abfällen bzw. Reststoffen oder die Nutzung von Stoffen, deren Lebensdauer überschritten ist.

Welche energiewirtschaftlichen Rahmenbedingungen werden benötigt um vermehrt Biomasse betriebene KWK- Anlagen in Österreich zu betreiben?

Auf der Hand liegt eine Fortführung des Ökostromgesetzes für Biomasse betriebene KWK- Anlagen. Vor ein paar Jahren hätte ich zu dieser Frage auch gesagt, dass vernünftige also höhere Preise für fossile Energien wichtig für ein Wachstum am Biomasse KWK- Sektor wären, doch aus heutiger Sicht ist eine Preissenkung aufgrund des Energie- Überangebots nicht in Sicht. Es schaut so aus, als würde

der Stromanteil im Energiekonsum der gesamten Gesellschaft steigen. Die Preise für Gas und Öl sollten gegenüber der Biomasse, mit schwierigem Handling, fair angepasst werden. Die Preise der Fossilen müssten teurer als Energien aus fester Biomasse sein. Man braucht dann zurzeit schon ein politisches „Commitment“ und das sind zu meist Förderungen oder andere wirtschaftliche Anreize.

Welche Hürden stehen einem Wachstum in diesem Sektor entgegen? Rechnen Sie in den nächsten Jahren weiterhin mit einem Ausbau der Biomasse KWK- Anlagen in Österreich?

Einerseits andere am Holzmarkt agierende Akteure z.B. die großen Anlagen der holzverarbeitenden Industrie, die als Marktführer auftreten und langfristige Lieferverträge mit Biomasselieferanten haben. Andererseits wird zurzeit viel diskutiert und geforscht zum Thema Bioraffinerien. Also die Idee, das Holz zuerst stofflich zu nutzen und erst wenn die Biomasse absolut nicht mehr verwendbar ist, einer thermischen Verwertung zuführen. Die Verfügbarkeit von Biomasse ist auch ein Limitationsfaktor. Schönes Buchenholz für große, industrielle Anlagen zu verwenden wäre zu schade, anders ist es bei privaten Einfamilienhäusern, die nicht so ins Gewicht fallen, wo man vielleicht einen Schwedenofen mit Sichtfenster hat und schönes Holz verwenden will.

4. Kohlendioxid und Nachhaltigkeit:

Die thermische Verwertung der Biomasse gilt als CO_2 neutral. Das bedeutet, dass nur die Menge an Kohlenstoff freigesetzt wird, die vorher schon durch die Photosynthese gespeichert wurde. Trotzdem wird Kohlendioxid z.B. bei Errichtung der Biomasse Anlagen oder bei den Brennstofflieferungen freigesetzt.

Ist es aus Ihrer Sicht gerechtfertigt, CO_2-Emissionen aus Biomasseanlagen als „klimaneutral“ einzustufen? Warum?

Wenn man sich das so überlegt, ist es nicht ganz gerechtfertigt da fossile Energie genutzt wird um Biomasse zu ernten, zu behandeln und zu transportieren. Beim Bau der Anlagen wird auch fossile Energie benötigt. Man sollte den gesamten Lebenszyklus der Biomasse hinsichtlich der energetischen Verwendung betrachten, vom Anbau bis zur Entsorgung der Asche. Energie aus Biomasse ist aber dennoch klimaschonend und CO_2- Emissionen mindernd. Man sollte aber danach trachten, dass die CO_2- Emissionen die bei der Ernte und beim Transport der Biomasse entstehen möglichst gering sind. Prinzipiell wäre es theoretisch auch möglich Ernte und Transport über nachwachsende Rohstoffe und nicht mit Fossilen bereitzustellen. Von solchen Entwicklungen sind wir leider noch weit entfernt. Interessant finde ich auch die Überlegung Biomasse in den Boden einzuarbeiten um eine Kohlenstoffspeicherung über Jahrhunderte zu erzielen. Von der aufkommenden Thematik des CCS also Carbon Capture Storage halte ich relativ wenig, weil ich denke das geht in die Richtung oder Philosophie „Aus den Augen aus dem Sinn“ und die Menschen werden nicht aktiv zum Klima- und Umweltschutz bewegt. Da braucht man viel Energie um Kohlendioxid abzuscheiden und zu lagern. Negative Kohlendioxid Bilanzen sind theoretisch auch möglich, wenn man gewisse Biomasseströme pyrolisiert, die gasförmigen und ölhaltigen Komponenten stofflich oder thermisch nutzt und zuletzt die Biokohle z.B. in verarmten Böden eingearbeitet wird. Kurze Antwort: Die jetzigen Biomasse Anlagen sind nicht ganz klimaneutral aus meiner Sicht. Man muss auch als Biomasse Befürworter neutral argumentieren, um möglichen Gegnern nicht Argumente in die Hände zu liefern.

Im „Drei-Säulen-Modell der Nachhaltigkeit“ (BMLFUW, 2016) kann nachhaltige Entwicklung nur dann erreicht werden, wenn folgende Kriterien erfüllt werden:

- **Ökologische Nachhaltigkeit** hat zum Ziel die Natur und Umwelt für die nachfolgenden Generationen zu erhalten. (Artenvielfalt, Klimaschutz, die Pflege von Kultur- und Landschaftsräumen).
- **Ökonomische Nachhaltigkeit** ist gegeben wenn, die Entwicklung so angelegt ist, dass die Wirtschaftsweise dauerhaft eine tragfähige Grundlage für Erwerb und Wohlstand bietet.
- **Soziale Nachhaltigkeit** hat zum Ziel, den Ausgleich sozialer Kräfte und eine auf Dauer zukunftsfähige, lebenswerte Gesellschaft zu erreichen.

Unter welchen Rahmenbedingungen ist Ihrer Meinung nach „Nachhaltigkeit" bei der energetischen Nutzung der festen Biomasse gegeben?

Man muss alle drei Faktoren erfüllen. Die ökologische Nachhaltigkeit hinsichtlich der energetischen Anwendung fester Biomasse ist in Österreich sicherlich gegeben. Feste Biomasse muss auf eine Art und Weise genutzt werden, sodass keine massiven Einschränkungen oder Änderungen der Lebensräume gegeben sind. Ich denke die Förderungen sind zu Beginn gerechtfertigt, auch wenn das Einige kritisieren, da keine Technologie auf den Markt kommen kann ohne wirtschaftliche Förderung und im Vorhinein eine finanzielle Starthilfe zu erhalten. Die mittelfristige wirtschaftliche Nachhaltigkeit muss bei kleineren Anlagenbetreibern aber absehbar sein, das heißt, dass die Amortisationszeiten der Biomasse Anlagen nicht zu lange sein dürfen. Wenn ein Projekt nicht wirtschaftlich ist, muss man auch den Mut haben, das Projekt oder die Anlage aufzugeben. Zur sozialen Nachhaltigkeit kann man sagen, dass Biomasse meist ein regionales Energieprodukt ist, mit allen Vorteilen, die für eine Region durch die Biomasseaufbringung entstehen. Die wirtschaftliche Komponente ist aber besonders entscheidend und Energieprojekte müssen sich zumindest auf lange Sicht selbst erhalten können.

8. Literaturverzeichnis

- ACCC, 2008. The Austrian Climate Portal. Globales Klima und Treibhausgase. Verfügbar unter: http://www.accc.gv.at/ [Abfrage am 20.07.2016]

- Austria- Forum. Diem P., 2013. Die prähistorische Holztreppe von Hallstatt. Verfügbar unter: http://austria-forum.org/af/AEIOU/Salzbergbau_Hallstatt/Holztreppe_Hallstatt [Abfrage am 28.8.2016]

- Benke G., 2017. Vortrag: Die Tücken der Elektrifizierung des Wärmemarktes. Fachtagung. Energie Versorgung Sicherheit am 21.6.2017. Verfügbar unter: http://www.biomasseverband.at/en/veranstaltungen/tagungen-und-vortraege/energieversorgungsicherheit/ [Abfrage am 18.9.2017]

- Biomasseverband Oberösterreich, 2015. FAQ Allgemein. Verfügbar unter: http://www.biomasseverband-ooe.at/fachinfo-links/faq/faq-allgemein.html [Abfrage am 31.08.2016]

- BFW - Bundesforschungs- und Ausbildungszentrum für Wald, Naturgefahren und Landschaft, (BFW) 2016. Waldzahlen. Daten und Fakten. Verfügbar unter: http://bfw.ac.at/waldzahlen/ [Abfrage am 23.08.2016]

- BKA - Bundeskanzleramt Österreich, 2016. Wachstumsstrategie Europa 2020. Fünf nationale Kernziele für Österreich. Verfügbar unter: https://www.bka.gv.at/site/4890/default.aspx [Abfrage am 17.07.2016]

- Bundesministerium für Wissenschaft, Forschung und Wirtschaft, 2010. Energiestrategie Österreich. Verfügbar unter: http://www.bmwfw.gv.at/Ministerium/Staatspreise/Documents/energiestrategie_oesterreich.pdf [Abfrage am 16.7.2016]

- Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt- und Wasserwirtschaft, 2011. Merkblatt Fernwärme.

- Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt- und Wasserwirtschaft, 2015. Normung fester Biobrennstoffe. Verfügbar unter: http://www.google.at/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=4&ved=0ahUKEwjXi_jmlvbOAhVFJcAKHVcvCgwQFggtMAM&url=http%3A%2F%2Fwww.klimaaktiv.at%2Fdms%2Fklimaaktiv%2Ferneuerbare%2Fenergieholz%2FFachinfo_Normung%2FNormung_Biobrennstoffe_Stand_Mrz-2015_FINAL0%2FNormung_Biobrennstoffe_Stand_Mrz.2015_FINAL.pdf&usg=AFQjCNE-Z9UZITn2PNno6ksG6hBe2O6DOw [Abfrage am 4.9.2016]

- Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt- und Wasserwirtschaft, 2016. 3-Säulen der Nachhaltigkeit. Verfügbar unter: https://www.bmlfuw.gv.at/umwelt/nachhaltigkeit/nachhaltigkeit.html [Abfrage am 08.05.2017]
- Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt- und Wasserwirtschaft, 2016.UFI – Umweltförderung im Inland. Verfügbar unter: https://www.bmlfuw.gv.at/umwelt/klimaschutz/ufi/ufi.html [Abfrage am 31.08.2016]

- Dincer I., & Zamfirescu C., 2011. Sustainable Energy Systems and Applications. Springer Science+ Business Media. S.51f

- Dincer I., 2000. Renewable energy and sustainable development: a crucial review. Renewable and Sustainable Energy Reviews. Elsevier Science. 4.2: 157-175. Verfügbar unter: http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1364032199000118 [Abfrage am: 18.07.2016]
- Dobrinski P., Krakau G., Vogel A., 2010. Physik für Ingenieure. 12. Auflage. Vieweg + Teubner GWV Fachverlage GmbH. S.221
- Europäische Kommission, 2010. Europa 2020. Eine Strategie für intelligentes, nachhaltiges und integratives Wachstum. Verfügbar unter: http://eurlex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=COM:2010:2020:FIN:DE:PDF [Abfrage am 20.07.2016]
- Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V. (FNR), 2000. Leitfaden Bioenergie. Planung, Betrieb und Wirtschaftlichkeit von Bioenergieanlagen. S.27ff
- Fachverband der Holzindustrie Österreichs. Branchenbericht, 2015. S.2f Verfügbar unter: https://www.wko.at/Content.Node/branchen/oe/Holzindustrie/Kompetenzbereiche/Branchenbericht-2014-2015.pdf [Abfrage am 01.09.2016]
- Gronauer A., 2012. Geschichte und Zukunft der Biomasseproduktion durch die Landwirtschaft. Broschüre: Energie aus der Region. Dezember 2012.
- Halliday D., Resnick R., Walker J., Übersetzung: Koch S., 2009. Halliday Physik. Originalliteratur: Fundamentals of Physics. 2001. 2.Auflage. Wiley-VCH GmbH & Co. KgaA. S.550ff
- Hasenauer H., 2014. Kohlenstoffkreisläufe in Waldökosystemen. Erschienen 06/2014 in der Broschüre „Nachhaltiger Klimaschutz“ des ÖBMV. S1f. Verfügbar unter: http://www.biomasseverband.at/publikationen/biomasse-dossiers [Abfrage am 12.10.2017]
- Hepbasil A., 2008. A key review on exergetic analysis and assessment of renewable energy resources for a sustainable future. Renewable and sustainable energy reviews, 12(3), 593-661.
- Herrisch R., s.a. Vortrag EVN Wärme GmbH. Fernkälte für das Landesklinikum Mistelbach. Verfügbar unter: https://www.weka.at/newsletter/energieweb/vortraege/Vortrag_Robert_Herrisch.pdf [Abfrage am 18.9.2017]
- Holz T., 2006. Holzpellet-Heizungen Planung Installation Betrieb. 3. Auflage Ökobuch Verlag. S.9ff
- Isoplus Fernwärmetechnik, s.a. Unterschied zwischen Nah- und Fernwärme. Verfügbar unter: http://www.isoplus.de/de/tags/nah-fernwaerme/unterscheidung-nah-fernwaerme/ [Abfrage am 28.08.2016]
- Kaltschmitt M., Hartmann H., Hofbauer H., 2016. Energie aus Biomasse. Springer Verlag Berlin Heidelberg. S. 291f, 816, 876-912
- Kaltschmitt M., Streicher W., 2009. Regenerative Energien in Österreich. Vieweg+ Teubner. 339-351.

- Karl J.,2004. Dezentrale Energiesysteme. Neue Technologien im liberalisierten Energiemarkt. Oldenbourg Wissenschaftsverlag GmbH. S. 11f,20-24,99-102
- Klages G., Stuart H. A., 2009. Kurzes Lehrbuch der Physik. 19. Auflage Springer Verlag Berlin. S.92ff
- KPC - Kommunal Kredit Public Consulting GmbH, s.a. Förderthemen und Förderprogramme. Verfügbar unter: https://www.umweltfoerderung.at/alle-foerderungen.html [Abfrage am 31.08.2016]
- Kranzl L., Haas R., Kalt G., Diesenreiter F., 2008. Strategien zur optimalen Erschließung der Biomassepotenziale in Österreich bis zum Jahr 2050 mit dem Ziel einer maximalen Reduktion an Treibhausgasemissionen. Berichte aus Energie- und Umweltforschung 44/2009. Verfügbar unter: http://download.nachhaltigwirtschaften.at/edz_pdf/0852_biomassepotenziale.pdf [Abfrage am 27.08.2016]
- Landwirtschaftskammer Niederösterreich. Biomasse-Heizungserhebung, 2016. Verfügbar unter: https://noe.lko.at/biomasse-heizungserhebung-2016+2500+2552656 [Abfrage 12.11.2016]
- Lindner H., 2001. Physik für Ingenieure. 16. Auflage. Carl Hanser Verlag. S.271ff
- Meschede D., 2005. Gerthsen Physik. 23. Auflage. Springer Lehrbuch Verlag. S.205
- Metschina C., Loibnegger T., Gaber M., 2014. Qualitätsbrennstoffe aus Biomasse. Landwirtschaftskammer Steiermark. S.3-20. Verfügbar unter: http://www.biomasseverband-ooe.at/uploads/media/Downloads/Publikationen/sonstige_Brosch%C3%BCren/Qualitaetsbrennstoffe_aus_Biomasse_Metschina.pdf [Abfrage am 4.9.2016]
- Muhmann C., 2006. Die Strohheizung Planung Umsetzung Instandhaltung. Müller Verlag, Hüthig GmbH & Co. KG, Heidelberg. 2-19
- Müller L., 2001. Handbuch der Elektrizitätswirtschaft: Technische, wirtschaftliche und rechtliche Grundlagen.2. Auflage Springer-Verlag. S.7f
- NOAA – National Oceanic & Atmospheric Administration, 2017. Recent Monthly Average Mauna Loa CO_2 Verfügbar unter: https://www.esrl.noaa.gov/gmd/ccgg/trends/ [Abfrage am 16.9.2017]
- Obernberger I., 1998. Nutzung fester Biomasse in Verbrennungsanlagen. 3. Auflage, dbv-Verlag. 2-8
- Obernberger I., 2000. Thermische Nutzung fester biogener Brennstoffe. VDI Schriftenreihe „Regenerative Energien in Ungarn und in Deutschland“, ISBN 3-931384-32-2, VDI Verlag GmbH (Hrsg.), Düsseldorf, Deutschland, pp. 59-101 Verfügbar unter: http://www.bios-bioenergy.at/uploads/media/Paper-Obernberger-ThermischeBiomassenutzung-VDI-2000-05-05.pdf [Abfrage am 14.3.2017]S.59-101
- OPEC, 2016. Organization of the Petroleum Exporting Countries. World Oil Outlook. 2016. S. 58ff. Verfügbar unter: http://www.opec.org/opec_web/static_files_project/media/downloads/publications/WOO%202016.pdf [Abfrage am 12.09.2017]

- Organization of the Petroleum Exporting Countries. OPEC daily basket price. Verfügbar unter: http://www.opec.org/opec_web/en/4017.htm [Abfrage am 12.9.2017]
- Österreichische Gesellschaft für Umwelt und Technik - ÖGUT, 2009. Blue Globe Foresight Studie #1/2009. Finanzierungsmöglichkeiten für Biomasse. S.9 Verfügbar unter: https://www.klimafonds.gv.at/assets/Uploads/Blue-Globe-Reports/Forschung/2008-2010/BGR12009KB07EZ1F44279FSFinanz-Biomasse.pdf [Abfrage am 11.8.2016]
- Österreichischer Biomasseverband, 2014. Der CO^2 Kreislauf der energetischen Biomassenutzung. Verfügbar unter: http://www.waermeausholz.at/info/faq/was-bedeutet-co2-neutral/ [Abfrage am 28.07.2016]
- Österreichischer Biomasseverband, 2016. Bioenergie Atlas Österreich. S.6-19
- Österreichs E- Wirtschaft, 2016. 36 Prozent weniger Treibhausgasemissionen in Österreich bis 2030. Verfügbar unter: http://www.oesterreichsenergie.info/news/id-36-prozent-weniger-treibhausgase-in-oesterreich-bis-2030.html [Abfrage am 30.08.2016]
- Panos K., 2009. Praxisbuch Energiewirtschaft. 2. Auflage. Springer Verlag. S. 210f, 432f
- Panwar N. L., Kaushik S. C., & Kothari, S., 2011. Role of renewable energy sources in environmental protection: a review. Renewable and Sustainable Energy Reviews, Elsevier Science, 15(3), 1513-1524.
- Paschotta R., 2017. Artikel „Dezentrale Energieversorgung“ im RP-Energie-Lexikon. Verfügbar unter: https://www.energie-lexikon.info/dezentrale_energieerzeugung.html [Abfrage am 27.02.2017]
- proHolz Austria, Arbeitsgemeinschaft der österreichischen Holzwirtschaft, 2016. Geschichte des Waldes. Verfügbar unter: http://www.proholz.at/zuschnitt/08/geschichte-des-waldes/ [Abfrage am 12.8.2016]
- proHolz Austria, Arbeitsgemeinschaft der österreichischen Holzwirtschaft, 2016. Der bewirtschaftete Wald kann mehr. Verfügbar unter: http://www.proholz.at/holzistgenial/ [Abfrage am 23.08.2016]
- proPellets Austria – Netzwerk zur Förderung der Verbreitung von Pelletsheizungen, s.a. Europäische Norm. Verfügbar unter: http://www.propellets.at/de/heizen-mit-pellets/holzpellets/qualitaet/ [Abfrage am 3.9.2016]
- Quaschning V., 2013. Regenerative Energiesysteme. 13. aktualisierte und erweiterte Auflage. Hanser Verlag München. 365-370
- Quaschning V., 2013., Erneuerbare Energien und Klimaschutz. 3. Auflage. Carl Hanser Verlag München. S.292ff
- Quaschning V.,2008. Regenerative Energiesysteme. 5. Aktualisierte Auflage. 2008 Hanser Verlag München. S. 297-299
- Ratka A., Homann-Wenig S., Ehrmaier B. (Hrsg.), 2015. Technik Erneuerbarer Energien. Eugen Ulmer KG. S. 212-222
- Rihs G., 2012. Ökostromgesetz 2012: Rückblenden und Schlaglichter Verfügbar unter: http://www.rihs-rechtsanwalt.at/tl_files/Publikationen/RdU-2012-04%20Umwelt%20u%20Technik,%2071%20Georg%20Rihs.pdf [Abfrage am 18.09.2017]

- Rybach J., 2013. Physik für Bachelors. 3. Auflage. Carl Hanser Verlag. S.111
- Speer R., s.a. Detaillierte Informationen zu Energieholz und Energiewald als Kurzumtriebsplantage. Verfügbar unter: http://www.energiepflanzen.com/energieholz-mit-einem-energiewald-als-kurzumtriebsplantage/ [Abfrage am 12.8.2016]
- STANDARD Verlagsgesellschaft m. b. H., Online-Ausgabe vom 8.7.2014 14:47.Österreich weltweit zweitgrößter Importeur von Holz. Verfügbar unter: http://derstandard.at/2000002814037/Oesterreich-weltweit-zweitgroesster-Importeur-von-Holz [Abfrage am 1.9.2016]
- Steffens R., 2002. Holzfeuerungsanlagen Planung, Kosten, Fehlerquellen Wirtschaftlichkeitsanalyse und Wärmepreisbestimmung. Verlag für Wissenschaft und Forschung GmbH. S.9-13
- Thermax, s.a. Absorptions-Kältekreislauf. Benutzerhandbuch – heißwasserbefeuerte Niedertemperatur-Absorptionskältemaschine. Zyklusbeschreibung
- Tipler P., Mosca G., 2009. Physik für Wissenschaftler & Ingenieure. 6. Auflage. Springer Verlag. S.696-740
- Twidell J., Weir T., 2015. Renewable energy resources. Routledge. 3. Auflage.S.3-10. Verfügbar unter: https://books.google.at/books?hl=de&lr=&id=LYMcBgAAQBAJ&oi=fnd&pg=PP1&dq=review+renewable+energy+ressources&ots=FwVnQ85TC2&sig=BwR1Ts2snk27n9iAaSOXjRNAq14#v=onepage&q=review%20renewable%20energy%20ressources&f=false [Abfrage am 20.07.2016]
- Watter H., 2015. Regenerative Energiesysteme. Grundlagen, Systemtechnik und Analysen ausgeführter Beispiele nachhaltiger Energiesysteme. 4. Auflage. Springer Vieweg Verlag. S. 175-184
- Weber R., 2007. Physik. Teil 1: Klassische Physik – Experimentelle und theoretische Grundlagen. 1.Auflage. 2007. B.G. Teubner Verlag / GWV Fachverlage GmbH, S.251
- Weimann, H.J., 2003. Wurzeln der Nachhaltigkeit. LWF aktuell. S. 34-37
- Wieser S., 2015. Technisch-wirtschaftliche Rahmenbedingungen für die Stromerzeugung aus biogenen Festbrennstoffen in Österreich. Bachelorarbeit an der Universität für Bodenkultur, Institut für Verfahrens- und Energietechnik.
- Wytrzens H.K., Schauppenlehner-Kloyber E., Sieghardt M., Gratzer G., 2009. Wissenschaftlisches Arbeiten – Eine Einführung. Facultas Verlags und Buchhandels AG. S.94f

9. Abbildungsverzeichnis

- Abbildung 1: Bundesministerium für Wissenschaft, Forschung und Wirtschaft, 2015. Energiestatus Österreich 2015 – Entwicklung bis 2013. S.8. Verfügbar unter: http://www.bmwfw.gv.at/EnergieUndBergbau/Energieeffizienz/Documents/Energiestatus%20%C3%96sterreich%202015.pdf [Abfrage am 11.8.2016]

- Abbildung 2: Bundesministerium für Wissenschaft, Forschung und Wirtschaft, 2015. Energiestatus Österreich 2015 – Entwicklung bis 2013. S.9. Verfügbar unter: http://www.bmwfw.gv.at/EnergieUndBergbau/Energieeffizienz/Documents/Energiestatus%20%C3%96sterreich%202015.pdf [Abfrage am 11.8.2016]

- Abbildung 3: Österreichischer Biomasseverband, 2014. Der CO^2 Kreislauf. Verfügbar unter: http://www.waermeausholz.at/info/faq/was-bedeutet-co2-neutral/ [Abfrage am 28.07.2016]

- Abbildung 4: Nemestothy, 2017. Vortrag. Nachwachsende Rohstoffe als sichere Ressourcen der Zukunft. Verfügbar unter: http://www.biomasseverband.at/veranstaltungen/tagungen-und-vortraege/energieversorgungsicherheit/ [Abfrage am 18.09.2017]

- Abbildung 5: BFW, 2016. Bundesforschungs- und Ausbildungszentrum für Wald, Naturgefahren und Landschaft, 2016 Österreichische Waldinventur. Zuwachs der österreichischen Waldfläche. Verfügbar unter: http://bfw.ac.at/rz/wi.auswahl?cros=1&land=&lbfi=&tma=&stma=&sstma= [Abfrage am 23.08.2016]

- Abbildung 6: proHolz Austria, Arbeitsgemeinschaft der österreichischen Holzwirtschaft, 2016. Wald in Zahlen. Verfügbar unter: http://www.proholz.at/wald-holz/wald-in-zahlen/ [Abfrage am 28.08.2016]

- Abbildung 7: Speer R., s.a. Detaillierte Informationen zu Energieholz und Energiewald als Kurzumtriebsplantage. Verfügbar unter: http://www.energiepflanzen.com/galerie-pflanzen/ [Abfrage am 27.08.2016]

- Abbildung 8: Quaschnig V., 2013. Regenerative Energiesysteme. 8. aktualisierte und erweiterte Auflage. Hanser Verlag München. S.351

- Abbildung 9: Metschina C., Loibnegger T., Gaber M., 2014. Qualitätsbrennstoffe aus Biomasse. Landwirtschaftskammer Steiermark. S.3-20. Verfügbar unter: http://www.netzwerk-land.at/lum/veranstaltungen/downloads-2014/informationsbroschuere-201equalitaetsbrennstoffe-aus-biomasse201c [Abfrage am 4.9.2016]

- Abbildung 10: Landwirtschaftskammer Niederösterreich, 2016. Biomasse–Heizungserhebung 2015. Verfügbar unter: https://noe.lko.at/biomasse-heizungserhebung-2015+2500+2423670. [Abfrage am 22.02.2017]

- Abbildung 11. Landwirtschaftskammer Niederösterreich, 2016. Biomasse –Heizungserhebung 2015. Verfügbar unter: https://noe.lko.at/biomasse-heizungserhebung-2015+2500+2423670. [Abfrage am 22.02.2017]

- Abbildung 12-14: Karl J.,2004. Dezentrale Energiesysteme. Neue Technologien im liberalisierten Energiemarkt. Oldenbourg Wissenschaftsverlag GmbH. S. 21f

- Abbildung 15: Obernberger I., 2000. Thermische Nutzung fester biogener Brennstoffe. VDI Schriftenreihe „Regenerative Energien in Ungarn und in Deutschland“, ISBN 3-931384-32-2, VDI Verlag GmbH (Hrsg.), Düsseldorf, Deutschland, pp. 59-101 Verfügbar unter: http://www.bios-bioenergy.at/uploads/media/Paper-Obernberger-ThermischeBiomassenutzung-VDI-2000-05-05.pdf [Abfrage am 14.3.2017] S.59-101

- Abbildung 16: Landwirtschaftskammer, 2017. Verfügbar unter: https://www.lko.at/august-2017-holzmarktbericht-der-lk-%C3%B6sterreich+2500+2589806 [Abfrage am 18.09.2017]

- Abbildung 17: Organization of the Petroleum Exporting Countries World Oil Outlook. 2016. S. 60f. Verfügbar unter: http://www.opec.org/opec_web/static_files_project/media/downloads/publications/WOO%202016.pdf [Abfrage am 12.09.2017]

- Abbildung 18: Thermax, s.a. Benutzerhanbuch – heißwasserbefeuerte Niedertemperatur-Absorptionskältemaschine. Zyklusbeschreibung.

- Abbildung 19-22: Eigene Darstellung der Kälteversorgung des LK Mistelbach

- Abbildung 23: Nemestothy, 2017. Vortrag. Nachwachsende Rohstoffe als sichere Ressourcen der Zukunft. Verfügbar unter: http://www.biomasseverband.at/veranstaltungen/tagungen-und-vortraege/energieversorgungsicherheit/ [Abfrage am 18.09.2017]

- Abbildung 24: NOAA, 2017. Verfügbar unter: https://www.esrl.noaa.gov/gmd/ccgg/trends/ [Abfrage am 12.9.2017]

10.Tabellenverzeichnis

- Tabelle 1: Biomasseverband Oberösterreich, s.a. Verfügbar unter: http://www.biomasseverband-ooe.at/uploads/media/Downloads/Publikationen/Umrechnungstabellen_Brennstoff_Holz-BMV-OOe.pdf [Abfrage am 31.08.2016]

- Tabelle 2: Biomasseverband Oberösterreich, s.a. Verfügbar unter: http://www.biomasseverband-ooe.at/uploads/media/Downloads/Publikationen/Umrechnungstabellen_Brennstoff_Holz-BMV-OOe.pd [Abfrage am 31.08.2016]

- Tabelle 3: Schäfer V., 2012. Wirtschaftliche Grundlagen der Kraft-Wärmekopplung KWK.OTTI Fachforum. Tagung 27/28 März 2012 Neumarkt.S.44

- Tabelle 4: Biomasseverband Oberösterreich s.a. Verfügbar unter: http://www.biomasseverband-ooe.at/uploads/media/Downloads/Publikationen/Umrechnungstabellen_Brennstoff_Holz-BMV-OOe.pdf [Abfrage am 31.08.2016]

- Tabelle 5: proPellets Austria. 2015. ENplus Qualitätszertifizierung für Holzpellets. Handbuch für Österreich, Deutschland und die Schweiz. Verfügbar unter: https://www.propellets.at/assets/upload/pelletherstellung/Pelletqualit%C3%A4t/enplushandbuch_3.0.pdf [Abfrage am 11.09.2017]

- Tabelle 6: EH Energy Home AG, s.a. Verfügbar unter: https://www.pelletshome.com/pellets-oenorm [Abfrage am 3.9.2016]

- Tabelle 7-9: Metschina C., Loibnegger T., Gaber M., 2014. Qualitätsbrennstoffe aus Biomasse. Landwirtschaftskammer Steiermark. S.3-20. Verfügbar unter: http://www.netzwerk-land.at/lum/veranstaltungen/downloads-2014/informationsbroschuere-201equalitaetsbrennstoffe-aus-biomasse201c [Abfrage am 4.9.2016]

11. Abkürzungen

AEA	Austrian Energy Agency
Al_2O_3	Aluminiumtrioxid
atro	absolut trocken
BFW	Bundesforschungs- und Ausbildungszentrum für Wald, Naturgefahren und Landschaft
BIV	Bruttoinlandsverbrauch
BMLFUW	Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft
BMWFW	Bundesministerium für Wissenschaft und Forschung
BOKU	Universität für Bodenkultur
C	Kohlenstoff
Cal	Kalorie
CaO	Calciumoxid
Cd	Cadmium
CHP	Combined Heat and Power
CO	Kohlenmonoxid
CO_2	Kohlendioxid
el	elektrisch
Fe_2O_3	Eisentrioxid
FGW	Fachverband für das Gas- und Wärmefach
fm	Festmeter
GW	Gigawatt
GWh	Gigawattstunden
H	Wasserstoff
H_20	Wasser
ha	Hektar
Ho	Brennwert
Hu	Heizwert
IEA	International Energy Agency
J	Joule
K	Kalium
K	Kelvin

kg	Kilogramm
kJ	Kilojoule
KPC	Kommunal Kredit Public Consulting GmbH
kW	Kilowatt
kWh	Kilowattstunden
KWK	Kraft-Wärme-Kopplung
LK	Landwirtschaftskammer
lutro	lufttrocken
M	Wassergehalt der Biomasse
MgO	Magnesiumoxid
MJ	Megajoule
MW	Megawatt
MWh	Megawattstunden
N	Stickstoff
n	Wirkungsgrad
Na	Natrium
Nm	Newtonmeter
NOAA	National Oceanic and Atmospheric Administration
NO_x	Stickstoffmonoxid
O_2	Sauerstoff
ÖBMV	Österreichischer Biomasse Verband
ÖGUT	Österreichische Gesellschaft für Umwelt und Technik
OPEC	Organization of Petroleum Exporting Countries
Pb	Blei
rm	Raummeter
S	Schwefel
s.a.	ohne Jahresangabe
SI	System International
srm	Schüttraummeter
T	Temperatur
th	thermisch
TS	Trockensubstanz
TW	Terawatt
U	Holzfeuchte

u.a.	unter anderem
UFG	Umweltförderungsgesetz
Vfm	Vorratsfestmeter
W	Wassergehalt der Biomasse
z.B.	zum Beispiel
Zn	Zink