



Von der Ölkrise
zur Energiewende

40 Jahre
Forschung Bioenergie



TAGUNGSBAND

Symposium am 25. April 2013
in Straubing

TFZ

40

IMPRESSUM

Herausgeber: Technologie- und Förderzentrum (TFZ)
1. Auflage

Titel: Von der Ölkrise zur Energiewende - 40 Jahre Forschung Bioenergie
Autoren: StM Helmut Brunner, Dr. Maendy Fritz, Prof. Dr. Dr. h.c. Hartmut
Graßl, Dr. Hans Hartmann, Helmut Lamp, Dr. Joachim Nitsch,
Jakob Opperer, Klaus Reisinger, Dr. Edgar Remmele, Wolfgang
Schwimmer, Dr. Arno Strehler, Dr. Klaus Thuneke, Peter Turowski,
Dr. Bernhard Widmann

© 2013

Technologie- und Förderzentrum im Kompetenzzentrum für Nachwachsende Rohstoffe
(TFZ), Straubing

Alle Rechte vorbehalten.

Kein Teil dieses Werkes darf ohne schriftliche Einwilligung des Herausgebers in irgend-
einer Form reproduziert oder unter Verwendung elektronischer Systeme verarbeitet,
vervielfältigt, verbreitet oder archiviert werden.

Hrsg.: Technologie- und Förderzentrum (TFZ)
im Kompetenzzentrum für Nachwachsende Rohstoffe
Schulgasse 18, 94315 Straubing
E-Mail: poststelle@tfz.bayern.de
Internet: www.tfz.bayern.de

Redaktion: Ulrich Eidenschink
Die Verantwortung für den Inhalt dieser Veröffentlichung
liegt bei den Autoren.

Verlag: Eigenverlag
Erscheinungsort: Straubing
Erscheinungsjahr: 2013
Gestaltung: Ulrich Eidenschink
Fotos Umschlag: Picture Alliance (links oben); © Photo-K/Fotolia.com
(rechts unten)

Von der Ölkrise zur Energiewende - 40 Jahre Forschung Bioenergie



Foto: Stolz, Herbert

INHALT

40 Jahre Forschung Bioenergie <i>StM Helmut Brunner</i>	14
Von der Ölkrise zur Energiewende - Das Problem begrenzter Ressourcen <i>Dr. Joachim Nitsch</i>	20
Problem Klimawandel <i>Prof. Dr. Dr. h.c. Hartmut Graßl</i>	30
Bioenergie – Teil der Lösung <i>Helmut Lamp</i>	38
Die Landwirtschaft im Klimawandel und ihre Rolle bei der Energieerzeugung <i>Jakob Opperer</i>	44
Neue Rohstoff- und Energiekulturen bereichern die Kulturlandschaft <i>Dr. Maendy Fritz</i>	52
Festbrennstoffe für die Wärmenutzung – Herausforderungen und Erfolge <i>Dr. Hans Hartmann</i>	60
Umweltverträgliche Antriebssysteme <i>Dr. Edgar Remmele</i>	66
Rückblick auf 40 Jahre Forschung - die Anfänge <i>Dr. Arno Strehler</i>	74
Rückblick auf 40 Jahre Forschung – die Zeit ab den 1990er Jahren <i>Dr. Bernhard Widmann</i>	90
Geschichte des Technologie- und Förderzentrums (TFZ) <i>Dr. Bernhard Widmann</i>	108
Sachgebiet Rohstoffpflanzen und Stoffflüsse <i>Dr. Maendy Fritz</i>	116
Biogene Festbrennstoffe <i>Dr. Hans Hartmann, Peter Turowski</i>	120
Biogene Kraft-, Schmier- und Verfahrensstoffe <i>Dr. Edgar Remmele</i>	124
Förderzentrum Biomasse <i>Emanuel Schlosser</i>	128
Expertenteam „Energiewende im ländlichen Raum“ – LandSchaftEnergie <i>Klaus Reisinger, Wolfgang Schwimmer</i>	130
Wissenstransfer	134
Nachwachsende Rohstoffe - mit gutem Beispiel voran.	136
40 Jahre - eine Bilanz	138
TFZ-Gremienarbeit	142
Dissertationen, Diplomarbeiten, Masterarbeiten, Bachelorarbeiten, Studienarbeiten	146
Projekte TFZ und Vorgängereinrichtungen ab ca. 1970.	154

VORWORT



Als im Jahr 1973 die erste Ölpreiskrise die Gesellschaft bewegte, ahnte noch niemand, welche Dynamik das Thema erneuerbare Energien in den darauffolgenden 40 Jahren erfahren würde. Dr. Arno Strehler, Wissenschaftler an der damaligen Bayerischen Landesanstalt für Landtechnik in Freising-Weihenstephan, hatte jedoch die Zeichen der Zeit erkannt und mit der Technologieforschung im Bereich Energie aus Biomasse begonnen. Mitte der 1980er Jahre kam mit Dr. Wolfram Münzer

und seiner Arbeitsgruppe an der damaligen Landesanstalt für Bodenkultur und Pflanzenbau weitere Kompetenz hinsichtlich der pflanzenbaulichen und züchterischen Forschung hinzu. Das heutige Technologie- und Förderzentrum (TFZ) als eine der drei Säulen des Kompetenzzentrums für Nachwachsende Rohstoffe in Straubing darf in diesem Jahr zusammen mit seinen Vorgängereinrichtungen auf 40 Jahre erfolgreiche Forschungsarbeit zurückblicken. Für bislang 225 Projekte mit rund 32 Mio. EUR Forschungsmitteln danken wir unseren Geldgebern, überwiegend aus der öffentlichen Hand, sowie zahlreichen Kooperationspartnern für die gute Zusammenarbeit.

Unser Dank gilt dem Freistaat Bayern, insbesondere dem Staatsministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten für die Schaffung exzellenter Arbeitsbedingungen ab 2001 in Straubing, allen Unterstützern des Kompetenzzentrums sowie vor allem der Stadt Straubing, die in vorbildlicher Weise und durch außergewöhnliche Eigenleistung die Ansiedlung des Kompetenzzentrums ermöglicht und seither tatkräftig unterstützt hat.

Besondere Anerkennung verdienen unsere früheren und derzeitigen Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter, die mit exzellenter Kompetenz und weit überdurchschnittlichem Engagement die Entwicklung mit geprägt und durch ihre Forschungserkenntnisse wesentlich zur heutigen Bedeutung der Bioenergie in der Praxis beigetragen haben.

Im Jahrhundert der Herausforderungen bei Klimaschutz, Welternährung und Energieversorgung haben wir auch für die nächsten 40 Jahre sicher genug zu tun. Gemeinsam mit unseren Förderern und Kooperationspartnern freuen wir uns darauf, auch weiterhin eine nachhaltige und effiziente Versorgung mit den Lebens-Mitteln Nahrung und Energie voranzubringen.



Dr. Bernhard Widmann

Leiter des Technologie- und Förderzentrums im Kompetenzzentrum für Nachwachsende Rohstoffe (TFZ)

Grußwort des Oberbürgermeisters der Stadt Straubing Markus Pannermayr



Das Technologie- und Förderzentrum kann in diesem Jahr auf 40 Jahre Forschung im Bereich Bioenergie zurückblicken.

Zu diesen vier Jahrzehnten intensiver und erfolgreicher Arbeit auf dem Gebiet Nachwachsender Rohstoffe darf ich im Namen der Stadt Straubing, des Stadtrates, vor allem aber persönlich die herzlichsten Glückwünsche aussprechen.

Seit mittlerweile zwölf Jahren können wir in Straubing uns ja als Teil dieser Erfolgsgeschichte bezeichnen, da das Technologie- und Förderzentrum (TFZ) seit dem Jahr 2001 offiziell unter diesem Namen als eine der vier Säulen des Kompetenzzentrums für Nachwachsende Rohstoffe in der Stadt Straubing beheimatet ist. Seither widmen sich seine Mitarbeiter der anwendungsorientierten Forschung im Bereich der Nachwachsenden Rohstoffe, der Koordination der bayerischen Förderprogramme und der Vermittlung von Wissen. Der Freistaat Bayern hat in diesen zwölf Jahren allein 20 Millionen Euro in neue Gebäude des TFZ investiert.

Was mich besonders freut, ist die Tatsache, dass das Kompetenzzentrum für Nachwachsende Rohstoffe in Straubing in den kommenden Jahren zu einem „Zentrum der Energiewende“ ausgebaut werden soll. Das Bayerische Kabinett hat diese Absicht erst vor wenigen Wochen in einem entsprechenden Beschluss bestätigt. Der ganze ländliche Raum im Freistaat profitiert von dieser europaweit einzigartigen Kombination aus Forschung, Förderung und Wissenstransfer. Am TFZ wird dafür für rund 20 Millionen Euro ein „Informations- und Beratungszentrum für Erneuerbare Energien und Rohstoffe im ländlichen Raum“ errichtet. Der Spatenstich für diesen Neubau an der Schulgasse ist bereits für das kommende Jahr geplant.

Das Technologie- und Förderzentrum ist ein ganz wesentlicher Baustein, dass die Stadt Straubing und der Landkreis Straubing-Bogen sich in den vergangenen Jahren zur Region der Nachwachsenden Rohstoffe deutschlandweit entwickeln konnten. Ich darf Ihnen versichern, dass die Stadt Straubing auch weiterhin ihr Möglichstes dafür tun wird, um die positive und für die Region so bedeutende Entwicklung des Kompetenzzentrums für Nachwachsende Rohstoffe fortzusetzen.

Markus Pannermayr
Oberbürgermeister

Grußwort des Landrats Alfred Reisinger, Landkreis Straubing-Bogen



Die Umsetzung der Energiewende zählt zu den großen Herausforderungen unserer Zeit. Nachwachsenden Rohstoffen und Biomasse kommt dabei eine erhebliche Rolle zu. Das Technologie- und Förderzentrum befasst sich mit dieser Thematik nicht erst seit dem politischen Entschluss zum Ausstieg aus der Atomenergie; das TFZ und seine Vorgängereinrichtungen betreiben bereits seit 40 Jahren Forschung im Bereich Bioenergie.

Als eine der Säule des Kompetenzzentrums für Nachwachsende Rohstoffe bestehen für das Technologie- und Förderzentrum in Straubing ausgezeichnete Gegebenheiten und Möglichkeiten. Die zweistellige Millionen-Euro-Investition für modernste Anlagen zur innovativen Möglichkeit der angewandten Forschung sind Investitionen in die Zukunft und gut angelegtes Geld. Zudem bestehen in unserer Region Straubing-Bogen mit ihren ausgeprägten land- und forstwirtschaftlichen Strukturen beste Voraussetzungen für die Erzeugung und Nutzung von Nachwachsenden Rohstoffen. Die Auszeichnung als „Bioenergie-Region“ ist dafür eine eindrucksvolle Bestätigung.

Das Kompetenzzentrum für Nachwachsende Rohstoffe mit Technologie- und Förderzentrum, mit Wissenschaftszentrum und C.A.R.M.E.N. e.V. ermöglicht eine förderliche Vernetzung und ein zielorientiertes Zusammenwirken von Wissenschaft, Wirtschaft und Landwirtschaft.

Diese Einrichtung und ihre Arbeit genießen einen hervorragenden Ruf weit über die Ländergrenzen hinaus. Wir sind stolz, eine solch zukunftsweisende Institution in unserer Region Straubing-Bogen vor Ort zu haben.

Das Jubiläum „40 Jahre Forschung Bioenergie“ wird die Leistungen des Technologie- und Förderzentrums verdeutlichen. Zu dem aus diesem Anlass stattfindenden Fachsymposiums heiße ich Referenten, Teilnehmer und Gäste sehr herzlich willkommen. Ich wünsche der Veranstaltung viel Erfolg und einen guten Verlauf.

Dem TFZ unter der Leitung von Dr. Bernhard Widmann gebührt meine Anerkennung für die erbrachte Arbeit im Bereich Bioenergie. Ich wünsche dem Technologie- und Förderzentrum einen weiterhin erfolgreichen Weg in die Zukunft.

A handwritten signature in black ink, which reads "Alfred Reisinger". The signature is written in a cursive style.

Alfred Reisinger
Landrat

Grußwort von Manfred Weber, Mitglied des Europäischen Parlaments



Sehr geehrte Damen und Herren,
verehrte Symposiumsteilnehmer,

ich darf dem Technologie- und Förderzentrum Straubing sehr herzlich zu 40 Jahren erfolgreicher Forschung auf dem Gebiet der erneuerbaren Energie aus Biomasse gratulieren.

Dass seit 1973 an Nachwachsenden Rohstoffen geforscht wird, unterstreicht, mit welcher Langfristigkeit energiepolitische Veränderungen zu denken sind. Von der Ölkrise, über Tschernobyl und Fukushima hin zu aktuellen Reizwörtern wie „Vermaisung“, „Verspiegelung“, „Verspargelung“ - Energie und Energiegewinnung spaltet immer wieder die Gesellschaft, aber jeder braucht und nutzt Energie.

Umso wichtiger ist es, dem Verbraucher einfache „Lösungen“ für die Energiewende zu bieten. Sei es eine unkomplizierte Hackschnitzelheizung über energiesparende Heizungsanlagen bis hin zur Energieeinsparung.

Mit der Ansiedlung des TFZ in Straubing hat die Forschungsarbeit ein europaweit anerkanntes neues Zentrum erhalten. Die Wissenschaftler arbeiten konsequent an der Verbesserung der Gewinnung und der Verarbeitung erneuerbarer Energie, eng vernetzt mit den Partnern vor Ort und eingebunden in ein weltweites Netzwerk an Forschern, Wissenschaftlern und Technikern.

Ich freue mich, dass auch die Europäische Kommission mit Geldern aus dem Forschungsrahmenprogramm regelmäßig Straubinger Projekte unterstützt, um die angestrebte Energiewende zu schaffen. Energiewende und Klimawandel sind keine lokalen oder regionalen Herausforderungen, sondern müssen global angepackt werden.

Hierzu haben die Mitarbeiter des TFZ Straubing wichtige Akzente gesetzt. Ich danke allen, die ihren Beitrag dazu geleistet haben und wünsche, dass wir auch in Zukunft immer wieder von wegweisenden praktischen Entwicklungen aus Straubing hören und lesen.

Manfred Weber
Mitglied des Europäischen Parlaments

Grußwort des Bundestagsabgeordneten Ernst Hinsken



Den Teilnehmern des Jubiläumssymposiums „Von der Ölkrise zur Energiewende – 40 Jahre Forschung Bioenergie“ entbiete ich meinen herzlichen Gruß. Ich freue mich, dass Sie die Jubiläumsveranstaltung zum Anlass nehmen, dem Technologie- und Förderzentrum Straubing ihre Reverenz zu erweisen und dessen Forschung seit 40 Jahren auf dem Gebiet der erneuerbaren Energien dadurch würdigen.

Ölkrise vor vierzig Jahren und Energiewende heute sind zum Symbol eines Epochenwandels geworden. Bei der Energiewende konzentriert sich die öffentliche Wahrnehmung hauptsächlich auf die Bereiche Strom, Wärme und Verkehr. Dabei spielen Erneuerbare Energien eine zunehmend große Rolle. Denn sie ermöglichen eine Wertschöpfung besonders in der Region und eine Stärkung des ländlichen Raumes.

Produktion und Nutzen von Biokraftstoffen, Antworten auf pflanzenbauliche Fragen und der Stromerzeugung sowie das Thema Heizen standen und stehen im Mittelpunkt der Forschungsarbeit am TFZ. Auf der Suche nach alternativen Dieselkraftstoffen haben Sie sich an die Spitze der Forschung gearbeitet.

International anerkannte Wissenschaftler und Fachleute haben in 40 Jahren die Erfolgsgeschichte des Technologie- und Förderzentrum Straubing geschrieben. Dies ist ein Alleinstellungsmerkmal, mit dem Sie punkten können. Dabei wünsche ich Ihnen auch in Zukunft Erfolg und die Anerkennung, die Sie wahrlich verdienen.

Ernst Hinsken

Vorsitzender des Ausschusses für Wirtschaft und Technologie des Deutschen Bundestages

Grußwort des Landtagsabgeordneten Josef Zellmeier



Als im Jahr 1973 an der damaligen bayerischen Landesanstalt für Landtechnik mit den Forschungsarbeiten zur energetischen Nutzung von Biomasse begonnen wurde, hätte sich kaum jemand vorstellen können, dass 40 Jahre später schon ein Drittel des Stroms in Bayern aus Erneuerbaren Energien gewonnen wird. Denn damals hatte die weltweite Ölkrise den Menschen in Deutschland gerade die totale Abhängigkeit von diesem nicht nachwachsenden Rohstoff schmerzlich vor Augen geführt.

Das Technologie- und Förderzentrum bzw. seine Vorgängereinrichtungen haben in diesen vier Jahrzehnten mit großem Erfolg die Nutzungsmöglichkeiten ganz verschiedener nachwachsender Rohstoffe erforscht. Darüber hinaus leistet das TFZ wichtige Beratungs- und Schulungsaufgaben und vieles mehr. Ich freue mich deshalb sehr, dass ich dem TFZ und allen seinen aktuellen und ehemaligen Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern zu diesem großen Jubiläum sehr herzlich gratulieren darf!

Allen, die daran Anteil haben, dass „Straubing“ und „Nachwachsende Rohstoffe“ seit langem zu einem Synonym geworden sind, danke ich sehr herzlich für ihre Pionierarbeit auf diesem zukunftsweisenden Gebiet, das eine ungeheure Fülle an Facetten hat. Sie leisten dadurch einen wichtigen und geschätzten Beitrag zu einer nachhaltigen und autarken Energieversorgung der bayerischen Bürgerinnen und Bürger. Das ist eine große Leistung, auf die Sie zu Recht stolz sein dürfen!

Wie Sie wissen, haben wir uns im Freistaat Bayern das ehrgeizige Ziel gesetzt, bis zum Jahr 2021 mindestens 50 Prozent unseres Stroms aus Erneuerbaren Energien zu gewinnen. Um das zu schaffen, brauchen wir auch in Zukunft eine exzellente Forschung auf diesem Gebiet. Ich möchte dem Technologie- und Förderzentrum Straubing deshalb auf seinem Weg in die kommenden 40 Jahre als kleines „Geschenk“ ein Sprichwort mitgeben:

„Das meiste ist noch nicht getan - wunderbare Zukunft!“

In diesem Sinne wünsche ich Ihnen von Herzen alles Gute!

Josef Zellmeier
Mitglied des Bayerischen Landtags

Grußwort des Landtagsabgeordneten und früheren Oberbürgermeisters
Reinhold Perlak



Die „erste Ölkrise“ im Jahre 1973 machte der Gesellschaft deutlich, dass die fossilen Energieträger Erdöl, Kohle und Erdgas nicht unbegrenzt und immer kostengünstig zur Verfügung stehen, sondern endliche Ressourcen darstellen, die zudem zum zusätzlichen Treibhauseffekt beitragen – so war die Gründung des Technologie- und Förderzentrums zur Erforschung der „Technologie Nachwachsender Rohstoffe“ als eine der drei Säulen im geplanten Kompetenzzentrum für Nachwachsende Rohstoffe in Straubing am 01.01.2002 ein wichtiger Schritt in die richtige Richtung.

Mit dem Sachgebiet „Rohstoffpflanzen und Stoffflüsse“ und der Eingliederung der Abteilung „Technologie Nachwachsender Rohstoffe“ in das neu gegründete Technologie- und Förderzentrum (TFZ) in Straubing am 01.01.2003 ging die Entwicklung stetig weiter - es entstanden daraus am 01.01.2006 die Sachgebiete „Biogene Festbrennstoffe“ sowie „Biogene Kraft-, Schmier- und Verfahrensstoffe“. Das „Förderzentrum Biomasse“ für Projekte im Bereich Nachwachsende Rohstoffe bildet heute das vierte der fünf Sachgebiete im TFZ. Schließlich wurden zentrale Dienste, wie zum Beispiel Fragen der EDV, der Öffentlichkeitsarbeit und des Liegenschaftswesens im Sachgebiet „Informations- und Kommunikationstechnologie und Öffentlichkeitsarbeit“ zusammengeführt.

Holz, Stroh und Raps gibt es in unserer Heimat, dem Bayerischen Wald bzw. dem Gäuboden in ausreichender Menge. Und nicht nur aus diesem Grunde war es mir eine besondere Freude, in meiner Amtszeit als Oberbürgermeister der Stadt Straubing bei der Gründung und Entwicklung des Technologie- und Förderzentrums bis 2008 mitwirken zu dürfen und in den vergangenen Jahren als Abgeordneter des Bayerischen Landtags mitzerleben, wie sich aus dem was als Vision begann ein hochgeschätztes Forschungszentrum entwickelte, an dem nun die Grundsteine für eine sichere Zukunft weitestgehend ohne Erdöl, Kohle und Erdgas gesetzt werden. Ich bedanke mich bei allen Beteiligten, die dazu beigetragen haben, das Kompetenzzentrum für Nachwachsende Rohstoffe mit dem Technologie- und Förderzentrum (TFZ) zum Alleinstellungsmerkmal für Straubing werden zu lassen.

Mit den besten Glückwünschen zum 40jährigen Jubiläum

Reinhold Perlak
Mitglied des Bayerischen Landtags

Grußwort des Präsidenten des Bayerischen Bauernverbandes Walter Heidl



Die Bilder der Ölkrise 1973 haben sicherlich noch viele vor Augen: Stillstand und gähnende Leere auf den Autobahnen. Diese „erste Ölkrise“ machte deutlich, dass fossile Energieträger nicht unbegrenzt verfügbar sind. Außerdem zeigte sich, wie enorm abhängig wir von Ländern mit Öl- und Gasvorkommen sind. In unserer Gesellschaft wurde so zum ersten Mal über den Umgang und den Verbrauch von fossilen Energieträgern nachgedacht, Ressourcenschonung sowie die Suche nach alternativen Energiequellen standen im Fokus.

An der damaligen Landesanstalt für Landtechnik in Weihenstephan sorgte Dr. Arno Strehler mit seinen Mitstreitern dafür, dass Nachwachsende Rohstoffe aus der Land- und Forstwirtschaft eine sinnvolle Alternative werden konnten. In Forschungsvorhaben wurden die thermische Nutzung von Hackschnitzeln und der Einsatz pflanzlicher Öle erprobt und so der Weg in die Praxis geöffnet. Biogas und andere Biokraftstoffe folgten.

Die Erkenntnisse – damals aus Weihenstephan und heute aus Straubing – bilden für viele Land- und Forstwirte eine unverzichtbare Grundlage für Investitionsentscheidungen. Durch die Arbeit und die Unterstützung des TFZ hat sich in Bayern die Bereitstellung von Bioenergie und Nachwachsenden Rohstoffen in den vergangenen Jahrzehnten zu einem wichtigen Standbein der Land- und Forstwirtschaft entwickelt. Darüber hinaus leistet die Land- und Forstwirtschaft damit nicht nur einen wichtigen Beitrag zum Klimaschutz, sondern auch zur Energieversorgung und der Versorgungssicherheit. Durch neue Investitionen und Arbeitsplätze profitiert auch die wirtschaftliche Entwicklung – gerade im ländlichen Raum.

Das Technologie- und Förderzentrum trägt dabei wissenschaftliche Erkenntnisse und Neuerungen an die Land- und Forstwirtschaft heran. Das TFZ ist damit zu einer unersetzlichen Institution im Bereich Bioenergie geworden. Im Namen des Bayerischen Bauernverbandes, aber auch ganz persönlich, möchte ich dem Technologie- und Förderzentrum für die geleistete Arbeit danken und zum Jubiläum gratulieren. Vor allem bedanke ich mich für die engagierte und kompetente Unterstützung beim Kampf um geeignete Rahmenbedingungen und gesellschaftliche Akzeptanz. Besonders anerkennen möchte ich die Präsenz und das große Engagement des TFZ auf dem Bayerischen Zentral-Landwirtschaftsfest. Für die Zukunft wünsche ich dem TFZ alles Gute und viel Erfolg. Auf dass all die neuen Erkenntnisse im Bereich der Bioenergie und der Nachwachsenden Rohstoffe im Zusammenspiel mit der Land- und Forstwirtschaft zum Gelingen der Energiewende beitragen!

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Walter Heidl'.

Walter Heidl
Präsident



Helmut Brunner
Bayerischer Staatsminister für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten

40 Jahre Forschung Bioenergie

„Das Leben wird nach Jahren gezählt und nach Taten gemessen“ sagt ein japanisches Sprichwort.

Mit 40 Jahren Bioenergieforschung am TFZ und seinen Vorläufereinrichtungen spielt Bayern in der Weltliga mit und muss keinen Vergleich scheuen! Dafür danke ich allen ehemaligen und aktiven Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern ganz herzlich!

Insbesondere dem Pionier – und heute noch aktiven – Dr. Arno Strehler, der 1973 mit der Technologieforschung für Bioenergie an der damaligen Bayerischen Landesanstalt für Landtechnik in Freising-Weißenstephan begann. Und Dr. Wolfram Münzer, der 1983 mit den Arbeiten zu Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung für Energie- und Rohstoffzwecke begonnen hat.

Seit 2001 sind beide Bereiche im neu geschaffenen Kompetenzzentrum für Nachwachsende Rohstoffe vereint. Und so kann das TFZ heute auf 40 Jahre erfolgreiche Energiegeschichte zurückblicken. Meinen Glückwunsch!

I. Bioenergie – eine Jahrtausende alte Quelle

Wie kam es vor 40 Jahren zur Bioenergieforschung?

1973 war die 1. Ölkrise, die mit ihren Sonntagsfahrverboten nicht nur meinen Mobilitätsdrang als frischgebackener Führerscheininhaber massiv eingeschränkt hat! U- und S-Bahn im Bayerischen Wald? Fehlanzeige!

Mit der Ölpreiskrise verbunden, war auch weltweit eine starke Steigerung der Lebensmittelpreise – und das ganz ohne Biokraftstoffe! Die Lebensmittelpreise waren 1974 4-mal so teuer wie 2002! Heute beträgt der Food-Index des Weltwährungsfonds rd. 1,6 im Vergleich zum Basisjahr 2002. D.h. wir kaufen unsere Lebensmittel heute sehr günstig ein. Aber unsere Lebensmittel sind mehr Wert!

Der Einstieg in die Bioenergieforschung und Bioenergieentwicklung vor 40 Jahren war – historisch betrachtet – an sich die Rückbe-

sinnung auf die Jahrtausende alte Energiegewinnung aus Wald und Feld.

Holz als Heiz- und Brennstoff ist allen noch bekannt. Dass aber die Pferde als Zugtiere für die Feldbestellung, die Postkutschen, die flussaufwärts zu ziehenden Schiffe (Treideln) und im Schienenverkehr Futter – also Biokraftstoff vom Acker – benötigten, ist in Vergessenheit geraten. So benötigte man z.B. für die Pferdeeisenbahn zwischen Linz und Budweis (1827-1872) 600 Pferde!

Oder denken Sie an die amerikanischen Mähdrescher gegen Ende des 19. Jahrhunderts. Ihnen vorgespannt waren pro Mähdrescher bis zu 32 Pferde (Bild)! Und nach der Ernte? Das Pferd musste trotzdem gefüttert werden!



In der sog. Wirtschaftswunderzeit trat das billige Öl seinen Siegeszug an und bescherte uns eine beispiellose Mobilitätswelle. Dabei wurde auch wertvoller Dieselmotorkraftstoff einfach zur Wärmeerzeugung verfeuert.

Was hat zu einem Umdenken geführt? Klimaschutzdiskussionen,

Preissignale, neue Energieträger im Wärmebereich (z.B. Erdgas), verbesserte Wärmedämmung bei Gebäuden, Wirkungsgradsteigerungen bei Heizanlagen und im Fahrzeugbereich, und – dafür steht heute Straubing – der Ausbau Erneuerbarer Energien und innerhalb dieser die biomassebasierten Energieträger.

II. Bioenergie – technischer Stand heute

Technische Entwicklungen bringen die moderne, effiziente Nutzung von Bioenergieträgern voran:

Die Wärmebereitstellung aus Holz, z.B. mit Scheitholz, Hackschnitzel oder Pellets, ist sehr komfortabel geworden und die Schadstoffemissionen wurden minimiert.

Die Strombereitstellung aus Biogasanlagen deckt bereits 6% des bayerischen Stromverbrauchs zuverlässig ab. Mit einer flexibleren Fahrweise im Intervallbetrieb können Einspeiselücken von Wind- und Photovoltaik-Strom teilweise ausgeglichen werden.

Die Holzgastechnik etabliert sich nun als zuverlässige Kraft-Wärme-Koppelung.

Mit den konventionellen Biokraftstoffen haben wir eine exzellente Nahrungs-Mobilitätskoppelung: Gut die Hälfte des Ernteguts wird als Proteinfuttermittel an unsere Nutztiere verfüttert und damit weiter veredelt. Und gerade hier haben wir in Europa, Deutschland und Bayern eine erhebliche Unterdeckung, die die Landwirtschaft mit

Soja aus Übersee (hauptsächlich GVO) ausgleichen muss. Die Reste gehen in den Tank von Autos, Lkws und Schleppern. Diese Biokraftstoffe sind frei von Pflanzennährstoffen, die im Futtermittel verbleiben und über den wertvollen Tierdung fast vollständig zurück auf die Anbaufläche gehen. Das ist praktizierte Kreislaufwirtschaft!

Biomasse und Mobilität führen uns zur „Teller-Trog-Tank-Diskussion“ und zu ethischen Fragestellungen. Damit beschäftigen sich das TFZ und das Institut „Technik – Theologie – Naturwissenschaften“ (TTN) der Ludwig-Maximilians-Universität München. Ein Kernsatz lautet:

„Solange die Versorgung der Menschen mit Rohstoffen für Nahrung und Futtermittel für die Tiere auskömmlich gesichert ist, können Agrarrohstoffe auch energetisch genutzt werden.“

Der generelle Verzicht auf Bioenergie in den Industrie- und Schwellenländern wird Hungerregionen kaum nützen. Hunger bedeutet oftmals nicht, dass grundsätzlich zu wenig Nahrungsmittel bzw. Agrarrohstoffe produziert werden, sondern es liegt an anderen Gründen: fehlende Kaufkraft, fehlender Zugang zu Land, Krediten, Know-how der Landbevölkerung sowie am schlechten Transport und Lagerung der Nahrungsmittel. Die FAO sieht nachhaltig erzeugte Biokraftstoffe sogar als wirtschaftliche Chance zur Überwindung von Armut und Arbeitslosigkeit!

III. Perspektiven der Bioenergie

Wie geht es mit der Bioenergie weiter? Kritiker behaupten, dass die Bioenergie unseren Energiebedarf niemals decken kann, und dass deshalb andere Lösungen gefunden werden müssen. So einfach darf man es sich aber nicht machen. Denn es geht nicht nur um Energieerzeugung, sondern auch um „Energie sparen“ und Energieeffizienz! Mit dem Bayerischen Energiekonzept sollen alle potenziellen Erneuerbaren Energieträger in einem Energiemix optimal eingesetzt werden.

Aktuell nutzen wir in Bayern 5,7 Mio. t Holz energetisch; das ist bereits ein hohes Niveau. Steigerungsfähig, wenn auch mühsam, ist die Holzmobilisierung aus dem Privatwald. Hier können die forstwirtschaftlichen Zusammenschlüsse und Waldbesitzervereinigungen wertvolle Unterstützung leisten. Inwieweit Kurzumtriebsplantagen ausgeweitet werden, muss der Markt regeln.

Die Biogasanlagen werden derzeit leidenschaftlich diskutiert. Denn die bevorzugte Energiepflanze Mais gilt im Gegensatz zu Winterweizen auf derselben Anbaufläche von 500.000 ha in einigen Teilen der Bevölkerung und bei NGO als schwer vermittelbar. Alternativ gibt es viele Kulturpflanzen, wie die Zuckerrübe und neue Energiepflanzen, die die Kulturartenvielfalt in unserer Agrarlandschaft wieder deutlich erhöhen können. Das TFZ leistet hier Pionierarbeit!

Zudem eröffnet die Aufbereitung von Biogas auf Erdgasqualität viele Möglichkeiten. Beispielhaft möchte ich die Bio-Methan-Tankstelle in Straubing erwähnen.

Die Biokraftstoffe der 1. Generation scheinen durch die im Oktober (2012) vorgelegten Vorschläge der EU-Kommission einen weiteren herben Rückschlag zu erleiden. Über eine Bundesratsstellungnahme hat Bayern auf ganz erhebliche Ungereimtheiten und Probleme hingewiesen; das Ergebnis steht noch aus. Aber es gibt einen Verkehrssektor, in dem Biokraftstoffe unverzichtbar werden könnten: die Luftfahrt!

Der Grund ist einfach: Einen Elektro-Airbus wird es so schnell nicht geben! Seit 8. Juni 2011 gibt es die Initiative „aireg“ (25 Unternehmen und Organisationen aus Forschung und Wissenschaft) mit dem Ziel eine internationale Biokraftstoff-Versorgungskette aufzubauen, um die deutsche Luftfahrt bis 2025 mit 10% Bio-Kraftstoff zu versorgen. So gab es im letzten Jahr bereits 1.200 Flüge mit einem Airbus A321 zwischen Hamburg und Frankfurt mit 50% Bio-Kerosin in einem Triebwerk – ohne Auffälligkeiten!

Bei der Umstellung von fossilen Energieträgern auf regenerative Kraftstoffe sollte die Landwirtschaft, die an der Quelle sitzt, nicht weiter zögern sondern auf Eigenversorgung umstellen. Die derzeitige heimische Erzeugung von Rapsöl würde völlig ausreichen, um den kompletten Kraftstoffverbrauch der

Landwirtschaft zu decken. Ganz besonders freut mich, dass das TFZ gemeinsam mit industriellen Partnern bei der Umstellung von Schleppern auf Pflanzenölbetrieb seit vielen Jahren eine führende Rolle spielt.

IV. Zukunftsperspektive Straubing

Die Forschung für nachwachsende Rohstoffe hat vor 40 Jahren in Freising begonnen und ist vor gut 12 Jahren nach Straubing „umgezogen“. Bei den Vätern des Erfolgs in Straubing möchte ich mich bedanken: Oberbürgermeister Markus Pannermayr, dem damaligen Oberbürgermeister Reinhold Perlak und beim Landrat Alfred Reisinger. Sie alle haben entscheidend zum Aufbau des Kompetenzzentrums beigetragen. Danke!

Auf dem Weg in ein neues Energiezeitalter bleiben wir nicht stehen und die Energiewende verleiht uns zusätzlichen Schub: Mittelfristig will ich Straubing mit seinem Kompetenzzentrum für nachwachsende Rohstoffe zu einem Zentrum der Energiewende im ländlichen Raum mit den Schwerpunkten Bioenergie und Landnutzung ausbauen! 20 Berater aus dem Expertenteam „LandSchafttEnergie“ habe ich daher in Straubing angesiedelt! Und das Kompetenzzentrum ist Transmissionsriemen für notwendige Innovationen im Energiebereich.

Wir werden auch ein Informations- und Beratungszentrum für Erneuerbare Energien und Rohstoffe im ländlichen Raum am TFZ in Straubing errichten. Einzigartige

Ausstellungen werden für ganz Bayern die Erneuerbaren Energien sowie die Produkte aus nachwachsenden Rohstoffen und ihre Anwendung im ländlichen Raum zeigen. Weiter wird es, auch in enger Kooperation mit C.A.R.M.E.N., Einzelberatungen, Seminare, Workshops und Tagungen geben.

Der Informationstransfer ist ein Schlüsselement für die erfolgreiche Energiewende, die ein kraftvolles Konjunkturprogramm für den ländlichen Raum ist. Die hier vorhandene Dynamik darf durch die Entscheidungen auf EU- und Bundesebene nicht gehemmt, sondern muss gefördert werden!

V. Schluss

Die Energiewende in Bayern ist eine Herausforderung, die uns alle angeht; und sie wird gelingen, wenn wir alle zusammenarbeiten. Wir müssen gemeinsam eine Energieversorgung finden, die auf regenerativen und möglichst heimischen Ressourcen aufbaut, wirtschaftlich rentabel ist und gleichzeitig auch Versorgungssicherheit zu bezahlbaren Preisen garantiert.

Da Erneuerbare Energien „Land-

Energien“ sind, bringe ich mich mit meiner Verwaltung aktiv und umsetzungsorientiert ein. Bioenergie wird zwar nicht die alleinige Lösung unserer künftigen Energieprobleme sein, aber sie ist wichtiger und unverzichtbarer Teil dieser Lösung. Immer wenn es um Speicherbarkeit und hohe Energiedichten geht, ist Bioenergie von Vorteil. Mit 40 Jahren Bioenergieforschung des TFZ und seiner Vorläufereinrichtungen haben wir einen reichen Erfahrungsschatz!

Ich wünsche dem TFZ und den verbundenen Einrichtungen, wie C.A.R.M.E.N., dem Wissenschaftszentrum Straubing, den Landesanstalten, den weiteren Forschungseinrichtungen auf Landes-, Bundes- und internationaler Ebene sowie den industriellen Forschungspartnern, weiterhin eine gute Zukunft.

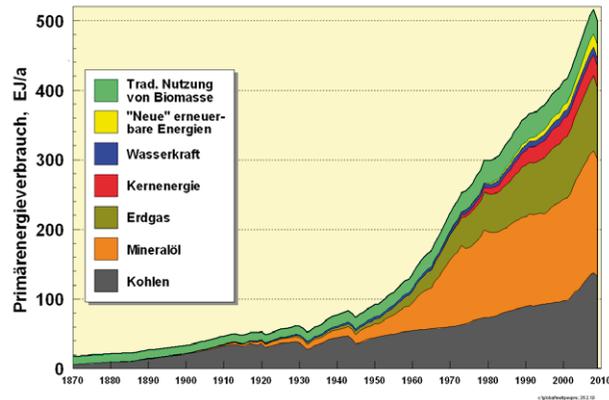


Dr. Joachim Nitsch
 ehem. DLR - Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt,
 Institut für Technische Thermodynamik¹

Von der Ölkrise zur Energiewende Das Problem begrenzter Ressourcen

Die Ausgangslage

Die Ölkrise und andere im Laufe der letzten Jahrzehnte immer wieder aufgetretenen Probleme und Gefahren der Energieversorgung wie Reaktorkatastrophen, Auswirkungen von Luftschadstoffen auf Umwelt und Gesundheit oder die immer deutlicher zu Tage tretenden Klimaveränderungen haben bisher keinen grundsätzlichen Wandel in der Art unserer globalen Energieversorgung mit sich gebracht. Im Zeitraum von 1870 bis heute, in dem sich die Zahl der Menschen etwa vervierfachte, ist der Energieverbrauch der Menschheit um das



Entwicklung des globalen Energieverbrauchs von 1870 bis heute nach Energiequellen. Quelle: Verschiedene Statistiken, Zusammenstellung DLR Stuttgart

30-fache gewachsen und lag im Jahr 2011 bei rund 525 EJ/a (Bild 1). Wachstumseinbrüche gab es im historischen Maßstab nur kurzzeitig durch Kriegseinwirkungen und Wirtschaftskrisen. Auch die Ölkrise 1973 und 1978 und die Finanzkrise im Jahr 2009 haben daran nichts geändert.

¹ Bis Ende 2005 Abteilungsleiter „Systemanalyse und Technikbewertung“ im Deutschen Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR), Stuttgart;
 ab 2006 Gutachter und Berater im Bereich „Innovative Energiesysteme und Klimaschutzstrategien“;
 jo.nitsch@t-online.de

Da um 1870 rund zwei Drittel des Energieverbrauchs durch Biomasse, ergänzt durch geringe Anteile der Wasserkraft, gedeckt wurde, ist der Verbrauch an fossilen Energien deutlich stärker gewachsen als der Gesamtenergieverbrauch, nämlich um das rund 70-fache. Zunächst war dies ausschliesslich Kohle, ab 1910 trat Öl hinzu und ab 1945 erschien Erdgas auf dem Energiemarkt. Diese drei Energieträger decken heute 82% des Weltenergiebedarfs, davon Mineralöl 31%, Kohlen 28% und Erdgas 23%. Gegenüber dem Maximalwert von rund 85% um das Jahr 1970 ist also ihr Anteil kaum gesunken. Das nach wie vor starke Wachstum des globalen Energieverbrauchs, derzeit angetrieben durch den rasant steigenden Bedarf großer Schwellenländer wie China und Indien, konnte durch „neue“ Energietechnologien bisher kaum gedämpft werden. Insbesondere der Kohleverbrauch wächst derzeit deutlich.

Ab 1970 leistet die Kernenergie ihren Beitrag zur Energiebedarfsdeckung, der mit knapp 7% in 2000 aber bereits das Maximum überschritten hat. Heute liegt ihr Anteil am gesamten globalen Primärenergieverbrauch bei 5%. „Neue“ erneuerbare Energien (EE), also Solarstrahlung für die Strom- und Wärmeerzeugung, Windenergie, moderne Biomassennutzungstechnologien sowie Umwelt- und Erdwärme und die Wasserkraft tragen derzeit knapp 7% bei. Den größten Einzelanteil daran hat nach wie vor

die Wasserkraft. Erst vor einigen Jahren erreichen die „neuen“ EE einen höheren Anteil als die Kernenergie. Die traditionelle, wenig effektive Biomassennutzung von Brennholz in den ländlichen Bereichen weniger entwickelter Länder liegt noch bei ca. 6%. Sie kann nicht als nachhaltige Nutzung erneuerbarer Energien bezeichnet werden.

Für die nächsten Jahrzehnte muss von einem weiteren Wachstum des globalen Energieverbrauchs und damit zunächst auch der fossilen Energien ausgegangen werden. Nach den Szenarien des World Energy Outlook 2012 [IEA 2012] wird die Bandbreite im Jahr 2035 bei einem Gesamtverbrauch zwischen 630 EJ/a (erfolgreiche Klimaschutzstrategie) und 780 EJ/a (Weiterführung heutiger Energiepolitik) liegen. Selbst in ehrgeizigen Effizienz- und Klimaschutzszenarien, beispielsweise dem Szenario „Energy (R)Evolution“ von Greenpeace [Greenpeace 2012], steigt die Gesamtnachfrage bis 2020 noch auf knapp 550 EJ/a und sinkt dann nur langsam auf 515 EJ/a in 2035 und auf 480 EJ/a in 2050, also auf ein Verbrauchsniveau, welches dem des Jahres 2005 entspricht.

Die Reserven und Ressourcen fossiler Energien

Die globalen Vorräte an fossilen Energien werden seit Jahrzehnten systematisch untersucht und sind heute detailliert dokumentiert. Sie werden nach „Reserven“ und „Ressourcen“ unterschieden. Beide

Kategorien sind in „konventionelle“ und „unkonventionelle“ Anteile untergliedert. Seit dem deutlichen Ölpreisanstieg um die Jahrhundertwende, welcher durch eine sich abzeichnende Verknappung der bislang unproblematisch gewinnbaren „konventionellen“ Reserven hervorgerufen wurde, sind Reserven und Ressourcen eher gewachsen, weil die Explorationstätigkeit intensiviert wurde. Einen systematischen Überblick bietet z.B. die aktuelle „Energiestudie 2012“ der Deutschen Rohstoffagentur [DERA 2012]. Eine übliche Darstellung der Vorratsmengen ist die Angabe ihrer statischen Reichweiten (Bild 2). Dabei wird der Energieinhalt der Roh-

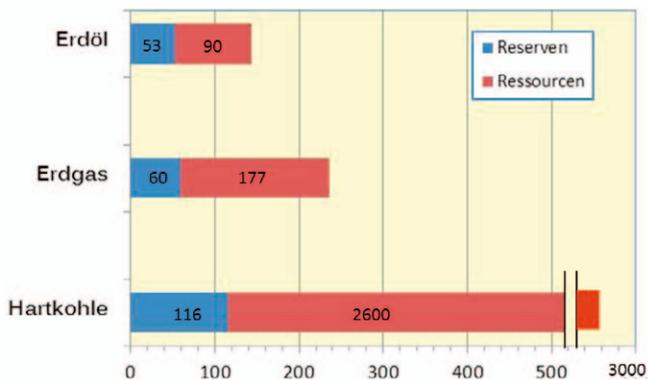


Bild 2: Statische Reichweiten der Reserven und Ressourcen von Erdöl, Erdgas und Hartkohle. Quelle: Dt. Rohstoffagentur, Energiestudie 2012.

stoffmengen auf den gegenwärtigen Jahresverbrauch dieses Rohstoffs bezogen. Für die konventionellen und unkonventionellen Reserven liegen diese Reichweiten für Öl derzeit bei 53, für Erdgas bei 60 und für Hartkohle bei 116 Jahren. Im Mittel kommt man – bei weiterem kons-

tantem Verbrauch – auf 82 Jahre.²

Reserven sind nachgewiesene Rohstoffmengen, die mit „heutiger“ Technik und zu „heutigen“ Preisen gewinnbar sind. Je „unkonventioneller“ die Reserven sind, desto aufwändiger wird technisch und wirtschaftlich die Gewinnung, ist mehr Einsatzenergie erforderlich und entstehen mehr Umweltbelastungen. Beispiele dafür sind sowohl Ölsande und Schwerstöl bzw. Bitumen, die man derzeit insbesondere in Kanada in großem Umfang fördert als auch Porengas (Tight gas), Schiefergas und Kohleflözgas, welche in unterschiedlich starkem Ausmaß in Gesteinen gebunden sind und durch aufwändige Fördermethoden (Fracking) derzeit in den USA in größeren Mengen gewonnen werden. Unkonventionelle Rohstoffmengen werden naturgemäß erst dann gefördert, wenn bequem und preiswert gewinnbare konventionelle Reserven mit der (steigenden) Nachfrage nicht mehr mithalten können bzw. deren Fördermengen zurückgehen und sich dadurch Preisanstiege ergeben. Erst diese machen die erhöhten Aufwendungen aus der Sicht der Förderunternehmen rentabel. Wie „rentabel“ diese Förderung ist,

.....

² Braunkohlereserven, die nur in wenigen Ländern, darunter insbesondere Deutschland, genutzt werden, haben mit 320 Jahren noch eine deutlich höhere statische Reichweite. Bei unkonventionellem Erdgas sind in den Angaben der DERA Gashydrate nicht enthalten.

hängt nicht zuletzt auch von den geltenden Umweltstandards in den betreffenden Ländern ab, da die Gewinnung unkonventioneller Reserven im Allgemeinen mit einer deutlich wachsenden Umweltbelastung einhergeht. Mit steigendem Preisniveau wird auch ein Teil der Ressourcen in Reserven überführt. Dies erklärt, weshalb sich die statischen Reichweiten fossiler Energien in den letzten Jahrzehnten kaum verändert haben.

Deutlich größer als die Reserven sind die Ressourcen fossiler Energierohstoffe. Dazu gehören nachgewiesene, aber derzeit technisch und wirtschaftlich nicht gewinnbare Mengen, jedoch auch nicht nachgewiesene, aber geologisch mögliche Rohstoffmengen. In noch stärkerem Ausmaß als für Reserven sind für die Gewinnung von Ressourcen obige Erschwernisse bzw. Hindernisse beim Übergang von konventionellen zu unkonventionellen Anteilen zu beachten. Für die konventionellen und unkonventionellen Ressourcen liegen die statischen Reichweiten für Öl bei 90 Jahren und für Erdgas sogar bei knapp 180 Jahren. Eine enorme statische Reichweite von 2 600 Jahren besitzen die Ressourcen an Hartkohle. Betrachtet man also nur die bloße Verfügbarkeit fossiler Energierohstoffe ohne Berücksichtigung ihrer Förderkosten, die mit ihrer Förderung einhergehenden (wachsenden) Umweltbelastungen, und ihre Auswirkungen auf das Klima, so bestehen keine grundsätzlichen Engpässe. Ihre weitere Nut-

zung wird nicht durch Rohstoffmangel eingeschränkt. Beschränkungen werden vielmehr durch das steigende, prinzipiell nicht mehr reduzierbare Kostenniveau entstehen, da bereits heute in wachsendem Ausmaß auf unkonventionelle Reserven zurückgegriffen werden muss. „Peak oil“ und „peak gas“ sind zwar noch nicht für die Gesamtheit der Reserven eingetreten, jedoch weitgehend für die relativ kostengünstigen konventionellen Anteile.

Eine tabellarische Übersicht (Tabelle 1) zeigt die verfügbaren Energiemengen (in EJ) für Erdöl und Erdgas [DERA 2012] in der beschriebenen Aufgliederung. Die noch vorhandenen konventionellen Reserven liegen zwischen 28% (Öl= 7 014 EJ) und 25% (Erdgas = 7 240 EJ) der gesamten verfügbaren Mengen. Bei Öl sind bereits eine ähnliche Größenordnung (6 790 EJ) verbraucht, bei Erdgas mit 3 640 EJ etwa die Hälfte der noch verfügbaren konventionellen Reserven. Es zeigt sich u.a. auch, dass bei Erdgas etwa die Hälfte der festgestellten Ressourcen und bei Erdöl knapp 60% unkonventionell sind.

Zu steigenden Förderkosten und wachsenden Umweltbelastungen bei der weiteren Gewinnung fossiler Energierohstoffe kommt ein weiteres entscheidendes Kriterium für ihre zukünftig einzuschränkende Nutzung hinzu. In den förderbaren Rohstoffmengen „stecken“ enorme CO₂-Mengen, die bei ihrer Nutzung freigesetzt würden. Für Erdöl ergeben sich rund 670 Mrd. t für die

Reserven und 1 130 Mrd. t für die Ressourcen. Für Erdgas lauten die entsprechenden Werte 400 Mrd. t und 1 250 Mrd. t. Für Kohle ergeben sich 1 770 Mrd. t für die Reserven und die gigantische Summe von 39 500 Mrd. t CO₂ für die bekannten Kohleressourcen. Nach Modellrechnungen der Klimaforschung können aber nur noch maximal 750 Mrd. t CO₂-Ausstoß in die Atmosphäre toleriert werden, wenn das Ziel eines maximalen Anstiegs der mittleren Erdoberflächentemperatur von 2° eingehalten werden soll. Damit dürfen maximal noch rund 70% der

Öl- und Gasreserven oder 27% der gesamten fossilen Reserven einer energetischen Nutzung zugeführt werden. Bezogen auf die gesamten fossilen Reserven und Ressourcen sind es lediglich 2% (!). Die daraus resultierende „zulässige“ Nutzungsdauer fossiler Energierohstoffe liegt bei 21 Jahren, wenn man von der heutigen Struktur und Verbrauchshöhe ausgeht. Ein Teil der ausgestoßenen CO₂-Emissionen wird von den Ozeanen absorbiert, die tolerierbaren CO₂-Mengen dürften somit etwas höher liegen. An der grundsätzlich notwendigen Begrenzung der zu fördernden fossilen Energierohstoffe ändert dies jedoch nichts.

Innerhalb von Jahrzehnten sollte daher die globale Energieversorgung auf nicht-fossile Energiequellen umgestellt werden.

Unkonventionelles Gas und Gas-Fracking

Die USA haben in den letzten Jahren ihre Erdgasförderung deutlich gesteigert und fördern inzwischen 90% ihres Erdgasverbrauchs (derzeit 683 Mrd. m³/a) im eigenen Land. Erdgas ersetzt in zunehmendem Maße Kohle bei der Stromerzeugung und reduziert so auch den CO₂-Ausstoß des Landes. Dieser Aufschwung in der Mobilisierung der eigenen Reserven kam durch das insbesondere in den letzten 15 Jahren

	Reserven	Ressourcen	Gesamt
	EJ	EJ	EJ
Erdöl, konventionell	7 014	6 637	13 651
Erdöl, unkonventionell	2 018	8 790	10 808
- Ölsande, Schwerstöl	2 018	5 154	7 172
- Ölschiefer	0	3 636	3 636
Erdöl, gesamt	9 032	15 427	24 459
Erdgas, konventionell	7 240	11 671	18 911
Erdgas, unkonventionell	175	10 267	10 442
- Porengas (Tight gas)	0	2 397	2 397
- Schiefergas	105	5 984	6 089
- Kohleflözgas	70	1 886	1 956
Erdgas, gesamt	7 415	21 938	29 353

Tabelle 1: Reserven und Ressourcen von Erdöl und Erdgas nach konventionellen und unkonventionellen Anteilen. Quelle: Dt. Rohstoffagentur, Energiestudie 2012.

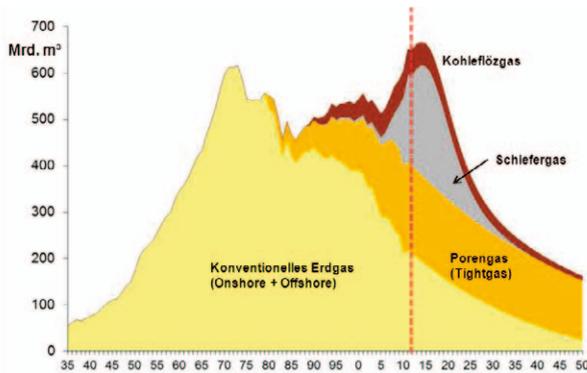


Bild 3: Erdgasförderung in den USA seit 1935 und ein Szenario der zukünftigen Förderung. Quelle: J. Schindler, W. Zittel, LBST Ottobrunn und USA-EIA.

deutlich gestiegene Ölpreisniveau zustande, welches die verbesserte Erschließung von Erdgasfeldern mit aufwändiger Technik und mit Eingriffen in das gashaltige Muttergestein mittels des sog. „Fracking“ rentabel machte. Das Gas muss dabei mit unterschiedlich hohem Aufwand durch Einbringung von Wasser mit Begleitchemikalien aus dem Muttergestein befreit werden. Während Porengas (Tight gas) sich in den Poren eines wenig durchlässigen Gesteins befindet, ist Schiefergas (Shale gas) noch an Tonschiefer gebunden. Schließlich befindet sich noch Kohleflözgas (Coalbed Methan) unter Druck in Kohleflözen. Die dazu erforderlichen erheblichen Eingriffe in Landschaft und Untergrund sind in den USA durch die teilweise sehr geringe Besiedlungsdichte, relativ großzügige Umweltstandards möglich und werden letztlich durch den ungebrochen hohen Energieverbrauch gefördert. Die Förderung konventionellen Erdgases hatte in den USA bereits um

1980 mit rund 600 Mrd. m^3/a ihren Höhepunkt erreicht und war danach auf rund 400 Mrd. m^3/a gesunken (Bild 3). Durch die Erschließung dieser unkonventionellen Reserven liegt das Förderniveau heute wieder bei 610 Mrd. m^3/a . Die Erdgasreserven der USA sind mit insgesamt 7 720 Mrd. m^3 relativ klein (statische Reichweite lediglich 11 Jahre). Nur die mit 52 120 Mrd. m^3 relativ großen Ressourcen (statische Reichweite 76 Jahre), davon die Hälfte unkonventionell, rechtfertigen den großen und stetig steigenden Aufwand in die Erschließung der entsprechenden Gasfelder. In einem derartigen Gasfeld kann nämlich mit einer Bohrung nur ein begrenztes Gesteinsareal erschlossen werden, die Fördermenge geht nach einem Spitzenwert relativ rasch zurück. Um die Fördermenge insgesamt aufrechtzuerhalten oder weiter zu steigern, muss daher die Anzahl der Bohrungen stetig wachsen, nach einem Jahrzehnt sind je nach Feldgröße mehrere tausend Bohrungen entstanden, bevor das Feld leergefördert ist. Mit wachsender Ressourcenausbeutung steigen zudem Aufwand, Kosten und Umweltbelastung. Ein Szenario kritischer Experten [Zittel, 2012] geht unter Berücksichtigung dieser Erkenntnisse von einem zeitlich eng begrenzten Erdgasboom in den USA aus (Bild

3). Bereits ab 2015 dürfte danach die Förderrate abnehmen und um 2020 wieder die 400 Mrd. m³/a –Marke erreichen. Parallel dazu ist mit einem Anstieg der Förderpreise zu rechnen. Nur wenn die USA den gewonnen Zeitraum von 15 – 20 Jahren zum Umbau ihrer Energieversorgung in Richtung von deutlich höherer Effizienz und einer deutlichen Steigerung des Einsatzes erneuerbarer Energien nutzen, lassen sich die erheblichen Aufwendungen in diese Art der Gasförderung und die daraus resultierenden Umweltbeeinträchtigungen rechtfertigen.

Die Kostenfalle der fossilen Energieversorgung – und wie wir ihr entkommen können.

Die Verfügbarkeits- und Nachfragesituation von Erdöl und Erdgas hat bereits in den letzten 15 Jahren zu stetig steigenden Energiekosten geführt. Während Deutschland um

1990 noch rund 20 Mrd. €/a für den Import von Öl, Gas und Kohle ausgab, betrug die Importrechnung 2012 bereits 90 Mrd. €/a, was 3,6 % des Bruttoinlandsprodukts entspricht. Diese Preissteigerungen fielen wesentlich deutlicher aus als alle Aufwendungen zur Förderung des Ausbaus erneuerbarer Energien [Nitsch 2012]. Da sich die Verfügbarkeit günstig erschließbarer Öl- und Gasfelder weiter verringert und die Nachfrage weiter steigen wird, ist auch mit weiteren Kostenanstiegen bei fossilen Energien zu rechnen. Bild 4 zeigt die von uns erwarteten zukünftigen Verläufe der Importpreise für Öl, Gas und Steinkohle [Nitsch 2013]. Grundsätzlich sind zwei Entwicklungen möglich. Eine wenig aktive Energie- und Klimaschutzpolitik führt in Weiterführung des gegenwärtigen Trends zu einer weiter steigenden Nachfrage nach fossilen Energieträgern. Dem-

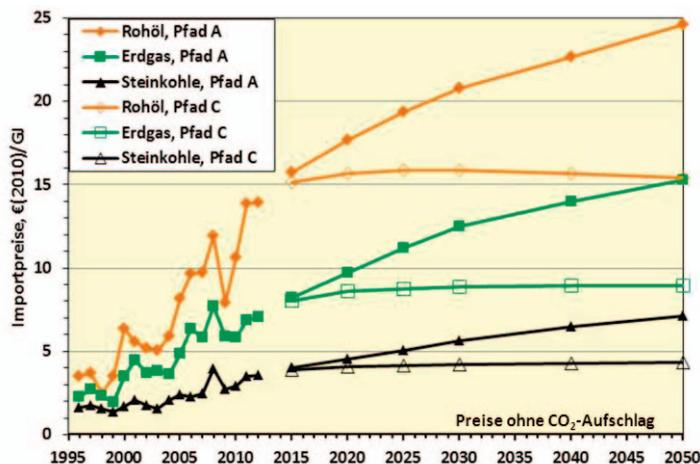


Bild 4: Importpreise von Erdöl, Erdgas und Steinkohle seit 1995 und zwei Szenarien zukünftiger Preisentwicklungen. Quelle: J. Nitsch, DLR Stuttgart

entsprechend werden deutliche Preisanstiege im Bereich der oberen Preiskurven in Bild 4 erwartet. Dies führt zu einer immer teurer werdenden Energieversorgung, ohne dass sich an der aktuellen Problemlage etwas ändert. Setzt sich dagegen eine aktive Kli-

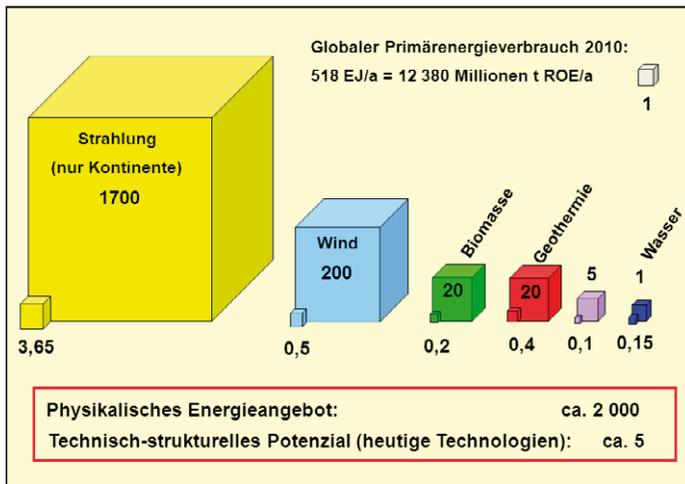


Bild 5: Physikalischen Energieangebot und technisches Nutzungspotenzial erneuerbarer Energien im Vergleich zum globalen Energieverbrauch.
Quelle: DLR Stuttgart

maschutzpolitik durch, so kann die sinkende Nachfrage nach fossiler Energie zu stagnierenden (realen) Preisen führen. Zur Durchsetzung dieser Politik werden allerdings mit 80 – 100 €/t CO₂ erheblich höhere CO₂-Zertifikatspreise (oder eine entsprechende CO₂-Steuer) benötigt, als dies gegenwärtig der Fall ist. Im Endeffekt steigen dadurch für den Endverbraucher die Preise fossiler Energien in ähnlichem Ausmaß wie im Fall der Trendentwicklung [Nitsch 2012]. Allerdings zeigt sich in diesem Fall der Nutzen der Strategie in erheblichen Effizienzgewinnen und einem deutlichen Ausbau der erneuerbaren Energien. Die Effizienzsteigerung erlaubt gleichzeitig eine Kompensation steigender (spezifischer) Energiepreise und damit eine Abkopplung von steigenden Energierechnungen. Gleichzeitig können die Kosten erneuerbarer

energien je nach Technologiefortschritt und Marktumfang weiter sinken. Energiekosten hängen schließlich „nur“ noch von technologischen Fortschritten ab und sind nicht mehr den Unwägbarkeiten fossiler Rohstoffpreise ausgesetzt. Nur diese Strategie führt längerfristig zu einer erschwinglichen Energieversorgung, weil dadurch eine Ablösung von den fossilen Energieträgern erfolgen kann.

Auch aus „Ressourcensicht“ sind EE die einzig verlässliche Energiequelle. Das physikalische Potenzial der Solarstrahlung, der Windenergie, der nachwachsenden Biomasse, der Geothermie, der Wasserkraft und schließlich von Wellen und Gezeiten beträgt gut das 2000-fache des jährlichen globalen Energieverbrauchs (Bild 5). Wegen physikalischer, technischer, struktureller, ökologischer und ökonomischer Begrenzungen lassen sich davon lediglich Promille (Strahlung) bis wenige Prozente (Wasserkraft) in Form nutzbarer Energieträger wie Elektrizität, Nutzwärme und chemischen Energieträgern „ernten“. Legt man dafür die heute bekannten Nutzungstechnologien zugrun-

den, so sind die Kosten für erneuerbare Energien in den letzten Jahren stark gesunken. Dies ist ein wichtiger Faktor für die Erreichung der Klimaziele. Die Kosten für erneuerbare Energien sind heute bereits mit den Kosten für fossile Energien vergleichbar. Dies ist ein wichtiger Schritt zur Erreichung der Klimaziele. Die Kosten für erneuerbare Energien sind heute bereits mit den Kosten für fossile Energien vergleichbar. Dies ist ein wichtiger Schritt zur Erreichung der Klimaziele.

de, so erhält man ein technisches Nutzungspotenzial von rund dem 5-fachen des derzeitigen globalen Energieverbrauchs, woran die Strahlungsenergie mit gut 70% Anteil die bedeutendste Ressource ist. Der von der Bundesregierung eingeschlagene Weg der „Energiewende“ hin zu einer schließlich vollständig auf erneuerbaren Energien beruhenden Versorgung ist also belastbar und ist somit eine richtige Entscheidung. Eine konsequente Weiterführung der eingeschlagenen Entwicklung ist auch die einzige Möglichkeit, der Kostenfalle der fossilen Energieversorgung zu entkommen. Die heute dafür erforderlichen Investitionen sind daher eine kluge Vorleistung.

Literatur:

DERA 2012:

Deutsche Rohstoffagentur (DERA) (2012): Energiestudie 2012 – Reserven, Ressourcen und Verfügbarkeit von „Energierohstoffen“. Hannover: Deutsche Rohstoffagentur, Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe, URL: http://www.bgr.bund.de/DE/Themen/Energie/energie_note.html

Greenpeace 2012:

Teske, S.; Pregger, T.; Simon, S.; Naegler, T.; Graus, W.; Lins, C. (2011): „Energy (R)Evolution – a sustainable world energy outlook“. Energy Efficiency, Vol. 4, pp. 409-433, DOI: 10.1007/s12053-010-9098-y

IEA 2012:

International Energy Agency (IEA) (2012): World Energy Outlook 2012. Paris: OECD/IEA, 690 Seiten, ISBN 978-92-64-18084-0

Nitsch 2012:

Nitsch, J. (2012): „Die Kosten der Energiewende – vollständig und langfristig betrachtet.“ Expertise, Stuttgart, Oktober 2012

Nitsch 2013:

Nitsch, J. (2013): „Szenario 2013 – eine Weiterentwicklung des Leitszenarios 2011“; Arbeitspapier, DLR Stuttgart, März 2013; Veröffentlichung in Vorbereitung

Zittel 2012:

Zittel, W. (2012): „Unkonventionelles Erdgas – ein Game Changer mit Fragezeichen.“ Vortrag ASPO Deutschland, Jahrestagung, Berlin, 21. Mai 2012

Problem Klimawandel

1. Einleitung

Von den aus wissenschaftlicher Sicht mindestens drei ökologischen Grenzüberschreitungen der Menschheit, die eine nachhaltige Entwicklung stark gefährden, haben nur die globalen vom Menschen verursachten Klimaänderungen zu einer Debatte in den meisten Gesellschaften geführt. Obwohl die beiden anderen, nämlich der Verlust an biologischer Vielfalt und die Störung der globalen Kreisläufe des Stickstoffs und Phosphors, mindestens genauso weit über der zulässigen Grenze liegen und eine nachhaltige Entwicklung der Menschheit mindestens ebenso erschweren oder verhindern. Alle drei sind allerdings miteinander verknüpft. So bedrohen etwa die Klimaänderungen die biologische Vielfalt und die Emission von Stickstoffverbindungen in die Atmosphäre ändert das globale Klima und treibt den Verlust an Arten wesentlich voran. Ein Beispiel aus der Praxis für die oft komplexen Zusammenhänge ist: Eine Biogasanlage zur Stromerzeugung, die mit Maissilage von einem Feld mit Anwendung von Pflanzenschutzmitteln

und starker Düngung von außerhalb betrieben wird, reduziert die Treibhausgasemissionen im Vergleich zu einem Gaskraftwerk keineswegs. Denn das Treibhausgas Distickstoffoxid (Lachgas) kompensiert die nur zum Teil reduzierten Kohlendioxidemissionen oft ganz und für die Herstellung der Pflanzenschutzmittel sowie der Dünger ist viel Energie notwendig, so dass weiterhin hohe Kohlendioxidemissionen anfallen. Dennoch werden solche Anlagen, die obendrein die Abwärme oft nicht nutzen, als Klimaschutzmaßnahme verkauft. Dieses Thema wird wohl in anderen Beiträgen dieser Jubiläumsfeier intensiver beleuchtet.

Ich möchte mich hier konzentrieren auf den Anlass zu den globalen vom Menschen verursachten Klimaänderungen, die schon beobachteten Klimaänderungen und die je nach Verhalten der Menschheit in diesem Jahrhundert und darüber hinaus bevorstehenden Klimaänderungen.

2. Der Anlass zu den Klimaänderungen durch den Menschen

Der von den Veranstaltern vorgeschlagene Titel meines Beitrages wirft mit dem Wort „Klimawandel“ entsprechend unserem Sprachgefühl ein zu positives Licht auf die Veränderung der wichtigsten natürlichen Ressource, dem Klima. Wandel ist positiv besetzt, aber die raschen Klimaänderungen werden überwiegend negative Folgen für die Menschen in den meisten Regionen haben. Deshalb wäre die Bezeichnung rasche (anthropogene) Klimaänderungen angemessener.

Die Atmosphäre der Erde ist ganz wesentlich vom Leben geprägt: Die Hauptbestandteile Stickstoff, Sauerstoff und Argon, das sind 99,96 Prozent aller Moleküle der trockenen Luft, sind für die Strahlungsbilanz des Planeten von vergleichsweise geringer Bedeutung; während der winzige Rest, die langlebigen Treibhausgase Kohlendioxid (CO_2), Lachgas (N_2O) und Methan (CH_4) mit insgesamt nur 0,4 Promille Anteil nicht nur von der Biosphäre dominiert werden sondern auch zentral für den Energiehaushalt sind, weil sie nicht nur selbst die Temperatur an der Erdoberfläche mit steuern, sondern auch die Konzentration des wichtigsten der Treibhausgase, des Wasserdampfes, wegen dessen starker Abhängigkeit von der Temperatur (etwa 8% Änderung bei Temperaturänderung um 1°C) mitbestimmen. Deshalb ist eine globale längerfristige Klimaänderung allein durch die Änderung der Konzentration

sehr kleiner Beimengungen der Atmosphäre möglich. Genau diesen Weg beschreitet zurzeit die Menschheit. In dem sie durch die Verbrennung fossiler Brennstoffe wie Kohle, Erdöl und Erdgas sowie die Änderungen der Landnutzung die oben genannten langlebigen Treibhausgase aber auch viele die Luft trübenden Partikel emittiert. Sie gibt damit langfristig einen Anstoß für eine mittlere Erwärmung an der Erdoberfläche, weil die oft kühlenden Wirkungen erhöhter Lufttrübung weniger bedeutend sind. Wie diese Erwärmung horizontal und vertikal verteilt ist und wie hoch sie ist sowie welche Folgen sie für viele andere Klimaparameter, wie z.B. die Bewölkung und die Niederschläge hat, wird durch komplexe miteinander wechselwirkende Prozesse bestimmt. Deshalb ist die numerische Modellierung vergangenen, gegenwärtigen und zukünftigen Klimas eine hohe wissenschaftliche Kunst, die weit von ihrer Vollendung entfernt ist, und die wegen der vielen Rückkopplungen im Klimasystem nur langsam vorankommt.

2.1 Die schon veränderte Zusammensetzung der Atmosphäre

Seit Beginn der Industrialisierung etwa zur Mitte 18. Jahrhundert sind die Konzentrationen der drei langlebigen, natürlich vorkommenden und schon genannten Treibhausgase wesentlich angestiegen. Wie Kasten 1 zeigt, liegt damit eine seit mindestens 800.000 Jahren nie aufgetretene Höhe der Konzentration und zu-

dem um Größenordnungen raschere Änderung der Zusammensetzung der Atmosphäre vor; denn nach der Rekonstruktion der Konzentration aller drei Treibhausgase aus den Luftbläschen im antarktischen Eis schwankte die Konzentration in diesen etwa 8 Eiszeit/Zwischen-eiszeit-Zyklen bei CO_2 von etwa 190 bis etwa 300 millionstel Volumenanteilen, bei CH_4 von ungefähr 0,35 bis 0,7 millionstel Volumenanteilen und bei N_2O von 0,205 bis 0,270 (IPCC, 2007a). Das muss neben der stark unterschiedlichen Helligkeit des Planeten bei mehr oder weniger Eis zu globalen Klimaänderungen führen. Wie stark diese sind, hängt von der Empfindlichkeit des Klimasystems gegenüber solchen Störungen ab. Der Wert ist keineswegs gut bekannt, deshalb gibt der Zwischenstaatliche Ausschuss über Klimaänderungen der Vereinten Nationen (Intergovernmental Panel on Climate Change, IPCC) seit 1990 nur jetzt leicht geringere Spannweiten von 1,7 bis 4,2 °C Temperaturerhöhung an der Erdoberfläche bei voller Reaktion auf eine Verdoppelung des CO_2 -Gehaltes der Atmosphäre an (IPCC, 2007a).

Eine wesentliche Schwierigkeit bei dieser Berechnung ist die Verzögerung der schon angestoßenen Erwärmung durch die langsam reagierenden Teile des Klimasystems, nämlich den Ozean und die großen Eisgebiete. Diese Verzögerung der schon programmierten Klimaänderungen durch den nur langsam sich in etwa einem Jahrtausend umwäl-

zenden Ozean und die noch langsamer reagierenden sehr großen Eisgebiete (vor allem der Ostantarktis) wirkt oft wie ein Valium für wichtige Sektoren der Gesellschaft gegen die notwendigen Klimapolitik. Sie erschwert die Klimapolitik, weil die langfristigen, fast unumkehrbaren Klimaänderungen sehr lange nicht entdeckt werden können. Kandidaten für solche globalen Kipp-Punkte, bei denen die dann hohe Geschwindigkeit der Klimaänderungen nicht mehr vom Anstoß allein abhängt, sind: Das rasche Abschmelzen des Eisschildes in Grönland und der Zerfall des Eisschildes der Westantarktis sowie Methanemissionen aus Permafrost und Hydraten in der Tiefsee. Wir sehen z.B. bei den großen Gletschergebieten nur einen kleinen Teil des schon vorprogrammierten Schmelzens und damit beim Meeresspiegelanstieg nur sehr kleine Teile des über Jahrhunderte weitergehenden Anstieges auch bei Stabilisierung der Treibhausgasemissionen. Würde die Temperatur in Jahrzehnten danach nicht mehr weiter ansteigen, so hörte das Abschmelzen der Gebirgsgletscher je nach deren Größe über Jahre bis viele Jahrzehnte dennoch nicht auf und die Eisschilde würden über noch längere Zeit weiter schrumpfen. So dass der Meeresspiegelanstieg auch noch Jahrhunderte nach erfolgreicher Klimaschutzpolitik weiter ansteigt.

Warum ändert der Mensch das globale Klima rasch?

- 1) Weil die Spurengase das Klima ganz wesentlich bestimmen,
- 2) wir nur deren Konzentration stark ändern können und
- 3) die Änderungsrate um mehr als eine Größenordnung über den raschesten natürlichen der vergangenen 100.000enden von Jahren liegt.

GAS	1750	2012
CO ₂	280	393 ppmv
CH ₄	0,7	1,75 ppmv
N ₂ O	0,27	0,32 ppmv

Diese drei Gase haben Lebensdauern von ca. 10 (CH₄), ca. 120 (N₂O) bzw. weit über 100 (CO₂) Jahren¹ und sind deshalb in der Atmosphäre recht gleichmäßig verteilt.

¹ Die Lebensdauer einer Luftbeimengung ist definiert als die Zeit nach der eine emittierte Masse dieses Gases auf 1/e (ungefähr 37 %) abgefallen ist, wobei e die Basis des natürlichen Logarithmus ist.

2.2 Beiträge verschiedener Sektoren zum Anstoß für Klimaänderungen

Die verschiedenen Sektoren der Gesellschaft tragen sehr unterschiedlich zur Störung des Strahlungshaushaltes des Planeten Erde, meist ausgedrückt durch den so-

genannten Strahlungsantrieb¹, bei. Wie Abbildung 1 aus Unger et al. (2010) für mittlere globale Werte bei Berechnung der Wirkung einer Emission, von heute über die kommenden hundert Jahre integriert, demonstriert, sind Kraftwerke zur Stromerzeugung (power), der Straßenverkehr (on-road), die Industrie und das Heizen bzw. Kühlen von Wohnungen mit Kohle, Heizöl und Erdgas (domestic fossil fuel) die wichtigsten zum Strahlungsantrieb Beitragenden. Es sind zwar die Emissionen von CO₂ der höchste einzelne Beitrag, aber insgesamt neun klimaändernde Emissionen mit positiven wie negativen Werten des Strahlungsantriebes müssen berücksichtigt werden. Dies soll jetzt für Vegetationsbrände (biomass burning) etwas detaillierter besprochen werden. Die Emission von organischen gasförmigen Verbindungen (organic carbon) führt zu Partikeln,

.....

¹ **Strahlungsantrieb** (Radiative Forcing (RF)): Ungleichgewicht der Strahlungsbilanz der Erde an der Tropopause (angegeben in Einheiten einer Strahlungsflussdichte, also Energie pro Zeit- und Flächeneinheit, hier in Milliwatt pro Quadratmeter, mW/m²), wenn sich die Konzentration einer Beimengung der Atmosphäre ändert, aber alle anderen Parameter fixiert bleiben. In Wirklichkeit strebt die Erde im Mehrjahresmittel eine ausgeglichene Bilanz zwischen absorbierten Sonnen- und emittierter Wärmestrahlung an, d.h. das Ungleichgewicht wird abgebaut und Klima somit geändert. RF ist ein gutes Maß für den Anstoß zu Klimaänderungen. Positive Werte führen zu einer Erwärmung an der Oberfläche, negative zu einer Abkühlung.

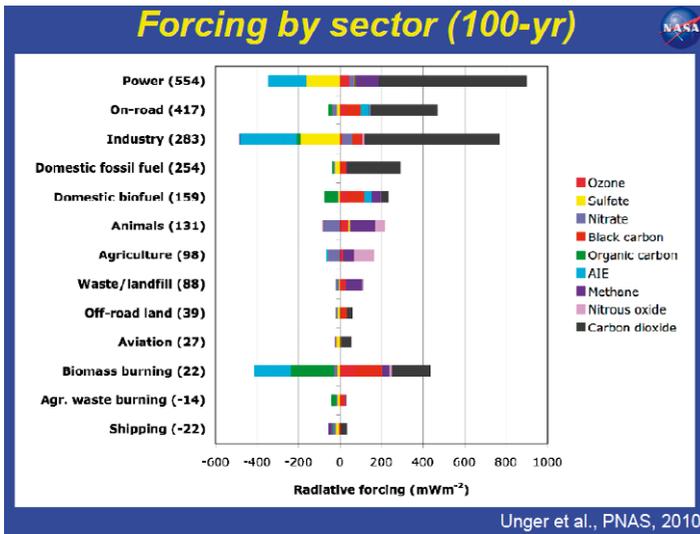


Abbildung 1: Beiträge einzelner Sektoren der menschlichen Aktivitäten zum Strahlungsantrieb (in mW/m^2) nach Unger et al. (2010), gereiht nach dem Nettobeitrag bei Beachtung kühlender (negativer Strahlungsantrieb) und wärmender (positiver Strahlungsantrieb) Emissionen. Insgesamt neun die Strahlungsbilanz des Planeten ändernde Bestandteile der Atmosphäre sind beachtet worden: Ozon, Sulfatteilchen, Nitratteilchen, Ruß, Teilchen aus organischen Verbindungen gebildet, indirekte Aerosoleffekte, Methan, Distickstoffoxid (Lachgas), Kohlendioxid.

die die Luft trüben und daher wegen der Verringerung der Einstrahlung von Sonnenenergie an der Oberfläche kühlend wirken, also zu einem negativen Strahlungsantrieb führen. Dies verändert wiederum die Wolken durch sogenannte indirekte Aerosoleffekte (AIE, Aerosol Indirect Effect), die ebenfalls kühlend wirken. Daher wird die wärmende Wirkung der Emissionen der Treibhausgase CO_2 , CH_4 , N_2O und Ozon (O_3) und die des Rußes (black carbon) fast vollständig kompensiert. Um die Vervielfachung der Wirkung der Energienutzung durch den gasförmigen in die Atmosphäre entlassenen Abfall im Vergleich zur Abwärme zu verdeutlichen, sollen jetzt die jeweiligen Strahlungsflussdichten

verglichen werden: Die Abwärme aller Aktivitäten des Menschen führt zu einer Strahlungsflussdichte von heute etwa $0,03 \text{ W/m}^2$. Dagegen ist der Strahlungsantrieb allein durch das CO_2 aus dem Straßenverkehr um den Faktor 10 höher, der Nettostrahlungsantrieb aller Emissionen übersteigt die Abwärme um etwa den Faktor 70. Diese Vervielfachung beruht auf der Absorptionsfähigkeit der emittierten Gase im Wärmestrahlungsbereich, so dass die Erdoberfläche vor Wärmeverlusten in den Weltraum etwas besser geschützt ist und eine ausgeglichene Strahlungsbilanz nur durch eine weitere Erwärmung der Oberfläche und der unteren Atmosphäre erreicht werden kann. Der Treibhauseffekt der Atmosphäre nimmt also mit jeder weiteren Emission dieser langlebigen Treibhausgase zu.

Beobachtete Klimaänderungen

Die mittlere globale Erwärmung seit 1900 ist unumstritten und die Zuordnung zu menschlichen Aktivitäten mindestens während der vergangenen 60 Jahre ebenfalls. IPCC (2007a) hat es folgendermaßen ausgedrückt: „Das Verständnis der erwärmenden und kühlenden anthropogenen Einflüsse auf das Klima hat sich seit dem Dritten Sachstandsbericht verbessert und zu einem sehr hohen Vertrauen geführt, dass der globale durchschnittliche Nettoeffekt der menschlichen Aktivitäten seit 1750 eine Erwärmung war, mit einem Strahlungsantrieb von $+1,6$ [$+0,6$ bis $+2,4$] W/m^2 “ (Übersetzung

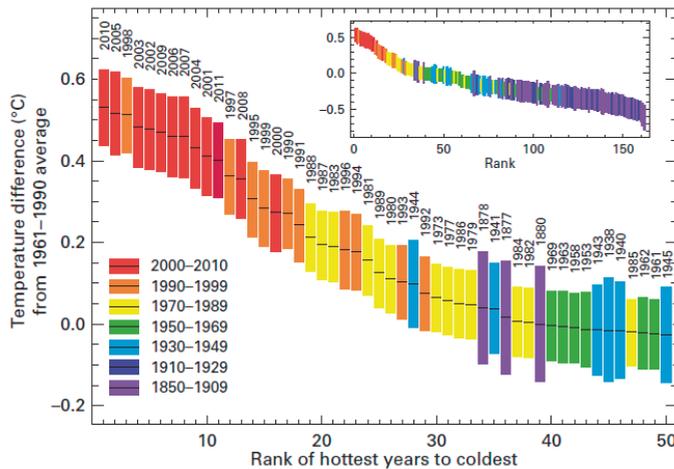


Abbildung 2: Reihung der globalen mittleren Lufttemperatur, gemessen in 2m Höhe, seit 160 Jahren. Die Höhe der Balken gibt die Unsicherheit der Messung an. Quelle: WMO (2012)

durch das Bundesministerium für Umwelt). Die Weltorganisation für Meteorologie (WMO) in Genf hat im Jahre 2012 eine Fortschreibung der Temperaturmessungen veröffentlicht, in der die Jahresmitteltemperaturen der Luft, in 2 m Höhe gemessen, gereiht sind. Demnach war das vergangene Jahrzehnt das eindeutig wärmste seit Messungen begannen (Abb. 2). Die wärmsten drei Jahre waren 2010, 2005 und 1998.

Der für viele Regionen wichtigste Klimaparameter, der Niederschlag, der sicherlich bei unterschiedlicher Erwärmung sich ändern wird und der global gemittelt zunehmen sollte, ist für viele Regionen wegen zu kurzer Zeitreihen und wegen der Fehlerhaftigkeit der Messung bei höheren Windgeschwindigkeiten für Trendanalysen kaum geeignet. Eine Tendenz zur Schrumpfung ist in se-

miariden Gebieten mit ausreichender Beobachtungsdauer erkennbar, genauso wie eine Zunahme in vielen Gebieten der hohen Breiten der nördlichen Erdhälfte (IPCC, 2007a).

Die wohl eindrucksvollste Reaktion auf die mittlere globale Erwärmung ist der Schwund des Meereises in der

Arktis. So ist die Ausdehnung des sogenannten mehrjährigen Meereises (es übersteht den Sommer) seit 1979 mit erstmals flächendeckender Beobachtung vom Satelliten aus von ca. 8 Millionen Quadratkilometer auf weniger als die Hälfte im Jahre 2012 mit einem Rekordminimum von 3,4 geschrumpft (NASA, 2012).

Der Meeresspiegelanstieg ist seit 1979 mit Radaraltimetern auf Erdsatelliten flächendeckend und in kurzen Zeitabschnitten gemessen. Pro Jahr steigt er zurzeit im Mittel mit 3,2 mm an. Dazu haben die Eisschilde in Grönland, der Ostantarktis, der Westantarktis und der antarktischen Halbinsel von 1992 bis 2011 bei Verlust von 142 ± 49 , -14 ± 43 , 65 ± 26 , bzw. 20 ± 14 Milliarden Tonnen Eis pro Jahr beigetragen (ESA, 2012), was nur etwas mehr als einem Fünftel

des Anstiegs von etwa 3,2 mm pro Jahr entspricht. Die Hauptbeiträge stammen von der Ausdehnung des Meerwassers und der Schrumpfung der Gebirgsgletscher.

Szenarien künftiger Klimaänderungen

Weil das Verhalten der Menschheit nur in weiten Grenzen vorhersehbar ist, haben Wissenschaftler auf der Basis grundsätzlicher Verhaltensmuster gegenüber Konflikten sowie der Entwicklung der Bevölkerung und des Wohlstands in allen Ländern bei unterschiedlichem Umweltverhalten einige Szenarien der Emissionen von Treibhausgasen, also mögliche Zukünfte der Zusammensetzung der Atmosphäre entworfen, mit denen die Klimamodelle gefüttert werden, und die dann die jeweiligen Klimaänderungen projizieren (IPCC, 2000, 2007a, 2012)), und aus denen andere Gruppen (IPCC, 2007b, 2007c, 2007d) ihre Schlüsse ziehen. Aus diesen Projektionen wird klar, dass ohne Klimaschutzpolitik im 21. Jahrhundert eine mittlere globale Erwärmung sehr wahrscheinlich ist, die den dem homo sapiens bekannten Klimabereich schon bald verlässt,

und die mit einer Geschwindigkeit voranschreitet, die seit Jahrtausenden bei globalen Klimaänderungen nicht mehr auftrat. Deshalb hat die Völkergemeinschaft beschlossen, die mittlere globale Erwärmung im 21. Jahrhundert unter 2° C zu halten; denn dann wird die Wahrscheinlichkeit für Kipp-Punkte im Klimasystem (z.B. das langfristige Abschmelzen der Großen Eisschilde mit mehreren Metern Meeresspiegelanstieg über Jahrhunderte) wesentlich geringer sein. Nur mit rascher globaler Aktion zur Beendigung der Nutzung fossiler Brennstoffe im 21. Jahrhundert scheint dies noch möglich. In den Worten des Nationalen Forschungsrates der USA: *Die Erde tritt in eine neue geologische Epoche ein, auch Anthropozän genannt, während der die Entwicklung des Planeten überwiegend durch die Effekte der Aktivitäten des Menschen kontrolliert sein wird, vor allem durch die Emissionen von Kohlendioxid. Aktionen in diesem Jahrhundert bestimmen darüber, ob die Klima-anomalie des Anthropozän eine relativ kurze und kleine Abweichung vom Klima des Holozän sein wird, oder eine extreme über viele Jahrtausende* (NRC, 2010).

Literaturangaben (überwiegend beschränkt auf Stellungnahmen nationaler und internationaler Institutionen):

European Space Agency (ESA) (2012):

<http://www.esa-icesheets-cci.org/>

Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) (2000): Special report on emissions scenarios: a special report of Working Group III of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Nebojsa Nakicenovic and Rob Swart (Eds.). Cambridge, UK:

- Cambridge University Press, pp 570, ISBN 0521800811
- Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) (2007a): Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Solomon, S.; Qin, D.; Manning, M.; Chen, Z.; Marquis, M.; Averyt, K. B.; Tignor, M.; Miller, H. L. (eds.). Cambridge, UK: Cambridge University Press, 996 pp.
- Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) (2007b): Climate Change 2007: Impacts, Adaption and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Parry, M. L.; Canziani, O. F.; Palutikof, J. P.; P.J. VanDerLinden, P. J.; Hanson, C. E. (eds). Cambridge, UK: Cambridge University Press, 976 pp.
- Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) (2007c): Climate Change 2007: Mitigation of Climate Change. Contribution of Working Group III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Metz, B.; Davidson, O. R.; Bosch, P. R.; Dave, R.; Meyer, L. A. (eds). Cambridge, UK: Cambridge University Press, 851 pp.
- Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) (2007d): Climate Change 2007: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Core Writing Team: Pachauri, R. K.; Reisinger, A. (Eds.). Geneva, Switzerland: Intergovernmental Panel on Climate Change, 52 pp.
- Plattner, G.-K.; Stocker, T. (2012): From AR4 to AR5: New Scenarios in the IPCC Process. University of Bern, Switzerland. URL: http://www.c2sm.ethz.ch/news/scen_workshop/presentations/c2sm_ws10_plattner.pdf
- National Aeronautics and Space Administration (NASA) (2012): Ice Sheet Loss at Both Poles Increasing, Major Study Finds, News Releases, Nr. 12-409. URL: http://www.nasa.gov/home/hqnews/2012/nov/HQ_12-409_Ice_Sheet_Sea_level.html
- National Research Council Panel on Limiting the Magnitude of Climate Change (NRC) (2010): Limiting the magnitude of future climate change: America's climate choices – Panel on Limiting the Magnitude of Climate Change. Washington, D. C.: National Academies Press, 257 pp. ISBN 0-309-14597-X
- Unger, N.; Bond, T. C.; Wang, J. S.; Koch, D. M.; Menon, S.; Shindell, D. T.; Bauer, S. E. (2010): Attribution of climate forcing to economic sectors. Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America (PNAS), Vol. 107, No. 8, pp. 3382-3387, DOI:10.1073/pnas.0906548107
- World Meteorological Organization (WMO) (2012): WMO statements on the status of the global climate in 2011. WMO-Publication, No. 1095. Geneva, Switzerland: World Meteorological Organization (WMO), 22 pp. ISBN 978-92-63-11085-5, URL: http://www.wmo.int/pages/prog/wcp/wcdmp/documents/1085_en.pdf

Helmut Lamp
Vorstandsvorsitzender des Bundesverbands BioEnergie (BBE)

Bioenergie – Teil der Lösung

Die Ölkrise Anfang der 70er Jahre im letzten Jahrhundert rüttelte die Welt auf. Brasilien und der Freistaat Bayern reagierten umgehend. Brasilien stieg in die Zuckerrohr-Treibstoffproduktion ein, Bayern widmete sich der Entwicklung der Bioenergie auf breiter Basis hier im TFZ.

Heute kann die Bioenergieforschung im TFZ Straubing auf vierzig Jahre Forschung und Engagement im Bereich der Bioenergie zurückblicken. In diesen Jahren hat sich die Welt so grundlegend verändert – wie wohl nie zuvor. Seit dem Jahr 1973, als das TFZ gegründet wurde, hat sich der Weltenergiebedarf etwa verdoppelt, in den nächsten vierzig Jahren wird er sich voraussichtlich nochmals verdoppeln. Vier Fünftel des Weltenergiebedarfs werden gegenwärtig durch fossile Energieträger – hauptsächlich Öl und Kohle – gedeckt. Seit Gründung des TFZ ist deshalb der Jahres-Kohlendioxid-ausstoß weltweit um 45% gestiegen. Die Energiepreise sind explodiert. 1973 konnten Sie einen Barrel Öl für den Gegenwert von 30 kg Weizen kaufen. Heute muss ein Landwirt 600 kg Weizen verkaufen, um einen

Barrel Öl einkaufen zu können.

Das ist die Momentaufnahme einer stürmischen Entwicklung, die wir – durch dramatische Ereignisse – zeitweise mehr, durch schnelle Gewöhnung und Verdrängung oft jedoch nur am Rande wahrnehmen. Werden wir 2023, wenn das TFZ sein fünfzigjähriges Bestehen feiert, noch bayerische Alpengletscher fotografieren können? Werden die Kosten für einen Barrel Öl auf den Gegenwert von 1.000 kg oder auf den von 2.000 kg Weizen hochgeschossen sein?

Unser wichtigstes, nach wie vor ungelöstes Zukunftsproblem: Fast 90% unserer Energieträger zur Erzeugung von Wärme, Treibstoff und Strom sind endlich; ihre nutzbaren Vorräte werden immer schneller überschaubar; immer aufwendiger, immer kostenintensiver müssen sie gefördert werden. Zudem belasten Öl, Gas, Kohle und auch die Kernenergie in unverantwortlichem Ausmaß Klima oder Umwelt – oder beides – und müssen überwiegend aus ökologisch sensiblen oder politisch problematischen Regionen importiert werden.

Die schon existenten und die sich abzeichnenden Probleme wurden von der Politik erkannt. Man erkannte, das Problem lässt sich durch Energieeinsparung zwar zunächst wirksam dämpfen, lösen lässt es sich jedoch letzten Endes nur über den Ersatz konventioneller durch erneuerbare Energien.

Mit unerwartet schneller technologischer Entwicklung in vielen Bereichen der regenerativen Energien und der breiten Inanspruchnahme von Förderangeboten ergaben sich Probleme, die man so nicht hatte kommen sehen. Die oft kritisierte Kostensteigerung durch regenerative Energien, würde anders diskutiert, wenn die seit Jahrzehnten laufenden staatliche Hilfen für konventionelle Energien von der Öffentlichkeit kritisch wahrgenommen würden. Steuermittel in Höhe vieler hundert Milliarden wurden aufgebracht für Kohleförderung, Endlagerung der Kernenergie, Bergschäden, Tankerunfälle, Klimaschäden...

Bei den regenerativen Energien ist dies grundlegend anders. Hier haben, abgesehen von Forschungsförderung und gewissen Investitionshilfen, allein Energieverbraucher - und nicht Steuerzahler - die Vollkosten zu tragen. So erscheinen erneuerbare Energien - im Anfangsstadium ohnehin noch kostenträchtig - im hoch subventionierten konventionellen Energiemarkt als Kostentreiber.

Ein unbefriedigender Zustand, der in der politischen Realität aber nur schwer änderbar ist, da die Sub-

ventionierung der konventionellen Energien seit Jahrzehnten aus unterschiedlichen Gründen akzeptiert wird, eine kurzfristige Übertragung dieser Kosten auf den Energieverbraucher aber nicht. Jede diesfordernde politische Partei würde hiermit ihren schnellen Niedergang besiegeln.

Auf Sicht werden aber schnell steigende Rohstoffkosten für fossile Energieträger für mehr Marktgleichgewicht sorgen. Viele, meist mittelständische Unternehmen werden den Sprung in die Zukunft mit nur noch verhaltener staatlicher Begleitung nicht bewältigen können, zumal man sie mit etlichen weiteren Hemmnissen ausbremst.

Insbesondere die Bioenergie ist gezielter Stimmungsmache von Interessenverbänden ausgesetzt, die Mitbewerber im Agrarrohstoffmarkt abzuwehren suchen oder die überzogenen Naturschutz einfordern. Die Argumente gegen die Bioenergie sind oft sehr realitätsfern, nicht selten absurd - und werden doch relativ kritiklos von Medien übernommen und finden Eingang in politische Kreise.

Beeindruckt von angeblichen Flächenknappheiten, von ihr untergeschobenen Hunger-, Umwelt- und Kostenproblemen erlahmt derzeit das politische Engagement für die Bioenergie. Gewissen Interessenverbänden gelang es, das Meinungsbild der breiten Öffentlichkeit gezielt zu manipulieren und so weit zu drehen, dass selbst helllichtige Politiker es kaum wagen, die Bioenergie-

fakten öffentlich wieder gerade zu rücken! Doch allen Widerständen zum Trotz wird die älteste vom Menschen genutzte Energie, die tragende Säule der erneuerbaren Energien bleiben. Sie allein stellt auch heute weltweit 60 bis 70% der regenerativen Energie.

In Deutschland ist die Bioenergie im Treibstoffbereich alleinige Solistin, im großen Wärmebereich wird sie im Hintergrund von der Solarenergie begleitet und im Stromsektor spielt die Bioenergie im Konzert der regenerativen Energien eine gleichberechtigte Rolle.

Wenn ich nachfolgend die Bedeutung und die Zukunftschancen der Bioenergie in den einzelnen Energiebereichen kurz beleuchte, dann spielen die politischen Zielsetzungen für Unternehmensentscheidungen schon eine wichtige Rolle. Die tatsächliche, künftige Bedeutung der Bioenergie wird allerdings von anderen, sich zwangsläufig ergebenden Rahmenbedingungen bestimmt werden – vorrangig von der Entwicklung der Energiepreise.

Beginnen wir mit der Mobilität, mit den Chancen der Bioenergie im Treibstoffmarkt.

5,5% des Treibstoffs, den wir tanken, ist pflanzlichen Ursprungs und muss gesetzlichen Vorgaben entsprechend dem Kraftstoff beigemischt werden. Der Bio-Reinkraftstoffmarkt – bis 2007 ein weltweit einmaliges Projekt – wurde eingedampft und entgegen den Koalitionsaussagen der Bundesregierung nicht wieder zum Leben erweckt.

Bis 2020 wird angestrebt, den Bio-Kraftstoffanteil auf 10% zu erhöhen – das war zumindest bisher so der Fall. Denn in Brüssel möchte man die Marke europaweit auf 5% zurück schrauben.

In Deutschland hatten wir schon 2007 bereits einen Biotreibstoffanteil von über 7%! Stillstand und Rückschritt haben ihre Ursache darin, dass der Biotreibstoffbereich erstes Testfeld war für Unterstellungen, wie in den Debatten um „Teller-und-Tank“ oder „ILUC“.

Mit „ILUC“ unterstellt man z. B., dass Urwaldvernichtung nicht durch Duldung der brasilianischen Regierung, sondern durch den sich an alle Regeln des nachhaltigen Anbaus haltenden deutschen Energiepflanzenanbau gefördert wird – weil dadurch der Anbau von Nahrungsmittelpflanzen eingeeengt würde.

Hierzu stichpunktartig einige Fakten:

1995 wurden auf 320.000 Hektar Ackerland in Deutschland nachwachsende Rohstoffe angebaut, im gleichen Jahr in Brasilien 29.059 Hektar Urwald vernichtet. In 2009 standen auf deutschen Feldern bereits 2 Mio. Hektar nachwachsende Rohstoffe, in Brasilien wurden 7.008 Hektar Urwald verbrannt...

Brasilien braucht keine zusätzlichen Flächen für die Ernährung der Bevölkerung. Millionen Hektar Weideflächen werden von nur einem Rind pro Hektar genutzt, obwohl jeder Brasilianer jährlich dreifach mehr Rindfleisch verzehrt als ein Deutscher.

Abgesehen vom schienengebundenen und innerstädtischen Verkehr gibt es keine Alternativen zu Biotreibstoffen. Im Verkehrssektor wird der zunehmende Mangel zuerst schmerzhaft spürbar werden. „Entweder fliegen wir in dreißig Jahren mit Biotreibstoffen oder wir fliegen gar nicht“ erklärte ein Vertreter der Lufthansa in Berlin. Es wird bei den Biotreibstoffen keinen Generationenkonflikt geben. Wir brauchen sie alle - die erste, die zweite und auch eine dritte Generation. Biogas wird schon bald in Mengen benötigt werden, um Emissionen vom Erdgas, das zunächst Öltreibstoffe weitgehend ersetzen wird, zu senken.

Professor Isermeyer aus Braunschweig bezweifelte vor kurzem ein weiteres Mal, dass die deutschen Bioenergiepotenziale merkbar zur Sicherung der Energieversorgung Deutschlands beitragen könnten. Prof. Isermeyer hat sich noch nie über die Beiträge anderer heimischer Energieträger geäußert, z. B. über den der Erdölförderung in der Meldorfer Bucht.

Biokraftstoffe ersetzen in Deutschland ca. 3,5 Mio. t fossile Kraftstoffe. Etwa ein Drittel der Biokraftstoffe wird importiert und wir werden verstärkt importieren müssen, um die mittelfristig zwangsläufig ansteigende Nachfrage bedienen zu können. Aber die weltweiten Bioenergie-Potenziale sind nicht in wenigen politisch problematischen Regionen konzentriert.

Insgesamt deckt heimische Bioenergie immerhin ca. 7% des deut-

schen Energiebedarfs ab und kann diesen Beitrag bis 2030 verdoppeln. Auch die Bürokraten in Brüssel sollten bedenken, dass allein Deutschland in 2011 für Energieimporte die ungeheure Summe von 87 Mrd. € aufbringen musste – mit steigender Tendenz.

Kommen wir nun zum zweiten Energiebereich – zur Wärmebereitstellung, ein weiterer Schwerpunktbereich der Bioenergie.

Allein die Bioenergie hatte 2011 einen Marktanteil im Wärmemarkt von 9,4%. Damit stellte Bioenergie – ganz überwiegend Holzbrennstoffe – 91% der regenerativen Wärme. Ziel der Bundesregierung ist ein Anteil von 14% regenerativer Energie in 2020 – also ein erreichbares Vorhaben. Das Marktanzreizprogramm des Bundes ist hilfreich, hätte aber wesentlich wirkungsvoller sein können, wenn es nicht unzählige Male geändert worden wäre. Kalkulierbare Vorgaben und Förderungen sind unverzichtbar, wenn der „schlafende Riese“ geweckt werden soll.

Biomasseheizungen sind technisch auf hohem Stand und rechnen sich bereits heute in vielen Fällen. In München-Milbertshofen verbrauchten sechs Wohnblöcke Jahr für Jahr etwa 320.000 Liter Heizöl. Die Wohnblöcke wurden umgerüstet auf Hackschnitzelfeuerung – ohne in weitere Wärmedämmungen zu investieren. Es werden nun 5.500 m³ Hackschnitzel und 5.000 Liter Heizöl verbraucht. Ohne weitere Förderung rechnet sich die Investition – unter heutigen Voraussetzungen. Sehr

wichtig ist es, dass Hackschnitzel auch künftig unverändert - wie alle Agrarerzeugnisse - einer 7%igen Mehrwertbesteuerung unterliegen. Mit Verunsicherung der Energieverbraucher durch Steuererhöhungsdebatten versperrt sich die Politik den Weg zum selbst gesetzten Ziel im Wärmemarkt!

Verunsicherungen werden von anderer Seite ohnehin angeheizt und gern Holzangel an die Wand gemalt. Doch immer noch wächst in Deutschland mehr Holz nach als verbraucht wird. Immer noch werden - netto - mehr Holzzeugnisse ex- als importiert. Jahrzehntlang verschmähte man 40% des deutschen Holzaufwuchses und bezahlte 40 Jahre lang Ramschpreise für gutes Waldholz. Kleine Waldbauern wurden aus ihren Wäldern an Fließbänder nach Ingolstadt und München getrieben.

Das ändert sich nun ein Stück weit. Wohl gibt es kein wirkungsvolleres Aufforstungsprogramm als angemessene Holzpreise, aber Holz als vorzüglicher Brennstoff und muss Heizöl und - mit Verzögerung - auch Erdgas sehr weitgehend ersetzen. Früher oder später werden wir deshalb auch Holzbrennstoffe importieren - und sollten frühzeitig mit sich heute schon anbietenden künftigen Holzexporteuren kooperieren.

Nun zum letzten - und zur Zeit umstrittensten - Energiesektor, dem Strom.

Als ich 1991 dem Stromeinspeisungsgesetz als junger Abgeordneter zustimmte, wurde der Anteil regenerativen Stroms in Schleswig-Holstein mittelfristig auf 3% geschätzt, langfristig würden vielleicht sogar 5% erreichbar sein. Im Jahr 2011 stammten 61,7% des rechnerischen Stromverbrauchs Schleswig-Holsteins aus regenerativen Quellen! In 2020 sollen 35% des deutschen Stroms aus regenerativen Quellen stammen.

In 2011 hatten wir schon einen regenerativen Stromanteil von 23%. 6,1% regenerativen Strom steuerte die Bioenergie bei - davon stammt die Hälfte aus Biogasanlagen. Auch wenn immer noch der größte Teil des Maises nicht verstromt wird, sondern im Stall verfüttert wird, habe ich als Landwirt ein Stück weit Verständnis für die öffentliche Kritik am Maisanbau. Mais ist eine vorzügliche, ertragreiche Energiepflanze, deren gesamte ausgegorene Masse ganz im Sinne der Kreislaufwirtschaft wieder zurück auf die Felder verbracht wird.

So stört mich auch nicht zunehmender Maisanbau, schließlich wächst insgesamt auf deutlich mehr Flächen Weizen als Mais, sondern ich beobachte mit Unbehagen, dass entgegen der Beschreibung der guten fachlichen Praxis nach § 17 des Bundesnaturschutzgesetzes der Mais oft in Monokultur angebaut wird. Auch Energiepflanzen soll-

ten in Fruchtfolgen rotieren. Dazu brauchen wir weitere ertragreiche Energiepflanzen als Alternative zum Mais. Es ist beruhigend, dass in Forschung und Pflanzenzucht sich hierzu Erfolge abzeichnen.

Unter den regenerativen Energien ist zur Zeit nur die Bioenergie technisch imstande, Ausfälle der sogenannten fluktuierenden Energien Sonne und Wind auszugleichen, weil nur sie bereits heute in gewissem Umfang speicherbar ist. Das gilt nicht nur für bäuerliche Biogasanlagen, sondern ebenso für holzbefeuerte oder mit Deponiegas befeuerte Anlagen - und völlig problemlos für Stromerzeugungsanlagen, die mit Bioölen betrieben werden. Als stabilisierender Faktor wird deshalb die Bioenergie auch im Strombereich unverzichtbar bleiben.

Zusammenfassend ist also festzuhalten, dass mit der Bioenergie mittelfristig als Mitbewerber auf Augenhöhe mit fossilen Energien zu rechnen ist. Den Beitrag der Kernenergie zur Gesamt-Endenergie stellte die Bioenergie bereits vor drei Jahren in den Schatten.

Langfristig wird die Bioenergie zusammen mit anderen regenerativen Energieträgern die fossilen Energien zwangsläufig ersetzen müssen. Der Zeitpunkt des Umbruchs wird nicht vom absoluten Ende der fossilen Rohstoffressourcen bestimmt, sondern schon lange vorher - von nicht mehr bezahlbaren Rohstoffpreisen. Kaskadennut-

zung - oft für Holz gefordert - wird schon bald ein Thema für die Ölwirtschaft sein!

Nicht nur das TFZ hat in diesem Jahr ein Jubiläum zu feiern, mein Verband, der Bundesverband Bio-Energie, auch. Der BBE kann auf sein 15jähriges Bestehen zurückblicken. Der BBE wurde 1998 gegründet, weil die EU in diesem Jahr erstmals ein Ziel zum Ausbau der regenerativen Energien beschlossen hatte: Bis 2010 die Verdoppelung des Anteils der regenerativen Energien. Deutschland lag 1998 mit einem Anteil von unter 3% weit unter dem europäischen Durchschnitt. Nur der Freistaat Bayern konnte schon damals mit einem Erneuerbare-Energien-Anteil von etwas über 6% mithalten. Unter anderem, weil das TFZ sich bereits 25 Jahre lang mit der Bioenergie beschäftigt hatte.

In meiner Zeit als Vorsitzender des BBE habe ich die Arbeit des TFZ schätzen gelernt. Ich war und bin aber auch beeindruckt vom außergewöhnlichen Engagement Ihrer Minister Josef Miller und Helmut Brunner. Deshalb bin ich sicher, dass der Freistaat auch künftig auf nationaler und europäischer Ebene eine Speerspitze der Zukunftsenergien bleiben wird!

Jakob Opperer
Präsident der Bayerischen Landesanstalt für Landwirtschaft (LfL)

Die Landwirtschaft im Klimawandel und ihre Rolle bei der Energieerzeugung

Einleitung

Der Diskussion über den Klimawandel ist erst im letzten Jahrzehnt, langsam, aber stetig in der Gesellschaft angekommen. Schädliche Klimagase, die Verantwortung der Industrie- und Schwellenländer, unterschiedliche Betroffenheiten durch negative Auswirkungen, Anpassungs- und Vermeidungsstrategien waren ein Thema geworden, das weltweit diskutiert wurde.

Ein zweites Thema, die so genannte Energiewende wurde in Deutschland dagegen innerhalb weniger Monate zum Megathema und verdrängte den Klimawandel von der Agenda. Es ging vor allem darum, Atomkraft zu ersetzen, ohne die Industrie und die Verbraucher allzu sehr zu belasten. Die Einsicht, dass Energieverbrauch und Klimawandel auch unter den neuen Bedingungen zusammengehören, setzt sich erst langsam wieder durch.

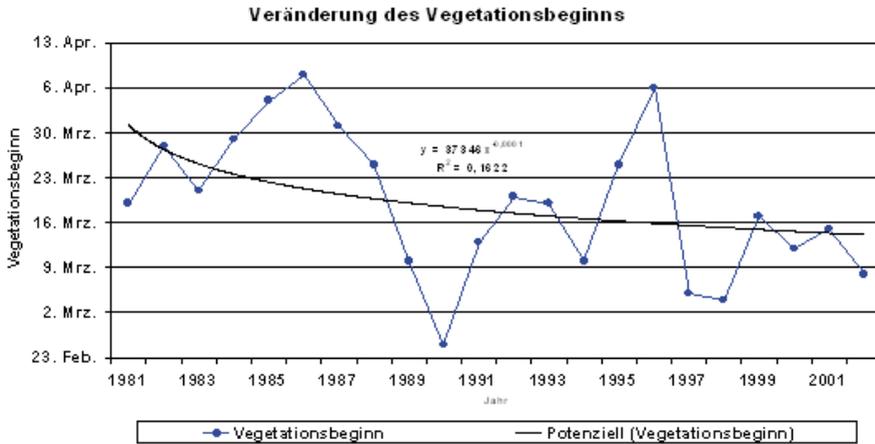
Die Landwirtschaft und die bayerische Landwirtschaftsverwaltung

dürfen für sich zu Recht in Anspruch nehmen, beide Themenfelder im Auge behalten zu haben und sie auch in Zukunft kontinuierlich mit dem notwendigen Ernst und Nachdruck sachgerecht zu behandeln. Dabei handelt es sich freilich um sehr komplexe Vorgänge, die sich einer breiten Öffentlichkeit nicht sofort erschließen.

Die Landwirtschaft im Klimawandel

Wie sich das Klima insgesamt verändern wird und wie groß die verschiedenen Einflussfaktoren sind, kann von berufener Seite besser beschrieben werden. Fakt ist, dass sich das Klima auch in Bayern verändert. Die Beispiele in den Abbildungen 1 und 2 sollen zeigen, dass sich Veränderungen messen lassen, die Ergebnisse eines einzelnen Jahres aber wenig aussagekräftig sind.

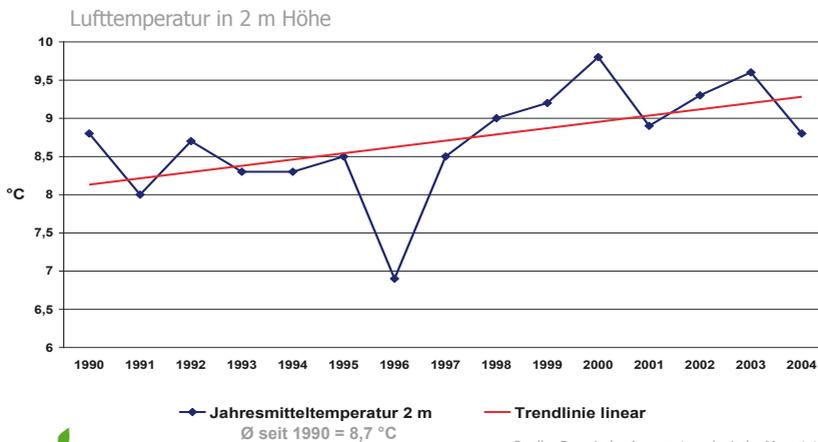
Vegetationsbeginn Raum Pfaffenhofen/Ilm



Quelle: IPZ, Arbeitsbereich Hopfen, Wetterstation Hüll
Präsidentium

Abbildung 1: Vegetationsbeginn im Raum Pfaffenhofen

Jahresmitteltemperaturen Neuherberg (Mfr.)



Quelle: Bayerische Agrarmeteorologische Messstationen
Präsidentium

Abbildung 2: Jahresmitteltemperaturen Neuherberg

Die Landwirtschaft ist gleichzeitig Betroffener und Mitverursacher des Klimawandels.

Die unmittelbaren Folgen für die Landwirtschaft sind vielfältig. Schadensereignisse wie Stürme und Hagel werden zunehmen, Hitze und Trockenheit den Stress bei Pflanzen und Tieren erhöhen, die Erosions- und Hochwassergefahr wird steigen, der Krankheits- und Schädlingsdruck zunehmen.

Die Landwirtschaft verursacht auch einen Ausstoß von klimawirksamen Gasen, kann aber im Gegensatz zu anderen Wirtschaftssparten und Energieverbrauchern solche auch „einfangen“ und damit die Klimabilanz positiv beeinflussen. Im nachfolgenden Beispiel aus dem Bereich der Biogaserzeugung wird dies deutlich.

Verbesserung der Klimabilanz von Biogasanlagen

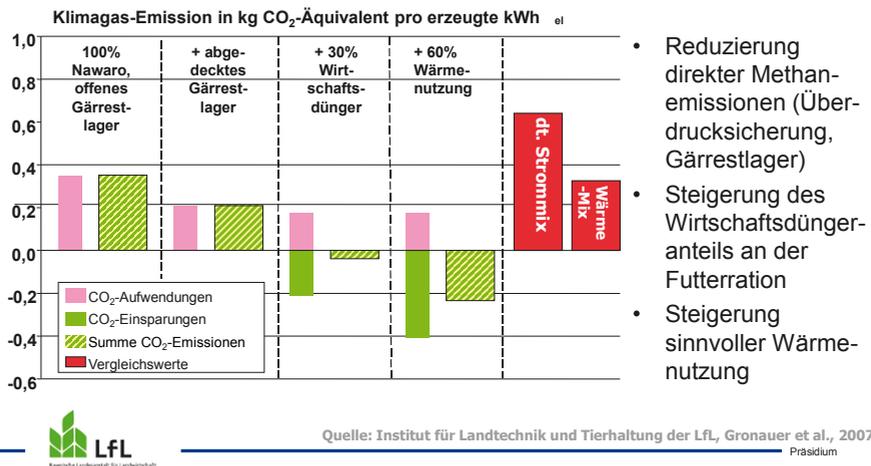


Abbildung 3: Verbesserung der Klimabilanz von Biogasanlagen

An dieser Stelle muss darauf hingewiesen werden, dass die bayerische Landwirtschaft mit ihrem rund einem Promille an der weltweiten Agrarfläche durch noch so große Anstrengungen nicht in der Lage sein wird, den Klimawandel aufzuhalten. Aber sie kann Forschungsergebnisse in Innovationen umsetzen und

Beispiel gebend für viele andere Agrarregionen weltweit sein.

Der Agrarwissenschaftsstandort Weihenstephan mit der Grundlagenforschung der Technischen Universität München (TUM) und der anwendungsnahen Forschung der Landesanstalten für Landwirtschaft (LfL) und für Wald und

Forstwirtschaft (LWF) sowie der Hochschule Weihenstephan-Triesdorf (HSWT) bietet dafür die besten Voraussetzungen. Dazu gehören die Datenerhebung im Rahmen eines repräsentativen, unabhängigen

Versuchswesens, die Nutzung moderner Forschungsanlagen wie Rollgewächshäuser und Bildererkennungssysteme sowie die Anwendung moderner biotechnologischer Methoden in der Züchtung.

Landwirtschaftliche Klimaforschung – Stand und Ausblick

Wie kann die Landwirtschaft unter veränderten Klima- und Witterungsbedingungen wettbewerbsfähig und umweltverträglich wirtschaften? („Anpassung“):

mit neuen Sorten, z. B.:

- Entwicklung neuer Verfahren zur Selektion auf Trockentoleranz und UV-Strahlungsresistenz
- Expressionsanalyse: Welche Gene reagieren/verteidigen bei Trockenstress?
- Molekulargenetische Charakterisierung ertragsrelevanter Eigenschaften
- Züchtungsarbeit



Bild: Feichenberger, IFZ 2b



Abbildung 4: Rollgewächshäuser

Hightec – Züchtung für Energie und Klimaschutz

Moving Fields + Beobachtungszimmer

- Biomasse-Leistungswerte schnell feststellbar
- Genaue Erfassung agronomisch bedeutender Merkmale: z.B. Wasserverbrauch, Architektur
- Wachstumsdynamik überwachbar
- Extreme Beschleunigung der Vorprüfung neuer Sorten / Genotypen



Präsidium



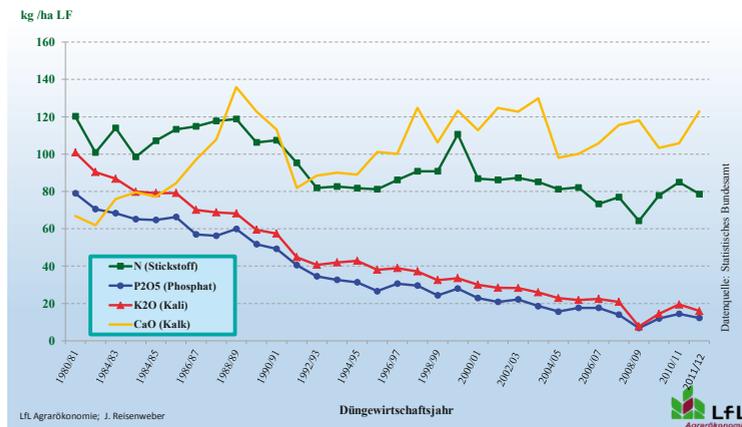
Abbildung 5: Moderne Pflanzenversuchseinrichtung

Die Rolle der Landwirtschaft bei der Energieversorgung

Die Einsparung von Energie ist auch in der Landwirtschaft ein zentraler Ansatz zur Sicherstellung der Energieversorgung. Dies wird durch die Verbesserung der Ressourceneffizienz erreicht. Im Bereich der Pflanzenproduktion heißt dies, nicht nur den direkten Verbrauch von Kraftstoff beim Landmaschineneinsatz bzw. von Heizöl und

Strom bei der Trocknung und Lagerung zu senken, sondern auch den Energiebedarf bei der Herstellung und Verteilung von Betriebsmitteln zu berücksichtigen. Bei allen Parametern konnten in Bayern in den letzten Jahren spürbare Fortschritte erzielt werden. Als Beispiel ist in der folgenden Abbildung der Verbrauch von Mineraldüngern in Bayern dargestellt.

Entwicklung des Verbrauchs an mineralischen Nährstoffen in Bayern



Präsidium

Präsidium

Abbildung 6: Entwicklung des Verbrauchs an mineralischen Nährstoffen in Bayern

Vielfältig sind die Möglichkeiten zur Energieerzeugung auf land- und forstwirtschaftlichen Flächen. Photovoltaik und Wind, die Verwertung von Reststoffen und Koppelprodukten sowie die Nutzung von Holz und Energiepflanzen können herkömmliche Energiequellen nicht ersetzen, sie haben aber Vorteile in der Kun-

dennähe und durch eine große Risikostreuung.

Landwirtschaftliche Koppelprodukte und Energiepflanzen haben zudem den Vorteil, dass sich ihr Einsatz relativ flexibel nach Bedarf steuern lässt. Die für diese Pflanzen notwendigen Flächen können auch jederzeit wieder für die Nahrungs-,

Futter-, Rohstoffherzeugung mobilisiert werden. Wie stark die Energieschiene bedient wird, hängt ab von

den Preisen für fossile Energieträger und von den Nahrungsmittelpreisen.

Wettbewerbsfähigkeit der Landwirtschaft in der Energiewirtschaft

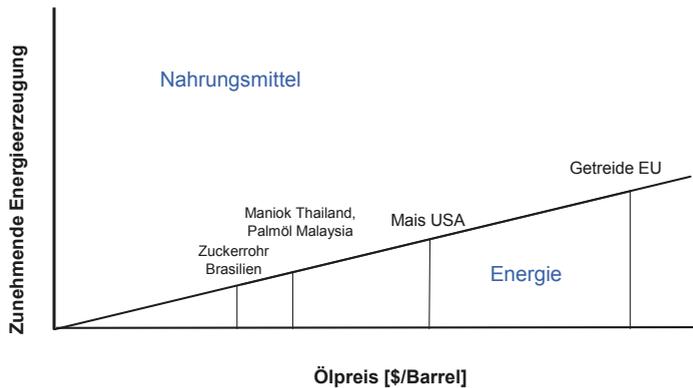


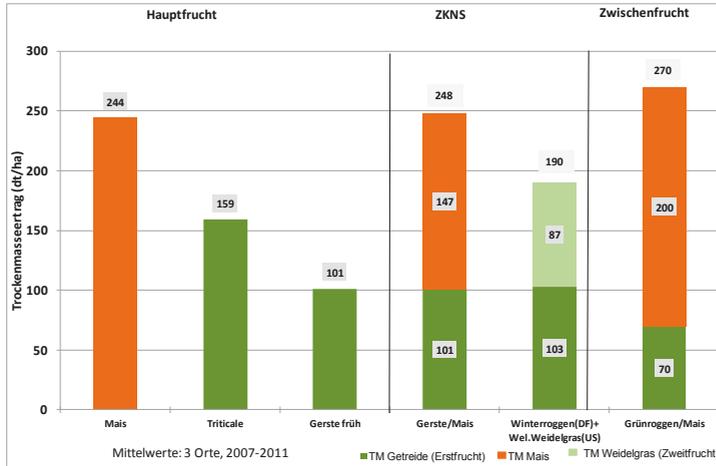
Abbildung 7: Wettbewerbsfähigkeit der Landwirtschaft in der Energiewirtschaft

Für den Anbau von Energiepflanzen ist es wichtig, ressourceneffizient sowie Klima- und Umweltschonend zu wirtschaften. Bei Beachtung der bekannten produktionstechnischen Regeln ist Mais entgegen immer wieder erhobener, häufig ideologisch motivierter Vorwürfe in

vielerlei Hinsicht unübertroffen.

Ein Aspekt der Ressourceneffizienz, die Verlustminderung nach der Ernte, muss in Zukunft freilich noch stärker beachtet werden.

Umfassende Bewertung des Energiepflanzenanbaus



Mais ist in Energiefruchtfolgen bei richtiger Produktionstechnik in vielerlei Hinsicht unübertroffen.

Wintergrüne Fruchtfolgen haben Vorteile !

Bewertung der Nachhaltigkeit von Mais-Alternativen Energie-, CO₂- u. Humusbilanzen

Abbildung 8: Umfassende Bewertung des Energiepflanzenanbaus Ausblick

Ausblick

Die öffentliche Meinung über den Einsatz nachwachsender Rohstoffe für die Energieerzeugung ist extrem gespalten. Die Forderungen schwanken je nach Standpunkt und Betroffenheit zwischen Liberalisierung und Protektionismus, zwischen Intensivierung und Extensivierung, Globalisierung und Regionalisierung, Spezialisierung und Diversifizierung. Für die Akteure, aber auch für die Politik ist es nicht einfach, da die richtigen Entscheidungen zu treffen.

Da Energie und Nahrung von allen gebraucht werden, ist es eine gesamtgesellschaftliche Aufgabe, einen Grundkonsens herzustellen und klar zu formulieren, was wirklich gewollt ist. Landwirtschaft, Politik, Wissenschaft, Verbände und Medien müssen zueinander finden, um eine größtmögliche Transparenz zu erzeugen und bei den Verbrauchern eine hohe Akzeptanz für die landwirtschaftliche Erzeugung zu erreichen.

Dr. Maendy Fritz
Sachgebietsleiterin Rohstoffpflanzen und Stoffflüsse am TFZ

Neue Rohstoff- und Energiekulturen bereichern die Kulturlandschaft

Landwirtschaft und Bioenergie

Jahrhundertlang waren Fruchtfolgen die einzige Möglichkeit, die Bodenfruchtbarkeit zu erhalten und Krankheiten und Schädlinge auf ein verträgliches Maß zu begrenzen. In den letzten Jahrzehnten haben die Fortschritte in der Pflanzenernährung durch mineralische Düngung wie auch durch chemischen Pflanzenschutz diese elementaren Effekte der Fruchtfolgen weitgehend überflüssig gemacht und ermöglichen – zumindest kurzfristig – einseitige Fruchtfolgen. Zur Steigerung der Arbeitswirtschaftlichkeit wurden Feldstücke zusammengelegt, teilweise werden mehrere Schläge einheitlich als Gewanne bewirtschaftet. Außerdem wird eine zunehmende Spezialisierung der Betriebe auf einen/wenige Betriebszweige beobachtet. Dieser Effekt wird häufig durch regionale Konzentration weiter verstärkt, wie beispielsweise die Tierproduktion im Nordwesten Niedersachsens oder der langjährige Körnermaisbau im Rottal. Diese

Faktoren zusammen verringern die Biodiversität in der Agrarlandschaft und können sich auch auf Boden, Wasser und Gesellschaft negativ auswirken.

Die Erzeugung der Bioenergie, im landwirtschaftlichen Bereich vor allem Biogas, bewirkte zusätzlich zum geschilderten Strukturwandel eine Konzentration auf wenige Kulturarten. Vor allem der als Biogassubstrat überragende Silomais ist in seiner Anbaufläche deutlich gestiegen. Mittlerweile finden kritische Stimmen zu dieser Entwicklung mehr Gehör, die Kulturlandschaft wird als eintönig und umweltfern empfunden. Gleichzeitig nehmen Konflikte innerhalb der Landwirtschaft zu, da das knappe Gut Fläche zusätzlich zur Nahrungs- und Futterproduktion nun auch Energie liefern soll.

Sorghum

Die Sorghumarten *Sorghum bicolor*, *Sorghum sudanense* und der Artbastard *S. bicolor* x *S. sudanense*

se haben ein hohes Potenzial, dauerhaft das Kulturpflanzenpektrum in Bayern und Deutschland zu bereichern. Sorghum ist die fünfthöchste Getreideart global und kann für unterschiedlichste Zwecke genutzt werden: das Korn als Nahrungs- und Futtermittel wie auch zum Bierbrauen, die grüne Pflanze als Weide, Grünfutter sowie als Biogassubstrat, die Stängel zuckerreicher Sorten zur Melasse- oder Ethanolproduktion und die getrockneten Rispenäste als Besen. Die verschiedenen Nutzungsrichtungen haben eine sehr hohe Sortenvielfalt entstehen lassen, die eine sehr breite genetische Basis für die züchterische Verbesserung bietet (Abbildung 1).



Abbildung 1: Sortenreichtum von Sorghum (in der Mitte ein niedrigwüchsiger Körnersorghum, rechts eine sehr massebetonte Futtersorte)

Sorghum wird überall dort angebaut, wo Mais aufgrund von Trockenheit und armen Böden nicht mehr ertragssicher ist. Eine Untersuchung des TFZ zu der Anbaueignung für Sorghum in Deutschland kam für die klimatischen Verhältnisse der Jahre

1961 bis 1990 zu deutlich geringeren potenziell geeigneten Flächen als für verschiedene Klimaszenarien für die Jahre 2011 bis 2040. Dies

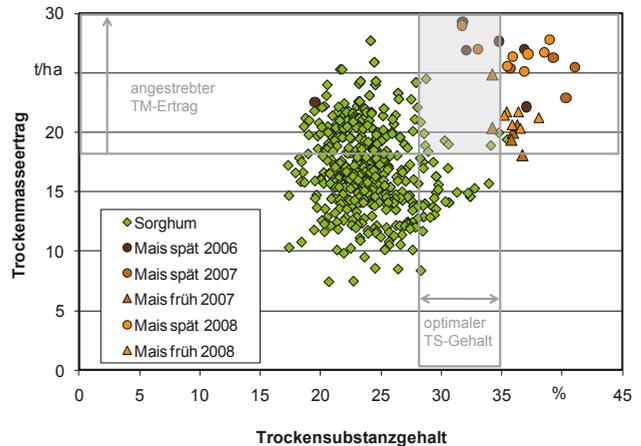


Abbildung 2: Sorghum-Sortenscreening mit dem global verfügbaren Sortenmaterial in den Jahren 2006 bis 2008

lässt vermuten, dass das trockenolerante Sorghum ein Gewinner des Klimawandels sein könnte und in seiner Anbaubedeutung in Deutschland weiter zunehmen wird.

Die Arbeiten am TFZ zu Sorghum begannen 2006 bis 2008 mit dem Anbau eines weltweit zusammengetragenen Sortenspektrums, das über 270 Sorten umfasste und damit etwa ein Achtel der global verfügbaren Sorten repräsentierte (Abbildung 2). Schnell wurde deutlich, dass der angestrebte Zielquadrant, mit den Vorgaben mehr als 18 Tonnen Trockenmasseertrag (TM-Ertrag) und mehr als 28 % Trockensubstanzgehalt (TS-Gehalt), mit diesen Sorten unter bayerischen Anbaubedingungen kaum erreicht wird. Während das Ertragspotenzial von Sorghum

sehr hoch ist und für viele Sorten durchaus im Bereich von Silomais liegt, war die ausreichende Abreife zur verlustarmen Silierung problematisch. Das Merkmal Frühreife muss also verstärkt beachtet werden, wenn Sorten für den deutschen Markt bereitgestellt werden.

Um die Sortenwahl je nach Standortbedingungen und Fruchtfolgestellung zu erleichtern, wurde am TFZ ein Reifegruppenmodell entwickelt, in das die wichtigsten Sorghumsorten eingeordnet wurden. Je ungünstiger (kühler) der Standort und/oder je später der Saattermin, desto frühere Sorten sollten gewählt werden. Späte Sorten sind für bayerische Bedingungen generell ungeeignet, da sie nicht silierreif werden und somit hohe Silierverluste sowie hohe Transportkosten verursachen würden.

Auch grundsätzliche Fragen der Produktionstechnik zu Sorghum waren in den ersten Jahren noch offen. Die Ernte und Logistik zu Sorghum unterscheidet sich nicht von Silomais, so dass hier auf etablierte und schlagkräftige Technik zurückgegriffen werden kann. Die Saatanforderungen und vor allem die Saatchichte hingegen waren in den ersten Jahren noch weitgehend ungeklärt. Mittlerweile konnten diese wichtigen Angaben für bayerische Anbaubedingungen, aber auch durch bundesweite Verbundvorhaben für ganz Deutschland, präzise erarbeitet werden. Die konkreten Anbauhinweise, Ergebnisse zur Sortenwahl sowie weitere Erkenntnisse werden der Praxis im Internet sowie durch Publikationen und Vorträge zur Verfügung gestellt.

Derzeit liegt der Fokus der For-

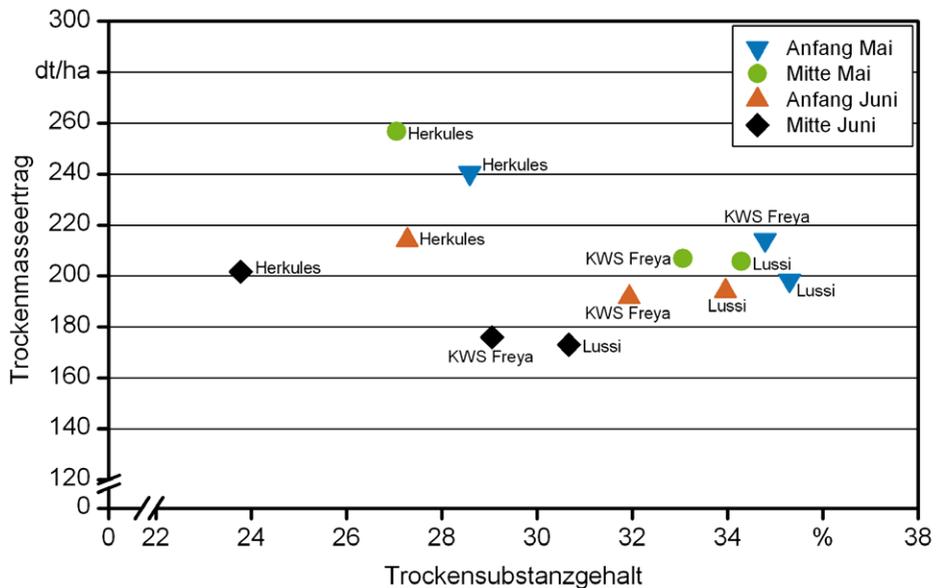


Abbildung 3: Trockenmasseertrag und Trockensubstanzgehalt der Sorten Herkules, Freya und Lussi im Saatzeitversuch in Aholting im Jahr 2012

schungsarbeiten zu Sorghum auf der Düngung, dem Vergleich der Saattechniken, der Saatbettbereitung nach voranstehenden Winterungen sowie dem Einfluss des Saatzeitpunktes auf Ertrag und Qualität. Der letztgenannte Punkt wird an insgesamt fünf bundesweiten Standorten untersucht, geprüft werden Sorten, die im Reifegruppenmodell als Referenzsorten für früh (Sorte Lussi), mittelfrüh (Freya) und mittelspät (Herkules) stehen. Wie beispielhaft für den Standort Aholting in Abbildung 3 gezeigt, nimmt die Ertragsleistung mit dem Verschieben des Saattermins nach hinten ab, da sich entsprechend die für die Ertragsbildung verfügbare Vegetationszeit verkürzt. Dieser Effekt ist bei der frühen Sorte Lussi am geringsten ausgeprägt, da ihr Vegetationszeitbedarf zu allen Saatterminen erfüllt wird. Bei der mittelfrühen Sorte Freya lässt sich ein kontinuierlicher Ertragsverlust von den frühen zu den späteren Saatterminen nachweisen, aber auch hier werden die notwendigen 28 % TS-Gehalt stets erreicht. Für die mittelspäte Sorte Herkules hingegen ist schon der frühestmögliche Saattermin nur knapp ausreichend für die Abreife, jede Verschiebung der Saat nach hinten reduziert den TM-Ertrag sowie vor allem den TS-Gehalt gravierend. Diese Sorte ist am Standort Straubing demnach nicht für den Zweitfruchtanbau (beispielsweise nach Ganzpflanzen-Getreide) geeignet, sondern nur als

Hauptfrucht mit frühestmöglichem Saattermin erfolgreich kultivierbar.

Auflockerung von Energiepflanzen-Fruchtfolgen

Seit dem Jahr 2005 ist das TFZ im bundesweiten Verbundvorhaben EVA zur Entwicklung und Vergleich standortangepasster Anbausysteme für Energiepflanzen engagiert. Dabei ist nicht die Ertragsmaximierung einzelner Kulturen das Ziel, sondern die nachhaltige Produktion mit möglichst geringen jährlichen Ertragsschwankungen. In den wirtschaftlichsten Fruchtfolgen bilden C4-Pflanzen wie Silomais und Sorghum die Basis für hohe Erträge. Ergänzt werden sie durch standortgerecht gewählte Wintergetreide als Ganzpflanzengetreide und Ackerfutter zum Ausgleich der Humusbilanz, diese können ebenfalls als Biogassubstrate genutzt werden. Kurze Vegetationszeitfenster werden für optionale Biogassubstrate oder Gründüngung oder blütenreiche Mischungen genutzt, um den Boden möglichst ganzjährig bedeckt zu halten und so zu schützen.

Viele Vorteile solcher abwechslungsreichen Fruchtfolgen lassen sich nicht im Deckungsbeitrag der Kulturen oder der Fruchtfolge darstellen, da sie nur auf einzelbetrieblicher Ebene kalkulierbar sind. Dazu zählen beispielsweise die bessere Gärrestverteilung über das Jahr mit Reduktion des Lagerraumes, die Vorfruchtwirkung vieler Kulturen, bessere Bodenbedingungen



Abbildung 4: Blick über das Sortenscreening in Straubing, im Vordergrund grün, rot und gelb blühende Quinoasorten, im Hintergrund dunkelroter Buchweizen

zur Saat, die Einsparung von Pflanzenschutzmitteln, die Vermeidung einseitiger Unkrautflora sowie insgesamt der Lebensraumgewinn für Flora, Fauna und Mensch.

Ein Fokus des TFZ liegt auf Sommerungen mit kurzem Vegetationszeitanspruch, da sie vielfältige ökologische und phytosanitäre Vorteile bringen und gleichzeitig zusätzliches Substrat für Biogas oder Gründüngung liefern. Zu diesen interessanten Kulturen gehören die Pseudocerealien Buchweizen und Quinoa (Abbildung 4), die nur etwa

100 Tage bis zur Silierreife benötigen. Damit sind sie prädestiniert für eine Fruchtfolgegestaltung nach optimal ausgereiftem Ganzpflanzengetreide, während für andere Kulturen wie Mais und Sorghum dieses Zeitfenster ab Mitte Juni zu kurz ist.

Kombinierte Sorten- und Saatzeitversuche des TFZ belegen die Ertragsleistung beider Kulturen, die mit bis zu 62 dt TM für Quinoa (Abbildung 5) und bis zu 65 dt TM für Buchweizen (nicht dargestellt) deutlich über den Erträgen anderer Zwischenfrüchte liegt. Herausragend bezüglich ihrer Frühreife sind vor allem die Quinoasorten Puno, Zeno und Titicaca, die TS-Gehalte bis zu 43 % in nur 92 Tagen erzielen und auch bei späterer Saat Ende Juli sicher silierfähige Bestände bilden. Parallel zum Sortenscreening wird am TFZ die Produktionstechnik für beide Kulturen optimiert, um eine möglichst hohe Konkurrenzkraft gegenüber Unkräutern zu erreichen bzw. eine mechanische Unkrautbekämpfung zu ermöglichen.

Obwohl für Buchweizen und Quinoa am TFZ umfangreiche Anbauhinweise erarbeitet worden sind und die bisherigen Ergebnisse sehr vielversprechend sind, werden beide Kulturen in der Praxis kaum genutzt. Buchweizen steht häufiger in Mischungen zur Gründüngung oder auch im Reinanbau zur Mäusebekämpfung, allerdings werden die Bestände meist aus Angst vor Durchwuchs umgebrochen, bevor es zur Samenbildung kommt. Das Monitoring von Durchwuchs und

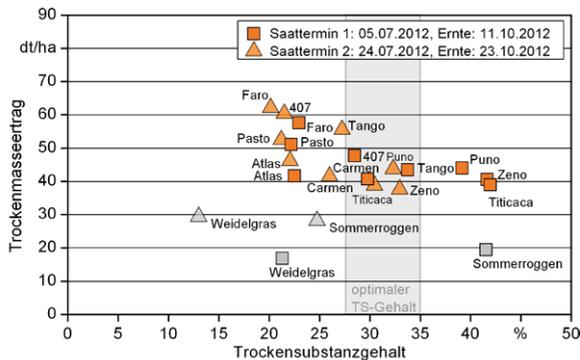


Abbildung 5: Quinoa-Sortenscreening am Standort Straubing im Jahr 2012

die Erarbeitung von Bekämpfungsmaßnahmen wird ein weiteres Forschungsfeld für das TFZ werden. Für Quinoa besteht das Hemmnis darin, dass auf dem Markt kein Saatgut verfügbar ist. Die in den Versuchen vorgestellten Sorten werden nur in kleinstmengen von Forschungseinrichtungen zur Verfügung gestellt. Es bleibt abzuwarten, ob die beeindruckenden Ergebnisse ausreichendes Interesse bei Züchtern oder Saatgut-Anbietern sowie auch bei den Landwirten wecken, damit die Kulturlandschaft mit diesen attraktiven Kulturen bereichert werden kann.

Stoffkreisläufe

Der Anbau von Biogassubstraten und die Rückführung der Gärreste als hochwertige organische Dünger ermöglicht nahezu die Schließung von Stoffkreisläufen. Die Nährstoffe Stickstoff, Phosphor und Kalium bleiben bei der Fermentation vollständig erhalten und liegen im Gärrest weitgehend in pflanzenverfügbarer Form vor. Der Großteil der

Kohlenstoffverbindungen des Pflanzenmaterial hingegen wird in der Biogasanlage zu Methan (CH_4) abgebaut. Die Humuswirkung der verbleibenden Kohlenstoffverbindungen ist noch offen und wird in Expertenkreisen kontrovers diskutiert. Ebenso fraglich sind die Effekte der Gärreste auf den Boden, wenn die Rückführung nicht proportional

zur Abfuhr der Pflanzen erfolgt, wie beispielsweise bei anlagenfernen Flächen oder bei Substratzukauf ohne Gärrestrücktransport.

In der Pflanzenproduktion wird das Getreidestroh häufig als wichtiger Humus-, aber auch Nährstofflieferant auf der Fläche belassen. Die Stroh-Nutzung als Rohstoff für die Herstellung von Bioethanol über die Vergärung der Cellulose oder für die Herstellung von Produkten für die chemische Industrie im BtL-Verfahren entzieht dem Kreislauf auf der Fläche organische Masse. In Kombination mit dem Anbau von Humuszehrern könnten diese Nutzungspfade die Humusbilanz sowie das Bodenleben empfindlich verringern und damit die Bodenfruchtbarkeit gefährden.

Bereits 2009 hat das TFZ zusammen mit dem Institut für Ökologischen Landbau, Bodenkultur und Ressourcenschutz der Landesanstalt für Landwirtschaft und dem Amt für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten Ansbach einen langfristig angelegten Feldversuch zur

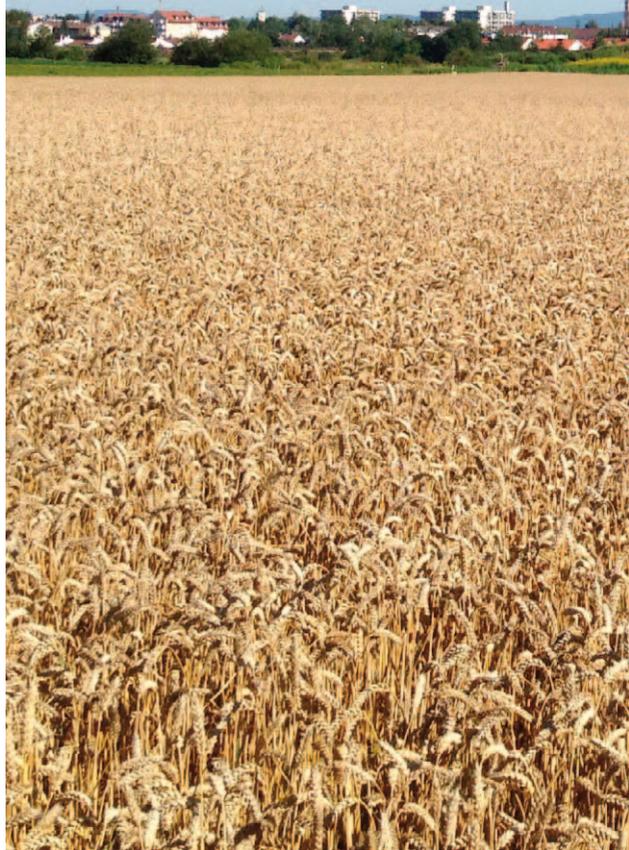
Prüfung der Nachhaltigkeit der Nutzungspfade Biogas und BtL begonnen. An vier bayerischen Standorten werden sechs Düngevarianten (mineralisch mit/ohne Strohabfuhr, Gärreste mit/ohne Strohabfuhr, Gärrestdüngung überproportional



Abbildung 6: Gärrestausbringung im Versuchsmaßstab mit dem Parzellengüllefass des TFZ

sowie Düngung mit Rindergülle) getestet und ihre Auswirkungen auf das Bodenleben, wichtige Bodeneigenschaften und den Bodenhumusgehalt erhoben (Abbildung 6). Die erwarteten Veränderungen sind nur über größere Zeiträume nachweisbar, dies macht die Beobachtung durch die Landwirte selbst sehr schwierig – negative Entwicklungen würden erst sehr spät entdeckt werden. Das TFZ kann dank der wegweisenden Förderung durch das Bayerische Staatsministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten den Versuch vorerst bis 2018 durchführen, womit volle 10 Jahre Versuchsdauer erreicht werden.

Viele neue Rohstoff- und Energiekulturen sind Dauerkulturen, die einmalig gesät oder gepflanzt werden und dann für fünf bis teilweise auch über 20 Jahre regelmäßig beerntet werden können. Von Vorteil sind bei diesen Kulturen die nahezu ganzjährige Bodenbedeckung, der geringe Arbeitszeitbedarf nach der Etablierung und der häufig außerhalb der normalen Arbeitsspitzen liegende Erntezeitpunkt. Einige dieser Kulturen haben auch unter low input-Produktionsbedingungen ein sehr hohes Ertragspotenzial, wie beispielsweise Miscanthus, der auch ohne Düngung an guten Standorten jährlich über 20 t TM-Ertrag je Hektar erreichen kann.



Außerdem bieten Dauerkulturen wertvolle Strukturen in der Agrarlandschaft: Miscanthus oder IG-NISCUM® Basic, die als Brennstoff genutzt werden, stehen über Winter im Feld und bieten somit Wildtieren Deckung. Andere Pflanzenarten, wie Durchwachsene Silphie und Sida, bieten eine lang andauernde Blüte mit hoher Nektarproduktion (Abbildung 7). Dies ist in der an Blühpflanzen verarmten Agrarlandschaft ein wichtiger Aspekt zur Förderung von Honigbienen und anderen bestäubenden Insekten.

Trotzdem stehen viele Landwirte Dauerkulturen noch skeptisch gegenüber. Zum einen fehlen für diese sehr neuen Kulturen noch standortbezogene Daten zu Ertrag und Qualität. Das TFZ wird sei-

ne Versuche dazu in den nächsten Jahren bayernweit ausdehnen, um die bisherige Beratung weiter abzusichern. Zum anderen erfordern die Dauerkulturen eine relativ hohe Investition zur Bestandesgründung, die teilweise bis zu mehrere tausend Euro je Hektar beträgt und erst nach Jahren amortisiert. Außerdem legt man sich in Zeiten stark schwankender Marktpreise und unsicherer politischer Rahmenbedingungen langfristig fest. Trotzdem gilt: für ungünstig zu bearbeitende Flächen, zur besseren Arbeitsverteilung, für neue Absatzwege und zur Berücksichtigung ökologischer Aspekte sind Dauerkulturen auf einem kleinen Anteil der verfügbaren Ackerfläche eine wirtschaftliche Alternative.



Dr. Hans Hartmann, Peter Turowski
Leitung des Sachgebietes Biogene Festbrennstoffe

Festbrennstoffe für die Wärmenutzung – Herausforderungen und Erfolge

Ein Brennstoff mit Tradition und Zukunft: Holz, die älteste technisch genutzte Energiequelle der Menschheit ist vielseitig und begehrt wie nie zuvor. Nicht nur im industriellen und gewerblichen Sektor hat man die Vorteile dieses regional verfügbaren Brennstoffs erkannt. Vor allem im privaten Heizungsbereich, wie zum Beispiel bei den Kaminöfen, ist seine Beliebtheit ungebrochen. Aber diese „Liebe“ hat auch ihre Tücken. Gerade die sogenannten „Einzelraumfeuerungen“, zu denen neben den Kaminöfen auch Herde und Kachelöfen zählen, werden in jüngster Zeit zunehmend als Verursacher von Schadstoffemissionen, wie z.B. Staub oder geruchbelästigende Kohlenwasserstoffe, wahrgenommen. Dahingegen ist die Schadstoffbildung bei modernen Holz-Zentralheizungskesseln – z.B. für Scheitholz, Hackschnitzel oder Holzpellets – oft um mehr als eine Größenordnung niedriger. Dennoch sind hier die Herausforderungen ak-

tuell beinahe noch größer. Denn für die demnächst weiter verschärften Emissionsgrenzwerte (1.BImSchV, Stufe 2) haben die Hersteller von Heizungskesseln noch keine fertigen und erprobten technische Lösungen parat. Für sie stellt sich die Frage, ob allein die primäre Weiterentwicklung des Feuerungsprozesses ausreicht (d.h. neue Feuerungsprinzipien, verbesserte Strömungsführung, neue Regelungskonzepte etc.), oder ob nicht auch hier – wie bei größeren Feuerungsanlagen – Staubabscheider oder Katalysatoren als Sekundärmaßnahmen notwendig werden. Und: Welchen Beitrag kann der Brennstoff leisten, d. h. wie können hier qualitätsverbessernde Maßnahmen oder Brennstoffnormen helfen?

Nicht zuletzt ist eine saubere Verbrennung aber auch von der Bedienung der Feuerung abhängig. Bei Öfen bedeutet dies zum Beispiel, dass der Betreiber wissen muss, wann der richtige Nachlegezeit-

punkt erreicht ist, welche Brennstoffmenge und Scheitgröße am besten sind und wie die LuftEinstellung sein sollte. Aber auch: wie zündet man einen Ofen schadstoffarm an?

Solches Wissen wird am TFZ erarbeitet, damit es den Akteuren in der Praxis zur Verfügung gestellt werden kann, d. h. den Brennstofflieferanten, Feuerungsherstellern, Planern und Betreibern. Aber auch öffentliche Stellen sind auf Erkenntnisse von unabhängiger Stelle angewiesen. Beispielsweise wenn es darum geht, den Stand einer Technologie, den Nutzen einer neuen Entwicklung oder die Qualität eines neuen Brennstoffs zu beurteilen und die Regeln für deren Gebrauch zu definieren oder die Bedingungen für eine Förderung festzulegen.

Bei der Beantwortung all dieser Fragen muss oft messtechnisches Neuland betreten werden, d. h. es sind spezielle Prüfabläufe zu definieren und geeignete Verfahren zu entwickeln. Wegen der inzwischen stark international vernetzten Märkte für Brennstoffe und Feuerungstechnologie kommt es dabei immer auch auf die Vergleichbarkeit mit anderen Prüf- und Forschungseinrichtungen an. Daher ist es folgerichtig, dass auch die internationale Normungsarbeit einen wichtigen Teil der Arbeiten am TFZ darstellt.

Brennstoffnormung und Begleitforschung

Seit Gründung des Europäischen Normungskomitees für biogene Festbrennstoffe (TC335) im Jahr 2001 ist das TFZ an dieser Normungsarbeit beteiligt. Begleitet von grundlegender Forschung in europäischen Verbundprojekten wurde eine führende Rolle bei der Erarbeitung von Entwürfen für Prüfverfahren eingenommen. Das gilt insbesondere für die Bestimmung physikalischer Brennstoffeigenschaften, wie z.B. Wassergehalt, Roh- und Schüttdichte, Korngrößenverteilung (Siebung und Bildanalyse), Abriebfestigkeit, Brückenbildungsneigung, Gehalt an Verunreinigungen, etc.. Durch Mitgliedschaft in den entsprechenden DIN-, EN- und ISO-Gremien wurden diese Normenentwürfe bis zum

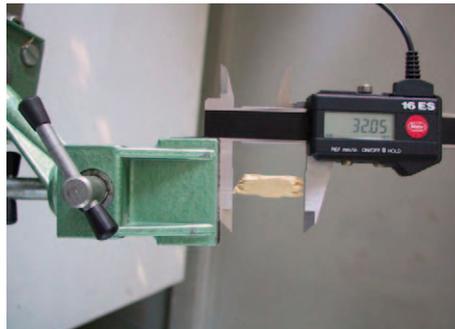
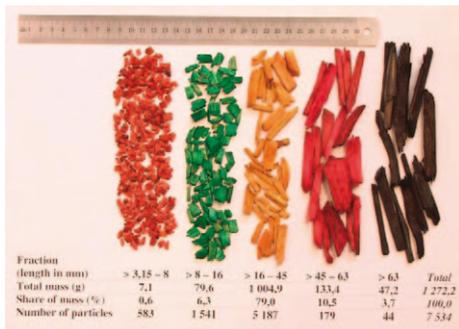


Bild 1: Handvermessene Teilchen einer Referenzprobe für die Kalibrierung von Siebanlagen zur Bestimmung der Korngrößenverteilung

Inkrafttreten vom TFZ begleitet. Bild 1 zeigt ein Beispiel aus der Begleitforschung für die Bewertung geeigneter Siebanalyseverfahren durch Bereitstellung von Referenzproben aus eigener Herstellung. Die erarbeiteten Normen werden



Bild 2: Pellets aus Rohholz (links) und torrefiziertem Holz (rechts)

inzwischen europaweit angewendet. Derzeit erfolgt die Übernahme bzw. Weiterentwicklung zu weltweit gültigen ISO-Normen. Aktuell wird am TFZ an der Erarbeitung realitätsnäherer Verfahren zur Bestimmung der unterschiedlichen Verschlackungseigenschaften von Brennstoffen (d. h. die Neigung der Asche zum Verschmelzen und Verklumpen) sowie an der Anpassung bestehender Prüfverfahren für neue thermochemisch veränderte Brennstoffe (z. B. Pellets aus torrefiziertem Holz) gearbeitet.

Neue Brennstoffe

Bei den Festbrennstoffen hat die internationale Normung den Brennstoffhandel in Schwung gebracht. Vor allem für Holzpellets wurde damit eine rasante Entwicklung ermöglicht. Aber schon sind weitere Veredelungstechniken in der Entwicklung, z.B. die Torrefizierung,

die die Transportwürdigkeit (d. h. Energiedichte) von Holz durch kurzzeitiges Rösten bei ca. 250 °C weiter steigern soll (Bild 2).

Die Beurteilung solcher oder anderer neuer Brennstoffe zählt zu den wesentlichen Forschungsaufgaben am TFZ. In einer Vielzahl von Projekten wird ihre Eignung in der Verbrennung untersucht. Dabei zeigte sich beispielsweise, dass allein aus der chemischen Analyse der Brennstoffzusammensetzung bereits zuverlässige Hinweise auf die erwarteten Feinstaubemissionen abgeleitet werden können (Bild 3). Für Anlagen mit relativ vollständiger Verbrennung (d. h. weitgehend ohne Bildung organischer Schadstoffe) kann so relativ kostengünstig und schnell auf die Eignung und Zulässigkeit neuer, bisher nicht praktisch erprobter Brennstoffe geschlossen werden.

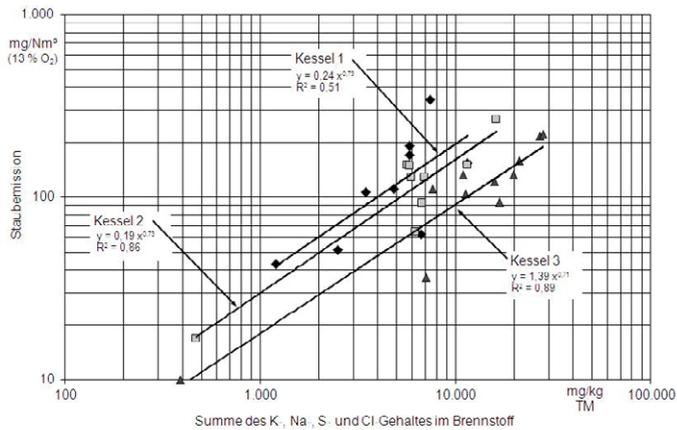


Bild 3: Zusammenhang zwischen Haupt-Aerosolbildnern (K, Na, Cl, S) und den Feinstaubemissionen dreier Heizkessel für Holz- und Halmgutbrennstoffe (TM Trockenmasse)

Nutzungsgrad und Effizienzsteigerung

Die Wärmegewinnung aus Holz und anderen festen Brennstoffen stößt immer häufiger an ihre Grenzen. Das noch nicht genutzte Holzpotenzial schrumpft, regional treten bereits erste Verknappungen ein. Für einen weiteren Ausbau der Festbrennstoffnutzung ist daher eine verbesserte Wärmeausnutzung zwingend erforderlich. Dass dies möglich und notwendig ist, zeigen

Praxismessungen an Pelletkesseln bei denen die Wärmeausbeute (der sogenannte „Nutzungsgrad“) im Alltag solcher Anlagen um ca. 20 Prozentpunkte niedriger liegen kann, als der am Prüfstand bestimmte Wirkungsgrad (Bild 4). Am TFZ wurde daher zusammen mit Partnern aus Österreich an der Entwicklung eines 8-stündigen Norm-Lastprüfzyklus gearbeitet. Er bildet die Lastzustände eines ganzen Jahres repräsentativ ab. Im Betrieb mit einem definierten Lastzyklus lassen sich Schwachstellen im Lastmanagement eines Kessels erkennen und die Anpassungsfähigkeit der Anlage an den schwankenden Wärmebedarf beurteilen. Außerdem können Emissionsmessungen über den gesamten Lastzyklus auch als

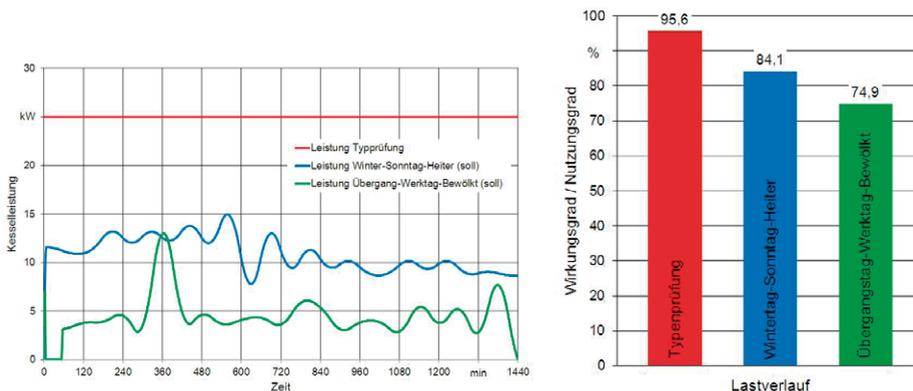


Bild 4: Wirkungs- bzw. Nutzungsgradunterschiede (rechts) bei verschiedenen Normklimatagen (links) im Vergleich zur Typenprüfung mit Volllast

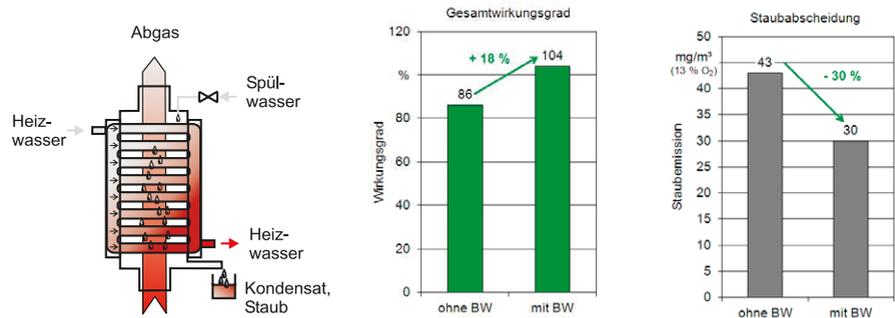


Bild 5: Funktionsweise der Abgaskondensation (links) und gemessene Wirkungsgradsteigerung und Partikelabscheidewirkung (rechts). BW: Brennwertnutzung (d.h. Kondensation durch Zusatzwärmetauscher)

sogenannte „Emissionsfaktoren“ auf die Praxis übertragen werden. Eine Weiterentwicklung zu einer internationalen Normprüfmethode ist vorgesehen.

Wenn nicht nur der Nutzungsgrad im lastabhängigen Betrieb sondern auch der Wirkungsgrad selbst gesteigert werden soll, kann dies auch durch eine weitere Abkühlung des Abgases (z.B. mittels eines Zusatzwärmetauschers mit Kondensationseffekt) erfolgen (sogenannte Brennwerttechnik). Dabei wird das Abgas deutlich stärker als üblich abgekühlt, wodurch der im Abgas enthaltene Wasserdampf kondensiert und auch die sogenannte Kondensationswärme nutzbar wird, die bei der normgerechten Heizwertbestimmung des Brennstoffs nicht berücksichtigt wird. Am TFZ wurde in verschiedenen Projekten mit derartigen Technologien gearbeitet. Die Ergebnisse zeigen, dass der Wirkungsgrad um mehr als 15 Prozentpunkte auf über 100 % gesteigert werden kann (Bild 5). Positiver Nebeneffekt ist eine Ab-

scheidung von Staubpartikeln über das anfallende Kondensat und damit eine Staubminderung um ca. 20 bis 40 %. Allerdings sind die Anreize für die Verwendung dieser Technik bei häuslichen Heizungen derzeit noch zu gering. Das TFZ hat daher im Rahmen seiner langjährigen Beratungsarbeit für das Bundesumweltministerium erfolgreich auf eine Verbesserung der Förderkonditionen für solche Geräte im Rahmen des Marktanreizprogramms für Erneuerbare Energien (MAP) hingewirkt.

Schadstoffvermeidung bei Einzelraumfeuerungen

Bei Einzelraumfeuerungen (z.B. Kaminöfen, Kachelöfen, Herde) ist Liste der Einflussgrößen auf die Abgasqualität lang. Hierzu zählen die Brennstoffeigenschaften (Element- und Wassergehalt, Scheitgröße und andere physikalische Eigenschaften), Betreibereinflüsse (Brennstoffauswahl, Nachlegezeitpunkt und -menge, Anzündtechnik, Luft-einstellung, Reinigung, etc.) und die

Feuerung selbst (Abbrandprinzip, Rostgestaltung, Feuerraumgeometrie, Luftzuführung und Luftstufung, Zugkontrolle, Sichtscheibengröße, Dichtigkeit, Regelung, Sekundärmaßnahmen, etc.). Die Wirkung der meisten dieser Einflüsse auf die Schadstoffemissionen wurde am TFZ durch experimentelle Arbeiten untersucht und bewertet.

Ein Beispiel zeigt Bild 6, darin erweist sich die mittlere von 5 untersuchten Nachlegemassen als besonders geeignet für einen sauberen, d.h. schadstoffarmen Abbrand. Das zeigt sich vor allem an den Kohlenmonoxidemission (CO) aber auch durch die Konzentrationen der als Geruchsbelästigung wahrgenommenen und zum Teil giftigen organischen Kohlenwasserstoffe (Ges-C.) sind in diesem Bereich deutlich niedriger. Auch die Feinstaubemissionen werden in ähnlicher Weise beeinflusst. Wegen der großen Un-

terschiede zwischen optimaler und Fehl-Bedienung auf die Schadstoffbildung hat der Betreiber solcher Einzelraumfeuerungen einen großen Anteil an der Verbrennungsgüte. Aus derartigen Erkenntnissen werden laufend geeignete Empfehlungen abgeleitet und verfügbar gemacht. Das geschieht z. B. in Broschüren zum richtigen Heizen, über das am TFZ erarbeitete „Handbuch Bioenergie-Kleinanlagen“ oder in der Beratung der an der Gesetzgebung und an Fördermaßnahmen beteiligten Stellen.

Fazit

Als Fazit lässt sich festhalten, dass bei der thermischen Nutzung von Festbrennstoffen in den vergangenen Jahren beachtliche technologische Fortschritte erzielt wurden. Dennoch besteht ein gewaltiger Innovationsdruck, um auch zukünftig immer anspruchsvolleren Umweltstandards gerecht zu werden. Aber auch die zunehmende Ausschöpfung des Holzpotenzials und die Konkurrenz mit anderen Nutzungen machen sich sowohl hinsichtlich der Verfügbarkeit als auch bei der Preisentwicklung bemerkbar. Biomasse-Festbrennstoffe bleiben aber auch künftig eine interessante Alternative für die Wärmeversorgung, zumal Energieträger wie Heizöl und Erdgas zukünftig eher der (Langstrecken-)Mobilität vorbehalten bleiben sollten.

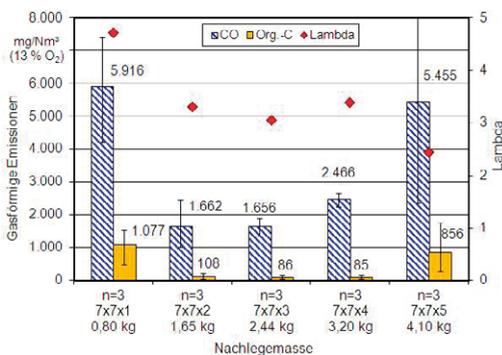


Bild 6: Einfluss der Holz-Nachlegemenge (hier quadratisch gesägte „Prüfscheite“) auf die gasförmigen Emissionen in einem 12 kW-Kachelofenheizzeinsatz (Wassergehalt einheitlich 13,5 %)

Dr. Edgar Remmele
Sachgebietsleiter Biogene Kraft-, Schmier- und Verfahrensstoffe am TFZ

Umweltverträgliche Antriebssysteme

Energiewende im Verkehrssektor

Mit einem Anteil von 20 % an den energiebedingten Treibhausgasemissionen in Höhe von $751 \cdot 10^6$ t CO₂-Äquivalenten in Deutschland im Jahr 2011 [1], ist der Verkehr¹ nach der Energiewirtschaft und noch vor der Industrie der zweitgrößte Emittent klimaschädlicher Gase. Nach Angaben des Umweltbundesamts entfallen rund 83 % des Kraftstoffverbrauchs auf den Straßenverkehr, 14 % auf den Luftverkehr und 3 % auf Bahn und Schiffsverkehr. Die Rohöleinfuhr nach Deutschland betrug laut Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle (BAFA) 93.434.321 t im Jahr 2012. Der Anteil an deutschem Rohöl am Gesamtrohölauflaufkommen lag lediglich bei 2,7 %. Hauptlieferländer sind Russland mit 37 %, Großbritannien mit 14 %, Norwegen mit 10 %, Libyen mit 9 %, Nigeria mit 7 % und Kasachstan mit 6 %.

.....

¹ einschließlich Schienenverkehr, nationale Luftfahrt, Küsten- und Binnenschifffahrt

Die Abhängigkeit von Rohölimporten und insbesondere vom Exportland Russland ist daher enorm. Der weltweite Mineralölverbrauch lag 2011 auf einem Allzeithoch von über $4 \cdot 10^9$ t [1]. Das verbleibende Potenzial an Erdöl (Reserven und Ressourcen) betrug Ende des Jahres 2011 rund $585 \cdot 10^9$ t, darin enthalten sind rund $258 \cdot 10^9$ t an nicht-konventionellem Erdöl (Ölsande, Schweröl und Schieferöl). Bisher wurden insgesamt rund 44 % der vorhandenen Erdölreserven (kumulierte Förderung und Reserven) verbraucht. Das knapper werdende Gut Erdöl verteuerte sich 2011 auf einen nominalen Durchschnittspreis von 111 US-Dollar pro Barrel für die Rohölsorte Brent und war damit so teuer wie nie zuvor.

Vier wichtige Gründe sprechen also dafür, neben dem Strom- und Wärmesektor auch im Bereich der Mobilität schnellstmöglich die Energiewende einzuleiten:

- Klimaschutz,
- Schonung fossiler Rohstoffe,

- Verringerung der Abhängigkeit von erdölfördernden Staaten,
- Kostendämpfung am Kraftstoffmarkt.

Um die Energiewende im Verkehrssektor zu schaffen, gilt es zum einen den Kraftstoffverbrauch zu reduzieren und zum anderen den verbleibenden Energiebedarf im Bereich der Mobilität zunehmend über erneuerbare Energiequellen abzudecken. Der Kraftstoffverbrauch kann vor allem durch Vermeidung von Verkehr (z. B. Fahrgemeinschaften, Nutzung öffentlicher Verkehrsmittel), durch Wahl energiesparender Beförderungsmittel (z. B. Kleinwagen statt Geländelimosine/SUV), durch energiesparenden Betrieb der Beförderungsmittel (z. B. „Fuß vom Gaspedal!“) und durch energieeffiziente Antriebssysteme (z. B. verbrauchsarme Motoren) gesenkt werden. Als erneuerbare Energiequellen für Mobilität stehen verschiedene Biokraftstoffe zur Auswahl und regenerativ erzeugter Strom. Strom kann auf dem Fahrzeug über einen von einem Verbrennungsmotor angetriebenen Generator, über Brennstoffzellen oder aus extern aufgeladenen Akkumulatoren zur Verfügung gestellt werden. Welche Energiequelle für eine bestimmte Anwendung den größten Nutzen erzielt, ergibt sich aus den Anforderungen und Möglichkeiten des Verkehrsmittels. Strom ist beispielsweise in vielen Bereichen des öffentlichen Nahverkehrs auf schienegebundenen Systemen etabliert

und wird künftig auch vermehrt Einzug in den Individualverkehr halten. Hingegen ist die Luftfahrt auf hochenergiegedichte (Bio-)Kraftstoffe angewiesen, ebenso wie die meisten Arbeitsmaschinen in der Land- und Forstwirtschaft.

Rapsöl – Kraftstoff für die Land- und Forstwirtschaft

Die nachhaltige Bereitstellung von Nahrungsmitteln, Futtermitteln und Rohstoffen ist die Aufgabe der Land- und Forstwirtschaft. Eine nachhaltige Produktion schließt den sparsamen Umgang mit Energieträgern und die Verwendung regenerativer Energiequellen mit ein. Der Kraftstoffverbrauch in der Land- und Forstwirtschaft in Deutschland betrug gemäß Angaben des Mineralölwirtschaftsverbands (MWV) im Jahr 2010 $1,645 \cdot 10^6$ t und entsprach einem Anteil von etwa 5 % am gesamten inländischen Dieselmotorkraftstoffverbrauch. Dadurch flossen aus der Land- und Forstwirtschaft knapp 2 Mrd. Euro² an die Mineralölwirtschaft und an den Fiskus.

Am TFZ wird seit nunmehr fast 30 Jahren erforscht, wie die Landwirtschaft den Energiebedarf ihrer Maschinen mit einem Höchstmaß an zusätzlichem Nutzen selbst decken kann. Als der vorteilhafteste unter den derzeit verfügbaren biogenen Kraftstoffen für die Verwendung in

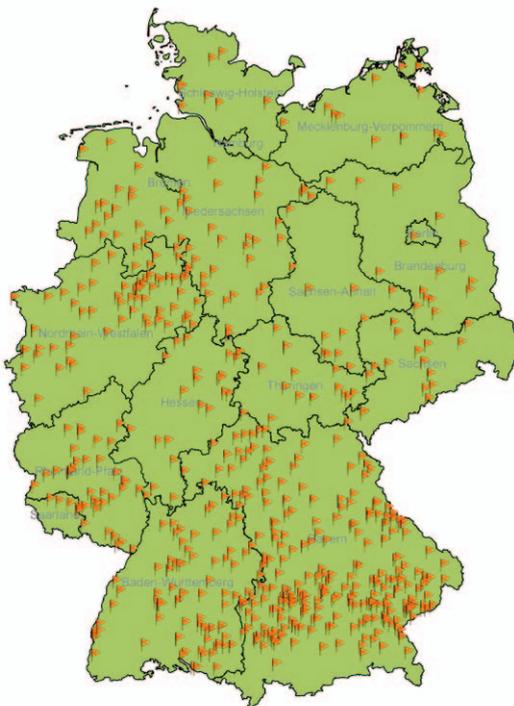
.....
² Emberger, P., TFZ, eigene Berechnungen auf Kostenbasis 2010

der Land- und Forstwirtschaft hat sich Rapsölkraftstoff erwiesen:

- mindestens 57 % Treibhausgasersparnis (einer der höchsten Standardwerte der heute verfügbaren flüssigen Biokraftstoffe aus heimischen Rohstoffen) – Einsparung von 1,9 kg CO₂-Äquivalent/l im Vergleich zu Diesel
- Verringerung des „Carbon footprint“ landwirtschaftlicher Erzeugnisse
- Boden- und Gewässerschutz aufgrund hoher biologischer Abbaubarkeit und geringer Ökotoxizität

- Produktion heimischer Eiweißfuttermittel (nicht gentechnisch verändert) als Koppelprodukt der Rapsölkraftstoffherstellung (60 % „Teller bzw. Trog“ und 40 % „Tank“)
- Erhalt und Schaffung von Arbeitsplätzen in der Region
- Erhöhung der Wertschöpfung im ländlichen Raum

Rapsöl kann aus heimischem Raps in industriellen oder dezentralen Ölmühlen hergestellt werden. Bei Erzeugnissen aus industriellen Ölmühlen handelt es sich in der Regel um heißgepresste, mit Lösungsmittel extrahierte und (voll-) raffinierte Pflanzenöle, während in dezentralen Anlagen durch schonende Ölsaatenverarbeitung sogenannte kaltgepresste Pflanzenöle hergestellt werden, die keine Raffinationsschritte durchlaufen. Die Rapsaatqualität, der Abpressvorgang und die Ölreinigung (Fest-/ Flüssig-Trennung) nehmen deshalb bei der dezentralen Ölsaatenverarbeitung großen Einfluss auf die Ölqualität. Die Arbeiten von Widmann (1994) [16] [17] trugen wesentlich dazu bei, das Verfahren der Kaltpressung zu verstehen und zu optimieren. Die Vorteile der dezentralen Ölsaatenverarbeitung in der Hand der Landwirtschaft liegen in dem vergleichsweise geringen technischen und energetischen Aufwand, den kurzen Transportwegen für Saat, Öl und Presskuchen und der Partizipation der Landwirtschaft an der Wertschöpfung. Außerdem be-



© Technologie- und Förderzentrum, Straubing
Stand 08/2007

Bild 1: Standorte dezentraler Ölmühlen in Deutschland (08/2007)

steht eine große Flexibilität bei der Verarbeitung verschiedener Ölsaaten zu Speiseöl, Kraftstoff, Schmier- und Verfahrensstoffen sowie dem wertvollen Koppelprodukt Presskuchen, der regional als Eiweißfuttermittel Verwendung findet. Die Merkmale der dezentralen Ölgewinnung wurden von Widmann (1999) [18] ausführlich beschrieben.

Grundlegende Untersuchungen zur Eignung von Raps als Energiepflanze wurden von Apfelbeck (1989) [2] und wichtige systematische Versuche zur Verwendung von Rapsöl als Kraftstoff und Brennstoff von Widmann et al. (1992) [15] publiziert. Mit steigenden Mineralölpreisen wuchs das Interesse, Rapsöl als Dieselsubstitut in Fahrzeugen und als Heizölsubstitut in BHKW und Brennern zu verwenden. Daraus entwickelte sich die Fragestellung, welche Qualitätsanforderungen an Rapsölkraftstoff für einen zuverlässigen und emissionsarmen Motorbetrieb zu stellen sind. Gemeinsam mit Ölmühlenbetreibern, Umrüstern von Pflanzenölmotoren, Verbänden und Wissenschaftlern wurde unter Federführung von Kern 1996 begonnen, einen Qualitätsstandard für Rapsölkraftstoff zu entwickeln. Remmele et al. (2000) [5] und Remmele (2002) [7] legten mit der Begleitforschung zur Standardisierung von Rapsölkraftstoff und der Veröffentlichung des „Weihenstephaner Standards“ den Grundstein für die Normung von Rapsölkraftstoff. Motorische Untersuchungen an rapsölbetriebenen BHKW von Thuncke

et al. (2002) [11] und Thuncke (2009) [13] lieferten erste Erkenntnisse zum Einsatz von Rußpartikelfiltern bei Pflanzenölmotoren und wertvolle Hinweise zur Weiterentwicklung des „Weihenstephaner Standards“. Im Jahr 2006 wurde schließlich die Vornorm DIN V 51605 und 2010 die Norm DIN 51605 „Rapsölkraftstoff“ sowie 2012 die rohstoffunspecifische Vornorm DIN SPEC 51623 „Pflanzenölkraftstoff“ veröffentlicht. Die geforderte Kraftstoffqualität wurde stets an die Anforderungen des pflanzenölauglichen Motorsystems angepasst und ermöglicht heute den Einsatz moderner Abgasnachbehandlungssysteme wie Oxidationskatalysator, SCR-Katalysator oder Rußpartikelfilter.

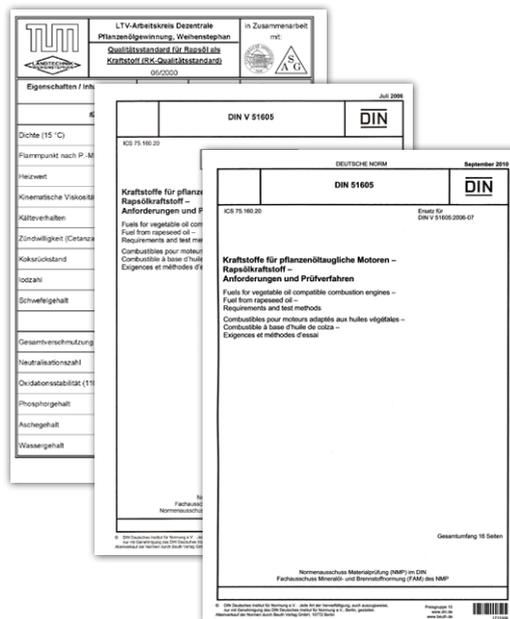


Bild 2: „Weihenstephaner Standard“, Vornorm DIN V 51605 und Norm DIN 51605 für Rapsölkraftstoff (www.din.de, www.beuth.de)

Parallel zur Weiterentwicklung der Kraftstoffanforderungen wurden von Remmele et al. (2002) [6], (2003) [8] und (2007) [9] Qualitätssicherungsmaßnahmen für die Erzeugung von Rapsölkraftstoff erarbeitet und in Form einer praxistgerechten Handreichung [10] veröffentlicht. Dadurch wurden die Betreiber dezentraler Ölmühlen in die Lage versetzt, normgerechten Kraftstoff zu produzieren. Jeweils mit dem Ziel, die Qualität von Rapsölkraftstoff weiter zu erhöhen, prüften und entwickelten Witzelsperger et al. (2009) [19] Verfahren zur Reduzierung unerwünschter Elementgehalte in

Rapsölkraftstoff und Kastl et al. (2011) [4] testeten das Potenzial von Additiven im Kraftstoff.

In enger Zusammenarbeit mit der Landmaschinenindustrie werden seit vielen Jahren das Betriebs- und Emissionsverhalten pflanzenölsauglicher Traktoren unterschiedlicher Abgasstufen, die auf bayerischen staatlichen Versuchsgütern im Praxistest sind, von Thuncke et al. (2007) [12], (2012) [14] und Emberger et al. (2013) [3] untersucht, Maßnahmen zur Erhöhung der Betriebssicherheit abgeleitet und Einflüsse auf das Emissionsverhalten aufgezeigt.

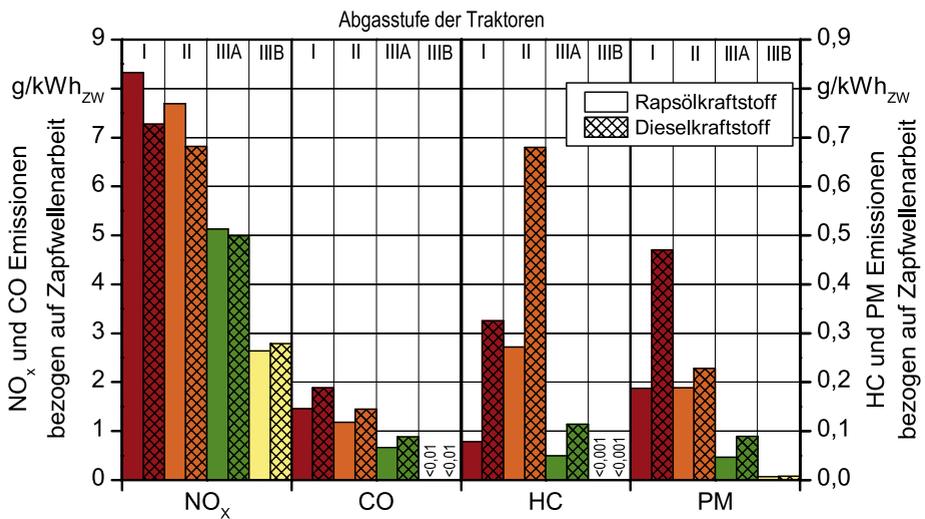


Bild 3: Spezifische Emissionen von NO_x, CO, HC und Partikelmasse (PM) von vier modifizierten Traktoren der Abgasstufen I, II, IIIA und IIIB beim Betrieb mit Rapsöl- und Dieselkraftstoff (spezifische Emissionen bezogen auf Zapfwellenarbeit)

Zum heutigen Tag steht mit Rapsölkraftstoff aus dezentralen Ölmühlen und mit pflanzenöлтаuglichen Traktoren ein Antriebssystem für die Land- und Forstwirtschaft zur Verfügung, das einen hohen Grad an Versorgungssicherheit, Klima-

sowie Boden- und Gewässerschutz bietet und Wertschöpfung im ländlichen Raum ermöglicht.



Bild 4: Demonstration pflanzenöлтаuglicher Traktoren vor der Bayerischen Landesvertretung in Brüssel

Quellen:

- [1] Andruleit, H.; Babies, H. G.; Bahr, A.; Kus, J.; Meißner, J.; Schauer, M. (2012) In: Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (BGR) (Hrsg.): Energiestudie 2012. Reserven, Ressourcen und Verfügbarkeit von Energierohstoffen. DERA Rohstoffinformationen, Nr. 15. Hannover: Deutsche Rohstoffagentur (DERA), 94 Seiten
- [2] Apfelbeck, R. (1989): Raps als Energiepflanze – Verwertung von Rapsöl und Rapsstroh zur Energiegewinnung. Dissertation. MEG-Schrift, Nr. 156. München: Technische Universität München, Institut für Landtechnik Freising-Weihenstephan, 171 Seiten
- [3] Emberger, P.; Thuneke, K.; Remmele, E. (2013): Langzeiterfahrungen zum Einsatz von Rapsölkraftstoff in Traktoren der Abgasstufe I und II. Berichte aus dem TFZ, Nr. 31. Straubing: Technologie- und Förderzentrum, 56 Seiten
- [4] Kastl, J.; Remmele, E. (2011): Additivierung von Rapsölkraftstoff. Auswahl der Additive und Überprüfung der Wirksamkeit. Berichte aus dem TFZ, Nr. 25. Straubing: Technologie- und Förderzentrum, 212 Seiten
- [5] Remmele, E.; Thuneke, K.; Widmann, B.; Wilharm, T.; Schön, H. (2000): Begleitforschung zur Standardisierung von Rapsöl als Kraftstoff für pflanzenölaugliche Dieselmotoren in Fahrzeugen und BHKW. Gelbes Heft, Nr. 69. München: Bayerisches Staatsministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten, 217 Seiten
- [6] Remmele, E.; Widmann, B.; Breun, J.; Rocktäschel, A. (2002): Reinigung kaltgepresster Pflanzenöle aus dezentralen Anlagen. Gelbes Heft, Nr. 75. München: Bayerisches Staatsministerium für Landwirtschaft und Forsten, 161 Seiten
- [7] Remmele, E. (2002): Standardisierung von Rapsöl als Kraftstoff - Untersuchungen zu Kenngrößen, Prüfverfahren und Grenzwerten. Dissertation. Forschungsbericht Agrartechnik (VDI-MEG), Nr. 400. München: Technische Universität München, Lehrstuhl für Landtechnik, Freising-Weihenstephan, 194 Seiten
- [8] Remmele, E.; Stotz, K. (2003): Qualitätssicherung bei der dezentralen Pflanzenölerzeugung für den Nicht-Nahrungsbereich. Erhebung der Ölqualität und Umfrage in der Praxis. Berichte aus dem TFZ, Nr. 1. Straubing: Technologie- und Förderzentrum, 115 Seiten
- [9] Remmele, E.; Stotz, K.; Witzelsperger, J.; Gassner, T. (2007): Qualitätssicherung bei der dezentralen Pflanzenölerzeugung für den Nicht-Nahrungsbereich. Technologische Untersuchungen und Erarbeitung von Qualitätssicherungsmaßnahmen. Berichte aus dem TFZ, Nr. 12. Straubing: Technologie- und Förderzentrum, 260 Seiten
- [10] Remmele, E. (2009): Handbuch Herstellung von Rapsölkraftstoff in dezentralen Ölgewinnungsanlagen. 2., neu bearb. u. erw. Aufl. Gülzow: Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e. V., 88 Seiten

- [11] Thuneke, K.; Link, H.; Widmann, B. A.; Remmele, E. (2002): Pflanzenölbetriebene Blockheizkraftwerke - Abschlussbericht. Materialien Umwelt & Entwicklung Bayern, Nr. 175. München: Bayerisches Staatsministerium für Landesentwicklung und Umweltfragen, 159 Seiten
- [12] Thuneke, K.; Emberger, P.; Gassner, T.; Remmele, E.; Widmann, B.; Fischer, H.; Krist, H.-J.; Schnelle-Kreis, J.; Hoppenheidt, K. (2007): Mutagenität der Partikelemissionen eines mit Rapsöl- und Dieseldieselkraftstoff betriebenen Traktors. Berichte aus dem TFZ, Nr. 14. Straubing: Technologie- und Förderzentrum, 97 Seiten
- [13] Thuneke, K. (2009): Untersuchungen zu Abgasemissionen und zum Einsatz von Partikelfiltersystemen bei rapsölbetriebenen Blockheizkraftwerken. Dissertation. Forschungsbericht Agrartechnik (VDI-MEG), Nr. 478. München: Technische Universität München, Lehrstuhl für Agrarsystemtechnik, Freising-Weihenstephan, 191 Seiten
- [14] Thuneke, K.; Emberger, P.; Remmele, E. (2012): Traktoren für Rapsölkraftstoff. TFZ-Kompakt, Nr. 8. Straubing: Technologie- und Förderzentrum, 16 Seiten
- [15] Widmann, B. A.; Apfelbeck, R.; Gessner, B. H.; Pontius, P. (1992): Verwendung von Rapsöl zu Motorentreibstoff und als Heizölersatz in technischer und umweltbezogener Hinsicht. Gelbes Heft, Nr. 40. München: Bayerisches Staatsministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten, 650 Seiten
- [16] Widmann, B. A. (1994): Gewinnung und Reinigung von Pflanzenölen in dezentralen Anlagen - Einflußfaktoren auf die Produktqualität und den Produktionsprozeß. Gelbes Heft, Nr. 51. München: Bayerisches Staatsministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten, 310 Seiten
- [17] Widmann, B. A. (1994): Verfahrenstechnische Maßnahmen zur Minderung des Phosphorgehaltes von Rapsöl bei der Gewinnung in dezentralen Anlagen. Dissertation. Forschungsbericht Agrartechnik (VDI-MEG), Nr. 262. München: Technische Universität München, Institut für Landtechnik Freising-Weihenstephan 157 Seiten
- [18] Widmann, B. A. (1999): Hintergründe und Zielsetzung der dezentralen Ölsaatenverarbeitung. In: Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft e. V. KTBL (Hrsg.): Dezentrale Ölsaatenverarbeitung. KTBL-Arbeitspapier, Nr. 267. Münster-Hiltrup: KTBL-Schiften-Vertrieb im Landwirtschaftsverlag GmbH, S. 7-15
- [19] Witzelsperger, J.; Remmele, E. (2009): Prüfung der Eignung von Verfahren zur Reduktion ablagerungs- und aschebildender Elemente in Rapsölkraftstoff. Berichte aus dem TFZ, Nr. 20. Straubing: Technologie- und Förderzentrum, 270 Seiten

Dr. Arno Strehler
Ehemals Bayerische Landesanstalt für Landtechnik

Rückblick auf 40 Jahre Forschung - die Anfänge

Es war schon über 50 Jahre bekannt, dass die fossilen Energieträger wie Öl, Kohle, Gas eine begrenzte Reichweite haben. Irgendwann war es notwendig, Ersatz zu schaffen. Darüber hinaus warnten die Klimaexperten schon lange vor der negativen Wirkung des Gebrauchs fossiler Energieträger bezüglich des Treibhauseffektes und der negativen Wirkung auf das Klima.

Die Verknappung des Öls zeigte sich 1973 sehr deutlich durch die sogenannte Ölpreiskrise. Der Heizölpreis ging von 10 auf 30 Pfennig pro Liter, was damals als „Krisenpreis“ bezeichnet wurde. Heute wären wir froh um derartig günstige Ölpreise.

Somit starteten wir an der Landtechnik Weihenstephan mit den Forschungs- und Beratungsaktivitäten im Bereich erneuerbare Energie. Als Agrarfakultät konzentrierten wir uns anfangs primär auf die Nutzung von Biomasse, hier war Stroh das Überschussprodukt, das man für die Wärmegewinnung nutzen könnte. Dänemark war diesbezüglich schon vorausgegangen.

An der Landtechnik Weihenstephan

übernahm die Abteilung Technik im Pflanzenbau und Nacherntetechnologie von sich aus die Forschungsarbeiten zur Energiegewinnung aus Biomasse. Neben der Reststoffverwertung erschien es zielführend, sich auch mit dem Energiepflanzenbau zu befassen, da durch die Überproduktion in der EU die Agrarpreise sehr stark abgefallen waren. Also sollte man Überschussflächen umwidmen.

Für den Energiepflanzenbau kamen folgende Produkte in Frage: Getreideganzpflanzen, die Verbrennung von Korn und Stroh, Miscanthus, schnellwachsende Hölzer und Mais für die Verwertung über die Biogastechnologie.

In einer anderen Abteilung der Landtechnik Weihenstephan und im landtechnischen Verein liefen Forschungs- und Versuchsarbeiten bezüglich direkter Nutzung von Sonnenenergie zur Wärmegewinnung und Windenergie zur Strombereitstellung. Auf diesem Gebiet erwarb sich Dr. Heinz Schulz große Verdienste.

Das erste große Forschungsvorhaben zur Wärmeengewinnung aus Biomasse lag im Bereich der Verfeuerung von Stroh. Diese Arbeiten wurden vom Bundesministerium für Forschung und Technologie sowie von der EU-Generaldirektion 12 – Forschung und Wissenschaft sehr umfangreich gefördert.

In der Zeit von 1975 bis 1980 wurden über 850.000 DM in diese Forschungsarbeiten gesteckt. Es wurden Forschungsberichte mit etwa 800 Seiten und 300 fachlich fundierten Abbildungen in Form von Endberichten geliefert. Mit den Forschungsmitteln wurden die Kosten für Personal, Material, Werkstatt und Reisen bestritten. Es wurden bis zu 10 Mitarbeitern frei finanziert, es gab nur eine Planstelle.

Schließlich folgten Arbeiten zur Hochdruckverdichtung von Stroh im Bereich der Pelletierung und Brikettierung. Hier bestand eine intensive Zusammenarbeit mit MAN – Neue Technologie – in München. Für die EU wurden bis 1988 Arbeiten zur Strohverdichtung geliefert, einschließlich energetischer Nutzung dieser Strohbricketts und Strohpellets.

Ein interessantes Gebiet war die Stromgewinnung aus Biomasse über spezielle Holzvergasungssysteme. Eine Anlage der Firma Schmaus wurde für Versuche und Messungen aufgebaut. Hier bestand ebenfalls eine Zusammenarbeit mit MAN und außerdem mit den Firmen Schmaus und Lambion.

Herr Peter Schulze-Lammers, heute Professor in Bonn, schrieb zu diesem Thema eine Doktorarbeit.

Weitere Doktorarbeiten wurden von Herrn Eugen Hofstetter zur energetischen Nutzung von Stroh verfasst. Herr Rupert Schäfer promovierte auf dem Gebiet der Biogasgewinnung, er ist heute am Landwirtschaftsministerium zuständiger Referatsleiter für nachwachsende Rohstoffe. Der Mitarbeiter Friedrich Heins verfasste seine Dissertation über den direkten Energiebedarf der Landwirtschaft in der Bundesrepublik Deutschland, wobei der Brennstoffverbrauch in landwirtschaftlichen Wohnhäusern Bayerns exakt erfasst wurde. Die letztgenannten Arbeiten wurden durch das Bundesministerium für Forschung und Technologie großzügig gefördert und zwar mit etwa 1 Mio. DM.

Ein großes Vorhaben zur Weiterentwicklung und zum praktischen Einsatz von Anlagen zur Energiegewinnung aus Holz und Stroh im landwirtschaftlichen Bereich wurde vom BMFT gefördert und im Zeitraum von 1979 bis 1981 durchgeführt. Auch hier wurde mit der Industrie zusammengearbeitet. Die Förder-summe lag bei ca. 800.000 DM. Der hierzu verfasste wissenschaftliche Bericht umfaßte 400 Seiten, 130 wissenschaftliche Abbildungen und zusätzlich 30 Tabellen.

Es wurden auch Fachtagungen zu diesen Arbeiten abgehalten, schließlich folgte noch eine Studie für die EG, mit dem Titel „Pyrolyse von Biomasse“ – verbunden mit ei-

ner Studie über Biomasse als Energieträger, wobei der Einfluss und die Nutzung von Biomasse als Energieträger auf die arbeitswirtschaftliche Lage, die Energiesituation und die Arbeitsmarktprobleme erfasst wurden. Diese Arbeiten wurden mit etwa 300.000 DM von der EG Generaldirektion 12 gefördert.

Ein großes Forschungsvorhaben folgte 1983 bis 1985 zum Thema „Verfeuerung von Strohbricketts in Kleinanlagen und Großballen in Großanlagen“. Mehrere wissenschaftliche Mitarbeiter waren mit diesem Projekt beschäftigt. Die Fördersumme vom BMFT betrug 600.000 DM. Der Forschungsbericht erstreckte sich über 500 Seiten mit 70 Abbildungen und 61 Tabellen.

Dazwischen wurde von 1982 bis 1984 noch ein kleines Projekt für die EG durchgeführt. Es betraf die Nutzung der Algen aus den Lagunen von Venedig, die durch ihr Absterben die Wasserqualität stark reduzierten. Es wurden Wege zur Nutzung aufgezeigt, von der Ernte bis hin zur Verfütterung an Tiere.

Ein großes Auslandprojekt folgte, über das BMFT gefördert. Es ging um die Nutzung erneuerbarer Energien in Brasilien – wobei der Schwerpunkt darin lag, einen Warmluftreizeuger zur Reisschalenverbrennung aufzubauen, um mit dieser Wärme Großtrockner mit Energie zu versorgen. Die Reisschalen sind in Brasilien ein großes Abfallproblem, die energetische Nutzung in gut funktionierenden Feuerungsanlagen sollte die Umwelt entlasten

und fossile Energie einsparen. Hier bestand eine Zusammenarbeit mit brasilianischen Wissenschaftlern und deutschstämmigen Firmen, die in Brasilien arbeiteten. Das Gesamtprojekt umfasste 2 Mio. DM, die Arbeiten wurden von 1983 bis 1987 durchgeführt. Dr. Schulze-Lammers war in erster Linie mit der Durchführung der Arbeiten betraut.

Es folgte ein weiteres großes Projekt - vom Landwirtschaftsministerium Bonn gefördert - um die Möglichkeiten der Abwärmenutzung und der Energie aus Biomasse unter besonderer Berücksichtigung der bäuerlichen Betriebsstruktur und der regionalen Ertrags- und Erzeugungsbedingungen zu untersuchen.

Die Grundlagenuntersuchungen zur Verfeuerung von Biomasse unter Berücksichtigung der Effizienz und Feuerungsqualität wurden von einem Wissenschaftler aus Chile durchgeführt, er kam nach Weihenstephan, nicht zuletzt, um eine Dissertation anzufertigen. Ein spezieller Prüfstand wurde hierfür gebaut. Mittlerweile ist Prof. Manfred Hellwig der Energiepapst für die energetische Biomassenutzung in Südamerika.

Um den Landwirten die Nutzung von Holz- und Strohenergie näher zu bringen, wurde in Weihenstephan eine große Ausstellung aufgebaut, es wurden wöchentlich Vorträge gehalten, um die potentiellen Käufer praxisnah zu informieren. Diese Arbeiten wurden vom Landwirtschaftsministerium Bonn und vom Bayer. Staatsministerium für Ernäh-

rung, Landwirtschaft und Forsten großzügig gefördert, in den Jahren 1981 – 1986 alleine mit 280.000 DM. Diese Arbeit lief kontinuierlich weiter, die Ausstellung wurde im Jahr 2003 nach Straubing zum TFZ übersiedelt.

Es wurden in der Praxis laufende Pilotanlagen zur Stroh- und Holzfeuerung betreut und zum Teil weiter entwickelt, es wurden spezielle Speicherungssysteme in die Heizkreise eingebaut und mit großem Erfolg demonstriert und letztlich von vielen Anwendern aus der Landwirtschaft und aus dem Gewerbe nachgebaut.

Ein weiteres großes Forschungsvorhaben zur Brennstoffaufbereitung von Holz und Stroh wurde von der EG Generaldirektion 12 mit der Fördersumme in Höhe von 430.000 DM finanziert und in den Jahren 1986 bis 1989 durchgeführt. Untersucht wurden in diesem Vorhaben technische Verfahren zur Ernte, zu Transport, Lagerung und Trocknung von Holz und Stroh für die Energiegewinnung. Das ganze wurde durch Wirtschaftlichkeitsberechnungen untermauert.

Schließlich folgte ein Projekt zur energetischen Nutzung von Zuckerhirse, gefördert vom Bayer. Staatsministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten in den Jahren 1985 bis 1987. Bearbeitet wurden die Forschungsaufgaben durch Herrn Dirk Bludau, der mittlerweile bei großen Firmen Anlagen zur energetischen Nutzung von Biomasse betreut und in der Praxis

einführt. In diesem Vorhaben wurden technische Vorschläge zur Gewinnung von Zucker, Futtermitteln und Ethanol aus Zuckerhirse bearbeitet. Berücksichtigt wurden die Verfahrensschritte vom Anbau bis zum Endprodukt unter besonderer Berücksichtigung der Wirtschaftlichkeit. Herr Wolfgang Stützle (heute Leiter des Agrarbildungszentrums in Landsberg) und Herr Peter Turowski, heute stellvertretender Sachgebietsleiter am TFZ Straubing, arbeiteten ebenfalls an diesem Projekt.

Neben regionalen Tagungen wurden auch internationale Tagungen an der Landtechnik Weihenstephan abgehalten, so beispielsweise 1985 eine Tagung (von der FAO Rom und dem Bundesministerium für Landwirtschaft in Bonn finanziert), die sich mit der Umwandlung von Biomasse in Energie befasste – sowohl biologisch als auch thermisch. 300 Teilnehmer kamen für 2 Tage nach Weihenstephan in einen großen Hörsaal. Zusätzlich wurden Praxisanlagen besichtigt.

Eine weitere Tagung wurde im gleichen Jahr vom BMFT gefördert, dabei ging es ebenfalls um Energie aus Biomasse, Erfahrungen mit verschiedenen technischen Lösungen und Zukunftsaussichten. Etwa 100 Tagungsteilnehmer kamen an die Landtechnik Weihenstephan.

1986 und 1987 wurde ein Forschungsvorhaben zur stofflichen Verwertung von Flachs bearbeitet.

1985 begannen die Arbeiten zur Nutzung von Pflanzenöl und zur

Verwertung von Rapsstroh. Gefördert wurden die Arbeiten vom Bundesministerium für Landwirtschaft in Bonn, von der Gesellschaft für technische Zusammenarbeit in Eschborn und vom Bayer. Landwirtschaftsministerium und schließlich auch von der EG und dem BMFT. Zu Beginn dieser Arbeiten auf dem Sektor Pflanzenöl waren Herr Rudolf Apfelbeck und Herr Bernhard Widmann erfolgreich tätig. Später kam Herr Edgar Remmele dazu und schließlich Herr Klaus Thuneke, alle 4 Wissenschaftler fertigten ihre Doktorarbeiten auf dem Gebiet der Pflanzenölnutzung an. Meine früheren Mitarbeiter Widmann, Remmele und Thuneke finden sich bekanntlich im heutigen TFZ wieder. Qualitätsstandards wurden ebenfalls erarbeitet und wurden europaweit bekannt und Basis für umfangreiche Entwicklungen. Entsprechend viele wissenschaftliche Fachberichte wurden geliefert. Es wurde die Nutzung von Pflanzenölen für motorische Antriebe bearbeitet. Rapsöl wurde auch als Ersatz für Heizöl zur Raumheizung eingesetzt, Ölbrenner wurden angepasst. Arbeiten zur Nutzung von Pflanzenöl als Kettenöl für Motorsägen wurden erfolgreich abgeschlossen.

Ein weiteres großes Projekt war die wissenschaftliche Betreuung von in der Praxis arbeitenden Pilotanlagen zur Energiegewinnung aus Holz und Stroh, wobei eine intensive Zusammenarbeit mit den Anlagenherstellern bestanden hatte. Unser genialer Heizungsbauer Wilhelm

Langer setzte Entwicklungen von Feuerungssystemen für Stroh und Holz in die Praxis um, ebenso Wärmespeichersysteme und die Einbindung von Solarkollektoren, die z.T. selbst entwickelt wurden.

Mit den Messergebnissen bezüglich Emission und Feuerungsqualität konnten die Anlagenhersteller in ihrer Anlagenentwicklung zielführend unterstützt werden.

Weitere Arbeiten zur Nutzung von Zuckerhirse wurden vom Bayer. Staatsministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten in den Jahren 1988 bis 1990 mit 340.000 DM unterstützt.

Hier ging es um die Entwicklung geeigneter Verfahren zur Ernte, Lagerung und Verwertung der Bagasse.

Ein großer Forschungsauftrag vom BMFT wurde in den Jahren 1989 bis 1990 mit 200.000 DM gefördert, hierbei ging es um die Zusammenstellung relevanter Verfahrensdaten vom Anbau, Ernte, Aufbereitung bis zur energetischen Nutzung von Biomasse mit den Schwerpunkten Festbrennstoffe, Pflanzenöl und Zuckerhirse. In dieser Zeit stieß auch Dr. Hans Hartmann, der in Braunschweig promoviert hatte, zu uns und arbeitete sehr erfolgreich an der Landtechnik Weihenstephan. Er schrieb auch als Endbericht für das eben genannte Vorhaben das viel beachtete Buch „Die Stellung der Biomasse im Vergleich zu anderen erneuerbaren Energieträgern aus ökologischer, ökonomischer und technischer Sicht“ mit 400 Seiten, herausgegeben über den Landwirt-

schaftsverlag Münster, wobei auch ich als Autor mit angegeben war. Ich hatte vor allem die Basisdaten und Darstellungen sowie Tabellen geliefert, während Herr Hartmann durch sein Talent hervorragend zu schreiben brillierte.

In der Zeit von 1990 bis 1998 folgten weitere 38 Forschungsvorhaben, die alle hier genau zu beschreiben den Rahmen dieses Vortrages sprengen würden.

Daher wird auf Tabellen verwiesen, welche die einzelnen Forschungsvorhaben, ihre Laufzeit, ihre Geldgeber, das Finanzvolumen, die verantwortlichen Sachbearbeiter und Leiter der Forschungsprojekte sowie den Inhalt in Kurzform wiedergeben.

Einige Projekte werden jedoch nachfolgend herausgegriffen.

Die Leitung dieser Forschungsvorhaben übernahmen in erster Linie Dr. Widmann, Dr. Hartmann und ich, wobei Dr. Widmann überwiegend für Pflanzenölprojekte zuständig war.

In einem der Projekte wurde auch eine Strohfeuerungsanlage in der Bayer. Landesanstalt für Tierzucht in Grub aufgebaut. In diesem Projekt wurden verfahrensrelevante Untersuchungen zur Bereitstellung und Nutzung jährlich erntbarer Biomasse als Festbrennstoff analysiert.

Bei einem anderen Projekt wurden relevante Verfahrensdaten bei Anbau, Ernte und Aufbereitung von Biomasse erfasst, beide Verfahren hatten einen Finanzrahmen von ca. 600.000 DM.

Ein weiteres großes Projekt befasste sich mit dem Emissionsverhalten von Feuerungsanlagen für feste Brennstoffe, einschließlich Entwicklung feuerungs- und regeltechnischer Bauteile zur Verbesserung der Feuerungsqualität, ein Projekt, das vom Bayer. Umweltministerium mit nahezu 800.000 DM unterstützt wurde.

Das Bayer. Staatsministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten förderte ab 1990 Projekte zur Pflanzenölgewinnung, das erste Projekt hatte einen Finanzrahmen von 331.000 DM und befasste sich mit der Pressung, Reinigung, Aufbereitung und Lagerung von Pflanzenöl im Hinblick auf die Produktqualität und technische Optimierung des Produktionsprozesses. Aus diesen Daten entstand die Dissertation von Dr. Widmann.

Es folgte dann ein Projekt, vom Bayer. Staatsministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten gefördert, um einen selbstfahrenden Holzhäcksler zu entwickeln, der sowohl der Reihendurchforstung dienen sollte, als auch für die Aberntung von Kurzumtriebsplantagen geeignet sein sollte.

Aus diesen Basisarbeiten entstanden bei der Industrie einige Fabrikate verschiedener Hersteller zur Aberntung von Bäumen aus Kurzumtriebsplantagen.

Ein großes Projekt befasste sich mit der Energiepflanzenverdichtung, wobei auch eine selbstfahrende Pressmaschine in Zusammenarbeit mit der Industrie entstand (Fa. Hai-

mer und Fa. Claas]. Gefördert wurde das Projekt mit 1,1 Mio. DM. Es wurde im Zeitraum 1991 – 1995 durchgeführt. Die Leitung hatte ich, die Ausführung der Arbeit wurde in erster Linie von Dr. Hartmann betreut.

Es folgten weitere Fachtagungen. Ein Projekt diente der Optimierung der Strohpelletverfeuerung.

Das sog. Demonstrationsprojekt wurde von 1992 bis 1998 vom Bayer. Staatsministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten mit nahezu 350.000 DM gefördert. Hier wurde eine große Ausstellung in den Hallen der DEULA in Freising aufgebaut. Hierzu gab es wöchentliche Vorträge. Anlagen in der Praxis wurden betreut und gemessen.

Ein Projekt der Europäischen Gemeinschaft befasste sich mit der Untersuchung verschiedener Verfahren zur Saftgewinnung aus Zuckerhirse und der Bewertung der Wirtschaftlichkeit des Zuckerhirseanbaus.

Ein großes, nennenswertes Projekt zu Prüfstandsmessungen wurde vom Umweltministerium in den Jahren 1994 bis 1997 mit nahezu 700.000 DM unterstützt. Es wurden bestimmte Holzfeuerungsanlagen für den Hausbrandbereich ausgewählt und bei den Messungen wurde vor allem die Emission von Dioxinen, Furanen und polyzyklischen aromatischen Kohlenwasserstoffen erfasst. Herr Thomas Launhardt fertigte zu diesem Thema seine Doktorarbeit an. Einige Forschungsberichte fanden großes Interesse bei Fachleuten.

Mehrere vom Bayer. Umweltministerium geförderten Vorhaben befassten sich mit der Nutzung von Pflanzenöl als Hydrauliköl, der biologischen Abbaubarkeit, der Ökotoxizität, der Verwertung und Entsorgung. Die Emissionen von Dieselmotoren beim Betrieb mit Kraftstoffen auf Pflanzenölbasis wurde ebenfalls vom Umweltministerium gefördert, in Weihenstephan und zusammen mit dem TÜV München in einem Flottenversuch untersucht.

Um noch einige der größeren Projekte zu nennen:

Verbrennungsversuche mit besonderer Berücksichtigung der Dioxinmessungen wurden 1996 – 1997 und mit 336.000 DM unterstützt. Herr Thomas Launhardt war der wesentliche Sachbearbeiter.

Das Bayer. Landesamt für Umweltschutz förderte ein Projekt bezüglich Brennstoffqualität im Zeitraum 1996 – 1998 mit 350.000 DM. Sachbearbeiter war Dr. Hartmann.

Es folgten mehrere Projekte mit Pflanzenöl, eines davon befasste sich mit der Optimierung der Verfahrenstechnik und der Qualitätssicherung bei der Ölgewinnung und Ölreinigung in dezentralen Anlagen. Die Untersuchungen wurden an Praxisanlagen im Zeitraum 1996 – 1997 durchgeführt.

Gleichzeitig wurde ein Vorhaben des Umweltministeriums bezüglich Biotrennmittel auf Pflanzenölbasis durchgeführt. Die technische Eignung von naturbelassenen, kaltgepressten Pflanzenölen wurde dabei

ermittelt, das ganze unter der Leitung von Dr. Widmann.

Näheres siehe unter „Fortlaufende Liste der Projekte zur Nutzung nachwachsender Rohstoffe an der Landtechnik Weihenstephan (ab 1990 - 1998).

Nicht zu vergessen sind die umfangreichen Schreivarbeiten im täglichen Schriftverkehr und das Tippen von Fachartikeln, Forschungsberichten und Doktorarbeiten. Über die Jahre 1973 bis 1995 waren mindestens 15 Schreibkräfte und Sekretärinnen im Einsatz, alle aus Forschungsmitteln finanziert wie die Wissenschaftler und Sachbearbeiter. Besonders zu nennen sind die Damen Christa Warmuth und Sigrid Samson. Im Zeichenbüro wirkten viele Fachkräfte wie Herr Piehler, Frau Helga Nielsen, Frau Heike Eismann und Herr Pöhlmann um nur einige zu nennen.

Dazu kam die Mitwirkung an Dutzenden von Fachtagungen, zum Teil jährlich fortgeführt, die an der Landtechnik Weihenstephan initiiert wurden. Zu nennen wäre hier das jährlich wiederkehrende Symposium Bioenergie, Festbrennstoffe, Biokraftstoffe und Biogas, die Serie wurde 1991 begonnen und jährlich wiederholt, in den letzten Jahren vor allen Dingen in Kloster Banz, mit Besucherzahlen bis zu 300. Auch die Arbeit im Forum für Zukunftsenergien wurde im Bereich der Bioenergie von der Landtechnik Weihenstephan bis etwa 1995 geleitet, fortgeführt wurden diese Arbeiten durch den ehemaligen Bundestagsabgeordnete

Helmut Lamp, der Vorstandsvorsitzender des Bundesverbandes für Bioenergie ist.

Viele Arbeiten wurden zusammen mit der FAO Rom durchgeführt. Bei der EU DG XII durfte ich als sogenannter Experte viele Jahre Projekte auf ihre Förderwürdigkeit beurteilen. Über die Goethe-Institute hielt ich etwa 10 Vorträge in afrikanischen und südamerikanischen Ländern zum Thema Bioenergie – von der Wärmegewinnung bis hin zum Treibstoffersatz, sowohl über Öl für Dieselmotoren, als auch über Ethanol für Benzinmotoren.

Im Vordergrund standen immer die Treibstoffe der ersten Generation, also Ethanol und Rapsöl, wie auch Biodiesel, bei dessen Produktion hochwertiges Eiweißfutter entsteht. Die höchst unehrliche Diskussion „Teller – Tank“ führte quasi zur Abschaffung des Biodiesel als Alleinkraftstoff. Durch die plötzliche Besteuerung litt das Vertrauen an politische Vorgaben. Die übertriebene Favorisierung der Entwicklung des Elektroautos als Alternative ist unverständlich. Die Potentiale der Bioenergie weltweit sind gigantisch, eine negative Konkurrenz zur Nahrungsmittelerzeugung gibt es nur in sehr wenigen Regionen. Weit wichtiger wäre die Wertschöpfung von Bioenergieträgern im ländlichen Raum, mit einem großen Potential und einer sehr positiven Wirkung auf die Wertschöpfung und den Kampf gegen den Hunger. Das niedrige Agrarpreisniveau führt weltweit zur Verknappung von Nahrungsmitteln.

Der Energiepflanzenbau könnte zusätzliches Einkommen sichern. Höhere Agrarpreise wären damit vom Verbraucher zu verkraften. Somit könnte die Erzeugung von Agrarprodukten in Entwicklungsländern gesteigert werden.

Heute haben wir meist die Situation, dass die Produktionskosten von Agrarprodukten weit über den Verkaufspreisen liegen und das gilt für fast alle Entwicklungsländer. Dadurch wird zu wenig produziert. Hierin liegt das große Übel und die Ursache des Hungers.

Man sollte bei all den Betrachtungen nicht vergessen, dass über 10.000 mal so viel Sonnenenergie auf die Erde einstrahlt, als wir an Primärenergie verbrauchen. Die 10-fache Menge des Energieinhaltes jährlich verbrauchter fossiler Energieträger wächst jedes Jahr in Form von Biomasse zu. Man bräuchte also rein theoretisch nur 10 % davon energetisch nutzen und schon hätte man die fossilen Energieträger ersetzt. Darüber hinaus hat man die Möglichkeit der Nutzung von Energieplantagen. 8 Millionen km² könnten den Bedarf alleine decken.

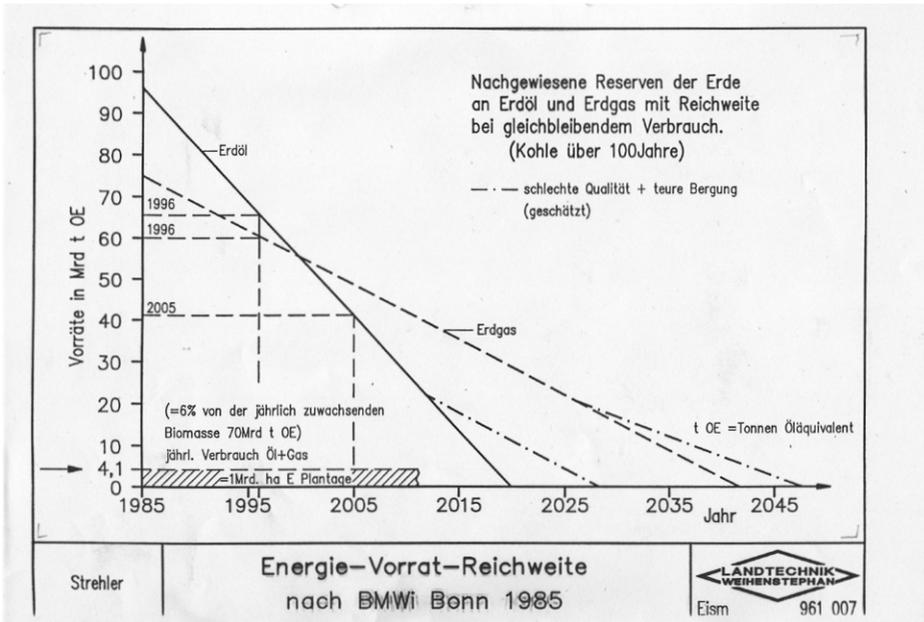
Also, wo ist das Energiemangelproblem?

Wir haben keinen Mangel an Energie, wir haben einen Mangel an Intelligenz, die verfügbare erneuerbare Energie richtig zu nutzen. Neben Biomasse haben wir außerdem reichlich Solarenergie direkt, Wind und Wasserkraft, aber alles etwas teurer als bisher gewohnt. Der in-

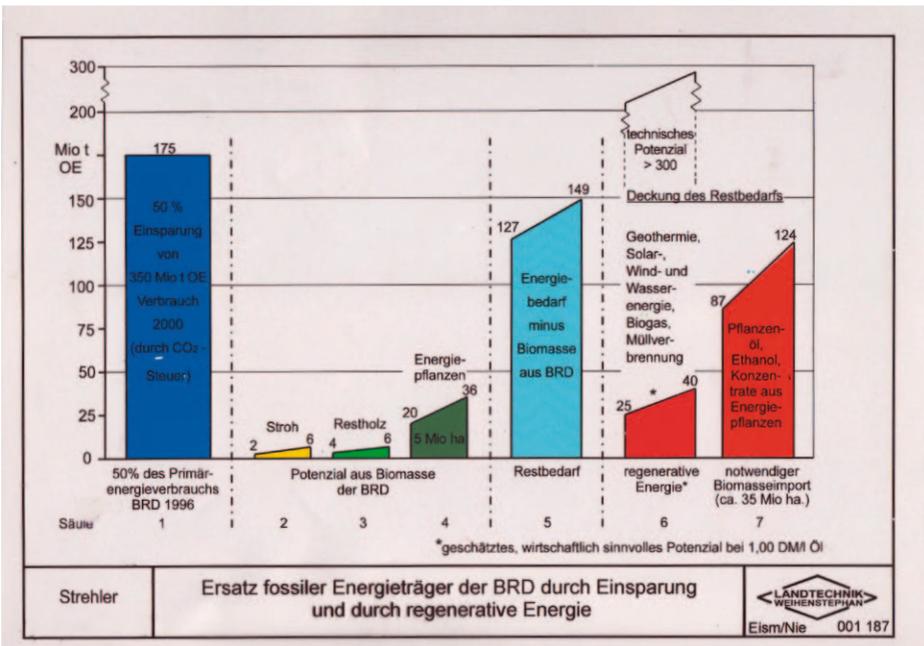
telligente Einsatz von Energie eröffnet ein gewaltiges, dringend nötiges Einsparpotenzial, das die Verteuerung weitgehend ausgleicht. Würden die Kosten von Kernkraft und fossiler Energie ehrlich gerechnet, hätten wir durch den Einsatz von erneuerbaren Energiequellen keine Verteuerung. Die Vermarktung zukunftsfähiger Energiesysteme wäre sogar darüber hinaus ein gutes Geschäft für Deutschland, soweit wir Marktführer bleiben bzw. werden.

Die begrenzte Reichweite fossiler Energieträger wie Öl und Erdgas wurde schon vor 1973 (Ölpreiskrise) diskutiert. Der negative Einfluss der Nutzung fossiler Energieträger auf das Klima wurde weltweit von Fachleuten veröffentlicht. Die daraus resultierenden Schwierigkeiten – besonders für die Landwirtschaft – machte uns an der Agrarfakultät hellhörig.

Es musste nach praxistauglichen Alternativen gesucht werden.



Dieses Bild zeigt die Reichweitenabschätzung aus dem Jahr 1985, ergänzt durch die Lage 1996 und 2005.



1996 erstellten wir eine Berechnung des Verbrauchs an fossiler Energie und eine Abschätzung des Ersatzes durch Einsparung und Nutzung erneuerbarer Energiequellen mit Schwerpunkt Biomasse. Das aus technischer Sicht verfügbare Potential genügt problemlos als Ersatz fossiler Quellen (Säule 6) – wenn auch das Einsparpotential genutzt wird (Säule 1).

 Technische Universität München-Weihenstephan Institut und Bayerische Landesanstalt für Landtechnik			
Forschungsbereich Nachwachsende Rohstoffe und Regenerative Energien			
Mitarbeiter			
Dr. Arno Strehler, Dipl.-Ing.agr. A.D. Abteilungsleiter Tätigkeitsfeld: Biogene Festbrennstoffe Systembewertung, Beratung, Demonstration			
Dr. Hans Hartmann, Dipl.-Ing.agr. (Drittmittel) Wissenschaftlicher Mitarbeiter, Leiter Arbeitsgruppe Festbrennstoffe Tätigkeitsfeld: Biogene Festbrennstoffe Betriebsmessung, Nutzung, Bewertung		Dr. Bernhard Widmann, Dipl.-Ing.agr. Wissenschaftlicher Assistent, Leiter Arbeitsgruppe Pflanzende Tätigkeitsfeld: Pflanzende Decentrale Oxidativverarbeitung, Pflanzendüchtung, Bewertung	
Thomas Launhardt, Dipl.-Ing. (Drittmittel) Wissenschaftlicher Mitarbeiter, Leitung Feuerungsgruppen Tätigkeitsfeld: Biogene Festbrennstoffe Verbrennungsforschung, Emissionsbewertung, Typenprüfung		Edgar Remmele, Dipl.-Ing.agr. (Drittmittel) Wissenschaftlicher Mitarbeiter Tätigkeitsfeld: Pflanzende Fest-Flozisp-Trennung, Normierung, Hydraulikde und Schmierstoffe	
Thorsten Böhm, Dipl.-Ing.agr. (Drittmittel) Wissenschaftlicher Mitarbeiter Tätigkeitsfeld: Biogene Festbrennstoffe Qualitätsbestimmung und -bewertung		Klaus Thuncke, Dipl.-Ing.agr. (Drittmittel) Wissenschaftlicher Mitarbeiter Tätigkeitsfeld: Pflanzende Nutzung Kraftstoff, Emissionen, Pflanzend-BHKW, Normierung	
Leonhard Maier, Dipl.-Ing. (FH) Technischer Angestellter Tätigkeitsfeld: Biogene Festbrennstoffe und Pflanzende Versuchswesen, Analytik, Beratung, Demonstration		Sabine Glamser, Dipl.-Ing. (FH) (Drittmittel) Technische Angestellte Tätigkeitsfeld: Pflanzende Nutzung als Motorwend, Pflanzend-BHKW	
Volker Schmid, Dipl.-Ing. (FH) (Drittmittel) Technischer Angestellter Tätigkeitsfeld: Biogene Festbrennstoffe Feuerungsprüfung, Qualitätsmanagement		Manfred Reuß, Dipl.-Phys. (Drittmittel) Wissenschaftlicher Mitarbeiter Tätigkeitsfeld: Rationelle Energieverwendung Saisonale Wärmespeicherung, Energieversorgungs-konzepte	
Heiner Link, Dipl.-Ing. (FH) (Drittmittel) Technischer Angestellter Tätigkeitsfeld: Biogene Festbrennstoffe Feuerungsprüfung, Qualitätsmanagement		Jens Müller, Dipl.-Ing. (Drittmittel) Wissenschaftlicher Mitarbeiter Tätigkeitsfeld: Rationelle Energieverwendung Systemsimulation	

Das größte nutzbare Potential besteht im Bereich der Wärmebereitstellung (ca. 50 % des Primärenergiebedarfs). Aus diesem Grund befassten wir uns vorrangig mit dem Feuerungsbereich und der Brennstofflogistik. Dazu verhalten viele Forschungsmittel und daraus bezahlte Mitarbeiter (Beispiel für das Jahr 2000).

Einzelöfen	Scheitholzessel Unterbrand	Hackgut- Pellet- feuerung	
 Kaminassettens 3 - 10 kW 1500 - 2500 €	 Obenbeschickung 12 - 70 kW	 Einschiebefehrerung HHS + Pellets 5 - 50 kW 100 - 400 €/kW 2000 - 5000 €	
 Kaminöfen 5 - 12 kW 225 - 3000 €	 Frontbeschickung 14 - 70 kW 150 - 300 €/kW 2750 - 10500 €	 Vorofen HHS + Pellets 10 - 80 kW 125 - 400 €/kW 4000 - 10000 €	
 Kachelöfen Warmluft und Grundöfen 5 - 20 kW 2500 - 9000 €	 Sturzbrand 14 - 50 kW 200 - 250 €/kW	 Kesselintegrierte Hackgutfeuerung und Pelletfeuerung 10 - 1000 kW 125 - 500 €/kW	
 Kochherde 3 - 15 kW 2000 - 6000 €	 Röhrenwärmetaucher Unten seitlich angeordnete Nachbrennkammer 200 - 300 €/kW	 Pelletbrenner anstelle des Öl- brenners 150 - 250 €/kW 150 - 250 €/kW	
 Pelletöfen 6 - 12 kW 3500 - 7000 € 500 - 600 €/kW	 Meterstückfeuerung Oben- Frontbeschickung 175 - 275 €/kW	 Fernwärme Makro- Mikronetze 0,1 - 50 MW 400 - 1000 €/kW	
Strehler	Feuerungsanlagen mit Holz (Übersicht)		 Eism/Nie 011 014f

Die gebräuchlichsten Feuerungsanlagen wurden untersucht, weiterentwickelt und in einer großen Ausstellung mit wöchentlichen Vorträgen den potentiellen Anwendern nähergebracht.



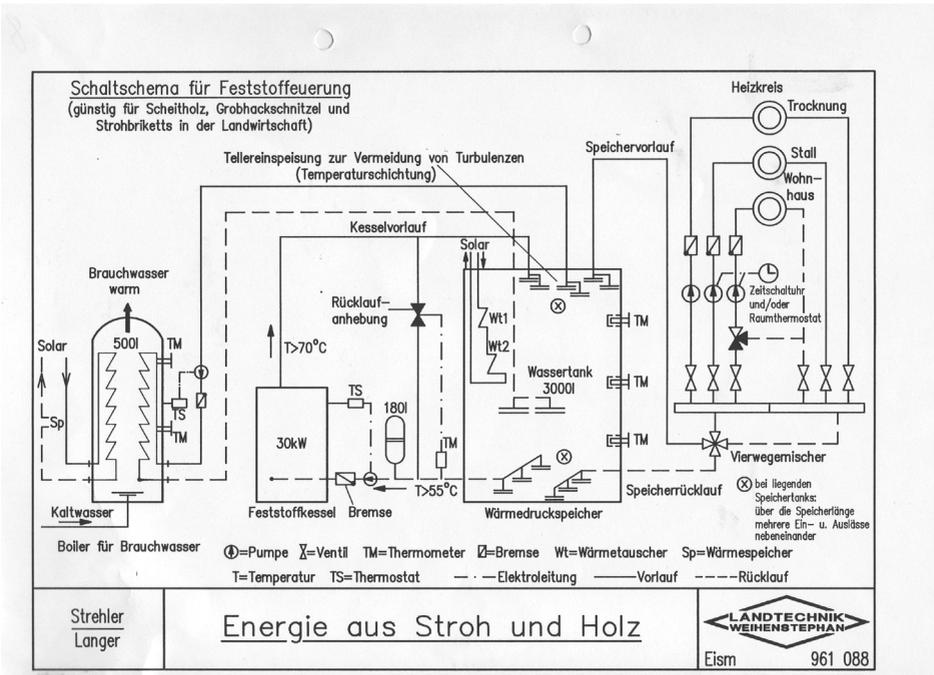
Am Feuerungsprüfstand erfolgten umfangreiche Messungen

	Häckselgut	HD-Ballen	Großballen		Briketts + Pellets
Stapeldichte (Schüttgewicht) kg/m ³	40 - 75	70 - 120	60 - 120	60 - 160	300 - 600 (Schüttgewicht)
Dichte in kg/m ³ im Ballen	40 - 75	80 - 150	80 - 150	90 - 160	500 - 1200
Gewicht je Einheit kg	—	8 - 25	200 - 400	200 - 600	0,01 - 0,2
mittlerer Lagerraumbedarf m ³ /60MWh	250-370	125 - 215	170 - 250	90 - 250	25 - 50
Transport- Kurzstrecken eignung Langstrecken	— --	0 —	++ 0	++ +	++ ++
Brennraumbeschickung	kontinuierlich	kontinuierlich und absätzig	kontinuierlich und absätzig	kontinuierlich und absätzig	kontinuierlich u. absätzig
Beschickungsmöglichkeit von Hand	—	+	--	--	++
Automatisierbarkeit der Beschickung	++	+	0	0	++
spez. Energiebedarf in kWh/t (f. Formgebung)	2 - 3,5	1,5 - 5	2 - 7	2 - 10	30 - 70
Durchsatz in t/h	1 - 25	6 - 9	7 - 10	10 - 14	5 - 12
Legende: ++ sehr günstig, + günstig, 0 = neutral, - weniger geeignet, -- sehr ungünstig, bzw. nicht möglich (60 MWh ≈ 60000 l)					
Rogenhofer Strehler	<u>Kennwerte von Stroh in verschiedenen Zustandsformen</u>				 Nie 88 12 29

In einem Prüfstand an der Landtechnik Weihenstephan erfolgten komplizierte Messungen.

	Heizöl EL	Rapsöl / RME	Ethanol (Zuckerhirse)	Scheitholz (Fichte)	Hackschnitzel (Energiepflanze)	Stroh gehäcksel	Stroh kubische Großballen	Stroh Pellets	Massengetreide kubische Großballen
Heizwert H _u wasserfrei	42 800	37 100	26 800	18 700	18 400	17 300	17 300	17 300	17 500
lufttrocken(15%)	—	—	—	15 400	15 100	14 300	14 300	14 300	14 500
Massenbedarf [kg/l OE] (lufttrocken)	0,84	0,97	1,34	2,39	2,43	2,57	2,57	2,57	2,54
Energie-Ertrag [l OE/ha·a]	—	1 200 Gesamtpfl. 4 000	3 000	1 000 als Beiprodukt	5 000	2 600	2 600	2 600	5 200
Produktionsflächenbedarf [m ² /l OE]	—	2,5 GP 8,3(Öl)	3,3	10	2	3,8	3,8	3,8	1,9
Lagerraumbedarf [dm ³ /l OE]	1,0	1,0	1,7	6,9	13	42,1	17,3	4,1	11,8
Widmann Strehler	<u>Wichtige Kenngrößen von Energieträgern aus Biomasse im Vergleich zu Heizöl e.l.</u>							 Be 942 417	

Die verschiedenen Biomassebrennstoffe wurden bewertet, in den beiden Abbildungen sind die Kenngrößen der Biomasseenergieträger im Vergleich dargestellt. :



Für die Praxis wurden Heizsysteme mit Speicher entwickelt und in der Praxis vielfach eingebaut. Hier: Schaltsysteme für Feststofffeuerung und Solarwärmeinbindung

Hochdruckverdichtung von Halmgut - Maschinenerprobung und Systemvergleich

Hans Hartmann

Problemstellung und Ziele

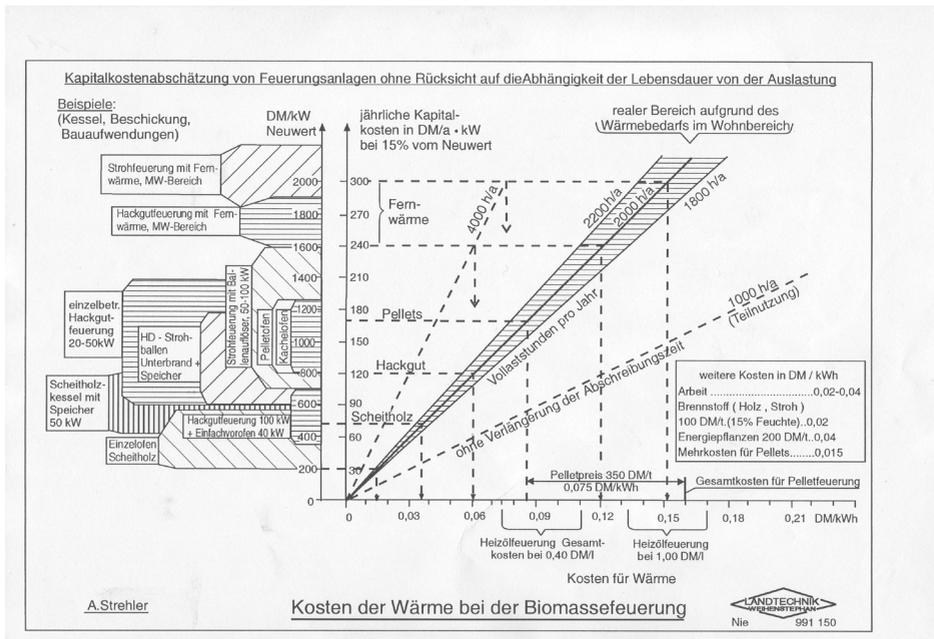
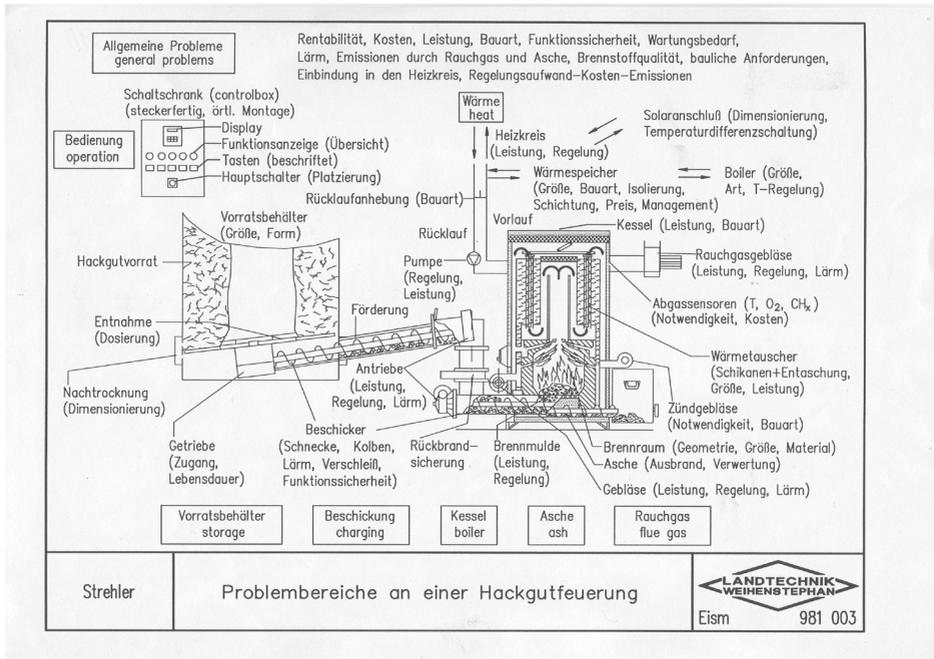
- Verbesserte Einsatzchancen für Halmgutbrennstoffe durch Dichtesteigerung und Schütffähigkeit von Pellets
- Kostenermittlung des Einsatzes einer selbstfahrenden Pelletiermaschine und Vergleich mit alternativen Halmgutverfahren durch Prozesskettenanalyse

Unterschiedliche Energiedichte bei biogenen Brennstoffen

in Feststoffart untersuchte Merkmale	Mittelwert, Spannbreite
technische Dichtesteigerung (bei 18 % Wasseranteil)	CO ₂ P: 5,9 t/t (3,2 - 7,2) 18%: 4,4 t/t (3,6 - 5,3)
Aggr. Ertragsrate an Halmgutbrennstoff	10 %
Aggr. Ertragsrate an Pelletierbrennstoff	10 %
Aggr. Ertragsrate an Pelletierbrennstoff	10 %
Produktionsgeschwindigkeit (bei 15 % Wasseranteil)	CO ₂ P: 500 kg/h (414 - 621) 18%: 300 kg/h (260 - 317)
Ertragsleistung	1,15 t/h (1,10 - 1,18)
Aggr. Ertragsrate des Ertrags (bei 18 % Wasseranteil)	CO ₂ P: 90 t/ha (70 - 100) 18%: 22 t/ha (20 - 24)
Aggr. Ertragsrate an nach AGNE (bei 18 % Wasseranteil)	CO ₂ P: 10 t/ha (9 - 11) 18%: 21 t/ha (11 - 30)

Selbstfahrende Pelletiermaschine

Es wurden Arbeiten zur stationären und mobilen Hochdruckverdichtung von Halmgut durchgeführt. Die mobile Variante war weniger erfolgreich.



Bei Informationsveranstaltungen wurde nicht nur die Funktion von Anlagen erklärt, sondern auch die Rentabilität



In vielen Vorträgen wurde das Wissen um die Nutzung von Energie aus Biomasse verbreitet.
Dr. Arno Strehler - Januar 1997

Dr. Bernhard Widmann
Leiter des Technologie- und Förderzentrums im Kompetenzzentrum für
Nachwachsende Rohstoffe (TFZ)

Rückblick auf 40 Jahre Forschung – die Zeit ab den 1990er Jahren

Positive und schwankende Rahmenbedingungen ab den 1990er Jahren

Jede Epoche bietet je nach Ereignissen und Zeitgeist eine eigene Kulisse für die Energiepolitik und damit für Fragestellungen bei der Forschung, aber auch für die Marktchancen der denkbaren Verwertungspfade. Das TFZ und seine Vorgängereinrichtungen blieben davon nicht unbeeinflusst, reagierten entweder darauf mit entsprechenden Forschungsarbeiten oder blieben auch bewusst bei aus wissenschaftlichen Gründen eingeschlagenen Wegen, auch oder gerade entgegen schnell wechselnder Strömungen.

Grundlegende Forschungsarbeiten zu Bereitstellung und Nutzung von Bioenergie wurden, wie im Beitrag von Dr. Arno Strehler dargestellt, in den 1970er und 1980er Jahren durchgeführt. Die Motivation kam aus der Aufbruchsstimmung der Ölpreiskrisen, der Endlichkeit fossiler Ressourcen, aber auch der Erkenntnis des Klimaproblems,

verursacht durch den Ausstoß zusätzlichen Kohlendioxids durch die Verbrennung fossiler Energieträger. Alle denkbaren Facetten der Energieträgerproduktion und -nutzung wurden weiterverfolgt.

Die 1990er Jahre hingegen sind zunächst geprägt von Überschüssen der Agrarproduktion. Zur Stabilisierung der Agrarpreise wird in Europa eine verpflichtende Flächenstilllegung von bis zu 15 % eingeführt; ab 1992 besteht die Möglichkeit, auf diesem Flächenanteil nachwachsende Rohstoffe für energetische und stoffliche Zwecke, anzubauen. Ab etwa 1998 ist wiederum der stetig steigende Ölpreis der Hauptmotor der Weiterentwicklung erneuerbarer Energieträger.

Das Jahrzehnt ab 2000 sollte zusätzlich vor allem vom Thema Klimaschutz geprägt sein; die gesetzten Ziele und erlassenen Richtlinien überschlugen sich fast und schafften zu Beginn positive Stimmung, Rahmenbedingungen und Investitionsanreize. Schnelles Gegensteuern

und zum Teil unsachlich geführte öffentliche Debatten führen schon wenige Jahre später zu verminderter Akzeptanz.

Im Jahr 2000 verabschiedet die EU das Europäische Programm für den Klimaschutz (ECCP) und Deutschland sein nationales Klimaschutzprogramm, das im Jahr 2005 fortgeschrieben wird.

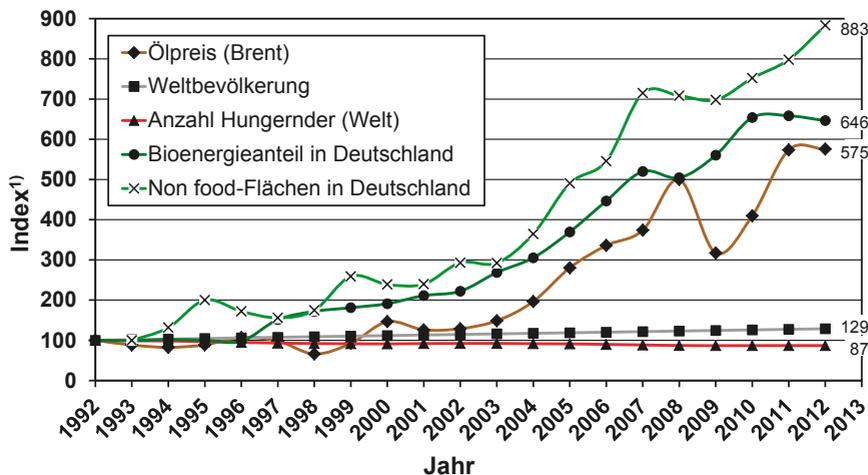
Die Erneuerbare Energien-Richtlinie der EU, zuletzt fortgeschrieben im Jahr 2009, sieht bis zum Jahr 2020 einen Anteil regenerativer Energie von 20 % vor.

Das Erneuerbare Energiesgesetz (EEG) von 2000 als Nachfolgeregelung des Stromerzeugungsgesetzes von 1991 fördert regenerativen Strom und löst damit eine positive Entwicklung unter anderem bei Biogasanlagen aus. Der Energiepflanzenanbau für die Biogasproduktion kommt als weiteres

Standbein für die Landwirtschaft hinzu und erlangt ab 2003 zunehmende Bedeutung für den Betrieb von Biogasanlagen, gerät aber dann ab etwa 2009 in der öffentlichen Diskussion unter dem Schlagwort „Vermaisung“ in die Kritik.

Die EU-Biokraftstoffrichtlinie von 2003 sieht bis 2020 einen regenerativen Anteil des Kraftstoffaufkommens von europaweit 20 % vor. Auch hier beginnt auf Grund der gesteckten Ziele im Vertrauen auf die Politik eine positive Entwicklung bei der Errichtung von Biokraftstoffproduktionsanlagen, Tankstellen und dem Einsatz geeigneter Fahrzeuge. Diese hält bis 2007/2008 an, unterstützt durch nationale Ziele, wie den Meseberger Beschlüssen der Bundesregierung vom August 2007, die 17 % Biokraftstoffanteil bis zum Jahr 2020 vorgeben.

Die Erneuerbare Energien-Richt-



1) Wert von 1992 (bei Non food-Flächen 1993) = 100

Quellen: MWV 2012, United Nations 2011, FAO 2012, BMU 2011-2013, Bundesregierung 2000, LfL 2006, FNR 2006-2013

Entwicklung der Indizes von Ölpreis, Weltbevölkerung, Anzahl hungernder Menschen und Bioenergie in Deutschland

linie der Europäischen Union von 2009 mit der Verpflichtung, in jedem Mitgliedsstaat 10 % der Endenergie im Verkehrssektor bis 2020 regenerativ bereit zu stellen, verstetigt die Entwicklungen im Bereich Biokraftstoffe zunächst. Die stufenweise und nicht flexibel ausgestaltete Besteuerung von Biokraftstoffen ab 2007, Turbulenzen auf den Agrarmärkten 2008, die schnelle Hinwendung von Industrie und Politik zu künftig denkbaren, jedoch bis heute nicht ausreichend entwickelten Kraftstoff- bzw. Antriebspfaden, wie Biokraftstoffe der zweiten Generation oder Elektromobilität, sowie die undifferenziert geführte Debatte über „Teller-Tank“, Regenwaldrodung etc. führen ab 2008 zu starken Einbrüchen des Biokraftstoffmarktes sowie einem schlechten Image von Biokraftstoffen in Deutschland.

Im Oktober 2010 verabschiedet die Bundesregierung das Nationale Energiekonzept. Kein halbes Jahr später ist das Reaktorunglück von Fukushima Auslöser für die sogenannte „Energiewende“ in Deutschland, die vor allem vom Atomausstieg geprägt und auf Alternativen zur Strombereitstellung ausgerichtet ist. Andere im Energiekonzept von 2010 festgelegte Schwerpunkte, v.a. wie bei Wärme und Mobilität, geraten dabei wieder in den Hintergrund. Strom aus Windkraft und Fotovoltaik werden stark gefördert; das bekannte, bislang nicht gelöste Problem der mangelnden Speicherbarkeit von Strom wird in der Gesellschaft spürbar; die Suche nach

Speichertechnologien wird forciert, aber auch die Vorzüge der speicherbaren Sonnenenergie in Form von Biomasse (z.B. Biogas) werden wieder stärker geschätzt.

Der Ölpreis durchbricht im Sommer 2005 dauerhaft die Grenze von 50 US-\$ je Barrel und überschreitet im Februar 2011 nachhaltig die Schwelle zu Preisen oberhalb 100 US-\$/Barrel. In den vergangenen zehn Jahren hat sich der Rohölpreis von etwa 30 US-\$/Barrel im Jahr 2003 auf heute ca. 110 US-\$ nahezu vervierfacht.

Bankenkrise 2008 und EU-Schuldenstaatenkrise ab 2011 „garnieren“ die wechselnden Rahmenbedingungen zusätzlich.

Der Freistaat Bayern setzt ab 1992 unter der Federführung des Bayerischen Staatsministeriums für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten verstärkt auf Bioenergie, erarbeitet ein Gesamtkonzept

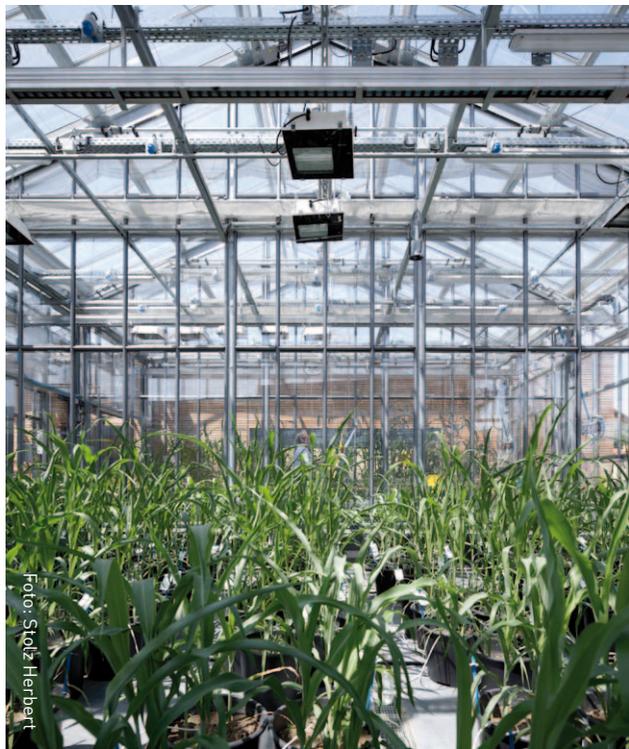
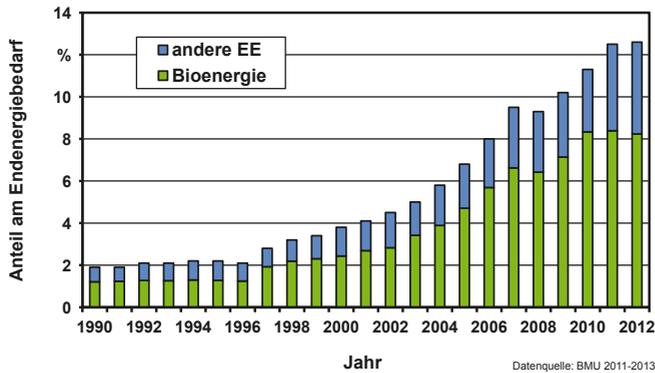


Foto: Stolz Herbert



Anteil der erneuerbaren Energien am Endenergiebedarf und Anteil der Energie aus Biomasse 1990 bis 2012 (Deutschland)
 Datenquelle: BMU 2011-2013
 2012 vorläufig

Nachwachsende Rohstoffe, schreibt dieses regelmäßig fort und fördert sowohl Forschung als auch Demonstration und Umsetzung, auch an den damaligen Landesanstalten für Landtechnik sowie für Bodenkultur und Pflanzenbau in Freising-Weißenstephan konsequent. 1992 wird zur stärkeren Marktdurchdringung C.A.R.M.E.N. e.V. in Rimpar gegründet, und im Jahr 1998 erfolgt der Beschluss zur Gründung des Kompetenzzentrums für Nachwachsende Rohstoffe in Straubing, der 2001 umgesetzt wird. Der Freistaat Bayern legt für die Jahre 2008 bis 2011 ein eigenes Klimaschutzprogramm Bayern 2020 mit Forschungs- und Fördermitteln in dreistelliger Millionenhöhe auf; Bestandteil ist auch das Programm Bioenergie für Bayern des StMELF. Nach dem Reaktorunglück in Fukushima im März 2011 wird noch im Mai desselben Jahres das bayerische Energiekonzept Energie Innovativ verabschiedet, in dem der Ausstieg aus der Atomenergie bis 2021 im Vordergrund

steht. Energie aus Biomasse ist neben anderen Erneuerbaren Energieträgern eine wichtige Säule der künftigen Energieversorgung Bayerns.

Dabei kommt sowohl die Grundlastfähigkeit als auch die Spitzenlastfähigkeit

(Speicherbarkeit der Energie) der Biomasse zum Tragen. Im sogenannten „Bayernplan“ wird 2012/13 daher geprüft, inwieweit der ansonsten nötige Zubau von erdgasbetriebenen Kraftwerken teilweise durch Biogasanlagen, insbesondere bei Intervallbetrieb zur Senkung der Residuallast, reduziert werden kann.

Während also auf bayerischer und europäischer Ebene im Zeitraum seit 1990 überwiegend langfristige Ziele und eher die konsequente Entwicklung von Rahmenbedingungen vorherrschen, zeigen sich bundesweit zwar ebenfalls sehr positive Entwicklungen, die aber durch schnelle und massive Anpassungsmaßnahmen immer wieder zu Turbulenzen und Einbrüchen auf den verschiedenen Sektoren und damit in manchen Bereichen auch zu Vertrauensverlust seitens Investoren und Nutzern geführt haben.

Erfolg und schnelles Gegensteuern, Lob und Kritik wechselten sich vor allem in den vergangenen zehn

Jahren in immer schnellerer Folge ab. Aufgabe der Forschung, war es daher, positive Entwicklungen mit zu gestalten und langfristig angelegte Fragestellungen unbeirrt von kurzlebigen Strömungen weiter zu verfolgen.

Pflanzenbauliche Forschung

Besonders langen Atem benötigt die Forschung im pflanzenbaulichen Bereich. Die Auswahl, Züchtung und Optimierung der Produktionstechnik für den Praxisanbau neuer Kulturpflanzen dauert unabhängig von ihrer Nutzungsrichtung viele Jahre. Daher kann ebenso wenig vorausgesagt werden, ob eine neu entwickelte Kultur bei ihrer Marktreife wirklich marktfähig ist, noch kann in einer von wechselnden Rahmenbedingungen der Agrar- und Energiepolitik geprägten schnelllebigen Epoche binnen kurzer Zeit eine Pflanze oder ein pflanzenbauliches System auf Wunsch bereitgestellt

werden.

Das heutige TFZ hat bekanntlich seine Wurzeln einerseits in der früheren Bayerischen Landesanstalt für Landtechnik, aber auch in der früheren Bayerischen Landesanstalt für Bodenkultur und Pflanzenbau (LBP), beide in Freising-Weihenstephan. Letztere beschäftigte sich seit Mitte der 1980er Jahre mit Rohstoffpflanzen im gleichnamigen Sachgebiet in der Abteilung Pflanzenzüchtung, wobei zunächst die Nutzung im stofflichen Bereich (vor allem Öl und Stärke) im Vordergrund stand. Screening, Züchtung, Produktionstechnik und modellhafter Anbau waren dabei die Hauptschwerpunkte, Markerbsen, Euphorbia, Mohn, Leindotter und Rohrkolben einige wichtige hier zu nennende Rohstoffpflanzen.

Bereits 1987 bis 1990 wurden Forschungsarbeiten zu zuckerreichen Sorghum-Arten („Zuckerhirse“) durchgeführt, mit dem Ziel, da-



Energiepflanzen schaffen Vielfalt

raus Ethanol für Treibstoffzwecke zu gewinnen. Die Sorghum-Forschung sollte ab etwa 2005 zu einem der Haupt-Arbeitsschwerpunkte der pflanzenbaulichen Forschung des TFZ werden.

Ab 1990 erfolgte ein Screening zu C4-Pflanzen zur energetischen Nutzung, die sich durch eine hohe photosynthetische Biomasseeffizienz auszeichnen. Ebenfalls 1990 begann die Forschungsarbeit zur Dauerkultur *Miscanthus* als Energieträger, die in vielfältiger Weise bis heute fortgeführt wird. Die langjährigen Ergebnisse wurden in Forschungsberichten und Anbauhinweisen zusammengefasst, die gemeinsam mit der Landesanstalt für Weinbau und Gartenbau (LWG) publiziert wurden, die ihrerseits ebenfalls in die *Miscanthus*-forschung involviert war. Erste Züchtungsarbeiten an der LBP zu Amarant erfolgten bereits 1988 bis 2000. Die Pflanze wurde später als Element in Biogasfruchtfolgen eingesetzt; seit 2013 führt das TFZ ein intensives Screening zu energie-/ertragreichen Amarant-Typen durch.

Im Zeitraum von 2000 bis 2005 wurden nach über zehnjähriger Screening- und Züchtungsarbeit Versuche zu Mischanbaukonzepten mit Leindotter, vor allem zusammen mit Gerste bzw. Erbse, durchgeführt. Die „soft skills“ der Mischungspartner (z. B. Unkrautunterdrückung, Lagervermeidung) erwiesen sich dabei durchaus als positiv, wenn auch ein ertraglicher Mehrwert nicht direkt abgeleitet

werden konnte.

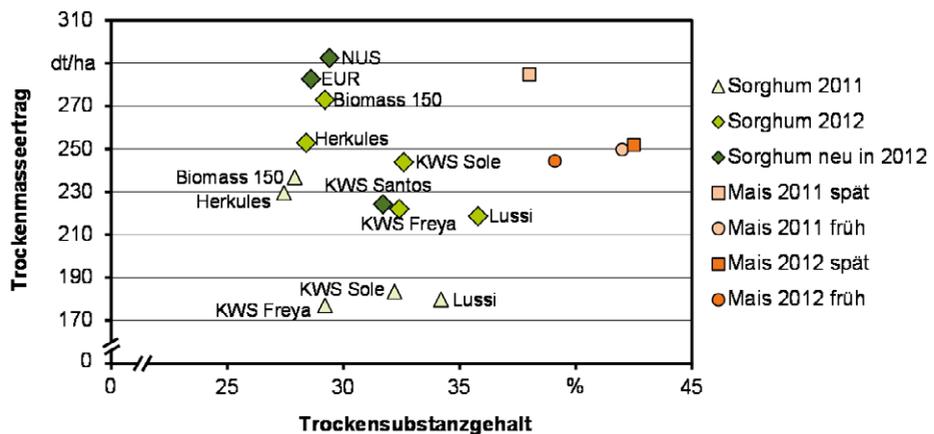
Schon vor der aufkommenden Kritik an zunehmendem Maisanbau für Biogasanlagen wurde erkannt, dass ergänzende Energiepflanzen für die Biogasnutzung in ausgewogenen Fruchtfolgen forciert werden mussten. Am 25. November 2004 wurde daher in einem Gespräch zwischen der Thüringer Landesanstalt für Landwirtschaft (Dr. Armin Vetter), der Sächsischen Landesanstalt für Landwirtschaft (Dr. Christian Röhrich) und dem TFZ (Dr. Bernhard Widmann) am Rande des Symposiums Bioenergie in Kloster Banz die Idee zu einem entsprechenden Verbundvorhaben in Deutschland geboren. Bereits zum 15. März 2005 startete dann das bekannte, von der Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe geförderte Vorhaben „Entwicklung und Vergleich von optimierten Anbausystemen für die landwirtschaftliche Produktion von Energiepflanzen unter den verschiedenen Standortbedingungen Deutschlands“ („EVA“), in dem seither in Kooperation von 15 Verbundpartnern neue Energiepflanzen und Fruchtfolgen deutschlandweit unter Praxisbedingungen untersucht und pflanzenbaulich, ökologisch sowie ökonomisch bewertet werden. Dabei spielen gerade auch Zwei- und Mehrkulturnutzungssysteme, Mischanbaukonzepte, aber auch Fragen der Erhaltung der Bodenfruchtbarkeit eine Rolle. Das Projekt startet im April 2013 in die dritte Fruchtfolgerotation. Mit diesem Projekt alleine flossen im Zeit-

raum 2005 bis 2012 knapp 2 Mio. € in die pflanzenbauliche Forschung des TFZ. Die Ergebnisse wurden unter anderem in Regionalbroschüren für die einzelnen Bundesländer praxisorientiert publiziert; so auch für Bayern, wobei umfangreiche Ergebnisse der Arbeiten an der Landesanstalt für Landwirtschaft (LfL) und des Biogas Forums Bayern mit einfließen.

Etwa zeitgleich, ab 2005, widmete sich das TFZ nach aussichtsreichen Vorversuchen verstärkt der Forschung mit Sorghum als Energiepflanze für die Biogasnutzung. Sorghum wird sich unter den sich ändernden Klimabedingungen Bayerns zunehmend für den Anbau eignen und kann eine sinnvolle Ergänzung in Energiepflanzenfruchtfolgen sein. Ein Screening mit 278 Sorghum-Sorten aus aller Welt ging den Arbeiten zur Anbaueignung für Bayern sowie zur Produktionstechnik dieser Pflanze voraus. Zusammen mit geoKLIM wurden, basierend

auf klimatologischen Prognosemodellen, Anbaueignungskarten für Sorghum für die Bundesrepublik Deutschland erstellt. Mehrere bundesweite Verbundvorhaben hatten die produktionstechnische Optimierung, aber auch Fragen zur Verbesserung der Kühletoleranz und der Wassernutzungseffizienz zum Thema. Sorghum ist in Energiepflanzenfruchtfolgen inzwischen „angekommen“. Seit dem Jahr 2012 gibt es eine amtliche Wertprüfung Sorghum durch das Bundessortenamt, die das TFZ für die in Bayern zuständige LfL am Standort Straubing durchführt. Im Rahmen eines Verbundvorhabens mit den technologisch orientierten Sachgebieten des TFZ sowie dem Wissenschaftszentrum Straubing wurden von 2009 bis 2011 auch Untersuchungen zum Anbau von Zuckerhirse zur Ethanolproduktion durchgeführt.

Seit 2005 widmet sich somit die pflanzenbauliche Forschung des TFZ zunehmend der Vielfalt an



Bildunterschrift: Ertragsleistung neuer Sorghum-Sorten im Vergleich zu Mais

Energiepflanzen, dabei insbesondere Kulturen, die neben stabilen Erträgen das Landschaftsbild bereichern und als Blühpflanzen auch Nahrung für Insekten bereitstellen. Dazu gehören Buchweizen, Quinoa, Amarant, Durchwachsene Silphie, Sida und viele andere. Als Kooperationspartner der LWG und der LfL werden auch Wildpflanzenmischungen in einem bayernweiten Ringversuch sowie einem bundesweiten Verbundvorhaben getestet und Demonstrationsparzellen mit neuen Energiepflanzen für die Vor-Ort-Beratung angelegt.

Mit zunehmender Größe von Biogasanlagen stellte sich auch die Frage nach der Proportionalität der Substratflächen für Energiepflanzen und der Ausbringfläche für den Wirtschaftsdünger aus der Biogasproduktion. In einem auf zehn Jahre angelegten Forschungsvorhaben wird daher seit 2009 die Bodenfruchtbarkeit in Abhängigkeit unterschiedlicher Gärrestgaben im Vergleich zu rein mineralischer Düngung und zur Düngung mit Rindergülle untersucht.

Die Energiepflanzenproduktion ist ein landwirtschaftliches Querschnittsthema und tangiert mehrere Disziplinen. Daher erfolgt die Forschung je nach Fragestellung in klarer Arbeitsteilung bzw. Kooperation zwischen dem TFZ und den Landesanstalten in Bayern. Klassische Kulturen, wie z.B: Mais sind bei der LfL, gärtnerische Kulturen bei der LWG angesiedelt; neue Kulturpflanzen und Anbausysteme sind Aufgabe des TFZ. In Überlappungsbereichen wird bewusst gemeinsam

an Projekten gearbeitet, ebenso bei mehrortigen Versuchen. Dadurch werden mittels hoher Interdisziplinarität die vorhandenen Kapazitäten für die Forschung wie auch die regionale Beratung effizient genutzt.

Die Forschungsarbeiten des heutigen Sachgebiets Rohstoffpflanzen und Stoffflüsse unter der Leitung von Dr. Maendy Fritz und seiner Vorgänger-Arbeitsgruppen konnten in den vergangenen knapp 30 Jahren unter anderem wesentlich dazu beitragen, dass heute eine große Vielfalt an Energiepflanzen zur Verfügung steht, die das Landschaftsbild bereichern, Lebensraum und Nahrung auch für Insekten bieten, wirtschaftliche Ergänzungen zum Maisanbau, angepasst an den künftigen Klimawandel, in Aussicht stehen und fundierte Beratung für die Praxis auf der Basis gesicherter Ergebnisse aus dem pflanzenbaulichen Versuchswesen angeboten werden kann.

Für die Forschungsarbeiten auf diesem Gebiet wurden bis heute für über 30 Projekte ca. 8,5 Mio € eingeworben.

Ausführlichere Informationen zu aktuellen Themen finden sich im Beitrag von Dr. Maendy Fritz. Eine Liste durchgeführter Projekte findet sich ab Seite 154.

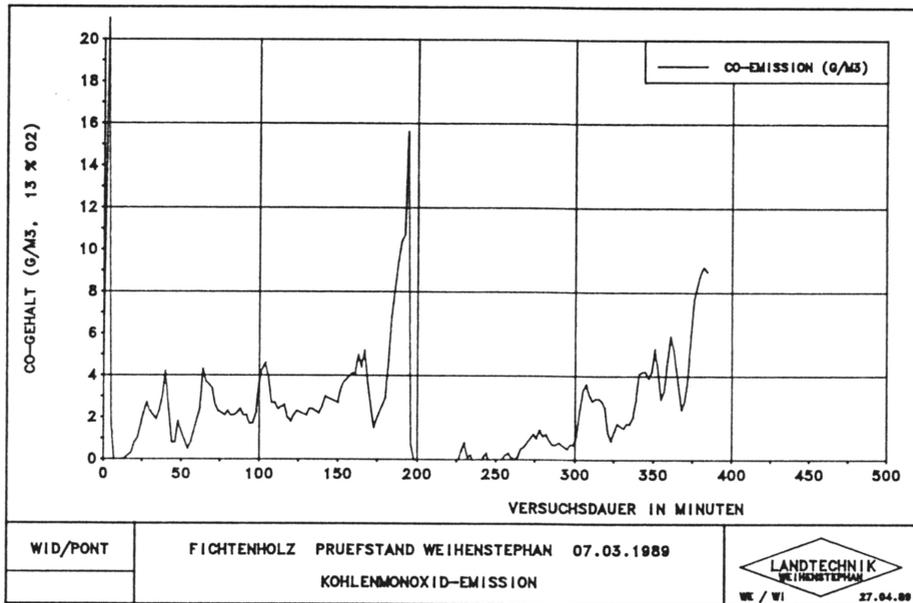
Biogene Festbrennstoffe

Die ersten Forschungsarbeiten zur Energie aus Biomasse der damaligen Landesanstalt für Landtechnik in den frühen 1970er-Jahren beschäftigten sich, wie im Beitrag von Dr. Arno Strehler ausgeführt, mit Bereitstellung, Verdichtung und energetischer Nutzung von Stroh und später anderer Halmgüter, wie Getreideganzpflanzen, aber auch mit der Weiterverarbeitung von Biomasse durch Vergasung, Karbonisierung und Pyrolyse. Erweitert wurde das Spektrum ab den späten 1970er-Jahren durch immer intensivere Bearbeitung des Themas Holzfeuerung.

In den Jahren von 1990 bis 1997 wurden Ernteverfahren für Kurzumtriebsplantagen untersucht und Beiträge zur Entwicklung einer mechanisierten Ernte schnellwachsender Hölzer erarbeitet. Gleichzeitig waren Arbeiten zur Bereitstellung und Nutzung von halmgutartigen Brennstoffen weiterhin ein wichtiger Schwerpunkt. Dabei wurden die Verfahren zur Ernte, Bergung, und Lagerung von einjährigen Energiepflanzen für die Brennstoffnutzung (vor allem Getreideganzpflanzen) wissenschaftlich untersucht, stationäre und mobile Pelletierungsanlagen aufgebaut und geprüft bzw. verfügbare Prototypen wissenschaftlich begleitet. Von 1989 bis 1996 wurde auf dem staatlichen Versuchsgut Grub eine Forschungs-Feuerungsanlage für Getreideganzpflanzen mit einem Heuturm als Lager betrieben und damit wichtige Daten zur ge-

samten Prozesskette der energetischen Halmgutnutzung von der Ernte über Logistik, Brennstoffqualität, Lagerung, feuerungstechnische Daten bis hin zu den Schadstoffemissionen erhoben. Dabei wurde bereits Mitte der 1990er-Jahre ein Elektro-Staubfilter eingebaut und getestet. Die Bestimmung der gas- und partikelförmigen Emissionen von Feuerungsanlagen und deren Minderung waren von Anfang an ein wesentlicher Arbeitsschwerpunkt, der bis heute die Forschungsarbeit prägt. Bereits in den 1980er-Jahren wurden Einzelraumfeuerungen auf dem Prüfstand untersucht, aber auch Pilotanlagen, z.B. Strohfeuerungsanlagen, ausführlichen Emissionsmessungen unterzogen. 1991/92 wurden unter anderem die Emissionen von automatisch beschickten Feuerungsanlagen, betrieben mit Pellets aus Getreideganzpflanzen und Hackschnitzeln von schnellwachsenden Hölzern. 1994 begann ein umfangreiches Messprogramm zur Ermittlung der Emissionen aus Einzelraumfeuerungen, wobei besonders die bei illegaler Brennstoffverwendung möglichen Dioxine und Furane aber auch polyzyklisch aromatische Kohlenwasserstoffe (PAK) im Vordergrund standen.

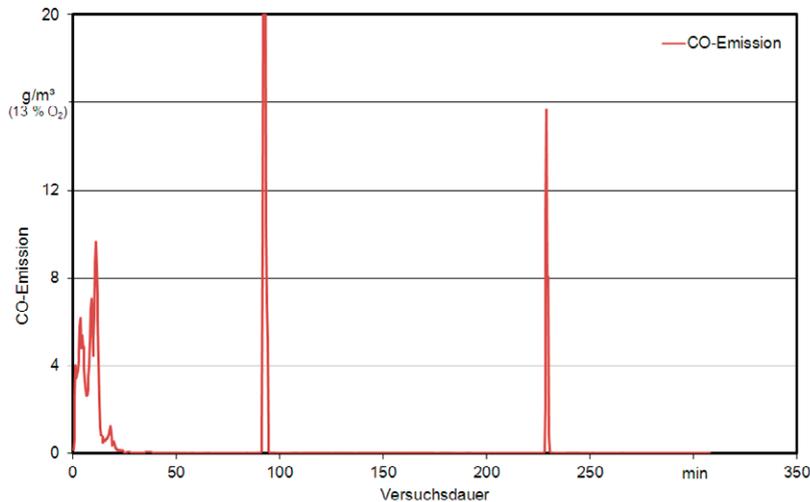
Seit 1999 nehmen Bestimmung und Minderung der staubförmigen Emissionen von Feuerungsanlagen einen zentralen Stellenwert der Emissionsforschung am TFZ ein. Der größte Teil dieser Emissionen sind dem Feinstaub (d.h. bis 10 µm) zuzurechnen, so dass bei



Verlauf der CO-Emissionen eines Stückholz-Heizkessels nach dem Stand der Technik um 1989

der Weiterentwicklung des Systems „Brennstoff – Feuerungsanlage – Bedienung“ hier ein wesentliches Optimierungspotenzial besteht. Deshalb wurden und werden seither

in zahlreichen Forschungsvorhaben die Zusammenhänge bei der Emissionsbildung, Brennstoff- und Feuerungseinflüsse untersucht sowie die Größenzusammensetzung der Fein-



Verlauf der CO-Emissionen eines Stückholz-Heizkessels nach dem Stand der Technik 2011

stäube wegen ihrer Relevanz bei der gesundheitlichen Wirkung ermittelt. Daraus werden Maßnahmen zur Minderung der Feinstaubemissionen erarbeitet und getestet. Eine zunehmende Rolle spielen dabei Abscheidersysteme für Kleinanlagen. Prototypen und Kleinserienprodukte werden an den Feuerungsprüfständen auf Abscheidewirkung, Standzeit und Wartungsfähigkeit hin untersucht und in Feldtests geprüft. In nationalen und internationalen Verbundvorhaben werden moderne Methoden zur Bestimmung der staubförmigen Emissionen erarbeitet und in Ringversuchen abgeglichen.

Eine weitere Möglichkeit der Absenkung von Emissionen wird mit der Erarbeitung von Hinweisen zur richtigen Bedienung von Feuerungsanlagen verfolgt; so lassen sich allein durch richtiges Anfeuern eines Kaminofens die Emissionen in dieser Verbrennungsphase auf ca. ein Drittel reduzieren.

Im Laufe der beschriebenen Zeitspanne wurden die Feuerungssysteme kontinuierlich weiterentwickelt und damit das Emissionsniveau drastisch gesenkt. Positive Ergebnisse aus der Prüfung von damals modernen Heizkesseln oder auch Kachelofeneinsätzen zeigten, dass der zu dieser Zeit für Anlagen ab 15 kW Leistung geltende Grenzwert für die Kohlenmonoxidemission von 4 g/m^3 mit Buchen-, Fichtenscheitholz sowie mit Holzbriketts im Durchschnitt auch bei den kleineren Öfen durchaus unterschritten wer-

den konnte. Ein Durchschnittswert der CO-Emission eines Scheitholzkessels von 1989 in Höhe von $2,5 \text{ g/m}^3$ galt damals als durchaus vorbildlich. 20 Jahre später zeigen Messungen an einem modernen Scheitholzkessel Mittelwerte um $0,015 \text{ g/m}^3$, mehr als 150 mal niedriger.

Auch die Emissionsmesstechnik hat sich in den letzten Jahrzehnten wesentlich verändert. Vor 30 und 40 Jahren waren Schüttelflasche und Rußpumpe mit absätzigen Messungen die vorwiegenden Messinstrumente; ergänzend wurde mit einem Schauglas die Schwärzung der aus dem Kamin aufsteigenden Rauchfahne geprüft. Diese „Kenngroße“ ist heute zum Glück nicht mehr relevant. Bereits in den 1980er-Jahren hielten online-Messgeräte auf der Basis Infrarot-, Chemolumineszenz- und Flammenionisations-Detektion Einzug in die Prüfstände der Landtechnik Weihenstephan, die bereits damals mit Datenloggern und PC-gesteuerter Software zur elektronischen Messdatenerfassung ausgestattet wurden. Heute wird am TFZ neben diesen bewährten Messverfahren auch mit Fourier-Transformierter Infrarot-Spektrometrie (FTIR) gemessen. Für die Größenklassierung staubförmiger Emissionen stehen Kaskadenimpaktoren und hochgenaue Waagen zur Verfügung.

Zahlreiche Forschungsprojekte seit 1996 haben die Qualitätseigenschaften der biogenen Festbrennstoffe und deren Normung zum In-

halt. Vorwiegend in internationalen Verbundvorhaben wurden und werden nahezu alle denkbaren biogenen Festbrennstoffe aus Holz und Halmgütern hinsichtlich ihrer physikalischen und chemischen Eigenschaften beschrieben, klassifiziert und genormt. Dabei werden auch neue Verfahren zur Bestimmung wichtiger Eigenschaften entwickelt, geprüft und international festgelegt. Daraus ergeben sich wiederum Ansatzpunkte für die Optimierung der Bereitstellungsverfahren von Festbrennstoffen, so zum Beispiel für Scheitholz oder aktuell für Holzhackschnitzel. Weitere Forschungsarbeiten helfen seit 2008 das Angebot an Pellet-Brennstoffen aus Holz durch Pellets aus alternativen Brennstoffen (z.B. Halmgutbeimischung), oder durch thermochemische Veredelung (z.B. Torrefizierung) zu ergänzen.

Evaluierung, Bewertung, Demonstration und Beratung sind seit jeher wichtige Elemente des Wissenstransfers aus der Forschung. Die Erkenntnisse fließen regelmäßig in die Evaluierung bundesweiter Förderprogramme ein. Seit über 20 Jahren (1992 bis 2002 bei der DEULA Freising, seit 2003 im TFZ-eigenen Schulungs- und Ausstellungszentrum) wird regelmäßig das Seminar „Wärmegewinnung aus Biomasse“ angeboten, flankiert durch eine Dauerausstellung mit über 100 Feuerungsanlagen von über 50 Herstellern, die ständig aktualisiert wird. Endverbraucher können sich auf diese Weise informieren und von ak-

tuellen Erkenntnissen aus der Forschung profitieren.

Die Forschungsarbeiten des Sachgebiets Biogene Festbrennstoffe unter der Leitung von Dr. Hans Hartmann und seiner Vorgänger-Arbeitsgruppe konnten in den vergangenen 40 Jahren wesentlich dazu beitragen, dass heute eine große Vielfalt definierter Brennstoffe in zum Teil bereits genormter Qualität verfügbar ist und dass im Gesamtsystem „Brennstoff – Feuerung – Bedienung“ mit hohem Wirkungsgrad bei gleichzeitig niedrigen Emissionen Wärmeenergie bereit gestellt werden kann.

Für die Forschungsarbeiten auf diesem Gebiet wurden bis heute für über 100 Projekte ca. 10 Mio € eingeworben.

Ausführlichere Informationen zu aktuellen Themen finden sich im Beitrag von Dr. Hans Hartmann. Eine Liste durchgeführter Projekte findet sich ab Seite 154.

Biogene Kraft-, Schmier- und Verfahrensstoffe

Nach früheren Projekten, etwa zur Vergasung von Biomasse für den Antrieb von Motoren (1981 bis 1984) oder zu Anbau und Verarbeitung von Zuckerhirse für die Ethanolproduktion (1985 bis 1992) war die Schwerpunktsetzung ab Mitte der 1980er-Jahren bei Kraftstoffen aus pflanzlichen Ölen. In einem großen Forschungsprojekt wurden ab 1988 die Kraftstoffeigenschaften von Rapsöl, Rapsölmethylester (Biodie-



Pflanzenöлтаuglicher Traktor im Feldversuch, umgerüstet nach dem Elsbett-Prinzip (um 1990)

sel), Dieselkraftstoff sowie Mischungen dieser Kraftstoffe bestimmt und vor allem die Einflüsse seitens der Lagerung untersucht. Diese Arbeiten waren die erste Grundlage für die spätere Standardisierung und Normung von Rapsöl als Kraftstoff und flossen in vielfältiger Weise in die praktische Beratung ein. Umfangreiche Emissionsmessungen an Pkw und Nutzfahrzeugmotoren (u.a. für Traktoren), die mit Biodiesel, Rapsölkraftstoff sowie mit Beimischungen zu Dieselkraftstoff betrieben wurden, waren der zweite Schwerpunkt dieses Vorhabens. Neben den gesetzlich limitierten Emissionen wurden nicht limitierte Emissionskomponenten, wie Aldehyde, Benzol, Toluol, Xylol und polyzyklisch aromatische Kohlenwasserstoffe bestimmt. Schon damals zeichnete sich ab, dass mit dem Einsatz von Biokraftstoffen in dafür op-

timierten Motoren die meisten Emissionen im Vergleich zu Diesel gesenkt werden können. Ein kanzerogenes Potenzial konnte nicht nachgewiesen werden. Ein dritter Schwerpunkt behandelte die Einsatzmöglichkeiten von Rapsöl als Brennstoff in Feuerungsanlagen, die auf dem Prüfstand der Landtechnik Weihenstephan untersucht wurden.

Bereits in den Jahren 1988 bis 1992 wurden Feldtests mit Traktoren, die auf dem staatlichen Versuchsgut Grub und den Lehranstalten Bayreuth mit Rapsölkraftstoff, Biodiesel bzw. Mischkraftstoffen betrieben wurden, wissenschaftlich betreut.

Ab 1990 wurden auf der Basis von Vorarbeiten aus 1986/87 mehrere Vorhaben zu den Verfahren der Ölsaatenverarbeitung in dezentralen Anlagen durchgeführt. Dabei wurden die Einflüsse der Prozessbedingungen, aber auch des Ausgangsmaterials auf Durchsatz, Ausbeute, Energiebedarf und insbesondere auf die Eigenschaften des gewonnenen Pflanzenöls erforscht und daraus Maßnahmen zur Qualitätssicherung für die Praxis abgeleitet. Dabei wurden auch die nachgeschalteten Reinigungsverfahren (2000 bis 2002) intensiv untersucht.

Auf der Basis dieser Zusam-

menhänge konnte ab 1996 mit der Standardisierung und Normung von Rapsölkraftstoff begonnen werden. Zahlreiche Forschungsprojekte in diesem Bereich und Expertengespräche waren nach und nach die Grundlage, um über den im Jahr 2000 bereits in Straubing verabschiedeten „Weihenstephaner Standard“ zu einer DIN-Norm für Rapsölkraftstoff (2010) und künftig auch für Pflanzenöle allgemein zu kommen. Die Normung von Biokraftstoffen ist weiterhin ein wesentlicher Bestandteil der Forschung am TFZ.



Prüfstandsmessung an einem modernen pflanzenötauglichen Traktor (2011)

Die 1988 begonnenen Forschungsarbeiten zu Emissionen aus biokraftstoffbetriebenen Motoren wurden ab 1995 immer intensiver weitergeführt. Dabei standen in einem langjährigen Forschungsprogramm von 1996 bis 2004 Stationärmotoren in Blockheizkraftwerken im Vordergrund. Neben dem Betriebsverhalten wurden die gas- und

partikelförmigen Emissionen an BHKW unterschiedlicher Leistung am Prüfstand der Landtechnik Weihenstephan bzw. an Praxisanlagen untersucht. Auch Partikelfilter und Abgaskatalysatoren kamen dabei zum Einsatz. Ergebnis dieser Untersuchungen war unter anderem ein Leitfaden zur Errichtung und zum Betrieb pflanzenölbetriebener Blockheizkraftwerke. Eventuell schädliche Wechselwirkungen zwischen dem Motorenöl und in den Schmierölkreislauf eingetragenen Kraftstoff wurden in weiteren Vorhaben untersucht.

Das von der Firma Fuchs Petrolub entwickelte System „Plantotronic“ zur Motorschmierung auf der Basis von Rapsöl durch kontinuierliche Ölauffrischung wurde 1997 bis 1999 an zwei BHKW unterschiedlicher Leistung angepasst und unter Praxisbedingungen

einem erfolgreichen Dauertest unterzogen. Die bislang „geografisch höchsten“ Forschungsarbeiten fanden im Hochgebirge der Alpen auf bis zu 2800 m Höhe statt: im Jahr 2000 wurde eine Erhebung zum Betriebsverhalten von rapsölbetriebenen Blockheizkraftwerken auf Berg- hütten mit begleitenden Messungen und Analysen durchgeführt und ein

spezieller Leitfaden für diese Spezialanwendung erstellt.

Ab 2005 fokussierte sich die Forschung zum Betriebs- und Emissionsverhalten wieder auf Traktoren. Durchgehend wird seither die Entwicklung pflanzenöläuglicher Traktoren, zum Teil in Kooperation mit der Industrie wissenschaftlich begleitet. Traktoren unterschiedlicher Hersteller und Entwicklungsgenerationen kommen dabei zum Einsatz. In Feldversuchen werden die Betriebsdaten der Maschinen im Praxiseinsatz online gemessen und anschließend ausgewertet.

Auf dem Traktorenprüfstand des TFZ werden regelmäßig limitierte und nicht limitierte gas- und partikelförmige Emissionen der Traktoren nach speziellen Lastzyklen mit moderner Messtechnik (u.a. FTIR) ermittelt. Dabei wird regelmäßig bestätigt, dass die jeweils gültigen Emissionsgrenzwerte auch und gerade mit Rapsölkraftstoff eingehalten werden können. Untersuchungen zur mutagenen Wirkung der Abgase haben gezeigt, dass diese bei Rapsölkraftstoff im Vergleich zu Diesel auf sehr niedrigem Niveau tendenziell geringer ausfällt, was die früheren Analysen bestätigte.

Ein weiteres Forschungsvorhaben beschäftigte sich 2009 bis 2011 mit dem Einsatz von Rapsölkraftstoff in Motoren für Schiffe und Lokomotiven.

Nach den umfangreichen Arbeiten der Landtechnik Weihenstephan zu Anbau und Verarbeitung von Zuckerhirse in den Jahren 1985 bis

1992 wurde das Thema in einem großen interdisziplinären Vorhaben 2009 wieder aufgegriffen. Im Bereich der Verarbeitung und Lagerung wurde am TFZ ein Verfahren zur Konservierung von Zuckerhirsehäckselgut auf Ameisensäurebasis entwickelt, das das bisherige Problem der schnellen Zuckerverluste bei der Lagerung lösen konnte.

Seit 2012 werden in dem Verbundvorhaben „ExpResBio“ Treibhausgasbilanzen von regionaltypischen praxisrelevanten Verfahren zur Bereitstellung von Bioenergie bestimmt. Ziel ist ein belastbares Ressourcenmanagement für Bayern.

Neben der Forschung im Bereich Biokraftstoffe werden seit 1991 biogene Schmier- und Verfahrensstoffe, wie Sägekettenöle, Betontrennmittel, Hydrauliköle etc. auf ihre technische Tauglichkeit und Umweltverträglichkeit untersucht. In einem seit 2005 laufenden Vorhaben wird eine verfütterbare bzw. vergärbare Silageabdeckung auf Basis nachwachsender Rohstoffe entwickelt und erprobt. In diesem Zusammenhang wurde im Jahr 2011 ein europäisches Patent erteilt.

Die Arbeitsbedingungen haben sich in den vergangenen 30 Jahren wesentlich verbessert. Mussten in den 1990er-Jahren in Weihenstephan Container für die Prüfstände (Ölsaatenverarbeitung, BHKW) aufgestellt werden, so kann nun seit 2005 im Straubinger TFZ-Technikum mit exzellenter moderner Ausstattung den Forschungsaufgaben

nachgekommen werden.

Die Forschungsarbeiten des heutigen Sachgebiets Biogene Kraft-, Schmier- und Verfahrensstoffe unter der Leitung von Dr. Edgar Remmele und seiner Vorgänger-Arbeitsgruppe konnten in den vergangenen 30 Jahren unter anderem wesentlich dazu beitragen, dass heute Biokraftstoffe genormt sind, dass sich das Verfahren der dezentralen Ölsaatenverarbeitung etablieren konnte und dass moderne pflanzenölaugliche Motoren unter Einhaltung der gesetzlichen Grenzwerte vor allem im landwirtschaftlichen Bereich zuverlässig eingesetzt werden können. Für die Forschungsarbeiten auf diesem Gebiet wurden bis heute für über 50 Projekte ca. 7,5 Mio € eingeworben.

Ausführlichere Informationen zu aktuellen Themen finden sich im Beitrag von Dr. Edgar Remmele. Eine Liste durchgeführter Projekte findet sich ab Seite 154.

Übergreifende Forschungsthemen, Netzwerke und Wissenstransfer

Noch bis zum Jahr 2000 wurden die Aufgabenstellungen häufig von einer Institution allein oder nur mit einem Industriepartner bearbeitet. Die Komplexität der Herausforderungen, aber auch die Zahl kompetenter Institutionen ist inzwischen deutlich größer und daher eine interdisziplinäre Vorgehensweise in vielen Projekten zweckmäßig geworden. Dies gilt für Forschungsarbeiten in den jeweiligen Sachge-

bieten ebenso wie für übergreifende Fragestellungen. Für letztere wurden bis heute für 25 Projekte ca. 5,4 Mio € Forschungsmittel eingeworben.

In diesem Zusammenhang wurde 2007 das ForschungsNetzwerk Biogene Kraftstoffe ForNeBiK gegründet, in dem inzwischen über 50 Forschungsinstitute im deutschsprachigen Raum kooperieren. Die Geschäftsstelle wird durch das BayStMELF finanziert und ist in Straubing angesiedelt.

Schon sehr früh wurden gesellschaftliche Debatten und Konflikte rund um Bioenergie vom TFZ aufgegriffen. In Zusammenarbeit mit dem Institut Technik-Theologie-Naturwissenschaften (TTN) in München werden daher seit 2008 die ethischen Fragen der Bioenergienutzung und der Auswirkungen der Energiewende insgesamt wissenschaftlich bearbeitet und durch Publikationen, Vorträge und Workshops die öffentliche Debatte strukturiert und Beiträge zur Akzeptanzsteigerung geleistet.

Die Kooperation regionaler Akteure in Straubing-Bogen bei der Umsetzung Nachwachsender Rohstoffe wird im Rahmen eines Leuchtturmprojektes vom TFZ unterstützt. Forschung, Wirtschaft und Praxis wirken dabei interdisziplinär zusammen.

Der Transfer der in der Forschung erzielten Erkenntnisse in die praktische Umsetzung war in den letzten 40 Jahren immer schon ein wesentlicher Schwerpunkt der Ar-

beit. Über Fachveröffentlichungen, Merkblätter und Broschüren, über eigene Schriftenreihen, zahlreiche Messeauftritte, Veranstaltungen, Seminare und seit 2003 über eine eigene ständige Ausstellung wurden viele Tausend Interessierte über Bioenergie informiert. Im Rahmen der Maßnahmen des BayStMELF zur Energiewende wurde 2012 das Expertenteam „LandSchafttEnergie“ gegründet, das am TFZ ein neues Sachgebiet bildet und das bayernweit vom TFZ koordiniert wird. LandSchafttEnergie berät und unterstützt mit über 50 zusätzlichen Fachkräften in den bayernweiten Strukturen des BayStMELF die Akteure im ländlichen Raum bei der Umsetzung der Energiewende. In diesem Zusammenhang plant das TFZ derzeit den Neubau eines Informations- und Beratungszentrums für Erneuerbare Energien und Rohstoffe im Ländlichen Raum am Standort Straubing.

Das TFZ und seine Vorgängereinrichtungen haben den Weg von der Ölkrise zur Energiewende fachlich miterlebt und mitgestaltet, blieben in den vergangenen 40 Jahren immer am Boden, ließen sich nicht von schnellen Hypes beeindrucken und konnten doch für die praktische Umsetzung einiges bewegen. Im Jahrhundert der Herausforderungen bei Klimaschutz, Welternährung und Energieversorgung haben wir auch für die nächsten 40 Jahre sicher genug zu tun. Gemeinsam mit unseren Geldgebern und Kooperationspartnern freuen wir uns auf die Zukunft.



Foto: Herbert Stolz

Dr. Bernhard Widmann
Leiter des Technologie- und Förderzentrums im Kompetenzzentrum für
Nachwachsende Rohstoffe (TFZ)

Geschichte des Technologie- und Förderzentrums (TFZ)



Das zum 01.01.2002 offiziell gegründete Technologie- und Förderzentrum im Kompetenzzentrum für Nachwachsende Rohstoffe (TFZ) hat seine Wurzeln in den beiden ehemaligen Landesanstalten für Landtechnik bzw. Bodenkultur und Pflanzenbau sowie im Bayerischen Staatsministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten. Diesem ist das TFZ als eigenständige Institution der angewandten Forschung und der Förderung direkt zugeordnet. In den beiden Landesanstalten wurden seit mehreren Jahrzehnten Forschungsarbeiten zur Bereitstellung und Nutzung von nachwachsenden Rohstoffen durchgeführt. Die „erste Ölkrise“ im Jahre 1973 machte der Gesellschaft deutlich, dass die fossilen Energieträger Erdöl, Kohle und Erdgas nicht unbegrenzt und immer kostengünstig zur Verfügung stehen, sondern endliche Ressourcen darstellen, die zudem zum zusätzlichen Treibhauseffekt beitragen. Gleichzeitig zeigte sich auch die große Abhängigkeit der Staaten mit hohem Energiever-



brauch von jenen Ländern mit großen fossilen Lagerstätten.

Diese Zusammenhänge waren somit der Auslöser für eine Neuausrichtung der Abteilung „Technik in Pflanzenbau und Landschaftspflege“ der damaligen Bayerischen Landesanstalt für Landtechnik (TU München, Freising-Weißenstephan). Der Leiter dieser Abteilung, Dr. Arno Strehler, begann 1973/74 in Bayern mit Forschungsarbeiten zur energetischen Nutzung von Biomasse aus der Land- und Forstwirtschaft. Zug um Zug wurden Versuchseinrichtungen, wie z.B. ein Feuerungsprüfstand aufgebaut und die Abteilung durch zusätzliches Personal erweitert. Forschungsschwerpunkte waren Verfahren für die Bereitstellung und die energetische Nutzung von Holz und Stroh, später von Ethanol und Pflanzenölen. Die Arbeiten wurden überwiegend aus Forschungsmitteln finanziert, die von bayerischen Ministerien, Bundesministerien, der EU sowie von Industriepartnern zur Verfügung gestellt wurden.

Zum 01.01.2000 wurde diese Abteilung in „Technologie Nachwachsender Rohstoffe“ umbenannt. Gleichzeitig war vorgesehen, sie als eine der drei Säulen im geplanten Kompetenzzentrum für Nachwachsende Rohstoffe in Straubing zu etablieren. Hierfür wurde für die seit 1999 laufende Aufbauplanung vor Ort unter der Leitung von Dr. Bernhard Widmann ein Brückenkopf in Straubing eingerichtet.

Zum 01.01.2001 wurde offiziell

das Kompetenzzentrum für Nachwachsende Rohstoffe in Straubing gegründet.

Unabhängig davon wurde im Zuge der Neustrukturierung der landwirtschaftlichen Landesanstalten in Bayern die damalige Landesanstalt für Landtechnik zum 01.01.2002 von der Technischen Universität München dem Bayerischen Staatsministerium für Landwirtschaft und Forsten zugeordnet und zum 01.01.2003 als Institut für Landtechnik, Bauwesen und Umwelttechnik (ILT) ein Teil der neu gegründeten Landesanstalt für Landwirtschaft (LfL) in Freising. Die bereits beschriebene Abteilung „Technologie Nachwachsender Rohstoffe“ wurde noch unter der Leitung von Dr. Arno Strehler nach und nach in das neu gegründete TFZ in Straubing eingegliedert. Die Leitung des dortigen gleichnamigen TFZ-Sachgebiets mit den Aufgabenbereichen „Biogene Festbrennstoffe“ (Dr. Hartmann) sowie „Biogene Kraft-, Schmier- und Verfahrensstoffe“ (Dr. Edgar Remmele) hatte seit 01.01.2002 Dr. Bernhard Widmann inne. Zum 01.01.2003 wurde es von Dr. Hans Hartmann übernommen. Die beiden Aufgabenbereiche wurden zum 01.01.2006 in die Sachgebiete „Biogene Festbrennstoffe“ sowie „Biogene Kraft-, Schmier- und Verfahrensstoffe“ unter der Leitung von Dr. Hans Hartmann bzw. Dr. Edgar Remmele übergeführt.

Am 23.07.2003 wurde das Schulungs- und Ausstellungszentrum für Nachwachsende Rohstoffe in Straubing eröffnet, das über einen

Vortragssaal sowie über zwei Dauerausstellungen zu nachwachsenden Rohstoffen bzw. zu Biomasse-Feuerungsanlagen verfügt.

Für die Technologieforschung wurde der Neubau eines Technikums im Jahr 2005 in Betrieb genommen.

Eine zweite Wurzel des Technologie- und Förderzentrums bildet die ehemalige Bayerische Landesanstalt für Bodenkultur und Pflanzenbau (LBP), ebenfalls in Freising-Weihenstephan. Der dortige Abschnitt PZ 1 „Rohstoff-, Heil- und Gewürzpflanzen“ unter der Leitung von Dr. Wolfram Münzer begann um 1983 mit Forschungsarbeiten zu Züchtung und Anbau von Pflanzen für die Nutzung als nachwachsende Rohstoffe. LOR Grimm leitete ab 1986 das LBP-Sachgebiet PZ 3.4 „Rohstoffpflanzen“. Dabei standen Leistungsfähigkeit sowie spezielle Inhaltsstoffe und Eigenschaften für verschiedenste Anwendungs-

gebiete ebenso im Vordergrund wie die Entwicklung und Optimierung der pflanzenbaulichen Produktionstechnik. Vor allem Pflanzen, die für die stoffliche Nutzung in Frage kommen, wie z.B. Eiweiß- und Stärkepflanzen, aber auch Pflanzen, die überwiegend für die energetische Nutzung vorgesehen sind, wurden bearbeitet.

Nach mehreren internen Umstrukturierungen wurde der damalige Arbeitsbereich PZ 1a „Rohstoffpflanzen, Genquellen“ zum 07.11.2000 zunächst als Abschnitt „Nachwachsende Rohstoffe“ in Straubing neu aufgebaut (Leitung: Dr. Wolfram Münzer) und später in das Kompetenzzentrum für nachwachsende Rohstoffe eingegliedert. Seit der offiziellen Gründung des Technologie- und Förderzentrums (TFZ) zum 01.01.2002 bildet dieser Forschungsschwerpunkt das Sachgebiet „Rohstoffpflanzen und Stoffflüsse“, das von 01.01.2002 bis





Foto: Herbert Stolz

liche Projekte im Rahmen des „Gesamtkonzeptes Nachwachsende Rohstoffe in Bayern“. Mit der Leitung wurde zunächst Dr. Christoph Rappold beauftragt, der vorher im Bayerischen Staatsministerium für Landwirtschaft und Forsten mit dieser Aufgabe befasst war. Seit 01.05.2009 leitet

31.07.2007 von Dr. Helmar Prestele geleitet wurde. Seit 01.08.2007 hat Frau Dr. Maendy Fritz die Sachgebietsleitung inne.

Für die pflanzenbauliche Forschung wurden Forschungs-Gewächshäuser und weitere Gebäude errichtet, die 2010 fertiggestellt wurden.

Projekte im Bereich Nachwachsende Rohstoffe werden in Bayern seit 1989 vom Bayerischen Staatsministerium für Landwirtschaft und Forsten gezielt gefördert. Diese Aufgaben wurden seit 01.07.2001 schrittweise auf das „Förderzentrum Biomasse“ im damaligen Abschnitt „Nachwachsende Rohstoffe“ der LBP verlagert, das zum 01.01.2002 das Sachgebiet „Förderzentrum Biomasse“ wurde. Seit 12.11.2002 ist das „Förderzentrum Biomasse“ im Technologie- und Förderzentrum (TFZ) Bewilligungsstelle für sämt-

Emanuel Schlosser das Förderzentrum Biomasse am TFZ.

Zentrale Aufgaben, wie Beschaffungswesen, EDV, Liegenschaftswesen, Arbeitsschutz etc. wurden im Sachgebiet „LuK und Öffentlichkeitsarbeit“, später „Zentrale Dienste“ unter der Leitung von LD Karl Janker zusammengeführt, der bis 15.07.2011 die Leitung inne hatte. Seit 01.01.2012 ist Anton Putz Leiter des Sachgebiets „Zentrale Dienste“. Neu geschaffen wurde zum 01.05.2012 das Sachgebiet „Expertenteam LandSchafttEnergie“, das Wissenstransfer im Bereich erneuerbare Energien im ländlichen Raum betreibt. Sachgebietsleiter ist seit 01.05.2012 Klaus Reisinger.

Dr. Wolfram Münzer war vom 01.01. bis 31.12.2002 Leiter des TFZ und seit der Gründung des Kompetenzzentrums für Nachwachsende Rohstoffe am 01.01.2001 bis zum

31.12.2002 dessen Sprecher.

Die Leitung des TFZ übernahm zum 01.01.2003 Dr. Bernhard Widmann, der bislang in den Jahren 2003, 2006, 2009 und 2012 auch turnusmäßiger Sprecher des Kompetenzzentrums für Nachwachsende Rohstoffe war.

Das Technologie- und Förderzentrum (TFZ) beschäftigt inzwischen über 80 Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter, die größtenteils aus Forschungsmitteln finanziert werden.



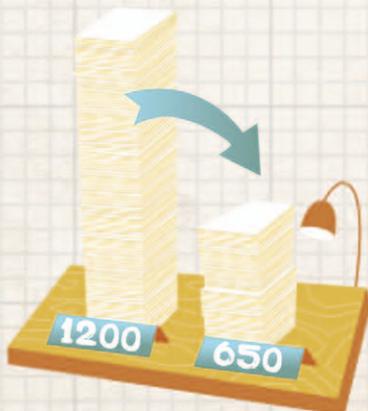


Foto: Herbert Stolz



Foto: Herbert Stolz

10 AUSGEWÄHLTE FAKTEN DER 40JÄHRIGEN BILANZ





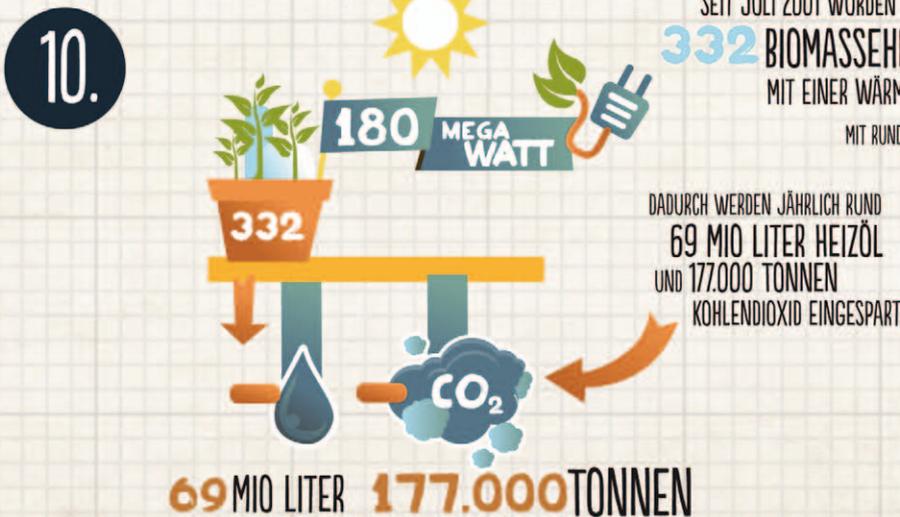
DAVON ALLEIN IN DEN LETZTEN
10 JAHREN RUND **1.800**



9.

195 MITARBEITERN WURDEN SEIT **1973**
ÜBERWIEGEND MIT PROJEKTSTELLEN
EIN ARBEITSPLATZ UND
ENTWICKLUNGSMÖGLICHKEITEN GEBOTEN

SEIT JULI 2001 WURDEN VOM STMELF ÜBER DAS TFZ
332 BIOMASSEHEIZ(KRAFT)WERKE
MIT EINER WÄRMELEISTUNG VON **180** MEGAWATT
MIT RUND **33** MIO EURO GEFÖRDERT:



Sachgebiet Rohstoffpflanzen und Stoffflüsse

Aufgaben und Arbeitsgebiet

Das Sachgebiet Rohstoffpflanzen und Stoffflüsse prüft laufend vielversprechende Pflanzenarten, die unter bayerischen Anbaubedingungen als Rohstoff- oder Energiekulturen angebaut und genutzt werden können. Für neue, aber auch traditionelle Kulturen werden nachhaltige Nutzungspfade für Produkte und Energie zusätzlich zur Verwendung als Nahrung und Futtermittel entwickelt. Durch diese neuen Kulturen soll die Vielfalt der Biodiversität in der Kulturlandschaft, auch durch neu geschaffene bzw. offengehaltene ökologische Nischen, erhöht werden.

Als Vorarbeit für die züchterische Bearbeitung stehen dabei neben der Ertragsleistung und -sicherheit die Qualitätsanforderungen für die weitere Verwendung im Fokus der Versuche. Parallel wird die Produktionstechnik zu den Kulturen optimiert, um durch konkrete Anbauhinweise zur Bestandesführung und Beerntung das Produktionsrisiko zu senken.



Ziel unserer Arbeit ist es, durch umfassende Anbauberatung eine schnelle Umsetzung unserer Erkenntnisse in der Praxis zu ermöglichen, um den nachhaltigen Anbau der Rohstoff- und Energiekulturen in vielfältigen Fruchtfolgen mit weitgehender Schließung von Stoffkreisläufen zu erreichen.

Ausstattung

Erarbeitet werden unsere Ergebnisse in Parzellen- und Gewächshausversuchen, wobei letztere unter streng kontrollierten Bedingungen durchgeführt werden. Dazu betreibt das Sachgebiet ein Forschungsge-

wächshaus mit sechs unabhängig regelbaren Kabinen, in denen Beleuchtung, Temperaturführung, Bewässerung und Düngung vollautomatisch ablaufen.

Für die Parzellenversuche werden im Umkreis von Straubing Flächen entsprechend der jeweiligen Standortanforderungen der Projekte zu-



gepachtet. Insgesamt belegen wir jährlich eine Fläche von über 25 Hektar mit Versuchen.

Der angegliederte Betriebshof mit Werkstatt, Maschinenhalle und Waschhalle dient der Wartung und Vorbereitung unserer technischen Geräte. In separaten Arbeitsräumen wird Saatgut geprüft und für die Aussaat vorbereitet sowie Proben aufbereitet.

Die Maschinenausstattung ist auf spezielle Versuchstechnik im parzellenmaßstab ausgerichtet: u. a.

zwei Pflegeschlepper, Parzellendrillmaschine, selbstfahrender Grüngüternter, selbstfahrender Parzellermähdrescher, reihenunabhängiger Parzellenhäcksler mit automatischer Wiege- und Probenahmeeinrichtung, Parzellendüngerstreuer sowie Parzellengüllefass mit Schleppschräuchen. Ergänzt wird dies durch gewohnte landwirtschaftliche Geräte wie Pflanzenschutzspritze, Säugeräte, diverse Bodenbearbeitungsgeräte und eine Tropfschlauch-Bewässerungsanlage.

Schwerpunkte

Eine wichtige neue Kultur ist Sorghum, dessen Trockentoleranz und Ertragspotenzial eine Anbauetablierung in Bayern besonders im Zuge der Klimaänderung wünschenswert machen. Hierzu führt das TFZ seit 2006 ein umfangreiches Sortenscreening und laufend produktionstechnische Versuche in verschiedenen Projekten durch.

Standortangepasste Energiepflanzenfruchtfolgen sollen die Konzen-



tration auf wenige Kulturen, wie beispielsweise Silomais, verringern und so zum Boden- und Artenschutz in der Kulturlandschaft beitragen. Unsere Schwerpunkte sind dabei Sommerungen, die in äußerst kurzer Zeit Silierreife erreichen sowie die Düngung mittels Gärresten.



In einem zehnjährigen Versuch wird, zusammen mit bayerischen Partnern, die Nachhaltigkeit der Nutzungspfade von Biogas und BtL, sog. „biomass to liquid“ – also die Verflüssigung der Biomasse, geprüft, da diese negative Auswirkungen auf den Humusgehalt und das Bodenleben haben könnten.

Die Dauerkultur Miscanthus wird mittels Langzeiterhebungen an drei Standorten erforscht. Neue Dauerkulturen für die thermische Verwertung wie auch für die Nutzung als Biogassubstrat sind in verschiedenen Versuchen seit 2011 in der Prüfung.

Personal

Im Sachgebiet Rohstoffpflanzen arbeiten im Moment 19 Personen: Leiterin, Technischer Leiter, 6 Wissenschaftler, 10 Versuchstechniker und eine Sekretariatskraft.

Unsere Arbeitsschwerpunkte in Kürze:

- ▶ Welche Pflanzen eignen sich in Bayern zukünftig als Rohstoff- und Energielieferanten?
- ▶ Wie hoch und stabil sind die langfristigen Erträge?
- ▶ Welche Qualitätsanforderungen müssen die neuen Kulturen für eine effiziente Verwertung erfüllen?
- ▶ Wie können diese Kulturen in nachhaltige Fruchtfolgen eingeordnet werden?
- ▶ Welche langfristigen Folgen hat der Anbau dieser Kulturen?
- ▶ Was ist bei der Umsetzung in die Praxis zu beachten?



Biogene Festbrennstoffe

Die Rohstoffe



Ob Holzscheite, Hackschnitzel, Pellets oder Briketts aus Holz oder Halmgut, viele Brennstoffarten stehen zur Verfügung. Zu deren Bereitstellung sind effiziente Versorgungsketten gefragt. Sie sollen die gegebenen Anforderungen für eine saubere und verlustarme thermische Verwertung erfüllen. Im Sachgebiet „Biogene Festbrennstoffe“ werden daher alle technologischen Prozesse von der Pflanze bis zur Schornsteinmündung betrachtet und Optimierungsmaßnahmen entwickelt.

Brennstoffbereitstellung

Das TFZ entwickelt, optimiert und bewertet Bereitstellungsketten und ihre Verfahrenselemente, wie Ernte, Aufbereitung, Lagerung und Umschlag der Brennstoffe. Dabei werden auch die Auswirkungen auf die Brennstoffeigenschaften und die Potenziale einzelner Energieträger betrachtet.

Wirtschaftlichkeit, Energieeffizienz, technische Kriterien und arbeitswirtschaftliche Aspekte sind ebenfalls Teil der Untersuchungen.

Qualitätssicherung

Viele Forschungsaufgaben betreffen die Qualitätsaspekte von Biomasse-Festbrennstoffen. Insbesondere arbeiten wir an der Entwicklung und Verbesserung von Prüfmethoden für physikalisch-mechanische Brennstoffeigenschaften, z. B. durch Begleitforschung zur internationalen Normung.

Energetische Umwandlung und Emissionsminderung

Einen besonderen Schwerpunkt bilden häusliche Zentralheizungen und Einzelraumfeuerungen für Festbrennstoffe. Auf unseren Feuerungsprüfständen für Anlagen bis 500 kW Leistung werden die Zusammenhänge zwischen der Brennstoffqualität und der Anlagenfunktion bzw. den Schadstoffemissionen untersucht. Dabei werden der technische Entwicklungsstand aber auch das Betriebsverhalten und vielfältige Benutzereinflüsse bewertet. Außerdem können Brennstoffanpassungen durch physikalische und chemische Aufbereitungsschritte so quantitativ bewertet werden.

Ein weiteres Augenmerk gilt dabei auch dem Wirkungs- und Nutzungsgrad und dessen Beeinflussung durch Anlagenkonfiguration, Brennstoffe und Nutzerverhalten. Aber auch an der Entwicklung und Normierung von Methoden zur Nutzungsgradbestimmung ist das TFZ



- ▶ Optimierung und Bewertung von Ernte, Aufbereitung und Lagerung der Brennstoffe.
- ▶ Forschung zur Verbesserung und Sicherung der Brennstoffqualität.
- ▶ Prüfung der Zusammenhänge zwischen Brennstoffqualität und Schadstoffemissionen.
- ▶ Verbesserung des Wirkungs- und Nutzungsgrades bei der thermischen Nutzung.
- ▶ Erprobung und Bewertung von sekundären Emissionsminderungsmaßnahmen
- ▶ Entwicklung und Normierung von Methoden für die Beurteilung der Abgasqualität
- ▶ Evaluierung und wirtschaftliche Bewertung von Wärmeerzeugungssystemen

maßgeblich beteiligt.

Die Erkenntnisse werden gezielt zur Weiterentwicklung von Brennstoffen und Feuerungsanlagen aber auch für die Festlegung gesetzlicher oder normungstechnischer Anforderungen genutzt. Mit modernster Emissionsmesstechnik werden wesentliche Abgaskomponenten bestimmt und emittierte Partikel erfasst und charakterisiert. Minderungsmaßnahmen für Schadstoffemissionen stehen dabei im Vordergrund. Hierzu zählen nicht nur brennstoff- und feuerungstechnische, d. h. primäre, sondern auch nachträgliche, d. h. sekundäre Maßnahmen, wie z. B. Staubabscheider oder Katalysatoren.

Ausstattung

Brennstofflabor:

- Prüfung von Heizwert, Aschegehalt, Wassergehalt, Flüchtigengehalt, Abriebfestigkeit von Presslingen, Korngrößenverteilung von Schüttgütern mittels Sieb- und Bildanalyse, Belüftungswiderstand von Schüttgütern, Schüttdichte

Abgasanalyse:

- Vier Gasanalysesysteme: CO, OGC, NO_x, H₂O, O₂, CO₂, CH₄, N₂O, SO₂, NH₄ (FTIR und andere physikalische Verfahren)
- Gesamtstaub (nach VDI 2066 / EN 13284, mit automatischer Isokinetikregelung)
- Staub-Korngrößenverteilung (Impaktor-Trenngrenzen: 1,0, 2,5 und 10 µm)
- Abgastemperaturen

Feuerungsprüfstand:

- 5 Prüfplätze mit verschiedenen Abgassystemen mit Naturzug oder geregelter Unterdruck
- Verschiedene Wärmeleistungsmessstrecken (Wirkungsgradbestimmung, Wärmeleistung)
- Abgasvolumenstrom (Staurohr, Flügelrad- und Vortex-Anemometer)
- Abgasverdünnung (Teilstrom, Vollstrom-Verdünnungstunnel)

Allgemein:

- Klimatisierter Wiegeraum
- Klimaschrank für die Brennstoffkonditionierung

- Stationärer Trommelhacker für die Aufbereitung von Versuchsbrennstoffen
- Diverse Brennstofftrocknungseinrichtungen

Personal

- 9 Wissenschaftler
- 4 Techniker
- 1 Laborantin
- 1 Sekretariatsmitarbeiterin

Gremienarbeit

- Wissenschaftlicher Beirat des Deutschen Biomasse-Forschungszentrums (DBFZ) in Leipzig
- Extended Strategy Board of Bioenergy 2020+, Graz
- International Energy Agency (IEA) - Bioenergy Agreement Task 32 („Combustion“)
- VDI Fachausschuss „Regenerative Energien“ (FaRe)
- Internationaler Normungsausschuss für Feste Brennstoffe (ISO 238, CEN TC335)
- DIN-Normenausschuss NMP 582 „Feste Biobrennstoffe“
- VDI-DIN Normenausschüsse zu Prüfverfahren für Staubabscheider sowie zu Prüfplänen für Messeinrichtungen zur Überwachung von Anlagen im Sinne der 1.BImSchV
- UBA-Arbeitskreis Biogene Brennstoffe in Kleinfeuerungsanlagen

- Reviewer für das Journal of Biomass and Bioenergy
- Editorial Board für die Zeitschrift „Biomass Conversion and Biorefinery“
- HKI-Forschungsnetzwerk
- ZIM-Netzwerk „Holzwärme Plus“



Biogene Kraft-, Schmier- und Verfahrensstoffe



Mineralöl, der Rohstoff zur Erzeugung von Benzin und Dieselkraftstoff, ist endlich, und die Kosten für die Gewinnung steigen stetig an. Rund 20 Prozent der energiebedingten Treibhausgasemissionen in Deutschland entstehen durch die Verbrennung von fossilen Kraftstoffen im Verkehrssektor und somit tragen diese erheblich zur Klimaerwärmung bei.

Das Sachgebiet „Biogene Kraft-, Schmier- und Verfahrensstoffe“ beschäftigt sich mit der Erforschung und Bewertung von klimaschonenden Kraftstoffalternativen. Im Vordergrund stehen dabei technische, aber auch ökonomische, ökologische und ethische Aspekte. Schwer-

punkte bilden Rapsölkraftstoff für pflanzenöлтаugliche Dieselmotoren und Ethanol für Ottomotoren.

Rapsölkraftstoff

Die Forschungsaktivitäten im Bereich Rapsölkraftstoff umfassen die Optimierung der Verfahrenstechnik bei der Ölgewinnung in dezentralen Anlagen bis hin zu den Emissionen



bei der motorischen Verbrennung. Bei der Kraftstoffherstellung stehen Fragen der Qualitätssicherung und Qualitätsverbesserung, zum Beispiel durch Nachbehandlungsverfahren oder durch Zugabe von Additiven im Fokus. Voraussetzung für die Verwendung und Weiterent-



wicklung von Rapsölkraftstoff ist die Qualitätsdefinition durch Standardisierung und Normung, die vom TFZ seit 1996 durch Forschungsarbeiten begleitet wird. Dazu zählen u. a. auch die Entwicklung und Optimierung von Labor-Prüfverfahren.

Der praktische Einsatz von Rapsölkraftstoff in pflanzenölauglichen Motoren wird vor allem bei Blockheizkraftwerken sowie in land- und forstwirtschaftlichen Maschinen untersucht. Parameter wie Leistung, Kraftstoffverbrauch, Betriebssicherheit sowie die Wechselwirkungen des Kraftstoffs mit dem Motorenöl stehen dabei im Mittelpunkt. Darüber hinaus werden sowohl gesetzlich limitierte als auch nicht

limitierte Abgaskomponenten analysiert. Die Minderung gasförmiger und partikulärer Emissionen durch Abgasmachbehandlungssysteme, wie selektive katalytische Reduktionstechnik oder Dieselpartikelfilter stellen dabei eine weitere zentrale Aufgabe dar.

Ethanol

Bioethanol als Kraftstoff für Ottomotoren wird in Europa bisher hauptsächlich aus Getreide und Kartoffeln sowie aus Zuckerrüben erzeugt. Am TFZ wird umfassend untersucht, ob und unter welchen Bedingungen auch aus der neuen Kulturpflanze

Zuckerhirse Ethanol gewonnen werden kann. Die gesamte Verfahrenskette, von Anbau und Ernte, über die Lagerung bzw. Konservierung und Gewinnung des Zuckersaftes, bis hin zur Verwertung der Bagasse, den faserigen Überresten aus der Zuckerproduktion, wird dabei beleuchtet.

Technikumsausstattung

- Traktorenprüfstand zur Erfassung von Leistung, Kraftstoffverbrauch und Emissionen
- Verschiedene Analysesysteme zur Messung gasförmiger Abgasbestandteile (z.B. FTIR, CLD, FID, NDIR)
- Teilstromverdünnungstunnel zur Partikelmassebestimmung von Abgasen
- Blockheizkraftwerk mit Messdatenerfassung für verschiedene Kraftstoffe (Nennleistung 7,5 kW elektrisch, 15 kW thermisch)
- Schneckenpressen für die Verarbeitung von Ölsaaten (Lochseiher-Schneckenpresse, Seiherstab-Schneckenpresse)
- verschiedene Filtrationssysteme zur Fest/Flüssig-Trennung (z. B. Kammerfilterpresse, Beutelfilter, Kerzenfilter für die Pflanzenölaufbereitung)

Laboraausstattung

- Rheometer (Bestimmung von physikalischen Kennwerten von Flüssigkeiten)
- Kalorimeter (Bestimmung des Heiz- und Brennwertes)
- Fuel-Ignition-Tester (Bestimmung der Zündwilligkeit von Kraftstoffen)
- Rancimat (Bestimmung der Oxidationsstabilität von Pflanzenöl und Biodiesel)
- Karl-Fischer Coulometer (Bestimmung des Wassergehalts von Kraftstoffen)
- Titrator (z.B. Bestimmung von Säurezahl, Total Acid Number, Jodzahl)
- Trocken-, Klima- und Tiefkühlschränke bzw. -räume

Personal

- 13 Wissenschaftler
- 4 Techniker
- 1 Laborantin
- 1 Sekretariatsmitarbeiterin



- ▶ Verfahrenstechnische Untersuchungen zur Herstellung, Qualitätsverbesserung und Qualitätssicherung von Rapsölkraftstoff und Ethanol
- ▶ Begleitforschung zur Normung von Rapsölkraftstoff und anderen Pflanzenölkraftstoffen
- ▶ Weiterentwicklung von Prüfmethoden zur Qualitätsbestimmung von Biokraftstoffen
- ▶ Prüfstandsuntersuchungen und Feldtests zum Betriebs- und Emissionsverhalten pflanzenölkrafttauglicher Traktoren und BHKW mit Abgasnachbehandlungssystemen
- ▶ Bewertung verschiedener Kraftstoffalternativen in technischer und ökologischer Hinsicht
- ▶ Entwicklung und Erprobung pflanzlicher Öle für die stoffliche Nutzung (Schmiermittel, Trennmittel, Abdeckmaterialien)

Förderzentrum Biomasse

Förderauftrag

Der Einsatz nachwachsender Rohstoffe zur energetischen und stofflichen Nutzung ist im Vergleich zu fossilen Grundstoffen häufig wirtschaftlich noch nicht konkurrenzfähig.

Daher fördert der Freistaat Bayern nach dem Gesamtkonzept „Nachwachsende Rohstoffe in Bayern“ Projekte zur energetischen und stofflichen Nutzung von Biomasse. Die entsprechenden Förderprogramme werden vom „Förderzentrum Biomasse“ betreut und vollzogen.

Aufgaben und Tätigkeiten

Die Bearbeitung und Bewilligung der eingereichten Förderanträge sowie die Auszahlung der beantragten Zuschüsse zählen zu den Kernaufgaben des „Förderzentrums Biomasse“. Die Beratung und Information in Förderfragen zu nachwachsenden Rohstoffen ist eine weitere begleitende Dienstleistung.

Zur Unterstützung von neuen Entwicklungen sind die Fördermaßnahmen einem kontinuierlichen Anpassungs- und Weiterentwick-

lungsprozess unterworfen. Das „Förderzentrum Biomasse“ arbeitet an der Neukonzeption von Förderprogrammen mit und erstellt die zur Antragstellung notwendigen Formulare, Merkblätter und Checklisten.

Mit der Vor-Ort-Kontrolle der Förderauflagen bei Biomasseheiz(kraft)werken wird die zweckgebundene und richtlinienkonforme Verwendung der ausgereichten Fördermittel sichergestellt.

Fördermöglichkeiten

Einen Schwerpunkt bildet die Förderung von Biomasseheizwerken. Hier ist in den letzten Jahren vor allem bei Kommunen und anderen öffentlichen Einrichtungen die Bereitschaft zum Umstieg auf Biomasse als Energieträger spürbar gewachsen.

Mittlerweile wird ganz Bayern von einem Netz an Biomasseheizwerken überspannt.

Mit den bisher realisierten Projekten werden jährlich mehr als 69 Mio. Liter Heizöl eingespart. Dies stellt einen deutlichen Beitrag zur Verringerung der Treibhausgase dar und

ist ein wichtiger Schritt in Richtung nachhaltiger Klimaschutz.

Die Förderung von Investitionsvorhaben mit Demonstrationscharakter zur Gewinnung von Wärme und Strom aus Biomasse soll eine Vorbildfunktion haben. Ein großes Ziel ist dabei die schnelle Praxisumsetzung. Mit der Förderung von Forschungs- und Entwicklungsvorhaben im Bereich der stofflichen und energetischen Nutzung von Biomasse sollen neue Verwertungspfade erschlossen werden.

Alles aus einer Hand

Von der Erstellung der Antragsformulare bis hin zum Förderbescheid und der Mittelauszahlung übernehmen wir sämtliche Aufgaben, die

bei der Beantragung der staatlichen Fördermittel anfallen.

Bei der Beratung und Information zu Förderfragen stehen wir Ihnen selbstverständlich zur Seite. Von uns erstellte Checklisten und Merkblätter unterstützen Sie bei Ihren Anliegen.

In öffentlichen Vorträgen und Seminaren stellen wir die aktuellen Fördermöglichkeiten vor.

Personal

Im Sachgebiet Förderzentrum Biomasse arbeiten derzeit 5 Personen: Leiter, zwei Sachbearbeiter, zwei Teilzeitkräfte im Sekretariat und Verwaltung



Expertenteam „Energiewende im ländlichen Raum“ – LandSchafttEnergie

Die Energieerzeugung der Zukunft, sei es mittels Biomasse, Windkraft oder Photovoltaik, findet überwiegend im ländlichen Raum und auf den Flächen der Landwirte und Waldbesitzer statt. Dabei werden eigene Flächen beansprucht und durch die Nutzungsänderungen auch das Landschaftsbild beeinflusst – Veränderungen im ländlichen Raum, die mit der Energiewende einhergehen. Die Energiewende birgt aber auch die Chance, Wertschöpfung und Arbeitsplätze im ländlichen Raum zu erhalten oder zu generieren und eine eigenverantwortliche Gestaltung der Energieversorgung zu schaffen.

Um die Energiewende im ländlichen Raum schneller voranzubringen, hat das Bayerische Staatsministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten (StMELF), zunächst für zwei Jahre befristet, das Informations- und Beratungsangebot in seinem Zuständigkeitsbereich gezielt gestärkt, um eine landesweit flächendeckende, neutrale Fachberatung für Landwirte, Kommunen und Investoren anbieten zu können. Hierzu wurden im Expertenteam



LandSchafttEnergie

Abbildung 1: Das Logo des Expertenteams und Beraternetzwerks Land-SchafttEnergie

„LandSchafttEnergie“ die bereits vorhandenen Kräfte für Beratung, Begleitung und Wissenschaft gebündelt und durch zusätzliches Personal gezielt verstärkt.

Dabei ist die Initiative schwerpunktmäßig auf Investitionen im Bereich Bioenergie sowie auf Fragen der Landnutzung ausgerichtet. Zudem sollen Möglichkeiten zur Energieeinsparung im landwirtschaftlichen Bereich ausgelotet werden.

Der Geschäftsbereich des StMELF verfügt über beste Voraussetzungen, einen wesentlichen Beitrag zum Gelingen der Energiewende zu leisten. Durch die Kombination

Der direkte Draht zum Expertenteam: www.landschafttnergie.bayern.de.

TFZ umfasst das Beratungsspektrum hierbei die Themen Rohstoffpflanzen, biogene Festbrennstoffe, biogene Kraftstoffe sowie als zu-



Abbildung 4: Das Koordinations- und Expertenteam LandSchafttEnergie am TFZ

Das Technologie- und Förderzentrum (TFZ) unterstützt das Bayerische Staatsministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten (StMELF) in der Koordination aller Projektpartner, fungiert als zentrale Anlaufstelle und forciert die Öffentlichkeitsarbeit. Zudem unterstützt das TFZ bei speziellen Beratungsanfragen die Akteure vor Ort. Analog zu den Forschungssachgebieten des

sätzlichen Aspekt den Bereich der ganzheitlichen, integrierten Energieversorgungssysteme und Fragen zu Akzeptanz und Ethik.

BIOGAS VERSORGUNGSSICHERHEIT
ENERGIE INNOVATIV KLIMASCHUTZ
SCHEITHOLZ AUFBRUCH BAYERN
ENERGIEDORF LÄNDLICHER RAUM
MOBILITÄT WIRTSCHAFTSKRAFT
BÜRGERGENOSSENSCHAFT BIOMASSE
ENERGIESPEICHER NAHWÄRMENETZ
PHOTOVOLTAIK ENERGIESPAREN
WASSERKRAFT ENERGIESYSTEME
ENERGIEPFLANZEN ENERGIECHECK
KRAFTWÄRMEKOPPLUNG BIOGAS
BIOGENE FESTBRENNSTOFFE BHKW
WINDKRAFT EINSPEISEVERGÜTUNG
ENERGIEEFFIZIENZ SOLARTHERMIE
ENERGIEEINSPARUNG GEOTHERMIE
BAYERNPLAN LANDSCHAFTENERGIE
WINDATLAS FESTE BRENNSTOFFE
ENERGIESPEICHER BIOGASANLAGE
WÄRMENUTZUNG BIOKRAFTSTOFFE
RESSOURCEN SPAREN VERNETZUNG

Wissenstransfer

Schulungs- und Ausstellungszentrum: SAZ

Das gemeinsam mit dem Wissenschaftszentrum Straubing und C.A.R.M.E.N. e. V. geführte Schulungs- und Ausstellungszentrum befindet sich unmittelbar neben dem Hauptgebäude des TFZ und dient dem Wissenstransfer und der Schulung im Bereich der Nachwachsenden Rohstoffe. Der mit neuester Medientechnik ausgestattete Vortragssaal des SAZ bietet Raum für bis zu 200 Personen.



„Nachwachsende Rohstoffe - von der Pflanze zur Nutzung“

Diese Dauerausstellung bietet auf einer Fläche von 300 m² einen Einblick in die Welt der Nachwachsenden Rohstoffe. Sie schlägt dabei einen Bogen von der Problematik des Klimawandels über neue Energiepflanzen, Holz als Brenn- und Baustoff, Erzeugung und Verwendung von Pflanzenölen als Kraftstoff bis hin zu den vielfältigen stofflichen Anwendungsmöglichkeiten.



„Wärmegewinnung aus Biomasse“ mit Ausstellung „Biomasseheizung“

Die regelmäßige Veranstaltung besteht aus einem Fachvortrag mit dem Schwerpunkt Holzenergie und einer Führung durch die Dauer Ausstellung „Biomasseheizung“. Mit mehr als 100 Heizkesseln für Scheitholz, Hackschnitzel und Pellets ist diese Ausstellung einzigartig in Bayern und eine wichtige und unabhängige Informationsgrundlage für Ihre Planungen.



Messen und öffentliche Veranstaltungen

Am jährlich stattfindenden Tag der offenen Tür haben Sie die Gelegenheit, die Arbeit des TFZ und des gesamten Kompetenzzentrums direkt vor Ort zu erleben.

Das Technologie- und Förderzentrum ist auch regelmäßiger Aussteller auf mehreren renommierten Fachmessen und öffentlichen Veranstaltungen im In- und Ausland.

- ▶ Aktuellste Informationen rund um das TFZ.
- ▶ Merkblätter, Preistabellen, Kalkulationshilfen, Pressemitteilungen und viele weitere nützliche Dokumente.
- ▶ Nahezu alle Informationen aus den Veröffentlichungsreihen.
- ▶ „Berichte aus dem TFZ“ und „TFZ-Kompakt“ zum kostenlosen Download.
- ▶ Informationen zu öffentlichen Auftritten im Online-Veranstaltungskalender.

Fachpublikationen und Informationsmaterial

Das Technologie- und Förderzentrum veröffentlicht die erarbeiteten Erkenntnisse aus der Forschung in aufbereiteter Form für Wissenschaftler und Praktiker.

Die Art der Veröffentlichung reicht dabei von wissenschaftlichen Fachpublikationen über die Schriftenreihen „Berichte aus dem TFZ“ und „TFZ-Kompakt“, bis hin zu aufbereiteten Merkblättern als Hilfestellung für die praktische Anwendung.

Nachwachsende Rohstoffe - mit gutem Beispiel voran

Am TFZ erforschen wir nicht nur die Technik und die Anwendung ökologisch nachhaltiger Brenn- und Kraftstoffe wir nutzen sie auch im alltäglichen Betrieb.



Biomasseheizwerk

Um mit gutem Beispiel voranzugehen, wurde am TFZ eine umweltfreundliche Beheizung mit Biomasse auf der Basis von Hackschnitzeln realisiert. Auf fossile Brennstoffe kann damit völlig verzichtet werden.

Die Wärmeleistung der aus zwei Kesseln bestehenden Anlage beträgt 1,3 Megawatt und ist für ca. 2.500 Megawattstunden Jahreswärmeleistung ausgelegt. Mit dieser Biomasseheizung wird das gesamte

Areal des Kompetenzzentrums beheizt.

Das Hackschnitzellager hat ein Volumen von ca. 140 m³. Diese Brennstoffmenge reicht für ca. eine Woche. Während einer Heizperiode werden bei dieser Wärmeleistung ca. 1.000



Tonnen bzw. 4.000 m³ Hackschnitzel benötigt. Gegenüber der Beheizung mit fossilen Brennstoffen wird damit der Ausstoß von ca. 750 Tonnen CO₂ vermieden.

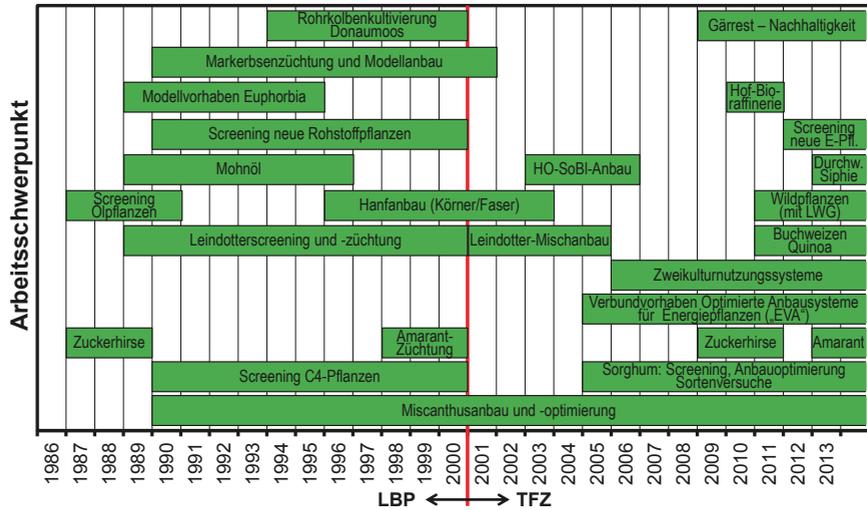
Als weitere Klimaschutzmaßnahme und zur Verbesserung der Wirtschaftlichkeit plant das TFZ, im Rahmen der vorhandenen Kapazität Wärme in das benachbarte Nahwärmenetz einzuspeisen. Damit werden Liegenschaften in der Umgebung mit beheizt. Im Gegenzug dazu bezieht das TFZ in Zeiten mit geringem Heizbedarf Wärme aus diesem Netz.

Fuhrpark

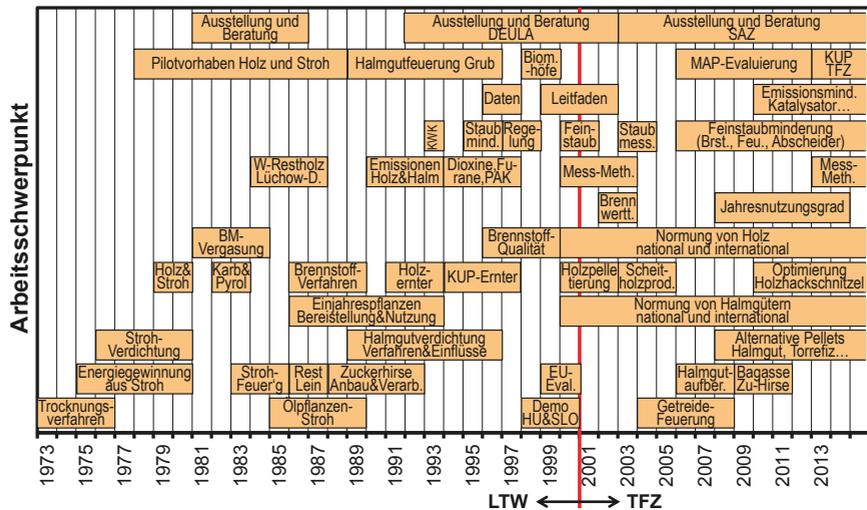
Das Technologie- und Förderzentrum setzt in seinem Fuhrpark überwiegend Biokraftstoffe (Rapsölkraftstoff, Biodiesel und Bioethanol) ein. Da bei jedem verbrauchten Liter Biokraftstoff der Ausstoß von bis zu 1,9 kg CO₂ vermieden wird, werden durch den Fuhrpark des TFZ jährlich mehr als 10 t CO₂ im Vergleich zum Betrieb mit fossilen Kraftstoffen eingespart.



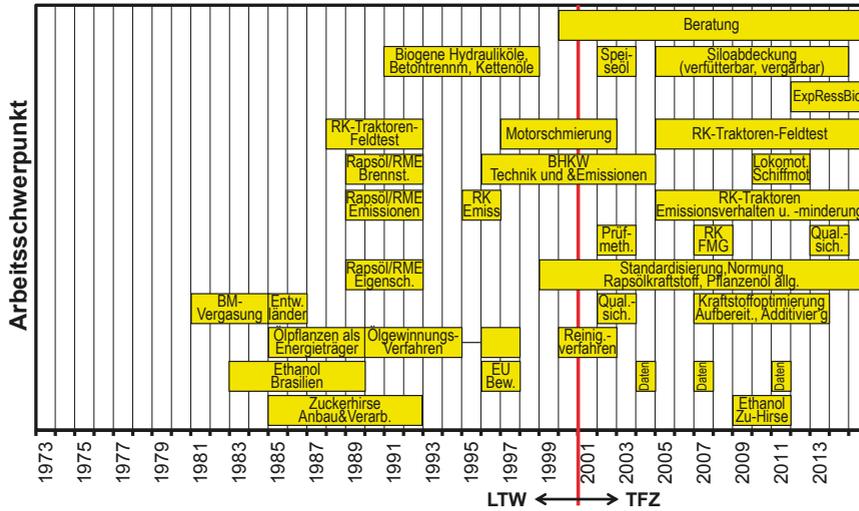
40 Jahre - eine Bilanz



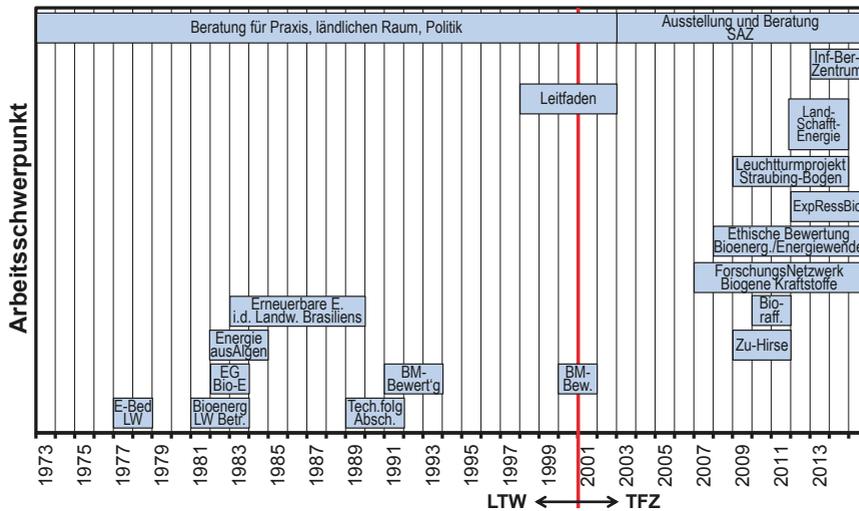
Forschungs- und Beratungsschwerpunkte im Rohstoff- und Energiepflanzenbau LBP ab 1986 und TFZ (Auswahl)



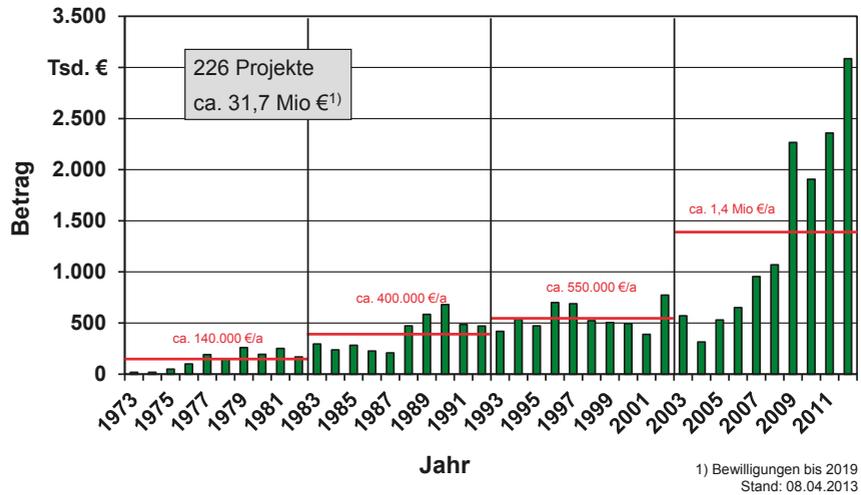
Forschungs- und Beratungsschwerpunkte Biogene Festbrennstoffe LTW ab 1974 und TFZ (Auswahl)



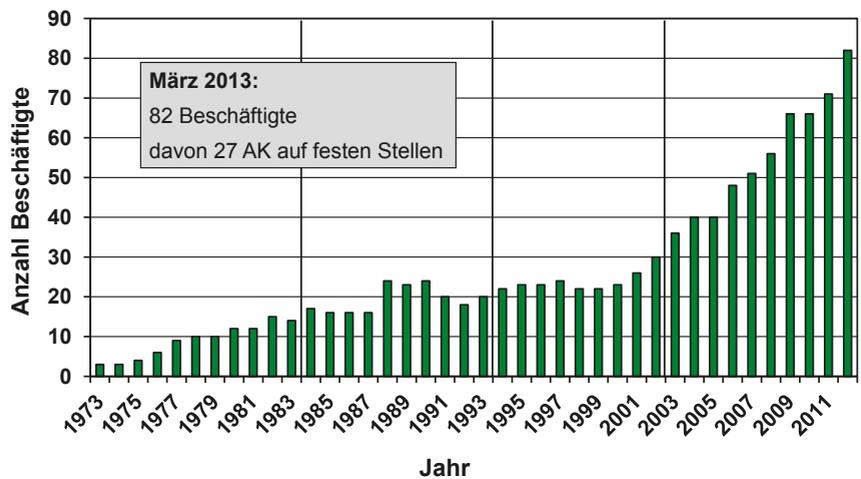
Forschungs- und Beratungsschwerpunkte Biogene Kraft-, Schmier- u. Verfahrensstoffe – LTW ab 1981 und TFZ (Auswahl)



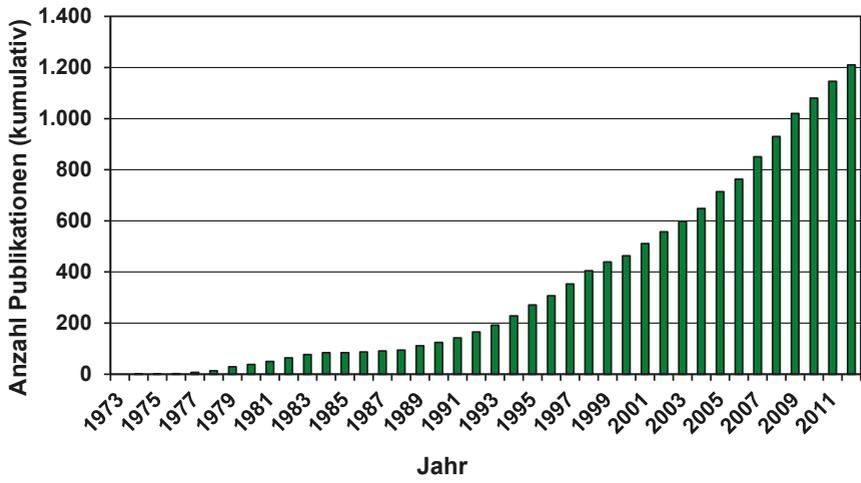
Forschungs- und Beratungsschwerpunkte übergreifend LTW ab 1977 und TFZ (Auswahl)



Forschungsmittel am TFZ (inkl. Vorgängereinrichtungen) durchschnittliche Jahressummen 1973 bis 2012



Entwicklung der Beschäftigten im Bereich Bioenergie/NWR an LTW+LBP sowie am TFZ im Zeitraum von 1973 bis 2012



Kumulative Entwicklung der Anzahl der Publikationen im Bereich Bioenergie/NWR im Zeitraum von 1973 bis 2012

TFZ-Gremienarbeit

Anzahl der Vorträge von TFZ-Mitarbeitern im Zeitraum
2009 bis 2012

Name	Gremium	zutreffend für			
		2009	2010	2011	2012
Thuneke	Mitglied in der KTBL-Arbeitsgruppe „Pflanzenöl als Kraftstoff in landwirtschaftlichen Maschinen“	x			
Thuneke	Mitglied in der Projekt-Arbeitsgruppe „Effizienzsteigerung durch Modellkonfiguration in BHKW-Anlagen“ durchgeführt von der Hochschule Amberg-Weiden im Auftrag vom Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung (BBSR)		x	x	x
Thuneke	Reviewer für das CIGR Journal	x	x	x	x
Hartmann	Wissenschaftlicher Beirat des Deutschen Biomasse-Forschungszentrums (DBFZ) in Leipzig	x	x	x	x
Hartmann	International Energy Agency (IEA) - Bioenergy Agreement Task 32 („Combustion“)	x	x	x	x
Hartmann	Extended Strategy Board of Bioenergy 2020+, Graz/Austria	x	x	x	x
Hartmann	VDI Fachausschuss „Regenerative Energien“ (FaRe)	x	x	x	x
Hartmann	Europäischer Normungsausschuss für Feste Brennstoffe (CEN TC335)	x	x	x	x

Name	Gremium	zutreffend für			
		2009	2010	2011	2012
Hartmann	Internationaler Normungsausschuss für Feste Brennstoffe (ISO 238)			x	x
Hartmann	DIN-Normenausschuss NMP 582 „Feste Biobrennstoffe“	x	x	x	x
Hartmann	VDI-DIN 33999-Normenausschuss „Kleine und mittlere Feuerungsanlagen – Prüfverfahren zur Ermittlung der Abscheidewirkung von nachrüstbaren und nachgeschalteten Einrichtungen zur Staubminderung“			x	x
Hartmann	VDI Normenausschuss „Mindestanforderungen und Prüfpläne für Messeinrichtungen zur Überwachung von Anlagen im Sinne der 1.BImSchV“	x	x	x	x
Hartmann	Ad-hoc Arbeitskreis „Biogene Brennstoffe in Kleinfeuerungsanlagen“ beim Umweltbundesamt			x	x
Hartmann	Programmausschuss Stuttgarter Pelletforum			x	
Hartmann	Reviewer für Journal of Biomass and Bioenergy			x	
Hartmann	Editorial Board für Biomass Conversion and Bio-refinery			x	x
Hartmann	Projektbeirat zum BMU Forschungsvorhaben „Feinstaubemissionen aus biomassebefeuerten Kleinfeuerungsanlagen“		x	x	
Hartmann	Forschungsnetzwerk des Industrieverband Haus-Heiz- und Küchentechnik (HKI)		x	x	x
Hartmann	KTBL Arbeitsgemeinschaft Energie“ (ArgeEn)	x			
Turowski	ZIM-Netzwerk Holzwärme Plus			x	x
Turowski	Arbeitskreis Holzvergasung Bayern Innovativ		x	x	x

Name	Gremium	zutreffend für			
		2009	2010	2011	2012
Dietrich, ForNeBiK	Mitglied in der KTBL-Arbeitsgruppe „Energie“	x			
Dietrich, ForNeBiK	Mitglied im OTTI-Beirat	x	x		
Dietrich, ForNeBiK	Mitarbeit im Veranstaltungsprogramm der Alfred Toepfer Akademie für Naturschutz (NNA)		x		
Konrad, ForNeBiK	Mitglied bei der FNR			x	x
Konrad, ForNeBiK	Mitglied im Expertenforum zum Karlsruher bio-liq-Verfahren				x
Kuptz	Mitglied im ZIM-Netzwerk Holzwärme Plus (BBE)				x
Kuptz	Mitglied im Arbeitskreis Holzhackschnitzel (BBE)				x
Fritz	Mitglied in Arbeitsgruppe „Substratproduktion“ des Biogas Forum Bayern	x	x	x	x
Fritz	Mitglied im Internationalen Verein für Miscanthus und mehrjährige Energiegräser e.V. (MEG e.V.)	x	x	x	x
Deiglmayr	Mitglied in Arbeitsgruppe „Substratproduktion“ des Biogas Forum Bayern	x	x	x	
Reisinger	Mitglied im Projektbeirat „Die Energiewende im ländlichen Raum wertorientiert kommunizieren“				x
Remmele	Wissenschaftlicher Beirat des Bundesverbands Dezentraler Ölmühlen und Pflanzenöltechnik e.V.	x	x	x	x

Name	Gremium	zutreffend für			
		2009	2010	2011	2012
Remmele	Mitglied der Fachkommission „Biokraftstoffe und Nachwachsende Rohstoffe“ der Union zur Förderung von Oel- und Proteinpflanzen e.V.	x	x	x	x
Remmele	Mitglied im Prüfungsausschuss zur Abnahme der Fortbildungsprüfung zum Fachagrarwirt/zur Fachagrarwirtin Erneuerbare Energien - Biomasse	x	x	x	x
Remmele	Obmann des Normungsausschusses NA 062 06 32 02 UA „Rapsölkraftstoff“ im Deutschen Institut für Normung e.V.	x	x	x	x
Remmele	Mitglied im ZIM-Netzwerk Agrarantrieb				x
Thuneke	Mitglied im ZIM-Netzwerk Regioethanol			x	x
Widmann	Mitglied im Fachbeirat der Messe München GmbH für die oils + fats	x	x	x	x
Widmann	Mitglied im Landwirtschaftsbeirat der Versicherungskammer Bayern	x	x	x	x
Widmann	Mitglied in der Arbeitsgemeinschaft Energie im Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft (KTBL)	x	x	x	x
Widmann	Mitglied im Wissenschaftlichen Beirat des Instituts Technik-Theologie-Naturwissenschaften (TTN)	x	x	x	x
Widmann	Mitglied im Programmbeirat beim Ostbayerischen Technologie-Transfer-Institut (OTTI) für das jährliche Symposium Bioenergie	x	x	x	

Dissertationen, Diplomarbeiten, Masterarbeiten, Bachelorarbeiten, Studienarbeiten

durchgeführt/betreut am TFZ und seinen Vorgängereinrichtungen

Dissertationen		
Strehler, Dr. Arno	Die Trocknungslufttemperatur bei der Körnermais-Trocknung in ihrer Auswirkung auf Trocknungstechnik, Futterqualität und Kosten	1974
Richter, Dr. Wolfgang	Notwendige Leistung von GrünfütterheiBlufttrockner in Abhängigkeit wichtiger Einflussgrößen	1976
Hofstetter, Dr. Eugen Maria	Feuerungstechnische Kenngrößen von Getreidestroh	1978
Schäfer, Dr. Rupert	Technische und ökonomische Beurteilung des Biogasverfahrens in Betrieben der tierischen Produktion anhand von statistischen und dynamischen Modellen	1982
Heins, Dr. Fritz	Brennstoffverbrauch in landwirtschaftlichen Wohnhäusern Bayerns und Möglichkeiten der Wärmebedarfsdeckung durch Holz und Stroh	1983
Schulze-Lammers, Dr. Peter	Kenngrößen der thermischen Gegenstromvergasung von Weizenstroh u. ausgewählten Holzbrennstoffen	1984

Dissertationen		
Hellwig, Dr. Manfred	Zum Abbrand von Holzbrennstoffen unter besonderer Berücksichtigung der zeitlichen Abläufe	1988
Apfelbeck, Dr. Rudolf	Raps als Energiepflanze	1989
Bludau, Dr. Dirk	Verfahrenstechnische Voraussetzungen zur Ernte der Zuckerhirse als Energiepflanze	1994
Widmann, Dr. Bernhard	Verfahrenstechnische Maßnahmen zur Minderung des Phosphorgehaltes von Rapsöl bei der Gewinnung in dezentralen Anlagen	1994
Volckens, Dr. Klaus Volker	Zur Notwendigkeit der Emissionsreduktion von CO ₂ und deren Auswirkung auf Verfahrens- und Energietechnische Möglichkeiten zur Erschließung der Potentiale von Energieeinsparung und regenerativen Energieträgern	2000
Remmele, Dr. Edgar	Standardisierung von Rapsöl als Kraftstoff – Untersuchungen zu Kenngrößen, Prüfverfahren und Grenzwerten	2002
Launhardt, Dr. Thomas	Umweltrelevante Einflüsse bei der thermischen Nutzung fester Biomasse in Kleinanlagen – Schadstoffemissionen, Aschequalität und Wirkungsgrad	2002
Böhm, Dr. Thorsten	Verfahren zur Bestimmung physikalischer Qualitätsmerkmale und des Wassergehaltes biogener Festbrennstoffe	2006
Höldrich, Dr. Alexander	Bewertung von Scheitholzproduktionsverfahren unter arbeitswissenschaftlichen, energetischen und ökonomischen Aspekten	2007
Thuncke, Dr. Klaus	Untersuchungen zu Abgasemissionen und zum Einsatz von Partikelfiltersystemen bei rapsölbetriebenen Blockheizkraftwerken	2009

Dissertationen		
Hinterreiter, Dr. Stefan	Bestimmung und Einflussgrößen der Brückenbildung bei der Lagerentnahme von biogenen Festbrennstoffen	2010
Jensen, Dr. Peter Daugbjerg	Rapid moisture determination methods for solid biofuels	2007

Diplomarbeiten		
Mehler, K.	Ökonomik der Strohbergung	1975
Schulze-Lammers, Peter	Untersuchung von verschiedenen Verfahren zur Kostenfrüherkennung von Baugruppen in der Einzelanfertigung	1979
Saller, Michael	Planung und Entwurf einer Getreidetrocknungsanlage mit automatisch arbeitender Holzfeuerung in einem Landwirtschaftlichen Betrieb	1980
Träder, Klaus	Konstruktive Eingliederung einer Strohfeuerungsanlage in einen landwirtschaftlichen Betrieb (Brennerei)	1980
Apfelbeck, Rudolf	Arbeitszeitbedarf und Kosten verschiedener Verfahren der Bergung von Waldrestholz zur Energiegewinnung	1983
Ritter, Josef	Einplanung einer Getreidelagerungsanlage in einen bestehenden landwirtschaftlichen Betrieb - technische und betriebswirtschaftliche Betrachtung	1983
Stütze, Wolfgang	Die Gegenstromvergasung als Fallbeispiel für die ökonomische Beurteilung der Krafterzeugung aus pflanzlichen Reststoffen	1984
Bludau, Dirk	Landwirtschaftliche Kenndaten und angepasste Produktionstechnik der Zuckerhirse als Energiepflanze in der Bundesrepublik Deutschland	1987

Diplomarbeiten		
Widmann, Bernhard	Gewinnung und Reinigung von Rapsöl - Untersuchungen an einer Kleinanlage	1988
Brache, Christian	Verwendungsmöglichkeiten und Absatzpotential von Rapsöl sowie die Wirtschaftlichkeit der Eigenerzeugung von Rapsöl in einer Kleinanlage	1989
Turowski, Peter	Untersuchungen zur mechanischen Saftgewinnung aus Zuckerhirse	1991
Leimgruber, Anton	Neue Verwendungsmöglichkeiten von Pflanzenölen im chemisch-technischen Bereich - Marktanalyse und Potentialabschätzung für die Bundesrepublik Deutschland	1992
Wintzer, Wolfgang	Untersuchungen zu Verbrennungseigenschaften von jährlich erntbarer Biomasse, sowie deren Emissionsverhalten in einer speziellen Feuerungsanlage mit automatischer Brennstoffzuführung	1992
Oberhauser, Karl-Friedrich	Ökonomische Bewertung der Wärmeenergiebereitstellung aus landwirtschaftlich erzeugten Festbrennstoffen für automatisch beschickte Feuerungsanlagen	1993
Bertrams, Jörg	Rechtsfragen bei Erzeugung, Logistik und Anwendung von Rapsöl und auf Rapsöl basierenden Produkten in der Technik	1994
Reitberger, Franz	Gewinnung von kaltgepressten Speiseölen in dezentralen Anlagen - Qualitätsmerkmale, lebensmittelrechtliche Anforderungen, Marktanalyse sowie die alternative Verwendung im Bereich „Nachwachsende Rohstoffe“	1994
Weidemann, Carsten	Untersuchungen zur technischen Tauglichkeit von kaltgepresstem unadditiviertem Rapsöl als Verlustschmierstoff für Kettensägen	1994
Krausenboeck, Bernhard	Erfassung der Zusammenhänge von Lagerungs- und Trocknungstechniken von Holzhackgut als Brennstoff	1995

Diplomarbeiten		
Thuncke, Klaus	Ernteverfahren für Kurzumtriebsplantagen zur Energieholzgewinnung - Felderprobung und Modellbetrachtung	1995
Matern, Andreas	Einflüsse auf qualitätsbestimmende Eigenschaften von Holzbrennstoffen	1996
Mayr, Florian	Untersuchungen an einer dezentralen Pflanzenölgewinnungsanlage - verfahrenstechnische Kenngrößen, Qualitätskriterien und Absatzmöglichkeiten im Kommunalbereich	1996
Peschel, Eckehard	Untersuchungen zu Partikelemissionen bei der Verbrennung von biogenen Festbrennstoffen in einer Kleinfeuerungsanlage	1997
Schmid, Herbert	Technische Möglichkeiten und umweltrelevante Auswirkungen von Kombinationen zwischen Holz- und Gasfeuerungsanlagen	1997
Schwung, Jürgen	Untersuchungen zur Emissionsentwicklung von organischen und anorganischen Chlorverbindungen bei der Verbrennung von biogenen Festbrennstoffen in einer Kleinfeuerungsanlage	1997
Attenberger, Günter	Statistische Erhebung der dezentralen Ölsaatenverarbeitung in Bayern	1998
Böhm, Thorsten	Chemisch-stoffliche Qualitätsmerkmale biogener Festbrennstoffe - Ursachen und Einflußmöglichkeiten anhand ausgewählter Energieträger -	1998
Kuckuck, Torsten	„Betriebsverhalten ausgewählter Pflanzenöl-Blockheizkraftwerke“	1999
Bock, Michael	Teilchengrößenverteilung und Schüttdichte von Holzbrennstoffen - Bestimmungsmethoden und Verfahrensvergleich	2001
Kühl, Rudolf	Ein Methodenvergleich zur Rohdichtebestimmung von Pellets	2001

Diplomarbeiten		
Kráske, Peter	Gesamtverschmutzung und Partikelgrößenverteilung in kaltgepresstem, ungereinigtem Rapsöl in Abhängigkeit vom Ölgewinnungsprozess	2002
Bemmann, A.	Die energetische Nutzung von Holz in Deutschland und Finnland – Vergleich und Bewertung	2003
Döbl, Florian	Wirtschaftlichkeit und Potenziale von Bioethanol und ETBE (Ethyl-Tertiär-Butyl-Ether) im Kraftstoffsektor	2003
König, Andreas	Bestimmung der Abriebfestigkeit von Biomassepresslingen – Messverfahren und Einflussgrößen	2003
Dietl, Georg	Einfluss der Rapsorte und der Rapsqualität auf Eigenschaften von Rapsölkraftstoff	2004
Gropp, Arnold	Prüfung der Eignung von Sicherheitsfltern für dezentrale Ölgewinnungsanlagen	2004
Miller, Christoph	Ökonomische Betrachtung der Umrüstung von Traktoren auf den Betrieb mit Rapsölkraftstoff	2004
Emberger, Peter	Technische Umsetzung eines regionalen Energie- und Wirtschaftskonzeptes auf Basis biogener Flüssigkraftstoffe	2005
Lipp, Katharina	„Pflanzenbauliche und ökologische Bewertung des Misanbaus mit Leindotter in Niederbayern - Ergebnisse aus Anbauversuchen 2003-2005 - „	2006
Meierhofer, Thorsten	Untersuchungen zur Eignung verschiedener Pflanzenöle als Kraftstoff in pflanzenöl-tauglichen BHKW	2006
Praznik, Gregor	Adaption der Konstruktion eines Pflanzenölkochers an die Erfordernisse in Entwicklungsländern am Beispiel Philippinen und Tansania	2006
Schulz, Peter	Anbau von Miscanthus sowie Umsetzung und Wirtschaftlichkeit der Verwertung in Hackschnitzelanlagen (Kleinfeuerungsanlagen)	2006
Uhl, Anne	Aspekte und Prozess der dezentralen Rapsölerzeugung	2007

Diplomarbeiten		
Nothaft, C.	Wirtschaftliche und technische Bestandsaufnahme und Marktentwicklung im Bereich der häuslichen Holzheizungen	2008
Stangl, Daniel	Zuckersaftgewinnung aus Zuckerhirse	2009
Edbauer, Tanja	Vergleich der Wirtschaftlichkeit verschiedener Siloabdeckverfahren	2010
Hofeneder, Maria Theresa	Eigenschaften und Eignung von Triethylcitrat und Tributylcitrat als Kraftstoff	2012

Masterarbeiten		
Schreiber, Katja	Einfluss der Zündwilligkeitsverbesserer 2-Ethylhexylnitrat und Di-Tertiär-Butylperoxid auf Leistung, Kraftstoffverbrauch und Emissionsverhalten eines Traktors im Betrieb mit Rapsölkraftstoff	2010
Gassner, Thomas	„Leistung, Kraftstoffverbrauch und Emissionen eines pflanzenöлтаuglichen Schleppers im Betrieb mit Rapsölkraftstoff, Sonnenblumenöl, Sojaöl und Dieselkraftstoff“	2011
Huber, Georg	„Emissions- und Betriebsverhalten eines Blockheizkraftwerks beim Einsatz biogener Kraftstoffe Aufbau eines BHKW-Versuchsstandes und Messungen“	2012
Riepl, Carolin	Politische Entscheidungsfindung am Beispiel der deutschen Biokraftstoffpolitik. Eine Rent-Seeking-Analyse des Gesetzgebungsprozesses zu § 2a Mineralölsteuergesetz	2013

Bachelorarbeiten		
Baumer, Reinhard	Anforderungen an die qualitätserhaltende Abdeckung für Zuckerrübenmieten und Einordnung eines neuartigen Verfahrens auf Basis nachwachsender Rohstoffe	2012

Studienarbeiten		
Schenk, Sandra	Aufbau einer Meßeinrichtung zur fraktionierten Staubmessung im Abgas von Biomassefeuerungen	1996
Decker, Thomas	Bestandsaufnahme zu Einbau- und Betriebsbedingungen sowie Ursachen für Emissionsgrenzwertüberschreitungen bei häuslichen Holz-Zentralheizungen	2003
Braun, Susanne	Scheite am Fließband: Brennholzproduktion	2004

Projekte TFZ und Vorgängereinrichtungen ab ca. 1970

Lfd. Nr.	Projekttitel	Geldgeber	Laufzeit		
1	Projekte zu Verfahren für die Körnermais- und Grünfütterttrocknung	DFG + StMELF	1967	bis	1976
2	Untersuchung über die verschiedenen Möglichkeiten der Energiegewinnung aus Stroh	BMFT	1975	bis	1977
3	Ermittlung des Strohanfalls, Heizwertbestimmung, Verbrennungssysteme, Methoden zur Bergung, Transport und Lagerung von Stroh	EG/DG XII	1976	bis	1977
4	Studien über zur Hochdruckverdichtung geeigneter pflanzlicher Reststoffe aus der Landwirtschaft und dem Kommunalbereich, Rohstoffbeschaffung, Strohpreise, regionaler Strohanfall, Preisentwicklung, Strohaufbereitung, Prüfung des Energieaufwands und der Presslinge	BMFT	1976	bis	1977

Lfd. Nr.	Projekttitle	Geldgeber	Laufzeit		
5	Hochdruckverdichtung von Stroh und anderen Reststoffen (Unterauftrag der MAN Neue Technologie)	BMFT	1976	bis	1980
6	Direkter Energiebedarf der Landwirtschaft in der BRD Anlage einer Literaturkartei	BMFT	1977	bis	1978
7	Untersuchungen über die verschiedenen Möglichkeiten der Energiegewinnung aus Stroh - Finanzierungsanteil BMFT	BMFT	1977	bis	1979
8	Untersuchungen über die verschiedenen Möglichkeiten der Energiegewinnung aus Stroh - Finanzierungsanteil EG	EG	1977	bis	1980
9	Landtechnische Probleme bei der Hochdruckverdichtung von Stroh und Holzabfällen unter bes. Berücksichtigung der Bereitstellung und Aufbereitung von Stroh und Holz, Untersuchung geeigneter Trocknungsverfahren, Prüfung der Presslinge	BMFT	1978	bis	1978
10	Wissenschaftliche Betreuung verschiedener Pilotvorhaben zur Energiegewinnung aus Holz u. Stroh	BML Bonn	1978	bis	1988
11	Ausgewählte landtechnische Probleme im Rahmen der Hochdruckverdichtung von Stroh und Holzabfällen (Bereitstellung und Aufbereitung von Restholz u. Stroh; Aufbau einer Dosieranlage	BMFT	1979	bis	1980

Lfd. Nr.	Projekttitel	Geldgeber	Laufzeit		
12	Weiterentwicklung und praktischer Einsatz von Anlagen zur Energiegewinnung aus Holz und Stroh im landwirtschaftlichen Betrieb (ländlicher Raum)	BMFT	1979	bis	1981
13	Energiegewinnung aus Holz u. Stroh unter besonderer Berücksichtigung der geltenden Vorschriften	BMFT	1980	bis	1980
14	Möglichkeiten der Abwärmenutzung und Energie aus Biomasse unter besonderer Berücksichtigung der bäuerlichen Betriebsstruktur und regionaler Ertrags- und Erzeugungsbedingungen	StMELF	1981	bis	1983
15	Vergasung von Biomasse und Nutzung des Gases zum Antrieb von Motoren	BMFT	1981	bis	1984
16	Demonstrationsanlagen für die Verfeuerung von Holz u. Stroh (Ausstellung, Beratung, Messungen) - Finanzierungsanteil BML	BML Bonn	1981	bis	1986
17	Demonstrationsanlagen für die Verfeuerung von Holz u. Stroh (Ausstellung, Beratung, Messungen) - Finanzierungsanteil ByStMELF	StMELF	1981	bis	1986
18	Karbonisierungs- und Pyrolyseanlagen, Stand der Technik und Möglichkeiten der Umformung von trockener Biomasse in Kohle, Pyrolyseöl und Gas	EG/DG XII	1982	bis	1983
19	Einfluß und Nutzung von Biomasse als Energieträger auf die arbeitswirtschaftliche Lage, die Energiesituation und die Agrarmarktprobleme	EG/DG XII	1982	bis	1983
20	Vorbereitende Studie für ein umfassendes Projekt zur Nutzung der Algen in der Lagune von Venedig zur Energiegewinnung und Verbesserung des Umwelteinflusses	EG	1982	bis	1984

Lfd. Nr.	Projekttitel	Geldgeber	Laufzeit		
21	Verfeuerung von Stroh als Briketts in Kleinanlagen (Hausbrand) und über Großballen in Großanlagen (Brennereien, Gärtnereien ab 500 kW Heizleistung)	BMFT	1983	bis	1985
22	Nutzung erneuerbarer Energiequellen in der Landwirtschaft Brasiliens. Zusammenarbeit mit USG, Daglfing und Brasilia; Cibracem + Embra-pa, Brasilien	BMFT	1983	bis	1989
23	Einsatz von Waldrestholz zur umweltfreundlichen Wärmeerzeugung im Kreis Lüchow-Dannenberg	BMFT	1984	bis	1987
24	CNRE Biomass Conversion for Energy (biological) CNRE Biomass Conversion for Energy (thermal)	BML	1985	bis	1985
25	Organisation wiss. Tagung: Energie aus Biomasse Erfahrungen mit verschiedenen technischen Lösungen und Zukunftsaussichten	BMFT	1985	bis	1985
26	Praxisversuche zur Ermittlung aufwachsender und erntbarer Rapsstrohmengen, Schwadrocknung	BML	1985	bis	1985
27	Ermittlung des Vorkommens und die Einsatzmöglichkeiten von mit Pflanzenöl betriebenen Verbrennungsmotoren in ausgewählten Entwicklungsländern	GTZ	1985	bis	1986
28	Erarbeitung technischer Vorschläge zur Gewinnung von Zucker, Futtermitteln und Ethanol aus Zuckerhirse in Bezug auf die Verfahrensschritte vom Anbau bis zum Endprodukt unter besonderer Beachtung der Wirtschaftlichkeit	StMELF	1985	bis	1987
29	Ölpflanzen als Energieträger	BML + StMELF	1985	bis	1990

Lfd. Nr.	Projekttitlel	Geldgeber	Laufzeit		
30	Energetische Nutzung von Beiprodukten und Reststoffen aus der Faser und Ölleinproduktion	StMELF	1986	bis	1987
31	Modellartiger Anbau von Euphorbia Lathyris für den zukünftigen Großflächenanbau in der BRD	BML + StMELF	1986	bis	1987
32	Technische Verfahren zur Ernte, Transport, Lagerung und Trocknung von Holz und Stroh für die Energiegewinnung einschließlich Wirtschaftlichkeitsberechnung	EG/DG XII	1986	bis	1989
33	Erprobung der energetischen Nutzung von landwirtschaftlichen Einjahrespflanzen	BML 30 % Petry 70 %	1986	bis	1989
34	Integrale Nutzung von Raps zur Brenn- und Treibstoffsubstitution in der Landwirtschaft	EG + BMFT	1987	bis	1989
35	Anbaufragen von Zuckerhirse	StMELF	1987	bis	1989
36	Ölpflanzenscreening		1987	bis	1990
37	Leindotterzüchtung	StMELF	1987	bis	2000
38	Zuchtprogramm Amyloseerbsen	StMELF	1987	bis	2000
39	Verwendung von Rapsöl zu Motorentreibstoff und als Heizölersatz in technischer und umweltbezogener Hinsicht	StMELF	1988	bis	1990
40	Erarbeitung geeigneter Verfahren zur Ernte, Lagerung und Verwertung der Bagasse von Zuckerhirse	StMELF	1988	bis	1990
41	Iteratives Verfahren zur Entwicklung einer fahrbaren Pelletieranlage und Pelletierung von Getreide und C4-Pflanzen und Selektion von Feuerungsanlagen	BMFT	1989	bis	1990

Lfd. Nr.	Projekttitel	Geldgeber	Laufzeit		
42	Technikfolgenabschätzung zum Thema Nachwachsende Rohstoffe Zusammenstellung relevanter Verfahrensdaten bei Anbau, Ernte, Aufbereitung und bei der energetischen Nutzung von Biomasse	BMFT	1989	bis	1991
43	Verfahrensrelevante Untersuchungen zur Bereitstellung u. Nutzung jährlich erntbarer Biomasse als Festbrennstoff unter bes. Berücksichtigung technischer, wirtschaftlicher u. umweltbezogener Aspekte	StMELF	1989	bis	1991
44	Modellvorhaben Euphorbia		1989	bis	1995
45	Mohnöl		1989	bis	1996
46	Technologies for harvesting, juice extraction, juice treatment and bagasse utilization of sweet sorghum	EG GD XII	1990	bis	1992
47	Pressung, Reinigung, Aufbereitung und Lagerung von Pflanzenölen im Hinblick auf die Produktqualität und technische Optimierung des Produktionsprozesses	StMELF	1990	bis	1992
48	Prüfung des Emissionsverhaltens von Feuerungsanlagen für feste Brennstoffe und Entwicklung feuerungs- und regelungstechnischer Bauteile zur Verbesserung der Feuerungsqualität	StMLU	1990	bis	1993
49	Feldversuch zum Einsatz von Hydrauliköl auf Rapsölbasis in Ackerschlepper u. Arbeitsmaschinen der Staatl. Versuchsgüterverwaltung Achsel-schwang	StMELF	1990	bis	1996
50	Leindotterscreening		1990	bis	2000
51	Screening neuer Rohstoffpflanzen (Euphorbia lathyris, HO-Sonnenblumen, Saflor, Amaranth, Faser- und Öllein, Kenaf, Faser- und Körnerhanf	StMELF	1990	bis	2000

Lfd. Nr.	Projekttitel	Geldgeber	Laufzeit		
52	C4-Pflanzen-Screening (Switchgras, Goldrandgras)	StMELF	1990	bis	2000
53	Markerbsenzüchtung		1990	bis	2001
54	Miscanthusanbau - Langzeiterhebungen	LBP/TFZ	1990	bis	2013
55	Bestimmung der Schadstoffemission bei der Verfeuerung von Getreide-Ganzpflanzen-Pellets und Hackschnitzeln aus schnellwachsenden Hölzern in automatisch beschickten Feuerungsanlagen	StMELF	1991	bis	1992
56	Die Stellung der Biomasse im Vergleich zu anderen erneuerbaren Energieträgern aus ökologischer, ökonomischer und technischer Sicht	BML	1991	bis	1993
57	Weiterentwicklung und Praxisfertigstellung einer Holzerntemaschine für die Erst- und Zweitudforstung und für Kurzumtriebsplantagen	StMELF	1991	bis	1993
58	Untersuchungen zu verschiedenen Methoden der Verdichtung von Energiepflanzen für die Verbrennung und Bestimmung des Einflusses der Verdichtungsform auf die Feuerungsqualität	StMELF	1991	bis	1995
59	Energetische Nutzung von Biomasse. Fachtagung 27. u. 28. April 1992 in Freising-Weihenstephan. Veranstalter: Landtechnik Weihenstephan und Forum für Zukunftsenergien e.V.	BMFT	1992	bis	1992
60	Studie zur Pelletierung von Stroh und energetischer Nutzung zur Prozeßwärmebereitstellung in einer 10 MW Feuerungsanlage in der Ernährungswirtschaft	BML	1992	bis	1992
61	Optimierung, Betreuung und weiterführende Untersuchungen zur Ernte, Einlagerung und Verfeuerung von Biomasse an der Pilotanlage Grub unter besonderer Berücksichtigung der Regeltechnik	StMELF	1992	bis	1993

Lfd. Nr.	Projekttitel	Geldgeber	Laufzeit		
62	Entwicklung und Erprobung einer selbstfahrenden Kompaktieranlage für Pflanzenaufwuchs	StMELF	1992	bis	1994
63	Bewertung und Demonstration von Stroh und Holzfeuerungsanlagen mit Aufbau einer Ausstellung an der DEULA Freising	StMELF	1992	bis	1997
64	Umfrage zu Praxisanlagen und Darstellung der Rahmenbedingungen zur Kraft-Wärmekopplung bei Nutzung von Biomasse als Brennstoff	EG	1993	bis	1993
65	Bereitstellungskosten von festen Biomasse-Brennstoffen (Umstellung einer Braunkohlefeuerung auf Biomasse)	BMFT	1993	bis	1993
66	Erprobung des Einsatzes einer Compactrollenpresse zur Bereitstellung halmgutartiger Energieträger	StMELF	1993	bis	1994
67	Untersuchung verschiedener Verfahren zur Saftgewinnung aus Zuckerhirse und Wirtschaftlichkeit des Zuckerhirseanbaues	EG	1993	bis	1995
68	Modellanbau Markerbsen		1993	bis	1997
69	Weiterführende Arbeiten im Bereich der Gewinnung und Nutzung von Rapsöl als Speiseöl und im Nichtnahrungsmittelsektor	StMELF	1994	bis	1994
70	Technische Eignung von naturbelassenem, nicht additiviertem Rapsöl für den Einsatz als Sägekettenöl	StMLU	1994	bis	1994
71	Environmental Aspects of Production and Conversion of Biomass for Energy	FAO + EU Thermie	1994	bis	1994
72	Umweltverträglichkeit von gebrauchten Hydraulikölen auf Rapsölbasis, biologische Abbaubarkeit, Ökotoxizität, Möglichkeiten der Wiederverwendung, Verwertung und Entsorgung	StMLU	1994	bis	1996

Lfd. Nr.	Projekttitle	Geldgeber	Laufzeit		
73	Optimierung, Betreuung und Ausbau Biomassefeuerungsanlage Grub, Nachrüstung mit einem Elektro-Staubfilter	StMELF	1994	bis	1996
74	Prüfstandsmessungen an ausgewählten Holzfeuerungsanlagen aus dem Hausbrandbereich unter bes. Berücksichtigung von Dioxinen, Furanen und polyzyklischen aromatischen Kohlenwasserstoffen	StMLU	1994	bis	1997
75	Ernteverfahren für Kurzumtriebsplantagen Maschinenerprobung und Modellbetrachtungen Harvesters for Short Rotation Forest	EU (AIR)	1994	bis	1997
76	Rohrkolbenkultivierung im Donaumoos	StMELF	1994	bis	2000
77	Produktionstechnische Maßnahmen zur Verbesserung der Überwinterungsfähigkeit von in vitro-Jungpflanzenbeständen	StMELF	1995	bis	1988
78	Untersuchungen zu Struktur und Umfang des Absatzes von Biomassefeuerungsanlagen in Deutschland	StMELF	1995	bis	1995
79	Bewertung der Emissionen von Dieselmotoren bei Betrieb mit Kraftstoff auf Pflanzenölbasis und mineralischem Dieselmotoren Kraftstoff Datenauswertung der bisherigen Labor und Flottenversuche	StMLU	1995	bis	1996
80	Analyse und Bewertung der Systeme zur Hochdruckverdichtung von Halmgut	StMELF	1995	bis	1996
81	Biogene Festbrennstoffe und deren Nutzung in Feuerungsanlagen bis 1 MW Verfahrenstechniken, Markt betrachtungen, Brennstoffhandel und Kosten	Bayernwerk	1996	bis	1996

Lfd. Nr.	Projekttitel	Geldgeber	Laufzeit		
82	Total Cost and Benefits of Biomass in Selected Regions of the European Region	ZEW	1996	bis	1997
83	Vergleich der Emissionen bei der Verbrennung von Getreideganzpflanzen an einer Praxisanlage in Abhängigkeit von der Brennstoffaufbereitung	StMELF	1996	bis	1997
84	Verbrennungsversuche mit verschiedenen naturbelassenen Festbrennstoffen in einer Kleinfeuerungsanlage Emissionen und Aschequalität	StMLU	1996	bis	1997
85	Emissionsverhalten von pflanzenölbetriebenen BHKW-Motoren in Abhängigkeit von den Inhaltsstoffen und Eigenschaften der Pflanzenölkraftstoffe sowie Abgasreinigungssystemen Literatur und Technologieübersicht, Datenbank	LfU	1996	bis	1997
86	Optimierung der Verfahrenstechnik und der Qualitätssicherung bei der Ölgewinnung und Ölreinigung in dezentralen Anlagen Untersuchungen an Praxisanlagen	StMELF	1996	bis	1997
87	Datensammlung zur energetischen Nutzung biogener Festbrennstoffe	AEL	1996	bis	1997
88	Umweltrelevante Eigenschaften naturbelassener biogener Festbrennstoffe für die energetische Nutzung sowie Möglichkeiten zu deren Beeinflussung	StMLU	1996	bis	1998
89	Prüfung verschiedener Anbauverfahren für <i>M. Giganteus</i> zur Verbesserung der Überwinterungsfähigkeit von Jungpflanzen sowie zur Kostensenkung von Bestandesgründungen	StMELF	1996	bis	1999
90	Prüfung der Anbau- und Verwertungseignung von THC-armen Faserhanfsorten im konventionellen Anbau	TFZ	1996	bis	2003

Lfd. Nr.	Projekttitlel	Geldgeber	Laufzeit		
91	Machbarkeitsstudie über die Möglichkeiten einer Erdgasnutzung in Feuerungsanlagen für biogene Festbrennstoffe - technische Konzepte, Rahmenbedingungen, Chancen	Ruhrgas AG u.a.	1997	bis	1997
92	Bodenmobilität von biologisch schnell abbaubaren Hydraulikölen im Vergleich zu Mineralölprodukten	UFOP	1997	bis	1997
93	Betontrennmittel auf Pflanzenölbasis - Technische Eignung von naturbelassenen kaltgepressten Pflanzenölen aus dezentralen Anlagen	StMLU	1997	bis	1998
94	Aufarbeitung gebrauchter Hydrauliköle auf Rapsölbasis	Industrie	1997	bis	1998
95	Entwicklung einer Verbrennungsluftregelung für einen Kachelofen	Industrie	1997	bis	1998
96	Praktische Erprobung eines neuen Verfahrens zur Dieselmotorschmierung unter Verwendung von Motorenölen auf Pflanzenölbasis	Industrie	1997	bis	1999
97	Schwerpunkt: Brennstoffbereitstellung in „Leitfaden Bioenergie“ des BML/FNR	FNR	1998	bis	1998
98	Bewertung und Demonstration von Kleinfeuerungsanlagen für Biomasse	StMELF	1998	bis	1998
99	Emissionsmessungen an 21 bayerischen Zentralheizungsanlagen für Holzhackgut	StMELF	1998	bis	1998
100	Planung und Errichtung von Bioheizhöfen	EU-DG XVII Altern	1998	bis	1999
101	Pflanzenölbetriebene Blockheizkraftwerke - Betriebs und Emissionsverhalten ausgewählter bayerischer Anlagen, Schwachstellenanalyse und Bewertung	LfU	1998	bis	1999

Lfd. Nr.	Projekttitel	Geldgeber	Laufzeit		
102	Industrienetzwerk für Holzpellets Von der Produktion bis zur Vermarktung („Wood pellets in Europe“)	EU-DG XVII Thermie	1998	bis	1999
103	Demonstration von Kleinkesseln für Biomasse im ländlichen Raum von Ungarn und Slowenien	EU Inco -Copernicus	1998	bis	2000
104	Amaranthzüchtung		1998	bis	2000
105	Innovative Systeme und optimierte Techniken zur energetischen Gebäudesanierung - Schwerpunkt: Einsatz von Biomassefeuerungen im Gebäudebestand	Bayer. For- schungs- stiftung	1999	bis	1999
106	Bewertung und Demonstration von Kleinfeuerungsanlagen für Biomasse	StMELF	1999	bis	1999
107	Begleitforschung zur Standardisierung von Rapsöl als Kraftstoff für pflanzenöлтаugliche Dieselmotoren in Fahrzeugen und BHKW	StMELF	1999	bis	2000
108	Bewertung und Verbesserung von Holzfeuerungs-systemen in verschiedenen Regionen Europas	EU - DG XII (Altener)	1999	bis	2000
109	Concerted Action zwischen 16 JOULE- u. THERMIE-geförderten Europäischen Partnern sowie CEN. Ziel: Definition von Normvorgaben für biogene Festbrennstoffe, etc.	EU, (DG XII)	1999	bis	2001
110	Voraussetzungen zur Standardisierung biogener Festbrennstoffe.	BML über FNR	1999	bis	2002
111	Handbuch Bioenergie-Kleinanlagen Systematisierung und wissenschaftliche Aufbereitung des Kenntnisstandes zur dezentralen Energiegewinnung in Kleinfeuerungsanlagen für biogene Brennstoffe	BML über FNR	1999	bis	2002
112	Entwicklungsstand und Forschungsbedarf bei Kleinfeuerungsanlagen für Holz	Fichtner GmbH	2000	bis	2000

Lfd. Nr.	Projekttitlel	Geldgeber	Laufzeit		
113	Bewertung und Demonstration von Kleinfeuerungsanlagen für Biomasse	StMELF	2000	bis	2000
114	Erhebung des technischen Standes bei pflanzenölbetriebenen Blockheizkraftwerken im Alpengebiet	DBU	2000	bis	2000
115	Ermittlung und Evaluierung der Feinstaubemission aus Kleinfeuerungsanlagen im Bereich der Haushalte und Kleinverbraucher sowie Ableitung von geeigneten Maßnahmen zur Emissionsminderung	UBA	2000	bis	2001
116	Biomasse im Vergleich zu anderen erneuerbaren Energien Ein ökonomischer, ökologischer und technischer Vergleich	BML über FNR	2000	bis	2001
117	Technologie-, Wissenstransfer und Beratung für die Praxis im Bereich Gewinnung, Qualitätssicherung und technische Nutzung von Pflanzenölen	StMELF	2000	bis	2001
118	Untersuchung der Wechselwirkung zwischen Rapsöl als Kraftstoff und dem Motorenöl in pflanzenölauglichen Motoren	StMELF	2000	bis	2001
119	Senkung des Messaufwands bei der Staubemission aus Holz-Kleinfeuerungen	LfU	2000	bis	2001
120	Aufbau einer Pelletieranlage für Holz - Technische Begleitung und Marktanalyse	Industrie	2000	bis	2002
121	Reinigung kaltgepresster Pflanzenöle aus dezentralen Anlagen	StMELF	2000	bis	2002
122	Weiterführung der Standardisierung von Rapsöl als Kraftstoff	StMELF	2000	bis	2002
123	Einführung eines Qualitätszeichens für Holz-Zentralheizungen kleiner Leistungen	StMELF	2000	bis	2002

Lfd. Nr.	Projekttitel	Geldgeber	Laufzeit		
124	Beratungsarbeit im Projekt „Pflanzenöl als Substitut fossiler Energieträger und sozialökologisches Regionalwirtschaftskonzept für Aachen und Umgebung“	INCO, Aachen	2000	bis	2003
125	Standardisierung biogener Festbrennstoffe (CEN TC 335) Arbeitsgr. 4: „Physikalische/mechanische Tests“	BML	2000	bis	2003
126	Bewertung und Demonstration von Kleinfeuerungsanlagen für Biomasse	StMLF	2001	bis	2001
127	Logistik und Verteilsysteme von Holzpellets - Erfahrungsaustausch und Qualitätskontrolle	EU über UMBERA, Wien	2001	bis	2002
128	Schulung für Installateure und Heizungsbauer	ZAE Bayern	2001	bis	2002
129	Prüfung des Mischfruchtanbaus verschiedener Hauptkulturarten mit Leindotter	TFZ	2001	bis	2005
130	Demonstrationsanbau und Erhebung zur Beurteilung der Anbaueigenschaften verschiedener Pflanzenarten	TFZ	2001	bis	2013
131	Bewertung und Demonstration von Kleinfeuerungsanlagen für Biomasse	StMLF	2002	bis	2002
132	Expertenforum „Rapsölkraftstoff in Traktoren und Blockheizkraftwerken“	StMLF	2002	bis	2002
133	Schwachstellenanalyse und Erarbeitung des Handlungsbedarfs für das Pflanzenöl-BHKW Bad Alexandersbad	StMLF	2002	bis	2002
134	Entwicklung einer Prüfmethode zur Bestimmung der Cetanzahl von Rapsölkraftstoff	StMLF	2002	bis	2003
135	Qualitätssicherung bei der dezentralen Pflanzenölerzeugung für den Nicht-Nahrungsbereich	BMVEL über FNR	2002	bis	2003

Lfd. Nr.	Projekttitel	Geldgeber	Laufzeit		
136	Untersuchungen von Einflussfaktoren auf die Qualität von kaltgepresstem Rapspeiseöl und Festlegung eines Qualitätsstandards	FEI, UFOP, CMA	2002	bis	2003
137	Rhizomvermehrung von Chinaschilf (<i>Miscanthus x giganteus</i>) und dessen Eignung als Pferdeeinstreu	StMELF	2002	bis	2003
138	Fortsetzung des Vorhabens „Technologie-, Wissenstransfer und Beratung für die Praxis im Bereich Gewinnung, Qualitätssicherung und technische Nutzung von Pflanzenölen“	StMELF	2002	bis	2003
139	Feldstudie zur vereinfachten Überwachung der Staubemissionen bei Holz-Kleinf Feuerungsanlagen nach der delta-p-Methode (Projekt 1310)		2002	bis	2003
140	Erprobung eines Sekundärwärmetauschers für Holzfeuerungen (Brennwerttechnik)	Deutsche Bundesstiftung Umwelt	2002	bis	2003
141	Optimale Scheitholz-Produktionsverfahren	StMLF	2002	bis	2004
142	Verfahren zur nachmotorischen Abgasreinigung für pflanzenölbetriebene Blockheizkraftwerke - Untersuchung von Abgaspartikelfiltersystemen	LfU	2002	bis	2004
143	Normungsvorbereitende Untersuchungen über Probennahme und Prüfverfahren für biogene Festbrennstoffe zur Entwicklung von Qualitätssicherungssystemen	EU - Kommission	2002	bis	2005
144	Vergleichende Untersuchungen zur Aussagefähigkeit der Überwachungsmessungen nach der 1. BImSchV bei Kleinf Feuerungsanlagen für feste Brennstoffe	UBA	2003	bis	2004
145	Koordinierung und wissenschaftliche Begleitung der Normung von Rapsölkraftstoff	StMELF	2003	bis	2005

Lfd. Nr.	Projekttitel	Geldgeber	Laufzeit		
146	New small scale innovative energy biomass combustor (NESSIE)	EU - Kommission	2003	bis	2005
147	Prüfung von Anbaueignung, Qualität und Ertrag von High-Oleic (HO) -Sonnenblumen	EU	2003	bis	2006
148	Durchführung eines Versuches zur Prüfung der Trockenmassebildung von Sonnenblumen unter Spätsaatbedingungen	EU	2003	bis	2006
149	Befragung von Betreibern dezentraler Ölsaatenverarbeitungsanlagen	UFOP über KTBL	2004	bis	2004
150	Dezentrale energetische Nutzung von Getreide und Stroh - Entwicklung neuer genehmigungsfähiger Verbrennungsanlagen	FNR	2004	bis	2007
151	Getreidekörner als Brennstoff für Kleinf Feuerungen	StMUGV	2004	bis	2007
152	Beratung und Schulung - Zuarbeit zum Internetportal/Online-Beratungssystem „Biokraftstoffe in der Land- und Forstwirtschaft“ (SBIO)	BMELV	2005	bis	2006
153	Informations-, Schulungs- und Beratungsmaßnahmen betreffend die Herstellung von Biokraftstoffen und deren Einsatz zum Betrieb land- und forstwirtschaftlicher Maschinen	BMELV	2005	bis	2006
154	Entwicklung einer Siloabdeckung aus verfütterbaren Rohstoffen	StMELF	2005	bis	2006

Lfd. Nr.	Projekttitlel	Geldgeber	Laufzeit		
155	Untersuchungen zum Einsatz rapsölbetriebener Traktoren beim Lehr-, Versuchs- und Fachzentrum für ökologischen Landbau und Tierhaltung Kringell	StMELF	2005	bis	2007
156	Entwicklung und Vergleich von optimierten Anbausystemen für die landwirtschaftliche Produktion von Energiepflanzen unter den verschiedenen Standortbedingungen Deutschlands - Phase I (EVA I)	BMELV	2005	bis	2009
157	Verbundvorhaben: Entwicklung und Vergleich von optimierten Anbausystemen für die landwirtschaftliche Produktion von Energiepflanzen unter den verschiedenen Standortbedingungen Deutschlands, Teilprojekt 6 - Systemversuch zum Zweikulturnutzungssystem auf	BMELV	2005	bis	2009
158	Evaluierung des BMU-Marktanreizprogramms für den Zeitraum September 2004 bis Dezember 2005 für den Bereich der kleinen Biomasseanlagen	BMU	2006	bis	2006
159	Feinstaubemissionen aus häuslichen Holzfeuerungen	BMU	2006	bis	2007
160	Feinstaubemissionen aus Kleinfeuerungsanlagen für Getreide- und Stroh brennstoffe - Einflüsse und Minderungsmöglichkeiten	BMELV	2006	bis	2008
161	Begleitende Untersuchungen zum Vorhaben der Florafuel AG: „Verfahren zur Herstellung von Sekundär-Brennstoffen aus getrockneter und gepresster Biomasse und Verwendung derselben“	StMELF	2006	bis	2008
162	Hirschen als Nachwachsende Rohstoffe - Sortenscreening und Anbauszenarien	StMELF	2006	bis	2009
163	Zweite Befragung von Betreibern dezentraler Ölsaatenverarbeitungsanlagen	UFOP	2007	bis	2007

Lfd. Nr.	Projekttitel	Geldgeber	Laufzeit		
164	Weiterführung des Vorhabens „Informations-, Schulungs- und Beratungsmaßnahmen betreffend die Herstellung von Biokraftstoffen und deren Einsatz zum Betrieb land- und forstwirtschaftlicher Maschinen“	BMELV	2007	bis	2008
165	Weiterführung des Vorhabens „Beratung und Schulung - Zuarbeit zum Internetportal/Online-Beratungssystem „Biokraftstoffe in der Land- und Forstwirtschaft“ (SBIO)“	BMELF	2007	bis	2008
166	Verbundprojekt: Saubere Biomasseverbrennung in Zentralheizungsanlagen: Bestimmung der Partikelgrößen, Probenahme und physikochemisch-toxikologische Charakterisierung (ERA-NET BIOENERGY)	BMELV	2007	bis	2008
167	Entwicklung von Prüfverfahren für die Nutzung von Nicht-Holzbrennstoffen in Kleinfeuerungen (ERA-NET BIOENERGY)	BMELV	2007	bis	2008
168	Konzeptstudie „Einführung von Rapsölkraftstoff am Flughafen München“	Flughafen München GmbH	2007	bis	2008
169	Mitarbeit bei der Fortentwicklung und Evaluierung von Einzelmaßnahmen zur Nutzung erneuerbarer Energien (Marktanreizprogramm) für 2007 und 2008 im Bereich der kleinen Biomassekessel bis 100 kW	BMU	2007	bis	2009
170	Begleitforschung für verbesserte europäische Festbrennstoffnormen	EU	2007	bis	2009

Lfd. Nr.	Projekttitel	Geldgeber	Laufzeit		
171	Prüfung der Eignung von Verfahren zur Reduktion ablagerungs- und aschebildender Elemente in Rapsölkraftstoff bei der dezentralen Erzeugung	StMELF	2007	bis	2009
172	Vernetzung der Biokraftstoffforschung - Einrichtung der Geschäftsstelle des ForschungsNetzwerks Biogene Kraftstoffe ForNeBiK	StMELF	2007	bis	2015
173	Bewertung kostengünstiger Staubabscheider für Einzelfeuerstätten und Zentralheizungskesseln	StMELF	2008	bis	2009
174	Bestimmung von Jahresnutzungsgrad und Emissionsfaktoren von Biomasse-Kleinf Feuerungen am Prüfstand - Kooperation mit Wieselburger Forschungseinrichtungen	StMELF	2008	bis	2010
175	Systementwicklung zur energetischen Nutzung von alternativen Pellets und Feuerungsanlagen (SYSTEMAP); Erforschung von Primärmaßnahmen zur Schadstoffminderung in Kleinf Feuerungsanlagen unter Einbezug der Feuerungs- und Brennstofftechnik	BMWi	2008	bis	2010
176	Additivierung von Rapsölkraftstoff - Projektphase 1: Auswahl der Additive und Überprüfung der Wirksamkeit	BMELV	2008	bis	2010
177	Verbundvorhaben: Anbautechnik Sorghumhirse - ein Beitrag zur Diversifizierung des Energiepflanzenpektrums Teilvorhaben 4: Standortprüfung und Sortenvergleich, Produktionstechnik, Herbizidprüfung, Praxiserhebung zum Energiehirseanbau, Sorghum Mischanbau	BMELV	2008	bis	2011

Lfd. Nr.	Projekttitle	Geldgeber	Laufzeit		
178	Technologische Innovation und gesellschaftliche Verantwortung: Herausforderungen der bayerischen Landwirtschaft bei der Bereitstellung von Bioenergie angesichts des Klimawandels	StMELF	2008	bis	2011
179	Wärme aus Holz - Feinstaubemissionen: Brennstoffeinfluss, Nutzer, Feuerungswettbewerb, Sekundärmaßnahmen, Charakterisierung und Toxizität	BMU	2009	bis	2011
180	Emissions- und Betriebsverhalten pflanzenöltauglicher Traktoren - Prüfstandsuntersuchungen und Felderprobungen	StMELF	2009	bis	2011
181	Nachhaltige Nutzung von Energie aus Biomasse im Spannungsfeld von Klimaschutz, Landschaft und Gesellschaft - TP Schadstoffemissionen bei der Energiegewinnung aus Stroh, Holz und Biogas	Niedersächsisches Ministerium für Wissenschaft und Kultur	2009	bis	2011
182	Normung von Rapsöl und anderer Pflanzenöle für die Nutzung als Kraftstoff	StMELF	2009	bis	2011
183	Optimierung der motorischen Verbrennung von reinem Rapsöl in modernen Dieselmotoren	DBU	2009	bis	2011
184	Entwicklung einer Siloabdeckung aus verfütterbaren Rohstoffen - Projektphase 2	StMELF	2009	bis	2011
185	Ethanol aus Zuckerhirse - Gesamtkonzept zur nachhaltigen Nutzung von Zuckerhirse als Rohstoff für die Ethanolherstellung	StMELF	2009	bis	2012

Lfd. Nr.	Projekttitel	Geldgeber	Laufzeit		
186	Entwicklung und Vergleich von optimierten Anbausystemen für die landwirtschaftliche Produktion von Energiepflanzen unter den verschiedenen Standortbedingungen Deutschlands - Phase II (EVA II)	BMELV	2009	bis	2012
187	Untersuchungen zur Kühletoleranz und Wassernutzungseffizienz bei Sorghum unter Einbeziehung der genetischen Diversität und züchterische Optimierung der Merkmale - Teilprojekt TFZ, Straubing	BMBF	2009	bis	2012
188	Sorghumhirse als Energiepflanze: Optimierung der nachhaltigen Produktionstechnik	StMELF	2009	bis	2012
189	Agrar-Beratungsverbund Bioenergie in Bayern im Rahmen des Vorhabens Regionale Beratung und Information zur Erzeugung und zum effektiven Einsatz von Bioenergie in land- und forstwirtschaftlichen Unternehmen sowie Verbraucherinformation zu Energiepflanzen	BMELV	2009	bis	2012
190	Fortentwicklung und Evaluierung von Einzelmaßnahmen zur Nutzung erneuerbarer Energien (Marktanreizprogramm) für 2007 und 2008 (Teilbereich kleine Biomassekessel bis 100 kW) - 3. Phase	BMU	2009	bis	2012
191	Untersuchung der Praxistauglichkeit eines Elektrofilters für Kleinf Feuerungsanlagen	StMWiVT	2009	bis	2013
192	Entwicklung und Vergleich von optimierten Anbausystemen für die landwirtschaftliche Produktion von Energiepflanzen unter den verschiedenen Standortbedingungen Deutschlands - Phase II (EVA II) Teilprojekt 6: Energiebereitstellung mittels Biogas und Ethanol	BMELV	2009	bis	2013

Lfd. Nr.	Projekttitel	Geldgeber	Laufzeit		
193	Koordination des Leuchtturmprojekts „Straubing-Bogen und Umland - Musterregion der nachwachsenden Rohstoffe	StMELF	2009	bis	2014
194	Gärrestversuch Bayern - Prüfung der langfristigen Nachhaltigkeit der Nutzungspfade Biogas und BtL	StMELF	2009	bis	2019
195	Machbarkeitsstudie Hof-Bioraffinerie	StMELF	2010	bis	2011
196	Saubere Biomasseverbrennung der Zukunft	StMELF	2010	bis	2012
197	Optimale Bereitstellungs- und Lagerungsverfahren für Holzhackschnitzel	StMELF	2010	bis	2013
198	Status quo der dezentralen Ölgewinnung – bundesweite Befragung	UFOP	2011	bis	2011
199	Überarbeitung des „Handbuch Bioenergie Kleinanlagen“ (3. Auflage)	BMELV	2011	bis	2011
200	Mitarbeit an Überarbeitung des Leitfadens Biomasse (FNR)	BMELV	2011	bis	2012
201	Zukünftige Biomassekleinfeuerungstechniken mit ultra-niedrigen Emissionen	EU	2011	bis	2013
202	Additivierung von Rapsölkraftstoff - Projektphase 2: Prüfstands- und Langzeituntersuchungen	BMELV	2011	bis	2013
203	Saubere Abgase für Biomasse-Kleinfeuerungen durch Katalysatoreinbauten	EU	2011	bis	2013
204	Kostengünstige Biomasse-Heizkesselsysteme mit höchsten Jahresnutzungsgraden und niedrigsten Schadstoffemissionen	EU	2011	bis	2014

Lfd. Nr.	Projekttitlel	Geldgeber	Laufzeit		
205	„Ringversuch Bayern“ - Ringversuch zur Schaffung einer belastbaren Datengrundlage für wirtschaftliche Betrachtungen bei der Verwendung wildartenreicher Mischungen zur Biogasgewinnung in Bayern 2011-2013	StMELF	2011	bis	2014
206	Eignung von Buchweizen und Quinoa als späte Zweitfrüchte für die Biogasnutzung	BMELV	2011	bis	2014
207	Verbundvorhaben: Pflanzenbauliche, ökonomische und ökologische Bewertung von Sorghumarten und -hybriden als Energiepflanzen; Teilvorhaben 2: Saatzeiten- und Düngeversuch	BMELV	2011	bis	2014
208	Einsatzmöglichkeiten und Infrastruktur für den Vertrieb von Biokraftstoffen in der Bioenergie-Region Straubing-Bogen	BMELV	2012	bis	2012
209	Schadstoffemissionen bei der Verbrennung von Holz und Stroh von kontaminierten und nicht kontaminierten Standorten	Niedersächsisches Ministerium für Wissenschaft und Kultur	2012	bis	2013
210	Entwicklung eines praktikablen und verlässlichen Tests für das Ascheerweichungsverhalten von Biomassebrennstoffen - insbesondere für Holzpellets.	EU	2012	bis	2014
211	Entwicklung einer abgestimmten Methode zur Bestimmung der Partikelemissionen von mit fester Biomasse betriebenen Feuerstätten	BMELV	2012	bis	2014

Lfd. Nr.	Projekttitel	Geldgeber	Laufzeit		
212	Die Energiewende im ländlichen Raum wertorientiert kommunizieren	StMELF	2012	bis	2014
213	Expertenteam Energiewende im ländlichen Raum - Aufgaben des Technologie- und Förderzentrums	StMELF	2012	bis	2014
214	Herstellung der Praxistauglichkeit eines TIER-4 Pflanzenöl-Motors/ -Traktors - Teilvorhaben 2: Kraftstoffanalyse, stationäre Emissionsmessungen und Feldtests	BMELV	2012	bis	2014
215	Weiterentwicklung einer Siloabdeckung auf Basis Nachwachsender Rohstoffe	StMELF	2012	bis	2014
216	Erzeugung von festen Energieträgern aus Biomasse durch Torrefizierung	EU	2012	bis	2015
217	Energetische Verwertung von kräuterreichen Ansaaten in der Agrarlandschaft - eine ökologische und wirtschaftliche alternative bei der Biogasproduktion (Phase II)	BMELV	2012	bis	2015
218	Sorghum als Biogassubstrat: Präzisierung der Anbauempfehlungen für bayerische Standortbedingungen	StMELF	2012	bis	2015
219	Begleitforschung zum Einsatz pflanzenöлтаuglicher Traktoren auf bayerischen Versuchsgütern (BayTrak)	StMELF	2012	bis	2015
220	Expertengruppe Ressourcenmanagement Bioenergie in Bayern	StMELF	2012	bis	2016
221	Screening und Selektion von Amarantsorten und -linien als spurenelementreiches Biogassubstrat	StMELF	2013	bis	2014

Lfd. Nr.	Projekttitle	Geldgeber	Laufzeit		
222	Konzeption, fachliche und bauliche Entwicklung des Informations- und Beratungszentrums für Erneuerbare Energien und Rohstoffe im Ländlichen Raum in Straubing	StMELF	2013	bis	2014
223	Qualitätssicherung DIN 51605	StMELF	2013	bis	2014
224	Versorgung des Nahwärmenetzes am TFZ mit KUP-Holz mit Begleitforschung	StMELF	2013	bis	2016
225	Entwicklung und Vergleich von optimierten Anbausystemen für die landwirtschaftliche Produktion von Energiepflanzen unter den verschiedenen Standortbedingungen Deutschlands - Phase III (EVA III)	BMELV	2013	bis	2015

40



Von der Ölkrise
zur Energiewende

www.tfz.bayern.de

40 Jahre
Forschung Bioenergie