Zentrum für Umwelt und Kultur Benediktbeuern

DBU Deutsche Bundesstiftung Umwelt

Mit 6 Richtigen in die Nachhaltigkeit

Die Energiezentrale im Kloster Benediktbeuern

Durch Sonne, Wasser, Biomasse zu Wärme und Strom der Ökoklasse

Wie die Energiezentrale im Kloster Benediktbeuern zu finden ist:

Inhaltsverzeichnis

Grußworte ... 3

Energie aus dem Kloster – gestern und heute ... 10

Was das Kloster nachhaltig bewegt – vom Rat zur Tat ... 12

Wo die Nachhaltigkeit Einzug hält – die Architektur der Energiezentrale ... 14
- Standort und Disposition ... 14
- Wie die moderne Energiezentrale in Benediktbeuern entstand (Kurzer Zeitabriss) ... 14
- Bauausführung ... 15
- Raumprogramm / Berechnungslegende des Gebäudes ... 15

Wie die Bausteine der Energiezentrale funktionieren - Urkräfte in Hightech-Maschinen ... 19
- Einführung ... 19

Woher die Wärme kommt ... 21
- Holzhackschnitzel-Kesselanlage ... 21
- Pflanzenöl-Blockheizkraftwerk (BHKW) ... 23
- Solare Brauchwasser-Anlage ... 24
- Wärmepumpen im Klosterdach ... 25
- Spitzen- und Reservekessel ... 26
- Heiztechnische Einbindung und Nahwärmeleitungen ... 26

Was den Strom zum Fließen bringt ... 27
- Wasserkraft-Anlage ... 27
- Photovoltaik-Anlage ... 28

Wer das Ganze steuert: Lastmanagement und Schaltanlagen ... 29

Daten auf einen Blick ... 30

Was es bringt – Bilanz und Bewertung der Energiezentrale ... 32

Tatkräftige Förderer des Energieprojektes ... 35

Grußwort

des Bayerischen Ministerpräsidenten Dr. Edmund Stoiber

Zur Einweihung der Energiezentrale am Zentrum für Umwelt und Kultur richte ich meinen herzlichen Gruß nach Benediktbeuern. Ich freue mich sehr, dass ich in diesem Herbst persönlich meine guten Wünsche überbringen – und damit meine Verbundenheit mit dem ZUK-Benediktbeuern ausdrükken kann.

Umweltwochen und Umwelttage am ZUK genießen einen hervorragenden Ruf: Die Jugendherbergen von Benediktbeuern sind seit Jahren wegen der ideenreichen umwelt- und kulturpädagogischen Jugendarbeit ausgebucht. Im Kloster Benediktbeuern ist ein unverwechselbares Projekt beheimatet, das über die bayerischen Grenzen hinaus Modellcharakter erworben hat. Der überzeugende methodisch-didaktische Entwurf des ZUK sensibilisiert junge Menschen für ökologische Fragestellungen und ruft zur Bewahrung unserer natürlichen Lebensgrundlagen auf. Die Pflege der Natur- und Kulturlandschaft unserer Heimat hat im Kloster Benediktbeuern vorbildlich Ausdruck gefunden. Mit der Energiezentrale, die wegen ihres in die Zukunft weisenden Konzepts umfassende Förderung durch den Freistaat erfährt, gewinnt das ZUK einen weiteren Anziehungspunkt und wird – davon bin ich überzeugt – zum Magneten für alle an der Umwelt Interessierten werden.

Ich wünsche dem Zentrum für Umwelt und Kultur Benediktbeuern eine gute Zukunft. Mögen viele junge Menschen dort die Wunder der Natur und den unschätzbaren Wert unseres kulturellen Erbes in Bayern erkennen lernen!

Dr. Edmund Stoiber
Bayerischer Ministerpräsident

Grußwort

des Staatsministers Dr. Werner Schnappauf

Innovationskraft, Originalität und Wandlungsfähigkeit – so heißen die drei Eintrittskarten für die Zukunft. Und an diesen drei „Zukunfts-Zutaten“ herrscht im Zentrum für Umwelt und Kultur Benediktbeuern fürwahr kein Mangel. Zum Glück! Mehr als ein Jahrzehnt nach seiner Gründung kann man sich die bayerische Umweltbildungslandschaft ohne das ZUK gar nicht mehr vorstellen. Schon heute ist das Zugpferd ZUK ein Evergreen mit Vorbildcharakter weit über die weiss-blauen Landesgrenzen hinaus.

Ein besonderer Pluspunkt, der dem Zentrum für Umwelt und Kultur sein unverwechselbares Profil verleiht, ist das beständige Umsetzen und Optimieren neuer Ideen. Diesem Prinzip ist das ZUK-Benediktbeuern auch bei seiner neuen Energiezentrale treu geblieben. Im Zusammenhang mit der anstehenden Sanierung der Wärme- und Stromversorgung wurde auf der Grundlage einer energietechnischen Analyse und Bewertung ein detailliertes, umweltverträgliches Energiekonzept erarbeitet. Durch die ausgewogene, aufeinander abgestimmte Kombination der regenerativen Energieträger Biomasse (Hackschnitzelheizung, Pflanzenöl-BHKW), Sonnenenergie (Solarthermie, Photovoltaik) und Wasserkraft können jetzt fast 90 % des Wärme- und etwa Dreiviertel des Strombedarfs über erneuerbare Energien gedeckt werden. Damit leistet das ZUK einen wichtigen Beitrag zur CO_2-Reduzierung und zur Ressourcenschonung. Beide Aspekte sind zentrale Ziele bayerischer Energie- und Umweltpolitik!

Darüber hinaus zeichnet sich das vom Freistaat Bayern geförderte Pilotprojekt durch einen breit gefächerten umweltpädagogischen Ansatz aus: Es schärft das Bewusstsein für den Klimaschutz, es bietet einen Beitrag zur Waldpflege, es trägt zum Aufbau regionaler Wirtschaftsstrukturen und -kreisläufe bei und es hat durch seine Öffentlichwirksamkeit einen Multiplikatoreffekt für die Anwendbarkeit regenerativer Energietechniken.

Kurzum: Die neue, besuchergerecht gestaltete Energiezentrale am Zentrum für Umwelt und Kultur ist ein weiterer ökologischer und umweltbildungspolitischer Steilpass aus Benediktbeuern. „Glück auf!“ für einen stets reibungslosen Betrieb und alles Gute für die Zukunft!

Ihr

Dr. Werner Schnappauf
Bayerischer Staatsminister für Landesentwicklung
und Umweltfragen

Grußwort

des Generalsekretärs der Deutschen Bundesstiftung Umwelt Fritz Brickwedde

Seit nunmehr 10 Jahren fördert die Deutsche Bundesstiftung Umwelt Vorhaben zum Schutz der Umwelt in einer breiten Themenpalette. Leitbild der Fördertätigkeit der DBU ist die nachhaltige Entwicklung. In diesem Sinne ist es ein zentrales Anliegen der Stiftung, die Entwicklung und Nutzung neuer und umweltentlastender Technologien und Produkte im Sinne eines vorsorgenden integrierten Umweltschutzes intensiv voranzutreiben, das nationale Naturerbe zu bewahren und wiederherzustellen sowie das Umweltbewusstsein der Menschen durch Maßnahmen der Umweltbildung mit dem Ziel von Verhaltensänderungen zu fördern. Entsprechend dem Gesetz zur Errichtung der Deutschen Bundesstiftung Umwelt sollen die Ziele durch die besondere Berücksichtigung kleiner und mittlerer Unternehmen erreicht werden.

Mit dem Vorhaben „Nachhaltige Energieversorgung des Zentrums für Umwelt und Kultur Benediktbeuern im Kloster Benediktbeuern“ wird diese Zielsetzung umfassend verwirklicht. Um dem selbst gewählten Anspruch der Erhaltung der natürlichen Lebensgrundlagen Rechnung zu tragen, ist hier im Kloster Benediktbeuern nun ein regeneratives Energieversorgungssystem zur Nutzung der Energieträger Biomasse, Sonne und Wasser zur Strom- und Wärmeversorgung errichtet worden.

Mittelpunkt des von der DBU mit 2.650.000 DM geförderten Demonstrationsvorhabens ist die neu errichtete Energiezentrale, die fast alle Komponenten des Energieversorgungssystems zusammenfasst. Auf diese Weise sollen sie den unterschiedlichsten Besuchergruppen leicht zugänglich sein und somit eine Einbindung dieses Projektes in verschiedene Bildungs- und Weiterbildungsangebote des Zentrums für Umwelt und Kultur und weiterer dort ansässiger Einrichtungen ermöglichen. Über die weitgehende Abdekkung des Wärme- und Strombedarfs durch Nutzung der CO_2–neutralen regenerativen Energieträger gelingt am Standort Kloster Benediktbeuern in hervorragender Weise ein Beispiel der nachhaltigen Ressourcennutzung.

Mein besonderer Dank gilt dem Zentrum für Umwelt und Kultur in Benediktbeuern, dessen Leitung und Mitarbeiter dieses Projekt mit großem Engagement mit Unterstützung ihrer Partner entwickelt und realisiert haben.

Ich wünsche dem Zentrum für Umwelt und Kultur in Benediktbeuern einen guten Start und viel Erfolg beim Betrieb des regenerativen Energieversorgungssystems und in der damit verbundenen Bildungsarbeit.

Fritz Brickwedde
Generalsekretär der Deutschen Bundesstiftung Umwelt

Grußwort

des Vorstandsvorsitzenden der E.ON Energie AG Dr. Hans-Dieter Harig

E.ON Energie ist stolz darauf, gemeinsam mit seinem Tochterunternehmen E.ON Bayern über die finanzielle Unterstützung der Anlage am Bildungsauftrag des Zentrums für Umwelt und Kultur mitwirken zu können. Das Zentrum für Umwelt und Kultur, das sich mit dem Verhältnis von Mensch und Schöpfung, Natur und Kultur auseinandersetzt, ist mit der neuen Energiezentrale nunmehr auch eine allererste Adresse in Sachen „Energiebildung".

Die neue Energiezentrale in Benediktbeuern könnte man unter die Überschrift stellen „Gemeinsam sind wir stark". Holzhackschnitzel, Pflanzenöl, Umgebungswärme, thermische und photovoltaische Solarenergienutzung, Wasserkraft sowie zu geringen Teilen fossile Energieträger und natürlich das öffentliche Netz stellen die Energieversorgung des Klosters sicher. Mit erheblichem technischen und finanziellen Aufwand ist es damit hier in Benediktbeuern möglich geworden, die immanenten Schwachpunkte der verschiedenen regenerativen Energiequellen – also etwa die naturgemäß unzureichende Nichtverfügbarkeit von Solarstrom – erfolgreich auszugleichen.

„Gemeinsam sind wir stark" – dieses Motto gilt übrigens gleichermaßen für die nach wie vor überwiegend genutzten konventionellen Quellen unserer Stromerzeugung wie Kohle und Kernenergie: Erst das Zusammenwirken der verschiedenen Energieträger ergibt die Sicherheit und vor allem die Kostengünstigkeit unserer Energieversorgung, die heute im Wettbewerb wichtiger ist denn je und die es uns ermöglicht, für Projekte zur Stromerzeugung aus regenerativen Energien Beiträge zu leisten.

Klöster haben in der Vergangenheit vielfach die Rolle eines Vorreiters übernommen. Dies gilt für geistige Strömungen ebenso wie für neuartige technische Ansätze und Vorgehensweisen. Das Kloster Benediktbeuern mit seinem Zentrum für Umwelt und Kultur steht damit in bester Tradition, erfolgt doch heute die Einweihung einer Anlage, die ein Stück Energiezukunft verkörpert. Größtenteils auf Basis regenerativer Energien, die sich untereinander ergänzen, befriedigt die neue Anlage in Benediktbeuern ein wachsendes Bedürfnis unserer Gesellschaft, neue Wege für die Energieversorgung der Zukunft zu erproben. Die angestrebten Deckungsgrade der erneuerbaren Energien an der Energieversorgung des Klosters – 85 % des Wärmebedarfs und 71 % des Strombedarfs – sind möglich durch die Kombination verschiedener erneuerbarer Energiequellen unterschiedlicher Verfügbarkeiten – zweifellos eine ingenieuertechnische Pionierleitung mit hoher Relevanz für den Bildungsauftrag und die Vorreiterrolle des Klosters.

Ich wünsche der neuen Energieanlage des Klosters Benediktbeuern eine technisch einwandfreie Funktion über viele Jahre hinweg, eine große Anzahl emissionsfrei erzeugter Kilowattstunden und nicht zuletzt viel Erkenntnisgewinn bei den Teilnehmern der Bildungsangebote des Klosters über die Möglichkeiten und Grenzen regenerativer Energieträger.

H.-D. Harig

Dr. Hans-Dieter Harig
E.ON Energie AG
Vorsitzender des Vorstandes

Grußwort

des Provinzials der süddeutschen Provinz der Salesianer Don Boscos, P. Herbert Bihlmayer

In einem bayerischen Kraftwerk hat vor etlichen Jahren eine Delegation aus der damaligen UdSSR sinngemäß ins Gästebuch geschrieben: „Es gibt nichts Größeres und Schöneres, als dem Menschen Licht und Wärme zu geben."

Nach einer langen Phase des Planens, der Klärung der Finanzierung und des Bauens ist es nun soweit: Die Energiezentrale als Modelleinrichtung kann Licht und Wärme spenden: dem ZUK und dem Kloster der Salesianer Don Boscos mit all seinen Bildungseinrichtungen. Die Energiezentrale fügt sich als bemerkenswerter Baustein in das Umweltkonzept des Zentrums für Umwelt und Kultur ein. Aus Verantwortung für den Erhalt der Schöpfung geht es darum, zukunftsfähige Wege eines nachhaltigen Lebensstils zu suchen, aufzuzeigen und selbst auch zu beschreiten.

Dank gilt den Initiatoren, den Planungsbüros und Architekten sowie den Geldgebern. Ohne die Förderung durch den Freistaat Bayern, die Deutsche Bundesstiftung Umwelt, Osnabrück, und die E.ON Energie AG, München, wäre dieses Projekt für uns Salesianer Don Boscos nicht machbar gewesen.

Die eingebrachten Eigenmittel sind Zeichen dafür, dass das Zentrum für Umwelt und Kultur und die Salesianer Don Boscos ernst machen in der Sorge um die Zukunft unserer Schöpfung.

P. H. Bihlmayer

P. Herbert Bihlmayer
Provinzial der süddeutschen Provinz
der Salesianer Don Boscos

Grußwort

von Landrat Manfred Nagler

Schritt für Schritt entwickelt sich das Kloster Benediktbeuern, das über Jahrhunderte hinweg als kulturelles Zentrum mit enormer Ausstrahlung galt, hin zu einem ökologischen Zentrum erster Güte. Wichtiger Impulsgeber und Antreiber ist dabei das Zentrum für Umwelt und Kultur. Die enorme Resonanz der Öffentlichkeit, die weit über unseren Landkreis hinausgeht, zeigt, wie wichtig und richtig dieses Engagement heutzutage ist.

Mit der neuen Energiezentrale ist nun der Einstieg in eine ökologische und ökonomische zukunftsfähige Energieversorgung gelungen. Mit einer vielgestaltigen Energieversorgung, die neben der Wasserkraft und Solarenergie auch auf Holzhackschnitzel und Pflanzenöl setzt, wird mustergültig auf regenerative Energie der Schwerpunkt gelegt.

Die „Väter“ dieser Idee bilden damit nicht nur ein hervorragendes Beispiel für die Umsetzung der Idee der Nachhaltigkeit, sondern sie zeigen, dass erneut aus dem Loisachtalgebiet innovative Ideen mit Zukunft entwickelt werden. Ich erinnere nur an das nicht weit entfernt stehende Walchensee-Kraftwerk, das 1924 seinen Betrieb aufnahm und aus heutiger Sicht durchaus als innovativer High-Tech-Betrieb bezeichnet werden kann. 1989 wurde dann, ebenfalls nahegelegen, auf einem Einödhof im Moos der Grundstein für ein Photovoltaik-Pilotprojekt gelegt, das sich nicht nur über zwölf Jahre hinweg bestens bewährt, sondern aufgezeigt hat, dass die Photovoltaik durchaus ein Weg für die Zukunft ist.

Hier schließt nun das ZUK mit der neuen Energiezentrale nahtlos an. Für mich zeigt dies, dass moderne Techniken auch in einem überwiegend ländlich und landwirtschaftlich geprägten Kreis seit langem einen festen Platz haben. Zu Recht bezeichnen wir deshalb unseren Landkreis als einen Kreis, in dem „Tradition und Fortschritt“ ihre Heimat hatten und haben. Die fortschrittliche und zukunftsweisende Energiezentrale des ZUK ist hierfür der beste Beleg.

Manfred Nagler
Landrat

Grußwort

von Bürgermeister Georg Rauchenberger

Mit der Umstrukturierung der bestehenden Energieversorgung des Klosters Benediktbeuern durch die Errichtung der neuen Energiezentrale hat das Zentrum für Umwelt und Kultur einen weiteren entscheidenden Mosaikstein in seinem ökologischen Gesamtkonzept gesetzt.

Holz, Wasser, Sonne, Luft und Pflanzenöl als erneuerbare Energieträger decken den Grundbedarf des künftigen Energieverbrauchs im Klosterbereich ab. Damit wurde ein vorbildlicher und wichtiger Beitrag zum Umweltschutz geleistet.

Gerade für eine Umweltbildungseinrichtung wie das ZUK ist es äußerst wichtig, den vorwiegend jugendlichen Besuchern die praktische Anwendung von regenerativer Energieerzeugung vor Ort zu demonstrieren. Dies ist mit dem eigens hierfür errichteten Informationsraum bestens gewährleistet.

Das Kloster Benediktbeuern hatte bereits in Zeiten, in denen der Maierhof noch landwirtschaftlich genutzt war, ein für damalige Verhältnisse modernes und umweltschonendes Energiekonzept mit einer Biogasanlage entwikkelt. Mit der Inbetriebnahme dieser modernen, dem heutigen Erkenntnisstand im Bereich der Nutzung alternativer und regenerativer Energien entsprechenden Anlage wird seitens des Zentrums für Umwelt und Kultur sowie des Klosters Benediktbeuern die Tradition der nachhaltigen Bewirtschaftung unserer Kulturlandschaft fortgesetzt.

Bleibt zu wünschen, dass dieses Vorhaben modellhaft und beispielgebend für unsere Region sein möge.

Georg Rauchenberger
1. Bürgermeister
Gemeinde Benediktbeuern

Energie aus dem Kloster – gestern und heute

Das Kloster Benediktbeuern hat in seiner langen Geschichte immer wieder besondere Ereignisse erlebt. Um 739 n. Chr. von Benediktinern gegründet, prägte das geistliche Zentrum während seines über 1.000-jährigen Wirkens die umliegende Natur- und Kulturlandschaft entscheidend mit – auch über die Grenzen des Landes hinaus, bevor es 1803 durch den bayerischen Staat aufgelöst (säkularisiert) wurde. Knapp 130 Jahre nutzten nun staatliche Einrichtungen und privatwirtschaftliche Unternehmen die Gebäude. Als die Salesianer Don Boscos 1930 das Kloster übernahmen, gelangte der Ort in den folgenden Jahrzehnten wieder zu geistlicher und kultureller Blüte. Mit den neu gegründeten Bildungseinrichtungen des Klosters sind Zentren entstanden, von denen innovative Impulse auf die nahe und weitere Umgebung ausgehen.

Angesichts der neu eingerichteten Energiezentrale des Zentrums für Umwelt und Kultur im Kloster Benediktbeuern liegt es nahe, einen kurzen Blick auf die Geschichte der örtlichen „Energie-Landschaft“ und ihre Entwicklung zu werfen. Welche Energien nutzte man früher in den Gebäuden des Klosters und wo kamen sie zum Einsatz? Wie sieht die Energieversorgung heute aus? Zum historischen Vergleich bieten sich Daten aus dem Jahr 1803 an, als mit der Säkularisation der Wirtschaftsbetrieb des Klosters endete.

Aus einer Veröffentlichung über die Biogas-Anlage im Meierhof, 1978.

Anfang des 19. Jahrhunderts (1803) standen neben der Arbeitskraft von Mensch und Tier dem Kloster als nutzbare Energien zur Verfügung:

- Wärme aus der Verbrennung von Holz und anderer Biomasse in Öfen
- Mechanische Energie aus der Wasserkraft, die sich über den Betrieb von Wasserrädern nutzen ließ

Rund 140 Öfen versorgten 200 Räume im Kloster mit Wärme. Etwa 170 Personen nutzten diese Räume, von denen die Hälfte Wirtschaftsräume waren. Zu den Betrieben mit größerem Wärmebedarf zählten Brauerei, Bäckerei, Küche, Schmiede, Wäscherei, Wagnerei, Ziegelei sowie ein Kalkofen, in dem Kalk gebrannt wurde.

Entlang des in Richtung Westen fließenden Mühlbaches waren seit dem 17. Jahrhundert etwa zwölf Mühlen und Triebwerke angesiedelt, die zum Teil noch heute bestehen. Die Wasserkraft wurde sehr vielseitig genutzt: das Kloster betrieb damit eine Sägemühle, eine Mahlmühle für Getreide sowie eine Ölmühle (Moosmühle). In Besitz von Handwerks-Betrieben außerhalb des Klosters waren damals eine Zementmühle, eine Hammerschmiede, eine Farbenmühle, eine Mahlmühle, eine Lohmühle (die das Stampfwerk einer Gerberei betrieb) sowie zwei weitere Sägemühlen. Das in den Sägemühlen verarbeitete Holz sowie das Brennholz für die zahlreichen Öfen stammte aus dem 5.500 Hektar großen Forstbesitz des Klosters.

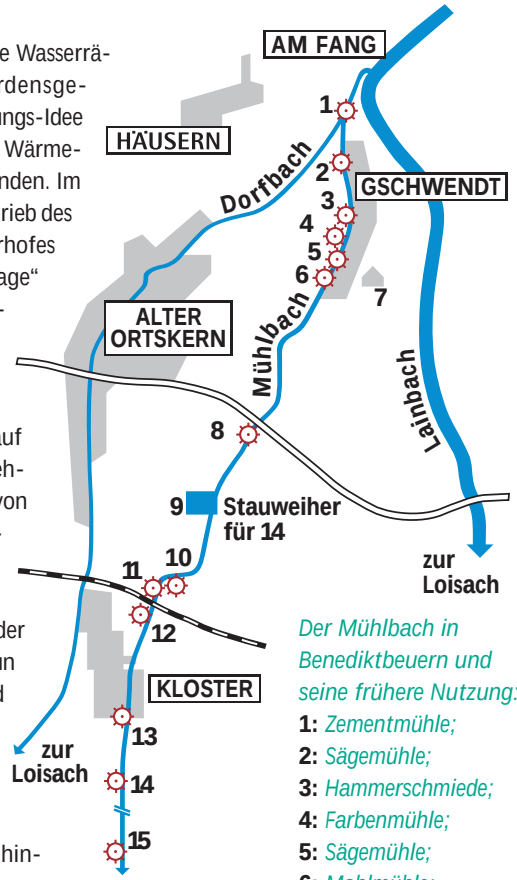
Heute arbeiten rund 600 Personen in den Bildungseinrichtungen des Klosters: 60 Ordensangehörige (die hier auch leben), 140 Angestellte sowie etwa 400 Studierende. Damit sind jetzt dreimal mehr Menschen in den Klostergebäuden tätig als vor 200 Jahren. Hinzu kommen jährlich über 73.000 Übernachtungen von Jugendlichen und Erwachsenen in den angegliederten Gästeunterkünften. Durch den Dachausbau stehen auf einer größeren Nutzfläche als früher nun insgesamt rund 440 Räume innerhalb der Klostergebäude zur Verfügung, wobei inzwischen der Anteil von Zimmern und Gemeinschaftsräumen mit über 90 Prozent dominiert.

In den Gebäuden heute genutzte Energiearten sind:

- Wärmeenergie für die Heizung der Gebäude und des Brauchwassers
- Elektrische Energie (Strom) für den Antrieb von Geräten und Maschinen sowie die Beleuchtung.

Die neue Energiezentrale ersetzt drei Heizzentralen, die für die Wärmeversorgung bisher im Einsatz waren. Sie nutzt intensiv verschiedene erneuerbare (regenerative) Energien, mit denen sie auch einen großen Teil des Strombedarfs dekken kann. Damit gründet die Idee der neuen Energiezentrale auf einer Tradition und Grundhaltung, in der die Salesianer Don Boscos bereits nach dem Zweiten Weltkrieg hier wirkten. Mit einer eigenen Wasserkraft-Anlage gewinnt das Kloster schon seit 1951 elektrischen Strom, indem es die Wasserkraft des Mühlbachs durch schnell laufende Turbinen statt bisher gemächlich sich drehende Wasserräder nutzt. Auch griff die Ordensgemeinschaft innovativ die Forschungs-Idee auf, Biogas aus Stallmist für die Wärme- und Stromversorgung zu verwenden. Im klösterlichen Landwirtschaftsbetrieb des unmittelbar benachbarten Meierhofes ging 1955 eine „Bihu-Gas-Anlage“ (Bihu: Biologischer Humus) in Betrieb, die bundesweit und über die Landesgrenzen hinweg ein gefragtes Vorzeige-Beispiel für Biogas-Anlagen wurde. Sie war auf den Stallmist von 160 Großvieheinheiten (GVE) ausgelegt, der von Rindern und Pferden in den damaligen Ställen des Meierhofes stammte. Die Anlage deckte den gesamten Wärmebedarf der Klosterküche, die zum Kochen nun Gas statt Holz verwendete, und erzeugte durch einen Generator aus überschüssigem Gas elektrischen Strom. Der in den beiden Faultürmen kompostierte Stallmist lieferte darüber hinaus noch einen wertvollen Pflanzen-Dünger. Erst als die Landwirtschaft 1979 im Meierhof eingestellt wurde, war auch das Ende dieser Biogas-Anlage gekommen.

Aber der schöpferische Geist wirkt weiter: seit seiner Gründung 1988 baut das Zentrum für Umwelt und Kultur (ZUK) in Zusammenarbeit mit dem Kloster den 300 Jahre alten Meierhof zu einer modernen Umweltbildungs-Einrichtung aus und gibt Impulse zu Fragen heutiger Zeit – Klöster als wichtige Schrittmacher in die Zukunft.



Der Mühlbach in Benediktbeuern und seine frühere Nutzung:
1: *Zementmühle;*
2: *Sägemühle;*
3: *Hammerschmiede;*
4: *Farbenmühle;*
5: *Sägemühle;*
6: *Mahlmühle;*
7: *Kalkofen;*
8: *Mahlmühle/Ölmühle;*
9: *Stauweiher f. Nr. 14;*
10: *Lohmühle, Stampfwerk/Gerberei;*
11: *Sägemühle;*
12: *Glashütte (v. Utzschneider);*
13: *Mahlmühle;*
14: *E-Werk;*
15: *Moosmühle.*

Was das Kloster nachhaltig bewegt – vom Rat zur Tat

In seiner mehr als 1260-jährigen Geschichte war das Kloster Benediktbeuern immer ein Ort der Natur und Kultur sowie des naturverbundenen regionalen Wirtschaftens. Auf die umliegenden Regionen hat das Kloster bis heute eine starke fördernde Ausstrahlung. Dies gilt in besonderer Weise auch für das 1988 gegründete Zentrum für Umwelt und Kultur (ZUK). Innerhalb eines Jahrzehnts entwickelte und realisierte das ZUK im Sinne der Agenda 21 ein ökologisch orientiertes Gesamtkonzept, das eine starke soziale Komponente besitzt, damit einen hohen Demonstrationscharakter hat und bereits eine bemerkenswerte Außenwirkung entfaltete.

Bei der Energieversorgung des Klosters und des Meierhofes entstand um das Jahr 2000 Handlungsbedarf, da die bisherige Heizungsanlage im Kloster veraltetet war. Im Sinne des oben genannten Gesamtkonzeptes wurde daher die Wärme- und Strom-Versorgung der Gebäude auf eine Technik umgestellt, die eine moderne nachhaltige Wirtschaftsweise ermöglicht. Verwirklicht ist dies durch einen verstärkten Einsatz erneuerbarer (regenerativer) Energien verbunden mit einem intelligenten Lastmanagement, das die energetische Versorgung des Gesamtkomplexes mit Wärme und Strom steuert. Hierdurch lassen sich die verwendeten regenerativen Energieträger in ihrer Kombination optimal nutzen.

Die neue Energiezentrale des Zentrums für Umwelt und Kultur im Kloster Benediktbeuern versorgt den gesamten Klosterkomplex einschließlich des ehemaligen Meierhofes mit Wärme und Strom. Dazu zählen Bildungseinrichtungen wie die Fachhochschule für Sozialwesen, die Philosophisch-Theologische-Hochschule, die Jugendbildungsstätte „Aktionszentrum“, das Zentrum für Umwelt und Kultur, das Trachten-Informationszentrum, die Don Bosco-Jugendherberge und der Don Bosco-Club. Die neue Energiezentrale ersetzt damit drei bisher verwendete Heizöl-Anlagen (eine Heizzentrale im Kloster sowie zwei Heizzentralen im Meierhof).

Insgesamt sechs verschiedene Bausteine (Module) der regenerativen Energieerzeugung werden in der neuen Energiezentrale eingesetzt:

Für die Wärmeversorgung:

- eine Holzhackschnitzel-Kesselanlage
- ein Pflanzenöl-Blockheizkraftwerk (BHKW) (erzeugt gleichzeitig Strom)
- eine Solare Brauchwasser-Anlage (Solarthermie-Anlage mit Sonnenkollektoren)
- zwei Luft / Wasser-Wärmepumpen

Für die Stromversorgung:

- eine Wasserkraft-Anlage mit zwei Wasserturbinen
- eine Photovoltaik-Anlage

Die Bezeichnung „Erneuerbare Energien“ lässt sich hier verwenden, da die Sonne auf praktisch unbegrenzte Zeitdauer als Energiequelle zur Verfügung steht, ob

- in der unmittelbaren aktiven Nutzung von Sonnenenergie (bei Photovoltaik, Solarthermie) bzw. der durch sie erzeugten Wärme (bei Wärmepumpen)
- über die Freisetzung von Sonnenenergie, die in nachwachsenden Rohstoffen wie Holz und Raps (Pflanzenöl) chemisch gespeichert ist (bei Holzhackschnitzel-Kesselanlage und Pflanzenöl-BHKW) oder
- durch die Nutzung von Wasserkraft (Bewegungsenergie), die vom Berg herabfließendes Wasser besitzt (bei der Wasserkraft-Anlage). Zuvor hat Sonnenwärme das Wasser als Dampf von der Erd- und Wasseroberfläche auf die Höhe der Wolken „gehoben“, aus denen es auf Berg (und Tal) herabregnet und talabwärts weiterfließt (so schließt sich der Wasserkreislauf).

Welche Vorzüge haben die verwendeten erneuerbaren Energieträger und die damit verbundene nachhaltige Wirtschaftsweise?

Die eingesetzten erneuerbaren Energien tragen bei:

- zum Klimaschutz, indem sie die Freisetzung des Treibhausgases CO_2 verringern
- zur Schonung der Ressourcen und damit zum Erhalt der Schöpfung auch für zukünftige Generationen
- zur Schaffung von Arbeits- und Einkommensmöglichkeiten durch Brennstoffe aus der Forst- und Landwirtschaft, insbesondere auch in der Region.

Außerdem ist die neue Energiezentrale in die Umweltbildungsarbeit des Zentrums für Umwelt und Kultur (ZUK) eingebunden. Am konkreten Beispiel lässt sich hier vor Ort aufzeigen, wie zukunftsorientierte umweltfreundliche Energieversorgung aussehen kann und welchen Beitrag die einzelnen Energieerzeugungs-Bausteine leisten. Für die Umweltbildungsarbeit mit Besuchern ist ein eigener Informationsraum im Erdgeschoss der Energiezentrale geschaffen worden. Dort sind auf Informationstafeln die wichtigsten Daten zur Energieversorgung zusammengefasst. Vom gleichen Raum aus kann der Besucher auf einer digitalen Anzeigetafel im Zwischengeschoss die jeweils aktuellen Beiträge der einzelnen Energieerzeugungs-Bausteine zur Wärme- und Stromversorgung sowie den gesamten Energieverbrauch ablesen (angewandtes Lastmanagement). Außerdem bietet der Besucherraum einen freien Einblick auf die Turbinen der Wasserkraft-Anlage im Untergeschoss. Mit den Informationsangeboten in der neuen Energiezentrale werden für den Besucher die einzelnen Verfahren transparent und in ihrem Zusammenwirken nachvollziehbar. Dies fördert die Akzeptanz sowie die Bereitschaft, zukunftsorientierte Energie-Versorgungstechniken auf dem Markt stärker einzusetzen.

Darstellung des Waldes in der Liederhandschrift der Carmina Burana.

Über die Vermittlung von Wissen hinaus übernimmt hierdurch das ZUK als Umweltbildungseinrichtung Vorbild- und Modellfunktion. Insbesondere bei einem gesellschaftspolitisch so intensiv diskutierten Thema wie der zukunftsfähigen Gestaltung der Energieversorgung in einer Industriegesellschaft ist dies von zentraler Bedeutung.

In ihrer Einmaligkeit ist die Energiezentrale nicht nur für den Träger sondern auch für den Freistaat Bayern eine Bereicherung, gerade bezogen auf die Zukunft alternativer und regenerativer Energien. Auch der Landkreis Bad Tölz-Wolfratshausen und die Region erfahren eine Förderung ihrer Entwicklung, da der Schwachholzbedarf der Anlage für Waldbauern von großer Bedeutung ist.

Wo die Nachhaltigkeit Einzug hält – die Architektur der Energiezentrale

Standort und Disposition

Der Standort der Energiezentrale liegt 140 Meter westlich vom großen Westtrakt der Klosteranlage. Die Fläche wurde ausgewählt, da sie eine günstige Lage für den Zu- und Abfluss des Wasserkraftwerkes hat, ohne den Blick auf die denkmalgeschützten Klosterbauten zu beeinträchtigen. Zugleich befindet sich der Standort nahe den Hauptabnehmern und berücksichtigt alle Forderungen, die durch die vorhandenen Anlagen und Gebäude bedingt sind. Eine ungestörte Anlieferung des Biomasse-Brennstoffes ist ebenso möglich wie die freie Sonneneinstrahlung auf die installierte Photovoltaik-Anlage. Allerdings liegt die Fläche benachbart zu den Feuchtgebieten der Loisach-Kochelsee-Moore. Durch die Wahl dieses Standortes musste daher das Gebäude der Energiezentrale im Grundwasser errichtet und auf Stahlbetonbohrpfählen gegründet werden.

Eine neue Leitung führt das zufließende Druckwasser für das Wasserkraftwerk am Aktionszentrum vorbei in das Untergeschoss der Energiezentrale. Aus den Wasserturbinen fließt das Unterwasser ab über eine neue Saugleitung in die bereits vorhandene Unterwasserleitung, die unter der Utzschneiderstraße verlegt ist.

Die Streckenführung der Nahwärmeleitungen zur Kloster-Heizzentrale im Arkaden-Westbau ist so gewählt, dass sie auch dann nicht verändert werden braucht, wenn später einmal der Westtrakt des Klosters erweitert wird. Entlang der Don-Bosco-Straße verlaufen die Nahwärmeleitungen zu den Heizzentralen im Meierhof.

In der Energiezentrale sind die Räume entsprechend ihrer jeweiligen Funktionen aufgeteilt, beispielsweise auch für die Besichtigung durch Besucher. Das Raumprogramm und die Berechnungs-Legende des Gebäudes sind auf Seite 15 dargestellt.

Wie die moderne Energiezentrale in Benediktbeuern entstand

Machbarkeitsstudie	Okt.1998 - Febr. 1999
Planungsbeginn	August 1999
Genehmigungsbescheid	Juli 2000
Vergabe erster Lieferleistungen	Juli 2000
Baubeginn	September 2000
Wärme- und Stromlieferung	ab August 2001

Bauausführung

Gründung

Das Baugrundgutachten ergab, dass der tragfähige Baugrund der Energiezentrale etwa 10 Meter unter der Erdoberfläche liegt. Daher ist das Gebäude mit Bohrpfählen aus Stahlbeton 13 Meter tief im Untergrund verankert.

Untergeschoss

Da das Untergeschoss etwa. 2,50 Meter tief im Grundwasser steht, wurden Bodenplatte und Außenwände in wasserdichtem Stahlbeton ausgeführt. Die Oberflächen bestehen aus unverputztem Sichtbeton, die Betonböden sind geglättet.

Erdgeschoss

Das Erdgeschoss ist in Stahlbetonskelettbauweise mit Ausfachungen in Ziegelmauerwerk und Beton gefertigt. Die Fenster und Tore sind Stahlrahmenkonstruktionen mit Holz- und Thermoglasfüllungen.

Dach

Das Dach hat eine Neigung von 22 Grad und besteht aus einer wärme- und schalldämmenden Gasbetondachdecke, die auf Stahlbetonwänden und Stahlprofilträgern gelagert ist. Die Dachdeckung ist entsprechend den umliegenden Gebäuden mit Falzziegeln auf Luftlattung und Schalung ausgeführt. Da auf dem Dach eine Photovoltaik-Anlage installiert ist, wäre eine Dachneigung von etwa 35 Grad für die Nutzung der Sonnenenergie optimal. Diese steilere Dachneigung wurde jedoch nicht verwirklicht, da sie mit deutlich höheren Gebäudekosten verbunden gewesen wäre und auf den Stromertrag der Photovoltaik-Anlage nur einen geringen Einfluss gehabt hätte.

Raumprogramm und Größe der Netto-Nutzflächen

Untergeschoss:

Wasserturbinen-Raum mit Rohrkeller und Wasserauffangbecken (Schwallkammer)	54 m²
Lagerbunker für Holzhackschnitzel	54 m²
Hydraulikraum zur Förderung der Biomasse	7 m²
Lagerraum für Rapsöl und fossiles Heizöl	21 m²
Heizraum für zwei Heizkessel mit fossilen Brennstoffen	47 m²
Schaltraum mit Kabelkeller	14 m²
Summe Untergeschoss:	197 m²

Erdgeschoss:

Besuchervorraum mit Blick auf das Schaltbild und in den Turbinenraum	20 m²
Heizraum für Holzhackschnitzel-Heizkessel (mit Elektrofilter / hydraulischer Weiche) und Pflanzenöl-BHKW	67 m²
Schaltraum mit Kabelkeller	16 m²
Besucher-WC	4 m²

Zwischengeschoss:

Besucherdeck mit Schaltbild und Bildschirmplatz	38 m²
Summe Erdgeschoss und Zwischengeschoss:	145 m²
Summe Nutzflächen:	342 m²

Berechnungslegende für das Gebäude

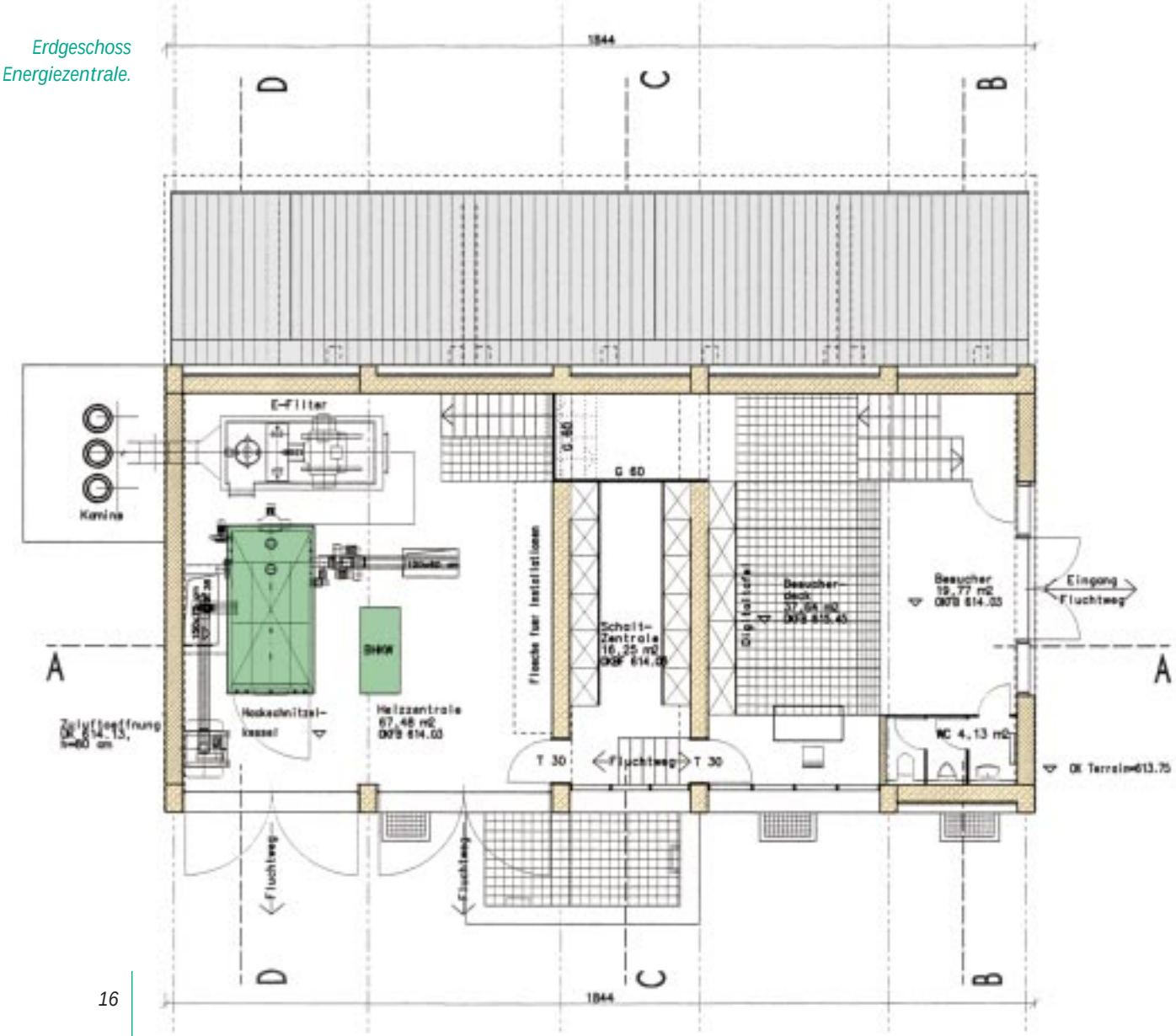
Bebaute Fläche:

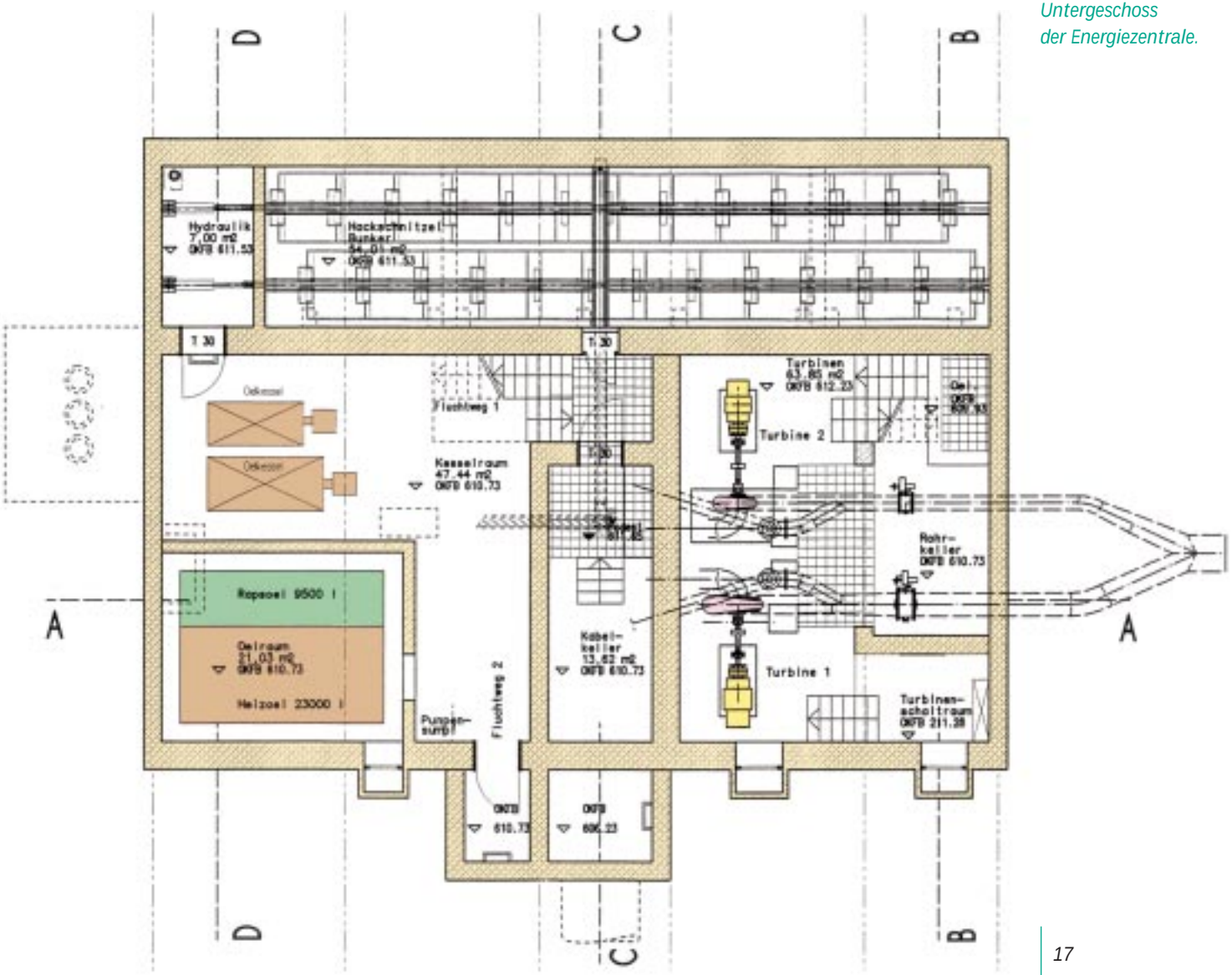
Hauptbaukörper (9,6 m x 18,5 m)	177 m²
Hackschnitzelbunker (4,1 m x 18,5 m)	76 m²
Summe bebaute Fläche:	253 m²

Umbauter Raum (einschließlich Wänden):

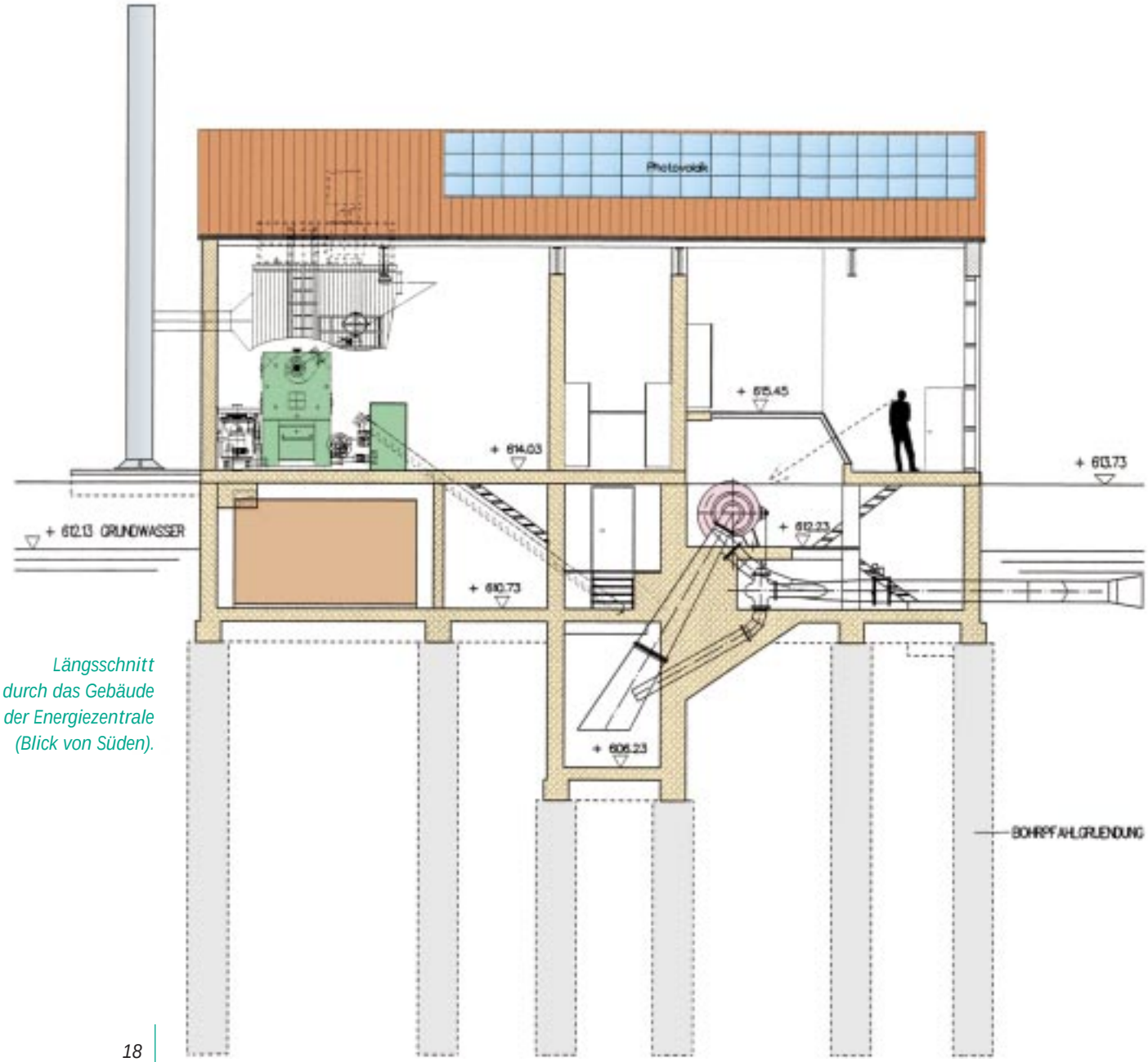
Hauptbaukörper	1.719 m³
Hackschnitzelbunker	285 m³
Schwallkammer	164 m³
Summe umbauter Raum:	**2.168 m³**

Erdgeschoss der Energiezentrale.





Untergeschoss der Energiezentrale.



Längsschnitt durch das Gebäude der Energiezentrale (Blick von Süden).

Wie die Bausteine der Energiezentrale funktionieren – Urkräfte in Hightech-Maschinen

Einführung

Nach welchen Kriterien wurden die verwendeten Energieerzeugungs-Bausteine in der neuen Energiezentrale ausgewählt?

Bei der Wärmeversorgung muss mit relativ hohen Vorlauftemperaturen (80–90° C) gefahren werden, da die bereits bestehenden Heizkreisläufe in den verschiedenen Gebäudeteilen des Klosters darauf ausgerichtet sind. Auch ist eine Vielzahl verstreut aufgestellter Bereiter für Brauchwarmwasser zu versorgen. Für diesen hohen Temperatur-Bedarf kommen als regenerative Energietechniken die Biomasseverbrennung sowie das Pflanzenöl-BHKW in Frage. Der problemloseste Biomasse-Brennstoff sind naturbelassene Hackschnitzel. Daher fiel die Wahl auf eine Holzhackschnitzel-Kesselanlage. Darüber hinaus bieten sich für die Brauchwasser-Erwärmung als regenerative Energieerzeugungs-Bausteine eine Solare Brauchwasser-Anlage (mit Sonnenkollektoren) sowie Wärmepumpen an. Da Benediktbeuern in einer relativ sonnenreichen Gegend liegt, ist der Einsatz von Sonnenkollektoren sowie einer Photovoltaik-Anlage sinnvoll. Eine Wasserkraft-Anlage war bereits im Untergeschoss des Aktionszentrums in Betrieb und wurde aufgrund der auf getretenen Schallbelästigungen nun in die Energiezentrale verlegt.

Blick von Südwesten auf das Gebäude der Energiezentrale mit Photovolaik-Anlage auf dem Dach

Nicht realisiert ist eine Windkraft-Anlage, da das Windaufkommen in der Nähe des Klosters für eine effiziente Nutzung zu gering ist und die Belange des Denkmalschutzes eine solche Anlage in der Nähe des Klosters ausschließen. Die Energiegewinnung aus Biogas scheidet ebenfalls aus, da heute vor Ort kein eigener landwirtschaftlicher Betrieb mehr vorhanden ist. Auch die zusätzliche Erschließung von Erdwärme (Geothermie) ist aufgrund des im Verhältnis großen Aufwandes nicht vertretbar.

Für die Wärmeerzeugung sind in der Energiezentrale drei Kesselanlagen installiert: die Holzhackschnitzel-Kesselanlage und das Pflanzenöl-BHKW decken den Wärmegrundbedarf (Wärmegrundlast). Durch die Begrenzung auf den Grundlastbetrieb können die beiden Anlagen wirtschaftlich betrieben werden. Zusätzlich sind zwei Heizöl-Kessel eingebaut, die als Reserve bereitstehen, wenn durch eine Störung die Holzhackschnitzel-Kesselanlage ausfallen sollte. Außerdem sind diese Heizöl-Kessel in Betrieb, sobald eine besonders große Wärmemenge (Spitzenlast) oder aber nur sehr wenig Wärme (Schwachlast) für die Heizung gebraucht wird, so dass der Schwachlastbetrieb der Holzhackschnitzel-Kesselanlage zuviel Wärme liefern würde.

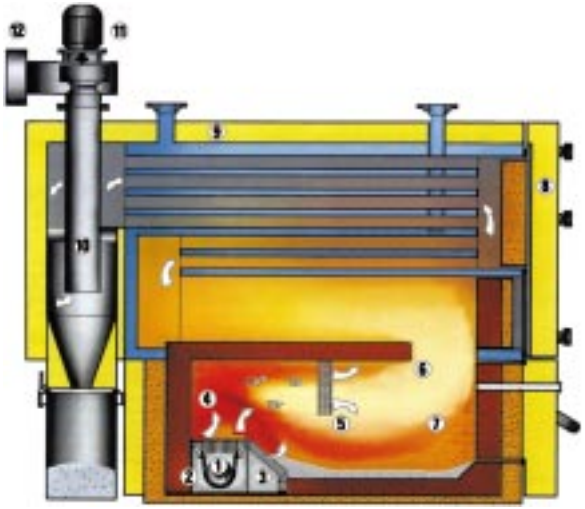
Das Nahwärmenetz liefert die in den Kloster-Gebäuden benötigte Wärme für die außentemperaturabhängige Heizung und das Brauchwasser. Entsprechend dem Wärmebedarf wird es 24 Stunden am Tag betrieben. Auch im Sommer ist ein Betrieb rund um die Uhr erforderlich, da die Temperaturen im Netz auf einer Mindesttemperatur gehalten werden müssen. Die Kessel-Anlagen laufen zu Zeiten geringer Wärmeabnahme nicht kontinuierlich, zumindest eine Anlage muss jedoch ständig betriebsbereit sein.

Woher die Wärme kommt

Holzhackschnitzel-Kesselanlage

Die Verbrennung von Holz ist wahrscheinlich der älteste aktive Gebrauch erneuerbarer Energien. Bei der Entwicklung vom einfachen Lagerfeuer bis hin zur modernen Holzhackschnitzel-Kesselanlage konnte die im Holz chemisch gebundene Sonnenenergie immer besser genutzt werden (meist als Wärme). Ein Maß für die Güte des Feuerungssystems ist der Wirkungsgrad. Er gibt an, wieviel Prozent der im Brennstoff (allgemein: in einer Energiequelle) enthaltenen Energie durch die Anlage genutzt werden können. Während an offenen Feuerstellen der Wirkungsgrad maximal 10 Prozent erreicht, lassen sich durch Holzhackschnitzel-Kesselanlagen bis über 80 Prozent der im Holz gespeicherten Energie als Wärme verwerten und niedrige Emissionen von Rauchgasen erzielen.

Die Holzhackschnitzel-Kesselanlage in der neuen Energiezentrale hat eine Nennwärmeleistung von 900 Kilowatt (kW). Sie ist mit einer Unterschubfeuerung ausgeführt, die sich in dieser Leistungsklasse bewährt hat. Ein robuster, mit Hydraulikzylindern angetriebener Schubboden bewegt die Holzhackschnitzel im Vorratsbehälter (Brennstoffbunker) von beiden Seiten zur Förderschnecke, die in der Mitte des Bunkerbodens quer zu den Schubstangen verläuft (automatische Brennstoffzufuhr). Die Förderschnecke und anschließend eine Steigschnecke sowie eine Unterschubschnecke transportieren die Holzhackschnitzel in die Feuermulde des Holzhackschnitzel-Kessels. In der darüber liegenden Entgasungszone werden die Holzhackschnitzel unter Zustrom von Primärluft bei Temperaturen von ca. 400 – 500 °C getrocknet und in ihre einzelnen gasförmigen Verbindungen aufgespalten. Man nennt diese thermische Zersetzung des Holzes auch Holzvergasung oder Pyrolyse. Alle durch die Pyrolyse entstandenen brennbaren Gase wie Kohlen-



Vereinfachtes Funktionsschema eines Holzhackschnitzel-Kessels.

1 Stockerschnecke
2 Primärluft Innenrost
3 Primärluft Außenrost
4 Glutüberwachung
5 Sekundärluft
6 Flammüberwachung
7 Feuerungsblock
8 Kesselkörper
9 Kesselüberwachung
10 Abgasentstauber
11 Abgasgebläse
12 Abgasüberwachung
– Temperatur
– Restsauerstoff

Pflanzenöl-BHKW und dahinter Holzhackschnitzel-Kesselanlage im Erdgeschoss der Energiezentrale.

monoxyd (CO), Wasserstoff (H_2) und Kohlenwasserstoffverbindungen (HC) werden anschließend mit zuströmen-der Sekundärluft vermischt und als Flamme bei bis zu 1.200 °C im Kessel nachverbrannt. Die entstehende Wärme wird über einen Wärmetauscher auf das Heizungswasser übertragen. Die Energie trägt dazu bei, den Wärmegrundbedarf des Nahwärmenetzes abzudecken (siehe oben). Eine Aschenschnecke transportiert die aus der Verbrennung im Kessel anfallende Holzasche (Kesselasche) in einen Auffangcontainer.

Die Holzhackschnitzel-Kesselanlage ist mit einer hochwertigen Abgasentstaubung in Form eines Elektrofilters ausgerüstet, der eine deutliche Unterschreitung der Grenzwerte ermöglicht, die in der Technischen Anleitung Luft (TA Luft) vorgegebenen sind. Beide Aschefraktionen, sowohl die Kesselasche wie auch die Flugasche aus dem Elektrofilter, werden in Containern staubdicht aufgenommen und gelagert. Die hauptsächlich anfallende Kesselasche (ca. 12 bis 18 Tonnen pro Jahr) wird voraussichtlich als Mineraldünger in der Landwirtschaft verwendet. Da sie vor allem Kalium, aber auch Calzium und Spurenelemente enthält, ist sie für die Düngung von Pflanzen gut geeignet. Die aus dem Abgas herausgefilterte Flugasche fällt nur in verhältnismäßig kleinen Mengen an (ca. 2 bis 4 Tonnen pro Jahr) und wird aufgrund möglicher Schadstoffgehalte auf die Deponie entsorgt. Je höher der Rindenanteil der angelieferten Holzhackschnitzel ist, desto größere Aschemengen entstehen bei ihrer Verbrennung.

Anlieferung und Lagerung der Holzhackschnitzel

Für die Holzhackschnitzel-Kesselanlage werden ausschließlich eigens aufbereitetes Schwachholz aus der regionalen Land- und Forstwirtschaft, naturbelassenes und unbehandeltes Restholz aus der Holzindustrie sowie Landschaftspflegematerial eingesetzt.

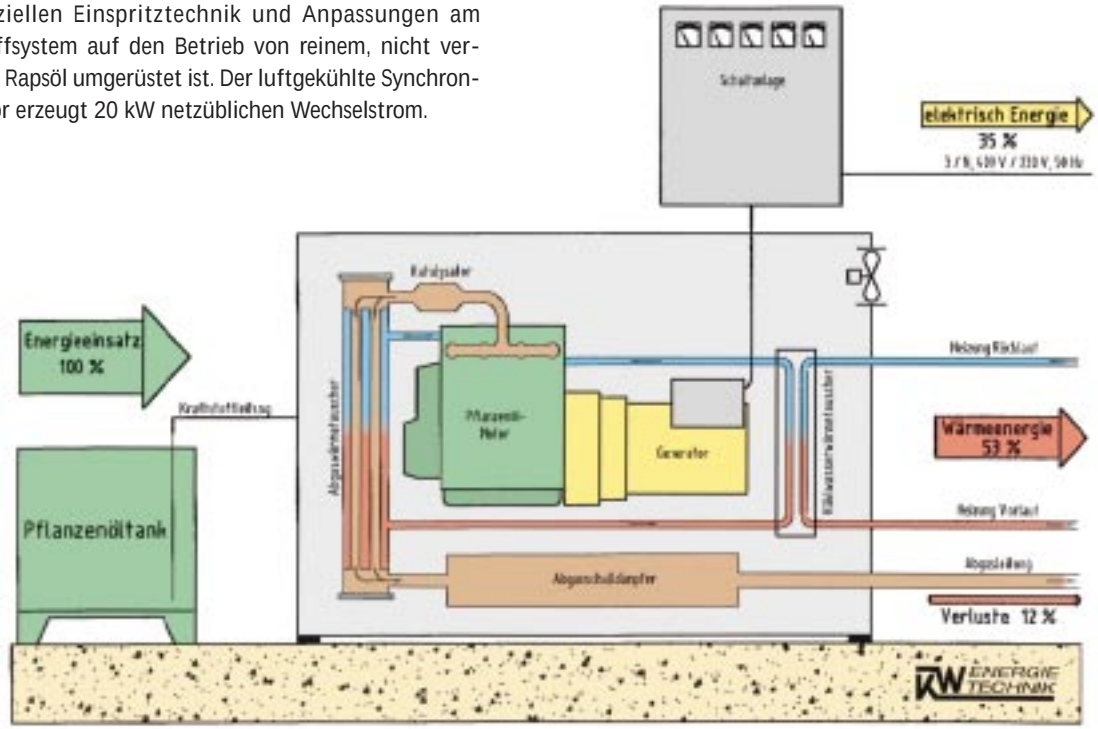
Der Lagerbunker für Holzhackschnitzel hat eine Nutzkapazität von etwa 170 Kubikmeter, womit der Vorrat zur Feuerung für mindestens eine Woche Volllastbetrieb ausreicht und eine ausreichende Versorgungskapazität sichergestellt ist. Im Sommer und in der Übergangszeit reicht der Vorrat im Brennstoffbunker natürlich wesentlich länger (mehrere Wochen). Mit einem hydraulisch anhebbaren Deckel für die Befüllung ist der Hackschnitzelbunker wettergeschützt. Der jährliche Holzbedarf beträgt ca. 1.200 Tonnen, das entspricht ca. 4.700 Kubikmeter Holzhackschnitzeln. Das ist mehr als das Dreifache vom Rauminhalt eines der 44 Meter hohen Basilika-Kirchtürme in Benediktbeuern.

Pflanzenöl-Blockheizkraftwerk (BHKW)

Ein Blockheizkraftwerk (BHKW) erzeugt gleichzeitig Strom und nutzbare Wärme. Es arbeitet nach dem Prinzip der „Kraft-Wärme-Kopplung“ (KWK). Dabei sind Verbrennungsmotor-Anlage und Heizkessel (Grundlastkessel) kombiniert. Das Prinzip ist analog der Motorentechnik beim Automobil. Anstatt jedoch die Drehbewegung des Motors für die Fortbewegung zu nutzen, wird ein Generator angetrieben, der nach dem Dynamo-Prinzip Strom erzeugt. Ein großer Teil der beim Betrieb des Motors entstehenden Wärme wird über Wärmetauscher in die Heizungsanlage weitergeleitet.

Das Pflanzenöl-BHKW in der neuen Energiezentrale hat einen Dieselmotor (4-Takt-Reihenmotor), der mit Hilfe einer speziellen Einspritztechnik und Anpassungen am Kraftstoffsystem auf den Betrieb von reinem, nicht verestertem Rapsöl umgerüstet ist. Der luftgekühlte Synchrongenerator erzeugt 20 kW netzüblichen Wechselstrom.

Die Abgaswärme des Motors wird über einen speziellen Wärmetauscher und die Kühlwasserwärme über einen Plattenwärmetauscher entzogen („ausgekoppelt“) und dem Heizkreislauf in der Energiezentrale zugeführt. Die entsprechende thermische Leistung des BHKW beträgt 34 kW. Der erzeugte Wechselstrom wird im Sinne des Energie-Einspeise-Gesetzes (EEG) über einen separaten Zähler in das öffentliche Stromnetz eingespeist. Das BHKW ist mit einem Oxidations-Katalysator ausgerüstet und wird nach dem jeweiligen Wärmebedarf betrieben. Es erreicht einen Wirkungsgrad von rund 90 Prozent. Das gesamte Energieerzeugungs-Modul ist auf einem Grundrahmen aufgestellt und mit einer Schalldämmhaube umschlossen.



Vereinfachtes Funktionsschema eines Pflanzenöl-BHKWs.

Solare Brauchwarmwasser-Anlage

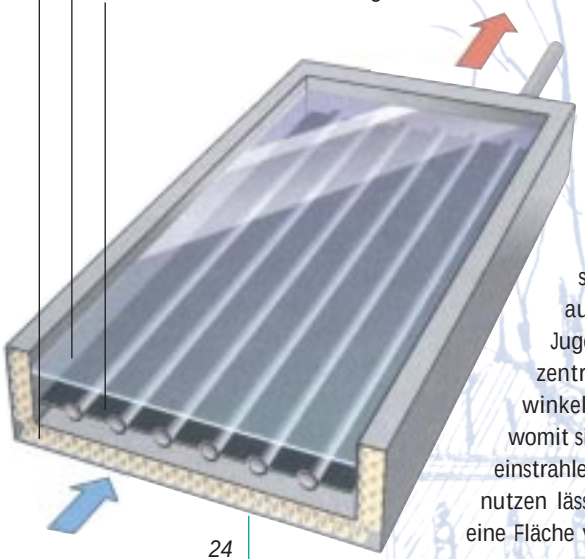
Bei der solaren Brauchswasser-Anlage (Solarthermie-Anlage) nehmen Sonnenkollektoren („Sammler“) die Sonnenstrahlen auf, wandeln sie in Wärme um und übertragen die Wärme auf einen Wärmeträger (Wasser mit einem ungiftigen Frostschutzmittelzusatz), das durch den Kollektor gepumpt wird. Der Wärmeträger transportiert die Wärme in den Speicher der Warmwasseranlage. Dort wird über einen Wärmetauscher das Frischwasser erwärmt und als Warmwasser gespeichert, das dem Verbraucher zur Verfügung steht.

Die verwendeten Hochleistungs-Flachkollektoren haben eine bläulich gefärbte „Empfangsfläche“ aus Kupfer – den Absorber, der die Sonnenenergie aufnimmt (absorbiert) und in Wärme umwandelt. Die Absorberplatte ist mit zahlreichen Kanälen durchzogen, in denen der Wärmeträger fließt, die entstandene (Sonnen-) Wärme aufnimmt und weiter transportiert. Um die Ausbeute an nutzbarer Sonnenenergie (und damit den Wirkungsgrad) zu erhöhen, macht man sich den Treibhauseffekt in Kombination mit einer guten Wärmedämmung zunutze. Dazu ist der Absorber in einen wärmegedämmten Flachkasten eingebaut, der auf der Oberseite mit einer Glasscheibe abgedeckt ist. Damit arbeitet der Kollektor geradezu als „Lichtfalle“.

Insgesamt 24 Hochleistungs-Flachkollektoren sind auf der Süd-Dachseite der Jugendbildungsstätte „Aktionszentrum“ mit einem Neigungswinkel von 48 Grad aufgestellt, womit sich die über den Tag hinweg einstrahlende Sonnenenergie optimal nutzen lässt. Die Kollektoren belegen eine Fläche von insgesamt 60 Quadratmetern. Sie sind aus Denkmalschutzgründen so unauffällig wie möglich als Band unterhalb des Dachfirsts angeordnet. Je sechs Kollektoren sind zu einer der vier Kollektoren-Gruppen zusammengeschaltet. Sie erreichen einen Wirkungsgrad von bis zu 64 Prozent.

Die solare Brauchwarmwasser-Anlage ist nicht mit dem Nahwärmenetz verbunden, sondern liefert entsprechend ihrem Leistungsvermögen lediglich einen Beitrag zur Brauchwassererwärmung im Aktionszentrum. Daher wird die Wärme aus den Kollektoren zu den nächstgelegenen Brauchwasserbereitungsstellen im Untergeschoss des Aktionszentrums geleitet. Die dort zuvor bereits vorhandenen Warmwasserspeicher sind durch neue, dem Funktionsbedarf angepasste Speicher ersetzt. Mit den eingesetzten Flachkollektoren lässt sich die Hälfte des Jahres der Brauchwasser-Bedarf von etwa 30 bis 35 Personen decken.

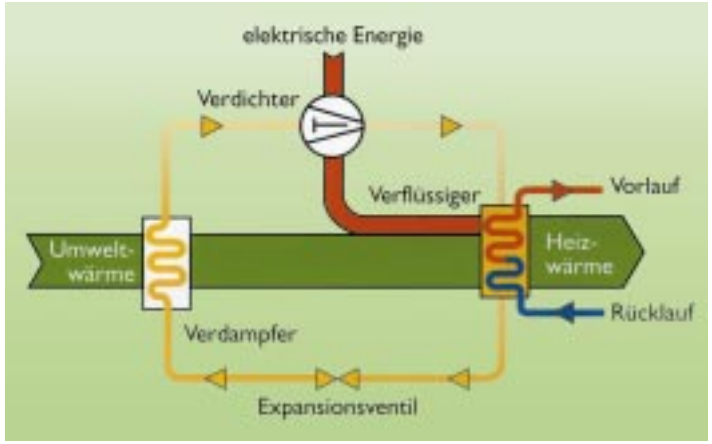
Hochleistungs-Flachkollektoren auf dem Dach der Jugendbildungsstätte „Aktionszentrum“ nutzen die Sonne für die Warmwasser-Bereitung.



Aufbau (vereinfacht) eines Flachkollektors:

Wärmepumpen im Klosterdach

Eine Wärmepumpe hebt Energie von einem niedrigen Temperatur-Niveau auf ein höheres an - sie „pumpt“ (Wärme-) Energie beispielsweise von der Umgebungsluft in das Brauchwasser. Dies geschieht, indem einer Wärmequelle wie der Umgebungsluft Wärme entzogen wird. Mit dieser Wärme wird im Verdampfer ein bei niedriger Temperatur siedendes Arbeitsmittel (Kältemittel) verdampft. Der Dampf hat nun Wärmeenergie aus der Umgebungsluft aufgenommen. Dadurch kühlt sich die Umgebungsluft ab. Der Verdampfer ist also ein Wärmetauscher (ähnlich dem Kühler eines Autos). Das vorher flüssige Arbeitsmittel verlässt den Verdampfer gasförmig. Dieses Gas wird mit einer durch elektrischen Strom angetriebenen „Pumpe“ – dem Verdichter (Kompressor) – auf einen höheren Druck gebracht und dadurch gleichzeitig – je nach Arbeitsmittel – auf bis zu 80 °C erhitzt (vom Prinzip her geschieht das Gleiche, wenn man die Luft in einer Luftpumpe mit dem Kolben zusammenpresst, während man das Ventil verschlossen hält). Das erhitzte Gas kann in einem zweiten Wärmetauscher, dem Kondensator, seine höhere Temperatur wieder an ein kälteres Medium wie Wasser abgeben. Das Wasser erwärmt sich dabei auf eine höhere Temperatur als die Wärmepumpe zuvor aus der Umgebungsluft aufgenommen hat. Beim Abgeben der Wärme verflüssigt sich (kondensiert) das Arbeitsmittel wieder. Es hat jedoch noch einen hohen Druck. In einem entsprechenden Entspannungsventil (Expansionsventil) wird dieser Druck wieder abgebaut. Das Arbeitsmittel kühlt weiter ab und gelangt – angetrieben durch eine Umwälzpumpe – wieder in den Verdampfer. Danach beginnt der Kreislauf erneut von vorne. Damit arbeitet die Wärmepumpe nach dem Kühlschrank-Prinzip, nur in die umgekehrte Richtung.



Vereinfachtes Funktionsschema der Wärmepumpe.

Eine Wärmepumpe gibt ein Mehrfaches an Energie in Form von Wärme ab, als zum Antrieb von Kompressor und Umwälzpumpe durch elektrischen Strom aufgewendet werden muss. Sie ist damit energiesparend. Wichtige Kenngröße der Wärmepumpe ist die Leistungszahl. Sie gibt an, wieviel mal größer der Nutzen (gewonnene Wärmeleistung) im Verhältnis zum Aufwand (notwendige elektrische Stromleistung) ist.

Im Dachgeschoss des Meierhofes sind zwei Kompakt-Luft / Wasser-Wärmepumpen installiert. Sie nutzten die Wärme der Umgebungsluft aus dem Dachgeschoss und erwärmen damit Brauchwasser im Meierhof. Mit dem Wärmeentzug aus dem Dachgeschoss tragen die beiden Wärmepumpen gleichzeitig zur Klimatisierung der darunter liegenden Räume bei. Jede der beiden Anlagen liefert eine Wärmeleistung von 8 kW und hat dabei eine Leistungsaufnahme von 2,5 kW elektrischem Strom. Damit beträgt ihre Leistungszahl 8,0 kW / 2,5 kW = 3,2. Die verwendeten Wärmepumpen sind für Temperaturen der Umgebungsluft von -18°C bis + 30°C ausgelegt und können dabei das Brauchwasser auf Temperaturen von +15°C bis + 65°C erwärmen. Das verwendete Kältemittel ist HFCKW- und FCKW-frei.

Hier kommt die Wärmeenergie aus dem Hackschnitzelkessel und wird ins Nahwärmenetz weitergeleitet.

Spitzen- und Reservekessel

In der Energiezentrale sind zusätzlich zwei Heizöl-Kessel mit einer Nennwärmeleistung von 1120 kW bzw. 575 kW installiert, die mit moderner Low-NOx-Brennertechnik ausgerüstet sind. Diese Feuerungstechnik senkt über eine gestufte Verbrennung den Stickstoffoxid-Gehalt in der Verbrennungsluft ab, indem die im Heizöl enthaltenen Reduktionsstoffe für die chemische Umwandlung von Stickstoffoxiden in Luftstickstoff genutzt werden.

Die beiden Heizöl-Kessel dienen:

- als Reserve-Kessel, wenn durch geplanten oder ungeplanten Stillstand die Holzhackschnitzel-Kesselanlage und das Pflanzenöl-BHKW ausfallen
- zur Deckung der benötigten Wärmemengen, die Holzhackschnitzel-Kesselanlage und das Pflanzenöl-BHKW bei Spitzen- oder Schwachlastbetrieb nicht liefern

Die Umschaltung auf die Reservekessel sowie die Zuschaltung als Spitzenkessel geschieht automatisch über die Steuerung des Lastmanagements.

Rapsöl- und Heizöl-Lagerung

Im Untergeschoss der Energiezentrale lagern Heizöl und Rapsöl in einem gemeinsamen, kellergeschweißten Stahltank, der eine Trennwand hat. Der Heizöltank ist durch eine eingebaute Kunststoffblase doppelwandig ausgeführt. Der Heizöltank fasst 23.000 Liter, der Rapsöltank 9.500 Liter. Der jährliche Bedarf an Rapsöl beträgt etwa 51.500 Liter, für Heizöl ist ein Jahresbedarf von etwa 72.000 Litern anzusetzen.

Heiztechnische Einbindung und Nahwärmeleitungen

Der Holzhackschnitzel-Kessel, das Pflanzenöl-BHKW und die beiden Heizöl-Kessel sind über eine hydraulische Weiche direkt an das Nahwärmenetz angeschlossen. Die hydraulische Weiche verteilt und sammelt die einzelnen Heizwasserströme. Die Nahwärmeleitungen bestehen aus wärmegedämmten Stahlrohren mit Kunststoffummantelung und haben eine Leckageüberwachung.

Die Heizzentralen im Klosterkomplex und im ZUK wurden bisher mit dezentralen Heizkesseln betrieben. Nun sind in drei Heizzentralen jeweils Wärmeübergabe-Stationen aufgestellt. Sie übergeben die Wärme der abgezweigten Heizwasserströme an die jeweiligen vorhandenen Verteileinrichtungen. Die Wärmeübergabestationen sind mit Wärme-Messgeräten ausgestattet, die Daten für die Wärmeabrechnung liefern.

Die maximale Vorlauftemperatur im Nahwärmenetz auf dem Weg zur Wärmeübergabestation beträgt 90°C; die entsprechende Rücklauftemperatur 70°C. Auch im Sommer müssen die Temperaturen im Nahwärmenetz weiterhin auf relativ hohen Werten gehalten werden, da das mitverwendete bisherige Heizungsnetz (Sekundärnetz) im Klosterkomplex derzeit noch kaum nach der Außentemperatur gesteuert betrieben werden kann.

Was den Strom zum Fließen bringt

Wasserkraft-Anlage

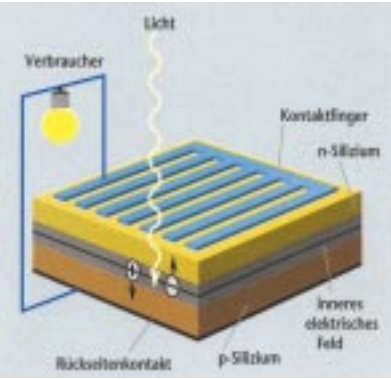
Schon seit Jahrtausenden wird die Wasserkraft genutzt, um Wasserräder anzutreiben und damit die Bewegungs- bzw. Lageenergie des Wassers in mechanische Arbeit umzuwandeln. Beim Wasserkraftwerk tritt jedoch an die Stelle des gemächlich sich drehenden Wasserrades eine schnell laufende Turbine, die Wirkungsgrade um 90 % erreicht. Die mechanische Arbeit der Turbine wird auch nicht mehr unmittelbar genutzt, etwa zum Antrieb eines Mühlsteins, sondern über einen angekoppelten Generator nach dem Dynamo-Prinzip in elektrischen Strom umgewandelt.

Die Wasserkraft-Anlage der neuen Energiezentrale war zuvor bereits einige Jahrzehnte im Untergeschoss des Aktionszentrums in Betrieb. Nach einer Grundüberholung werden die beiden Turbinen nun im Untergeschoss der neuen Energiezentrale weiterverwendet. Die Wasserkraft-Anlage nutzt Abfluss und Gefälle des „Mühlbachs“, der vom „Lainbach“ in Benediktbeuern abzweigt und in Richtung Westen weiterfließt. Etwa 900 Meter oberhalb der Klosteranlage wird das Wasser des Mühlbachs in einem Stauweiher („Klosterweiher“) gesammelt, der etwa 2.900 Kubikmeter Wasser fasst. In einer Stahldruckrohrleitung, die in der Erde verlegt ist, fließt von hier aus das Triebwasser in Richtung Kloster und in die tiefer gelegene Energiezentrale weiter.

Im Untergeschoss der Energiezentrale: Die beiden Turbinen (grün) der Wasserkraft-Anlage treiben jeweils einen Generator (gelb) an, der elektrischen Strom erzeugt.

Die Fallhöhe des Wassers vom Stauweiher bis zu den Turbinen in der Energiezentrale beträgt 17,6 Meter.

Die Wasserkraft-Anlage arbeit mit zwei Francis-Spiralturbinen, benannt nach ihrem Erfinder, dem Engländer James Francis, der bereits im Jahr 1849 den Entwurf für diesen weit verbreiteten leistungsstarken Turbinentyp lieferte. Da das Wasser vor dem Eintritt in diese Turbinen unter einem höherem Druck steht als nach dem Austritt, spricht man auch von Überdruckturbinen. Die zwei Wasserturbinen haben eine Leistung von 57 kW (Baujahr 1962) bzw. 31 kW (Baujahr 1950). An ihrem früheren Aufstellungsort waren beide Turbinen mit einem gemeinsamen Asynchrongenerator gekup-



Vereinfachtes Schema zur Gewinnung von Strom durch den „Photoelektrischen Effekt“ in Solarzellen, hier dargestellt an einer Silizium-Solarzelle

pelt. In der Energiezentrale ist nun jede der beiden Turbinen mit einem eigenen neuen Asynchrongenerator ausgestattet, so dass sich flexibel je nach Wasserzufluss die Turbinen einzeln oder gemeinsam für die Stromerzeugung einsetzen lassen. Die Wasserkraft-Anlage ist auf einen maximalen Durchfluss von 0,63 Kubikmeter Wasser je Sekunde ausgelegt. Aus zwei Strängen der Druckrohrleitung strömt das Triebwasser in die beiden Turbinen, aus denen es über die beiden Saugrohre der Turbinen in die Schwallkammer abfließt. Von dort aus fließt das Triebwasser im freien Gefälle über eine etwa 250 Meter lange Unterwasserleitung weiter, die in der Erde verlegt ist, und mündet am Ende der Utzschneider-Straße wieder in den Mühlbach.

Im Aktionszentrum mussten früher die Wasserturbinen nachts abgeschaltet werden, da die schwingenden Maschinenteile Lärmbelästigungen verursachten. Diese Nachtabschaltung ist in der schallgedämmten neuen Energiezentrale nicht mehr notwendig. Somit lässt sich jetzt die Wasserkraft auch nachts zur Stromerzeugung nutzen.

Photovoltaik-Anlage

Solarzellen (Photovoltaische Zellen) können das einfallende Sonnenlicht in elektrischen Strom umwandeln. Wichtiger Bestandteil der Solarzelle sind verschiedenartige Halbleiter – das sind Materialien wie Silizium, die elektrischen Strom weniger gut leiten als Metalle, weil im Unterschied zu Metall die Ladungsträger im Halbleiter nicht bereits frei sind, sondern erst durch zugeführte Energie aus dem Kristallverband des Materials herausgelöst werden müssen. Das energiereiche Sonnenlicht löst in der Solarzelle an der Grenzschicht zwischen verschiedenartigen Halbleitern Ladungsträger (Elektronen) aus dem Kristallverband, so dass eine elektrische Spannung entsteht (photoelektrischer Effekt, Photovoltaik-Prinzip). Diese „Photo-Spannung“ lässt sich mit elektrischen Kontakten in der Solarzelle abgreifen und als elektrischer (Gleich-) Strom nutzen. Mehrere Solarzellen sind zu Modulen zusammengeschaltet, die den fertigen Solarstrom liefern.

In der neuen Energiezentrale bestehen die Solarzellen der Photovoltaik-Anlage nicht wie herkömmlich aus Silizium, sondern überwiegend aus einer Mischung von Kupfer, Indium und Selen (Diselenid), abgekürzt CIS. Eine CIS-Solarzelle braucht nur ein Hunderstel des photoaktiven Materials einer Silizium-Solarzelle. Während pro Quadratmeter Silizium-Solarzelle etwa 1,5 Kilogramm reines Silizium benötigt wird, kommt die CIS-Dünnschichtzelle für die gleiche Fläche mit 1,5 bis 4 Gramm Kupfer, 3 bis 9 Gramm Indium und 7 bis 20 Gramm Selen aus – Materialien aus der Kupfer- und Zinkverhüttung. Die photoaktive Schicht der CIS-Dünnschichtzelle ist nur 2 Mikrometer (2 Tausenstel Millimeter) dick im Vergleich zu 340 Mikrometer Schichtdicke bei der herkömmlichen Silizium-Solarzelle. Bei der CIS-Dünnschichtzelle ist die photoaktive Schicht direkt und großflächig auf normales Fensterglas aufgedampft. Durch den geringeren Materialverbrauch, günstige Werkstoffe und die Möglichkeit einer einfacheren Herstellung sind CIS-Dünnschichtzellen preiswerter als bisherige Silizium-Solarzellen (Halbierung bisheriger Produktionskosten möglich). Gleichzeit haben die verwendeten CIS-Dünnschichtmodule ST40 den relativ hohen Wirkungsgrad von etwa 10 Prozent, was bedeutet: 10 Prozent des einfallenden Sonnenlichts werden in elektrischen Strom umgewandelt.

Auf dem nach Süden ausgerichteten Pultdach der Energiezentrale sind die 228 CIS-Dünnschichtmodule installiert. Sie nehmen eine Dachfläche von 100 Quadratmetern ein und liefern eine Strom-Spitzenleistung von 9 kW. Die Installation zählt damit zu den ersten Photovoltaik-Anlagen, bei denen CIS-Module großflächig eingesetzt sind. Der Solarstrom aus den Modulen fließt in vier Wechselrichter, die den erzeugten Gleichstrom in Wechselstrom umwandeln. Dieser wird auf der Grundlage des Energie-Einspeise-Gesetzes (EEG) über einen separaten Zähler in das öffentliche Stromnetz eingespeist.

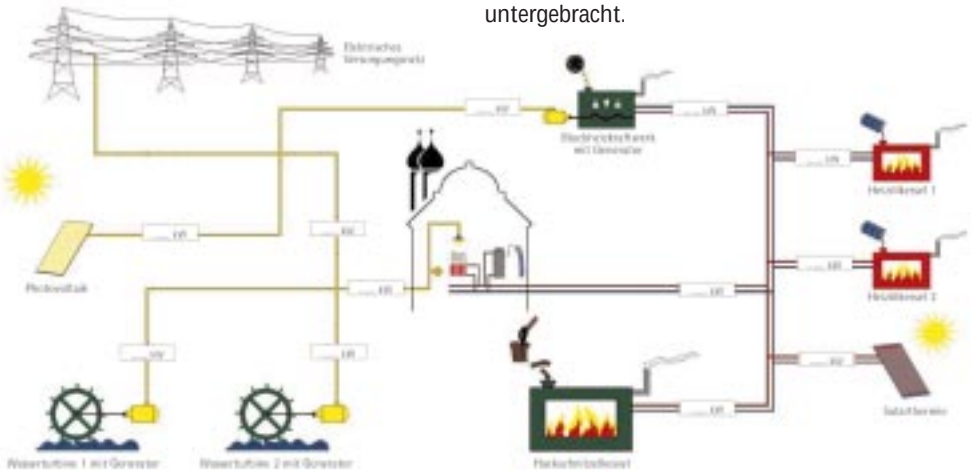
Wer das Ganze steuert – Lastmanagement und Schaltanlagen

Bei der Nutzung erneuerbarer Energien besteht das Energieangebot oft zu einem anderen Zeitpunkt als der Verbraucher die Energie benötigt. Nur durch ein geeignetes Lastmanagement ist die optimale Nutzung der verschiedenen regenerativen Bausteine in ihrer Kombination zu erreichen.

Ziel ist, entsprechend den Lastanforderungen:

- zunächst vor allem jene Energieformen zu nutzen, die - wie Sonnenstrahlung und Wasserkraft - nicht oder nur bedingt speicherbar sind
- In zweiter Priorität werden speicherbare erneuerbare Energieträger wie Holzhackschnitzel und Rapsöl eingesetzt.
- Erst nachdem alle eingerichteten regenerativen Energiepotentiale ausgenutzt sind, wird der zusätzliche Wärmebedarf durch Heizöl und der zusätzliche Strombedarf durch Bezug von Strom aus dem öffentlichen Stromnetz ergänzt.

Die Schaltanlagen sind in einem separaten Raum mit zwölf Schaltschränken und darunter liegendem Kabelkeller untergebracht.



Schaltbild mit den sechs Bausteinen regenerativer Energieerzeugung in der Energiezentrale.

Daten auf einen Blick

Wärmebedarf:

Abnehmer	
der Hauptheizzentrale Kloster:	ca. 3.080 MWh/a
Abnehmer im Maierhof:	ca. 1.250 MWh/a
Gesamter Wärmebedarf:	ca. 4.330 MWh/a

Wärmebereitstellung:

Hackschnitzel-Kesselanlage:

Hersteller:	Köb & Schäfer AG
Nennwärmeleistung:	900 kW
Brennstoff:	naturbelassene (Holz-) Hackschnitzel
Holzbedarf:	ca. 1.200 t/a
	bzw. 4.700 m^3/a
Asche- und Staubanfall:	
Kesselasche:	ca. 12 - 18 t/a
Flugasche:	ca. 2 - 4 t/a

Pflanzenöl-BHKW:

Hersteller:	Konrad Weigel
4-Takt-Reihenmotor, Synchrongenerator	
Elektrische Leistung:	20 kW
Thermische Leistung:	34 kW
Treibstoff:	naturbelassenes Rapsöl
Rapsöl-Bedarf:	ca. 51.500 l/a

Solare Brauchwassererwärmung (Solarthermie-Anlage):

Hersteller:	Sonnenkraft
Kollektorfläche:	60 m^2
Anzahl der Kollektoren:	24 Stück
Brauchwasserversorgung	
50% der Jahreszeit für:	30 – 35 Pers.

Luft / Wasser-Wärmepumpe (zwei Anlagen):

Hersteller:	Stiebel Eltron
Wärmeleistung:	8 kW
Leistungszahl:	3,2

Heizöl-Kesselanlage (zwei Kessel):

Hersteller:	Weishaupt (Brenner), Viessmann (Kessel)
Nennwärmeleistung:	1.120 kW + 575 kW = 1.695 kW
Heizölbedarf (HEL):	ca. 72.000 l/a

Gesamte Wärme-Bereitstellung:

Hackschnitzel-Kesselanlage:	ca. 3.570 MWh/a
Pflanzenöl-BHKW:	ca. 272 MWh/a
Solare Brauchwasser-Anlage + Wärmepumpen:	ca. 23 MWh/a
Gesamt-Wärmeabgabe aus regenerativen Energiequellen:	ca. 3.865 MWh/a
(entspricht dem jährlichen Wärmebedarf von ca. 190 Haushalten)	
Heizöl-Kesselanlage:	ca. 645 MWh/a
Gesamte Wärmeabgabe der Wärmeerzeugung:	ca. 4.510 MWh/a
Wärmehöchstlast für die Wärmeerzeugung:	ca. 2.070 kW

Strom-Bedarf:

Maximaler Leistungsbezug des Klosters:	ca. 170 kW
Stromverbrauch:	ca. 850 MWh/a

Strom-Bereitstellung:

Wasserkraft-Anlage:

Hersteller:	Langhammer (Turbinen)
	Schorch (Generatoren)
Francis-Spiralturbinen, Asynchron-Generatoren	
Fallhöhe:	17,6 m
Turbine 1:	
Maximaler Turbinendurchfluss:	0,41 m^3/sec
Leistung:	57 kW
Baujahr:	1962
Turbine 2:	
Maximaler Turbinendurchfluss:	0,22 m^3/sec
Leistung:	31 kW
Baujahr:	1950
Speicherinhalt des Stauweihers:	ca. 2.900 m^3

Solare Stromgewinnung (Photovoltaik-Anlage):

Hersteller:	Siemens Solar
Typ:	CIS-Module ST 40
Anzahl der Module:	228 Stück
Gesamtfläche der Module:	100 m^2
Spitzenleistung:	9 kW
Stromerzeugung netto:	8 MWh/a

Zur Erläuterung dieser Übersicht:

MWh/a: Megawattstunden pro Jahr
= 1 Million Wattstunden pro Jahr
kW: Kilowatt = 1.000 Watt

Gesamte Strom-Bereitstellung:

Strom aus Wasserkraft:	ca. 448 MWh/a
Strom aus Pflanzenöl-BHKW:	ca. 147 MWh/a
Strom aus Solarenergie (Photovoltaik):	ca. 8 MWh/a
Gesamt-Strom aus regenerativen Energiequellen:	ca. 603 MWh/a

(entspricht dem jährlichen Strombedarf von ca. 160 Haushalten)

Was es bringt – Bilanz und Bewertung der Energiezentrale

Die Gebäude des Klosters und des Meierhofes haben pro Jahr einen Wärmebedarf von insgesamt etwa 4.330 Megawattstunden sowie einen Stromverbrauch von etwa 850 Megawattstunden. Im Nahwärmenetz ist trotz guter Isolierung der insgesamt etwa 600 Meter langen Wärmeleitungen mit einem Wärmeverlust von etwa 4 Prozent der jährlichen Wärmeverbrauchs zu rechnen. Daher ist die Energiezentrale auf eine jährliche Wärmeproduktion von etwa 4.510 Megawattstunden ausgelegt. Die neue Energiezentrale deckt etwa 85 Prozent des Wärme- und über 70 Prozent des Strombedarfs aus regenerativen Energiequellen. Damit lassen sich gegenüber den bisherigen CO_2-Emissionen jährlich etwa. 1.400 Tonnen einsparen. Dies entspricht der CO_2-Menge, die etwa 400 privat genutzte PKWs pro Jahr in die Luft abgeben.

In der Energiezentrale liefern die einzelnen Bausteine regenerativer Energieerzeugung jährlich folgende Energiebeiträge (in Klammern ihre jeweiligen prozentualen Anteile an der gesamten regenerativen Energieerzeugung):

Bei der Wärmeversorgung:

Hackschnitzel-Kesselanlage:	ca. 3.570 MWh/a	**(92 %)**
Pflanzenöl-BHKW:	ca. 272 MWh/a	**(7 %)**
Solare Brauchwasser-Anlage und Wärmepumpen:	ca. 23 MWh/a	**(1 %)**

Damit stellen die verwendeten erneuerbaren Energiequellen jährlich insgesamt etwa 3.865 Megawattstunden Wärmeenergie bereit, was dem Jahresbedarf von rund 190 Privathaushalten entspricht.

Bei der Stromversorgung:

Wasserkraft-Anlage:	ca. 448 MWh/a	**(74 %)**
Pflanzenöl-BHKW:	ca. 147 MWh/a	**(25 %)**
Photovoltaik-Anlage:	ca. 8 MWh/a	**(1 %)**

Der mit den erneuerbaren Energiequellen jährlich erzeugte elektrische Strom von insgesamt etwa 603 Megawattstunden würde den durchschnittlichen Jahres-Strombedarf von rund 160 Privathaushalten decken.

Welche Aspekte spielen für die Bewertung der Umweltverträglichkeit bei den verwendeten erneuerbaren Energiequellen eine Rolle?

Grundsätzliche Vorzüge der erneuerbaren Energiequellen sind bereits auf Seite 13 genannt:

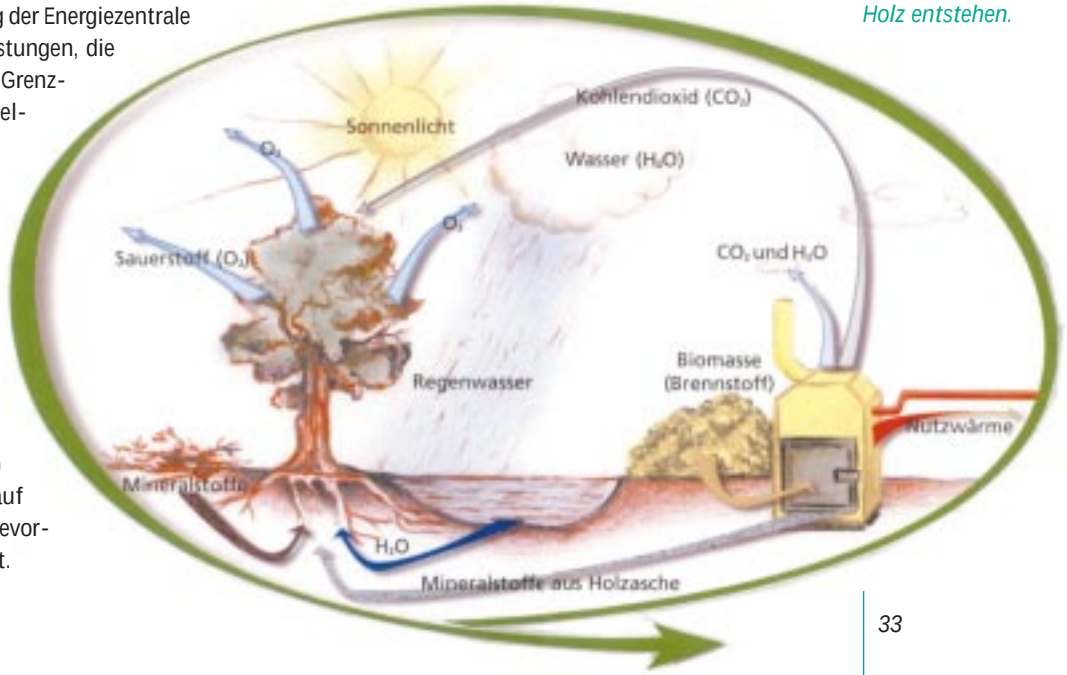
- Klimaschutz durch geringere Emissionen von Kohlendioxyd (CO_2), das zum Treibhauseffekt beiträgt
- Schonung von Rohstoffen (Ressourcen) der Erde und damit nachhaltige Wirtschaftsweise, die auch zukünftigen Generationen zugute kommt

- mit der Verwendung von Brennstoffen aus der Forst- und Landwirtschaft sind auch weitere Arbeits- und Einkommensmöglichkeiten verbunden, wodurch sowohl ökonomischen als auch sozialen Aspekten - gerade auch in der Region - Rechnung getragen wird

Die Holzhackschnitzel-Kesselanlage nutzt die Ressourcen des Waldes, der global gesehen einer der größten Biomasse-Produzenten und zugleich CO_2-Verbraucher ist. Neben den Weltmeeren gehört der Wald damit zu den wichtigen Regulatoren unseres Klimas. Die nebenstehende Abbildung verdeutlicht nochmals den Stoffkreislauf von Kohlendioxyd, Wasser und Mineralstoffen, die von den Bäumen des Waldes aufgenommen und bei der Verbrennung in der Holzhackschnitzel-Kesselanlage wieder freigesetzt werden. Die im Kessel aus den Holzhackschnitzeln freigesetzte Nutzwärme entstammt dem Sonnenlicht, dessen Energie der Baum in seinem Holz mit Hilfe der Photosynthese chemisch gebunden hatte. Rauchgase, die bei der Verbrennung entstehen, werden durch den Elektrofilter von Schadstoffen gereinigt. Damit erfährt die Umgebung der Energiezentrale durch die Abgase nur geringe Belastungen, die deutlich unterhalb der gesetzlichen Grenzwerte liegen. Die Holzhackschnitzel-Kesselanlage bietet insbesondere der Forstwirtschaft eine wichtige Verwertungsmöglichkeit für Schwach- und Restholz, das in den Wäldern der Umgebung in erheblichen Mengen anfällt. Zusätzlicher Energieverbrauch entsteht bei der Herstellung der Hackschnitzel mit dem Häcksler sowie beim Transport des Holzes (wie auch anderer Biobrennstoffe) zur Energiezentrale. Daher wird auf kurze Transportwege geachtet und bevorzugt Holz aus der Region verwendet.

Das Pflanzenöl-BHKW hat durch die Nutzung von Bio-Diesel aus Rapsöl eine günstige CO_2-Bilanz. Rund 1.000 Liter Bio-Diesel lassen sich auf einem Hektar Anbaufläche pro Jahr gewinnen. Als kritische Punkte sind in der Ökobilanz jedoch enthalten:

- Mit dem Anbau von Energiepflanzen wie Raps werden aufgrund der notwendigen Stickstoffdüngung durch Bodenbakterien auch erhebliche Mengen von Lachgas (N_2O) in die Atmosphäre freigesetzt. Lachgas ist wie Kohlendioxyd ein klimawirksames Treibhausgas. Daher kann trotz der günstigen CO_2-Bilanz die Summe aller Treibhauswirkungen beim Pflanzenöl-BHKW nur um 35 Prozent verringert werden.
- Beim Anbau von Raps können durch die Düngung und den Einsatz von Pestiziden (chemischen Pflanzenschutzmitteln) Grundwasser und Boden belastet werden. Daher wurde in der Energiezentrale bei den ausgewählten Biobrennstoffen der Schwerpunkt auf den Energieträger Holz gelegt.



Vereinfachte Darstellung einiger Stoffkreisläufe, die bei der Nutzung von Holz entstehen.

Die Solarthermie-Anlage ist – wie auch die Photovoltaik-Anlage – in ihrer Leistung von der Anzahl der Sonnentage und der jeweiligen Sonnenscheindauer abhängig. Das bedeutet, die Anlage trägt vor allem im Sommerhalbjahr zur Deckung des Warmwasser-Bedarfs bei. Da sie in Kombination mit anderen Wärmeerzeugern eingesetzt wird, entsteht hierdurch jedoch kein Engpass.

Die verwendeten Wärmepumpen benötigen für ihren Betrieb zwar elektrischen Strom, geben jedoch mehr als dreimal soviel Wärmeenergie ab, als sie an elektrischer Energie verbrauchen (ausgedrückt in der Leistungszahl, siehe Seite 25).

Da Teile der die bisher genutzten Wasserkraft-Anlage nach einer Grundüberholung und Modernisierung in der neuen Energiezentrale wiederverwendet werden, ließen sich Materialien und Energien eingespart, die ansonsten für die Neuproduktion notwendig sind. Der Mühlbach floss bereits früher nach dem Stauweiher über eine Druckrohrleitung beziehungsweise war in einem Kanal gefasst. Daher bedeutete die Verlegung der Wasserkraft-Anlage in die Energiezentrale keinen weiteren Eingriff in ein natürliches Fließgewässer. Indessen wurden in jüngster Zeit verschiedene Fließgewässer wieder geöffnet und renaturiert: so der Moosmühlbach, der in Fortsetzung des Mühlbachs durch die Feuchtwiesen in Richtung Loisach fließt und der Dorfbach nördlich des Meierhofes, an dem auch Stillwasserzonen eingerichtet sind. Pflanzen- und Tierwelt der Gewässer profitieren erheblich von diesen Maßnahmen ökologischer Aufwertung.

Für die Photovoltaik-Anlage sind die Vorzüge der verwendeten CIS-Solarzellen bereits auf Seite 28 beschrieben. Auf die Leistungsfähigkeit der Anlage besteht eine Garantie von 10 Jahren. Inwieweit die neu entwickelten Solarzellen im Laufe der Zeit altern und dabei ihr Wirkungsgrad abnimmt, werden die Erfahrungen der Zukunft zeigen.

Insgesamt fallen für das Gesamtprojekt der neuen Energiezentrale Investitionskosten von rund 5,4 Millionen Mark an. Gefördert wird dieses Projekt für erneuerbare Energien durch die Deutsche Bundesstiftung Umwelt (Osnabrück), den Freistaat Bayern sowie die E.ON Energie AG / E.ON Bayern AG. Als Eigenmittel sind 730.000 Mark der Investitionskosten vom Zentrum für Umwelt und Kultur aufzubringen. Die Wärmekosten der Energiezentrale haben sich im Vergleich zu den früheren Wärmekosten günstig entwickelt, da die Preise fossiler Brennstoffe steigen. Als Beitrag für eine Welt mit Hoffnung ist das Geld gut angelegt.

Dieses Energieprojekt berücksichtigt die Vernetzung ökonomischer, sozialer und ökologischer Bedingungen. Damit wird es dem Vorsorgegebot im Sinne der Agenda 21 gerecht und ist übertragbar auf andere Regionen. Zugleich stellt die Energiezentrale des Zentrums für Umwelt und Kultur im Kloster Benediktbeuern einen nachhaltigen Beitrag der Ordensgemeinschaft der Salesianer Don Boscos dar – für die Zukunft der Schöpfung.

Auf dem Weg in eine Zukunft der Nachhaltigkeit: Kloster Benediktbeuern und Meierhof

Deutsche Bundesstiftung Umwelt

Die Deutsche Bundesstiftung Umwelt ist eine der größten Stiftungen in Europa. Sie fördert innovative beispielhafte Projekte zum Umweltschutz. In den 10 Jahren ihres Bestehens hat sie bereits mehr als 4200 Projekte mit über 1,7 Mrd. DM Fördervolumen unterstützt.

Weitere Ergebnisse der Fördertätigkeit:

Die Deutsche Bundesstiftung Umwelt fördert Projekte aus den Bereichen: **Umwelttechnik, Umweltforschung/Naturschutz und Umweltkommunikation.**

Allgemeine Voraussetzungen für eine Förderung sind die folgenden drei Kriterien:

Innovation
Die Vorhaben müssen sich klar vom gegenwärtigen Stand der Forschung und Technik abgrenzen und eine Weiterentwicklung darstellen.

Modellcharakter
Die Innovation soll für eine breite Anwendung, z. B. eine ganze Branche, interessant sein und sich unter marktwirtschaftlichen Konditionen zeitnah umsetzen lassen.

Umweltentlastung
Mit der Innovation sollen neue, ergänzende Umweltentlastungspotentiale erschlossen werden.

Die Deutsche Bundesstiftung Umwelt setzt bei ihrer Fördertätigkeit insbesondere auf den produkt- und produktionsintegrierten Umweltschutz. Durch diese Herangehensweise werden die Ursachen von Umweltbelastungen angegangen anstatt die Sünden der Vergangenheit zu korrigieren.

Im Mittelpunkt der Förderung stehen kleine und mittlere Unternehmen. Gerade bei der Entwicklung von individuell optimierten Lösungen liegt bei diesen Unternehmen ein reichhaltiges Potential zur Umweltentlastung vor. Die Deutsche Bundesstiftung Umwelt will kleinen und mittleren Unternehmen eine Chance geben, ihre Ideen umzusetzen.

DBU
Deutsche Bundesstiftung Umwelt

1970 erstes Ministerium für Landesentwicklung und Umwelt

Bereits 1970 hat Bayern die Verantwortung für Landesentwicklung und Umweltschutz in einem Ministerium zusammengeführt – eine Entscheidung mit Weitblick. Der Beginn einer nachhaltigen Entwicklung war – damals weltweit ohne Vorbild. Erst gut zwei Jahrzehnte später, im Juni 1992, forderte die Rio-Konferenz der Vereinten Nationen die Völkergemeinschaft insgesamt zu einer Politik der nachhaltigen, umweltgerechten und zukunftsfähigen Entwicklung in allen Lebensbereichen auf.

Mit seinen rund 560 Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern aus den unterschiedlichsten Disziplinen (u.a. Biologen, Physiker, Chemiker, Geographen, Geologen, Volkswirtschaftler, Juristen, Ingenieure, Meteorologen, Techniker und Verwaltungsbeamte) ist das Ministerium oberste Landesbehörde in Fragen der Landesplanung, des Naturschutzes, der Wasserwirtschaft, der Abfallwirtschaft, des Immissionsschutzes und der Kernenergie.

Das **Landesamt für Umweltschutz,** das **Landesamt für Wasserwirtschaft** und das **Geologische Landesamt** sowie die **Akademie für Naturschutz und Landschaftspflege** unterstützen das Ministerium mit hoher Fachkompetenz. Die Regierungen, Landratsämter und kreisfreien Städte als Vollzugsbehörden sowie die Wasserwirtschaftsämter als Fachbehörden überwachen den Vollzug der Umweltgesetze, fördern umweltbewußtes Handeln, steuern die Entwicklung im Lande und beraten die Bürger – mit zusammen über 5.000 Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern.

Bayerisches Staatsministerium
für Landesentwicklung und Umweltfragen

Das Unternehmen E.ON Energie AG

E.ON Energie mit Sitz in München ist eines der größten privaten Energiedienstleistungs- unternehmen Europas, tätig im Strom-, Gas- und Wasserbereich. Im E.ON Energie-Konzern sind rund 80 Unternehmen konsolidiert. E.ON Energie erreicht hohe Effizienz und Ertragskraft mit bewusst dezentraler Unternehmensstruktur.

Europaweit versorgt E.ON Energie über Tochter- und Beteiligungsgesellschaften rund 25 Millionen Kunden mit Strom, Gas und auch Wasser. Der E.ON Energie-Konzern ist in bislang 16 europäischen Ländern aktiv. Beteiligungen und Kooperationen bestehen in Skandinavien, Russland, den baltischen Staaten, Polen, Tschechien, Österreich, Ungarn, Italien, der Schweiz und den Niederlanden. In den nächsten fünf Jahren soll sich der Umsatz insgesamt verdoppeln und rd. 40 % hiervon außerhalb Deutschlands erwirtschaftet werden.

E.ON Energie verfügt über konventionelle, nukleare und regenerative Kraftwerke im In- und Ausland mit einer Gesamtleistung von insgesamt ca. 34.000 MW. In Deutschland sorgen drei voneinander unabhängige Tochtergesellschaften für die Stromerzeugung aus konventioneller Energie (rd. 15.000 MW), Kernenergie (rund 7.500 MW) und Wasserkraft (rund 2.800 MW). Unsere schwedische Tochtergesellschaft Sydkraft betreibt Kraftwerke mit einer Leistung von rd. 6.200 MW. Die niederländische Erzeugungsgesellschaft E.ON Benelux Generation verfügt über eine Kraftwerkskapazität von rd. 1.800 MW.

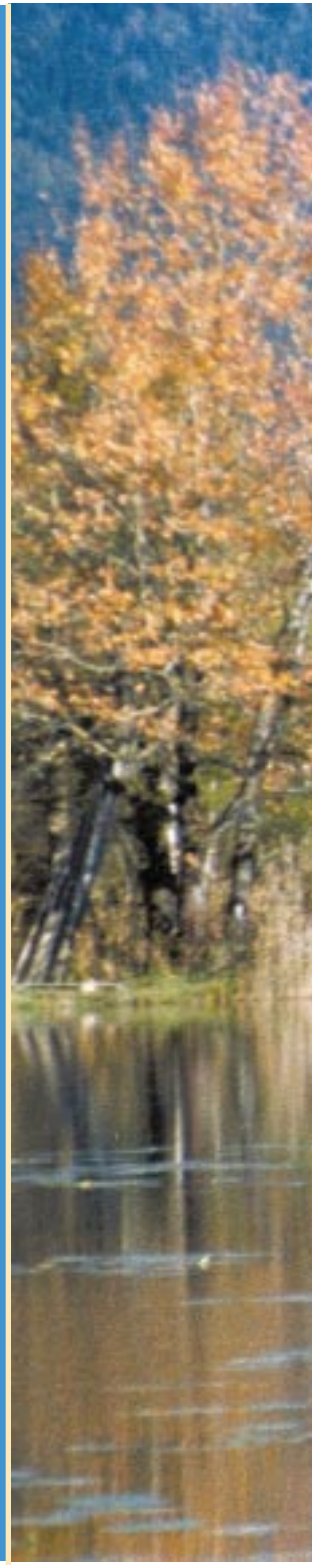
E.ON Trading ist einer der größten Stromgroßhändler Europas. E.ON Netz betreibt unser Hoch- und Höchstspannungsnetz mit einer gesamten Stromkreislänge von ca. 33.000 km, das von Skandinavien bis zu den Alpen reicht. In Deutschland vertreibt E.ON Energie Strom und zum Teil auch Gas über neun Regionalversorgungs- unternehmen. Unsere Tochtergesellschaften sind an zahlreichen Stadtwerken beteiligt; Thüga und Contigas halten in Summe rund 120 Beteiligungen im kommunalen und regionalen Bereich.

Über zahlreiche regionale und kommunale Beteiligungsgesellschaften ist E.ON Energie in hohem Maße in der deutschen Gasendverteilung engagiert. Die Tochtergesellschaft Gelsenwasser ist der größte private Wasserversorger in Deutschland.

E.ON Bayern, das neue bayerische Regionalversorgungsunternehmen. E.ON Bayern verfügt über einen Stromabsatz von 35 TWh und einen Umsatz von rund 2,8 Mrd. €. Neben dem Unternehmenssitz in Regensburg entstehen vier Regionalleitungen an den Standorten Bayreuth, München, Regensburg und Würzburg. Gemeinsam mit 17 Kundencentern sind die Regionalleitungen die kundennahe und zugleich einheitliche Ansprechstelle für den Kunden vor Ort. Ortsnetz- und Stromvertriebsaufgaben sind in einer Hand und gewährleisten einen kundenorientierten Service.

Zentrum für Umwelt und Kultur Benediktbeuern

DBU Deutsche Bundesstiftung Umwelt



Impressum

Herausgeber: Zentrum für Umwelt und Kultur, Meierhof, D 83671 Benediktbeuern
Redaktion: Martin Blösl, P. Karl Geißinger, Prof. P. Ottmar Schoch
Text: Martin Blösl, mit Beiträgen von Hans Heldwein, Karheinz Maurath, Prof. P. Helmut Mauser
Fachliche Beratung: Dipl.-Ing. (FH) Karlheinz Maurath, UET GmbH, München
Gestaltung: elch-werbung Alex E. Schmid, Wolfratshausen
Druck: Don Bosco Grafischer Betrieb, Ensdorf
1. Auflage 2001, 10.000 Exemplare

Bildnachweis

Titel: Uwe Schiller; S. 10: Leonberger Magazin; S. 11: elch-werbung, nach W. Bernböck;
S. 16-18: H·B·P Architekturbüro (3); S. 19: Martin Blösl; S. 21: Köb & Schäfer KG; S. 22: Martin Blösl;
S. 23: Konrad Weigel Energietechnik; S. 24: Martin Blösl (rechts oben), Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie (links unten); S. 25: Stiebel Eltron GmbH; S. 26: P. Heiner Heim; S. 27: Martin Blösl;
S.29: Zentrum für Umwelt und Kultur; S. 34: Gebrüder Metz-Verlag;