DIPLOMARBEIT

Energieeffizienzsteigerung durch standardisierte Energieaudits in Industrie und produzierendem Gewerbe

ausgeführt am Institut für

Elektrische Anlagen und Energiewirtschaft

der technischen Universität Wien

unter der Leitung von

Ao. Univ. Prof. Dipl.-Ing. Dr. techn. Reinhard Haas

und

Dipl.-Ing. Andreas Müller

durch

René Reisenbichler

0227458

Wien, im Oktober 2009

I. Zusammenfassung

Inhalt dieser Arbeit ist es, die Energieverbrauchsdaten der untersuchten Sägewerke zu analysieren, durch Berechnung spezifischer Energieverbrauchskennzahlen bzw. durch Literaturrecherche die möglichen Einsparungspotenziale aufzudecken und technische Lösungen zur Ausschöpfung der Potenziale zu finden. Die Energieverbrauchsdaten wurden von professionellen Energieauditoren aufgenommen und in das Erstanalyse Softwaretool „ProTool“ eingetragen. Als Datengrundlage dienten die ausgefüllten „ProTool“s und die jeweiligen Beratungsberichte, welche die betriebsspezifischen technischen Lösungen enthielten.

Dem Verfasser dieser Arbeit ist bewusst, dass diese Ergebnisse als nicht repräsentativ anzusehen sind, da die Branche sehr heterogen ist und eine geringe Stichprobengröße zur Verfügung stand. Nichtsdestotrotz können die Ergebnisse dieser Arbeit als erste Größenabschätzung für die momentan bestehenden Einsparungspotenziale in der österreichischen Sägewerk-Branche angesehen werden. In allen betrachteten Betrieben lag das größte Einsparungspotenzial im Wärmebereich. Als Energieträger zur Wärmebereitstellung kommen praktisch ausschließlich Sägenebenprodukte zum Einsatz, welche für die Unternehmen gratis zur Verfügung stehen. Daher werden Investitionen in den Wärmebereich nur von jenen Betrieben getätigt, welche aus Wärme einen wirtschaftlichen Nutzen ziehen können, zum Beispiel in Form von Fernwärme. Hauptverbraucher der aufgebrachten Wärme sind die Trockenkammern. Die Beheizung der Räumlichkeiten fällt nicht ins Gewicht. Im Wärmebereich ergeben sich die wesentlichsten Verluste – sowohl bei der Prozesswärme, als auch bei der Raumheizung – durch eine nichtregelbare Heizanlage und mangelhafte Dämmung. Das durchschnittliche Einsparpotenzial beträgt in diesem Bereich 25%. Die erreichbaren Einsparungen des Strombereichs sind im Vergleich dazu wesentlich geringer. Da für elektrische Energie direkt Kosten anfallen, ist vor allem dieser Bereich für mögliche Investitionen zur Verbesserung der Energieeffizienz interessant. Ein Großteil der elektrischen Energie wird für die Vielzahl an elektrischen Antrieben benötigt. In jedem der untersuchten Betriebe sind zu groß dimensionierte und ungeregelte Motore im Einsatz. Vor allem bei Motoren mit sehr hohen Anschlussnennleistungen wirken sich unnötige Leerlaufzeiten stark auf den Energieverbrauch aus. Bei den Ventilatoren und Pumpen zeichnet sich ein ähnliches Bild, hier sind ebenfalls die zu hoch dimensionierten Anschlussnennleistungen und die häufig ungeregelte Betriebsweise als Hauptverlustfaktoren zu nennen. Insgesamt befinden sich die elektrischen Antriebe, Ventilatoren und Pumpen aber in einem guten Zustand. Die Abschätzung des Einsparpotenzials beträgt 7% für die elektrischen Antriebe und lediglich 4% bei den Ventilatoren. Da Pumpen im Vergleich zu elektrischen Antrieben oder Ventilatoren einen sehr geringen Anteil am Gesamtstromverbrauch besitzen wurde dieser Bereich nicht im selben Detaillierungsgrad erfasst. Hier kann keine seriöse Abschätzung des vorhandenen Potenzials abgegeben werden. Stark verbesserungsfähig zeigte sich der Druckluftbereich. Er weist mit knapp 28% das

höchste Einsparpotenzial im Strombereich auf, für den sich insgesamt ein Potenzial von 8% ergibt. Wärmerückgewinnungsanlagen finden sich vor allem bei den leistungsstarken Druckluftkompressoren und den Trockenkammern. Erfahrungswerte zeigen, dass in diesem Bereich noch mit erheblichem Potenzial zu rechnen ist.

Exemplarisch wurde eine Hochrechnung des möglichen Einsparungspotenzials für die gesamte Sägewerk-Branche in Österreich durchgeführt. Aufgrund des erwähnten geringen Stichprobenumfanges, kann der errechnete Wert nur als grober Richtwert angesehen werden. Bei einem geschätzten Gesamtverbrauch von 2.530 GWh ergeben sich mit den genannten durchschnittlichen Einsparungspotenzialen von 25% im Wärmebereich und 8% im Strombereich Einsparungspotenziale von ca. 421 GWh an Wärmeenergie und ca. 37 GWh an elektrischer Energie.

Sämtliche angeführten Einsparpotenziale ergeben sich durch die Anwendung sogenannter „Stand der Technik“-Technologien. Um die Einsparpotenziale voll auszuschöpfen ist eine Mischung aus technischen und organisatorischen Maßnahmen notwendig. Einen nachhaltigen und sparsamen Umgang mit Energie im Unternehmen zu erreichen, setzt eine Verankerung des Energiemanagements in der Unternehmensstruktur voraus. Damit kann nicht nur sichergestellt werden, dass ausschließlich die effizientesten Technologien zum Einsatz kommen, sondern auch, dass die Mitarbeiter laufend im Umgang mit Energie geschult, motiviert und sensibilisiert werden.

II. Summary

Content of the work is to analyse the energy consumption of the inspected sawmills and to discover possible economies by calculating characteristics as well as the comparison with data from other assays. The analysed data has been collected by professional energy auditors. After collecting they filled the data in a software tool called “proTools”, which calculates saving potentials. This “proTools” together with the final consulting reports from each sawmill represents the data basis for this work.

Because of a heterogeneously formed industry and the small inspection sample the result has no generally validation. Nevertheless it is interesting to know approximately how much energy can be saved in this branch. In every considered sawmill the highest saving potential were found at the heat-supply. It is necessary to know that the energy carrier for the heat-supply is a coproduct and for this reason for “free”. Most of the companies are not interested to invest money in order to enhance energy-efficiency in this area, except it is possible for the companies to sell a part of the generated heat in form of teleheating or to sell parts of the coproduct in form of pellets. The main heat-consumer are the drying chambers, the room heating is negligible. Essential losses results from non-adjustable heating system and bad insulation. The average saving potential is about 25%. In the current-area it is much more interesting for the company to invest in enhancing energy-efficiency because saving electrical energy means saving money. Electrical drives cause the main part of electrical energy consumption. In every company exists non adjustable electrical drives with a wrong power-dimension. Mainly at high performance drives idle running cause high energy consumption. The same case is valid for the ventilators and pumps. They often have a wrong power-dimension combined with non adjustable speed. Altogether the status of electrical drives, ventilators and pumps is in good condition. The saving potential for electrical drives is about 7% and for ventilators only 4%. Due to pumps has a relatively small part of the total consumption of electrical energy in the inspected sawmills, they were not investigated with such accuracy like drives and ventilators. This is the reason why it was not possible to calculate a serious saving potential for this area. The highest saving potentials within the overall current area were found at the pneumatic system with 28%. Altogether about 8% of the total current consumption can be saved. Heat recovery systems can be found at high performance pneumatic systems and at drying chambers. Experienced data shows that there is a much higher level for heat recovery possible.

Because of the mentioned reasons the extrapolation of the calculated saving potentials for the whole Austrian sawmill industry can be seen as rough benchmark. With a total energy consumption of approximately 2.530 GWh, the average saving potentials at the heat-supply (25%) and the current area (8%), it should be possible to save about 421 GWh thermal energy and about 37 GWh electrical energy in this branch.

All of the mentioned saving potentials can be achieved by applying the best available technologies. To achieve the best energy savings, it is necessary to combine technical and organizational arrangements. For an economical and sustainable use of energy in companies it is advantageous to implement energy management in the corporate structure. In this way it is feasible to ensure that only the best available technologies will be applied and also that the employees become motivated, trained and sensibilized in the use of energy.

III. Inhaltsverzeichnis

I. ZUSAMMENFASSUNG i

II. SUMMARY iii

III. INHALTSVERZEICHNIS v

1 EINLEITUNG, MOTIVATION, HINTERGRUND 1

1.1 Motivation und Hintergrund 1

1.2 Das EU-Projekt „ENGINE“ 4

1.3 Zentrale Fragestellung 6

1.4 Methodik 6

1.5 Gliederung der Arbeit 7

2 DEFINITIONEN UND BEGRIFFSERKLÄRUNGEN 8

2.1 Energetische Begriffe 8

2.1.1 Arbeit und Leistung, Energie. 8

2.1.2 Wirkungsgrad, Nutzungsgrad, Energieeffizienz und Ausnutzungsfaktor 9

2.2 Energie und Kosten 11

2.2.1 Arbeitkosten 11

2.2.2 Leistungskosten 11

2.2.3 Kosten für Blindstrom 12

2.2.4 Messgebühren 12

2.2.5 Netzgebühr 12

2.3 Grundlagen der Wirtschaftlichkeitsrechnung 13

2.3.1 Statische Amortisationsrechnung (pay-back Methode) 13

2.3.2 Barwertmethode (Kapitalwertmethode) 14

2.3.3 Annuitätenmethode 15

2.4 Bewertungsmöglichkeiten für Energieeffizienz 15

2.4.1 Zeitreihenanalyse 17

2.4.2 Vergleich mit theoretischen Potentialen 17

2.4.3 Benchmarks, Beste Verfügbare Technologien (BVT) und Best-Practice 18

3 DAS ENERGIEAUDIT ... 20

3.1 Allgemeines ... 20

3.2 Energieaudit (EA) ... 20

3.3 Das Energieaudit Basis-Modell ... 22

3.4 Das Energieaudit-Modell – die praktische Anwendung ... 25

3.5 Programme ... 26

3.5.1 Allgemeines ... 26

3.5.2 Eigenschaften von Energieaudit-Programmen ... 28

3.6 Bestehende Energieaudit Prozedere ... 31

3.6.1 VDI 3922, „Audit-Scheme“ nach Motiva und „Guidelines on Energy Audit“ ... 31

3.6.2 Die „ENGINE“-Prozedur ... 34

3.7 Erfahrungswerte über Umsetzungsquoten von Energieaudits in Österreich ... 38

3.7.1 Salzburg ... 38

3.7.2 Vorarlberg ... 38

3.7.3 Niederösterreich ... 39

3.7.4 Steiermark ... 39

3.7.5 ENGINE ... 40

3.7.6 Zusammenfassung ... 40

3.8 Erfahrungswerte über Einsparpotenziale durch Energieaudits ... 41

4 DIE ÖSTERREICHISCHE HOLZINDUSTRIE ... 42

5 STAND DER TECHNIK IN SÄGEWERKEN SOWIE EINSPARPOTENZIALE UND -MAßNAHMEN FÜR DIE VERSCHIEDENEN PRODUKTIONS- BZW. INFRASTRUKTURBEREICHE ... 45

5.1 Allgemeines ... 46

5.2 Aufbau eines Sägewerks ... 48

5.3 Rundholzbereiche ... 49

5.4 Sägen und Trennen ... 50

5.5 Schnittholzplatz ... 51

5.6 Entsorgung-Absauganlagen ... 52

5.6.1 Allgemeines ... 52

5.6.2 Anlagensysteme ... 54

5.6.3 Erfassung ... 54
5.6.4 Ventilatoren ... 55
5.6.5 Filteranlagen ... 57
5.6.6 Abtransport von Staub und Spänen ... 57
5.6.7 Mögliche Einsparungspotenziale und -maßnahmen ... 58
5.7 Holztrocknungsanlagen ... 59
5.7.1 Allgemeines ... 59
5.7.2 Natürliche Trocknung/Freilufttrocknung ... 59
5.7.3 Technische Trocknungsverfahren ... 60
5.7.4 Mögliche Einsparpotenziale und -maßnahmen ... 63
5.8 Querschnittstechniken ... 64
5.8.1 Lastmanagement ... 64
5.8.2 Druckluftversorgung ... 64
5.8.3 Wärmebereitstellung und Verteilung ... 67
5.8.4 Wärmerückgewinnung ... 68
5.8.5 Blindstromkompensation ... 69
5.8.6 Beleuchtung ... 69
5.9 Überblick über vorhandene Kennzahlen für Sägewerke ... 70
5.10 Zusammenfassung der Energieeinsparpotenziale und -maßnahmen ... 71

6 DATENAUSWERTUNG ... 75
6.1 Datenerhebungen ... 75
6.2 Analysen der betrachteten Betriebe ... 78
6.2.1 Übersicht Energieverbrauchsdaten Betrieb 1 ... 78
6.2.2 Übersicht Energieverbrauchsdaten Betrieb 2 ... 88
6.2.3 Übersicht Energieverbrauchsdaten Betrieb 3 ... 94
6.2.4 Übersicht Energieverbrauchsdaten Betrieb 4 ... 99
6.2.5 Übersicht Energieverbrauchsdaten Betrieb 5 ... 105
6.3 Zusammenfassung und Vergleich der untersuchten Betriebe ... 111
6.3.1 Grundlagen ... 111
6.3.2 Analyse ... 114

6.3.3 Zusammenfassung der durchschnittlichen Einsparungspotenziale 116

6.4 Vergleich der untersuchten Betriebe anhand spezifischer Kennzahlen mit anderen Studien 119

6.5 Bedeutung der analysierten Einsparungspotenziale für die Einsparungsmöglichkeiten der gesamten Sägewerk-Branche 126

7 SCHLUSSFOLGERUNG UND AUSBLICK 128

8 LITERATURVERZEICHNIS 130

9 ABBILDUNGSVERZEICHNIS 134

10 TABELLENVERZEICHNIS 138

11 ABKÜRZUNGEN UND EINHEITEN 139

ANHANG A 140

ANHANG B 143

1 Einleitung, Motivation, Hintergrund

1.1 Motivation und Hintergrund

Der weltweite Energieverbrauch und der damit einhergehende CO_2-Ausstoß nehmen ständig zu. Auch Österreich ist von dieser Entwicklung nicht ausgeschlossen. Der energetische Endverbrauch in Österreich ist seit 1991 um rund 33 % gestiegen und betrug im Jahr 2007 etwa 1.083 PJ[1]. Betrachtet man dabei den Energieverbrauch der österreichischen Industrie (siehe Abbildung 1), erkennt man, dass der Bereich der Holzverarbeitung (vgl. Kapitel 4) im betrachteten Zeitraum den stärksten Zuwachs aufweist.

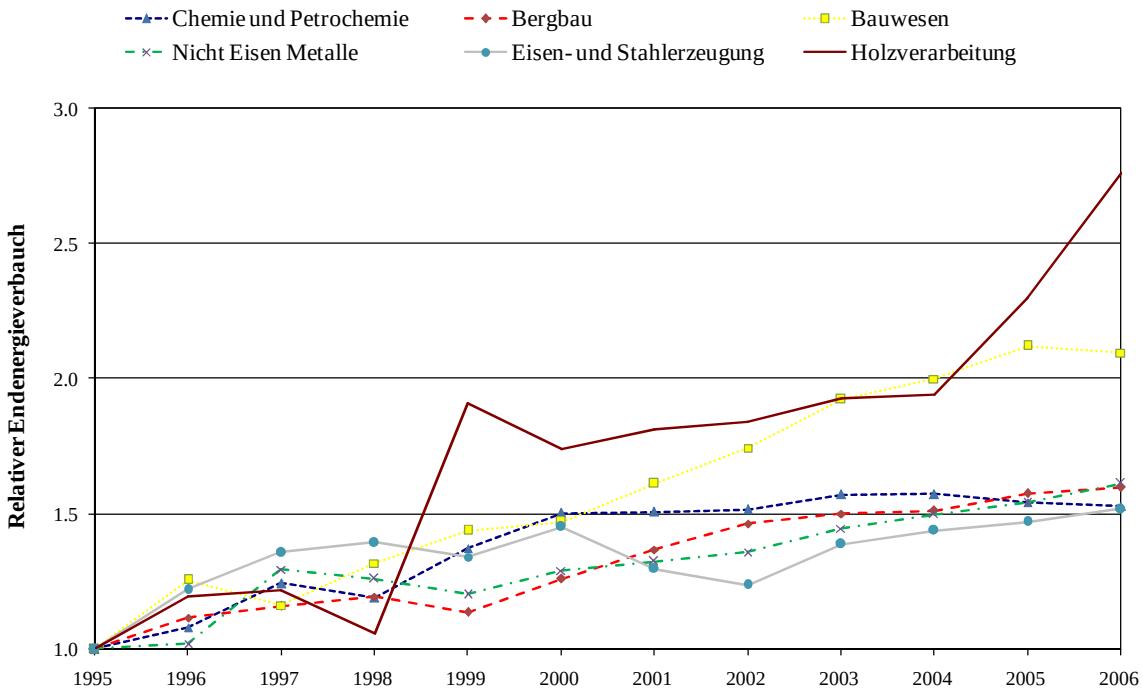

Abbildung 1: Relative Veränderung des Energieverbrauchs ausgewählter industrieller Bereiche 1995 2006, 1995 = 1(Quelle: Datengrundlage: Statistik Austria, eigene Berechnung)

Mit steigender Energienachfrage verbunden sind steigende Preise für Energieträger und eine zunehmende Abhängigkeit von Rohstoffimporten aus politisch instabilen Gebieten. Zusätzlich mehren sich die Umweltauswirkungen, welche durch diesen exzessiven Energieverbrauch und den damit einhergehenden CO_2-Emissionen hervorgerufen werden. Wie in Abbildung 2 zu erkennen ist, verzeichnet die österreichische holzverarbeitende Industrie zusätzlich zur

[1] Quelle: statistik austria, Nutzenergieanalyse 2007

absoluten bzw. relativen Steigerung des Energieverbrauchs auch einen Anstieg bei der Energieintensität[2], gemessen in TJ / Mio € Bruttowertschöpfung[3].

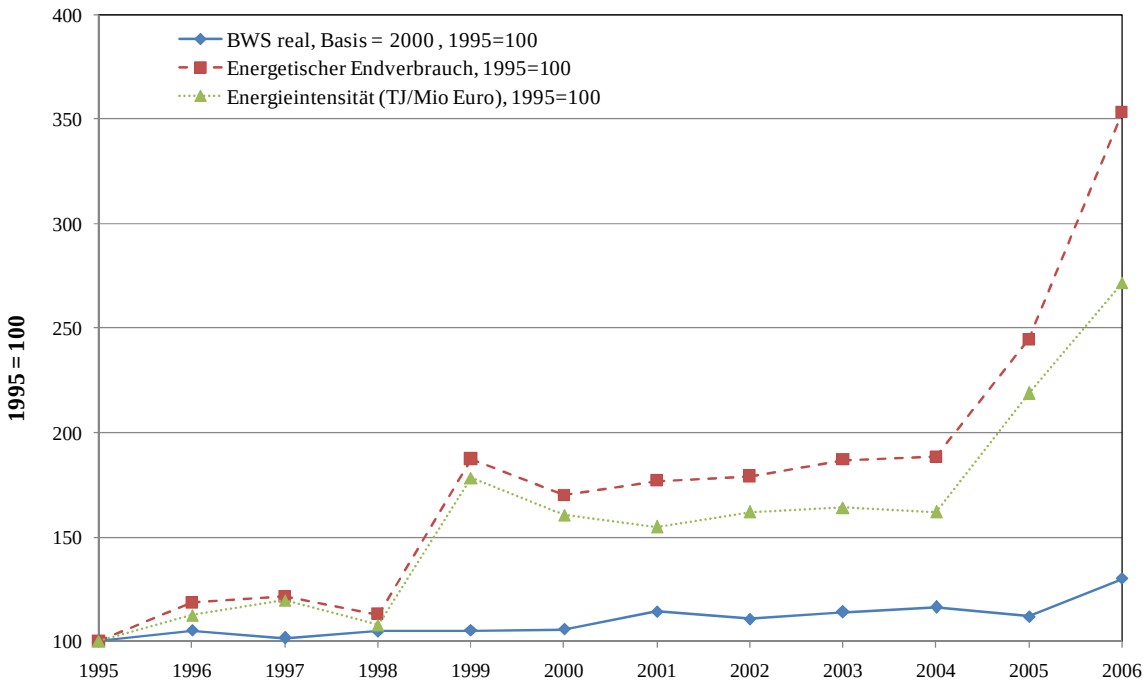

Abbildung 2: Energieintensität der holzverarbeitenden Industrie (Quelle: Datengrundlage: Statistik Austria, eigene Berechnung)

Ein Ansteigen der Energieintensität entspricht einer Abnahme der Energieeffizienz. Zwar hat sich die Energieintensität in der EU in den letzten 35 Jahren deutlich verringert, dessen Effekte nehmen sich angesichts der starken Verbrauchssteigerung im Hinblick auf den Gesamtverbrauch immer bescheidener aus (vgl. Europäische Kommission, 2006). Der starke Anstieg des Energieverbrauchs sowohl zwischen 1998 bis 1999, als auch ab 2005 ist jeweils auf eine Zunahme der erneuerbaren Energieträger zurückzuführen. Die wahrscheinliche Ursache für den Anstieg zwischen 2005 und 2006 ist eine Verbesserung der gemeldeten Daten von aus den Produktionsprozessen angefallener Biomasse aufgrund zunehmender

[2] Unter Energieintensität versteht man das Verhältnis von Energieeinsatz / Bruttowertschöpfung oder Umsatz.

[3] Die Bruttowertschöpfung (BWS) ergibt sich aus dem Gesamtwert der im Produktionsprozess erzeugten Waren und Dienstleistungen, abzüglich dem Wert der im Produktionsprozess verbrauchten, verarbeiteten oder umgewandelten Waren und Dienstleistungen, den Vorleistungen (vgl. http://de.wikipedia.org/wiki/Bruttowertsch%C3%B6pfung).

Sensibilisierung der Wirtschaft für Energie. Für die Anstiege zwischen 1998 und 1999 bzw. 2004 und 2005 konnte keine kausale Erklärung gefunden werden[4].

In Anbetracht der oben angeführten Entwicklungen zeigt sich, dass eine Steigerung der Energieeffizienz von enormer energie-, umwelt- und wirtschaftspolitischer Bedeutung ist. Energiepolitisch, da eine Steigerung der Energieeffizienz eine Abnahme der Importabhängigkeit bedeutet. Aus umweltpolitischer Sicht führt eine hohe Energieeffizienz zu einer Minimierung der Auswirkungen auf die Umwelt. Eine hohe Energieeffizienz ergibt zu guter Letzt auch sinkende Energiekosten in den Unternehmen, wodurch die wirtschaftspolitische Komponente augenscheinlich wird.

Um diesem Prozess entgegenzuwirken wurden nationale und internationale ambitionierte Verpflichtungen zur Reduktion des Klimagases CO_2 sowie zur Steigerung des Anteils erneuerbarer Energieträger eingegangen.

Im Dezember 2009 findet in Kopenhagen die nächste große UN-Klimakonferenz, nach Kyoto 1997, statt. Dabei soll ein neues Klimaabkommen verabschiedet werden, welches die Nachfolge des 2012 auslaufenden Kyoto-Protokolls antreten kann. Bis dahin soll bei einer Reihe von UN-Vorkonferenzen das neue Klima-Abkommen vorbereitet werden. Indes wurde in der EU eine Minderung der Treibhausgasemissionen um mindestens 20 % – oder sogar um 30%, wenn ein internationales Abkommen zustande kommt – bis 2020 im Vergleich zu 1990 beschlossen (siehe weiter unten).

Aus den USA kommt die Ankündigung, die Treibhausgase bis 2020 auf den Stand von 1990 zurückfahren. Vom Korridor-Ziel einer Minderung um 25 bis 40 % gegenüber 1990, das vom Weltklimarat (IPCC) für erforderlich gehalten wird, um den Klimawandel wenigstens zu begrenzen, sind die USA damit noch weit entfernt.

Auch andere wichtige Industrieländer, wie etwa Russland oder Japan, haben sich auf ein solches Ziel, das von der EU unterstützt wird, noch nicht eingelassen. Unklar ist auch noch, inwieweit Schwellenländer wie China oder Indien oder auch Entwicklungsländer in ein solches mittelfristiges Ziel eingebunden werden sollen (vgl. avant time consulting, Zugriff am 10.9.2009).

Aufseiten der europäischen Kommission wurden im Jahr 2007 in Lissabon drei verbindliche Schlüsselziele vereinbart: 1. die Senkung der Treibhausgasemissionen um 20% (Basisjahr 1990), 2. eine Erhöhung des Anteils erneuerbarer Energieträger auf 20% des Gesamtenergieaufkommens und 3. eine Erhöhung der Energieeffizienz um 20%. Die Mitgliedsländer haben bis zum Jahr 2020 Zeit diese Zielvereinbarungen umzusetzen (vgl.

[4] Gespräch mit Hr. Wolfgang Bittermann von Statistik Austria am 8.9.2009 bzw. per Mail von Rainer Handl vom Fachverband der österreichischen Holzindustrie.

Europäische Kommission, 2008). Die Umsetzung in den einzelnen Mitgliedsländern erfolgt auf Basis des Wohlstandes. Für Österreich bedeutet das 16%[5] bzw. 21%[6] weniger Treibhausgasemissionen (bezogen auf das Jahr 2005), eine Steigerung der Energieeffizienz um 20% (gegenüber den Prognosen für 2020 laut Aktionsplan für Energieeffizienz[7]) und 34% Anteil an erneuerbaren Energieträgern bis zum Jahr 2020 (vgl. energie-control, Zugriff am 10.9.2009).

Zusätzlich wurde am 14. März 2006 unter österreichischem Vorsitz vom Energieministerrat die Energieeffizienz- und Energiedienstleistungsrichtlinie (oder Energy Service Directive, ESD) beschlossen (vgl. Europäische Union, 2006).

„*Das Ziel der Energieeffizienzrichtlinie ist es, im neunten Jahr der Anwendung der Richtlinie den Einsparrichtwert von 9% zu erreichen. Die Einsparungen sind aufgrund von Energiedienstleistungen und anderen Energieeffizienzmaßnahmen zu erreichen. Für Österreich beträgt der nationale Energieeinsparrichtwert im Jahr 2016 80,4 PJ oder 22,34 TWh*“ (vgl. österreichische Energieagentur, 2009a).

Vor diesem Hintergrund sollen im Zuge dieser Arbeit die Chancen und Potenziale ausgewählter Betriebe der holzver- und holzbearbeitenden Industrie (5 Sägewerke) analysiert, sowie Maßnahmen zur Verbesserung der energetischen Situation der untersuchten Betriebe ausgearbeitet werden.

Diese Arbeit wurde im Rahmen des EU-Projektes „ENGINE“ (Engergy Efficiency for Small and Medium Enterprises) in Zusammenarbeit mit der österreichischen Energieagentur verfasst. Ziele und Inhalte des Projekts werden im folgenden Kapitel erläutert

1.2 Das EU-Projekt „ENGINE“

Durch das im Oktober 2007 gestartete und auf die Dauer von 28 Monate angelegte EU-Projekt „ENGINE“ (Energy Efficiency in Small and Medium Sized Enterprises) soll es gelingen, Lösungen zur Überwindung bekannter Hemmnisse (mangelndes Know-how, mangelndes Bewusstsein und das Fehlen geeigneter Umsetzungsinstrumente) bei der Etablierung von Maßnahmen zur Steigerung der Energieeffizienz in Klein- und mittleren Unternehmen zu finden.

---

[5] Dieser Zielwert bezieht sich auf alle jene Emittenten, die nicht vom Emissionshandelssystem entsprechend der RL 2003/87/EG erfasst sind.

[6] Gilt für alle jene Bereiche, die vom Emissionshandelssystem erfasst werden.

[7] Derzeit gibt es für die Erreichung der Einsparungen durch eine Steigerung der Energieeffizienz noch keine konkreten Vorgaben, bis 2016 gilt weiterhin die Energieeffizienz- und Energiedienstleistungsrichtlinie (vgl. Europäisches Parlament, 2008).

„ENGINE“ wird im Rahmen des Intelligent Energy – Europe (IEE) Programms der Europäischen Union gefördert. In Österreich wird das Projekt im Rahmen des klima:aktiv Programms „energieefiziente Betriebe“ co-finanziert. Die Projektleitung (operating agent) hat dabei die Österreichische Energieagentur inne.

Vorrangiges Ziel ist es, die Unternehmen zur Einführung von Energiemanagement-Maßnahmen (vgl. Anhang A) zu motivieren, damit diese in weiterer Folge selbstständig in der Lage sind, Einsparpotenziale zu identifizieren und Energieeffizienz-Maßnahmen umzusetzen.

„KMUs der europäischen Auto-, Metall-, Lebensmittel- und Holzindustrie sind die Hauptzielgruppe des Projektes in Europa. In Österreich durchleuchtet „ENGINE“ die Lebensmittel- und die Holzindustrie“ (vgl. österreichische Energieagentur, Zugriff am 10.9.2009). Als Anforderung an die teilnehmenden Betriebe wurde ein „relevanter Energieverbrauch“ und eine „relevante Produktion“ festgelegt[8]. Damit werden sehr kleine Betriebe mit weniger als 9 Mitarbeitern nicht berücksichtigt.

Ein wichtiger Teil des Projektes kommt dabei den Energieaudits (in weiterer Folge mit EAs abgekürzt) zu. In ausgewählten Betrieben wurden von Auditoren EAs durchgeführt, die Ergebnisse werden branchenspezifisch ausgewertet und sollen als branchen- oder technologiespezifische Information anhand von „Best Practice“-Beispielen oder Leitfäden das Bewusstsein für Energieeffizienz in den Unternehmen erhöhen. Die Auswertung der Erstabschätzung erfolgt mit Hilfe des Software-Tools „ProTool“ (vgl. Kapitel 6.1). „ProTool“ ist ein in Software-Programm zur Datensammlung und Auswertung, als Ergebnis liefert es sämtliche Energieverbrauchsdaten und eine erste Abschätzung der Einsparungspotenziale für jeden angegebenen Verbrauchsbereich. Die am „ENGINE“-Projekt beteiligten Länder können zwischen dem österreichischen „ProTool“ und dem schwedischen „EnSAM-Tool“ wählen. In Österreich wird ausschließlich das „ProTool“ verwendet. Beide Tools liefern dieselben Ergebnisse.

Zusätzlich wird versucht, durch Schulungen der Umweltmanager und *Operating Agents*, regionales/lokales bzw. betriebliches Know-how zu schaffen und Energiemanagement in die Organisationsstruktur zu verankern.

Durch Motivationsveranstaltungen für die Industrie soll das Bewusstsein für Energieeffizienz erhöht werden. Bei Round Tables werden Politik und Verwaltung über mögliche Verbesserungen der Rahmenbedingungen für Energieeffizienzsteigerungen informiert. (vgl. Target GmbH, Zugriff am 16.9.2009).

[8] http://www.engine-sme.eu/Target-Group-and-Industries.86.0.html

1.3 Zentrale Fragestellung

Die zentrale Aufgabenstellung dieser Arbeit lautet: Wo befinden sich die höchsten Energieeinsparpotenziale bei den untersuchten Sägewerken? Und daraus abgeleitet: Was ist die technisch beste Lösung, um diese Potenziale auszuschöpfen? Weiters sollen konkrete Maßnahmen für die untersuchten Betriebe sowie allgemein gültige Maßnahmen für die gesamte Branche zur Verringerung des Energieverbrauchs erarbeitet werden. Abschließend sollen die erhobenen Einsparungspotenziale der untersuchten Betriebe auf die möglichen Einsparungen in der gesamten Sägewerk-Branche in Österreich hochgerechnet werden.

Daraus ergeben sich zusammenfassend die folgenden Aufgaben:

- Erhebung und Analyse der Ausgangssituation aller Betriebe durch standardisierte Energieaudits
- Identifizieren der größten Energieverbraucher und Analyse der Einsparpotenziale anhand spezifischer Benchmarks und anhand Expertenschätzungen
- Erarbeitung konkreter Maßnahmen für die untersuchten Betriebe sowie allgemein gültiger Maßnahmen für die Branche zur Verringerung des Energieverbrauchs
- Hochrechnung der Ergebnisse auf die gesamte österreichische Sägewerk-Branche

1.4 Methodik

Die methodische Vorgehensweise besteht im Wesentlichen aus drei Teilen:

- Auswertung und Zusammenfassung der Abschlussberichte der Energieaudits
- Erstellen einer „Technologie-Datenbank“, die wichtige Kennzahlen über die verwendeten Anlagen und Prozesse enthält. Diese Datenbank wurde mit Daten aus vorhandener Literatur und mit Daten aus Interviews mit „Technologieanbietern“ gefüllt. Durch den Vergleich der Kennzahlen der untersuchten Betriebe mit den Kennzahlen der „Technologie-Datenbank“ konnten die vorhandenen Energieeinsparpotenziale identifiziert werden.
- Erarbeitung der Einsparungsmaßnahmen durch Literaturrecherche, Auswertung der Auditberichte und durch Kooperation mit den Anbietern der jeweiligen Technologie.

1.5 Gliederung der Arbeit

Im zweiten Teil der Arbeit (Kapitel 2) folgt die Erklärung der häufigsten energetischen Begriffe in der holzverarbeitenden Industrie. Aus der Sicht der Industrie ist die Senkung des Energieverbrauchs in erster Linie mit Kostensenkung verbunden. Die Zusammensetzung der Stromkosten für produzierende Betriebe wird in Kapitel 2.2 erklärt. Die Methoden zur Analyse der Daten werden in Kapitel 2.4 vorgestellt. Es werden darin, neben dem später verwendeten Benchmarking, noch weitere Möglichkeiten zur Effizienzbewertung vorgestellt.

Im Anschluss daran (Kapitel 3) sollen die grundlegenden Begriffe betreffend Energieaudits vermittelt werden. Dabei geht es zu Beginn um die Fragen: Was ist ein Energieaudit? Was ist ein Energieaudit Basis-Modell? Was ein Energieaudit-Programm? usw. In diesem Teil wird auf verschiedene Teilaspekte das „ENGINE“-Programm näher eingegangen und auf Erfahrungswerte sowohl mit Energieaudit-Programmen, als auch mit möglichen Einsparungspotenzialen durch Energieaudits in der österreichischen Industrie eingegangen.

Das vierte Kapitel bringt die Struktur und den wirtschaftlichen Zustand (Produktion) der österreichischen Holzindustrie näher.

Kapitel 5 beschreibt den „Stand der Technik“ in Sägewerken und ausgewählter Energieeinsparungsmaßnahmen zu verschiedenen Prozessen. Zum Abschluss dieses Kapitels werden ausgewählte Kennzahlen und Energieeinsparungsmaßnahmen nochmals in tabellarischer Form zusammengefasst (Technologiedatenbank).

Im sechsten Kapitel wird zu Beginn die Methode der Datenbeschaffung erklärt sowie die Ergebnisse der einzelnen Betriebe dargelegt. Der Vergleich der verschiedenen Standorte erfolgt anhand ausgewählter Kennzahlen. Abschließend werden die durchschnittlichen Einsparungspotenziale auf die gesamte österreichische Sägewerk-Branche hochgerechnet.

2 Definitionen und Begriffserklärungen

Hier werden einige grundlegende energetische Begriffe und die in Sägewerken häufig vorkommende Energieformen erläutert.

2.1 Energetische Begriffe

2.1.1 Arbeit und Leistung, Energie.

Physikalisch *Arbeit* zu verrichten heißt, Körper im Raum zu verschieben und in Richtung der Verschiebung eine Kraft aufzubringen. Die physikalische Einheit der Arbeit ist das Newtonmeter, oder auch Joule.

$F = m \cdot a \ [N]$ ...Kraft = Masse * Beschleunigung

$A = F_s \cdot s \ [Nm], [J]$ ...Arbeit = Kraft in Verschiebungsrichtung * in diese Richtung zurückgelegten Weg

Die verrichtete Arbeit bezogen auf die Zeit ergibt den physikalischen Begriff der *Leistung*. Je kürzer der Zeitabschnitt ist, der für die Verrichtung der Arbeit benötigt wurde, desto größer ist die erbrachte Leistung.

$P = \frac{A}{t} \ [W]$ ...Leistung = Arbeit / Zeit

Die Einheit der Leistung nennt man Watt.

$1W = 1\frac{J}{s} = 1\frac{Nm}{s}$ umgekehrt gilt natürlich auch $1J = 1Ws$

Gebräuchlich ist auch Kilowatt ($1000W = 1kW$) für Leistungen und die Kilowattstunde $1kWh = 1000W \cdot 3600s = 3{,}6 \cdot 10^6 J$.

Energie bedeutet Arbeitsvermögen, d.h. die Energie erfasst als physikalische Größe die Eigenschaft von Systemen, unter gewissen Umständen Arbeit verrichten zu können. Es gibt verschiedene Energiearten: mechanische Energie, chemische Energie, elektrische Energie, Kernenergie u.a. Sie alle können unter bestimmten Umständen ineinander übergeführt werden (Energieumwandlung), es gilt aber stets das Prinzip: Energie kann insgesamt weder erzeugt noch vernichtet werden. Energie ist also eine Erhaltungsgröße. Energie kann nicht direkt gemessen, sondern nur über die verrichtete Arbeit bestimmt oder berechnet werden.

Als *chemische Energie* wird häufig die Reaktionswärme bezeichnet, die durch eine chemische Reaktion freigesetzt wird. Oft ist damit auch die Energie gemeint, welche durch die Verbrennung eines Stoffes freigesetzt wird, also die Verbrennungsenthalpie. In

industriellen/technischen Anwendungen sind Treibstoffe die häufigsten Energieträger. Bei Verbrennung der Treibstoffe wird chemische in mechanische oder thermische Energie umgewandelt.

Mechanische Energie bedeutet immer die Summe aus kinetischer Energie (Bewegungsenergie) und potentieller Energie (Lageenergie). Die mechanische Energie kann direkt eine Maschine antreiben (Generator, PKW, etc.). Schwingungsenergie und Wellenenergie sind Teilbegriffe der mechanischen Energie.

Die *thermische Energie* ist in der ungeordneten Bewegung der Atome oder Moleküle eines Stoffes gespeichert. Sie ist Teil der inneren Energie und wird umgangssprachlich oft ungenau mit „Wärme“ oder „Wärmeenergie“ bezeichnet. Die Wärme Q ist in der Thermodynamik die über eine Systemgrenze hinweg transportierte thermische Energie hervorgerufen durch eine Temperaturdifferenz zwischen den beiden Systemen. Im Gegensatz dazu ist die Temperatur ein Intensitätsmaß für den Wärmezustand eines Körpers. Die Einheit der thermischen Energie wird üblicherweise mit kWh_{th} bezeichnet.

Elektrische Energie wird als die Fähigkeit der Elektrizität bezeichnet, physikalische Arbeit zu verrichten. Sie lässt sich in elektrischen und magnetischen Feldern speichern und in andere Energieformen umwandeln. Die elektrische Energie ist u.a. als potenzielle Energie im elektrostatischen Feld von elektrischen Ladungen (z.B. in Kondensatoren) gespeichert. Die elektrischen Energie wird mit üblicherweise in kWh_{el} gemessen.

2.1.2 Wirkungsgrad, Nutzungsgrad, Energieeffizienz und Ausnutzungsfaktor

Als ***Wirkungsgrad*** wird allgemein der Quotient aus der nutzbar abgeführten Leistung und der insgesamt zugeführten Leistung (eines Prozesses, einer Anlage oder eines Aggregates) verstanden. Er beschreibt die Effizienz von Energiewandlungen und Energieübertragungen. Der Wirkungsgrad ist nur für stationäre Betriebszustände definiert und wird in der Regel für den Nennbetriebspunkt angegeben. Die Differenz von abgeführter und zugeführter Leistung wird als Verlustleistung bezeichnet. Der Wirkungsgrad ist eine dimensionslose Größe und wird üblicherweise mit η (Eta) bezeichnet.

$$\eta = \frac{P_{ab}}{P_{zu}}$$

Der Wertebereich liegt zwischen 0 und 100%. Ein Wirkungsgrad von 100% kann praktisch jedoch nicht erreicht werden, da bei jeder Energiewandlung ein Teil der Energie, z.B. durch Reibung, in thermische Energie gewandelt wird und nicht mehr nutzbar ist.

Bei Betrieb z.B. einer Pumpe oder eines Ventilators, muss man neben den elektrischen Verlusten auch mit mechanischen Verlusten rechnen, d.h. der Gesamtwirkungsgrad setzt sich

aus einem elektrischen und einem mechanischen Anteil zusammen. Der Wirkungsgrad des „Systems“ entspricht dem Produkt der Einzelwirkungsgrade.

$$\eta_{ges} = \eta_{mech} \cdot \eta_{el}$$

Der ***Nutzungsgrad*** beschreibt die Relation aus der innerhalb eines bestimmten Zeitraums (z.B.: über ein Jahr) nutzbar abgegebenen und der in diesem Zeitraum als Aufwand zugeführten Energiemenge (eines Prozesses, einer Anlage oder eines Aggregates). Der Nutzungsgrad einer Energieanlage oder eines -gerätes setzt die in einer bestimmten Zeit nutzbar gemachte Energie zur zugeführten Energie ins Verhältnis. In den betrachteten Zeiträumen können Pausen-, Leerlauf-, Teillast-, Anfahr-, Abfahrzeiten und Betriebsstörungen enthalten sein. Beim Nutzungsgrad werden instationäre Zustände nicht ausgeschlossen (vgl. Gesellschaft Energietechnik ,1998).

Die allgemeine Definition von ***Energieeffizienz*** ist als Verhältnis des Einsatzes von Energie (Input) zur erzielten Dienstleistung im weitesten Sinn (Output) zu verstehen. Anders ausgedrückt erhöht sich die Energieeffizienz, wenn für denselben Output ein geringerer Input erforderlich ist.

Der ***Ausnutzungsfaktor*** gibt an wie stark eine Anlage oder ein Antrieb im Schnitt ausgelastet ist. Beispielsweise bedeutet ein elektrischer Antrieb mit einer Anschlussnennleistung von 10 kW wird mit 8 kW belastet einen Ausnutzungsfaktor von 0,8. Je kleiner der Ausnutzungsfaktor desto schlechter wird der Wirkungsgrad eines elektrischen Antriebs, da hier der Antrieb im ineffizienten Teillastbetrieb erfolgt. Geringe Ausnutzungsfaktoren deuten ebenfalls auf eine zu groß dimensionierte Anschlussnennleistung hin.

2.2 Energie und Kosten

Die Kosten für elektrische Energie setzten sich neben dem eigentlichen Energiekosten aus Steuern, Abgaben und den Netzgebühren zusammen.

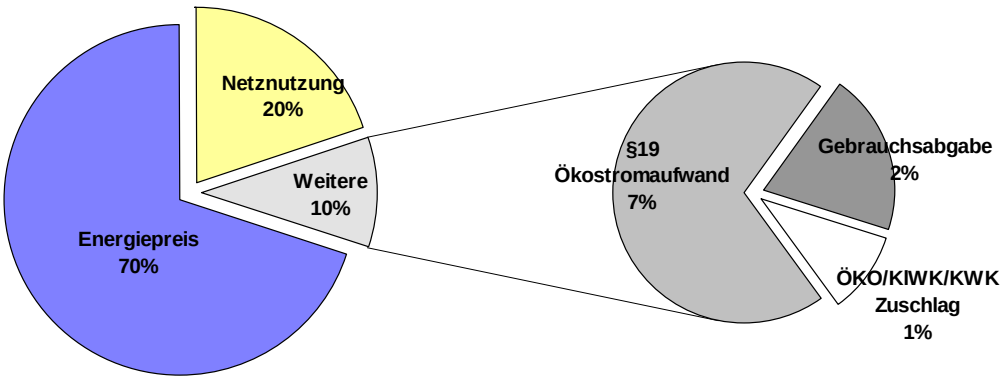

Abbildung 3: Grundlegende Stromkostenparameter. Kosten im Jahr 2008 excl. Energiesteuer. Musterabnehmer 10 GWh, Netzebene 5, Wien, 5.000 Benutzungsstunden (Quelle: Energie-Control, Zugriff am 10.9.2009)

Genauer betrachtet, weist die Stromrechnung bei produzierenden Betrieben folgende Haupt-Komponenten auf:

- Arbeit
- Leistung
- Blindstrom
- Messgebühren
- Netzkosten (vgl. WKÖ, 2006b)

2.2.1 Arbeitskosten

Der Arbeitspreis wird für die elektrische Wirkarbeit pro verbrauchter kWh berechnet.

2.2.2 Leistungskosten

Die Leistungskosten werden anhand der ¼ Stunden Messwerte berechnet. Alle ¼ Stunden wird der Strombezug gemessen, aufsummiert und registriert. Die Messwerte werden mit dem vertraglich vereinbarten Strombezug verglichen. Wenn die bezogene Leistung höher ist als vereinbart, dann wird für diesen Monat eine erhöhte Bezugsgebühr für den Strom verrechnet. Seit der Stromliberalisierung sind die Kosten für Stromspitzen stark gesunken, weshalb Maßnahmen (vgl. Kapitel 5.8.1) nur bei deutlichen Spitzen sinnvoll sind (vgl. WKÖ, 2006a).

2.2.3 Kosten für Blindstrom

Hohe Blindströme entstehen durch im Netz befindliche große induktive Verbraucher, wie etwa Motore. Blindströme tragen nichts zur Wirkleistungserzeugung bei und verursachen rein nur Verluste in den Netzleitungen. Deshalb wird ab einem gewissen Schwellwert der Blindstrom vom versorgenden Energieversorgungsunternehmen in Rechnung gestellt (vgl. Kapitel 5.8.5).

„*Leistungsspitzen und Blindstrom werden immer ein Thema sein. Auch bei eigener Stromerzeugung müssen die Grenzen der Generatoren und der Blindstrom überwacht werden*.“ (vgl. WKÖ, 2006a).

2.2.4 Messgebühren

Die Messgebühren entstehen durch die Gerätemiete, welche der Energieversorger für die bereitgestellten Zähler, Wandler, Rundsteuerempfänger, etc. einhebt.

2.2.5 Netzgebühr

In Österreich sind die Stromnetze in sieben Netzebenen eingeteilt:

Netzebene 1	Höchstspannungsnetz vom Kraftwerk wegführend 380 / 220 kV
Netzebene 2	Umspannwerk 380 / 220 / 110 kV
Netzebene 3	Hochspannungsnetz 110 / 220 kV
Netzebene 4	Umspannwerk 110 / 20 kV
Netzebene 5	Mittelspannungsnetz 20 kV (Trafo gehört Kunden)
Netzebene 6	Verteilerstation 20 kV / 380 Volt (Anschluss zur Trafostation gehört Kunden)
Netzebene 7	Niederspannungsnetz 380 Volt (Anschlusspunkt ist Abnahmepunkt / Grundstücksgrenze)

Abbildung 4: Ebenen des österreichischen Stromübertragungsnetzes

Für jede der Ebenen gilt eine Mindestanlagengröße. Welcher Netzebene ein Abnehmer angehört ist auf der Netzkostenrechnung zu sehen. Haushalte und sehr kleine Gewerbebetriebe gehören meist der Netzebene sieben an. Klein- und Mittelbetriebe werden von den Ebenen sechs oder fünf versorgt. Die Netzkosten sind durch die Systemnutzungstarifverordnung der Energie-Control Kommission geregelt. Je nach Netzebene und Netzgebiet variiert die Höhe der Netzkosten. Je höher die Spannungsebene, desto niedriger sind die Systemnutzungskosten.

Netzbenutzern deren Anlage die geforderte Mindestleistung aufweisen wird auf Verlangen der Anschluss an die entsprechende Netzebene gewährt, sofern dies unter den technischen und tatsächlichen Gegebenheiten durchführbar und möglich ist.

2.3 Grundlagen der Wirtschaftlichkeitsrechnung

Bei Entscheidungen über Investitionen für die Verbesserung der energetischen Effizienz stehen auch betriebswirtschaftliche Überlegungen im Vordergrund. Wie in Kapitel 3.8 erwähnt, werden aus energetischer Sicht sinnvolle Maßnahmen wegen mangelnder Rentabilität nicht umgesetzt. Es ist sowohl angebotsseitig (z.B. Kraftwerksbau, Fernwärmenetze, etc.), wie auch nachfrageseitig (Heizsysteme, Energieeffizienz, etc.) notwendig, Investitionen mit dem daraus resultierenden Nutzen, also laufende Kosten mit den resultierenden Einsparungen, zu vergleichen. Ganz allgemein kann gesagt werden, dass Wirtschaftlichkeit gegeben ist, wenn gilt:

$$Nutzen > Kosten$$

Im Folgenden sollen nun einige Methoden dieser „Vergleichsrechnung“ kurz dargestellt werden.

2.3.1 Statische Amortisationsrechnung (pay-back Methode)

Die Amortisationsrechnung ist ein sogenanntes statisches Berechnungsverfahren. Anhand der Amortisationsrechnung wird die Dauer (Amortisationsdauer) des Kapitalrückflusses des eingesetzten Kapitals ermittelt. Der Kapitalrückfluss kann aus Einsparungen oder (zusätzlichen) Erlösen bestehen.

Dabei werden nur die im ersten Betriebsjahr gegebenen wirtschaftlichen Rahmenbedingungen berücksichtigt und als konstant betrachtet. Die Inflation oder Zinsschwankungen der Folgejahre werden vernachlässigt. Auch die zeitlichen Unterschiede im Anfall von Einzahlungen und Auszahlungen werden nicht berücksichtigt. Eine Investition ist umso sicherer (risikoärmer), je kürzer die Amortisationsdauer t ist.

Es gilt:

$$t = \frac{KE}{KR} \text{ [Jahre]}$$

KE ....Kapitaleinsatz [€]

KR …Kapitalrückfluss [€/Jahr]

Statische Berechnungsverfahren führen bei starken Zinsschwankungen zu erheblichen Fehlern und sollten deshalb nur für grobe Abschätzungen verwendet werden.

2.3.2 Barwertmethode (Kapitalwertmethode)

Die Barwertmethode ist eine der wichtigsten Methoden der dynamischen Wirtschaftlichkeitsrechnung und eignet sich gut zum Vergleich von Investitions- und Finanzierungsentscheidungen mit unregelmäßigem Zahlungsfluss.

Die Barwertmethode beruht darauf, sämtliche zukünftige Ausgaben und Einnahmen mit einem Kalkulationszinsfuß[9] auf einen bestimmten Zeitpunkt zu diskontieren. Üblicherweise wird hierzu der Anfangszeitpunkt der Investition (Beginn des Planungszeitraumes) gewählt. Dieser Zeitpunkt wird Kalkulationszeitpunkt genannt.

Die Abzinsung auf den Kalkulationszeitpunkt ergibt als Ergebnis der Berechnung den Barwert der Investition. Der Barwert stellt das zum Betrachtungszeitpunkt vorhandene Barvermögen dar, das auf einem Bankkonto durch die Zahlungsvorgänge bei dem vorgegebenen Zinsfaktor entstehen würde.

Es gilt:

$$B_0 = I_0 + K \cdot \beta$$

B_0 ...Barwert aller Ausgaben zum Kalkulationszeitpunkt t_0

I_0 ...Investitionskosten

K ...konstante Jahresausgaben und -einnahmen

β ...Barwertfaktor

Der Barwertfaktor errechnet sich wie folgt:

$$\beta = \frac{(1+z)^{LD} - 1}{(1+z)^{LD} \cdot z}$$

z ...Zinssatz [%]

LD ...Lebensdauer [a]

[9] Der Kalkulationszinsfuß dient der Ermittlung der kalkulatorischen Zinsen. Kalkulatorische Zinsen sind im Grunde Opportunitäts- oder Alternativkosten, die ihrer Art nach entgangene „Gewinne“ sind. Der Zinssatz stellt dabei eine subjektive Annahme dar, wird aber meist in Anlehnung an den bestehenden landesüblichen Kapitalmarktzins bestimmt (vgl. http://www.wirtschaftslexikon24.net/d/kalkulationszinsfuss/kalkulationszinsfuss.htm).

2.3.3 Annuitätenmethode

Die Annuitätenmethode ist ein klassisches dynamisches Verfahren der Wirtschaftlichkeitsrechnung und wird aus der Barwertmethode abgeleitet. Die Annuitätenmethode stellt eine Umkehrung der Barwertmethode dar, dabei werden die durchschnittlichen Jahreskosten ermittelt, die sich für die Nutzungsdauer der Investition unter Berücksichtigung des Kalkulationszinsfußes und der jeweiligen Preissteigerung ergeben.

Die Umrechnung des durch Abzinsung der einzelnen Ausgaben und Einnahmen ermittelten Barwertes in gleiche Jahresbeträge (Annuitäten) erfolgt durch Multiplikation des Barwertes bzw. der Investition mit dem Annuitätenfaktor (Wiedergewinnungsfaktor).

Es gilt:

$$A = \alpha \cdot I_0$$

A ...Annuität der Investition I_0 [€]

I_0 ...Investitionskosten [€]

α ...Annuitätenfaktor

Der Annuitätenfaktor ergibt sich aus Zinssatz und Lebensdauer:

$$\alpha = \frac{z \cdot (1+z)^{LD}}{(1+z)^{LD} - 1}$$

z ...Zinssatz [%]

LD ...Lebensdauer [a]

Die Annuitätenmethode ist für die Probleme in der Energiewirtschaft besonders gut geeignet und hat sich, speziell dort wo größere Investitionen anfallen, durchgesetzt.

2.4 Bewertungsmöglichkeiten für Energieeffizienz

Die folgenden Ausführung wurden in Anlehnung an die Studie *„Energieeffiziente Technologien und effizienzsteigernde Maßnahmen“* (vgl. Allplan, 2005) erarbeitet und erläutern die möglichen Ansätze bei der Bewertung von Energieeffizienz.

Damit eine transparente Bewertungsmöglichkeit von Energieeffizienzmaßnahmen erreicht wird, ist es erforderlich einheitliche Bewertungsansätze anzuwenden bzw. die Vor- und Nachteile von gängigen Bewertungsmethoden zu kennen. Für die Effizienzanalyse einer Technologie oder einer Branche bieten sich die folgenden drei Möglichkeiten an:

- Vergleich von Input und Output im Zeitreihenvergleich
- Vergleich der Verbrauchswerte mit theoretischen Ansätzen
- Vergleich mit Benchmarks (allgemeine oder branchenspezifische Kennzahlen) und Best-practice Beispielen bzw. beste verfügbare Technologien

Alle drei Ansätze verfolgen das Ziel, eine Wirkung einer bestimmten Maßnahme auf die Energieeffizienz einer damit beeinflussten Dienstleistung hin zu analysieren. Also ein Vergleich des neuen Effizienz-Werts mit dem vorigen Effizienz-Wert ohne Maßnahme.

$\text{Energieaufwand}_{\text{nach der Maßnahme}}$ / Output x

Verglichen mit

$\text{Energieaufwand}_{\text{vor der Maßnahme}}$ / Output x

Ein entscheidender Punkt ist das Festlegen der Systemgrenzen, innerhalb welcher die interessierenden Energieflüsse betrachtet werden. Oft erfordert eine Maßnahme, die direkt zu Einsparungen führt, an einer anderen Stelle einen erhöhten Energieinput. Als Beispiel sei hier ein allgemeines Wärmerückgewinnungssystem genannt. Wird die Systemgrenze nur um den Vorwärmer gelegt ergibt sich kein Energiegewinn, bei einer Erweiterung der Systemgrenze auf die gesamte Anlage ergibt sich durch das Wärmerückgewinnungssystem sehrwohl eine Verbesserung, da insgesamt weniger Energie von „außen“ zugeführt werden muss.

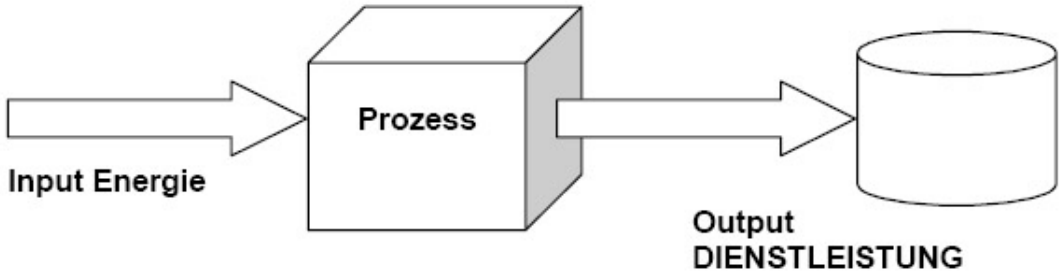

Abbildung. 5: Systemgrenze eines Prozesses (Quelle: Allplan, 2005)

In diesem Zusammenhang wird ein Prozess normalerweise als „black-box“ betrachtet und lediglich die aufgewendete Energie zur erzielten Dienstleistung ermittelt. Abhängig davon ob der Energieverbrauch vor oder nach Umsetzung der Maßnahme ermittelt wird (ex ante oder ex post Analyse) stehen für die Bewertung Berechnungen oder Messungen zur Verfügung.

2.4.1 Zeitreihenanalyse

Beim Zeitreihenvergleich werden die Energieverbrauchsdaten eines Prozesses oder einer Anlage vor der Umsetzung der Maßnahmen mit den Energiedaten nach Durchführung der Maßnahmen verglichen. Heute sind in Unternehmen üblicherweise Energieverbrauchsdaten für einzelne Bereiche vorhanden, welche z.B. im Rahmen des Controllings zur Ableitung von Kennzahlen verwendet werden (z.B. kWh / kg Produkt).

Daraus ergeben sich die für den Zeitreihenvergleich erforderlichen Daten. Zum einen sind das

- der $\text{Energieaufwand}_{\text{nach der Maßnahme}}$ / bezogen auf die relevante Einheit (Produkt x, Halle y,...) in [m³, kg,...] und zum andern
- verfügbare Daten in der Kostenrechnung über den Energieverbrauch bezogen auf die relevante Einheit (Produkt x, Halle y,...) in [m³, kg,...] über einen längeren Zeitraum.

Die Zeitreihenanalyse ist eine relativ einfache, intern anzuwendende Methode sofern Referenzdaten vorhanden sind. Man erhält einen Gesamtüberblick über den „Nutzen“ und die Relevanz einer Maßnahme bezogen auf den Gesamtenergieverbrauch. Der wesentlichste Nachteil der Methode liegt darin, dass man nur dann vergleichbare Ergebnisse einer möglichen Energiereduktion erhält, wenn konstante Rahmenbedingungen gegeben sind. Ein mögliches Anwendungsbeispiel des Zeitreihenvergleichs zur Beschreibung von Energieeinsparungen sind Änderungen in der Fahrweise einer Anlage, z.B. die Minimierung der Leerlaufzeit einer Kreissäge oder die nachträgliche Ausstattung eines elektrischen Antriebs mit einem Frequenzumrichter.

2.4.2 Vergleich mit theoretischen Potentialen

Dabei werden die Vergleichsdaten rechnerisch anhand mathematisch/physikalischer Gesetzmäßigkeiten ermittelt und anschließend mit den Energiedaten nach Durchführung der Maßnahme verglichen. Wurde noch keine Maßnahme umgesetzt (ex ante Betrachtung), werden die Energiedaten ebenfalls errechnet.

Die für diese Methode benötigten Daten sind:

- der $\text{Energieaufwand}_{\text{nach der Maßnahme}}$ / bezogen auf die relevante Einheit (Produkt x, Halle y,...) in [m³, kg,...] und
- die berechneten Referenzwerte bezogen auf die relevante Einheit.

Bei entsprechender Erfahrung sind erste Abschätzungen anhand dieses Ansatzes mit geringem Aufwand durchzuführen.

Ein gravierender Nachteil bleibt jedoch bei komplexeren Prozessen der Unterschied zwischen mathematischen Modellen und der Realität, da in Modellen nie sämtliche betriebliche Besonderheiten berücksichtigt werden können.

Ein typischer Anwendungsfall für dieses Instrument stellt die Nachrüstung elektrischer Antriebe mit Frequenzumrichtern dar. Die theoretische Effizienzsteigerung wird vor der Implementierung vorausberechnet.

2.4.3 Benchmarks, Beste Verfügbare Technologien (BVT) und Best-Practice

Benchmarks, BVT und Best-Practice–Ansätze sind sehr effektive aber gleichzeitig auch komplexe Methoden zum Vergleich von Energieeffizienz.

In ***BVT-Dokumenten***, sogenannten „BVT-Reference documents“ (BREFs), wird meist ein Energieverbrauch pro Produkteinheit als Referenzwert für eine Beste Verfügbare Technologie herangezogen.

Beim ***Benchmarking*** werden vergleichbare Indikatoren eingesetzt, die den aktuellen Energieverbrauch eines Betriebs, Gebäudes, einer Maschine etc. darstellen.

Im Allgemeinen gibt es drei Arten von Indikatoren:

- Wirtschaftliche Indikatoren: Energieintensität [kWh/€, CO_2/€]
- Technische Indikatoren: Energieverbrauch pro physisch produzierter Einheit [kWh/Tonne, Liter, etc.] bzw. der spezifische Verbrauch [kWh/Anwendung, Liter/km, etc.]
- Diffusionsindikatoren: Verbreitung von energieeffizienten Geräten, erneuerbaren Energieträgern, effizienten Praktiken, etc (vgl. österreichische Energieagentur, 2009b).

Das schafft die Möglichkeit z.B. den Energieverbrauch einer bestimmten Anlage mit Anlagen aus anderen Betrieben der gleichen Branche zu vergleichen und so direkt auf mögliche Einsparpotenziale hinzuweisen oder Verbesserungsmöglichkeiten bewusst zu machen. Wichtig ist es in diesem Zusammenhang, auf die Vergleichbarkeit der Daten zu achten. Benchmarks sind nur dann sinnvoll, wenn vergleichbare Anlagen unter vergleichbaren Umständen betrachtet werden. Das bedeutet auch, dass die Betrachtungsgrenzen bekannt und genau definiert sein müssen. Die Daten für das Benchmark System ergeben sich durch Expertisen, Fragebögen und Literaturrecherchen und müssen nicht zwingend der besten verfügbaren Technologie entsprechen.

Im Gegensatz dazu wird bei ***Best-Practice*** von der Anwendung bewährter, kosteneffizienter Technologien und Managementtechniken gesprochen. Best-Practice bezieht sich auf die, in Betrieben eingesetzten Techniken welche im Rahmen eines Benchmarking als „die Besten“

identifiziert wurden. Best-Practice bedeutet die Darstellung, Kommunikation, Bereitstellung und Umsetzung solcher Technologien und Techniken in anderen Betrieben[10].

Die erforderlichen Daten für diesen Ansatz setzen sich aus

- dem $\text{Energieaufwand}_{\text{nach der Maßnahme}}$ / bezogen auf die relevante Einheit (Produkt x, Halle y,...) in [m³, kg,...] und
- dem entsprechenden Benchmark/BVT Wert bezogen auf die relevante Einheit zusammen.

Benchmarks liefern einen direkten, absoluten Vergleich zu anderen Anlagen, Maschinen oder Prozessen und können bei entsprechender Erfahrung auch relativ einfach durchgeführt werden.

Der Nachteil liegt meistens in der Nichtverfügbarkeit entsprechender Daten. Wie weiter oben erwähnt müssen die Systemgrenzen für die jeweiligen angewendeten BVT-Werte genau definiert und bekannt sein.

[10] vgl. http://www.olev.de/b/best-practice.htm

3 Das Energieaudit

Ziel dieses Abschnitts ist es, die Begriffe rund um das Thema Energieaudit zu erklären und bestehende Definitionen zu erläutern. Ein wesentlicher Teil davon beschreibt Energieaudit-Programme und wie deren Ablauf in drei verschiedenen Ländern stattfindet. Danach wird darauf eingegangen wie die Energieaudits in den Pilotbetrieben durchgeführt werden.

3.1 Allgemeines

Der folgende Teil dient dazu die verschiedenen Begriffe, mit denen man in Zusammenhang mit Energieaudits zu tun bekommt kurz zu erklären. Dazu wurde im Wesentlichen auf die Ausführungen im „Guidebook for Energy Audits, Programme Schemes and Administrative Procedures“ (vgl. Motiva, 2000) zurückgegriffen. Dabei handelt es sich um den Abschlussbericht des europäischen AUDIT-Projektes.

Der Begriff „Energieaudit“ ist sehr allgemein und umfasst keine genauere Spezifikation.

Die extrem hohe Vielfalt an Interpretationsmöglichkeiten ist dadurch entstanden, dass viele Länder ihre eigene Definition und somit eigene Sichtweise, was jeweils unter EA zu verstehen ist, hervorgebracht haben.

Zurzeit arbeitet das europäische Normungsinstitut (CEN/CENELEC) daran, aus den verschiedenen länderspezifischen Definitionen einen einheitlichen Standard zu schaffen (vgl. Anhang A).

3.2 Energieaudit (EA)

Unter EA versteht man *„ein systematisches Verfahren zur Erlangung ausreichender Informationen über das bestehende Energieverbrauchsprofil eines Gebäudes oder einer Gebäudegruppe, eines Betriebsablaufs in der Industrie und/oder einer Industrieanlage oder privater oder öffentlicher Dienstleistungen, zur Ermittlung und Quantifizierung der Möglichkeiten für kostenwirksame Energieeinsparungen und Erfassung der Ergebnisse in einem Bericht*“ (vgl. NFES consulting group, 2006, S. 15).

EA ist also eine allgemeine Bezeichnung für eine Prozedur, ohne dabei eine Aussage zu treffen in welchem Anwendungsbereich oder mit welcher Genauigkeit diese stattfindet. Die Bezeichnungen für EA-Tätigkeiten variieren in den verschiedenen Ländern, z.B. „Energy Assessment“, „Energy Survey“, „Energy Labeling“ oder Energie Audit.

Um die Entscheidung, ob ein Verfahren oder eine Methode ein EA darstellt, zu vereinfachen werden drei Basis-Anforderungen definiert die als Kern eines EAs angesehen werden können:

- Evaluierung des bestehenden Energieverbrauchs
- Identifizieren der Einsparpotenziale
- Bericht

Abbildung 6: Kernbereiche eines Energie Audits (Quelle: Motiva, 2000, S.8)

Ist einer der drei Punkte nicht erfüllt, kann es sich bei einem beliebigen bewerteten Verfahren um kein EA handeln.

3.3 Das Energieaudit Basis-Modell

Definiert man den Anwendungsbereich, die Genauigkeit bzw. den Umfang und das Ziel eines EAs, dann erhält man das EA Basis-Modell. Somit sind konkrete Anforderungen und Eigenschaften spezifiziert, welche das EA für eine bestimmte Anwendung erfüllen muss. Basis-Modelle sind üblicherweise in Standards definiert, zumindest gibt es aber eine Richtlinie, welche die Prozedur beschreibt.

Abbildung 7: Eigenschaften eines Energie Audit-Modells (Quelle: Motiva, 2000, S. 28)

Der ***Anwendungsbereich*** eines EAs kann zwischen einem gesamten Gebäude oder Industriegelände auf der einen Seite und einem spezifischen Prozess oder einer einzelnen Maschine auf der anderen Seite variieren.

Anhand der ***Genauigkeit*** des Basis-Modells kann entschieden werden, ob es eine sehr detaillierte und damit kostenintensivere Variante erfordert oder ob es genügt, einen Überblick zu schaffen.

Ebenso verhält es sich mit den unterschiedlichen ***Zielen*** der EAs. Es kann genügen, für die geforderten Bereiche mögliche Einsparpotenziale aufzudecken (*scanning*), oder aber es ist notwendig konkrete Einsparungsmaßnahmen aufzuzeigen (*analysing*).

Mit Hilfe dieser Eigenschaft ist es nun möglich, die verschiedenen EA Basis-Modelle bezüglich ihres Zieles in zwei, unterschiedliche Klassen einzuteilen: die ***Scanning Energy Audit Models*** und die ***Analysing Energy Audit Models***. Innerhalb dieser Einteilung ergibt sich die Unterteilung durch die Genauigkeit und den Anwendungsbereich der EA-Modelle.

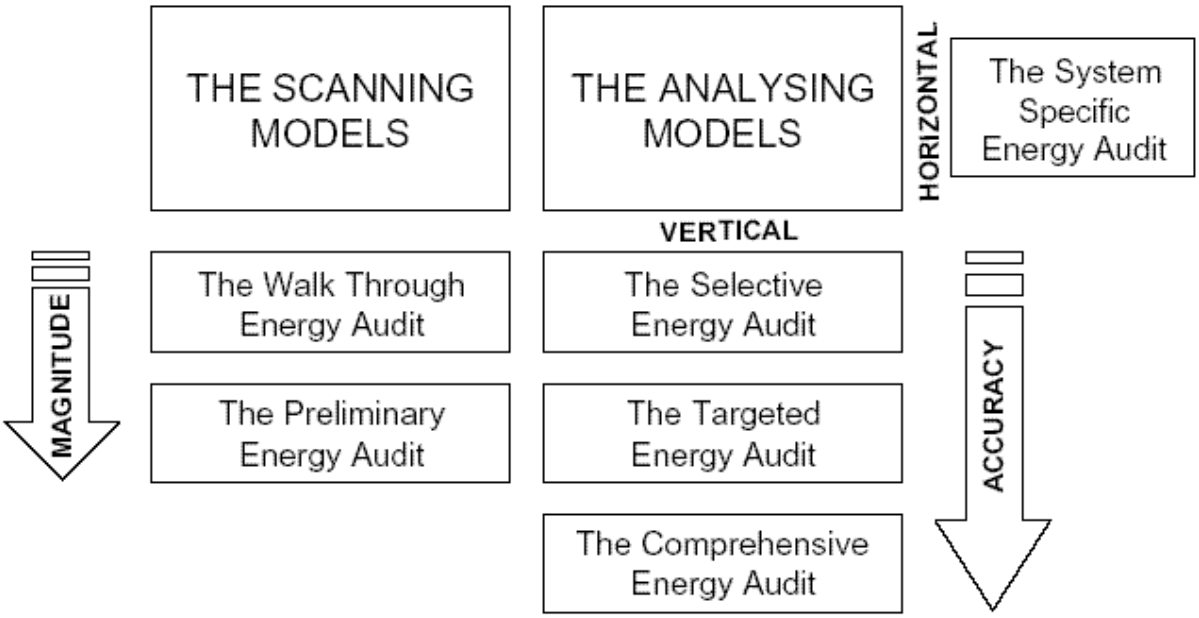

Abbildung 8: Einteilung der Energie Audit-Modelle nach Genauigkeit und Anwendungsbereich (Quelle: Motiva, 2000, S.28)

Die Einteilung der EA-Basis-Modelle ist in Abbildung 8 dargestellt und gliedert sich horizontal in die Bereiche: **the scanning models**, **the analysing models** und den **system specific models**. Die verschiedenen Modelle der einzelnen Modell-Bereiche sollen im Anschluss beschrieben werden:

- Das ***Walk-Through Energy Audit*** wird typischerweise dort eingesetzt, wo die interessierenden Energieverbrauchssysteme relativ leicht durchschaubar, in überschaubarer Anzahl vorhanden, und mögliche Einsparpotenziale oder -maßnahmen schon vor dem Audit bekannt sind. Als Ergebnis eines solchen Audits erhält man eine einfache Analyse mit den wesentlichsten Eckdaten.

- Bei größeren Anlagen oder Gebäuden wird oft das ***Preliminary Energy Audit*** eingesetzt. Es unterscheidet sich vom oben beschriebenen Walk-Through Energy Audit nur insofern, als dem höheren Aufwand Rechnung getragen werden muss. Preliminary Energy Audits setzen häufig ein Team aus Energieauditoren und internen Experten voraus.

- Beim ***Selective Energy Audit*** hat der Auditor keine genauen Vorgaben über Prozess oder Anlage bekommen, sondern allgemeine Richtlinien und Ziele, er kann daher selbst die zu analysierenden Bereiche, seiner Erfahrung nach, wählen.

- Im Gegensatz dazu gibt es beim ***Targeted Energy Audit*** detaillierte Richtlinien und Vorgaben vom Operating Agent (vgl. Kapitel 3.5.2). Der Ausdruck „targeted“ bedeutet hier, dass vom Operating Agent, bewusst gewisse Bereiche ausgeschlossen

wurden. Diese Bereiche sind z.B. in vergleichbaren Betrieben schon untersucht worden und es kann auf diese Weise der Einfluss auf die Verbrauchskosten vernachlässigt werden.

- Der ***Comprehensive Energy Audit*** Basis-Modell Typ ist der aufwendigste und teuerste, aber auch der genaueste Typ. Es wird dabei versucht sämtlichen Energieverbrauch zu erfassen und jede mögliche Einsparungsvariante aufzudecken. Die Basis für dieses EA-Modell ist eine genaue Analyse des Energieverbrauchsprofils. Im Gegensatz zum oben beschriebenen Targeted Energy Audit wird beim Comprehensive Energy Audit kein Bereich ausgelassen um nach Einsparpotenzialen zu suchen.

- Wird einzig ein Gerät, Prozess oder ein „System“ analysiert, handelt es sich dabei um ein ***System Specific Energy Audit***. Der Rest der Anlagen oder des Gebäudes wird dabei ausgeklammert. So werden z.B. nur die Kompressoren der Absauganlagen eines Sägewerks untersucht.

3.4 Das Energieaudit-Modell – die praktische Anwendung

In der praktischen Anwendung wird das jeweilige Basis-Modell um die sogenannten Schnittstellen erweitert. Dabei handelt es sich um Elemente, welche zusätzlich zu den Kernanforderungen erfüllt werden müssen. Beispiele dafür sind Personalschulungen, Implementierung eines Energie-Management-Systems oder die Umsetzung der Einsparmaßnahmen (siehe Abbildung 9). Für die Erweiterung des Basis-Modells sprechen einige Gründe, z.B. erwartet der Audit Client (siehe Kapitel 3.5.2) oft ein umfassenderes Service, d.h. der Client wird zusätzlich in energiesparendem Verhalten geschult. Auch die wesentliche Verbesserung des Effektes eines EAs wird durch zusätzliches Service bewerkstelligt.

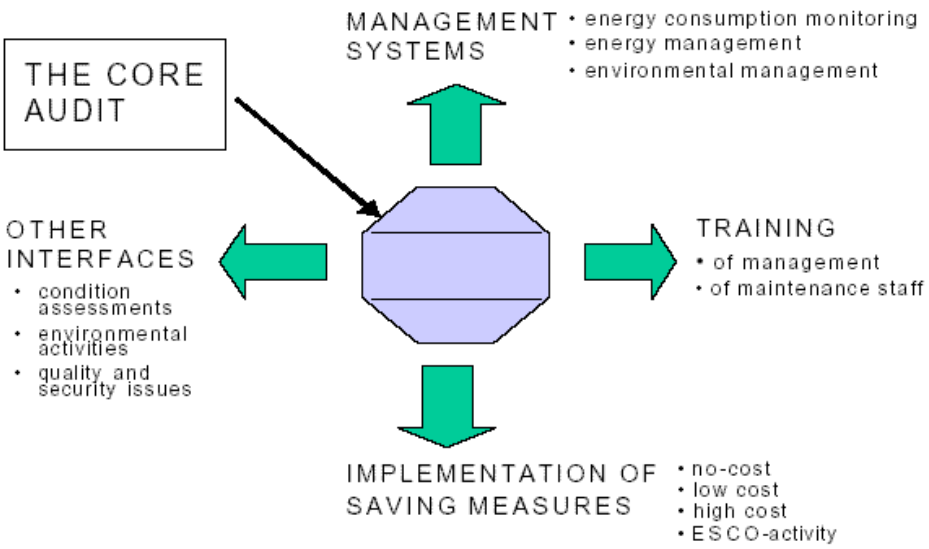

Abbildung 9: Darstellung der Schnittstellen eines Energieaudit-Modells (Quelle: Motiva, 2000, S.9)

Die Rolle, bzw. Wichtigkeit, des EAs variiert abhängig davon, mit welchen Schnittstellen es verknüpft oder in welche zusätzlichen Aktivitäten oder Programme das EA integriert wird.

3.5 Programme

3.5.1 Allgemeines

Die Maßnahmen zur Durchführung und Organisation einer Untersuchung in einer bestimmten Branche (z.B. Sägewerke mit Hilfe von EAs) erfolgt immer im Rahmen eines nationalen oder internationalen Programms.

Was ist ein Programm?

Die Kennzeichen eines Programms sind:

- definiertes Ziel
- definierte Zielgruppe
- (öffentliche) Dokumentation
- definierter Startpunkt und Laufzeit

Ein Programm bedeutet daher, dass zum Beispiel eine Untersuchung oder Methode, mit einem klar definierten Ziel innerhalb eines bestimmten Zeitrahmens auf eine ausgewählte Zielgruppe angewendet wird. Der Prozess, sowie die Ergebnisse werden dokumentiert und öffentlich zugänglich gemacht, sofern es sich um eine öffentliche Untersuchung handelt.

Energieeffizienz-Programm

Ein Energieeffizienz-Programm beschreibt allgemein eine Aktivität, welche die Eigenschaften eines Programms erfüllt und die Energieeffizienzverbesserungen zum Ziel hat. Solche Programme unterstützen in einigen EU-Ländern die nationale Energiepolitik bei der Erreichung ihrer Energieeffizienz-Ziele.

In diesem Kontext soll nur der Unterschied zwischen EA-Programm und Energieeffizienz-Programm im Allgemeinen verdeutlicht werden. Wie in Abbildung 10 zu erkennen ist, kann ein EA-Programm ein Teil eines übergeordneten Energieeffizienz-Programms sein.

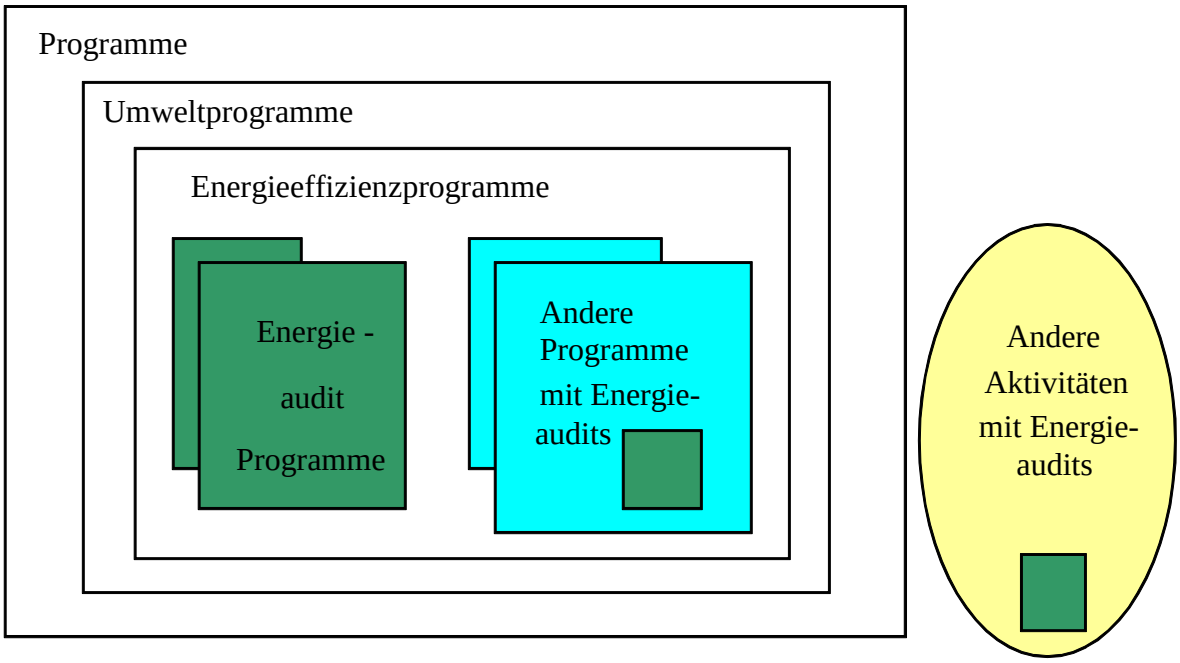

Abbildung 10: Unterscheidung EA-Programm und „Anderen Programmen mit EAs". Farblich hervorgehoben der Anteil des EAs am jeweiligen Programm oder Aktivität. (Quelle: Motiva, 2000, S.11)

Energieaudit-Programm

Ein EA-Programm ist ein Teil eines Energieeffizienzprogramms (siehe Abbildung 10). EA-Programme sind neben der Erfüllung der allgemeinen Eigenschaften eines Programms noch durch folgende Attribute ausgezeichnet:

- Sie unterstützen die nationale Energieeffizienz und Management Politik.
- Sie zielen darauf ab, Energieeinsparpotenziale aufzudecken.
- Sie sind budgetiert und unterstützen eine strukturierte Förder- bzw. Finanzierungspolitik.
- Sie sind öffentlich anerkannt, da sie dem allgemeinen öffentlichen Zweck dienen.
- Sie werden von einer zentralen, meist öffentlichen Stelle gemanagt („Administrator"). Die Umsetzungsverantwortung obliegt häufig einer akkreditierten Nichtregierungsorganisation („Operating Agent").

Die Grenze zwischen EA-Programmen und „anderen Programmen mit EAs" wird subjektiv und flexibel festgelegt. Üblicherweise spielen in einem EA-Programm nichtenergierelevante Aspekte eine eher untergeordnete bzw. eine unterstützende Rolle.

Andere Programme mit Energieaudits

Unter „Anderen Programmen mit EAs“ versteht man ganz allgemein Programme, in denen wiederum das EA nur eine Nebenrolle des ganzen Programms einnimmt (siehe Abbildung 10). Einige Energieeffizienz-, Trainings- oder Umweltprogramme fallen in diese Kategorie.

Andere Aktivitäten mit Energieaudits

Alle anderen „Programm-Aktivitäten“ welche sich in verschiedenen Variationen mit EAs beschäftigen, wurden in dieser Gruppe inkludiert. Bei diesen Aktivitäten geht es nicht in erster Linie darum Energie einzusparen, sondern sie zielen z.B. in erster Linie auf Umweltschutz ab. Trotzdem nehmen EAs einen Teilbereich dieser Aktivitäten ein. Die beiden Teilbereiche dieser Gruppe sind:

- Aktivitäten mit welchen EAs beworben oder bekannt gemacht werden sollen und
- kommerzielle Aktivitäten, welchen EAs auf eine beliebige Weise innewohnen.

3.5.2 Eigenschaften von Energieaudit-Programmen

Das folgende Kapitel soll die Wichtigkeit einer gut funktionierenden Organisationsstruktur näher bringen. Zu Beginn werden die verschiedenen Akteure und das Zusammenwirken dieser Akteure erklärt und in weiterer Folge ein internationaler Vergleich verschiedener Programmablauf-Prozedere gezeigt werden.

Die Aufgabenverteilung eines EA-Programmes gestaltet sich folgendermaßen:

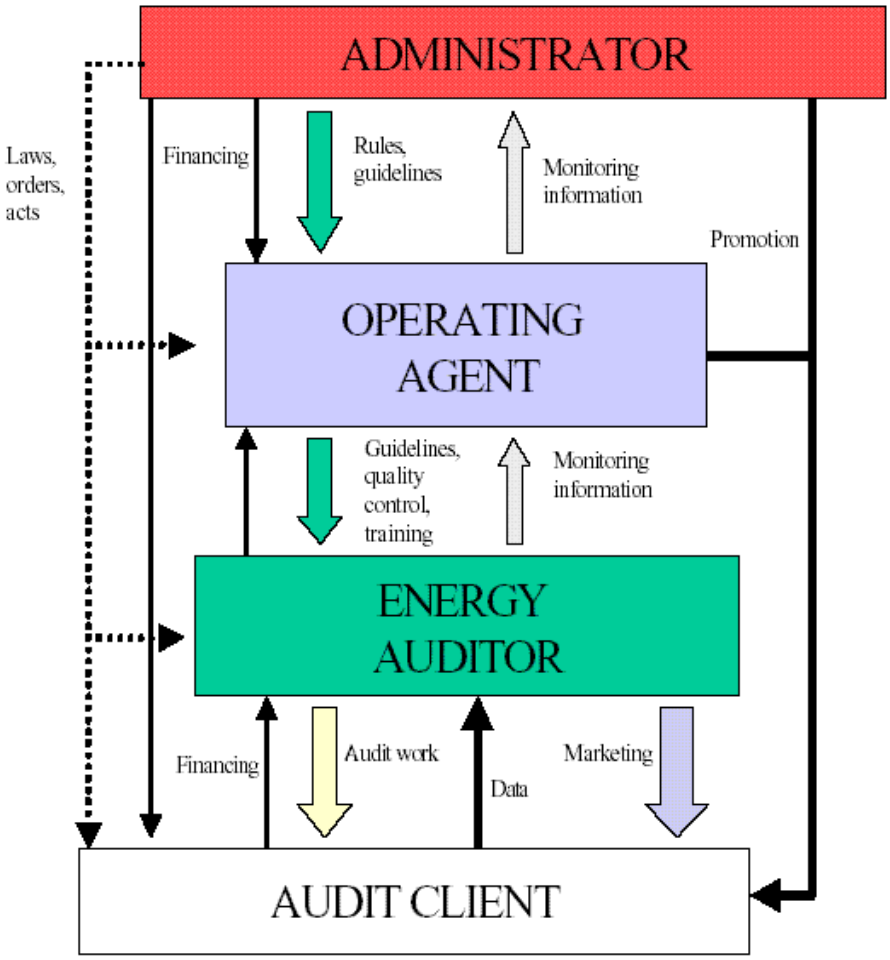

Abbildung 11: Die Hauptakteure eines Energie Audit-Programms und ihre Aufgaben (Quelle: Motiva, 2000, S.15)

Der ***Administrator*** zeichnet sich verantwortlich für die regionale oder nationale Energieeffizienz-Politik und wird üblicherweise von der Bundes- oder Landesregierung gestellt. In Österreich hat das Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft (kurz: Lebensministerium) diese Aufgabe bei der Leitung des klima:aktiv Programms inne. Klima:aktiv bezeichnet die Klimaschutzinitiative des Lebensministeriums, das Energieeffizienzprogramm „energieeffiziente Betriebe“ ist ein Unterprogramm innerhalb des klima:aktiv Programms.

Als ***Operating Agent*** werden jene unabhängigen Organisationen bezeichnet, welche den Auftrag für die Organisation und die Ablaufsteuerung z.B. eines Energieeffizienzprogramms, von der Regierung erhalten. Im Falle des klima:aktiv Programms "energieeffiziente Betriebe" ist das die Österreichische Energieagentur.

Das eigentliche Audit wird von einem geschulten, technischen Experten, dem ***Energy Auditor***, durchgeführt.

Der ***Audit Client*** ist jener Teil des Programms der für die Energiekosten eines Unternehmens, Gebäudes oder einer Organisation verantwortlich ist. Die Beweggründe um ein EA durchführen zu lassen sind vielfältig, z.B.:

- Kostenersparnis
- Image einer umweltbewussten Betriebsführung
- Umweltauflagen der Regierung
- Informationsgewinn über Energiekosten und -verbrauch

In manchen Fällen ist es durchaus möglich, dass der Administrator gleichzeitig als Operating Agent fungiert, oder der Audit Client ein Mitglied in der Organisation des Auditors ist, wie es z.B. beim Österreichischen Energiekonsumentenverband (ÖEKV) der Fall ist. Der ÖEKV kann sowohl die Rolle des Operating Agent, als auch die Rolle des Audit Client, also die Rolle des Kunden, durch die Mitglieder selbst einnehmen.

Wie das Zusammenspiel dieser verschiedenen Akteure funktionieren kann ist in Abbildung 11 dargestellt. Dabei sind die Möglichkeiten der Verbindungen zwischen den Akteuren vielfältig, abhängig davon welches Ziel mit dem Programm verfolgt wird und in welche „nationale Organisationsumgebung“ das Programm vom Gesetzgeber eingebracht wird.

Für den Gesetzgeber gilt es auch die nötigen Rahmenbedingungen für die Annahme von EA-Programmen durch die Betriebe zu schaffen. In Europa gibt es im Wesentlichen drei Möglichkeiten:

1. gesetzlich vorgeschriebene EAs ohne Förderung
2. freiwillige, geförderte EAs mit Unterstützung durch den Gesetzgeber
3. EAs auf freiwilliger Basis, aber ohne Förderung oder Unterstützung.

In Österreich ist die Inanspruchnahme der EAs freiwillig. Die Höhe der Förderung ist bundeslandabhängig, so werden z.B. im Rahmen von Ökomanagement Niederösterreich (vgl. Kapitel 3.7) die Kosten von bis zu 15 EA-Beratungstage mit maximal 75% gefördert.

3.6 Bestehende Energieaudit Prozedere

Unter einer EA-Prozedur versteht man den genauen schrittweisen Ablauf eines EAs, begonnen von der ersten Kontaktaufnahme bis zum Erstellen des Endberichts. In der Praxis variieren die EA-Prozeduren natürlich, sowohl in Bezug auf das verwendete EA-Modell, als auch je nach Einsatzzweck. Das wesentliche Ziel einer Vereinheitlichung ist es, eine einheitliche Qualität, aber auch eine Anpassung der verschiedenen EAs innerhalb eines EA-Programms zu sichern.

Im Folgenden werden nun die EA-Prozeduren, wie sie in Finnland, Deutschland und Thailand (Hongkong) Anwendung finden beschrieben bzw. dargestellt und miteinander verglichen.

3.6.1 VDI 3922, „Audit-Scheme“ nach Motiva und „Guidelines on Energy Audit“

a) „Audit Scheme“ von Motiva (Finnland)

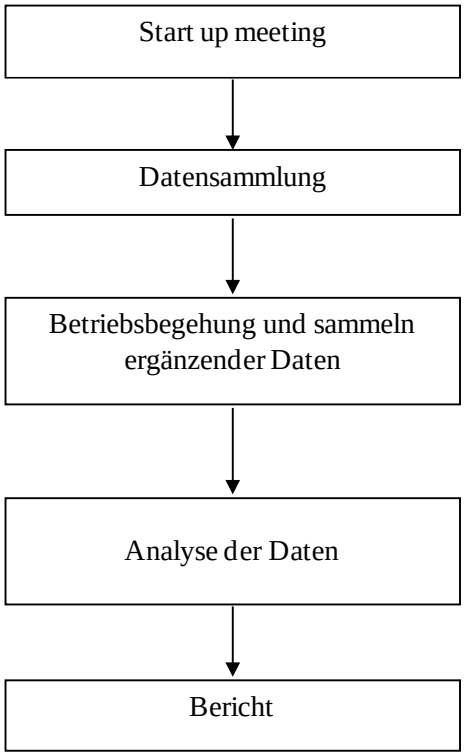

Abbildung 12: Energie Audit-Prozedur nach Motiva (Quelle: Motiva, 2000, S.21)

b) VDI 3922 (Deutschland)

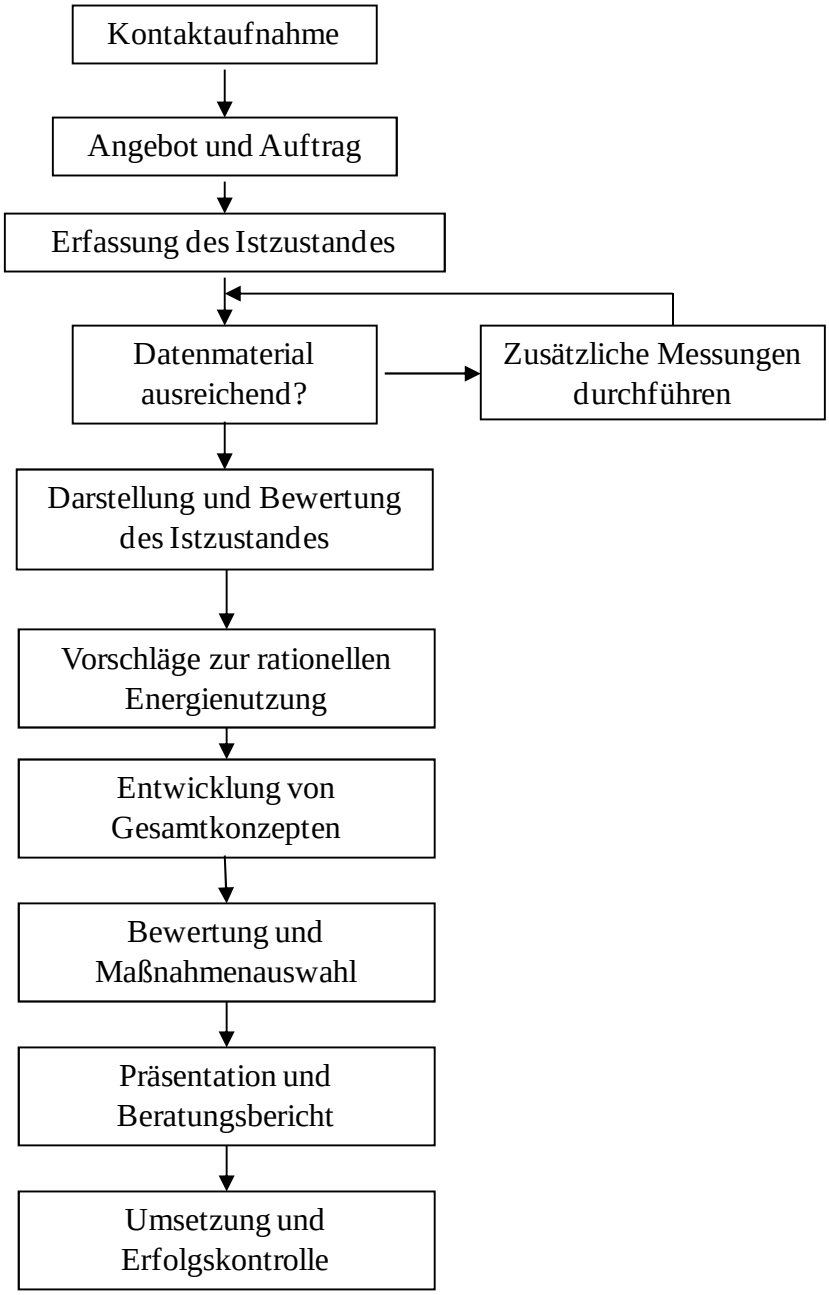

Abbildung 13: Energie Audit-Prozedur nach VDI3922 (Quelle: Gesellschaft Energietechnik, 2003)

c) Audit Guideline Hongkong

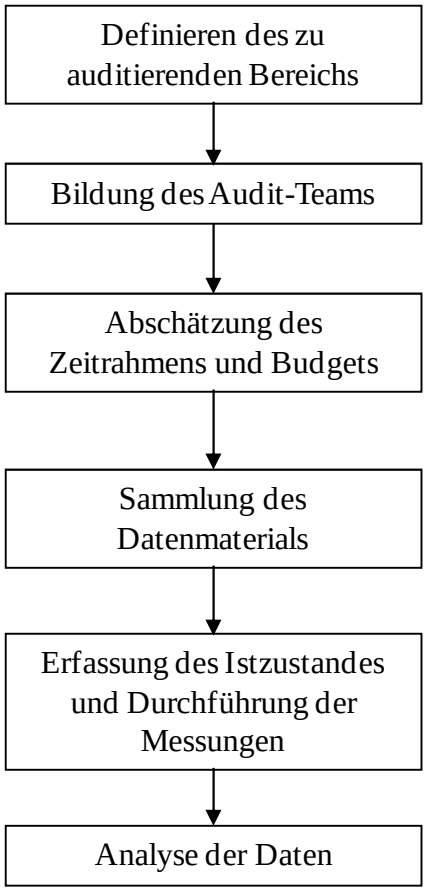

Abbildung 14: Prozedur nach „Guidelines on Energy Audits“ (Quelle: Energy Efficiency Office, 2007)

d) Zusammenfassung und Vergleich

Aus den oben dargestellten Flussdiagrammen (Abbildung 12 bis Abbildung 14) lässt sich erkennen, dass sich die europäischen nationalen Richtlinien in Bezug auf den Ablauf eines Audits kaum unterscheiden. Geringe Unterschiede zu den thailändischen „Guidelines on Energy Audits“ ergeben sich unter anderem aufgrund des Umstandes, dass es sich beim finnischen „Audit Scheme“ von Motiva bzw. der deutschen VDI-Richtlinie um allgemein gültige EA-Prozeduren handelt, d.h. für Beratungsunternehmen und alle Unternehmen, die Energie für die Herstellungs- oder Umwandlungsprozesse oder für Raumheizung einsetzen, die „Guidelines on Energy Audit“ jedoch nur für Gebäude spezifiziert wurde.

Laut der Definition des Kerns eines EAs (vgl. Kapitel 3.2) kann die Prozedur nach den „Guidelines on Energy Audits“ nicht als EA-Prozedur bezeichnet werden. Dazu fehlen die beiden Eigenschaften der Identifizierung der Einsparpotenziale, sowie der abschließende Bericht.

Die Prozeduren der EAs beinhalten im Wesentlichen folgende Punkte:

I) Start up meeting

II) Sammlung des Datenmaterials

III) Betriebs- und Geländebesichtigung

IV) Analyse

V) Bericht

Die Unterschiede finden sich hauptsächlich im organisatorischen Bereich, z.B. ob der Ablauf eines EAs vorgeschrieben ist oder nur empfohlen wird. In Finnland und Dänemark z.B. ist die Prozedur eines EAs fix vorgegeben.

Untersuchungen haben ergeben, dass für eine entsprechende Qualität der Ergebnisse eine feste Vorgabe von Vorteil ist (vgl. Motiva, 2000), wobei der organisatorische Aufwand entsprechend höher ist als bei nicht-regulierten Prozeduren.

3.6.2 Die „ENGINE“-Prozedur

Hier soll nicht nur die reine, im „ENGINE“-Projekt verwendete Prozedur beschrieben werden, sondern etwas umfassender auf den Ablauf eingegangen werden.

Wie in Kapitel 1.2 gezeigt wird, ist das Ziel der „ENGINE“-EAs (im „ENGINE“-Projekt „Energy Checks“ genannt) möglichst konkrete und messbare Einsparungen im Energieverbrauch der untersuchten Betriebe herauszufinden. Die Ergebnisse sollen auch eine Basis an „Besten Verfügbaren Technologien“ für die untersuchten Industriezweige in Europa liefern.

Anhand der Ergebnisse sollen die beteiligten Unternehmen über einen Maßnahmenplan verfügen, um Entscheidungen über Investitionen in energieeffiziente Technologien treffen zu können. Weitere Ziele sind die Implementierung von Energiemanagement-Grundlagen, die Forcierung der Anwendung bestehender „Erstanalyse-Werkzeuge“ („ProTool“[11]) und die Einführung von Energiedienstleistungen für spezifische Industriebranchen.

Ein wesentlicher Punkt der angewandten Methodik, ist die Verknüpfung der EAs mit spezifischen Schulungen (Trainings in Abbildung 15) der beteiligten Auditoren und Mitarbeiter der betreffenden Betriebe, um regionales bzw. betriebliches Know-how zu schaffen und die Wirkung des „ENGINE“-Projektes auch nach dessen Ende „am Leben zu erhalten“. Dabei handelt es sich üblicherweise um mehrtätige Schulungen, die Schritt für

[11]Bei den „ENGINE“ Energy Checks wird das „ProTool“ verwendet.

Schritt schon während der Energy Checks stattfinden und so laufend an die Erfordernisse der Auditoren bzw. der Betriebe angepasst werden können.

Die Energychecks betrachten sowohl die Seite des Energiebezugs, als auch die Seite der Endanwendungen in den Betrieben. Damit die Qualität und Kosteneffizienz über den gesamten Prozess gewahrt bleibt, werden eine Reihe einheitlicher Werkzeuge und eine einheitliche Methodik (inkl. Prozedur) angewandt, welche auch in den Schulungen präsentiert werden.

Durch die Energychecks werden folgende Bereiche abgedeckt (siehe Abbildung 15):

- Energieverluste (Wärmeübertragung, Abwasser, Belüftung, etc.)
- Energieanwendung (für Produktion, Kühlung, Transport, etc.)
- Energieversorgung (Elektrizität, Öl, Gas, etc.)

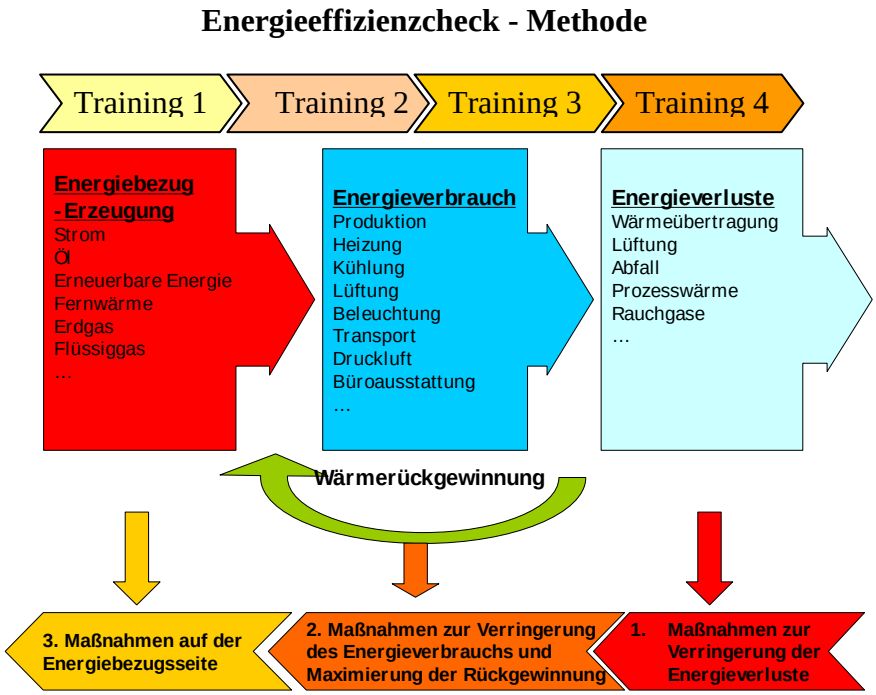

Abbildung 15: Methodik der „ENGINE"-Energy Checks und Schulungen (Quelle: ENGINE Leitfaden zur Durchführung der Energieeffizienzchecks)

Als Ergebnis eines Energy Checks erhalten das Unternehmen und der *Operating Agent* einen Abschlussbericht. Dieser Bericht enthält eine detaillierte Beschreibung der Energieflüsse, der möglichen Einsparpotenziale, Vorschläge für genauere Untersuchungen bestimmter Systeme, Angaben über vorangegangene EAs, usw.

Die Prozedur ist in Abbildung 16 dargestellt und wurde in Anlehnung an die deutsche VDI-Richtlinie 3922 entworfen. Sie besteht aus folgenden Schritten:

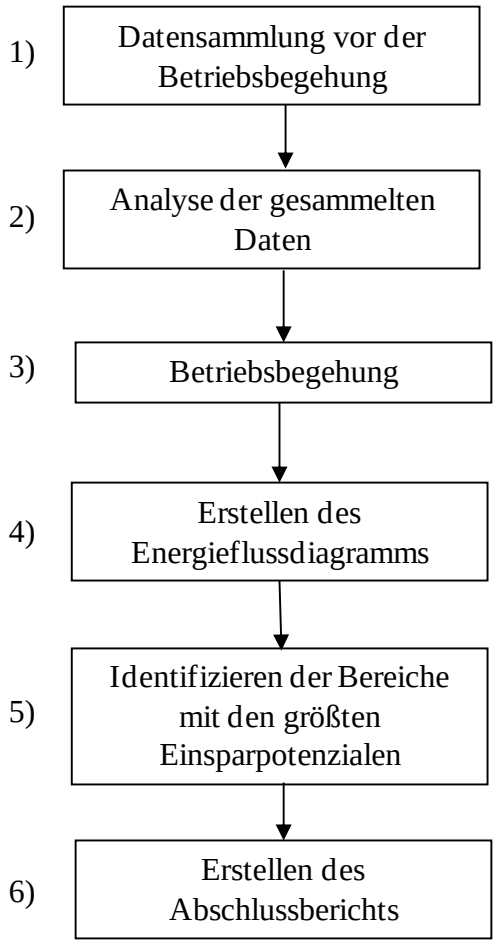

Abbildung 16: Darstellung der „ENGINE“-Prozedur

1) Datensammlung vor der Betriebsbegehung

Um das EA vorzubereiten sind einige Daten des Betriebes erforderlich. Energieverbrauchsdaten der letzten 2-3 Jahre, Energielieferverträge, Pläne des Betriebsgeländes, Umsatz- und Produktionszahlen, eine Liste der Maschinen mit dem höchsten Energieverbrauch, Berichte von bereits durchgeführten EAs etc., bilden die Basis um eine erste Abschätzung der energetischen Ist-Situation zu erhalten. Diese Daten werden von den Betrieben gesammelt und dem Auditor zu einer ersten Analyse zur Verfügung gestellt.

2) Analyse der gesammelten Daten

Um einheitliche Abschlussberichte zu erhalten, sollten die gesammelten Daten in das Software-Tool „ProTool“ (oder „EnSAM-Tool“) eingetragen werden. Darin werden sämtliche Energieverbräuche – eindeutig, falls entsprechende Messungen vorhanden sind - den verursachenden Maschinen oder Anlagen zugeordnet. Die dazu fehlenden Daten können bei der Betriebsbegehung erhoben werden.

3) Betriebsbegehung

Die anschließende Betriebsbegehung dient dem Auditor hauptsächlich dazu, sich ein Bild von verschiedenen Anlagen, Prozessen und des Betriebs im Allgemeinen zu machen. Bei dieser Möglichkeit bietet es sich an die noch fehlenden Daten einzuholen und eventuell verschiedene Messungen vorzunehmen.

4) Erstellen des Energieflussdiagramms

Die grafische Darstellung des Energieflusses erfolgt üblicherweise mit Hilfe des Sankey-Diagramms (siehe Abbildung 17).

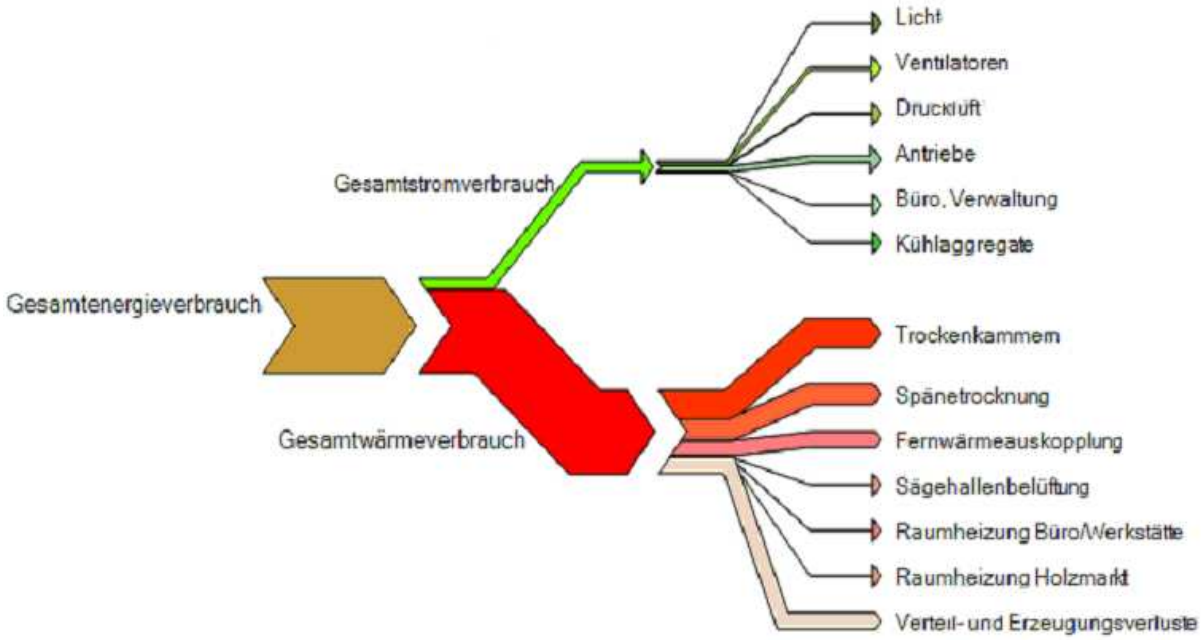

Abbildung 17: Beispiel eines Sankey-Diagramms für eines Energiesystems (Quelle: eigene Darstellung)

5) Identifizieren der Bereiche mit den größten Einsparpotenzialen

Damit nach Abschluss der vorangegangenen Schritte die Bereiche mit den größten Einsparungsmöglichkeiten identifiziert werden können, erhält der Auditor zur Unterstützung, branchenspezifische Kennzahlen, „best practice“-Beispiele, Checklisten, Kennzahlen usw. Diese Unterlagen werden während der Schulungen an die Auditoren verteilt.

6) Erstellen des Abschlussberichts

Die abschließenden Endberichte müssen die erforderlichen Mindestinhalte vorweisen. Damit wird die Vergleichbarkeit der Berichte erleichtert und die Einhaltung eines gewissen Mindeststandard gewährleistet. Diese Mindestinhalte sind in einem Leitfaden, dem „ENGINE Energy Report Template“ beschrieben.

Da Teile des Berichts zur Veröffentlichung geeignet sein müssen, ist eine Einverständniserklärung des Unternehmens notwendig. So können bestimmte Teile des Berichts z.B. als „best-practice“-Beispiele veröffentlicht werden und die erzielten Gesamteinsparungen in die Datenbank des „operating agent“ aufgenommen werden.

3.7 Erfahrungswerte über Umsetzungsquoten von Energieaudits in Österreich

3.7.1 Salzburg

Das Umwelt Service Salzburg (USS) konnte für das Jahr 2007 insgesamt 126 Betriebsberatungen ausführen, wobei ein Großteil der Beratungen im Energiebereich vollzogen wurde. Aber auch Umweltmanagementberatungen und Beratungen zur Verringerung CO_2-Ausstoßes gehören zu den am häufigsten beanspruchten Beratungsservices. In einer anschließenden Evaluierung über die Umsetzungsquote der vorgeschlagenen Energieeinsparungsmaßnahmen, konnte festgestellt werden, dass 50% der befragten Betriebe die vorgeschlagenen Maßnahmen komplett bzw. teilweise umgesetzt haben. Von rund 30% der befragten Unternehmen wurden weitere Investitionen aufgrund der Beratung angegeben wurden. Über die Gründe der restlichen 50% der Betriebe, die keine der vorgeschlagenen Maßnahmen umsetzten, gibt es keine Angaben (vgl. Umweltservice Salzburg, 2007).

3.7.2 Vorarlberg

Von insgesamt 220 Betrieben 100 – in insgesamt 220 Betrieben konnten während der dreijährigen Laufzeit des Programms „Energieberatung für Unternehmen“ Beratungen durchgeführt werden – wurden vom Energieinstitut Vorarlberg, ebenfalls 2007, über die Umsetzungsquote und den erzielbaren Energiekosteinsparungen befragt. Das Ergebnis dieser Befragung zeigt, dass bereits in 54% der beratenen Unternehmen – mit einem Schwerpunkt bei Tourismusbetrieben und Bürogebäuden – Energiespar- oder Effizienzmaßnahmen umgesetzt wurden. Weitere 27% sind bereit, weitere Investitionen in den folgenden Monaten zu tätigen, wenn die entsprechende Planung abgeschlossen ist. Begonnen wird häufig mit der Sanierung der Gebäudehülle, gefolgt von der Modernisierung der Heizungsanlage. Die Energiekosteneinsparungen belaufen sich im Schnitt auf 20%, wobei bereits durch relativ einfache Maßnahmen, wie z.B. das Bewusstsein der MitarbeiterInnen schärfen, oder das Einstellen von Regelungen, dieses Potential ausgeschöpft werden kann (vgl. Energieinstitut Vorarlberg, 2007).

3.7.3 Niederösterreich

Im Rahmen des vom Land Niederösterreich 1999 initiierten Beratungsprojektes „ÖkoManagement“ wurde 2006 eine Evaluierung der beiden Module „Öko-Management“ und „ökologische Betriebsberatung“ erstellt. „Ökomanagement Niederösterreich“ ist eine Initiative des Landes Niederösterreich mit dem Ziel *„ökonomisch verträglichen Klima- und Umweltschutz in Betrieben und öffentlichen Einrichtungen zu stärken.“* Zielgruppe dieses Programms waren einerseits das produzierende Gewerbe und andererseits Gemeinden und Institutionen der Verwaltung. Die Analyse der meist durch telefonische Interviews recherchierten Daten ergab, dass seit Einführung des Projektes insgesamt 647 Maßnahmen in der Datenbank erfasst wurden. Speziell für das Modul „ökologische Betriebsberatung“ ergab die Evaluierung 342 geplante und 18 umgesetzte Maßnahmen, was einer Umsetzungsquote von 8,19% entspricht. Die Maßnahmen beschränken sich hauptsächlich auf technische und organisatorische Maßnahmen. Den Großteil der Maßnahmen (60%) setzten Betriebe mit weniger als zehn MitarbeiterInnen um. Die Amortisationszeit beträgt bei rund zwei Drittel der Maßnahmen weniger als drei Jahre.

Interessant ist auch, dass der Großteil der Maßnahmen (65% der Investitionskosten) darin besteht, die vorhandene Technik auf den „Stand der Technik“ zu bringen, und keine Maßnahmen darstellen, welche „Spitzentechnologie“ benötigen (vgl. Nö Landesregierung, Zugriff am 10.9.2009).

3.7.4 Steiermark

Der Evaluationsbericht der Wirtschaftsinitiative Nachhaltigkeit, ein Programm zur „Steigerung des Unternehmenserfolgs durch nachhaltiges Wirtschaften“, in der Steiermark, zeigt seit dem Programmstart 2003 bis zum Jahr 2008 eine Beteiligung von 768 Betrieben für das gesamte Programm.

Dieses Programm gliedert sich in drei Kernbereiche:

- Kernbereich A - Nachhaltige Unternehmensführung: Ziel ist die Entwicklung von Strategien und die Weiterentwicklung von Kernkompetenzen.
- Kernbereich B - Nachhaltige (Umwelt-) Managementsysteme: hier steht die Etablierung von Umweltmanagementsystemen zur Sicherung des Geschäftserfolgs im Vordergrund.
- Kernbereich C - Produkt- und prozessintegrieter Umwelt- und Klimaschutz: dieser Kernbereich befasst sich mit der Verbesserung des Ressourceneinsatzes in Unternehmen und Organisationen z.B. durch eine Optimierung der Stoffströme oder einer Verbesserung der Energieeffizienz.

Die Zahl der in der "Datenbank der regionalen Programme" erfassten (geplanten oder bereits realisierten) Maßnahmen beträgt 1013. Der Umsetzungsgrad liegt bei 55%, wobei die meisten Maßnahmen in der Programm-Linie „Öko-Check“ (Kernbereich C) gesetzt wurden. Den seit Programmbeginn getätigten Investitionen von 9,1 Mio € stehen Einsparungen von 0,5 Mio € gegenüber. Die deutlichsten monetären Einsparungen liegen im Energiebereich und dort vor allem bei Strom und fossilen Energieträgern vor. Der von den Beratern zu beurteilende Innovationsgrad der Maßnahmen zeigt die zu erwartende Häufigkeit im Bereich „Stand der Technik“. Hinsichtlich der Branchen sind die Maßnahmen sehr breit gestreut. Die größten Investitionen und Einsparungen wurden im Bereich „Stein und Keramik“, bedingt durch die Umsetzung einer einzelnen Maßnahme, erzielt (vgl. Windsperger, 2007).

3.7.5 ENGINE

Erstmalig wurde „ENGINE“ der holzverarbeitenden Industrie im Jänner 2008 in Salzburg vom Fachverband der Holzindustrie vorgestellt. Dabei wurde den Entscheidungsträgern in den Betrieben prinzipielle Möglichkeiten Energieeinsparungen in Sägewerken zu erzielen, gezeigt. Diese Motivations-Veranstaltung war mit rund 40 interessierten Teilnehmern (Betriebe + Energieauditoren) sehr gut besucht. Beim zweiten Treffen im Oktober 2008 nahmen 31 Interessenten teil. Schließlich nahmen am Kickoff-Meeting im März 2009 die Vertreter von neun Pilotbetrieben und sechs Energieauditoren teil. Bei diesem Kickoff-Meeting ging es im Wesentlichen um die Vorstellung der Betriebe und der Berater sowie eine Vorstellung des Tools zur Durchführung der Energieeffizienz-Checks. Am Ende der Veranstaltung mussten sich die Betriebe entscheiden ob sie beim Projekt teilnehmen wollen oder nicht. Es konnten alle anwesenden Betriebe von dem Projekt überzeugt werden. Schließlich wurden bis zur Fertigstellung dieser Arbeit Beratungen in fünf Betrieben durchgeführt.

3.7.6 Zusammenfassung

Zusammenfassend konnte in den betrachteten Regional-Programmen eine durchschnittliche Umsetzungsquote von über 40% festgestellt werden. Die Umsetzungsquote des „ENGINE“-Programms wird erst nach Fertigstellung dieser Arbeit erhoben. In Anbetracht der geringen Anzahl an beratenen Betrieben scheint jedoch bei diesen Unternehmen ein starkes Interesse an der Umsetzung von Maßnahmen vorhanden zu sein.

3.8 Erfahrungswerte über Einsparpotenziale durch Energieaudits

Die genannten Einsparpotenziale wurden durch Interviews mit erfahrenen Energieauditoren recherchiert und spiegeln den aktuellen Stand der Energieeinsparpotenziale in der österreichischen Industrie wieder. Die Angaben über bisher erreichte Einsparpotenziale variieren, abhängig von der Größe des Standortes des Betriebs, zwischen 5-15% bei größeren Standorten und bis zu 20% bei kleineren Standorten. Wobei die Potenziale z.B. in Osteuropa erwartungsgemäß deutlich höher ausfallen (teilweise bis zu 80%).

Zur Ausschöpfung eines Großteils des vorhandenen Potenzials sind vielfach nur einfache Maßnahmen notwendig (z.B.: Verbesserungen der Prozess-Regelung, „good housekeeping“, etc.). Bei Investitionen in die Energieeffizienz werden generell sehr kurze Amortisationszeiten von bis zu zwei (max. drei) Jahren gefordert, andernfalls sind die Chancen auf Umsetzung eher gering.

Laut österreichischem „SAVE-Country Report“ vom Juli 2002 sind in bestimmten Branchen bis zu 55% möglich (siehe Tabelle 1).

Branche	Energieeinspar-potenzial	Energiekosten-einsparpotenzial	Amortisationszeit
Metallindustrie	25%	20% (6 - 53%)	k.A.
Ziegel und Keramik	11%	30%	4,4 Jahre im Schnitt
Brauerein	5-20%	10-25%	k.A.
Kunststoff	5-20%	5-30%	k.A.
Lebensmittel	35-55%	9.5%	k.A.
Holzindustrie	10%	20%	k.A.
Tischlerein	5-25%	15%	k.A.

Tabelle 1: Einsparpotenziale ausgewählter Industriebranchen in Österreich (Quelle: Starzer, 2002, S.14)

4 Die österreichische Holzindustrie

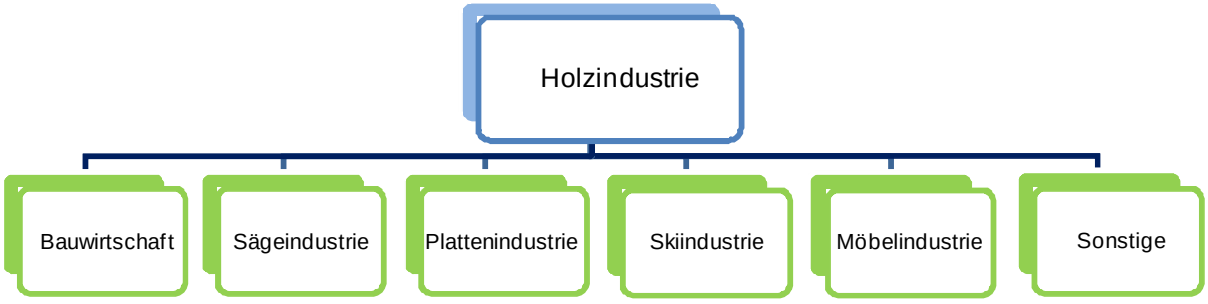

Abbildung 18: Übersicht der Industriezweige in der österreichischen Holzindustrie (Quelle: WKÖ, 2009)

Zur österreichischen Holzindustrie zählen laut Wirtschaftskammer Österreich die Sparten Sägeindustrie, Baubereich (Produktion von Fenstern, vorgefertigten Häusern aus Holz, Türen, Holzfußböden, Leimbauteilen, Lamellenholz), Möbelindustrie, Holzwerkstoffindustrie und Skiindustrie. Die Holzindustrie zählt im Jahr 2008 1.556 aktive Betriebe (davon sind etwa 1200 Sägewerke) mit 30.927 Beschäftigten (siehe Abbildung 19 und Abbildung 20). Die Sägewerke mit rund 10.000 Beschäftigten sind hinter den Tischlereien der zweitgrößte Arbeitgeber in der Forst- und Holzwirtschaft (vgl. WKÖ, 2009).

Verteilung der Mitarbeiterstruktur in der österreichischen Holzindustrie

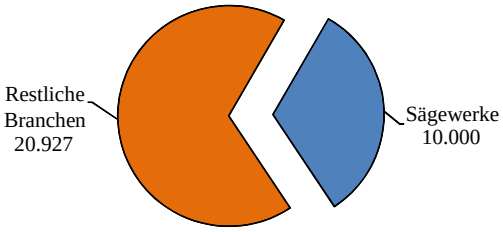

Abbildung 19: Übersicht über die MA-Verteilung in der ö. Holzindustrie, 100% = 30.927 Mitarbeiter

Verteilung der Betriebsstruktur der österreichischen Holzindustrie

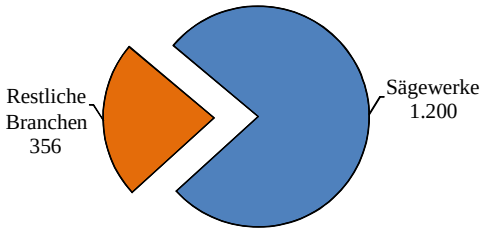

Abbildung 20: Übersicht über die Betriebsstruktur in der ö. Holzindustrie, 100% = 1.556 Betriebe

Der Großteil der Betriebe der Holzindustrie hat eine mittelbetriebliche Struktur und befindet sich fast ausschließlich in privater Hand, Familienbetriebe sind die Regel. Bezogen auf die Anzahl der Arbeitsplätze nimmt die Sägeindustrie rund ein Drittel der Holzindustrie ein.

Über 90% des heimischen Holzeinschlags werden in Österreich selbst verarbeitet oder energetisch verwertet. Rund 60% der in Österreich erzeugten Holzprodukte gehen in den Export. Damit ist Österreich der fünft größte Schnittholzexporteur der Welt. Für die Sägeindustrie ist vor allem Italien als Absatzmarkt besonders wichtig.

Der schon seit Jahren andauernde Konzentrationsprozess hat in der österreichischen Holzindustrie dazu geführt, dass sehr wenige Großbetriebe den Großteil des Einschnitts übernehmen. Im Jahr 1955 gab es österreichweit noch rund 5.400 Sägewerke, die insgesamt etwa halb so viel Festmeter Rundholz wie heute einschnitten. Seit damals erfolgte eine markante Verlagerung der Produktion auf Großbetriebe über 100.000 Festmeter Jahreseinschnitt (siehe Abbildung 21). Die zehn größten Betriebe produzieren rund 65% der Gesamtmenge (vgl. WKÖ, 2009).

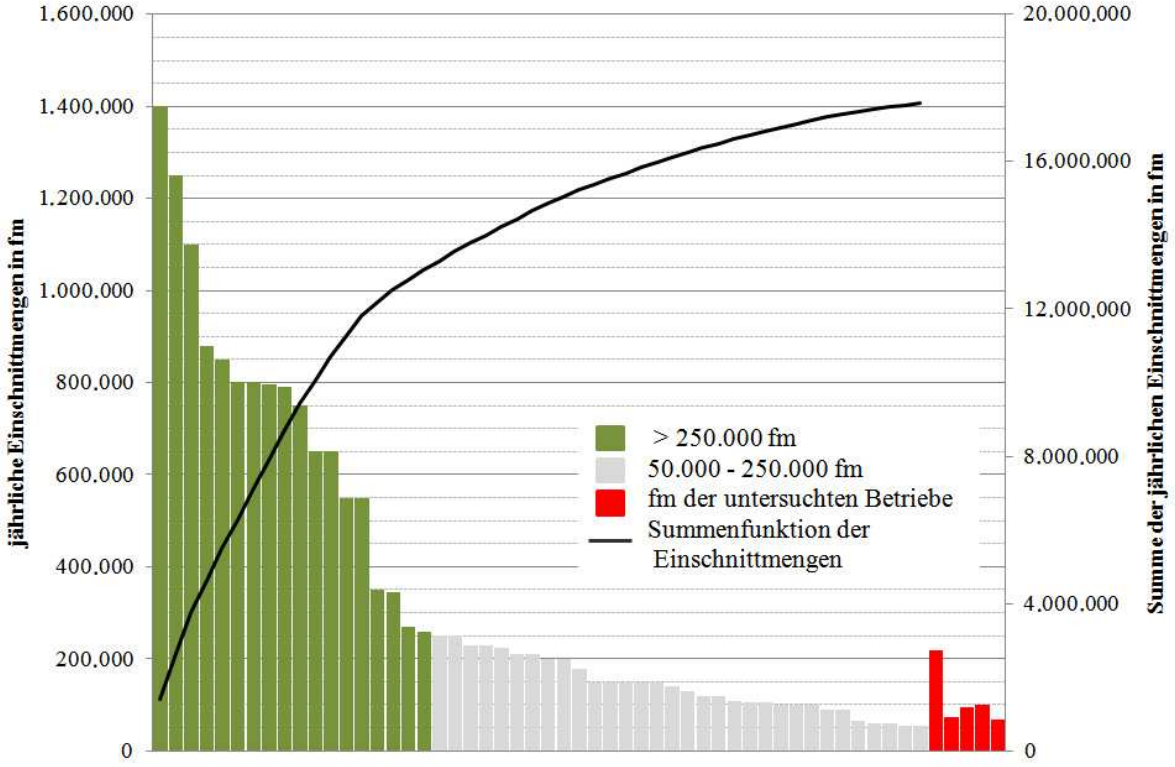

Abbildung 21: Größenstruktur der heimischen Sägewerk-Branche, dargestellt sind die 50 größten Betriebe mit einer Jahreseinschnittmenge größer 50.000 fm, sowie die untersuchten Betriebe und die Summenfunktion der Gesamteinschnittmenge (Quelle: Lang, 2009)

Die Sägeindustrie ist der größte Holzverarbeiter innerhalb der gesamten Holzwirtschaft in Österreich. Im Jahr 2008 wurden rd. 18,0 Mio. fm Rundholz eingeschnitten (vgl. Abbildung 21) und die Schnittholzproduktion in Österreich betrug 10,8 Mio. m³. Gemessen an der Produktion sind die wichtigsten Sparten neben der Sägeindustrie noch der Baubereich, die Möbelindustrie, die Plattenindustrie und die Skiindustrie (vgl. WKÖ 2009).

Im Gegensatz zur Einteilung der Wirtschaftskammer Österreich in Branchenbereiche unternimmt Statistik Austria eine tätigkeitsbasierende Klassifikation. Die holzverarbeitende Industrie umfasst in dieser Klassifikation die Bereiche Säge-, Hobel- und Holzimprägnierwerke, Furnier-, Sperrholz-, Holzfaserplatten- und Holzspanplattenwerke sowie die Herstellung von Konstruktionsteilen, Fertigbauteilen, Ausbauelementen und

Fertigteilbauten aus Holz, die Herstellung von Verpackungsmitteln und Lagerbehältern aus Holz und die Herstellung von Holzwaren anderweitig nicht genannt sowie von Kork-, Flecht- und Korbwaren.

Laut Auskunft der Statistik Austria lässt sich diese Tätigkeitsklassifikation nicht eindeutig den einzelnen Branchenbereichen der Wirtschaftskammer zuordnen[12].

[12] Gespräch mit Herrn Wolfgang Bittermann von der Statistik Austria am 8.9.2009

5 Stand der Technik in Sägewerken sowie Einsparpotenziale und -maßnahmen für die verschiedenen Produktions- bzw. Infrastrukturbereiche

In diesem Kapitel wird der heutige Stand der Technik in Sägewerken in den einzelnen Produktionsschritten erläutert und anhand von Kennzahlen ein mögliches Vergleichskriterium zur Energieeffizienzbewertung aufgezeigt. Abschließend werden wichtige spezifische Zielwerte für Sägewerke zusammengefasst. Bevor auf die technische Ausstattung eines Sägewerks eingegangen wird, soll kurz der Produktionsprozess eines Betriebes dargestellt und beschrieben werden (vgl. Abbildung 22).

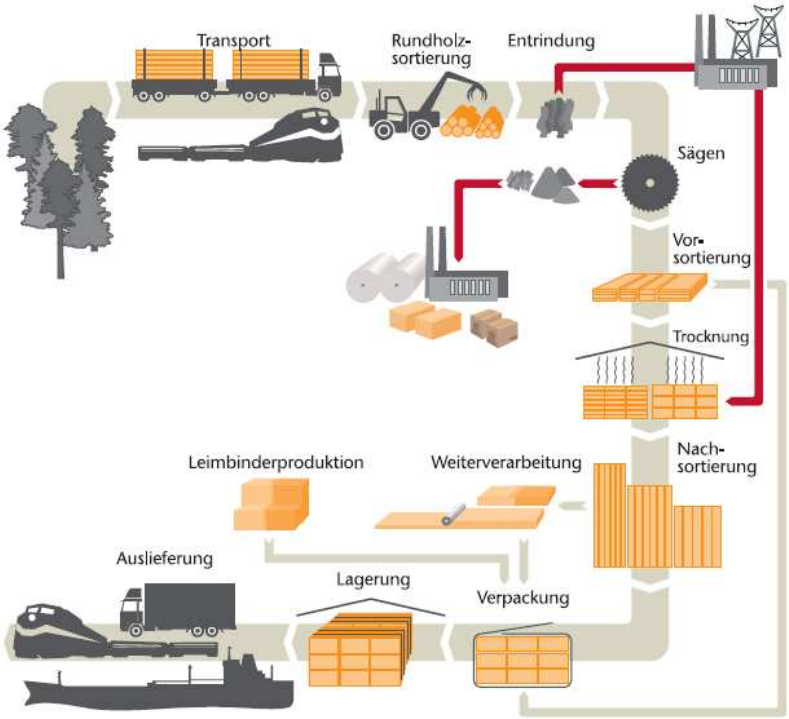

Abbildung 22: Produktionsablauf des Sägewerks Stora Enso Ybbs (Quelle: Stora Enso, 2007)

5.1 Allgemeines

Die Rundholz-Anlieferung erfolgt mittels Eisenbahn, LKW oder Schiff. Bevor das Rundholz zur Säge gelangt, wird es entrindet und nach Qualität, Länge, Durchmesser und Holzart sortiert. Der Einschnitt erfolgt auf Zerspanerlinien. Die anfallenden Bretter werden nach Qualität sortiert und paketiert. Ein Großteil des Schnittholzes wird technisch getrocknet und kommt anschließend in die Weiterverarbeitung. Je nach Kundenwunsch wird das Holz gehobelt und zu Leimbindern verarbeitet. Die anfallende Rinde wird zur Energieerzeugung in den Heizkraftwerken benötigt. Produziert wird Wärme und fallweise Strom, wobei die Wärme für die Beheizung der Trockenkammern im Sägewerk verwendet wird.

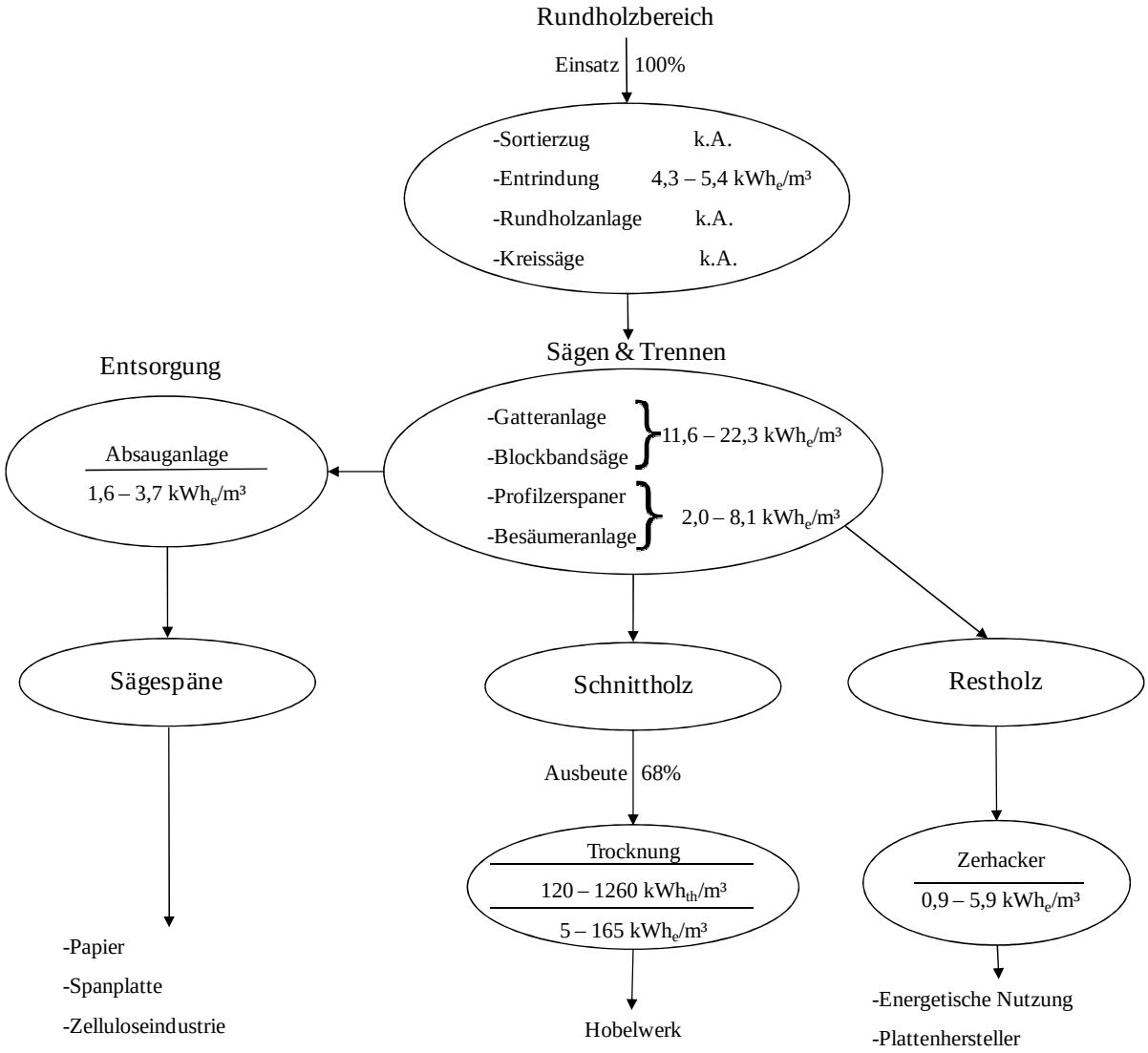

Abbildung 23: Produktionskette in Sägewerken mit durchschnittlichen Energieverbrauchs-werten bezogen auf einen Kubikmeter Einschnitt (Quelle: Albert, et al., 2002, S.33)

In Sägewerken werden die aus den Forsten angelieferten Stämme zu Brettern, Kanthölzern und Leisten verarbeitet. Die Abbildung 23 zeigt die Bearbeitungsschritte im Sägewerk, daraus ist zu erkennen, dass

- die höchsten Energieeinsätze in der Holztrocknung und dem Haupt- und Nachschnitt gefordert werden und
- die spezifischen Energieeinsätze für alle Anwendungen einer breiten Streuung unterliegen.

Die Hauptursachen für die breite Streuung liegen in

- der Holzart
- der Holzfeuchte
- der Betriebsweise (Bedarfsregelung) und
- den angewandten Säge- und Trocknungsverfahren (vgl. Albert, et al., 2002).

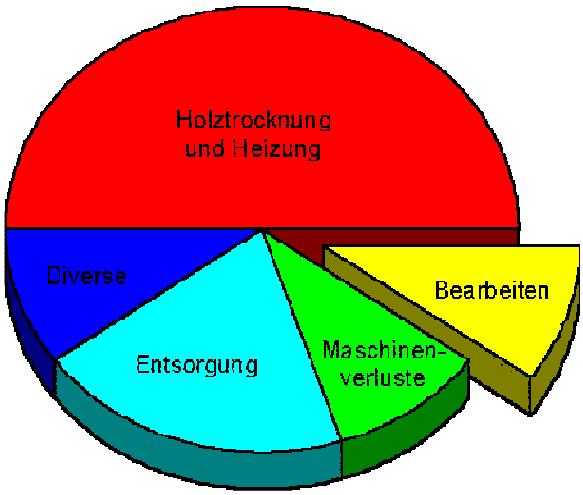

Abbildung 24: Typischer Stromverbrauch bei holzverarbeitenden Betrieben (Quelle: Gloor Engineering, 1996, S.12)

In Abbildung 24 wurden die Stromverbraucher der Sägewerke in die Bereiche Trocknen, Sägerei, Entsorgung und Diverse unterteilt. Die eigentliche Holzbearbeitung (Bearbeitung + Maschinenverluste), also das entrinden, besäumen und sägen, nimmt nur etwa 20% des Gesamtstromverbrauchs ein. Zieht man die 10% Maschinenverluste ab, bleiben für den eigentlichen Prozess nur rund 10% übrig. was auf ein erhebliches Einsparungspotenzial hindeutet.

Die meisten Sägewerke haben auch ein Hobelwerk am Standort sowie ein Heizwerk, wo vor allem die anfallende Rinde und Sägenebenprodukte (vgl. Anhang B), die sich nicht für den Weiterverkauf eigenen, innerbetrieblich einer thermischen Nutzung zugeführt werden. Die produzierte Energie wird für die Holztrocknung in den Trockenkammern verwendet. Die Sägenebenprodukte sind daher bei den Energiekosten kaum erfasst. Das Hauptaugenmerk der vorliegenden Arbeit liegt deshalb auf den Einsparmöglichkeiten bei den anfallenden Stromkosten.

Die Hauptverbraucher der elektrischen Energie liegen wie in Abbildung 24 zu erkennen ist, im Bereich der Holztrocknung (Trockenanlagen) und der Entsorgung (Absauganlagen), daher wird im nachfolgenden Teil auf diese Bereiche vertiefend eingegangen.

5.2 Aufbau eines Sägewerks

Im folgenden Kapitel sind die Produktions- und Infrastrukturbereiche zusammengestellt, kurz beschrieben und dazu einige Kennwerte angegeben.

Ein Sägewerk gliedert sich grundsätzlich in die Hauptbereiche

- Rundholz,
- Sägen und Trennen und
- Schnittholzplatz (Sortierung & Paketierung).

Zusätzlich gibt es

- Holztrocknungsanlagen
- Entsorgungsanlagen
- Druckluftanlagen
- Hackanlagen
- Wärmeerzeugung und -verteilung
- Dämpfkammern
- Holzschutzanlagen
- Schärf- und Schränkeinrichtungen
- Weiterverarbeitende Gewerke (z.B. Hobelwerke, Leimwerke)

In weiterer Folge werden zu erst die drei Hauptbereiche besprochen, danach die beiden Bereiche Entsorgung sowie Holztrocknung, und nachfolgend nichtsägewerkspezifische Bereiche und Anlagen, welche unter dem Sammelbegriff Querschnittstechniken zusammengefasst werden.

Die folgenden Leistungsangaben entsprechen den in den untersuchten Betrieben typischen Größenordnungen der Anlagen. Bei größeren Betrieben werden oft anstatt einer Anlage die Verarbeitungsschritte parallel von mehreren Anlagen gleichzeitig ausgeführt.

5.3 Rundholzbereiche

Die Aufgaben des Rundholzbereichs bestehen aus der Lagerung, Entrindung, Vermessung und Sortierung des Holzes. Die Anlagen des Rundholzbereichs umfassen den Sortierzug, die Kreissäge, die Entrindestation und die Rundholzanlage.

- Sortierzug: Die durchschnittliche Leistungsaufnahme beträgt 20 kW im Betrieb und zwischen 6 und 17 kW im Leerlauf. Moderne Hydraulikaggregate schaffen eine *Leerlaufleistung von 4 kW*. Gesteuert wird der Sortierzug über den Maschinisten, der für bedarfsgerechtes Ein- und Ausschalten verantwortlich ist. Die Untersuchung ergab für prozesseffiziente Betriebe eine *Produktivität von 12 fm/h*. Aus den genannten Daten lässt sich eine Einsparmöglichkeit durch die Reduzierung der Leerlaufzeiten ableiten.

- Kreissäge: Die Anschlussnennleistungen des Hauptantriebs der Kreissäge – auch Kappsäge genannt – betragen in meist über 100 kW. Die Steuerung erfolgt durch den Maschinisten, der für bedarfsgerechtes Ein- und Ausschalten verantwortlich ist.

- Entrindestation: Wie auch beim Sortierwagen ergeben sich die Verluste hauptsächlich aus übermäßigem Leerlaufbetrieb der Antriebe. Deshalb wird auch hier ein Abstellen der Maschinen schon bei Pausen unter einer Minute empfohlen.

- Rundholzanlage: Die Rundholzanlage, bestehend aus einer leistungsstarken Rundholzfördereinrichtungen, verursacht durch die Automatisierung einen geringen Stromverbrauch.

5.4 Sägen und Trennen

In der Sägehalle werden die Holzstämme zu Schnittholz weiterverarbeitet. Der Punkt Sägen und Trennen umfasst die Antriebe der Gatteranlage, der Blockbandanlage, Spanerlinie und Kreissäge und die Längskreissäge (Besäumer). Das Rundholz wird durch die verschiedenen Anlagen zu Bauholz, Normware, Brettern, usw. geschnitten.

- Gatteranlage: Mit Hilfe der Gattersäge werden Bauhölzer (Gerüstbretter, Holz für Dachstühle, usw.) erzeugt. Das Rundholz wird dabei durch mehrere parallele Sägeblätter aufgeschnitten. Bei der Gatteranlage können die Stämme Stoß an Stoß durchlaufen, wenn nichts klemmt. Die Projektbetriebe schaffen dabei durchschnittlich einen *Durchsatz von 8 fm/h*. Der Durchschnittswert der *Leerlaufleistung* beträgt 19 kW – bei einer Anschlussnennleistung von ca. 160 kW – und sollte bei neuen Modellen bei rund *8 kW* oder weniger liegen. Bei der Untersuchung nach Gloor Engineering, konnte festgestellt werden, dass es zu Leerlaufzeiten kommt welche unnötige Energiekosten verursachen.

- Blockbandanlage: Blockbandsägen werden für große Durchmesser und individuellen Einschnitt genutzt. Der Zielwert der Blockbandsägen wird mit *4 fm/h* vorgeschlagen. Bei der *Leerlaufleistung* sollte ein Wert von ca. *6 kW* – Anschlussnennleistung ca.130 kW – angestrebt werden. Durch die große bewegte Masse dauert der Hochlauf relativ lange. Mit Hilfe eines Frequenzumrichterantriebs könnte die Bandsäge in den Pausen langsamer gestellt werden, was die Lebensdauer der Sägebänder erhöht. Auch wäre es möglich die Geschwindigkeit der Holzart oder der Temperatur anzupassen.

- Profilzerspaneranlage und Kreissäge: Die Profilzerspaneranlage erzeugt Normware bis ca. 6 m Länge (Dachlatten, usw.). Die Antriebe in dieser Anlage besitzen eine sehr hohe Nennleistung, ca. 110 kW, jedoch auch eine sehr geringe *Leerlaufleistung* von rund *3 kW*.

- Besäumeranlage: Unter Besäumen versteht man das Abtrennen der gesamten oder wesentlicher Teile der Rindenzone und angrenzender Teile des Holzkörpers von Brettern mit Hilfe einer Säge. Der vorgeschlagene Zielwert für die *Leerlaufleistung* beträgt bei dieser Anlage *3 kW*. Es bietet sich weiters an, bei Unterbruch der vorgelagerten Maschinen den Besäumer sowie die zugehörigen Förderungseinrichtungen automatisch abzustellen, da der Hochlauf bei den untersuchten Maschinen nur wenige Sekunden dauerte (vgl. Gloor Engineering, 1996, S.13ff).

Mögliche Einsparungsmaßnahmen für die elektrischen Antriebe der Bereiche Rundholz, Sägen und Trennen

Zusätzlich zu den bereits genannten sind hier noch weitere Vorschläge für mögliche Einsparungsmaßnahmen angeführt. Die Vorschläge stammen hauptsächlich aus den Beratungsberichten der Energieauditoren und haben allgemein für elektrische Antriebe Gültigkeit.

- Reduktion der Gerätelaufzeit
- Laufender Umbau mit Frequenzumrichter zur Drehzahlregelung
- Einsatz von Riemen mit hoher Effizienz
- Inventur der Effizienzklassen aller Motoren mit einer Anschlussleistung größer 1kW
- Sukzessiver Ersatz alter Motoren durch Motoren der höchsten Effizienzklasse
- Ausblasen, Reinigen, Servicieren gegen Überhitzung, Schmutz und Feuchtigkeit
- Zweimal jährliche herstellerkonforme Schmierung zur Vorbeugung von Lagerversagen

5.5 Schnittholzplatz

Am Schnittholzplatz werden die Bretter aus dem Sägewerk nach Länge und Qualität und eventuell gewünschten weiteren Verarbeitungsschritten sortiert und automatisch gestapelt. Die von großen Sortieranlagen gehobenen und gesenkten Bünde können ein Gewicht von mehreren Tonnen erreichen. Die Sortieranlagen verursachen trotz der Vielzahl an Motoren aufgrund des hohen Automatisierungsgrades keinen wesentlichen Energieverbrauch. Aus diesem Grund wird auf diesen Bereich in der Literatur nicht näher eingegangen.

5.6 Entsorgung-Absauganlagen

5.6.1 Allgemeines

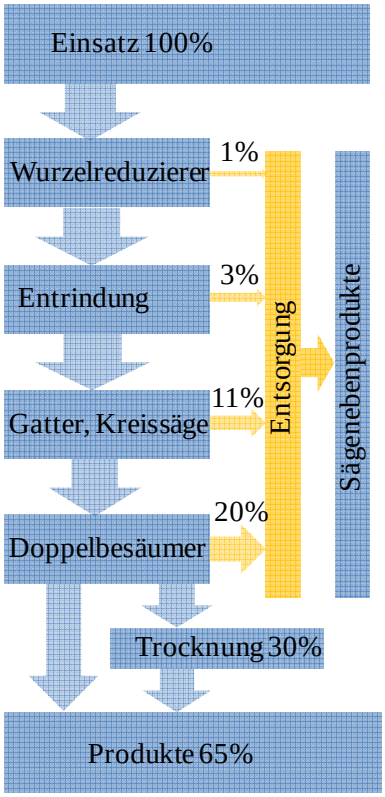

Abbildung 25: Materialfluss mit branchenüblichen Materialmengen [Quelle: WKOÖ, S.2]

Es wurde festgestellt, dass der Anteil der Entsorgung (Absauganlagen, Förderbänder, usw.) am Gesamtstromverbrauch dieselbe Größenordnung besitzt wie der Anteil der Hauptmaschinen (Sägen, Spaner, Besäumer, usw.). Deshalb ist es gerade in diesem Bereich mit relativ geringem Aufwand möglich, durch ein gutes Entsorgungskonzept mit kurzen Wegen, großzügigen Puffern, energieeffizienten Komponenten und einer optimierten Steuerung das volle Einsparungspotenzial auszuschöpfen. Der Grund für den verhältnismäßig großen Stromverbrauch liegt sehr oft in der Überdimensionierung der Anlagen.

Kratzförderer und Förderbänder etwa, sind oft auf die fünf-zehnfache tatsächlich anfallende Schüttgutmenge ausgelegt, um Verstopfungen zu vermeiden. Da die Reibungsverluste mit steigender Geschwindigkeit zunehmen, wäre es sinnvoll die Maschine entweder nur unter Volllast zu betreiben, oder die Geschwindigkeit mittels Frequenzumrichter an die Erfordernisse anzupassen. Auch Vibrorinnen, Hacker und Siebe sind häufig stark überdimensioniert, hier würde sich ebenfalls eine Pufferung, oder mindestens eine automatische Abschaltung anbieten um Energie einzusparen (vgl. Gloor Engineering, 1996).

Um die Gesundheitsgefährdung der Beschäftigten und Anrainer auszuschließen, sind Absauganlagen in der Holzindustrie vorgeschrieben. Ihre Aufgabe ist es, die Luft von Staub und Späne, sowie von Schadstoffen aus der Lackierung zu befreien. In Abbildung 26 ist das Prinzip einer einfachen Absauganlage dargestellt.

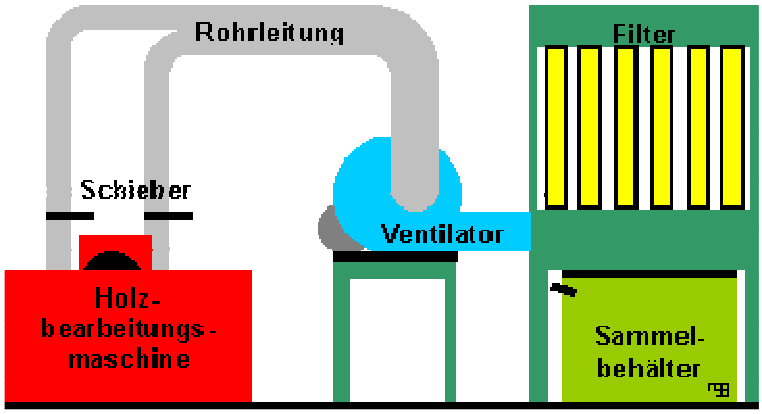

Abbildung 26: Prinzip einer einfachen Absauganlage[13]

Die Ventilatoren der Absauganlagen werden elektrisch angetrieben. Absauganlagen benötigen oft mehr Energie als die angeschlossene Maschine. Zudem verfügen sie über einen schlechten Wirkungsgrad. Damit die vom Verband Deutscher Maschinen und Anlagenbauer (VDMA) empfohlene *Luftgeschwindigkeit im Absaugstutzen von 20-28 m/s* erreicht wird, ist eine sehr hohe Leistung erforderlich. Zur Veranschaulichung: Um eine Absaugleistung von 10 kW zu erreichen ist (abhängig vom Ventilatortyp) eine Antriebsleistung von ca. 18 kW erforderlich, hocheffiziente Ventilatoren benötigen dagegen nur 12 kW. Daher zählen die Absauganlagen neben den Trockenkammern zu den größten Verbrauchern an elektrischer Energie in den Sägewerken (vgl. Albert, 2003).

Wie im Folgenden gezeigt wird, stellen Absauganlagen in den untersuchten Betrieben keine wesentlichen Verbraucher dar. Da die Installation von Absauganlagen verpflichtend ist, muss davon ausgegangen werden, dass sie in jedem Betrieb vorhanden sind. Es sei jedoch angemerkt, dass nicht sämtliche diesbezügliche Daten von den Energieauditoren erfasst wurden.

[13] Quelle: http://www.energie.ch/themen/industrie/infel/spaeneabsaugung.htm

5.6.2 Anlagensysteme

Absauganlagen lassen sich folgendermaßen unterteilen:

- Entstauber

Bei Entstaubern handelt es sich um kleine Kompakteinheiten mit einem maximalen Volumenstrom von 6.000 m³/h.

- Einzelabsaugung

Die Einzelabsaugung zeichnet sich dadurch aus, dass jede Maschine mit einem Ventilator ausgerüstet und über Rohrleitungen mit einem Abscheidesystem verbunden ist. Der Vorteil dieses Systems liegt in der guten Regelbarkeit und den kurzen Einschaltzeiten.

- Zentralabsaugung

Im Gegensatz zur Einzelabsaugung werden die einzelnen Maschinen bei der Zentralabsaugung über Stichleitungen mit einem zentralen Ventilator verbunden. Die Ventilatorauslegung erfolgt nach dem maximal zu erwartenden Gleichzeitigkeitsfaktor. Die einzelnen Stichleitungen können nach Bedarf ab- oder zugeschaltet werden. Vorteilhaft wirken sich bei dieser Variante die niedrigeren Investitionskosten im Vergleich zur Einzelabsaugung aus.

- Gruppenabsaugung.

Ein Kompromiss aus den beiden genannten Systemen stellt die Gruppenabsaugung dar. Dabei werden die einzelnen Maschinen zu zweckmäßigen Gruppen zusammengefasst und über einen zentralen Ventilator abgesaugt.

5.6.3 Erfassung

Um die optimale Erfassung des Fanggutes zu gewährleisten, ist es erforderlich, sofern das aus konstruktionstechnischer Sicht möglich ist, dass der Fänger das Werkzeug möglichst eng umschließt. Dadurch wird eine optimale Saugwirkung garantiert.

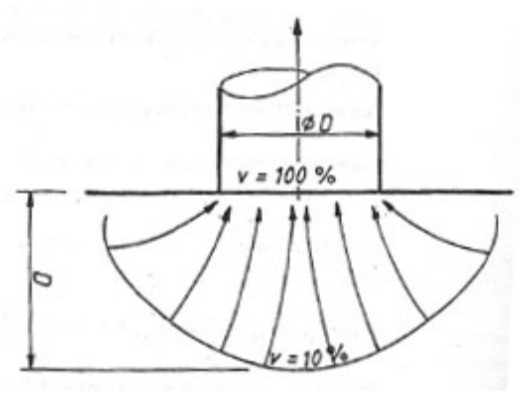

Abbildung 27: Geschwindigkeitsabnahme vor einem Saugstutzen (Quelle: VDMA 24179-2, S.6)

Wie aus Abbildung 27 zu erkennen ist, nimmt die Saugleistung schon bei geringen Abständen deutlich ab und beträgt bei einer Entfernung die dem Durchmesser der Ansaugöffnung entspricht nur noch 10%. Über Gestaltungshinweise der Fänger gibt das VDMA-Einheitsblatt 24179 Teil 2 Auskünfte (vgl. Albert, 2003).

5.6.4 Ventilatoren

In der holzbearbeitenden- und verarbeitenden Industrie werden zwei Absaugtechniken unterschieden: die Reinluft- oder Unterdruckanlage sowie die Rohluft- oder Überdruckanlage.

Bei ***Rohluftanlagen*** (siehe Abbildung 28) ist der Ventilator zwischen den Holzbearbeitungsmaschinen und dem Entstauber oder der Filteranlage zu finden. Die Holzbearbeitungsmaschine saugt durch den Ventilator die mit Spänen und Staub verunreinigte Luft (Rohluft) an, die anschließend in den Entstauber bzw. die Filteranlage gedrückt wird. Der Entstauber bzw. die Filteranlage stehen dabei unter Überdruck, daher auch der Name Überdruckanlagen. Im rohluftseitigem Bereich muss das Laufrad des Ventilators sehr offen gebaut sein, weil dieser ständig von Staub und Spänen passiert wird; größere Stücke müssen durch das Laufrad transportiert werden, ohne dass sich Fremdkörper im Ventilator verkeilen können. Aufgrund des ständigen Aufpralls von Spänen und Staub entsteht hoher Verschleiß am Laufrad, der Wirkungsgrad fällt im Vergleich mit einem Reinluftventilator deutlich ab.

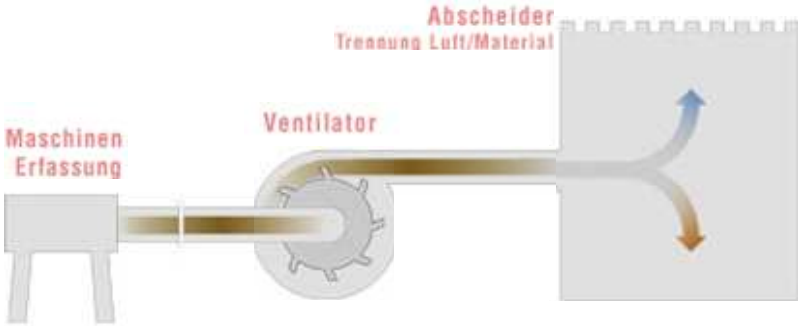

Abbildung 28: Prinzip einer Rohluftanlage[14]

Bei ***Reinluftanlagen*** (siehe Abbildung 29) befindet sich der Ventilator hinter dem Filter. Die mit Staub und Spänen beladene Luft wird durch den Filter angesaugt und gereinigt bevor sie den Ventilator passiert. Dabei steht das Gehäuse des Entstaubers oder der Filteranlage unter Unterdruck, daher auch der Name Reinluftanlagen oder Unterdruckanlagen. Das Filterprinzip der Unterdruckanlage funktioniert nur mit einem vollständig umhausten Filter. Diese aufwendigere Konstruktion führt zu höheren Produktionskosten. Bei Undichtheiten wird die umgebende Luft zum Druckausgleich in den Filterraum hinein gesaugt, es kann also kein Staub nach außen dringen.

Da der Ventilator nur mit der Luft in Berührung kommt, sollten ausschließlich Hochleistungsventilatoren mit geschlossenen Laufrädern zum Einsatz kommen, die Wirkungsgrade von ca. 0,85 erreichen[15].

[14] Quelle: http://www3.al-ko.de/lufttechnik/absaugtechnik/produkte/reinluft_rohluft.html#

[15] vgl. http://www3.al-ko.de/lufttechnik/absaugtechnik/produkte/reinluft_rohluft.html#

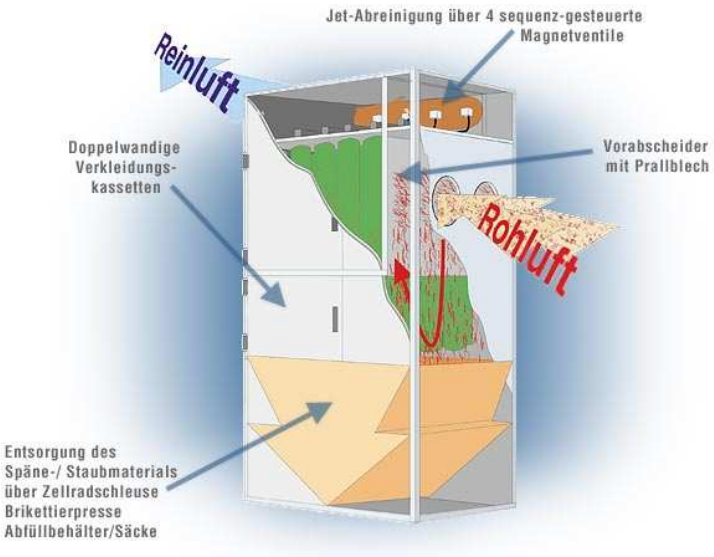

Abbildung 29: Prinzip der Reinluftanlage[16]

5.6.5 Filteranlagen

Für den Einsatz in der holzverarbeitenden Industrie steht eine Vielzahl unterschiedlicher Filteranlagen zur Verfügung. Die Auslegung des Filtertyps wird durch den jeweiligen Anwendungsfall bestimmt. Unabhängig davon sollten einige grundlegende Aspekte berücksichtigt werden:

- Den Filter so nahe wie möglich an die Absaugstelle bringen.
- Die Rohre sollten kurz und krümmungsfrei sein.
- Große Filter führen zwar zu höheren Investitionen, jedoch ergeben sich dadurch die Vorteile des geringeren Druckabfalls und der höheren Standzeit (vgl. Albert, 2003).

5.6.6 Abtransport von Staub und Spänen

Das ausgefilterte Material muss einem Silo zugeführt werden, wobei die Auswahl des Transportsystems wesentlich von der zu transportierenden Menge, der Beschaffenheit (Staub lässt sich anders befördern als grobe Späne oder Hackschnitzel) und vom Transportweg abhängt. Ist zwischen Silo und Filter nur ein kurzer, gerader Förderweg zu überwinden, sollten energieeffiziente mechanische Förderer eingesetzt werden, wie z.B. Vibrorinnen, Schnecken oder Förderbänder.

[16] http://www3.al-ko.de/lufttechnik/absaugtechnik/produkte/reinluft_rohluft.html#

Pneumatisch betriebene Ringleitungen kommen bei Entfernungen bis ca. 100 m zum Einsatz. Über so genannte Zentralschleusen wird das Material in den Ring eingeschleust, der mit dem Silo verbunden ist. Ab 100 m bis ca. 150 m Entfernung werden Einrohrsysteme eingesetzt. Dabei wird das Material entweder ebenfalls über Zentralschleusen in den Ring eingeschleust, oder direkt aus der Filteranlage abgesaugt. Ab einer Entfernung von über 150 m ist der Einsatz von pneumatischen Mitteldruckanlagen zu empfehlen. Wobei der Förderluftstrom von einem Verdichter extra erzeugt werden muss und nicht mit Rohluft (inkl. Absaugmaterial) in Berührung kommen darf.

Eine effiziente und innovative Form des Abtransports stellt die Kombination einer Brikettpresse mit angeschlossenem mechanischem Briketttransport dar. Staub und Späne werden ohne Zusatz von Bindemittel zusammengepresst und können so über ein mechanisches Fördersystem zu verschiedenen Weiterverarbeitungsstellen, Containern oder zur Heizungsanlage transportiert werden (vgl. Albert, 2003).

5.6.7 Mögliche Einsparungspotenziale und -maßnahmen

Wie sich aus dem vorher genannten Eigenschaften der Absauganlagen leicht ableiten lässt, birgt auch die Drehzahlregelbarkeit bei allen Anlagenkonzepten ein hohes Einsparpotenzial. Vor allem, wenn man die Leistungsaufnahme eines Ventilators betrachtet, diese steigt mit der dritten Potenz der Drehzahl, d.h. bei einer 10%-igen Drehzahlsteigerung nimmt gleichzeitig die Leistungsaufnahme um 33% zu. Auch bei Ventilatoren ohne Drehzahlregelung lässt sich, über eine Steuerung der Leistung durch Schieber, bei gedrosseltem Betrieb eine verminderte Leistungsaufnahme von 80% gegenüber dem ungedrosselten Betrieb feststellen. Eine gute Regelbarkeit stellt überdies sicher, dass nicht mehr temperierte Hallenluft als notwendig abgesaugt wird.

In vielen Fällen wird die abgesaugte Luft nicht genutzt und geht als Abwärme an die Umgebung verloren. Es gibt mehrere Möglichkeiten Abwärme bei Absauganlagen zu nutzen. Eine Möglichkeit wäre die Rückführung eines Teils der abgesaugten Luft in den Absaugbereich der holzbearbeitenden Maschine, wodurch dem Fertigungsbereich nur ein relativ geringer Teil der erwärmten Luft entzogen würde. Eine weitere Möglichkeit bietet auch der Einsatz eines Wärmetauschers (vgl. Albert, 2003).

5.7 Holztrocknungsanlagen

5.7.1 Allgemeines

Die Holztrocknung ist ebenfalls eine sehr energieintensive Bearbeitungsstufe, je nach Produktionsschwerpunkt werden bis zu 40% (bei elektrischer Beheizung der Trockenkammer bis zu 90%) des Gesamtverbrauchs an elektrischer Energie für die Holztrocknung aufgewendet. Trotz der relativ kleinen Motoren – ca. 4 kW Anschlussnennleistung – für die Ventilatoren, ergibt sich aufgrund der sehr intensiven Nutzung der Trockenkammern von bis zu 8.400 Stunden im Jahr ein hoher Verbrauch.

Das frisch geschnittene Holz besteht aus bis zu 2/3 Wasser, das in den Zellwänden gespeichert ist. Ziel kontrollierter Trocknungsverfahren ist die Erreichung der Verwendungsfeuchte des Holzes. Diese liegt meist zwischen 10% und 15% bezogen auf das Gewicht des darrtrockenen Holzes. Die Holztrocknung erfolgt während der Holzverarbeitung entweder durch Freilufttrocknung (nur noch selten) oder durch technische Trocknung mittels thermischer Verfahren (Verdunstung, Verdampfung). Unabhängig vom jeweiligen Trocknungsverfahren hängt die Holztrocknung außerdem von der Holzart, der Ausgangsfeuchte, der Brettstärke und der gewünschten Restfeuchte ab.

Die Trocknung erfolgt in drei Stufen:

- Stufe 1: Das freie Wasser an der Oberfläche wird verdunstet.
- Stufe 2: Von der Holzoberfläche wandert die Verdunstungszone ins Holzinnere. Stufe 2 ist abgeschlossen, wenn die feuchteste Stelle gerade noch Fasersättigung aufweist.
- Stufe 3: Der Dampfdruck[17] ist in der Holzfaser noch höher als in der Umgebung. Die Trocknungsgeschwindigkeit nimmt in dieser Stufe deutlich ab (vgl. Trübswetter, 2006).

5.7.2 Natürliche Trocknung/Freilufttrocknung

Die natürliche Trocknung ist physikalisch eine Konvektionstrocknung. Dabei wird das Holz durch Lagerung im Freien oder in offenen Schuppen unter Dach ordnungsgemäß gestapelt dem örtlichen Klima ausgesetzt. Dadurch werden die Trocknungszeit und die erreichbare Restfeuchte von der Jahreszeit, der mittleren Temperatur, der mittleren Windgeschwindigkeit abhängig. Aufgrund der klimatischen Gegebenheiten sind Restfeuchten unter 15% praktisch

[17] Der Dampfdruck ist stoff- und temperaturabhängiger Gasdruck. Der Dampfdruck entspricht dem Gasdruck des Dampfes bei konstanter Temperatur. Aus den Dampfdruckdaten ist ersichtlich, wie viel Druck mindestens erforderlich ist, um Wasserdampf bei einer gegebenen Temperatur zu verflüssigen (zu kondensieren) oder umgekehrt, bei welcher Temperatur Wasser bei einem gegebenen Druck siedet. Vgl. http://www.wissenschaft-technik-ethik.de/wasser_dampfdruck.html

nicht zu erreichen. Um eine entsprechende Qualität zu erhalten ist es notwendig, die Holzstapel vor Regen und direkter Sonneneinstrahlung zu schützen. Die Nutzung der Hauptwindrichtung und ausreichend Abstand zwischen den Stapeln bzw. zwischen Stapel und Erdboden sorgen für eine rasche und bestmögliche Freilufttrocknung.

Um die Trocknungszeit und Qualität des Holzes zu optimieren ist oft eine technische Trocknung notwendig. Damit der Energieaufwand in den anschließenden technischen Trocknungsverfahren reduziert wird, ist es von Vorteil das frisch gesägte Holz durch die Freilufttrocknung vorzutrocknen (vgl. Trübswetter, 2006).

5.7.3 Technische Trocknungsverfahren

Die meisten technischen Trocknungsverfahren arbeiten ebenfalls nach dem Prinzip der Konvektionstrocknung, sie imitieren und verstärken die althergebrachte Trocknung mittels Wärme und Luftströmung. Dabei wird das Holz in der Trockenkammer einem künstlichen trockenen Klima ausgesetzt. Durch Regelung der Temperatur, Luftfeuchte und Luftgeschwindigkeit können wesentlich geringere Endfeuchten erreicht und die Trocknungszeit dadurch stark reduziert werden. Der Trockenvorgang wird dabei von Sensoren überwacht, die mit der Steuerung verbunden sind (vgl. Trübswetter, 2006 und Albert, 2003).

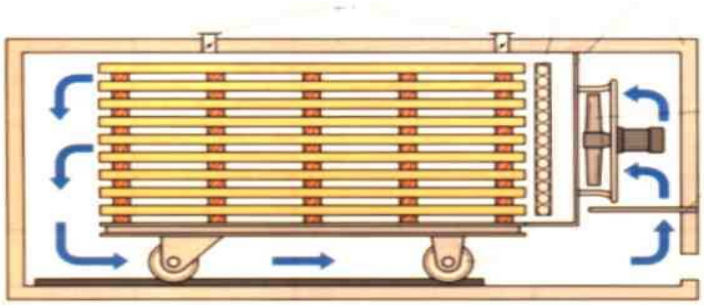

Abbildung 30: Prinzipieller Aufbau einer Kondensationstrockenanlage[18]

Die Erzeugung des künstlichen Klimas kann durch verschiedene Verfahren erfolgen. Einige dieser Verfahren sollen nachfolgend skizziert werden. Die Verfahren wurden zur Gänze aus Albert, 2003 und Trübswetter, 2006 entnommen.

[18] Quelle: http://www.holzbaumarkt.com/woodtrade_products.aspx?CategoryID=375

5.7.3.1 Umlufttrockner

Die Umlufttrockner, auch Frischluft- oder Ablufttrockner genannt, sind die am häufigsten anzutreffenden Trocknungssysteme in Sägewerken. Das Funktionsprinzip beruht auf konvektiver Erwärmung des Trockenguts durch vorher erwärmte Frischluft. Die Umlufttrocknung erfolgt bei Temperaturen zwischen 50 – 90°C. Dieses Verfahren wird vor allem für die Trocknung von dünnem Schnittholz und schell trocknenden Nadelhölzern verwendet. Bei diesem System bietet sich der Einsatz einer Wärmerückgewinnung zur Energieeinsatzoptimierung an. Hierbei wird durch den Einsatz eines zusätzlichen Wärmetauschers der Abluft Wärme entzogen und damit die Zuluft einer weiteren Kammer erwärmt, die zur Vortrocknung dient.

5.7.3.2 Solargestützte Trocknungsanlagen

Bei der solargestützten Trocknungsanlage wird das Holz von einer transparenten Hülle umgeben, die ähnlich wie in einem Gewächshaus die kurzwellige Sonnenstrahlung durchlässt und die langwellige Wärmestrahlung reflektiert. Auf diese Art soll eine Reduktion der Trocknungskosten um rund. 40% möglich sein, wobei sich die Kosten für elektrische Energie um ca. 50% reduzieren. Das System findet im Bereich der Frischluft- und Ablufttrocknung Anwendung und wird zur Trocknung von Harthölzern und Bauholz eingesetzt.

5.7.3.3 Kondensationstrocknung

Bei der Kondensationstrockenanlage (siehe Abbildung 30) wird die feuchte Luft aus der Trockenkammer mit einem Ventilator angesaugt und über ein Kühlregister geleitet. Durch die Kondensation wird der Luft ein Teil der Feuchtigkeit entzogen. Die getrocknete Luft wird erwärmt und anschließend wieder in die Trockenkammer geleitet. Die üblichen Trocknertemperaturen liegen zwischen 50 - 70°C.

5.7.3.4 Hochfrequenztrocknung

Für hochwertige Hölzer kleiner Dimension wird das Hochfrequenztrocknungsverfahren angewandt. Dabei wird das Holz einem hochfrequenten Wechselfeld ausgesetzt, wodurch Wassermoleküle zum „Schwingen“ gebracht werden (gleiches Prinzip wie bei Mikrowellenherden). Hierbei steigt die Temperatur im Inneren schneller als an der Oberfläche, das Wasser bewegt sich daraufhin vom Inneren zur Oberfläche.

5.7.3.5 Vakuumtrocknung

Durch die kurze Trockenzeit der Vakuumtrocknung und die damit verbundene rasche Verfügbarkeit von Hölzern hat sich der Vakuumtrocknung auch im Holzsektor ein fester Anwendungsbereich erschlossen. Das System der Vakuumtrocknung basiert auf der Druckabhängigkeit des Siedepunktes des Wassers.

In der Praxis kommen für Holz Unterdrücke zwischen 500 und 80 mbar (= “technisches Vakuum“) zur Anwendung. Wird ein Unterdruck von 80 mbar erzeugt stellt sich der Siedepunkt von Wasser bereits bei 42°C ein. Eine Temperaturerhöhung über 42°C würde in diesem Fall zu einer raschen Verdampfung des Wassers, also einer „schärferen“[19] Trocknung führen. Das Wasser (Wasserdampf) bewegt sich (strömt) vom höheren Druck (Restluft im Holz) hin zum niedrigeren Druck im Trockenraum. Je höher die Druckdifferenz desto rascher erfolgt diese Strömung. Wird wie oben beschrieben ein Unterdruck von 80 mbar in der Trockenkammer erzeugt, so erfolgt die Wasserdampfbewegung fünfmal so schnell wie unter Normaldruck.

Eine Temperaturerhöhung führt - bei konstantem Unterdruck - zu einer Beschleunigung, aber auch zu einer Verschärfung der Trocknung, wohingegen eine Senkung des Unterdrucks im Prozessverlauf zu einer Beschleunigung der Trocknung bei einer geringeren Holzbeanspruchung führt.

Das Verfahren ermöglicht es - bei unverminderter Qualität - die Trockenzeit im Vergleich zu konventionellen Umlufttrocknungsanlagen, auf ein Drittel zu reduzieren. Es wird bei der Vakuumtrocknung zwar weniger Wärme aufgenommen als bei Umlufttrocknungsanlagen, durch die verdünnte Luft ist es jedoch notwendig, die Luftgeschwindigkeit deutlich zu erhöhen, um eine ausreichende Übertragung der Wärmeenergie auf das Holz zu erreichen. Im Vergleich steigt dadurch der Bedarf an elektrischer Energie.

5.7.3.6 Inkubations-/Dekompressionstrockner

Bei diesem Verfahren erfolgt die Trocknung des Holzes rein mechanisch, ohne Zufuhr von Wärmeenergie, durch das wechselseitige Ansetzen eines Über- und Unterdrucks. Durch Ansetzen des Überdrucks wird Luft in die Hohlräume des Holzes gepresst, welche das vorhandene Wasser aufnimmt. Bei der anschließenden Dekompressionsphase wird die Luft übersättigt und das Wasser steigt entlang der Kapillaren an die Oberfläche. Durch mehrfaches Wiederholen kann der Wassergehalt des Holzes auf bis zu 10% reduziert werden.

5.7.3.7 Trocknung von Holzspänen

Die Trocknung der Holzspäne ist ein energie- und emissionsintensiver Prozessabschnitt bei der Herstellung von Spanplatten. Sie nimmt bis zu 60% der aufzuwendenden Produktionsenergie in Anspruch, da die Weiterverarbeitung der Späne erst bei einer Restfeuchte von 2% möglich ist.

[19] Unter scharfer Trocknung versteht man eine „rasch“ ablaufende Trocknung. Dabei wird versucht das Wasser in möglichst kurzer Zeit aus dem Holz zu entfernen. Man nimmt dabei auch eine Verminderung der Holzqualität in Kauf, welche durch Risse und Verformung entstehen kann.

Derzeit ist es üblich die Späne mit warmen Brennerabgasen zu erhitzen und den freigesetzten Wasserdampf ungenutzt durch den Schornstein abzuführen. Neue Techniken verwenden anstelle von trockener Luft überhitzten Wasserdampf zur Trocknung. „*Diese neuartige Technik wird großtechnisch an der Anlage Uelzen der Anton Heggenstaller AG getestet. Dabei konnten etwa 15 % der benötigten Heizenergie eingespart werden. Aufgrund des besseren Wärmeübergangs beim Einsatz von überhitztem Wasserdampf als Wärmeenergieträger stieg zudem der Spänedurchsatz: Die Kapazität der Anlage erhöhte sich um etwa 30 %*“[20].

5.7.4 Mögliche Einsparpotenziale und -maßnahmen

Wie oben gezeigt wurde, hängt der spezifische Stromverbrauchswert bei der Holztrocknung von vielen Faktoren ab: Holzart, Anfangs- und Endfeuchte, Kammergröße, Trocknungsverfahren, uvm. In Untersuchungen wurden unabhängig von der Kammergröße installierte Ventilatorleistungen von 50 bis 240 W/m³ Nutzrauminhalt gefunden. Der vorgeschlagene Zielwert wird mit 100 W/m³ angegeben (vgl. Gloor Engineering, 1996).

Mögliche Einsparpotenziale ergeben sich durch die verfahrensabhängige Anpassung der Ventilatorleistung und des Kammerdrucks an die Holzfeuchte sowie an die Beladung. Bei Holztrocknungskammern kann man in der zweiten Trocknungsphase (unter 25% Holzfeuchte) die Drehzahl der Umluftventilatoren reduzieren, ohne dass dadurch ein Qualitäts- und Zeitverlust entsteht. Zur Regelung der Ventilatorleistung bieten sich frequenzgeregelte Drehzahlregelungen oder polumschaltbare Motoren an. Aufgrund der hohen Betriebsstundenleistung sollte besonderes Augenmerk auf hohe Wirkungsgrade bei der Anschaffung von Ventilatoren und Antriebsmotoren gelegt werden. Um die Transmissionswärmeverluste zu minimieren, sollte auf eine gute Wärmedämmung der Trockenkammer geachtet werden (vgl. Albert, 2003). In manchen Fällen ist es auch möglich die Verbindung zwischen den Prozesseinheiten so zu gestalten, dass eine Wärmekaskade[21] entsteht.

Zur Wärmerückgewinnung stehen verschiedene Möglichkeiten zur Verfügung. Zu beachten ist allerdings, dass die Abwärme aus den Trockenkammern zeitlich gesehen nicht regelmäßig anfällt. Bei Umlufttrockenanlagen kann die Abwärme dazu benutzt werden die Zuluft vorzuwärmen. Die thermische Kopplung mehrerer Trockenkammern ermöglicht ebenfalls eine kostensenkende Nutzung der Abwärme, z.B. kann eine im Aufheizzustand befindliche

[20] vgl. http://www.bauingenieur24.de/fachbeitraege/forschung/227.htm

[21] Beispiel einer Wärmekaskade: Die Abluft einer Trockenkammer heizt eine zweite Trockenkammer auf. Die Abluft dieser zweiten Trockenkammer wird zur Raumheizung eingesetzt.

Kammer ihre Luft aus zwei Spenderkammern beziehen und muss so nicht das eigene Heizregister in Betrieb nehmen (vgl. Trübswetter, 2006).

5.8 Querschnittstechniken

Unter Querschnittstechniken versteht man alle nichtsägewerkspezifischen Anlagen, Maschinen und Prozesse wie etwa Beleuchtung, Wärmebereitstellung und Verteilung, Wärmerückgewinnung, Lastmanagement, Druckluftversorgung und Blindstromkompensation (vgl. Albert, 2003).

5.8.1 Lastmanagement

Bei Anlagen mit gemessener Leistung setzen sich die Stromkosten im Wesentlichen aus der benötigten elektrischen Arbeit (kWh) und dem zeitlichen Verlauf der Leistung (kW) zusammen. Hohe Lastspitzen im Strombezug sind teuer für das Unternehmen (vgl. Kapitel 2.2) und sollen mittels Lastmanagement vermieden werden. Das Lastmanagement betrifft in erster Linie produzierende Betriebe, bei denen in zufälliger Folge große Verbraucher ein- und ausgeschaltet werden.

Durch zeitliche Staffelung können vor allem bei produzierenden Betrieben kostenintensive Leistungsspitzen vermieden werden. Ein automatisches Lastmanagementsystem überwacht den Strombezug permanent und kann durch kurzzeitiges Wegschalten zuvor definierter Verbraucher das Lastverhalten optimieren, ohne dadurch den Produktionsprozess zu stören.

Das Lastmanagement zielt also nicht auf Energieeinsparungen, sondern auf die Minimierung der Viertelstunden-Durchschnittsleistung ab (vgl. Albert, 2003).

Das Verhältnis zwischen der durchschnittlichen Leistungsaufnahme aller Maschinen und dem verrechnetem Leistungsmaximum lag bei einer Untersuchung von 15 Sägewerken zwischen 36% und 100% (alle Maschinen im Dauerbetrieb) (vgl. Gloor Engineering, 1996).

5.8.2 Druckluftversorgung

Druckluft ist ein vielfältig einsetzbarer Energieträger, dessen Bereitstellung einen hohen energetischen als auch finanziellen Einsatz erfordert. Druckluft ist in etwa doppelt so teuer wie Strom und vierfach so teuer wie Wärmeenergie. Die Hauptanwendungen finden sich im Transport- und Spanbereich, sowie bei Reinigungsaufgaben und Druckluftwerkzeugen. In zunehmendem Maße wird Druckluft auch zum Bedienen von Steuerelementen verwendet. Der prinzipielle Aufbau einer Druckluftanlage, hier mit einem Schraubenkompressor, ist in Abbildung 31 dargestellt.

Folgende Schritte sind für die Nutzbarmachung von Druckluft notwendig:

- Erzeugung von Druckluft in einem Verdichter (Kompressor)
- Reinigung der Druckluft (Entfernung von Öl und Wasser)
- Verteilung der Druckluft über das Leitungsnetz
- Erforderlichenfalls Feinreinigung, Drosselung und Ölen direkt am Verbraucher (vgl. Lachenmayr, 2006).

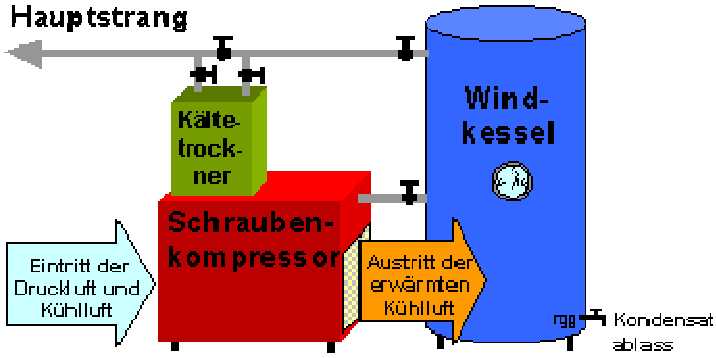

Abbildung 31: Prinzip einer einfachen Druckluftanlage[22]

Zur Abdeckung des Spitzenbedarfs (oder bei abgeschaltetem Kompressor) und zum Abscheiden des Kondensats werden üblicherweise Druckluft-Behälter in das Verteilnetz miteinbezogen.

<u>Regelung</u>

Man unterscheidet innerhalb einer Druckluftanlage zwischen interner und übergeordneter Regelung der Kompressoren.

Die interne Regelung ist dafür verantwortlich, die jeweilige Kompressoreinheit an die jeweiligen Luftverbräche anzupassen, während die übergeordnete Regelung dafür sorgt die einzelnen Kompressoreinheiten optimal auszulasten und ihren Einsatz dem Bedarf entsprechend zu koordinieren. Bei den internen Regelungsarten unterscheidet man zwischen diskontinuierlichen und kontinuierlichen Regelungen. Ältere nicht drehzahlgeregelte Kompressoren werden meist mit einer diskontinuierlichen Aussetzregelung betrieben. Wird die obere Druckniveau-Schwelle erreicht geht der Kompressor in den Leerlauf. Diese

[22] Quelle:http://www.energie.ch/themen/industrie/infel/druckluft.htm

einfache Regelung hat den Nachteil, dass bei falscher Dimensionierung lange Leerlaufzeiten entstehen und die Leistungsaufnahme im Leerlauf 15 – 35% der Volllastleistung beträgt. Regelungen sind insbesondere für Kompressoren mit variabler Last sinnvoll (rund ein Viertel aller installierten Kompressoren). Die Motordrehzahlregelung erfolgt über Frequenzumrichtung (bei Asynchronmotoren) oder über Gleichstrommodulation, sie werden bei der unteren Niveau-Schwelle gestartet und über das Verhältnis Ist-Druck zu Regeldruck gesteuert. Außerhalb des Regelbereichs wird die Anlage in Stillstand oder Leerlauf geschaltet. Diese Regelung vermeidet teure Leerlaufzeiten und es entstehen keine Schaltspiele.

Die häufigste übergeordnete Regelungsart einer Druckluftanlage ist die Druckbandregelung, wobei der Netzdruck in einem schmalen Druckband gehalten wird, wodurch der Maximaldruck verringert werden kann.

Der theoretische Wirkungsgrad eines Kompressors liegt bei 90%. Trotzdem wird über das ganze System bis zum Werkzeug aber meistens nur ein Wirkungsgrad um die 5% erreicht. Die Hauptursachen für diesen niedrigen Wert sind (siehe Abbildung 32):

- Geringe Erzeugungswirkungsgrade
- Druckverluste und Leckagen im Druckluftnetz
- Überdimensionierte Kompressoren
- Unzureichende Wartung und Planung des Druckluftnetzes
- Keine Nutzung der Kompressorabwärme

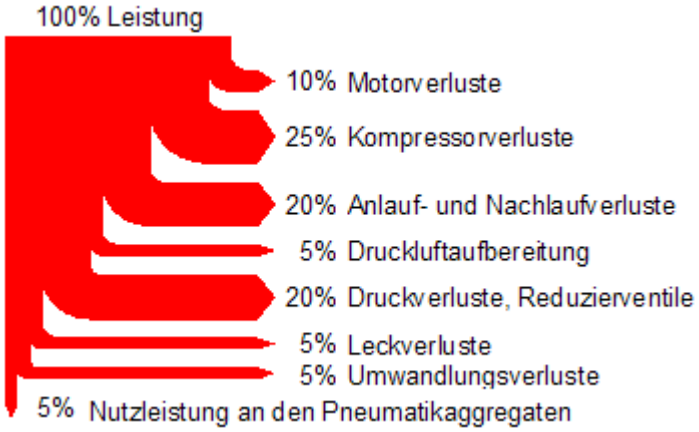

Abbildung 32: Energiefluss in einer Druckluftanlage, Verluste in % der Nennleistung[23]

[23] Quelle: http://www.energie.ch/themen/industrie/infel/druckluft.htm

Der Vergleichswert für eine effiziente Kompressorleistung liegt bei 100 W/(m³/h).

Mögliche Einsparungspotenziale und -maßnahmen

Aus dem oben gezeigten lässt sich erkennen, dass es eine Vielzahl an Einsparungspotenzialen bei Druckluftanlagen gibt. Im Folgenden möchte ich nur kurz auf einige Punkte eingehen und auf weiterführende Literatur verweisen [Lachenmayer, 2006; Bierbaum, 1997; usw.].

- Einsatz eines frequenzgeregelten Kompressors
- Einsatz moderner Schnellkupplungen hoher Qualität
- Vergrößern des Leitungsquerschnitts
- Anpassung des Netzdrucks auf das erforderliche Mindestmaß
- Regelmäßige Wartung (Filter, Trockner, Netz)
- Optimierung der Einsatzdauer der Druckluftverbraucher
- Minimieren des Druckverlustes vom Kompressor zu den Verbrauchern
- Ersatz von pneumatischen Zylindern bei automatisierten Prozessen durch elektrische Antriebe

Für Maßnahmen zur Wärmerückgewinnung stehen bei luftgekühlten Kompressoren 80-90% der Kompressor-Nennleistung, bei wassergekühlten rund 50-60% als nutzbare Abwärme zur Verfügung. Eine Kompressor-Abwärmenutzung rechnet sich nach Herstellerangaben erst ab Motorleistungen von ca. 20 kW nach ein bis drei Jahren. In diesem Leistungsbereich sind Schraubenkompressoranlagen vorherrschend. Die Abwärme fällt auf niedrigen Temperaturniveau (ca. 80°C) an und eignet sich dadurch zur Beheizung der Räume, Brauchwasserherstellung, usw. (vgl. Lachemayr, 2006).

5.8.3 Wärmebereitstellung und Verteilung

Grundsätzlich muss in der Holzbranche bei der Wärmeversorgung zwischen Prozesswärme und Heizwärme unterschieden werden. Während bei der Heizwärme Temperaturen bis zu 90°C ausreichend sind wird z.B. bei der Trocknung eine Temperatur von 165°C erreicht (vgl. Trübswetter, 2006). Wärmeerzeuger sind in dieser Branche meist Holz- bzw. Holzwerkstoff-gefeuerte Kesselanlagen. Die „Qualität“ der Kesselanlage wird mit dem Jahresnutzungsgrad bewertet. Diese Bewertung entsteht aus Informationen über den Wirkungsgrad, die Dämmung, Anzahl der Taktung, usw. Der Wärmeträger wird in einem geschlossenen System, den sogenannten Wärmeverteilungsnetzen im Kreislauf geführt (vgl. Lachenmayr, 2006).

Betrachtet man die Wärmeverteilungsnetze in einigen Betrieben, so erreichen diese oft eine Ausdehnung von kleineren Nahwärmenetzen. Diese Leitungen sind jedoch oft nur mittelmäßig oder schlecht isoliert.

Obwohl in der Infrastruktur von Heizungsanlagen relativ wenig elektrische Leistung installiert ist, kann diese durch die lange Betriebszeit (bis zu 8760 h/a) einen hohen Anteil am Stromverbrauch ausmachen. Hauptverursacher ist dabei die Umwälzpumpe, welche häufig durch eine Kreiselpumpe realisiert ist. In vielen Betrieben sind die Heizungsanlagen zu groß dimensioniert und überdies mit einer, bezogen auf die Heizleistung, zu großen Umwälzpumpe ausgerüstet.

Als Kennzahl wird das Verhältnis von elektrischer Pumpenleistung zu thermischer Heizleistung verwendet. Die Untersuchungen (vgl. Gloor Engineering, 1996) ergaben einen Durchschnittswert von 10 W_{el} / kW_{th} und einen Zielwert von 1 W_{el} / kW_{th}.

<u>Mögliche Einsparungspotenziale und -maßnahmen</u>

Als wirksame Energieeinsparmaßnahmen erweisen sich wiederum eine drehzahlgeregelte, richtig dimensionierte Umwälzpumpe, isolierte Verteilleitungen, das Sperren nichtbenötigter Heizkreise und eine Laufzeitreduktion z.B. durch Nachtabsenkung (vgl. Gloor Engineering, 1996). Bei Altbauten sollte unbedingt auch die Dämmung der Decke und der Außenwände verbessert werden.

5.8.4 Wärmerückgewinnung

Dieser Abschnitt zeigt eine grundlegende Beschreibung der Wärmerückgewinnung bei industriellen Prozessen. Die praktische Nutzung wird in den einzelnen Kapiteln (siehe Druckluft: Einsparpotenziale, Trockenkammern: Einsparpotenziale, usw.) erläutert. Der Begriff Wärmerückgewinnung bezeichnet die Verschiebung von Energieinhalten zwischen Stoffströmen zwecks Einsparung von Energie. Die nutzbare Energie fällt dabei in Form von Wärme, Kälte oder aber auch indirekt in Form von Feuchte an. Nutzbare Abwärme fällt bei verschiedenen industriellen Prozessen an:

- Motoren, Maschinen
- Kühlaggregate
- Lüftung
- Abwasser
- Trocknungsprozesse
- Abgase von Verbrennungsprozessen

Um Wärmerückgewinnung einsetzen zu können, müssen die Abwärmeniveaus nutzbar sein, d.h. der zeitliche Anfall von Energieangebot und Energiebedarf muss übereinstimmen und das Abwärmeniveau muss höher sein als das Nutzwärmeniveau. Stimmen die Zeitpunkte nicht überein müssen Wärmespeicher eingesetzt werden, wodurch die Wärmerückgewinnung unwirtschaftlich werden könnte. Aus diesen Gründen sind die Chancen einer Abwärmenutzung innerhalb eines Prozesses am höchsten. Es treten in der Regel kaum zeitliche Abweichungen auf und es sind keine größeren Entfernungen zu überbrücken. Generell sollte darauf geachtet werden erst dann die Nutzung von Abwärme ins Auge zu fassen, wenn sämtliche Maßnahmen zur Vermeidung von Abwärme oder Wärmeverlusten ausgeschöpft wurden (vgl. Albert, 2003).

5.8.5 Blindstromkompensation

Wie bereits erwähnt verbrauchen Elektromotoren einen Großteil der elektrischen Energie in einem Sägewerk. Aufgrund physikalischer Gegebenheiten muss ein Elektromotor nicht nur mit Wirkstrom sondern auch mit Blindstrom, der für den Aufbau des magnetischen Feldes benötigt wird, versorgt werden. Dieser induktive Blindstromanteil wechselt mit jeder Spannungshalbwelle die Richtung, er pendelt also zwischen Motor und Kraftwerk hin und her. Durch diese zusätzliche Belastung der Stromübertragungseinrichtungen erhöhen sich deren Verluste und Übertragungsressourcen gehen verloren. Diese Verluste lässt sich der Energieversorger finanziell abgelten.

Um diese (Blindleistungs-) Kosten zu minimieren gibt es die Möglichkeit einer Blindstromkompensation. Dabei wird ein Kondensator in der Nähe des induktiven Verbrauchers zur Blindstromkompensation installiert, der die benötigte Blindleistung zu liefern im Stande ist. Eine Blindstromkompensationsanlage passt die Kapazität automatisch an die aktuellen Blindstrom-Erfordernisse an (vgl. Albert, 2003 und Gloor Engineering, 1996).

5.8.6 Beleuchtung

In der Holzbranche beträgt der Anteil der Beleuchtung am Gesamtstromverbrauch 4 – 14%. Der durchschnittliche Anteil der Beleuchtung am Gesamtstromverbrauch beträgt in der gegenständlichen Untersuchung lediglich 1,4%.

Durch einfache Maßnahmen, wie die Änderung des Benutzerverhaltens (z.B. nur notwendige Lampen einschalten bzw. bei Verlassen des Raumes wieder ausschalten) können wesentliche Einspareffekte erzielt werden. Ziel sollte es sein, das Tageslicht so gut wie möglich auszunutzen. Das lässt sich z.B. durch Oberlichten in Kombination mit einem hellen Anstrich der Innenflächen bewerkstelligen. Zusätzlich sollten die Beleuchtungsanlagen vor allem in Werkshallen regelmäßig gereinigt und in wenig frequentierten Räumen oder Gängen der

Einsatz eines Bewegungsmelders angedacht werden (vgl. Albert, 2003 und Gloor Engineering, 1996).

5.9 Überblick über vorhandene Kennzahlen für Sägewerke

Nachfolgend dargestellt sind spezifische Kennzahlen aus vorhandenen Studien in tabellarischer Form. In den Tabellen 2 und 3 sind die Ergebnisse einer Schweizer Studie aus dem Jahr 1996 mit 15 beteiligten Betrieben zusammengefasst.

Bereich	Anlage	Produktion		Leerlauf	
		Durchschnitt	Zielwert	Durchschnitt	Zielwert
Rundholzplatz	Sortierwagen mit Kappsäge	5 - 14 fm/h	14 fm/h	6 - 17 kW	4 kW
Sägen und Trennen	Gatteranlage (für zwei Schnitte)*	4 - 7 fm/h	8 fm/h	10 - 30 kW	8 kW
	Blockbandanlage *	1 - 5 fm/h	4 fm/h	7 - 30 kW	6 kW
	Besäumanlage *			4 - 10 kW	3 kW
	Entsorgung mit Hacker			4 - 22 kW	3 kW
	Hobelmaschine			5 - 6 kW	3 kW
	* inklusive Mechanisierung				
		Durchschnitt		Zielwert	
Querschnitts-techniken	Absauganlage für Holzspäne	1,2 kW / 1000 m³/h		0,8 kW / 1000 m³/h	
	Druckluftanlage	8 bis 12 bar		5 bis 6 bar	
	Heizungsanlage Stromverbrauch	1 bis 3% der Heizleistung		0,3% der Heizleistung	
Trockenkammer	Trockenkammer für Fichte	50 - 240 W/m³		100 W/m³	

Tabelle 2: Durchschnitts- bzw. Zielwerte der Leerlaufleistung und Produktivität für Sägewerke (Quelle: Gloor Engineering, 1996, S.7)

Die folgende Tabelle 3 zeigt zum Vergleich die zusammengefassten Kennzahlen aus Abbildung 23.

Entrindung *)	4,3 – 5,4 kWh_{el}/m^3
Hauptschnitt *)	11,6 – 22,3 kWh_{el}/m^3
Nachschnitt *)	2 – 8,1 kWh_{el}/m^3
Absauganlage *)	1,6 – 3,7 kWh_{el}/m^3
Trocknung thermisch *)	120 - 1260 kWh_{th}/m^3
Trocknung elektrisch *)	5 - 165 kWh_{el}/m^3

*) abhängig von der Holzart, Holzfeuchte, Betriebsweise und angewandtem Verfahren

Tabelle 3: Durchschnittliche Energieeinsätze für Sägerein aus Abbildung 20

Kennzahlen für die Beleuchtung:

Raumnutzung	Grenzwert	Zielwert	Grenzwert	Zielwert
Lagerhalle	11.5 W/m²	0.8 W/m²	40 kWh/m²a	20 kWh/m²a
Grossraumbüro	12.5 W/m²	9.0 W/m²	29 kWh/m²a	14 kWh/m²a
Feinwerkstatt	15.0 W/m²	10.5 W/m²	48 kWh/m²a	23 kWh/m²a

Tabelle 4: Kennzahlen für die Beleuchtung

5.10 Zusammenfassung der Energieeinsparpotenziale und -maßnahmen

Dieses Kapitel gibt einen Überblick über die bestehenden Energieeinsparungspotenziale und -maßnahmen für die Bereiche elektrische Antriebe (Bearbeitung und Infrastruktur), Druckluft, Ventilatoren (Absauganlagen und Trockenkammern), Beleuchtung und Wärmeerzeugung und -verteilung liefern. Die Aufteilung der Bereiche wurde der Gliederung im „ProTool“ (vgl. Kapitel 6.1) angepasst, damit die Vergleichbarkeit bei der anschließenden Ergebnisanalyse erleichtert wird.

Es sei darauf hingewiesen, dass die Anwendbarkeit bestimmter Maßnahmen und das Kostenreduktionspotenzial von der jeweiligen Situation im Betrieb abhängen. Die nachfolgenden Tabellen sollen die wichtigsten Einsparungsmaßnahmen aufzeigen. Es handelt sich dabei um Erfahrungswerte, d.h. die Anwendbarkeit der Maßnahmen und das realisierbare Einsparpotenzial hängen von den spezifischen Kennzahlen der Anlage ab.

Die folgenden Tabellen wurden zur Gänze aus den Energieberaterinformationen für das „ProTool“ entnommen (vgl. österreichische Energieagentur, 2006).

- **Elektrische Antriebe:**

Maßnahmen	Einsparpotenzial
Systeminstallation oder Erneuerung	
Energieeffiziente Motoren	2-8%
korrekte Dimensionierung	1-3%
energieeffiziente Motorreparatur	0.5-2%
Antriebe mit veränderlicher Drehzahl	10-50%
Getriebe/Untersetzungsgetriebe hoher Effizienz	2-10%
Qualität der Stromversorgung	0.5-3%
Systembetrieb und Wartung	
Schmierung, Einstellung und Feinabstimmung	1-5%

Tabelle 5: Energieeinsparungsmaßnahmen und -potenziale bei elektrischen Antriebssystemen

- **Druckluft**

Maßnahme	Einsparpotenzial
Optimierung des Netzdrucks	ca. 7% bei 1 bar Absenkung
Druckluftverbraucher	bis zu 40%

Weitere Maßnahmen
Reduktion von Leckagen
Verbesserung der Steuerung
Senkung des Leerlaufanteils
Wärmerückgewinnung
Abschalten der Anlage und Verbraucher

Tabelle 6: Energieeinsparungsmaßnahmen und -potenziale bei Druckluftanlagen

- **Ventilatoren**

Maßnahme	Einsparpotenzial
Steuerung	
Betriebsplan, Laufzeit an Betriebszeit anpassen	10-50%
Bedarfsabhängige Steuerung, Drehzahlvariabler Antrieb	5-50%
Motor	
Auswahl des richtigen Motortyps und -größe	5-20%
Einsatz hocheffizienter Motoren	2-10%
Kraftübertragung	
Von Keilriemen zu Direktantrieb wechseln	5 (größere Ventilatoren) - 15% (kleinere Ventilatoren)
Von Keilriemen zu Flachriemenantrieb wechseln	5-10%
Leitungen	ca. 15%
Ventilatorauswahl und -wartung	5-15%

Tabelle 7: Energieeinsparungsmaßnahmen und -potenziale bei Ventilatoren

- **Beleuchtung**

Maßnahmen	Einsparpotenzial
Beleuchtung an Tageslicht anpassen	bis zu 60%

Weitere Maßnahmen
Licht nur dort wo benötigt eingeschalten lassen
Tageslichtnutzung
Lampen bzw. Reflektoren regelmäßig reinigen
Effiziente Lampen verwenden

Tabelle 8: Energieeinsparungsmaßnahmen und -potenziale bei der Beleuchtung

- **Wärmeerzeugung und -verteilung**

Maßnahmen
Verbraucher
Isolieren der Behälter und Anlagen
Abwärmerückführung ermöglichen
Wärmebehandlung auf ein Minimum reduzieren
Überprüfung des Temperaturniveaus
Transportwege minimieren
Regelung
Einsatz von modernen Regelungs- und Steuer-ungseinheiten
Bei stark schwankendem Bedarf Kessel zu Wasserspeicher umwandeln
Erzeugung
Abgasverluste minimieren
Vorwärmen der Verbrennungsluft
Speisewassertank und Kondensatbehälter isolieren
Verteilung
Minimale Länge der Rohrleitungen und bestmögliche Isolierung
Minimieren des Erzeugungsdrucks

Tabelle 9: Energieeinsparungsmaßnahmen bei Wärmeerzeugung und -verteilung

6 Datenauswertung

Zu Beginn erfolgt eine Beschreibung der Datenerhebung, wobei vor allem auf die Funktionsweise des Erstanalyse-Instruments „ProTool“ näher eingegangen wird.

Im zweiten Teil werden die „ProTool“-Ergebnisse und die Beratungsberichte zusammengefasst. Hier erfolgt zu Beginn eine kurze Vorstellung der Betriebe (Betriebsgröße, Einschnitt, etc.), anschließend wird das Gesamtenergieaufkommen unterteilt in Wärme-, Strom- und Treibstoffverbrauch dargestellt. Das Gesamtenergieaufkommen stellt die jeweils in Rechnung gestellte Energiemenge dar. Beinhaltet also keine etwaige Wärmerückgewinnung. Die Analyse beinhaltet je nach Datengrundlage, die Aufteilung des Energieverbrauchs auf die verschiedenen Verbraucher für den elektrischen und den thermischen Bereich sowie die vom Energieauditor vorgeschlagenen Einsparungsmaßnahmen. Zum Abschluss des elektrischen bzw. thermischen Teils werden die jeweiligen Einsparungspotenziale der verschiedenen Verbraucher zu einem Gesamteinsparungspotenzial zusammengefasst. Die Differenz zwischen dem elektrischen bzw. thermischen Anteil am Gesamtenergieaufkommen und den in den Analysen aufgegliederten elektrischen bzw. thermischen Gesamtverbrauchen ergibt sich durch den vom Energieauditor nichtzuordenbaren Restverbrauch.

Der dritte Teil fasst die Ergebnisse der einzelnen Betriebe zusammen und geht auf Gemeinsamkeiten bzw. Unterschiede der Einsparungspotenziale in den jeweiligen Verbrauchsbereichen ein.

Die berechneten Kennzahlen sind im vierten Teil dargestellt. In Form von Diagrammen werden die untersuchten Betriebe mit Daten aus Literatur und Schätzungen von Technologie-ExpertInnen verglichen.

Die Einsparungspotenziale sowie die Umlegung der Ergebnisse dieser Untersuchung auf die Sägewerkbranche in ganz Österreich werden im fünften Teil untersucht.

6.1 Datenerhebungen

Datengrundlage für die gegenständliche Arbeit sind die Beratungsberichte der Energieauditoren und die Ergebnisse des Erstanalyseprogramms „ProTool“. Wie schon in Kapitel 1.2 beschrieben, ist „ProTool“ ein Programm mit dessen Hilfe der Auditor den gesamten Energieverbrauch des Betriebes modellieren kann, d.h. die gesamte Energieaufbringung wird den einzelnen Verbrauchern oder Verbrauchergruppen durch den Energieauditor so genau als möglich zugeordnet. Dabei wird zwischen dem thermischen und dem elektrischen Anteil unterschieden. Für Sägewerke im speziellen sind das üblicherweise die elektrischen Bereiche: elektrische Antriebe, Ventilatoren, Pumpen, Druckluft, Licht,

Kühlanlagen, Büro, Elektrowärme und sonstige Verbraucher. Die thermischen Anteile sind untergliedert in Erzeugung und Verteilung, Wärmeabnehmer (Gebäude), Wärmeverbraucher (Trockenkammern) und eventuell eine Fernwärmeauskopplung. Dabei sollte der nichtzuordenbare Rest 15% des Gesamtverbrauchs nicht übersteigen. Durch das Programm werden auch allgemeine Parameter – in weiterer Folge als „Softskills“ bezeichnet – wie z.B. das Bewusstsein für ökologischen Energieeinsatz im Betrieb abgefragt. Auch für die erwähnten Verbrauchsbereiche werden neben dem Energieverbrauch zusätzliche Informationen eingeholt und zur abschließenden Bewertung herangezogen. Diese zusätzlichen Informationen unterscheiden sich je nach Bereich. Als Beispiele seien für den elektrischen Bereich etwa die Art der Regelung, der Ausnutzungsfaktor und der Anteil der Leerlaufzeit genannt. Im Wärmebereich sind Informationen rund um den Zustand des Kessels, die Wärmeverteilung, die Wärmedämmung, des Temperaturniveaus und die Wärmerückgewinnung interessant. Diese Zusatzinformationen beeinflussen je nach hinterlegter Gewichtung die Bewertung des Bereichs in unterschiedlichem Ausmaß. Nach erfolgter Dateneingabe berechnet das Programm für jeden Bereich ein Einsparungspotenzial. Die Bewertung erfolgt zum Abschluss jedes Bereichs nach dem Schulnotensystem. Die Note „1“ ergibt sich wenn kein Einsparungspotenzial vorhanden ist, die Note „5“ bedeutet ein sehr hohes Einsparungspotenzial (max. 30-40%). Die Umrechnung der Schulnoten zu erreichbaren Einsparungspotenzialen folgt einer Kurve basierend auf Erfahrungswerten, die laufend an den neuesten Erkenntnisstand angepasst wird. Vereinfacht ausgedrückt führt das Programm auf Grundlage der Daten eine elektronische Expertenabschätzung über das erzielbare Einsparungspotenzial durch. Neben dem Einsparungspotenzial wird die Verbesserungsdringlichkeit, etwa die Frage, in welchem Zustand befindet sich die „Anlage“, und der Optimierungsaufwand ausgeführt. Die Verbesserungsdringlichkeit eines bestimmten Bereichs entspricht dessen Schulnote. Der Optimierungsaufwand entspricht den Investitionskosten (siehe Kapitel 6.3.3).

Die Beratungsberichte der Energieauditoren werden in erster Linie zur Erhebung der betriebsspezifischen Einsparungsmaßnahmen herangezogen. Da sich die Maßnahmen für die jeweiligen Betriebe teilweise überschneiden, wird bei den einzelnen Standorten auf individuelle Maßnahmen verwiesen. Die „allgemeinen“ Einsparungsmaßnahmen werden im Kapitel 5 behandelt und zusammengefasst.

Die Kennzahlenbildung erfolgte anhand von Daten des „ProTool“-Programms bzw. durch direkte Befragung in den Betrieben. Zum Vergleich wurden Kennzahlen aus bereits vorhanden Studien zu diesem Thema verwendet und ExpertInnen für bestimmte energieintensive Technologien befragt.

Einige der Energieauditoren wurden im Zuge dieser Untersuchung das erste Mal mit „ProTool“ konfrontiert. Dabei stellte sich heraus, dass eine bessere Vorbereitung auf das Programm und gezielte Schulungen für den richtigen Umgang mit der Software unerlässlich

sind. Wie sich im nachfolgenden Kapitel herausstellen wird, befinden sich im Wärmebereich die höchsten Einsparpotenziale. Dieser Bereich kann mit dem „ProTool“ jedoch nicht in jenem Detailierungsgrad aufgenommen werden wie der Strombereich. Aus diesem Grund wären hier Verbesserungen des „ProTool“ für bessere Analysen hilfreich.

6.2 Analysen der betrachteten Betriebe

Sämtliche Energieverbrauche, Einsparungspotenziale und Produktionskennzahlen beziehen sich auf das Jahr 2008.

6.2.1 Übersicht Energieverbrauchsdaten Betrieb 1

6.2.1.1 Grundlagen

Allgemeines

Sägewerk mit Hobel- und Pelletswerk

Mitarbeiter: 94

Einschnitt: 220.000 fm

Produktion: 115.000 m³

Jahresmenge getrocknet: 70.000 m³

Softfacts

Es gibt im Energiebereich sowohl für technische als auch wirtschaftliche Fragen einen zuständigen Mitarbeiter im Betrieb. Bei der Neuanschaffung von Geräten wird auch die Energieeffizienz in die Kaufentscheidung miteinbezogen. Die Ergebnisse oder umgesetzten Maßnahmen einer früheren Beratung wurden nicht dokumentiert. Der zuständige Mitarbeiter hält das Bewusstsein für einen ökologischen Energieeinsatz im Betrieb generell für eher gering verankert.

Energieverteilung

Die Verteilung des Gesamtenergieaufkommens ist in Abbildung 33 dargestellt. Es zeigt die für Sägewerke typische Muster wonach ein Großteil der Energie für die Wärmeerzeugung aufgewendet wird.

Am Standort versorgt das Sägewerk ein Pelletswerk, wo anfallende Nebenprodukte der Sägerei zu Holzpellets weiterverarbeitet werden. Da beide Betriebe zum selben Unternehmen gehören gibt es auf dem Gelände einen gemeinsamen Fuhrpark. Es wurde nicht detailliert erfasst welches Fahrzeug für das Sägewerk oder für das Pelletswerk benutzt wurde. Der Treibstoffverbrauch des Sägewerks konnte durch den Energieauditor deshalb nur grob abgeschätzt werden.

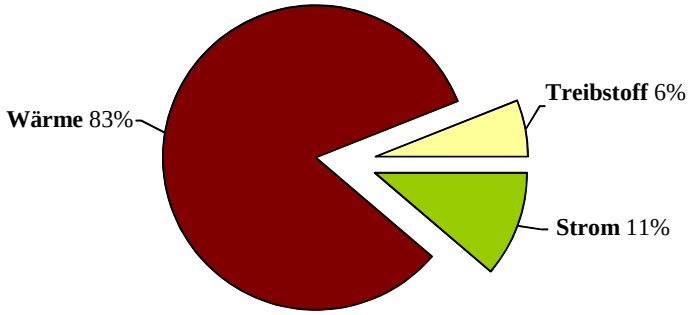

Abbildung 33: Prozentuelle Aufteilung des Gesamtenergieaufkommens, 100% = 66.263 MWh

6.2.1.2 Analyse

Stromverbrauch

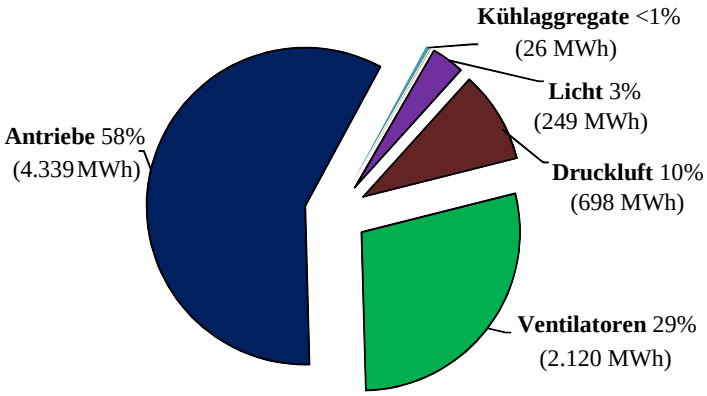

Abbildung 34: Prozentuelle Aufteilung der elektrischen Energie auf die Abnehmer, 100% = 7.440 MWh

Die Stromversorgung erfolgt zu 27,5% durch Eigenstromproduktion mit Hilfe eines Klein-Wasserkraftwerks, der restliche Teil des Bedarfs wird durch das öffentliche Stromnetz abgedeckt. Der Gesamtstromverbrauch liegt bei ~7,4 GWh. Die beiden Anwendungen mit dem größten Anteil am Gesamtverbrauch sind 1. die elektrischen Antriebe und 2. die Ventilatoren der elf Trockenkammern. Zusammen kommen diese beiden Anwendungen auf einen Anteil von fast 90% am Gesamtverbrauch. Hier ließen sich erwartungsgemäß (vgl. Kapitel 5.10) große Einsparpotenziale ausschöpfen. Im Bereich der elektrischen Antriebe sind das ca. 13%. Für die Ventilatoren ergeben sich ca. 9% der bisher verbrauchten Energie. Auch im Druckluftbereich sind hohe Einsparungen möglich, hier kann mit einem Potenzial von 27% des bisherigen Verbrauchs gerechnet werden.

Elektrische Antriebe

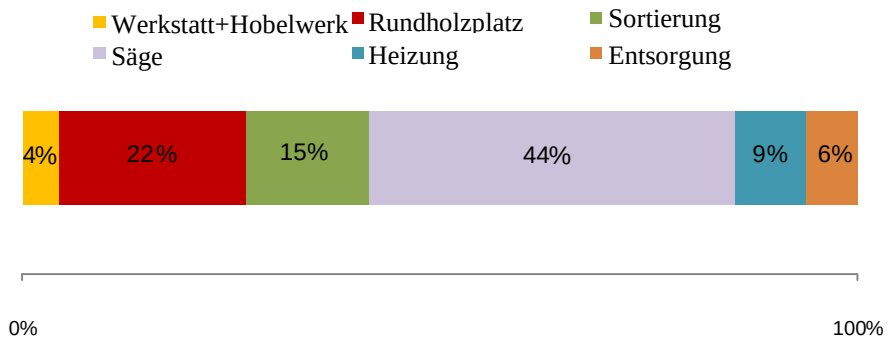

Abbildung 35:Verteilung der elektrischen Energie innerhalb der Antriebe, 100% = 4.339 MWh

Innerhalb der elektrischen Antriebe verbraucht der Bereich Säge aufgrund der großen Anzahl an Motoren mit teils sehr hohen Anschlussnennleistungen (bis zu 1,26 MW) und einer Betriebsdauer von ca. 3000 h pro Jahr die meiste Energie. Dies gilt auch für die Motoren des Rundholzplatzes und der Sortierung – hohe Anschlussnennleistungen und konstant mittlere Laufzeiten ergeben einen hohen Energieverbrauch. Die Umwälzpumpe der Heizungsanlage kommt auf einen Anteil von 9% am Gesamtstromverbrauch. Der Grund dafür liegt in der sehr hohen Laufzeit von ca. 7.000 h pro Jahr. Auch die Entsorgung (Förderbänder, Förderschnecken, u.ä.) ist mit einem Anteil von 6% ein zu berücksichtigender Faktor. Generell muss gesagt werden, dass mit Ausnahme der Heizungs-Umwälzpumpe die Nennleistungen der meisten Motoren stark überdimensioniert sind und dadurch in einem nicht optimalen Betriebspunkt betrieben werden. Nachteilig wirkt sich auch die häufige Verwendung von Keilriemen und Kegel- bzw. Stirnradgetriebe als Antriebskopplung aus. Vor allem die Hauptverbraucher wie die Spanerlinie und der Rundholzplatz sind mit einem ineffizienten Keilriemenantrieb ausgestattet.

Mögliche Einsparungsmaßnahmen

Gemeinsames Schalten der Antriebe mit dem Prozess - automatische Abschaltung von Anlagenteilen (z.B. Hacker, Linkanlage, Spanerlinie)
Einsatz von Riemen mit hoher Effizienz
Direktantrieb für neue Kappsäge (2*75 kW) vorsehen
Controlling von Blindstrom
Inventur der Effizienzklassen aller Motoren >1kW
Sukzessiver Ersatz alter Motoren durch Motoren der höchsten Effizienzklasse
Sukzessive Anschaffung von Hocheffizienzmotoren für Gatter, Besäumer, Hacker, Nachschnittssäge, Förderbänder-Entsorgung
Kühlung von Trafos durch Lüftungsschacht oder Kaltwasserregister

Ventilatoren

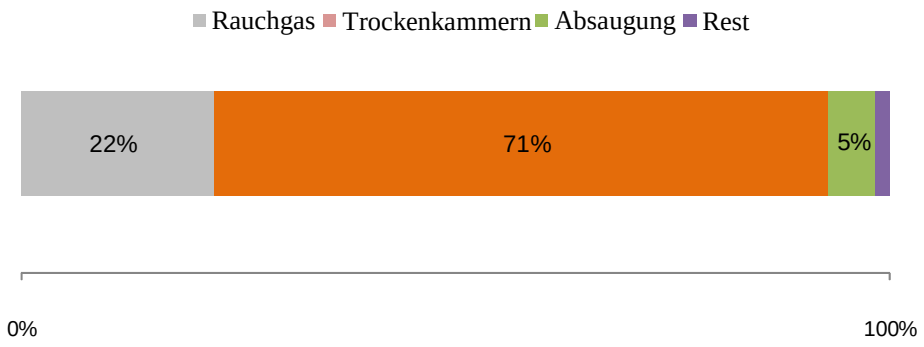

Abbildung 36: Verteilung der elektrischen Energie innerhalb der Ventilatoren, 100% = 2.120 MWh

Im Unternehmen befinden sich rund 180 Ventilatoren. Den größten Anteil am Gesamtverbrauch der Ventilatoren nehmen mit 70% die Ventilatoren der Trockenkammern ein. Die Anschlussnennleistungen der rund 100 Ventilatoren betragen jeweils nur wenige kW (1,5 - 4 kW pro Ventilator), doch durch die sehr hohen Laufzeiten von bis zu 7.500 h pro Jahr, ergibt sich trotzdem ein hoher Energieverbrauch. Knapp die Hälfte der Trockenkammer-Ventilatoren verfügt zwar über einen Direktantrieb, sie sind jedoch nur zu einem kleinen Teil mit entsprechenden Motordrehzahlregelungen mittels Frequenzumrichter ausgestattet. Die beiden Rauchgasventilatoren verursachen knapp ein Viertel (22%) des Verbrauchs. Obwohl es nur zwei Ventilatoren sind, ist hier die Kombination aus hoher Anschlussnennleistung (22 bzw. 57 kW) und langer Betriebsdauer (7.500 – 8.000 h) ausschlaggebend. Der Antrieb erfolgt wiederum über ineffiziente Keilriemen.

Einen überraschend geringen Anteil am Energieverbrauch leisten die Ventilatoren der beiden Absaugungsanlagen für das Hobelwerk. Trotz hoher Anschlussnennleistungen (8 bzw. 52

kW) – der Antrieb wurde deutlich überdimensioniert – ergibt sich im Vergleich zu anderen Anwendungen aufgrund der vergleichsweise geringen Anzahl an Betriebsstunden (4.000 - 5.000 h) kein übermäßig hoher Energieverbrauch.

Mögliche Einsparungsmaßnahmen

Luftstromregelung mit automatischer Abschaltung wenn Hobel- bzw. Kantelwerk nicht im Einsatz
Laufzeitminimierung der Sägehallendach-Ventilatoren durch temperaturabhängige Fühlerregelung
Restfeuchtegeregelte Ventilatorendrehzahl in den Trockenkammern 1 bis 7
Einsatz effizienterer Motoren zur Minimierung von Energieverlusten und -kosten in den Trockenkammern 3 bis 7
Direktkopplung von Motor und Ventilator durch Wechsel: von Keilriemen zu Direktantrieb in den Trockenkammern 3 bis 7, von Keilriemen- zu Flachriemenantrieb im Heizhaus
Einsatz von Wärmerückgewinnungsanlagen zur Reduktion des Heizwärmebedarfs in den Trockenkammern 1 bis 9
Spänetransport mittels Hobelwerkgebläse zu Spänelager, anschließend LKW-Transport innerhalb des Sägegeländes zu Pelletswerk

Druckluft

Der Betrieb verfügt insgesamt über sechs Druckluft-Kompressoren mit einem Druckluftniveau zwischen 4 und 10 bar. Fünf der Kompressoren werden im Aussetzbetrieb geregelt. Der sechste Kompressor verfügt über eine Motordrehzahlregelung mittels Frequenzumrichter, wodurch eine lastabhängige Leistungsaufnahme des Kompressors gewährleistet ist. Tabelle 11 zeigt deutlich die Zusammenhänge zwischen dem Verhältnis von Leerlaufzeit zu Lastzeit bzw. dem Verhältnis von aufgenommener Energie im Leerlauf zu Energieaufnahme bei Belastung und dem daraus abgeleiteten Einsparpotenzial. Lange Leerlaufzeiten weisen auf eine deutliche Überdimensionierung des Kompressors hin. Die Regelung der Druckluftanlage erfolgt über eine Druckbandsteuerung. Die Leckagensuche erfolgt selten, obwohl sie häufig und ohne technische Hilfsmittel akustisch wahrnehmbar ist.

		Leerlauf zu Gesamt		**Mögliches Einsparpotenzial [%] **)**	**Druck [bar]**	**Spezif. Förder-energie [kWh/m³]**	**Verbrauch [MWh]**
		Zeitverhält-nis	**Verbrauchs-verhältnis**				
Komp. 1	Sprinkler	0,88	0,64	64	4	0,47	6,9
Komp. 2	Sprinkler	0,96	0,84	84	4	1,08	5,2
Komp. 3	Säge	0,33	0,11	11	10	0,12	219,3
Komp. 4	Werkstatt	0	0	0	10	0,09	2,9
Komp. 5	Rundholzplatz	0,42	0,15	15	8	0,10	156,2
FU-geregelter Kompressor *)							
Komp. 6	Säge					0,10	307,9

*) mit Frequenzumrichter geregelt
**) wird erreicht wenn Leerlauf auf 0 reduziert wird (theoretischer Wert)

Tabelle 10: Liste der Kompressoren, Betrieb 1

Mögliche Einsparungsmaßnahmen

Nutzung der Wärmerückgewinnung über Luftkanal (auch bei starrgeregeltem Kompressor)
Regelung der Ansauglufttemperatur mittels Warnsensor
Verschmutzte Ansaugfilter alle 500 h regelmäßig reinigen bzw. ersetzen
Elektronisch niveaugeregelte Kondensatableiter vor Hobelwerk
Abschaltung unbenutzter Teile z.B. Hobelwerk
Erstellung eines Druck- und Bedarfsprofils des FU gesteuerten Kompressors
Überprüfung und Wartung des starr geregelten Kompressors
Anpassen der Steuerungseinheit an die tatsächlichen Erfordernisse
Bei schwankendem Druckluftbedarf verzögerter Aussetzbetrieb
Abschaltung von z.B. Besäumer auch während der Pause
Ringleitung für Hauptleitung sinnvoll
Getrennte Netze mit unterschiedlichen Druckniveaus für Hobelwerk und Heizhaus
Vermeiden von Druckschwankungen durch Installation von lokalem Druckspeicher bei Besäumer-Linie
Verbraucher hinterfragen - Druckluft zur Reinigung nur dort wo notwendig
Ersatz von pneumatischen Zylindern bei automatisierten Prozessen für Linear- und Drehbewegungen bei Seitenwareabsonderung, Stoppen und Abheben beim Gatter

Licht

Der Gesamtverbrauch der Beleuchtung beläuft sich auf rund 250 MWh oder rund 3% Anteil am Gesamtstromverbrauch. Für den Hauptverbrauch ist die Sägehalle mit einem Anteil von ca. 75% verantwortlich. Hier sind hauptsächlich Leuchtstoffröhren mit konventionellen Vorschaltegeräten im Einsatz. Die Nutzung des Tageslichts, sowie die Ausstattung der Leuchtkörper mit Reflektoren werden mit mittelmäßig beurteilt.

Mögliche Einsparungsmaßnahmen

Durch die bedarfsabhängige Bedingung und bessere Ausnutzung des Tageslichts lässt sich hier das größte Einsparungspotenzial ausschöpfen.

Installation von Bewegungsmeldern für die Aussenbeleuchtung
Lichtbänder reihenweise schalten, separate Schaltung der Leuchten in Fensterzone im Hobelwerk und der Sortieranlage
Einbau von Bewegungsmeldern, Zeitschaltuhren oder Ersatz von Natriumhochdruckdampflampen durch Leuchtstoffröhren mit Bewegungsmeldern in wenig frequentierten Bereichen der Hallen (z.B. Schleiferei, Kompressorraum, Kesselraum, Pumpenraum, Trockenkammern, Keller)
Verschattung mittels Folien in Versandsortierung und Hobelwerk
Ersatz von Standard-Leuchtstoffröhren mit konventionellen Vorschaltegeräten durch Feuchtraum T8 Dreibanden-Leuchtstoffröhren mit elektronischen Vorschaltegeräten und Reflektoren
Sukzessiver Ersatz von 15 Stück 300W Halogenlampen durch 150 W Metalldampflampen
Nachträglich aufsetzbare Reflektoren einsetzen
Installation von elektronischen Vorschaltegeräten (EVG)
Dimmbare EVGs in Kabine Gatterführer

Einsparungspotenziale bei den Stromanwendungen

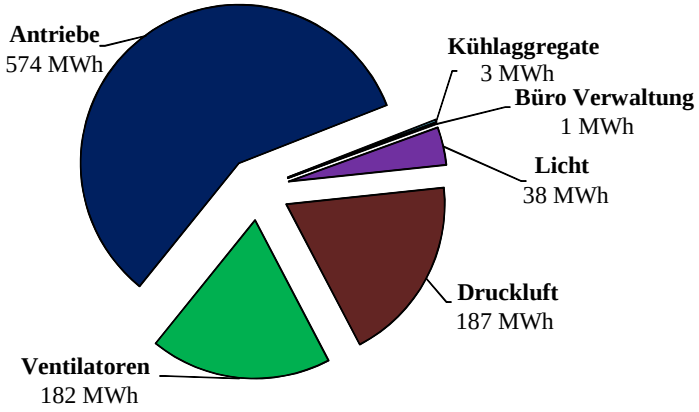

Abbildung. 37: Verteilung der Stromeinsparpotenziale auf die Anwendungen, Gesamtpotenzial 985 MWh

Wärmeverbrauch

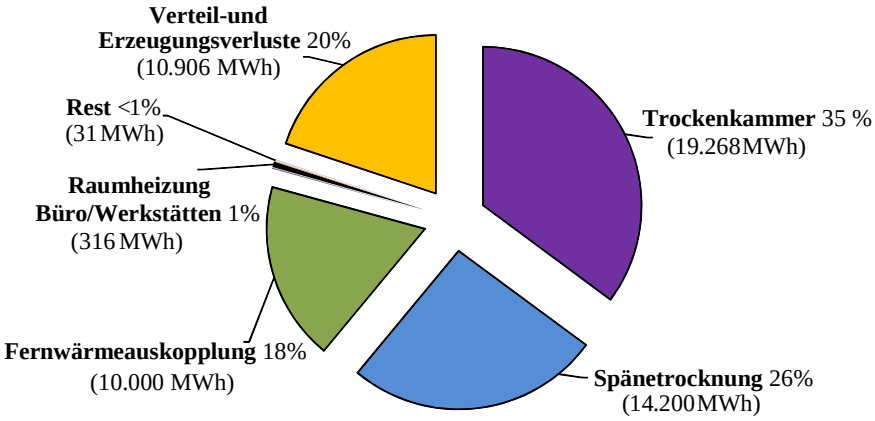

Abbildung: 38: Verteilung der thermischen Energie auf die Abnehmer, 100% = 54.836 MWh

Die Wärmeerzeugung erfolgt durch zwei Biomasseheizkessel (3,5 und 2 MW) und einem Gaskessel (2,6 MW). Die verwendeten Energieträger setzten sich zu zwei Drittel aus Biomasse wie Rinde und Holzstaub, und zu einem Drittel aus Propangas zusammen. Die durch bereits bestehende Wärmerückgewinnungsanlagen bereitgestellte Wärmemenge beträgt rund 1,6 GWh. Der Gesamtwärmeverbrauch liegt bei etwa 54,8 GWh. Für den Verbrauch sind hauptsächlich die Trockenkammern (35%) bzw. die Spänetrocknung (26%) verantwortlich. Auch die Verteil- und Erzeugungsverluste machen mit immerhin 20% am Gesamtverbrauch einen großen Anteil aus. 18% der erzeugten Wärmemenge werden in ein angeschlossenes Fernwärmenetz ausgekoppelt.

Bei den Trockenkammern wird mit 27% (~5,2 GWh) das höchste Einsparungspotenzial gesehen. Die Haupteinflussfaktoren sind eine nicht ausreichende Kammer-Isolation, und die nicht optimale Temperaturregelung.

Auch die Verteil- und Erzeugungsverluste sowie die Spänetrocknung bergen mit einem Einsparpotenzial von 13% (~1,4 GWh) bei den Erzeugungs- und Verteilungsverlusten bzw. 3% (~426 MWh) bei der Spänetrocknung – absolut betrachtet – hohe Einsparungsmöglichkeiten. Das Potenzial der Erzeugungs- und Verteilungsverluste ergibt sich hauptsächlich durch die nicht vorhandene Regelbarkeit der umgewälzten Warmwassermenge. Die Gebäude für Büro, Werkstatt, Garage und Sägehalle, befinden sich in einem sehr schlechten Dämmungszustand, dadurch werden die möglichen Einsparungen auf ca. zwei Drittel des bisherigen Verbrauchs (~200 MWh) geschätzt. Im Bereich der Wärmerückgewinnung wird das zusätzliche Potenzial auf rund 12 GWh geschätzt.

Mögliche Einsparungsmaßnahmen Trockenkammern und Spänetrocknung

Optimierung der Trockenkammersteuerung, Starten von 2-3 Kammern pro Tag
Isolation der Trockenkammern überprüfen und laufende Erneuerung der Dichtringe bei Kammertoren und -türen
Laufende Reinigung der Register in den Trockenkammern
Ersatz der Aluregister durch Edelstahlregister in den Trockenkammern 1 und 2
Solare Vortrocknung der Sägespäne (WG 55 auf WG 45) für 600 srm/d und Abmischung mit Hobelspänen
Vortrocknung der Sägespäne mittels Luftschlauch aus Kompressorraum von Pelletswerk mit 37,5 kWth
Einsatz von Wärmetauschern, z.B. zur Speisewasser- oder Luftvorwärmung im Rauchgasstrom und Abwärmerückführung durch Kondensationsanlagen (500 kW Anlage nach großem Kessel, nach Spänetrockner, Investitionskosten € 450.000)
Vorwärmung der Verbrennungsluft, z.B. durch Ansaugen warmer Abluft aus dem Spänetrocknerraum
Abschlämmung minimieren, Abschlämmungssteuerung am Gaskesssel verbessern (Entsalzungsanlage nachrüsten)
Prüfen, ob der Einsatz von alternativen Energiequellen (durch Biomassedampfanlage, Biomassekraftwärmekopplung) möglich ist
Verbindung zwischen Prozesseinheiten, welche den höchsten unterschiedlichen Wärmebedarf haben (Wärmekaskade, Nutzung der Rücklauftemperatur für Raumheizung)

Mögliche Einsparungsmaßnahmen Heizung

Dachentlüftung während der Heizperiode ausschließen (z.B. durch Ventilatorzeitschaltung 10min)
Überheizung der Räume vermeiden, Vorlauftemperatur für Heizkreis auf 65 °C absenken
VL-Steuerung durch Mischventil für Heizkreis Büro/Werkstatt, Modernisierung der Regler an sekundären Versorgungssystemen
Starre Netzpumpenregelung duch vorhandene Differenzdruckregelung ersetzen (Bedingung: Verlegen der Schaltanlage vom Pumpenraum in den Schaltraum)
Nutzung der Wärmekaskade (RL von Trockenkammer als VL von Heizung)
Dämmung der obersten Geschossdecke im Bürogebäude
Dämmung zum Boden im Bürogebäude und Holzmarkt
Dämmung der Außenwände im Bürogebäude
Fenstersanierung im Bürogebäude
Möglichkeit eines Neubaus des Bürogebäudes überprüfen

Einsparungspotenziale bei den Wärmeanwendungen

In Abbildung 34 nicht dargestellt ist das noch mögliche Wärmeeinsparungspotenzial durch Wärmerückgewinnungsmaßnahmen im Ausmaß von rund 12 GWh.

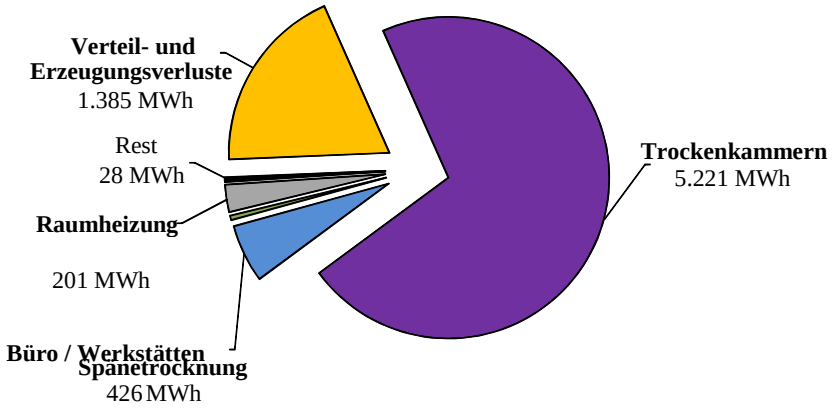

Abbildung 39: Verteilung der Wärmeeinsparpotenziale, Gesamtpotenzial 7.297 MWh

6.2.2 Übersicht Energieverbrauchsdaten Betrieb 2

6.2.2.1 Grundlagen

Allgemeines

Sägewerk mit Hobelwerk

Mitarbeiter: ~40

Einschnitt: 74.000 fm

Jahresmenge getrocknet: 21.000 m³

Softfacts

Es gibt in diesem Betrieb zwar keinen zuständigen Mitarbeiter für den Energiebereich, jedoch ein fixes Budget für Energieoptimierungen. Bei Maschinen-Neuanschaffungen wird der Energieeffizienz nur mittelmäßige Bedeutung beigemessen. Betriebsintern wird das Bewusstsein für ökologischen Energieeinsatz nur mit „gering“ bewertet. Frühere Energieaudits wurden zwar durchgeführt, es gibt aber keine Aufzeichnungen über umgesetzte Maßnahmen oder Einsparungseffekte.

Energieverteilung

Die Verteilung des Gesamtenergieverbrauchs, dargestellt in Abbildung 40, zeigt ein für Sägewerke untypisches Bild. Der Treibstoffverbrauch übersteigt dabei deutlich den elektrischen Energieverbrauch. Damit fallen die Anteile von Strom und Wärme am Gesamtverbrauch unterdurchschnittlich aus. Gemessen an der Einschnittmenge ist der Gesamtenergieverbrauch sehr gering.

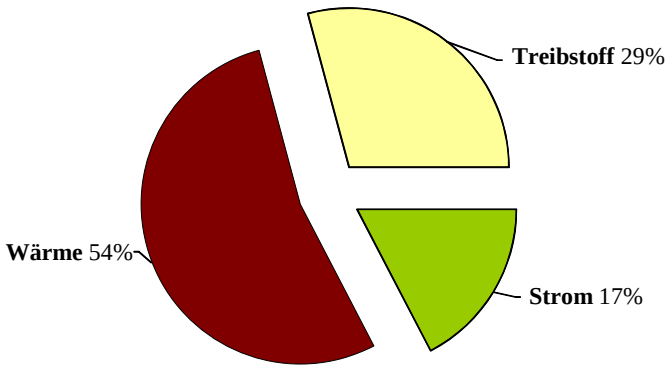

Abbildung 40: Prozentuelle Aufteilung des Gesamtenergieaufkommens, 100% = 8.239 MWh

Stromverbrauch

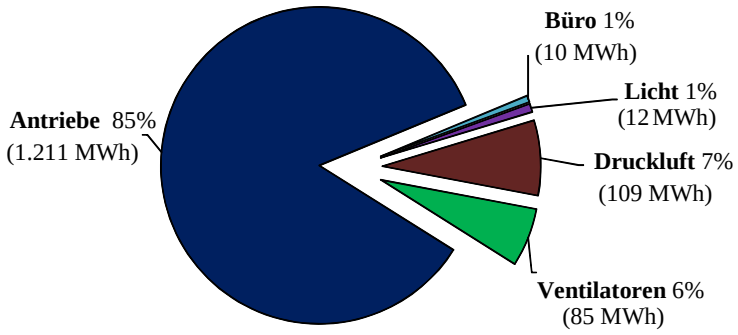

Abbildung 41: Prozentuelle Aufteilung der elektrischen Energie auf die Abnehmer, 100% = 1.428 MWh

Der Gesamtstromverbrauch liegt bei 1,43 GWh. Die Stromversorgung erfolgt zu 100% aus dem öffentlichen Stromnetz. Wie aus Abbildung 41 zu entnehmen ist, entfallen 85% der elektrischen Energie auf die Antriebe. Das geschätzte Einsparungspotenzial liegt in diesem Bereich bei 10%. Die Druckluftanlage mit einem Anteil von 7% und die Ventilatoren der Trockenkammern mit einem Anteil von 6% stellen die weiteren Hauptverbraucher elektrischer Energie dar. Im Druckluftbereich wird das höchste Einsparungspotenzial vermutet. Durch geeignete Maßnahmen können 21% der bisher eingesetzten Energie eingespart werden. Das Potenzial der Ventilatoren liegt bei 10%. Die Anteile der Beleuchtung und der Büroanwendungen fallen mit jeweils 1% erwartungsgemäß gering aus. Vor allem bei der Beleuchtung ist erfahrungsgemäß jedoch durchaus mit Einsparungen zu rechnen. Geschätzt wird das Potenzial auf 11%.

Elektrische Antriebe

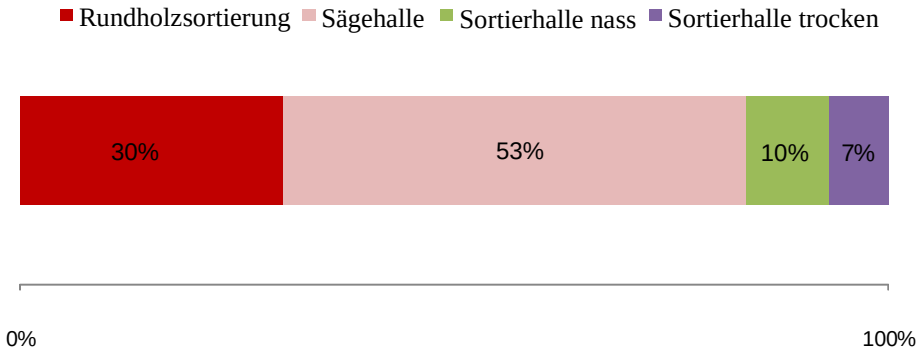

Abbildung 42: Verteilung der elektrischen Energie innerhalb der Antriebe, 100% = 1.211 MWh

Innerhalb dieses Bereichs sind vor allem die Rundholzanlage und die Sägehalle maßgeblich für den Verbrauch verantwortlich. Also jene Bereiche mit den höchsten Anschlussnennleistungen. Die Anzahl der jährlichen Betriebsstunden wurde mit 2.200 h für alle Antriebe gleich gemessen. Auf eventuelle Unterschiede betreffend den Antrieb über Keilriemen, direktem Antrieb oder Getriebe kann aufgrund fehlender Daten nicht eingegangen werden. Der Ausnutzungsfaktor ist ebenfalls konstant, somit finden sich in keinem Bereich stark überdimensionierte Antriebe.

Ventilatoren

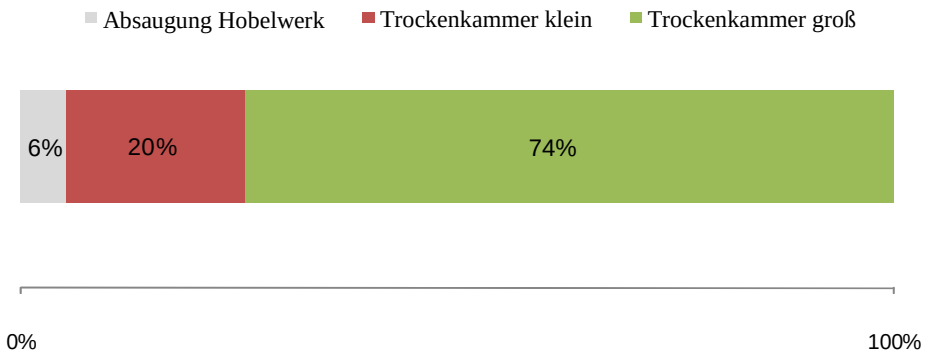

Abbildung 43: Verteilung der elektrischen Energie innerhalb der Ventilatoren, 100% = 85 MWh

Im Unternehmen sind praktisch keine Ventilatoren vorhanden, die bei der Produktion anfallenden Späne und die Sägereste werden mechanisch abgeführt – in den meisten Fällen die effizientere Variante. Aus Abbildung 43 ist zu erkennen, dass sich der Gesamtenergiebedarf der Ventilatoren im Wesentlichen aus dem Energiebedarf der Trocknung besteht (94%).

Druckluft

Der Betrieb verfügt über drei Kompressoranlagen mit teilweise nicht erfasstem Betriebsdruck. Das Alter der gesamten Druckluftanlage liegt bei ca. 14 Jahren und der Stromverbrauch bei rund 109,4 MWh, wobei sich der Verbrauch auf alle drei Kompressoren etwa gleich verteilt. Die hohen Leerlaufzeiten, vor allem bei den Kompressoren in der Entrindung bzw. der Sortierung weisen auf eine starke Überdimensionierung der Kompressorleistung hin. Sämtliche Kompressoren werden über eine Druckbandsteuerung gesteuert. Obwohl Leckagen ohne technische Hilfsmittel wahrnehmbar sind, wird nur selten eine Leckagensuche durchgeführt.

		Leerlauf zu Gesamt		Mögliches Einsparpotenzial [%] *)	Druck [bar]	Spezif. Förder-energie [kWh/m³]	Verbrauch [MWh]
		Zeitverhält-nis	Verbrauchs-verhältnis				
Komp. 1	Sägehalle	0,50	0,34	33,7%	6	0,08	39,3
Komp. 2	Entrindung	0,78	0,15	15,1%			29,9
Komp. 3	Sortierung	0,69	0,10	9,9%			40,2

*) wird erreicht wenn Leerlauf auf 0 gesenkt wird (theoretischer Wert)

Tabelle 11: Liste der Kompressoren, Betrieb 2

Licht

Der Gesamtverbrauch der Beleuchtung beläuft sich auf rund 12 MWh und nimmt damit nur einen Anteil von etwa 1% am Gesamtverbrauch ein. Die Hauptverbraucher sind die Bereiche Sägehalle und die Sortier- und Paketierhalle. Die bedarfsgerechte Abschaltung wird nur teilweise durchgeführt. Hauptsächlich durch Verbesserung der bedarfsgerechten Schaltung ergibt sich ein zu erreichendes Einsparungspotenzial von ca. 11%.

Einsparungspotenziale bei den Stromanwendungen

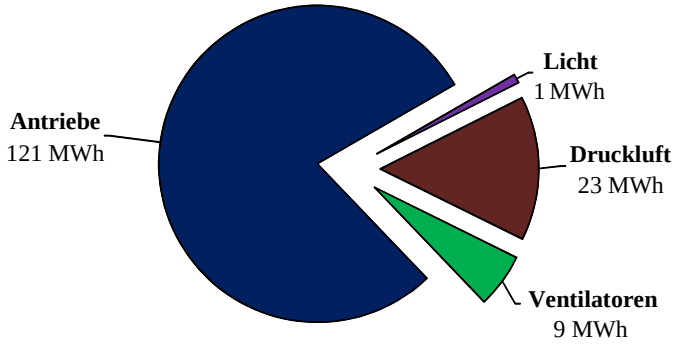

Abbildung 44: Verteilung der Stromeinsparpotenziale auf die Anwendungen, Gesamtpotenzial 154 MWh

Wärmeverbrauch

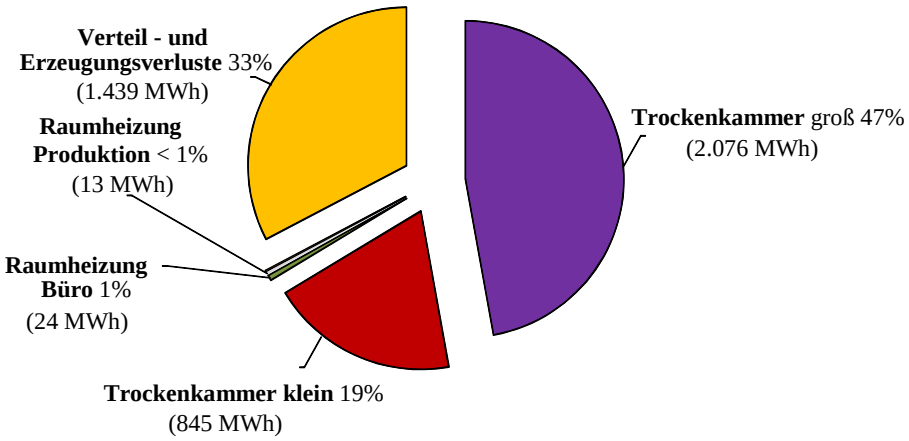

Abbildung 45: Verteilung der thermischen Energie auf die Abnehmer, 100% = 4.401 MWh

Die Bereitstellung der thermischen Energie erfolgt durch einen 1 MW Biomasseheizkessel. Als Energieträger kommt Rinde zum Einsatz (ca. 6.500 srm). Der Gesamtwärmeverbrauch von rund 4,4 GWh wird im Wesentlichen durch die beiden Trockenkammern bzw. durch Verteil- und Erzeugungsverluste verursacht. Die möglichen Einsparungen der beiden Trockenkammern werden mit knapp 146 MWh bewertet. Wobei jeweils von einem Einsparungspotenzial von etwa 5% ausgegangen wird, was ca. 104 MWh bei der leistungsstärkeren Trockenkammer (Trockenkammer groß) und ca. 42 MWh bei der leistungsschwächeren Trockenkammer entspricht. Diese Einsparungen bilden jedoch nur einen theoretischen Wert ab, da sich beide Trockenkammern noch in einem sehr guten Zustand befinden. Der nötige Aufwand dieses Potenzial auszuschöpfen ist entsprechend hoch anzusetzen. Mit 33% (1,4 GWh) nehmen die Verteil- und Erzeugungsverluste einen sehr

hohen Anteil am Gesamtverbrauch ein. Durch entsprechende Maßnahmen lassen sich Einsparungen von etwa 12% (~172 MWh) erreichen. Hier werden durch einen geringen Jahresnutzungsgrad, die schlechte Regelbarkeit der umgewälzten Wassermenge bzw. der Heizanlage die höchsten Verluste verursacht. Auch mangelhafte Isolation zwischen Kessel und Verbraucher spielt eine Rolle. Zusätzlich sind die Heizkreise nicht trennbar miteinander verbunden, wodurch nicht benötigte Heizkreise mitversorgt werden. Das Einsparungspotenzial in den Räumlichkeiten des Produktionsbereichs ist auffallend hoch, hier gehen hauptsächlich durch schlechte Isolation ca. 60% der eingesetzten Wärmeenergie, verloren.

Einsparungspotenziale bei den Wärmeanwendungen

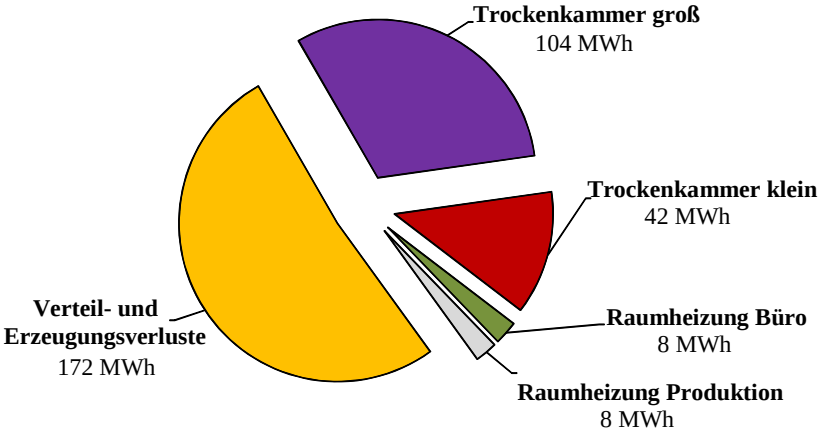

Abbildung 46: Verteilung der Wärmeeinsparpotenziale, Gesamtpotenzial 334 MWh

6.2.3 Übersicht Energieverbrauchsdaten Betrieb 3

6.2.3.1 Grundlagen

Allgemeines

Sägewerk mit Hobelwerk

Mitarbeiter: ~50

Einschnitt: 95.000 fm

Jahresmenge getrocknet: 27.000 m³

Softfacts

Im Betrieb gibt es einen für den Energiebereich zuständigen Mitarbeiter. Aufgrund der schwachen Datenlage kann für den Softfacts-Bereich keine aussagekräftige Bewertung getroffen werden.

Energieverteilung

Die Verteilung des Gesamtenergieverbrauchs des Betriebs 3 ist in Abbildung 47 dargestellt. Erwartungsgemäß wird hauptsächlich thermische Energie für die Holztrocknung benötigt. Beinahe gleichmäßig teilt sich der Rest auf elektrische Energie und Treibstoff auf.

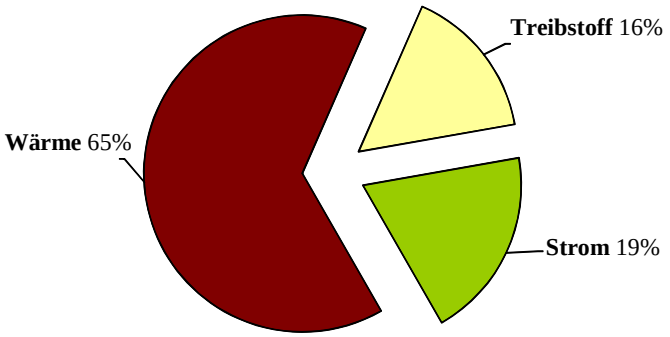

Abbildung 47: Prozentuelle Verteilung des Gesamtenergieaufkommens, 100% = 11.887 MWh

6.2.3.2 Analyse

Stromverbrauch

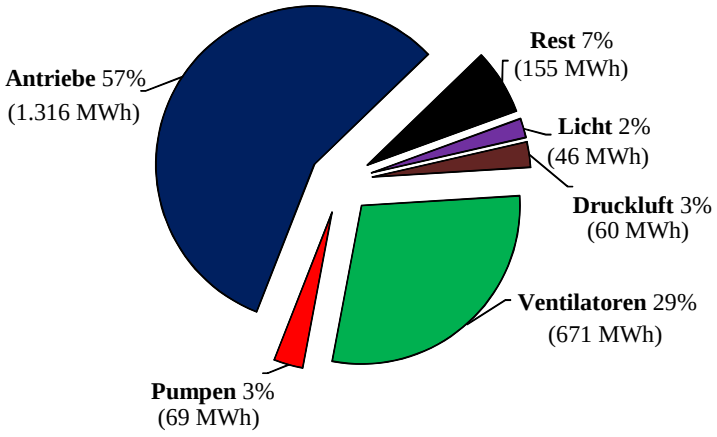

Abbildung 48: Prozentuelle Verteilung der elektrischen Energie auf die Abnehmer, 100% = 2.162 MWh

Der Gesamtstromverbrauch liegt bei ca. 2,32 GWh. Die Versorgung mit elektrischer Energie erfolgt zu 100% aus dem öffentlichen Netz. Die höchsten Anteile am Gesamtverbrauch werden durch die elektrischen Antriebe und Ventilatoren verursacht. Zusammengerechnet werden durch diese beiden Bereiche 85% der elektrischen Energie verbraucht. Die Einsparungspotenziale liegen bei den Antrieben bei etwa 10% und bei den Ventilatoren bei etwa 2%. Hohe Einsparungspotenziale bergen der Druckluftbereich und die Beleuchtung. Obwohl deren Anteil am elektrischen Gesamtverbrauch gering ist (Druckluft 3%, Beleuchtung 2%), sind hier merkbare Einsparungen zu erreichen. Bei der Beleuchtung sind 26% (ca.12 MWh) an Einsparungspotenzial möglich, im Druckluftbereich 24%. 3% des elektrischen Energieverbrauchs kann den Pumpen zugeordnet werden. Das Einsparungspotenzial wird mit „ProTool“ in diesem Bereich auf 9% geschätzt.

Elektrische Antriebe

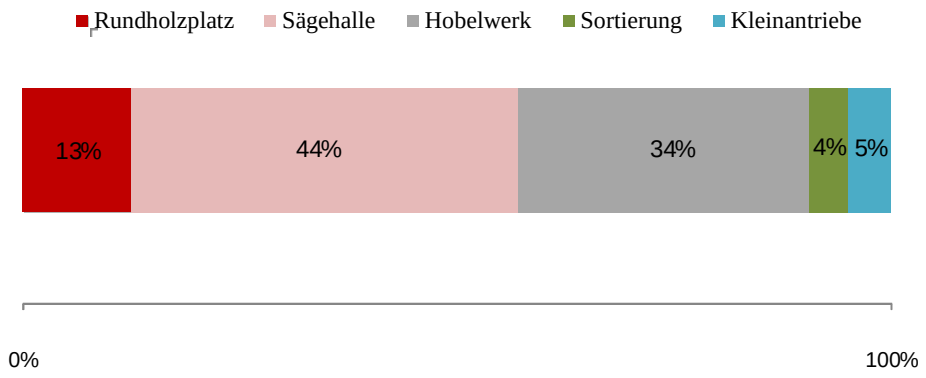

Abbildung. 49: Verteilung der elektrischen Energie innerhalb der Antriebe, 100% = 1.316 MWh

Die Hauptverbraucher innerhalb des Bereichs elektrische Antriebe befinden sich am Rundholzplatz, in der Sägehalle und im Hobelwerk. Die Anschlussnennleistungen der Motoren liegen in diesen drei Bereichen auf ähnlichem Niveau. Bis auf einige wenige Motore am Rundholzplatz werden alle Motore im Dauerbetrieb gefahren, sind also den ganzen Tag in Betrieb und werden in Pausen nicht abgeschaltet. Auffallend ist auch der geringe Ausnutzungsfaktor, der im Durchschnitt nur 52% beträgt. Das bedeutet, dass die Motore die doppelte Anschlussnennleistung aufweisen als eigentlich benötigt wird.

Ventilatoren

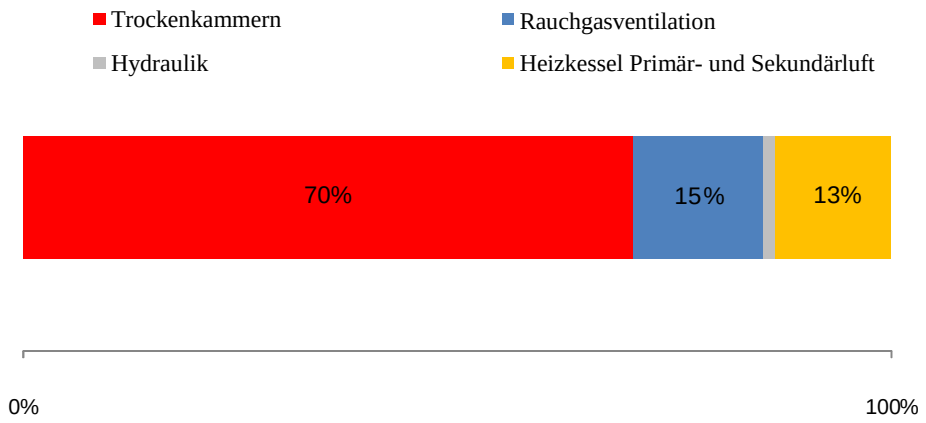

Abbildung 50: Verteilung der elektrischen Energie innerhalb der Ventilatoren, 100% = 671 MWh

Der mit 29% relativ hohe Anteil der Ventilatoren am Gesamtstromverbrauch wird zu einem Großteil durch die Ventilatoren der sieben Trockenkammern und der Primär- bzw. Sekundärbelüftung des Heizkessels verursacht. Allerdings bieten die Ventilatoren kaum Verbesserungspotenzial, da ein Großteil bereits über eine effiziente Luftstromregelung verfügt.

Druckluft

Mit nur 3% fällt der Anteil der Druckluftanlage am Gesamtstromverbrauch ausgesprochen gering aus. Wie aus Tabelle 12 ersichtlich besteht die Druckluftanlage aus nur zwei von einander unabhängigen Kompressoren mit einem Ausgangsdruckniveau von je 8 bar. Bei Bedarf werden beide Kompressoren zusammengeschaltet und über ein Druckband geregelt. Die Kompressoren selbst sind nicht geregelt. Das hohe Zeitverhältnis von Leerlaufzeit zur Gesamtzeit bei Kompressor 1 spiegelt dessen geringe Auslastung wider. Druckverluste im Verteilnetz werden etwa einmal jährlich untersucht und beseitigt.

		Leerlauf zu Gesamt		Mögliches Einsparpotenzial [%] *)	Druck [bar]	Spezif. Förderenergie [kWh/m³]	Verbrauch [MWh]
		Zeitverhält-nis	Verbrauchs-verhältnis				
Komp. 1	Link Anlage MSK D 130	0,40	0,12	12	8	0,14	44,9
Komp. 2	Sägewerk Käser ASK27T	0,40	0,12	12	8	0,13	15,3

*) wird erreicht wenn Leerlauf auf 0 reduziert wird (theoretischer Wert)

Tabelle 12: Liste der Kompressoren, Betrieb 3

Mögliche Einsparungsmaßnahmen

Absenken des Systemdrucks
Eine Steuerung beim Kompressor der Linkanlage in Betracht ziehen bzw. durch neueres Modell ersetzen
Leckagensuche
Nutzung der Kompressorabwärme für die Heizung des Büros

Pumpen

Der Energieverbrauch teilt sich etwa zu gleichen Teilen auf die Heizkesselpumpe und die Heißwasserpumpen der Trockenkammern auf. In diesem Bereich scheint lediglich die Anschlussnennleistung der Heizkesselpumpe zu groß dimensioniert zu sein, ansonsten ergeben sich keine nennenswerten Einsparungsmöglichkeiten.

Licht

2% des Gesamtstromverbrauchs werden für die Beleuchtung aufgebracht, das entspricht etwa 50 MWh. Es finden sich im Betrieb keine energieeffizienten Leuchtmittel und nur wenig getrennt schaltbare Bereiche. Die Nutzung des Tageslichtes sowie die Ausstattung der Leuchtmittel mit Reflektoren werden als mittelmäßig bewertet. In Summe bedeutet das ein Einsparungspotenzial von rund 12 MWh.

Einsparungspotenziale bei den Stromanwendungen

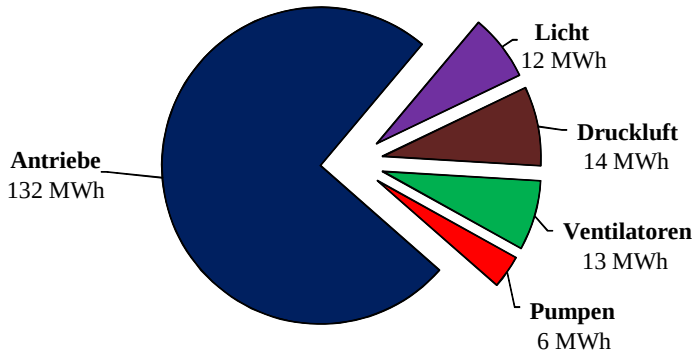

Abbildung 51: Verteilung der Stromeinsparpotenziale auf die Anwendungen, Gesamtpotenzial 176 MWh

Wärmeverbrauch

Der Gesamtwärmeverbrauch von rund 7,7 GWh wird im Wesentlichen durch die sieben Trockenkammern bzw. durch Verteil- und Erzeugungsverluste verursacht. Als Energieträger kommen Sägenebenprodukte wie Rinde und Holzstaub zum Einsatz. Die Wärmebereitstellung erfolgt durch einen neuwertigen 3 MW Biomasseheizkessel. Schwachstellen der Wärmedämmung wurden an den Türen und an den Randbereichen der Trockenkammern gefunden. Auch die Leitungen im Verteilerraum der Trockenkammern sind teilweise nicht oder nur unzureichend gedämmt.

Es wurden in diesem Bereich keine weiteren Untersuchungen durch den Energieauditor durchgeführt.

Mögliche Einsparungsmaßnahmen

Leitungen und Randbereiche bzw. Türen der Trockenkammern besser dämmen

6.2.4 Übersicht Energieverbrauchsdaten Betrieb 4

6.2.4.1 Grundlagen

Allgemeines

Sägewerk mit Hobelwerk

Mitarbeiter: ~40

Einschnitt: 100.000 fm

Jahresmenge getrocknet: 20.000 m³

Softfacts

Es gibt einen Zuständigen für den Energiebereich und ein Budget für Energieoptimierungen, jedoch wird bei Maschinen-Neuanschaffungen der Energieeffizienz nur mittelmäßige Bedeutung beigemessen. Der zuständige Mitarbeiter bewertet das Bewusstsein für ökologischen Energieeinsatz nur mit „gering“. Frühere Energieaudits wurden zwar durchgeführt, es gibt aber keine Aufzeichnungen über umgesetzte Maßnahmen oder Einsparungseffekte.

Energieverteilung

Die Verteilung des Gesamtenergieaufkommens ist in Abbildung 52: Prozentuelle Aufteilung des Gesamtenergieaufkommensdargestellt. Es zeigt sich das für Sägewerke typische Muster wonach ein Großteil der Energie für die Wärmeerzeugung aufgewendet wird. Dabei ist der Anteil des Wärmeverbrauchs von 82% überdurchschnittlich hoch.

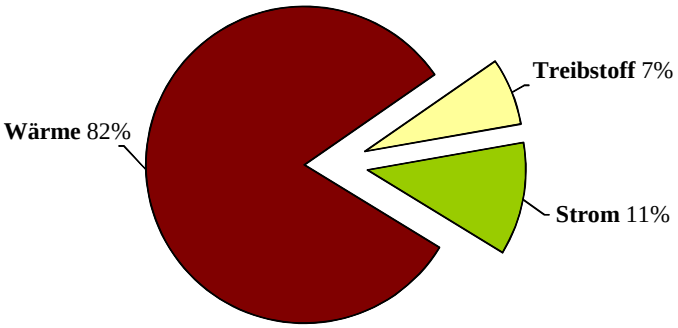

Abbildung 52: Prozentuelle Aufteilung des Gesamtenergieaufkommens, 100% = 26.493 MWh

6.2.4.2 Analyse

Stromverbrauch

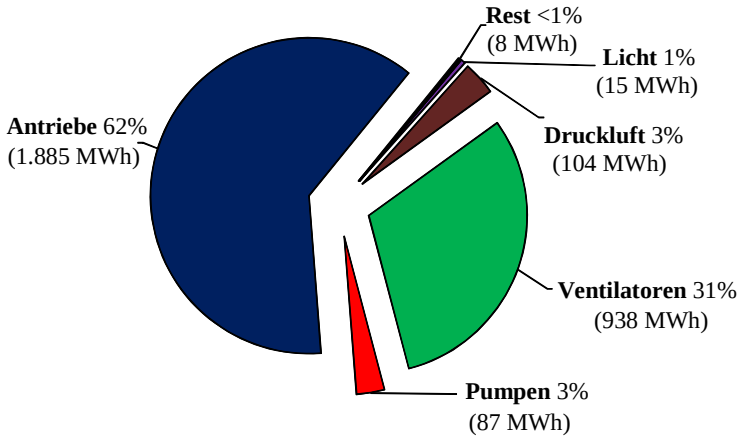

Abbildung 53: Prozentuelle Aufteilung der elektrischen Energie auf die Abnehmer, 100% = 3.036 MWh

Der Gesamtstromverbrauch liegt bei ca. 3 GWh. Die Versorgung mit elektrischer Energie erfolgt zu 100% aus dem öffentlichen Stromnetz. Der höchste Anteil am Gesamtverbrauch geht mit 63% auf Kosten der elektrischen Antriebe. Aufgrund des guten Ausnutzungsfaktors und des direkten Antriebs, wird bei den elektrischen Antrieben kein merkbares Einsparungspotenzial gesehen. Die Ventilatoren der beiden Trockenkammern verursachen ca. 31% des elektrischen Energieverbrauchs. Da die Ventilatoren, dort wo es notwendig ist, bereits geregelt ausgeführt sind und bei den restlichen keine Regelung notwendig ist, ist auch hier kein wesentliches Potenzial für Einsparungen vorhanden. Für den Druckluftbereich ergibt die Abschätzung ein Verbesserungspotenzial von 34%. Die Hauptgründe für das schlechte Abschneiden der Druckluftanlage liegen im hohen Leckagenanteil und der starren Kompressorregelung. Diese Druckverluste waren bei der Betriebsbegehung häufig und deutlich wahrnehmbar. Durch den hohen Leckagen-Anteil wird der Kompressor mit einem viel zu hohen Druck von 9 bar betrieben.

Elektrische Antriebe

Die elektrischen Antriebe wurden bei der Betriebsbegehung den verschiedenen Bereichen nicht näher zugeordnet. Einzige Ausnahme bilden ein 120 kW Motor in der Hobelhalle und zwei leistungsstarke Motoren (55 kW und 75 kW) der Sortieranlage, die gemeinsam ca. 690 MWh pro Jahr verbrauchen. Da praktisch alle Motoren über einen hohen Ausnutzungsfaktor verfügen und ein direkter Antrieb vorhanden ist, sind keine weiteren Einsparungsmaßnahmen notwendig.

Ventilatoren

Im Betrieb befinden sich 25 Ventilatoren, 24 davon befinden sich in den Trockenkammern. Die einzelnen Ventilatoren wurden nicht den beiden Trockenkammern zugeordnet, stattdessen wurden sie in drei unterschiedliche Leistungsklassen eingeteilt. Aufgrund dieser Einteilung kann keine Aussage über bereichsspezifische Energieverbräuche gemacht werden. Sämtliche Ventilatoren werden praktisch das ganze Jahr über betrieben. Da für den Großteil keine Luftstromregelung notwendig bzw. bereits eine Drehzahlregelung vorhanden ist, werden hier keine Einsparungspotenziale gesehen.

Pumpen

Der Verbrauch wird durch die sechs Pumpen, mit einer Anschlussnennleistung von jeweils 2,2 kW des Pumpenhauses verursacht. Die Pumpen werden zur Förderung des Heißwassers für die beiden Trockenkammern eingesetzt und sind das ganze Jahr über in Betrieb. Eine Regelung des Förderstromes wird als nicht notwendig erachtet.

Druckluft

Der Betrieb verfügt insgesamt über vier Druckluft-Kompressoren mit den beiden Druckluftniveaus von 6 und 9 bar. Alle vier Kompressoren sind starr geregelt. Das führt zu einer belastungsunabhängigen Leistungsaufnahme. Betrachtet man das Leerlauf- zu Gesamt-Zeitverhältnis in Tabelle 13, stellt man fest, dass alle vier Kompressoren nahezu ständig unter Volllast betrieben werden. Der Grund dafür liegt nicht im hohen Druckluftbedarf, sondern im hohen Leckagenanteil des Verteilnetzes. Die Steuerung der Druckluftanlage erfolgt über eine Druckbandsteuerung. Obwohl Druckverluste im Verteilnetz häufig und deutlich wahrnehmbar sind wird keine Leckagensuche durchgeführt.

		Leerlauf zu Gesamt		Mögliches Einsparpotenzial [%] *)	Druck [bar]	Spezif. Förderenergie [kWh/m³]	Verbrauch [MWh]
		Zeitverhält-nis	Verbrauchs-verhältnis				
Komp. 1	Pumpenhaus	0,00	0,00	0	6		0,2
Komp. 2	Komp alt	0,00	0,00	0	9	0,12	2,5
Komp. 3	Komp 1998	0,20	0,05	5	9	0,16	62,2
Komp. 4	Komp 1991	0,23	0,06	6	9	0,16	39,3

*) wird erreicht wenn Leerlauf auf 0 reduziert wird (theoretischer Wert)

Tabelle 13: Liste der Kompressoren, Betrieb 4

Mögliche Einsparungsmaßnahmen

Sanierung des Druckluftnetzes
Kopmressoren in Pausen und am Wochenende ausschalten
Druckluftanlage auf kleinst möglichem Niveau fahren
Effiziente Düsen und Bauteile mit geringstem Druckverlust verwenden

Licht

Der Anteil der Beleuchtung am Gesamtstromverbrauch ist mit weniger als 1% sehr gering. Insgesamt liegt der Verbrauch bei rund 15 MWh. Die Nutzung von Tageslicht und die Ausstattung der Leuchtmittel mit Reflektoren wird als mittelmäßig bewertet. Teilweise werden bereits energieeffiziente Leuchtmittel eingesetzt. Dementsprechend gering fällt das mögliche Einsparungspotenzial aus (ca. 1 MWh).

Mögliche Einsparungsmaßnahmen

Reinigen der Lampenreflektoren

Einsparungspotenziale bei den Stromanwendungen

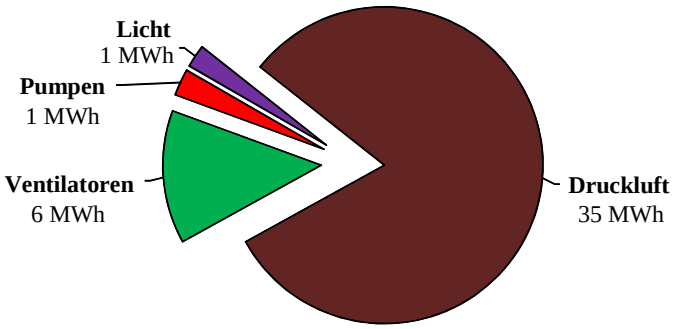

Abbildung 54: Verteilung der Stromeinsparpotenziale auf die Anwendungen, Gesamtpotenzial 43 MWh

Wärmeverbrauch

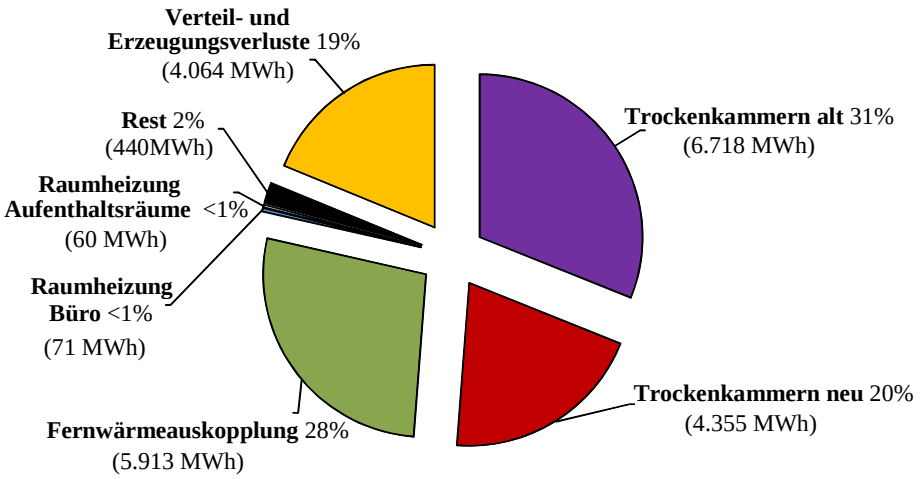

Abbildung 55: Prozentuelle Aufteilung der thermischen Energie auf die Abnehmer, 100% = 21.622 MWh

Der Gesamtwärmeverbrauch von rund 21,6 GWh wird im Wesentlichen durch die beiden Trockenkammern, durch Verteil- und Erzeugungsverluste und der Fernwärmeauskopplung verursacht. Als Energieträger kommen Sägenebenprodukte wie Rinde oder Holzstaub zum Einsatz. Ein Ölkessel wird nur bei Ausfall des Biomassekessels betrieben. Dadurch ist die verbrauchte Menge an Heizöl dementsprechend gering. Der Anteil der bereits realisierten Wärmerückgewinnung an der Wärmeerzeugung beträgt rund 940 MWh, wobei zum Zeitpunkt der Beratung keine weiteren Potenziale für weitere Wärmerückgewinnung gesehen wurden.

Der Großteil des thermischen Einsparungspotenzials wird der alten Trockenkammer zugeschrieben. Aufgrund veralteter Isolierung und überholter Technologie kommt das geschätzte Potenzial bei 45% (~3 GWh) zu liegen. Bei der neuen Trockenkammer sind durch Verbesserungen immerhin 15% (~ 630 MWh) möglich. Durch die Erzeugungs- und Verteilungsverluste gehen jährlich rund 4 GWh verloren. Die Hauptverlustfaktoren sind schlechte Regelbarkeit der Heizanlage sowie der umgewälzten Wassermenge und eine unzureichende Isolierung der Rohrleitungen. Das erreichbare Potenzial liegt bei ca. 25% (~ 1 GWh). Durch die Reduktion der Wärmeverluste lassen sich auch im Bereich der Fernwärmeauskopplung ca. 5% (~ 296 MWh) an Energieverlusten vermeiden. Der schlechte Dämmungszustand des Bürogebäudes verursacht jährliche Verluste von ca. 60% (~ 42,8 MWh) der eingesetzten Heizenergie.

Einsparungspotenziale bei den Wärmeanwendungen

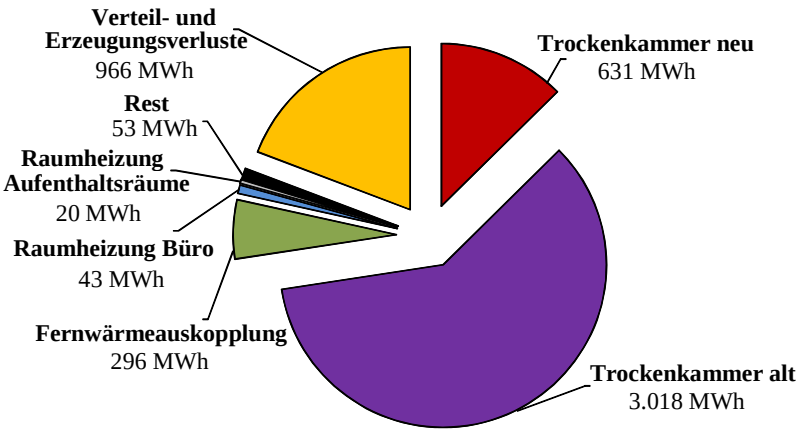

Abbildung 56: Verteilung der Wärmeeinsparpotenziale, Gesamtpotenzial 5.027 MWh

6.2.5 Übersicht Energieverbrauchsdaten Betrieb 5

6.2.5.1 Grundlagen

Allgemeines

Sägewerk mit Hobelwerk

Mitarbeiter: ~30

Einschnitt: 70.000 fm

(Jahresmenge getrocknet: 10.000 m³)

Softfacts

In diesem Betrieb gibt es keinen für Energieangelegenheiten zuständigen Mitarbeiter und bei der Neuanschaffung von Geräten wird nicht auf Energieeffizienz geachtet. Der zuständige Energieauditor bewertet das Bewusstsein für ökologischen Energieeinsatz im Betrieb als gering.

Energieverteilung

Abbildung 57 zeigt die Verteilung des Gesamtenergieaufkommens. Untypisch ist der auffallend hohe Treibstoffanteil. Die Anteile für Wärme bzw. Strom fallen dadurch entsprechend geringer aus. Der geringe Wärmeanteil ist auch darauf zurückzuführen, dass der Betrieb keine Holztrocknung im eigentlichen Sinn betreibt. Zwar verfügt der Betrieb über zwei Trockenkammern, jedoch wird das Schnittholz nicht, wie bei den restlichen Betrieben, auf einen bestimmten Feuchtegehalt getrocknet, sondern zum Schutz vor Insekten einen Tag bei 58°C getrocknet. Aus diesem Grund ist im Wärmebereich auch kein direkter Kennzahl-Vergleich mit den restlichen Betrieben zulässig.

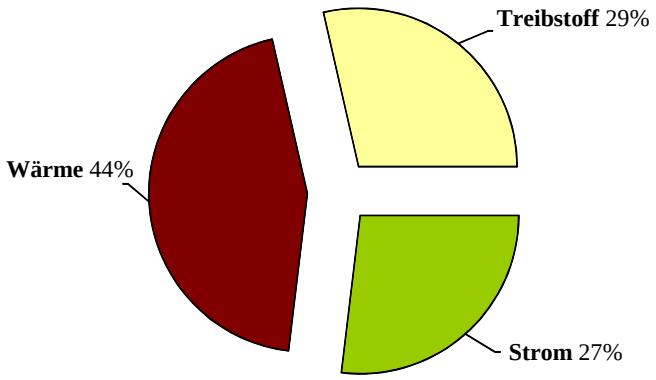

Abbildung 57: Prozentuelle Aufteilung des Gesamtenergieaufkommens, 100% = 4.876 MWh

6.2.5.2 Anlayse

Stromverbrauch

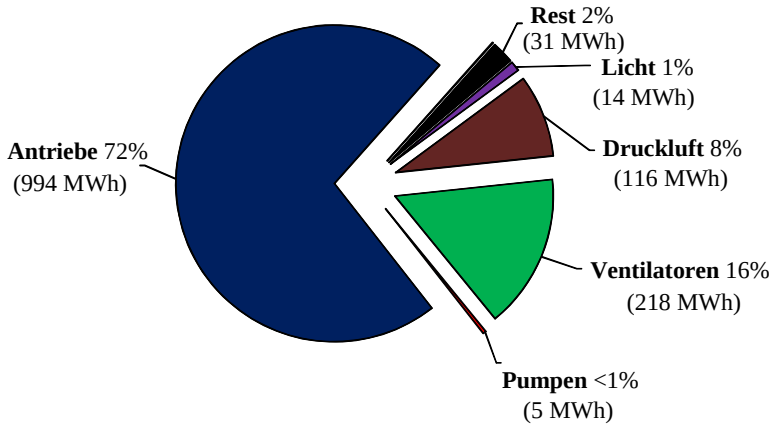

Abbildung 58: Prozentuelle Aufteilung der elektrischen Energie auf die Abnehmer, 100% = 1.364 MWh

Der Gesamtstromverbrauch liegt bei ~1,38 GWh. Die Versorgung mit elektrischer Energie erfolgt zu rund 76% aus Eigenerzeugung durch ein Klein-Wasserkraftwerk. Der Rest wird aus dem öffentlichen Netz bezogen. Der höchste Anteil am Gesamtverbrauch geht mit 72% auf Kosten der elektrischen Antriebe. Das zu erreichende Einsparungspotenzial wird mit 2% bewertet. Die Ventilatoren der beiden Trockenkammern, mit einem Anteil von 16% und die Druckluftanlage mit einem Anteil von 8% stellen weitere Großverbraucher im Betrieb dar. Wesentliche Verbesserungen lassen sich im Druckluftbereich erzielen, das Potenzial liegt hier bei 32%. Bei Licht liegt der Anteil am Gesamtverbrauch zwar nur bei 1%, das Einsparungspotenzial ist in diesem Bereich mit 30% aber trotzdem beträchtlich.

Elektrische Antriebe

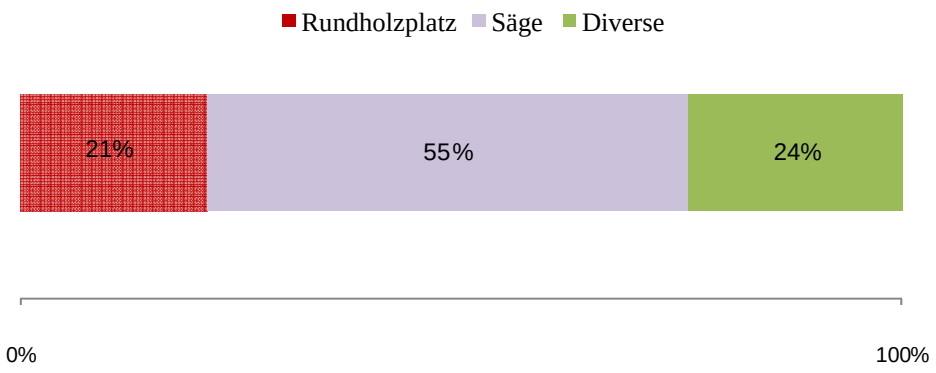

Abbildung 59: Verteilung der elektrischen Energie innerhalb der Antriebe, 100% = 994 MWh

Die Hauptverbraucher innerhalb der elektrischen Antriebe liegen im Sägebereich und am Rundholzplatz. In diesen Bereichen befinden sich die leistungsstärksten Motoren. Die meisten Motore weisen einen guten Ausnutzungsfaktor auf und treiben über relativ effiziente Stirnradgetriebe an, daher sind in diesem Bereich keine dringenden Einsparungsmaßnahmen notwendig.

Mögliche Einsparungsmaßnahmen

Besäumermotor in der Nachschnittphase getaktet fahren
Flachriemen bei Gatter durch Zahnriemen ersetzen

Ventilatoren

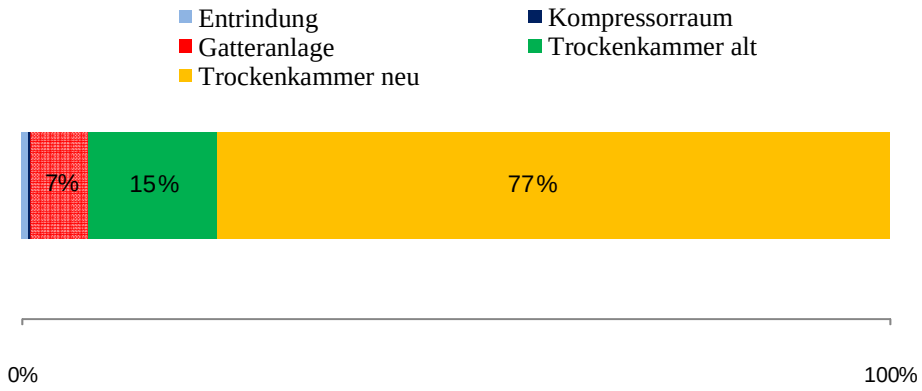

Abbildung 60: Verteilung der elektrischen Energie innerhalb der Ventilatoren, 100% = 218 MWh

Die beiden Trockenkammern sind für ca. 92% des Verbrauchs verantwortlich. Da die Ventilatoren der neuen Trockenkammer bereits mit einer Drehzahlregelung ausgestattet sind und diese den Großteil des Verbrauchs verursacht, werden auch in diesem Bereich keine wesentlichen Einsparpotenziale gesehen.

Pumpen

Im untersuchten Betrieb wurden zwei Pumpen begutachtet. Die Pumpen sind für den Heißwasserkreislauf der jeweiligen Trockenkammer verantwortlich. Ausreichende Rohrdurchmesser der Heißwasserverteilung und ein hoher Ausnutzungsfaktor machen, auch im Hinblick auf den sehr geringen Anteil am Gesamtstromverbrauch, keine weiteren Untersuchungen notwendig.

Druckluft

		Leerlauf zu Gesamt		Mögliches Einsparpotenzial [%] *)	Druck [bar]	Spezf. Förderenergie [kWh/m³]	Verbrauch [MWh]
		Zeitverhält-nis	Verbrauchs-verhältnis				
Komp. 1	Palettenverladung	0,00	0,00	0	10	0,24	7,2
Komp. 2	Sägewerk	0,30	0,08	8	10	0,16	74,0
Komp. 3	Entrindung	0,30	0,08	8	10	0,16	34,8

*) wird erreicht wenn Leerlauf auf 0 reduziert wird (theoretischer Wert)

Tabelle 14: Liste der Kompressoren, Betrieb 5

Der Betrieb verfügt über eine Druckluftanlage mit drei Kompressoren. Die Regelung der Kompressoren erfolgt über eine Druckbandregelung. Das relativ hohe Druckniveau an den Kompressoren, sowie die niedrigen Leerlaufzeiten deuten erfahrungsgemäß auf hohe Druckverluste im Verteilnetz hin. Diese Druckverluste wurden während der Betriebsbegehung häufig und deutlich wahrgenommen. Hinsichtlich der Energieeffizienz ist auch das hohe Alter der Druckluftanlage (Bj. 1958) nicht von Vorteil (Materialermüdung, höhere Fertigungstoleranzen als bei moderneren Geräten,...). Die Druckluftanlage ist praktisch das ganze Jahr hindurch in Betrieb und wird nur selten an Wochenenden abgeschaltet.

Es erfolgt weder eine regelmäßige Überprüfung der Druckluftabnehmer noch wird das Verteilnetz auf Druckverluste überprüft.

Mögliche Einsparungsmaßnahmen

Druckluftnetz sanieren
Kompressoren in Pausen ausschalten
Druckluft auf kleinstmöglichen Druck fahren
Kompressorraum sanieren (thermisch und auf Luftdichtheit)
Kompressoransaugung nach Aussen verlegen
Druckverlustoptimierte Düsen verwenden

Licht

Der Anteil der Beleuchtung fällt mit 1% erwartungsgemäß gering aus. Nichtsdestotrotz ergibt sich aufgrund der geringen Tageslichtnutzung und dem Einsatz konventioneller Leuchtmittel ein relativ hohes Einsparungspotenzial. Zusätzliche Verbesserungen lassen sich durch die Nachrüstung der Leuchtmittel mit Reflektoren und die Trennung der Versorgungs-Stromkreise in mehrere getrennt schaltbare Bereiche erreichen.

Einsparungspotenziale bei den Stromanwendungen

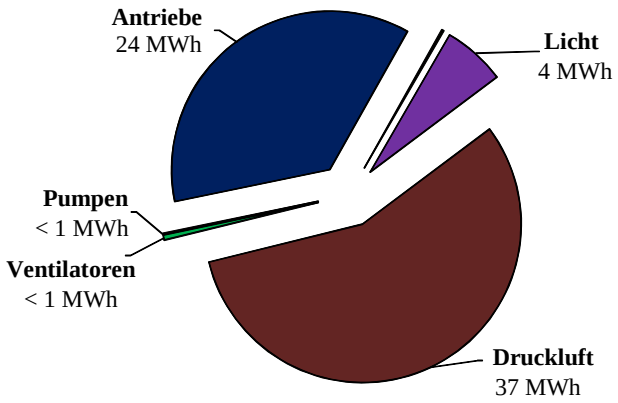

Abbildung 61: Verteilung der Stromeinsparpotenziale auf die Anwendungen, Gesamtpotenzial 65 MWh

Wärmeverbrauch

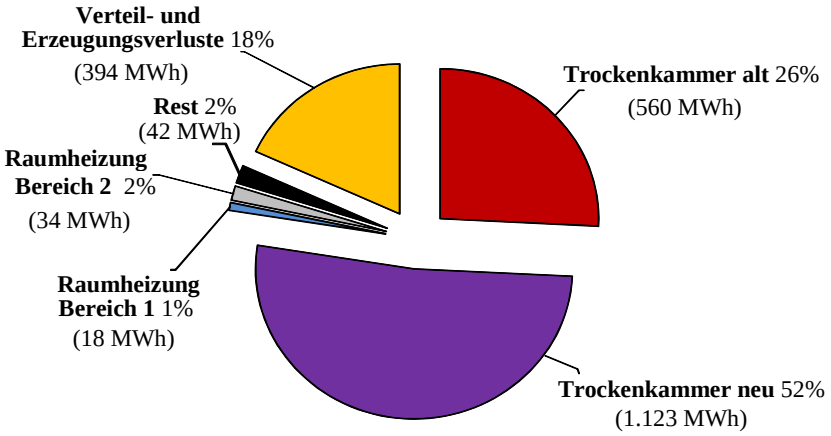

Abbildung 62: Verteilung der thermischen Energie auf die Abnehmer, 100% = 2.171 MWh

Die Wärmebereitstellung erfolgt durch einen 575 kW Heizöl-Kessel und einen 20 kW Biomasse-Kessel. Die verwendeten Energieträger setzten sich aus 98% Heizöl und 2% Biomasse zusammen. Die durch bestehende Wärmerückgewinnungen erzeugte Energie beträgt ca. 203 kWh. Der Gesamtverbrauch liegt bei rund 2,17 GWh und wird im wesentlichen durch die beiden Trockenkammern und durch Verteil- und Erzeugungsverluste verursacht. Der Hauptanteil der geschätzten Einsparungspotenziale entfällt auf die Trockenkammer älterer Bauart. Hier gehen 45% der eingesetzten Energie vor allem durch mangelhafte Isolation und veraltete Technologie verloren. Das Einsparungspotenzial bei der Trockenkammer neuerer Bauart wird mit 15% angegeben. Die wesentlichsten Verlustfaktoren

bei der Wärmeerzeugung und -verteilung sind durch die nicht regelbare Wassermenge und nichtabschaltbare Wärmekreise verursacht. Einsparungen von ca. 28% sollten in diesem Bereich möglich sein. Relativ betrachtet entstehen jedoch durch die beiden Raumbereiche (Büro und Wohnräume) die höchsten Verluste. Das mögliche Einsparungspotenzial wird auf knapp 60% geschätzt. Auch hier finden sich die Schwachstellen in der schlechten Isolation vor allem bei der Decke und den Außenwände.

Mögliche Einsparungsmaßnahmen

Verbesserung der Isolation und Abdichtung des Heizcontainers
Abwärmenutzung des Heizungscontainers
Abwärmenutzung des Kompressorraumes
Isolierung der Heizkreise
Heizsystem auf Biomasse (Sägenebenprodukte) umstellen

Einsparungspotenziale bei den Wärmeanwendungen

In der Abbildung 63 nicht dargestellt ist das noch mögliche Wärmeeinsparungspotenzial durch Wärmerückgewinnungsmaßnahmen im Ausmaß von rund 143 MWh.

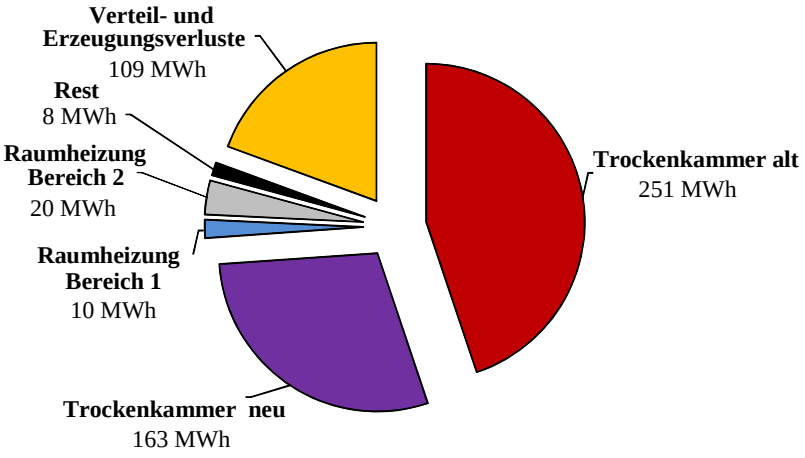

Abbildung 63: Verteilung der Wärmeeinsparpotenziale, Gesamtpotenzial 561 MWh

6.3 Zusammenfassung und Vergleich der untersuchten Betriebe

Der nachfolgend dargestellte Vergleich der Sägewerke erfolgt nach demselben Schema wie die Analyse der einzelnen Betriebe, d.h. ausgehend von der Darstellung der Softfacts wie etwa der Frage „wie der Energieverbrauch im Unternehmen wahrgenommen wird?“ werden im Anschluss die jeweils größten Verbraucher im Strom- bzw. Wärmebereich dargestellt.

6.3.1 Grundlagen

Allgemeines

Gegenstand der Untersuchung sind fünf Sägewerke mit Hobelwerk. Wie aus Abbildung 64 zu entnehmen ist sind sich vier der fünf untersuchten Betriebe in den Bereichen Mitarbeiteranzahl und Einschnittkapazität durchaus ähnlich. Da auch die produzierten Güter übereinstimmen, lässt auf eine vergleichbare Betriebs- und Organisationsstruktur schließen.

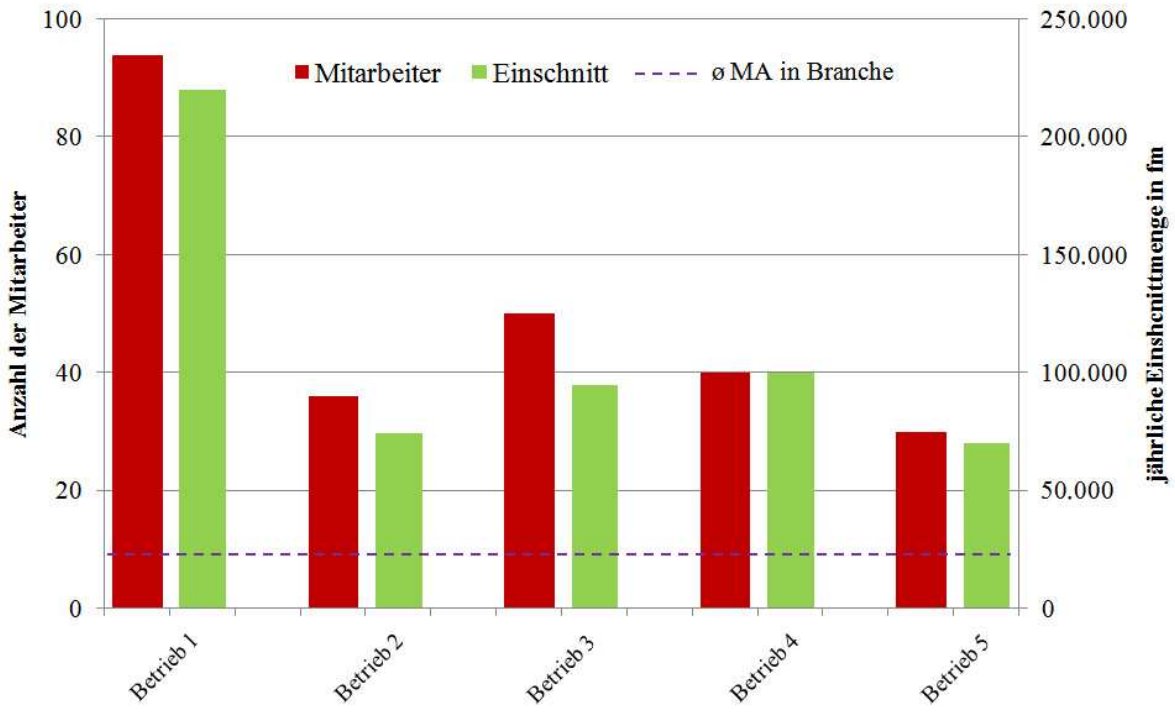

Abbildung 64: Anzahl der Mitarbeiter und der jeweiligen Einschnittmengen in fm Rundholz in den untersuchten Betrieben

Softfacts

In jedem der Betriebe gibt es entweder einen für den Energiebereich zuständigen Mitarbeiter, oder es werden zumindest Ressourcen für Energieoptimierungen bereitgestellt. In drei Betrieben wird mittelmäßig auf Energieeffizienz bei Anschaffungen von Neugeräten geachtet. Das Bewusstsein für einen ökologischen Energieeinsatz wird in vier der Betriebe als gering eingestuft, in einem Betrieb wird das Bewusstsein als mittelmäßig bewertet. Die Frage ob schon einmal ein Energieaudit stattgefunden hat konnten zwei Betriebe mit „ja“ beantworten. In beiden Fällen wurden jedoch keine Maßnahmen aus diesen Beratungen umgesetzt.

Energieverteilung

Zum Vergleich mit den in Kapitel 6.2 dargestellten Gesamtenergieverteilungen der jeweiligen Betriebe wird in Abbildung 65 die branchenübliche Verteilungsstruktur des Gesamtenergieaufkommens in der holzverarbeitenden Industrie (vgl. Kapitel 4) dargestellt. Die durchschnittliche Gesamtenergieverteilung der untersuchten Betriebe ist in Abbildung 73 zu finden.

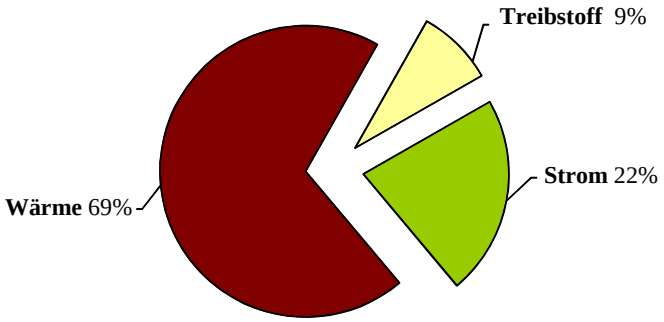

Abbildung 65: Verteilung des Endenergieverbrauchs der holzverarbeitenden Industrie für das Jahr 2007, 100% = 8.769 MWh (Datenquelle: Österreichische Nutzenergieanalyse)

Der Gesamtenergieverbrauch der untersuchten Betriebe pro Jahr liegt zwischen 4,9 GWh und 66,3 GWh. Wie auch in der Abbildung 65 zu erkennen, ist die „wichtigste“ Energieform in der holzverarbeitenden Industrie die Wärmeenergie. Die Wichtigkeit der Wärmeenergie erklärt sich dadurch, dass sich das Schnittholz in getrocknetem Zustand zu einem höheren Preis verkaufen lässt und durch Trockenkammern die Trocknungszeit stark verkürzt werden kann. Der Anteil der Wärmenergie am Gesamtenergieaufkommen variiert bei den untersuchten Betrieben zwischen 44% und 83%. Üblicherweise kommen als Energieträger Sägenebenprodukte wie Rinde, Holzstaub oder Hackschnitzel zum Einsatz, welche in den Betrieben als Abfälle anfallen und somit „gratis“ zur Verfügung stehen. Investitionen in die Effizienzsteigerung des Systems Wärmeerzeugung, -verteilung und -verbrauch, wurden aus diesem Grund lange Zeit hintangestellt. Seit einigen Jahren zeichnet sich hier jedoch eine Trend-Wende ab. Wurden Sägenebenprodukte früher noch wie Abfall behandelt, so haben diese Rohstoffe, ausgelöst vor allem durch den Anstieg der Öl- und Gaspreise, in den letzten

Jahren plötzlich einen Wert bekommen, sei es als Rohstoff für die Pelletsindustrie und für Blockheizkraftwerke oder in Form von Wärme zur Einkopplung in ein Fernwärmenetz. Durch die fehlende oder mangelnde Investitionstätigkeit sind hier insgesamt die größten Einsparungspotenziale möglich. Es muss jedoch angemerkt werden, dass es nicht für jeden Betrieb in Österreich wirtschaftlich bzw. ökobilanztechnisch sinnvoll ist Sägenebenprodukte zu verkaufen, da die Abnehmer entweder überhaupt fehlen oder der Transport über weite Strecken erfolgen würde.

Ein anderes Bild zeichnet sich beim Stromverbrauch ab. Hier wird bei vier von fünf Betrieben mindestens 75% des Bedarfs aus dem öffentlichen Stromnetz gedeckt, wodurch hohe Kosten entstehen (vgl. Kapitel 2.2). Viele Betriebe sind daher eher bereit in Maßnahmen zur Verringerung des Stromverbrauchs zu investieren, da diese Maßnahmen direkt zu Kostenersparnissen führen und nicht wie bei der Wärme einen nichtentstandenen Verkaufserlös darstellen. Besitzt ein Betrieb eine Eigenstromversorgung so besteht diese meist aus einem Klein-Wasserkraftwerk. Der Anteil der elektrischen Energie am Gesamtenergieaufkommen liegt zwischen 11% und 27%. Die bisherige Analyse der Betriebe hat gezeigt, dass kleinere Betriebe mit einer tendenziell geringeren Trocknungskapazität einen tendenziell höheren Stromanteil am Gesamtenergieaufkommen aufweisen.

Über den Treibstoffverbrauch (Mobilität) gibt es in den meisten Betrieben keine genauen Aufzeichnungen, daher konnte der tatsächliche Verbrauch nur abgeschätzt werden. Der Hauptanteil des Verbrauches entsteht bei der Rundholzmanipulation und beim Transport des Schnittholzes durch schwere Frontlader, Stapler und LKWs. Die Anteile am Gesamtenergieverbrauch bewegen sich zwischen 6% und 29%. In zwei der fünf Betriebe übersteigt der Anteil des Treibstoffverbrauchs den Bedarf an elektrischer Energie sogar. Es konnte aufgrund der ungenauen Datenlage keine Korrelation zwischen Treibstoffverbrauch und Jahreseinschnitt oder Größe bzw. Topografie der Betriebsfläche festgestellt werden. Um genauere Aussagen treffen zu können wäre es notwendig eine detaillierte Erhebung des Fuhrparks durchzuführen mit einer Aufzeichnung über die Betriebsstunden der jeweiligen Fahrzeuge und dem Zweck des Einsatzes.

6.3.2 Analyse

6.3.2.1 Vergleich des Stromverbrauchs

Die Hauptverbraucher an elektrischer Energie sind in jedem Sägewerk die Bereiche elektrische Antriebe, Ventilatoren und Druckluft. Diese Verbraucher zusammengenommen verursachen zwischen 89% und 98% des jeweiligen Gesamtstromverbrauchs. Der Rest teilt sich auf Pumpen, Licht und diverse Kleinantriebe auf. Die Zuordnung des elektrischen Gesamtstromverbrauchs (laut Stromrechnung) zu den einzelnen Verbrauchern konnte sehr genau durchgeführt werden, sodass der Anteil des nicht zuordenbaren Stromverbrauchs unter 10% zu liegen kommt.

Elektrische Antriebe

In einem Sägewerk befinden sich unzählige elektrische Antriebe, welche für die verschiedenen Prozessaufgaben – vor allem Schneiden und Transport – benötigt werden. Daher ist es auch nicht weiter verwunderlich, dass der Anteil der elektrischen Antriebe am Gesamtstromverbrauch bis zu 85% beträgt. Die größten elektrischen Verbraucher befinden sich am Rundholzplatz (große Kreissäge, Sortierzug, Kran, Entrindung) und in der Sägehalle (Spaneranlage, Gatter, Blockbandsäge). Die häufigsten Schwachstellen bezogen auf die Energieeffizienz sind in überdimensionierten Motorleistungen, Motore ohne Drehzahlregelung und Antriebe über ineffiziente Keilriemen zu finden. Bei den großen Antrieben am Rundholzplatz und in der Sägehalle ist auch die teilweise hohe Leerlaufzeit nicht optimal. Das durchschnittliche Einsparungspotenzial im Bereich der elektrischen Antriebe beträgt ca. 7%. Aufgrund des hohen Anteils am Gesamtverbrauch stellt dieser geringe Prozentsatz jedoch meist den Haupteinsparungsfaktor im Strombereich dar.

Ventilatoren

Bei den Ventilatoren wird praktisch der gesamte Verbrauch durch die Rauchgasventilation und die Ventilatoren der Trockenkammern verursacht. Überraschenderweise fällt der Anteil der Absaugungsanlagen mit max. 5% sehr gering aus, obwohl die Absaugungsanlagen leistungsstärkere Antriebe aufweisen. Die Begründung dafür liegt in den, im Vergleich zu den Ventilatoren der Trockenkammern, geringen Betriebsstunden. Die meisten Ventilatoren verfügen entweder über eine Drehzahlregelung oder einen Direktantrieb oder beides. Merkbare Einsparungen sind in diesem Bereich jedoch nicht zu realisieren, da das durchschnittliche Potenzial nur bei etwa 4% liegt.

Druckluft

Jeder der untersuchten Betriebe verfügt über eine Druckluftanlage mit zwei oder mehr Kompressoren. Der durchschnittliche Anteil am Gesamtstromverbrauch liegt bei rund 6,5%. Das benötigte Druckluftniveau liegt zwischen 4 und 8 bar. Demgegenüber stehen Kompressorausgangsdrücke zwischen 8 und 10 bar. Die Druckluftanlagen sind ohne

Ausnahme Druckband geregelt, wohingegen der Großteil der Kompressoren ungeregelt betrieben wird. Dadurch und durch die Überdimensionierung der Kompressorleistung ergeben sich sehr hohe Verluste durch Leerlaufzeiten. Die teilweise sehr alten Druckluftanlagen – vor allem die Verteilnetze – befinden sich durchwegs in schlechtem bis sehr schlechtem Zustand. Druckverluste im Netz sind in jedem Betrieb ohne Hilfsmittel wahrnehmbar. Trotz dieses Umstandes wird in den meisten Betrieben keine Leckagensuche durchgeführt. Das führt dazu, dass Kompressoren in Betrieb sind um ausschließlich nur die Druckverluste des Netzes auszugleichen. Der Druckluftbereich ist in allen Betrieben der Bereich mit dem relativ höchsten Einsparungspotenzial von bis zu 34%.

Pumpen

In diesem Bereich ist kein Vergleich der untersuchten Betriebe möglich, da der Energieverbrauch der verschiedenen Pumpen nur in einem Betrieb detailiert erfasst wurde.

Licht

Die Beleuchtung stellt gemessen am Gesamtstromverbrauch eine vernachlässigbare Größe dar. Der Anteil bewegt sich zwischen 3% und weniger als 1%. Trotzdem oder gerade deshalb sind in diesem Bereich die, relativ betrachtet, nach der Druckluft zweithöchsten Einsparungspotenziale zu erzielen. Die häufigsten Ursachen dafür liegen in der nicht optimalen Ausnutzung des Tageslichts und einer nicht bedarfsgerechten Schaltung der Lampen. Die Lampen werden meistens eingeschalten und erst am Abend wieder ausgeschaltet. Verwendet werden hauptsächlich Leuchtstoffröhren mit konventionellen Vorschaltegeräten. Besonders in diesem Bereich ist es möglich, durch einfache Maßnahmen einen Großteil des Energieverbrauchs einzusparen. Bei den untersuchten Betrieben sollten bis zu 30% Einsparungen realisierbar sein, im Durchschnitt ergeben sich 17,8%.

6.3.2.2 Vergleich des Wärmeverbrauchs

Die Wärmebereitstellung erfolgt üblicherweise über einen Biomasse-Heizkessel. Als Ausfallsicherung oder bei Sägewerken mit einer hohen Trocknungskapazität werden Öl-Kessel oder Gas-Brenner zu Unterstützung eingesetzt, um den Wärmeenergiebedarf zu decken. In einem Betrieb wird hauptsächlich Heizöl als Energieträger verwendet. Dieser Betrieb betreibt jedoch keine konventionelle Holztrocknung und benötigt deshalb eine geringere Wärmemenge als die restlichen Betriebe. Zwei der untersuchten Sägewerke sind bereits an ein Fernwärmenetz gekoppelt und versorgen die umliegenden Wohn- und Industriegebäude mit Wärme.

Alle betrachteten Betriebe sind bereits mit Trockenkammern ausgestattet, welche den Großteil der Wärmeenergie benötigen. Je nachdem ob Fernwärme ausgekoppelt wird oder nicht, beträgt der Anteil der Trockenkammern am Gesamtwärmeverbrauch zwischen 52% und 77%. Zu beträchtlichen Verlusten kommt es bei der Wärmeerzeugung und -verteilung. Bis zu einem

Drittel der Wärmeenergie gehen direkt über den Kamin und bei der anschließenden Verteilung verloren. Vernachlässigbar geringe Anteile – absolut betrachtet – werden für die Beheizung der Produktions- und Büroräume aufgewendet.

Die Schwachstellen der Wärmeerzeugung und -verteilung fallen in allen untersuchten Betrieben etwa gleich aus. In erster Linie sind dafür die nicht regelbare Wassermenge bzw. Heizanlage verantwortlich. Dazu kommt das starre Verteilnetz, wo nicht benötigte Bereiche nicht abgeschaltet werden können, sowie unzureichende Dämmung. Auch die ungenutzte Abgasabwärme stellt einen erheblichen Verlustfaktor dar. Durchschnittlich 19,3% an Einsparungen lassen sich durch Verbesserungen dieser Einflussfaktoren erreichen.

Als Wärmeanwendung sind fast ausschließlich die Wärmeversorgung der Trockenkammern zu sehen. Vor allem bei Trockenkammern älterer Bauart kommt es durch unzureichende Wärmedämmung und schlechter Regelbarkeit der Temperatur zu erheblichen Verlusten. Aber auch bei Trockenkammern neuerer Bauart sind durch gezielte Maßnahmen Verbesserungen zu erreichen.

In vier von fünf Betrieben bieten die Räumlichkeiten des Produktionsbereichs und der Büros sehr hohe Einsparungspotenziale. Hier gehen aufgrund der schlechten Dämmung im Schnitt zwei Drittel der aufgebrachten Wärme verloren. Positiv fällt auf, dass in drei Betrieben bereits Wärmerückgewinnungsanlagen installiert sind. Dabei wird hauptsächlich die Abwärme von Kompressoren, Heizkessel und die Abluft der Trockenkammern benutzt um Büro- und Produktionsräume zu beheizen. Durch die Vielzahl an möglichen Abwärme-Quellen ist noch mit erheblichen Einsparungspotenzialen zu rechnen.

6.3.3 Zusammenfassung der durchschnittlichen Einsparungspotenziale

Durchschnittliche Einsparpotenziale			
Druckluft	27,6	Erzeugungs- und Verteilungsverluste	19,3
Antriebe	7,0	Wärmeabnahme	36,8
Ventilatoren	4,4		
Licht	17,8		
Pumpen	6,7		
Strom	**8,0**	**Wärme**	**25,0**

Tabelle 15: Durchschnittliche Einsparpotenziale der verschiedenen Bereiche in % des jeweiligen Gesamtverbrauchs

In der nachfolgende Abbildung sind die durchschnittlichen relativen Einsparungspotenziale aus Tabelle 15 zusammengefasst und verteilt nach Aufwand und Dringlichkeit dargestellt. Das dargestellte Potenzial für Controling & Bewusstsein wurde aus der Bewertung der Softfacts abgeleitet und kann als allgemeines Einsparungspotenzial angesehen werden, dass über alle Bereiche durch organisatorische Maßnahmen sowie Mitarbeitersensibilisierung erreicht werden kann.

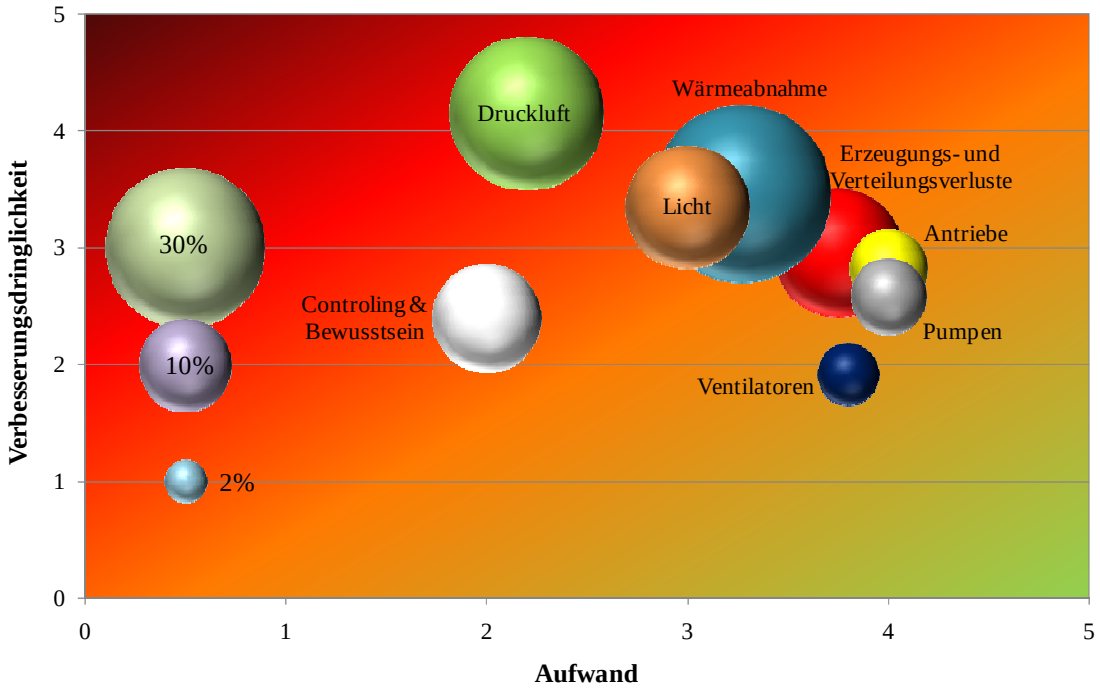

Abbildung 66: Durchschnittliches relatives Einsparungspotenzial für die verschiedenen Anwendungsbereiche

Die Größe der Blase spiegelt das erzielbare relative Einsparungspotenzial wider. Aufwand und Verbesserungsdringlichkeit werden nach dem Schulnotensystem bewertet. Die Verbesserungsdringlichkeit gibt Auskunft über die Möglichkeiten zu einer Verbesserung zu gelangen. Je weiter oben sich die Blase befindet desto größer ist die Verbesserungsmöglichkeit. Zur Erklärung bietet sich eine alte Druckluftanlage an. Hier gibt es meistens viele Leckagen, ungeregelte überdimensionierte Kompressoren, eine ineffiziente Verteilung, zu hohes Druckniveau, usw. Das bedeutet, es gibt eine Vielzahl an Punkten wo eine Verbesserung des Gesamtsystems erreicht werden kann, somit eine hohe Verbesserungsdringlichkeit. Der Aufwand der zu betreiben ist, um das Einsparungspotenzial auszuschöpfen ist auf der Abszisse dargestellt. Dieser Wert wird am Ende jedes Verbrauchsbereichs vom Energieauditor eingegeben, beruht also auf dessen objektiver Einschätzung und wird nicht durch das „ProTool“-Programm berechnet. Er entspricht den zu erwartenden Investitionen um das geschätzte Einsparungspotenzial auszuschöpfen.

Für den gesamten Strom- bzw. Wärmebereich ergeben sich im Schnitt Einsparungspotenziale von rund 8% im Strombereich bzw. 25% im Wärmebereich. Wie aus Tabelle 16 zu erkennen ist liegen diese Werte im Strombereich im unteren Bereich recherchierter Literaturdaten.

	Strom	**Wärme**
Sattler Consulting[1]	7%	11%
gloor engineering[2]	30%	k. A.
wyrsch[3]	10-20%	k. A.

[1]vgl. Sattler (2008), S. 44ff

[2]vgl. gloor engineering (1996), S.3

[3]vgl. Wyrsch (2005), S.5

Tabelle 16: Durchschnittliche Einsparpotenziale für Strom- und Wärmeverbrauch aus Literaturdaten

Interpretation

Aus Abbildung 66 ist gut zu erkennen, dass die größten relativen Einsparpotenziale im Wärmeverbrauch und im Druckluftbereich zu finden sind. Dabei gibt es vor allem im Druckluftbereich viele Punkte, an denen man mit Verbesserungsmaßnahmen beginnen kann, um die hohen Energieverluste in den Griff zu bekommen. Die relativ geringen Einsparpotenziale bei den Pumpen, Ventilatoren und elektrischen Antrieben können nur mit hohem Aufwand realisiert werden und ist im Prinzip mit den zu erwartenden Investitionskosten gleichzusetzen. Beispielsweise sind die nachträgliche Ausstattung mit Drehzahlregelungen und der Ersatz des Motors durch eine Type mit höherer Effizienz investitionsintensive Maßnahmen. Die Beleuchtung kann durch bedarfsgerechte Bedienung und durch eine bessere Aufteilung in getrennte Versorgungsbereiche effizienter gestaltet werden. Um das durch hohe Abgastemperaturen und mangelhafte Wärmedämmung hervorgerufene Einsparpotenzial bei den Erzeugungs- und Verteilungsverlusten zu heben, ist ebenfalls mit einem höheren Investitionsaufwand zu rechnen. Hier sei auf die Möglichkeit der Brennwerttechnik hingewiesen. Beträchtlich ist das erreichbare Einsparpotenzial, das durch organisatorische Maßnahmen und Mitarbeitersensibilisierung erreicht werden kann (siehe Abbildung 66 Controling & Bewusstsein). Im Schnitt lassen sich auf diese Weise 14% des gesamten Einsparpotenzials erzielen.

6.4 Vergleich der untersuchten Betriebe anhand spezifischer Kennzahlen mit anderen Studien

Anschließend an die Zusammenfassung der betrachteten Unternehmen werden die berechneten Kennzahlen interpretiert und versucht, daraus auf eventuell vorhandene Schwachstellen im Energieverbauch der jeweiligen Betriebe zu schließen. Wie in Kapitel 2.4.3 erläutert, ist der Vergleich der Kennzahlen nur dann zulässig, wenn vergleichbare Voraussetzungen gegeben sind. Die Kennzahlen für den Bereich der Trockenkammern sind aufgrund fehlender Daten über Holzart, Ausgangsfeuchte und Endfeuchte nur begrenzt aussagekräftig. Das betrifft Kennzahlen „kWh thermisch / m³ Jahresmenge getrocknet“ und „Trocknung elektrisch“. Die Literaturdaten aus Tabelle 17 sind auch in den nachfolgenden Diagrammen zu finden.

Kennzahlen \ Betriebe	**Betrieb 1**	Betrieb 2	Betrieb 3	Betrieb 4	Betrieb 5	gloor engineering	WKOÖ	sattler consulting	Mühlböck	Einheit
						Effizienter Betrieb				
kWh Treibstoff / fm Einschnitt	18,13	32,41	19,59	18,18	19,90		8,82	2,60		kWh / fm
kWh elektrisch / fm Einschnitt	33,81	19,30	24,38	30,53	18,74	12,00	12,00	46,20		kWh / fm
kWh thermisch / fm Einschnitt	139,30	59,37	81,15	157,09	31,02					kWh / fm
kWh thermisch / m³ Jahresmenge getrocknet (durchschnittlicher Trocknungsgrad 8-12%)	275,25	139,06	222,22	861,24	168,31				250,00	kWh / m³
Energiekosten / Umsatz	10,80	5,83	5,24	5,02			3,00	3,20		%
Energieverbrauch / Umsatz	2,21	0,60	0,99	2,04	0,49					kWh / €
Wärmebedarf / Betriebsfläche	37,36	293,58	1186,00	67,52	56,06			66,25		kWh / m²
Trocknung elektrisch *)	21,42	3,85	17,47	47,41	20,41	15,00			20,00	kWh / m³
mittleres Druckluftniveau an den Kompressoren	10,00	6,00	8,00	9,00	10,00	6,00				bar
Anteil der Energie für Druckluft am EV elektrisch	9,00	8,00	3,00	3,00	9,00					%

*) Summe der Ventilatorverbräuche pro Jahr und Jahresmenge getrocknet
gloor engineering (1996), el. Energie / m³ Fichtenholz
WKOÖ (!997)
Sattler Consulting (2008)
Firma Mühlböck, Gespräch mit dem Experten für Zuluft- Ablufttrockenkammern Hr. Basami 20.3.2009

Tabelle 17: Berechnete spezifische Kennzahlen und Vergleich mit Literaturdaten

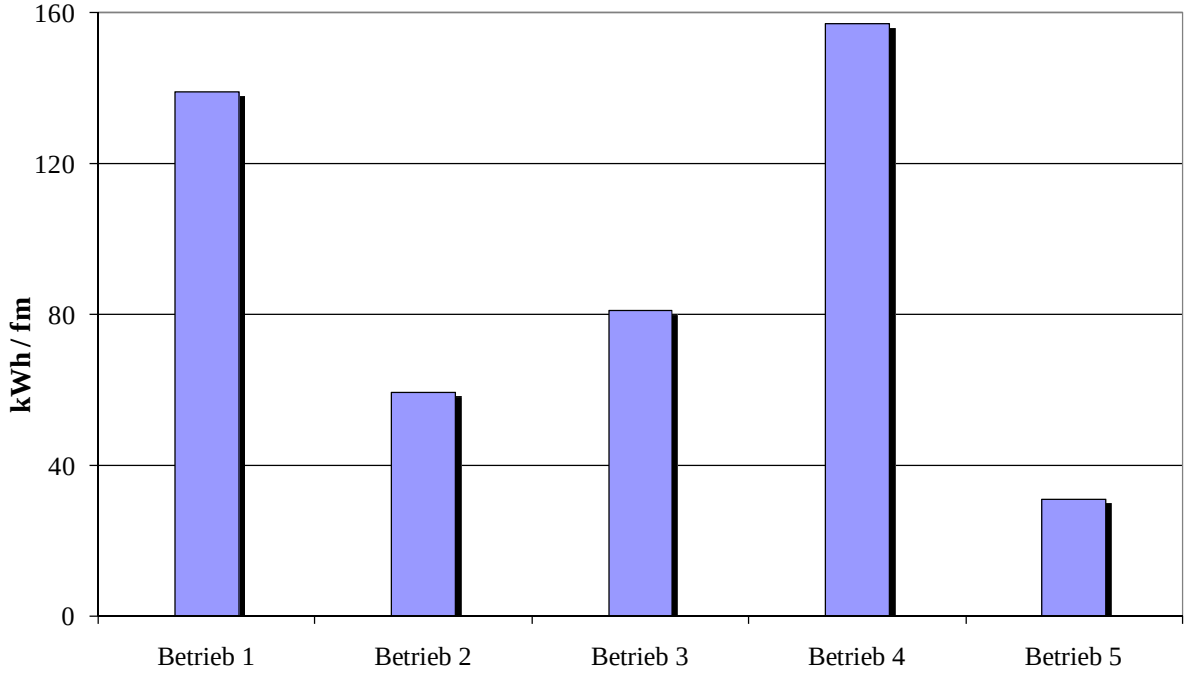

Abbildung 67: Vergleich des Gesamtwärmeverbrauchs der Betriebe bezogen auf den Rundholzeinschnitt

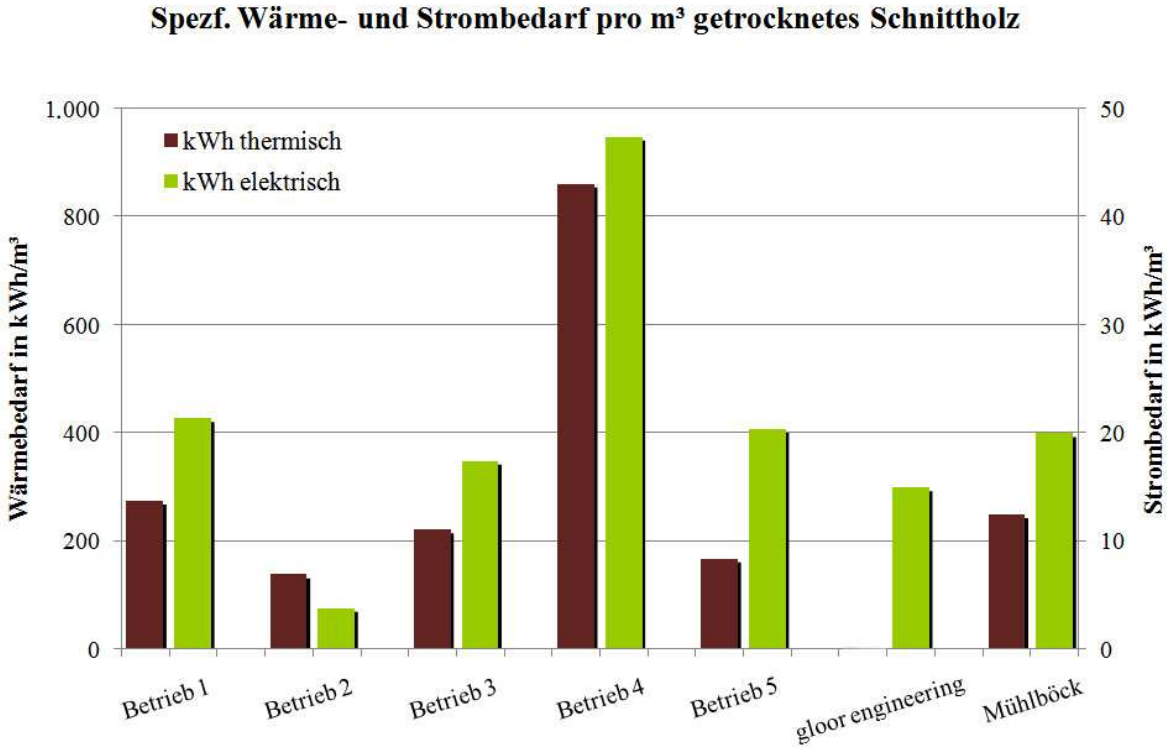

Abbildung 68: Vergleich des spezifischen Wärme- und Strombedarfs der Trocknungsanlagen der Betriebe mit Daten aus der Literatur bezogen auf m³ getrocknetes Schnittholz

Abbildung 67 zeigt den spezifischen Wärmeverbrauch der betrachteten Betriebe. Bei dieser Kennzahl wurde rein der betriebsinterne Wärmeverbrauch – also Trockenkammern und Heizung – berücksichtigt. Eventuell vorhandene Fernwärmeauskoppelungen wurden nicht miteinbezogen. Bei Betrieb 1 wurde die Spänetrocknung für die Kennzahlenbildung heraus gerechnet, da dieser Prozess für das innerbetriebliche Pelletswerk verwendet wird. Der Vollständigkeit halber ist hier auch Betrieb 5 dargestellt, allerdings ist – wie schon in Kapitel 6.2.5.1 erläutert – ein direkter Vergleich nicht zulässig, da dieser Betrieb keine Holztrocknung im eigentlichen Sinn betreibt. Bei allen Betrieben wird ein Großteil der aufgebrachten Wärmeenergie für die Holztrocknung verwendet. Aus diesem Grund sind die Abbildung 67 und Abbildung 68 praktisch gesehen ident. Über die Trocknungskapazitäten gibt es in den meisten Betrieben keine genauen Aufzeichnung, daher wurden hier in Absprache mit den einzelnen Betrieben, entsprechende Annahmen getroffen.

Vor allem aus Abbildung 68 lässt sich die thermische bzw. elektrische Effizienz der jeweiligen Trockenkammern sehr gut ablesen, da hier im Unterschied zur Abbildung 67 die Wärmeerzeugungs- und Wärmeverteilungsverluste nicht mit eingehen. Hier zeigt sich das, wie schon in Kapitel 6.2.4.2 angesprochene, hohe thermische Einsparungspotenzial in Betrieb 4. Die restlichen Betriebe liegen etwa im Durchschnitt. Der spezifische Stromverbrauch zeigt die Effizienz der Belüftungsventilatoren der Trockenkammern. Interessant ist der große Unterschied zwischen Betrieb 2 und Betrieb 4. Bei genauerer Betrachtung stellt sich heraus, dass, obwohl die getrocknete Jahresmengen an Schnittholz nicht wesentlich unterscheiden (Betrieb 2: 21.000 m³, Betrieb 4: 20.000 m³), die Trockenkammern in Betrieb 4 knapp die dreifache Betriebsdauer aufweisen. Daraus lässt sich schließen, dass die Trockenkammern in Betrieb 4 auch in unbeladenem Zustand sowohl thermisch als auch elektrisch in Betrieb sind.

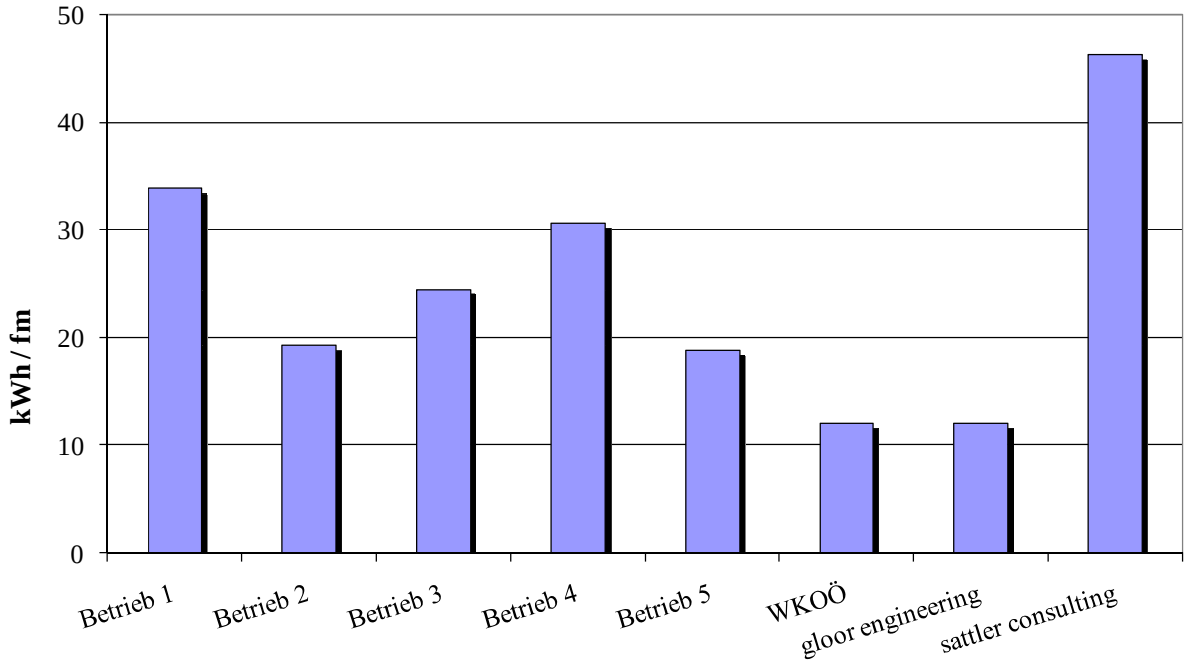

Abbildung 69: Vergleich des Gesamtstromverbrauchs bezogen auf den Rundholzeinschnitt der Betriebe mit Literaturdaten

Der spezifische Stromverbrauch ist in Abbildung 69 dargestellt. Interessant ist vor allem, dass jene Betriebe mit einem geringeren Jahreseinschnitt einen geringen spezifischen elektrischen Energieeinsatz aufweisen. Was den Energieverbrauch betrifft, sind demnach große Betriebe nicht zwingend effizienter. In Betrieb1 konnte, im Gegensatz zum Wärmeverbrauch, keine Abgrenzung zu den für die Spänetrocknung und die Fernwärmeauskopplung verwendeten elektrischen Betriebsmittel vorgenommen werden. Somit ist kein direkter Vergleich mit den restlichen Sägewerken zulässig. Vergleicht man die Betriebe 2 und 5 mit den Betrieben 3 und 4, so sieht man die Auswirkung der hohen Anzahl an Betriebsstunden und Anschlussnennleistungen der Trockenkammer-Ventilatoren, sowie die größere Anzahl an Pumpen in den Betrieben 3 und 4. Und das, obwohl insbesondere bei den Ventilatoren durchwegs effiziente Betriebsmittel eingesetzt werden. Betrachtet man die jeweiligen Trocknungskapazitäten, sieht man, dass die Anschlussnennleistungen der Trockenkammer-Ventilatoren der Betriebe 3 und 4 stark überdimensioniert sind. Weitere Gründe für das, verglichen mit Literaturdaten (WKÖ bzw. gloor engineering), schlechte Abschneiden, sind durch die hohen Verluste der Druckluft und Beleuchtungsanlagen gegeben. Worauf die starke Varianz der Literaturdaten zurückzuführen ist, kann nicht gesagt werden.

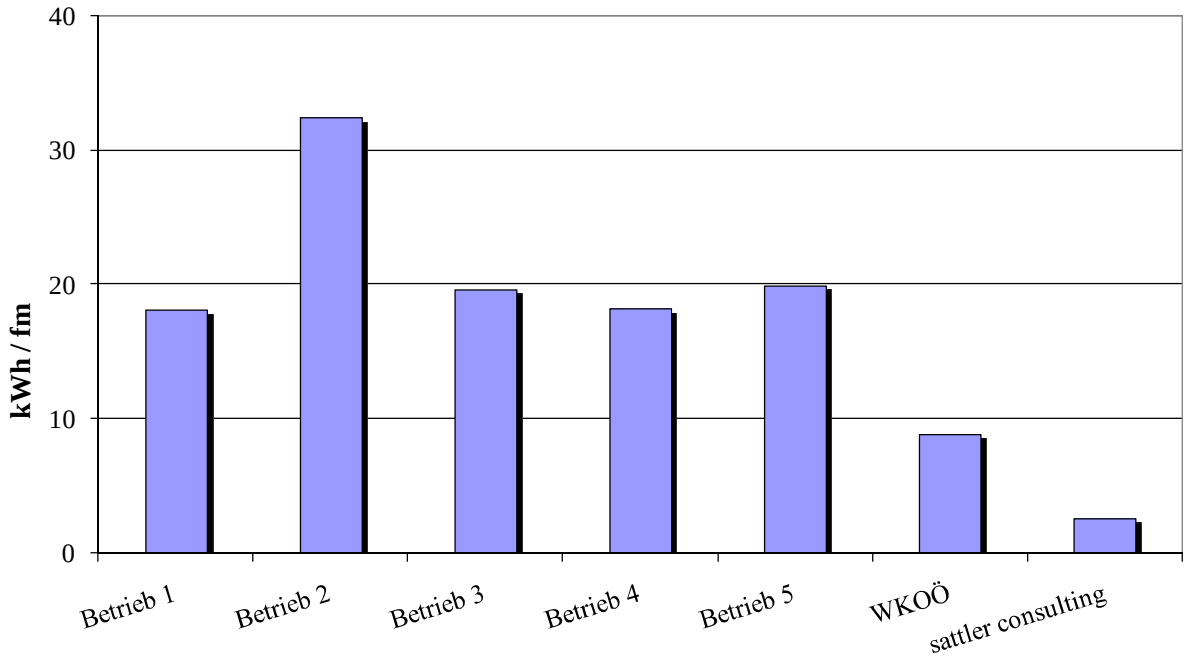

Abbildung 70: Vergleich des Gesamttreibstoffverbrauchs bezogen auf den Rundholzeinschnitt der Betriebe mit Literaturdaten

Beim spezifischen Treibstoffverbrauch gibt es keine großen Unterschiede zwischen den Betrieben (siehe Abbildung 70). Einzig Betrieb 2 zeigt hier einen Ausschlag nach oben. Genaue Aussagen über die Ursache können mangels Daten über die Fuhrparks der Betriebe nicht gemacht werden. Der Vergleich mit den Literaturdaten zeigt aber, dass der Treibstoffverbrauch in jedem der Betriebe ein hohes Einsparungspotenzial birgt. Erfahrungswerte (vgl. Wyrsch, 2005) zeigen auch, dass vor allem durch unnötige Leerlaufzeiten der Verbrauch erhöht wird.

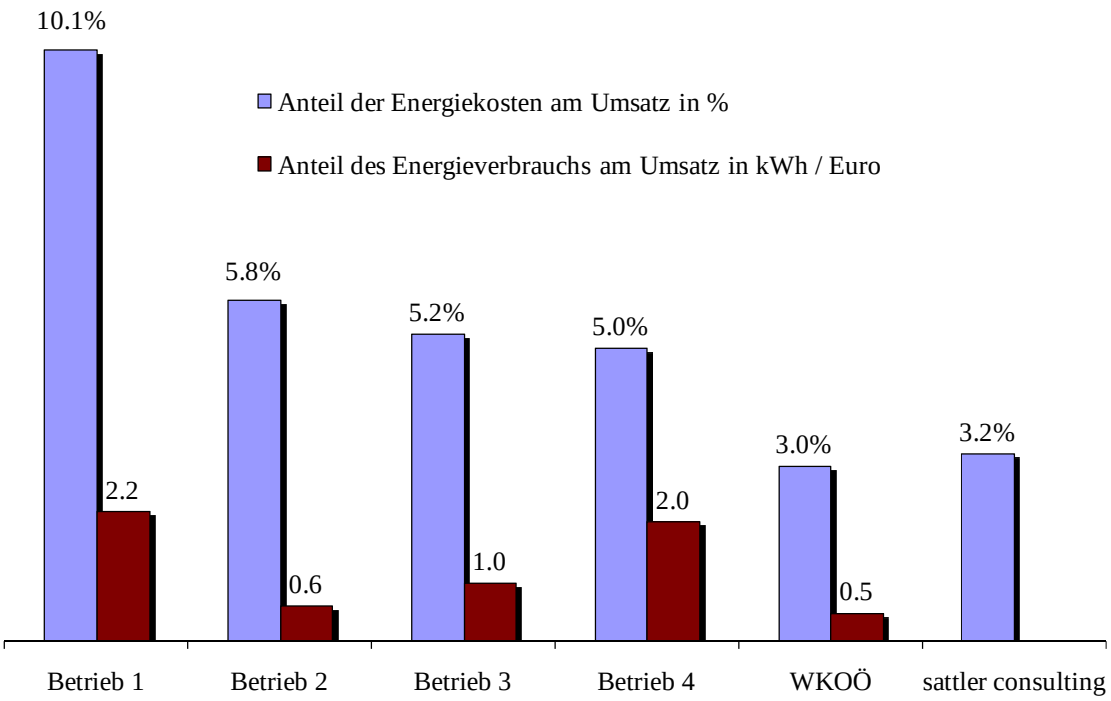

Abbildung 71: Anteil der Energiekosten am Umsatz (blaue Balken) sowie der Anteil des Energieverbrauchs am Umsatz (braune Balken)

Ein Grund, warum verhältnismäßig wenig in Verbesserungen der Energieeffizienz investiert wird, ist in Abbildung 71 gut zu erkennen. Bis auf den Betrieb 1 beträgt der Anteil der Energiekosten am Umsatz nur ca. 5,3%. Eine Reduktion der Energiekosten wirkt sich nur relativ schwach auf die Gesamtkosten aus. Daher werden Investitionen in den Energiebereich oft mit geringer Priorität behandelt. Der hohe Anteil in Betrieb 1 ist, neben der geringen Effizienz der Stromanwendungen – vgl. Abbildung 69 – auch auf die hohe Trocknungskapazität zurückzuführen, wofür als zusätzlicher Energieträger Propangas eingekauft werden muss. In Literaturdaten wird der Anteil der Energiekosten mit ca. 3% angegeben. Die Energieintensität beträgt im Schnitt 1,26 €/kWh. Der Zeitreihenvergleich aus Abbildung 2 zeigt hier einen starken Anstieg in den letzten Jahren. Betrieb 5 fehlt in Abbildung 71, da keine Daten über die Energiekosten zur Verfügung gestellt wurden.

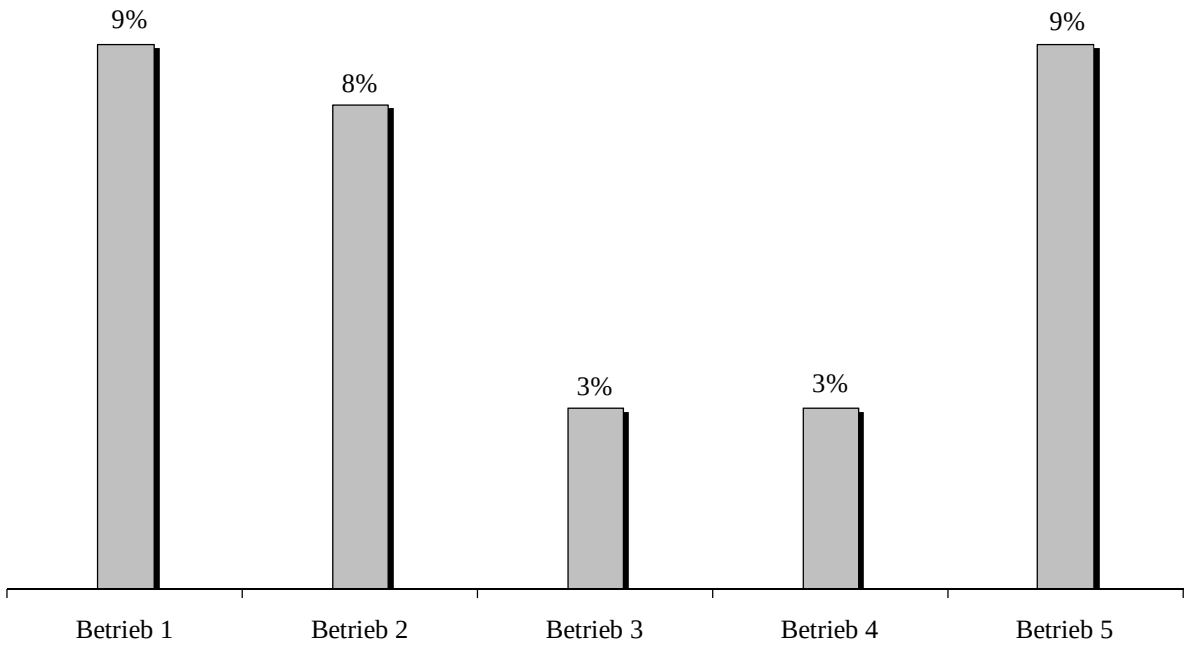

Abbildung 72: Vergleich des Anteils der Druckluftanlage mit den Gesamtstromverbrauch

Die unterschiedlichen Anteile der Druckluftanlage am Gesamtstromverbrauch sind in Abbildung 72 dargestellt. Dieser Bereich wurde ausgewählt, da das durchschnittliche elektrische Einsparungspotenzial hier am höchsten ist (siehe Abbildung 66). Die Anteile der Betriebe 3 und 4 sind nicht aufgrund einer besonders neuwertigen und effizienten Druckluftanlage so gering, sondern werden entweder durch eine sehr kleine Anlage (Betrieb 3) bzw. durch die höheren Anteile der anderen Strom-Bereiche (Betrieb 4) hervorgerufen. Theoretisch ergibt sich ein Durchschnittswert von 6,4%. Praktisch müsste dieser aufgrund der eben genannten Gründe etwas höher liegen.

6.5 Bedeutung der analysierten Einsparungspotenziale für die Einsparungsmöglichkeiten der gesamten Sägewerk-Branche

Um über die Bedeutung der analysierten Einsparungspotenziale für die möglichen Einsparungen der gesamten Branche eine Aussage machen zu können, ist es notwendig den energetischen Gesamtverbrauch der Sägewerk-Branche abzuschätzen. Aufgrund der kleinen Stichprobengröße von fünf Unternehmen ist eine genauere Berechnung anhand dieser Daten nicht möglich.

Die Abschätzung des Energieverbrauchs für die gesamte Sägewerk-Branche erfolgte über die Bildung der durchschnittlichen spezifischen Kennzahlen (siehe Tabelle 18), also Strom/fm Einschnitt, Wärmeverbrauch/fm Einschnitt, Treibstoff/fm Einschnitt, und anschließender Multiplikation mit der Jahreseinschnittmenge der Gesamtverbrauch der Branche geschätzt. Die Ergebnisse sind in nachfolgender Tabelle dargestellt.

Berechnung					
Gesamtjahreseinschnitt 2008: 18 Mio. fm					
durchschnittliche Kennzahlen:			hochgerechneter Gesamtverbrauch:		
Strom	25,35	kWh/fm		456	GWh
Wärme	93,54	kWh/fm		1.684	GWh
Treibstoff	21,64	kWh/fm		390	GWh
			Summe	**2.530**	**GWh**

Tabelle 18: Ergebnisse des hochgerechneten Energieverbrauchs der österreichischen Sägewerk-Branche (2008)

Eine andere Möglichkeit für die Abschätzung des Gesamtverbrauchs wäre noch die durchschnittlichen Verbrauche von Strom, Treibstoff und Wärme auf die Anzahl der Betriebe in Österreich hochzurechnen. Durch die Heterogenität der Sägewerk-Branche – wenige große Betriebe verarbeiten 61% des gesamten Einschnitts, Klein- und Mittelbetriebe, wozu auch die untersuchten Betriebe zählen, verarbeiten etwa ein Fünftel des gesamten Jahreseinschnitts – kommt die Abschätzung mit dieser zweiten Möglichkeit zu falschen Ergebnissen. Zum Vergleich des hochgerechneten Energieverbrauchs aus Tabelle 18: In der österreichischen Nutzenergieanalyse für das Jahr 2007 wird der Gesamtenergieverbrauch der holzverarbeitenden Industrie mit 8.769 GWh geführt (siehe Abbildung 65). Die Verteilung des hochgerechneten Geamtenergieverbrauchs der Branche ist in Abbildung 73 dargestellt.

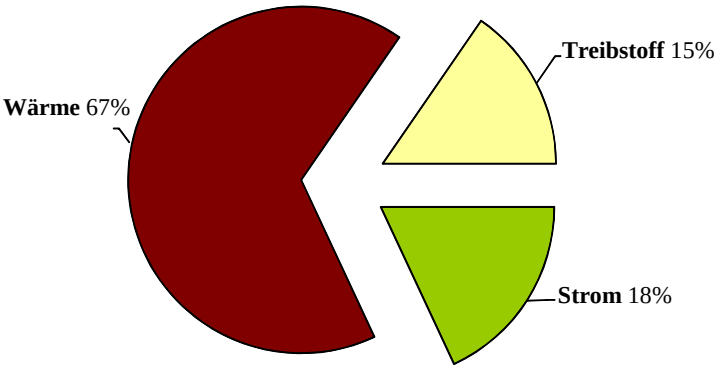

Abbildung 73: Darstellung der Ergebnisse aus Tabelle 18, der gerundete Gesamtverbrauch beträgt 2.530 GWh

Aus der Berechnung ergibt sich für den Wärmeverbrauch ein Wert von rund 1.690 GWh und für den Stromverbrauch ein Wert von rund 460 GWh. Für den Treibstoff ergibt sich ein Verbrauch von rund 390 GWh. Durch die Werte aus Tabelle 15 (siehe Seite 116) ergeben somit:

Einsparpotenziale für die gesamte Sägewerk-Branche in Österreich		
Wärme	421	GWh
Strom	37	GWh

Tabelle 19: Zeigt das berechnete jährliche Einsparpotenziale für den Strom- und Wärmebereich der gesamten österreichischen Sägewerk-Branche

Es hat sich bei ähnlichen Untersuchungen gezeigt, dass die beteiligten Betriebe ein verstärktes Interesse an der untersuchten Thematik haben, und im gegenständlichen Fall insgesamt energiebewusster bzw. energieeffizienter handeln als andere vergleichbare Betriebe. Aus diesem Grund fallen die theoretisch erreichbaren Einsparungspotenziale geringer aus als in Tabelle 19 angegeben.

7 Schlussfolgerung und Ausblick

Die größten Einsparungen lassen sich im Wärmebereich erzielen. Aufgrund der Tatsache, dass als Wärmeenergieträger ein Abfallprodukt zum Einsatz kommt, welches nicht in jedem Fall ökologisch und wirtschaftlich sinnvoll verwendet werden kann, werden Investitionen in diesem Bereich mit sehr geringer Priorität behandelt. Die Amortisationszeit solcher Investitionen ist sehr hoch. Im Gegensatz dazu wirken sich Einsparungen im Strombereich direkt aus. Hier sind die Betriebe eher bereit in energieeffizienzsteigernde Maßnahmen zu investieren.

Innerhalb der elektrischen Verbraucher liegen die höchsten relativen Einsparungspotenziale bei Druckluft (27,6%) und der Beleuchtung (17,8%). Da der Anteil der Beleuchtung am Gesamtstromverbrauch sehr gering ist, wird dieser Anwendung nur wenig Beachtung beigemessen. Für Druckluft hingegen werden durchschnittlich 6,5% des Gesamtstromverbrauchs aufgewendet. Trotzdem werden keine Ressourcen für die Behebung oft augenscheinlicher schwerer Mängel, wie etwa Leckagen, verwendet. Die Einsparungspotenziale der restlichen Anwendungen, wie Antriebe, Ventilatoren und Pumpen liegen unter 10%. Im Wärmebereich konnte sowohl bei der Erzeugung und Verteilung (19,3%), als auch bei den Anwendungen (36,8%) ein sehr hohes Einsparungspotenzial aufgedeckt werden. Die durchschnittlichen Einsparungspotenziale – 8% bei elektrischer Energie und 25% bei thermischer Energie – lassen sich zur Gänze durch die Anwendung bekannter Technologien ausschöpfen. Im Strombereich sind das die Optimierung der Laufzeit, die Regelung der Leistungsaufnahme und die Beachtung der Effizienzklasse und der Anschlussleistung bei einer Neuanschaffung. Der Wärmebereich (Prozesswärme und Heizung) kann durch verbesserte Dämmung, Regelung der Heizungsanlage und vermehrte Abwärmenutzung effizienter gestaltet werden. Daraus kann auf mangelnde Information der Betriebe über die Möglichkeit des entsprechenden Stands der Technik und fehlendes Bewusstsein – vor allem die hohen Verluste bei Druckluftanlagen sind schon lange bekannt – für die betrieblichen Energieflüsse geschlossen werden. Auch die Tatsache, dass bereits seit 13 Jahren deutschsprachige Studien zu dieser Aufgabenstellung existieren, deutet in diese Richtung.

Bevor hohe Investitionen in Regelungen oder neue Anlagen getätigt werden, sollte mit betrieblicher Bewusstseinsbildung über den Energieverbrauch und etwaiger Einsparungsmöglichkeiten begonnen werden. Dazu wäre es von Vorteil einen Mitarbeiter mit der Thematik zu betrauen, der über die betrieblichen Energieflüsse informiert ist und die Schulung und Sensibilisierung der übrigen MitarbeiterInnen im Umgang mit Energie vornimmt. Es hat sich im Laufe der Untersuchungen herausgestellt, dass in Betrieben ohne für den Energiebereich zuständigen Mitarbeiter, keiner der Mitarbeiter die zusätzliche Belastung auf sich nehmen kann. Der häufigste Grund dafür war (ist) Zeitmangel.

Entscheidet sich ein Betrieb für Investitionen in die Effizienzsteigerung eines Verbrauchers sollte mit den oben genannten „einfachsten“ Maßnahmen begonnen werden. Allerdings wurde die Wirtschaftlichkeit der Maßnahmen in der gegenständlichen Studie nicht berücksichtigt. Eine Maßnahme rechnet sich umso rascher, je höher die bereits optimierte Laufzeit der betreffenden Anlage ist.

Um die erkannten Potenziale in der Branche umzusetzen wäre eine stärkere Unterstützung von öffentlicher Seite in Form von Förderungen, Schulungsangeboten oder Informationsveranstaltungen notwendig, ohne dabei allerdings die Betriebe aus ihrer Eigenverantwortung zu entlassen.

Damit den Energieauditoren die richtige Handhabung des „ProTool“ erleichtert wird, könnte auch hier mit verstärkten Schulungsmaßnahmen versucht werden, mangelhaft bearbeitete „ProTools“ zu vermeiden, zumal diese als Datengrundlage für weitere Detailanalysen dienen sollen. Das „ProTool“ betreffend wäre es wünschenswert vor allem den Wärmebereich noch zu überarbeiten, um auch in diesem Bereich detailliertere Untersuchungen zu ermöglichen.

Die Gründe für die hohe Ausfallquote seitens der Betriebe von Beginn des Projektes an bis zum Zeitpunkt der Fertigstellung dieser Arbeit wurden nicht näher untersucht. Ein Erklärungsversuch wäre mangelndes Interesse aufgrund der Tatsache, dass die meisten Betriebe von Ihrer Energieeffizient überzeugt sind und somit keine Einsparnotwendigkeit gesehen wird. Hier muss durch veränderte Informations- und Motivationsveranstaltungen versucht werden die Betriebe an das Projekt zu binden um auf diesen Weg auch die Umsetzungsquoten der Einsparungsmaßnahmen zu erhöhen.

Interessant wäre zudem, die erreichten Umsetzungsquoten der vorgeschlagenen Maßnahmen in den Betrieben zu dokumentieren und darzustellen, welche technischen Bereiche einer vertiefenden Analyse durch die Energieauditoren unterzogen wurden. Diese Informationen stehen zum jetzigen Zeitpunkt noch nicht zur Verfügung. Da die zukünftige energetische Versorgungssicherheit und Wettbewerbsfähigkeit der österreichischen Industrie stark von der Energieeffizienz abhängig sein werden, ist für nachfolgende Projekte im Bereich Energieeffizienz wohl auch mit verstärktem Interesse der Industrie zu rechnen.

8 Literaturverzeichnis

AGRAR PLUS (2003): *Potentiale für biogene Rohstoffe zur energetischen Nutzung.* Agrar Plus GmbH St. Pölten
URL: http://www.agrarplus.at/pdf/potentiale_biogene_brennstoffe_energetische_nutzung.pdf

ALBERT J. , BODDEN P. und TECH T. (2003): *Rationelle Energienutzung im holzbe- und verarbeitenden Gewerbe.* Vieweg Verlag, Braunschweig/Wiesbaden

ALLPLAN, UMWETLBUNDESAMT (2005): *Energieeffiziente Technologien und effizienzsteigernde Maßnahmen*. Umweltbundesamt Wien

AVANT TIME CONSULTING GMBH (Zugriff am 31.08.2009): *Internationale Klimaverhandlungen Bonn: USA halten sich bei Klimazielen noch zurück (08.04.2009),*
URL: http://www.co2-handel.de/article388_11371.html

ENERGIE-CONTROL GMBH (Zugriff am: 10.9.2009): *Die neuen 20-20-20 Ziele.*
URL: http://www.e-control.at/de/konsumenten/oeko-energie/klima-und-umwelt/20-20-20-ziele

ENERGIEINSTITUT VORARLBERG (2007): *Pressemitteilung: Kostenreduktion für Vorarlbergs Betriebe durch Energieberatung,* Energieinstitut Vorarlberg, Dornbirn

ENERGY EFFICIENCY OFFICE (2007): *Guidelines on Energy Audit*. Electrical & Mechanical Services Department, Hongkong
URL:http://www.emsd.gov.hk

EUROPEAN COMISSION DIRECTORATE GENERAL-JRC JOINT RESAERCH CENTER INSTITUTE FOR PROSPECTIVE TECHNOLOGICAL STUDIES EUROPEAN IPCC BUREAU (2008): *Referenz Document on Best Available Techniques for Energy Efficiency.* Sevilla

EUROPÄISCHE KOMMISSION (2006): *Aktionsplan für Energieeffizienz: Das Potenzial ausschöpfen.* Brüssel

EUROPÄISCHE KOMMISSION (2008): *Mitteilung der Kommission an das Europäische Parlament, den Rat, den Europäischen Wirtschafts- und Sozialausschuss und den Ausschuss der Regionen - 20 und 20 bis 2020 - Chancen Europas im Klimawandel.* Brüssel.
URL:http://eurlex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=COM:2008:0030:FIN:DE:HTL

EUROPÄISCHE UNION (2006): *RICHTLINIE 2006/32/EG DES EUROPÄISCHEN PARLAMENTS UND DES RATES vom 5. April 2006 über Endenergieeffizienz und Energiedienstleistungen und zur Aufhebung der Richtlinie 93/76/ EWG des Rates.*
URL: http://www.bafa.de/bafa/de/energie/energieeffizienz/richtlinie/rl2006_32_eee_edl.pdf

EUROPÄISCHES PARLAMENT (2008): *Standpunkt des Europäischen Parlaments in Hinblick auf den Erlass der Entscheidung Nr. .../2009/EG des Europäischen Parlaments und des Rates über die Anstrengungen der Mitgliedstaaten zur Reduktion ihrer Treibhausgasemissionen mit Blick auf die Erfüllung der Verpflichtungen der Gemeinschaft zur Reduktion der Treibhausgasemissionen bis 2020*. Straßburg

GESELLSCHAFT ENERGIETECHNIK (1998): *Energieberatung für Industrie und Gewerbe nach VDI3922.* Handbuch Energietechnik, Beuth Verlag, Berlin

GLOOR ENGINEERING (1996): *Energiesparmöglichkeiten in Sägerein*, Gloor Engineering, Sufers.
URL: http://www.energie.ch/daten/branchen/saegerei.htm

KAISER S. und STARZER O. (1999): *Handbuch für betriebliches Energiemanagement.* Wien
URL:http://www.energyagency.at/fileadmin/aea/pdf/publikationen/broschueren/1998-2000/broschuere-energiemanagement-1999.pdf

KULTERER K. (2008a): *Energieeffizienz in der Holzindustrie.* Vortrag beim Techniker-Tag in der Holzindustrie 28.1.2008.

KULTERER K. (2008b): *Methodenvorschlag Energieaudits.* Österreichische Energieagentur, Wien

LACHENMAYR G. und KREIMES H. (2006): *Energietechnik in der Holzindustrie*. 3. Auflage, Weyarn, Retru-Verlag

LANG Bernhard (2009): *Energie aus Biomasse in der österreichischen Sägeindustrie.* Österreichische Energieagentur, Vortragsunterlagen vom Technikertag der Holzindustrie am 16. Jänner 2009 in Kuchl.

McKANE A., WILLIAMS R., PERRY W. und LI T. (o.J.): *Setting the standard for Industrial Energy Efficicency.* Industrial Management Issues, Paper #070.
URL:http://www.unido.org/fileadmin/media/documents/pdf/Energy_Environment/Standard_Energy_Efficiency.pdf

MOTIVA OY (2000): *Energy Audit Management Procedures.* SAVE II-Project Final Report, Helsinki
URL: http://www.motiva.fi/en/projects/saveiiprogramme/auditiproject/

NFES CONSULTING GROUP (2002): *Undertaking an industrial energy survey.* Good practice guide 316, U.S.

NÖ LANDESREGIERUNG (Zugriff am 10.9.2009): Übersicht des *3 Ebenen-Modells.* NÖ Landesregierung Abteilung Umweltwirtschaft und Raumordnungsförderung, St. Pölten
URL: http://www.oekomanagement.at/index.php?id=35

ÖSTERREICHISCHE ENERGIEAGENTUR (2006): *Beraterinformation klima:aktiv Programm energieeffiziente Betriebe.* Wien

ÖSTERREICHISCHE ENERGIEAGENTUR (2009a): *Die Richtlinie 2006/32/EG*. Energieeffizienz Monitoring Stelle der österreichischen Energieagentur, Wien.
URL: http://www.monitoringstelle.at/Richtlinie.264.0.html

ÖSTERREICHISCHE ENERGIEAGENTUR (2009b): *Energieeffizienzindikatoren.* Energieeffizienz Monitoring Stelle der österreichischen Energieagentur, Wien.
URL: http://www.monitoringstelle.at/Energieeffizienzindikatoren.374.0.html

ÖSTERREICHISCHE ENERGIEAGENTUR (Zugriff am 10.9.2009): *Energieeffizienz-Check in Betrieben*
URL: http://www.energyagency.at/energietechnologien/aktuelle-projekte/engine.html

SATTLER CONSULTING (2008): *Energieverbrauchsentwicklung und Einsparpotenziale in Oberösterreichs Unternehmen.* Gmunden

SATTLER M., et al. (2008): *EE-Pot Abschätzung der Energieeffizienz-Potenziale in Österreich bis zum Jahr 2020.* Bundesministerium für Arbeit und Wirtschaft, Wien

STARZER O. und Freund R. (2002): *AUDIT II Country Report Austria*, Wien.
URL: http://www.motiva.fi/en/projects_and_campaigns/save_ii_-projects/audit_ii

STORA ENSO (2007): *EMAS Umwelterklärung 2007.* Ybbs.
URL:http://www.storaenso.com/sustainability/publications/emas%20reports/Documents/EMAS%20Statement_2007_SET_Oesterreich_FINAL.pdf

TARGET GMBH (Zugriff am 16.9.2009): *Energy Efficiency in SME*. Projekthompage, Projektkoordinator: Target GmbH, Hannover
URL: http://www.engine-sme.eu/Home.82.0.html

TRÜBSWETTER T. (2006): *Holztrocknung Verfahren zur Trocknung von Schnittholz – Planung von Trocknungsanlagen*. Rosenheim, Carl Hanser Verlag

UMWELTSERVICE SALZBURG (2008): *Evaluierungsbericht 2008.* Umweltservice Salzburg, Salzburg

VDMA Einheitsblatt 24179-2 (2003): *Absauganlagen für Holzstaub und -späne, Anforderungen für Ausführung und Betrieb.* Beuth Verlag, Berlin.

WINDSPERGER A. und FISCHER J. (2007): *Ökomanagement Niederösterreich, Kurzfassung des Evaluationsberichts 2007.* Institut für industrielle Ökologie, St. Pölten

WKÖ (2009): *Die österreichische Holzindustrie Branchenbericht 2008/2009.* Fachverband der österreichischen Holzindustrie, Wien.

WKÖ (2006a): Energieeffizienz - Infoblatt "Lastmanagement und Blindstrom". Infoblatt der Wirtschaftskammer Österreich, Wien
URL:
http://portal.wko.at/wk/format_detail.wk?AngID=1&StID=340017&DstID=0&BrID=575

WKÖ (2006b): Energieeffizienz - Infoblatt "Stromrechnung und Strompreis". Infoblatt der Wirtschaftskammer Österreich, Wien
URL:
http://portal.wko.at/wk/format_detail.wk?AngID=1&StID=340023&DstID=0&BrID=575

WKOÖ (1997): *Energiekennzahlen und Energiesparpotenziale in der Sägeindustrie.* Wirtschaftskammer OÖ, Linz

WYRSCH Iso und DOLDER Markus (2005): *Einsparung von elektrischer Energie in einem Sägereibetrieb.* Wyrsch Technologies, Küssnacht am Rigi, Schweiz

9 Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Rel. Veränderung des Energieverbrauchs ausgewählter industrieller Bereiche .. 1

Abbildung 2: Energieintensität der holzverarbeitenden Industrie 2

Abbildung 3: Grundlegende Stromkostenparameter. 11

Abbildung 4: Ebenen des österreichischen Stromübertragungsnetzes 12

Abbildung. 5: Systemgrenze eines Prozesses 16

Abbildung 6: Kernbereiche eines Energie Audits 21

Abbildung 7: Eigenschaften eines Energie Audit-Modells 22

Abbildung 8: Einteilung der Energie Audit-Modelle nach Genauigkeit und Anwendungsbereich 23

Abbildung 9: Darstellung der Schnittstellen eines Energieaudit-Modells 25

Abbildung 10: Unterscheidung EA-Programm und „Anderen Programmen mit EAs" 27

Abbildung 11: Die Hauptakteure eines Energie Audit-Programms und ihre Aufgaben 29

Abbildung 12: Energie Audit-Prozedur nach Motiva 31

Abbildung 13: Energie Audit-Prozedur nach VDI3922 32

Abbildung 14: Prozedur nach „Guidelines on Energy Audits" 33

Abbildung 15: Methodik der „ENGINE"-Energy Checks und Schulungen 35

Abbildung 16: Darstellung der „ENGINE"-Prozedur 36

Abbildung 17: Beispiel eines Sankey-Diagramms für eines Energiesystems 37

Abbildung 18: Übersicht der Industriezweige in der österreichischen Holzindustrie 42

Abbildung 19: Übersicht über die MA-Verteilung in der ö. Holzindustrie 42

Abbildung 20: Übersicht über die Betriebsstruktur in der ö. Holzindustrie 42

Abbildung 21: Größenstruktur der heimischen Sägewerk-Branche 43

Abbildung 22: Produktionsablauf des Sägewerks Stora Enso Ybbs 45

Abbildung 23: Produktionskette in Sägewerken mit durchschnittlichen Energieverbrauchswerten bezogen auf einen Kubikmeter Einschnitt 46

Abbildung 24: Typischer Stromverbrauch bei holzverarbeitenden Betrieben 47

Abbildung 25: Materialfluss mit branchenüblichen Materialmengen 52

Abbildung 26: Prinzip einer einfachen Absauganlage 53

Abbildung 27: Geschwindigkeitsabnahme vor einem Saugstutzen 55

Abbildung 28: Prinzip einer Rohluftanlage 56

Abbildung 29: Prinzip der Reinluftanlage 57

Abbildung 30: Prinzipieller Aufbau einer Kondensationstrockenanlage 60

Abbildung 31: Prinzip einer einfachen Druckluftanlage 65

Abbildung 32: Energiefluss in einer Druckluftanlage, Verluste in % der Nennleistung 66

Abbildung 33: Prozentuelle Aufteilung des Gesamtenergieaufkommens Betrieb 1 79

Abbildung 34: Prozentuelle Aufteilung der elektrischen Energie auf die Abnehmer 79

Abbildung 35:Verteilung der elektrischen Energie innerhalb der Antriebe 80

Abbildung 36: Verteilung der elektrischen Energie innerhalb der Ventilatoren 80

Abbildung. 37: Verteilung der Stromeinsparpotenziale auf die Anwendungen, ... 84

Abbildung: 38: Verteilung der thermischen Energie auf die Abnehmer 85

Abbildung 39: Verteilung der Wärmeeinsparpotenziale 87

Abbildung 40: Prozentuelle Aufteilung des Gesamtenergieaufkommens Betrieb 2 88

Abbildung 41: Prozentuelle Aufteilung der elektrischen Energie auf die Abnehmer 89

Abbildung 42: Verteilung der elektrischen Energie innerhalb der Antriebe 89

Abbildung 43: Verteilung der elektrischen Energie innerhalb der Ventilatoren 90

Abbildung 44: Verteilung der Stromeinsparpotenziale auf die Anwendungen 92

Abbildung 45: Verteilung der thermischen Energie auf die Abnehmer 92

Abbildung 46: Verteilung der Wärmeeinsparpotenziale 93

Abbildung 47: Prozentuelle Verteilung des Gesamtenergieaufkommens Betrieb 3 94

Abbildung 48: Prozentuelle Verteilung der elektrischen Energie auf die Abnehmer 95

Abbildung 50: Verteilung der elektrischen Energie innerhalb der Ventilatoren 96

Abbildung. 49: Verteilung der elektrischen Energie innerhalb der Antriebe..... 96

Abbildung 51: Verteilung der Stromeinsparpotenziale auf die Anwendungen, ... 98

Abbildung 52: Prozentuelle Aufteilung des Gesamtenergieaufkommens Betrieb 4..... 99

Abbildung 53: Prozentuelle Aufteilung der elektrischen Energie auf die Abnehmer..... 100

Abbildung 54: Verteilung der Stromeinsparpotenziale auf die Anwendungen 102

Abbildung 55: Prozentuelle Aufteilung der thermischen Energie auf die Abnehmer 103

Abbildung 56: Verteilung der Wärmeeinsparpotenziale..... 104

Abbildung 57: Prozentuelle Aufteilung des Gesamtenergieaufkommens Betrieb 5..... 105

Abbildung 58: Prozentuelle Aufteilung der elektrischen Energie auf die Abnehmer..... 106

Abbildung 59: Verteilung der elektrischen Energie innerhalb der Antriebe..... 106

Abbildung 60: Verteilung der elektrischen Energie innerhalb der Ventilatoren..... 107

Abbildung 61: Verteilung der Stromeinsparpotenziale auf die Anwendungen, ... 109

Abbildung 62: Verteilung der thermischen Energie auf die Abnehmer..... 109

Abbildung 63: Verteilung der Wärmeeinsparpotenziale..... 110

Abbildung 64: Anzahl der Mitarbeiter und der jeweiligen Einschnittmengen in fm Rundholz in den untersuchten Betrieben 111

Abbildung 65: Verteilung des Endenergieverbrauchs der holzverarbeitenden Industrie für das Jahr 2007 112

Abbildung 66: Durchschnittliches relatives Einsparungspotenzial für die verschiedenen Anwendungsbereiche 117

Abbildung 67: Vergleich des Gesamtwärmeverbrauchs der Betriebe bezogen auf den Rundholzeinschnitt..... 120

Abbildung 68: Vergleich des spezifischen Wärme- und Strombedarfs der Trocknungsanlagen der Betriebe mit Daten aus der Literatur bezogen auf m³ getrocknetes Schnittholz..... 120

Abbildung 69: Vergleich des Gesamtstromverbrauchs bezogen auf den Rundholzeinschnitt der Betriebe mit Literaturdaten 122

Abbildung 70: Vergleich des Gesamttreibstoffverbrauchs bezogen auf den Rundholzeinschnitt der Betriebe mit Literaturdaten 123

Abbildung 71: Anteil der Energiekosten am Umsatz sowie der Anteil des Energieverbrauchs am Umsatz 124

Abbildung 72: Vergleich des Anteils der Druckluftanlage mit den Gesamtstromverbrauch 125

Abbildung 73: Darstellung der Ergebnisse aus Tabelle 18, der gerundete Gesamtverbrauch beträgt 2.530 GWh 126

Abbildung 74: Kontinuierliches Energiemanagement 141

10 Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Einsparpotenziale ausgewählter Industriebranchen in Österreich 41

Tabelle 2: Durchschnitts- bzw. Zielwerte der Leerlaufleistung und Produktivität für Sägewerke 70

Tabelle 3: Durchschnittliche Energieeinsätze für Sägerein aus Abbildung 20 71

Tabelle 4: Kennzahlen für die Beleuchtung 71

Tabelle 5: Energieeinsparungsmaßnahmen und –potenziale bei el. Antriebssystemen 72

Tabelle 6: Energieeinsparungsmaßnahmen und –potenziale bei Druckluftanlagen 72

Tabelle 7: Energieeinsparungsmaßnahmen und –potenziale bei Ventilatoren 73

Tabelle 8: Energieeinsparungsmaßnahmen und –potenziale bei der Beleuchtung 73

Tabelle 9: Energieeinsparungsmaßnahmen bei Wärmeerzeugung und -verteilung 74

Tabelle 10: Liste der Kompressoren, Betrieb 1 82

Tabelle 11: Liste der Kompressoren, Betrieb 2 91

Tabelle 12: Liste der Kompressoren, Betrieb 3 97

Tabelle 13: Liste der Kompressoren, Betrieb 4 101

Tabelle 14: Liste der Kompressoren, Betrieb 5 108

Tabelle 15: Durchschnittliche Einsparpotenziale der verschiedenen Bereiche in % des jeweiligen Gesamtverbrauchs 116

Tabelle 16: Durchschnittliche Einsparpotenziale für Strom- und Wärmeverbrauch aus Literaturdaten 118

Tabelle 17: Berechnete spezifische Kennzahlen und Vergleich mit Literaturdaten 119

Tabelle 18: Ergebnisse des hochgerechneten Energieverbrauchs der österreichischen Sägewerk-Branche (2008) 126

Tabelle 19: Zeigt das berechnete jährliche Einsparpotenziale für den Strom- und Wärmebereich der gesamten österreichischen Sägewerk-Branche 127

11 Abkürzungen und Einheiten

ANSI	American National Standards Institute
BWS	Bruttowertschöpfung
CEN	Comité Européen de Normalisation
EA	Energieaudit
EIS	Energieinformationssystem
EM	Energiemanagement
ENGINE	Energy Efficiency in small and medium Enterprises
fm	Festmeter
GWh	Giga-Watt-Stunde
IPCC	Intergovernmental Panel on Climate Change
ISO	Intergovernmental Standardisation Organisation
kWh	Kilo-Watt-Stunde
MWh	Mega-Watt-Stunde
PJ	Peta-Joule
srm	Schüttraummeter
TJ	Terra-Joule
TWh	Terra-Watt-Stunde
UNIDO	United Nations Industrial Development Organization
W	Watt

Anhang A

Energiemanagement (EM)

Energiemanagement beschreibt die zielgerichtete Strategie, den Umgang mit Energie – vom Energiebezug bis zur -anwendung – ökologisch und ökonomisch zu optimieren (vgl. Albert et al, 2003). Von Energiemanagement kann gesprochen werden, wenn zumindest die folgenden Elemente berücksichtigt sind:

• ökonomischer Umgang mit Energie (kostengünstiger Einkauf und effizienter Einsatz)

• laufende Identifizierung von Möglichkeiten zur Energieeinsparung

• Beeinflussung von menschlichem Verhalten (Licht ausschalten, ökonomische Fahrweise etc.)

Damit die energetische Situation eines Betriebes verbessert werden kann, müssen zunächst einmal die betrieblichen Energieflüsse erfasst werden. Dies kann z.B. durch Implementierung eines Energieinformationssystems (EIS) erfolgen. Das EIS beinhaltet daher

- Erfassung
- Analyse
- Aufbereitung

der vorhandenen energetischen Daten des Unternehmens. Die wichtigsten Schritte für die Einführung von Energiemanagement sind in Abbildung 74 dargestellt.

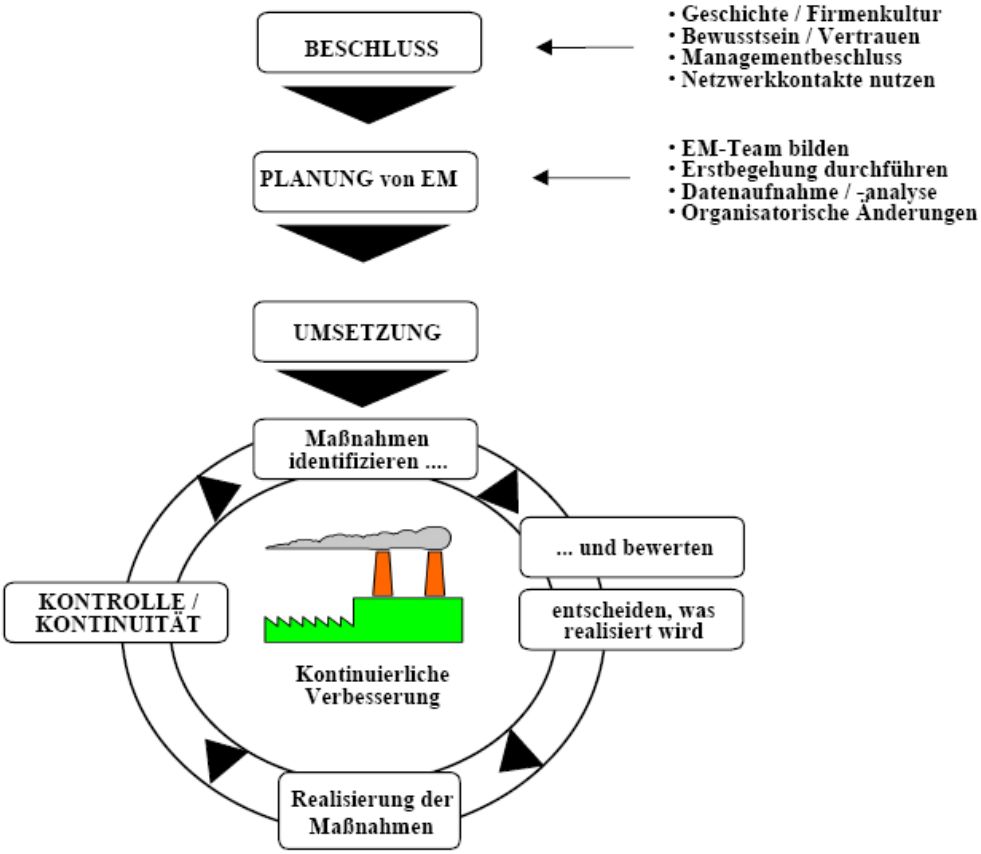

Abbildung 74: Kontinuierliches Energiemanagement (Quelle: Kaiser S. und Starzer O., 2002, S.5)

Dieser Umsetzungsprozess ist im Idealfall eine Spirale, d.h. es werden laufend Verbesserungen der Energiesituation durch erfolgreiche Maßnahmen erreicht (vgl. Kaiser S. und Starzer O., 2002).

Entwicklung eines einheitlichen Energiemanagement-Standards

Dänemark hat im Jahr 2001 als erstes europäisches Land einen Energiemanagement-Standard eingeführt. Alleine durch die systematische Herangehensweise zur Untersuchung sämtlicher Energieaspekte nach dem Energiemanagement-System konnte der Energieverbrauch nachweislich gesenkt werden. Dies führte dazu, dass das System zu einem einheitlichen Standard weiterentwickelt wurde. 2003 folgte Schweden dem dänischen Vorbild und führte ebenfalls einen Energiemanagement-Standard ein, Irland folgte 2005. In den Niederlanden gibt es seit 1998 eine Energiemanagementspezifikation.

In den USA wurde bereits im Jahr 2000 ein Energiemanagement-Standard entwickelt und obwohl dieser Standard von der „American National Standards Institute“ (ANSI) adaptiert wurde, konnte er sich bislang in der Industrie nicht durchsetzen.

Die Entwicklung eines Energiemanagement-Standards wurde 2008 auch in China abgeschlossen, über die Umsetzung können zu diesem Zeitpunkt aber noch keine Angaben gemacht werden.

Vergleicht man die oben genannten Energiemanagement-Standards, so wird man feststellen, dass es viele Gemeinsamkeiten gibt. Das rührt daher, dass die einzelnen Standards nacheinander entwickelt wurden und sich dadurch die später entwickelten auf bereits Vorhandenes stützen konnten.

Das europäische Normungsinstitut CEN/CENELEC gründete 2006 eine Plattform um europäische Standards für die folgenden Bereiche auszuarbeiten:

- Energiemanagement
- Energiemanager und -Experten
- Energieeffizienz-Dienstleistungen
- Energieaudits
- Energieeffizienz-Benchmarking

Auf internationaler Ebene initiierten ISO[24], UNIDO[25] und CEN[26] im März 2007 Gespräche über einen internationalen Energiemanagement-Standard (ISO 50001). Diese Entwicklung ist aber noch nicht abgeschlossen (vgl. McKane, et al).

[24] International Organization for Standardization

[25] United Nations Industrial Development Organization

[26] Comité Euroéen de Normalisation

Anhang B

Sägenebenprodukte

Durch das Ansteigen der energetischen Nutzung von Biomasse kommt den Sägenebenprodukten eine immer größere Bedeutung zu.

Sägespäne und für die Papierindustrie weniger geeignete Hackgutqualitäten werden in der Plattenindustrie verwertet, die mit ihren Produkten aufgrund der hohen Konkurrenzsituation nur die preisgünstigsten Restholzsegmente als Rohstoff nachfragt. Trockene Hobelspäne und immer mehr feuchte Sägespäne werden auch für die Holzpelletserzeugung benötigt.

Das Sägenebenprodukt **Hackgut ohne Rinde** stellt eine wichtige Rohstoffbasis für die Zellstoffindustrie dar, wobei mittlere Korngrößen preislich wesentlich besser bewertet werden als der Fein- bzw. Grobanteil. Etwa 20 bis 30% des Hackgutes sind weniger wertvolle Fraktionen. Dieses Produktsegment wird vermehrt energetisch verwertet.

Rinde wird im zunehmenden Ausmaß von der Sägeindustrie als kostengünstiger Energieträger für die eigenen Holztrocknungsanlagen innerbetrieblich genutzt. Fast die gesamte Rindenmenge geht zurzeit auf diesem Weg in die innerbetriebliche energetische Nutzung. Die restliche Menge an Rinde wird an lokale Biomasse-Heizwerke, an Biomasse-KWK-Anlagen und in den Sommermonaten teilweise an Kompostieranlagen geliefert.

Kappholz wird, genau wie Rinde, innerbetrieblich thermisch verwertet bzw. an Biomassefeuerungsanlagen weiterverkauft. Kappholz ist ein Industrierestholz und fällt als Sägenebenprodukt bei der Längenkappung von Rundholz bzw. Stammholz in Rundholzsortierbetrieben oder Sägewerken an[27].

Die in Hobelwerken anfallenden **Hobelspäne** eignen sich besonders gut zur Pelletsherstellung, da sie über einen geringen Wassergehalt verfügen.

Weiters werden von der Sägeindustrie „Fehllieferungen“ von **nicht sägefähigem Rundholz** und geringwertige Schnittholzqualitäten genannt, die etwa je zur Hälfte in die stoffliche bzw. energetische Nutzung gehen (vgl. AGRAR PLUS, 2003). Angaben des Fachverbandes Holzindustrie für das Jahr 2006 besagen, dass die Menge an nicht sägefähigem Rundholz zwischen 3 und 5% des Holzeinschnittes liegt (vgl. Umweltbundesamt, 2008).

[27] vgl. http://de.wikipedia.org/wiki/Kappholz