



Dialogplattform «Neue Wege zur holzbasierten Bioraffinerie»

Kurzbericht

Driving forces and basic conditions of developing a wood-based bio-refinery in Switzerland

Zentrum Paul Klee, Bern, 10.12.2015

Veranstalter: Wissen- und Technologietransfer NFP 66

Autor: Pieter Poldervaart

Redaktionsschluss Protokoll: 19.1.2016

Bioraffinerie: Attraktive Option für die Produktion von Spezialitäten

Technisch lassen sich praktisch alle auf Erdölbasis hergestellten Chemikalien und Energieträger auch in einer Bioraffinerie aus Holz oder anderen nachwachsenden Rohstoffen gewinnen. Doch noch ist unklar, ob sich das Verfahren finanziell und ökologisch lohnt. Für die Synthetisierung von Grundchemikalien sind die Rahmenbedingungen in der Schweiz vermutlich ungeeignet; eher müssten hochwertige Spezialitäten im Fokus stehen. Denkbar ist auch, in der Schweiz das Bioraffineriekonzept nur technologisch weiterzuentwickeln, das Know-how anschliessend jedoch zu exportieren und die Produktion im Ausland zu realisieren. Die von den Bioraffinerien produzierten Stoffe oder Energieträger könnten anschliessend bedarfsgerecht in die Schweiz importiert werden.

Macht eine Bioraffinerie auf Holzbasis in der Schweiz Sinn? Wenn ja, mit welchem Holz, in welchen Regionen und mit welchen Zielprodukten? Und inwiefern ist zur Umsetzung die Anpassung technischer, politischer, wirtschaftlicher oder steuerlicher Rahmenbedingungen nötig? Diesen Fragen ging ein Workshop nach, an dem drei Dutzend Fachleute am 10. Dezember 2015 im Berner Zentrum Paul Klee diskutierten.

1. Vielfältige Konzepte für Bioraffinerien

Einen einführenden Überblick ins Thema gab **François Maréchal, Professor für industrielle Prozess- und Energiesysteme an der EPFL Sion**. Er erklärte, wie Biomasse – insbesondere Holz – nach einer Vorbehandlung unter Zugabe von Wasser und Energie, die möglichst selbst erzeugt wird, zu Chemikalien oder Energieträger umgewandelt werden kann. Diese Endprodukte wiederum erfüllen die Funktion von Brenn- und Treibstoffen, Lebens- und Futtermitteln oder Stoffen für die chemische Industrie. Zurück bleibt – je nach Ausgangsmaterial in kleinerer oder grösser Menge – Abfall, der meist kostenpflichtig entsorgt werden muss. Ein bewährtes System einer Bioraffinerie ist die Zellstofffabrik: Holz wird zermahlen und dann mit Hitze, Chemikalien und Wasser zu Zellstoff umgewandelt. Meist entsteht in einer Bioraffinerie aber mehr als bloss ein Endprodukt. Beim Beispiel Zellstoff respektive Papier sind Nebenprodukte wie Hefe oder Ethanol. Je nach Marktwert von Haupt- und Nebenprodukten kann das Verfahren justiert werden, um mehr vom einen oder vom anderen Stoff zu «ernten». Je flexibler eine Bioraffinerie ist, desto einfacher kann der Prozess an veränderte Marktbedingungen angepasst werden, wodurch die Rentabilität optimierbar wird. Werden durch die Endprodukte fossile Stoffe ersetzt, ist zusätzlich auch das Potenzial zur CO₂-Reduktion interessant. Der Referent legte dar, dass die Herstellung von Stoffen aus biochemischen Stoffen gegenüber jener aus fossilen bis zur Hälfte weniger klimaschädigende Gase emittiert – in Einzelfällen liegen die Emissionen der neuen Stoffe allerdings sogar über jenen der konventionell produzierten Stoffen. Zentral ist nach Aussagen von Maréchal, dass man sich nicht auf bloss ein Zielprodukt fokussieren, sondern einen integrierten Prozess anstreben und die selbst erzeugte biogene Energie möglichst an Ort und Stelle verwerten soll, was in der Kombination die Energieeffizienz des Systems mehr als verdoppeln kann.

Auch zur praktischen Umsetzung solcher Anlagen in der Schweiz hat sich sein Institut Überlegungen gemacht. Beschränkt man sich auf die Produktion von Heiz- und Treibstoffen respektive Wärme, wären maximal ein Dutzend Anlagen mit insgesamt 200 Megawatt Leistung denkbar, die mit einheimischem Holz beschickt werden könnten. «Allerdings müssten die Ingenieure flexible Anlagen entwickeln, um den wandelnden Marktbedürfnissen zu entsprechen», so Maréchal. Zentral sei auch, die Eigentümer des Rohstoffs einzubeziehen, wobei allenfalls eine Miteigentümerschaft der Waldbesitzer denkbar sei. Angesichts des relativ kleinen Versorgungsradius von maximal 40 Kilometern dürfe der Transport im Durchschnitt zehn Prozent der geernteten Energie verbrauchen. Zu den Beweggründen, als Unternehmen seine Rohstoffe aus Bioraffinerien statt Erdölraffinerien zu beziehen, meinte Maréchal: «Die Stärken von Biochemikalien sind ihr grünes Image und ihr Potenzial, klimawirksame Gase zu reduzieren.» Als Zielstoffe sind aufgrund des relativ kostspieligen Herstellungsverfahrens allerdings nicht Massenchemikalien geeignet, sondern Verbindungen, die das Kriterium «High Value, Low Impact» erfüllen, die also hochpreisig sind, dank der Erzeugung in der Bioraffinerie aber weniger negative ökologische Auswirkungen haben als solche auf petrochemischer Basis. Als Fallstricke identifiziert Maréchal ungenügende Lieferketten, die Schwierigkeit zur Skalierung der Technologie so-

wie die hohen Kosten der Ressource Holz angesichts volatiler Ölpreise. Auch zu potenziellen Investoren äusserte sich Maréchal. Hier lohne es sich, von den Abnehmern her zu denken: «Möglich ist etwa, dass ein Konzern wie Coca-Cola einsteigt, der eine PET-Flasche auf Holzbasis anbieten will, weil eine solche Verpackung mit Imagevorteilen verbunden wäre.» Diese Unternehmen kennen den Markt und wüssten, was in welcher Menge nachgefragt werde. Ein prominentes Beispiel ist Riboflavin oder Vitamin B2. Noch in den 1990er Jahren wurde dieser Stoff durch ein chemisches Verfahren in einem achsstufigen Syntheseprozess hergestellt. Heute kommen Rohstoffe aus einer Bioraffinerie und ein anschliessendes biotechnologisches Verfahren mit einer einstufigen Fermentation zur Anwendung. Dadurch können bis zu 40 Prozent der Kosten, 60 Prozent der Rohstoffe, 30 Prozent der CO₂-Emissionen und 95 Prozent der Abfälle eingespart beziehungsweise vermieden werden. Maréchal mahnte, der Markt sei schnellen Änderungen unterworfen, was mit Gefahren verbunden sei, da die Investitionen in eine Bioraffinerie langfristig abgeschrieben werden müssten. Es gelte deshalb, bestehende Infrastrukturen wie etwa Stromnetze oder Gasleitungen zu nutzen und möglichst viel Energie und Abfall vor Ort zu verwerten. «Keine Option ist es hingegen, auf staatliche Subventionen zu hoffen oder sich gar darauf zu verlassen», so sein Fazit.

2. Die Fokussierung auf Spezialitäten macht Sinn

Einen vertieften Einblick in die Praxis der Bioraffinerie gewährte das Referat von **Martin K. Patel, Professor am Institut für Umweltwissenschaften an der Universität Genf**. Patel zeigte auf, dass vor einigen Jahren weltweit pro Jahr 230 Millionen Tonnen petrochemisch erzeugte Polymere verbraucht werden. 205 Millionen Tonnen davon, also 90 Prozent, könnten theoretisch auch aus biogenen Rohstoffen hergestellt werden. Ob eine solche Substitution aber nicht nur technisch, sondern auch ökonomisch und ökologisch Sinn macht, kann nicht pauschal beantwortet werden. Als Beispiel führte Patel den österreichischen Mischkonzern Lenzing an, der weltweit jährlich 960'000 Tonnen Cellulosefasern erzeugt und heute weltgrösster Produzent zellulosischer Fasern überhaupt ist, also von Viskose-, Modal- und Tencel- beziehungsweise Lyocellfasern. Eine Lebenszyklusanalyse zeigt, dass nicht nur das Endprodukt petrochemischen oder natürlichen Verfahren gegenübergestellt werden muss. Ein entscheidender Faktor ist die Effizienz der Produktionsanlage selbst: Je nach Standort – und insbesondere je nach energetischer Integration – fallen die Umweltvorteile einer Bioraffinerie stärker oder schwächer aus. Im Fall des hochmodernen Werks in Lenzing ist die Antwort eindeutig: Durch Verwendung des Rohstoffs Holz ist der Ausstoss klimarelevanter Gase im Vergleich zur Erdöl basierten Produktion um ein Vielfaches geringer. Ganz anders sieht es an anderen Standorten der Viscoseproduktion aus, wo der Zellstoff und die Fasern an unterschiedlichen Standorten (und folglich ohne Energieverbund) hergestellt werden und wo der Netzstrom mit deutlich höheren CO₂-Emissionen belastet ist. Wird in Zukunft die Produktion von chemischen Massengütern angestrebt, müssen zuvor verschiedene Kriterien erfüllt werden: Die Stoff- und Energieflüsse ermittelt werden; eine Umweltanalyse muss bezüglich nichterneuerbarer Energieträger und Klimagase klare Vorteile aufzeigen; die wirtschaftliche Tragfähigkeit muss gegeben sein; und die bio-basierte Produktion muss gegenüber der petrochemischen Erzeugung vorteilhaft sein. An den Beispielen aus der Praxis von Polylactiden und Polyethylen zeigte Patel, dass die heutigen Produktionsstätten auf Basis von Mais es erlauben, nichterneuerbare Energieträger in der Grössenordnung von 40 Prozent einzusparen. Eine umfassende Lebenszyklusanalyse müsse dabei auch einbeziehen, ob durch den Anbau von Rohstoffen für die Bioraffinerie eine Konkurrenz in der Landnutzung entstehe. Durch Nut-

zung lignozellulosischer Rohstoffe scheine es aber möglich, eine solche Konkurrenz zumindest mit Blick auf den Anbau von Lebens- und Futtermitteln zu vermeiden.

Noch sei nicht geklärt, ob tatsächlich chemische Massengüter bei der Entwicklung neuer Bioraffinerien im Fokus stehen sollen, oder ob es eher um Spezialitäten gehen werde. In der Diskussion wurde dafür plädiert, nicht nur von der Schweiz als Produktionsstandort her zu denken. Wenn der Betrieb einer Bioraffinerie im Ausland günstiger sei, werde der Markt selbst den entsprechenden Schritt tun und die Anlage im Ausland erstellen. In diesen Fällen müsse man bereit sein, bloss die Technologie zu entwickeln und später die Bioraffinerie-Produkte zu importieren.

Für die Schweiz identifiziert Patel drei Herausforderungen im Bereich Forschung und Entwicklung:

- Erforschung optimaler Kombinationen von Rohmaterialien, Herstellprozessen und Zielprodukten, die in der Schweiz Sinn machen;
- Etablierung schneller und zuverlässiger Screeningmethoden des Absatzmarktes, um mögliche Anwendungen zu identifizieren;
- Beweisen, dass Wertschöpfungsketten möglich sind, mit denen sich Schweizer Biomasse energieeffizient zu Endprodukten verarbeiten lässt, wobei ein Ziel ist, dass die Stoffkreisläufe möglichst geschlossen werden.

In der anschliessenden Diskussion wurde aufgrund dieser Auslegeordnung betont, Massenchemikalien könnten kaum je ein interessantes Potenzial für die Schweiz bergen. Viel eher gelte es, sich höherwertigen Chemikalien (Spezialchemikalien, Additive etc.) zuzuwenden. Hier sei es für ausgewählte Produkte möglich, dass die Schweiz mittelfristig eine Führungsposition einnehmen werde.

3. «Steam Explosion» als Königsweg für die Ligninnutzung

Detaillierter hatte **Thomas Pielhop vom Institut für Verfahrenstechnik der ETH Zürich** die Rohstoffbasis und -bereitstellung in der Schweiz und in Europa untersucht. In seiner von Professor **Philipp Rudolf von Rohr** betreuten Doktorarbeit hatte er sich der Frage gewidmet, wie man aus Holz Treibstoffe und andere Chemikalien in einer möglichst grossen Ausbeute gewinnen kann. Dabei ist wichtig zu wissen, dass hierzulande 70 Prozent Weichhölzer (Nadelhölzer) anfallen. Diese haben zwar den Vorteil, dass sie relativ schnell wachsen und aufgrund ihres hohen Anteils an C6-Zucker – anders als die im Hartholz vorherrschende Hemizellulose mit einem hohen Anteil von C5-Zucker – einfacher zu fermentieren sind. Doch ein Handicap ist bis heute der hohe Ligninanteil von rund 35 Prozent und dessen besondere Struktur.

Schon heute werden chemische Produkte aus diesem Lignin gewonnen, beispielsweise wurde in den Achtzigerjahren künstliches Vanillin zu 60 Prozent aus Lignin hergestellt, das bei der Papierherstellung anfällt. Allerdings kam früher bei der Verarbeitung von Lignin zu Vanillin Schwefelsäure zur Anwendung, was zu grossen Mengen von Reststoffen mit entsprechender Umweltbelastung führt. Auch Polymere können aus Lignin gewonnen werden, allerdings nicht in durchsichtiger Qualität. Zudem sind sie mit Schwefelgeruch behaftet, falls das Lignin aus der Papierherstellung stammt. Doch ohnehin macht die bisherige Fokussierung auf jeweils nur ein Zielprodukt solche Anlagen ineffizient. Sinnvoller wäre es,

eine Palette verschiedener Zielprodukte zu definieren, um die Ausbeute der Ligninverwertung zu verbessern. Die erwähnten limitierenden Faktoren und die schwierige Depolymerisation von Lignin führen dazu, dass in den heutigen Zellstofffabriken Lignin nicht weiterverarbeitet, sondern meist zur Energienutzung verbrannt wird.

Zahlreiche Versuche zeigen, dass die bisherigen Methoden für die chemische Vorbehandlung von Holz für die Mobilisierung von Lignin aus Weichholz, also Nadelholz, nicht überzeugen. In kontinuierlichen Prozessen tritt ein zusätzliches Problem auf: Wird das Holz in Form von Hackschnitzeln eingebracht, nutzt sich die Förderschnecke durch den hohen Mineralgehalt des Rohstoffs schnell ab, was die Produktionskosten in die Höhe treibt. Eine am Institut für Verfahrenstechnik untersuchte Methode ist das «Steam Explosion», eine Kombination von bis zu 235-gradigem Dampf, einem Druck von 25 bis 35 bar während etwa zehn Minuten und der Zugabe von 2-Naphthol. Da bis heute aber nicht alle Gründe für den Widerstand des Lignins in Weichholz gegen die Depolymerisation geklärt sind, muss das Verfahren des «Steam Explosion» noch optimiert werden. Entscheidend ist auch die Art des Ausgangsmaterials: Viel besser als Holzschnitzel eignet sich aufgrund der grösseren Oberfläche Sägemehl. Ein erstes kommerzielles Projekt auf dieser Basis soll 2016 in Finnland in Betrieb gehen, Details dazu sind allerdings noch nicht bekannt.

In der Diskussion wurde klar, dass die gleichzeitige Nutzung von Zellstoff und Lignin für eine Bioraffinerie zwar entscheidend sein könnte, um in den wirtschaftlichen Bereich zu gelangen; die Informationen zu den möglichen Absatzmärkten sind aber noch beschränkt. Investoren fehlen meist; ein Grund dafür liegt auch darin, dass die Entwickler ihre Erkenntnisse zu wenig aktiv kommunizieren.

Darüber hinaus gilt es, auch die Rohstofffrage zu klären: Sollen Nebenprodukte der Holzverarbeitung und gebrauchtes Holz im Zentrum stehen? Oder macht es Sinn, in der Schweiz Holz eigens für eine Bioraffinerie zu ernten? Zu beachten ist, dass der Holzmarkt sehr volatil ist. So gingen aufgrund des hohen Frankenkurses die Holzexporte in die EU und vor allem nach Italien deutlich zurück, während neuerdings grössere Mengen nach China ausgeführt werden – für diese wechselnde Verfügbarkeit des Rohstoffs müsste eine Schweizer Bioraffinerie gewappnet sein. Gleichzeitig stellen die Kosten des Holztransports einen wichtigen limitierenden Faktor dar. Eine Bioraffinerie kann daher hierzulande maximal ein Zehntel so gross sein wie eine Erdölraffinerie.

4. Pragmatische Herangehensweise statt Produktion um jeden Preis

Aufgrund des kleinen Marktes und der speziellen Kostenstruktur der Schweiz wäre es auch möglich, bei uns nur die Technologie zu skalieren und ihren Export voranzutreiben, im Gegenzug dann die in ausländischen Bioraffinerien gewonnenen Endprodukte wie Ethanol zu importieren. Diese These präsentierte **Serge Biollaz**, der am Workshop gleich mehrere Institutionen vertrat: das **Paul Scherrer Institut (PSI); BIOSWEET (Biomass for Swiss Energy Future) am Schweizerischen Kompetenzzentrum für Energieforschung, das am PSI angesiedelt ist; sowie die Plattform «The Swiss Wood Innovation Network» (S-WIN).** Letztere entwickelt Aktivitäten entlang der ganzen Wertschöpfungskette von Holz, also vom Rohstoff über geleimtes Spanholz und Papier bis zur Cellulose- und Zuckergewinnung, die als Cellulose-derivate respektive Futtermittel verwendet werden. Allen Holzprodukten gemein ist, dass

sie früher oder später, sei es durch direkte Verbrennung, sei es über den Umweg der Umwandlung zu Wasserstoff oder Methan, zur Energieproduktion genutzt werden können.

Biollaz zeigte auf, dass Biomasse heute erst einen kleinen Teil der Energieversorgung ausmacht, laut Szenarien der Internationalen Energieagentur aber deutlich wachsen und in der EU zum wichtigsten Energieträger werden soll. Bisher wurde Biomasse vor allem direkt zur Energienutzung verwendet. Bioraffinerien kranken daran, dass sie nur 50 Prozent der Rohstoffe nutzen – während Erdölraffinerien auf Ausnützungsquoten von 95 Prozent kommen.

Die Rahmenbedingungen in der Schweiz brachten Biollaz zu der Aussage: «Ich glaube nicht, dass in der Schweiz je eine kommerzielle Bioraffinerie stehen wird.» Doch entsprechend produzierte Energieträger könnten durchaus importiert werden, etwa um den ökologischen Fussabdruck zu verkleinern. Wo auch immer solche Anlagen entstehen, die Projektverantwortlichen müssten sich auf wechselnde Rohstoffqualitäten einstellen, die Inhaber bestehender Infrastrukturen einbeziehen und die Besitzer des Rohstoffs, also Waldeigentümer, frühzeitig ins Boot holen.

5. Schwyzer Firma mit breitem Energieportfolio

Wie eine solche enge Kooperation aussehen könnte, machte **Urs Rhyner**, stellvertretender **Geschäftsleiter der Agro Energie Schwyz**, deutlich. Das Unternehmen versorgt als halböffentliche Firma die Region Schwyz mit Ökostrom und Fernwärme aus Biogas und Holzenergie. Als Holzrohstoff kommen sowohl gebrauchtes Holz als auch Waldholzschnitzel zum Zug. Derzeit liefert das 60 Kilometer lange Fernwärmenetz Energie an 4500 Haushalte. Als nächstes Projekt ist ein 20 MW_{th}-Holzheizkraftwerk geplant mit einem 4.5 MW_{el} Dampfkreislauf. Es soll das Restholz des grössten Schweizer Sägewerks, der Schilliger Holz AG in Küssnacht, übernehmen. Dabei wird das Restholz differenziert genutzt: Cellulosehaltige Holzschnitzel gelangen nach wie vor in die Perlen AG zur Papierproduktion; Sägemehl wird getrocknet und zu Pellets gepresst und weiterverkauft; Restholz – hauptsächlich Rinden – wird vor Ort in Strom und Wärme umgewandelt. Neben Technik, Finanzierung und Rohstoffversorgung gilt es jedoch, eine weitere Hürde zu nehmen, wie Rhyner in einer subjektiven Einschätzung des Projekts aufzeigte: «Mehr als 50 Prozent der Risiken, ob ein Projekt zustande kommt oder nicht, entfallen auf die Bewilligungsverfahren.» Zwei weitere substanzielle Risikokomponenten sind die Finanzierung und das Verhalten der Konkurrenz. Aktuell zeigt sich die juristische Herausforderung an einem Wärmespeicher, der als Tank mit einem Fassungsvermögen von 28'000 Kubikmetern Wasser geplant ist und in der Öffentlichkeit aus ästhetischen Gründen Kritik ausgesetzt ist. Der Speichertank soll den Druck im Fernwärmenetz aufrechterhalten, die Spitzenbezugswerte sicherstellen, die Wärmeproduktion zeitlich vom Verbrauch entkoppeln und bei Betriebsunterbrüchen zwei Tage lang für Versorgungssicherheit sorgen. Das 60 Meter hohe Bauwerk löste in einer ersten Mitwirkung drei Einwände aus; so wurde eine zweite Version mit Behörden und Schutzverbänden ausgearbeitet. Eine Zonenplanänderung, verbunden mit einer Volksabstimmung, wird frühestens 2017 möglich sein. Ein Indiz dafür, dass das Unternehmen nicht nur auf eine Energietechnologie setzt, sondern sich möglichst breit diversifizieren will, ist die Tatsache, dass auch ein industrieller Holzvergaser der Marke Revogas, ein allothermer Wirbelschicht-Vergaser mit einer Leistung von 2 MW_{th} und einem Blockheizkraftwerk von 500 kW_{el}, möglichst bald realisiert werden sollen.

6. Diskussion zur Nutzung für Energieprodukte und Chemieprodukte

Die anschliessende Diskussion führte zu mehreren Überlegungen hinsichtlich Bewilligungsverfahren und Einbindung der lokalen Bevölkerung. Weil es in der Schweiz keine etablierte Branche zur Erstellung von Bioraffinerien gibt, fehlen häufig die Investoren; in der Folge werden an sich marktfähige Projekte nicht umgesetzt. Auch die Begriffsklärung kann eine Hürde sein, weil in den Gesetzestexten die entsprechenden Anlagen nicht vorgesehen sind und die Behörden deshalb zögern, eine Baubewilligung zu erteilen. Als Beispiel für dieses Phänomen wurde angeführt, dass in der aktuell gültigen eidgenössischen Luftreinhalteverordnung der Begriff «Holzvergasung» nicht existiere. Angemerkt wurde auch, dass der Begriff «Bioraffinerie» nach einer Milliardeninvestition töne und für Laien eine negative Konnotation haben könne. Dabei seien in der Schweiz nur relativ kleine Anlagen rentabel zu betreiben. **Die Problematik der Begrifflichkeit sei bei allfälligen Projekten unbedingt zu berücksichtigen.**

In zwei Arbeitsgruppen wurden anschliessend die beiden Ausrichtungen von holzbasierten Bioraffinerien auf Energieprodukte und -dienstleistungen respektive auf chemische Produkte eingehender diskutiert. Nachfolgend einige Kernaussagen aus der Diskussion und der anschliessenden Kurzpräsentation.

Arbeitsgruppe A: Energieprodukte und -dienstleistungen

(Leitung: **Oliver Kröcher, SCCER Biosweet**)

- Die Stärke der Holzvergasung ist, dass mit ihr auch schlechte und wechselnde Holzqualitäten verwertbar sind.
- Die Nachfrage nach Wärme dürfte angesichts der zunehmend besser isolierten Häuser langfristig zurückgehen. Allerdings ist bereits heute teilweise ein Rebound-Effekt zu beobachten, weil zum Beispiel die Zimmertemperaturen höher liegen oder wenn ein Teil der eingesparten Wärme für Luxuseinrichtungen wie einen privaten Swimmingpool verwendet wird. Industrie und Grossverbraucher wie Spitäler, Heime und Schulhäuser werden auch langfristig viel Wärme – und zunehmend Kälte – nachfragen. Entsprechend wichtig ist, diese Grossabnehmer bei der Projektplanung einzubeziehen.
- Wie schlüsselt sich der Verbrauch zwischen zentral und dezentral auf? Strenge Luftreinhaltegesetze erschweren eine eher dezentrale Versorgung. Ohnehin ist eine zentrale Energiebereitstellung generell wirtschaftlicher und umweltverträglicher, entspricht aber nicht unbedingt der Nachfrage; denkbar ist, Methan oder Wasserstoff zentral zu erzeugen und anschliessend dezentral zu nutzen.
- Im Bereich Mobilität ist die Entwicklung unklar, eindeutige Trends fehlen: Ethanol, Methanol oder Dimethylether sind mögliche Energieträger, die aus Bioraffinerien gewonnen werden können. Doch am Schluss entscheidet der Kunde, welche Art Mobilität er will. Obwohl es für die Ökobilanz entscheidend ist: Häufig ist dem Kunden egal, ob sein Treibstoff aus Holz oder Erdöl, aus einer in- oder ausländischen

Energiequelle stammt. Wie weit ein Aufschlag für Treibstoff aus einer Bioraffinerie bezahlt wird, ist abzuklären.

- Wird Holzenergie importiert, kann dies in Form von Pellets respektive Holz oder in veredelter Form als Endprodukt einer Bioraffinerie geschehen – auch diese Unterschiede müssen analysiert werden.
- Die optimale Anlagengrösse hängt auch vom Grad der Vorbehandlung des Rohstoffs ab.
- Eine wachsende Bedeutung könnte die thermische Vorbehandlung von gebrauchtem Holz durch Torrefizierung erlangen. Ein entsprechendes Projekt für die kleinskalige Torrefizierung von Abfallbiomasse wurde an der HEIG/VD umgesetzt. Der Energieinput für die Bereitstellung des torrefizierten Brennstoffs muss aber immer kleiner sein als der energetische Gewinn durch ein einfacheres Handling des Brennstoffs.
- Die Holzvergasung wird als aussichtsreiche Technologie zur Bereitstellung von gasförmigen Energieträgern angesehen. Als Beispiel wurde das Projekt «GAYA» an der Universität Lyon zur Gasproduktion genannt. Zudem soll ein Holzvergaser durch die Schweizer Cosvegaz SA in Cossonay/VD installiert werden.

Arbeitsgruppe B: Chemische Produkte

(Leitung: **Paul Dyson, EPFL**)

- In seiner Einführung legte Paul Dyson dar, dass die traditionelle Erdöl-Raffinerie viel simplere Moleküle erzeugt, als aus Biomasse gewonnen werden können. Das birgt die Gefahr, dass die Bio-Moleküle zu stark zerlegt und anschliessend wieder aufwendig neu zusammengesetzt werden. «Die Herausforderung ist, diesen Prozess zum richtigen Zeitpunkt zu stoppen und sicherzustellen, dass das dann vorliegende Produkt Abnehmer hat», so Dyson.
- Eine weitere Herausforderung besteht darin, chemische/ enzymatische und biologische Herangehensweisen nicht als gegenseitige Konkurrenz zu sehen, sondern vielmehr Möglichkeiten zu suchen, diese Prozesse miteinander zu verschränken oder zu integrieren.
- Schliesslich gilt es, systematisch aufzulisten, welche technischen Fragen noch unbeantwortet sind, sowie die Bedürfnisse der Industrie abzuklären und daraus die Marktchancen einzelner Produkte abzuleiten.
- Mehrheitlich einig war sich die Gruppe, dass man nicht die zwölf Bulk-Chemikalien gemäss der Definition der US-Regierung im Fokus haben sollte. Vielmehr seien hierzulande Spezialitäten das Ziel: In der Hochpreisinsel Schweiz sei eine «Boutique-, nicht eine Grundstoffraffinerie» gefragt.
- Zudem soll man weniger von bestehenden Produkten her denken und somit nicht einfach traditionell petrochemisch erzeugte Stoffe ersetzen, sondern auch neue Verbindungen anstreben.
- Weiter gilt es, noch stärker vom Markt her zu denken: Entscheidend ist nicht, was man alles in einer Bioraffinerie herstellen könne, sondern was der Markt tatsächlich nachfragt.
- Dennoch darf der Rohstoff nicht vergessen werden und die Palette möglicher Rohstoffe muss auch Alt- und Restholz umfassen.

- Zu analysieren sind weiter die politischen Rahmenbedingungen. In Deutschland etwa gibt es eine klar definierte Strategie in Richtung biobasierte Wirtschaft – selbst ausländische Firmen, die in Deutschland investieren, werden in unserem nördlichen Nachbarland im Rahmen dieser Politik unterstützt. Eine ähnliche Politik scheint es auch in Finnland zu geben. In der Schweiz hingegen ist man im Bereich biobasierter Wirtschaft weit entfernt von einer Politik wie etwa der Energiestrategie 2050 zum Thema Energie. Die Frage bleibt offen: Was sind die treibende Kräfte, um in der Schweiz Bioraffinerien vorwärts zu bringen? Sind neben der erwähnten Wirtschaftlichkeit auch die Autarkie, die Versorgungssicherheit und die Stärkung der inländischen Wertschöpfung Argumente?
- Im Fokus sollten die erfolgreichsten Technologien stehen, die mit Unterstützung etwa der KTI und/oder von Risikokapital an die Marktreife herangeführt werden können.
- Ein Vertreter der Pharmaindustrie gab zu bedenken, dass selbst die Vitaminproduktion zunehmend nach Asien abwandert. Für Bioraffinerien, die solche Stoffe potenziell aus Biomasse statt Erdöl erzeugen, heisst dies, dass man die Technologie eher nach Asien exportieren soll, statt die Anlagen in der Schweiz zu erstellen und zu betreiben.
- High Value-Produkte werden nur in kleinen Mengen benötigt, entsprechend klein ist die benötigte Menge an Biomasse und der Einfluss des Preises der Rohstoffe. Doch auch bei solchen Spezialitäten muss die Biomasse möglichst umfassend genutzt werden. Dennoch soll eine Variabilität von Endprodukten angestrebt werden, um die Anlage langfristig wirtschaftlich stabil zu betreiben. Diese brauchen nicht alle High Value-Produkte zu sein, sondern können die ganze Bandbreite von Low, Mid und High Value abdecken.
- Denkbar ist, die Philosophie von Biomasse als Rohstoff weiter zu denken als nur bis zum Endprodukt, so Paul Dyson: «Schweizer Firmen könnten die moralische Verpflichtung zur Maxime machen, die Verschmutzung durch ihre Produktionsprozesse insgesamt zu minimieren und diese inneren Werte mit der Bevölkerung teilen.» Das würde bedeuten, dass diese Firmen auch interessiert wären, nicht bloss Wirkstoffe zu beziehen, die aus nachwachsenden Rohstoffen hergestellt wurden, sondern auch Wärme, Strom, Mobilität und Verpackungsmaterialien. Eine solche umfassendere Betrachtung würde das Potenzial von Produkten und Dienstleistungen aus Schweizer Bioraffinerien deutlich vergrössern.
- Um eine solche umfassende Philosophie salonfähig zu machen und überhaupt erst aufzuzeigen, wurde die Idee geäussert, nach dem «System Brückenkopf» zu arbeiten: Ist erst einmal ein Leuchtturmprojekt etabliert, wird es einfacher fallen, die Methode breiter bekannt zu machen.
- Wichtig ist auch eine Plattform, die Kooperationen zwischen Chemie und Anbietern von Bioraffinerien erleichtert und politische Prozesse lanciert – analog zur bereits existierenden Plattform SCCER/Biosweet im Bereich der energetischen Holznutzung.

7. Schlüsselfaktoren für eine stabile Finanzierung

Nach der Präsentation der wichtigsten Ergebnisse aus den Arbeitsgruppen machte **Guido Hora vom Fraunhofer Institut für Holzforschung, Wilhelm-Klauditz-Institut (WKI)**, in seinem Referat auf die Schlüsselfaktoren aufmerksam, die den wirtschaftlichen Erfolg von Bioraffinerien auf Basis lignocellulosehaltiger Biomasse beeinflussen. Dazu ge-

hören bei den Investitionskosten die Grösse der Anlage, während es bei den Betriebskosten die Beschaffung der Rohstoffe, die Erlöse der produzierten Stoffe und mögliche Skaleneffekte zu berücksichtigen gilt. Sowohl Rohstoffpreise als auch Verkaufserlöse schwanken stark und hängen häufig direkt vom Erdölpreis ab. Erfolgsentscheidend ist auch, die weichen Faktoren zu beachten – in Deutschland etwa die Einbettung von Bioraffinerien in die «Nationale Politikstrategie Bioökonomie».

Anhand einer Modellrechnung für einen Prozess zur Gewinnung von Organosolv-Lignin (Nebenprodukte: Glukose, gelöstes Lignin und Xylose) zeigte Hora, dass je nach Zusammensetzung des Rohstoffs – Holzart, gebrauchtes Holz – und je nachdem, ob die Prozessführung mit oder ohne Schwefelsäure erfolgt, die Investitionskosten deutlich variieren können. Hora empfiehlt, bei einer schlechten Ertragsstruktur zu überprüfen, ob eine Anpassung des Prozesses die Menge der Zielprodukte so verändern kann, dass der Erlös positiver ausfällt.

Ein erfolgreiches Beispiel aus der Praxis ist die kanadische Firma Enerkem, die Siedlungsabfall in Methanol, Ethanol und andere chemische Zwischenprodukte umwandelt. Die Erfahrungen zeigen unter anderem, dass die verschiedenen Stakeholder möglichst früh an Bord genommen werden sollten, gerade auch, was die nationale, föderale oder regionale Gesetzgebung angeht. Die Preise müssen langfristige Szenarien einbeziehen und bei den Investitionen sollte abgeklärt werden, ob ein Joint Venture sinnvoll ist. Bei den produzierten Stoffen empfiehlt es sich, statt auf nur ein Pferd zu setzen, von Anfang an mindestens drei mögliche marktfähige Verkaufsprodukte zu erzeugen, um die Anlage auch unter wechselnden Marktbedingungen profitabel betreiben zu können.

Anhang: Programm des Workshops

Topic	Speaker / Chair
08.30 Coffee & registration	
09.00 Welcome, goals & schedule of the workshop, NRP 66, key questions	KTT-Team NRP 66 (Bellini/Beer)
09.15 Round of introductions of the participants	
PART 1 BIO-REFINING WOOD CONCEPTS: Introduction, developing a common understanding of the topic	
09.30 Introduction to product-based bio-refinery concepts: (20') Overview of existing bio-refinery system designs and their relative advantages / value added. Biochemical routes, thermo-chemical routes and the combination. Overview of the current research within NRP 66 and outside. Assessment methods and supply chain integration	F. Maréchal, EPFL
(10') Round of questions and reactions	
10.30 Biorefinery: a new source for green chemicals? (20') overview (lactic acid, succinic acid, acetic acid, propane diol etc.), assessment methods and results for first and second generation biorefineries	Martin Patel, Université de Genève

(10')	Round of questions and reactions	
11.00	Break	
11.20 (30')	Combined production of fuels and chemicals from wood: One of the major innovation challenge in the area of biochemistry and bioenergy? Why? Chemical and Process Engineering aspects. Questions and statements for the further discussion	P. Rudolf von Rohr and Thomas Pielhop, ETH Zürich
11.50-	Plenary discussion.	Moderation:
12.20	Key question: Which biorefinery concepts would be best suited to Switzerland or certain regions (in terms of scale/ size and location of the plants, value added and the impact on wood resources)? Which is the best way of bio-refining wood in Switzerland?	KTT-team NRP 66
12.20	Short introduction to the exhibition	Peter Fischer, director
12.30	Lunch with exhibition visit "About Trees"	Zentrum Paul Klee



PART 2 BIO-REFINING WOOD IN SWITZERLAND: OPPORTUNITIES AND LIMITS

Energetic sectors: "confrontation" between Academia and Industry

- 13.45 **Energetic products and services from biomass: Bio-** S. Biollaz, PSI and Urs Rhyner,
(30') **Methane, Electricity and Heat.** State of advancement of re- AGRO Energie Schwyz
search, innovation steps and gaps, market and implementation
perspectives. Contribution and potential of wood.

14.15 Questions and transfer to the groups

Parallel discussion sessions: Is there a market and opportunities for Swiss-Industry for products and services derived from wood biomass in general and in particular in Switzerland? How should Switzerland position itself in the global market of bio-refining?

- 14.30- **Group 1:** **Group 2:**
15.30 **ENERGETIC PRODUCTS and SERVICES.** **CHEMICALS PRODUCTS BASED ON WOOD-**
(60') **Focus on gas, electricity and heat from** **BIOMASS**
wood-biomass **Topic: From commodity chemicals to high value**
chemicals: utility and markets for such products?
- Animation:** Prof. Dr. Oliver Kröcher, Head, SCCER BIOSWEET **Animation:** Paul Dyson, EPFL with Enrico Bellini (KTT NRP66)
- Discussion with representatives and invited suppliers from gas, electricity and heat, energy users, energy and technical experts and associations
- Discussion with researcher and representatives of the industry and associations

15.30 **Short break and transfer to the plenary session**

15.45 Plenary session an discussion: Feedbacks of the groups (2x15')

PART 3 BIO-REFINING WOOD CONCEPTS:

Developing a common understanding, news aspects and outlook

- 16.15 **Economical aspects: Key factors for the economic model-** Dr. Guido Hora, Fraunhofer Institute
(30') **ling of lignocellulosic bio refinery concepts** for Wood Research
- The major challenge before investing in lignocellulosic bio refining plants lies in the identification and calculation of major cost factors, revealed mainly in CAPEX and OPEX costs. Major cost driving factors, such as price of feedstock, scale of plant, investment costs, output products and others and their impact on the economy of scale must be modelled and analyzed. Additional "soft" factors play vital roles in the success of any economic model.

16.45 Conclusions & outlook of next workshop KTT-Team NRP 66
(Bellini/Beer)

17.00 **End**