



TFZ Innovation

Forschung für die Praxis | EuroTier November 2018



**Konzept einer
aufspritzbaren
Silageabdeckung**



Aufspritzbare Silageabdeckung aus Nachwachsenden Rohstoffen

von Veronika Schreieder, Dr.-Ing. Peter Emberger und Dr. Edgar Remmele

Das Technologie- und Förderzentrum im Kompetenzzentrum für Nachwachsende Rohstoffe (TFZ) in Straubing arbeitet seit mehreren Jahren an der Entwicklung einer Silageabdeckung für Fahrtilos und Freigärhaufen. Diese neuartige Silageabdeckung zeichnet sich durch folgende Merkmale aus: aufspritzbar, selbsthaftend und auf Basis Nachwachsender Rohstoffe.

Gefördert wurden die Arbeiten vom Bayerischen Staatsministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten.

Anforderungen an eine Silageabdeckung

Der gasdichte Abschluss von Silage ist Grundvoraussetzung für die Konservierung von Futtermitteln und wird nach derzeitigem Stand der Technik mit erdölbasierten Kunststofffolien erreicht. Eine geeignete Silageabdeckung muss über den Zeitraum von mindestens zwölf Monaten einer Vielzahl an äußeren Einflüssen standhalten. Sie muss unter anderem wind- und wasserfest sein sowie eine sehr gute UV- und Temperaturstabilität besitzen. Das Verfahren der konventionellen Abdeckung des Silos mit Kunststofffolien erfüllt

zwar alle nötigen Anforderungen, doch ist deren Aufbringung arbeitsintensiv und birgt potentielle Unfallgefahren beim Zu- und Aufdecken. Zudem ist die Entsorgung der Folien nach der Nutzung aufwendig.

Die neuartige Abdeckung aus Nachwachsenden Rohstoffen soll zusammen mit dem Siliergut entnommen werden können, in Biogasanlagen verwertbar und gegebenenfalls auch verfütterbar sein.

Entwicklung der Rezeptur

Die zu Beginn der Arbeiten entwickelten vielversprechenden Rezepturen einer aufspritzba-



ren Silageabdeckung aus nachwachsenden Rohstoffen wurden im weiteren Verlauf des Projekts weiter optimiert und deren Eigenschaften im Labor untersucht. Dabei zeigten die Probekörper eine gute Dehnbarkeit. Die Material schrumpfung, die bei früheren Rezepturen noch problematisch war, konnte deutlich reduziert werden. Auch die Wasseraufnahme und das Quellverhalten wurden wesentlich verringert und damit verbessert. Zudem konnte die Gasdichtigkeit des Materials weiter erhöht werden. Der Permeationskoeffizient für Sauerstoff liegt für die optimierten Rezepturen unter $2 \text{ cm}^3 \text{ m}/(\text{m}^2 \text{ d bar})$. Abbildung 1 veranschaulicht die Verringerung der Gasdurchlässigkeit im Laufe der Rezepturentwicklung anhand ausgewählter Messergebnisse.

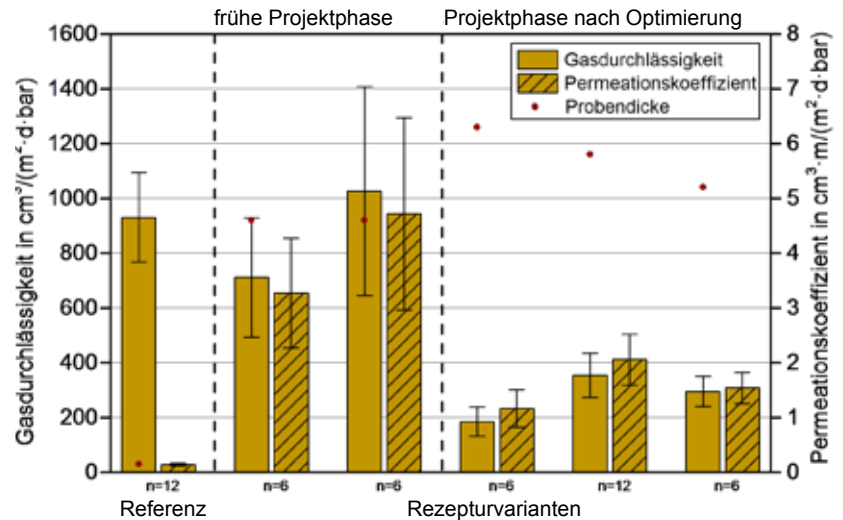


Abbildung 1: Gasdurchlässigkeit (für Sauerstoff), Permeationskoeffizient und Probendicke ausgewählter Rezepturen im Laufe der Materialentwicklung im Vergleich zur konventionellen Silofolie (PE-Folie, Referenz)

Die Prüfung der Materialverträglichkeit mit Siloanstrichen ergab, dass bitumenhaltige Siloanstriche nicht mit der neuen Silageab-

deckung kompatibel sind. Geeignet sind jedoch Siloanstriche auf Basis von Epoxidharz, Polyurethan oder Acrylpolymeren.

Zusammensetzung der Abdeckung

Bei der entwickelten Abdeckung handelt es sich um eine Zwei-Komponenten-Mischung, die im Wesentlichen aus Rapsöl und einer Naturkautschuk-Dispersion besteht. Weitere Bestandteile der Rezeptur sind unter anderem Geliermittel wie Alginat, Füllstoffe wie Zellulosefasern und weitere

Zusatzstoffe wie Calciumsulfat und Natriumbenzoat. Glycerin wird als Weichmacher zur Erhöhung der Elastizität des Materials zugegeben. Zusammengemischt und aufgespritzt härtet das Material auf dem Silo aus und gewährleistet schnell einen luftdichten Abschluss.

Komponente	Bestandteil	Massenanteil in % FM*	Eigenschaft
A	Rapsöl	40,4	Basis
	Natriumalginat	0,9	Geliermittel
	Zellulosefasern	2,2	Füllstoff
	Calciumsulfat	1,1	Gelierhilfsmittel
B	Naturkautschuk	18,4	Bindemittel
	Wasser	27,5	Lösemittel
	Natriumbenzoat	1,8	Konservierungsmittel
	Sorbit	2,2	Feuchthaltemittel
	Glycerin	5,5	Weichmacher

*Frischmasse

Aufbringtechnik der Zwei-Komponenten-Mischung

Zur Aufbringung des Abdeckmaterials bei den praxisnahen Versuchen wurde ein Prototyp eines Applikationsgeräts entwickelt. Mit diesem konnte die Silageabdeckung zuverlässig auf die Silierguthaufen gespritzt und die grundsätzliche Machbarkeit demonstriert werden. Die wesentlichen Bauteile sind: zwei Pumpen, die für die Förderung von scherpempfindlichen Suspensionen geeignet sind, ein Statikmischer, um die beiden reaktionsfähigen Komponenten zu mischen und für das Aufspritzen des Materials geeignete Flachstrahldüsen. Auf Basis der gewonnenen Erkenntnisse wurden Anforderungen für ein praxisgerechtes Applikations-

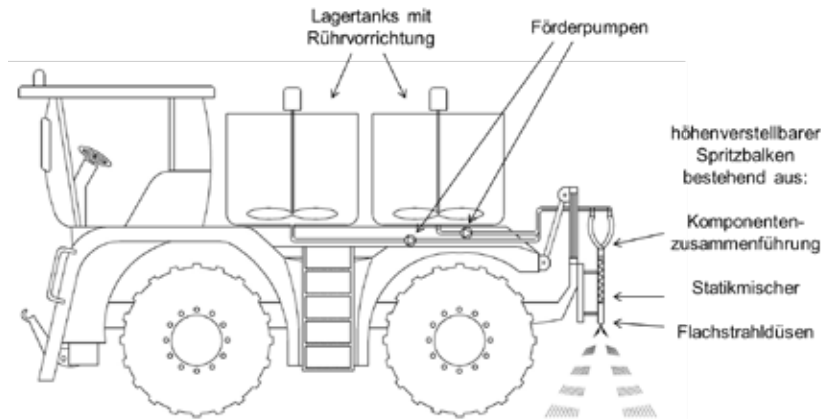


Abbildung 2: Studie eines Selbstfahrers mit Applikationsgerät

gerät, das auf einem Trägerfahrzeug für große Silagehaufen eingesetzt werden kann, abgeleitet. Abbildung 2 zeigt eine Studie einer selbstfahrenden Arbeitsmaschine mit Applikationsgerät. Auch andere Trägerfahrzeuge, wie beispielsweise Pistenraupen, die auch beim

Silieren eingesetzt werden, sind denkbar. Das gesamte Applikationsgerät kann in Modulbauweise ausgeführt sein und sollte einfach vom Trägerfahrzeug abgenommen werden können, sodass dieses auch für andere Zwecke verwendet werden kann.

Silageabdeckung im Test

Im Verlauf des Forschungsvorhabens fanden mehrere Silierversuche statt, um verschiedene Varianten der Abdeckung auf ihre Praxistauglichkeit zu prüfen. Beurteilungskriterien waren insbesondere die Silagequalität sowie die Anhaftung des Materials an der Silowand. Das Abdeckmaterial mit den besten Ergebnissen wurde auf zwei 15 m² große Freigärhaufen aufgebracht. Dazu diente eine variable Spritzlanze, die eigens für den Versuch entwickelt wurde und am Heck eines Traktors befestigt war (siehe Abbildung 3). Das Abdeckmaterial konnte damit in einem Arbeitsgang auf die Freigärhaufen aufgespritzt werden (siehe

Abbildung 4). Nach acht Monaten Lagerzeit traten an Stellen mit nur dünner Schichtdicke erste kleine Risse in der Silageabdeckung auf. Die Silageabdeckung wies eine bräunliche Färbung auf und war frei von Schimmel. Der Sauerstoffgehalt in allen Freigärhaufen wurde während der Lagerzeit regelmäßig erfasst und lag auch nach acht Monaten unter 0,3 Prozent (siehe Abbildung 5). Die Freigärhaufen wurden aufgelöst, um die Silagequalität zu analysieren. Die Futtermittelanalysen der Silageproben aus 30 cm Tiefe unter der Silageabdeckung erreichen 100 DLG-Punkte und weisen auf eine sehr gute Gärqualität hin. Direkt unter der Abdeckung gezogene Proben weisen 80 bis 87 DLG-Punkte auf und sind somit als gut einzuschätzen.

Abbildung 3: Applikation des neuartigen Abdeckmaterials auf einen Freigärhaufen mit einer in ihrer Neigung verstellbaren Spritzlanze auf einem höhenverstellbaren Spritzbalken im Heckanbau eines Traktors

Nach den bisher gewonnenen Erkenntnissen erscheint es möglich, dass die Silageabdeckung auch noch länger als acht Monate funktionstüchtig bleibt. Für einen gasdichten Abschluss über zwölf Monate wird derzeit mit etwa 8 kg Material pro Quadratmeter gerechnet.

Es ist davon auszugehen, dass vor einer Markteinführung die Rezeptur und das noch zu entwickelnde Applikationsgerät aufeinander abgestimmt werden müssen.

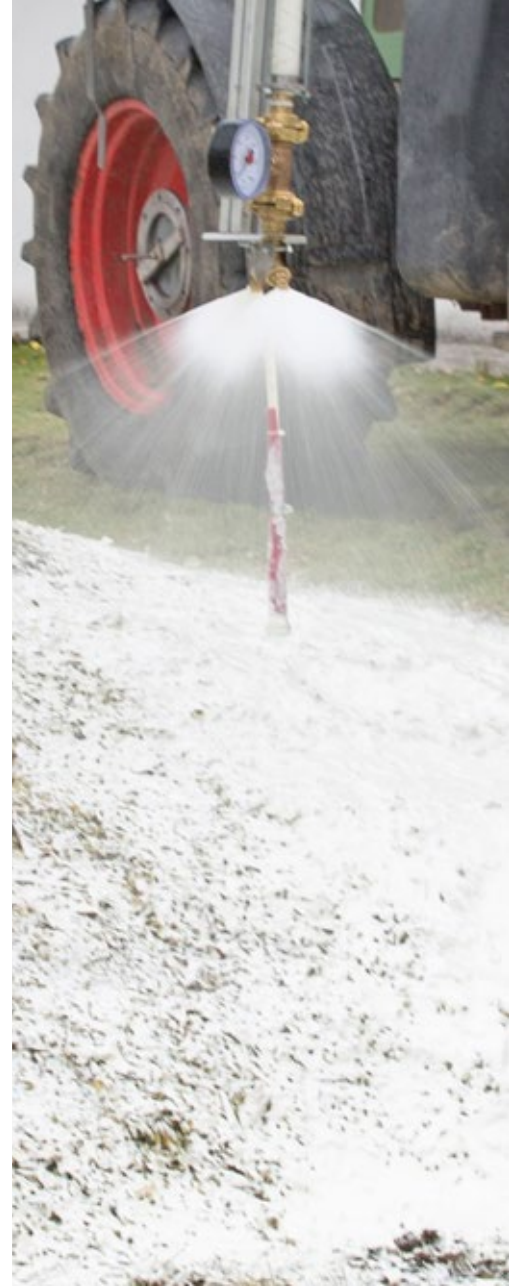




Abbildung 4: Blick auf Freigärhaufen mit aufgespritzter Silageabdeckung

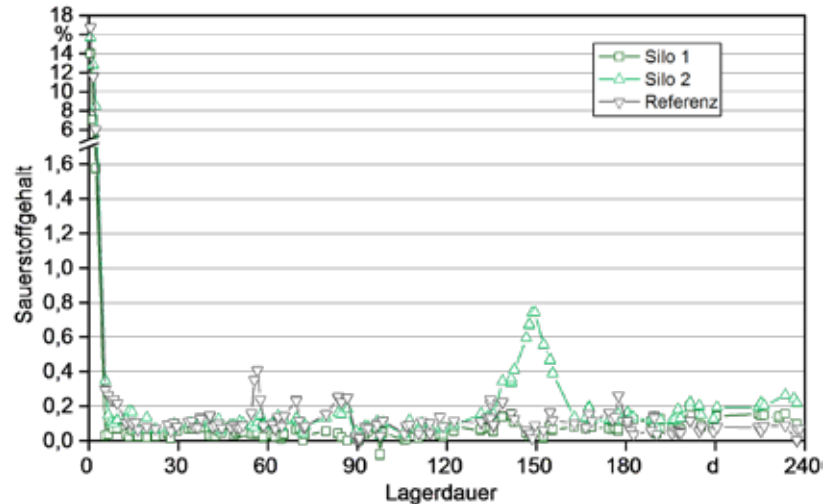


Abbildung 5: Entwicklung des Sauerstoffgehalts im Inneren des Freigärhaufens innerhalb von 240 Tagen

Abbaubarkeit der aufspritzbaren Silageabdeckung

Versuche zum anaeroben Abbau des Silageabdeckmaterials wurden am Institut für Landtechnik und Tierhaltung der Bayerischen Landesanstalt für Landwirtschaft (LfL-ILT) durchgeführt. Dabei ergaben sich keine Hinweise auf eine Beeinträchtigung des Gasbildungsprozesses in einer Biogasanlage. Weiterhin wurde

festgestellt, dass sich ein drei Monate altes Test-Material langsam abbaut. Nach ca. 100 Tagen im Durchflussreaktor weist es eine Abbaurate von durchschnittlich 30 Prozent (bezogen auf die Trockenmasse) auf. Es ist daher davon auszugehen, dass noch nicht vollständig abgebautes Abdeckmaterial im Gärrest verbleibt. Weitere Untersuchungen sollen klären, wie sich dieses Material im Gärrest nach der Ausbringung

weiter abbaut.

Die aerobe Abbaubarkeit wurde mittels Desintegrationstest im Komposter geprüft. Nach drei Monaten im Komposter betrug der Siebrückstand von 14 Monate alten Prüfkörpern circa 30 Prozent (bezogen auf die Trockenmasse). Folglich ist das Abdeckmaterial auch nach drei Monaten unter aeroben Bedingungen nicht vollständig abgebaut. Hierzu sind weitere Erkenntnisse nötig.

Für das Abdeckmaterial wurde bei der Normenkommission Einzel Futtermittel des Zentralausschusses der Deutschen Landwirtschaft ein Antrag zur Aufnahme als Einzel Futtermittel gestellt, um es zusammen mit der Silage zu verfüttern. Mit Ausnahme des Naturkautschuks sind alle Bestandteile des Silageabdeckmaterials bereits als Einzel Futtermittel oder Futtermittelzusatzstoff zugelassen. Die Normenkommission stellte fest, dass eine Einordnung des Materials als Einzel Futtermittel nicht gegeben ist, da es sich um eine Mischung mehrerer Rohstoffe handelt. Zudem lässt die Produktbeschreibung keinen Ernährungszweck erkennen.

Wirtschaftlichkeit

Eine Wirtschaftlichkeitsabschätzung des gesamten Abdeckverfahrens ergibt, dass mit dem neuen Silagematerial auf Basis nachwachsender Rohstoffe etwa drei- bis fünfmal höhere Kosten verursacht werden als bei einem konventionellen Abdeckverfahren mit drei Lagen Folie. Die höheren Materialkosten können nicht durch den geringeren Aufwand für Personal (kein Zu- und Aufdecken) und den Wegfall der Entsorgung der Plastikfolien kompensiert werden.

Unabhängig davon hilft das neue Verfahren Unfälle durch Stürze zu vermeiden, da keine Personen den Silagehaufen zum Zu- und Aufdecken betreten müssen.

Fazit und Ausblick

Mit dem neuartigen Verfahren einer aufspritzbaren Silageabdeckung aus nachwachsenden Rohstoffen steht eine Alternative zu konventionellen Plastikfolien zur Verfügung. Die Vorentwicklung wurde erfolgreich abgeschlossen: Mehrere Versuchsreihen bestätigen die Beständigkeit der Abdeckung gegenüber Umwelteinflüssen und den Erhalt der Silagequalität über einen längeren Zeitraum.

Das patentierte Verfahren kann nun durch Industriepartner weiterentwickelt und in die landwirtschaftliche Praxis überführt werden. Das Interesse seitens der Landwirtschaft ist groß.



**AUFSPRITZBAR
ABBAUBAR
SELBSTHAFTEND
PATENTIERT**

Sprayable Silage Cover from Renewable Raw Materials

by Veronika Schreieder, Dr.-Ing. Peter Emberger, Dr. Edgar Remmele and Dr. Klaus Thuncke

The preservation of feed by ensiling takes place by lactic acid fermentation, which requires anaerobic conditions. To achieve this, a gas-tight closure of the silage is crucial and currently ensured by petroleum-based plastic films. A silage cover must withstand severe external influences over the period of storage, which can be twelve months or more. It must be resistant against wind and water and additionally, a high UV resistance and temperature stability is required.

The method of conventional coverage of the silo with plastic films is labour-intensive and brings potential accident hazards

during covering and revealing the film. Also recycling and disposal of the films after use can be elaborate.

Thus, it was our motivation to develop an environmentally friendly, sprayable and self-adhesive silage cover based on renewable raw materials. The cover should be removed together with the silage. It should be digestible in biogas plants and possibly be fed to animals together with the silage.

For this purpose, formulations for a silage cover were developed and optimized. The properties of various samples were examined in the laboratory: elasticity has

reached high values of more than 90 %. Material shrinkage, water absorption and swelling behaviour were significantly reduced and therefore improved with ongoing level of development. Also a high level of gas-tightness of the material could be reached. The permeation coefficient for oxygen is only $2 \text{ cm}^3 \text{ m} / (\text{m}^2 \text{ d bar})$. The examination of the compatibility with silo paints shows that bituminous silo paints are not compatible with the new material. Suitable silo paints however, are based on epoxy resin, polyurethane or acrylic polymers.

For spraying the covering material in practical tests, a prototype of an



Test samples of the silage cover

application device was developed. The essential components are: two pumps, which are suitable for conveying shear-sensitive suspensions, a static mixer to intermix the two reactive components of the coverage material and flat spray nozzles, suitable for spraying the material onto the surface. Based on gained test experiences, key requirements for a practicable application device, which can be mounted on a carrier vehicle for the use on large silage heaps, were derived.

Practical silage tests were carried out with five different material formulations on miniature bunker silos made of concrete with a base area of two square meters each. After eight months of outdoor storage, the silos were sampled and analysed with regard to silage

quality, absence of mould and adhesion to the bunker silo wall.

The formulation, a two-component blend, that was matching all desired properties best, comprises 40.4 % rapeseed oil, 2.2 % cellulose fibers, 1.1 % calcium



Laboratory tests

sulfate and 0.9 % sodium alginate in component A as well as 27.5 % water, 18.4 % latex, 5.5 % glycerol, 2.2 % sorbitol and 1.8 % sodium benzoate in component B.

In final practical tests the silage cover was applied on two silage

heaps with a base area of 15 m² each. For application, the spray head was attached to an adjustable spray bar at the rear body of a tractor. The cover material could be successfully sprayed onto the heaps where it hardened within seconds.

After eight months of storage, especially at areas with thin layer thickness some little cracks occurred in the silage cover. The surface was brownish in colour and free of mould. The oxygen content inside all outdoor silage heaps was monitored regularly. It was reliable below 0.3 % even after a period of eight months. For analyses of the silage quality, the silage heaps were dissolved. Silage samples from 30 cm below the surface reach 100 DLG-points (DLG = Deutsche Landwirtschafts-

Gesellschaft, engl. German Agricultural Society), which demonstrate a very high fermentation quality.

Samples that were taken closely under the silage cover feature DLG-points from 80 to 87 which indicate good silage quality. More homogenous and thicker layers of the silage cover may lead to proper sealing and silage preservation for even more than eight months.

It can be assumed that - prior to market launch - final formulation adjustment and development of an application device need to be carried out.

First trials for anaerobic degradation of the novel silage cover material were conducted at the Institute of Agricultural Engineering and Animal Nutrition of the Bavarian State Research

Center for Agriculture (LfL-ILT). There are no indications of any impairment of the gas formation process. Furthermore, it was found that the tested material, which was three months of age degrades slowly. The degradation rate was 30 % in average (based on dry matter) after approximately 100 days in the flow-through reactor. Future work should therefore investigate how this material degrades in the digestate beyond that.

The aerobic degradability is tested by means of a disintegration test in the composter. The sieve residue of a sample, which was 14 months of age, was about 30 % after three months in the composter (based on dry matter). Hence, degradation behaviour should be investigated in future works.

For the utilisation of the silage cover material as feed (as component of the silage) an application for inclusion of the material as feed material by the Standard Commission on feed materials of the Central Committee of German Agriculture was made. With the exception of latex, all components of the silage cover material are already approved as feed material or feed additive. The Standard Commission stated, that an attribution of the silage cover to single feed materials is



Miniature bunker silos

not given, since it is a compound of several feedstocks. Additionally they remark, that an intended nutritional purpose cannot be recognized according to the product description.

An economic assessment of the entire covering process with the new silage material based on renewable raw materials shows that the costs are expected to be three to five times higher compared to the conventional covering process with three layers of foil. The higher material costs cannot be compensated completely by the less labour-intensive covering and uncovering nor by saving the disposal costs for the plastic film. The significant advantage in terms of reducing risks of accidents, since no persons have to climb up the silage heaps are not evaluated



Compacting of silage

here.

With the new method of a sprayable silage cover from renewable materials a promising alternative to conventional plastic films is available. Predevelopment could be finished successfully. Several trials verify high resistance of

the cover against environmental impacts and the preservation of the silage quality for a longer period of time. The patented method is now available for industrial parties for implementation in agricultural practice. There is a considerably high interest of farmers.

Das TFZ im Überblick



Rohstoffpflanzen und Stoffflüsse

Energie- und Rohstoffpflanzen liefern einen wertvollen Beitrag zur Energieversorgung und für stoffliche Nutzungspfade. Das Sachgebiet Rohstoffpflanzen und Stoffflüsse untersucht die Anbaueignung und Ertragsleistung neuer und wiederentdeckter Kulturarten im Forschungsgewächshaus oder in Parzellenversuchen unter hiesigen Bedingungen. Vielversprechende Kulturen werden in nachhaltige Anbausysteme eingeordnet, um die inner- und überbetrieblichen Stoffkreisläufe weitestgehend zu schließen. Durch definierte Qualitätsanforderungen an die Biomasse, Hinweise an die Züchter und Beratung zur Produktionstechnik profitieren Praktiker von der anwendungsorientierten Forschung.



Biogene Festbrennstoffe

Die angewandte Forschung und Entwicklung für die Verfahren zur Bereitstellung und Nutzung biogener Festbrennstoffe ist seit über 40 Jahren fester Bestandteil unserer Fachkompetenz. Schwerpunkte sind – neben Bereitstellungs- und Logistikketten für Brennstoffe – die Forschungsarbeiten zur Definition der Brennstoffqualität, zur Normung und Qualitätssicherung. Ein besonderer Fokus wird auch auf Verfahren zur thermischen Energieumwandlung gesetzt. Auf unseren Feuerungsprüfständen für Anlagen bis 500 kW Leistung werden die Zusammenhänge zwischen Brennstoffart / -qualität und dem Betriebsverhalten der Feuerungen, insbesondere hinsichtlich der Schadstoffemissionen untersucht. Mit modernster Messtechnik werden wesentliche Abgaskomponenten und der Anlagennutzungsgrad bestimmt.



Biogene Kraft-, Schmier- und Verfahrensstoffe

Die Herstellung, Qualität und Normung von Biokraftstoffen, sowie das Betriebs- und Emissionsverhalten von Motoren, die damit angetrieben werden, sind wichtige Forschungsaufgaben am TFZ. Dabei werden etablierte und neue Biokraftstoffe im Labor analysiert, weiter entwickelt und hinsichtlich ihrer Umweltwirkungen bewertet. Leistung, Verbrauch und Abgase von Pflanzenöl- und Biomethan-Traktoren werden am Prüfstand und im realen Betrieb (Real Driving Emissions) ermittelt. Umfassende Feldtests geben Hinweise auf deren Praxistauglichkeit. Pflanzliche Öle werden neben der Nutzung als Kraftstoff auch als Schmierstoff sowie als Bestandteil biologisch abbaubarer Abdeckmaterialien, zum Beispiel für Silos untersucht.



Information und Beratung

Zur Umsetzung der Energiewende im ländlichen Raum sind Beratung und Wissenstransfer von zentraler Bedeutung. Das am TFZ koordinierte Beratungsnetzwerk LandSchafttEnergie übernimmt hierbei eine Schlüsselrolle. Über 50 Projektmitarbeiter stärken bayernweit die bereits vorhandenen Kräfte bei einzelfallbezogenen Lösungen.

Durch die gebündelten Fachkompetenzen bietet das Netzwerk Beratung nach Maß, nicht von der Stange. Als gemeinsames Projekt der Bayerischen Staatsministerien für Wirtschaft, Energie und Technologie sowie für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten können die großen wirtschaftlichen und gesellschaftspolitischen Herausforderungen ressortübergreifend gemeistert werden.



Förderung

Der Einsatz nachwachsender Rohstoffe zur energetischen und stofflichen Nutzung ist im Vergleich zu fossilen Rohstoffen in vielen Fällen wirtschaftlich noch nicht konkurrenzfähig. Der Freistaat Bayern fördert daher Projekte zur energetischen und stofflichen Nutzung von Biomasse. Die entsprechenden Förderprogramme werden am TFZ vom „Förderzentrum Biomasse“ betreut und vollzogen. Dabei zählen die Bearbeitung und Bewilligung der eingereichten Förderanträge sowie die Auszahlung der beantragten Zuschüsse zu den Kernaufgaben des „Förderzentrums Biomasse“.



NAWAREUM

Handlungsorientiert, gesellschaftlich relevant, nachhaltig – so präsentiert sich das zukünftige Erlebnismuseum „NAWAREUM – Natürlich erneuerbar!“ ab 2020 in der Schulgasse in Straubing am TFZ. Interaktive Ausstellungseinheiten vermitteln spannend und anschaulich, wie ein nachhaltiger Umbau von Wirtschaft und Gesellschaft zur Sicherung der Lebensgrundlagen aussehen kann.

Die Wartezeit bis zur Eröffnung verkürzt das „Schaufenster NAWAREUM“ mit einem vielfältigen Veranstaltungsprogramm rund um die Themen Klimawandel, Ressourcenschutz und erneuerbare Energien und gibt einen Ausblick auf zukünftige Angebote. Weitere Informationen finden Sie unter www.nawareum.de



Das Technologie- und Förderzentrum (TFZ) ist eine direkt dem Bayerischen Staatsministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten zugeordnete Institution der angewandten Forschung auf dem Gebiet der Nachwachsenden Rohstoffe und ist gleichzeitig Bewilligungsstelle für die Projektförderung in Bayern. Aufgaben sind insbesondere:

- Weiterentwicklung der Anbausysteme für Energie und Rohstoffpflanzen sowie deren züchterische Bearbeitung
- Entwicklung, Erprobung und Optimierung von technischen Verfahren zur Bereitstellung, Qualitätssicherung und Nutzung von
 - biogenen Festbrennstoffen
 - biogenen Kraft-, Schmier- und Verfahrensstoffen
- Bewertung der Umweltwirkungen von Produktsystemen der Bioökonomie
- Bewilligung von Fördermaßnahmen für die energetische und stoffliche Nutzung von Biomasse
- Wissens- und Technologietransfer für Landwirtschaft, Unternehmen, Kommunen, Administration, Gesellschaft und Politik
- Demonstration, Ausstellung und Schulung

Impressum:

Herausgeber:
Technologie- und Förderzentrum (TFZ)
Leiter: Dr. Bernhard Widmann
Schulgasse 18
94315 Straubing
www.tfz.bayern.de

Redaktion:
Uli Eidenschink, Dr. Klaus Thuneke
Layout: Uli Eidenschink
Fotos: TFZ, soweit nicht anders gekennzeichnet;
Titelseite/S.11: Vektorgrafik landwirtschaftliche Maschine: Leonhard Büttner; Hintergrundbild-Original: © shujaa_777 / fotolia;
Hintergrund-Bearbeitung: Johannes Hench
Erscheinungsjahr: 2018
Erscheinungsort: Straubing
Verlag: Eigenverlag

© Alle Rechte vorbehalten

Unter Verwendung mineralölfreier (Mineralölanteil < 1 %) Druckfarben gedruckt auf chlorfreiem Papier aus nachhaltiger, zertifizierter Waldbewirtschaftung.

