

Effiziente Wärme aus Biomasse – Stand, Herausforderungen und Perspektiven

Wärme aus Biomasse ist die traditionelle erneuerbare Wärmequelle der Menschheit. Ausgehend vom offenen Feuer hat sich die Technik je nach Land und Anwendung sehr stark weiter entwickelt. Mittlerweile gibt es vielfältige Technologien für die verschiedensten Wärmeanforderungen mit verschiedensten Umweltstandards.

In Deutschland stammen knapp 90% der erneuerbaren Wärme aus Biomasse. Das entspricht knapp 11% des gesamten Wärmebedarfs Deutschlands [BMW 2015]. Global werden derzeit rund 10% der Wärme aus Biomasse gewonnen [Ren21 2014]. Damit stellt die Biomasse in vielen Ländern den größten Beitrag zur erneuerbaren Energieversorgung.

Im Zuge der Energiewende und der Minderung der globalen Treibhausgasemissionen wird sich auch die Rolle der Wärme aus Biomasse wandeln. In einer zukünftig vor allem auf Wind, Sonne und Umgebungswärme beruhenden Energieversorgung wird die Biomasse aufgrund ihrer vielfältigen Nutzungskonkurrenzen vor allem zur Energiesystemstabilisierung und in Anwendungen, in denen keine passenden erneuerbaren Alternativen zur Verfügung stehen, zum Einsatz kommen müssen. Dabei muss das Emissionsniveau einiger der heute verfügbaren Biomasse-Technologien noch deutlich gesenkt werden.

Bezüglich der derzeit genutzten Potenziale ergeben sich weltweit starke Unterschiede. In Deutschland ist ohne Importe von einer nur noch begrenzt möglichen Steigerung der energetisch genutzten Biomassemengen auszugehen. Das bedeutet auch, dass die Forschung im Bereich der Biomassenutzung deutlich stärker auf eine qualitative als auf eine quantitative Entwicklung ausgerichtet werden muss.

In der Kooperation aus Forschung und Unternehmen sind u. a. die im Folgenden vorgestellten technologischen Komponenten und Konzepte zu erforschen, zur Marktreife zu entwickeln und mittels geeigneter Flankierung durch die Politik in den Markt zu integrieren.

Wärme aus Biomasse heute

Ungefähr die Hälfte des Endenergieverbrauchs geht sowohl global [Ren21 2014] als auch in Deutschland [BMW 2015] auf die Wärmeversorgung zurück. Der Einsatz erneuerbarer Energieträger liegt global, ohne Berücksichtigung der unzureichend quantifizierbaren traditionellen Biomassenutzung (z. B. Dugverbrennung) bei ca. 10% [Ren21 2014]. Biomasse ist mit einem Anteil von 87% die mit Abstand wichtigste erneuerbare Wärmequelle in Deutschland [BMW 2015].

Unbenommen der starken Entwicklung der Wärmenutzung aus KWK-Anlagen des letzten Jahrzehnts basierend auf gasförmigen Bioenergieträgern, dominieren die festen Bioenergieträger mit 75% den Bereich der Biowärme. 66% dieser festen Brennstoffe werden in Kleinf Feuerungsanlagen (unter 1 MW thermischer Leistung) eingesetzt [BMW 2015] (*Abbildung 1*).

Während in Deutschland, Österreich und der Schweiz vor allem Geräte mit einem überdurchschnittlichen technologischen Stand betrieben und verkauft werden, gibt es in vielen Regionen der Welt noch sehr einfache und emissionsintensive Anwendungen (offene Feuerstellen, einfache Öfen). Unabhängig davon gibt es auch in Deutschland einen erheblichen Sanierungsstau. Eine Auswertung von Daten des Schornsteinfegerhandwerks zeigt, dass ein nennenswerter Anteil der Biomassekessel in Deutschland vor über 15 Jahren in Betrieb genommen wurden (Bayern ca. 37% und Schleswig-Holstein 40%) [Rönsch 2015].

Insgesamt ist die Palette der technologischen Ansätze zur Wärmebereitstellung mittels Biomasse sehr umfangreich und vielschichtig – abhängig vom Anwendungsfall und den verfügbaren und eingesetzten Brennstoffen. Neben Anlagen für die Zubereitung von Speisen und zur Beheizung einzelner Räume (z. B. Herde, Kamine und Kaminöfen, Grundöfen) sind auch Biomassekessel ab einer Leistung von unter 4 kW bis deutlich über 1.000 kW auf dem Markt verfügbar. Dabei können die verschiedensten Biomassen eingesetzt werden, darunter Scheitholz, Holzpellets, Holzhackschnitzel und bisher in sehr geringem Umfang auch Agrarbrennstoffe (wie z. B.



DBFZ

Dr. Volker Lenz
volker.lenz@dbfz.de

Cornelia Rönsch
cornelia.roensch@dbfz.de

IZES

Dr. Bodo Groß
gross@izes.de

Fraunhofer IWES

Dr. Bernd Krautkremer
bernd.krautkremer@iwes.fraunhofer.de

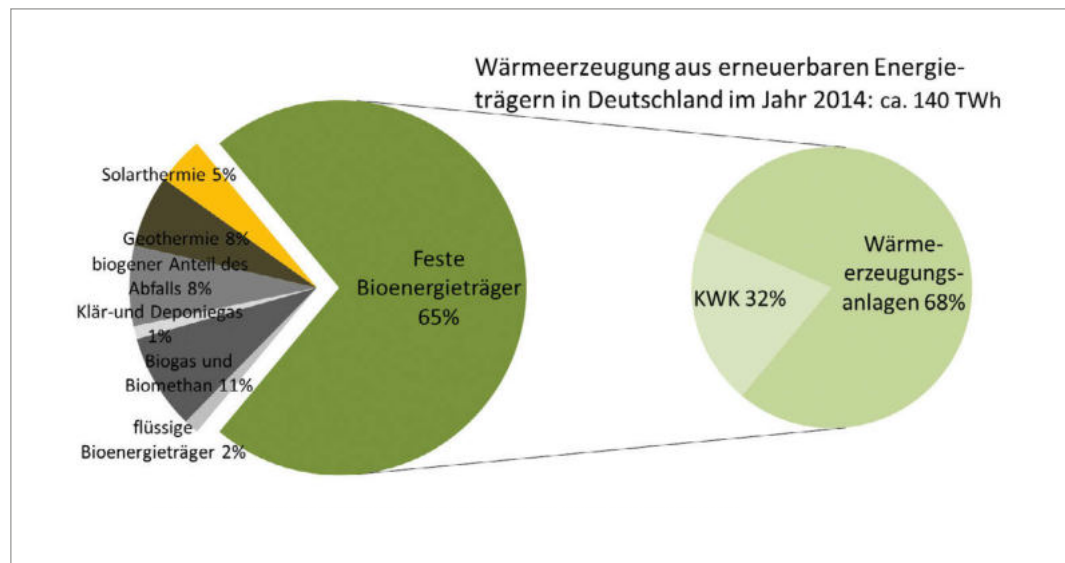
HDG Bavaria GmbH

Martin Ecker
Martin.Ecker@hdg-bavaria.com

ETE EmTechEngineering GmbH

Frank Werner
frank.werner@ete-ing.de

Abbildung 1
**Wärmebereitstellung
in Deutschland 2014**
(Quelle: BMWi, AGEE-Stat:
Erneuerbarer Energien, Stand
1.8.2015)



Miscanthus oder Stroh). Aufgrund unterschiedlicher Kundenwünsche, Umweltstandards und Zahlungsfähigkeiten sind nicht alle Produkte in allen Märkten uneingeschränkt absetzbar.

Für hochwertige deutsche Produkte ergeben sich immer dort besondere Exportchancen, wo anspruchsvolle Emissionsanforderungen gelten oder eingeführt werden oder ein Technologiepfad eine besondere Förderung erfährt (z. B. derzeit mittelgroße HHS-Kessel in Großbritannien).

Bei einem Bestand von ca. 10 Millionen Einzelraumfeuerungen für vor allem Stückholz und in deutlich geringerem Umfang Holzpellets [Schlichter 2015] und knapp 1 Millionen Biomassekessel [BWK 2015] in Deutschland gibt es einen jährlichen Absatzmarkt von rund 400.000 bis 450.000 Einzelraumfeuerungen [HKI 2015] und einen schwankenden Absatz in den letzten 10 Jahren von 15.000 bis 35.000 Biomassekesseln pro Jahr [BDH 2015]. Während im Pelletkesselbereich der Markt aktuell vergleichsweise stabil ist [DEPI 2015], klagen die HHS-Kesselhersteller über massive Absatzrückgänge in Deutschland.

Neben der Preiskonkurrenz zu Öl, Gas und Wärmepumpen stellen insbesondere auch die verschärften Staub-Grenzwerte der Verordnung über kleine und mittlere Feuerungsanlagen [1.BImSchV 2010] zusätzliche z. T. preisintensive Anforderungen an die Feuerungshersteller. Dabei haben die Entwicklung neuer Staubmessgeräte und die Erarbeitung verschiedenster Normen (DIN 4207-Reihe, DIN spec 33999, VDI 3670) mit zum Teil immer noch nicht gelösten Detailfragen zu einer nicht unerheblichen Verunsicherung bei Herstellern, Vertrieb und Kunden geführt. Mit einer seit 2015 verbesserten Förderung

im Rahmen des Marktanzreizprogramms versucht die Bundesregierung gegenzusteuern [MAP 2015].

Im Hinblick auf die Staub- und CO₂-Emissionen bewirkten die kontinuierlich steigenden Anforderungen der 1.BImSchV im deutschsprachigen Raum eine Entwicklung von Verbrennungstechnologien sowie von Staubabscheidern und Katalysatoren auch für Kleinf Feuerungsanlagen auf einem im weltweiten Vergleich hohen Umweltschutzniveau. Neben dem Altbestand tauchen trotzdem gerade bei Einzelraumfeuerungen, bei denen nur das Modell einmal auf dem Prüfstand getestet wird, immer wieder Diskrepanzen zwischen dem realen Emissionsverhalten im Feld und dem auf dem Prüfstand Ermittelten auf.

Im Bereich der Kraft-Wärme-Kopplung werden derzeit in Deutschland überwiegend größere Heizkraftwerke genutzt, die ihre Wärme in Wärmenetzen bzw. industriellen Anwendungen zur Verfügung stellen. Diese Anlagen dienen in erster Linie zur Bereitstellung von Wärme, Strom ist sekundär. Sie erreichen hohe Wärmenutzungsgrade.

In den letzten Jahren kamen auch kleinere KWK-Anlagen auf den Markt, die mittels der thermochemischen Vergasung feste Biobrennstoffe für die BHKW-Nutzung aufbereiten. Deren Fokus liegt zunächst auf der Stromproduktion. Eine effiziente Nutzung der Abwärme ist ab i. d. R. unabdingbar für die wirtschaftliche Darstellung dieser Prozesse [DBFZ 2013].

Nach Angaben der Fachagentur für nachwachsende Rohstoffen e. V. [FNR2015] wurden auf diesen Wegen ca. 8,7 TWh elektrischer Energie bereitgestellt.

Damit einhergehend müssten nach Berechnungen des Fraunhofer IWES deutlich über 25 TWh für den Wärmebereich bereitgestellt worden sein.

Die direkte Nutzung von Biogas und Bioöl in Heizungsanlagen hat in Deutschland kaum Bedeutung. Beide Brennstoffe werden und sollten auch weiterhin bevorzugt in Kraft-Wärme-Kopplungsanlagen oder im Mobilitätsbereich eingesetzt werden.

Herausforderungen

Ausgehend von der zwingenden Notwendigkeit, den globalen Treibhausgasausstoß drastisch zu senken, ergeben sich in Umsetzung der Klimaschutzstrategie der Bundesregierung in Verbindung mit der generellen Anforderung, die Lebensgrundlagen der Erde zu erhalten, einige Herausforderungen für den Einsatz von Biomasse zu energetischen Zwecken:

- Biomasse ist begrenzt und wird zukünftig aufgrund einer steigenden Nachfrage nach Nahrung und Futtermitteln, Rohmaterialien für die stoffliche Nutzung und zu erwartender Einschränkungen der nutzbaren Flächen (z. B. Bebauung, Naturschutz) eher wertvoller und damit für die energetische Nutzung weniger verfügbar werden. In Deutschland gibt es noch ein gewisses Potenzial für eine zusätzliche Bereitstellung von Biomasse für energetische Zwecke, ohne auf massive Importe zurückgreifen zu müssen. Für eine vollständige Umstellung der Energieversorgung auf erneuerbare Energien reichen die Potenziale aber bei Weitem nicht aus (ca. 10 % des Primärenergieverbrauchs in Deutschland sind durch Bioenergie deckbar bei einem derzeitigen Anteil von etwas unter 8 %) [Thran 2015].
- Mit der notwendigen Effizienzsteigerung im Wohngebäudebereich (bis zu 80 % Einsparung durch Dämmung und kontrollierte Belüftung) [Bundesregierung 2010] und einem deutlichen Ausbau der Solarthermie, der Umgebungsenergie und der Wärme aus erneuerbarem Überschussstrom wird der durch Bioenergie bereitzustellende verbleibende Wärmebedarf je Objekt drastisch sinken. Entsprechend müssen die Nennleistungen von Biomassefeuerungen verringert oder mehrere Objekte zu einem Wärmeversorgungsverbund zusammengeschlossen werden (Nahwärmenetze). Diese Bündelung birgt einerseits das Potenzial einer weiteren Effizienzsteigerung und Emissionsminderung und sollte andererseits auch dazu genutzt werden, weitere feste Biobrennstoffe in die KWK-Anwendung zu überführen, um zusätzliche Systemdienstleistungen im Stromsektor erbringen zu können.
- Durch die Einsparung fossiler Kohlenstoffquellen im stofflichen Produktbereich werden zunehmend vor allem hochwertige Biomassequalitäten aus der energetischen Nutzung in die stoffliche Nutzung umgeleitet werden. Insofern werden zukünftig verstärkt Nebenprodukte, Reststoffe der Nahrungs- und Futtermittelproduktion sowie der stofflichen Verarbeitung von Biomassen und biogene Abfälle für die energetische Nutzung zur Verfügung stehen (Bioökonomie). Hier gilt es, die Technologie zur energetischen Nutzung den teilweise schwierigen Qualitäten anzupassen. Hier sind sowohl Methoden zur Aufbereitung der Biomassen als auch Techniken für eine saubere Verbrennung zu erforschen.
- Aufgrund des notwendigen Verzichts auf den Einsatz von fossilen Energieträgern wird in der Industrie und im Gewerbe zunehmend der Bedarf an Hochtemperaturwärme durch erneuerbare Wärmeoptionen und hier insbesondere Biomasse abgesichert werden müssen.
- Der bereits stattfindende Klimawandel wird zu einem erhöhten Bedarf an Kühlung (zumindest während immer häufigerer Hitzeperioden) und zu einem insgesamt verringerten Heizwärmebedarf bei u. U. ohne Gebäudedämmung unveränderten Spitzenbedarfen führen. In der Folge wird sich die Auslastung von Biomassefeuerungen verändern.
- Der Anspruch an eine saubere Umwelt wird tendenziell weiter steigen. Dies zeigt sich an den kontinuierlichen Grenzwertverschärfungen in der EU (ERP-Richtlinie für mittelgroße Heiz(kraft)werke) und Deutschland (1.BImSchV März 2010, TA Luft befindet sich aktuell in Überarbeitung), aber auch an der zunehmenden Diskussion der Folgen der Umweltverschmutzung in Ländern wie z. B. China.
- Bei allen Unwägbarkeiten und Diskussionen über die Versorgungssicherheit wird das Verlangen der Menschen nach Sicherheit und Geborgenheit (Selbstversorgung) eher zunehmen. Das heißt die Abhängigkeit vom Stromnetz oder leitungsgebundener Wärme wird gegebenenfalls stärker hinterfragt werden.

Diese Herausforderungen führen dazu, dass die energetische Biomassenutzung zukünftig deutlich stärker auf den Einsatz schwierigerer Brennstoffe in emissionsarmen und flexibel betreibbaren Anlagen fokussieren muss.

Ziel muss es sein, die nach Nutzung der anderen erneuerbaren Wärmeoptionen verbleibenden Wärmeversorgungslücken (zeitlich und örtlich) möglichst effizient zu schließen – und dies nicht nur im Neubaubereich sondern insbesondere auch im Altbestand.

Im Zusammenhang mit der steigenden Nachfrage nach Elektrizität und der zunehmenden Schwankungen aufgrund von Photovoltaik und Wind wird eine bedarfsgerechte, an die Wärmeversorgung angekoppelte Strombereitstellung an Relevanz gewinnen [RHC 2013, IWES 2015].

Insgesamt wird sich die Bioenergienutzung also von einer vor allem auf Quantität ausgerichteten Bedarfsdeckung über die Steigerung der Effizienz gepaart mit einer Verminderung der Emissionen zu einer das erneuerbare Energiesystem integrierenden Schlüsseltechnologie weiterentwickeln müssen: Smart Bioenergy [Thrän 2015].

Perspektiven

Die weitere Forschung und Entwicklung der Wärmebereitstellung aus Biomasse in der Transformation hin zur Smart Bioenergy lässt sich wie folgt abschätzen:

- **Kurzfristig (3–5 Jahre):**

Aufgrund der üblichen Produktentwicklungszeiten ist in diesem Zeitfenster lediglich eine wissenschaftlich unterstützte Weiterentwicklung und Verbesserung vorhandener Produkte möglich. Hierbei liegt das Augenmerk im Kleinanlagenfeuerungsbereich vor allem auf der Einhaltung der 2. Stufe der 1. BImSchV durch eine optimierte Feuerungen (primäre Maßnahmen), sowie integrierte und nachgeschaltete sekundäre Emissionsminderungseinrichtungen (Katalysatoren, Filter und elektrostatische Abscheider, katalytische Beschichtungen auf Filtern). Dabei hat die Forschung und Entwicklung der letzten Jahre in allen Bereichen deutliche Fortschritte erreicht (optimierter Brennraumaufbau, verbesserte Feuerungsregelungen mit CO/Lambda-Sensoren, marktreife Filtersysteme auch im kleinen Leistungsbereich, neuartige katalytische Materialien zur Integration der Katalysatoren in den Brennraum). Parallel wird die Sicherstellung durchgehend hoher Qualitäten der Brennstoffe Holzpellets und Holzhackschnitzel weiter verbessert. Durch die Verbesserung der Betriebsbedingungen von vorhandenen Kraft-Wärme-Kopplungsanlagen auf Biomassebasis (Biogasanlagen und Holzvergaser-BHKW) in Verbindung mit vorhandenen oder neuen Nahwärmenetzen lassen sich kurzfristig deutliche Effizienzpotenziale bei der Wärmeversorgung heben.

- **Mittelfristig (5–10 Jahre):**

In der engen Zusammenarbeit zwischen Industrie und Forschung gilt es über gezielte Brennraumoptimierungen mittels CFD, verbesserte Kontroll- und Feuerungsregelung mittels verbesserter Sensoren

(z. B. CO/C_xH_y), die weitergehende Integration von sekundären Staub- und Emissionsminderungsmaßnahmen und der Entwicklung und Integration von zentralen Wärmeversorgungsverbundreglern sowohl die Emissionen zu mindern, als auch die Wärmeversorgungseffizienz im Gebäuden und Quartieren zu verbessern. Die Entwicklung von Auslegungs- und Sanierungsberatungswerkzeugen muss dazu beitragen, dass von den Endkunden die passenden Sanierungs- und Technologieentscheidungen je nach Einzelfall getroffen werden. Parallel ist die Nutzbarkeit von zunehmend inhomogeneren Biomassen durch eine kosteneffiziente, jedoch hochwertige Aufbereitung voranzutreiben (Sortieren, Waschen, Mischen, Kompaktieren).

Aufgrund der Vielfalt der Biomassen und der Anwendungsfälle werden sich neben der Nutzung von Hochqualitätsbrennstoffen in Systemen mit niedrigem Biomasseleistungsbedarf oder Klein(st)-Wärme-Kraft-Kopplungs-Anlagen in Kombination mit anderen erneuerbaren Energien auch Technologiepfade weiterentwickeln, die durch eine robuste Feuerung für minderwertige Biomassen und eine hochwertige Abgasreinigung gekennzeichnet sind (größere Leistung mit zentraler Einspeisung in Wärmenetze oder industrielle Anwendungen). Kraft-Wärme-Kopplungs-Anwendungen für feste Biomasse werden sich im Leistungsbereich von 20 bis 100 kWel noch stärker in die Eigenversorgung von größeren Objekten und Objektverbänden mittels eines flexiblen Betriebs einkoppeln müssen.

- **Langfristig (mehr als 10 Jahre):**

Perspektivisch ist Biomasse als speicherfähiger Energieträger mit einem hohen Reaktionstemperaturbereich von über 1000 °C zu wertvoll und auch zu kostenintensiv im Vergleich zu anderen erneuerbaren Energien um eine Wärmegrundlast bereit zu stellen. Daher muss zukünftig ein möglichst effektiver Einsatz erfolgen, d. h. zum Schließen von Wärmeversorgungslücken im Hochtemperaturbereich in der Industrie beziehungsweise den Lücken bei den Verbrauchern und das möglichst in Verbindung mit einer gleichzeitigen Stromnetzstabilisierung (Regelenergie). Hierzu sind heute von der Forschung die entsprechenden Klein- und Mikro-Wärme-(Kälte-) Kraft-Maschinen mit hoher Stromkennzahl und hoher Flexibilität zu untersuchen und zu entwickeln (*Abbildung 2*). Außerdem sind Wärme-Stromnetzverbundregler zu erforschen und innovative Bussysteme zu erdenken, die zukünftig eine einfache und weitgehend fehlerfreie Kombination verschiedener erneuerbarer Energiebereitsteller und der verschiedenen Verbraucher ermöglichen (Plug-and-Run). Diese Technologieansätze sind durch die Erforschung und Entwicklung geeigneter High-End-Brennstoffe mit

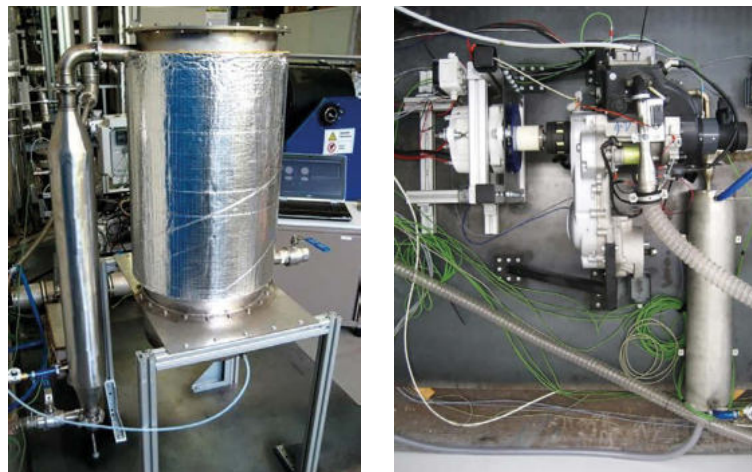


Abbildung 2
 Laborkonzept eines
 Holzkohlevergasers mit
 einfacher Gasreinigung
 und Moped-Motor im
 Leistungsbereich unter
 1 kWel
 (Dennis Krüger, DBFZ)

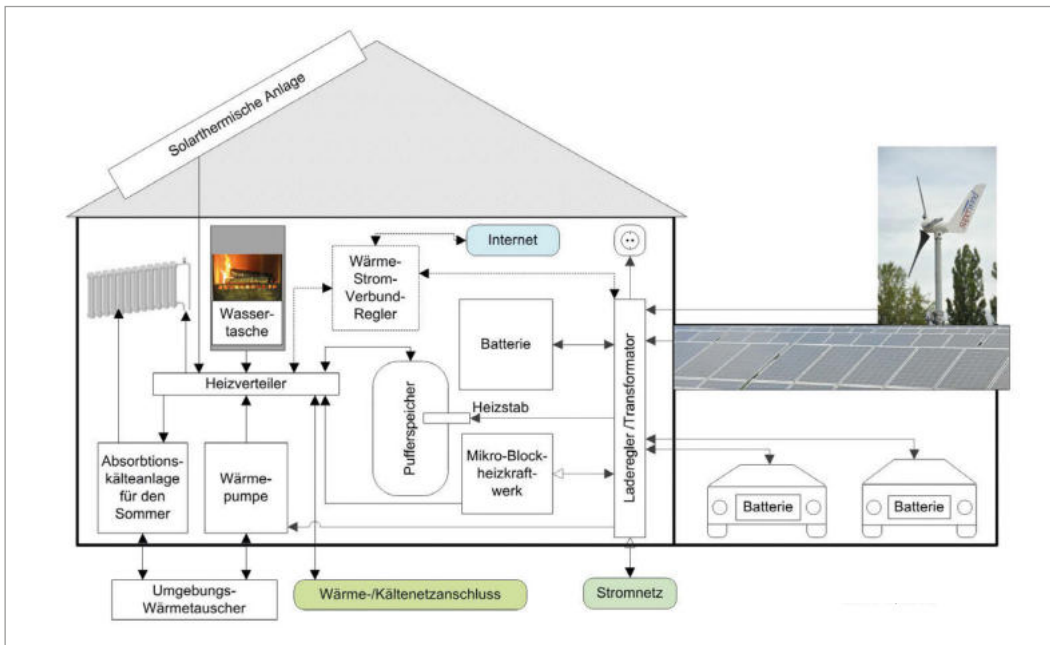


Abbildung 3
SmartBiomassHeat
Konzept:
 Übersicht der möglichen
 Komponenten
 (in der Umsetzung
 wird immer nur eine
 intelligente Auswahl
 dieser Komponenten
 eingesetzt)
 (© DBFZ, 2015)

hoher Homogenität für kleine Anlagenleistungen und kurze Betriebszeiten mit vielen Lastwechseln zu unterstützen (z.B. HTC, Torrefizierung).

Im Wärmebereich lassen sich diese Ansätze unter dem Begriff SmartBiomassHeat zusammenfassen (siehe [Abbildung 3](#)).

Für minderwertige Brennstoffe ist aber auch zukünftig der Einsatz in robusteren Anlagen mit hochwertiger Abgasreinigung denkbar. Im Sinne der SmartBioenergy müssen diese Anlagenkonzepte jedoch auch eine hohe Flexibilität bezüglich der Einsatzzeiten aufweisen und sich möglichst optimal in die jeweilige Wärme- und Strombedarfssituation einpassen.

Fazit

Die Zusammensetzung des erneuerbaren Wärmemixes wird in einer 100%-Erneuerbare-Energien-Welt deutlich höhere Anteile an Solarthermie, Umgebungswärme über Wärmepumpen und Abwärme sowie Überschussstromwärme aufweisen als heute. Trotzdem wird die Vielfalt der biogenen Lösungen auch in Zukunft wesentlich zu einer stabilen, sicheren und emissionsarmen Wärme-/Kälteversorgung der Gebäude beitragen können – insbesondere auch im Zusammenhang mit der energetischen Verwertung von anderweitig schwer nutzbaren biogenen Rest- und Abfallstoffen, sowie in Objekten mit hohem spezifischem Wärmebedarf bzw. bei industriellen

Anwendungen. Durch eine parallele Bereitstellung von Regelleistung und Residualstrom sollte die Biomasse-Wärme-Kälte-Kraft-Kopplung zu einer Stabilisierung des erneuerbaren Energiesystems aus dem Wärmebereich heraus beitragen (Smart Bioenergy).

Wichtige Maßnahmen und Entwicklungsschritte für die Wärmewende mit biogenen Brennstoffen sind:

- Effektive Forschung und Entwicklung zum Immissionschutz begleitet durch eine entsprechende Marktintegration mittels z. B. verstetigtem Marktanzreizprogramm.
- Waldholzzertifizierung mit Augenmaß, sodass auch zukünftig eine nachhaltige Nutzung der Wälder möglich ist.
- Systemintegration mit Bioenergie als Schlüssel für einen planvollen Umbau und eine sichere und kosteneffiziente EE-Wärmeversorgung:
- wissenschaftlich fundierte Planungs- und Beratungswerkzeuge
- kostengünstige und leicht verschaltbare Systemkomponenten (u. a. auch Wärmespeicher, einheitliches Kommunikationssystem)
- Verbundsystemregler und Verbundregelsysteme
- intelligente Integration von Emissionsminderungsmaßnahmen (wie Staubabscheider und Katalysatoren) in Wärmeerzeuger
- lokale/regionale Wärmeverbundsysteme vernetzt mit dem Stromsystem
- konsequenter und technologieoffener Umbau der Wärme- und Kälteversorgung auf EE auch im Gebäudebestand
- sozio-ökonomische Begleitforschung für einen zielgerichteten Umbau der Wärmeversorgung im Einklang mit der Akzeptanz der Bevölkerung

Literatur

[1. BImSchV 2010] Erste Verordnung zur Durchführung des Bundesimmissionsschutzgesetzes (Verordnung über kleine und mittlere Feuerungsanlagen – 1. BImSchV) vom 26.01.2010

[BMWi 2015] Bundesministerium für Wirtschaft und Energie: Erneuerbare Energien in Zahlen. Nationale und internationale Entwicklung im Jahr 2014. URL: http://www.erneuerbare-energien.de/EE/Redaktion/DE/Downloads/erneuerbare-energien-in-zahlen-2014.pdf?__blob=publicationFile&v=3 (Stand: 21.10.2015).

[BDH 2015] Bundesverband der Deutschen Heizindustrie e.V. (BDH): Wärmetechnik Magazin. Heizungsmarkt, URL: <http://www.baulinks.de/heizung/heizungsmarkt.php> (Stand: 22.10.2015).

[Bundesregierung 2010] Bundesregierung Deutschland: Energiekonzept für eine umweltschonende, zuverlässige und bezahlbare Energieversorgung. Berlin 28. September 2010. http://www.bundesregierung.de/ContentArchiv/DE/Archiv17/_Anlagen/2012/02/energiekonzept-final.pdf?__blob=publicationFile&v=5

[BWK 2015] Lenz, V., Naumann, K., Kaltschmitt, M., Janczik, S.: Erneuerbare Energien. In BWK Jahress Ausgabe 2015. Der Energiemarkt im Fokus. Bd. 67 Nr. 5. Springer. 2015

[DBFZ 2013] DBFZ et. al., Stromerzeugung aus Biomasse, 2013

[DEPI 2015] Deutsches Pelletinstitut GmbH (DEPI): Pelletfeuerungen in Deutschland. http://www.depi.de/media/filebase/files/infothek/images/Pelletfeuerungen_in_Deutschland.jpg (Stand: 04.12.2015)

[EU 2013] European Union: European Technology Platform on Renewable Heating and Cooling: Strategic Research and Innovation Agenda for Renewable Heating & Cooling. 2013

[FNR 2015] Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e. V. (FNR): Basisdaten Bioenergie 2015

[HKI 2015] HKI Industrieverband: Absatz-Entwicklung 1990-2014 Häusliche Einzelfeuerstätten. URL: <http://www.ikz.de/nc/ikz-energy/news/article/der-hki-informiert-absatzzahlen-fuer-haeusliche-ein-0055140.html> (Stand: 22.10.2015).

[IWES 2015] Abschlussbericht zum Projekt „Flex HKW“ FKZ 03KB092A, noch nicht veröffentlicht.

[MAP 2015] Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi): Richtlinie zur Förderung von Maßnahmen zur Nutzung erneuerbarer Energien im Wärmemarkt. Berlin, 11. März 2015

[Ren21 2014] REN21: Renewables 2014 Global Status Report. Paris: REN21 Secretariat. 2014

[Rönsch 2015] Rönsch, C.: Kleinf Feuerungsanlagen in Deutschland. Ergebnisse aus einer Erhebung mit dem Schornsteinfegerhandwerk. Vortrag auf dem 15. Internationalen BBE-Fachkongress HolzEnergie 2015 in Augsburg am 01./02. Oktober 2015.

[Schlichter 2015] Schlichter, M.: Aktuelle Erfahrungen aus der Überwachung von Kleinf Feuerungsanlagen, Vortrag auf der 19. Sitzung Arbeitskreis Holzfeuerung in Straubing am 20. Mai 2015.

[Thrän 2015] Thrän, D. (Hrsg.): Smart Bioenergy. Technologies and concepts for a more flexible bioenergy provision in future energy systems. Springer, Cham, Heidelberg, New York, Dordrecht, London. 2015