Westerwald-Gymnasium

Altenkirchen

Facharbeit im Leistungskurs
Erdkunde

von

Jonas Kappel

Holz als Energieträger am Beispiel des Nahwärmeverbundes Glockenspitze Altenkirchen gAöR

Schuljahr 2012 / 2013

Mammelzen, den 23.05.2013

Kurzfassung

In Deutschland wird sehr viel Energie verbraucht. Diese wurde 2011 hauptsächlich aus fossilen Energieträgern und Kernenergie gewonnen (89,1 %). Da bei der Verbrennung von fossilen Energieträgern große Mengen Emissionen frei werden und einen verstärkten Treibhauseffekt verursachen, entschloss die deutsche Bundesregierung eine Energiewende durchzuführen. Dabei sollen die erneuerbaren Energien verstärkt ausgebaut werden, sodass man unabhängiger von fossilen Energieträgern wird und Klimaschutz betreibt. Aufgrund der Nuklearkatastrophe von Fukushima im Jahr 2011 ist außerdem der Atomausstieg bis 2022 beschlossen worden, sodass auch die Kernenergie durch erneuerbare Energien ersetzt werden soll. Um einen Ausbau der erneuerbaren Energien realisieren zu können, gibt es von Bund und Land zahlreiche Förderprogramme.

Der biogene Energieträger Holz ist sehr flexibel, günstig und umweltschonend. Durch seine Verbrennung werden nicht viel mehr Emissionen frei, wie er aufgenommen hatte. Somit bildet Holz einen eigenen Schadstoffkreislauf. Holz und vor allem Holzhackschnitzel sind sehr günstig im Vergleich zu den fossilen Energieträgern Öl, Erdgas und Kohle. Außerdem ist der Holzpreis aufgrund der regionalen Verfügbarkeit sehr konstant und nur leicht ansteigend. Da Rheinland-Pfalz das waldreichste Bundesland in ganz Deutschland ist und der Waldflächenanteil in dem Landkreis Altenkirchen besonders hoch ist, bietet die Holzenergienutzung in unserer Region ein großes Potenzial.

Der Nahwärmeverbund Glockenspitze Altenkirchen gAöR ist ein gemeinsames Projekt der Verbandsgemeinde und des Landkreises Altenkirchen. Es handelt sich um ein Pilotprojekt im Landkreis Altenkirchen und soll Anregungen für weitere Projekte im Bereich der erneuerbaren Energien und des Klimaschutzes geben. Der Nahwärmeverbund versorgt mit einem Holzhackschnitzelkessel, zwei Ölheizkesseln und einem erdgasbetriebenen Blockheizkraftwerk über ein Nahwärmenetz insgesamt 15 Liegenschaften der Verbandsgemeinde und des Kreises Altenkirchen und des Landes Rheinland-Pfalz mit Wärme. Das Blockheizkraftwerk produziert außerdem zusätzlich zu der Wärme Strom. Es sind indirekte Wärmetauscher in den Gebäuden installiert und die Abgase der Heizungszentrale werden mit Filtern gereinigt. Des Weiteren ist das gesamte Nahwärmenetz inklusive der Heizungszentrale elektronisch vernetzt, sodass die gesamte Steuerung des Nahwärmenetzes und der Heizungsanlagen zentral erfolgen kann. Obwohl der Holzhackschnitzelkessel nur 35 % der installierten Leistung darstellt, wird der Verbrauch des Nahwärmenetzes jedoch hauptsächlich durch diesen abgedeckt. Dies liegt daran, dass die Ölheizkessel lediglich als Zusatzkessel für Spitzenlasten oder Grundlasten dienen. Das Blockheizkraftwerk hat eine sehr hohe Laufleistung und deckt fast ununterbrochen einen Teil der Grundlast ab. Durch die Errichtung des Nahwärmeverbundes spart man jährlich rund 600 Tonnen Kohlenstoffdioxid ein. Die Investitionskosten für die Errichtung des Nahwärmenetzes mit der Heizungsanlage auf der Basis von Holz sind zwar höher im Vergleich zu einer konventionellen Sanierung der dezentralen Heizungsanlagen, aber die verbrauchsabhängigen Kosten sind um ein Vielfaches kleiner aufgrund der relativ niedrigen Holzpreise. Da es für das Projekt Förderungen von Bund und Land gibt, ist es aber auf lange Sicht die eindeutig günstigste Möglichkeit der Energieversorgung. Durch die Errichtung und den Betrieb des Nahwärmenetzes und der Energieanlagen ergeben sich viele positive und kaum negative Effekte, wie beispielsweise Vorteile für die Region oder die Anstaltsträger.

Inhaltsverzeichnis

1. Energie
   1.1 Definition von Energie
   1.2 Energieverbrauch, Luftschadstoffe und Preise
   1.3 Erneuerbare Energien und deren Potenzial

2. Holz
   2.1 Definition von Holz
   2.2 Eigenschaften von Holz
   2.3 Nutzung von Holz als Energieträger und dessen Vor- und Nachteile
   2.4 Bereitstellungskette und Kostenzusammensetzung
   2.5 Rheinland-Pfalz als waldreichstes Bundesland

3. Nahwärmeverbund Glockenspitze Altenkirchen gAöR
   3.1 Einführung
   3.2 Handlungsbedarf, Klimaschutzkonzept und Förderungen
   3.3 Aufbau und Technik
   3.4 Verbrauch, Laufleistung und Emissionen
   3.5 Kosten und Preise
   3.6 Weitere Gründe für den Nahwärmeverbund Glockenspitze Altenkirchen gAöR
      3.6.1 Vorteile für die Umwelt
      3.6.2 Vorteile für die Region
      3.6.3 Vorteile für die Projektträger
      3.6.4 Vorteile für die Forst- und Holzwirtschaft
      3.6.5 Vorteile für die gesamte Volkswirtschaft
   3.7 Nachteile des Nahwärmeverbundes Glockenspitze Altenkirchen gAöR

4. Persönliches Fazit

5. Anhang
   5.1 Abkürzungen, chemische Summenformeln, Vorsätze, Einheiten und Formeln / Umrechnungen
   5.2 Grafiken und Tabellen

6. Quellenverzeichnis

1. Energie

1.1 Definition von Energie

Energie ist eine elementare physikalische Größe, welche die Fähigkeit besitzt, Arbeit zu verrichten. Ihr Formelzeichen sind E, W und Q und ihre SI-Einheit ist das Joule (J). In der Thermodynamik benutzt man üblicherweise das Formelzeichen Q und die Einheit Wattstunde (Wh). Energie stellt in einem abgeschlossenen System eine Konstante dar und kann somit nicht erzeugt und nicht vernichtet werden. Sie kann lediglich umgewandelt werden. Energie kommt in Form von mechanischer, elektrischer, magnetischer, thermischer, chemischer und Kernenergie vor.

1.2 Energieverbrauch, Luftschadstoffe und Preise

Der Primärenergieverbrauch in Deutschland lag 2011 bei 13.521 PJ, was 461,1 Mt SKE (Steinkohleeinheiten) entspricht und der Endenergieverbrauch bei 8.744 PJ. Somit ergibt sich ein Verlust von 4.777 PJ zwischen produzierter und verbrauchter Energie, was 35,33 % darstellt. Die Endenergie teilt sich auf in 30 % Industrie, 29,4 % Verkehr, 25,1 % Haushalte und 15,5 % Gewerbe, Handel und Dienstleistungen [Abbildung 1; Q8/10] und wird verbraucht für mechanische Energie (38 %), Raumwärme (26 %), Warmwasser (5 %), sonstige Prozesswärme (23 %), Beleuchtung (4 %) und Sonstiges (4 %) [Abbildung 2; Q17]. Die Primärenergie setzt sich 2011 (2012 [vorläufig]) zusammen aus 33,9 (33,3) % Mineralöl, 20,9 (21,0) % Erdgas, 12,1 (12,4) % Steinkohle, 11,6 (12,2) % Braunkohle, 8,8 (8,0) % Kernenergie, 10,9 (11,7) % erneuerbaren und unter 2 % sonstigen Energien [Abbildung 3; Q10]. Es ist zu beobachten, dass nur die Kernenergie mit -9,1 % stark rückläufig ist und vor allem die erneuerbaren Energien mit rund 7,3 % stark zugelegt haben. Dies liegt daran, dass die deutsche Bundesregierung ein Energiekonzept aufgestellt hat, das eine Energiewende von Kernenergie und fossiler Energie auf erneuerbare Energien vorsieht. Dieses wurde geprägt von der Nuklearkatastrophe in der japanischen Stadt Fukushima im Jahr 2011, was weltweit zu Sicherheitsbedenken führte. Der Primärenergieverbrauch in Deutschland weist eine rückläufige Tendenz auf, da sich die Energieeffizienz steigert [Abbildung 4; Q17]. Er schwankt jedoch auch aufgrund der Konjunktur und äußeren Einflüssen, wie zum Beispiel den Temperaturen. Laut einer Studie des Frauenhofer-Instituts für System- und Innovationsforschung ließe sich der Energiebedarf durch Energieeffizienz bis 2050 um zwei Drittel senken. Dies würde ökonomische und ökologische Verbesserungen mit sich bringen. Angestrebtes Ziel der Bundesregierung ist bis 2020 den Primärenergieverbrauch um 20 % und bis 2050 um 50 % zu senken. Um dieses Ziel zu erreichen, soll unter anderem die Energieeffizienz jährlich um rund 2,1 % steigen [Q12].

Fossile Brennstoffe haben bei der Verbrennung eine schlechte Emissionsbilanz. Bei der Energiegewinnung aus biogenen Stoffen werden zwar Emissionen ausgestoßen, sie bilden jedoch einen autonomen Schadstoffkreislauf. Wind-, Wasser-, Solar- und Kernenergie verursachen keine Treibhausgase und Luftschadstoffe, bei Kernenergie bleibt jedoch radioaktiv verseuchtes Material zurück. 2009 gab es in Deutschland 937.262 kt CO_2-Äquivalente (=Treibhausgase: CO_2, CH_4, N_2O, SF_6, HFCs, PFCs) und 4.170 kt Luftschadstoffe (NH_3, NMVOC, NO_x, PM_{10}, SO_2). Die größten Verursacher für die Luftemissionen sind die Energieversorgung, die Warenproduktion und die privaten Haushalte [Q53].

Die Preise der Energieträger richten sich hauptsächlich nach Verfügbarkeit, Gewinnungsaufwand und Politik. Sie steigen kontinuierlich an, wobei die Preise der verschiedenen Energieträger unterschiedlich stark ansteigen. Die Preise der fossilen Energieträger Öl und Gas steigen viel stärker und auch ungleichmäßiger an, als die der

biogenen Energieträger. Dies liegt daran, dass die Öl- und Gasvorräte immer kleiner werden und auf politische und konjunkturelle Ereignisse sensibel reagieren. Im Gegensatz dazu handelt es sich bei biogenen Energieträgern um günstige, regenerative Brennstoffe, die oftmals regional erzeugt werden. Dadurch entstehen keine großen Abhängigkeiten und der Preis ist sehr konstant. Der Heizölpreis schwankt momentan zwischen 80 und 90 Cent pro Liter. Scheitholz, Holzpellets und Energiegetreide haben einen Äquivalenzpreis von circa 45-58 Cent pro Liter Heizöl. Der zurzeit günstigste Energieträger sind Hackschnitzel mit einem Äquivalenzpreis von rund 30 Cent pro Liter Heizöl [Abbildung 5; Q23].

1.3 Erneuerbare Energien und deren Potenzial

Erneuerbare Energien, wie Wind-, Wasser-, Sonnen-, Bioenergie und geothermische Energie, stehen fast unendlich zur Verfügung. Im Vergleich zu den fossilen Energieträgern Erdöl, Erdgas, Kohle und Uran sind die erneuerbaren Energien klimafreundlich, sicher und ressourcenschonend und verursachen daher weniger Folgekosten. Außerdem sorgen sie für mehr Unabhängigkeit von importierter Energie, erreichen dadurch stabile Preise und stärken zugleich die heimische Wirtschaft.

Aufgrund dieser zahlreichen ökologischen als auch ökonomischen Vorteile der erneuerbaren Energien sind erneuerbare Energien die Energieträger der Zukunft. Dies hat auch die deutsche Bundesregierung, sowie der Bundestag erkannt und unter anderem im Jahr 2000 das Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG) verabschiedet. Man hat sich das Ziel gesetzt, bis zum Jahr 2020 35 % der gesamten Energie und 14 % der Wärmeenergie mit erneuerbaren Energien abzudecken. Für das Jahr 2050 hat man das Ziel, 80 % der Energie in Deutschland mit erneuerbaren Energien abzudecken [Q13/14].

2011 betrug der Anteil der erneuerbaren Energien am Primärenergieverbrauch 10,9 %. Von 2003 bis 2011 ist der Anteil von 4,6 % zu 10,9 % um 237 % gestiegen. Die erneuerbaren Energien werden erzeugt durch 42,9 % Biomasse für Wärme, 12,5 % Biomasse für Strom, 11,6% Biokraftstoffe, 15,8 % Windenergie, 6,6 % Wasserkraft, 6,4 % Photovoltaik, 2,2 % geothermische Energie und 1,9 % Solarenergie [Abbildung 6; Q23]. Durch die erneuerbaren Energien werden zurzeit die Treibhausgasemissionen (CO_2-Äquivalente) pro Jahr um rund 129 Mt gesenkt. 64,9 Mt Treibhausgasemissionen, was rund 50 % entspricht, werden davon allein durch den Einsatz von Biomasse zur Energiegewinnung eingespart. Durch den Betrieb von Erneuerbare-Energien-Anlagen wurde 2011 in Deutschland ein Umsatz von rund 13,8 Milliarden Euro erzielt. Anlagen zur Strom- und Wärmeproduktion aus Biomasse erzielten einen Umsatz von 6,5 Milliarden Euro (47 %), gefolgt von der Biokraftstoffproduktion mit 3,67 Milliarden Euro (27 %) und Windenergie mit 1,38 Milliarden Euro (10 %) [Abbildung 7; Q11]. Außerdem bietet die Branche der erneuerbaren Energien ein großes Arbeitsplatzeangebot. 2011 gab es in Deutschland in dieser Branche rund 381.600 Arbeitsplätze mit einer steigenden Tendenz [Q11]. Von 2004 bis 2011 ist die Anzahl der Arbeitsplätze um 238 % gestiegen (2004: 160.500 Arbeitsplätze). Somit könnte man auf eine lineare Abhängigkeit zwischen Anteil der erneuerbaren Energien am Primärenergieverbrauch und den Arbeitsplätzen vermuten.

Biomasse ist, wie schon aufgrund der Zahlen deutlich wird, der wichtigste und vielseitigste erneuerbare Energieträger. Er kann in fester, flüssiger und gasförmiger Form zur Strom- und Wärmeerzeugung genutzt werden. Technisch nutzbare Potenziale für einen Ausbau der Energiegewinnung aus Biomasse sind in Deutschland vorhanden, aber aufgrund der Fläche nur begrenzt möglich. Verschiedene Studien gehen davon aus, dass man in den nächsten Jahren ungefähr 2,5 bis 4 Millionen Hektar von insgesamt 28 Millionen Hektar landwirtschaftlicher und forstlicher Fläche für die energetische

Nutzung verwenden könnte. Der wichtigste Bioenergieträger in Deutschland ist das Holz. Rund 53 Millionen Kubikmeter von 130 Millionen Kubikmetern geerntetem Holz werden in Deutschland jährlich energetisch verbraucht. Zur Energiegewinnung kommen Waldholz, Alt- / Gebrauchtholz, Landschaftspflegeholz und Industrieholz zum Einsatz. Weitere Bioenergieträger sind Pflanzen, wie zum Beispiel Raps oder Mais, Bioabfälle, Klärschlamm / Klärgas / Deponiegas, Gülle / Mist und Stroh. Vorteile bei den energetisch genutzten Abfällen, wie zum Beispiel die Erzeugnisse der Kläranlage oder Gülle ist, dass keine Nutzungskonflikte auftreten.

2. Holz

2.1 Definition von Holz

Holz ist eine Bezeichnung in der Pflanzenanatomie für ein durch Kambium erzeugtes Dauergewebe, dessen Zellwände oft zur Stabilisierung durch Lignin verdickt sind. Umgangssprachlich ist Holz eine Bezeichnung für die Hauptsubstanz der Stämme, Äste, Zweige und Wurzeln der Bäume und Sträucher. Holz ist ein wichtiger Bestandteil der menschlichen Kulturgeschichte, da Gehölze aufgrund ihrer vielfältigen Anwendungsmöglichkeiten, vor allem als Energieträger, zu den frühesten genutzten Pflanzen zählen.

2.2 Eigenschaften von Holz

Holz besteht zu 40-50 % Zellulose, 25-40 % Hemicellulosen, 20-30 % Lignin, 1-10 % Extraktstoffen wie zum Beispiel Gerbstoffen, Harze, Farbstoffe oder Kernstoffe und 0,2-0,8 % Mineralien [Q2/3/4]. Außerdem enthält Holz einen gewissen Prozentsatz Wasser, der sich nach Jahreszeit beziehungsweise Trocknung richtet. Dabei unterscheidet man zwischen Wassergehalt (w) und Holzfeuchte (u). Der Wassergehalt gibt das Verhältnis des im Holz enthaltenen Wassers zur Masse an feuchtem Holz an. Die Holzfeuchte gibt das Verhältnis des im Holz enthaltenen Wassers zur Masse an trockenem Holz an. Der Heizwert des Holzes ist linear von Wassergehalt beziehungsweise Holzfeuchte und den spezifischen Eigenschaften des Holzes abhängig [Abbildung 8 + 9; Q4/23]. Die Dichte des Holzes ist abhängig von Holzart, der Holzstruktur, den Wachstumsbedingungen und der Holzfeuchte (bzw. Wassergehalt). Die Rohdichte von Holz beträgt zwischen 0,1 und 1,2 g/cm^3. Im Allgemeinen haben Nadelhölzer eine geringere Dichte als Laubhölzer. Wenn Holz trocknet und der Wassergehalt unter 30 % sinkt, wird es fester und das Volumen wird kleiner. Holz besitzt sehr gute akustische und thermische Dämmeigenschaften. Durch verschiedene Farben und Texturen wirkt Holz oft ästhetisch. Ein sehr großer Vorteil von Holz ist, dass es leicht bearbeitbar ist und sehr vielseitig genutzt werden kann. So kann es zum Beispiel als leichtes, günstiges und nachhaltiges Baumaterial oder auch als Energieträger genutzt werden.

2.3 Nutzung von Holz als Energieträger und dessen Vor- und Nachteile

Trockenes Holz hat im Durchschnitt einen Brennwert (H_s) von 19 MJ/kg und einen Heizwert (H_i) von 15 MJ/kg. Somit liegt es klar unter denen von den fossilen Energieträgern Steinkohle (H_s: 31 MJ/kg, H_i: 29 MJ/kg), Heizöl (H_s: 45 MJ/kg, H_i: 43 MJ/kg) und Gas (H_s: 43 MJ/kg, H_i: 39 MJ/kg) [Abbildung 8-10; Q16], aber dafür bietet es andere entscheidende Vorteile. Vorteile von Holz gegenüber fossilen Energieträgern sind eine sehr gute ökologische und ökonomische Bilanz. Da Holz nachwächst und so unendlich zur Verfügung steht, ist seine Nutzung sehr nachhaltig. Die Schadstoffbilanz

von Holz ist neutral, da alle Schadstoffe, die bei der Verbrennung frei werden, vorher auch aufgenommen wurden. Somit bildet Holz einen eigenen Schadstoffkreislauf. Die entstehende Asche ist außerdem sehr nährstoffreich. Die Nutzung von Holz birgt neben den ökologischen Vorteilen auch viele ökonomische Vorteile. So handelt es sich bei Holz um einen sehr günstigen Energieträger, der meistens regionale Wertschöpfung bewirkt. Dabei werden des Weiteren in der Region Arbeitsplätze in der Forst- und Holzwirtschaft geschaffen. Durch die regionale Wertschöpfung wird eine Region unabhängiger von überregionalen Entscheidungen und Preisentwicklungen. Im Gegensatz dazu sind die fossilen Energieträger, wie zum Beispiel Kohle, Öl oder Gas, endlich, umweltschädlich und teuer mit einem großen Preisanstieg. Die Gewinnung und Verarbeitung von fossilen Energieträgern stellt im Vergleich zu Holz und anderen erneuerbaren Energieträgern nur sehr wenige Arbeitsplätze zur Verfügung. Diese sind dann größtenteils auch nicht in Deutschland.

Nachteile bei der energetischen Nutzung von Holz sind hohe Investitionskosten für holzbetriebene Energieanlagen, kraftaufwendige und komplizierte Handhabung, die aber nicht energieaufwendig ist und eventuell eine stark schwankende Qualität.

2.4 Bereitstellungskette und Kostenzusammensetzung

Holz, welches energetisch genutzt wird, kann Waldholz, Landschaftspflegeholz, Sägenebenprodukte, Industrieholz oder Alt- / Gebrauchtholz sein. Das größte technische Potenzial besitzt Waldholz mit rund 2761,69 kWh/Fm vor Sägenebenprodukten mit 2051,65 kWh/Fm. Ernten kann man Holz entweder manuell mit einer Motorsäge oder halbautomatisch mit einem Holzvollernter. Nach der Ernte kommt die Aufarbeitung mit Hacken, Lagerung und Transport. Diese drei Schritte unterliegen keiner festgelegten Reihenfolge und werden teilweise auch mehrmals vollzogen. Die Kosten richten sich nach dem Bereitstellungsverfahren und der Holzart. Umso automatisierter der Ablauf gestaltet ist, desto günstiger ist der Arbeitspreis. Bei Hackschnitzeln setzt sich der Arbeitspreis zusammen aus rund 40 % Hacken, 26 % Transport, 24 % Rücken und Vorliefern und 10 % Fällen und Aufarbeiten, wenn diese weitestgehend automatisiert hergestellt werden [Abbildung 11]. Nadelholz ist prinzipiell günstiger als Laubholz. Ein weiterer Faktor, der den Preis beeinflusst, ist woher das Holz stammt. Waldholz ist immer am teuersten. Landschaftspflegeholz, Sägenebenprodukte, Industrieholz und Alt- / Gebrauchtholz sind günstiger, da es entweder älter ist, oder es ein Abfall- oder Restprodukt ist und somit günstig genutzt werden kann. Bei Sägenebenprodukten, Industrieholz und Alt- / Gebrauchtholz entfällt zusätzlich eventuell die Bearbeitung, wie zum Beispiel das Hacken.

2.5 Rheinland-Pfalz als waldreichstes Bundesland

Rheinland-Pfalz ist das waldreichste Bundesland Deutschlands. 8.330 km² von insgesamt 19.854 km² in Rheinland-Pfalz sind bewaldet. Dies entspricht 42 % [Q53/56/57]. Im Landkreis Altenkirchen sind sogar 51,8 % bewaldet [Q54], jedoch sind auch hier Unterschiede zu erkennen, da der Waldanteil im „Oberkreis“ über 60 % und der Waldanteil der Verbandsgemeinde Altenkirchen nur 34,9 % beträgt [Q55]. Der Waldflächenanteil von Rheinland-Pfalz und der Verbandsgemeinde Altenkirchen liegt klar über dem von Deutschland mit 30,1 %. Die Waldfläche steigt in Rheinland-Pfalz schon seit vielen Jahren aufgrund von zahlreichen Aufforstungsmaßnahmen kontinuierlich an. So lag der Waldanteil 1988 bei nur 40,1 %. Da auch die Siedlungs- und Verkehrsfläche kontinuierlich steigt, muss der Anteil der Landwirtschaftsfläche zwangsweise kleiner werden [Abbildung 12; Q58]. Der Holzeinschlag in Rheinland-Pfalz betrug 2011 4 Millionen Fm. 33,1 % davon war Laubholz und 66,9 % davon

waren Nadelholz. Die meistgenutzten Baumarten in Rheinland-Pfalz sind Buche und Fichte [Abbildung 13; Q53]. Der Holzeinschlag fand in Rheinland-Pfalz zu 50,3 % in Körperschaftswald, wie zum Beispiel Interessentenforst oder Haubergen, 32,3 % in Landeswald, 16,3 % in Privatwald und 1,2 % in Bundeswald statt [Abbildung 14; Q53]. Aufgrund der hohen Bewaldung und der damit verbundenen Holzvorräte ist Rheinland-Pfalz und auch der Kreis Altenkirchen ein sehr gut geeigneter Raum, um Holz energetisch zu nutzen.

3. Nahwärmeverbund Glockenspitze Altenkirchen gAöR

3.1 Einführung

Der Nahwärmeverbund Glockenspitze Altenkirchen gAöR ist ein gemeinsames Projekt des Landkreises und der Verbandsgemeinde Altenkirchen. Ziel des Projektes ist es, den CO_2-Ausstoß zu verringern und die lokal verfügbare Biomasse stärker energetisch zu nutzen. Dabei setzt der Nahwärmeverbund auf einen möglichst hohen Anteil regenerativer Energien in Form von Holzhackschnitzeln und eine möglichst große Energieeffizienz. Um dies zu erreichen, versorgt ein Holzhackschnitzelkessel, ein Blockheizkraftwerk (BHKW) und zwei Heizölkessel über ein Nahwärmenetz insgesamt 15 Liegenschaften der Verbandsgemeinde Altenkirchen, des Landkreises Altenkirchen und des Landes Rheinland-Pfalz. Der Nahwärmeverbund ist als eine „gemeinsame Anstalt des öffentlichen Rechts“ (gAöR) organisiert, da diese Organisationsform im Vergleich zu anderen Organisationsformen die geeignetste ist. Hauptvorteil gegenüber zum Beispiel einer GmbH oder einem Zweckverband ist, dass die politische Einflussnahme nicht zu stark ist und der Vorstand der gAöR genügend Handlungsspielraum hat. Weitere Vorteile, die jedoch auch andere Organisationsformen von Kommunalunternehmen bieten, sind eine einfache Gründung, Steuerbegünstigungen, Förderungen und gute Konzessionen. Das Projektteam des Nahwärmeverbundes besteht aus dem Verwaltungsrat, dem Vorstand, einem Vertreter des Gebäudemanagements der Kreisverwaltung Altenkirchen und dem Ingenieurbüro Schäfer. Dabei ist der Verwaltungsrat für die politische Einflussnahme, der Vorstand für die kaufmännische Umsetzung und das Gebäudemanagement und das Ingenieurbüro für die technische Umsetzung zuständig [Abbildung 15].

3.2 Handlungsbedarf, Klimaschutzkonzept und Förderungen

Die Auswirkungen des Klimawandels sind uns allgegenwärtig und haben große und teilweise verheerende Auswirkungen auf unsere Umwelt. Wir merken dies unter anderem am kontinuierlichen Temperaturanstieg. Er bewirkt ein Schmelzen von Gletschern und Polen, lässt so den Meerwasserspiegel steigen und er bewirkt vermehrte Wüstenbildung. Außerdem ist er dafür verantwortlich, dass sich die Lebensräume von Menschen und Tieren so stark wandeln, dass Menschen und Tiere gezwungen sind, sich einen neuen Lebensraum zu suchen. Es kann aber auch sein, dass es keinen alternativen Lebensraum gibt und die entsprechenden Tiere dann aussterben. Hauptverursacher der globalen Klimaerwärmung ist insbesondere das Treibhausgas Kohlenstoffdioxid (CO_2).

Aufgrund des stetigen Temperaturanstiegs und der Nuklearkatastrophe von Fukushima, entschloss sich die deutsche Bundesregierung, Treibhausgase einzusparen und aus der Atomenergie auszusteigen. Das Ziel, welches man sich gesetzt hat, ist eine Treibhausgassenkung von 40 % bis zum Jahr 2020 und 80-95 % bis zum Jahr 2050. Um dies realisieren zu können, wird unter anderem seit 2008 die Erstellung von kommunalen Klimaschutzkonzepten durch das Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU) gefördert [Q36].

Daraufhin entschlossen sich der Landkreis Altenkirchen, die Verbandsgemeinden Altenkirchen, Betzdorf, Daaden, Gebhardshain, Hamm und Kirchen und die Stadt Herdorf, ein integriertes Klimaschutzkonzept zu erarbeiten, welches im Mai 2012 veröffentlicht wurde. Es handelt sich um ein integriertes Klimaschutzkonzept, da alle Akteure, wie Verwaltungen, Bürger und Wirtschaft mit einbezogen sind. Dies hat den Vorteil, dass man alle vorhandenen Einzelaktivitäten und Potenziale zusammenfassen kann und so Stärkungs- und Synergieeffekte schaffen und effektiv nutzen kann. Ziel ist es, bis 2025 30 %, beziehungsweise 0,4 Mt pro Jahr, der der insgesamt 1,4 Mt CO_2-Emissionen pro Jahr im Landkreis Altenkirchen einzusparen. Um dieses Ziel zu erreichen, ist es nötig, möglichst viele Energieeinsparpotenziale auszuschöpfen und die erneuerbaren Energien im Landkreis Altenkirchen auszubauen. Die größte Chance bieten Windenergie und Energie aus Biomasse. Man muss jedoch auch auf die zahlreichen Naturschutzgebiete im Landkreis Altenkirchen achtgeben. Teure Investitionskosten dürfen nicht zurückschrecken ein klimafreundliches Projekt durchzuführen, da der Wegfall der Atomenergie ausgeglichen werden muss. Alternativ müsste man sonst wieder auf CO_2-intensive fossile Energie zurückgreifen. Wenn man alle vorhandenen Energieeinsparpotenziale und regionale erneuerbare Energiepotenziale im Landkreis Altenkirchen ausschöpfen würde, wäre es theoretisch sogar möglich, dass der Landkreis Altenkirchen energieunabhängig würde. Um diese „Mammutaufgabe“ [*Michael Lieber*, Q36] erfolgreich zu bewältigen, setzen der Landkreis Altenkirchen, die beteiligten Verbandsgemeinden und die Stadt Herdorf darauf, Pilotprojekte auszuführen. Dadurch erhofft man sich, dass die breite Mehrheit die verantwortungsvolle Situation erkennt und solche Projekte, wie zum Beispiel der Nahwärmeverbund Glockenspitze Altenkirchen gAöR, nicht nur auf kommunaler, sondern auch auf privater und wirtschaftlicher Ebene durchgeführt werden.

Um einen Anreiz zur Ausführung eines solchen Projektes zu geben, gibt es von Bund und Land diverse Förderungen. Der Nahwärmeverbund Glockenspitze Altenkirchen gAöR profitiert von einem KWK-Zuschlag für den Betrieb des Blockheizkraftwerkes, einer Energiesteuererstattung und einem niedrigen Darlehenszins. Außerdem konnten glücklicherweise auch Fördergelder aus dem Sonderprogramm des Konjunkturpaketes II „Für unser Land: Arbeitsplätze sichern – Unternehmen unterstützen – Nachhaltig investieren“ in Höhe von rund 900.000 Euro in Anspruch genommen werden [Q1/64/65].

3.3 Aufbau und Technik

Der Nahwärmeverbund Glockenspitze Altenkirchen gAöR verfügt über ein Nahwärmenetz mit insgesamt 15 Liegenschaften. Die acht Liegenschaften Kreisverwaltung, Musikschule, Westerwald-Gymnasium (2x), Fachklassentrakt, Realschule Plus (2x) und die Turnhalle am Schulzentrum gehören zum Kreis. Die Verbandsgemeinde ist Träger der fünf Liegenschaften Verbandsgemeindeverwaltung, Erich-Kästner-Grundschule und die dazugehörige Turnhalle, Kindergarten Glockenspitze und das Sportzentrum inklusive Schwimmbad. Träger von Amtsgericht und Forstamt ist das Land Rheinland-Pfalz [Abbildung 16].

Das Nahwärmenetz ist in zwei Stränge mit Vor- und Rücklauf aufgeteilt – „Strang Nord“ und „Strang Süd“. Die Leitungstrassenlänge beträgt in etwa 1.200 m. Es wurden hochgedämmte Kunststoffmantelverbundrohre (KMR) mit Stahl-Mediumrohren bis DN 200 (max. Ø 200 mm) verwendet, damit die Wärme während des Transportes nicht verloren geht. Transportmedium der Wärme ist Wasser. Um die Volumenströme regeln zu können, sind primärseitig Volumenstromregler installiert, welche die benötigte Wärmemenge vom Vorlauf abzweigen. Um eine indirekte Wärmeübergabe, von

Nahwärmenetz zu Heizungsnetz der einzelnen Gebäude, realisieren zu können, sind außerdem Wärmetauscher installiert. Vorteil einer indirekten gegenüber einer direkten Wärmeübergabe ist, dass Defekte an einer Leitung innerhalb eines Gebäudes keine Auswirkungen auf das gesamte Nahwärmesystem haben.

Um das gesamte Nahwärmesystem kontrollieren zu können, ist eine übergeordnete Gebäudeleittechnik (GLT) installiert, welche mit Glasfaserkabeln vernetzt ist. Mit Hilfe dieser Gebäudeleittechnik werden alle Informationen, wie zum Beispiel Verbrauch oder Störungen zentral überwacht. Des Weiteren kann der zeitabhängige Leistungsbedarf effektiv gesteuert werden.

Kernstück des Nahwärmenetzes ist die Heizungszentrale [Abbildung 17; Q64], welche an den Heizungskeller des Westerwald-Gymnasiums anschließt. Da der vorhandene Heizungskeller des Westerwald-Gymnasiums nicht für die neue Anlage ausreichte, baute man zusätzlich ein zweistöckiges Gebäude mit 3 Räumen und einer Grundfläche von rund 130 m² mit einem Durchgang zum vorhandenen Heizungskeller. Die neuen Räume werden genutzt als Heizungs- und Lagerraum und als Montageschacht. Von diesem zentral gelegenen Gebäude aus versorgt ein 1,2 MW starker Holzhackschnitzelkessel und zwei Niedertemperatur-Spitzenlastheizölkessel mit jeweils 1,1 MW das gesamte Nahwärmenetz. Die Holzhackschnitzel werden in einem 200 SRm Hackschnitzel fassenden Silo gelagert. 200 SRm entsprechen rund fünf Lkw-Ladungen. Nach Bedarf werden sie automatisch über einen Schubboden, eine Förderschnecke und eine Steigschnecke dem Brennraum zugeführt. Die Fördereinrichtungen haben aber nicht nur die Aufgabe das Brennmaterial zu transportieren, sondern sie sind außerdem eine Schutzeinrichtung gegen einen Rückbrand. Der Brennraum des Hackschnitzelkessels verfügt über ein Vorschubrost [Abbildung 18]. Durch das Rost wird die Luftzufuhr von unten sichergestellt. Außerdem transportiert es die Hackschnitzel vom „Eingang“ zum „Ausgang“. Dabei durchläuft das Brennmaterial im Allgemeinen drei Stufen: Zuerst wird es getrocknet und entgast, dann folgt die Hauptverbrennung und schließlich brennt es aus. Wenn diese drei Stufen durchlaufen sind, fällt die restliche Asche vom Vorschubrost in einen Behälter herunter, von dem sie mittels Druckluft in einen weiteren Behälter befördert wird. Durch das Transportieren des Brennmaterials wird außerdem erreicht, dass die Verbrennung gleichmäßig abläuft und der Aschegehalt sehr niedrig ist. Würde man eine große Menge auf einmal verbrennen, würde das Brennmaterial, aufgrund des Sauerstoffmangels, unvollständig verbrennen. Dabei würde giftiges Kohlenstoffmonoxid entstehen und viel Asche übrig bleiben.

Die zwei Niedertemperatur-Heizölkessel mit HEL-Gebläsebrenner werden als Zusatzkessel verwendet. Sie werden in Betrieb genommen, wenn ein großer Wärmebedarf vorhanden ist und der Holzhackschnitzelkessel die Leistung nicht mehr abdecken kann. Außerdem werden die Heizölkessel in Betrieb genommen, wenn der Einsatz des Hackschnitzelkessels aufgrund eines geringen Wärmebedarfs unrentabel ist [→ Kapitel 3.4, Abbildung 22]. Der Heizöltank umfasst ein Volumen von 20.000 Litern (20 m³).

Zusätzlich zu Holzhackschnitzelkessel und Heizölkessel ist außerdem ein erdgasbetriebenes BHKW am Nahwärmenetz angeschlossen, welches sich am Hallenbad befindet. Das BHKW produziert Wärme und Strom. Mit der Wärme wird ein Teil der Grundlast des Nahwärmenetzes gedeckt. Der Strom wird an die Verbandsgemeinde Altenkirchen verkauft.

Um auch alle Heizungen zentral steuern zu können, sind sie, wie auch das Leitungssystem, mit Mess-, Steuerungs- und Regelungstechnik (MSR-Technik) ausgestattet. Außerdem sind ein Multizyklon-Vorentstauber und ein Röhren-Elektrofilter

installiert, um die Emissionen durch die Heizungszentrale zu vermindern. Der Multizyklon-Vorentstauber arbeitet wie eine Zentrifuge und filtert die Staubpartikel bis minimal 10 µm (Ø). Der Röhren-Elektrofilter arbeitet nach dem elektrostatischen Prinzip und kann Staubpartikel bis minimal 1 µm (Ø) filtern. Somit wird die Feinstaubbelastung durch die Heizungszentrale um ein Vielfaches minimiert, sodass der Reingas-Garantiewert unter 50 mg/m³ liegt [Abbildung 19].

3.4 Verbrauch, Laufleistung und Emissionen

2012 wurden rund 6.600 SRm Holzhackschnitzel mit einem Energiegehalt von rund 3.954 MWh verbraucht. Dies entspricht rund 33 Silofüllungen und 165 Lkw-Ladungen. Somit kommt im Jahresdurchschnitt alle 2,2 Tage eine Lkw-Ladung. Zusätzlich zu den Holzhackschnitzeln werden noch Öl, Gas und Strom benötigt, sodass der Gesamtenergieverbrauch bei rund 4.817 MWh lag. Der Deckungsanteil des Holzhackschnitzelkessels lag somit 2012 bei rund 82,08 %.

Wenn man die Heizungen der einzelnen Gebäude konventionell saniert hätte, hätte man laut einer Kalkulation einen fossilen Primärenergieverbrauch von rund 5,8 MWh pro Jahr gehabt. Der fossile Primärenergieverbrauch des Nahwärmeverbundes liegt laut einer Kalkulation bei rund 1,9 MWh. Somit beträgt die fossile Primärenergieeinsparung rund 3,9 Mwh, was 67 % entspricht [Abbildung 20].

Der Verbrauch ist zeitlich abhängig [Abbildung 22 + 23]. So wird im Winter aufgrund der niedrigeren Außentemperaturen mehr Wärmeenergie benötigt als im Sommer. Um Spitzenlasten über 1.500 kW abzudecken, laufen die Heizölkessel rund 2.300 Stunden im Jahr in den Monaten November bis April. Außerdem sind die Heizölkessel in Betrieb, wenn unter 450 kW benötigt werden. Dies trifft für rund 2.700 Stunden im Jahr zu, während der Monate Mai bis September. Der Holzhackschnitzelkessel ist während dieser Zeit (< 450 kW) nicht in Betrieb, da sein Betrieb aufgrund des geringen Wärmebedarfs unrentabel wäre. Da die Gebäude während der Wochenenden und Feiertage kaum beheizt werden, ist der Energieverbrauch während dieser Tage niedriger.

Obwohl die Heizölkessel an rund 208 Tagen im Jahr in Betrieb sind und der Hackschnitzelkessel nur 35 % der installierten Leistung darstellt, deckt er trotzdem rund 85 % des gesamten Wärmebedarfs ab [Abbildung 22]. Da das BHKW eine hohe Laufleistung mit 7.500 Betriebsstunden im Jahr hat, ist es sehr wirtschaftlich. Durch diese hohe Laufleistung wird die Lebensdauer jedoch erheblich verkürzt.

Die extremen fossilen Primärenergieeinsparungen bewirken des Weiteren, dass sich auch die Treibhausgasemissionen drastisch senken. Laut einer Kalkulation vor Projektbeginn werden die Treibhausgasemissionen durch fossile Energieträger von 1.268.728 kg pro Jahr auf 495.727 kg Treibhausgase pro Jahr reduziert. Da man die entstehenden Treibhausgase von der Verbrennung des Holzes aufgrund der CO_2-Neutralität nicht mit einberechnen muss, spart man mit dem Nahwärmeverbund 773.001 kg Treibhausgase pro Jahr ein, was 61 % entspricht [Abbildung 21]. Neuere Berechnungen und Messungen ergaben aber eine Einsparung von 600 t Treibhausgasen pro Jahr, was aber dennoch ein deutlicher Vorteil mit rund 47 % ist. Die CO_2-Einsparung durch den Nahwärmeverbund (600 t) kann man vergleichen mit dem CO_2-Ausstoß von 200 Autos mit einer Laufleistung von 20.000 km pro Jahr und einem Verbrauch von 6,5 L Benzin auf 100 km.

3.5 Kosten und Preise

Die Gesamtinvestitionskosten belaufen sich auf rund 1.750.000 Euro (netto). Die förderfähigen Kosten belaufen sich auf 1.495.264 Euro (netto). Durch das

Konjunkturpaket II werden 60 % der Investitionskosten von Bund und Land übernommen, was 897.158 Euro entspricht, da es sich um eine kommunale Investition in Energieeffizienz und erneuerbare Energien handelt. Jeweils 125.000 Euro werden von dem Landkreis Altenkirchen und der Verbandsgemeinde Altenkirchen übernommen. Schließlich wurde noch ein Darlehen in Höhe von 860.000 Euro aufgenommen, mit einer Laufzeit von 20 Jahren und einem Festzins von rund 3,45 %.

Zusammen mit Personalkosten, Mieten, Pachten, Versicherungen, Wartungskosten und Weiterem bilden diese Kapitalkosten den Gesamtgrundpreis in Höhe von 146.726 € für 2013. Der Grundpreis pro Kilowatt beträgt 2013 rund 40,76 Euro (netto).

Der Arbeitspreis ist eine verbrauchsabhängige Größe. Der Gesamtarbeitspreis für 2013 in Höhe von 209.506 Euro setzt sich zusammen aus den Kosten für Holzhackschnitzel, Heizöl, Gas, Strom, Personal, Mieten, Pachten, Versicherungen und Weiteres. Bei dem Gesamtarbeitspreis fließen außerdem die Einnahmen aus dem Stromverkauf, der KWK-Zuschlag und die Energiesteuererstattung mit ein, sodass der Arbeitspreis pro Kilowattstunde 2013 bei 0,0435 Euro (netto) liegt. Dies entspricht in etwa einem Heizöläquivalent von 0,435 Euro pro Liter Heizöl.

Der Wärmepreis setzt sich aus Grund- und Arbeitspreis zusammen und beschreibt den Geldbetrag, den der Wärmekunde zu zahlen hat. Dieser ist leistungs- und verbrauchsabhängig. So ist zum Beispiel bei dem Hauptgebäude des Westerwald-Gymnasiums (Gebäude A) eine Leistung von 600 kW installiert und der kalkulierte Jahresverbrauch für 2013 liegt bei rund 374.530 kWh. Daraus ergeben sich ein Grundpreis von 24.454 Euro (netto) und ein Arbeitspreis von 16.290 Euro (netto). Zusammen bilden sie einen Wärmepreis von 40.744 Euro (netto; Rechnungsbetrag = 48.485 € (brutto)) für das Jahr 2013, der monatlich per Abschlagsrate zu bezahlen ist.

Der Nahwärmeverbund auf der Basis von Holz ist auf lange Sicht die kostengünstigste Lösung, weil man bei den verbrauchsgebundenen Kosten sehr viel spart. Dies liegt daran, dass der Preis für Holzhackschnitzel weit unter dem für fossile Energieträger liegt. Die kapitalgebundenen Kosten sind jedoch viel größer, da die Errichtung der Anlagen und Leitungen sehr teuer ist. Selbst ohne Förderungen wäre der Nahwärmeverbund jedoch auf der Basis von Holz etwas günstiger als eine konventionelle Sanierung. Durch die Förderungen spart man jährlich sogar laut einer Kalkulation der Kreisverwaltung Altenkirchen, die vor Projektbeginn erstellt wurde, rund 100.000 Euro [Abbildung 24].

3.6 Weitere Gründe für den Nahwärmeverbund Glockenspitze Altenkirchen gAöR

Der Nahwärmeverbund Glockenspitze Altenkirchen gAöR bietet viele Vorteile und nur wenige Nachteile. Die in Kapitel 3.4 und 3.5 dargestellten niedrigeren Emissionen und Kosten sind ein entscheidender Vorteil. Es gibt jedoch auch noch zahlreiche weitere Vorteile für die Umwelt, die Region, die Anstaltsträger, die Forst- und Holzwirtschaft, sowie die gesamte Volkswirtschaft.

3.6.1 Vorteile für die Umwelt

Die energetische Nutzung von Holzhackschnitzeln ist CO_2-neutral, da ein geschlossener CO_2-Kreislauf vorhanden ist. Im Gegensatz zu der Verbrennung von fossilen Energieträgern gelangt somit kein zusätzliches CO_2 in die Erdatmosphäre, wodurch kein zusätzlicher Treibhauseffekt verursacht wird. Außerdem werden durch den Nahwärmeverbund mit der zentralen Heizungsanlage viele weitere Tonnen Luftschadstoffe eingespart. (→ Kapitel 3.4)

Die fossilen Energieträger, wie zum Beispiel Öl oder Gas, verursachen häufig Umweltkatastrophen. Vor allem bei der Förderung und dem Transport treten häufig umweltschädliche Probleme auf, wie zum Beispiel Gasexplosionen, Tankerhaverien oder Leitungsleckagen. Außerdem wird die Umwelt häufig vorsätzlich mit fossilen Rohstoffen beschmutzt, da zum Beispiel die Abfallbeseitigung oftmals nur unbefriedigend ausgeführt wird. Des Weiteren sind fossile Rohstoffe in diversen Fällen die Ursache für eine kriegerische Auseinandersetzung.

Der Rohstoff Holz verursacht fast keine Umweltschäden, sofern er nachhaltig gewonnen wurde, da er CO_2-neutral ist, verrottet und regional verfügbar ist. Eine nachhaltige Gewinnung von Holz ist sogar ein bedeutender Beitrag für die nachhaltige Entwicklung des Waldes (→ Kapitel 3.6.2 → nachhaltige Entwicklung - „Agenda 21“).

3.6.2 Vorteile für die Region

Durch die Errichtung und den Betrieb des Nahwärmenetzes und der Energieanlage wird eine starke regionale Wertschöpfung betrieben. Während der Bauphase waren vor allem regionale Unternehmen beschäftigt, um das zusätzliche Gebäude zu errichten, die Leitungen zu verlegen, die Übergabestationen zu errichten und die Heizungsanlage zu installieren. Insgesamt wurden so rund 1.488.500 Euro an regionale Unternehmen bezahlt. Nur der Holzhackschnitzelkessel stammt nicht aus der Region, sondern der Schweiz und kostete rund 438.000 Euro. Um einen Betrieb der Anlage aufrecht zu erhalten, werden regionale Unternehmen beauftragt, die Anlage regelmäßig zu reinigen, zu überprüfen und gegebenenfalls zu reparieren. Auch die Produktion und Bereitstellung der Holzhackschnitzel sind langfristige, zurzeit überregionale Wertschöpfungen, da die Holzhackschnitzel im Moment noch von der Energiegenossenschaft Lieberhausen eG (Gummersbach-Lieberhausen) geliefert werden. Durch die regionale Wertschöpfung wird erreicht, dass mehr Geld in der Region bleibt und so die regionale Wirtschaft gestärkt und stabilisiert wird. Durch die Errichtung und den Betrieb des Nahwärmeverbundes auf der Basis von Holz wird die regionale Wertschöpfung im Vergleich zu vorher um rund 20 % gesteigert.

Ein Synergieeffekt der regionalen Wertschöpfung ist die regionale Beschäftigung. Es werden vorhandene Arbeitsplätze in den beteiligten Branchen gesichert und neue Arbeitsplätze geschaffen. Durch ein größeres Aufkommen an Aufträgen für die Unternehmen steigt außerdem deren Investitionstätigkeit, als auch die Investitionstätigkeit der Beschäftigten.

Durch die Holzenergienutzung wird eine nachhaltige Entwicklung gefördert, wie es die „Agenda 21“, welche auf der Konferenz der Vereinten Nationen über Umwelt und Entwicklung (UNCED) 1992 in Rio de Janeiro verabschiedet wurde, fordert. Die nachhaltige Entwicklung besteht darin, dass Emissionen vermindert werden (→ Kapitel 3.4) und durch die nachhaltige Bewirtschaftung des Waldes der Wald gepflegt wird. Dadurch werden die ökonomischen, ökologischen und sozialen Funktionen des Waldes aufrechterhalten. Dazu zählen beispielsweise die Funktion der CO_2-Aufnahme und der Sauerstoffproduktion, der Erosionsschutz, Luft- und Wasserreinigung oder die Erholungsfunktion. Wenn der Wald gepflegt wird, bleibt er außerdem gesund und kann weiterhin wirtschaftlich genutzt werden.

Weitere Vorteile für die Region sind, dass man unabhängiger von internationalen Energiekrisen und Energiekonzernen wird. Außerdem spart man durch die Holzhackschnitzel Entsorgungskosten für Landschaftspflegeholz und andere Holzabfälle und man benötigt so weniger Deponieraum.

3.6.3 Vorteile für die Anstaltsträger

Der Nahwärmeverbund gewährleistet für die Anstaltsträger und die Energiekunden eine sehr sichere und zuverlässige Energieversorgung, die mit dezentralen Öl- oder Gasheizungen nicht zu vergleichen ist. Das Holz für die Holzhackschnitzel ist regional vorhanden und ist somit relativ unabhängig von internationalen Energiekrisen und Energiekonzernen. Da der Nahwärmeverbund über einen Hackschnitzelkessel, zwei Ölkessel und ein BHKW verfügt, sind eventuelle Ausfälle oder Störungen einer Anlage durch die anderen Anlagen kompensierbar.

Der Nahwärmeverbund ist sehr komfortabel, da es sich nur um eine relativ große Heizungszentrale mit Nahwärmenetz handelt und nicht jede Liegenschaft eine eigene Heizung besitzt. Dadurch sinkt der Wartungsaufwand, der Verwaltungsaufwand und es sind weniger Inspektionen durch TÜV, Schornsteinfeger und sonstige Prüfstellen nötig. Außerdem steht in allen Liegenschaften, außer dem Westerwald-Gymnasium, mehr Platz zu Verfügung, da eine eigene Heizungsanlage mit der zugehörigen Lagermöglichkeit nun nicht mehr gebraucht wird und lediglich eine relativ kleine Wärmeübergabestation installiert werden muss.

Die Energiekosten sind durch den Nahwärmeverbund gesunken. Dies liegt, wie in Kapitel 3.5 beschrieben, an den niedrigeren verbrauchsbedingten Kosten, dem Stromverkauf, sowie den Förderungen. Außerdem waren viele der vorhandenen Heizungsanlagen sowieso sanierungsbedürftig. Das Nahwärmenetz verfügt des Weiteren über optimale Standortbedingungen, da es einen großen, räumlich konzentrierten Energiebedarf von nur wenigen Liegenschaften gibt. Dadurch ist das Leitungsnetz relativ kurz, es werden nur wenige Wärmeübergabestationen benötigt und es gibt nur wenig Wärmeverluste.

Der Nahwärmeverbund ist sehr flexibel, da man besonders einfach etwas hinzufügen kann, wie zum Beispiel ein weiteres BHKW, eine neue technische Verbesserung oder auch, wenn noch Kapazitäten vorhanden sind, eine weitere öffentliche Liegenschaft. Da bei dem Nahwärmeverbund Glockenspitze Altenkirchen noch Kapazitäten bestehen, wird zurzeit geprüft, ob man das Finanzamt und die katholische Kirche noch anschließen kann. Die Kirche wäre sogar besonders gut geeignet für den Nahwärmeverbund, da der Wärmenachfrageschwerpunkt der Kirche am Wochenende liegt, wenn die meisten anderen Gebäude geschlossen haben und nur wenig Wärme benötigen.

3.6.4 Vorteile für die Forst- und Holzwirtschaft

In der Forst- wie auch in der Holzwirtschaft gibt es immer Holzreste, die normalerweise nicht verkauft oder verarbeitet werden können, wie zum Beispiel Äste bei der Forstwirtschaft oder Sägenebenprodukte bei der Holzwirtschaft. Indem die Forst- und Holzwirtschaft dieses Restholz zu Holzhackschnitzeln oder Holzpellets weiterverarbeitet, können zusätzliche Einnahmen erzielt werden.

3.6.5 Vorteile für die gesamte Volkswirtschaft

Eine ausgebaute Nutzung der Holzenergie hätte einen großen volkswirtschaftlichen Nutzen, da in diversen Bereichen Steuergeld eingespart würde. So spart man durch die Holzenergie Geld für Klima-, Umwelt- und Ressourcenschutz. Außerdem spart man durch die Schaffung von neuen Arbeitsplätzen die Kosten für Arbeitslosigkeit. Bei einer Berechnung im Zusammenhang mit einer Diplomarbeit der Universität Freiburg ergaben sich für Baden-Würtemberg bei einer maximalen Ausnutzung des Potenzials von Energieholz, Gesamteinsparungen von 2,3 bis 2,9 Milliarden Euro pro Jahr. Da

Rheinland-Pfalz noch waldreicher ist als Baden-Würtemberg, ist das Gesamteinsparungspotenzial prozentual zu der Fläche vermutlich noch größer.

3.7 Nachteile des Nahwärmeverbundes Glockenspitze Altenkirchen gAöR

Bei dem Nahwärmeverbund Glockenspitze Altenkirchen gAöR überwiegen die Vorteile, es gibt jedoch auch einige Nachteile, die aber im Gesamten durch die Vorteile kompensiert werden. Der größte Nachteil des Nahwärmeverbundes auf der Basis von Holz ist, dass die Investitionskosten sehr hoch sind im Vergleich zu dezentralen, konventionellen Heizungsanlagen, weil ein Nahwärmenetz mit einer leistungsstarken Heizungsanlage und einer großen Lagereinrichtung errichtet werden musste (→ Kapitel 3.5). Umso leistungsstärker eine Heizungsanlage jedoch sein muss, desto wirtschaftlicher wird sie. Die Regelungsmöglichkeiten eines Holzhackschnitzelkessels sind nur begrenzt gegeben, da ein Holzhackschnitzelkessel lange braucht, um sich an veränderte Einstellungen anzupassen. Des Weiteren sind der Verwaltungsaufwand und der Arbeitsaufwand einer Heizungsanlage, die auf Holz basiert, für einzelne Personen um ein vielfaches größer, wie bei dezentralen konventionellen Heizungsanlagen. Dies liegt daran, dass der Vorstand des kommunalen Unternehmens „Nahwärmeverbund Glockenspitze Altenkirchen gAöR“ zum Beispiel Wirtschaftspläne und Jahresabschlüsse erstellen muss oder Ausschreibungen getätigt werden müssen. Der Hausmeister des Westerwald-Gymnasiums ist des Weiteren für den reibungslosen Betrieb der Anlage zuständig, was sich jedoch als schwierig herausstellt, da zum Beispiel der Holzhackschnitzelkessel individuell auf die jeweilige Qualität der Holzhackschnitzel eingestellt werden muss. Dieser gesteigerte Arbeitsaufwand wird jedoch bei dem Lohn berücksichtigt.

4. Persönliches Fazit

Ich finde es sehr gut, dass Deutschland, das Land Rheinland-Pfalz, der Landkreis und die Verbandsgemeinde Altenkirchen die Auswirkungen des Klimawandels ernst nehmen und dem Klimawandel mit Hilfe der erneuerbaren Energien entgegensteuern. Meiner Meinung nach geht dies aber noch nicht weit genug, da es noch sehr große Potenziale gibt, die technisch schon jetzt möglich wären. Diese scheitern aber leider oftmals an den Investitionskosten oder Bedenken, zum Beispiel von Anwohnern oder Naturschützern. Die Investitionskosten dürfen meiner Meinung nach nicht zurückschrecken, im Bereich der erneuerbaren Energien zu investieren, da man sich durch den frühzeitigen Ausbau erneuerbarer Energien einen internationalen Vorsprung erarbeiten kann. So sammelt man noch vor anderen Ländern Erfahrungen und Wissen, welches ökonomische, ökologische und soziale Begünstigungen bringen kann, wenn sich die anderen Länder auch umstellen müssen, da schon in wenigen Jahren keine fossilen Energieträger vorhanden sein werden.

Der Nahwärmeverbund ist meiner Meinung nach ein Erfolg, weil man durch dieses eine Projekt viele positive Effekte erzielen kann. Da die meisten der dezentralen, konventionellen Heizungsanlagen sowieso erneuert werden mussten und auf einem engen Raum lagen, bot sich ein Nahwärmeverbund an. Dieser kostet die Energiekunden weniger wie vorher und es gab viele sehr gute Synergieeffekte, wie zum Beispiel der Beitrag zum Klimaschutz oder die regionale Wertschöpfung. Ich denke jedoch, dass man das Ziel des integrierten Klimaschutzkonzeptes, durch Pilotprojekte Anregungen für andere Projekte zu geben, nur bedingt erreichen kann. Dies liegt daran, dass man solche großen Projekte aufgrund der hohen Investitionskosten eigentlich nur auf kommunaler Ebene oder bestenfalls in Neubaugebieten oder in Energiezusammenschlüssen von mehreren persistenten Unternehmen ausführen kann.

5. Anhang

5.1 Abkürzungen, chemische Summenformeln, Vorsätze, Einheiten und Formeln / Umrechnungen

Abkürzungen

<	weniger als
AK	Altenkirchen
BHKW	Blockheizkraftwerk
BMU	Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit
DN	Diameter Nominal (Nennweite)
EEG	Erneuerbare-Energien-Gesetz
Fm	Festmeter
gAöR	gemeinsame Anstalt des öffentlichen Rechts
GLT	Gebäudeleittechnik
HEL	Heizöl extra leicht
H_i	Heizwert
H_s	Brennwert
KMR	Kunststoffmantelverbundrohr
KV	Kreisverwaltung
KWK	Kraft-Wärme-Kopplung
Ø	Durchmesser
RLP	Rheinland-Pfalz
SI-Einheit	Basiseinheit
SRm	Schüttraummeter
TÜV	Technischer Überwachungsverein
u	Holzfeuchte
UNCED	Konferenz der Vereinten Nationen über Umwelt und Entwicklung
VG	Verbandsgemeinde
VGV	Verbandsgemeindeverwaltung
w	Wassergehalt
WW-Gym	Westerwald-Gymnasium

Chemische Summenformeln

CH_4	Methan
CO_2	Kohlenstoffdioxid
HFCs	teilfluorierte Kohlenwasserstoffe
N_2O	Distickstoffoxid (Lachgas)
NH_3	Ammoniak
NMVOC	flüchtige Kohlenwasserstoffe ohne Methan
NO_x	Stickstoffoxide
PFCs	vollfluorierte Kohlenwasserstoffe
PM_{10}	Feinstaubemissionen
SF_6	Schwefelhexafluorid
SO_2	Schwefeldioxid

Vorsätze

µ	Mikro (10^{-6})
c	Zenti (10^{-2})
k	Kilo (10^{3})
M	Mega (10^{6})
P	Peta (10^{15})

Einheiten

g	Gramm
h	Stunde
ha	Hektar
J	Joule
L	Liter
m	Meter
s	Sekunde
t	Tonne
W	Watt

Formeln / Umrechnungen

$$1\mathrm{J} = 1\frac{W}{s} = \frac{1}{3600}Wh$$

1 Hektar = 10.000 m² = 0,01 km²

$$w = \frac{m_w}{m_0 + m_w} \cdot 100\,\% \qquad u = \frac{m_w}{m_0} \cdot 100\,\% \qquad (m_w = m_{Wasser}\ ,\ m_0 = m_{trocken})$$

$$w = \frac{u}{100\,\% + u} \qquad u = \frac{w}{100\,\% - w}$$

1 Fm entspricht 2,8 SRm (~ 550 kg Fichtenholz / ~ 450 kg Buchenholz)

1 SRm entspricht 0,36 Fm (~ 200 kg Fichtenholz / ~ 270 kg Buchenholz)

1 Fm Hackschnitzel enthält 2.000-2.800 kWh

1 SRm Hackschnitzel enthält 700-1.000 kWh

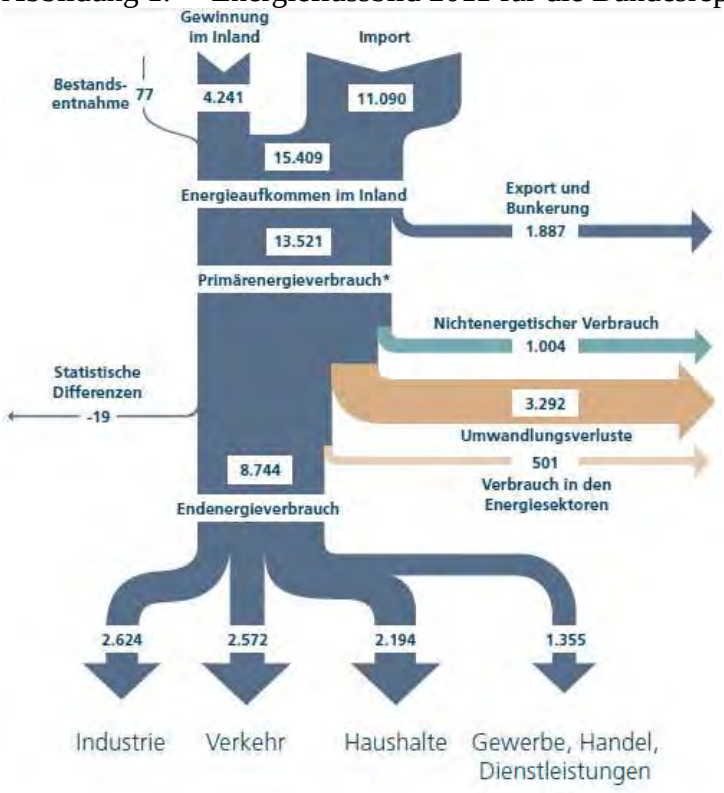
1 L Heizöl enthält rund 10 kWh

Grundpreis (netto) + Arbeitspreis (netto) + MwSt. = Wärmepreis (brutto)

5.2 Grafiken und Tabellen

<u>Energie</u>

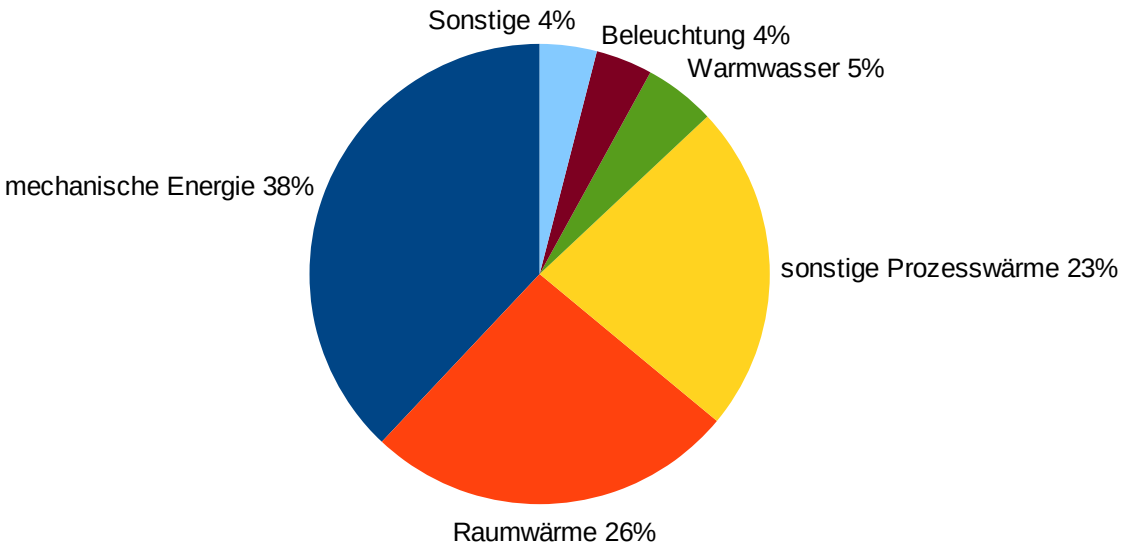
Abbildung 1: Energieflussbild 2011 für die Bundesrepublik Deutschland (in Petajoule (PJ))



Der Anteil der erneuerbaren Energieträger am Primärenergieverbrauch liegt bei 11,0 %.
Abweichungen in den Summen sind rundungsbedingt.
* Alle Zahlen vorläufig/geschätzt.
29,308 Petajoule (PJ) ≙ 1 Mio. t SKE

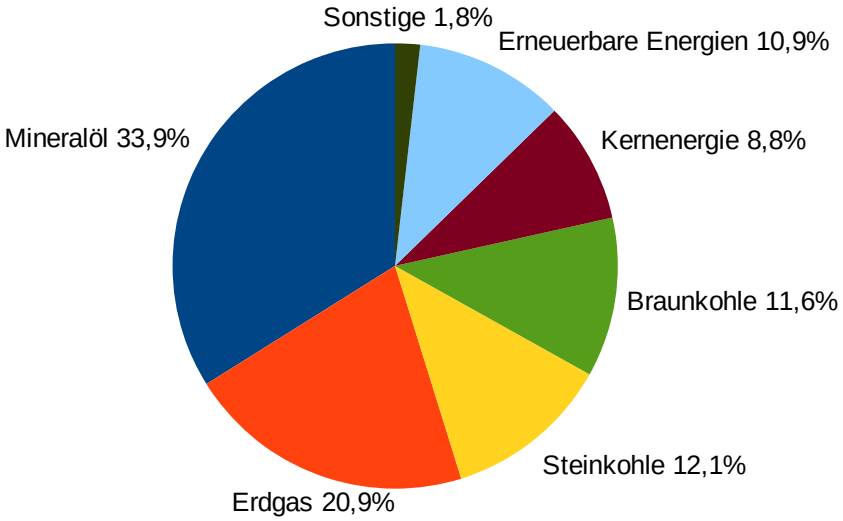
AGEB

Abbildung 2: Energieverbrauch nach Anwendungsbereichen in Deutschland 2011



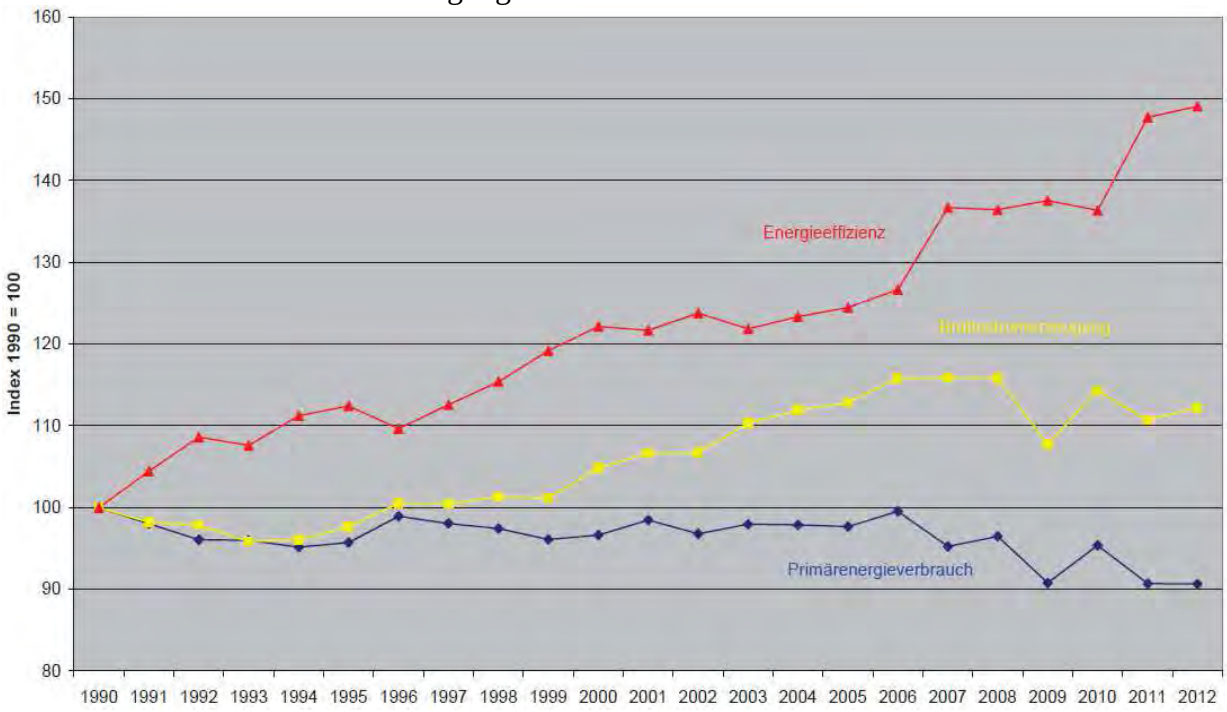
eigene Grafik nach BMWi

Abbildung 3:
Struktur des Primärenergieverbrauchs nach Erzeugung in Deutschland 2011
gesamt 13.512 PJ bzw. 461,1 Mt SKE



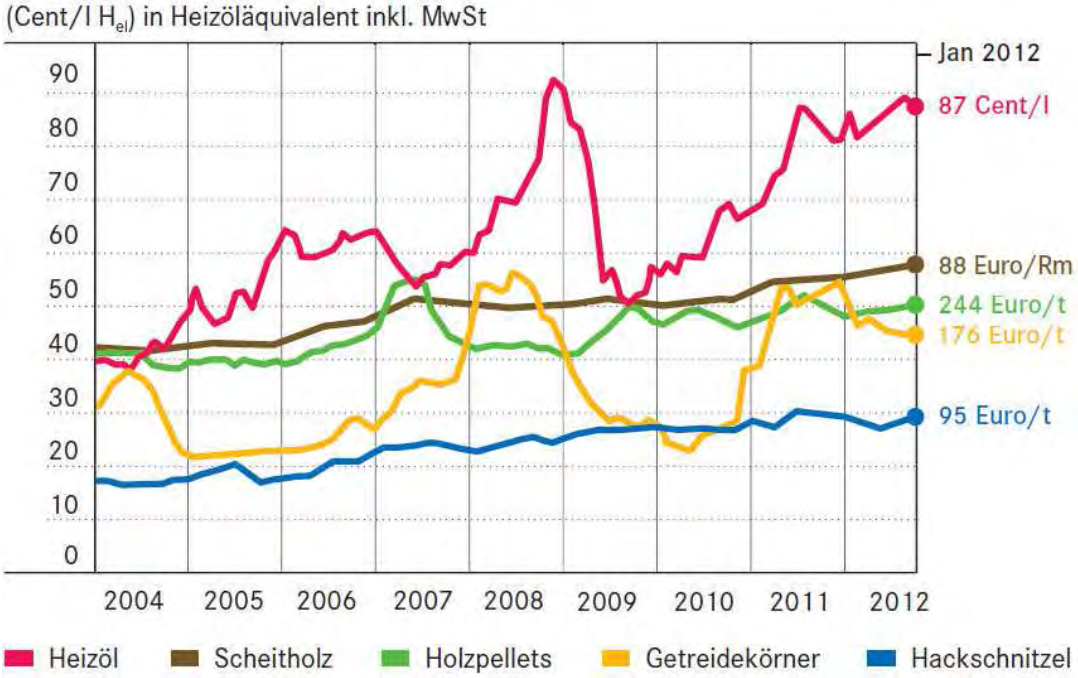
eigene Grafik nach AGEB

Abbildung 4: Entwicklung von Primärenergieverbrauch, Energieeffizienz und Bruttostromerzeugung



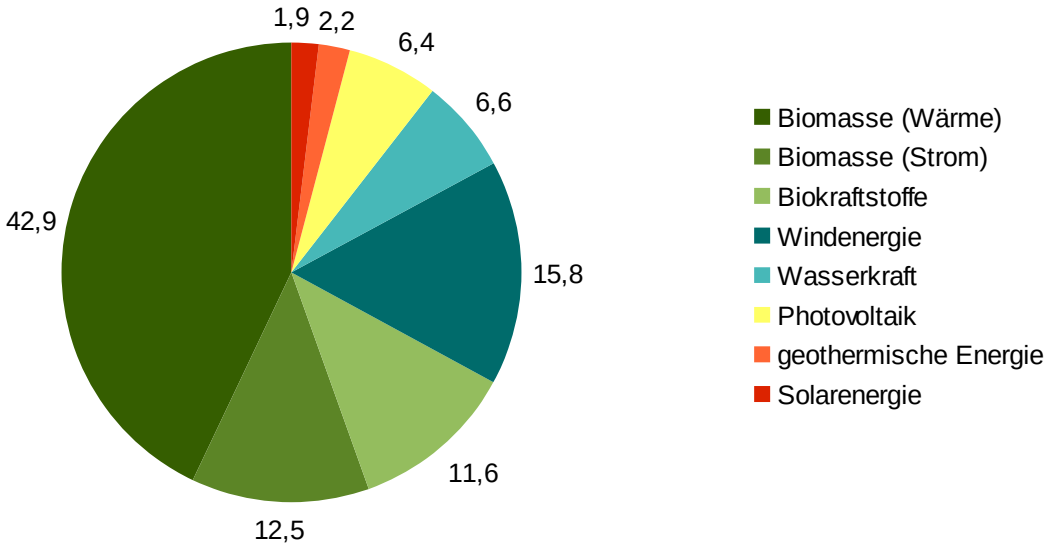
BMWi

Abbildung 5: Energiepreisentwicklung in Deutschland



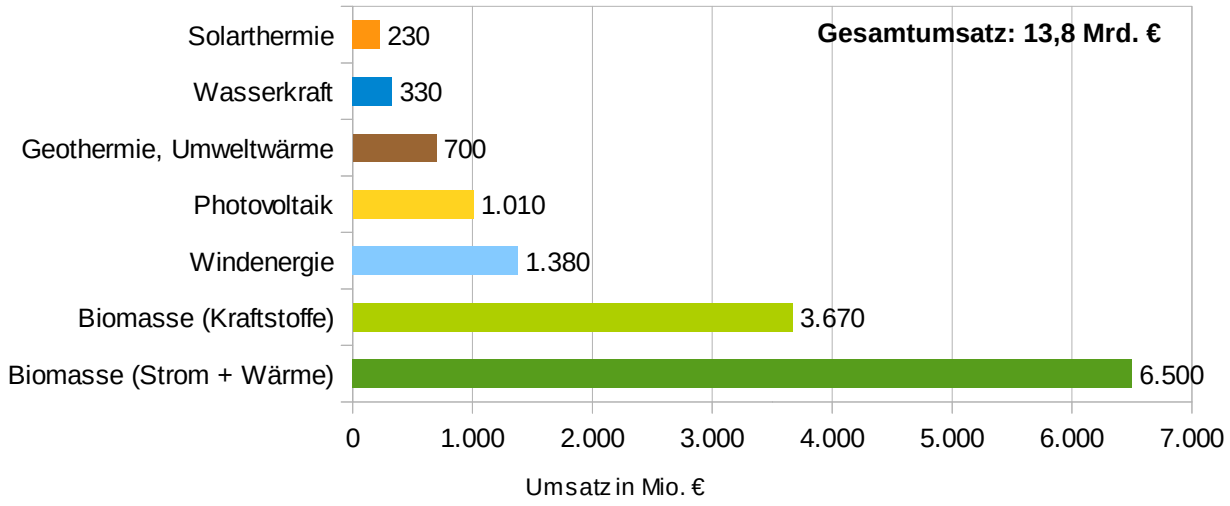
FNR

Abbildung 6:
Energieerzeugung aus erneuerbaren Energien 2011
Anteil der erneuerbaren Energien am Primärenergieverbrauch: 10,9 %
Anteil Bioenergie: 67 % - entspricht ca. 7,3 % am Primärenergieverbrauch



eigene Grafik nach FNR

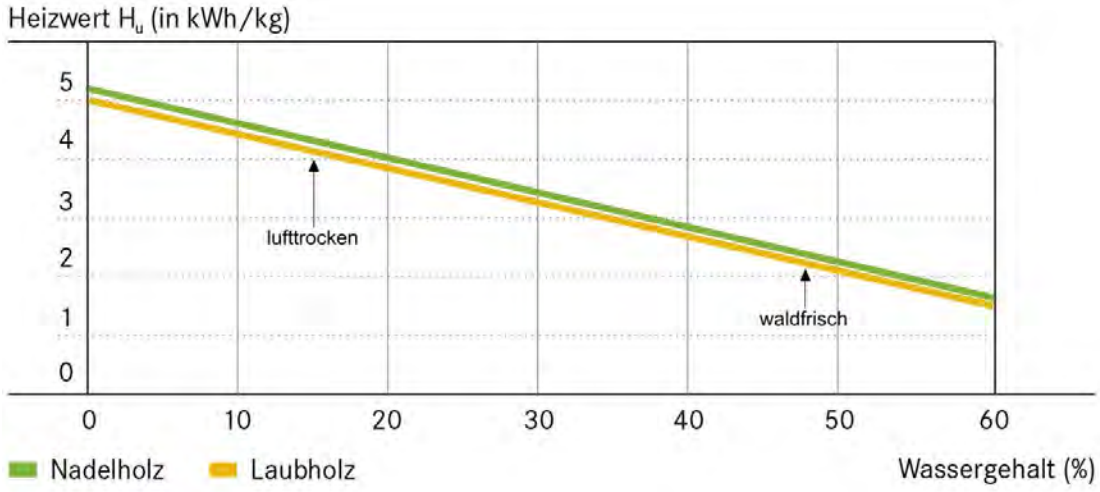
Abbildung 7: Umsatz durch Erneuerbare-Energien-Anlagen in Deutschland 2011



eigene Grafik nach BMU

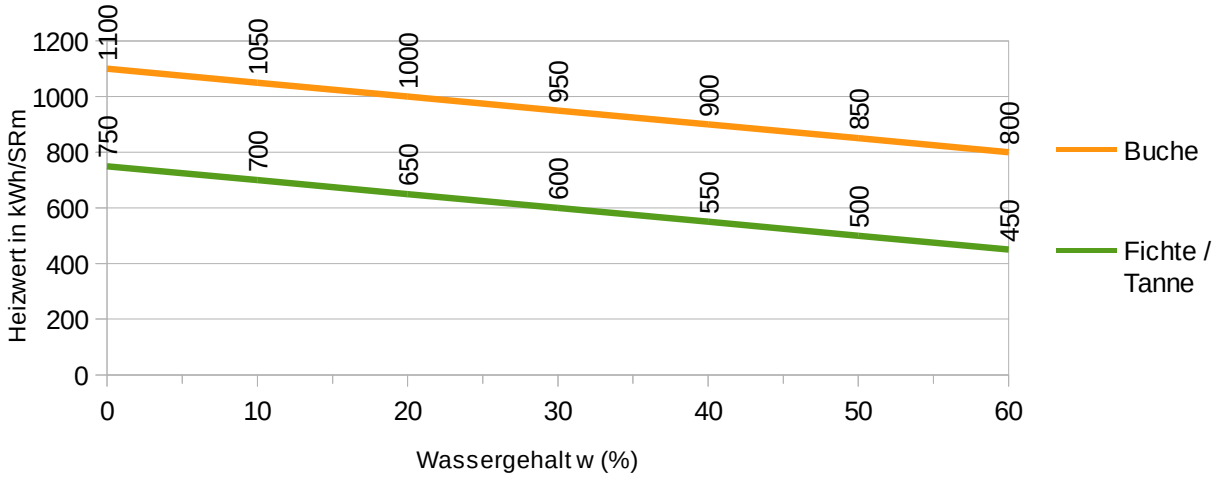
Holz

Abbildung 8: Heizwert in Abhängigkeit vom Wassergehalt (pro kg!)



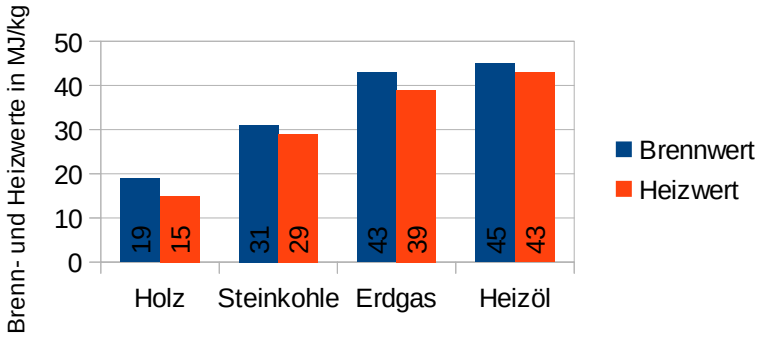
FNR / LWF

Abbildung 9: Heizwert von Holzhackschnitzeln (pro SRm!)



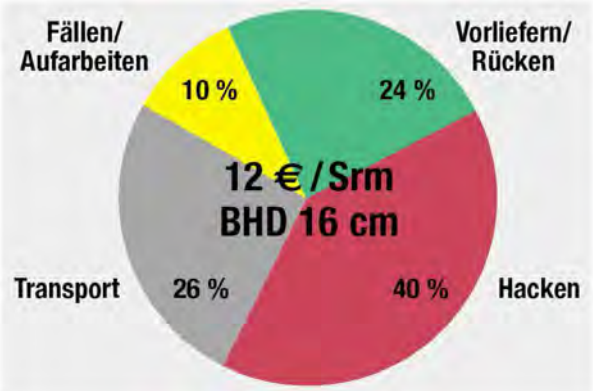
eigene Grafik nach Holzenergie für Kommunen, Holzenergiefibel 2003 / Holzenergiefibel 2008

Abbildung 10: Brenn- und Heizwerte verschiedener Energieträger im Vergleich



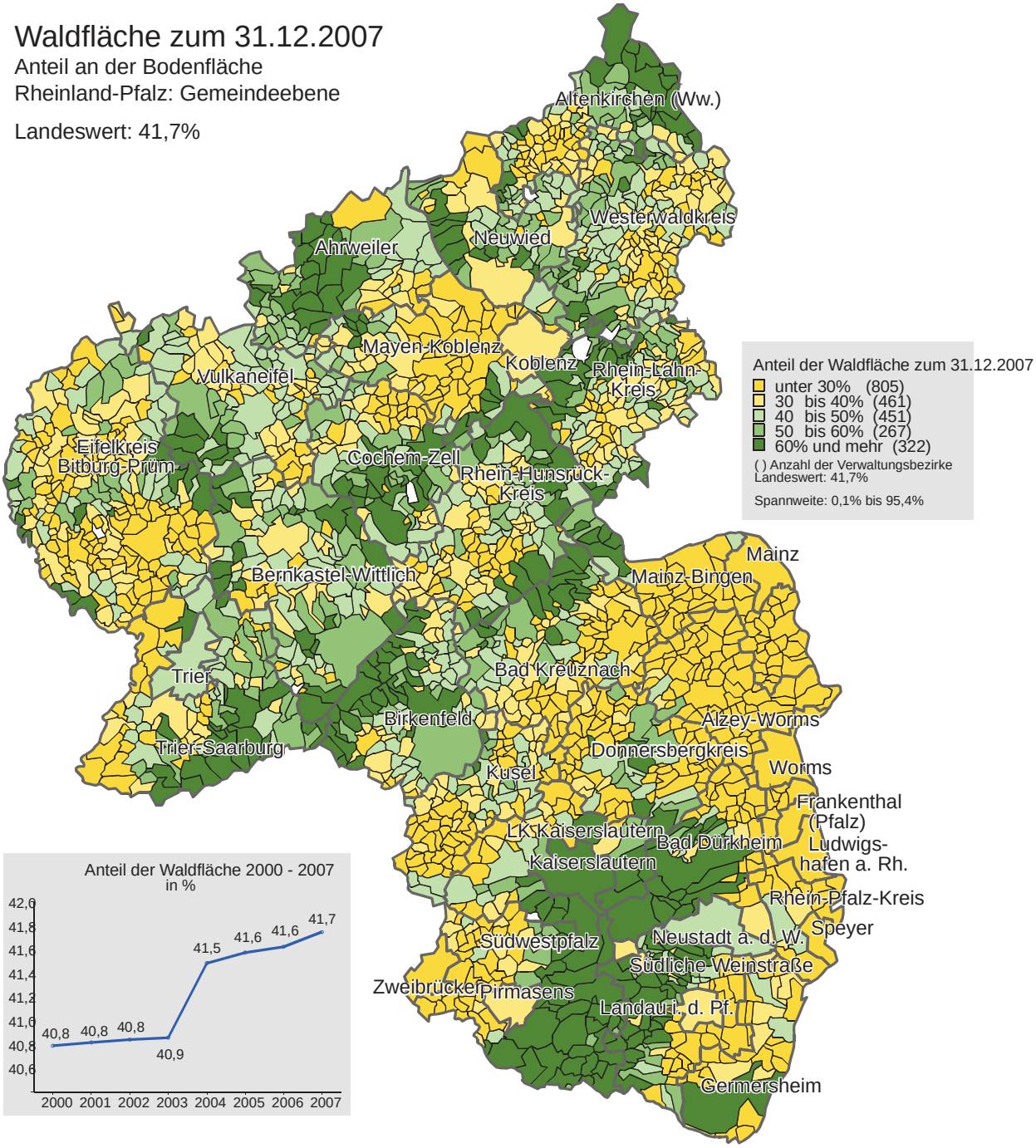
eigene Grafik nach BMWi

Abbildung 11: Kostenverteilung bei Holzhackschnitzeln



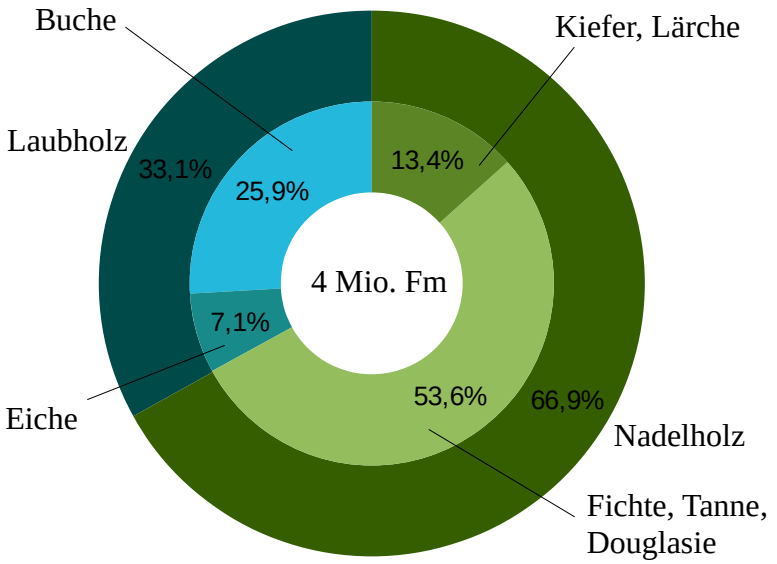
LWF

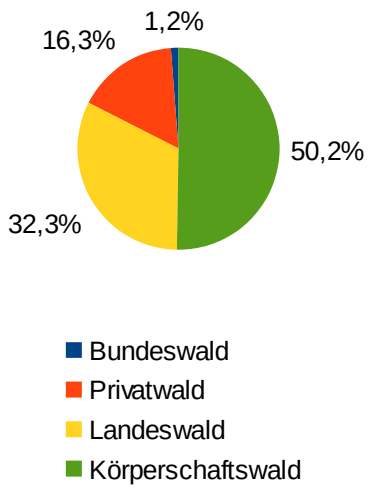
Abbildung 12: Waldflächenverteilung in Rheinland-Pfalz



Wirtschaftsatlas RLP, Statistisches Landesamt RLP

Abbildung 13 + 14: Holzeinschlag in Rheinland-Pfalz 2011 nach Holz- und Besitzarten

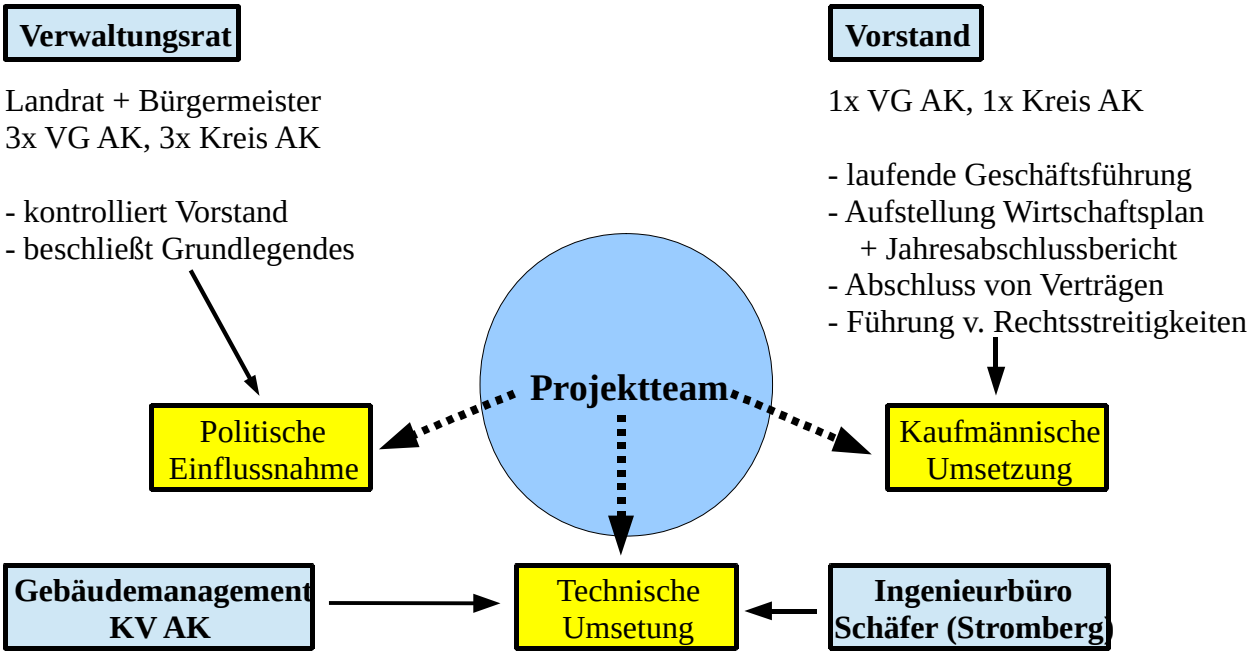




eigene Grafiken nach Statistisches Jahrbuch RLP 2012

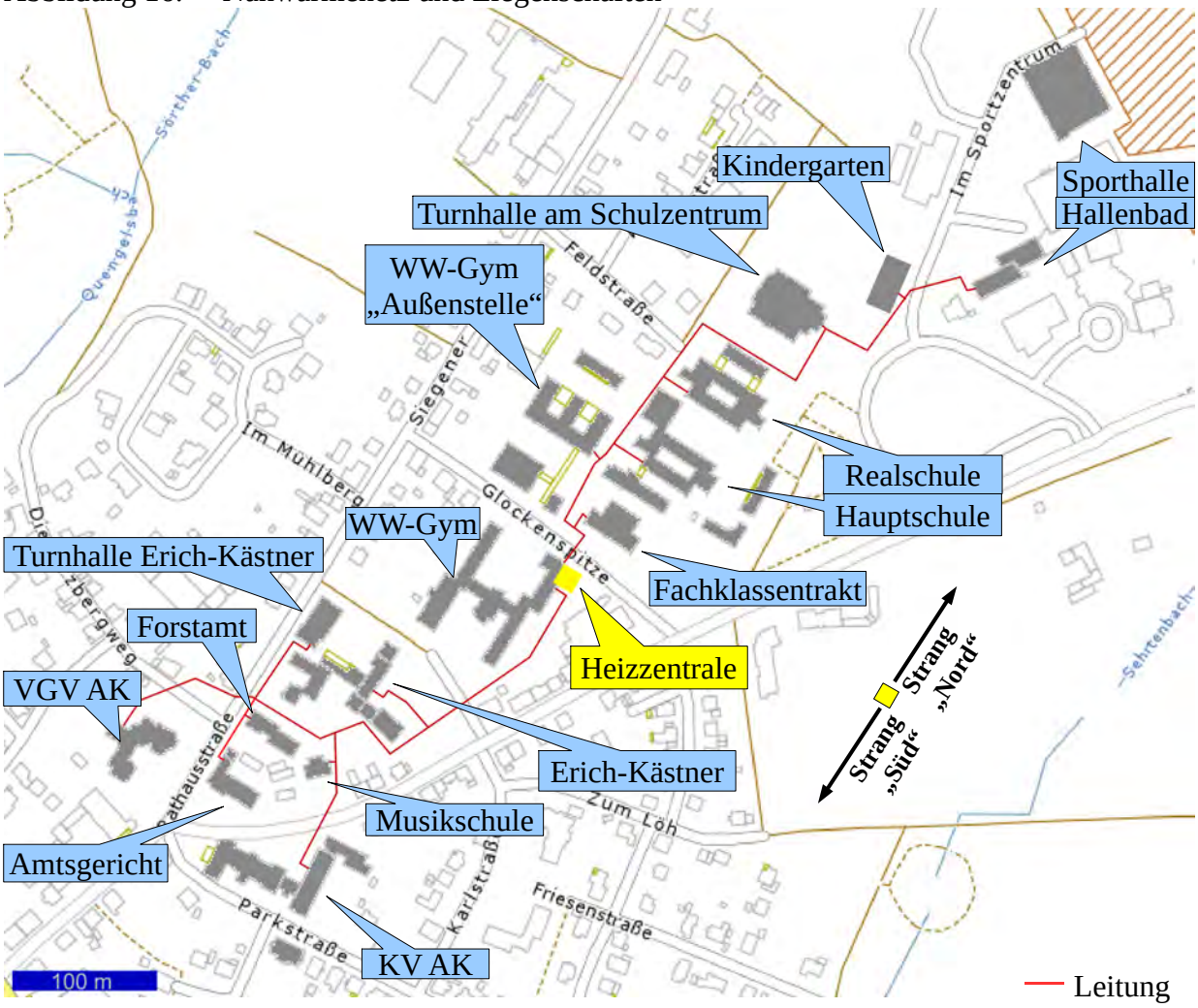
Nahwärmeverbund Glockenspitze Altenkirchen gAöR

Abbildung 15: Projektstruktur des Nahwärmeverbundes Glockenspitze Altenkirchen gAöR



eigene Grafik nach KV AK

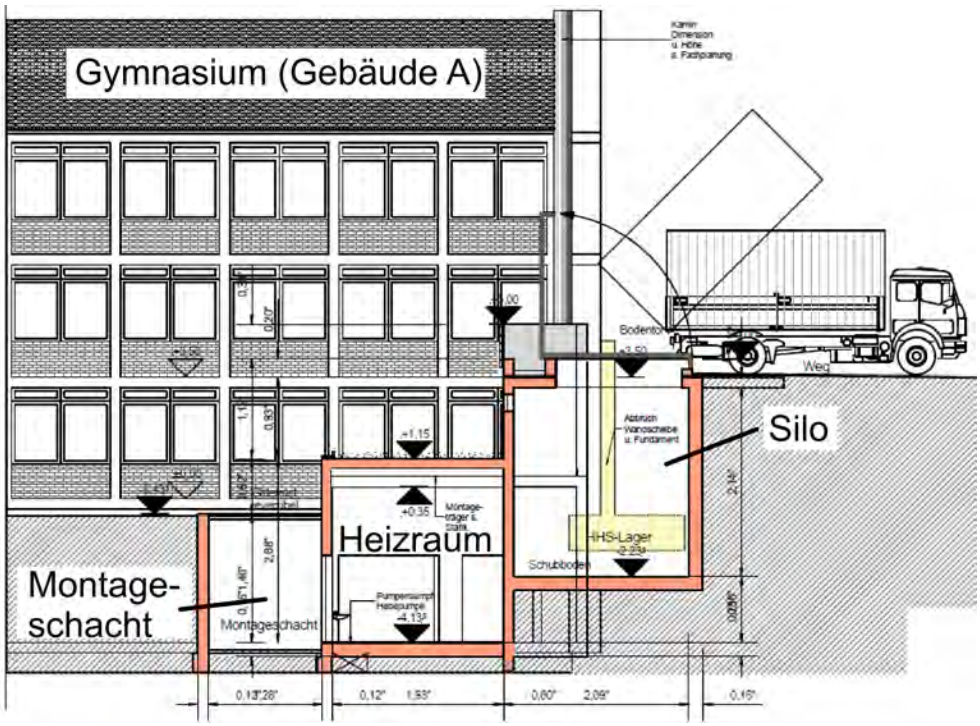
Abbildung 16: Nahwärmenetz und Liegenschaften

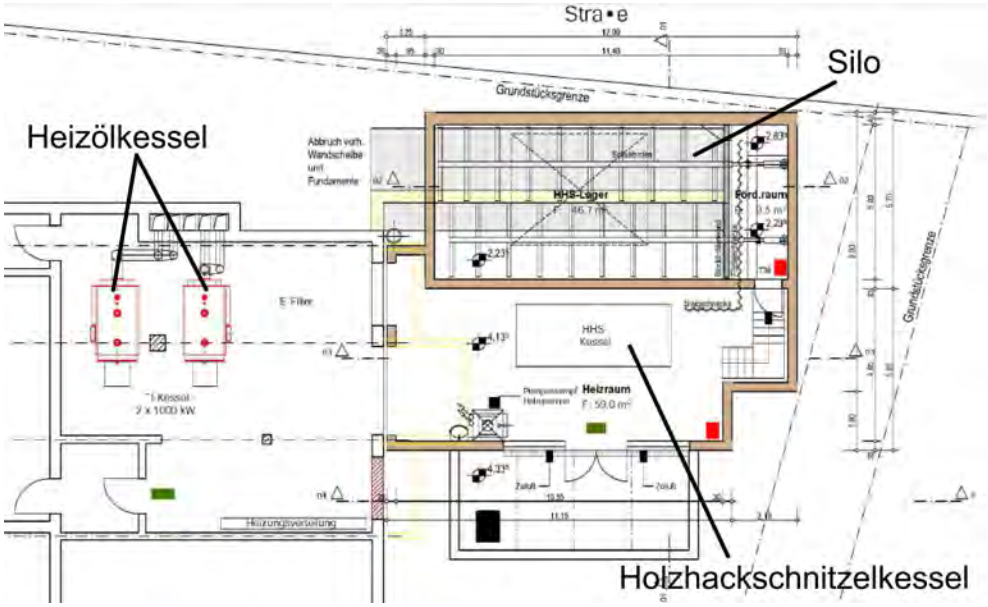


Liegenschaft	Anschlussleistung (kW)	Verbrauch 2012 (MWh)
VG AK	250	402
KV AK	400	830
Musikschule	45	62
Erich-Kästner-Schule	265	289
Turnhalle Erich-Kästner	100	52
WW-Gym	600	375
Fachklassentrakt	150	141
WW-Gym „Außenstelle“	350	405
Hauptschule	300	422
Realschule	250	357
Turnhalle am Schulzentrum	150	158
Sportzentrum / Hallenbad	545	1116
Amtsgericht	80	80
Forstamt	85	81
Kindergarten	30	49
	Gesamtanschlussleistung: 3600	**Gesamtverbrauch (2012): 4.817**

eigene Grafik und Tabelle nach GDI-RP, KV AK

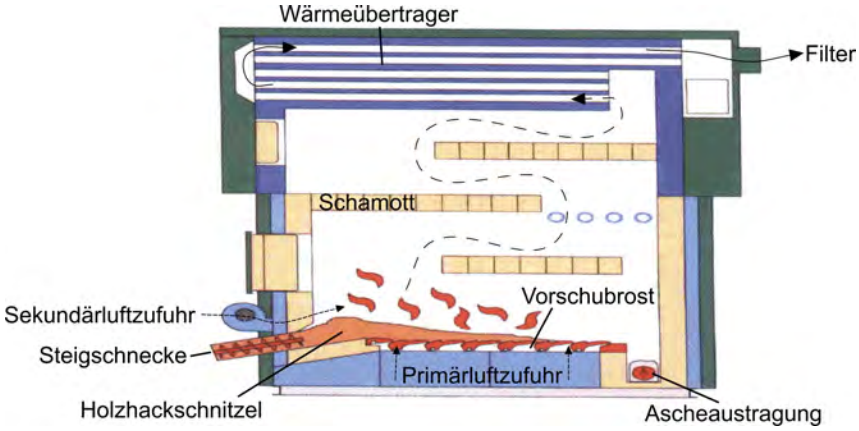
Abbildung 17: Grundriss und Seitenansicht





ibs Energie - Ing.-Büro Schäfer + eigene Beschriftung

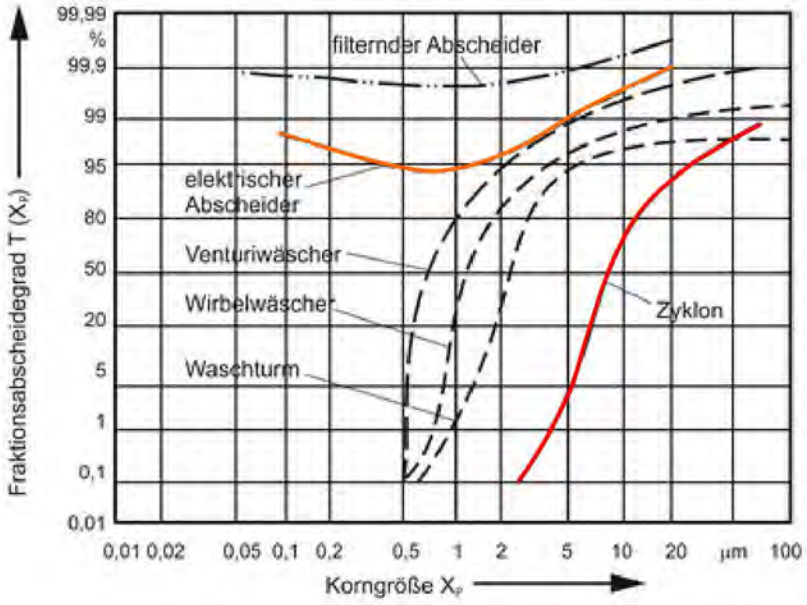
Abbildung 18: Rostfeuerung



Holzenergiefibel (2008)
+ eigene Beschriftung

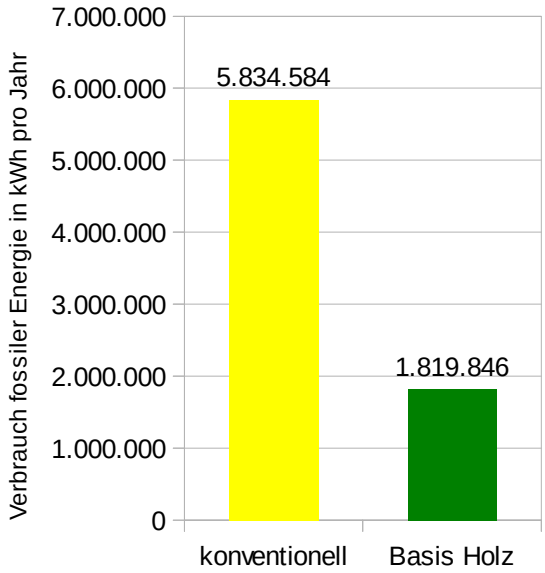
Abbildung 19: Staubabscheider

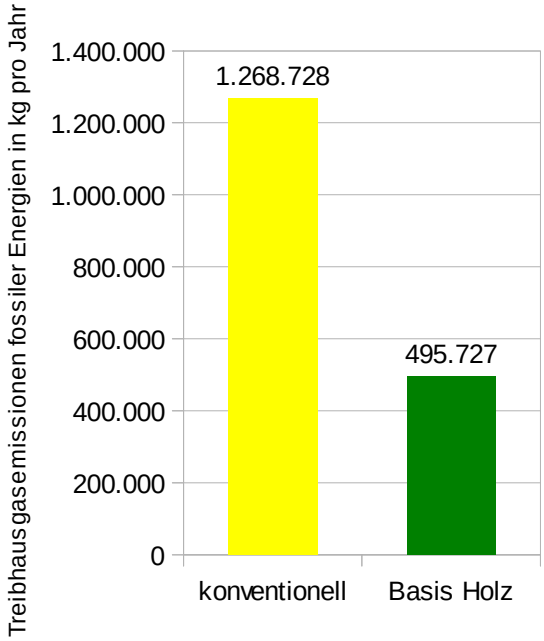
Kenndaten	Zyklon	Elektrofilter
Korngrößen (µm)	> 10	> 1
Reingas-Garantiewert (mg/m³)	100-200	< 50
Durchlassvolumen (m³/h)	3.000-200.000	10.000-300.000



nach www.intensiv-filter.com

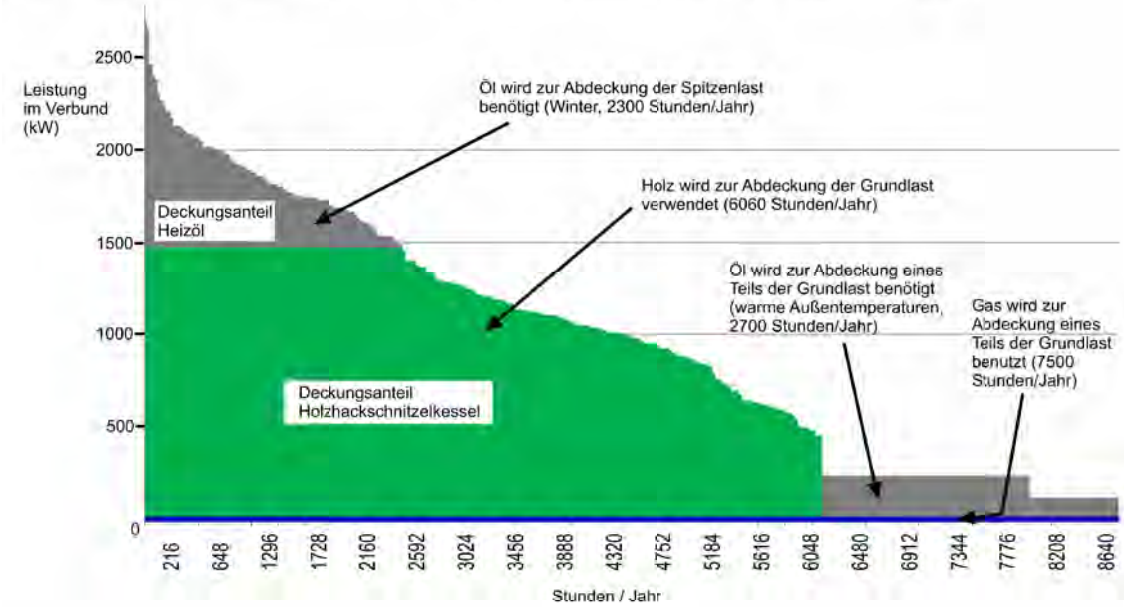
Abbildung 20 +21: Verbrauch und Treibhausgase durch die fossilen Energieträger (Holz ist CO_2-neutral!)





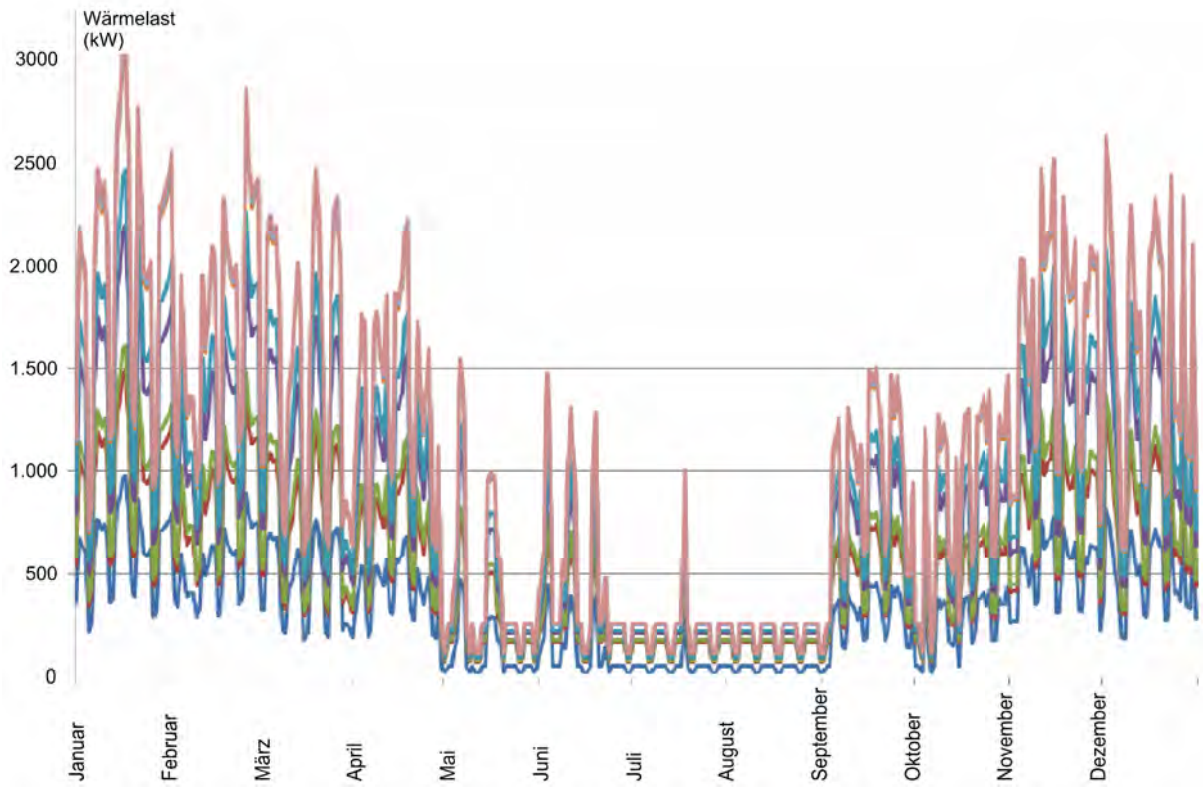
eigene Grafiken nach KV AK

Abbildung 22: Jahresdauerlinie / Deckungsanteile nach Wärmeerzeugung



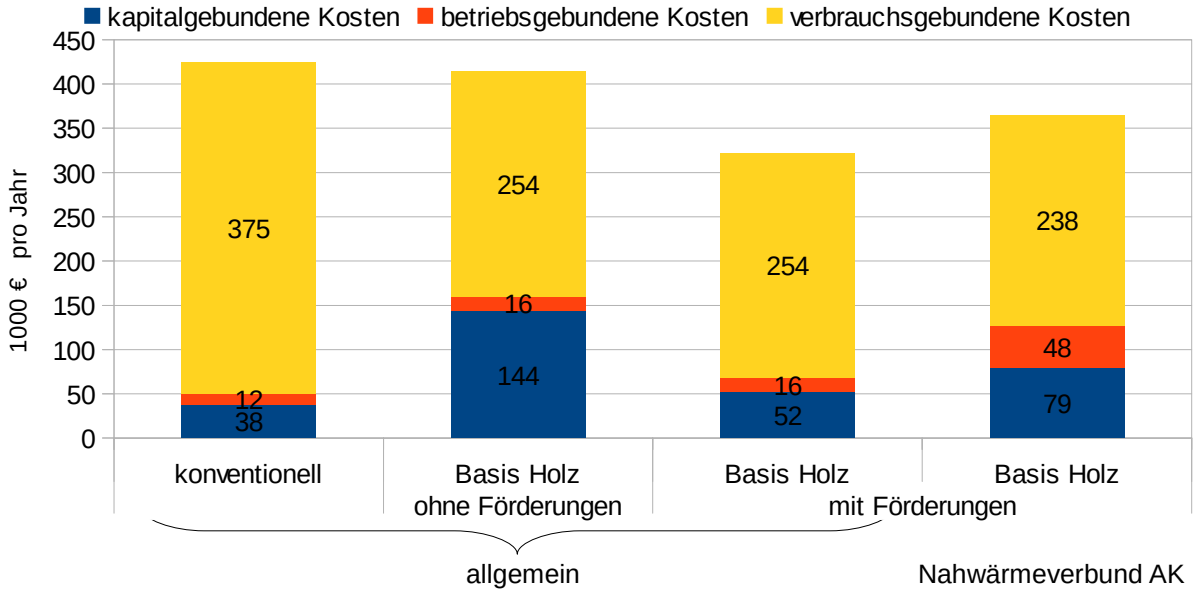
ibs Energie - Ing.-Büro Schäfer + eigene Beschriftung

Abbildung 23: Leistungsverteilung im Jahr



ibs Energie - Ing.-Büro Schäfer

Abbildung 24: Kostenvergleich



eigene Grafik nach KV AK, Wirtschaftsplan 2011

6. Quellenverzeichnis [Q]

Bücher / Hefte / Flyer

[1] Der Nahwärmeverbund Glockenspitze Altenkirchen gAöR (Flyer)

[2] HOLZABSATZFONDS. Holzenergie für Kommunen – Ein Leitfaden für Initiatoren. Bonn, 2003

[3] WIRTSCHAFTSMINISTERIUM BADEN-WÜRTEMBERG. Holzenergiefibel. Stuttgart, 2003

[4] WIRTSCHAFTSMINISTERIUM BADEN-WÜRTEMBERG. Holzenergiefibel. Stuttgart, 2008

[5] WIRTSCHAFTSMINISTERIUM BADEN-WÜRTEMBERG. Kommunales Energiemanagement – Ein Leitfaden für Städte und Gemeinden. Stuttgart, 2009

[6] WIRTSCHAFTSMINISTERIUM BADEN-WÜRTEMBERG. Nahwärmekonzepte – Kraft-Wärme-Kopplung und erneuerbare Energien. Stuttgart, 2007

Internet

[7] AELF Amt für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten Landau a.d. Isar. Holz als Energieträger. www.waldbesitzer.net/fbg-aitrach/images/stories/downloads/merkblatt_holzenergie.pdf

[8] AGEB AG Energiebilanzen e.V. Energieflussbild 2011. www.ag-energiebilanzen.de/viewpage.php?idpage=64 . Oktober 2012

[9] AGEB AG Energiebilanzen e.V. Entwicklung der erneuerbaren Energien in Deutschland in den Jahren 2011 und 2012. www.ag-energiebilanzen.de/viewpage.php?idpage=65 . Dezember 2012

[10] AGEB AG Energiebilanzen e.V. Primärenergieverbrauch 2012. www.ag-energiebilanzen.de/viewpage.php?ID-Page=62 . März 2013

[11] BMU Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit. Entwicklung der Erneuerbaren Energien im Jahr 2011. www.erneuerbare-energien.de/fileadmin/ee-import/files/pdfs/allgemein/application/pdf/ee_in_deutschland_graf_tab.pdf

[12] BMU Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit. Kurzinfo Energieeffizienz. www.bmu.de/themen/klima-energie/energieeffizienz/kurzinfo/

[13] BMU Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit. Kurzinfo Energiewende. www.bmu.de/themen/klima-energie/energiewende/kurzinfo/

[14] BMU Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit. Kurzinfo Erneuerbare Energien. www.bmu.de/themen/klima-energie/erneuerbare-energien/kurzinfo . August 2012

[15] BMU Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit. Kurzinfo Klimaschutz. www.bmu.de/themen/klima-energie/klimaschutz/kurzinfo/

[16] BMWi Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie. Energiedaten – nationale und internationale Entwicklung. www.bmwi.de/DE/Themen/Energie/energiedaten.html . Februar 2013

[17] BMWi Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie. Energieverbrauch. www.bmwi.de/BMWi/Redaktion/PDF/E/energiestatistiken-energiegewinnung-energieverbrauch,property=pdf,bereich=bmwi2012, sprache=de,rwb=true.pdf

[18] BRODBECK, FRANK. Abmilderung des Klimawandels – Nutzung von Bioenergie. www.waldwissen.net/waldwirtschaft/holz/energie/fva_klima_bioenergie/index_DE . 2012

[19] ELTROP, LUDGER; MOERSCHNER, JOHANNES, Institut für Energiewirtschaft und Rationelle Energieanwendung, Universität Stuttgart. Holzenergienutzung in Baden-Württemberg – eine ökonomische und ökologische Chance. www.landwirtschaft-mlr.baden-wuerttemberg.de/servlet/PB/show/1119146/alr_141004_02_Tagungsband_Eltrop.pdf . 2004

[20] FINANZMINISTERIUM RHEINLAND-PFALZ. Konjunkturpaket II. www.fm.rlp.de/startseite/finanzen/konjunkturpaket-ii

[21] FIZ KARLSRUHE GmbH, Holz – Energie aus Biomasse. www.kea-bw.de/uploads/tx_ttproducts/datasheet/135._13_Holz_-_Energie_aus_Biomasse.pdf , 2002

[22] FNR Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V. Bioenergie – die vielfältige und erneuerbare Energie. www.mediathek.fnr.de/media/downloadable/files/samples/f/n/fnr_broschuere_bioenergie_web_2012_1.pdf . Gülzow, 2012

[23] FNR Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V. Basisdaten Bioenergie. www.mediathek.fnr.de/media/downloadable/files/samples/f/n/fnr_basisdaten_2012_web_neu.pdf Gülzow, August 2012

[24] FNR Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V. Feste Biobrennstoffe – Daten und Fakten. www.mediathek.fnr.de/grafiken/daten-und-fakten/bioenergie/fest-biobrennstoffe.html

[25] FNR Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V. Hackschnitzel-Heizungen. www.mediathek.fnr.de/media/downloadable/files/samples/w/e/web-mu-hackschnitzel-2012optimiert.pdf . Gülzow, 2012

[26] FNR Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V. Hackschnitzel. http://www.bio-energie.de/bioenergie/festbrennstoffe/hackschnitzel

[27] FNR Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V. Heizen mit Holz. www.mediathek.fnr.de/media/downloadable/files/samples/h/e/heizen_holz_2013.pdf

[28] FNR Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V. Leitfaden Bioenergie – Planung, Betrieb und Wirtschaftlichkeit von Bioenergieanlagen. fnr-server.de/cms35/fileadmin/biz/pdf/leitfaden/leitfaden_bioenergie.pdf . Gülzow

[29] FOKUS ONLINE. CO2-Rechner. www.co2-rechner.focus.de

[30] GDI-RP. www.geoportal.rlp.de

[31] HEF Holzenergie-Fachverband Baden-Württemberg e.V. www.holzenergie-bw.de

[32] HELLER, BAUMBACH, Institut für Verfahrenstechnik und Dampfkesselwesen, Abteilung Reinhaltung der Luft, Universität Stuttgart. Optimierung der Feuerungstechnik zur Wärmeerzeugung aus aufbereiteten Durchforstungsreststoffen. www.fachdokumente.lubw.baden-wuerttemberg.de/servlet/is/40185/BWD21006SBer.pdf?command=downloadContent&filename=BWD21006SBer.pdf&FIS=203 . Stuttgart, Juni 2004

[33] HESSISCHES MINISTERIUM FÜR UMWELT, LÄNDLICHEN RAUM UND VERBRAUCHERSCHUTZ. Nahwärme. www.s174734175.online.de/Nahwarmefibel.pdf . Wiesbaden, 2006

[34] INTENSIV FILTER HIMENVIRO GmbH, Technische Verfahren zur Entstaubung, www.intensiv-filter.com/infos/lexikon-der-entstaubung/stauabscheidung/entstaubungsverfahren

[35] KREIS ALTENKIRCHEN, Wirtschaftsplan 2011, www.kreis-altenkirchen.de/media/custom/607_1888_1.PDF?1297931732, 2011

[36] KREIS ALTENKIRCHEN. Integriertes Klimaschutzkonzept. www.kreis-altenkirchen.de/media/custom/607_2539_1.PDF?1350369780 . Altenkirchen, Mai 2012

[37] LANDESFORSTEN RHEINLAND-PFALZ. Bio-Energie und Brennholz. www.wald-rlp.de/rohstoff-holz-nachrichten/bio-energie-und-brennholz.html

[38] LANDESFORSTEN RHEINLAND-PFALZ. Öko-Rohstoff. www.wald-rlp.de/rohstoff-holz-nachrichten/oeko-rohstoff.html

[39] LANDESFORSTEN RHEINLAND-PFALZ. Waldflächenbilanz 2011. www.wald-rlp.de/fileadmin/website/downloads/unserwald/w_bilanz.pdf

[40] LÄSSIG, REINHARD. Energieholz im Aufwind. www.waldwissen.net/waldwirtschaft/holz/energie/wsl_energieholz_freiburg/index_DE . 2012

[41] LWF Bayerische Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft. Holz im Vergleich zu fossilen Energieträgern. www.lwf.bayern.de/waldbewirtschaftung/holz-logistik/energie-aus-holz/energietraeger-holz/34781/index.php

[42] LWF Bayerische Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft. Energieträger Holz. Hackschnitzel. www.lwf.bayern.de/waldbewirtschaftung/holz-logistik/energie-aus-holz/hackschnitzel/index.php

[43] LWF Bayerische Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft. Energieträger Holz. www.lwf.bayern.de/waldbewirtschaftung/holz-logistik/energie-aus-holz/energietraeger-holz/index.php

[44] LWF Bayerische Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft. Vorteile des Energieträgers Holz. www.lwf.bayern.de/waldbewirtschaftung/holz-logistik/energie-aus-holz/30932/index.php

[45] MINISTERIUM FÜR UMWELT, FORSTEN UND VERBRAUCHERSCHUTZ RHEINLAND-PFALZ. Daten und Fakten zur Umwelt in Rheinland-Pfalz. www.mulewf.rlp.de/fileadmin/mufv/publikationen/Daten_und_Fakten_Umwelt_RLP_2011.pdf . 2010

[46] MINISTERIUM FÜR UMWELT, FORSTEN UND VERBRAUCHERSCHUTZ RHEINLAND-PFALZ. Effizient heizen mit Holz und Sonne. www.mulewf.rlp.de/fileadmin/mufv/publikationen/Heizen_mit_Holz_und_Sonne.pdf . 2008

[47] MINISTERIUM FÜR UMWELT, KLIMA UND ENERGIEWIRTSCHAFT Baden-Württemberg. Wärme aus Holz. www.um.baden-wuerttemberg.de/servlet/is/104521/Waerme_aus_Holz.pdf?command=downloadContent&filename=Waerme_aus_Holz.pdf . Stuttgart, 2012

[48] MINISTERIUM FÜR UMWELT, LANDWIRTSCHAFT, ERNÄHRUNG, WEINBAU UND FORSTEN RHEINLAND-PFALZ. Waldzustandsbericht 2012, www.mulewf.rlp.de/fileadmin/mufv/publikationen/Waldzustandsbericht_2012.pdf . 2012

[49] NEMESTÓTHY, KASIMIR. Die Bedeutung von Holz als erneuerbarer Energieträger. www.waldwissen.net/waldwirtschaft/holz/energie/bfw_holz_energietraeger/index_DE . 2012

[50] NEUMANN, MARKUS. Biomasse aus traditioneller forstlicher Nutzung. www.waldwissen.net/waldwirtschaft/holz/energie/bfw_forstliche_biomasse/index_DE . 2012

[51] SCHULER, W.; IBS Ingenieurbüro Schuler GmbH. Hackschnitzel oder Holzpellets – Ein Konzept für Krankenhäuser. www.um.baden-wuerttemberg.de/servlet/is/30757/VortragSchuler.pdf?command=downloadContent&filename=VortragSchuler.pdf

[52] STATISTISCHES BUNDESAMT. Daten zur Energiepreisentwicklung. www.destatis.de/DE/Publikationen/Thematisch/Preise/Energiepreise/EnergiepreisentwicklungPDF_5619001.pdf;jsessionid=78A026B06D8716631A7A5601D18B461E.cae4?__blob=publicationFile, Wiesbaden . 2013

[53] STATISTISCHES BUNDESAMT. Statistisches Jahrbuch 2012. https://www.destatis.de/DE/Publikationen/StatistischesJahrbuch/StatistischesJahrbuch2012.pdf?__blob=publicationFile . Wiesbaden, Oktober 2012

[54] STATISTISCHES LANDESAMT Rheinland-Pfalz. Rheinland-Pfalz Regional 2013. Flächennutzung – Landkreis Altenkirchen. www.infothek.statistik.rlp.de/neu/MeineHeimat/zeitreihe.aspx?l=1&id=3150&key=07132&kmaid=3&zmaid=1001&topic=1&subject=11

[55] STATISTISCHES LANDESAMT Rheinland-Pfalz. Rheinland-Pfalz Regional 2013. Flächennutzung – Verbandsgemeinde Altenkirchen. www.infothek.statistik.rlp.de/neu/MeineHeimat/zeitreihe.aspx?l=2&id=3153&key=0713201&kmaid=90&zmaid=1001&topic=1&subject=11

[56] STATISTISCHES LANDESAMT Rheinland-Pfalz. Rheinland-Pfalz Regional 2013. www.statistik.rlp.de/fileadmin/dokumente/nach_themen/verlag/kreisuebersichten/Kreisuebersichten_2012.pdf . Bad Ems, Januar 2013

[57] STATISTISCHES LANDESAMT Rheinland-Pfalz. Statistisches Jahrbuch 2012. www.statistik.rlp.de/fileadmin/dokumente/jahrbuch/Jahrbuch2012.pdf .Bad Ems, Dezember 2012

[58] STATISTISCHES LANDESAMT Rheinland-Pfalz. Wirtschaftsatlas Rheinland-Pfalz. www.statistik.rlp.de/veroeffentlichungen/wirtschaftsatlas

[59] TFZ Technologie- und Förderzentrum. Entwicklung der Brennstoffpreise. www.tfz.bayern.de/festbrennstoffe/energetischenutzung/035092/index.php

[60] VERBANDSGEMEINDE ALTENKIRCHEN. Niederschrift über die Sitzung des Verbandsgemeinderates vom 24.03.2010. www.vg-altenkirchen.de/fileadmin/user_upload/Niederschriften/Verbandsgemeinderat/1_VGR_2010.03.24.pdf

[61] WIRTSCHAFTSMINISTERIUM BADEN-WÜRTTEMBERG. Holzenergie – traditionsreich und zukunftsfähig. www.um.baden-wuerttemberg.de /servlet/is/104526/Holzenergie-Broschuere.pdf?command=download Content&filename=Holzenergie-Broschuere.pdf . Stuttgart, 2008

[62] www.energiesparen-im-haushalt.de. Preisvergleich: Pellets, Heizöl und Gas. www.energiesparen-im-haushalt.de/energie/bauen-und-modernisieren/hausbau-regenerative-energie/energiebewusst-bauen-wohnen/emission-alternative-heizung/heizen-mit-holz/preisentwicklung-holzpellets.html

Sonstige

[63] BROCKHAUS. Der Brockhaus multimedial 2007

[64] Kreisverwaltung Altenkirchen / ibs Energie – Ing. Büro Schäfer (Stromberg)

[65] Kreisverwaltung Altenkirchen, Herr Lars Kober