



Schweizerische Eidgenossenschaft  
Confédération suisse  
Confederazione Svizzera  
Confederaziun svizra

Eidgenössisches Departement für  
Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation UVEK  
**Bundesamt für Energie BFE**

3. November 2008

---

# **Energieforschungsprogramm Biomasse für die Jahre 2008–2011**

---

**Auftraggeber:**

Bundesamt für Energie BFE  
Forschungsprogramm Biomasse  
CH-3003 Bern  
[www.bfe.admin.ch](http://www.bfe.admin.ch)

**Autoren:**

Sandra Hermle, Bundesamt für Energie BFE, [sandra.hermle@bfe.admin.ch](mailto:sandra.hermle@bfe.admin.ch)  
Daniel Binggeli, Bundesamt für Energie BFE, [daniel.binggeli@bfe.admin.ch](mailto:daniel.binggeli@bfe.admin.ch)  
Bruno Guggisberg, Bundesamt für Energie BFE, [bruno.guggisberg@bfe.admin.ch](mailto:bruno.guggisberg@bfe.admin.ch)

# Inhaltsverzeichnis

|   |    |
|---|----|
| Inhaltsverzeichnis .....                                | 3  |
| Zusammenfassung .....                                   | 4  |
| 1. Einleitung .....                                     | 4  |
| 2. Leitlinien der Biomasseforschung des Bundes .....    | 4  |
| 3. Energie aus Biomasse – Ausgangslage .....            | 5  |
| 4. Nationale Akteure .....                              | 16 |
| 5. Internationale Zusammenarbeit .....                  | 19 |
| 6. Technische und wirtschaftliche Zielsetzungen .....   | 20 |
| 7. Mitteleinsatz für die Biomasse-Forschung .....       | 22 |
| 8. Forschungsschwerpunkte in den Jahren 2008–2011 ..... | 24 |
| 9. Abgrenzung des Forschungsprogramms Biomasse .....    | 29 |
| Glossar .....   | 30 |
| Referenzen .....  | 32 |

# Zusammenfassung

Das Energieforschungsprogramm wird in allen Forschungsbereichen des Bundesamtes für Energie alle 4 Jahre in Abstimmung mit der Eidgenössischen Energieforschungskommission (CORE) neu formuliert. Das vorliegende Konzept für den Bereich Biomasse soll einen Überblick über alle Technologien und möglichen Umwandlungspfade zur Energiegewinnung aus Biomasse geben und insbesondere die Schwerpunkte für die Schweiz verdeutlichen. Zur Veranschaulichung der möglichen Technologien und Umwandlungspfade inkl. Nutzungswirkungsgrad dienen Abb. 1, Abb. 2 und Abb. 3. Dabei spielen die möglichen Potenziale in der Schweiz ebenso eine Rolle wie die technologischen Ziele, welche die Forschungsschwerpunkte definieren. Diese Forschungsschwerpunkte werden im vorliegenden Dokument für jeden schweizrelevanten Biomasseforschungsbereich erläutert. Die Schweizerische Biomasseforschung wird in der Periode 2008–2011 auf die drei Technologien Verbrennung, Vergasung und anaerobe Vergärung setzen. In Bezug auf alle drei Technologien wird die Energieforschung verstärkt die Systemoptimierung und -integration, die Qualitätssicherung und neue Verfahren und Technologien fördern, um eine maximale Ausnutzung der Primärenergie, eine Reduktion der Emissionen, die Schliessung von Stoffkreisläufen und die Bereitstellung von Nutzenergie mit hoher Wertigkeit zu erreichen. Diese Forschungsziele können nur durch eine nationale und internationale erfolgreiche Vernetzung von Forschung und Praxis erreicht werden. Die bereits erfolgreich operierenden Organisationsformen gilt es zu erhalten, gegebenenfalls weiterzuentwickeln und aktiv zu nutzen.

## 1. Einleitung

Die Bundesverfassung verpflichtet den Bund zur Förderung der nachhaltigen Entwicklung<sup>1</sup>. Für den Energiebereich heisst dies konkret: mehr Energieeffizienz und Ausbau der erneuerbaren Energien.

Zurzeit stammen 83.1% des schweizerischen Endenergieverbrauchs aus nicht erneuerbaren Quellen (BFE, 2007a). Gemäss Biomasse-Potenzialstudie (BFE, 2004) könnten gut 10 % des heutigen Primärenergieverbrauchs ökologisch vertretbar mit Biomasse gedeckt werden. Damit könnte die Biomasse einen wichtigen Beitrag leisten zur Erreichung der energie- und klimapolitischen Ziele der Schweiz, zur Reduktion der Abhängigkeit von nicht erneuerbaren Energien sowie zur Verbesserung der Versorgungssicherheit.

Langfristiges Ziel ist es, die vorhandenen Potenziale zur energetischen Nutzung der Biomasse in der Schweiz möglichst vollständig, effizient und umweltschonend zu erschliessen.

Die Forschung ist entsprechend dieser Langfrist-Zielsetzung auszurichten.

## 2. Leitlinien der Biomasseforschung des Bundes

Der Bund richtet sich in seinem Biomasseforschungskonzept sowohl nach ökologischen, als auch ökonomischen und sozialen Kriterien.

### Ökologische Leitlinien:

- Minimierung von Schadstoffen bei der Produktion und über den ganzen Lebenszyklus (Reduktion von Emissionen, insbesondere von Luftschadstoffen)
- ganzheitliche Betrachtung der verfahrenstechnischen Prozesse u.a. mit Hilfe von Ökobilanzen
- Schliessen von Stoffkreisläufen.

---

<sup>1</sup> Bundesverfassung Art. 73

## Ökonomische Leitlinien:

- Förderung von möglichst einfachen und kostengünstigen Technologien mit hoher Verfügbarkeit
- maximale Ausnutzung der Primärenergie bezogen auf die Nutzenergie
- Bereitstellung von Nutzenergie mit hoher Wertigkeit (Exergie).

## Soziale Leitlinien:

- Die zur Energiegewinnung eingesetzten Biomassesortimente sollen nicht in Konkurrenz zur Nahrungsmittelproduktion stehen.

Auf Bundesebene wird zurzeit eine Strategie für die Produktion, Verarbeitung und Nutzung von Biomasse in der Schweiz erarbeitet. Die Vision ist, dass Biomasse sowohl stofflich, als auch energetisch bezüglich der drei Dimensionen der Nachhaltigkeit (Umwelt, Wirtschaft, Gesellschaft) optimal produziert und genutzt wird. Der Bund strebt langfristig eine nachhaltige Entwicklung in allen Politikbereichen an. Der sparsame, schonende und rationelle Einsatz von Ressourcen hat dabei oberste Priorität. Die Ausgestaltung der jeweiligen Sektorenpolitik richtet sich an übergeordneten strategischen Zielen, wie z.B. inländische Biomasse, welche einen hohen Beitrag zur Versorgungssicherheit leitet; die Fläche für den Anbau von Biomasse, insbesondere zur Nahrungsmittelproduktion, bleibt erhalten; Biomasse wird haushälterisch produziert und verwertet usw.

## 3. Energie aus Biomasse – Ausgangslage

### Stand der Technologie in der Schweiz und International

Die folgenden Abbildungen geben eine Übersicht über mögliche Technologien, die zur Umwandlung von Biomasse in Wärme oder Kraft führen. Die einzelnen Biomassesortimente werden dabei ebenso dargestellt wie die Wirkungsgrade, welche beim Einsatz der verschiedenen Technologien erreicht werden.

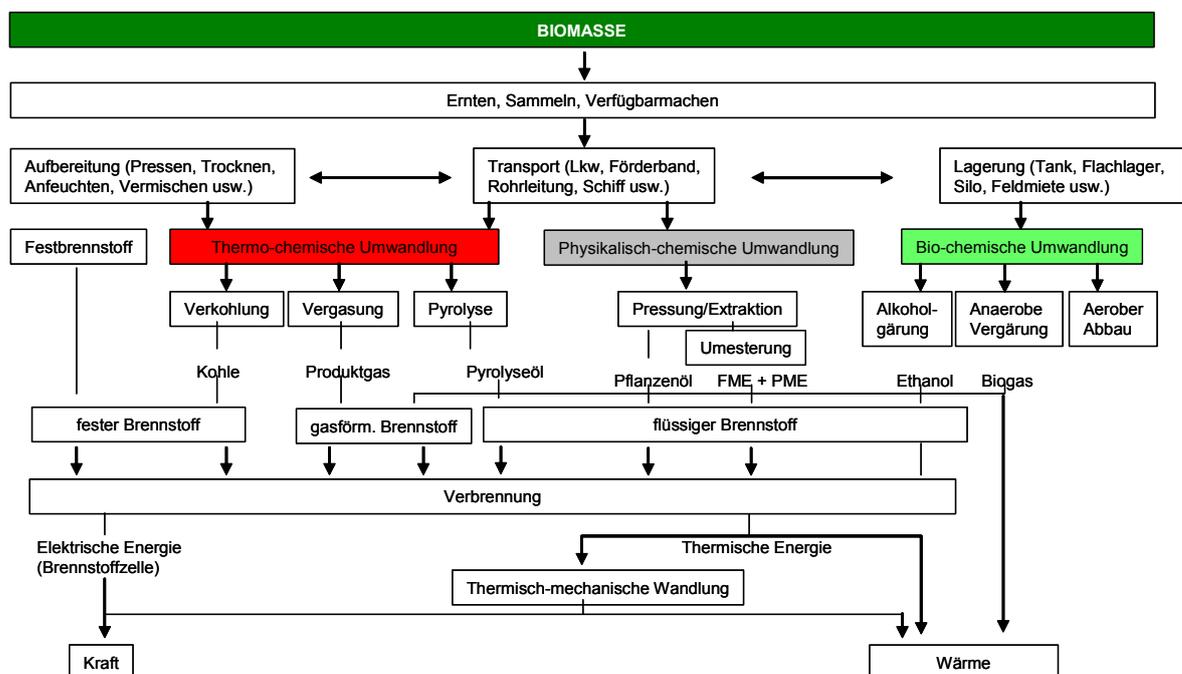


Abb. 1 Mögliche Technologien und Umwandlungspfade zur Energiegewinnung aus Biomasse (nach Kaltschmitt et al., 2006, modifiziert)

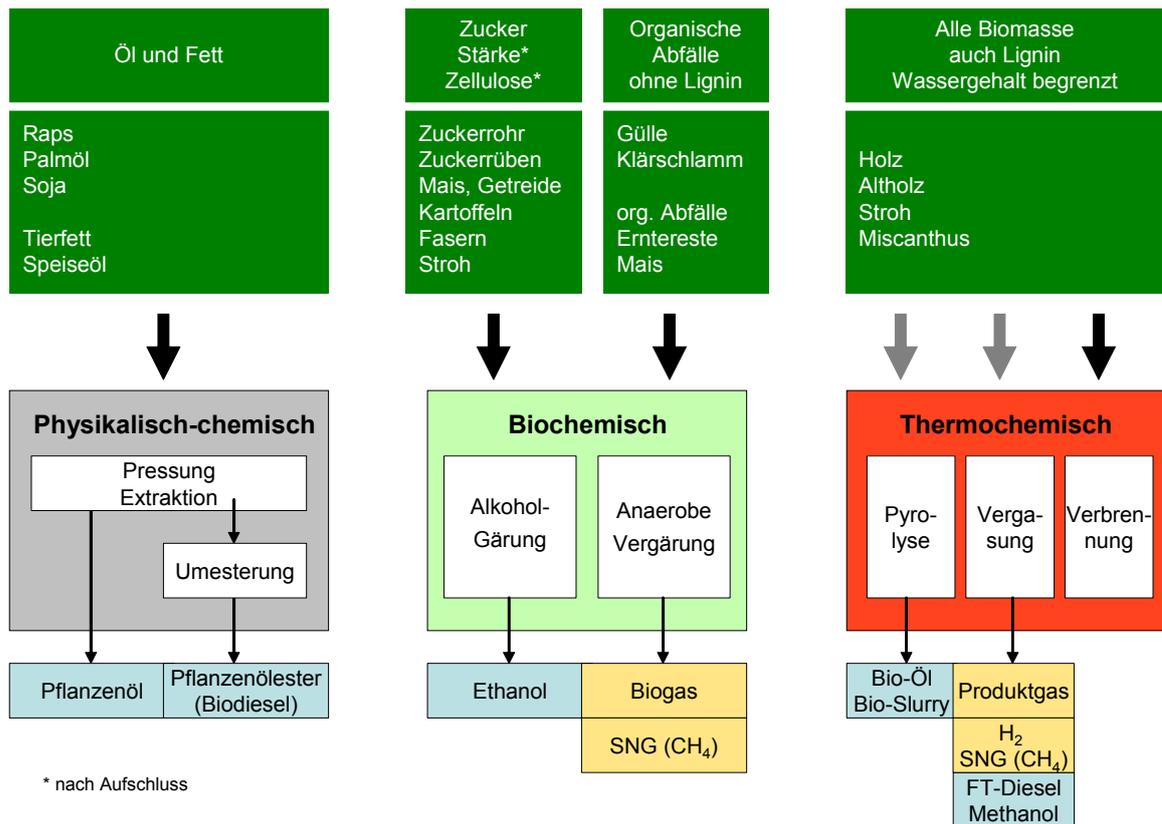


Abb. 2 Geeignete Biomassesortimente für die physikalische, biologische und thermische Nutzung (nach Nussbaumer 2008).

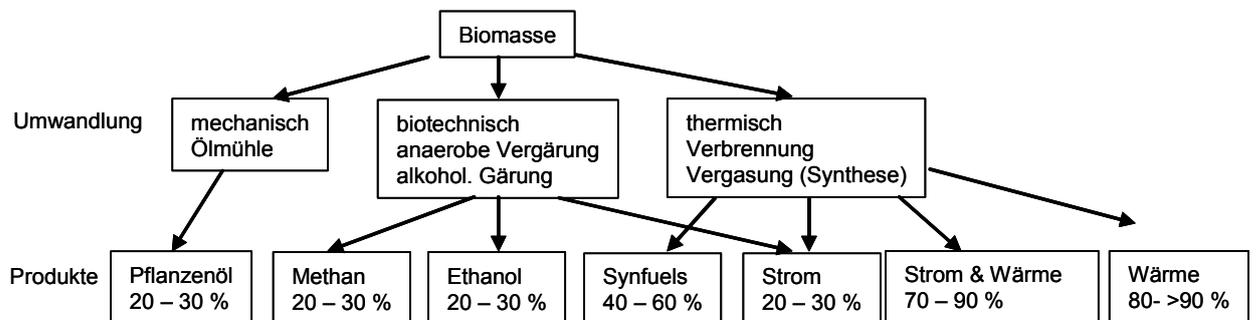


Abb. 3 Energetische Nutzung von Biomasse: Nutzungswirkungsgrad von der Primär- zur Sekundärenergie (nach Biollaz und Schildhauer, 2006, modifiziert)

# Übersicht über die verschiedenen Technologien zur Energiegewinnung aus Biomasse

## Thermochemische Verfahren

| Verfahren | Stand der Technologie   |
|-----------|---|
| Vergasung | <p>Bei der Vergasung werden kohlenstoffhaltige Feststoffe bei hohen Temperaturen möglichst vollständig in Gase umgewandelt. Dabei wird dem Prozess ein sauerstoffhaltiges Vergasungsmittel (z.B. Luft, Sauerstoff, Wasserdampf, Kohlenstoffdioxid) zugeführt. Dieses wird benötigt, um den in der Biomasse befindlichen und nach der pyrolytischen Zersetzung zurückbleibenden festen Kohlenstoff zu Kohlenstoffmonoxid und damit einen gasförmigen Energieträger zu überführen.</p> <p><b>Grosse Anlagen (Wirbelschicht &gt; 20–30 MW Vergaserleistung)</b></p> <p><b>International</b></p> <p>Die Vergaser wären technisch marktreif, jedoch setzt sich bei Projekten zur Stromerzeugung am Ende immer wieder die bewährte Verbrennungs-Dampftechnik durch, weil sie weniger komplex ist und mehr Erfahrung im Umgang mit der Technologie vorhanden ist.</p> <p>Anlagen zur Stromerzeugung mit Gasmotoren und -turbinen – nur hier kommt der eigentliche Vorteil der Vergasung voll zum Tragen – existieren derzeit allerdings nur als Demonstrationsprojekte im Rahmen entsprechender Forschungs- und Entwicklungsaktivitäten. Dies liegt darin begründet, dass es noch erhebliche technische Probleme, insbesondere mit der Gasreinigung, gibt. Die vergaste Biomasse weist – je nach Vergasungstechnologie – hohe bis sehr hohe Staubgehalte und teilweise erhebliche Anteile an kondensierbaren organischen Stoffen auf. Die nachgeschaltete Gasturbine bzw. der Gasmotor verlangen jedoch ein weitgehend staub- und kondensatfreies Brenngas, damit ein problemloser Betrieb sowie ein geringer Verschleiss erreicht werden können. Dieses sicherzustellen ist derzeit nur mit einem hohen technischen Aufwand möglich, der auf Grund der damit verbundenen Kosten und der technischen Herausforderungen (z.B. Reinigung des Gases von Teer, Partikeln, Schwefelverbindungen) bisher kaum umgesetzt werden kann. Die Vergasung hat praktisch noch keine Bedeutung, dies könnte sich jedoch, wenn die sich abzeichnenden technischen Fortschritte zu einer verbesserten Systemtechnik und vor allem zu geringeren Kosten führen, kurzfristig ändern.</p> <p>In Österreich läuft bereits seit mehr als 5 Jahren mit Erfolg eine Demonstrationsanlage, welche von 3 MW auf 23 MW aufgerüstet wurde und in der Waldhackgut aus der näheren Umgebung der Anlage vergast wird (Biomasse-Fernheizwerk Güssing). Weitere zwei Anlagen auf der Basis dieser Technologie sind in Österreich im Bau.</p> <p>Im Bereich der Treibstoffgewinnung durch die Vergasungstechnologie nimmt Deutschland eine Vorreiterrolle ein (z.B. Firma Choren Industries). Mitte April 2008 hat das Anfahren der weltweit ersten kommerziellen Anlage zur Produktion von synthetischen Biokraftstoffen begonnen (45 MW<sub>th</sub>; 18 Millionen Liter BTL pro Jahr; 68 000t<sub>TM</sub>/a Biomasse)<sup>2</sup>.</p> <p><b>National</b></p> <p>In der Schweiz ist die Vergasung in dieser Grössenordnung als ein zukunftsorientiertes Projekt geplant.</p> <p>Des weiteren ist jedoch bereits im Labormassstab ein Projekt fortgeschritten, welches zum Ziel hat, ein katalytisches Verfahren zu entwickeln, bei dem nasse Biomasse mit einem hohen Wirkungsgrad und unter Rückgewinnung der Nährsalze zu synthetischem Naturgas vergast</p> |

<sup>2</sup> www.choren.com

|             |  |
|-------------|--|
|             | <p>werden kann. Ausserdem ist die Schweiz bezüglich der Vergasungsforschung bei der Anlage Güssing (Österreich) aktiv<sup>3</sup>.</p> <p><b>Kleine Anlagen (Festbett &lt; 10 MW Vergaserleistung)</b></p> <p><b>International, Beschränkung auf Europa</b></p> <p>In den achtziger Jahren wurde eine Reihe Vergaser von europäischen Herstellern für den Einsatz in Entwicklungsländern realisiert. Der Betrieb war aber meist aus technischer, ökonomischer und teilweise auch aus ökologischer Sicht nicht zufriedenstellend. Obwohl in den letzten Jahren insbesondere in Europa weitere Entwicklungsanstrengungen unternommen wurden, ist der kommerzielle Durchbruch bis heute noch nicht gelungen. Das up-scaling von Festbettvergäsern über diesen Leistungsbereich hinaus ist fraglich.</p> <p>Gemäss Aussagen von Lieferanten sind viele Anlagen verkauft, im Bau, in der Betriebsnahme oder seit kurzem im Einsatz. Es fehlen aber Daten, mit denen der technische und kommerzielle Erfolg dieser Anlagen beurteilt werden kann. Zukunftsträchtige Entwicklungen sind zur Zeit gestufte Vergasungssysteme, die in Dänemark und Österreich betrieben werden und Gegenstrom-Festbettvergaser, die durch Sekundärmassnahmen zur Reduktion des hohen Teergehaltes beitragen (Finnland, Dänemark).</p> <p>Offene Fragen bestehen bei den Bewilligungsverfahren, der Beurteilung der Gefahren für Gesundheit und Sicherheit, angemessene Massnahmen zur Reduktion der Risiken, sowie angemessene Emissionsanforderungen für die motorische Nutzung.</p> <p><b>National</b></p> <p>Die Vergasung von Biomasse ist vor allem deshalb interessant, weil bei der motorischen Nutzung des erzeugten Gases in Wärme-Kraftkopplungsanlagen (WKK) ein etwa doppelt so hoher Stromnutzungsgrad erreicht werden kann als mit dem Dampfprozess bei direkter Verbrennung. Beim Einsatz in wärmegeführten WKK-Anlagen wird die Anlagengrösse in der Schweiz vorwiegend deutlich unter 2 MW<sub>el</sub> liegen. Dies ist das Einsatzgebiet von Festbettvergäsern, deren Produktgas in Verbrennungsmotoren zum Antrieb von Generatoren eingesetzt wird. Gemäss den F+E-Konzepten ab 1992 unterstützt das BFE auch die Entwicklung von Holzvergäsern im Bereich von 50–500 kW<sub>el</sub>.</p> <p>Die nationale Entwicklung der Vergasung im Hinblick auf die Stromerzeugung ist noch von geringer Bedeutung. Es gibt ein Konsortium, welches Systeme kommerziell anbietet. Gemäss dessen Aussagen sind die technischen Probleme gelöst. Es fehlen aber weiterhin Daten und Nachweise für einen erfolgreichen kommerziellen Dauereinsatz und insbesondere auch für den Aufwand bezüglich Wartung, Reparatur und Unterhalt. Ungeklärte Fragen betreffen auch Bewilligungsverfahren, Beurteilung der Gefahren für Gesundheit und Sicherheit und angemessene Massnahmen zur Reduktion der Risiken.</p> <p>Des Weiteren offen sind auch angemessene Emissionsanforderungen für die motorische Nutzung.</p> <p>In der Schweiz existieren zwei kommerziell verkaufte Anlagen, Woodpower in Wila (375 kW<sub>el</sub>; in Betrieb seit Anfang 2007) und Holzstrom Nidwalden (1.36 MW<sub>el</sub>; in Betrieb seit Ende 2007) wobei für beide Anlagen genauere Betriebsdaten und längere Erfahrungswerte fehlen.</p> |
| Verbrennung | <p>Für biogene Festbrennstoffe hat die direkte Verbrennung in Feuerungen bis heute die weitaus grösste Bedeutung unter den Energiewandlungsprozessen und -verfahren. Unter Verbrennung wird dabei die Oxidation eines Brennstoffs unter Energiefreisetzung verstanden. Dabei entstehen Abgase und Asche; letztere enthält die nicht brennbaren Mineralstoffe sowie feste</p>   |

<sup>3</sup> [http://www.vt.tuwien.ac.at/project/project.php?project\\_id=52&division\\_id=4](http://www.vt.tuwien.ac.at/project/project.php?project_id=52&division_id=4)

|                                     |  |
|-------------------------------------|--|
|                                     | <p>Oxide von metallischen Brennstoffbestandteilen.</p> <p><b>National / international</b> (5 kW–50 MW)</p> <p>Holz ist nach wie vor das zentrale Biomassesortiment bei der Verbrennung.</p> <p><b>Gesamtsystem:</b></p> <p>Die Feuerungssysteme sind im Hinblick auf die Emissionen (besonders Feinstaub) bei instationären Bedingungen (Anfahren, bei automatischen Feuerungen auch Abschalten) verbesserungsfähig. Emissionsfaktoren von mittleren und grossen Anlagen sind meist von der technischen Ausrüstung des Partikelabscheiders abhängig. Handbeschickte Feuerungsanlagen zeigen eine grosse Variabilität in den Emissionswerten. Diese Variabilität wird grösstenteils der individuellen Bedienung zugeschrieben.</p> <p>Der Nutzungsgrad ist in vielen Anlagen wesentlich tiefer und die Emissionen wesentlich höher als dies technisch (bei einem entsprechend optimierten Gesamtsystem) möglich wäre.</p> <p><b>Feinstaubabscheidung</b></p> <p>Der Wissenstand über die Wirkung der Feinstaubabscheider ist ungenügend (instationäre Bedingungen, Abhängigkeit vom Brennstoffsoriment und Verbrennungsqualität). Zwei erste Partikelabscheider für Holzheizungsanlagen bis 35 kW wurden im Jahr 2008 anhand des vom Bundesamt für Umwelt (BAFU) vorgegebenen Prüfverfahrens geprüft und sind nun auf dem Markt erhältlich. Sie müssen aber noch die Praxistauglichkeit nachweisen und sie decken nur einen Teil der Anwendungsgebiete ab. Im mittleren Leistungsbereich von 35 kW bis 500 kW sind kaum Feinstaubabscheider verfügbar. Im Leistungsbereich ab 500 kW bis einige wenige MW sind Abscheider verfügbar, es besteht aber ein Bedarf an kosten- und platzoptimierten Anlagen.</p> <p>Des Weiteren fehlen noch technologisch ausgereifte Gesamtsysteme und Erfahrungen, wie und welche übrigen Biomassen auf diesem Weg energetisch genutzt werden können. Vorversuche mit diversen Biomassesortimenten und verschiedenen Mischungsverhältnissen wurden schon durchgeführt (BFE, 2006). Problematisch ist bei anderen Biomassesortimenten als Holz, wie z.B. Stroh, dass sie andere Verbrennungseigenschaften besitzen. Dabei fällt besonders der hohe Aschegehalt zwischen 3,5 und 8,1 % bei Stroh (Holz etwa 0,4 %) auf. Bei der Verbrennung etwa von Stroh wirkt sich der niedrige Erweichungspunkt der Asche negativ auf eine saubere Verbrennung aus. Nachteilig sind zudem der hohe Chlorgehalt, was zu HCl-Emissionen und Korrosion führt und die Gefahr der Dioxinbildung birgt sowie der hohe Stickstoffgehalt, was zu hohen Emissionen an NO<sub>x</sub> führt. Die Verbrennung von Stroh und Getreide wird in der Schweiz nicht praktiziert.</p> <p>Im Bezug zur Schadstoffthematik, welche alle Biomassesortimente betrifft, stehen auch Aspekte der Gesundheitsrelevanz.</p> |
| <p>Pyrolyse<br/>(Verflüssigung)</p> | <p>Die Flash-Pyrolyse ist für die Biomasse-Verflüssigung der am häufigsten verwendete Prozess. Das Verfahren wird als Mitteltemperatur-Prozess (ca. 475 °C) beschrieben, in dem Biomasse unter Sauerstoffausschluss sehr schnell erhitzt wird. Die freigesetzten, vorwiegend primären Pyrolyseprodukte kondensieren nach schneller Abkühlung zu einer Flüssigkeit. Wirbelbettreaktoren sind die gebräuchlichsten Verfahren, die eingesetzt werden.</p> <p><b>International</b></p> <p>Bis auf eine kommerziell betriebene Anlage in Kanada werden alle weiteren Anlagen im Pilotmassstab betrieben. In Deutschland sind schon Versuche mit Altholz (Universität Rostock) und Miscanthus (Universität Hamburg) durchgeführt worden. Desweiteren gibt es Pilotanlagen in Finnland (Fortum), England (Wellman), Holland (BTG) und Italien (ENEL). Die Ausbeute des Pyrolyseöls liegt zwischen 50 und 60%. Als Nebenprodukte entstehen bei diesem Prozess Holzkohle und Gas. Bisläng werden ablative Reaktoren nur im Labormassstab betrieben (Ashton Universität, Birmingham, UK; CNRS, Nancy, Frankreich). An der Hochschule für angewandte Wissenschaft (HAW) in Hamburg wird an der direkten Verflüssigung von</p>   |

|  |   |
|--|---|
|  | <p>Biomasse zu energetisch höherwertigen Ölen gearbeitet.<sup>4</sup>).</p> <p><b>National</b></p> <p>In der Schweiz gibt es keine Anlage, die mittels Pyrolyse Biomasse zu Pyrolyseöl verflüssigt.</p> |
|--|---|

### Physikalisch/chemische Verfahren

|   |   |
|---|---|
| <p>Pressen/<br/>Extraktion,<br/>Veresterung</p> | <p><b>International</b></p> <p>Die zum Auspressen notwendige Verfahrenstechnik ist sowohl kleintechnisch (z.B. auf landwirtschaftlichen Betrieben), als auch grosstechnisch (z.B. in Ölmühlen) verfügbar; beispielsweise ist die Pressung von Speiseölen, die sich von der Gewinnung von Ölen zur energetischen Nutzung praktisch nicht unterscheidet, in Ölmühlen seit Jahrzehnten Stand der Technik.</p> <p>Bei der alternativ oder – in vielen Ölmühlen – additiv zur Pressung realisierten Extraktion wird der ölhaltigen Saat bzw. dem Presskuchen das Öl mit Hilfe eines Lösungsmittels (z.B. Hexan) entzogen. Öl und Lösemittel bzw. Extraktionsrückstand und Lösemittel werden anschliessend jeweils durch eine Destillation getrennt. Die dafür benötigte Technik ist ebenfalls grosstechnisch vorhanden und im Einsatz.</p> <p>Auf Grund von Problemen beim Einsatz von naturbelassenem Pflanzenöl in Motoren wird Öl häufig zu Pflanzenölmethylester (PME) umgewandelt. Auch dafür sind die entsprechenden Verfahren grosstechnisch verfügbar.</p> <p><b>National</b></p> <p>In der Schweiz wird von 3 Firmen Pflanzenöl durch Pressung / Extraktion zur weiteren Verwertung hergestellt. Die Veresterung zu Pflanzenmethylester oder Fettsäuremethylester wird in der Schweiz durch ein halbes Dutzend Firmen durchgeführt.</p> |
|---|---|

### Biologische Verfahren

|                               |  |
|-------------------------------|--|
| <p>Anaerobe<br/>Vergärung</p> | <p>Bei den biogenen Stoffen, die primär für eine biochemische Umwandlung prädestiniert sind, handelt es sich im Allgemeinen um organisches Material pflanzlicher oder tierischer Herkunft, das meist durch einen hohen Wasseranteil gekennzeichnet ist. Beim anaeroben Abbau steckt der grösste Teil der Energie, die in den chemischen Bindungen des abgebauten organischen Materials enthalten ist, in den energiereichen Produkten, die bei den Abbauprozessen gebildet werden (z.B. Methan, Alkohol, Essigsäure). Für die Lebensprozesse der entsprechenden Mikroorganismen verbleibt daher nur vergleichsweise wenig nutzbare Energie. Organismen, die für den anaeroben Abbau verantwortlich sind, wachsen daher deutlich langsamer als solche, die einen aeroben Abbau betreiben. Deshalb wird bei anaeroben Abbauprozessen – wenn überhaupt – nur sehr wenig Abwärme frei.</p> <p><b>International / national</b></p> <p><b>Landwirtschaft:</b> Der landwirtschaftliche Standard für Biogasanlagen (mit Gülle und Co-Substraten) für den Leistungsbereich von 50 kW<sub>el</sub> bis 1MW<sub>el</sub> wird breit angewendet und entwickelt sich stetig weiter. Optimierungen können für diese Anlagen noch erreicht werden. Elektrische Wirkungsgrade von Blockheizkraftwerken von über 40% im Bereich über 100 kW werden gleichermassen mit Einspritzmotoren und Gasmotoren erreicht.</p> |
|-------------------------------|--|

<sup>4</sup> ([http://www.fv-sonnenenergie.de/fileadmin/publikationen/Workshopbaende/ws2003-2/ws2003-2\\_04\\_01.pdf](http://www.fv-sonnenenergie.de/fileadmin/publikationen/Workshopbaende/ws2003-2/ws2003-2_04_01.pdf))

In der Schweiz werden landwirtschaftliche Biogasanlagen mit Hofdünger und Co-Substraten betrieben. Reine NaWaRo-Anlagen (nachwachsende Rohstoffe) spielen in der Schweiz keine Rolle. In Deutschland und Österreich laufen einige NaWaRo-Anlagen, welche < 500 kW<sub>el</sub> sind. Für die Schweizer Anwendung sind NaWaRo-Anlagen aber nicht wichtig, da zu wenig freie Flächen für den Pflanzenanbau für reine NaWaRo-Anlagen zur Verfügung stehen.

In der Schweiz sind zur Zeit 81 landwirtschaftliche Biogasanlagen in Betrieb (Stand 2007), wobei weitere Anlagen im Bau bzw. in der Planung sind.

**Bioabfall:** Bei getrennt gesammeltem Bioabfall sind die meisten Anlagen noch zu sehr fokussiert auf ein bestimmtes Substrat (reich an Küchenabfällen, Gartenabraum). Mit Ausnahme von Kompogas verwerten die Anlagen genau den Substrattyp, für den sie entwickelt wurden. Substratwechsel führen oft zu unlösbaren Problemen. Das bringt zusammen mit dem volatilen Markt finanzielle Engpässe und Firmenverkäufe. Das schweizerische Kompogassystem kann als technisch ausgereift bezeichnet werden, nachdem in den vergangenen Jahren entscheidende, kostensenkende Optimierungen gemacht wurden. Allein in der Schweiz sind 16 Anlagen in Betrieb (Stand 2008).

Im Bereich mechanisch-biologische Abfallbehandlung (MBA) steckt noch Entwicklungspotenzial. Es gibt kaum optimal funktionierende Systeme und somit ein grosses Verbesserungspotenzial bei aerob als auch bei anaerob betriebenen Systemen. Die Weiterentwicklung ist wichtig, weil der grosse Teil des Weltmarktes keine getrennte Sammlung kennt. Obwohl in der Schweiz MBA-Anlagen kaum gebaut werden, sind doch zwei der führenden Systeme mit anaerober Vergärung (Kompogas und ISKA) hier entwickelt worden. Im Sinne der Zusammenarbeit mit der Wirtschaft ist eine weitergehende Forschung von Interesse.

**Industrielle Abwässer:** Die meisten Anlagen haben sich in der Praxis bewährt. Viel Forschungsaufwand wurde namentlich ausserhalb der Schweiz in die UASB (Upflow Anaerobic Sludge Blanket) und die EGSB (Expanded Granular Sludge Bed)-Systeme gesteckt. Die Verfahren UASB und EGSB wurden für verdünnte Abwässer der Nahrungsmittelindustrie entwickelt und haben sich bewährt. Konzentrierte industrielle Abwässer mit organischen Inhaltsstoffen fallen in flüssiger oder pastöser Form als Rückstände aus Verarbeitungsprozessen an. Diese Konzentrate werden in kommunalen Anlagen vergärt (Co-Vergärung). Vielfach werden auch die industriellen Abwässer vor Ort anaerob vorbehandelt, um danach zu kommunalen Anlagen geleitet zu werden. Die Kapazität der bestehenden kommunalen Kläranlagen für diese Abfälle ist ausreichend.

Auf der internationalen Ebene haben die für hoch belastete Abwässer geschaffenen Filter- und Hybrid-Systeme noch ein gewisses Entwicklungspotenzial. In der Schweiz lohnt es sich jedoch nicht, entsprechende Forschung anzugehen, weil der Markt sehr klein ist.

**Klärgas:** Die anaerobe Behandlung von Klärschlamm mit Produktion und energetischer Nutzung von Biogas ist Stand der Technik. In der Schweiz betreiben rund 400 mittlere und grosse Abwasserreinigungsanlagen (ARA) entsprechende Anlagen mit einer Biogasproduktion von über 50 Millionen Kubikmetern pro Jahr, dabei werden in BHKW 111 GWh Strom (BFE, 2007a) produziert.

Die Energieoptimierung bei ARAs wurde in den vergangenen Jahren ausschliesslich auf der Seite des Verbrauches vorgenommen. Der maximale anaerobe Abbau von 50 % der organischen Substanz wird als gegeben betrachtet.

Verfahren zur Verbesserung der Ausfäulung (z.B. Ultraschallbehandlung von Klärschlamm) werden eingesetzt, z.B. Step de Penthaz, ARA Thunersee, ARA Langnau (Pilot). Da solche Verfahren energieintensiv sind, wird die Wirtschaftlichkeit hauptsächlich von der Reduktion der

<sup>5</sup> <http://www.biogas-netzeinspeisung.at/technische-planung/aufbereitung/aufbereitungsverfahren/druckwechseladsorption.html>

|                                  |   |
|----------------------------------|---|
|                                  | <p>zu entsorgenden Klärschlammmenge und der Gasausbeute bestimmt.</p> <p><b>Gasaufbereitung und Nutzung:</b> Als eines der ältesten Verfahren der Biogasaufbereitung ist das Druckwechseladsorptionsverfahren (PSA-Verfahren) am weitesten verbreitet. Die Biogasaufbereitung nach dem PSA-Verfahren ist bereits bei einem Viertel der Anlagen mit Gasaufbereitung in Europa in Betrieb<sup>5</sup>. In der Schweiz ist die Gasaufbereitung mit PSA u.a. durch die ARAs in Bern und Luzern, aber auch bei einigen anderen industriellen Anlagen (z.B. Kompogas) demonstriert. Dennoch sind weitere Anstrengungen in der Gasaufbereitung nötig, um diese Verfahren in Bezug auf Methanschlupf (Klimarelevanz) zu optimieren. Die Verbesserung der Gasnutzung in BHKWs ist weitgehend abgeschlossen. Es gibt bereits Gasmotoren mit einem elektrischen Wirkungsgrad von 40 % und Mikroturbinen mit einem Wirkungsgrad von bis zu 30 %. Hochtemperatur-Brennstoffzellen sind eine weitere Option.</p>  |
| <p>Aerober Abbau</p>             | <p>Beim aeroben Abbau bauen einzelne Mikroorganismen (z.B. Bakterien, Einzeller, Pilze) das organische Ausgangsmaterial mit Hilfe von Sauerstoff zu Kohlenstoffdioxid und Wasser ab. Den Mikroorganismen steht dabei der gesamte Energieinhalt des abgebauten Materials für ihre Lebensprozesse zur Verfügung. Dank des dadurch ausnutzbaren vergleichsweise grossen Energieangebots verdoppeln sie sich sehr rasch. Zusätzlich setzen sie beim Abbau Wärme frei.</p> <p><b>National</b></p> <p>In rund 330 professionellen Grüngutverwertungsanlagen werden in der Schweiz zur Zeit jährlich knapp 800 000 t Grüngut verwertet. Innert 10 Jahren verdoppelte sich diese Menge. Kompostierung auf befestigtem Platz mit offener Miete ist der meist verbreitete Anlagentyp (63 %). Daneben werden in Vergärungsanlagen etwa 12 %, in Feldrandkompostierung 11 % und in geschlossenen Hallen bzw. Boxen zusammen 14 % der Grüngutmenge verwertet. Im Jahre 2007 wurden 75 % der Haushaltsbioabfälle durch die Kompostindustrie in der Schweiz weiter verarbeitet .</p> <p>Die Niedertemperaturwärmeproduktion bei der Kompostierung kann technisch kaum genutzt werden und findet zur Zeit auch keinen Markt. Für die Schweiz ist daher die Kompostierung nur im Rahmen der Optimierung des Gesamtsystems „Vergärung“ zu betrachten.</p> <p><b>International</b></p> <p>In Deutschland sind einige Anlagen zur Wärmenutzung bei Kompostanlagen installiert. Im Landkreis Miesbach musste beispielsweise die Heizleistung des angeschlossenen Nahwärmenetzes erhöht werden, um den steigenden Wärmebedarf des Gewerbegebietes langfristig decken zu können.. Zu diesem Zweck wurde die bei der Kompostierung von Biomüll entstehende Abwärme mit einer gasgefeuerten Absorptionswärmepumpe auf Heiztemperaturniveau angehoben und so eine direkte Nutzung im Nahwärmenetz ermöglicht.</p> |
| <p>Alkoholische Fermentation</p> | <p>Alkohol kann aus zucker-, stärke- oder zellulosehaltigen (Aufschluss) organischen Stoffen mit Hilfe von Hefen oder Bakterien produziert und anschliessend durch eine Destillation bzw. Rektifikation nahezu in Reinform gewonnen werden. Die dafür notwendige Verfahrenstechnik ist für stärke- und zuckerhaltige Ausgangsstoffe in fast allen Leistungsgrössen – auf Grund der schon seit Jahrhunderten auch grosstechnisch realisierten Trinkalkoholherstellung – verfügbar. Werden zellulosehaltige Ausgangsmaterialien eingesetzt, ist zunächst eine Verzuckerung der Zellulose notwendig, bevor praktisch die gleiche Verfahrenstechnik wie bei den beiden anderen Ausgangsstoffen eingesetzt werden kann. Dies wurde zwar gelegentlich realisiert, kann aber auf Grund des hohen technischen Aufwandes (z.B. Säureeinsatz) nicht als grosstechnisch verfügbar angesehen werden.</p>  |

<sup>6</sup> [http://www.kompost.ch/beratung/prof\\_kompostieren.php](http://www.kompost.ch/beratung/prof_kompostieren.php)

|  |   |
|--|---|
|  | <p><b>International / national</b></p> <p>Die alkoholische Vergärung von Zuckern zu Ethanol wird im industriellen Massstab von der Borregaard AG in Norwegen und in der Schweiz durchgeführt. In Brasilien wurde Anfang der 80er Jahre eine einheimische Industrie für Ethanol-Kraftstoff aus Zuckerrohr aufgebaut, um eine Alternative zu devisenintensiven Ölimporten aufzubauen. Alkohol als Kraftstoff erfuhr auch in den USA Mitte der 70er Jahre, hervorgerufen durch den Öl-Schock, mittels eines Treibstoff-Ethanol-Programms einen Aufschwung.</p> <p>Bezüglich Ethanol aus Zellulose oder Lignozellulose gibt es in den USA einige Firmen, die kurz vor der Kommerzialisierung des Prozesses stehen. Bei diesem Prozess wird holzige Biomasse enzymatisch aufgeschlossen, um danach eine alkoholische Fermentation durchzuführen.</p> |
|--|---|

## Schweizer Markt–Herausforderungen und offene Fragen

### Thermochemische Verfahren

|           |   |
|-----------|---|
| Vergasung | <p>Durch den Prozess der Vergasung wird höherwertige Energie produziert, da die weitere Energienutzung für den kleinen Leistungsbereich flexibel ist (Strom, Treibstoff). An der Vergasung herrscht national und international sehr grosses Interesse. Neuentwicklungen oder Grundlagenprojekte im Bereich von 50 bis 500 kW<sub>el</sub> stehen mit den heutigen Industriepartnern und Rahmenbedingungen im Moment nicht an. Die Entwicklung neuer Festbett-Vergasertypen steht ebenfalls nicht im Vordergrund. Allenfalls kann aber ein Gegenstrom-Festbett-Vergaser zur direkten Wärmeproduktion anstelle einer Holzfeuerung bessere Partikel- und NO<sub>x</sub>-Emissionen aufweisen, so dass in Massnahmegebieten (kantonal festgelegt) keine Entstickung und kein Elektroabscheider installiert werden müssen. Der Nachweis, dass die Technologie kommerziell erfolgreich eingesetzt werden kann, fehlt aber noch.</p> <p><b>Ziel:</b></p> <p>Heute laufende Anlagen begleiten, Betriebsdaten inkl. Kosten erheben und allenfalls Forschungslücken schliessen.</p> <p><b>Herausforderungen:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Qualitätsanforderungen zur Weiterverwendung der Gase (z.B. Gasaufbereitung) erarbeiten</li> <li>- Gesamtwirkungsgraderhöhung erreichen</li> <li>- Anlagendauerbetriebsfähigkeit verlängern</li> <li>- Rückstände, Emissionen reduzieren</li> <li>- Wirtschaftlichkeit erhöhen</li> <li>- standardisiertes Feed-Material erreichen</li> <li>- Kommerzialisierung: qualitätskontrolliertes Ausgangsmaterial zu einem garantierten Preis; Betriebsgarantien durch technische Entwickler.</li> </ul> <p><b>Technologie:</b></p> <p>Das Festbettvergasungsverfahren –(Gleichstromverfahren) ist die gängigste Technologie. Bei diesem Verfahren fallen geringer Teermengen an, als beim Gegenstromverfahren. Die anfallenden Partikelemissionen werden durch eine nachgeschaltete Gasreinigung minimiert. Das Gleichstromverfahren stellt jedoch im Vergleich zum Gegenstromverfahren höhere Anforderungen an die Brennstoffqualität. Bei Grossanlagen, wie z.B. zur SNG-Produktion (Synthetic Natural Gaz), machen anorganische Schadstoffe wie NH<sub>3</sub>, Aerosole (K-, Na-, S-, Cl-Verbindungen) Probleme: sie verursachen Korrosion und schädigen die Katalysatoren bei Festbettvergasern und eventuell auch bei der motorischer Nutzung (z.B. bei der Verwendung von Altholz). Somit</p> |
|-----------|---|

|             |   |
|-------------|---|
|             | <p>sind bei diesen Prozessschritten qualitätssichernde Massnahmen unumgänglich.</p> <p>Hilfreich wäre auch ein Standard-Analysenprotokoll für Gaszusammensetzungsmessungen bei Anlagen &lt; 10 MW, welche in der Schweiz im Vordergrund stehen. Ebenfalls könnten sich neue Industriezweige z.B. in der Abfallvergasungsindustrie eröffnen.</p>   |
| Verbrennung | <p>Mit der Verbrennung (später evtl. thermische Vergasung) von trockenen Substraten inkl. Holz kann derzeit die höchste Substitution von fossilen Energien erfolgen. Heizöl oder Erdgas in Heizanlagen kann praktisch 1:1 ersetzt werden.</p> <p><b>Ziel:</b></p> <p>Vollständiger Ausbrand des Brennstoffs bei möglichst geringen Emissionen. Gesamtanlagen mit hohem Nutzungsgrad und tiefen Investitions- und Betriebskosten.</p> <p>Potenziale bieten Waldholz, Feldgehölze, Biomasse aus Pflegegebieten, Getreiderückstände aus Mühlen, Trester aus der Weinproduktion (saisonales Produkt), während Stroh, Heu und Getreide kein Thema für die Schweiz sind, da diese Biomassesortimente (ausser Stroh) in Konkurrenz mit der Nahrungsmittelproduktion stehen.</p> <p>Es ist daher die Entwicklung von Partikelabscheidern vorwärts zutreiben, vor allem auch für mittlere Anlagen (35 kW bzw. 70 kW bis 1 MW) und die bestehenden Anlagen in Bezug auf obige Zielsetzungen zu optimieren.</p> <p><b>Herausforderungen:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Schadstoffausstoss, vor allem Partikel, organische Stoffe, Dioxine und NO<sub>x</sub> im Abgas reduzieren</li> <li>- Schlackenbildung durch niedrigen Erweichungspunkt der Asche vermeiden.</li> </ul> <p><b>Technologie:</b></p> <p>Als Primärmassnahme gilt es, die Feuerungstechnik zur Erreichung besserer Emissionswerte zu optimieren, dies v. a. in den instationären Betriebsphasen (v.a. Anfahr- event. auch Ausbrandphase bei Holzheizungen). Die Entwicklung von Partikelabscheidern, die in allen Betriebszuständen funktionieren sind als Sekundärmassnahme anzustreben. Sanierungsvorschläge (besser Optimierung des Gesamtsystems, nicht nur Sanierung der Feuerung) für ältere Anlagen sind eine weitere Massnahme, um die Emissionen zu verringern.</p> |

## Biologische Verfahren

|                    |  |
|--------------------|--|
| Anaerobe Vergärung | <p><b>Ziel:</b></p> <p>Optimierung der bestehenden Verfahren (Energieeffizienz, Reduktion von Emissionen) und Massnahmen zur Qualitätssicherung.</p> <p><b>Herausforderungen:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Substratspezifische Techniken weiterentwickeln und optimieren</li> <li>- Biologischen Umsatz erhöhen; Wirkungsgrad erhöhen</li> <li>- Aufbereitungstechnologien für Gärgut weiterentwickeln</li> <li>- Qualität der stofflichen Produkte (hygienische Aspekte, Schadstoffe usw.) verbessern</li> <li>- Gasaufbereitung und -nutzung optimieren</li> <li>- Umweltauswirkungen reduzieren, z.B. Methanverluste; Ammoniakemissionen</li> <li>- Spezifische Betriebskosten reduzieren</li> <li>- Konzeptionell zusammengefasste, grössere Anlagen (Wärmenutzung, Wirtschaftlich-</li> </ul> |
|--------------------|--|

keit), wo möglich und sinnvoll, fördern.

**Technologie:**

Ein wichtiger Punkt bei der anaeroben Vergärung ist eine Wirkungsgraderhöhung bei der Gas-aufbereitung und der Einspeisung ins Netz. Gleichzeitig gilt es, Methanverluste zu minimieren bzw. zu eliminieren und die Ammoniakemissionen zu reduzieren.

## Potenziale in der Schweiz

Die verfügbare Menge an Biomasse und damit das theoretische Potenzial ist in der Schweiz auf Grund der Landesgrösse und der klimatischen Verhältnisse beschränkt. Das unter Berücksichtigung ökologischer Aspekte energetisch nutzbare Langfristpotenzial (ökologisches Nettoproduktionspotenzial 2040) beträgt rund 126 PJ. Das heutige ökologische Potenzial liegt bei ca. 123 PJ, wird jedoch lediglich zu knapp der Hälfte (53 PJ) energetisch genutzt (Abb. 3).

### Biomassepotenzial 2040

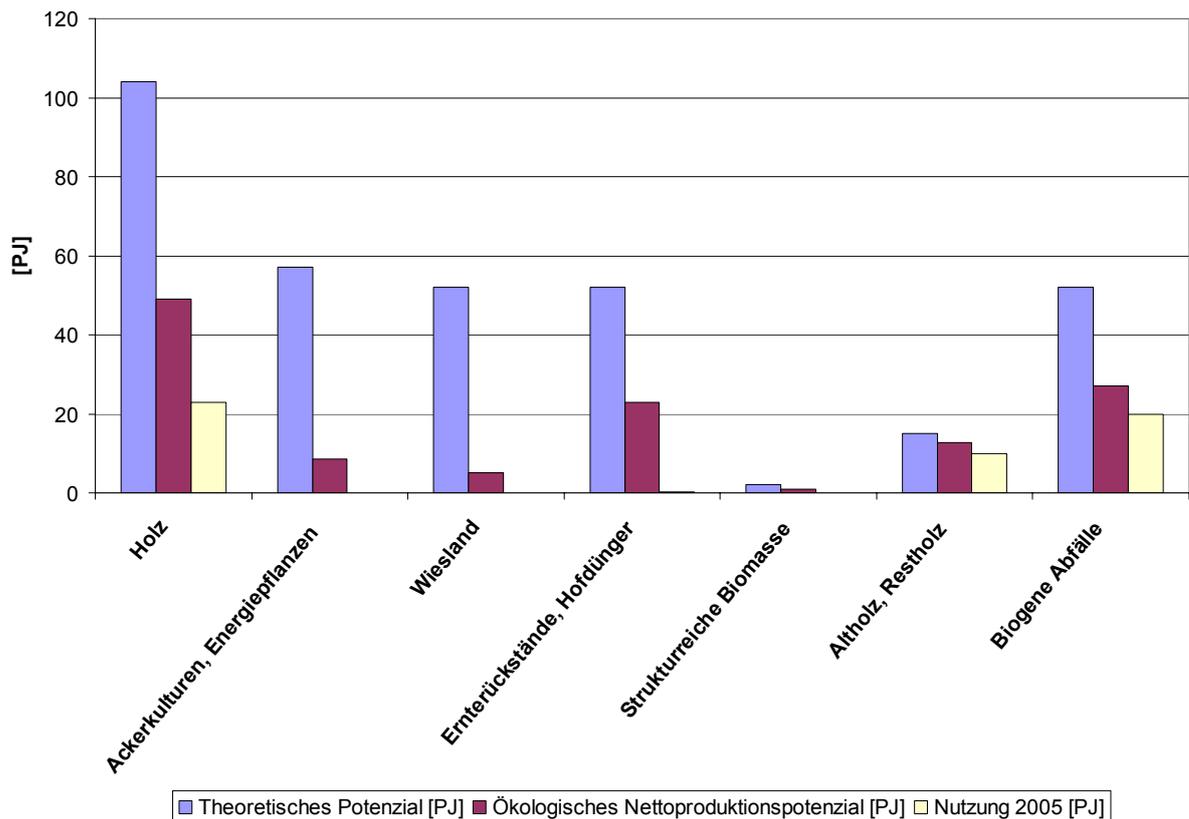


Abb. 3 Potenzial für die energetische Nutzung von Biomasse in der Schweiz im Jahr 2040 (theoretisches Potenzial und ökologisches Nettoproduktionspotenzial) im Vergleich zur Nutzung im Jahre 2005 (basierend auf BFE, 2004)

## 4. Nationale Akteure

In der folgenden Tabelle sind die nationalen Akteure aufgeführt, welche sich mit dem Thema Biomasse in der Schweiz auseinandersetzen. Die Tabelle hat keinen Anspruch auf Vollständigkeit und bildet die Schweizer Forschungslandschaft im Jahr 2008 ab. Ziel ist, die gute Zusammenarbeit des BFE mit den verschiedenen nationalen Akteuren aufrecht zu erhalten, um den Informationsaustausch zwischen Forschung und Öffentlichkeit zu gewährleisten und zu fördern. In Zukunft sollen die Kantone und der Städteverband besser miteinbezogen werden.

### Vergasung

| <b>Organisation</b>              | <b>Kontaktpersonen/Organisation</b>                   | <b>Tätigkeit</b>        | <b>Internetadresse</b>   |
|----------------------------------|---|-------------------------|--|
| PSI                              | S. Biollaz; F. Vogel                                  | Forschung               | <a href="http://www.psi.ch">http://www.psi.ch</a>                  |
| EKZ Woodpower                    | Woodpower AG<br>Elektrizitätswerke des Kantons Zürich | Anlagenbetreiber        | <a href="http://www.woodpower.ch">http://www.woodpower.ch</a>      |
| Genossenschaftskorporation Stans | A. Amstutz  |                         | <a href="http://www.holzstrom.ch">http://www.holzstrom.ch</a>      |
| CTU                              |   | Anlagenbauer            | <a href="http://www.ctu.ch">http://www.ctu.ch</a>                  |
| Umwelt & Energie                 | R. Bühler   | Beratung, Kontaktpflege | <a href="mailto:ruedi.buehler@udena.ch">ruedi.buehler@udena.ch</a> |

### Verbrennung

| <b>Organisation</b>            | <b>Kontaktpersonen/Organisation</b>                      | <b>Tätigkeit</b>  | <b>Internet- und Kontaktadresse</b>   |
|--------------------------------|--|---|---|
| Holzenergie Schweiz            | Ch. Rutschmann, Verband; ca. 650 Mitglieder              | Dachverband der gesamten Holzenergiekette; gesamtschweizerisch und international tätig  | <a href="http://www.holzenergie.ch/">http://www.holzenergie.ch/</a>             |
| IG Holzenergie–Nordwestschweiz |  | Interessenvertretung, Marktverbesserung, Beratungsumsetzung bei der energetischen Verwertung von Holz in der Region Nordwestschweiz | <a href="http://www.holzenergie.ch/ignws/">http://www.holzenergie.ch/ignws/</a> |
| Hochschule Luzern              | Th. Nussbaumer; Fachgruppe Bioenergie und Nachhaltigkeit | Forschung   | <a href="http://www.hslu.ch">http://www.hslu.ch</a>                             |
| Ökozentrum Langenbruck         | Ch. Gaegauf  | Forschung   | <a href="http://www.oekozentrum.ch">www.oekozentrum.ch</a>                      |

|   |  |   |   |
|---|--|---|---|
| Fachhochschule Nordwestschweiz          | T. Griffin; Institut für Thermo- und Fluid-Engineering | Forschung                                       | <a href="http://www.ethz.ch/">http://www.ethz.ch/</a>   |
| Hochschule für Technik Rapperswil       | E. Frank; Institut für Solartechnik                    | Forschung                                       | <a href="http://www.hsr.ch">http://www.hsr.ch</a>   |
| ETH-Bereich                             | Eawag, EMPA, EPFL, ETHZ, PSI                           | Forschung                                       | <a href="http://www.ethz.ch/">http://www.ethz.ch/</a>   |
| Verenum                                 | Th. Nussbaumer   | Beratung, Kontaktpflege                         | <a href="http://www.verenum.ch/">http://www.verenum.ch/</a>   |
| ardens GmbH                             | A. Jenni   | Beratung, Kontaktpflege                         |   |
| Div. Ingenieurbüros                     |  | Beratung, Kontaktpflege                         |   |
| Div. KMUs                               |  | Angewandte Forschung                            |   |
| Zusammenarbeit mit anderen Bundesämtern | BAFU, BLW, ARE, Alcosuisse, OZD                        | Ämterübergreifende AG (Absprache, Koordination) | <a href="http://www.bafu.admin.ch/">http://www.bafu.admin.ch/</a><br><a href="http://www.blw.admin.ch/">http://www.blw.admin.ch/</a><br><a href="http://www.are.admin.ch/">http://www.are.admin.ch/</a><br><a href="http://www.eav.admin.ch/alcosuisse/">http://www.eav.admin.ch/alcosuisse/</a><br><a href="http://www.ezv.admin.ch/index.html">http://www.ezv.admin.ch/index.html</a> |

### Anaerobe Vergärung

| <b>Organisation</b> | <b>Kontaktpersonen/Organisation</b>                          | <b>Tätigkeit</b>  | <b>Internet- und Kontaktadresse</b>   |
|---------------------|--|---|---|
| Biomasse Schweiz    | 6 Verbände   | Dachverband für energetische und stoffliche Komponenten der Biomasse              | <a href="http://www.erneuerbar.ch/">http://www.erneuerbar.ch/</a>             |
| BiomassEnergie      | Ernst Basler & Partner                                       | Informationsstelle Biomasse (ohne Holz) Deutschschweiz (EBP)                      | <a href="http://www.biomasseenergie.ch/">http://www.biomasseenergie.ch/</a>   |
|                     | EREP   | Informationsstelle Biomasse (ohne Holz) Westschweiz (EREP)                        | <a href="http://www.erep.ch/">http://www.erep.ch/</a>                         |
| Biogas Forum        | ca. 30 Mitglieder  | Förderung Biogastechnik   | <a href="http://www.biogas.ch/">http://www.biogas.ch/</a>                     |
| Ökostrom Schweiz    | Bäuerliche Genossenschaft zur Förderung von Strom aus Biogas | Abfallbörse, Vertrieb von Ökostrom aus Biogas, Beratung beim Bau von landw. Anla- | <a href="http://www.oekostromschweiz.ch/">http://www.oekostromschweiz.ch/</a> |

|   |  |   |   |
|---|--|---|---|
|   |  | gen   |   |
| Arge Inspektorat                        | Einzelfirma mit Biogas Forum, VKS und IG Anlagen   | Kontrolle der Kompost- und Gärgutqualität im Auftrag der Kantone            | arge@kompost.ch   |
| IG Anlagen                              |  | Verband der kleinen und mittleren Kompostanlagenbetreiber                   | <a href="http://www.kompost.ch/">http://www.kompost.ch/</a>   |
| Kläranlagen                             | ARA von Gemeinden, Städten und Gemeindeverbänden   |   |   |
| Lobag                                   | Dachverband der Berner Verbandskreise. Landwirtschaftliche Organisation Bern und angrenzende Gebiete | Standesvertretung (Lobby), Kommunikation/PR, Dienstleistungen (u.a. Biogas) | <a href="http://www.lobag.ch/">http://www.lobag.ch/</a>   |
| VKS                                     |  | Verband der grossen Kompost- und Gäranlagenbetreiber                        | <a href="http://www.vks-asic.ch/">http://www.vks-asic.ch/</a>   |
| VSA                                     |  | Verband Schweizerischer Abwasserfachleute                                   | <a href="http://www.vsa.ch/">http://www.vsa.ch/</a>   |
| Fachhochschule Wädenswil                | U. Baier; Fachgruppe Umweltbiotechnologie  | Forschung   | <a href="http://www.zhaw.ch">http://www.zhaw.ch</a>   |
| Ökozentrum Langenbruck                  | Ch. Gaegauf  | Forschung   | <a href="http://www.oekozentrum.ch">www.oekozentrum.ch</a>  |
| ETH-Bereich                             | EAWAG, EMPA, EPFL, ETHZ, PSI   | Forschung   | <a href="http://www.ethz.ch/">http://www.ethz.ch/</a>   |
| Nova Energie                            | A. Wellinger   | Beratung, Kontaktpflege   | <a href="http://www.novaenergie.ch/">http://www.novaenergie.ch/</a>   |
| Div. Ingenieurbüros                     |  | Beratung, Kontaktpflege   |   |
| Div. KMUs                               |  | Angewandte Forschung  |   |
| Zusammenarbeit mit anderen Bundesämtern | BAFU, BLW, ARE, Alcosuisse, OZD  | Ämterübergreifende AG (Absprache, Koordination)                             | <a href="http://www.bafu.admin.ch/">http://www.bafu.admin.ch/</a><br><a href="http://www.blw.admin.ch/">http://www.blw.admin.ch/</a><br><a href="http://www.are.admin.ch/">http://www.are.admin.ch/</a><br><a href="http://www.eav.admin.ch/alcosuisse/">http://www.eav.admin.ch/alcosuisse/</a><br><a href="http://www.ezv.admin.ch/index.html">http://www.ezv.admin.ch/index.html</a> |

## Begleitgruppe Biomasse

Die Begleitgruppe Biomasse (Bio-BG) besteht aus Personen, die langjährige Forschungs- und Praxiserfahrung in ihrem Kompetenzgebiet besitzen. Es sind dabei sowohl Repräsentanten von Verbänden als auch private Ingenieurbüros vertreten. Zum Teil sind die Teilnehmer auch wichtige Vertreter in internationalen Gremien. Die Aufgabe der Bio-BG besteht in der Beratung und Unterstützung der Bereichsleitung bei der Planung und Durchführung der F-, E- und D-Programme. Die Gruppe äussert sich insbesondere über:

- die periodische Fortschreibung des Bereichsprogramms (Identifizierung von Forschungs- und Umsetzungslücken; Aufstellung von Zielen zur Lösung der Probleme; Festlegung von Prioritäten; Finanzierungsfragen)
- kritische Projekte (fallweise)
- ihr bekannte Koordinationsbedürfnisse und Bezüge zu internationalen Aktivitäten
- die periodischen Statusberichte der Programmleitung
- die Informationstätigkeiten im Rahmen der Programme.

## EnergieSchweiz

EnergieSchweiz ist das Programm für Energieeffizienz und erneuerbare Energien, welches 2001 auf der Basis von Energie- und CO<sub>2</sub>-Gesetz als „Plattform für eine intelligente Energiepolitik“ vom Energieminister lanciert wurde. Seine Stärke liegt in der engen, partnerschaftlichen Zusammenarbeit zwischen Bund, Kantonen, Gemeinden und den zahlreichen Partnern aus Wirtschaft, Umwelt- und Konsumentenorganisationen sowie öffentlichen und privatwirtschaftlichen Agenturen.

Im BFE arbeitet die Programmleitung von EnergieSchweiz eng mit dem Forschungsbereichsleiter Biomasse zusammen, um Synergien zu nutzen und die gesteckten Ziele gemeinsam zu erreichen. Wichtig ist, dass die Forschung möglichst praxisnahen und umsetzungsorientierten Fragestellungen nachgeht, welche ebenfalls im Interesse von Kantonen, Gemeinden, Verbänden etc. sind.

## 5. Internationale Zusammenarbeit

International ist die Schweiz, vor allem durch den Einsitz in verschiedenen Arbeitsbereichen der Internationalen Energieagentur (IEA), sehr gut vernetzt. Die IEA ist eine Organisation der OECD und versteht sich als beratende Institution in der Energiepolitik der 28 Mitgliedsländer. Ziel ist die Bereitstellung von zuverlässiger, sauberer und erschwinglicher Energie für die Bürger. Die Schweiz nutzt in diesem Gremium die Möglichkeit, sich einzubringen und energierelevante Themen aktiv mitzugestalten. Des Weiteren sind die IEA-Mitgliedschaften in den einzelnen Arbeitsgruppen (Tasks) eine wertvolle Plattform für Informationsaustausch auf politischer wie fachlicher Ebene. Die Schweiz ist Mitglied in 3 Tasks des Implementing Agreements Bioenergy: Task 32 „Biomass Combustion and Co-firing“; Task 33 „Thermal Gasification of Biomass“; Task 37 „Energy from Biogas and Landfill Gas“. Im Task 37 hat die Schweiz durch das Amt des gewählten Taskleaders den Vorsitz. Neben den Aktivitäten in der IEA, wo internationale Forscher auf Taskebene zusammenarbeiten, ermutigt das BFE die Forschenden sich, auch an internationalen Projekten zu beteiligen (z.B. 7. EU-Rahmenforschungsprogramm), und zeigt ausserdem weitere nationale wie internationale Finanzierungsmöglichkeiten auf.

Auch die Forschungsbereiche der Hochschulen sind international sehr präsent und nutzen die Chance ihre Forschung an internationalen Konferenzen vorzustellen.

| <i>Schweiz</i>      | <i>Ausland</i>   | <i>Thema</i>  |
|---------------------|--|---|
| Energie & Umwelt    | IEA Bioenergy Task 33 und EU Themanet (GasNet)   | Vergasung   |
| Holzenergie Schweiz | Deutschland und Österreich, aktive Zusammenarbeit mit Slowenien, Interesse auch von Frankreich | Verbrennung, Qualitäts-Management (QM) Holzheizwerke  |
| Nova Energie        | TU Wien, Universität für Bodenkultur Wien, TU Braunschweig                                     | Biogas  |
| Nova Energie        | IEA Bioenergy Task 37  | Biogas  |
| PSI                 | TU Wien, Güssing   | Holzvergasung, Biomethan                              |
| Verenum             | IEA Bioenergy Task 32; Deutschland, Österreich, Schweden, USA, Chile                           | Verbrennung<br>Feinstaubminderung<br>QM Holzheizwerke |

## 6. Technische und wirtschaftliche Zielsetzungen

Die hauptsächlichsten technischen und sozio-ökonomischen Hemmschwellen der verschiedenen Technologien liegen sowohl bei den Kosten, als auch bei der Effizienz (EU-Studie, European Communities, 2005). Die Produktionskosten der Biomasse-basierten Technologien setzen sich zusammen aus den Investitions- und den Unterhaltskosten sowie den Kosten für die Biomasse selbst. Die Investitionskosten in Biomasse-Anlagen sind im Allgemeinen immer noch höher, verglichen mit Anlagen für fossile Energieträger. Der Brennstoffpreis für erneuerbare Energieträger hingegen ist heute teilweise sogar günstiger aufgrund des hohen Ölpreises. Die viel versprechendsten Massnahmen zur Kostenreduktion sind technische Verbesserungen (wie z.B. Effizienzsteigerung), Vergrößerung der Anlagen sowie der Wechsel zu Technologien, bei denen auch günstigere Biomassesortimente genutzt werden können.

Bezüglich der Effizienz der Technologie liegt der „Flaschenhals“ sowohl bei der Gesamteffizienz, als auch bei der Effizienz in Bezug zur Vorbehandlung (inkl. Logistik). Eine Effizienzsteigerung wird neben dem Effekt der Kostenreduktion auch zu einer markanten Reduktion der Treibhausgasemissionen innerhalb des ganzen Systems führen. Des Weiteren wird Dank höherer Effizienz der Beitrag zur Endenergie (Elektrizität, Wärme, Biotreibstoff) bei gleicher Menge Biomasse zunehmen. Neben den hier erwähnten technisch-ökonomischen Hindernissen gibt es auch sozio-ökonomische Hemmnisse, welche nicht quantifizierbar sind. Die Verfügbarkeit von Ausgangsmaterial und langfristige Verträge, die die Verfügbarkeit sichern, fehlen weitgehend, da der Biomassemarkt international nicht transparent genug ist. Die Nutzung der Biomasse muss nachweisbar nachhaltig sein und oftmals haben Biomasse-Technologien (gerade Grossanlagen) einen schweren Stand in der Öffentlichkeit, da sie schwer verständlich sind und mit der chemischen Industrie assoziiert werden. Bei kleineren Anlagen liegen die Probleme im zwischenmenschlichen (Nachbarschaftsklagen) und technischen Bereich (tieferer Bedienungskomfort, Betriebsprobleme) Ein weiterer wichtiger Punkt bei den sozio-ökonomischen Parametern ist die Konkurrenz mit der Nahrungsmittelproduktion.

# Allgemeine Schwerpunkte gemäss Forschungskonzept des Bundes (2008–2011)

## SCHWERPUNKTE DER FORSCHUNG 2008 BIS 2011

### Systemoptimierung und -integration

- Verbesserung der Effizienz des Gesamtsystems (Wirkungsgrade, Ausnutzung der Biomasse).
- Reduktion von Emissionen (z. B. Partikel, NO<sub>x</sub>, Ammoniak etc.).
- Kostensenkung (z. B. durch Systemintegration oder Nutzung von Synergien).
- Umfassende Bewertung der Wertschöpfungskette von Biomassepfaden

### Qualitätssicherung

- Grundlagen für Massnahmen zur Qualitätssicherung marktreifer Verfahren und Technologien.

- Standardisierungen

### Neue Verfahren und Technologien

- Entwicklung neuer Verfahren und Technologien
- Erprobung im Labor und Upscaling
- Umsetzung, wissenschaftliche Begleitung, Messung und Auswertung.

## Technologiespezifische Ziele

### Vergasung

Bei der Vergasung stehen sowohl technologische Fortschritte, als auch qualitätssichernde Massnahmen im Vordergrund. Es gilt in den nächsten Jahren herauszufinden, wie hoch die Betriebskosten sind und wie sich dies auf die Gestehungskosten pro kWh auswirkt. Generell ist das Ziel, die Technologie so weit voranzutreiben, dass sie effizient und ökologisch betrieben werden kann.

### Verbrennung

Zentrale Themen bei der Verbrennung sind heute die Feinstaubproblematik, gefolgt von anderen Emissionen, die Erhöhung der Jahresnutzungsgrade, effiziente Qualitätssicherung und steigende Komfortansprüche. Erstere gilt es sowohl mittels Primärmassnahmen – sprich Verbesserung der Verbrennungstechnik – als auch mit Hilfe von Sekundärmassnahmen – dem Einsatz von Partikelabscheidern – zu lösen. Bei den möglichen einzusetzenden Massnahmen muss man in der Anlagengrösse unterscheiden:

- bis 70 kW: Im Vordergrund steht die Verbesserung der Verbrennungstechnik und optional der Einsatz von Regelungen insbesondere für handbeschickte Feuerungen. Ziel ist die Verbesserung des Anfahrverhaltens und der Verhinderung einer Fehlbedienung. Daneben gilt es, mit den ersten verfügbaren Partikelabscheidern Langfristerfahrungen zu sammeln, und Partikelabscheider mit hoher Abscheidewirkung und Praxistauglichkeit zu etablieren.
- >70 kW – 500 kW: In dieser Leistungsklasse sind für Holzpellets Primärmassnahmen zur Feinstaubminderung anzustreben und gleichzeitig kompakte und kostengünstige Feinstaubabscheider für Anwendungen bei anderen Holzbrennstoffen zu entwickeln.
- >500 kW: In diesem Leistungsbereich sind Feinstaubabscheider verfügbar, welche bei korrektem Betrieb eine sichere Einhaltung der Emissionsgrenzwerte erreichen. Für Leistungen bis 2 MW sind jedoch noch kompaktere und kostengünstigere Lösungen vor allem zur Sanierung bestehender Anlagen erforderlich. Zudem sind die Systemintegration und die Betriebsweise der Anlagen zu verbessern, um die geforderte Abscheideleistung auch im Praxisbetrieb zu gewährleisten.

Das Augenmerk wird in den nächsten Jahren auf den Kleinfeuerungen liegen, da dort ein enormes Verbesserungspotenzial gefragt ist. Bessere Erkenntnisse über den ganzen Abbrandprozess unter realen Bedingungen, d.h. wechselnd unter Stark- wie auch Schwachlast, sind wichtig für die Verbesserung der Technologie.

Mittlere Anlagen (ab 500 kW bis 2 MW) werden künftig zur Einhaltung der verschärften Emissionsgrenzwerte mit Feinstaubabscheidern ausgerüstet. Viele Anlagen weisen in der Praxis häufig Betriebsphasen wie On/Off-Betrieb oder Schwachlastbetrieb auf, in denen Elektroabscheider und Gewe-

befilter wegen zu tiefer Temperaturen nur reduziert oder gar nicht wirksam sind. Um dies zu vermeiden, sind Systemverbesserungen, eine optimierte Anlagenintegration sowie eine verbesserte Regelung erforderlich. Im Weiteren sind auch offene Fragen zum Vollzug der Luftreinhalte-Verordnung zu klären (Koordination mit EnergieSchweiz, dem energiepolitischen Programm des Bundes) und Methoden zur Überwachung und Kontrolle der Anlagen zu etablieren. Daneben kommen als Alternative zu heutigen Feinstaubabscheidern auch unempfindlichere Systeme wie Metallgewebefilter in Frage.

In der Versorgungskette und Logistik ist anzustreben, dass eine verstärkte Fraktionierung zwischen unterschiedlichen Brennstoffqualitäten etabliert wird, um einerseits Probleme mit ungeeigneten Brennstoffen zu vermeiden (etwa Altholz oder Kompostrückstände in konventionellen Feuerungen, nasse Hackschnitzel in Kleinanlagen), und gleichzeitig bis anhin nicht genutzte Sortimente zu verwenden. Um in Zukunft auch biogene Reststoffe energetisch zu nutzen, besteht daneben ein Bedarf an Feuerungssystemen für schwierige Brennstoffe wie etwa Brennstoffe mit hohem Aschegehalt.

### **Anaerobe Vergärung**

Ein wesentlicher Bestandteil bei der anaeroben Vergärungsforschung bildet die Effizienzsteigerung. Der Vergärungsprozess muss optimiert werden, um durch geeignete Massnahmen eine Verbesserung des biologischen Wirkungsgrades und damit eine höhere Gasausbeute zu erzielen. Des Weiteren wird eine Optimierung des Gesamtsystems (durch Optimierung der Vorbehandlung und der Substratzusammensetzung, optimierte Verfahrens- und MSR-Technik<sup>7</sup> etc.) um mindestens 5 % angestrebt. Gleichzeitig gilt es ein effizientes und zukunftsorientiertes Substratmanagement zu entwickeln, welches die vorhandenen Potenziale nutzt. Die Senkung der spezifischen Kosten ist ein umzusetzendes Ziel. Die Entwicklung kleiner, einfacher landwirtschaftlicher Anlagen ist eine wichtige Ergänzung zu grossen Gemeinschaftsanlagen, um auch dezentrale Potenziale erschliessen und nutzen zu können.

Ein weiterer Schwerpunkt sind umweltrelevante Fragestellungen, wie z.B. die entstehenden klimarelevanten Gase (CH<sub>4</sub>, N<sub>2</sub>O). Dabei sind z.B. auch diffuse Methanemissionen zu beachten. Bei der weiteren Aufbereitung des Biogases für die Einspeisung ins Erdgasnetz ist die Ermittlung der Methanverluste zentral und eine Reduktion des Restmethans auf unter 2 % anzustreben. Im Zusammenhang mit der Energiegewinnung stehen auch die Ermittlung von Ammoniak- und Lachgasemissionen. Klares Ziel ist die Reduktion aller klimarelevanten Emissionen. Ein wichtiger Punkt ist die Erarbeitung von Grundlagen für ein umfassendes, den ganzen Prozess miteinbeziehendes, Qualitätsmanagement.

Über alle Bereiche hinweg gilt für die Erreichung der technologiespezifischen Ziele, dass sowohl das zielgerichtete Fortführen der Grundlagenforschung, als auch die Implementierung der Ergebnisse in der Praxis eine wesentliche Rolle spielen. Das Forschungsprogramm des Bundes leistet einen wichtigen Beitrag zur erfolgreichen Positionierung der Schweiz im Bereich der energetischen Verwertung von Biomasse.

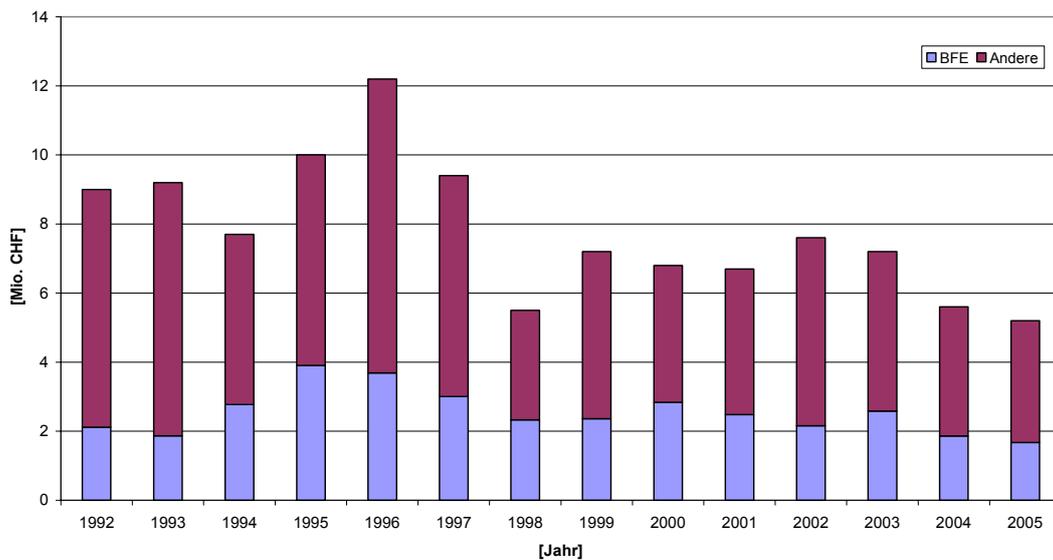
## **7. Mitteleinsatz für die Biomasse-Forschung**

### **Öffentliche Hand**

Im Bereich der erneuerbaren Energien ist der ETH-Bereich, neben dem Bundesamt für Energie (BFE), der Hauptgeldgeber für die Energieforschung gefolgt vom Staatssekretariat für Bildung und Forschung (SBF), der Förderagentur für Innovation (KTI) und dem Schweizerischer Nationalfonds (SNF). In der folgenden Grafik ist die Entwicklung der Fördermittel für den Forschungsbereich Biomasse dargestellt, und zwar sind die Mittel des BFE gegenüber den restlichen Fördermitteln der öffentlichen Hand aufgetragen.

---

<sup>7</sup> Mess-, Steuer- und Regeltechnik



**Abb. 5: Aufwendungen der öffentlichen Hand für Forschung und Entwicklung, sowie Pilot- und Demonstrationsanlagen im Bereich Biomasse 1992–2005 (in CHF, BFE, 2007b)**

## Privatwirtschaft

Das BFE hat eine Schätzung über die Geldmittel, die von der Privatwirtschaft für die Energieforschung zur Verfügung gestellt werden, durchgeführt. Es stützte sich dabei einerseits auf die Angaben des Bundesamts für Statistik und andererseits auf Umfragen der BFE-Forschungsprogrammleiter bei den betreffenden Industrien. Das BFE schätzt den Aufwand für 2005 auf rund 740 Mio. Franken (BFE, 2007b).

# 8. Forschungsschwerpunkte in den Jahren 2008–2011

## Übersicht

Die folgende Übersicht zeigt die Biomassesortimente, die in der Schweiz vorhanden sind und die Forschungsschwerpunkte bei den eingesetzten Technologien zur Biomassenutzung.

|  |                                    | NAWARO<br>aus Primärproduktion |   |          |                              |   |                   | Rest- und Abfallstoffe<br>aus Sekundärproduktion und Konsum |                               |                                |  |   |                |
|--|------------------------------------|--------------------------------|---|----------|------------------------------|---|-------------------|---|-------------------------------|--------------------------------|--|---|----------------|
|  |                                    | Waldholz, Feldholz, Hecken     | Ackerkulturen, Kunstwiesen, Energiepflanzen | Wiesland | Ernterückstände, Gülle, Mist | Strukturreiche Biomasse von Ufer- Naturschutz-, Verkehrsflächen | Altholz, Restholz | Lebensmittelindustrie                                       | Fleischverarbeitungsindustrie | Papier- und Werkstoffindustrie | Bioabfälle HH, Gewerbe, Dienstleistung | Papier/Karton in HH, Gewerbe, Industrie | Rohschlamm ARA |
| <i>Thermo-chemische Konversion</i>         | Verbrennung                        | ■                              | ■   |          | ■                            | ■   |                   |   |                               |                                |  |   |                |
|  | Vergasung                          | ■                              |   |          | ■                            | ■   |                   |   |                               |                                |  |   |                |
|  | Pyrolyse                           |                                |   |          |                              |   |                   |   |                               |                                |  |   |                |
| <i>Physikalisch / chemische Konversion</i> | Abpressen / Extraktion             |                                |   |          |                              |   |                   |   |                               |                                |  |   |                |
|  | Abpressen / Extrakt. / Veresterung |                                |   |          |                              |   |                   |   |                               |                                |  |   |                |
| <i>Biologische Konversion</i>              | Alkoholische Fermentation          |                                |   |          |                              |   |                   |   |                               |                                |  |   |                |
|  | Anaerobe Vergärung                 |                                |   | ■        | ■                            |   |                   | ■   | ■                             | ■                              |  | ■                                       | ■              |

primäre F+E-Aktivitäten in Zukunft  
 Beobachtung

Abb. 6 Schwerpunkte Forschung 2008–11

## Kriterien für Projekteingaben

Die im Folgenden aufgelisteten Kriterien werden bei der Beurteilung eines eingegangenen Projektantrages (F&E und P&D) von der Programmleitung angewandt.

### F&E

- Zielsetzung:
  - Das Endprodukt lässt im Vergleich zu bisherigen Lösungen eindeutige ökologische und volkswirtschaftliche Vorteile erwarten
  - Quantifizierbare Leistungen, welche mittels eines Zeitplans angestrebt werden
  - Das Projekt zeichnet sich durch hohe technisch-wirtschaftliche Qualität aus.
- Abgrenzung des Projekts:
  - Internationale Arbeiten sind berücksichtigt
  - Es existieren keine Doppelspurigkeiten.
- Vorgesehene Begleitmassnahmen:
  - Wissens- und Technologietransfer der Resultate von der Forschung in die Wirtschaft
  - Wirtschaftliches und industrielles Anwendungspotenzial ist vorhanden
  - Kurz-, mittel- oder langfristig aussichtsreiche Marktchancen
  - Zusammenarbeit zwischen grundlagen- und anwendungsorientierten Forschungsinstitutionen, Privatunternehmen und Verbänden ist vorgesehen.
- Provisorischer Zeitplan:
  - Die Projektetappen sind klar ersichtlich (Meilensteine) und werden durch definierte abzuliefernde Produkte abgeschlossen.
- Involvierte Organisationen:
  - Das Projekt liegt auf der Hauptstossrichtung des beteiligten Partners
  - Das Projekt stellt eine Herausforderung für alle Projektbeteiligten dar, d.h. das Vorhaben ist von hoher technisch-wissenschaftlicher Qualität (keine Routinearbeiten)
  - Die für die Durchführung geeignete Kompetenz und die Infrastruktur sind vorhanden.
- Finanzierung:
  - Der Finanzplan ist realistisch und gut begründet
  - BFE-Mittel sind subsidiär zu den übrigen Finanzquellen einzusetzen
  - Eigenleistungen sind ausgewiesen.

### P&D

- Das Projekt ist qualitativ hoch stehend, innovativ und zukunftsorientiert
- Die Verbesserung der Nachhaltigkeit bezüglich Wirtschaft, sozialer Akzeptanz/Sicherheit und Umweltfreundlichkeit ist gegeben
- Das Anwendungspotenzial ist ausgewiesen
- Die Erfolgswahrscheinlichkeit ist hoch
- Die Fachkompetenz und Infrastruktur zur Durchführung ist vorhanden
- Öffentliches Interesse ist gegeben
- Eine überzeugende Vorgehensplanung (klare Verantwortungsregeln, Projektziele klar definieren) liegt vor

- Die Umsetzung der Resultate sind durch überzeugende Pläne untermauert.

Generell gilt sowohl für F&E-Gesuche, als auch für P&D-Gesuche, dass sie thematisch zu einem der nachfolgenden Forschungsschwerpunkte des BFE passen (siehe auch Kapitel 6).

## **Schwerpunkt 1: Systemoptimierung und -integration**

### **Ziele:**

- Verbesserte Effizienz des Gesamtsystems (Wirkungsgrade, Ausnutzung der Biomasse)
- Reduktion von Emissionen (insbesondere Partikel, NO<sub>x</sub>, Ammoniak, Methan)
- Kostensenkung (z.B. durch Systemintegration, Betriebsoptimierung oder Nutzung von Synergien)
- Umfassende Bewertung der Wertschöpfungskette von Biomassepfaden.

### **Akteure:**

Hochschulen, Fachhochschulen, Forschungsanstalten und Privatwirtschaft

### **Mitteleinsatz:**

40 % des Budgets des Forschungsprogramms Biomasse

### **Projektideen:**

#### *Vergasung:*

- Feed-Vorbehandlung verbessern
- Verbesserung des Gesamtwirkungsgrads durch Wärmemanagement im Vergaser (bei Grossanlagen)
- Rohgasreinigung (Gasaufbereitung für Einsatz als Synthese- oder Brenngas)
- Diagnostik in der Vergasung und Gasaufbereitung
- Katalytisch unterstützte Vergasungssysteme.

#### *Verbrennung:*

- Feinstaubminderung und Feinstaubabscheidung bei Holzfeuerungen
- Entwickeln von Lösungen, mit welchem der Jahresnutzungsgrad verbessert werden kann, was gleichzeitig auch zu geringeren Emissionen und zu tieferen Betriebskosten (tiefere Wartungskosten) führt
- Energieeffizienzsteigerung
- Energetische Nutzung von Reststoffen im Hinblick auf eine Ausweitung des Angebots an biogenen Energieträgern
- Abwärmenutzung bei Biogas-BHKWs
- Ascheverwertung als Dünger.

#### *Anaerobe Vergärung:*

- Verbesserung des biologischen Wirkungsgrades (Abbaugrad) und Optimierung des Gesamtsystems um mind. 5 % (durch Vorbehandlung der Substrate wie z.B. Desintegration oder enzymatischer Abbau; optimierte MSR-Technik usw.)
- Optimierte Wärmenutzung von Biogasanlagen
- Optimierte Hochleistungsreaktoren zur Erzeugung von Biogas
- Hemmstoffe bei der anaeroben Vergärung

- Neue Technologien zur kostengünstigen Nährstoffaufbereitung
- Ermittlung der diffusen Methanemissionen von Vergärungsanlagen
- Ermittlung von Ammoniak- und Lachgasemissionen im Zusammenhang mit der Energiegewinnung
- Biogasaufbereitung: Messung Methanschluß, Reduktionsmassnahmen
- Auswirkung der Vergärung sowie der Gärgutbehandlung und -weiterverwendung auf die Klimagase CH<sub>4</sub> und N<sub>2</sub>O
- Hygienerisiken bei der Vergärung
- Verlängerung der Lebensdauer von BHKWs
- Vergärung / Vergasung: Stoff- und Energiebilanzen von biogenen Treibstoffen der zweiten Generation.

**Instrumente (Kommunikation, Umsetzung, usw.):**

- Zusammenarbeit mit der Wirtschaft
- Info und Beratung via Netzwerke von EnergieSchweiz
- Publikationen in Fachzeitschriften, Internet ([www.energieforschung.ch](http://www.energieforschung.ch)) usw.
- Branchenspezifische Aus- und Weiterbildung.

## Schwerpunkt 2: Qualitätssicherung

**Ziele:**

- Grundlagen für Massnahmen zur Qualitätssicherung marktreifer Verfahren und Technologien entwickeln
- Umsetzung der weitgehend bekannten Massnahmen zur Qualitätssicherung der Gesamtanlagen (mit heute am Markt schon zum grossen Teil erhältlichen Verfahren und Technologien)
- Standardisierungen.

**Akteure:**

- Hochschulen, Fachhochschulen, Forschungsanstalten und Privatwirtschaft.

**Mittleinsatz:**

20 % des Budgets des Forschungsprogramms Biomasse

**Projektideen:**

*Biomasse allgemein:*

- Aktualisierung der Inventardaten Life Cycle Assessment LCA (Ecoinvent)

*Vergasung:*

- Europäische Leitlinie (später Richtlinie) über Health, Safety and Environment
- Verbesserung der Datenbasis bezüglich kommerziellen Einsatzes der angebotenen Systeme.

*Verbrennung:*

- Überwachung von Feinstaubabscheidern
- Anlagenintegration mit hydraulischen und prozesstechnischen Massnahmen zur Sicherstellung der dauerhaften Wirksamkeit der Feinstaubabscheidung in der Praxis
- Messung der Emissionsgrenzwerte (Staub, NO<sub>x</sub>, CO<sub>2</sub>) von Holzfeuerungen in allen Betriebszuständen (Einhaltung der Luftreinhalteverordnung (LRV)<sup>8</sup> und Qualitätssiegel-Grenzwerte)
- Verbesserung hin zu einer gesicherten hohen Energieeffizienz

---

<sup>8</sup> SR-Nr. 814.318.142.1

- Verbesserung der Betriebssicherheit und Bedienungsfreundlichkeit
- Systemoptimierung bei Anlagen grösser 500 kW
- Standardisierte Anlagen inkl. Regelkonzept von Anlagen bis 200 kW (inkl. Speicherbewirtschaftung und Leistungsregelung).

*Anaerobe Vergärung:*

- Schliessen von Wissenslücken im Bereich Sicherheit von Biogasanlagen
- Schadstoffe in Kompost und Gärgut – Ursachen und Verbesserungsmassnahmen
- Wirkung von Gärgut auf Boden und Pflanzen.

**Instrumente (Kommunikation, Umsetzung, usw.):**

- Zusammenarbeit mit der Wirtschaft
- Info und Beratung via Netzwerke von EnergieSchweiz
- Branchenkontakte pflegen und nutzen
- Publikationen in Fachzeitschriften, Internet ([www.energieforschung.ch](http://www.energieforschung.ch)) usw.
- Branchenspezifische Aus- und Weiterbildung.

### **Schwerpunkt 3: Neue Verfahren und Technologien**

**Ziele:**

- Entwicklung neuer Verfahren und Technologien
- Erprobung im Labor und Up-scaling
- Umsetzung, wissenschaftliche Begleitung, Messung und Auswertung.

**Akteure:**

- Hochschulen, Fachhochschulen, Forschungsanstalten und Privatwirtschaft.

**Mitteleinsatz:**

40 % des Budgets des Forschungsprogramms Biomasse

**Projektideen:**

Ziel ist die maximale energetische und exergetische Nutzung der Biomasse. Die polyvalente Energiebereitstellung (Wärme, Kälte und Strom) soll auch in kleineren und grösseren Anlagen umgesetzt werden.

- Entwicklung von Systemen mit kaskadenartiger Nutzung der Biomasse in Biomasseaufbereitungs- und Energiezentren.

*Vergasung:*

- Vorbehandlungsmassnahmen flüssiger und fester Biomasse für die hydrothermale Vergasung
- Optimierung Hydrolyse und Salzabtrennung bei der hydrothermalen Vergasung.

*Verbrennung:*

- Minderung von Feinstaubemissionen und Erhöhung des Wirkungsgrads durch prozesstechnische Vorkehrungen
- Entwicklung von Abscheidern zur Feinstaubreduktion bei allen Betriebsbedingungen
- Quantifizieren von sekundären Beiträgen zur Feinstaubentwicklung bei Holzheizungen
- Gesundheitsrelevanz von Feinstaub
- Thermische Nutzung verschiedener Biomassesortimente (z.B. biogene Ersatzstoffe für automatische Feuerungen – Einfluss der Brennstoffeigenschaften auf NO<sub>x</sub>-Emissionen)

- Brennstoffeigenschaften von entkarbonisierten, wasserstoffhaltigen Brennstoffen aus der Vergasung von Biomasse
- Entwicklung von Messverfahren für Aerosole im Bereich von Emissionsmessungen
- Entwicklung von neuen Messverfahren für Typenprüfungen und Feldmessungen
- Ökobilanzen für neue Arten von Brennstoffen und neue Verbrennungsverfahren.

*Anaerobe Vergärung:*

- Vorbehandlung von Substraten zur Vergärung
- Aufbereitung und Weiterbehandlung der Biomasse zur optimalen stofflichen Nutzung
- Energieproduktion mittels Zwischenfrüchten
- Neue kostengünstige Technologien für die Verwertung von Hofdünger
- Anaerobtechniken zur Behandlung kommunaler Abwässer und Abfälle.

**Instrumente (Kommunikation, Umsetzung, usw.):**

- Zusammenarbeit mit der Wirtschaft
- Enge Zusammenarbeit mit der Forschung an öffentlichen und privaten Instituten
- Info und Beratung via Netzwerke von EnergieSchweiz
- Publikationen in Fachzeitschriften, Internet ([www.energieforschung.ch](http://www.energieforschung.ch)) usw.
- Aus- und Weiterbildung branchenspezifisch

## 9. Abgrenzung des Forschungsprogramms Biomasse

Es steht ausser Frage, dass das Forschungsprogramm Biomasse des BFEs Berührungspunkte mit anderen Energieforschungsprogrammen wie z.B. Netze, Verkehr oder Verbrennung besitzt. Dennoch sind die Forschungsprogramme in sich relativ klar abgegrenzt voneinander.

Im Forschungsprogramm Netze geht es verstärkt um die Modellierung und Evaluation von Wechselwirkungen hinsichtlich Netzbetrieb und -design, Versorgungszuverlässigkeit und Organisation des Elektrizitätsmarktes. Hier spielt sicherlich auch die fortschreitende Durchdringung mit dezentralen Energieeinspeisungen auf Stromverteilnetzebene, wie z.B. die Einspeisung durch landw. Biogasanlagen eine Rolle. Während das Forschungsprogramm Biomasse sich mit der Elektrizitätserzeugung durch Einsatz von Biomasse beschäftigt, beschäftigt sich das Programm Netze mehr die Auswirkungen des sich verändernden technologischen, ökonomischen und legislativen Umfeldes auf Netzbetrieb und Versorgungszuverlässigkeit.

Im Programm Verbrennung sind ebenfalls Berührungspunkte mit dem Programm Biomasse vorhanden, z.B. wenn es um das Thema Biokraftstoffe geht. Auch in diesem Fall ist eine klare Abgrenzung der beiden Programme ersichtlich. Das Programm Biomasse beschäftigt sich mit der Produktion und Bereitstellung von Biokraftstoffen unter bestimmten Kriterien, wohingegen der technische Einsatz dieser Kraftstoffe im motorischen Bereich im Programm Verbrennung im Vordergrund steht. Forschungsthemen im Kontext der Verbrennung sind z.B. die Optimierung der Gemischaufbereitung und Verbrennung sowie die Minimierung von Schadstoffemissionen beim (Teil-)Einsatz von biogenen Kraftstoffen.

Als weiteres Forschungsprogramm enthält verfahrenstechnische Prozesse durch die Ausrichtung auf die thermische Verfahrenstechnik ebenfalls Biomasse im weitesten Sinne als Themenpunkt. Dieses Programm bezieht sich jedoch auf die ganze Prozesskette und die Integration während im Programm Biomasse nur das Verfahren an sich beleuchtet wird.

Die Verknüpfungspunkte der verschiedenen Energieforschungsprogramme zeigen, dass die Energieforschung durch Synergien belebt wird und die Überlappungsbereiche als Erkenntniszugewinn und Systemintegration verstanden werden soll.

# Glossar

## Biogas

Als Biogas wird das Produkt der anaeroben (sauerstofffreie) Vergärung organischer Substrate. Es ist ein Gemisch aus den Hauptkomponenten Methan und Kohlenstoffdioxid, welches in speziellen Biogasanlagen produziert wird. Gleichwertige Gase, die aber als Nebenprodukte entstehen wie Deponiegas in Mülldeponie oder Klärgas in Kläranlage werden manchmal (vor allem dann, wenn diese weiterverarbeitet werden) auch unter diesem Begriff zusammengefasst. Chemisch gesehen ist Biogas identisch mit Faulgas, welches bei der anaeroben (sauerstofffreien) Vergärung von organischem Material entsteht. Der wertgebende Anteil, der energetisch genutzt wird, ist das Methan. Daneben enthält es je nach Ausgangsbedingungen geringe Mengen an Wasserdampf, Schwefelwasserstoff, Ammoniak, Wasserstoff (H<sub>2</sub>), Stickstoff (Distickstoff N<sub>2</sub>) und Spuren von niederen Fettsäuren und Alkoholen.

## Syngas (= Produktgas)

Syngas (von Synthesegas) ist ein Gemisch aus CO, CO<sub>2</sub> und H<sub>2</sub>, welches das Produkt einer Hochtemperaturvergasung von organischem Material wie z.B. Biomasse ist. Nach einem Gasreinigungsschritt, um Teer zu entfernen, kann das Syngas genutzt werden, um organische Moleküle zu synthetisieren. Aus dieser Synthese resultieren dann z.B. synthetic natural gas (SNG) oder Biotreibstoffe wie synthetischer Diesel (via Fischer-Tropsch Synthese).

## FT-Diesel (= Fischer-Tropsch Diesel = synthetischer Diesel)

Dieselmotorkraftstoff der mittels Fischer-Tropsch Synthese hergestellt wird. Die Fischer-Tropsch Synthese ist ein indirektes Verfahren der Kohlehydrierung. Bei 220 bis 340 °C und 20–25 bar bilden sich an Eisenkatalysatoren CH<sub>2</sub>-Radikale, die sich je nach den Bedingungen zu mehr oder weniger langen Ketten addieren. Vor allem Benzin und feste Paraffine entstehen beim Arbeiten mit Festbettreaktoren, gasförmige Kohlenwasserstoffe bei Flugstaubreaktoren.

## Biodiesel

Biodiesel ist ein nach seiner Verwendung dem Dieselmotorkraftstoff entsprechender pflanzlicher Kraftstoff, meistens aus Raps (Rapsdiesel). Im Gegensatz zum konventionellen Dieselmotorkraftstoff wird er nicht aus Rohöl, sondern aus Pflanzenölen oder tierischen Fetten gewonnen. Biodiesel wird deshalb als ein erneuerbarer Energieträger bezeichnet. Chemisch handelt es sich um Fettsäuremethylester (FAME).

## SNG (= synthetic/substitute natural gas)

SNG ist ein Gemisch aus Kohlenwasserstoffen mit den gleichen Eigenschaften wie Erdgas. Es wird durch Konversion oder Reformierung von Kohlenwasserstoffen aus fossilen, als auch aus erneuerbaren Energieträgern hergestellt. Die Verwendung von SNG ist annähernd gleich wie die von Erdgas.

## Slurry

Pyrolyseöl – Koks – Suspension, ein Zwischenprodukt der Pyrolyse. Bei der Pyrolyse werden die organischen Verbindungen der Biomasse unter Sauerstoffausschluss thermisch gespalten. Dabei erhält man die drei Hauptprodukte Koks, Öl und Gas. Anhand der Prozessparameter lässt sich deren jeweilige Menge beeinflussen. Für Slurries ist ein möglichst hoher Anteil an Pyrolyseöl gewünscht. Der Slurry wird dann in Vergasungsanlagen zu einem Roh-Synthesegas umgesetzt, das zur weiteren Verwendung z.B. als Brenngas, Reduktionsgas, zur Verstromung, für chemische Syntheseprozesse usw. gereinigt werden muss.

## Wirbelschichtvergaser

Wirbelschichtvergaser enthalten ein Bett aus feinem Bettmaterial (zumeist Quarzsand), das auf einer perforierten Platte ruht. Die Wirbelschicht entsteht, wenn das Vergasungsmittel oder das Trägergas hinreichend rasch durch den Vergaser fließt, das inerte Bettmaterial aufwirbelt und dabei den zugegebenen Brennstoff von unten umströmt. Die Brennstoffteilchen, die typischerweise kleiner sind als bei den Festbettreaktoren, werden miteinander und mit dem Brennmaterial vermischt. Damit können sich bei Wirbelschichtvergasern – im Gegensatz zu Festbettvergasern – keine ausgeprägten Temperatur- und Reaktionszonen ausbilden. Die einzelnen Teilreaktionen laufen parallel im gesamten Reaktor ab, in dem eine Temperatur von 700 bis 900 °C herrscht.

## Festbettvergaser

Im Festbettvergaser wird der zu vergasende Brennstoff in einer Schüttschicht, die sich vom Eintragsort über verschiedenen Zonen der Schüttung bis zum Ascheaustrag hin bewegt, dem Vergasungsmittel ausgesetzt. Dabei werden die Reaktoren in der Regel von oben mit stückigem Brennstoff beschickt. Das Rohstoffbett sinkt infolge der Schwerkraft und der kontinuierlichen Materialzersetzung langsam nach unten ab. Das Vergasungsmittel wird in einem vom Vergasertyp abhängigen Bereich mit dem Brennstoff zur Reaktion gebracht und mit dem entstehenden Gas durch das Festbett geleitet.

## BTL (Biomass to Liquid)

BtL bezeichnet Kraftstoffe, die aus [Biomasse synthetisiert](#) werden. Hierzu wird in einem ersten Verfahrensschritt mittels Vergasung ein Synthesegas erzeugt. Im zweiten Schritt wird hieraus der Treibstoff synthetisiert. Im Gegensatz zu [Biodiesel](#) wird BtL-Kraftstoff allgemein aus fester Biomasse (z. B. [Holz](#), [Stroh](#)), also aus [Cellulose](#), [Hemicellulose](#) und [Lignin](#) und nicht aus [Ölfrüchten](#) hergestellt. Die gesamte geerntete Biomasse wird somit für die Kraftstoffproduktion verwendet.

## WKK

Bei einer mit Wärme-Kraft-Kopplung (WKK) betriebenen Energiewandlungsanlage wird – neben der bei der chemischen oder physikalischen Umwandlung von [Energiequellen](#) entstehenden mechanischen oder elektrischen Arbeit – auch die [Abwärme](#) zu weiten Teilen genutzt. Das Spektrum der elektrischen und thermischen Leistung von WKK-Anlagen reicht von wenigen Kilowatt bis zu mehreren hundert Megawatt. Im Gegensatz zu thermischen [Wärmeleistungswerken](#), die nur auf Stromproduktion ausgelegt sind, wird bei WKK-Anlagen durch die gleichzeitige Abgabe von Strom und Wärme ein sehr viel höherer [Nutzungsgrad](#) (bis zu 90 Prozent) erreicht, wodurch [Brennstoff](#) eingespart werden kann, wenn Abnehmer der Wärme zur Verfügung stehen, wie z. B. in Form eines [Fernwärmenetzes](#).

# Referenzen

BFE (2007a): Schweizerische Statistik der erneuerbaren Energien; Bundesamt für Energie 3003 Bern

BFE (2007b): Projektliste der Energieforschung des Bundes 2004/2005; Bundesamt für Energie 3003 Bern

BFE (2006): Thermische Nutzung von anspruchsvollen Biomassebrennstoffen - Versuche Herbst 2006 – Schlussbericht; Verenum 8006 Zürich; Umwelt & Energie 8933 Maschwanden; Ingenieurbüro Hersener 8542 Wiesendangen; ardens GmbH 4410 Liestal

BFE (2004): Potenziale zur energetischen Nutzung von Biomasse in der Schweiz; INFRAS 8039 Zürich; EPFL 1015 Lausanne; Ingenieurbüro Hersener 8542 Wiesendangen; MERITEC GmbH 8357 Guntershausen; Umwelt- und Kompostberatung 2540 Grenchen

Biollaz, S., Schildhauer, T (2006): Renewable Energy Technologies I, Chapter 12, Biomass I– Options for technical use. Vorlesung ETH Zürich, WS 2006/07

European Communities (2005): Energy Scientific and Technological Indicators and References

Kaltschmitt, M., Streicher, W., Wiese, A. (2006): Erneuerbare Energien. Systemtechnik, Wirtschaftlichkeit, Umweltaspekte. Springer Verlag Berlin Heidelberg, 4. Auflage.

Nussbaumer, Th. (2008): Energie aus Biomasse, Vorlesungsskript, Hochschule Luzern – Technik & Architektur, Horw und Zürich, 555 Seiten, ISBN 3-908705-17-7