

**Sachbereich: Forstnutzung  
(Forest products)**

**Abgeschlossene Vorhaben**



**Projekt:** „Mitwirkung bei der Erarbeitung des 2. regionalen Waldberichtes Rheinland-Pfalz“  
(Cooperation within drafting a regional forest report of Rhineland-Palatinate)

Nach der erstmaligen Erarbeitung eines Berichtes zur nachhaltigen Waldbewirtschaftung im Sinne der PEFC-Richtlinien im Jahr 2000, der sich in seinem Grundaufbau an den 6 Helsinki-Kriterien einer nachhaltigen Waldbewirtschaftung orientierte, erfolgte im Berichtsjahr die Erstellung des 2. Berichtes zur Aufrechterhaltung der PEFC-Zertifizierung der rheinland-pfälzischen Wälder. Nach Abschluss der Arbeiten innerhalb der PEFC-Arbeitsgruppe Rheinland-Pfalz wird nach redaktioneller Bearbeitung der Waldbericht Anfang 2006 veröffentlicht.

Der Bericht gibt aufbauend auf den Helsinki-Kriterien einen breit gefächerten Einblick in die rheinland-pfälzische Waldbewirtschaftung. Dabei kommt den durch die Arbeitsgruppe formulierten Zielsetzungen zu den einzelnen Aspekten der Waldbewirtschaftung eine besondere Bedeutung zu, da sie die Leitlinien für künftige Weiterentwicklungen zur kontinuierlichen Verbesserung der Waldbewirtschaftung vorgeben. Sie sind somit Maßstäbe, an denen die Waldbewirtschaftung in Zukunft zu messen ist.

**Veröffentlichung**

PEFC-ARBEITSGRUPPE RHEINLAND-PFALZ (Hrsg.) (2005): 2. Regionaler Waldbericht Rheinland-Pfalz. (Redaktionelle Bearbeitung: BÜCKING, M., JOCHUM, M., SCHUH, W., VOGT, W.). Forschungsanstalt für Waldökologie und Forstwirtschaft Rheinland-Pfalz, Trippstadt. 309 S.

**Summary**

The Forest Administration of Rhineland-Palatinate and parts of the private and communal forest owners participate in the certification system of PEFC. The basic condition for participating in this system is the elaboration of a regional forest report for Rhineland-Palatinate in collaboration with all social groups interested in forestry in the region (regional PEFC-working group Rhineland-Palatinate). A first discussion draft of the second report for the last 5 years was worked out by the Forest Research Institute of Rhineland-Palatinate. This draft was completed in the regional working group. As the main result the working group passed the definitive regional forest report for Rhineland-Palatinate as the most important condition for a successful certification for the forests in Rhineland-Palatinate.



**Projekt:** „Dreidimensionale Erfassung von Gehölzen in der freien Landschaft mittels Laserscan“  
 (Three-dimensional measuring of groves in non-forest landscapes by laser scan)  
 (Durchführung: Fachhochschule Rottenburg, Prof. R. Wagelaar)

Ziel dieses Projektes war die Erprobung von Daten aus Laserscan-Befliegungen und digitalen Orthophotos zur dreidimensionalen Erfassung von Gehölzen in der Landschaft. Hintergrund ist die aus Gründen des Klimaschutzes und der Zukunftsvorsorge zu überprüfende Frage, ob und in welchem Umfang die Ressource holzhaltige Biomasse energetisch genutzt werden kann. Bei dem Projekt handelt es sich um eine Machbarkeitsstudie, die zum einen die technische Seite beleuchtet, zum anderen den personellen sowie materiellen Input (Daten, Hard- und Software) und damit die Kosten darstellt. Dabei sollen die Ergebnisse auch auf andere Regionen übertragbar sein.

Durch die getrennte Aufzeichnung von First- und Last-Pulse-Messungen ermöglichen Laserscannerdaten die Erstellung von digitalen Geländemodellen (DGM) und digitalen Oberflächenmodellen (DOM), -aus diesen beiden Modellen kann durch einfache Subtraktion ein normalisiertes DOM (nDOM) berechnet werden, aus welchem direkt Objekthöhen abgelesen werden können.

Untersucht wurde ein 6 km<sup>2</sup> großes Gebiet bei Rottenburg a. N., für welches digitale Orthobild- und Laserscannerdaten vorlagen. Geprägt ist diese Region durch eine reichhaltige Strukturvielfalt, insbesondere auch Landschaftsgehölzen verschiedenster Art. Eine genaue Flächenerfassung mit Hilfe des ATKIS-DLM (AKTIS: Amtliches Topographisch-Kartographisches Informationssystem; DLM: Digitales Landschaftsmodell) erwies sich als zu ungenau, daher mussten die Möglichkeiten automatisierter Prozesse bei der Auswertung der Laserscandaten erprobt werden.

Die Ergebnisse zeigen, dass sich Gehölze in der

offenen Landschaft mit Hilfe von Laserscannerdaten der Landesbefliegung von Baden-Württemberg deutlich identifizieren und abgrenzen lassen. Die Abgrenzung kann weitgehend automatisiert erfolgen. Manuelle Nachbesserungen sind jedoch meist notwendig. Eine genaue Abgrenzung und Flächenerfassung ausschließlich mit Hilfe des Basis-DLM 25/1 und den ALK-Daten erscheint nicht möglich. Allerdings kann mit den genannten Daten eine effiziente Typisierung (Straßenbegleitgehölz, Ufergehölz usw.) und Zuordnung zu einer Nutzungskategorie sowie einem Eigentümer erfolgen.

Für die abgegrenzten Flächen können individuelle Höhen- und Volumenberechnungen durchgeführt werden. Es zeigt sich jedoch, dass Vegetationshöhen bei winterkahlen Laubgehölzen (Hecken mit eingesprengten Einzelbäumen) im Durchschnitt systematisch um ca. 25 % unterschätzt werden. Dies bedingt eine entsprechende Unterschätzung des Vegetationsvolumens. Korrekturverfahren wären denkbar und müssen in Folgearbeiten weiterentwickelt und erprobt werden.

Trotz der Unterschätzung von Vegetationshöhen zeigen die Untersuchungen dieser Studie, dass eine Höhenklassifizierung der Vegetation verhältnismäßig genau bleibt (71 % Übereinstimmung mit den Felderhebungen).

Die Klassifizierung der Vegetation nach dem Mischungsverhältnis über die Kronenschirmfläche führt mit dem vorliegenden Datensatz zu keinen zufrieden stellenden Ergebnissen (54 % Übereinstimmung mit den Felderhebungen). Dadurch wird eine Abschätzung der holzhaltigen Biomasse von Gehölzen erschwert. Korrekturverfahren bzw. Op-

timierungen der Analysen müssen in Folgearbeiten getestet werden.

Der Datensatz dieser Studie ist sehr gut geeignet, um die tatsächliche Geländeoberfläche ohne Objektstrukturen zu erfassen. Um jedoch Vegetationsoberflächen optimal abzutasten, wäre eine Sommerbefliegung mit höherer Punktdichte notwendig. Dadurch wäre eine Unterschätzung der Vegetationshöhen und Volumina stark minimiert. Dies bestätigen die Untersuchungen von HEURICH et al. (2004). Kronenschirmflächen könnten deutlich besser erfasst werden, wodurch gegebenenfalls eine Bestimmung des Mischungsverhältnisses verbessert werden könnte.

Der materielle und personelle Ressourcenbedarf kann nur für das zugekaufte Datenmaterial einigermaßen sicher mit rd. 60 €/km<sup>2</sup> beziffert werden. Eine exakte, auf die Flächeneinheit bezogene Kostenkalkulation ist aus verschiedenen Gründen nicht möglich:

Geodaten unterliegen i.d.R. einer Vielfachverwendung.

Hard- und Software unterliegen ebenfalls einer Vielfachverwendung.

Der tatsächliche Zeitbedarf für die Prozessierung und Auswertung der Daten ist vom Ausbildungs- und Übungsstand des Analysten abhängig. Einflussparameter sind neben dem Deckungsgrad der auszuwertenden Geländebereiche die Kompaktheit und Homogenität der zu untersuchenden Strukturen. In vorliegender Untersuchung wurde ein Zeitbedarfswert von 9 bis 10 Arbeitsstunden je km<sup>2</sup> ermittelt, wobei ein eingearbeiteter Analyst bei abwechslungsreicher Geländesituation unterstellt wurde.

Die zusätzliche Sommerbefliegung unter gleichzeitiger Erhöhung der Messpunktdichte (z. B. 5 bis 10 Messpunkte pro m<sup>2</sup>) ermöglicht eine verfeinerte Modellierung von Gehölzstrukturen.

### Summary

Because of climate protection and precaution it was to check, if and in which scale wooden biomass from non-forest landscape can be used for energy recovery. Aim of this subproject was testing of data from airborne laserscanning and digital air photographs for three-dimensional measuring of groves in non-forest landscapes.

This feasibility study shows that groves can be identified and delimited clearly. It also became evident that for automated computation of the heights and volumes of groves the available data are not quite sufficient yet. Improved methods are proposed and a cost estimate is made.



**Projekt:** „Stichproben– und Plotdesigns für Feldgehölzinventuren“  
(*Sampling and plot designs for grove inventory*)

(*Durchführung: Institut für Waldinventur und Waldwachstum der Universität Göttingen, Prof. Dr. Ch. Kleinn*)

Im Rahmen des Gesamtprojekts „Mobilisierung der holzhaltigen Biomasse aus der Landschaft“ ist dieses Teilprojekt eine der Voraussetzungen, um die Zielvariable –Flächengröße bestimmter Gehölzstrukturen– mit vertretbarem Aufwand zu bestimmen, und dies v. a. im Hinblick auf eine mögliche energetische Verwertung.

Da eine großflächige Vollaufnahme von Feldgehölzen aus ökonomischen Gründen ausscheidet, ist Gegenstand dieses Projektes, ein angepasstes Stichprobenverfahren zur Erfassung von Feldgehölzen nach Typ und Struktur zu finden. Feldgehölze sind charakterisiert über ihre zumeist lockere und unregelmäßige räumliche Verteilung in der Landschaft. Zudem treten sie in zahlreichen Ausprägungen auf, was ihre horizontale Geometrie (z.B. Einzelstrukturen, Kleingruppen, linien-/streifenförmige Anordnungen) und vertikalen Aufbau und Schichtung angeht (Bäume bis zu bodennahen, weit ausladenden Gebüsch– und Strauchausformungen). Im Vergleich hierzu weisen geschlossene Waldbestände ein deutlich höheres Maß an Gleichförmigkeit auf. Die Untersuchungen fanden auf der Gemarkung Weilerbach im Landkreis Kaiserslautern auf insgesamt 631 ha statt. Ziel der vorliegenden Studie ist, zur Methodenentwicklung für die Erfassung von Gehölzstrukturen im Offenland beizutragen, ein geeignetes Stichprobenverfahren vorzuschlagen und dies anhand einer Fallstudie exemplarisch zu illustrieren. Stichprobendesign und Probeflächendesign sind zentrale Elemente Stichproben basierter Studien. Die Analyse zum Stichprobendesign konzentrierte sich auf Vergleich von Zufalls– und systematischer Auswahl, die Analyse zum Probeflächendesign bezog sich auf die Größe quadratischer Probeflächen. Der Vergleich der einfachen

Zufallsstichprobe mit der systematischen Stichprobe bestätigte die Überlegenheit der systematischen Auswahl. Bei Verwendung quadratischer Probeflächen der Seitenlänge 40 m innerhalb eines quadratischen Stichprobenrasters der Weite 250 m wurde ein Standardfehlerprozent der Flächenschätzung von 2,18 % ermittelt. Dieses Inventurdesign erscheint ob seiner Praktikabilität bei der Feldaufnahme wie auch hinsichtlich der statistischen Genauigkeit empfehlenswert, wobei im vorliegenden Fall lediglich die Gehölzfläche Zielvariable war. Bei Untersuchung anderer Variablen (Biomasse, Artenzusammensetzung etc.) sind höhere Standardfehler bzw. Standardfehlerprozent zu erwarten.

### Summary

Objective of this study was to develop a field sampling and plot design for area estimation of off-forest woody vegetation. A study area of about 631 ha of open land was used, where all woody vegetation was field mapped with a differential GPS. Random sampling was compared to systematic sampling and square plots of different size were analysed for precision. Systematic sampling was clearly superior to random sampling. It was found that a square field plot of 40 m side length and a square sample grid of 250 m size yield a relative standard error of about 2,18 %, which is being regarded as recommendable from a practical and from a precision point of view. This study was exclusively on area estimation; estimation of other attributes (such as biomass species composition etc.) will probably result in somewhat higher standard errors.



**Projekt:** „Feldgehölkartierungen mit Hilfe moderner Vermessungsgeräte“  
(*Grove mapping by modern surveying instruments*)

(*Durchführung: Institut für Waldinventur und Waldwachstum der Universität Göttingen, Prof. Dr. Ch. Kleinn*)

Fernerkundungsdaten sind für die Erfassung und Kartierung von Gehölzen außerhalb des Waldes eine der effizientesten Methoden. Gehölzstrukturen im Offenland sind sowohl in ökologischer wie auch in nutzungsorientierter Sicht wichtige Elemente der Landschaft und damit auch Ressourcen. Sind über die reine Kartierung hinaus Sachdaten (z.B. Arten, Struktur, Biomasse) von Interesse, so sind fernerkundungsgestützte Kartierungen durch geeignete (stichprobenweise) Feldaufnahmen zu ergänzen. Die terrestrische Kartierung stellt unter anderem eine „ground truth“ her, mit der Luftbilder unterschiedlicher Auflösung auch in ihrer absoluten Genauigkeit eingewertet werden können.

Im vorliegenden Projekt wurde eine GPS-gestützte Vollaufnahme mit zwei Luftbild-gestützten Stichprobenverfahren im selben Untersuchungsgebiet, nämlich dem Offenlandbereich von rd. 630 ha in der Gemeinde Weilerbach im Landkreis Kaiserslautern direkt verglichen. Die Klassifizierung der Gehölztypen als wichtige Voraussetzung für eine klare Abgrenzung erfolgte im Anhalt an die Biotopkartierung in Rheinland-Pfalz. Als Luftbildmaterial standen Normalfarb-Orthophotos mit Auflösungen von 1 m und 0,25 m zur Verfügung. Für die terrestrische Aufnahme stand ein GS20 von Leica zur Verfügung, das GPS und GIS-Funktionalitäten so verbindet, dass im Feld eine Real-Time-Kartierung stattfinden konnte. Neben der Erfassung der Gehölz-Polygone wurden auch holzmesskundliche Merkmale wie Höhe und Brusthöhdurchmesser erhoben.

Der Lagevergleich der Polygone zwischen der terrestrischen Aufnahme und den beiden Orthophotointerpretationen ergab weder in der Abweichungsdistanz noch in der Abweichungsrich-

tung eindeutige Unterschiede. Beim Vergleich der Zuordnung der Gehölze nach Klassen ergab sich zwischen terrestrischer und Fernerkundungsauswertung große Differenzen, wobei der Unterschied zwischen den beiden Fernerkundungsvarianten summarisch unbedeutend war.

Zu den Gründen gehören sicher auch die unterschiedlichen Aufnahmezeitpunkte: während die Luftbilder aus dem Jahr 2002 stammen, erfolgten die Feldarbeiten im Jahr 2004; bei der teilweise hohen Dynamik von Offenlandgehölzen können Luftbilder bereits ab einem Alter von 3 bis 5 Jahren als veraltet gelten. Eine Verbesserung der Genauigkeit könnten aus möglichen Kombinationen von Falschfarbeninfrarotbildern und Stereoluftbildern erreicht werden.

Die größere Bodenauflösung von 0,25 m ergab gegenüber der 1 m-Variante keine nennenswerten Vorteile.

Prinzipiell ist der Funktionsumfang des Leica GS20 für die Erfassung von Gehölzstrukturen im Offenland gut geeignet. Diverse Verbesserungen an der Hard- und Software lassen eine Steigerung der Aufnahmegenaugkeit wie auch eine Verringerung des Aufwandes beim unerlässlichen Nachprozessieren erwarten.

### Summary

The aim of this project was to find and test efficient techniques for mapping groves in non-forest sites. Two basic approaches of mapping wooden structures on about 630 ha openland in Rhineland-Palatinate were compared. The field data were gained by a submeter-GPS (Leica GS 20) with integrated GIS-funcions. Postprocessing of the field data is absolutely necessary and more effi-

cient than real-time correction in the field. The aerial photo interpretation (colour orthophotos of 0,25 and 1 m ground resolution) showed no sufficient accordance with the GPS-mapping. Further-

more the aerial photos with the higher resolution (0,25 m) brought no advantages in the tested context.



**Projekt:** *„Die Forst-, Holz- und Papierwirtschaft in Rheinland-Pfalz“  
(Forest, wood and paper sectors of economy in Rhineland-Palatinate)*

Das EU-Parlament hat den Zusammenhang von Forst-, Holz- und Papierwirtschaft betont und darauf hingewiesen, dass dieser Sektor zu den wichtigen europäischen Industrien gehört. Deshalb stellt sich auch in Rheinland-Pfalz die Frage nach der gesamtwirtschaftlichen Bedeutung der Industrien, die mit dem Rohstoff Holz wirtschaften, nach der Holz-Wertschöpfung im Land und wie sich der regionale Forst-Holz-Papier-Sektor in die rheinland-pfälzische Wirtschaft einpasst.

Zu diesem Zweck wurde die rheinland-pfälzische Umsatzsteuerstatistik 2002 ausgewertet. Im Berichtsjahr gab es 8.500 Unternehmen mit einem Umsatz von ca. 8,3 Mrd. € und etwa 50.000 Beschäftigten im Land, die auf den Rohstoff Holz angewiesen sind. Ca. 90 % aller Unternehmen des rheinland-pfälzischen Forst-, Holz- und Papiersektors wirtschaften im Bereich der Holzverarbeitung. Sie stellen nach den Umsätzen die drittgrößte und nach den Arbeitsplätzen die zweitgrößte Branche des verarbeitenden Gewerbes im Land dar.

Um Hinweise über die Holz-wertschöpfung in Rheinland-Pfalz zu erarbeiten, wurden die Erkenntnisse aus der Umsatzsteuerstatistik mit den Angaben der bundesweiten Input-Output-Tabellen von 1997 zusammengeführt. Die rheinland-pfälzische Holzkette von der Forstwirtschaft über das Holzgewerbe zum Baugewerbe und Möbelbau erwirtschaftete 2002 eine Wertschöpfung von fast 1,2 Mrd. €. Die rheinland-pfälzische Papierkette von der Forstwirtschaft über die Papierherstellung zu den Papierwaren bzw. über das Druckgewerbe zum Verlagsgewerbe hatte 2002 eine Wertschöp-

fung von über 2 Mrd. €.

Der Wert des Forst-Holz-Papiersektors für die regionale Wirtschaft wurde anhand der volkswirtschaftlichen Gesamtrechnung 2002 für Rheinland-Pfalz in Verbindung mit den veröffentlichten Informationen über die marktpreisbezogenen Bruttoinlandsprodukte je Erwerbstätigem nach Verwaltungsbezirken des Jahres 2000 begutachtet. Die Leistungsfähigkeit des rheinland-pfälzischen Forst- und Holzsektors von durchschnittlich ca. 48.000 € / Erwerbstätigem und Jahr entspricht den ländlichen Räumen, während die Papierwirtschaft mit ca. 65.000 € / Erwerbstätigem und Jahr die Produktivität erreicht, wie sie in Ballungsräumen üblich ist.

### Summary

As the EU-parlament has stressed upon the importance of all industries that depend on wood and other forest products, this study aimed at characterizing the related industries in Rhineland-Palatinate with special regard to their impact on the rhenish-palatine national economy. On this behalf, the rhenish-palatine sales tax statistics, national accounting and input-output-statistics were analysed.

In Rhineland-Palatinate, in the year 2002 there were 8.500 companies generating 8.3 billions € sales and employing ca. 50.000 people. The wood processing industries, which are 90 % of the total wood dependent economy, were second in employing people and third in sales. There was a significant 3.2 billion € net product. Gross domestic product per employee pointed out that wood in-

dustries are better for rural areas than for industrialized in terms of productivity. Paper industries

are, however, an exception to this rule.



**Projekt:** „Niedertemperatur-Stirlingmotoren“  
(Low temperature stirling engines)

(Durchführung: Fachbereich Maschinenbau der Fachhochschule Trier, Prof. Dr. H. Zoppke)

Seit einiger Zeit werden für die paraäquatorialen Länder Stirlingmotoren mit Sonnenkollektoren entwickelt, die Wärme auf niedrigem Niveau nutzen sollen. Solche Motoren könnten auch für die Nutzung solarthermischer Abwärme in Mitteleuropa interessant sein. Deshalb war es Ziel der Untersuchung, die spezifische Leistung von Niedertemperatur-Stirlingmotoren so anzuheben, dass sie sich auch unter unseren Klimabedingungen zur Abwärmenutzung verwenden lassen. Zu diesem Zweck wurde ein Niedertemperatur-Stirlingmotor mit eingebautem Sonnenkollektor technisch analysiert und wirtschaftlich begutachtet. Darüberhinaus wurden Optimierungsspielräume für diesen Motor ausgelotet.

Die obere Prozesstemperatur des Testgeräts übersteigt kaum 65 °C. Anscheinend begrenzt der Sonnenkollektor die Leistungsfähigkeit des Motors. Damit übereinstimmend lässt sich der Niedertemperatur-Stirlingmotor unter mitteleuropäischen Verhältnissen nicht wirtschaftlich betreiben, wenn er mit einem Kredit finanziert wird. Um wirtschaftlicher zu arbeiten, müsste eine solche Maschine mit Wasserstoff als Arbeitsgas bei einem höheren Druck betrieben werden oder mit höherer Drehzahl laufen.

Wasserstoff und Druckerhöhung bedingen aufwendige Motorkonstruktionen. Wie die Autoren anhand einer Dimensionsanalyse herausgefunden haben, lässt sich auch die Nenndrehzahl nicht beliebig variieren. Sie hängt vielmehr vom Hubvolumen, der oberen Prozesstemperatur und der Gaskonstante ab.

### Summary

The objective of this study was to assess the opportunities of increasing the thermo dynamical efficiency of low temperature stirling engines. The study showed that there is limited space for improvement.



**Projekt:** „Die bivalente Getreidefeuerung“  
(A combined energy crop and wood pellet heating)

(Durchführung: Fachbereich Versorgungs- und Energietechnik, Lebensmitteltechnik,  
Fachrichtung Versorgungs- und Energietechnik der Fachhochschule Trier: Prof. Dr.  
M. Schlich)

Vor dem Hintergrund sinkender Getreidepreise und der novellierten TA-Siedlungsabfall, die seit diesem Jahr ein Deponieverbot für verpilztes und versportetes Abfallgetreide vorsieht, könnte die energetische Getreidenutzung einen Weg zur Inwertsetzung dieses Materials darstellen. Deshalb war es das Ziel der vorliegenden Studie, die rechtlichen und technischen Bedingungen für kleine Getreidefeuerungen bis 100 kW zu evaluieren, geeignete Produkte zu identifizieren und eine exemplarische Anlage auszulegen, aufzubauen und zu prüfen.

Die 1. BImSchV für Kleinf Feuerungsanlagen bis 100 kW sieht Getreidekörner nicht als biogenen Festbrennstoff vor. Allerdings könnte Rheinland-Pfalz dieses Material in der Umsetzung der Immissionsschutzverordnung als strohähnlichen pflanzlichen Stoff betrachten.

Wegen der hohen Proteingehalte besteht bei der Getreideverbrennung die Gefahr hoher NO<sub>x</sub>- oder gar Dioxin-Emissionen und vorzeitiger Kesselkorrosion. Außerdem verschlackt der Brennraum bei der Getreideverbrennung leicht, weil die Getreideasche bereits bei 700 °C schmilzt. Die NO<sub>x</sub>-Emissionen sind für Kleinf Feuerungen in der 1. BImSchV nicht geregelt. Die Kessel korrodieren nicht, wenn die Abgastemperaturen den Salzsäuretaupunkt nicht unterschreiten. Die Brennraumverschlackung lässt sich durch Brandkalkzugabe und permanenten Ascheaustrag minimieren.

Für die vorliegende Studie ließen sich fünf geeignete Getreidefeuerungsanlagen identifizieren, von denen eine in ein Heizsystem eingebunden und abgastech nisch begutachtet wurde. Diese Anlage hat bei der Verbrennung von Weizen, Gerste oder

Strohpellets alle Abgaswerte der 1. BImSchV eingehalten.

### Summary

The objective of this study was to assess legal and technical preconditions for small combined energy crop and wood pellet heatings < 100 kW, to identify adequate products, to install and to test one of these. Energy crops are not regarded as bio fuel. However, it could be regarded as straw like material in Rhineland-Palatinate.

Due to high protein contents, there are different problems with energy crop burning technology. They can be, however, managed.

Five adequate systems were identified. One was tested with wheat, barley and straw pellets. The heating fulfilled all legal emission demands.



**Projekt:** „Heizwert und Wirtschaftlichkeit trockener Holzhackschnitzel“  
(Heating value and economic efficiency of artificially dried wood chips)

(Durchführung: Institut für angewandtes Stoffstrommanagement der Fachhochschule Trier, Umweltcampus Birkenfeld, Prof. Dr. P. Heck)

Sägewerke könnten ihre Hackschnitzel zunehmend an Energieversorger anstatt an Industrieholzhändler absetzen, wenn sie trocken genug wären. Deshalb war es das Ziel dieser Studie, herauszufinden, ob sich die Trocknung der Holzhackschnitzel in einer nicht voll ausgelasteten Sägewerkstrockenkammer lohnt.

Die Untersuchung hat gezeigt, dass es für ein mittelständisches Sägewerk nicht sinnvoll ist, die Holzhackschnitzel künstlich zu trocknen. Die Berechnungen am konkreten Beispiel machten darüber hinaus deutlich, dass es vielmehr vorteilhaft ist, in die natürliche Holzhackschnitzeltrocknung zu investieren, wenn sich trockene Hackschnitzel

sicher absetzen lassen. Unter natürlicher Holzhackschnitzeltrocknung versteht man verschiedene Lagertechniken, die die Materialtrocknung fördern.

**Summary**

The objective of this study was to assess the economic efficiency of kiln dried wood chips for energy suppliers. This product, however, was not a good alternative to wet wood chips for industrial wood traders. On the other hand, it will make sense to invest into natural wood chip drying capacities, if there are sufficient assured sales opportunities to energy suppliers.



**Projekt:** „Dämmeigenschaften von TMP-Faserstoff unterschiedlicher Holzarten“  
Insulation properties of thermo-mechanical pulps from different wood species

(Durchführung: Fachbereich Architektur, Raum- und Umweltplanung, Bauingenieurwesen, Fachgebiet Bauphysik / Technische Gebäudeausrüstung / Baulicher Brandschutz der Technischen Universität Kaiserslautern, Prof. Dr. H. Heinrich)

Die verschiedenen Holzarten leiten Wärme unterschiedlich gut. Vor diesem Hintergrund wurde untersucht, inwieweit sich die Dämmeigenschaften von losen Dämmstoffen aus Holz durch den gezielten Einsatz einer Holzart optimieren lassen. Zu diesem Zweck wurden die Wärmedämmeigenschaften von TMP-Faserstoff aus Fichte, Kiefer, Buche und Pappel unterschiedlicher Dichte und Feuchte charakterisiert.

Generell eignet sich TMP-Faserstoff mit einer Wärmeleitfähigkeit von 0,040 W/mK als Wärmedämmstoff. Holzart und Materialkonditionierung sind in diesem Zusammenhang von untergeordneter Bedeutung. Demgegenüber wirkt sich die

TMP-Dichte zwar geringfügig, aber signifikant auf die Wärmeleitfähigkeit aus.

**Summary**

The objective of this study was to evaluate the heat insulating properties of thermo-mechanical pulps (TMP) from spruce, pine, beech and poplar with special regard to apparent density and climatic conditioning. The basic idea was to optimize the heat insulating properties of wood based fill in insulation through the specific use of wood species.

With average heat conductivities of 0,040 W/mK TMP was good for heat insulation. There were

minor impacts of wood species and climatic conditioning on heat conductivities. Apparent densi-

ties, however, had a small but significant effect on heat conductivity.



**Projekt:** „Selbstverlöschendes Flüssigholz“  
(Self extinguishing liquid wood)

(Durchführung: Fachbereich Polymertechnologie der Fachhochschule Kaiserslautern,  
Standort Pirmasens, Prof. Dr. J. Schuster)

Mit Flüssigholz gibt es seit einigen Jahren einen Holzwerkstoff, der sich wie Kunststoffe direkt dreidimensional verarbeiten lässt. Allerdings ist er teurer als PVC. Deshalb ist es notwendig, ihn mit einem Zusatznutzen auszustatten. Ein solcher Nutzen könnte die brandschutztechnische Aufrüstung des Holzwerkstoffs sein. Zu diesem Zweck wurden der extrudierbare Werkstoff „Lex 452“ und der spritzbare Werkstoff „Fasal 337/0“ mit verschiedenen Brandschutzmitteln verschnitten und auf ihre mechanischen Eigenschaften und ihre Brennbarkeit hin untersucht.

Für die Aufrüstung von Lex 452 eignete sich Triethylphosphat am besten. Alle anderen Zusatzstoffe verschlechterten entweder die mechanischen Werkstoffeigenschaften deutlich oder hatten keine positiven Auswirkungen auf die Feuerbeständigkeit des Materials. Triethylphosphat dagegen ließ sich dem Werkstoff Lex 452 zu 10 % beimischen. Bei höheren Anteilen verschlechterten sich die mechanischen Eigenschaften des Werkstoffs. Das Brandschutzmittel verringerte die Abbrandgeschwindigkeit und die Brennzeit. Allerdings reichte die Verbesserung nicht aus, um den Werkstoff DIN-gerecht in die Brandschutzklasse 1 (schwer entflammbar) einzuordnen.

Anders als Lex 452 ließ sich Fasal 337/0 durch die Zugabe von Triethylphosphat nicht merklich verbessern. Auch die anderen untersuchten Brandschutzadditive hatten kaum positive Auswirkungen auf Fasal 337/0. Lediglich 50 % Afrimal 103 konnte den Brandschutz dieses Materials verbessern. Allerdings geht bei solch hohem Brandschutzmittelanteil der Holzcharakter des Materials

verloren.

### Summary

The objective of this study was to improve liquid wood, a three dimensionally treatable wood working material, by adding fire retardants. Therefore, extrudable “Lex 452” and injection mouldable “Fasal 337/0” were equipped with different fire retardants and tested for their mechanical and fire properties.

Lex 452 was best with 10 % triethylphosphate. This combination ameliorated fire resistance properties without spoiling mechanical properties. However, there was no DIN-suitable improvement. Higher triethylphosphate contents spoil the mechanical properties. All other fire retardants spoil the mechanical properties or had no fire protective effects.

Fasal 337/0 was best with 50 % Afrimal 103. However, the high fire retardant proportion made the resulting composite lose its wood material character.



**Projekt:** *„Machbarkeit der Holz-Wärmeversorgung eines Schulzentrums“  
(Feasibility of a wood heating system for a school center)*

*„Energieanalyse einer Schule“  
(Energy analysis of a school)*

*„Sanierungskonzept einer Grund- und Hauptschule“  
(Renovation concept for a primary and secondary school)*

*„Erneuerbare Energien in einem Warmfreibad“  
(Renewable energies in a heated lido)*

*(Durchführung: Institut für Innovation, Transfer und Beratung GmbH, Prof. Dr. G. Schaumann)*

Die 4 Studien hatten zum Ziel, die Einsatzmöglichkeiten erneuerbarer Energien im kommunalen Umfeld unter verschiedenen exemplarischen Gesichtspunkten zu beleuchten. So wurde zum einen ein Konzept für ein Biomasse-Nahwärmesystem mit Solarthermie und Fotovoltaik für eine Schule mit Turnhalle und Hallenbad entwickelt, wie sie sich in mehreren rheinland-pfälzischen Gemeinden findet. Zum anderen wurden ähnliche Überlegungen unter Berücksichtigung einer Holzpellet-Container-Heizanlage als kostengünstige Alternative zu herkömmlichen Heizzentralen angestellt. Demgegenüber stellte das Sanierungskonzept einer Grund- und Hauptschule die Wirtschaftlichkeit von Dämmmaßnahmen in den Vordergrund und die Überlegungen zum Warmfreibad machen die Möglichkeiten und Grenzen von Biomasse- und Sonnenenergie unter den besonderen Ansprüchen der Freibadheizung deutlich.

Das Konzept für die Biomasse-Nahwärme zeigte, dass ein Biomasse-Nahwärmesystem Wärme zu den gleichen Preisen wie dezentrale Heizöl-Niedertemperaturkessel liefern kann. Demgegenüber sind die Holzenergie-Wärmepreise für ein Holzpellet-Containersystem sowie im Waldwarmfreibad um jeweils ca. 10 % höher als bei herkömmlicher Technik. Der Vergleich der Studien

macht deutlich, dass die Wirtschaftlichkeit einer Biomassefeuerung wegen der höheren Investitionskosten wesentlich von einer gleichmäßig hohen Anlagenauslastung abhängt. Dies ist besonders dann wichtig, wenn Wärmeleitungen für ein Nahwärmenetz gelegt werden. So rechnet sich ein Nahwärmesystem für das Warmfreibad nicht, weil die nächste Wärmesenke weiter als 100 m entfernt ist.

Für die Konzeption einer Heizung hat der Gebäudedämmstandard eine große Bedeutung. Allerdings machen sich Investitionen in die Dämmung innerhalb der Nutzungsdauer der Dämmmaterialien nur selten bezahlt. Beispielsweise lassen sich in der untersuchten Grund- und Hauptschule nur Dach und Boden für den Energieeinsparverordnungstandard wirtschaftlich dämmen. Soll der anspruchsvollere Niedrigenergiehausstandard eingehalten werden, so macht sich nur die Dachdämmung bezahlt. Der Passivhausstandard eignet sich konstruktionsbedingt anscheinend nicht für Schulgebäude aus den 60er Jahren, wie im begutachteten Fall.

Strom lässt sich besonders durch Energiesparlampen und bedarfsgesteuerte Heizungsumwälzpumpen sparen. Die Photovoltaikanlagen für die Schulen amortisieren sich in 7-11 Jahren und lassen

danach beträchtliche Einnahmen erwarten.

**Summary**

The objective of these studies was to highlight several aspects concerning the opportunities of wood energy in municipal surroundings. For this purpose two school centres and a lido were assessed in terms of energy costs if equipped with a wood pellet small scale district heatings, and one school centre was assessed in terms of insulating

economic efficiency.

Wood heating costs are most influenced by investive costs. This is especially true if there are small scale district heating mains to be supplied. Therefore it is crucial to make full use of such systems. Fore example, there was no good use for a small scale district heating in the lido, because there were not enough heat requirements nearby. On the other hand, besides roof insulation, doesn't make sense, because it doesn't pay back in service time.



**Projekt:** *„Sanierungskonzept für Grundschulen,“  
(Renovation concept for elementary schools)*

*(Durchführung: Institut für Innovation, Transfer und Beratung GmbH, Prof. Dr. R. Simon)*

Vor dem Hintergrund der anstehenden Sanierungsmaßnahmen vieler rheinland-pfälzischer Schulen und Kindergärten war es Ziel dieser Studie, die kurzfristig notwendigen Maßnahmen für ein exemplarisches Objekt, eine Grundschule mit Turnhalle und Kindergarten, zu identifizieren und technisch, wirtschaftlich und ökologisch zu bewerten.

Bei der Schule mit einem Baustandard der 60er und 70er Jahre lohnt sich die energieeinsparverordnungsgerechte Geschossdeckendämmung, selbst noch mit Dämmmaterialien aus nachwachsenden Rohstoffen infolge der erzielbaren Heizkostensparnis. Demgegenüber lassen sich bei einer 30-jährigen Nutzungsdauer weder die Außenwanddämmung noch neue Fenster wirtschaftlich rechtfertigen. Selbst eine 40 %ige Erhöhung der Heizölpreise oder Verringerung der Investitionskosten verkürzt die Amortisationszeit dieser Maßnahmen nicht auf unter 30 Jahre. Noch ungünstiger stellt sich die Prognose bei der Verwendung nachwachsender Rohstoffe dar.

Die günstigste Heizung ist im untersuchten Objekt eine zentrale Ölheizung. Erst 40 % höhere Heizölpreise (Preisbasis 44 ct / l) oder 40 % geringere

Investitionskosten würden eine Holzpellettheizung konkurrenzfähig machen. Dennoch wäre eine Pellettheizung ökologisch wünschenswert, weil sie gegenüber der Ölheizung rund 85 % CO<sub>2</sub> einspart.

Die Studie macht darauf aufmerksam, dass Drei- und Vierbandlampen mit elektronischen Vorschaltgeräten und Parabolspiegelrastern gegenüber den in solchen Schulen üblichen Leuchtstoffröhren erheblich Strom einsparen helfen. Allerdings ist es zur Zeit immer noch kostengünstiger, nichts an den Leuchtstoffröhren zu verändern. Mit modernen Heizungsumwälzpumpen lassen sich zudem ca. 80 % der Elektrizität für diesen Bereich einsparen. Photovoltaik würde sich in ca. 10-11 Jahren amortisieren.

**Summary**

The objective of this study was to assess the short term activities for updating a typical primary school with sports hall and kindergarten with building standards from the sixties and seventies. Roof insulation in such buildings will pay back through heating cost savings even if carried out with insulating materials from renewables. On the

other hand there is no economical advantage for better wall insulation or better windows, because they don't pay back in service time.

The cheapest heating will be an oil heating. In ecological terms, a wood pellet heating would be best, however, as it could save up to 85 % of CO<sub>2</sub> emissions.

There are good opportunities to save electrical power through special equipped three band bulbs and modern heating water pumps. The bulbs however won't pay back. A photovoltaic power generator on the school roof will pay back in 10-11 years time.



**Projekt:** *„Machbarkeit einer kommunalen Holz-Nahwärme,,  
(Feasibility of a municipal wood small scale district heating)*

*(Durchführung: Institut für Innovation, Transfer und Beratung GmbH, Prof. Dr. R. Simon)*

Vor dem Hintergrund, dass in vielen Gemeinden kommunale und kirchliche Gebäude in enger Nachbarschaft beieinander stehen, war es Ziel dieser Studie, die Energiebilanzen, wirtschaftlichen Aspekte, Wärmepreise und Empfindlichkeiten gegenüber Brennstoff-Preisänderungen von gemeinsamen Wärmeversorgungen unterschiedlicher Größe auf Erdgas bzw. Biomassebasis der herkömmlichen dezentralen Wärmeversorgung mit Erdgas-Niedertemperaturkesseln exemplarisch gegenüberzustellen.

Die Untersuchung macht deutlich, dass sich zentrale und dezentrale Wärmeversorgungen mit Erdgasfeuerungen weder hinsichtlich der Wärmepreise noch hinsichtlich des CO<sub>2</sub>-Ausstoßes deutlich voneinander unterscheiden. Auch Anlagen mit Holzpellets und Hackschnitzeln lassen sich wirtschaftlich und ökologisch miteinander vergleichen.

Am konkreten Objekt würde erst ein großer Holz-nahwärmeverbund mit 11 kommunalen oder kirchlichen Gebäuden, die einen Gesamtwärmebedarf von über 500.000 kWh<sub>th</sub> / Jahr haben, die Wärme zu Preisen liefern, die mit dezentralen Erdgasfeuerungen konkurrieren können. Auf der anderen Seite helfen alle Biomasse-gestützten Wärmeversorgungen, ca. die Hälfte des CO<sub>2</sub>-Ausstoßes gegenüber herkömmlichen Erdgasheizungen einzusparen.

Ein kleineres Holz-nahwärmesystem, das ca. 250.000 kWh<sub>th</sub>/ Jahr liefern könnte, wäre dann im Vergleich zum Erdgas günstiger, wenn der Erdgasarbeitspreis um über 40 % steigen würde oder der Holzpelletpreis nicht höher als ca. 117,- € / t wäre. Demgegenüber wäre das 500.000 kWh-Holz-nahwärmesystem schon bei den aktuellen Brennstoffpreisen konkurrenzfähig, so dass die Betreiber selbst Waldhackschnitzel mit einem Preis von bis zu 15,3 € / srm verbrennen könnten. Solche Preise bewegen sich durchaus im oberen Bereich der aktuellen Holzhackschnitzelvergütungen.

### Summary

The objective of this study was to assess the feasibility of differently sized small scale district heatings on natural gasoline or fuel wood basis as compared to conventional decentralized gas heatings. There were no big differences between centralized and decentralized heatings in terms of heating costs and CO<sub>2</sub> emissions. There was, however, a break even point between gas and fuel wood heating, when 11 buildings representing an energy demand of 500.000 kWh<sub>th</sub> / year were considered in the small scale district heating. On the other hand, biomass based heating systems save half of the CO<sub>2</sub> as compared to gas heatings. A 250,000 kWh<sub>th</sub> / year fuelwood small scale district

heating will be competitive, when gas prices rise by 40 % or wood chip prices don't exceed 117.- € / t. A 500,000 kWh<sub>th</sub> / year fuelwood small scale

district heating is even competitive with wood chip costs as high as 15.3 € / srm.



**Projekt:** *„Holznahwärme für eine rheinland-pfälzische Gemeinde“  
(Fuel wood small scale district heating for a rhenish-palatine municipal community)*

*(Durchführung: Institut für Innovation, Transfer und Beratung GmbH, Prof. Dr. R. Simon)*

Eine wesentliche Voraussetzung für die Wirtschaftlichkeit von Holz-Nahwärmesystemen besteht darin, dass sie erneuerungsbedürftige Anlagen ersetzen. Dementgegen war es Ziel der Untersuchung, anhand eines Fallbeispiels die dezentralen Ölheizungen mit einem Holzpellet-Nahwärmesystem unter der Voraussetzung zu vergleichen, dass seine Einführung nicht durch ohnehin notwendige Investitionen erleichtert wird.

Ein monovalentes Holzpellet-Nahwärmesystem stößt zwar am wenigsten CO<sub>2</sub> aus. Allerdings sind die Wärmepreise eines solchen Systems gegenüber den bestehenden dezentralen Ölheizungen um über 50 % höher, weil es anders als der Ist-

Zustand erhebliche Investitionen erfordert. Selbst wenn die Öl-Preise gegenüber Holz um 40 % steigen, sind die Öl-Heizungen immer noch am günstigsten.

#### Summary

The objective of this study was to assess the feasibility of a fuel wood small scale district heating under the presumption, that there are no old oil heaters to be replaced. Under this presumption, monovalent wood pellet heaters are best in CO<sub>2</sub> emissions. They are, however, about 50 % more expensive than existing oil heaters. This is due to substantial investment costs for the new district



**Projekt:** *„Erweiterung eines Holz-Nahwärmeverbunds“  
(Expansion of a fuel wood small scale district heating)*

*(Durchführung: Institut für Innovation, Transfer und Beratung GmbH, Prof. Dr. R. Simon)*

Viele Kommunen haben die Vorteile von Nahwärmeverbänden erkannt und würden ihre Heizsysteme gerne umweltfreundlich erweitern. Vor diesem Hintergrund war es das Ziel der Studie, die Möglichkeiten dazu in einer konkreten Gemeinde zu untersuchen. Dort könnte ein Nahwärmenetz von 4 Liegenschaften auf bis zu 13 Liegenschaften erweitert werden. In diesem Zusammenhang untersucht die vorliegende Studie die Einsatzmöglichkeiten von Holzenergie, Solarthermie und Photovoltaik.

Zu diesem Zweck wurden das bestehende Nahwärmenetz und seine Erweiterungsmöglichkeiten analysiert. Eine Reihe der systemintegrierten Öl- und Erdgaskessel sind erneuerungsbedürftig. Das Nahwärmenetz liefert in seiner aktuellen Ausdehnung ca. 2.500 MWh Wärme und fast 900 MWh Elektrizität. Es belastet die Umwelt mit über 400 t CO<sub>2</sub> im Jahr. Sein Wärmepreis liegt bei knapp 4 ct / kWh.

Demgegenüber lässt sich das Nahwärmesystem auf eine Wärmelieferung von bis zu 5.000 MWh

und eine Stromlieferung von fast 4.000 MWh erweitern, wenn weitere öffentliche Gebäude in der Nachbarschaft angeschlossen werden. Am günstigsten sind hierbei Holzgas-Blockheizkraftwerke für die Grundlast, die Gewinne von bis zu 1,5 ct / kWh erwirtschaften, obwohl sie für die Wärmeleitungen und die aufwendige Anlagentechnik um den Faktor 6 höhere Investitionen als die Basisvariante erfordern. Außerdem entziehen solche Anlagenkombinationen der Atmosphäre rein rechnerisch CO<sub>2</sub>, weil sie fossile Stromproduzenten vom Netz verdrängen.

### Summary

The objective of this study was to assess in a case study the opportunities of environmental friendly expansions for typical small scale oil and gas driven district heatings. By including 9 additional municipal buildings into an existing small scale district heating of 4 buildings, the heat demand could nearly double to ca. 4.000 kWh / year. The environmentally best technique would be a wood gas combined heat and power plants. This technique would provide heat at a profit of 1.5 ct / kWh. Furthermore, due to substituting fossil power plants by renewable ones, it produces an apparent atmospheric CO<sub>2</sub>-withdrawal. On the other hand, investment cost will grow by a factor 6 as compared to conventional techniques.



**Projekt:** *„Verschiedene Heiztechniken und Organisationsformen für kommunale Nahwärmenetze im Vergleich“*  
*(Comparison of different techniques and forms of organization for municipal small scale district heatings)*

*(Durchführung: Institut für Innovation, Transfer und Beratung GmbH, Prof. Dr. R. Simon)*

Ziel der Untersuchung war es, an einem konkreten Fallbeispiel unterschiedliche Organisationsgrade und Heiztechniken von Nahwärmesystemen miteinander hinsichtlich ökologischer und wirtschaftlicher Wirkungen zu vergleichen.

Die Holzheizungen stoßen unter allen Heiztechniken am wenigsten CO<sub>2</sub> aus. Außerdem liefern sie die ökonomisch günstigste Wärme. Der Kostenvorteil ist umso beachtlicher, je größer der Nahwärmeverbund ist. Bei einem großen Verbund mit insgesamt ca. 750 kW<sub>th</sub> Heizleistung lagen die Wärmepreise der Holzheizung um fast 1/3 niedriger als bei Erdgas. Selbst wenn die Holzhackschnitzelpreise gegenüber Gas um 40 % zulegen, ist diese Heizung immer noch günstiger.

### Summary

The objective of this study was to compare different heating techniques and forms of organization of small scale district heatings in terms of ecological and economical output. Wood heatings were lowest in CO<sub>2</sub>-emissions and heating costs. Great district heatings have better economical performances than small ones.



**Projekt:** *„VOL-gerechte Ausschreibung eines Wärmeliefervertrags“  
(Legal demands meeting invitation of tenders for an energy supply treaty)*

*(Durchführung: ibs Energie, U. Schäfer)*

Der Ausgangspunkt der Untersuchung bestand darin, dass insbesondere kleinere Kommunen Schwierigkeiten haben, die Vorteile des Energiecontractings zu nutzen, weil sie mit den dazu nötigen Ausschreibungsverfahren nicht vertraut sind. Deshalb war es das Ziel dieser Studie, das VOL (A)-Vergabeverfahren an einem konkreten Beispiel vorzustellen und Schritt für Schritt zu erklären.

So erläutert der Bericht, welche Vorarbeiten eine Gemeinde für ein solches Vorhaben leisten muss, welche Vergabearten in welchen Fällen angewandt werden, wie die Ausschreibung praktisch abläuft und wie die Gemeinden in einem solchen

Verfahren entscheiden. Er macht auch auf die verschiedenen Dokumentationspflichten bei einer VOL(A)-Ausschreibung aufmerksam.

**Summary**

The objective of this study was to show the invitation of tenders procedure for an energy supply treaty according to the rhenish-palatine general terms and conditions applicable to contracts for works. The report shows step by step how to invite tenders, how to decide and what documentation is necessary. It makes energy contracting accessible to small communes.



**Projekt:** *„Solarstadtkampagne Neustadt / Weinstraße“  
(Solar city campagne Neustadt / Weinstraße)*

*„Solarstadtkampagne Kaiserslautern“  
(Solar city campagne Kaiserslautern)*

*(Durchführung: Institut für angewandtes Stoffstrommanagement der Fachhochschule Trier, Umweltcampus Birkenfeld, Prof. Dr. P. Heck)*

Neustadt an der Weinstraße strebt an, die Möglichkeit des Sonnenreichtums an der Weinstraße zu nutzen und übereinstimmend mit den Kriterien der Internationalen Energieagentur Solarstadt zu werden. Kaiserslautern möchte sich mit der Solarnutzung für die Fußballweltmeisterschaft vorteilhaft präsentieren. Vor diesem Hintergrund war es das Ziel der vorliegenden Studien, die baulichen Möglichkeiten dazu zu evaluieren. Zu diesem Zweck wurden öffentliche Gebäude im Neustadter Stadtgebiet sowie öffentliche und private Gebäude in Kaiserslautern auf ihre Photovoltaiktauglichkeit

hin untersucht.

Ca. ein Viertel der öffentlichen Gebäude in Neustadt bietet das Potenzial zu Stromerzeugung aus Sonne. Die anderen lassen sich in dieser Hinsicht nicht nutzen, weil die Gebäude unter Denkmalschutz stehen, die Dächer zu alt oder zu klein sind. Auf den nutzbaren Gebäuden und auf Freiflächenanlagen ließen sich Anlagen mit insgesamt ca. 3,7 MW<sub>p</sub> installieren. Die Investitionskosten bestimmen die Wirtschaftlichkeit dieser Anlagen. Die Stadt hat jedoch das Potenzial, in der Solarbundesliga der Städte ab 10.000 Einwohner den ersten

Rang einzunehmen.

In Kaiserslautern könnten Photovoltaikanlagen fast 15 MW<sub>p</sub> leisten. Damit ließen sich ca. 3.250 Haushalte mit Strom versorgen und ca. 8.100 t CO<sub>2</sub> im Jahr einsparen. Davon lässt sich allerdings nur ca. 1/5 kurzfristig umsetzen.

### **Summary**

The objective of the two studies was to assess the municipal opportunities for photovoltaic power generation.

There is a substantial potential for photoelectric power generation in Neustadt and Kaiserslautern. The long term potential is 3.7 MW<sub>p</sub> and near to 15 MW<sub>p</sub> in Neustadt and Kaiserslautern, respectively. The paying back of invested capital depends mainly on investment costs.

**Fortzuführende Vorhaben**

**Projekt:** *„Das Baumwachstum von kronenspannungsfrei gewachsenen Fichten unter besonderer Berücksichtigung der Auswirkungen auf die Stammholzeigenschaften und der ökonomischen Konsequenzen“*

*(The tree growth of Norway spruce grown free of crown competition with special reference to the effects on the stem-wood quality and the economic consequences)*

*(Durchführung: Forschungsanstalt für Waldökologie und Forstwirtschaft in Kooperation mit dem Institut für Forstbenutzung und Forstliche Arbeitswissenschaft der Universität Freiburg im Breisgau, Prof. Dr. Dr. h. c. G. Becker; Lehrstuhl für Waldwachstumskunde der Technischen Universität München, Prof. Dr. H. Pretzsch)*

Dieses Projekt wurde in den vorhergehenden Jahresberichten bereits ausführlich beschrieben, so dass eine umfassende Vorstellung an dieser Stelle entbehrlich ist.

Im Rahmen des abschließenden Projektmoduls Forstökonomie wurden im Berichtsjahr die letzten ökonomisch ausgerichteten Berechnungen für de-

finierte Behandlungsszenarien auf Landesebene vorgenommen.

Aufgrund unvorhergesehener zusätzlicher Vorhaben im Berichtsjahr 2005 konnte der in Arbeit befindliche Abschlussbericht des Gesamtprojektes noch nicht fertig gestellt werden. Dies soll im Jahr 2006 geschehen.

**Projekt:** *„Holzaufkommensprognose für Rheinland-Pfalz auf der Grundlage der BWI<sup>2</sup>“*  
*(Prognosis of the quantity of timber in Rhineland-Palatinate based on the BWI<sup>2</sup>)*

Mit Abschluss und Auswertung der BWI<sup>2</sup> im Jahre 2004 liegen aktuelle Daten zum bundesweiten Holzaufkommen vor, die sich auf das Stichjahr 2002 beziehen. Diese Daten ermöglichen es u. a. auf der Ebene einzelner Bundesländer mittels des in die BWI-Methodik integrierten Simulationsprogramms WEHAM (= Waldentwicklungs- und Holzaufkommensmodellierung) modellbasierte Holzaufkommensprognosen für die Zukunft zu erstellen.

In einer ersten Zusammenschau der landesbezogenen BWI<sup>2</sup>-Ergebnisse erscheint die nähere Analyse künftiger Rohholznutzungsoptionen von Bedeutung zu sein. Die Ergebnisse einer solchen Analyse können beispielsweise Entscheidungshilfen

- zur Optimierung der forstlichen Nutzung,

- für Überlegungen im Zusammenhang mit Investitionsentscheidungen im Bereich des Forst-Holz-Papier-Sektors
- oder zur Förderung forstlicher Maßnahmen zur Rohholzmobilisierung im Nicht-Staatswald sein.

Zielsetzung der vorliegenden Studie ist mithin, eine auf den Daten- und Auswertungsstraten der BWI<sup>2</sup> basierende Analyse der zukünftigen Holznutzungspotenziale für das Land Rheinland-Pfalz durchzuführen. Hierbei soll eine möglichst hohe Differenzierung der Ergebnisse hinsichtlich der Rohholzmengen und –sorten, die innerhalb der nächsten Jahrzehnte potenziell nutzbar erscheinen, erreicht werden.



**Projekt:** *„Mobilisierung holzhaltiger Biomasse im Bereich der rheinland-pfälzischen Bundesautobahnen“*  
*(Mobilisation of wooden biomass in the range of federal motorways in Rhineland-Palatinate)*

*(Durchführung: Fachhochschule Rottenburg, Forschungsbereich SENCE, Prof. Dr. S. Pelz)*

Die Feldaufnahmen zu diesem Projekt wurden in fang 2006 vorliegen.  
 2005 abgeschlossen und der Endbericht wird An-



**Projekt:** *„Mobilisierung holzhaltiger Biomasse aus der Landschaft: Organisation, technische und wirtschaftliche Aspekte von Nutzung und Logistik“*  
*(Mobilisation of wooden biomass from non forest landscapes: organisational, technical and economic aspects of utilisation and logistics)*

*(Durchführung: Institut für Forstbenutzung und Forstliche Arbeitswissenschaft der Universität Freiburg, Prof. Dr. Dr. h. c. G. Becker, Dipl.-Forstwirt Tobias Cremer)*

Aufgrund sehr organisationsempfindlicher Untersuchungsobjekte musste diese Untersuchung um eine Einschlagsperiode (Gehölze dürfen nach rheinland-pfälzischem Landespflegegesetz nur vom 01.10. bis 28.02. eines jeden Jahres gepflegt werden) verlängert werden. Somit werden die Ergebnisse dieses Projektes bis Mitte 2006 vorliegen.



**Projekt:** *„Waldschutz in Ruanda für eine klimafreundliche Entwicklungsstrategie“*  
*(Clean development management suitability of forest preservation in Ruanda)*

*(Durchführung: Institut für angewandtes Stoffstrommanagement der Fachhochschule Trier, Umweltcampus Birkenfeld, Prof. Dr. P. Heck)*

Ein Projekt in Ruanda sieht vor, durch den Einsatz von Photovoltaik und Biogas die Holzreserven des Landes zu schonen und eine nachhaltige Waldwirtschaft zu unterstützen. Ein solches Projekt lässt sich derzeit nicht aus dem CO<sub>2</sub>-Zertifikatehandel realisieren, weil Ruanda dafür zu klein ist. Vor allem jedoch ist der TÜV der Auffassung, dass er ein solches Projekt nur dann als klimarelevant anerkennen könne, wenn es von einer umfangreichen Untersuchung ruandischer Feuerstellen begleitet wird. Deshalb wird das Waldschutzprojekt in Ruanda nicht umgesetzt.



**Projekt:** „*Buchenstammholz-Aufkommensprognose für den Grenzraum von Saar-Hunsrück, Westeifel und Luxemburg*“

*(Beech timber production prognosis in the Saar-Hunsrück, West Eifel and Luxembourg border area)*

*(Durchführung: arbor inform, Dr. J. Engels, WoodPacker, Dr. T. Maier und Forschungsanstalt für Waldökologie und Forstwirtschaft)*

Für die Grenzregion von Westeifel, westlichem Hunsrück und Luxemburg lässt sich darstellen, dass die regionale Fähigkeit zur Wertschöpfung aus Buchenholz verloren geht. Darüber hinaus stehen die regionalen Buchenholzbe- und -verarbeiter angesichts der neuen käferbedingten Buchenholzschäden und pilzbedingten Krankheiten vor zusätzlichen Herausforderungen. Um angesichts dieser Schwierigkeiten die regionale Wertschöpfung aus Buchenholz zu beleben, werden neue Vermarktungsstrategien entworfen. Als

Grundlage dafür wird derzeit eine Aufkommensprognose für Luxemburg und die grenznahen Bereiche von Eifel und Hunsrück erstellt.

Erste Ergebnisse zeigen, dass es in der Westeifel und im Hunsrück bis 2009 zu einer Verknappung starken Stammholzes kommen wird. Insgesamt wird das Aufkommen an Buchenholz in Luxemburg stark zurückgehen, da Luxemburg plant, ca. 10 % aller Buchenwälder bis 2010 unter Prozessschutz zu stellen.



**Projekt:** „*Einschnittsoptimierung von käfergeschädigtem Buchenholz*“

*(Cutting optimization of beetle damaged beech timber)*

*(Durchführung: arbor inform, Dr. J. Engels und Forschungsanstalt für Waldökologie und Forstwirtschaft)*

Holzbrütende Buchenborkenkäfer befallen vor allem die nördliche Peripherie der Erdstämme von Buchen, wenn die Bäume ansonsten äußerlich gesund erscheinen. Dementsprechend bleibt der größte Teil solchen Buchenstammholzes normal verwertbar. Allerdings ist bisher nicht bekannt, wie sich die Schäden wirtschaftlich auswirken und ob es Optimierungsspielraum durch geeignete Einschnittsmuster für geschädigtes Buchenstammholz gibt. Deshalb ist es Ziel dieser Untersuchung, festzustellen, inwieweit sich das Einschnittsergebnis geschädigter Buchenstämme durch Variation des Schnittbildes technisch verändern lässt und welche Auswirkungen dies auf den Betriebserfolg haben kann.

Zu diesem Zweck wurden unterschiedlich käferbefallene Buchen auf ihre technische Verwertbarkeit hin untersucht. U. a. wurden einige Bäume in 2

mm-Furniere zerlegt, unter standardisierten Bedingungen fotografiert und zu rechnergestützten 3 D-Modellen wieder zusammengesetzt.

Erste Ergebnisse zeigen, dass sich selbst dreijährig befallene Buchen trotz erheblicher Weißfäule noch teilweise für die Herstellung von fehlerfreier Schnittware eignen. Andererseits gibt es deutliche regionale Unterschiede in der Auswirkung des Käferbefalls.

Die Auswertung der 3 D-Modelle macht deutlich, dass es möglich ist, die Ausbeute an fehlerfreier Blockware um fast die Hälfte zu steigern bzw. den Aufwand für das Gesundschneiden besäumter Bretter um ca. ein Drittel zu mindern, wenn die Stammabschnitte so auf der Säge ausgerichtet werden, dass die Schnittfugen von O-SO nach W-NW im Verhältnis zur Exposition des stehenden Stammes verlaufen.



**Projekt:** „Folienkonservierung von Buchenstammholz - Verleimbarkeit und Aussehen“  
(*Conservation of beech timber under low oxygen - gluability and appearance*)

(*Durchführung: WoodPacker GmbH, T. Maier, Lehrstuhl für Holzbiologie und Holztechnologie der Universität Göttingen, Prof. Dr. F. Hapla und Forschungsanstalt für Waldökologie und Forstwirtschaft*)

Buchenholz lässt sich mit herkömmlichen Lagermethoden nur eine begrenzte Zeit ohne tiefgreifende Holzentwertung lagern. Mit der Stammholzkonservierung unter Sauerstoffabschluss wurde dagegen eine viel versprechende Technik zur Lagerung auch empfindlicher Holzarten entwickelt. Allerdings wurden bisher nur lückenhaft Erkenntnisse zur Eignung dieses Verfahrens für die Lagerung von Buchenholz veröffentlicht. Deshalb wird in diesem Projekt die Auswirkung der Stammholzkonservierung unter Sauerstoffabschluss auf die Farbqualität und Verleimbarkeit von Buchenholz untersucht.

Zu diesem Zweck wurde frisches und ca. 6 Monate unter Sauerstoffabschluss gelagertes Buchenstammholz zu Blockware eingeschnitten und

EDV-gestützt hinsichtlich der Rotkernanteile und dunklen Holzflecken analysiert. Ebenso wurde die Verleimbarkeit frischen und konservierten Holzes auf dem Wege der Querszugfestigkeit verleimter Probekörper im Anhalt an die DIN 52179 geprüft. Erste Ergebnisse deuten darauf hin, dass konserviertes Holz möglicherweise aufgrund reduzierender Verhältnisse in der sauerstofffreien Atmosphäre weniger Rotkernverfärbung als frisches Holz aufweist, während sich die Flecken, die Manganklecken ähnlich aussahen nicht lagerungsbedingt verändert haben. Außerdem weisen die ersten Auswertungen der Querszugfestigkeit von Leimfugen darauf hin, dass sich folienkonserviertes Holz unter Umständen um 20 % fester als frisches Holz verleimen lässt.



**Projekt:** „Hitzevergütung von rotkernigem Buchenholz - Qualität und Verarbeitbarkeit“  
(*Heat treatment of red heart beech boards - quality and workability*)

(*Durchführung: Institut für Forstbenutzung und Forstliche Arbeitswissenschaft der Universität Freiburg, Prof. Dr. Dr. G. Becker, Holzfachschule Bad Wildungen, K. Wiek und G. Krämer und Forschungsanstalt für Waldökologie und Forstwirtschaft*)

Die Rotbuche als bedeutendste Laubbaumart Deutschlands weist mit zunehmendem Alter und Durchmesser einen rot gefärbten Stammkern auf, der den möglichen Erlös insbesondere für Buchenholz hoher Qualität um bis zu 50 % vermindert. Demgegenüber scheint es aussichtsreich, den Farbkern durch Hitzevergütung optisch zu egalieren. Weil Buchenholz durch diese Behandlung weitere wünschenswerte Eigenschaften wie erhöhte Formstabilität und Dauerhaftigkeit erhält, ist es denkbar, dass es als preisgünstige Alternative zu Tropenholz in Konkurrenz treten kann.

Deshalb zielt diese Untersuchung darauf ab, die ökonomischen und qualitativen Auswirkungen der

Hitzevergütung rotkerniger Buchenbretter zu untersuchen. Zu diesem Zweck wurden 12 fm Buchenstammholz mit einem durchschnittlichen Rotkernanteil von 25 % auf den Stirnflächen (SE = 10 %) zu Bohlen eingeschnitten. Die Bohlen wurden technisch getrocknet und auf ihre Oberflächenqualität, Verformungen und Rissbildung hin untersucht. Sie wurden einer Hitzebehandlung nach dem französischen Retifizierungsverfahren unterzogen.

Die behandelten Bohlen wurden erneut auf ihre Qualität hin beurteilt. Vergleichend zu unvergütetem Buchenschnittholz und Material aus Eichen, Edelkastanie, Douglasie und Teak als natürlich

dauerhaften Holzarten wurden die Verarbeitungseigenschaften praxisorientiert erhoben.

Erste Ergebnisse zeigen, dass die Buchenbretter nach der Retifizierung signifikant weniger verbogen sind als vorher. Andererseits haben die Risse zugenommen. Die Retifizierung konnte den Farb-

kern zu lediglich 2/3 an das unverkernte Holz angleichen. Das hitzevergütete Holz ließ sich mit wesentlich weniger elektrischer Energie als unbehandeltes Buchenholz oder Holz anderer Baumarten sägen, hobeln, schleifen und fräsen. Der Geruch des Holzes wurde bisher nicht untersucht.



**Projekt:** *„Hitzevergüteter Holzfaserdämmstoff unterschiedlicher Holzarten“  
(Heat treated thermo-mechanical pulp from different wood species as insulating material)*

*(Durchführung: Fachbereich Architektur, Raum- und Umweltplanung, Bauingenieurwesen, Fachgebiet Bauphysik / Technische Gebäudeausrüstung / Baulicher Brandschutz der Technischen Universität Kaiserslautern, Prof. Dr. H. Heinrich)*

TMP-Faserstoff weist im Vergleich zu Vollholz bessere und einheitlichere wärmedämmtechnische Eigenschaften auf. Dies lässt sich auf die Verringerung der Materialdichte durch den thermomechanischen Aufschluss zurückführen. Auf dieser Basis war es das Ziel der Studie, die Materialdichte des Faserstoffs mit Hilfe der Hitzevergütung weiter abzusenken und den Einfluss dieser Behandlung auf die Faserstoff-Dämmeigenschaften zu analysieren.

Zu diesem Zweck hat die Technische Universität Kaiserslautern ein Verfahren zur Hitzevergütung von TMP-Faserstoff entwickelt. Mit Hilfe dieses Verfahrens ist es gelungen, die Materialdichte gegenüber unvergütetem Faserstoff bei 200 °C um 7-10 % abzusenken. Dies hat sich ersten Ergebnissen zufolge allerdings nicht vorteilhaft auf die Wärmeleitfähigkeit ausgewirkt. Allerdings ist hitzevergüteter Faserstoff setzungssicherer als unbehandelter.



**Projekt:** *„Hitzevergüteter Kiefern-Faserstoffdämmstoff unterschiedlicher Dichte“  
(Heat treated scotch pine thermo-mechanical pulp of different densities as insulating material)*

*(Durchführung: Fachbereich Architektur, Raum- und Umweltplanung, Bauingenieurwesen, Fachgebiet Bauphysik / Technische Gebäudeausrüstung / Baulicher Brandschutz der Technischen Universität Kaiserslautern, Prof. Dr. H. Heinrich)*

Die Hitzevergütung kann die Dämmeigenschaften von Faserstoffen unterschiedlicher Holzarten nicht verbessern. Allerdings nimmt die Setzungssicherheit des Materials zu. Außerdem deutet sich an, dass sich Dämmeigenschaften und Setzungssicherheit bei höheren Materialdichten optimal ergänzen. Deshalb wird in diesem Projekt hitzevergüteter und unvergüteter Kiefern-Faserstoff unter-

schiedlicher Verdichtung auf seine Wärmeleitfähigkeit hin untersucht. Erste Ergebnisse zeigen, dass hitzevergüteter Kiefern-Faserstoff bei einer Dichte von ca. 80 kg/m<sup>3</sup> am wenigsten Wärme leitet, während die Wärmeleitfähigkeit von unbehandeltem Kiefern-Faserstoff auch im Bereich von über 90 kg / m<sup>3</sup> weiter abnimmt.



**Projekt:** „Fenster aus hitzevergütetem Holz“  
(Windows from heat treated timber)

(Durchführung: Prüfinstitut für Bauelemente GmbH, Dr. K. Dörnfeld, und Forschungsanstalt für Waldökologie und Forstwirtschaft)

Die Holz-Hitzevergütung kann eine ökologisch sinnvolle Holzveredelung darstellen. Sie verspricht nicht nur, die für den Fensterbau relevanten Holzeigenschaften wie Stehvermögen und Wärmedurchgangswiderstand zu verbessern, sondern auch mit der Erhöhung der Dauerhaftigkeit den weitgehenden Verzicht auf chemischen Holzschutz zu erlauben. Allerdings wurden zu diesen Möglichkeiten bisher keine Erfahrungen veröffentlicht. Deshalb wird in diesem Projekt die technische Verwendbarkeit von hitzevergütetem Holz beispielhaft an einem Demonstrationsobjekt untersucht. Zu diesem Zweck wurde ein hochwärmege-dämmtes Fenstersystem aus hitzevergütetem Holz

entwickelt und in Kleinserie produziert. Einige Fenster wurden auf ihre Gebrauchstauglichkeit hin untersucht. Die anderen Fenster fanden in einem von der Universität Kaiserslautern langfristig untersuchten Passivhaus Verwendung.

Erste Ergebnisse zeigen, dass die Fenster selbst nach wiederholter Fehlbelastung, d. h. senkrecht zur beabsichtigten Belastungsrichtung, alle Ansprüche an Wind- und Schlagregendichtigkeit vollständig erfüllen. Allerdings entsprechen Oberflächenqualität und Beschichtbarkeit des hitzevergütetem Holzes nicht den in Deutschland üblichen Standards.



**Projekt:** „Katalytische Verölung von Biomasse“  
(Catalytical oil synthesis from biomass)

(Durchführung: Institut für Innovation, Transfer und Beratung GmbH, Prof. Dr. R. Simon)

Ziel des Projekts ist es, die Biomasse-Verölungsmethoden der „katalytischen drucklosen Verölung“ und der „Niedertemperaturverölung“

hinsichtlich der Verfahrensparameter, der Einsatzstoffe und der Ölqualität zu bewerten.



**Projekt:** „Analyse der Holzverstromung mittels Vergasungstechnik“  
(Analysis of the electric power generation through pyrolysis of wood)

(Durchführung: Innovations- und Transferinstitut Bingen GmbH, Prof. Dr. G. Schumann)

Holzgas-Motorheizkraftwerke lassen gegenüber anderen Biomasse-Blockheizkraftwerken erhöhte Stromausbeuten erwarten. Sie dürften besonders für Rheinland-Pfalz mit seinem hohen Waldanteil interessant sein. Deshalb ist es Ziel dieses Projekts, eine Holzgas-Motorheizkraftwerk-Pilotanlage in einem Holzverarbeitenden Betrieb energie-

tisch und abgastechnisch zu untersuchen.

Die Pilotanlage ist ein 500 kW<sub>BS</sub>-Gleichstromvergaser mit einem 150 kW<sub>el</sub> Gasmotor. Erste Ergebnisse deuten darauf hin, dass der Gesamtwirkungsgrad bei ca. 75 %, unter Berücksichtigung des Holzkoks' bei ca. 82 %, und der elektrische Wirkungsgrad bei ca. 27 % liegt.



**Projekt:** „Einsatz erneuerbarer Energien in einem Hallenbad“  
(Use of renewable energies in an indoor swimming pool)

(Durchführung: Institut für Innovation, Transfer und Beratung GmbH, Prof. D. R. Simon)

Ziel des Projekts ist es, die Machbarkeit von Solarenergie, Holzhackschnitzelheizung und Erdwärme für einen exemplarischen Hallenbadneubau technisch, wirtschaftlich und ökologisch zu beurteilen, sowie die Möglichkeiten, Strom zu sparen,

aufzuzeigen. Erste Ergebnisse deuten darauf hin, dass sich mit einer Holzhackschnitzelheizung gegenüber einer Erdgas-Basisvariante 25 % CO<sub>2</sub> einsparen ließe. Allerdings ist diese Option rund 5-7 % teurer als die Basisvariante.



**Projekt:** „Umweltfreundlicher Sporthallenneubau“  
(An environment friendly new construction of a sports hall)

(Durchführung: Fachbereich Architektur, Raum- und Umweltplanung, Bauingenieurwesen, Fachgebiet Bauphysik / Technische Gebäudeausrüstung / Baulicher Brandschutz der Technischen Universität Kaiserslautern, Prof. Dr. H. Heinrich)

An Neubauten lassen sich besonders gut die Möglichkeiten zum umweltschonenden Bauen demonstrieren. Deshalb ist es das Ziel der Untersuchung, am Fallbeispiel eines geplanten Sporthallenneubaus aufzuzeigen, wie sich Heizwärme einsparen, die Sonne sowie Grauwasser nutzen und die Beleuchtung verbessern ließen. Außerdem werden ein Gasbrennwert- und ein Holzpelletkessel miteinander technisch verglichen. Die Studie bewertet die Wirtschaftlichkeit der einzelnen Maßnahmen anhand des Kostenvergleichs eingesparter Energie und notwendiger Mehrinvestition. Erste Ergebnisse zeigen, dass gezielte Verbesserungen der Wärmedämmung bis zu 40 % Heizenergie sparen könnten. Die Mehrkosten dazu liegen bei einem Zins-/Tilgungssatz von 4 % auf die Kapitalkosten für die notwendige Mehrinvestition bei ca. 16 ct / eingesparter kWh. Darüber hinaus lassen sich die Heizkosten durch Verbesserungen der Hallenbelüftung um weitere 20-25 % senken.

Ein Holzpelletkessel lohnt sich nur dann, wenn die Turnhalle wenig wärmegeämmt ist. Andernfalls können die niedrigen Brennstoffkosten für Holzpellets nicht die geringen Investitionskosten eines Gasbrennwertkessels ausgleichen.

Auch wenn die Solarthermie möglicherweise über 90 % des Warmwassers bereiten könnte, scheint diese Technik wegen ihrer zusätzlichen Investitionskosten gegenüber der herkömmlichen Wassererwärmung nicht wirtschaftlich zu sein. Demgegenüber lohnt sich die Photovoltaik jedoch wegen der hohen Einspeisevergütung.



**Projekt:** „Holz-Nahwärme für ein Schulzentrum“  
(Wood small scale district heating for a school centre)

(Durchführung: Institut für Innovation, Transfer und Beratung GmbH, Prof. Dr. R. Simon)

Ziel der Untersuchung ist es, am Fallbeispiel eines typischen rheinland-pfälzischen Schulzentrums die Möglichkeiten der Holznahwärme und/oder eines Erdgas-Blockheizkraftwerk mit dezentralen Erdgasheizungen ökologisch und wirtschaftlich zu vergleichen. Erste Ergebnisse machen darauf aufmerksam, dass eine Holzhackschnitzel-Nahwärmeversorgung den CO<sub>2</sub>-Ausstoß um mehr als die Hälfte reduzieren könnte. Den Jahreskosten und Wärmepreisen nach wäre sie um ca. 16 %

billiger als die dezentralen Erdgasheizungen. Erdgas müsste gegenüber den Holzhackschnitzeln um ca. 20 % günstiger werden, um wirtschaftlicher als Holz zu sein. Eine weitere wirtschaftliche Verbesserung ergibt sich, wenn ein Erdgas-Blockheizkraftwerk in das System integriert wird. Dann sinkt der Wärmepreis um weitere 10 % und der anrechenbare CO<sub>2</sub>-Ausstoß wiederum um weitere 10 %.



**Projekt:** „Energetische Sanierung einer Gesamtschule“  
(Energetic renovation of a comprehensive school)

(Durchführung: Institut für angewandtes Stoffstrommanagement der Fachhochschule Trier, Umweltcampus Birkenfeld, Prof. Dr. P. Heck)

Viele Schulen stehen in den kommenden Jahren in Rheinland-Pfalz mit ihrer Wärmedämmung und ihren Heizungen zur Sanierung an. Deshalb ist es das Ziel dieser Studie, die technischen und wirtschaftlichen Verbesserungsmöglichkeiten an Schulen zu beleuchten und den Abstimmungsbedarf zwischen einzelnen Maßnahmen aufzuzeigen.

Zu diesem Zweck wird das Konzept einer optimalen Wärmedämmung einschließlich neuer Fenster in Verbindung mit einer abgestimmten Holzhackschnitzel- oder Holzpelletsheizung für ein konkretes Objekt entworfen und wirtschaftlich geprüft. Daraus werden Handlungsempfehlungen für die Schulen im Land abgeleitet.



**Projekt:** „Wirtschaftlichkeit der Holznahwärme unter günstigen Randbedingungen“  
(Economic efficiency of a fuel wood small scale district heating under favourable constraints)

(Durchführung: Institut für Innovation, Transfer und Beratung GmbH, Prof. Dr. R. Simon)

Nachdem eine Studie gezeigt hat, wie wichtig die Ausgangsbedingungen für den wirtschaftlichen Erfolg eines Holznahwärmesystems sind, überprüft diese Untersuchung den Einfluss positiver Rahmenbedingungen auf die Wirtschaftlichkeit solcher Systeme an einem Fallbeispiel. Die betreffende Kommune zeichnet sich dadurch aus, dass

sich ihre Liegenschaften in enger Nachbarschaft zueinander befinden und die bisherigen Heizsysteme erneuerungsbedürftig sind.

Erste Ergebnisse machen deutlich, dass ein Holznahwärmesystem unter diesen Rahmenbedingungen gegenüber dezentralen Ölheizungen sowohl unter ökologischen als auch unter ökonomischen

Gesichtspunkten sehr vorteilhaft ist. So reduziert es den CO<sub>2</sub>-Ausstoß um 2/3, die Jahresgesamtkosten um ca. 1/3 und die Wärmepreise um ca. 30 %. Weil die Holznahwärmepreise gegenüber den Öl-

wärmepreisen eher von den Investitionskosten bestimmt werden, sind sie darüber hinaus weniger sensibel für Brennstoffkostenschwankungen.



**Projekt:** *„Holznahwärme und Solarthermie für eine Verbandsgemeinde“  
(Fuel wood small scale district heating and solar thermal technology for a municipal association)*

*(Durchführung: Institut für angewandtes Stoffstrommanagement der Fachhochschule Trier, Umweltcampus Birkenfeld, Prof. Dr. P. Heck)*

In vielen rheinland-pfälzischen Verbandsgemeinden sind die kommunalen Liegenschaften hinsichtlich Dämmstandard und Heiztechnik sanierungsbedürftig. Vor diesem Hintergrund ist es das

Ziel dieser Untersuchung, an einem konkreten Beispiel die Möglichkeit der Versorgung mehrerer Gebäude mit einer umweltfreundlichen Heizung durch Nahwärme wirtschaftlich zu überprüfen.



**Projekt:** *„Holz-Sonne-Nahwärmeverbünde in zwei Gemeinden“  
(Fuel wood and sun combined small scale district heatings in two municipal communities)*

*(Durchführung: Institut für angewandtes Stoffstrommanagement der Fachhochschule Trier, Umweltcampus Birkenfeld, Prof. Dr. P. Heck)*

Holznahwärmesysteme werden bereits in vielen Gemeinden genutzt. Allerdings gibt es Defizite bei der Einbeziehung der Solarunterstützung. Um diese Defizite zu beheben, bezwecken die beiden Projekte unter dem gemeinsamen Titel der Holz-

Nahwärmeverbünde, die Umsetzung vorbildlicher Holz-Sonne-Nahwärmesysteme in zwei für diese Zwecke aussichtreichen Gemeinden voranzubringen.



**Projekt:** *„Wirtschaftliche Überprüfung der kommunalen Holznahwärme“  
(Economical evaluation of municipal wood small scale district heatings)*

*(Durchführung: Institut für Innovation, Transfer und Beratung GmbH, Prof. Dr. R. Simon)*

Verschiedene Studien haben in den vergangenen Jahren immer wieder auf die wirtschaftlichen Vorteile der kommunalen Holz-Nahwärme hingewiesen. Wegen der flexiblen Randbedingungen für

solche Ergebnisse dient diese Untersuchung der Überprüfung bestehender Resultate. Zu diesem Zweck wird an einem typischen Fallbeispiel die Wirtschaftlichkeit der Holznahwärme evaluiert.



**Projekt:** *„Kommunales Holznahwärmekonzept“  
(Municipal fuel wood small scale district heating concept)*

*„Nahwärmeverbundsystem in einer Gemeinde“  
(System for a small scale district heating combine in a village community)*

*(Durchführung: Institut für angewandtes Stoffstrommanagement der Fachhochschule Trier, Umweltcampus Birkenfeld, Prof. Dr. P. Heck)*

Die Untersuchung eines „Kommunalen Holznahwärmekonzepts“ zeigt an einem Fallbeispiel, wie sich bestehende Nahwärmesysteme erweitern und vernetzen lassen. Das „Nahwärmeverbundsystem in einer Gemeinde“ wird außerdem klären, welche

Effekte die Einbeziehung eines Hallenbads mit seinem sommerlichen Wärmebedarf hat und sich eingehend mit der Photovoltaiknutzung in diesem Zusammenhang auseinandersetzen.



**Projekt:** *„Holznahwärme zur regionalen Wertschöpfung auf Landkreisebene“  
(Fuel wood small scale district heatings for regional added value on county level)*

*(Durchführung: Institut für angewandtes Stoffstrommanagement, Prof. Dr. P. Heck)*

Die Untersuchung zielt auf die Identifizierung von Wärmepotenzialen und die leuchtturmartige Verwirklichung von landkreisbezogener Energiebio-

massewertschöpfung in Form von Nahwärmesystemen ab.



**Projekt:** *„Wärme- und Stromversorgung eines Militärdepots“  
(Heat and power supply of an armed forces depot)*

*„Potenzialermittlung für Kleinblockheizkraftwerke in einer Verbandsgemeinde“  
(Determination of potential for small scale combined heat and power plants in a municipal association)*

*(Durchführung: Institut für Innovation, Transfer und Beratung GmbH, Prof. Dr. R. Simon)*

Nachdem eine Studie gezeigt hat, dass sich Blockheizkraftwerke besonders vorteilhaft in Nahwärmesysteme einbinden lassen, ist es das Ziel der Arbeit über die „Wärme- und Stromversorgung eines Militärdepots“, ein bestehendes Nahwärmenetz mit Hilfe eines Holzgas-Blockheizkraftwerks zu erweitern. Das Neue an der Anlage ist, dass das Brenngas zwischengespeichert wird. Von den Ergebnissen der ersten Untersuchung ausge-

hend, prüft die Folgestudie zur „Potenzialermittlung für Kleinblockheizkraftwerke in einer Verbandsgemeinde“ in wieweit sich die Lücke bei der Stromversorgung von Kommunen aus Windkraft, Photovoltaik und Natriumsulfid-Batterie grundsätzlich mit Hilfe eines virtuellen Kraftwerks aus Kleinblockheizkraftwerken schließen ließe.



**Projekt:** *„Energieanalyse für ein Kloster“  
(Energetical analysis of a monastery)*

*(Durchführung: Institut für Innovation, Transfer und Beratung GmbH, Prof. Dr. R. Simon)*

Ziel des Projekts ist eine energietechnische Analyse der Liegenschaften eines Franziskanerinnen-Klosters. Dabei soll die Möglichkeit einer Holz-Nahwärme oder eines Blockheizkraftwerks als

Alternative zur Erneuerung der dezentralen Wärmeversorgung untersucht werden. Außerdem werden die Einsatzmöglichkeiten für Solarthermie und Photovoltaik geprüft.



**Projekt:** *„Energiekonzept für einen Gartenbaubetrieb“  
(Energy concept for a marketgarden)*

*(Durchführung: Institut für Innovation, Transfer und Beratung GmbH, Prof. Dr. R. Simon)*

Während sich Holz Nahwärme im kommunalen Umfeld bereits als vorteilhafte Technik etabliert hat, ist sie für energieintensive Handwerksbetriebe wie beispielsweise den Gartenbau noch kaum ge-

prüft worden. Deshalb ist es das Ziel dieser Untersuchung, die Möglichkeiten und Grenzen der regenerativen Wärmeversorgung eines Gartenbaubetriebs an einem Fallbeispiel zu skizzieren.



**Projekt:** *„Biogas-Nahwärme für ein Dorf“  
(Biogas small scale district heating for a village)*

*„Biogas-Nahwärme für ein Kloster“  
(Biogas small scale district heating for a monastery)*

*(Durchführung: Institut für angewandtes Stoffstrommanagement der Fachhochschule Trier, Umweltcampus Birkenfeld, Prof. Dr. P. Heck)*

Nachdem eine Studie der Forschungsanstalt für Waldökologie und Forstwirtschaft 2002 darauf hingewiesen hat, dass es in Rheinland-Pfalz noch erhebliche ungenutzte Biogaspotenziale zur Trockenfermentation gibt, bezwecken die beiden

Untersuchungen, Demonstrationsanwendungen der bestehenden Technik für die Wärmeversorgung eines Dorfes bzw. eines Klosters voranzubringen.



**Projekt:** *„Optimales Finanzierungskonzept zur umweltfreundlichen Sanierung eines Hallenbads“*  
*(Optimal financing concept for the environmental friendly renovation of an indoor swimming pool)*

*(Durchführung: Institut für Innovation, Transfer und Beratung GmbH, Prof. Dr. R. Simon)*

Ziel des Projektes ist die Erstellung eines Optimalkonzeptes für die Sanierung eines Freizeitbades. Dabei stehen verschiedene Finanzierungsmöglichkeiten unter besonderer Berücksichtigung der Fördermöglichkeiten im Mittelpunkt der Betrachtung.

In diesem Zusammenhang bewertet die Studie darüber hinaus eine Gasmotor-Wärmepumpe und prüft, inwieweit die Solarthermie zu einem umweltfreundlichen Energiekonzept beitragen kann.



**Projekt:** *„Energetische Lebenszyklusanalyse eines Dorfgemeinschaftshauses“*  
*(Energetical life time cycle analysis of a village community activity centre)*

*(Durchführung: Institut für Innovation, Transfer und Beratung GmbH, Prof. Dr. R. Simon)*

Vor dem Hintergrund der Diskussion, welcher Hausbaustandard über den gesamten Lebenszyklus hinweg energiesparender ist, zielt die Untersuchung darauf ab, Passivhaus- und Energieeinsparverordnungsstandards am Fallbeispiel eines Dorfgemeinschaftshauses miteinander zu vergleichen.

Erste Ergebnisse deuten darauf hin, dass die Jahresgesamtkosten beim Passivhausstandard um ca. 1,5 % niedriger als beim Energieeinsparverordnungsstandard sind. Dementsprechend amortisieren sich die passivhausbedingten Baumehrkosten nach ca. 15 Jahren.



**Projekt:** *„Ein Flugplatz als Photovoltaik-Vorzeigeprojekt“*  
*(An airport as a photovoltaic showcase)*

*(Durchführung: Institut für angewandtes Stoffstrommanagement der Fachhochschule Trier, Umweltcampus Birkenfeld, Prof. Dr. P. Heck)*

Flughäfen sind international öffentlichkeitswirksame Orte. Deshalb ist es Ziel dieses Projekts, zu untersuchen, inwieweit sich Photovoltaik in einen solche Betrieb integrieren und darstellen lässt. Erste Ergebnisse zeigen, dass ein internationaler Flughafen im erheblichen Umfang Dachflächen für die Photovoltaiknutzung bereitstellen kann. Die Investitionen dafür würden bei ca. 10 Mio. €

liegen. Solche Anlagen können auf einem Flughafen wegen der Sichtbarkeit aus der Luft viel Aufmerksamkeit erregen. Deshalb eignen sie sich besonders für eine öffentlichkeitswirksame Gestaltung. Außerdem öffnet dies den Weg für unterschiedliche Finanzierungsmöglichkeiten.

**Projekt:** *„Solarstadt Kaiserslautern“  
(Solar city of Kaiserslautern)*

*(Durchführung: Institut für angewandtes Stoffstrommanagement der Fachhochschule Trier, Umweltcampus Birkenfeld, Prof. Dr. P. Heck)*

Nachdem eine orientierende Studie bereits gezeigt hat, welche PV-Potenziale auf Kaiserslauterns öffentlichen und privaten Gebäuden schlummern, zielt diese Untersuchung darauf ab, diese Mög-

lichkeiten zu verwirklichen. Sie zeigt am Beispiel Kaiserslauterns auf, wie sich Verwaltungen, Unternehmen und Privatpersonen für Photovoltaik motivieren lassen.

**Projekt:** *„Technikvergleich zur Rückkühlung von Geothermiekraftwerken“  
(Comparison of techniques for recooling geothermal power plants)*

*(Durchführung: Institut für Innovation, Transfer und Beratung GmbH, Prof. Dr. R. Simon)*

Hintergrund der Studie ist die Beobachtung, dass Geothermiekraftwerke zurückgekühlt werden müssen, wenn ihre Wärmeproduktion nicht vollständig genutzt wird. Deshalb zielt die Untersuchung darauf ab, verschiedene Rückkühlungstechniken für Geothermiekraftwerke mit organic rankine cycle (Rankineprozess)-Wärmeübertragung energetisch, ökologisch und wirtschaftlich zu ver-

gleichen.

Erste Ergebnisse zeigen, dass die Wasserkühlung bei geringerem Platz- und Energieverbrauch und weniger Lärmemissionen eine stärkere Kühlwirkung als die Luft entfaltet. Ihr Grenzkühlabstand liegt bei lediglich 3-7 K. Deshalb werden Luftkühltürme nur dann gebaut, wenn nicht genug Wasser zur Verfügung steht.

**Projekt:** *„Entwurf eines Geothermienahwärmesystems“  
(Tentalire draft of a geothermal small scale district heating system)*

*„Anpassung eines Nahwärmekonzepts an Geothermie-Rahmenbedingungen“  
(Adaption of a small scale district heating to known geothermal basic conditions)*

*(Durchführende: Institut für Innovation, Transfer und Beratung GmbH, Prof. Dr. R. Simon)*

Zur Zeit werden in verschiedenen vorderpfälzischen Gemeinden Bohrungen zur Nutzung der Tiefengeothermie angelegt. Vor diesem Hintergrund ist es das Ziel der Studie zum „Entwurf einer Geothermienahwärme“, an einem konkreten Objekt aufzuzeigen, wie sich ein bestehendes Nahwärmenetz technisch und wirtschaftlich auf Erdwärme umstellen lässt. Dazu werden die beste-

henden Wärmesenken hinsichtlich ihres Temperaturniveaus, ihres Heizungssanierungsbedarfs und ihrer Erreichbarkeit aufgenommen. Außerdem werden weitere Branchen mit geeignetem Prozesswärmebedarf identifiziert. Die Daten werden für ein Geothermienahwärmenetz ausgewertet und interpretiert.

In der Studie zur „Anpassung eines Nahwärme-

konzepts an Geothermie-Rahmenbedingungen“ stehen fortführend zum ersten Projekt die Möglichkeiten der Geothermie-Nahwärme an einem

konkreten Beispiel im Mittelpunkt, für das die Kennwerte der Geothermiekraftwerke im Bau bzw. in der Planung bekannt sind.



**Projekt:** „Tiefengeothermieleitfaden“

*(Guidelines for the use of geothermic power from greater depths)*

*(Durchführung: Institut für Innovation, Transfer und Beratung GmbH, Prof. Dr. R. Simon)*

In Rheinland-Pfalz wächst das Interesse an der Nutzung der Tiefengeothermie. Allerdings sind die Voraussetzungen für solche Nutzungen unklar. Deshalb ist es das Ziel dieses Projekts, einen Leit-

faden für die Genehmigung von Geothermieanlagen zu erstellen. Der Leitfaden geht auf standörtliche, technische, finanzielle und verwaltungstechnische Aspekte solcher Anlagen ein.



**Projekt:** „Pilotanwendung der Natriumsulfid-Batterie in Rheinland-Pfalz. Theorie, Praxis und Fallbeispiel“

*(Pilot application of a Sodiumsulfide-battery in Rhineland-Palatinate. Theory, experience and case study)*

*(Durchführung: Institut für Innovation, Transfer und Beratung GmbH, Prof. Dr. R. Simon)*

Ziel dreier Vorhaben ist es, zu untersuchen, inwieweit Natriumsulfid-Batterien unter rheinland-pfälzischen Verhältnissen wirtschaftlich einsetzbar sind. Die erste Studie klärt, ob sich die Batterien dazu eignen, Energiespitzen in Industriebetrieben abzumildern sowie Angebot und Nachfrage regenerativer Energie auszugleichen bzw. die Stromqualität zu erhöhen. Die zweite Untersuchung zeigt auf, ob diese Erkenntnisse mit den Einsatzer-

fahrungen dieser Technik übereinstimmen. Das dritte Vorhaben wendet die Erkenntnisse aus Theorie und praktischer Überprüfung auf ein Fallbeispiel in einem Jugendhilfezentrum an. Sie macht deutlich, inwieweit eine Natriumsulfid-Batterie die zeitlichen Schwankungen von Stromverbrauch und regenerativer Stromerzeugung ausgleicht und ob sie wirtschaftlich tragbar ist.



**Projekt:** „Der Einfluss der Schwefel- und Stickstoffversorgung auf die Lektin- und Viscotoxingehalte der Kiefernmistel (*Viscum album L.*)“

*(Influence of sulfur and nitrogen supply on lectin and viscotoxin contents in scotspine mistletoe (*Viscum album L.*))*

*(Durchführung: Universität Witten-Herdecke, Prof. Dr. U. Pfüller, Carl Gustav Carus-Institut, Dr. R. Scheer und Forschungsanstalt für Waldökologie und Forstwirtschaft)*

Mistelpräparate werden seit einiger Zeit aufgrund der apoptotischen Wirkung ihrer Lektine und Viscotoxine erfolgreich als Zytostatika in der Krebstherapie eingesetzt. Dementsprechend stellen Misteln einen wichtigen Rohstoff für die Arzneimittelproduktion dar. Allerdings scheinen die Wirkstoffgehalte als qualitätsbestimmende Charakteristika der Misteln bei identischer Wirtsbaumart regional zu variieren. Der geringe Kenntnisstand in dieser Hinsicht verunsichert die Produzenten von Mistelpräparaten. Insbesondere interessiert die Hersteller solcher Produkte ein möglicher Zusammenhang der Viscotoxin- und Lektinergehalte in Misteln mit der Schwefel- und Stickstoffversorgung der Wirtsbäume.

Um diese Hypothesen zu prüfen, werden Kiefernmisteln von 3 deutschen und 2 Schweizer Level II-Dauerbeobachtungsflächen unterschiedlicher Schwefel- und Stickstoffhaushalte auf ihre Lektin (MLIII)- und Viscotoxin (VT-) Gehalte hin analysiert und zu den umweltrelevanten und meteorologischen Kennwerten ihrer Standorte in Beziehung gesetzt.

logischen Kennwerten ihrer Standorte in Beziehung gesetzt.

Erste Ergebnisse der Kiefernmisteln aus Schaidt bei Karlsruhe lassen Rückschlüsse auf die Viscotoxin- bzw. Lektinverteilung innerhalb der Mistelbüsche, zwischen mehreren Misteln auf einer Kiefer und zwischen den Misteln unterschiedlicher Kiefern auf gleichem Standort zu. Demzufolge gibt es innerhalb der Misteln und zwischen den Misteln unterschiedlicher Kiefern signifikant unterschiedliche Wirkstoffgehalte. Dagegen ist es für die VT-artigen Substanzen und das ML III unerheblich, ob die Misteln aus dem oberen oder unteren Bereich der Wirtsbaumkrone stammen.

Darüberhinaus wies eine Tieflandmistel von einem stickstoffbelasteten Standort gegenüber einer wenig belasteten Hochlagenmistel ca. 20 fach erhöhte Lektinergehalte auf. Das wichtigste Kiefern-Viscotoxin (1-PS) fand sich dagegen hauptsächlich in der Hochlagenmistel.