

# Die globale Entwicklung der Bioenergie aus Sicht des IEA Bioenergy Agreements

**Manfred Wörgetter**

Bioenergy 2020+ GmbH., Standort Wieselburg, Gewerbepark 3, A 3250 Wieselburg, +436505532916, [Manfred.Woergetter@Bioenergy2020.eu](mailto:Manfred.Woergetter@Bioenergy2020.eu), [www.bioenergy2020.eu](http://www.bioenergy2020.eu)

**Kurzfassung:** Der Beitrag stellt den Stand der Entwicklung der Bioenergie aus Sicht des IEA Bioenergy Agreements dar und basiert vorwiegend auf den Ergebnissen der IEA Bioenergy Konferenz 2015 in Berlin. Behandelt werden Ressourcen, Versorgungssysteme, Umwandlung, Endprodukte und Querschnittsthemen wie Umwelt und Gesellschaft.

Innovative technologische Lösungen setzen sich mehr und mehr durch, der Umstieg ist jedoch komplex. Zentrale Herausforderung ist die Versorgung mit Biomasse für die Industrie und die Energieerzeugung. Die Sicherung der Ernährung hat jedoch Vorrang. Generell lässt sich ein Wandel der Bemühungen in Richtung Kostensenkung, Effizienzsteigerung, Kreislaufwirtschaft und Bioraffinerien beobachten.

**Keywords:** IEA, IEA Bioenergy, Bioenergie, Energie aus Biomasse; Verbrennung, Vergasung, Pyrolyse, Torrefizierung, Biogas, Biotreibstoffe, Biomassepotentiale, Mobilisierung von Biomasse, Algen, Nachhaltigkeit, Biomassehandel, Biokerosin, Biojetfuels.

## 1 Zur Einführung

Der Beitrag baut auf den Präsentationen der IEA Bioenergy Konferenz im Oktober 2015 in Berlin auf, in der über 50 Präsentationen der aktuelle Stand der Arbeiten der Periode 2013 bis 2015 präsentiert wurde. Der Großteil der Präsentationen ist im Internet zugänglich (<https://ieabioenergy2015.org/proceedings/>). Der Exkurs über Bioenergie in der IRENA basiert auf einem Beitrag im Exekutivkomitee von IEA Bioenergy.

## 2 Österreich im IEA Bioenergy Agreement

IEA Bioenergy (IEA-B) steht für eine Kooperation im Rahmen der Internationalen Energieagentur. Derzeit sind 23 Staaten im Bioenergieabkommen vertreten, weitere Länder haben Interesse angemeldet. IEA-B befasst sich mit der Demonstration neuer Technologien, stellt politische Analysen bereit und zielt auf die Kommerzialisierung nachhaltiger Bioenergiesysteme. Behandelt werden Ressourcen, Versorgungssysteme, die Umwandlung und die Endprodukte. Von zentraler Bedeutung ist der Austausch von Informationen mit Industrie, Wirtschaft, Politik und Verwaltung sowie die Zusammenarbeit mit internationalen Organisationen wie der FAO, der Weltbank, dem IPCC, IRENA und der Global Bioenergy Partnership (<http://www.ieabioenergy.com/>).

IEA-B befasst sich mit der Wertschöpfungskette vom Rohstoff bis zu den Endprodukten und Märkten einschließlich der Querschnittsmaterien wie Umwelt und Gesellschaft.

Wertschöpfungskette Bioenergie			
Ressourcen	Versorgung	Konversion	Endprodukt
Forstwirtschaft		Biochemisch	Treibstoff
Kurzumtriebsholz	Ernte	Thermochemisch	Wärme
Rückstände der LW	Lagerung	Physikalisch	Strom
Energiepflanzen	Logistik	Chemisch	Brennstoffe
Müll	Handel	Bioraffinerien	
Algen			

Querschnittsthemen: nachhaltige Entwicklung (Umwelt, Wirtschaft und Gesellschaft); Systemstudien, Lebenszyklusanalysen, Analysen von Barrieren, Strategien; Standardisierung und Normierung

<http://www.ieabioenergy.com/our-work-tasks/>

Die Arbeitsperioden im Agreement erstrecken sich über jeweils drei Jahre, die Arbeiten laufen in zehn Tasks, die Nummerierung hat historische Gründe.

32 - Verbrennung	38 - Klimaänderung
33 - Vergasung	39 - Treibstoffe
34 - Pyrolyse	40 - Bioenergiehandel
36 - Müll	42 - Bioraffinerien
37 - Biogas	43 - Biomasserohstoffe

Der Informationsaustausch erfolgt vorwiegend über Workshops und Internetmedien sowie in nationalen Netzen. Am Ende von Triennien werden die Ergebnisse der Periode und damit der Stand der Entwicklung in einer Konferenz dargestellt.

Österreich hat 1979 als eines der ersten Länder das Agreement unterzeichnet. Seither haben es die Beteiligten geschafft, wichtige Beiträge zur Technologieentwicklung zu leisten und damit zur weltweiten Einführung menschen- und umweltgerechter Bioenergie beizutragen. Die Teilnahme wird vom Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie finanziert, ist eine wichtige Ergänzung zur österreichischen Energieforschung und spiegelt sich in den nationalen Forschungsprogrammen wider. Österreich beteiligt sich an den Tasks Verbrennung, Vergasung, Biogas, Biotreibstoffe, Märkte und Bioraffinerien ([www.nachhaltigwirtschaften.at/iea/results.html/id1970](http://www.nachhaltigwirtschaften.at/iea/results.html/id1970)).

### 3 Potentiale und Märkte

#### 3.1 Die Rolle der Bioenergie im IEA Mid-Term Market Report 2015

Adam Brom von der Renewable Energy Division der Internationalen Energieagentur fasste die Ergebnisse des Marktberichts zusammen:

- Erneuerbare Energie wächst trotz ungünstiger Rahmenbedingungen
- Die Auswirkungen der niedrigen Preise sind bei der Verstromung geringer
- Biostrom steht im Wettbewerb mit anderen erneuerbaren Energien
- Biotreibstoffe brauchen die Unterstützung der Politik
- Fortgeschrittene Biotreibstoffe erzielen erste Erfolge
- Die Integration in nachhaltige Energiesysteme ist erfolgversprechend

### **3.2 Potential, Chancen und Grenzen**

Denys Yemshanov von Natural Resources Canada führte in das globale Potential ein. Die derzeitige „traditionelle“ Bioenergie wird mit 28 bis 48 PJ beziffert. Im Jahr 2000 haben „Neue Bioenergien“ 7 EJ beigetragen, führend sind Brasilien, die USA und Deutschland. Wissenschaftliche Arbeiten weisen extrem unterschiedliche Potentiale aus, Spitzenwerte bis zu 1500 EJ werden für 2050 genannt. Mit Energiepflanzen könnten 25 bis 675 EJ realisiert werden.

Die Entwicklung wird in marktorientierten Ländern vorwiegend durch den privaten Sektor getragen. Für realistische Einschätzungen sollen bekannte Einschränkungen und verhaltensökonomische Faktoren berücksichtigt werden. So schränken z.B. die Nachhaltigkeitskriterien der EU das globale Potential auf weniger als 100 EJ ein. Marktbasierete Ansätze führen zu stabilen Prognosen, wenn Regierungen einen Rahmen setzen. Volatile Politik zerstört das Vertrauen der Akteure. Ebenfalls zu berücksichtigen ist die Sichtweise der Landbesitzer. Der Forschung ist zu empfehlen, Augenmerk auf die Kosten der Urproduktion und auf den Wettbewerb zu legen.

### **3.3 Standardisierung von Biobrennstoffen und Biomasserohstoffen**

Daniela Thrän vom Deutschen Biomasseforschungszentrum und Uwe Fritsche vom Internationalen Institut für Nachhaltigkeitsanalysen gaben eine Übersicht über den Stand der internationalen Standardisierung. Genormt wurden und werden Rohstoffe, Produkte sowie Verfahren und Methoden zur Ermittlung von energie-, umwelt-, nachhaltigkeits- und wirtschaftlichkeitsbezogenen Eigenschaften. Während bereits heute eine Reihe von technischen ISO- und CEN-Normen etabliert ist, besteht dringender Bedarf an Nachhaltigkeitsstandards insbesondere für die Bereitstellung von Rohstoffen.

### **3.4 Marktaufbau von „Aviation Biofuels“**

Maarten van Dijk von skyNRG in den Niederlanden stellte die Aktivitäten seines 2009 gegründeten Unternehmens vor. SkyNRG ist ein Joint Venture mit der KLM und hat den Aufbau eines wettbewerbsfähigen Marktes für Biotreibstoffe zum Ziel. SkyNRG versorgt seit 2013 mehr als 20 Luftlinien auf fünf Kontinenten mit Biotreibstoffen und ist zum Marktführer bei Bio-Jetfuels geworden. Zu den Kunden gehören KLM, Air France, Air Canada, Etihad, Qantas, Thai, Airbus und Boeing. SkyNRG kümmert sich um die Zertifizierung und ist um die Realisierung von konkreten Projekten bemüht. Darüber hinaus unterstützt SkyNRG den Marktaufbau durch die Entwicklung regionaler Versorgungsketten (Rohstoffe, Technologie, Logistik) und betreibt Öffentlichkeitsarbeit.

Der Markt für „Aviation Biofuels“ entwickelt sich dynamisch. Nach Testflügen im Jahr 2008 startete die Lufthansa im Jahr 2012 mit kommerziellen Flügen, Air Alaska, Delta und KLM folgten. Cathay Pacific, KLM, Virgin Australia, GOL und British Airways setzten 2013 Initiativen zum Aufbau von Versorgungsketten. Aus technischer Sicht müssen „Aviation Biofuels“ die strengen Spezifikationen an Jet Fuel erfüllen und den Anforderungen der ASTM D7566 - D1655 an Jet A Kerosin genügen.

#### Potentielle Biojetfuels

ASTM-zertifiziert	Zertifizierung beantragt
Fischer-Tropsch (FT)	Alcohol to Jet (ATJ)
Hydrierte Ester und Fettsäuren (HEFA)	Hydrotreated Renewable Diesel (HRD)
Direct Sugars to Hydrocarbons (DHSC)	Catalytic Hydrothermolysis (CH)
	Hydrotreated Depolymerized Cellulosic Jet (HDCJ)

Über den kommerziellen Einsatz entscheiden Verfügbarkeit, Nachhaltigkeit und der Preis.

### 3.5 Bioenergie in der IRENA

Die „International Renewable Energy Agency“ (IRENA) ist eine internationale Regierungsorganisation mit dem Ziel der Förderung erneuerbarer Energie. Die Gründung geht auf eine Initiative der UNO zurück. Derzeit sind 144 Staaten in IRENA vertreten.

Erneuerbare Energien entwickeln sich rasch, für 2030 scheinen folgende Anteile am globalen Energieverbrauch realisierbar (Werte in % der globalen erneuerbaren Energie):

China	20	Deutschland	2
USA	13	Russland	2
Brasilien	7	Japan	2
Indien	6	UK, Frankreich, ...	1
Kanada	3	Rest „modern“	23
Indonesien	3	Rest „traditionell“	10

Das Potential für moderne Bioenergie ist vorhanden, bis 2030 ist eine Vervielfachung moderner Bioenergie möglich. Beim derzeitigen Tempo der Entwicklung werden die oben genannten Ziele verfehlt. Um die angestrebten Mengen an Biotreibstoffen zu erreichen, sind folgende Fragen zu beantworten:

- Wie groß ist das realisierbare Potential in Hinblick auf die THG Emissionen?
- Welche politischen Maßnahmen sind für die Umsetzung erforderlich?
- Wie weit ist die Entwicklung der fortgeschrittenen Biotreibstoffe und was kosten sie?

Entscheidend für den Erfolg ist die Verfügbarkeit von Rohstoffe. Mit folgenden Maßnahmen können die verfügbaren Mengen gesteigert werden:

- Landwirtschaft:
  - Nutzung von Reststoffen und Steigerung der Reststoffträge
  - Nachhaltige Intensivierung
  - Verringerung der Verluste entlang der Wertschöpfungskette
  - Steigerung der Effizienz der Tierzucht, Verringerung der Nachfrage nach Fleisch
- Forstwirtschaft:
  - Nutzung von Rückständen der Forstwirtschaft
  - Steigerung der Ernteerträge durch Verbesserungen in der Forstwirtschaft
  - Aufforstung von Grenzertragsflächen und degradiertes Flächen
- Entwicklung innovativer Rohstoffe wie z.B. Algenbiomasse

Ebenfalls notwendig sind die Entwicklung nachhaltiger Bereitstellungsketten, die Verbesserung der Wirtschaftlichkeit und der Ausbau des Handels.

### 3.6 Bioenergie in Deutschland

Der Anteil erneuerbarer Energie am Primärenergieverbrauch ist von 5,7 % im Jahr 2006 auf 11,3 % im Jahr 2014 gestiegen. Gleichzeitig ist der Energieverbrauch von 14,5 EJ auf 13,1 EJ gesunken. Der Anteil der Erneuerbaren stellt sich wie folgt dar:

	Gesamtanteil (%)	Anteil an erneuerbarer Energie (%)
Wasserkraft	0,5	5
Wind	1,6	14
Photovoltaik	1,0	9
Solarwärme	0,2	2
Geothermie	0,3	3
<b>Biogene Abfälle</b>	<b>1,0</b>	<b>9</b>
<b>Biomasse</b>	<b>6,7</b>	<b>59</b>

Die Erzeugung erneuerbaren Stroms hat sich seit 2004 verdreifacht. Den größten Anteil liefert Wind, gefolgt von Biomasse und Sonnenstrom. Letzterer weist die stärksten Zuwachsraten auf. Die Zahl der Biogasanlagen hat sich von 3711 im Jahr 2008 auf 8005 im Jahr 2014 mehr als verdoppelt. Die Zahl der Anlagen zur Biomethanproduktion ist von 13 im Jahr 2008 auf 170 im Jahr 2014 gewachsen. Die Zahl der installierten Biowärme- und KWK-Anlagen ist von ca. 80 Anlagen im Jahr 2002 auf ca. 670 im Jahr 2013 gestiegen.

Der Anteil von Biotreibstoffen am gesamten Treibstoffverbrauch hat 2007 den Höchstwert von 7,4 % überschritten und liegt seither zwischen 5,1 und 6,0 %. Der Anteil von Biodiesel sinkt, der von Ethanol steigt. Seit 2012 ist hydriertes Pflanzenöl am Markt. Reines Pflanzenöl für adaptierte Motoren ist fast vom Markt verschwunden.

Das Programm zur Erzeugung von erneuerbaren Rohstoffen ist ambitioniert. Die Anbaufläche ist von 1,4 Mio. ha im Jahr 2005 auf fast 2,5 Mio. ha im Jahr 2015 gewachsen, 1,4 Mio. ha davon wurden für die Biogaserzeugung gebraucht. Öl- und Eiweißpflanzen für Biodiesel wurden auf 0,62 Mio. ha, Stärke- und Zuckerpflanzen für Ethanol auf 0,18 Mio. ha angebaut.

Pfeiler der Entwicklung sind die effiziente Energienutzung und die Steigerung des Anteils erneuerbarer Energie. Biomasse soll mehr als die Hälfte der erneuerbaren Energie liefern. Das Potential für den weiteren Ausbau der Bioenergie ist vorhanden, 1640 PJ sind laut FNR realisierbar. Die Herkunft kann sich wie folgt aufteilen:

	in PJ	in %
Energiepflanzen	740	11
Forstliche Biomasse	360	5
Landwirtschaftliche Koppelprodukte	300	4
Biogene Abfälle	240	3
<b>Gesamt</b>	<b>1640</b>	<b>23</b>

Der Erfolg der „Energiewende“ beruht auf einem langjährigen strategischen, von der Politik und der Verwaltung getragenen Ansatz. Die Maßnahmen für die zukünftige Entwicklung in Richtung Bioökonomie lassen weitere Fortschritte erwarten.

## 4 Technologien

### 4.1 Verbrennung

#### **Fortgeschrittene Biomassecharakterisierung**

Ingwald Obernberger, BIOS Graz, präsentierte seine Arbeiten zur Charakterisierung „schwieriger Biobrennstoffe“ (landwirtschaftliche Biomassen, biogene Abfälle, Energiepflanzen). Diese sind durch hohen Aschegehalt, Verschlackungsneigung, Rückstandsbildung, korrosives Verhalten der Aschen sowie höhere Partikelemission bei der Verbrennung gekennzeichnet.

Zur Beurteilung wurde ein dreistufiges Verfahren bestehend aus Ascheanalysen, thermodynamischen Gleichgewichtsberechnungen und Untersuchungen in einem Laborreaktor entwickelt. Die Methode erlaubt eine rasche und zielgerichtete Beurteilung der Brennstoffeigenschaften und des Einflusses von Zuschlagstoffen und in Folge eine Verringerung des Risikos für Einsatz solcher Brennstoffe.

#### **Optimale Auslegung von Biomasse-Fernwärmenetze**

Thomas Nussbaumer von der FH Luzern präsentierte eine Auslegungsrichtlinie für biomassebeheizte Fernwärmesysteme. Die Kosten für die Wärmeverteilung werden von den Kapitalkosten dominiert, für wirtschaftlichen Betrieb sind niedrige Rücklauftemperaturen und hohe Dichte der Wärmeverteilung entscheidend. Die Analyse zeigt, dass die Wärmeverluste bis zu 20 % und die Kosten bis 30 % verringert werden können.

#### **Kommerzialisierung der Torrefizierung**

Marcel Cremers von DNV-GL, einem Ingenieursdienstleister in Norwegen, gab einen Überblick über den Stand der Entwicklung der Torrefizierungstechnologien. Seit 2010 ist die Zahl der wissenschaftlichen Publikationen stark gestiegen. Experten begründen die geringen Fortschritte bei der Markteinführung vor allem durch fehlende politische Maßnahmen.

Wichtig für die Kommerzialisierung ist, handelsfähige standardisierte Brennstoffe zu entwickeln, Versorgungsketten aufzubauen, das Risiko für die Pioniere zu verringern und die Kosten des Brennstoffs unter anderem durch Upscaling zu senken. „Success Stories“ können dazu beitragen Vertrauen zu gewinnen und damit Märkte aufzubauen. Ein Bericht kann hier [www.ieabcc.nl/publications/IEA\\_Bioenergy\\_T32\\_Torrefaction\\_update\\_2015b.pdf](http://www.ieabcc.nl/publications/IEA_Bioenergy_T32_Torrefaction_update_2015b.pdf) herunter geladen werden.

#### **Torrefizierung aus Sicht der Industrie**

Michael Wilde, Präsident des "International Biomass Torrefaction Council" gab eine Übersicht über die Marktentwicklung. Torrifizierte Biomasse wurde erfolgreich in Kraftwerken (z.B. bei RWE und Vattenfall) verfeuert. In der Amer Power Plant wurden 2.300 t bei einer Zufuhrungsrate von 5 - 25 % eingesetzt. Von Vorteil seien die geringen Kosten für die Brennstoffzufuhr, die Lagerfähigkeit und die Energiedichte.

In der International Standardization Organization wird an der ISO 17225 "Thermally Treated Pellets" gearbeitet. Trotz technischer Erfolge läuft die Markteinführung langsam. Gründe waren überzogene Erwartungen, der Wettbewerb mit den etablierten Pellets, die Preisvorstellungen der Technologielieferanten und Schwierigkeiten bei der Entwicklung der Technik.

## 4.2 Vergasung und Pyrolyse von Biomasse

Die thermische Vergasung zur Erzeugung von Synthesegasen ist eine Schlüsseltechnologie für eine Bioökonomie der Zukunft. Synthesegase entsprechender Zusammensetzung sind nicht nur für die Erzeugung hochwertiger „Drop in“- Biokraftstoffe geeignet, sondern können auch fossile Rohstoffe zur Erzeugung unterschiedlichster Produkte ersetzen.

Die technologische Reife der Pyrolysetechnologie blieb über Jahrzehnte im Pilotstadium. Mittlerweile sind erste kommerzielle Anlagen in Betrieb gegangen. Auch hier richtet sich das Interesse vermehrt auf die Erzeugung eines Rohstoffs zur weiteren Verarbeitung.

### VALMET demonstriert Vergasung und Pyrolyse

Die finnische Firma arbeitet an unterschiedlichen Biomasetechnologien in industrieller Größe und im Demonstrationsmaßstab, siehe die folgende Tabelle.

Technologie	Standort	Kapazität
Thermische Biomassevergasung	Vaasa, Finnland	140 MW
Müllvergasung	Lahti, Finnland	2*80 MW
Indirekte Vergasung	Göteborg, Schweden	20 MW SNG
Integrierte Pyrolyse	Joensu, Finnland	25 000 MW Pyrolyseöl
Ligninextraktion	Plymouth, USA	25 000 t/a Lignin
Ligninextraktion	Sunita, Finnland	50 000 t/a Lignin

Die Pyrolysetechnologie kann in eine KWK-Anlage integriert werden. Damit lässt sich bei vergleichsweise geringem Aufwand ein höherer Gesamtwirkungsgrad erzielen. Eine Demonstrationsanlage in Joensu wurde Ende 2013 fertiggestellt und hat die Erwartungen erfüllt. Nach Optimierungsmaßnahmen wurde die Anlage im Juni 2015 der Firma Fortum übergeben. Fortum und VALMET entwickeln jetzt die Technologie gemeinsam weiter.

### Katalytische und elektrochemische Konversion

John Bøgild Hansen berichtete über die Arbeiten von Haldor Topsøe in Dänemark und beim Gas Technology Institute in den USA. Die katalytische Reformierung von teerhaltigem Synthesegas aus Biomasse ist Stand der Technik und bei der Synthese von Methanol und Dimethylether (DME) im Pilotmaßstab erprobt. Die Erzeugung von DME aus Schwarzlauge der Zellstoff- und Papierindustrie wurde ebenfalls erforscht. Die Koppelung von Festoxidbrennstoffzellen mit der Biomassevergasung kann die Effizienz integrierter Anlagen deutlich steigern.

### EMPYROs Fast Pyrolysis Technologie

Die Technologie wurde von der btg, einer niederländischen Forschungs- und Beratungsfirma, entwickelt und zwischen 2010 und 2011 von btg-btl konstruiert. Nach Klärung von

Fragen der Kommerzialisierung wurde 2014 mit dem Bau einer Anlage begonnen. Eigentümer und Betreiber ist die Firma EMPYRO.

Die Anlage ist 2015 in Betrieb gegangen. Sie ist für 25 MW ausgelegt, erzeugt 650 kW Strom (davon 40 % für den Eigenbedarf), 7,5 MW Prozessdampf und stündlich 3,2 t Pyrolyseöl. Bisher wurden 1000 m<sup>3</sup> Öl produziert. Das Öl hat einen Wassergehalt von 22 bis 24 % und einen Heizwert von 16 MJ/kg. Eine Firma in Friesland erzeugt damit Prozessdampf.

### **RTP-Öl zur Treibstoffherzeugung**

Roger Blokland von Envergent/ UOP berichtete über Treibstoffe aus Pyrolyseöl. UOP ist Marktführer bei der Fluid Catalytic Cracking Technologie (FCC), mehr als 60 % der FCC-Anlagen in Raffinerien stammen von UOP. UOP und ENSYN haben 2007 die Firma Envergent gegründet, um ein Verfahren zur Erzeugung von Treibstoffen aus Pyrolyseöl zu entwickeln. Das Pyrolyseöl wird mit der RTP – Verfahren (RTP = Rapid Thermal Processing) erzeugt, ENSYN hat 25 Jahre Erfahrung damit. In dieser Zeit wurden 20 Mio. Gallonen erzeugt und in Kesseln eingesetzt. Das Pyrolyseöl kann als zusätzlicher Rohstoff in FCC-Anlagen zur Erzeugung von LPG, Benzin und schweren Öle verwendet werden. In den USA arbeitet Envergent an zwei Projekten, in denen täglich 100 bzw. 400 Tonnen in Raffinerien als Zusatz zu Erdöl eingesetzt werden soll.

### **Pyrolyseölerzeugung mit dem bioliq-Verfahren**

Nikolaus Dahmen vom Karlsruher Institut für Technologie stellte den Stand der Entwicklung der „bioliq“-Erzeugung dar. Merkmale der Verfahrenskette sind die dezentrale Erzeugung von „Biosyncrude“ (einem Gemisch von Pyrolyseöl und feinen Holzkohlepartikeln), die Erzeugung von Synthesegas in einem großen druckaufgeladenen Flugstromvergasern, die Reinigung und Aufbereitung des Gases und nachfolgend die Synthese von Produkten mit bekannten oder innovativen Verfahren. Die F&E-Arbeiten laufen auf der Forschungsplattform und Demonstrationsanlage in Karlsruhe.

Das „Biosyncrude“ wird in einem Schraubenreaktor erzeugt, seit 2010 wird ein Pilotreaktor betrieben. Der Reaktor wurde seither in 15 Testkampagnen über insgesamt 1800 Stunden erprobt (500 Stunden davon mit Stroh). Im Versuchsbetrieb im Februar 2015 konnte die Anlage 37 t Stroh störungsfrei verarbeiten.

#### **Biosyncrude - Produktbilanz**

Bioteer	50 %	Wasser	14 %
Kohle	28 %	Gas	8 %

Biosyncrude ist eine komplexe Mischung von mehr als 300 Substanzen und hat hohe Viskosität. Die Zusammensetzung hängt von den Rohstoffen und den Verfahrensparametern ab. Für eine Marktreife sind weitere Forschungen notwendig.

## **4.3 Biogas**

### **Energie aus organischen Abfällen**

Charles Banks von der University of Southampton wies auf die Definition von „Waste“ hin. Laut seiner Einschätzung ist „Waste“ ein Gegenstand, für den sein Besitzer keine weitere

Verwendung hat und der ohne jeden Verlust entsorgt werden kann (muss). Für die Beurteilung von „biowaste“ als Energiequelle ist jedoch ein Wettbewerb mit alternativer Nutzung möglich. So können z.B. Reststoffe aus der Landwirtschaft und der Lebensmittelindustrie als Futtermittel eingesetzt werden. Subventionen führen Marktverzerrungen. Der Aufbau einer Kreislaufwirtschaft für organische Rückstände ist alles andere als einfach und muss die Komplexität unseres Systems der Versorgung mit Nahrung berücksichtigen.

Die Zukunft von Biogas hängt von Rahmenbedingungen wie Subventionen, Strafen und Regulierungen ab. Die Treiber der Entwicklung sind unterschiedlich und zielen nicht ausschließlich auf Nachhaltigkeit. Zukünftige politische Maßnahmen sollen folgende Punkte berücksichtigen:

- Investitionssubventionen sollen Vorteile für die Umwelt bringen
- Biogas soll vor allem aus Gülle erzeugt werden
- Förderungen sollen zur Steigerung der Nachhaltigkeit und Effizienz beitragen
- Infrastrukturen für abbaubarer Abfälle im städtischen Bereich sind aufzubauen

Der Beitrag geht in Fallbeispielen auf Biogas in Australien, Südkorea und Großbritannien ein und zieht folgende Schlüsse:

- Nur die Biogastechnologie kann Energie aus heterogenen nassen Biomassen erzeugen und Nährstoffe zurückführen
- Derzeit ist Biogas teuer - wichtig daher Maßnahmen zur Kostensenkung

### **Biogas aus Algen**

Jerry Murphy vom College Cork in Irland und Bernhard Drosch von der Universität für Bodenkultur (BOKU) in Wien berichteten gemeinsam über Mikro- und Makroalgen als Rohstoff für die Erzeugung von Biogas.

Das Cork College hat das Potential der Algenblüte in England und Irland erhoben und die Ko-Fermentation von Rindergülle mit Seegrass erforscht. Weitere Arbeiten schließen Biotreibstoffe aus Braunalgen und die Erzeugung von Biogas im Labormaßstab ein.

An der BOKU und am IFA Tulln wurden Mikroalgen für die Erzeugung von Biotreibstoffen erforscht. Bei den derzeitigen Kosten ist eine Treibstoffproduktion nicht sinnvoll. Mikroalgen werden nur in geringen Mengen erzeugt, die jährliche Produktion liegt bei ca. 15.000 Tonnen. Die Algenbiomasse wird als Nahrungsergänzungsmittel und für die Erzeugung von Kosmetika verwendet, die Preise liegen zwischen 36 und 7150 €/kg.

Für die Erzeugung von Biogas sind keine sortenreinen Kulturen mit speziellen Eigenschaften wie z.B. hoher Fettgehalt notwendig. Das Abwasser aus Biogasanlagen kann ebenso wie das CO<sub>2</sub> im Biogas als Nährstoff für die Algenproduktion eingesetzt werden. Beim derzeitigen Stand der Entwicklung ist Biogas aus Mikroalgen jedoch unwirtschaftlich.

### **Biogas für Smart Grids**

Jan Liebetrau vom deutschen Biomasseforschungszentrum (DBFZ) referierte über Biogas in elektrischen Netzen. Strom aus Biogas kann bedarfsgerecht produziert werden und höhere Preise am Markt erzielen. Wirtschaftliche Vorteile lassen sich auch durch Einspeisung von Biogas in Gasnetze erzielen, „Power to gas“ ist eine weitere Option. Ein wichtiger Faktor ist die Flexibilität der Erzeugung, die durch die Auslegung der Biogasanlagen (Gasspeicher,

Prozessführung, ...) beeinflusst werden kann. Die Optimierung solcher Technologien wird am DBFZ an einer Pilotanlage erforscht. Task 37 „Energy from Biogas“ hat dazu einen Bericht veröffentlicht.

### **Biomethan in Großbritannien**

John Baldwin von CNG Services berichtete über die Einspeisung von Biogas in das Gasnetz. Das britische Gasnetz versorgt 21 Millionen Verbraucher und hat eine Gesamtlänge von 250.000 km. Der Druck in Hochdrucknetzen liegt zwischen 7 und 94 bar. Netze mit 30 bar sind bestens für die Versorgung von schweren Nutzfahrzeugen mit CNG (Compressed Natural Gas) geeignet. Ende des Jahres 2015 werden 50 Projekte mit einer Gesamtproduktion entsprechend einer Menge von 140.000 t Propan umgesetzt sein. Bei geeigneten Einspeisetarifen werden bis 2020 hundert weitere Projekte folgen.

CNG Services hat in einem Projekt fünf schwere Nutzfahrzeuge einer Leistung von 340 PS für den Betrieb mit CNG umgerüstet, CNG Fuels hat in Leyland an der M 6 die erste CNG-Tankstelle errichtet. Hier können täglich 500 LKWs betankt und stündlich 3500 kg Biomethan abgegeben werden. Ähnlich günstige geografische Bedingungen für die Versorgung mit CNG im Druckbereich von 30 bar findet man in Großbritannien entlang von 6.000 km Gasleitungen

### **Anaerobe Vergärung von Abfällen**

Lukas Heer von der Hitachi Zosen Inova AG (HZ) in der Schweiz stellte die Integration von Biogas in Energieanlagen vor. HZ ist Weltmarktführer bei Technologien zur Erzeugung von Energie aus Müll und ist in den Bereichen Energie und Recycling tätig. Die anaerobe Behandlung von Müll ist ein Schritt in Richtung Kreislaufwirtschaft.

Das Kompogas-Verfahren kann Grünschnitt, Material aus Biotonnen, Küchenabfälle, Abfälle der Gemüseverarbeitung, abgelaufene Nahrungsmittel aus Supermärkten und die Biofraktion von Siedlungsabfällen verarbeiten. Kernstück der Anlage ist ein kontinuierlich arbeitender horizontaler Plug-Flow-Reaktor mit einem Paddelwerk.

Die Integration der Biogaserzeugung in Müllverbrennungsanlagen bietet Vorteilen wie:

- Dampfüberhitzung mit Biogas steigert Wirkungsgrad und Stromerzeugung
- Höherer Strompreis für den Biostromanteil
- Abwärme des Kessels für die Beheizung des Reaktors
- Feste Biomassen aus dem Reaktor als Brennstoff für den Kessel
- Abluft aus dem Biomasselager als Luft für die Verbrennung spart die Abluftreinigung
- Gemeinsame Nutzung der Infrastruktur

Eine weitere Option ist die Kombination der Müllverbrennung mit der Biogaserzeugung und nachfolgendem Biogas-Upgrading zur Verwendung als Treibstoff. Voraussetzungen dafür sind politische Maßnahmen wie Zielvorgaben für Recyclingraten und Effizienz sowie Anreize zur Erzeugung von Strom in stand-alone Biogasanlagen.

## 4.4 Biotreibstoffe

### Fortgeschrittene Biotreibstoffe aus forstlichen Abfällen

Sari Mannonen von UPM Biofuels in Finnland präsentierte die Arbeiten seiner Firma. UPM befasst sich mit Holzgewinnung, Schnittholzerzeugung, Zellstoff-, Papier- und Plattenerzeugung, Bioverbundwerkstoffen, Energieumwandlung, Biochemikalien und Biotreibstoffen.

Holzbiomasse steht im Mittelpunkt einer „Biobased Future“, innovative Technologien entwickeln sich rasch. Mit einer Fläche von 1 Mrd. ha verfügt Europa über ¼ der globalen Holzressourcen. Derzeit wird nur ca. 40 % des Zuwachses genutzt, die Forstfläche steigt jährlich um 800 000 ha. Die Holzpreise sind wenig volatil. Holz ist über das ganze Jahr verfügbar, leicht zu lagern und zu transportieren und steht nicht im Wettbewerb mit der Nahrungsmittelerzeugung. UPM unterstützt mit dem WWF die Entwicklung fortgeschrittener Biotreibstoffe aus Holz. Diese können bei guter forstwirtschaftlicher Praxis strengen Nachhaltigkeitskriterien genügen und zur Kohlenstoffspeicherung beitragen.

Im Jahr 2006 hat UPM die Entscheidung zur Entwicklung fortgeschrittener Biotreibstoffe bekannt gegeben. Seit 2008 laufen an der Pilotanlage des Gas Technologies Institute in den USA Arbeiten zur Entwicklung von BTL-Technologien („Biomass to Liquid“). Zur selben Zeit startete UPM eigene Arbeiten zur Entwicklung von Hydrotreatment-Verfahren. Im Jahr 2012 wurde der Bau einer kommerziellen Anlage zur Erzeugung von Diesel aus Tallöl, einem Koppelprodukt der Zellstofferzeugung, entschieden. Seit 2015 wird dieser Kraftstoff in einer Anlage in Finnland erzeugt und unter dem Namen „BioVerno Diesel“ vertrieben. Die Anlage liefert mit einer Produktion von 100 000 t/a ca. ¼ des finnischen Biotreibstoffbedarfs und bietet 200 Mitarbeitern einen Arbeitsplatz. Die Investitionskosten haben 175 Mio. € betragen.

### Industrielle Anlagen zur Erzeugung von Ethanol aus Lignozellulose

M.D. Seefeldt von Novozymes in Dänemark gab eine Übersicht über industrielle Anlagen zur Erzeugung von Ethanol aus Stroh, Bagasse und einjährigen Energiepflanzen. Die erste industrielle Anlage ist in Crescentino in Italien in Betrieb gegangen. Sie kann aus 270.000 t Biomasse jährlich 75.000 m<sup>3</sup> Ethanol erzeugen. Parallel dazu liefert sie 13 MW Strom. Als Investitionskosten wurden 150 Mio. € genannt.

In der ersten Investitionswelle wurde über den Bau von weiteren sieben Anlagen entschieden. In den USA sind bei DSM-POET und bei ABENGOA Anlagen in Betrieb, die Anlage von DuPont ist in Bau. Raizen und GranBio betreiben Anlagen in Brasilien. Die Firma st2 errichtet in Finnland eine Anlage. Insgesamt können diese Anlagen jährlich 500.000 m<sup>3</sup> Ethanol erzeugen. Die gesamten Investitionen liegen im Bereich von 2 Mrd. €.

Für über 20 Projekte werden im kommenden Jahr Investitionsentscheidungen erwartet (drei in den USA, sieben in Brasilien, je fünf in Europa und China, vier weitere in Asien).

### Biokerosin für die Luftfahrt

Tomas Rötger von der International Air Transport Association (IATA) präsentierte die globale Sicht der Luftfahrt. Die IATA ist ein Branchenverband, der weltweit 260 Airlines bzw. 83 % der globalen Luftfahrt vertritt (<http://www.iata.org/about/Pages/index.aspx>).

Ziele der Luftfahrt sind, die Treibstoffeffizienz jährlich um 1,5 % zu verbessern, die CO<sub>2</sub>-Emissionen durch kohlenstoffneutrales Wachstum auf dem 2020 Niveau einzufrieren und sie bis 2050 auf die Hälfte der Emissionen des Jahres 2005 zu senken. Die Entwicklung ruht auf den Pfeilern Technologieentwicklung und alternative Treibstoffe für Strahlflugzeuge („Bio-Jetfuels“), effizienter Flugbetrieb und bessere Infrastrukturen. Die 2035-Ziele können mit bekannten Technologien erreicht werden. Für ehrgeizige 2050-Ziele sind neue, noch nicht bekannte Technologien erforderlich. Voraussetzungen für die Erfolge einer globalen Flugtreibstoffindustrie sind:

- Biotreibstoffe, die für herkömmliche Flugzeuge geeignet sind (Drop-in Biofuels)
- Weltweit akzeptierte Nachhaltigkeitsstandards
- Wirtschaftliche Verfügbarkeit und breite Akzeptanz

Die Herausforderungen bei den Biojetfuels sind weniger die technologische Entwicklung als die Wettbewerbsfähigkeit und die Nachhaltigkeit. Wichtige Rohstoffe sind biogene Abfälle und Ernterückstände mit geringen negativen Auswirkungen auf die Nachhaltigkeit. Die Nachhaltigkeit schließt neben der Treibhausgasreduzierung die gesellschaftliche Entwicklung, die Sicherung der Ernährung, eine menschengerechte Landnutzung sowie den Boden und die Biodiversität ein.

Die Regierung der Vereinigten Staaten von Amerika setzt mit den Renewable Identification Numbers stärkere Anreize für Bio-Jetfuels als die EU und macht damit größere Verbreitungsprojekte möglich. Die Autoindustrie wird jedoch stärker unterstützt, vergleichbare Maßnahmen sind für die Luftfahrt wünschenswert.

## 5 Nachhaltige Entwicklung

### Biomasseversorgung und Nachhaltigkeit

Virginia H. Dale gab einen Einblick in ihre Arbeiten im Oak Ridge National Laboratory in den USA. Ihre Forschungsarbeiten zielen darauf, die Chancen und Risiken der Bioenergie für Umwelt und Gesellschaft zu erkennen. Folgende Aspekte sind zu betrachten:

<b>Umwelt</b>	<b>Gesellschaft</b>
THG-Emissionen	Lebensqualität
Bodenqualität	Akzeptanz
Wasserqualität	Bewahrung natürlicher Ressourcen
Luftqualität	Profitabilität
Biodiversität	Sicherung der Versorgung
Produktivität	Handel

Für die Beurteilung der Nachhaltigkeit ist die Kette vom Rohstoff bis zum Markt zu beachten.

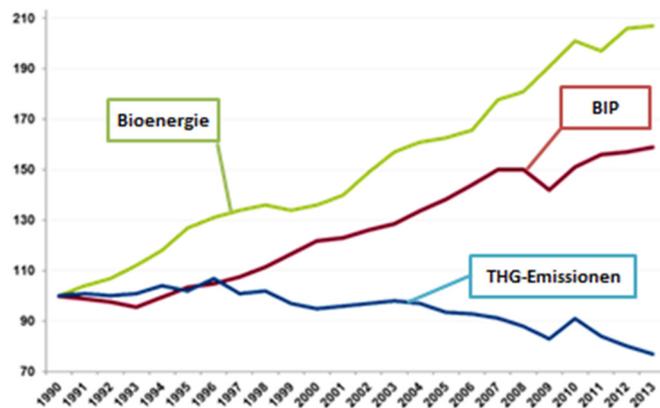
### Bioökonomie in Schweden

Lena Bruce von Sveaskog wies auf die erfolgreiche Entwicklung in Schweden hin. Im Jahr 2014 haben die erneuerbaren Energien zusammen (Umgebungswärme, Wind, Wasserkraft und Bioenergie) mit einem Anteil von mehr als 54 % die fossilen Energien deutlich überholt.

Energieeinsatz 2014 in Schweden,  
Werte in %

Öl	26,7
Kernenergie	13,7
Kohle	5,0
Erdgas	2,7
Wärmepumpen	0,8
Wind	2,6
Wasserkraft	14,1
Bioenergie	34,3

Bioenergie, BIP und THG-Emissionen



Die Erfolge konnten ohne Raubbau an der Natur erzielt werden. Trotz steigenden Einschlags wächst der Holzvorrat in Schwedens Wäldern. Die Entwicklung geht Hand in Hand mit sinkenden Treibhausgasemissionen und steigender Bruttoinlandsproduktion.

### Mobilisierung nachhaltiger Versorgungsketten

Tat Smith von der Universität Toronto gab einen Einblick in die Ergebnisse der von IEA Bioenergy beauftragten Studie, an der mehrere Tasks mitgewirkt haben. Folgende Erkenntnisse wurden gewonnen:

**Substanzielle Zuwächse der Forstwirtschaft** in gemäßigten Zonen erfordern eine höhere Intensität der Bewirtschaftung. Damit ist ein steigendes Risiko für die Nachhaltigkeit verbunden. Weltweit akzeptierte Nachhaltigkeitskriterien und starke Governance-Prozesse sind unerlässlich.

**Ein IPCC Bericht** beziffert das 2050 Potential von **Ernterückstände der Landwirtschaft** mit 15 bis 75 EJ/a. Die Umsetzung erfordert Best Practise Beispiele für die Entfernung von Ernterückständen, geeignete Versorgungsketten und politische Anreize.

**Derzeit fallen 1,3 Mrd. t/a feste Kommunalabfälle an**, 560 Mio. t davon sind organische Substanz. Eine konservative Schätzung geht davon aus, dass aus Siedlungsabfällen und Abfällen aus der Landwirtschaft 5,3 EJ Energie gewonnen werden kann.

**Mit Energiepflanzen aus der Landwirtschaft** können bis 2030 laut IRENA 33-39 EJ/a Energie bereitgestellt werden. Je nach Szenario kann das technische Potential für 2050 bis zu 700 EJ/a betragen, aber auch NULL sein.

**Die Umwandlung von Gras- und Weideland in Brasilien** wurde von der Chalmers University, Schweden, behandelt. Ohne Emissionen aus der Änderung der Landnutzung könnte in Brasilien 10 % des weltweiten Verbrauchs an Dieseltreibstoff aus Palmöl erzeugt werden. Solche Steigerungen brauchen vor allem Anstöße für zur Steigerung der Produktivität. Dies gilt besonders für die Rinderzucht in Brasilien, die bisher die Einkommen nicht durch Effizienzsteigerung, sondern durch Urbarmachung neuer Flächen gesichert hat.

Die Studie kann von der IEA-B Web Page herunter geladen werden.

[www.ieabioenergy.com/publications/mobilizing-sustainable-bioenergy-supply-chains/](http://www.ieabioenergy.com/publications/mobilizing-sustainable-bioenergy-supply-chains/)

## **6 Bioraffinerien**

### **6.1 Polyethylenfuranoat aus Biomasse**

Ed de Jong von Avantium führte in die Erzeugung und Verwendung von Polyethylenfuranoat (PEF) aus Biomasse ein. PEF kann an Stelle von PET in Filmen, Fasern und insbesondere bei der Verpackung von Softdrinks und ähnlichen Produkten Verwendung finden, das Interesse der Lebensmittelindustrie sei groß.

Rohstoff für PEF-Produkte ist die 2,5 Furandicarboxylsäure, die zu Gänze aus C6-Zucker erzeugt werden kann. Die Treibhausgasemissionen könnten damit um 70 % verringert werden. Studien zur Lebensmittelsicherheit sind mit positivem Ergebnis fertig gestellt, die REACH Registrierung erfolgte bereits 2013. Eine erste kommerzielle Anlage könnte in Europa errichtet werden; Produkte daraus könnten 2018 auf den Markt kommen.

### **6.2 Bioraffinerieaktivitäten in Dänemark**

Henning Jorgensen von der DTU stellte die Ergebnisse einer Studie von IEA-B Task 42 über die Rolle der Industrie beim Übergang in eine „Biobased Future“ vor und gab einen Einblick in die Entwicklung in Dänemark.

Stärkste Treiber der Entwicklung sind die chemische Industrie, die Biotreibstoffindustrie und die Papier- und Zellstoffindustrie. Größte Hürden in der Entwicklung sind die Wirtschaftlichkeit und der Aufbau von Märkten. Der erforderliche F&E-Bedarf wird nicht als Barriere betrachtet. Horizontale und vertikale Zusammenarbeit und Vernetzung kann die Entwicklung beschleunigen und sollte entlang der Wertschöpfungskette erfolgen.

Die Situation in Dänemark ist ungünstig. Biomasse wird importiert, eine Papier- und Zellstoffindustrie fehlt ebenso wie eine Biotreibstoffherzeugung. Obwohl eine Reihe von Bioraffinerien im Pilot- und Demonstrationsmaßstab erfolgreich betrieben worden sind, werden die Forschungsmittel von der neuen Regierung zurück gefahren.

### **6.3 Bioraffinerien in Kanada**

Maria Wellisch von Agriculture and Agri-Food Canada, dem kanadischen Landwirtschaftsministerium, fasste die Aktivitäten in ihrem Land zusammen. Kanada ist bemüht, die Wertschöpfung aus natürlichen Ressourcen zu steigern und eine nachhaltige, auf erneuerbaren Rohstoffen aufbauende Kreislaufwirtschaft zu etablieren. Dazu sollen die Nutzung von Bioenergie ausgebaut und innovative biobasierte Produkte auf den Markt gebracht werden.

Das Wachstum hängt von den Rahmenbedingungen, der Nachfrage und dem Wettbewerb um erneuerbare Rohstoffe ab. Die Regierung setzt auf Bioraffinerien. Beispiele dafür sind Methanol aus Müll (Enerkem) und Bernsteinsäure aus Biomasse (BioAmber). Die Bewertung der wirtschaftlichen, umweltbezogenen und gesellschaftlichen Nachhaltigkeit ist komplex, Ansprüche dürfen nur auf nachweisbaren Grundlagen gestellt werden.

## 7 Schlussfolgerungen aus der Konferenz

Bioenergie leistet derzeit den größten Beitrag zu den erneuerbaren Energien. Um das 2050-Ziel der Beschränkung der globalen Erderwärmung um 2°C zu erreichen, ist eine Verdreifachung des Anteils der Bioenergie erforderlich. Typisch für die Bioenergie sind kontroverse Einschätzungen der Nachhaltigkeit.

Bioenergie spielt bei den Erneuerbaren eine spezielle Rolle. Sie ist gespeicherte Energie, kann Strom zum Zeitpunkt des Bedarfs bereitstellen und damit intermittierende Formen anderer erneuerbarer Energien ideal ergänzen. Bioenergie kann zur kostengünstigen Erzeugung von Wärme genutzt werden und ist als einzige für schwere Nutzfahrzeuge, Schiffe und die Luftfahrt geeignet.

Eine nachhaltige Steigerung der Bereitstellung von Biomasse ist möglich. Gesellschaftlicher Wandel und Maßnahmen der Politik sind die Voraussetzung für die Mobilisierung. Die gemeinsame Nutzung von Biomasse für stoffliche Produkte und Energie führt zur Optimierung der Wertschöpfung beschränkter Ressourcen. Abfallbiomassen werden in einer Kreislaufwirtschaft zu wertvollen Rohstoffen.

Biomasse kann die Treibhausgasbelastung substantiell mindern, wenn man durch den Anbau mehr Kohlenstoff der Atmosphäre entzieht als freisetzt, sie in nachhaltigen Systemen der Land- und Forstwirtschaft erzeugt, in integrierte Landnutzung investiert und die Produktivität steigert.

Wesentlich für eine steigende Nutzung sind ein stabiler, mittel- bis langfristig orientierter politischer Rahmen, die Mobilisierung der Marktkräfte durch ein Umfeld, das das Interesse der Konsumenten für Bioenergie und biobasierte Produkte weckt und für einen „Market-Pull“ sorgt. Ebenfalls wichtig sind gesetzliche Regelungen wie z.B. eine CO<sub>2</sub>-Steuer auf fossile Energie und die Entwicklung von Projekten gemeinsam mit der Industrie.

## 8 Dank

Energie aus Biomasse spielt eine wichtige Rolle beim Übergang in eine „Zero Carbon Society“. Das Bioenergieabkommen der Internationalen Energieagentur hat wesentliche zu den bisherigen Erfolgen beigetragen. Dank einer vorausschauenden Politik und engagierten Beamten im heutigen Bundesministerium für Verkehr, Technologie und Innovation war es möglich, über nunmehr 36 Jahre weltweit Informationen über fortgeschrittene Bioenergie-technologien auszutauschen, namentlich danken möchte ich Sabine Mitter, Michael Paula und Theo Zillner.

Dank gebührt auch den Leitern der verschiedenen Tasks, die durch Planung und engagierte Umsetzung den Erfolg der Netzwerke möglich gemacht haben. Am Ende des Trienniums möchte ich mich besonders bei den österreichischen Taskvertretern bedanken. Mein Dank geht an Ingwald Obernberger, Reinhard Rauch, Günter Bochmann und Bernhard Drosig, Dina Bacovsky, Lukas Kranzl und Gerfried Jungmeier.