

Entwicklung von Kriterien zur
Kommunikation der Energieeffizienz
von Kunststoff verarbeitenden
Maschinen

R. Paminger, W. Wimmer, R. Winkler

Berichte aus Energie- und Umweltforschung

5/2010

Impressum:

Eigentümer, Herausgeber und Medieninhaber:
Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie
Radetzkystraße 2, 1030 Wien

Verantwortung und Koordination:
Abteilung für Energie- und Umwelttechnologien
Leiter: DI Michael Paula

Liste sowie Bestellmöglichkeit aller Berichte dieser Reihe unter <http://www.nachhaltigwirtschaften.at>

Entwicklung von Kriterien zur Kommunikation der Energieeffizienz von Kunststoff verarbeitenden Maschinen

Ao. Univ. Prof. DI Dr. techn. Wolfgang Wimmer, DI Rainer Pamminger, Roland Winkler (TU Wien, Inst. für Konstruktionswissenschaften, Forschungsbereich ECODESIGN)

DI Mag. Erik Sehnal, DI Martin Krill, DI Rupert Wychera (PROFES – Professional Energy Services GmbH)

DI Michael Bauer (ENGEL AUSTRIA GmbH)

Dr. Hans Berlisg, Dr. Christoph Steger, Thomas Strnad, Josef Pazourek (Cincinnati Extrusion)

DI Gerald Schöfer (Schöfer GmbH)

DI Dr. Hans-Peter Mattiscek (Internorm Bauelemente GmbH)

Wien, September 2009

Ein Projektbericht im Rahmen der Programmlinie



Impulsprogramm Nachhaltig Wirtschaften

Im Auftrag des Bundesministeriums für Verkehr, Innovation und Technologie

Vorwort

Der vorliegende Bericht dokumentiert die Ergebnisse eines Projekts aus der Programmlinie FABRIK DER ZUKUNFT. Sie wurde im Jahr 2000 vom Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie im Rahmen des Impulsprogramms Nachhaltig Wirtschaften als mehrjährige Forschungs- und Technologieinitiative gestartet. Mit der Programmlinie FABRIK DER ZUKUNFT sollen durch Forschung und Technologieentwicklung innovative Technologiesprünge mit hohem Marktpotential initiiert und realisiert werden.

Dank des überdurchschnittlichen Engagements und der großen Kooperationsbereitschaft der beteiligten Forschungseinrichtungen und Betriebe konnten bereits richtungsweisende und auch international anerkannte Ergebnisse erzielt werden. Die Qualität der erarbeiteten Ergebnisse liegt über den hohen Erwartungen und ist eine gute Grundlage für erfolgreiche Umsetzungsstrategien. Anfragen bezüglich internationaler Kooperationen bestätigen die in FABRIK DER ZUKUNFT verfolgte Strategie.

Ein wichtiges Anliegen des Programms ist es, die Projektergebnisse – seien es Grundlagenarbeiten, Konzepte oder Technologieentwicklungen – erfolgreich umzusetzen und zu verbreiten. Dies soll nach Möglichkeit durch konkrete Demonstrationsprojekte unterstützt werden. Deshalb ist es auch ein spezielles Anliegen die aktuellen Ergebnisse der interessierten Fachöffentlichkeit zugänglich zu machen, was durch die Homepage www.FABRIKderZukunft.at und die Schriftenreihe gewährleistet wird.

Dipl. Ing. Michael Paula
Leiter der Abt. Energie- und Umwelttechnologien
Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie

Inhaltsverzeichnis

1	Projektabriss (3-5 Seiten)	7
2	Einleitung	11
3	Ziele	15
4	Inhalte des Projekts	18
4.1	<i>Verwendete Methode und Daten</i>	18
4.2	<i>Stand der Technik</i>	19
4.3	<i>Beschreibung der Neuerungen sowie ihrer Vorteile gegenüber dem Ist-Stand</i>	21
5	Bestehende Labels anderer Branchen	23
5.1	<i>ISO 14024 Verfahrensanweisungen und Abläufe für nationale Umweltzeichen - Typ I</i>	24
5.2	<i>ISO 14021 Selbsterstellte Umweltdeklaration - Typ II</i>	26
5.3	<i>ISO/TR 14025 Umweltdeklaration (Environmental Product Declaration, EPD) Typ III</i>	39
5.4	<i>Schlussfolgerung</i>	41
6	Messstandard für die Ermittlung des Energieverbrauchs	43
6.1	<i>Messstandard Extruder</i>	43
6.2	<i>Messstandard Spritzgießmaschine</i>	48
7	Messungen an den Referenzanlagen	55
7.1	<i>Auswertung der Messungen Spritzgießmaschine</i>	56
7.2	<i>Auswertung der Messungen Extruder</i>	68
8	Energieeffizienzlabel	83
8.1	<i>Einleitung</i>	83
8.2	<i>Einteilung und Definition des Energieeffizienzlabels</i>	83
8.3	<i>Effizienzkriterien</i>	85
8.4	<i>Energieeffizienzindex (EEI)</i>	89
8.5	<i>Energieklassen</i>	94
8.6	<i>Labelaufbau – Design</i>	95
8.7	<i>Schritte zum Energieeffizienzlabel</i>	98
9	Maßnahmenkatalog für energieeffiziente Maschinen	100
9.1	<i>Einleitung</i>	100
9.2	<i>Verbesserungsmaßnahmen und Best Practice Spritzguss</i>	101
9.3	<i>Verbesserungsmaßnahmen und Best Practice Extrusion</i>	111
10	Potentiale zur weiteren Verbreitung	116

10.1	<i>Nationale Umsetzung</i>	116
10.2	<i>Europäische Umsetzung</i>	117
10.3	<i>Weiterentwicklung der ECODESIGN Toolbox</i>	120
10.4	<i>Darstellung in welcher Form die Ergebnisse verwertet und weiterverwendet wurden bzw. werden:...</i>	121
11	Detailangaben in Bezug auf die Ziele der Programmlinie	124
12	Schlussfolgerungen zu den Projektergebnissen	127
13	Ausblick und Empfehlungen	129
14	Anhang	134

Kurzfassung

Die Schaffung einer objektiven Vergleichsmöglichkeit der Energieeffizienz von Kunststoffverarbeitungsmaschinen durch ein **Energieeffizienzlabel** war das Ziel in diesem Projekt. Dies ermöglicht, höhere Energieeffizienz von Verarbeitungsmaschinen zu vermarkten und zu kommunizieren. Hersteller sollen motiviert werden, energieeffiziente Maschinen zu entwickeln und umzusetzen. Technische Kriterien sowie Angaben zur Prozessführung wurden erarbeitet. Damit soll eine Stärkung der Nachfrage nach energieeffizienten Maschinen und ein Wettbewerbsvorteil für österreichische Maschinenhersteller erreicht werden.

Als **Effizienzkriterium** für die Bewertung des Energieverbrauchs von Kunststoff verarbeitenden Maschinen wird der spez. Energieverbrauch [kW/kg] herangezogen. Um diesen ermitteln zu können wurde ein **Energiemessstandard** für Spritzguss sowie Extruder entwickelt. Bei Spritzguss wurde aufbauend auf dem im Projekt erarbeiteten Vorschlag der Energiemessstandard EUROMAP 60 neu überarbeitet und ist auch schon unter den EUROMAP recommendations auf www.euromap.org herunterladbar. Bei Extrudern wurde eine Arbeitsgruppe zur Erstellung eines neuen Energiemessstandard EUROMAP 90 gegründet, jedoch konnte noch kein Konsens gefunden werden.

Für die Kommunikation der beiden Energieeffizienzlabel wurden im nächsten Schritt unterschiedliche Ansätze gewählt. Im Spritzgussbereich wurde ein Firmeninternes Label mit Kommunikation des Energieverbrauchs nach den Messungen der EUROMAP 60 und bei Extrusion wurde ein für die gesamte Branche gültiges Label entwickelt.

Bei der Extrusion erfolgt die Einteilung der Maschinen mittels dem Energieeffizienzindex, der sich aus dem gemessenen spezifischen Energieverbrauch, dem theoretisch notwendigen Energieinput um einen bestimmten Kunststoff zu schmelzen, sowie drei konstanten Korrekturfaktoren berechnen lässt. Weiters wurde die Energieeffizienz der Maschinen anhand von **Energieklassen** unterteilt. Diese Klassen sind am Energieeffizienzlabel angeführt und erleichtern auf der einen Seite den KundInnen die Kauf- und Investitionsentscheidung im Produktvergleich und sollen zu einer Sensibilisierung Richtung Energieeffizienz am Markt führen.

Bei den Projektpartnern Schöfer (Spritzguss) und Internorm (Extrusion) wurden umfangreiche **Energiemessungen** der Anlagen im Betrieb durchgeführt. Die Messungsergebnisse verschiedener Anlagen unterschiedlichen Stands der Technik wurde in weiterer Folge für Wirtschaftlichkeitsuntersuchungen, die Ermittlung der Einsparungspotentiale und die Klassifizierung und Bewertung für das Energieeffizienzlabel herangezogen. Ein weiteres Ergebnis des Projekts ist ein produktbezogener Maßnahmenkatalog, der Möglichkeiten aufzeigt, wie Kunststoff verarbeitende Maschinen eine bessere Energieklasse erreichen können.

Mit der Erstellung der beiden EUROMAP Standards zur Energiemessung sind somit die Voraussetzungen für ein europaweit gültiges Label geschaffen. Momentan sind die Mitglieder der EUROMAP noch mit der Einführung dieses Messstandards beschäftigt und sehen noch nicht das Potential eines Labels. Mit Hilfe eines EU Projektes „LEEP“ eingereicht bei Intelligent Energy Europe wurde ein weiterer Schritt in Richtung europaweiter Umsetzung gesetzt.

Abstract

The aim of this project is the development of an energy efficiency label for plastics processing machines in close cooperation with industrial partners. This allows marketing and communicating highly energy efficient plastic processing machines. Manufacturers should be motivated to develop more energy-efficient machines.

As the efficiency criteria for evaluating the energy consumption of plastics processing machinery the specific energy consumption SEC [kW/kg] is used. In order to compare these criteria an energy measurement standard for injection moulding and extrusion has been developed. For injection moulding the EUROMAP 60 has been adapted based on the proposal worked out from the project team, now for download at the EUROMAP recommendations under: www.euromap.org. For extruders, a working group to create a new Energy measurement standard EUROMAP 90 was founded, but no consensus could be found yet.

To communicate the two energy efficiency labels, different approaches have been chosen in the next step. The aim is the development of two labels, one for an internal company concerning the communication of the energy demand according to the EUROMAP 60 for injection moulding and the second for extrusion concerning the whole branch.

The classification of the machines is made by the Energy Efficiency Index (EEI). The EEI can be calculated from the measured specific energy consumption SEC, the theoretically required energy for melting and three constant correction factors. Furthermore the energy efficiency of the machines has been grouped in energy classes. These classes are communicated directly on the label and will on the one hand help the customers at purchasing and investment decisions and should lead to a greater awareness towards energy efficiency on the market. On the other hand the energy classes should act as a motivator for the manufacturer in developing more energy efficient machines.

At the sites of our project partners Schöfer (injection moulding) and Internorm (extrusion) extensive energy measurements have been made. The measurement results of machines with different state of the art have been used for economy studies, for energy savings potentials and for the classification and evaluation of the energy efficiency label. Another result of the project is a catalogue of possible ideas improve the energy efficiency of the machinery and therefore to reach a higher energy class.

Precaution for a Europe-wide label is taken with the creation of the two EUROMAP standards for energy measurement. Members of the EUROMAP are currently in the process of introducing the measurement standards and do not see the potential of a label at the moment. A further step towards a european-wide implementation has been taken with the help of the EU project "LEEP" submitted at the programme "Intelligent Energy Europe".

1 Projektabriss (3-5 Seiten)

Ausgangssituation / Motivation

Kunststoff verarbeitende Maschinen wie Spritzguss- oder Extrusionsmaschinen sind äußerst energieintensive Produkte, die zum Teil im Dreischichtbetrieb eingesetzt werden und dann „rund um die Uhr“ hohe Mengen an Energie benötigen. Der Großteil der Umweltauswirkungen einer Kunststoff verarbeitenden Maschine liegt in der Nutzungsphase und ist um ein Vielfaches höher als in den anderen Lebensphasen wie Rohstoffgewinnung, Herstellung, etc..

Bisher war der Energieverbrauch von Kunststoff verarbeitenden Maschinen kein Kaufkriterium. Die Idee in diesem Projekt war ein Label zur Kommunikation der Energieeffizienz dieser Maschinen zu entwickeln. Somit soll dem Kunden ein objektives, glaubwürdiges Kommunikationsinstrument zur Verfügung gestellt werden. Dieses Energielabel stellt in dieser Branche ein dringend erforderliches Kommunikationsinstrument dar.

Das Energielabel hat positive Auswirkungen auf Hersteller- wie Kundenseite in der Kunststoff verarbeitenden Industrie. Das Label ermöglicht einerseits eine objektive Vergleichbarkeit des Energieverbrauchs und soll die Nachfrage nach energieeffizienten Maschinen fördern. Hersteller sollen andererseits motiviert werden, energieeffiziente Maschinen zu entwickeln. Ein diesbezüglicher Maßnahmenkatalog wurde im Projekt erstellt.

Inhalte und Zielsetzungen

Das Ziel des vorliegenden Projektes bestand aus vier Teilen: Es wurde ein Messstandard für Kunststoff verarbeitende Maschinen entwickelt. Auf Basis dessen wurden Energieeffizienzkriterien zum Vergleich unterschiedlicher Maschinentypen entwickelt. Dabei wurden an Hand der Effizienzkriterien Energieklassen gebildet, anhand deren die Maschinen und Anlagen eingeteilt werden. Darauf aufbauend wurde ein Kommunikationsinstrument für die Energieeffizienz von Anlagen und Maschinen entwickelt. Dies bietet Industriekunden ein Vergleichs- und Kaufkriterium und soll weiters Anreiz schaffen, auf der Herstellerseite energieeffiziente Maschinen anzubieten. Zur Erreichung einer nächst besseren Energieklasse und zur Effizienzverbesserung der Maschinen wurde ein Maßnahmenkatalog entwickelt.

Methodische Vorgehensweise

In diesem Projekt wurde speziell für Kunststoff verarbeitende Maschine ein Energielabel entwickelt. Es wurden bestehende Energielabels recherchiert und analysiert, wobei der Fokus auf den Bewertungskriterien für Energieeffizienz und der Unterteilung in die Energieklassen gelegt wurde.

Im Speziellen wurden Umweltlabel gem. ISO 14020ff recherchiert und analysiert, die als positive produktbezogene Kennzeichen gelten, die weniger Umwelt belastende Produkte und Dienstleistungen auszeichnen. Umweltlabels als freiwillige Instrumente der Umweltpolitik sollen dem Informationsbedürfnis von umweltbewussten Konsumenten nachkommen und zur Sensibilisierung der Verbraucher hinsichtlich der Umweltauswirkungen von Produkten und somit der eigenen Konsum bzw. Produktionstätigkeit beitragen.

In weiterer Folge wurden mit Hilfe des entwickelten Messstandards Vergleichsmessungen an definierten Referenzmaschinen durchgeführt. Dazu wurden Kunden der Industriepartner im Projekt eingebunden. Die Messergebnisse stellten gemeinsam mit den Ergebnissen der Recherche der energieeffizientesten Maschinen am Markt die Basis für die Ableitung der Effizienzkriterien und der Verbesserungsmaßnahmen dar. Diese wurden in Workshops mit Herstellern und Kunden ausgearbeitet und hinsichtlich ihrer Machbarkeit evaluiert. Im Anschluss wurde das Energielabel auf internationalen Tagungen (z.B. EnviroPlast 2010) und auf www.ecodesign.at/toolbox verbreitet werden.

Ergebnisse

In diesem Projekt wurde ein Energielabel für die Kommunikation von Energieeffizienz von Kunststoff verarbeitenden Maschinen entwickelt. Dieses Label stellt ein objektives Instrument zur Vergleichbarkeit der Energieeffizienz von Verarbeitungsmaschinen dar. Dadurch soll auf Kundenseite einerseits das Bewusstsein geschärft und der Energieverbrauch der Maschinen als Kriterium in den Kaufprozess einfließen. Um weiters die Energieeffizienz der Kunststoff verarbeitenden Maschinen zu verbessern wurde ein Katalog mit Verbesserungsmaßnahmen erstellt.

Als **Effizienzkriterium** für die Bewertung des Energieverbrauchs von Kunststoff verarbeitenden Maschinen wird der spez. Energieverbrauch [kW/kg] herangezogen, dieser ist auch die Messgröße nach dem Messstandard. Die Einteilung der Maschinen erfolgt mittels dem Energieeffizienzindex, der sich aus dem gemessenen spezifischen Energieverbrauch gemäß Energiemessstandard, dem theoretisch notwendigen Energieinput um einen bestimmten Kunststoff zu schmelzen, sowie drei konstanten Korrekturfaktoren berechnen lässt.

Weiters wurde die Energieeffizienz der Maschinen anhand von **Energieklassen** unterteilt. Diese erleichtern auf der einen Seite den KundInnen die Kauf- und Investitionsentscheidung im Produktvergleich und sollen zu einer Sensibilisierung Richtung Energieeffizienz am Markt führen. Auf der anderen Seite sollen sie als Motivator auf der Herstellerseite fungieren, ihre Produkte auch zukünftig energieeffizienter zu gestalten. Für die Unterteilung der Energieklassen wurden durchgeführte Messungen verwendet. Dabei erfolgte die Einteilung nach dem Stand der verwendeten Technik z.B. sind Maschinen der Klasse B mit der derzeit best verfügbaren Technologie ausgestattet, oder die Klasse D sind Maschinen mit alter Technologie.

Um die Messungen vergleichen zu können wurde ein **Energiemessstandard** für Spritzguss sowie Extruder entwickelt. Bei Spritzguss wurde aufbauend auf dem im Projekt erarbeiteten Vorschlag der Energiemessstandard EUROMAP 60 neu überarbeitet und ist auch schon unter den EUROMAP recommendations auf <http://www.euromap.org/technical-issues/technical-recommendations> herunterladbar. Bei Extrudern wurde eine Arbeitsgruppe zur Erstellung eines neuen Energiemessstandard EUROMAP 90 gegründet, jedoch konnte noch kein Konsens gefunden werden.

Bei den Projektpartnern Schöfer (Spritzguss) und Internorm (Extrusion) wurden umfangreiche **Energiemessungen** der Anlagen im Betrieb durchgeführt. Bei den für dieses Projekt untersuchten Kunststoffverarbeitungsanlagen wurden zu den Gesamtanlagen auch Detailmessungen der einzelnen Verbraucher durchgeführt. Weiters wurde jeweils das Gesamtunternehmen und die wichtigsten Verbraucher gemessen, um den Verbrauch der Kunststoffverarbeitungsanlagen zum Gesamtverbrauch bewerten zu können. Die Messung verschiedener Anlagen unterschiedlichen Stands der Technik wurde in weiterer Folge für Wirtschaftlichkeitsuntersuchungen, die Ermittlung der Einsparungspotentiale und die Klassifizierung und Bewertung für das Energieeffizienzlabel herangezogen.

Ein weiteres Ergebnis des Projekts ist ein produktbezogener Maßnahmenkatalog, der Möglichkeiten aufzeigt, wie Kunststoff verarbeitende Maschinen ihre Energieeffizienz verbessern bzw. eine bessere Energieklasse erreichen können. Bei den Maßnahmen wird auf den derzeitigen neusten Stand der Technik bzw. auch auf noch nicht verfügbare Technologien verwiesen. Hersteller bekommen so eine Hilfestellung, um die Energieeffizienz der eigenen Maschinen zu verbessern. Darüber hinaus wurden wegweisende innovative Maßnahmen erarbeitet, die in einer weiteren Entwicklungsstufe zur weiteren Reduktion führen sollen.

Diese auch für andere Branchen sehr interessante Vorgehensweise wurde im Anschluss an die Labelerstellung verallgemeinert. Es steht somit auch für andere Industriebereiche eine Prozedur für die Erstellung eines Energieeffizienzlabels zur Verfügung.

Mit der Vorstellung der Projektidee und des Labelkonzeptes auf diversen Veranstaltungen erfolgte eine Sensibilisierung der Branche (Hersteller, wie KundInnen) für Energieeffizienz. Dies zeigte sich vor allem durch das schnelle Finden der Arbeitsgruppen für die Erarbeitung der beiden Messstandards. Einer davon wurde bereits während der Projektlaufzeit abgeschlossen.

Cincinnati Extrusion hat am Ende des Projektes seinen Extruder Argos 93 mit dem Label ausgezeichnet. In Verbindung mit Energieeinsparungsberechnungen wird das Label zur Kommunikation und Bewerbung dieser Anlage eingesetzt. Die Firma Engel geht diesbezüglich einen anderen Weg und kommuniziert die Ergebnisse der Energieverbrauchsmessungen nach EUROMAP 60 mit einem eigenen Labeldesign. Die mit dem Label gekennzeichneten Maschinen sind Vorreiter am Markt und sollen so die österreichische Wirtschaft stärken.

Durch die verschiedenen Anforderungen der Maschinenhersteller und auch der aktuellsten entwickelten der EUROMAP wurden für Spritzgussmaschinen und Extruder unterschiedliche Ansätze gewählt. Im Spritzgussbereich erfolgte die Fokussierung auf die Erarbeitung des Energiemessstandards, der von der gesamten Branche angewendet werden kann. Dies konnte mit der Erstellung der EUROMAP 60 realisiert werden. Bei der Labelentwicklung konnte sich die Branche noch nicht auf eine gemeinsame Richtung einigen und somit wurde im Projekt ein Firmenlabel für die Firma Engel entwickelt. Dabei werden die Ergebnisse der Energiemessungen nach EUROMAP60 kommuniziert.

Durch die unterschiedlichen Ausgangsbedingungen in den beiden Bereichen Spritzguss und Extrusion wurde in Bezug auf Einfach- bzw. Mehrfachnutzung ein anderer Ansatz gewählt.

Im Bereich Extruder konnte sich die Branche bisher nicht auf einen allgemein gültigen Energiemessstandard einigen und steckt noch in den Verhandlungen. Im Projekt wurde jedoch ein Energiemessstandard entwickelt, der auch als Vorlage für die Erarbeitung der EUROMAP 30 dient. Das entwickelte Energieeffizienzlabel ist ein für alle Extruderhersteller gültiges und allgemein anwendbares Label.

Bei Spritzgussmaschinen ist mit der Umsetzung der Euromap 60, mit Standardisierung der Energiemessung, ohnehin schon die Vergleichbarkeit verschiedenen Maschinen sichergestellt. Bei der Umweltkommunikation konnte sich das EUROMAP Konsortium in dem alle namhaften Maschinenherstellern vertreten sind bisher noch nicht auf ein gemeinsames Label einigen. Im vorliegenden Forschungsprojekt wurde in Erwartung eines gemeinsamen Label auf EU-Ebene auf Wunsch des Projektpartners daher zunächst ein Firmenlabel, das nur vom Projektpartner verwendet werden kann entwickelt. Methodisch baut dieses jedoch auf den europäischen Überlegungen in EUROMAP 60 auf und verwendet auch dessen Methode den Energieverbrauch zu messen. Damit wurde auch im für den Spritzgußbereich ein guter Kompromiss zwischen europäischer Harmonisierung und rascher Umsetzung gefunden.

Ausblick

Mit der Erstellung der beiden EUROMAP Standards zur Energiemessung werden die Voraussetzungen für ein Label geschaffen. Momentan sind die Mitglieder der EUROMAP noch mit der Einführung dieses Messstandards beschäftigt und sehen noch nicht das Potential eines Labels. Aus Umweltsicht und der derzeitig vorherrschenden Energiediskussion wird jedoch die Frage des Energieverbrauches einer Maschine immer wichtiger. Von der Kundenseite her werden die Nachfragen nach einem einfachen Instrument zur Vergleichbarkeit des Energieverbrauches von Anlagen und Maschinen immer häufiger und der Trend geht immer mehr in Richtung Umweltlabels (siehe auch in der Lebensmittelbranche).

Mit einem EU Projekt eingereicht bei Intelligent Energy Europe soll nun das Thema weiter verbreitet werden. Die Hauptziele des Projektes „LEEP“ sind die Entwicklung eines Energieeffizienzlabels für Verpackungsmaschinen und deren europaweite Verbreitung. Ein Großteil der europäischen Maschinenhersteller, sowie auch Anwender sollen bei der Definition der Anforderungen wie auch bei den Verbreitungsaktivitäten eingeladen und integriert werden.

2 Einleitung

Allgemeine Einführung in die Thematik

Durch den stetig wachsenden weltweiten Bedarf an Energie und fossilen Rohstoffe und deren Begrenztheit wird die Frage der Ressourceneffizienz bzw. Energieeffizienz immer wichtiger. Unternehmen die in Zukunft wettbewerbsfähig sein wollen, müssen mit den vorhandenen Ressourcen sorgsam umgehen.

Kunststoff verarbeitende Maschinen wie Spritzguss- oder Extrusionsmaschinen sind äußerst energieintensive Produkte, die zum Teil im Dreischichtbetrieb eingesetzt werden und dann „rund um die Uhr“ hohe Mengen an Energie benötigen. Der Großteil der Umweltauswirkungen einer Kunststoff verarbeitenden Maschine liegt in der Nutzungsphase und ist um ein Vielfaches höher als in den anderen Lebensphasen wie Rohstoffgewinnung, Herstellung, etc..

Charakteristisch bei der Kunststoffherstellung ist, dass auf der einen Seite hohe Mengen an Energie gezielt zugeführt werden müssen. Dies erfolgt durch kinetische Antriebsenergie an der Extruderschnecke wie auch durch Heizbänder des Massezylinders. Auf der anderen Seite muss eine entsprechende Kühlung sichergestellt werden, damit kurze Produktionszeiten erreicht werden können. Daher ist eine energieeffiziente Maschine in ökonomischer wie ökologischer Hinsicht von zentraler Bedeutung und wird durch die vorhandene Klimadiskussion und den ansteigenden Energiepreisen auch von der Kundeseite immer öfter gefordert.

Die Kunststoffverarbeitung ist energieintensiv: Unter der Annahme, dass die 4500 Spritzgussmaschinen, die in Österreich im Einsatz sind lediglich im Zweischichtbetrieb fahren, sind diese im Durchschnitt 4000 Stunden pro Jahr in Betrieb. Übliche Werte für die Verarbeitungsmengen dieser Maschinen liegen bei 20 kg Kunststoff pro Stunde. Dazu sind im Durchschnitt 0,4 kWh pro kg Kunststoff erforderlich. Aus diesen Überlegungen ergibt sich ein Energieverbrauch von knapp 30.000 kWh pro Maschine und Jahr und somit insgesamt ein Energieverbrauch durch die Kunststoffverarbeitung in Österreich von 144 GWh pro Jahr.

Für den Extrusionsbereich ergibt sich ein Energieverbrauch von ca. 70 GWh pro Jahr, d.h. ein Gesamtverbrauch von 214GWh. Auf Basis des Österreichischen Strommixes (mit einem in Österreich bekannt hohen Anteil an erneuerbaren Energieformen) resultieren daraus immerhin 80.000 Tonnen CO₂ Emissionen. Selbst eine Reduktion von nur 10% wäre damit eine relevante Größenordnung.

Bisher war der Energieverbrauch von Kunststoff verarbeitenden Maschinen kein Kaufkriterium. Die Idee in diesem Projekt war ein Label zur Kommunikation der Energieeffizienz dieser Maschinen zu entwickeln. Somit soll dem Kunden ein objektives, glaubwürdiges Kommunikationsinstrument zur Verfügung gestellt werden. Dieses Energielabel stellt in dieser Branche ein dringend erforderliches Kommunikationsinstrument dar.

Das Energielabel hat positive Auswirkungen auf Hersteller- wie Kundenseite in der Kunststoff verarbeitenden Industrie. Das Label ermöglicht einerseits eine objektive Vergleichbarkeit des Energieverbrauchs und soll die Nachfrage nach energieeffizienten Maschinen fördern. Hersteller sollen andererseits motiviert werden, energieeffiziente Maschinen zu entwickeln. Ein diesbezüglicher Maßnahmenkatalog wurde im Projekt erstellt.

Derzeit sind Maschinen nur sehr schwer vergleichbar. Abhängig vom Maschinentyp, vom verarbeitenden Kunststoff sowie dem Verarbeitungszyklus ist der Energieverbrauch breit gestreut, eine Vergleichbarkeit kaum gegeben. Auch ist durch die große Produktvielfalt mit großen Gewichtsunterschieden (von einigen Gramm bis zu einigen 100kg/m bzw. kg/Stk) und verschiedensten Formen jede Anwendung individuell und ein vergleichender Energieverbrauch schwer zu definieren.

Im Bereich Spritzguss war bereits ein Energiemessstandard EUROMAP 60 (European committee of the national associations of machinery manufacturers for the plastics and rubber industries) vorhanden, dieser bot aber durch unzureichende Systemgrenzen kaum Hilfestellung in dieser Frage. Daher wurde in diesem Projekt ein neuer Messstandard zur Ermittlung des Energieverbrauchs entwickelt. Für Extruder gab es bisher keine EUROMAP für die Standardisierung von Energiemessungen.

Beschreibung der Vorarbeiten

Die Ergebnisse des Fabrik der Zukunft Projektes „ECODESIGN-Toolbox for Green Product Concepts - Entwicklung von Werkzeugen zur nachhaltigen Produktentwicklung“ bildeten die methodische Grundlage für dieses Projekt. Die Methodik zur nachhaltigen Produktgestaltung wurde innerhalb des Vorgängerprojektes entwickelt und gemeinsam mit drei Industriepartnern angewendet. Die Teilergebnisse aus den Projektschritten wurden in ein Green Product Concept für die untersuchten Beispielprodukte übergeführt. Die Ergebnisse sind viel versprechend und fanden bereits Umsetzung. Energieeffiziente Produkte sind schon am Markt und motivieren die Industriepartner weitere Schritte zu setzen.

Als klare Erkenntnis aus der Entwicklung und Anwendung der ECODESIGN Toolbox lässt sich die Notwendigkeit zur Kommunikation der Umweltleistung eines Produktes nennen. Einerseits wollen die Firmen ihr Engagement in Umweltschutzfragen honoriert sehen, andererseits fragen KundInnen vermehrt eine objektive, glaubwürdige Kommunikation der Umweltauswirkungen von Produkten z. B. Energieverbrauch in der Nutzung nach.

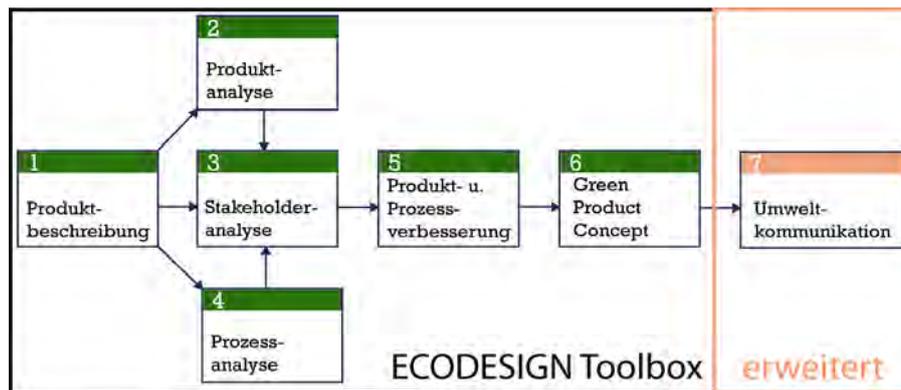


Abbildung 1 ECODESIGN Toolbox erweitert

Diesem Anspruch wurde mit der Weiterentwicklung der ECODESIGN Toolbox Rechnung getragen (siehe Abb. 1).

Schwerpunkte der Arbeit

Der Schwerpunkt der Arbeit ist einerseits die Entwicklung eines Energieeffizienzlabels und andererseits die Ableitung von Verbesserungsmaßnahmen für Kunststoff verarbeitende Maschinen. Um festzustellen welche Art von Umweltzeichen in Frage kommt war eine Recherche und Analyse der derzeitigen vorhandenen Umweltlabels zentral.

Für ein Energieeffizienzlabel war weiters die Entwicklung eines Energiemessstandards notwendig der auch teilweise gemeinsam mit der EUROMAP für die beiden Maschinentypen entwickelt wurde. Mit diesem Standard erfolgen Energievergleichsmessungen bei den Anwendern wie auch bei den Herstellern. Die Messergebnisse wurden für die Definition des Energieeffizienzindex und zur Einteilung der Effizienzklassen des Labels verwendet.

Weiters konnten mit den Messungen die Energieeinsparungen energieeffizienter Technologien im Vergleich zu Maschinen mit herkömmlicher Technologie aufgezeigt und quantifiziert werden. Zusätzlich wurden neue Verbesserungspotentiale aufgezeigt, die anschließend in einem Maßnahmenkatalog zur weiteren Verbesserung zusammengefasst wurden.

Ein weiterer Schwerpunkt der Arbeit lag auch in der Vernetzung und Kommunikation mit Europäischen Aktivitäten, da eine Umsetzung dieses Energieeffizienzlabels auf nationaler Ebene nur wenig Sinn macht.

Einpassung in die Programmlinie

Das vorliegende Projekt ist vor allem an das Leitprinzip, das „Effizienzprinzip“, aus der Programmlinie „Fabrik der Zukunft“ adressiert. Mit einem Energieeffizienzlabel von Kunststoff verarbeitenden Maschinen und Anlagen wird ein Instrument zur Verfügung gestellt, das dem Kunden einen Vergleich der Energieeffizienz der Maschinen erlaubt. Dies soll einerseits zu mehr Bewusstsein führen um Energieeffizienz als Kaufkriterium zu sehen, sodass energieintensive Maschinen vom Markt verdrängt werden und andererseits den Weg für neue Energieeffiziente Innovationen ebnen.

Weiters wurde ein Maßnahmenkatalog entwickelt, der Maschinenhersteller unterstützen soll, die Energieeffizienz der Maschine zu verbessern. Die Energieeinsparung dieser Maßnahmen

wurde bei Messungen quantifiziert und anschließend die zu erwartenden Kosteneinsparungen für die Projektpartner berechnet.

Kurzbeschreibung des Aufbaus des Endberichts

Die Kapitel 1-4 enthalten den Projektabriß, die Motivation, Ziele, Methoden, Projekthinhalte, Ergebnisse sowie die Schlussfolgerungen. In Kapitel 2 wird die Einführung in die Projektthematik sowie die bereits vorhandenen Vorarbeiten, der Fokus der Arbeit sowie die Einbindung in die Programmlinie „Fabrik der Zukunft“ beschrieben.

In Kapitel 3 werden die Ziele des Projekts definiert und beschrieben. Danach erfolgt in Kapitel 4 eine Beschreibung der verwendeten Methoden hinsichtlich der Inhalte und Projektergebnisse, außerdem wird der Stand der Technik ausgeführt. Kapitel 5 gibt einen Überblick über bestehende Umweltlabels in anderen Branchen. Im Kapitel 6 werden die erarbeiteten Messstandards für Extrusion und Spritzguss vorgestellt. Im nächsten Kapitel 7 sind die Ergebnisse der nach den Messstandards durchgeführten Messungen erörtert. Kapitel 8 zeigt die Energieeffizienzkriterien, die Energieklassen sowie den Aufbau des Energieeffizienzlabels. Der gemeinsam mit den Unternehmen entwickelte Maßnahmenkatalog ist in Kapitel 9 aufgelistet. Potentiale zur weiteren Verbreitung des Labels auf Nationaler bzw. Internationaler Ebene werden im Kapitel 10 beschrieben. Kapitel 11 definiert Detailangaben der Programmlinienziele. Abschließend folgen in den Kapiteln 12 und 13 Schlussfolgerungen der Projektergebnisse, sowie ein Ausblick und Empfehlungen.

3 Ziele

Das Ziel des vorliegenden Projektes bestand aus vier Teilen: Es wurde ein Messstandard für Kunststoff verarbeitende Maschinen entwickelt. Auf Basis dessen wurden Energieeffizienzkriterien zum Vergleich unterschiedlicher Maschinentypen entwickelt. Dabei wurden an Hand der Effizienzkriterien Energieklassen gebildet, auf deren Grundlage die Maschinen und Anlagen eingeteilt werden. Darauf aufbauend wurde ein Kommunikationsinstrument für die Energieeffizienz von Anlagen und Maschinen entwickelt. Dies gibt Industriekunden ein Vergleichs- und Kaufkriterium und soll weiters Anreiz schaffen, auf der Herstellerseite energieeffiziente Maschinen anzubieten. Zur Erreichung einer nächst besseren Energieklasse und zur Effizienzverbesserung der Maschinen wurde ein Maßnahmenkatalog entwickelt.

Die Projektziele beinhalteten:

- Objektive Vergleichbarkeit der Energieeffizienz von Verarbeitungsmaschinen durch einheitlichen Messstandard
- Schaffung einer Möglichkeit höhere Energieeffizienz von Verarbeitungsmaschinen zu vermarkten und zu kommunizieren
- Stärkung der Nachfrage nach energieeffizienten Maschinen mittels Kommunikationsinstrument
- Motivation für Herstellerfirmen, energieeffiziente Maschinen zu entwickeln und umzusetzen
- Entwicklung eines Maßnahmenkataloges zur Verbesserung der Energieeffizienz (technische Kriterien sowie Angaben zur Prozessführung)

Folgende forschungsleitende Fragestellungen kennzeichneten das Projekt:

Fragestellung 1: Welche Effizienzkriterien sind für die Bewertung des Energieverbrauchs von Kunststoff verarbeitenden Maschinen heranzuziehen?

Aufbauend auf einer Analyse von ausgewählten bestehenden Energielabels (Motoren, Druckluftkompressoren, Gebäude, Kühl- und Gefriergeräten etc.) wurden die relevanten Effizienzkriterien für die Bewertung und Einteilung der Maschinen abgeleitet. Für Kunststoff verarbeitende Maschinen ist vor allem der spez. Energieverbrauch [kW/kg] relevant und ist auch die Messgröße nach dem Messstandard. Die Einteilung der Maschinen erfolgt mittels dem Energieeffizienzindex, der sich aus dem gemessenen spezifischen Energieverbrauch gemäß Energiemessstandard, dem theoretisch notwendigen Energieinput um einen bestimmten Kunststoff zu schmelzen, sowie drei konstanten Korrekturfaktoren berechnen lässt.

Fragestellung 2: Wie kann ein Messstandard zur Messung des Energieverbrauches als Basis für die definierten Effizienzkriterien aussehen?

In den derzeit vorhandenen einschlägigen Normen z.B. EUROMAP 60 waren keine bzw. nur unzureichende Messstandards zur Ermittlung des Energieverbrauchs in der Nutzung vorhanden.

Im Projekt wurden die für Spritzguss und Extrusion notwendigen Eckpfeiler ausgearbeitet und jeweils ein Energiemessstandard definiert.

Die für Kunststoffverarbeitungsmaschinen zu entwickelnde Messstandards müssen übertragbar (Werkzeug, Referenzzyklus) und so einfach (Maschineneinstellungen) wie möglich anwendbar sein, sodass damit vergleichbare Messergebnisse erzielbar sind und breite Anwendung finden. Um die Komplexität zu reduzieren und einfache Messungen zu ermöglichen wurde es notwendig, Standards auf spezifische Produkte bzw. Produktgruppen einzugrenzen.

Die Herausforderung der breiten Umsetzung von Energieeffizienzstandards und Labels ist in erster Linie die Aufgabe einfache und in der Praxis durchführbare Messungen zu etablieren, die trotzdem aussagekräftig und anwendungsrelevant sind.

Fragestellung 3: Wie können Kunststoff verarbeitende Maschinen in Energieklassen eingeteilt und bewertet werden?

Energieklassen erleichtern auf der einen Seite den KundInnen die Kauf- und Investitionsentscheidung im Produktvergleich und sollen zu einer Sensibilisierung Richtung Energieeffizienz am Markt führen. Auf der anderen Seite sollen sie als Motivator auf der Herstellerseite fungieren, ihre Produkte auch zukünftig energieeffizienter zu gestalten. Für die Unterteilung der Energieklassen wurden durchgeführte Messungen verwendet. Dabei erfolgte die Einteilung nach dem Stand der verwendeten Technik z.B. sind Maschinen der Klasse B mit der derzeit best verfügbaren Technologie ausgestattet, oder die Klasse D sind Maschinen mit alter Technologie.

Fragestellung 4: Welche Maßnahmen sind möglich, um eine höhere Energieklasse zu erreichen?

Ein produktbezogener Maßnahmenkatalog zeigt Möglichkeiten auf, wie Kunststoff verarbeitende Maschinen eine bessere Energieklasse erreichen können. Bei den Maßnahmen wird auf den derzeitigen neusten Stand der Technik bzw. auch auf noch nicht verfügbare Technologien verwiesen, um Unternehmen eine konkrete Hilfestellung zu bieten, das Produkt an richtiger Stelle zur Reduktion des Energiebedarfs zu verbessern.

Darüber hinaus wurden wegweisende innovative Maßnahmen erarbeitet, die in einer weiteren Entwicklungsstufe zur weiteren Reduktion führen sollen.

Fragestellung 5: Welche Kommunikations- und Marketinginstrumente sind für die Vermittlung von Energieeffizienz sinnvoll?

Die Kommunikation von produktbezogenem Umweltschutz hilft dem Unternehmen unter dem Motto „Tue Gutes und rede darüber“, die energetisch effizientesten Produkte zu vermarkten. Nach Recherche von Umweltzeichen nach ISO 14020ff. wurde festgestellt, dass für die Kommunikation eines singulären Parameters nur der Labeltyp II in Frage kommt. Das Label hat die

Form eines Sechseckes und die Energieklassen sind zum Zwecke der Wiedererkennung mit ähnlichen Farben wie im Energieeffizienzlabel für Haushaltsgeräte dargestellt.

Fragestellung 6: Wie kann das entwickelte Kommunikationsinstrument auf EU Ebene getragen und weiter verbreitet werden?

Für eine erfolgreiche Einführung des entwickelten Energielabels muss dieses EU-weit bzw. weltweit verbreitet und angenommen werden. Während des Projekts konnte bereits der Energiemessstandard der EUROMAP 60 überarbeitet werden. Im Extruderbereich wurde eine Arbeitsgruppe zur Erarbeitung eines Messstandards bereits ins Leben gerufen jedoch konnte bis jetzt kein Konsens gefunden werden. Die Weiterentwicklung eines Energieeffizienzlabels und deren europäische Einführung soll durch ein EU Projekt, das bereits in Brüssel eingereicht wurde, sichergestellt werden.

4 Inhalte des Projekts

4.1 Verwendete Methode und Daten

Im vorliegenden Projekt wurde speziell für Kunststoff verarbeitende Maschinen ein Energielabel entwickelt. Es wurden bestehende Energielabels recherchiert und analysiert, wobei der Fokus auf den Bewertungskriterien für Energieeffizienz und der Unterteilung in die Energieklassen gelegt wurde.

Im Speziellen wurden Umweltlabel gem. ISO 14020ff recherchiert und analysiert. Diese gelten als positive produktbezogene Kennzeichen, die weniger Umwelt belastende Produkte und Dienstleistungen auszeichnen. Umweltlabels als freiwillige Instrumente der Umweltpolitik sollen dem Informationsbedürfnis von umweltbewussten Konsumenten nachkommen und zur Sensibilisierung der Verbraucher hinsichtlich der Umweltauswirkungen von Produkten und somit der eigenen Konsum- bzw. Produktionstätigkeit beitragen.

In weiterer Folge wurden mit Hilfe des entwickelten Messstandards Vergleichsmessungen an definierten Referenzmaschinen durchgeführt. Im Juli 2008 fanden die Energiemessungen an einer hydraulisch betriebenen Spritzgussmaschine (900 To und 2800 To) bei der Firma Schöfer in Schwertberg statt. Bei der Firma Internorm wurden die Messungen im November 2008 bzw. im April 2009 an einer PVC - Fensterextrusionsmaschine durchgeführt. Für die Spezifikation und Messung nach der EU-weit gültigen EUROMAP60 wurden weitere Messungen bei der Firma Engel durchgeführt. Im Anschluss erfolgt die Auswertung sowie Aufbereitung der Gesamtmessergebnisse.

Die Messergebnisse stellen gemeinsam mit den Ergebnissen der Recherche der energieeffizientesten Maschinen am Markt die Basis für die Aufteilung der Effizienzkriterien und der Verbesserungsmaßnahmen dar. Diese wurden in Workshops mit Herstellern und Kunden ausgearbeitet und hinsichtlich ihrer Umsetzbarkeit und dem Einsparpotential evaluiert. Das Energielabel wurde einerseits auf internationalen Tagungen verbreitet. So konnte die Erstellung der EUROMAP 60 für Spritzguß und die EUROMAP 90 für Extruder initiiert werden. In einem nächsten Schritt, der eine europäische Umsetzung des Labels vorsieht, wurde bereits ein EU-Projekt eingereicht.

4.2 Stand der Technik

Zu Beginn des Projektes lagen für den Vergleich des Energieverbrauchs von Kunststoffverarbeitungsmaschinen keine klar definierten und einheitlichen Messmethoden vor.

Probleme hierbei waren:

- in der Vergleichbarkeit unterschiedlicher Antriebssysteme
- im Nichtvorhandensein klar definierter Messstandards
- bei Spritzgussmaschinen im Nichtvorhandensein von effizienten Zyklen für Vergleichsmessungen, die auf grundsätzlich unterschiedliche Fahrweisen der Spritzgießer eingehen (langsame Zyklen, Zyklen mit hohen Nachdrücken, schnellen Zyklen, ...)

Eine Vergleichbarkeit der Maschinen bezüglich eines auf den Kundenzyklus/die Kundenfahrweise eingehenden Energieverbrauchswertes könnte neben anderen Kriterien als Kaufkriterium Verwendung finden. Da der Betrieb von Kunststoff verarbeitenden Maschinen sehr energieintensiv ist, wird diese Art der Umweltinformation in Zukunft verstärkt von den AnwenderInnen nachgefragt werden.

Bei Spritzgussmaschinen wurde mit der EUROMAP 60 bereits vor Jahren der Versuch gemacht, Vorgaben für vergleichende Energiemessungen aufzustellen. Betrachtet man allerdings die darin aufgestellten Anforderungen, so stellt sich bei eingehender Betrachtung heraus, dass diese Richtlinien nur bei genauerer Spezifikation praktisch anwendbar sind. Insbesondere ist die Zyklusabhängigkeit in Abhängigkeit der gewählten Parameter auf Übertragbarkeit zwischen den Maschinengrößen hin zu hinterfragen. Ebenso sind aufgestellte Anforderungen wie z.B. Nachdruckhöhe und -zeit nur mit nicht definierten Zusatzeinrichtungen sinnvoll aufbringbar.

Nach vorliegenden Recherchen wird diese EUROMAP 60 somit praktisch nicht verwendet - eine entsprechende Adaptierung bei gleichzeitiger Anerkennung durch die Branche als Vergleichsbasis ist das Ziel des vorliegenden Projektes.

Im Bereich Extrusion gab es bisher keine Überlegungen in Richtung Standardisierung von Energiemessungen d.h. auch keine EUROMAP.

Im Folgenden wird der energieintensive Prozess zur Kunstverarbeitung in den beiden Bereichen Spritzguss sowie Extrusion dargestellt.

Das Spritzgießen ist ein diskontinuierliches Formverfahren, bei dem zumindest eine Maschine, ein Werkzeug und entsprechende Peripherie zur Prozessgestaltung notwendig sind. Ziel des Spritzgießprozesses ist die Herstellung von Formteilen.

Neben der Maschine kommt der Gestaltung des Werkzeuges höchstes Augenmerk zu. Im Werkzeug erfolgt die Gestaltgebung der Teile. In einem Prozessschritt können ein oder mehrere Teile erzeugt werden, indem das Werkzeug mit einer oder mehreren Kavitäten sowie entsprechenden Einrichtungen zur Befüllung der Kavitäten (Anguss, Kaltkanaltechnik, Heißkanaltechnik) sowie zur Kühlung der heißen Formmasse ausgestattet ist. In Abbildung 2 ist die Prinzipdarstellung der Spritzgießtechnologie dargestellt.

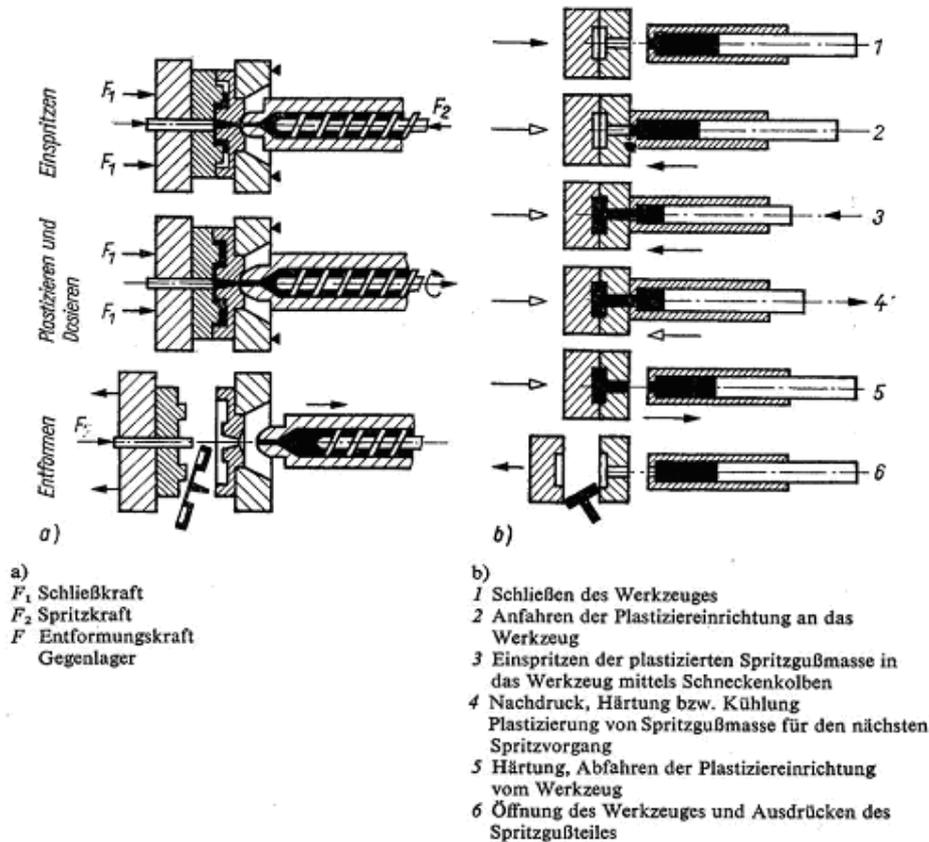


Abbildung 2: Prinzipdarstellung Spritzgießtechnologie

Das der Spritzgießmaschine zugeführte im festen Zustand befindliche Granulat wird in der sogenannten Plastifiziereinheit in einen verarbeitungsgerechten Zustand versetzt. Dabei wird das Granulat in einem beheizten Massezylinder durch Scherung resultierend aus motorischer Antriebsenergie und zusätzlich durch externe Beheizung des Zylinders mittels Heizbänder aufgeschmolzen d.h. in einen schmelzeflüssigen Zustand versetzt.

Die zähflüssige Schmelze wird dann durch die Maschinendüse und das werkzeugabhängige Schmelzeverteilungssystem in die Kavität des durch die Schließereinheit vorgespannten Werkzeuges unter hohem Druck eingespritzt. Dabei funktioniert die mit einer Rückstromsperre versehene Schnecke der Plastifiziereinheit als Kolben. Danach wird das Formteil im vorgespannten Werkzeug abgekühlt, das Werkzeug öffnet sich und der Vorgang beginnt wieder von Neuem.

Bei der Extrusion handelt es sich im Gegensatz zur Spritzgussmaschine um einen kontinuierlichen Prozess. Das Kunststoffgranulat oder Pulver wird voll elektrisch aufgeschmolzen und un-

ter Druck in Form gebracht. Die Energie wird dabei vor allem mechanisch über die Verfahrenseinheit (Schnecken) sowie teilweise über Elektroheizelemente eingebracht.

Eine umfassende, über die Kunststoff verarbeitenden Maschinen an sich hinausgehende Betrachtung der Energieeffizienz war interessanterweise bei Kunststoffspritzgießmaschinen bisher kein großes Thema. Energiemessungen wurden in Einzelfällen und hier vor allem als Nachweis gegenüber Leitkunden im Anlaßfall durchgeführt. Schwerpunkt war und ist hierbei die Messung des Energiebedarfes der Maschine alleine. Ein starker Anstieg dieser Messungen ist seit ca. 2005 feststellbar. Insbesondere gekoppelt mit der Durchdringung des Marktes mit (voll-) elektrischen Spritzgießmaschinen. Erst mit der definitiven Einführung dieser nachweislich den Energiebedarf reduzierenden durch die Maschinenhersteller gepushten Produkte steigt das Bewusstsein der Anwender. Mit zunehmender Achtsamkeit für Energiekosten und die Auswirkungen von Energieverbrauch auf Klima und Umwelt ändert sich dies jedoch.

So verlangen einige Maschinenbetreiber bereits den Einsatz von energieeffizienten Motoren zum Antrieb der Extruderschnecken. Zusätzlich wurde vom Hersteller der Kunststoffspritzgussmaschinen in Versuchen bereits eine Isolation des Massezylinders getestet, um weniger Wärmeverluste zu erhalten.

Eine gezielte Bewertung und Kommunikation der Energieeffizienz von Kunststoff verarbeitenden Maschinen ist neu und es kann ein großes Potential zur Steigerung der Energieeffizienz erwartet werden.

In einem FdZ Vorprojekt wurde die „ECODESIGN Toolbox“ entwickelt, in der in sechs Schritten Werkzeuge zur Verfügung stehen um ein nachhaltiges Produkt zu generieren. Mit diesem Projekt wurde die Methodik um den nachgelagerten Schritt der Umweltkommunikation – hier: Kommunikation der Energieeffizienz - in der Wertschöpfungskette erweitert.

4.3 Beschreibung der Neuerungen sowie ihrer Vorteile gegenüber dem Ist-Stand

Durch ein Energieeffizienzlabel für Kunststoff verarbeitende Maschinen wird der Energiebedarf der Maschinen an den Kunden kommuniziert. Dieser hat somit erstmals neben den Kosten und technischen Kriterien den Energieverbrauch der Maschine als Kaufkriterium.

Der Vergleich des Energiebedarfs der Maschinen verschiedenen Hersteller wird durch eine einheitliche Messung sichergestellt. Gemeinsam mit der EUROMAP wurde daher ein Messstandard entwickelt. Somit können jetzt Maschinenanwender die Maschinen der verschiedenen Hersteller aufgrund des Energieverbrauchs auswählen.

Mittels eines aus dem gemessenen und dem mindestens erforderlichen Energiebedarfs ermittelten Energieeffizienzindex werden die Maschinen in verschiedene Klassen eingeteilt und am Label ausgewiesen.

Um eine weitere Verbesserung der Maschinen zu forcieren wurde ein Maßnahmenkatalog mit verschiedensten Maßnahmen z.B. zum Antriebskonzept oder zur Plastifiziereinheit erstellt.

Dieser Kommunikationsschritt ist weiters in die ECODESIGN Toolbox integriert worden. Nach Anwendung der ECODESIGN Toolbox liegen - basierend auf einer Umwelt-, Stakeholder- und Prozessanalyse - Verbesserungsmaßnahmen in Form eines Green Product Concepts für die untersuchten Produkte vor. Der konsequente Schritt in Richtung Verbreitung der verbesserten Umweltleistung in Form eines an die Firmenkunden adressierten Kommunikationsinstrumentes fehlte jedoch in der Methodik. Umweltkommunikation als Marketinginstrument soll für die Maschinenhersteller einen entscheidenden Wettbewerbsvorteil, für die Maschinenanwender einen elementaren Informationsgewinn und Hilfe zur Investitionsentscheidung bringen.

Weitere Vorteile gegenüber Ist-Stand:

- Vergleichbarkeit der Maschinen am Markt
- Richtungssicherer Investitionsentscheid
- Geringere Kosten in der Nutzung
- Geringer Gesamtenergieverbrauch
- Anreiz für Hersteller energieeffiziente Maschinen herzustellen
- Wettbewerbsvorteile durch Umweltkommunikation
- gesteigerte Marktsensibilität für energieeffiziente Maschinen
- Best Practice Beispiele
- Finden von Verbesserungspotentialen für die Referenzmaschinen
- Hilfestellung für die Verbesserung der Energieeffizienz (produktbezogene Maßnahmen und energiesparende Prozessführung)
- Ermittlung der Effektivität der Maßnahmen zur Energiereduktion: Welche Maßnahmen bringen wie viel?

Die konkreten Projektergebnisse bestehen aus:

- Definierter Messstandard zur Durchführung von vergleichbaren Energiemessungen (z.B. überarbeitete EUROMAP 60)
- Kriterien zur Kommunikation der Energieeffizienz von Anlagen und Maschinen
- Energielabel für die Kommunikation von Energieeffizienz von Kunststoff verarbeitenden Maschinen
- Objektives Instrument zur Vergleichbarkeit der Energieeffizienz der Maschinen
- Energieklassen zur Einteilung von Kunststoff verarbeitenden Maschinen
- Maßnahmenkatalog zur Erfüllung der jeweiligen Energieklasse bestehend aus technischen Kriterien sowie Angaben zur energiesparenden Prozessführung
- Hilfestellung für Hersteller, energieeffiziente Maschinen zu entwickeln
- Mit dem Label gekennzeichnete Maschinen als Vorreiter am Markt
- Sensibilisierung der Branche (Hersteller, wie KundInnen) für Energieeffizienz

5 Bestehende Labels anderer Branchen

In diesem Kapitel ist der aktuelle Stand bestehender Umweltkennzeichen für Produkte, auch Umweltlabels genannt, angeführt. Die Labels: Energieetikette von Kühl- und Gefriergeräten, Druckluftkompressoren, Motoren, etc. wurden hinsichtlich Produktart, Bewertungskriterien, Unterteilung der Energieklassen und Design des Labels analysiert.

Die ISO (International Standardization Organisation) 14020-Serie „Environmental Labels and Declaration - Umweltzeichen“ differenziert zwischen drei unterschiedlichen Umweltzeichentypen.

- DIN ISO 14024 - Umweltkennzeichnungen und -deklarationen (Umweltkennzeichnung Typ I) - Grundsätze und Verfahren
- DIN ISO 14021 - Umweltkennzeichnungen und -deklarationen - Umweltbezogene Anbietererklärungen (Umweltkennzeichnung vom Typ II)
- DIN ISO 14025 - Umweltkennzeichnungen und -deklarationen - Typ III Umweltdeklarationen - Grundsätze und Verfahren

Zur Einführung bzw. Erstellung / Vergabe eines Umweltzeichens dienen generelle Prinzipien bzw. Deklarationen (siehe nachfolgende Erläuterungen). Um eine Vergleichbarkeit der Zeichen zu erlangen, stellt die Methodenvereinheitlichung zur Vergabe der Zeichen das erklärte Ziel dar.

Unter „ISO member bodies“ bezeichnet man einen weltweiten Zusammenschluss nationaler Normungsgremien, wobei die eigentliche Normungsarbeit von Technischen Komitees durchgeführt wird. In diesen Komitees sind sowohl regierungsunabhängige als auch regierungsabhängige Organisationen vertreten.

Normen sind rechtlich unverbindliche Dokumente, die durch Gesetze / Verordnungen ihre Verbindlichkeit erhalten.

Das Technische Komitee TC 207 „Environmental Management“, inklusive seiner sechs Subkomitees (welches als Nachfolger von SAGE gegründet wurde), dient der autorisierten Verabschiedung von Normen [Huber, 2003].

5.1 ISO 14024 Verfahrensanweisungen und Abläufe für nationale Umweltzeichen - Typ I

Die besagte Norm umfasst die Grundprinzipien sowie Verfahren des Umweltzeichens, welches von einer unabhängigen Stelle (Richtlinienfestlegung durch nationale Programme) vergeben wird. Besonders wichtig erscheint diese Norm für Länder, welche sich bemühen, eine internationale Anerkennung zu erlangen (Handelsbarrieren abzubauen).

Dieses Kennzeichnungsprogramm ist definiert durch ein auf mehreren Kriterien basierendes Konzept. Lizenzen werden bei der Erfüllung besagter Kriterien aufgrund von z. B. besonderer Umweltfreundlichkeit eines Produktes, durch die unabhängige, kennzeichnende Partei vergeben (gesamter Produktlebenszyklus findet Betrachtung).

Als angestrebtes Ziel der Kennzeichnung gilt die Unterscheidbarkeit/Differenzierung von umweltschonenden und nicht kennzeichnungswürdigen Produkten innerhalb einer Produktkategorie, wobei der Kriterienkatalog eine ausreichende Genauigkeit bei der Selektierung von Produktalternativen sicherstellen muss.

Datenqualität, Überprüfbarkeit, Transparenz und Gesamtproduktlebenszyklusbetrachtung stellen die Anforderungen der Norm dar. Außerdem definiert eine Matrix die Kriterienauswahl zur Beurteilung der Umwelleistung des zu beurteilenden Produktes. Weiters wird darauf hingewiesen, dass die Umweltkriterienentwicklung relevante lokale, regionale und globale Umweltthemen, bereitstehende Technologien und ökonomische Kriterien inkludieren soll (nicht begründete Kriterien sind zu vermeiden).

Bei der Produktfunktion (hinsichtlich der Kriterienentwicklung) ist der Schwerpunkt auf die Produktleistung zu legen (ISO 14020 Prinzip 3).

Beispiele

- Blauer Engel (Deutschland)
- Eco Mark (Japan)
- Environmental Choice Program (Canada)
- The Thai Green Label Scheme (Thailand)
- Environmentally Friendly Label (Ungarn)
- Environmental Choice New Zealand (Neuseeland)

Blauer Engel

Der Blaue Engel, welcher 1978 durch den Beschluss der Umweltminister des Bundes und der Länder ins Leben gerufen wurde, ist die erste und älteste umweltschutzbezogene Kennzeichnung der Welt für Produkte und Dienstleistungen. Seitdem ist er ein marktkonformes Instru-

ment der Umweltpolitik, mit dem auf freiwilliger Basis die positiven Eigenschaften von Angeboten gekennzeichnet werden können.



Abbildung 3 Umweltzeichen Blauer Engel [Blauer Engel, 2008]

Auszuzeichnende Produkte sind:

- Holz- und Papierprodukte
- Textilien und Bekleidung
- Elektrische Haushaltsgeräte mit Zubehör
- Auto / Zubehör
- Wasch- und Reinigungsmittel
- Heimwerkerbedarf
- Farben / Lacke
- Heizung / Wasser
- Mehrwegverpackungen
- Produkte aus Recycling-Kunststoffen
- Biologisch abbaubare Hydraulikflüssigkeiten und Schmierstoffe
- ...

Erkennungsmerkmale

Das „weil...“ im Logo „DER BLAUE ENGEL“ sagt deutlich, warum das jeweilige Produkt ausgezeichnet ist. Verbraucher erkennen aus der Umschrift die wesentlichen Umwelteigenschaften. Ausgezeichnete Produkte zeigen den nachvollziehbaren ökologischen und/oder gesundheitlichen Vorteil. Zum Beispiel den mit geringen Schadstoffbelastungen der Innenräume verbundenen Gesundheitsschutz bei mit dem Blauen Engel ausgezeichneten Lacken.

EU Blume

In den letzten zehn Jahren ist die „Blume“ in ganz Europa zu einem Symbol für umweltfreundlichere Produkte geworden. Alle mit der „Blume“ gekennzeichneten Produkte sind von unabhängigen Stellen auf die Einhaltung strenger ökologischer und gebrauchstauglichkeitsbezogener Kriterien geprüft worden.

Derzeit gibt es 23 verschiedene Produktgruppen, weiters sind bereits über 250 Lizenzen für mehrere hundert Produkte erteilt worden. Das EU-Umweltzeichen wird vom Ausschuss für das Umweltzeichen der Europäischen Union (AUEU) verwaltet und von der Europäischen Kommission, sämtlichen Mitgliedstaaten der Europäischen Union und dem Europäischen Wirtschaftsraum (EWR) unterstützt. Dem Ausschuss für das Umweltzeichen gehören Vertreter aus Industrie, Umweltschutzvereinigungen und Verbraucherverbänden an.



Abbildung 4 Umweltzeichen EU Blume [EU Blume, 2008]

Auszuzeichnende Produkte:

- Holz- und Papierprodukte
- Textilien und Bekleidung
- Elektrische Haushaltsgeräte
- Elektrische Bürogeräte mit Zubehör
- Auto und Zubehör
- Wasch- und Reinigungsmittel
- Heimwerkerbedarf
- Farben und Lacke
- Bodenverbesserungsmittel
- ...

5.2 ISO 14021 Selbsterstellte Umweltdeklaration - Typ II

Die Typ II Kennzeichnung beinhaltet eine durch den Hersteller ausschließlich selbst erstellte umweltbezogene Produktinformation (ohne Überprüfung einer unabhängigen Stelle).

Umweltdeklarationen durch Hersteller, Importeure / Vertreiber sind Inhalt dieser Norm. Die Anforderungen der Typ II Norm umfassen Nachvollziehbarkeit, Objektivität und Präzision hinsichtlich relevanter Umweltaspekte betreffend der Produkte und Dienstleistungen.

Ungerechtfertigte, selbst erstellte Produktauszeichnungen sollen durch die Einhaltung der Anforderungen der Norm verhindert werden.

Nachstehend werden die Begriffe, welche häufig in Zusammenhang mit Umweltzeichen verwendet werden, definiert. Besagte Definitionen und Anwendungsbereiche (internationale Festlegung) folgen einer beispielhaften Auflistung.

Umweltverträgliche Begriffe hinsichtlich der/des Produkte(s), wie z. B. umweltsicher, umweltfreundlich, sauber, grün, naturfreundlich, ozonfreundlich etc. sind unzulässig.

Weiters ist eine genaue Angabe kennzeichnungswürdiger Umweltaspekte gefordert. Ausdrücke selbst erstellter Umwelanforderungen beziehen sich meist auf unterschiedliche Produktlebensphasen.

Relevante Ausdrücke - Herstellungsprozess / Transport

- Anteil und Verwendung von Recyclingmaterial
- Verringerung Ressourcenverbrauch, Energieeinsatz
- Zurückgewinnung an Energie
- Abfallminimierung

Häufig verwendete Ausdrücke der Nutzungsphase

- Verringerung Energieverbrauch, Wasserverbrauch
- Lange Lebensdauer

Die „Nach Gebrauch - Phase“

- Wiederverwend-, Nachfüll-, Rezyklierbarkeit
- Einzelteilzerlegbarkeit aufgrund angestrebter, getrennter Verwertung/Entsorgung
- Kompostierbarkeit
- Biologische Abbaubarkeit

Bei der selbst erstellten Umweltdeklaration können auch nur umweltfreundliche Teilaspekte eines Produktsystems kommuniziert werden (dieses muss nicht / kann aber auf einer Produktökobilanz – ISO 14040ff basieren).

Beispiele

EU-Label

Das EU-Energieetikett (EU-Label) wird für Kühl- und Gefriergeräte, Waschmaschinen, Wäschetrockner, Trockner und Spülmaschinen nach Kriterien der EU-Kommission vergeben.

Grundlage dieses Labels sind die Richtlinien der Europäischen Union, die hierdurch den Verkauf und die Entwicklung von besonders sparsamen Haushaltsgeräten fördern will.

Als Hauptmerkmal dient die Angabe der Energieeffizienz der Geräte in farbiger Pfeilform. Dafür erfolgt die Einteilung der Energieeffizienz in die sieben sog. Energieeffizienzklassen (A – niedriger Energieverbrauch bis G – hoher Energieverbrauch).

Neben den Energieeffizienzklassen sind auf dem Label weiters der Energieverbrauch in kWh pro Jahr (Verbrauch pro 24 h x 365 Tage) und die Geräuschangabe entsprechend der Richtlinie 86/594/EWG, wenn der Schallleistungspegel 80 dB (A) überschreitet, zu finden.

Auf dem EU-Label befinden sich folgende Informationen:

- Name oder Warenzeichen des Herstellers
- Modellname
- Farbbalken - Effizienzklasse A (grün = hohe Effizienz) bis G (rot = niedrige Effizienz)
- Energieverbrauch in kWh pro Jahr
- Nutzinhalt in Liter
- Geräuschentwicklung in Dezibel (wenn angegeben)

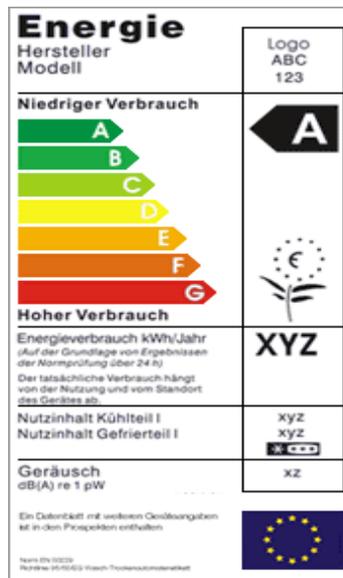


Abbildung 5 Umweltzeichen EU-Label [EU Label, 2008]

- Auszuzeichnende Produkte bzw. deren Hauptspezifikationen:

Kühl- und Gefriergeräte	Energieverbrauch [kWh]/Jahr, Nutzinhalt Kühlteil 1 sowie Gefrierteil 1, Geräusch [dB(A)]
Waschmaschinen	Energieverbrauch [kWh]/Waschprogramm, Waschwirkung [A – G], Schleudewirkung [A – G], Füllmenge [kg], Wasserverbrauch [l], Geräusch [dB(A)]
Wäschetrockner	Energieverbrauch [kWh]/Trockenprogramm, Füllmenge [kg], Geräusch [dB(A)]
Wasch-Trockenautomat	Energieverbrauch [kWh], Waschvorgang (allein) [kWh], Waschwirkung [A – G], Füllmenge [kg], Wasserverbrauch [l], Geräusch [dB(A)]

Geschirrspüler	Energieverbrauch [kWh]/Programm, Reinigungswirkung [A - G], Trockenwirkung [A - G], Wasserverbrauch [l]/Programm, Geräusch [dB(A)]
Elektrobacköfen	Energieverbrauch [kWh], Nettovolumen [l], Geräusch [dB(A)]
Raumklimageräte	jährlicher Energieverbrauch [kWh] im Kühlbetrieb, Kühlleistung [kW], Energieeffizienzgröße, Typ, Heizleistung [kW], Geräusch [dB(A)]

Tabelle 1 Auszuzeichnende Produkte bzw. deren Hauptspezifikationen

- Kriterien

Hauptkriterium ist der Stromverbrauch im Vergleich zum marktüblichen Durchschnitt baugleicher Geräte. So dürfen z. B. Kühl- und Gefriergeräte der A-Klasse höchstens 55 % des marktüblichen durchschnittlichen Stromverbrauchs aufweisen.

- Bewertung und Berechnung

Die Messungen erfolgen nach harmonisierten Normen, dies sind europaweit gültige technische Spezifikationen. Sie wurden im Auftrag der Kommission gemäß der Richtlinie 98/34/EG vom Europäischen Komitee für elektrotechnische Normung (CEN) festgelegt.

Ab 2007 werden auf der Grundlage der Kennzeichnungsrichtlinie und der Öko-Design-Richtlinie (2005/32/EG) aktualisierte und dynamische Mindestnormen für die Energieeffizienz von Geräten und anderen energieverbrauchenden Anlagen sowie die entsprechende Kennzeichnung entwickelt. Die EU Kommission wird die Rahmenrichtlinie 92/75/EG zur Kennzeichnung überarbeiten und bestehende Kennzeichnungsklassen aktualisieren. Weiters werden Mindestnormen für die Energieeffizienz (Öko-Design-Anforderungen) in Form von Durchführungsrichtlinien für 14 vorrangige Produktgruppen verabschiedet werden.

Die bestehenden Kennzeichnungsklassen werden im Fünfjahresrhythmus oder nach Maßgabe der technologischen Entwicklung auf der Grundlage von Öko-Designstudien aktualisiert und neu eingeteilt, wobei die Klasse „A“ für die effizientesten 10-20 % der Geräte reserviert ist.

Eine Einteilung der Klassen wird anhand von zwei nachstehenden Beispielen demonstriert:

Kühl- und Gefriergeräte

Die Angabe der Energieeffizienzklasse erfolgt für diese Geräteklasse in Prozent. Der Energieeffizienzindex ist ein Relationswert und bezieht den gemessenen Verbrauch des zu kennzeichnenden Gerätes auf einen durch die Richtlinie festgelegten europäischen Durchschnittswert (EN 153).

Energieeffizienz- klasse		Energieverbrauch in %
niedrigster Verbrauch	A++	unter 30 %

	A+	30 % bis 42 %
	A	42 % bis 55 %
	B	55 % bis 75 %
	C	76 % bis 90 %
	D	91 % bis 100 %
	E	100 % bis 110 %
	F	110 % bis 125 %
höchster Verbrauch	G	über 125 %

Tabelle 2 Energieeffizienz Klasseneinteilung bei Kühl- und Gefriergeräten

Die Energieeffizienz wird in Abhängigkeit zur Leistungsfähigkeit der sonstigen Gebrauchseigenschaften (z. B. bei Waschmaschinen) gesetzt.

Waschmaschinen

Die Einteilung zugrunde liegender Messwerte wird nach genormten Verfahren ((Cenelec – elektrotechnische Normung) angenommene harmonisierte Normen), basierend auf der europäischen Norm EN 60456, im Standard-Waschprogramm „Baumwolle 60°C“ mit genormten Wäschestücken ermittelt. Mit Hilfe dieser Norm werden auch die Waschwirkung und die Schleuderwirkung festgelegt.

Die Klasseneinteilung ist abhängig vom Energieverbrauch (kWh) pro kg Wäsche im Normprogramm (z. B. Geräte Klasse A weniger als 0,19 kWh/kg Wäsche), weiters wird die Wasch- und Schleuderwirkung bewertet.

Energieeffizienzklasse		Energieverbrauch kWh/kg
niedrigster Verbrauch	A	unter 0,19
	B	0,19 bis 0,23
	C	0,24 bis 0,27
	D	0,28 bis 0,31
	E	0,32 bis 0,35
	F	0,36 bis 0,39
höchster Verbrauch	G	über 0,39

Tabelle 3 Energieeffizienz Klasseneinteilung bei Waschmaschinen

Neugestaltung des EU-Labels

Nachdem immer mehr Produkte besser als Klasse A sind und damit im aktuellen EU-Label nicht mehr dementsprechend deklariert werden können, wurde eine Überarbeitung des EU-Labels umgesetzt.

Das bestehende Label wird hinsichtlich seiner graphischen Gestaltung, der vordefinierten Energieklassen sowie hinsichtlich der Instrumentenweiterentwicklung neu adaptiert [www.stroeffizienz.de, 2009].

Gleich bleiben die Grundelemente des Labels, welche folgende Bereiche umfassen:

Die Hersteller- und Modellangaben, Farbbalken welche die Energieeffizienzklassen kennzeichnen (von grün – sehr energieeffizient bis rot – uneffizient), der jährliche Energieverbrauch angegeben in [kWh/a], das Fassungsvermögen [l] und die Geräuschemissionen in [dB].

Neuerungen gibt es hinsichtlich der Grafik und des Inhaltes:

Angedacht ist eine graphische Neugestaltung (siehe Abbildung 6) und außerdem eine Sprachneutralität der Energieverbrauchsetiketten. Weiters sollen gerätespezifische Angaben mit Hilfe von Piktogrammen einfacher dargestellt werden (z.B. das Fassungsvermögen oder die Geräuschemissionen)

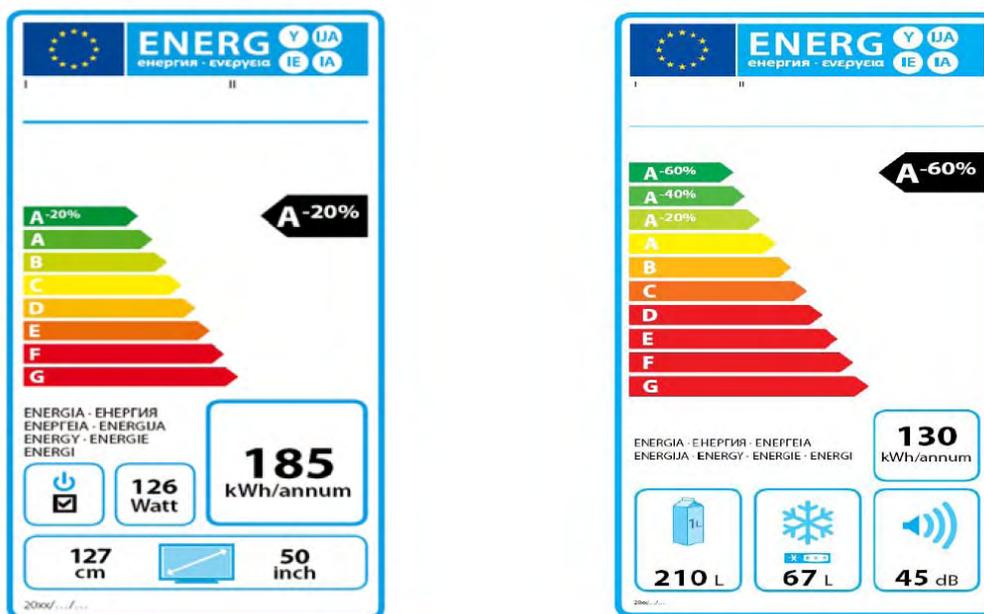


Abbildung 6 EU-Label neu für Fernseher und für Kühl- und Gefriergeräte [www.stroeffizienz.de, 2009]

Inhaltlich wird die Kennzeichnung der Energieeffizienzklassen A⁺ und A⁺⁺ auf die Bezeichnungen A^{-10%} bis A^{-80%} geändert. Das jeweilige Gerät verbraucht 20, 40, 60 oder 80 Prozent weniger Energie als ein vergleichbares in der Energieeffizienzklasse A. Es erfolgt somit eine Aussagekraftherhöhung der Kennzeichnung

In Zukunft werden in 20 Prozentschritten besonders energieeffiziente Haushaltskühl-/Gefriergeräte und Fernseher eingeteilt. Beispiele hierfür: A^{-20%}, A^{-40%}, A^{-60%}, A^{-80%}.

Haushaltswaschmaschinen besonderer Energieeffizienz werden in 10 Prozentschritten gekennzeichnet (Beispiele: A^{-10%}, A^{-20%}, A^{-30%}) [www.stroeffizienz.de, 2009].

Gestaffelt wird die Einführung des neugestalteten EU-Labels in zwei Stufen. Die verpflichtende Einführung des neuen EU-Labels erfolgt ab dem 01.01.2011. Ab dem 01.10.2012 werden zusätzliche Energieklassen für besonders energieeffiziente Geräte eingeführt. Weiters werden in Zukunft auch Fernsehgeräte hinsichtlich des Energieverbrauchs gekennzeichnet.

Energy Star

ENERGY STAR ist ein internationales freiwilliges Kennzeichnungsprogramm für Strom sparende Büro- und Unterhaltungselektronik sowie energieeffiziente Haushaltsgeräte.

Ins Leben gerufen wurde dieses 1992 vom US-amerikanischen Umweltbundesamt (EPA). Durch ein Abkommen mit der US-Regierung nimmt die Europäische Gemeinschaft am ENERGY STAR-Programm teil, soweit sich dieses auf Bürogeräte bezieht.



Abbildung 7 Energy Star [Energy Star, 2008]

Auszuzeichnende Produkte sind unter anderem:

- PCs
- Bildschirme
- Drucker
- Faxgeräte
- Kopierer
- Scanner und Multifunktionsgeräte

Grundlage für die Vergabe des Labels ist der Stand-by Verbrauch, der einen definierten Wert nicht überschreiten darf. Darüber hinaus verfügen Energy Star-Geräte über einen voreingestellten Energiesparmodus, der bei längeren Arbeitspausen aktiviert wird.

Motoren

Das Motor Challenge Programm (MCP) ist ein freiwilliges Programm der Europäischen Kommission, welches Industrieunternehmen helfen soll, die Energieeffizienz ihrer motorgetriebenen Systeme zu verbessern. Das Programm konzentriert sich auf Elektroantriebe, Druckluft-, Ventilatoren- und Pumpsysteme, für die nachweislich ein großes technisches und wirtschaftliches Energieeinsparpotential besteht.



Abbildung 8 Motor Challenge Programm [Motor Challenge, 2008]

Initiative Energieeffizienz Industrie und Gewerbe

CEMEP (Commission on Environmental Markets and Economic Performance - europäisches Komitee der Hersteller von elektrischen Maschinen und Leistungselektronik) und die Europäische Kommission haben eine Wirkungsgradetikettierung für Motoren entworfen – EFF1, EFF2 und EFF3. Sie teilt 2- und 4-polige Niederspannungsdrehstromstandardmotoren im Leistungsbereich zwischen 1,1 kW und 90 kW in 3 Effizienzklassen ein. Das Programm wurde in Form einer freiwilligen Vereinbarung zwischen den Motoren-Herstellern und der Kommission verwirklicht.

- Kriterium

Wirkungsgrad bei Voll- und Dreiviertellast (Messverfahren nach IEC 60034-2)

- Kennzeichnung

EFF1 = High Efficiency

EFF2 = Improved Efficiency

EFF3 = Standard Efficiency

Die Zuordnung zu den 3 Wirkungsklassen erfolgt nach Wirkungsgrad bei Vollast. Dabei wird nach Baugröße und Polzahl differenziert. Für Motoren, die mit hoher Auslastung laufen, bietet die Klasse „EFF1“ einen hohen Wirkungsgrad. Für Anwendungen mit geringeren Betriebsstundenzahlen reicht die Klasse „EFF2“. Motoren der Klasse „EFF3“ entsprechen nicht mehr dem Stand der Technik und sollten nicht mehr eingesetzt werden. Die Grafik zeigt die Wirkungsgrade von Motoren der Klassen EFF1 bis EFF3.

Zusätzlich werden in den Katalogen die Wirkungsgradangaben bei Voll- und Dreiviertellast ausgewiesen. Das Messverfahren zur Bestimmung des Wirkungsgrades beruht auf der Einzelverlustmethode nach IEC 60034-2.

Effizienzklassen nach CEMEP-Vereinbarung für 4-polige Motoren

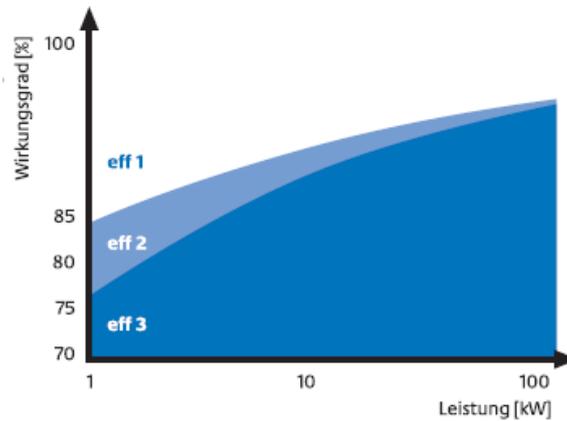


Abbildung 9 Einteilung der Effizienzklassen [Motor Challenge, 2008]

- Bewertung und Berechnung

Zur Klassifizierung wurden drei Grenzkurven festgelegt. Die Hersteller bescheinigen durch Herstellererklärungen die Einhaltung der geforderten Grenzwerte. Um Transparenz zu erreichen, wurden zahlreiche Randbedingungen wie z. B. das Messverfahren zur Wirkungsgradbestimmung gemäß DIN EN 60034-2 (IEC 34-2) definiert.

Motoren für den Spannungsbereich von 380V bis 420V werden bei einer mittleren Bemessungsspannung von 400V bewertet. Die Wirkungsgradangaben werden auf der Basis der Einzelverlustmethode nach EN 60034-2 + A1:1996 + A2: 1996 ermittelt. Die Toleranzen entsprechen EN 60034-1 + A1:1997. Die Bezugstemperatur für die Wirkungsgradbestimmung bei Dreiviertel- und Volllast ist identisch. Der Wirkungsgrad aus jeder anderen Belastung kann daraus mit angemessener Genauigkeit bemessen werden.

Class definition for 4-pole motors, according to this agreement

kW	<i>eff3 - motors h_N</i>	<i>eff2 - motors h_N</i>	<i>eff1 - motors h_N</i>
1,1	< 76,2	>= 76,2	>= 83,8
1,5	< 78,5	>= 78,5	>= 85,0
2,2	< 81,0	>= 81,0	>= 86,4
3	< 82,6	>= 82,6	>= 87,4
4	< 84,2	>= 84,2	>= 88,3
5,5	< 85,7	>= 85,7	>= 89,2
7,5	< 87,0	>= 87,0	>= 90,1
11	< 88,4	>= 88,4	>= 91,0
15	< 89,4	>= 89,4	>= 91,8
18,5	< 90,0	>= 90,0	>= 92,2
22	< 90,5	>= 90,5	>= 92,6
30	< 91,4	>= 91,4	>= 93,2
37	< 92,0	>= 92,0	>= 93,6
45	< 92,5	>= 92,5	>= 93,9
55	< 93,0	>= 93,0	>= 94,2
75	< 93,6	>= 93,6	>= 94,7
90	< 93,9	>= 93,9	>= 95,0

n in % * h_N in accordance to existing IEC 34, summation of losses method.

Tabelle 4 Einteilung der Effizienzklassen nach Motorleistung [EuroDEEM, 2008]

Pumpen - Label

Der von einer Projektgruppe mit Unterstützung der Europäischen Kommission entwickelte Anwendungsleitfaden ermöglicht die Auswahl von Pumpen mit guten Wirkungsgraden. Er wurde gemeinsam von der Europäischen Kommission und EUROPUMP als Teil des Motor Challenge Programme²⁰ veröffentlicht.

Seit kurzem gibt es für Heizungspumpen die freiwillige Energieverbrauchskennzeichnung mit einem Energie-Label. Das Label entstand in einer Kooperation des Verbands europäischer Pumpenhersteller Europump mit der Wilo AG, Grundfos und anderen führenden Pumpenherstellern. Gemeinsam haben diese das Verfahren zur energetischen Klassifizierung entwickelt, mit dem - als freiwillige Selbstverpflichtung - bei allen Nassläufer-Heizungspumpen der teilnehmenden Hersteller die Energieklasse festgestellt wird.

- Kennzeichnung

Das Label entspricht in Gestaltung und Klassifizierung im Wesentlichen dem EU-Label, das Verbraucher bei Waschmaschine & Co. bereits kennen. Die Energieeffizienzklassen reichen von A (höchste Effizienz, niedriger Energieverbrauch) bis G (hoher Energieverbrauch).

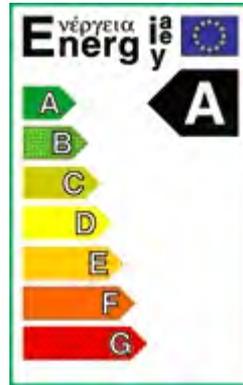


Abbildung 10 Energie-Label für Heizungs-pumpen

Auf eine Angabe der Leistungsaufnahme oder eines Jahresenergiewertes wurde bei der Kennzeichnung bewusst verzichtet, da die Betriebsstunden der Pumpen – abhängig von den Einsatzbedingungen oder der geografischen Lage – stark variieren können. Zudem ist die hydraulische Leistung der Pumpen, die die Bezugsgröße für die Energiekennzeichnung ist, auch bei ähnlichen Pumpentypen in der Regel nicht exakt vergleichbar.

- Bewertung und Berechnung

Bei diesem Verfahren wird die elektrische Leistungsaufnahme der Pumpe zu der Leistungsaufnahme einer durchschnittlichen Pumpe gleicher hydraulischer Leistung ins Verhältnis gesetzt.

Die Klassifizierung der Energieeffizienz von Heizungs-pumpen erfolgt durch ein messtechnisches Verfahren. Dabei wird die Leistungsaufnahme der Heizungs-pumpe in vier verschiedenen Betriebspunkten nach einem Lastprofil gemessen. Die ermittelten Leistungsaufnahmen in den vier Betriebspunkten werden mit den Zeitanteilen aus dem Lastprofil gewichtet. Die so errechnete mittlere Leistungsaufnahme der Pumpe wird dann ins Verhältnis zu einer typischen Leistungsaufnahme vergleichbarer Heizungs-umwälzpumpen, mit gleicher hydraulischer Leistung, gesetzt. Es ergibt sich die so genannte Referenzleistungsaufnahme, die aus Messungen einer Vielzahl von handelsüblichen Pumpen ermittelt wird. Das Ergebnis der Berechnung ist der Energie-Effizienz-Index (EEI). Je kleiner der EEI, desto weniger elektrische Energie verbraucht die Pumpe, und desto besser ist die Energieklassifizierung.

$$EEI = \frac{P_{mit}}{P_{ref}} = \frac{1}{P_{ref}} \times (0,06 \times P_{100\%} + 0,15 \times P_{75\%} + 0,35 \times P_{50\%} + 0,44 \times P_{25\%})$$

Mit $P_{ref} = 2,21 \times P_{hyd,max} + 55 \times (1 - e^{-0,39 \times P_{hyd,max}})$

$P_{hyd,max}$: maximale hydraulische Leistung der Pumpe (Nennpunkt)

Energieklasse	Energie Effizienz Index (EEI)
A	EEI < 0,4
B	0,4 ≤ EEI < 0,6
C	0,6 ≤ EEI < 0,8
D	0,8 ≤ EEI < 1,0
E	1,0 ≤ EEI < 1,2
F	1,2 ≤ EEI < 1,4
G	1,4 ≤ EEI

Tabelle 5 Einteilung der Energieklassen nach dem Energie-Effizienz-Index

Label für den Betrieb von Flugzeugen

FlyBe ist eine Britische Fluglinie mit 70 % Inlands- und 30 % EU Flügen. 2007 hat FlyBe ein Label für Flugzeugbetreiber kreiert. Mit dem Label werden Umwelteinflüsse in die Umgebung sowie die Reisebedingungen für den Passagier kommuniziert.

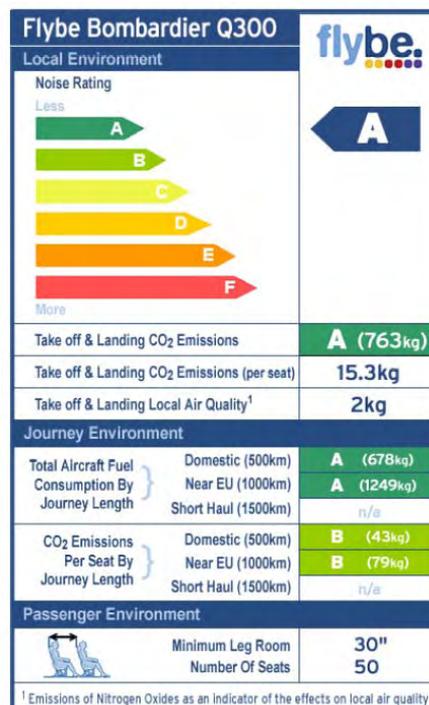


Abbildung 11 Label FlyBe [FlyBe, 2008]

Lokale Umgebung:

Effekte am und nahe des Flughafens

Referenzzyklus: LTO – Landing and take-off

- Geräusch: Geräusch Performance gemessen in Quota Count System: 3 dB mehr - doppelte QC Zahl
- Start- und Lande-CO₂-Emissionen: 3,15kg CO₂/kg Kraftstoff
Triebwerksemissionsblatt der ICAO (International Civil Aviation Organization) enthält den Verbrauch an Treibstoff eines Referenzzyklus
- Luftqualität (NO_x): NO_x wird nach UNFCCC im Referenzzyklus gerechnet – am Triebwerksemissionsblatt enthalten
- Reiseumwelt: In CO₂-Emissionen pro Flug bzw. pro Sitz
- Passagierumwelt: Beinfreiheit, Anzahl der Sitze

Nachhaltigkeitssiegel für reparaturfreundliche Produkte

Dieser Siegel wurde von der Umweltberatung gemeinsam mit dem Österreichisches Normungsinstitut im Rahmen eines Forschungsprojektes entwickelt und hat zum Ziel reparierfreundliche Produkte zu kennzeichnen [Pirkner, 2008].



Abbildung 12 Nachhaltigkeitssiegel für reparaturfreundliche Produkte

Das Ziel dieses Projektes war HerstellerInnen zu motivieren, Geräte prüfen und zertifizieren zu lassen. Gleichzeitig sollte mittels Marketing- und Öffentlichkeitsarbeit, die sich an KonsumentInnen richtet, die Nachfrage nach gut reparierbaren Geräten gestärkt werden.

Im Projekt wurden alle Voraussetzungen für die Zertifizierung mit einem Nachhaltigkeitssiegel geschaffen – von der Erstellung der Kriterien für die Überprüfung bis hin zur Ausbildung der Prüfer. Weiters wurden Maßnahmen zur Information der Fachwelt und der KonsumentInnen geplant und umgesetzt.

Gemeinsam mit den bereits vorliegenden Erkenntnissen und Ergebnisse von ReparaturInnen aus dem ReparaturNetzwerk Wien wurden mit der Projektgruppe und dem Österreichischen Normungsinstitut zwei ON-Regeln (ONR) erarbeitet. Gemeinsam mit dem Österreichischen

Normungsinstitut wurde weiters eine Ausbildung für Prüfer für Geräte organisiert und abgehalten, die sechs Prüfer erfolgreich abschlossen.

Aufgrund des geringeren Zeit- und Kostenaufwandes wurde die Erstellung einer ON Regel der Erstellung einer EU-weiten Norm vorgezogen. Nach Etablierung der ON-Regel kann zu einem späteren Zeitpunkt daraus eine ÖNORM und in weiterer Folge auch eine EU-weite Norm (EN) geschaffen werden.

Fünf Geräte wurden geprüft und mit dem Nachhaltigkeitssiegel zertifiziert. Sie wurden in einer Präsentationsveranstaltung der Öffentlichkeit präsentiert.

Zur Unterstützung der Öffentlichkeitsarbeit wurde ein Folder für KonsumentInnen erstellt und verteilt, ebenso umfangreiches Informationsmaterial für HerstellerInnen. Auf verschiedenen Websites und Newslettern wurde und wird laufend über den Stand und Inhalt des Projektes informiert [Pirkner, 2008].

5.3 ISO/TR 14025 Umweltdeklaration (Environmental Product Declaration, EPD) Typ III

Die Produktkennzeichnung (Typ III) deklariert eine quantifizierte Produktinformation mit vorgegebenen Parameterkategorien – basierend auf einer Lebenszyklusanalyse. Es werden die Kennzahlen (Konsistenz, Vergleichbarkeit und Vollständigkeit der Parameterkategorien) der Umweltauswirkungen eines Produktes mit jenen, von einer unabhängigen/qualifizierten Partei vorgegebenen, verglichen.

Aufgrund eines Life Cycle Assessments liegen zwei unterschiedliche Arten von Daten vor: Daten bezüglich Ressourcenverbrauch sowie Emissionen in Luft, Wasser und Boden. Mit dem sogenannten LCIA (Life Cycle Impact Assessment) werden vorgegebene Kategorien von Parametern ermittelt. Diese Parameter (BSB₅-Verbrauch, CO₂- u. CH₄-Emissionen) charakterisieren Umweltauswirkungen, wie z. B. Ressourcenverbrauch, Emissionen in Gewässern und globale Erderwärmung.

Zielgruppe dieser Umweltdeklarationskennzeichnung (welche sehr umfangreich und aufwändig ist) sind Business to Business-Beziehungen aber auch Endverbraucher. Besagte Business to Business-Beziehungen verlangen entlang der Zulieferkette Umweltprofile von Materialien/Komponenten.

Aufgrund von verschiedenen Zielgruppen kann es zu unterschiedlichen Darstellungen u. Aufbereitungen kommen. Eine detaillierte bzw. umfangreiche Datendarstellung (inklusive ihrer Wirkungskategorien) ist auf Business to Business-Beziehungen abgestimmt. Für durchschnittliche

Endverbraucher empfiehlt es sich eine einfachere Darstellung der Produktumweltkennzeichnung zu verwenden.

Das EPD System (entwickelt von der schwedischen Industrie) ist ein weltweites, auf alle interessierten Unternehmen / Organisationen anwendbares Umweltdeklarationsprogramm (basierend auf ISO TR 14025). Betreiber ist das Swedish Environmental Management Council – eine unabhängige Körperschaft. Teilnehmende Länder bzw. dort ansässige Unternehmen / Organisationen sind Finnland, Italien, Japan, Norwegen, Polen und Schweden. In Ländern wie Korea, Japan, Kanada, Frankreich und Dänemark gibt es außerdem Initiativen zu EPD.

Unternehmen bzw. Organisationen, deren Ziel es ist, eine Umweltdeklaration nach dem EPD System durchzuführen, müssen die nachstehenden Schritte berücksichtigen:

- Vorbereitung produktspezifischer Anforderungen (PSR – product specific requirements)
- Sammlung / Kalkulation LCA-basierter bzw. anderweitiger Informationen
- Zusammenstellung der Informationen für die Kommunikation der EPD
- Verifizierung, Registrierung

Beispiel: EPD Philips

Environmental Product Declaration—EPD

Philips Digital Pocket Memo 9600/9620

This Environmental Product Declaration provides quantified environmental data and additional environmental information. The environmental data are based on critically reviewed Life Cycle Assessment result according to ISO 14040 series of standards.

Product Description



The Digital Pocket Memo® 9600/9620 is a handy, powerful and efficient device, comfortably to operate and offering latest recording technology with the 4-position switch. With the exchangeable Multimedia or SD-Cards, you have virtually unlimited recording time. Its ten user definable keywords allow easy file organization and archiving.

Voice files can be easily and quickly downloaded directly to your PC via a USB cable, the USB docking station or the optional LAN docking station for professional transcription.

The Digital Pocket Memo® is packaged with two rechargeable batteries, the external power supply unit, the USB docking station, the USB cable, the leather pouch, the quick reference guide, the SD memory card and the SpeechExec ProDictate, Philips' new dictation software that provides authors with easy-to-use functionality for organizing recordings. The software can also be configured to the user's preferences. Featuring a modern and intuitive user interface, authors can quickly and easily define urgent jobs and track work in progress.

Description of the Life Cycle Stages and Life Cycle Data

The Life Cycle Data covers the life cycle stages as shown below.

Materials



This stage includes extraction of resources from nature, transport to the processing sites and then producing raw materials. For the supply parts additionally the manufacturing process, surface treatment and transport have been considered for this stage. Only materials exceeding 5g are shown here.

Materials	[g]
ABS	80.08
Aluminium	22.68
Copper	38.73
Glass	6.33
Leather	17.70
Paper	361.70
PC	19.60
Printed wire board	62.42
PVC	57.48
Steel	34.74

Overall improvements

The Life Cycle Assessment has been carried out in accordance with ISO 14040. Compared to the previous Digital Pocket Memo 9360 significant environmental improvements could be achieved with the new DPM 9600/9620. The Life Cycle Impact Assessment shows a significant reduction of the Global Warming Potential (GWP). Global warming is the rising of the global temperature due to emissions of greenhouse gases. Depending on the mode of operation up to 86,1% reduction of the GWP is possible.

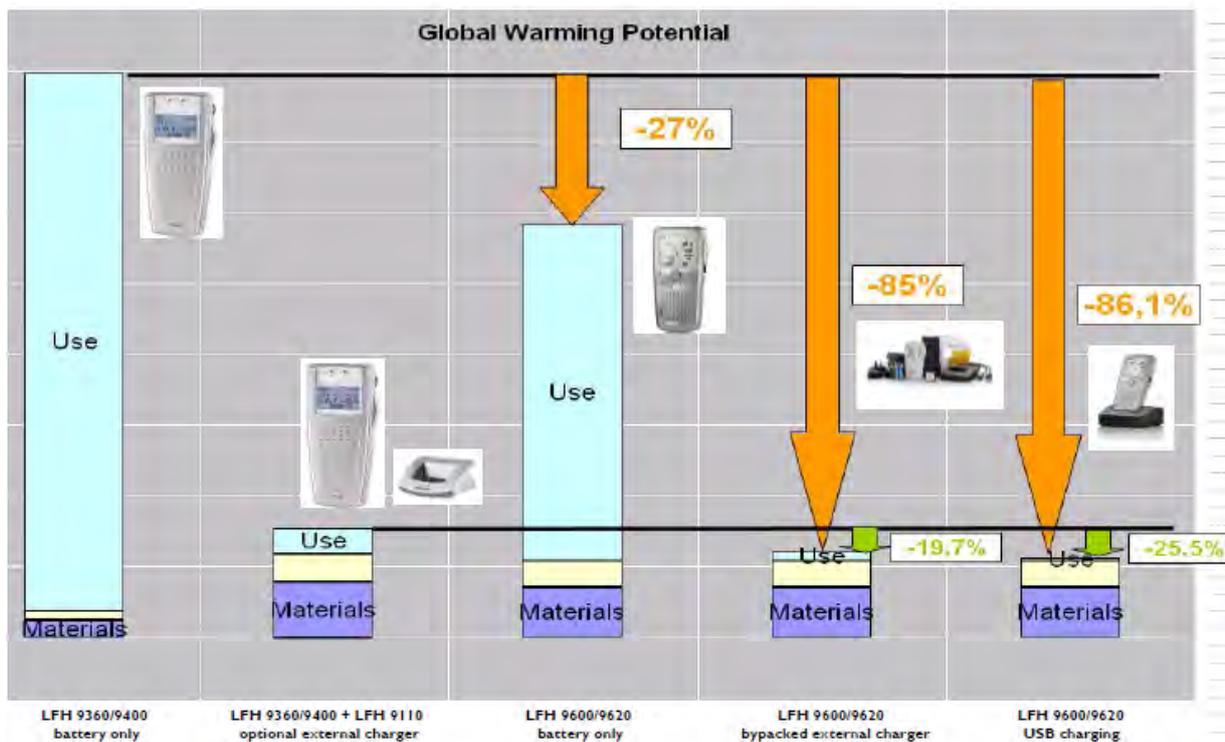


Abbildung 13: Environmental Product Declaration Philips Digital Pocket Memo

5.4 Schlussfolgerung

Momentan gehen einige Unternehmen den Weg der Selbstdекlaration von Produkten in dem Sie beispielsweise eine komplette Serie als „Green Product“ bezeichnen. Bei diesen Produkt- auszeichnungen ist einerseits oft unklar was genau dahinter steckt und wie diese Produkte bewertet wurden. Andererseits liefern Sie dem Kunden kein Entscheidungskriterium, da Maschinen verschiedener Hersteller nicht verglichen werden können. Hier soll durch die Einhal-

tung eines Standards ungerechtfertigte und selbst erstellte Produktauszeichnungen verhindert werden. Um eine breite Anwendung und Akzeptanz zu gewährleisten ist es notwendig, dass ein Standards bzw. einer Norm gemeinsam mit allen Akteuren der Branche erarbeitet und erstellt wird.

Für das vorliegende Projekt und deren Ziel der Kennzeichnung der Energieeffizienz von Kunststoff verarbeitenden Maschinen ist nur der Labeltyp II interessant. Bei den Labeltypen I und III sind Kriterien entlang des gesamten Produktlebenszyklus inkludiert und daher bei Betrachtung dieses singulären Parameters nicht anzuwenden.

Die Betrachtung des gesamten Produktlebenszyklus ist grundsätzlich sehr empfehlenswert. Es wurde jedoch in einer vorangegangenen Umweltanalyse einer Spritzgussmaschine festgestellt, dass die Nutzungsphase und damit der Energieverbrauch in der Nutzung eine dominante Rolle spielt. Über den Produktlebenszyklus betrachtet betragen die Umweltauswirkungen der Nutzungsphase über 90%. Die Energieeffizienz ist somit zentral, jedoch soll, auch im Sinne der Hersteller, nach Einführung dieses Labels auch über eine ganzheitliche Bewertung und deren Kommunikation diskutiert werden.

Vorreiter in diesem Bereich erstellen auch gerne eine Produktumweltdeklaration nach Typ III. Hierzu muss jedoch eine vollständige Ökobilanz der Maschine nach ISO 14040ff. durchgeführt werden. Dies ist sicher für die Unternehmen die aufwendigste Methode jedoch liegen anschließend alle Umweltauswirkungen der Maschine während des gesamten Produktlebens, in den Wirkungskategorien wie „Globale Klimaerwärmung“ in CO₂eq., vor. In der Auswertungsphase werden die möglichen Ursachen dieser Umweltauswirkungen analysiert und Bereiche für mögliche Verbesserungsmaßnahmen definiert.

Für eine mögliche Umsetzung dieses Energieeffizienzlabels sind bei den recherchierten Labels von Typ II vor allem das „Nachhaltigkeitssiegel für reparaturfreundliche Produkte“ und das „Pumpen-Label“ interessant. (siehe Kapitel 5.2)

Das EU-Label, das bei Kühlschränken bzw. Waschmaschinen europaweit verwendet wird, diente bereits dem Pumpen-Label als Vorlage und wurde auch in der vorliegenden Labelentwicklung als Anhaltspunkt verwendet. Durch die Bekanntheit des EU-Labels und dessen Design soll die Diffusion des Labels erleichtert werden.

6 Messstandard für die Ermittlung des Energieverbrauchs

Als Ausgangspunkt für den Vergleich des Energieverbrauchs der Kunststoffverarbeitungsmaschinen wurde je eine einheitliche Messmethode für die beiden Bereiche Spritzguss und Extrusion erarbeitet. Im Rahmen derer wurden die Messbedingungen und die Systemgrenzen definiert.

Derzeit können unterschiedliche Maschinentypen sehr schwer verglichen werden (schnell laufende vs. langsam laufende Maschinen). Entscheidend bei der Entwicklung eines Messstandards ist eine dem realen, industriellen Betrieb entsprechende Verwendung, um damit den tatsächlichen Energieverbrauch messen zu können (im Idealfall entspricht der Messstandard exakt der industriellen Nutzung). Aufgrund der Vielfältigkeit der Einsatz- und Anwendungsgebiete ist die einheitliche Definition von Messstandards besonders schwierig, aber umso wichtiger.

Durch die Vorstellung dieses Forschungsprojektes auf der VDMA Tagung Spritzgießen 2008 - Innovation und Produktivität in Baden Baden (siehe Verbreitung, AP 7) wurde ein EUROMAP Verantwortlicher auf das Thema aufmerksam. In einem Meeting an der TU Wien wurde die Erarbeitung eines Messstandards besprochen. Das heißt, bei Spritzguss erfolgte während der Projektlaufzeit eine Überarbeitung der schon vorhandenen EUROMAP 60 „Determination of specific machine related electric energy consumption“. Bei Extrudern wurde eine Arbeitsgruppe zur Erstellung einer EUROMAP zur Festlegung des Energiemessstandards gebildet, die noch an der Erstellung arbeitet. Die Grundlage der beiden Arbeitsgruppen stellte der in diesem Projekt erarbeitete Messstandard dar.

Einmalig an dieser Vorgangsweise ist, dass durch die Einbindung der EUROMAP und gleichzeitiger Einbindung weiterer namhafter europäischer Hersteller (Demag, KrausMaffei, Arburg, Husky, etc.) eine europaweite Anerkennung und Anwendung dieses Standards sichergestellt wird.

6.1 Messstandard Extruder

Die Anforderungen an einem Messstandard in der Extrusion sind insbesondere geprägt durch eine ungeheure Diversität der Produktionsprozesse, Materialien, Hersteller und Produkte.

Zur Beurteilung des Energieverbrauchs bedarf es daher einem Energiemessstandard, der diese Diversität berücksichtigen kann, aber trotzdem für den Käufer der Anlage eine objektive Vergleichsbasis liefern kann.

Im Zuge des Forschungsprojektes war das Projektteam auch im VDMA Ausschuss zur Definition eines gemeinsamen EUROMAP Energiemessstandards für Extruder beteiligt. Der Prozess wurde jedoch, zumindest vorläufig abgebrochen, da es zu keinem industrieweiten Konsens kommen konnte. Der Grund liegt in der oben beschriebenen Diversität.

Demgegenüber ist die Messung selbst vergleichsweise einfach, da es sich bei der Extrusion einerseits um einen kontinuierlichen Prozess handelt und die Systemgrenzen relativ leicht zu ziehen sind.

Beim Extruder ist der elektrische Energieverbrauch der dominante Inputfaktor, es werden kaum sonstige Energieformen wie Kälte oder Wärme in das System eingebracht.

Die Extrusion kann in folgende Bereiche unterteilt werden:

- Compounding
- Platten und Folienextrusion
- Kabelextrusion
- Fasern und Bänder
- Rohr- und Profilextrusion

In dieser Arbeit untersuchen wir die Rohr- und Profilextrusion, die wie folgt weiter segmentiert werden kann:

Profilextrusion

PVC Fensterprofilextrusion Doppelschnecken
Schaumprofilextrusion Doppelschnecken
Sonstige Doppelschneckenanwendungen
Kleinprofilextrusion Einschneckenextruder

Rohrextrusion

PVC Rohrextrusion
Schlauch- und flexible Rohrextrusion
PO Rohrextrusion
Sonstige Rohrextrusion

Im gegenständlichen Forschungsprojekt wurde mit den Industriepartnern Cincinnati Extrusion und Internorm der Schwerpunkt auf einen Energiemessstandard im Bereich von Rohr- und Profilextrusion gelegt, dessen Alltagstauglichkeit dann auch in der Produktion von Internorm und dem Technikum von Cincinnati Extrusion getestet werden konnte.

Die Endversionen der beiden Energiemessstandards finden sich im Anhang.

Ziel des Energiemessstandards

Die Ziele des Messstandards lassen sich wie folgt definieren:

- Erfassung des Energieverbrauchs des Extruders
- Beurteilung Energieverbrauch im Verhältnis zur Produktion nach quantitativen Kriterien
- Vergleichbarkeit von Kennzahlen unterschiedlicher Messungen
- Orientierung für Extruderbauer bei Produktentwicklung
- Orientierung für Kunden bei Kaufentscheidung

Wichtig ist die Unterscheidung zwischen Qualitätsanforderung und der Anforderung an eine genaue Energiemessung. Es sollen und müssen Qualitätskriterien nur soweit definiert werden, als diese für den Energieverbrauch der Anlage relevant sind. Beispielsweise muss bei der

Messung des Energieverbrauchs sichergestellt werden, dass die Fahrparameter im Bereich tatsächlicher Produktion liegen, d.h. die Schmelztemperatur des Produkts muss bei der Messung erreicht werden.

Bezugsgrößen

Die Vergleichbarkeit des Energieverbrauchs benötigt eine Bezugsgröße, nach der die Extruder eingeteilt werden können. Grundsätzlich könnten hier Anlagengrößen, installierte Leistungen oder Produktionsmengen herangezogen werden.

Aus der Sicht des Kunden ist jedoch allein die Unterscheidung nach Produktionsmenge relevant und daher sicher zu bevorzugen. Im Bereich Extruder wird diese Produktion in kg/h als Garantiausstoß bezeichnet. Ausgehend davon wird dieser Ausstoß als 100% definiert und davon ausgehend ein Teillastbereich definiert.

Systemgrenzen und Energiebilanzierung

Alle Energieflüsse, die in die Systemgrenzen eingebracht werden, müssen erfasst und dokumentiert werden. Hierzu zählen neben der elektrischen Energie insbesondere auch die Energieeinbringung durch das Material, Wärme, Kälte oder Druckluft.

Beim Extruder gibt es im Wesentlichen nur elektrische Verbraucher, im Messstandard sind Vorkehrungen zu treffen, um Auslagerungen zu verhindern (beispielsweise die Nutzung externer Heizgeräte, die dann nicht in der Energiebilanz enthalten sind).

Im Materialfluss müssen ebenfalls Systemgrenzen der Betrachtung gezogen werden. Diese sind in der Extrusion mitunter sehr schwierig, da die Prozesskette der Produktion eng miteinander verbunden ist. Definitionsgemäß wurde versucht die Systemgrenze eng mit dem eigentlichen Extruder zu ziehen, der auch noch im standardmäßigen Lieferumfang des Extruderherstellers enthalten ist.

Systemgrenze Materialinput: Trichter bzw. vor Extruderdosierung

Systemgrenze Materialoutput: Nach Adapter, vor Werkzeug

Strommessung

Zu definieren sind nicht nur die Messgeräte, sondern auch der Umfang der Messung sowie die Messwerte. Bei der Strommessung sind immer Wirk- und Blindleistung zu ermitteln. Für die Leistungsangaben sind immer die Wirkleistungen relevant.

Daten zur Erfassung des Energieverbrauchs Doppelschneckenextruder



						Energie-label
Extruderdaten	Produktangaben					Green
	Auftrags- Versuchsdaten					Yellow
	Adaptertemperatur	[°C]				Green
	Schmelzetemperatur	[°C]				Green
	Massedruck	[bar]				Green
	Ausstoß	[kg/h]				Green
		Wirkleistung	Blindleistung	Temperatur	Durchfluss, sonstige	
	Extruder Gesamt (Dosierung, Hauptantrieb, Heizung, Nebenaggregate und Steuerung)	[kW]	[kVar]			Green
	Externe Zusatzaggregate	[kW]	[kVar]			Red zur Abgrenzung
	Werkzeugheizung, Coextruder	[kW]	[kVar]			Red zur Abgrenzung
	Material Eingangstemperatur			[°C]		Green
	Kühlwasser - Input			[°C]	[li/h]	Yellow
	Kühlwasser - Output			[°C]		Yellow
	Schmelzemessung Extern			[°C]		Yellow
	Ausstoßmessung Extern				[kg/h]	Yellow

Tabelle 6: Datenerfassung Energiemessung PVC Extruder

Versuchsaufbau und –zyklus

Hier wird Aufbau und Ablauf der Messung definiert, wie lange unter welchen Bedingungen wie oft gemessen wird. In der Extrusion ist der Versuchsaufbau relativ einfach, da es sich um einen kontinuierlichen Prozess handelt. Wichtig ist für reale Prozesse wichtige Auslastungsgrade abzudecken.

In der PVC - Fensterextrusion ist eine Produktion unter 60% des Garantiaustoßes unüblich, da sonst die Materialverweilzeit im Extruder bereits zu hoch wird. Daher wurden 100% (Garantiausstoß) und 60% gewählt. In vielen anderen Bereichen der Extrusion sind auch geringere Auslastungen möglich, dabei kann dann durchwegs ein dritter Messbereich sinnvoll sein.

Zu berücksichtigen ist in all diesen Fällen, dass der Gesamtaufwand gering zu halten ist, da aufgrund der Vielfältigkeit der Anwendungen, wie in vielen Bereichen des Anlagen- und Maschinenbaus, Messungen jeweils für eine relativ geringe Anzahl von Anwendungsfällen bzw. Stückzahlen durchzuführen sind.

Prozessparameter

Prozessparameter sind so zu wählen, dass dem Hersteller genügend Spielraum für seine verfahrenstechnische Prozessführung bleibt, andererseits aber verhindert werden kann, dass explizit „Versuchseinstellungen“ gefahren werden, die aber in der Produktion nicht zur Anwendung kommen.

Beim Extruder sind dies insbesondere der Bereich der Schmelzetemperatur und des Materialdrucks (Massedruck) am Extruderausgang. Beide Parameter haben großen Einfluss auf den

Energieverbrauch des Extruders und sind genau zu definieren. Siehe dazu im Detail den Energiemessstandard im Anhang.

Messung mit Testwerkzeug und Nachfolge

Eine wichtige Frage für Anlagenkomponenten wie einem Extruder ist, ob die Messung an der alleinstehenden Maschine oder im Gesamtverbund der Anlage zu erfolgen hat.

Diese Frage ist mit jedem Anwendungsfall individuell zu definieren, im Falle des Extruders für Rohr- und Profilextruder sind hier sowohl alleinstehend als auch integriert möglich.

Nach Verfügbarkeit oder für Kundenmessungen kann mit Werkzeug und Nachfolge gemessen werden oder nur mit sogenannten Drosselwerkzeugen, die Produktionsbedingungen simulieren und die Messung des alleinstehenden Extruders erlauben.

Testmaterial

Ein entscheidender Faktor ist das Material. Da der Energieverbrauch entscheidend vom Materialtype abhängt, ist diese jedenfalls genau zu definieren und für die Messung zu dokumentieren. Um später eine Vergleichbarkeit zu ermöglichen, muss es ein Referenzmaterial oder eine Bezugsgröße geben.

Davon ausgehend gibt es zwei Strategien: Es werden entweder alle Versuche nur mit den gelisteten (einander ähnlichen) Referenzmaterialien durchgeführt, oder es gibt Korrekturfaktoren, die den jeweiligen spezifischen Energiebedarf des Materials berücksichtigen und auf das Normmaterial ausgleichen.

Schwierigkeiten bereitet dieser Ansatz derzeit, da der spezifischen Energiebedarf bzw. die Enthalpiekurven der Materialien nicht in den Materialdatenblättern ersichtlich sind und derzeit von den Materialherstellern nicht veröffentlicht bzw. ermittelt werden.

Für die beiden betrachteten Fälle PVC Fenster und PO (Polyolefin) Wasserrohr wurden daher Referenzmaterialien gewählt, die heranzuziehen sind.

Ergebnisdarstellung

Wichtigste Kennzahl ist der spezifische Energieverbrauch in Wh/kg unter Einbeziehung aller Energieformen. Schwierig wird die Darstellung einer gemeinsamen Kennzahl, wenn verschiedenen Energieformen vorliegen, die auch auf verschiedene Arten umgewandelt werden können.

Das zweite Thema in diesem Zusammenhang ist die Gewichtung der Ergebnisse verschiedener Belastungsstufen.

Da für unterschiedliche Industriekunden und deren Anwendungen durchaus bestimmte Belastungsstufen wichtiger sein können als ein Mittelwert, wurde die Variante gewählt, beide Belastungsstufen sowie einen Gesamtwert anzugeben.

Beispiel:
Garantieleistung 300 kg/h

Auslastung	SOLL Ausstoß kg/h	IST Ausstoß gemittelt	Gesamt- leistung [kW] laut Protokoll	Spez. Verbrauch	Gewichtung
60%	180 kg/h	175	21,0	[120 Wh/kg]	50
100%	300 kg/h	303	31,5	[104 Wh/kg]	50
Gesamt				[112 Wh/kg]	100

Tabelle 7: Ergebnisdarstellung der Energiemessung bei PVC Fensterextrusion

6.2 Messstandard Spritzgießmaschine

Noch mehr als bei der Extrusion ist für die Erarbeitung eines Energiemessstandards bei Spritzgießmaschinen auf folgendes zu achten:

- die Komplexität des Prozesses sowie
- das weite Teilespektrum (dickwandige, hochpräzise Linsen, dünnwandige Becher, ...)
- Kunden unterschiedlichster Branchen mit unterschiedlichsten Anforderungen

die Herausforderung.

Während sich bei Extrusionsmaschinen bedingt durch den kontinuierlichen Prozess das Hauptaugenmerk auf den Energieverbrauch als Funktion des Durchsatzes unter Berücksichtigung sämtlicher beteiligter Medien festlegen lässt, ist dies für Spritzgießmaschinen nicht so einfach möglich.

Vor allem der nicht kontinuierliche und in größter Varianz fahrbare Prozessablauf, der noch dazu nur in Verbindung mit zumindest einer zweiten, i.a. noch komplexeren Anlage mit oftmals kundenseitig definierten Medienschnittstellen / Versorgungsstellen mit Medien – nämlich dem Werkzeug – funktioniert, macht eine Vergleichbarkeit sowie die Erarbeitung eines Messstandards ungleich schwieriger.

Erschwerend kommt dazu, dass für den Käufer der Spritzgießmaschine

- der Energieverbrauch des Abnahmeteiles als ein Kriterium unter vielen für den Kaufentscheid interessant ist (der auch in steigendem Maße vehement eingefordert wird)
- die Spritzgießmaschine bedingt durch die standardisierte Werkzeugschnittstelle sowohl als Single-Purpose Maschine betrieben werden kann als auch nicht
- je nach Weitsicht (Multi-Purpose Maschinen) unterschiedlichste Zusatzoptionen, die unterschiedlichste Auswirkungen auf den Energieverbrauch der Maschine haben können, auf den Produkten aufgebaut sind

Der Versuch diese hochvariante Konstellation aus Maschine, Werkzeug und Prozess durch einige wenige, anlagengrößenabhängige, charakteristische Teile abdecken zu wollen, muss scheitern.

So kann auf einer Maschine ohne Umrüstung alles vom dünnwandigen Teil (hohe Einspritzgeschwindigkeiten, hohe Drücke, niedrige Schussgewichte, kurze Zykluszeiten) bis zum dickwandigsten Teil (langsame Einspritzgeschwindigkeiten, niedrige Drücke, hohe Schussgewichte, lange Verweilzeit in der Maschine ohne Kraftbedarf) gefahren werden.

Diese Komplexität durch irgendwelche „Referenzteile“ abdecken zu wollen ist hier nicht möglich.

Der Maschinenhersteller selbst ist allerdings nicht in der Lage den Energieverbrauch sämtlicher möglicher Teile in Verbindung mit allen pro Maschinengröße ausgeführten Maschinenoptionen zu Selbstkosten nachweislich zu untersuchen und solche Werte für die Kunden bereitzuhalten.

Vor allem aus dem Kontext Europäischer Initiativen heraus, den Energieverbrauch europaweit durch Anwendung von Best Practice Techniken nachweislich zu reduzieren, muss aber trotz der hohen Komplexität ein Weg gefunden werden, den Maschineneinfluss auf den Energieverbrauch des Spritzgießprozesses einstufen zu können.

Daher bietet sich als Möglichkeit / Hilfestellung für den Kunden zur Vergleichbarkeit von Maschinen / Maschinenkonzepten – ähnlich wie der zur Zeit angegebene Mix zum Kraftstoffverbrauch für Kraftfahrzeuge – eine bzw. mehrere charakteristische Größen gemessen unter vergleichbaren Testbedingungen als Information an.

Dies ist beispielsweise anstelle von Referenzteilen durch die Vorgaben von x-beliebigen, auf die jeweilig betrachte Maschinengröße abgestimmten, typischen Maschinenparametern möglich.

Der Energieverbrauch wird somit nicht unter Teilebedingungen sondern unter Maschineneinstellbedingungen gemessen und zur Beurteilung der Maschineneffizienz herangezogen.

Der Eintrag entsprechend ermittelter Energieverbrauchswerte z.B. in Prospekten kann dann unter Beachtung einer eingeschränkten Übertragbarkeit (z.B. Vergleich von Maschinen für den gleichen Zweck mit unterschiedlichen Schneckendurchmessern, ...) wohl aber im Sinne einer Orientierung für den Kunden (z.B. veraltetes Antriebskonzept, ...) bei Bezug auf den erarbeiteten, einheitlichen Mess- (EUROMAP-) Standard als Unterstützung beim Verkaufsentscheid sowie zur Ermittlung von energetischen Anteilen bei den Teilkosten beitragen.

Dieser Gedanke – eine für alle Spritzgießmaschinenhersteller akzeptable Anleitung zur Energiemessung bereitzustellen – wurde bereits 1994 durch Erstellung der EUROMAP60 realisiert. Bedingt durch

- unklare Punkte, wie z.B. welche Verbraucher sind bei der Messung zu integrieren, ...) bzw.
- vorgeschlagene Einstellparameter für den Versuch, die kaum erreichbar sind,

wurde die erstellte EUROMAP60 in der Praxis nicht angewandt.

Der Teilbereich Spritzgießen dieses Projektes hat somit zum Ziel::

- Anwendbarkeit des bestehenden Standards durch sinnvolle Änderungen / Erweiterungen verbessern bzw. sicherstellen
- Sensibilisierung der europäischen Hersteller von Spritzgießmaschinen in Richtung Entwicklung von energiesparenden Antriebssystemen darzustellen
- sowie die gerade in den letzten Jahren erzielten Reduktion des Energieverbrauches durch zeitgemäße Technik darzustellen.

In diesem Sinne wurde von den Projektpartnern im Zuge des Projektes ein Vorschlag für die Überarbeitung der bestehenden EUROMAP60 erarbeitet und als Arbeitspapier für die Überarbeitung der bestehenden EUROMAP60 an das EUROMAP-Komitee übersandt. Dieser Ausarbeitung stellt auch die Basis für den Energiemessstandard in unserem Projekt dar.

Die gravierendsten Änderungen / Neuerungen:

- Anstelle eines Zyklus wurden 3 Messzyklen, die das unterschiedliche Teilespektrum abdecken sollen (Dünnwandteile, technische Produkte, Dickwandteile), vorgeschlagen;
- Die Systemabgrenzung (was muss gemessen werden, was ist nicht zu messen) wurde deutlicher definiert;
- Die Versuchsbedingungen (Messzeiten, exaktere Materialvorgaben ...) wurden präzisiert;
- Standby- und Leerlaufenergie wurden als Messgrößen neu definiert;
- Die zu kommunizierenden Messergebnisse wurde von den rein durchsatzbezogenen Energiemesswerten (kWh / kg) auf absolute Energiemesswerte (absolute Gesamtenergieverbrauch, Standby-Energieverbrauch, ...) erweitert.

Entgegen dem Ausgang des EUROMAP-Projektes bei der Extrusion wurde im Zuge der stattgefundenen drei Euromap-Meetings ein Konsens über die Neugestaltung der EUROMAP60 (Siehe Anhang) gefunden. Die wichtigsten Schritte vom vorliegenden Entwurf zum fertigen Standard werden im Folgenden dargelegt.

Ziel des Energiemessstandards

Wie bereits angeführt stellt der Spritzgießprozess einen äußerst komplexen Prozess dar.

Die Komplexität des Spritzgießprozesses lässt sich aus der Abfolge der verschiedenen Prozessschritte im Zyklus erkennen, der folgendermaßen abläuft:

- Form öffnen
- Anpressdruck abbauen
- Spritzeinheit zurückfahren
- Teil(e) auswerfen, Anguss auswerfen
- Dosieren mit entsprechendem Staudruck
- Druckentlasten

- Form schließen
- Schließkraft aufbauen
- Spritzeinheit vorfahren
- Anpressdruck aufbauen
- Einspritzen
- Nachdruck halten / aufbauen
- Nachdruck abbauen

Erschwerend kommt dabei hinzu, dass je nach Modell / Ausführungsvariante der Spritzgießmaschine die verschiedenen Prozessschritte im Zyklus parallel oder sequentiell gefahren werden können.

Die Ziele des Messstandards lassen sich wie folgt definieren:

- Erfassung von Energieverbrauchswerten auf Basis ausgespritzter Schmelze unter drei mehr oder minder charakteristischen Fahrweisen der Spritzgießmaschine;
- Darstellung des Energieverbrauches als absolute und auf den Durchsatz bezogene Messgrößen;
- Definition der Randbedingungen und des Prozessablaufes;
- Definition einer für einheitlichen Angabe von Energiemessdaten;
- Schaffung einer Basis zur Orientierung für Kunden bei Kaufentscheidung

Wichtig ist, dass neben den im realen Fahrbereich der Maschine liegenden Einstellparametern auch die Schmelzequalität bei einer visuellen Kontrolle den Anforderungen nach weitestgehender Homogenität und Blasenfreiheit entsprechen muss. Dadurch wird neben der richtigen Einstellung der vorgegebenen Parameter durch Beachtung der Qualität des ausgespritzten Materials in Verantwortung des Versuchsdurchführenden die Vergleichbarkeit der Ergebnisse sichergestellt.

Bezugsgrößen

Wie bereits dargestellt ist die Vergleichbarkeit von Spritzgießmaschinen in Verbindung mit gespritzten Produkten insbesondere aufgrund des Einflusses der inkludierten „zweiten Anlage“ sprich des Werkzeuges unter Realbedingungen sehr schwierig.

Daher müssen Messbedingungen geschaffen werden, die den Einfluss dieser zweiten Maschine ausschalten.

Mit einem solchen teileneutralen Test könnten die Maschinen selber und damit die „absoluten“ Energieverbräuche auf den ersten Blick entsprechend einer Clusterung basierend auf den in EUROMAP1 genormten Bezeichnungen verglichen werden.

Problematisch dabei wirkt sich die Vielzahl an Kombinationen aus – so ist eine Schließeinheit z.B. mit einer nominellen Schließkraft von 100 ton mit einer Vielzahl an Spritzaggregaten z.B. Aggregatsgrößen 200, 330, 500, 650 kombinierbar.

Die Bezugsgröße Schließseite bzw. Spritzseite scheidet somit aus.

Ähnlich wie bei Extrudern ist natürlich auch bei den Spritzgießmaschinen der Durchsatz in Verbindung mit dem Auslastungsgrad der Maschine eine markante Kenngröße – bestimmungsgemäß schwankt aber der Auslastungsgrad der Maschine aufgrund des mannigfaltigen Teilespektrums bei ähnlichem Durchsatz sehr stark.

Die Produktionsmenge alleine stellt somit nicht die alles bestimmende Bezugsgröße dar – wohl aber stellt der Bezug der Energie auf den erzielten Durchsatz – insbesondere bei Vergleich von verschiedenen Maschinen, -konzepten unter verschiedener Auslastung – ein Maß für die Energieeffizienz der Maschine dar.

Daher wird neben der Angabe des Absolutwertes des Energieverbrauches unter Vergleichsbedingungen zusätzlich der spezifische Energieverbrauch – also der Energieverbrauch bezogen auf die umgesetzte Masse pro Zeiteinheit – zur Vergleichbarkeit herangezogen.

Systemgrenzen und Energiebilanzierung

Entgegen dem Ansatz der bei den EUROMAP-Meetings der Extruder verfolgt wurde, wurden bei der Ermittlung der Systemgrenzen bzw. bei der Aufnahme von Energieflüssen bewusst auf alle Energieflüsse, die nicht aus elektrischen Quellen stammen sowie nicht zum unmittelbaren Betreiben der Hauptfunktionen der Spritzgießmaschine (Main functions) sowie von klar definierten Nebenfunktionen notwendig sind, verzichtet.

Durch die Definition dieser Verbraucher / Funktionen sowie bewusster Aufnahme von zu aktivierenden Antrieben in die drei Referenzzyklen wird – so hoffen die Ersteller der EUROMAP60 – einer Verlagerung der Antriebsquellen auf außerhalb der Messumgebung ein Riegel vorge-schoben.

Die Ersteller der EUROMAP 60 gehen davon aus, dass ein bewusstes Umgehen der Vereinbarungen – und damit die Ausweisung von sehr niedrigen Energieverbräuchen – spätestens beim direkten Beweis unter Praxisbedingungen zu einer Selbstdisqualifikation des „Schummlers“ führt.

Den Erstellern der EUROMAP 60 war bewusst, dass es z.B. alternative Möglichkeiten zur Beheizung des Massezylinders wie z.B. Erdgasbeheizung gibt. Da keine Erfahrungen damit vorliegen, wurde bewusst die Gültigkeit der EUROMAP60 auf bestehende Systeme eingeschränkt. Man muss daher davon ausgehen, dass eine Veränderung der derzeitigen Randbedingungen bezüglich Verfügbarkeit von Systemen auch zwangsläufig zu einer Anpassung der EUROMAP 60 führen wird.

Messumfeld – Versuchsaufbau – Messdauer / Zyklen

In der EUROMAP 60 wurde auf das Messumfeld weitestgehend Einfluss genommen.

Neben der Definition der Genauigkeit der benötigten Messgeräte wurde auf das Thema der Vorbereitung der Maschine auf den Versuch größtes Augenmerk gelegt.

Material

Aufgrund der Vielfalt der verwendeten Materialien wurde der Empfehlung, Material, welches auch zu anderen Euromap-Tests erforderlich ist und kostengünstig beschafft werden kann – nämlich PP mit definiertem MFR-Wert zugestimmt.

Düse

Die bei ENGEL verbreitete Methode mittels Drosselblock entsprechende Durchsätze unter definierten Druckbedingungen als Belastung während des Einspritzens zu verwenden, wurde von der EUROMAP-Empfehlung übernommen – ebenso der Input zusätzlich eine Verschlussdüse - aufgrund des hohen Staudruckes beim Dosieren - zu verwenden.

Messdurchführung

Die Messungen sollen nur an einer Maschine, die im Automatikbetrieb läuft und einen klar definierten Zustand – der als eingeschwungen definiert wird – aufweist, ausgeführt werden.

Umfeld

Auch das Umfeld wurde durch Festlegung z.B. der Temperatur des zugeführten Rohmaterials, bei hydr. Maschinen der Öltemperatur (bzw. entsprechender Schwankungen), etc. genauest spezifiziert.

Messdauer

Hier wurde auf die Maschinegröße Bezug genommen. Bei großen Maschinen reicht eine kleine Anzahl von Schüssen um eine entsprechende Vergleichsgröße zu erhalten. Bei kleinen Maschinen kann entweder eine bestimmte Versuchszeit oder eine Anzahl von Schüssen zur Gewichtsmessung der Spritzmasse herangezogen werden.

Prozessparameter

Bedingt durch die große Varianz in der Praxis könnten man auch bei den Versuchsparametern geneigt sein, jede Menge Vorschriften machen.

Hier hat sich aber der pragmatische Ansatz der 3 Zyklen mit weitestgehender Basierung auf den Parametern nach der „alten“ EUROMAP 60 als richtungweisend erwiesen.

Die seitens ENGEL gewünschte genauere Spezifikation des Materials (Viskosität bei verschiedenen Schwergeschwindigkeiten) wurde allerdings abgelehnt – hier kann jeder Hersteller im Rahmen der Vorgaben das günstigste Material aus seiner Sicht wählen. (Allerdings unter Wahrung der zu überwachenden Temperaturen am Zylinder, der spezifizierten, visuellen Qualitätskriterien wie Blasen- und Schlierenfreiheit und der vorgegebenen Parameter aus den Zyklenvorgaben).

Ergebnisdarstellung

Entgegen der ursprünglichen Anforderungen entsprechend dem eingebrachten Vorschlag werden „nur“ die auch in der alten EUROMAP60 veranschlagten Kennwerte

- Absoluter Energieverbrauch (kW)
- Spezifischer Energieverbrauch (kWh/kg)

allerdings unter Anführung des betrachteten Zyklus (Zyklus1, 2 oder 3) sowie der erreichten Zykluszeit und des $\cos \varphi$ ausgewiesen.

Mit diesen – auch in Prospekten anführbaren Energiewerten – ist eine bedingte Vergleichbarkeit der Maschinen insbesondere unter den Gesichtspunkten des Baujahrs, der Antriebskonzepte und der Maschinenkombinationen möglich.

Lässt man zunächst die Vergleichbarkeit der Hersteller untereinander außen vor, so stellt die Überarbeitung / die Neuauflage des EUROMAP-Standards – zumindest für alle in den Gesprächsrunden der EUROMAP-Meetings vertretenen Hersteller – die Basis für ein intensives Erarbeiten von Maßnahmen zur Steigerung der Energieeffizienz dar.

Die Verabschiedung der EUROMAP 60 spiegelt somit die Einstellung der Branche bezüglich Transparenz gegenüber Kunden und europaweiten Maßnahmenpaketen zur Konsolidierung des Energiebedarfs in Bezug auf den Energieverbrauch von Spritzgießmaschinen insbesondere von Standardmaschinen wider.

7 Messungen an den Referenzanlagen

In diesem Projekt wurden detaillierte Messungen bei den Projektpartnern Schöfer und Internorm durchgeführt. Es wurden jeweils unterschiedliche Maschinentypen untersucht, wodurch es möglich wurde, sowohl Anlagen verschiedener Generationen als auch Anlagen unterschiedlicher Baugrößen und Einsatzgebiete zu vergleichen.

In vielen Studien und auch bei unternehmensintern durchgeführten Messungen wurden bis dato oft nur Gesamtstromverbräuche gemessen. Einzelströme sowie andere Energieformen wurden nicht oder nicht ausreichend berücksichtigt. Beispiele sind der Druckluftverbrauch oder der Einsatz von Heißluft und Kühlwasser. Um die Einzelverbraucher und deren Anteil zu identifizieren, die Auswirkung von unterschiedlichen Baugrößen und Maschinentechnologien zu ermitteln und Daten unter kontrollierten Bedingungen und den definierten Messstandards entsprechend zu erhalten, wurden umfangreiche und sehr genaue Energieverbrauchsmessungen durchgeführt.

Messung Firma Schöfer

Im Juli 2008 wurden bei der Firma Schöfer 42 Stunden Energiemessungen aller relevanten Verbraucher des Unternehmens durchgeführt. Neben den 20 Spritzgussmaschinen wurden der Werkzeugbau, sonstige Produktion, Büro und allgemeine Verbraucher wie Druckluft oder Klimatisierung gemessen und erfasst. Zusätzlich wurden an zwei Spritzgussmaschinen Einzeluntersuchungen durchgeführt, um die Verbraucher der Spritzgussmaschinen über dem gesamten Produktionszyklus und mehreren Produkten zu ermitteln. Insgesamt wurden über 200.000 Messdaten gesammelt und ausgewertet. Neben vielen Detailergebnissen ist vor allem die Bedeutung der Maschinenbelegung und Auslastung, sowie das Lastmanagement der Maschinen ein entscheidendes Kriterium, das die Bedeutung der Teil- und Stillstandsverbräuche der Produktionsprozesse in der industriellen Praxis unterstreicht.

Für einen aussagekräftigen Energiemesstandard bzw. ein aussagekräftiges Energielabel bedeutet dies für den Spritzguss, dass der Energieverbrauch im Stillstand und im Teillastbetrieb sowie das Nutzermanagement zum (energie-)optimierten Einsatz der Anlagen ein unabdingbares Kriterium darstellt. Aus dem Projekt heraus wurden durch den Projektpartner Engel auch die dafür notwendigen Basisdaten bereitgestellt, die zu weiteren Versuchen und letztlich der Umsetzung in den Energiemesstandard der Euromap führte. Denn eine alleinige Betrachtung des Energieverbrauchs im Nenn- oder Maximalzustand ist nicht praxisrelevant.

Messungen Internorm

Bei der Firma Internorm wurden an 4 Tagen umfassende Versuche im November 2008 sowie im April 2009 analog zu den Schöfer Energiemessungen durchgeführt. Hier jedoch mit dem Schwerpunkt der Produktion von Fensterprofilen durch die 15 Extrusionsanlagen des Unternehmens. Fokus waren hier drei Extrusionslinien unterschiedlicher Generationen und Kapazitäten, wo jeweils zwei unterschiedliche Produkte hergestellt wurden. Somit sind mehrere Be-

triebspunkte der Anlagen erfasst worden, die Rückschlüsse auf das Verbrauchsverhalten in der Extrusion zulassen.

Bei den Anlagen wurden alle Einzelverbraucher im 10 Sekunden-Intervall aufgezeichnet. Dazu kommen Messungen des Kältebedarfs zur Abkühlung, Messungen der Kältemaschinen und Erfassung der wichtigsten Nebenprozesse der Nachfolge, der Mischerei und der Materialförderung.

Die Versuche bei Schöfer wie auch bei Internorm gaben detailliert Aufschlüsse über die Verteilung des Energieverbrauchs und die Potentiale der Einsparung, da sowohl alle wesentlichen Verbraucher erfasst als auch Messungen in verschiedenen Auslastungsbereichen durchgeführt wurden.

Als Basis jeder Entwicklung von Energiemessstandards und Energieeffizienzlabel müssen solche Messungen durchgeführt werden, um praxisrelevante, aussagekräftige und durchführbare Standards und Label zu erhalten..

Ermittelt wurden alle relevanten Energieinputs aber auch Outputs:

- Schein-, Wirk- und Blindstromverbrauch der einzelnen Antriebe (Hauptmotor - Nebenantriebe) und Nebenaggregate (z. B. Vakuumpumpe, Ölpumpen, Lüfter)
- Ohmsche Verbraucher (Heizbänder, Ölheizstäbe)
- Massenströme mit deren Ein- und Ausgangstemperaturen:
 - Produkt (Kunststoffgranulat bzw. Fertigprodukt),
 - Kühlung (Kühlwasser)
- Nebenprozesse wie Druckluft, Mischerei, Kältemaschine, Materialförderung

7.1 Auswertung der Messungen Spritzgießmaschine

Versuchsdurchführung

Energiemessung am Stromverteiler sowie an der Spritzgussmaschine M11 am Schaltschrank der Maschine. Die große Spritzgussmaschine M17 wurde im Verteiler getrennt angespeist und konnte daher ebenfalls erfasst werden. Es wurde von 1. Juli 16h bis 3. Juli 9h in Minutenintervallen aufgezeichnet.

Gesamtenergieverbrauch, Aufteilung und spezifischer Verbrauch

Am Verteiler wurden in den farblich unterschiedlich dargestellten Kategorien Leistungsmessungen durchgeführt. Der im Diagramm veranschaulichte Verbrauch errechnet sich aus der mittleren stündlichen Leistung multipliziert mit der Aufzeichnungsdauer.

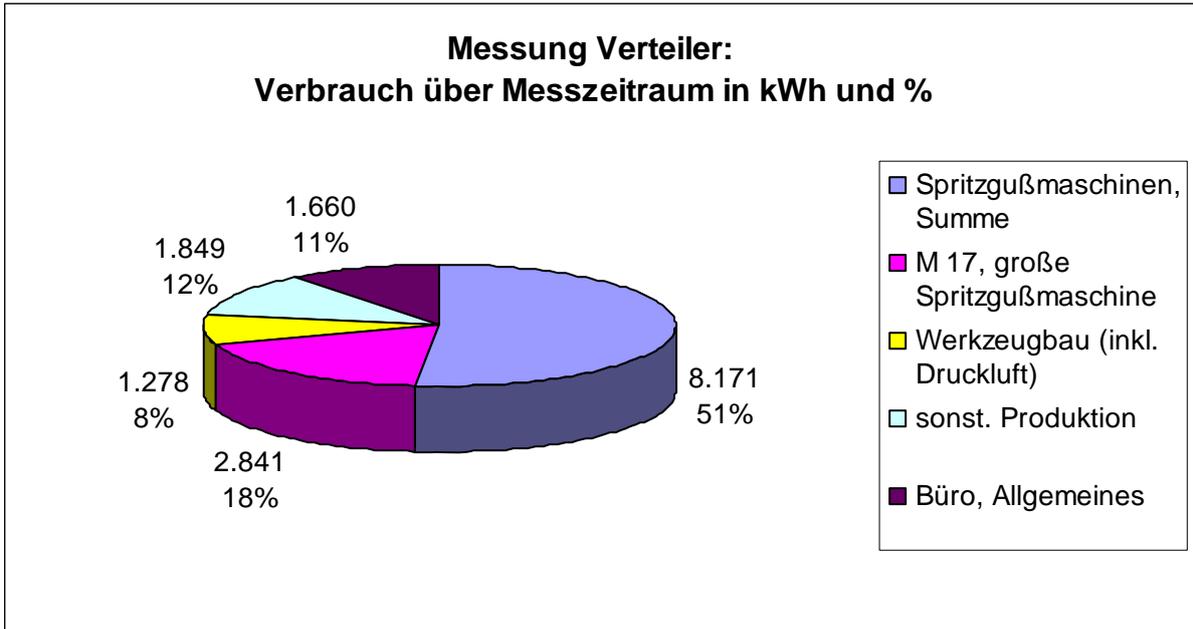


Abbildung 14 Verteilermessung – Verbrauch je Verbraucherkategorie

Die Aufteilung des Verbrauchs teilte sich über den Messzeitraum ca. im Verhältnis 1:3 auf die große Spritzgussmaschine M17 zur Summe aller anderen Spritzgussmaschinen auf.

Verlauf des Energieverbrauchs im Erfassungszeitraum:

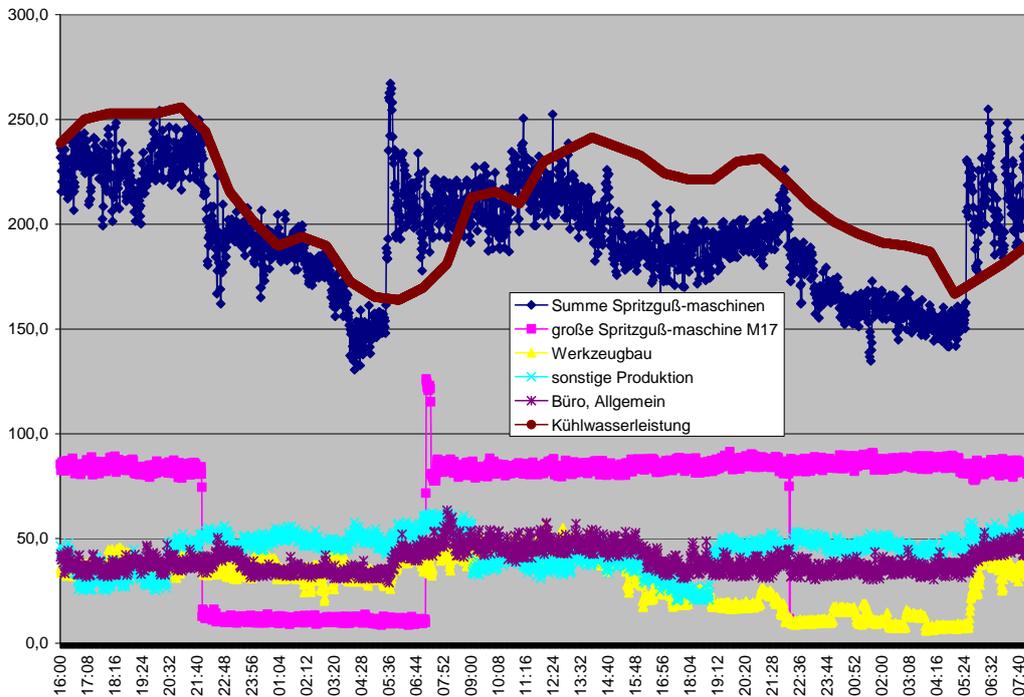


Abbildung 15 Verlauf des Energieverbrauchs beim Projektpartner

Sehr gut erkennbar ist die Produktionseinschränkung zwischen 22:00 und 6:00. der Strombedarf im Büro zeigt sich weitgehend unverändert.

Betrachtet man einen vollen Tag so erhält man folgende Kennzahlen:

Ergebnisse für 24 Stunden am 2.7.08			
Tagesproduktion [kg]		3182	
Tagesverbrauch gesamt [kWh]	8.973	spezifischer Verbrauch Basis Gesamtverbrauch [kWh/kg]	2,82
Tagesverbrauch nur Spritzgussmaschinen [kWh]	6.192	spezifischer Verbrauch Basis Verbrauch Spritzgussmaschinen [kWh/kg]	1,95

Durchschnittlich wurden daher von den Spritzgussmaschinen rund 2 kWh Energie pro kg Produkt und von der Firma Schöfer insgesamt 2,8 kWh pro kg Produkt aufgewendet.

Die durchschnittlichen Stromkosten pro kg Produkt liegen daher bei rund 0,4 EUR/kg Produkt (bei 0,14 EUR/kWh Gesamtstromkosten).

Demgegenüber liegen die besten gemessenen Einzelwerte der Spritzgussmaschine M11-SGM 900 bei rund 0,5 kWh/kg.

Ergebnisse – Vergleich Energieverbrauch der Spritzgussmaschinen M11 und M17

Bei zwei Spitzgussmaschinen wurden Einzelmessungen durchgeführt.

Vergleich des Energieverbrauch M17 in Abhängigkeit der Auslastung bzw. des Ausstoßes:

- Durchschnittsleistung M17: 67 kW
- Durchschnittlicher Ausstoß: 12,9 kg/h
- Durchschnittlicher spez. Energieverbrauch: 5,2 kWh/kg

Trotz der Größe war die Maschine M17 im Messzeitraum nur sehr gering ausgelastet, da die hergestellten Teile sehr klein waren. Sie zeigen, wie hoch der spezifische Energieverbrauch werden kann, wenn die Anlage mit geringer Belastung gefahren wird.

Auch innerhalb des gefahrenen Ausstoßbereiches zeigt sich stark die Abhängigkeit des Energieverbrauchs vom Ausstoß. Der Schwankungsbereich liegt zwischen 12,5 kWh/kg bei 5 kg/h bis unter 5 kWh/kg bei Ausstößen über 17 kg/h.

In den Rüst- und Stillstandszeiten zeigt sich ein hoher Energiebedarf auch ohne Produktion, da trotz Stillstand alle Aggregate und Heizelemente weiterlaufen.

Für den Betrieb resultiert daraus ein großer Hebel für die Maschinenbelegung bzw. –Auswahl sowie bei der Überprüfung der Rüst- und Stillstandsrountinen.

Aus der Sicht des Maschinenherstellers sind zwei Fragen interessant:

1. Wie kann der Energieverbrauch in Teillast- und Stillstandszeiten minimiert werden?
2. Wie kann dem Kunden die Energieeinsparung in diesen Phasen "schmackhafter" gemacht, also vereinfacht werden?

Veränderung des spezifischen Energieverbrauchs der Spritzgussmaschine M17

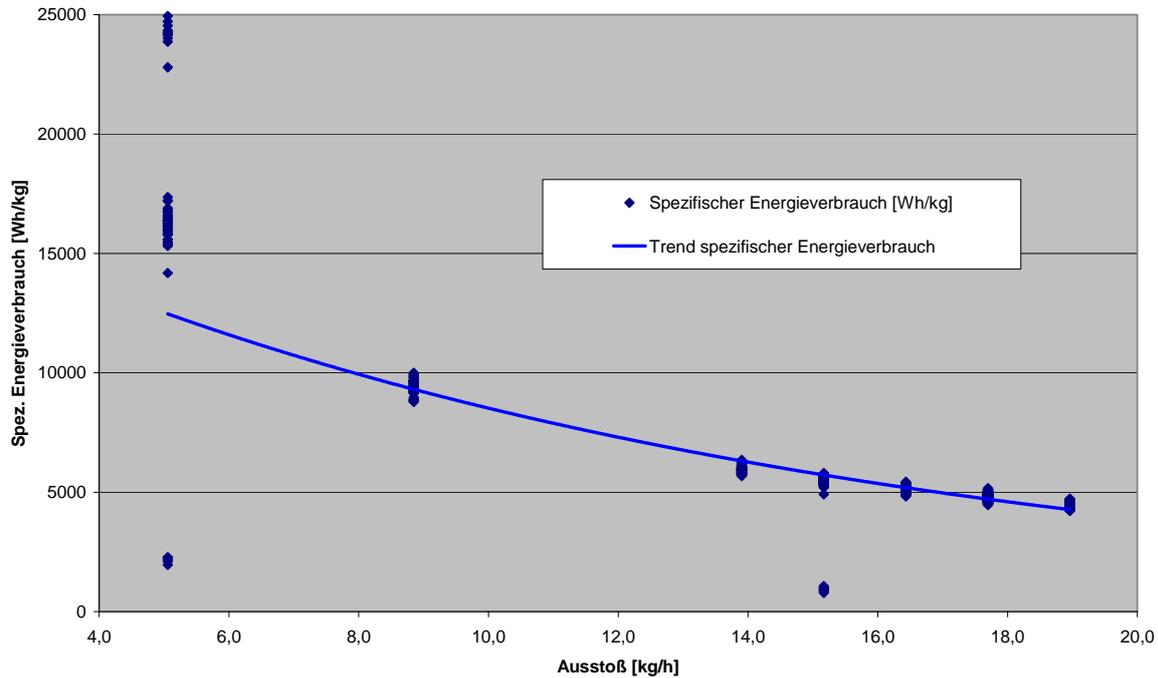


Abbildung 16 Energieverbrauch M17 im Vergleich unterschiedlicher Auslastungsbereiche

Vergleich des Energieverbrauch M11 in Abhängigkeit der Auslastung bzw. des Ausstoßes:

Im Gegensatz dazu nun die gleiche Auswertung bei der M11 (SGM 900), die im Untersuchungszeitraum schon wesentlich besser ausgelastet war. Die Abhängigkeit vom Ausstoß zeigt sich auch hier sehr stark (was auf hohe Fixverbraucher hindeutet), jedoch auf wesentlich geringerem Niveau. Es sei noch darauf hingewiesen, dass der Verbrauch aus Roboter und Zusatzheizung noch inkludiert sind (5-7% des Gesamtverbrauchs).

Produktion: Honda Frontgrill weiß und schwarz

- Durchschnittsleistung M11: 23,5 kW
- Durchschnittlicher Ausstoß: 36,3 kg/h
- Durchschnittlicher spez. Energieverbrauch: 0,65 kWh/kg

Veränderung des spezifischen Energieverbrauchs der Spritzgussmaschine M11

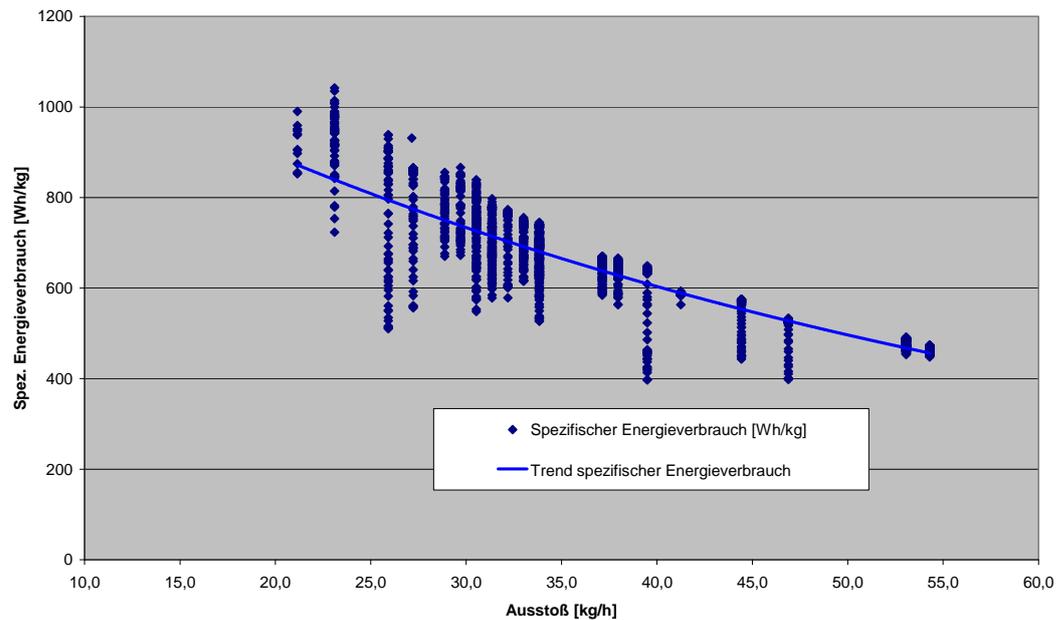


Abbildung 17 Energieverbrauch M11 im Vergleich unterschiedlicher Auslastungsbereiche

Der spezifische Energieverbrauch ist daher um das 8 fache geringer als bei der M17! Dieser Wert untermauert nachdrücklich den Einfluss der Maschinenbelegung bzw. Auslastung auf den Energieverbrauch sowie das Potential der Reduktion von Fixverbrauchern.

Der Trend zeigt auch wiederum den hohen Einfluss – hier kam es durch den Produktwechsel zu einem größeren und schneller produzierbaren Produkt (Frontgrill schwarz) sogar zu einem steileren Trendverlauf.

Die breite Streuung auf der linken Seite zeigt Ausstoßschwankungen durch gelegentliches Hängenbleiben beim Auswurf des Produktes (Frontgrill weiß).

Vergleich verschiedener Anlagengrößen

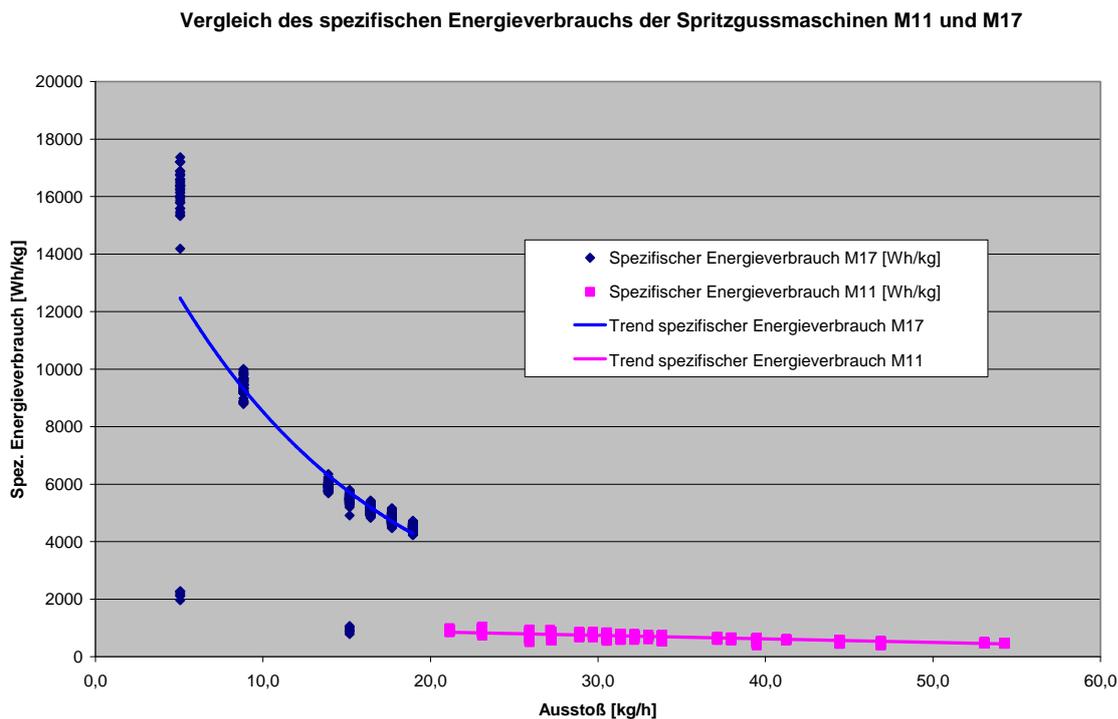


Abbildung 18 Vergleich der Maschinengrößen M11 und M17

Der Vergleich unterstreicht die herausragende Bedeutung der Auslastung einer Spritzgussmaschine, die alle anderen Faktoren überdeckt. Im Betrieb der Anlagen kommt somit der Produktionsplanung eine sehr große Bedeutung zu. Für die Anlagenentwicklung ist ein besonderes Augenmerk auf die Eliminierung fixer Verbraucher und die Umstellung auf lastabhängigen Verbrauch zu legen.

Kühlleistung

Alle Spritzgussmaschinen werden von einem zentralen Kühlbecken rückgekühlt, Für die Erfassung der Abwärme wurden die Gesamtwärmeströme des Kühlsystems und an einer einzelnen Maschine die Temperatur- und Wärmemengenverläufe im Detail untersucht.

Die Abwärme der Spritzgussmaschinen wird über ein zentrales Grundwasserbecken durchgeführt.

Um die Erwärmung des zurückgeführten Wassers unter den von den Behörden vorgegebenen Temperaturen zu halten, wird immer mit wesentlich höheren Wassermengen und ständig voll laufender Brunnenpumpe rückgekühlt.

Damit variiert nur die Rücklauftemperatur in Abhängigkeit des Wärme- bzw. Kühlbedarfs der Produktion.

Das vorhandene Temperaturniveau ist damit sehr gering und nicht nutzbar. Folgende Wärmemengen werden durch den Wasserkreislauf abgeführt:

Datum	Rücklauf [°C]	Vorlauf [°C]	Spreizung [K]	Wärme-leistung Periodenbeginn [kW]	Wärme-leistung Periodenende [kW]
01.07.08 16:00	18,8	10,5	8,3	238,5	250,0
01.07.08 17:00	19,2	10,5	8,7	250,0	252,9
01.07.08 18:00	19,3	10,5	8,8	252,9	252,9
01.07.08 19:00	19,3	10,5	8,8	252,9	252,9
01.07.08 20:00	19,3	10,5	8,8	252,9	255,8
01.07.08 21:00	19,4	10,5	8,9	255,8	244,3
01.07.08 22:00	19	10,5	8,5	244,3	215,5
01.07.08 23:00	18	10,5	7,5	215,5	201,2
02.07.08 00:00	17,5	10,5	7	201,2	189,7
02.07.08 01:00	17,1	10,5	6,6	189,7	194,0
02.07.08 02:00	17,25	10,5	6,75	194,0	189,7
02.07.08 03:00	17,1	10,5	6,6	189,7	172,4
02.07.08 04:00	16,5	10,5	6	172,4	165,2
02.07.08 05:00	16,25	10,5	5,75	165,2	163,8
02.07.08 06:00	16,2	10,5	5,7	163,8	169,5
02.07.08 07:00	16,4	10,5	5,9	169,5	181,0
02.07.08 08:00	16,8	10,5	6,3	181,0	212,7
02.07.08 09:00	17,9	10,5	7,4	212,7	215,5
02.07.08 10:00	18	10,5	7,5	215,5	209,8
02.07.08 11:00	17,8	10,5	7,3	209,8	229,9
02.07.08 12:00	18,5	10,5	8	229,9	235,6
02.07.08 13:00	18,7	10,5	8,2	235,6	241,4
02.07.08 14:00	18,9	10,5	8,4	241,4	237,1
02.07.08 15:00	18,75	10,5	8,25	237,1	232,8
02.07.08 16:00	18,6	10,5	8,1	232,8	224,1
02.07.08 17:00	18,3	10,5	7,8	224,1	221,3
02.07.08 18:00	18,2	10,5	7,7	221,3	221,3
02.07.08 19:00	18,2	10,5	7,7	221,3	229,9
02.07.08 20:00	18,5	10,5	8	229,9	231,3
02.07.08 21:00	18,55	10,5	8,05	231,3	221,3
02.07.08 22:00	18,2	10,5	7,7	221,3	209,8
02.07.08 23:00	17,8	10,5	7,3	209,8	201,2
03.07.08 00:00	17,5	10,5	7	201,2	195,4
03.07.08 01:00	17,3	10,5	6,8	195,4	191,1
03.07.08 02:00	17,15	10,5	6,65	191,1	189,7
03.07.08 03:00	17,1	10,5	6,6	189,7	186,8
03.07.08 04:00	17	10,5	6,5	186,8	166,7
03.07.08 05:00	16,3	10,5	5,8	166,7	173,9
03.07.08 06:00	16,55	10,5	6,05	173,9	181,0
03.07.08 07:00	16,8	10,5	6,3	181,0	189,7
03.07.08 08:00	17,1	10,5	6,6	189,7	192,5

Tabelle 8: Messung der Gesamtabwärme des Grundwasser - Rückkühlsystems

Daten 2.7. Wasserverbrauch		593	m³
konstant		593000 kg	
Wasservolumen/h		24,7 m ³ /h	
VL	10,5	24.708 kg/h	
RL	18	7 kg/s	
spez. Wärmekapazität		4,1870 kJ/kgK	

Tabelle 9: Kühlwasserdurchsatz des Grundwasserkreislaufes

Das Ergebnis zeigt, dass die Rücklauftemperatur relativ stabil verläuft und somit auch die gesamte Kühlleistung nie stark abfällt. Die Untersuchung des Energieverbrauchs in derselben Periode hat auch gezeigt, dass die Produktion in der Nachtschicht nur geringfügig den Tageschichten hinterherhinkt.

Die gesamte Wärmemenge liegt im Bereich 160 bis 240 kW. Die gewichtet gemittelte Abwärmeleistung beträgt 210,6 kW. Die gesamte elektrische Energieaufnahme der Spritzgussmaschinen betrug im selben Zeitraum 262,2 kW. Den Verlauf zeigt folgendes Diagramm:

Vergleich elektrische Energieaufnahme der Spritzgussmaschinen mit der Kühlleistung

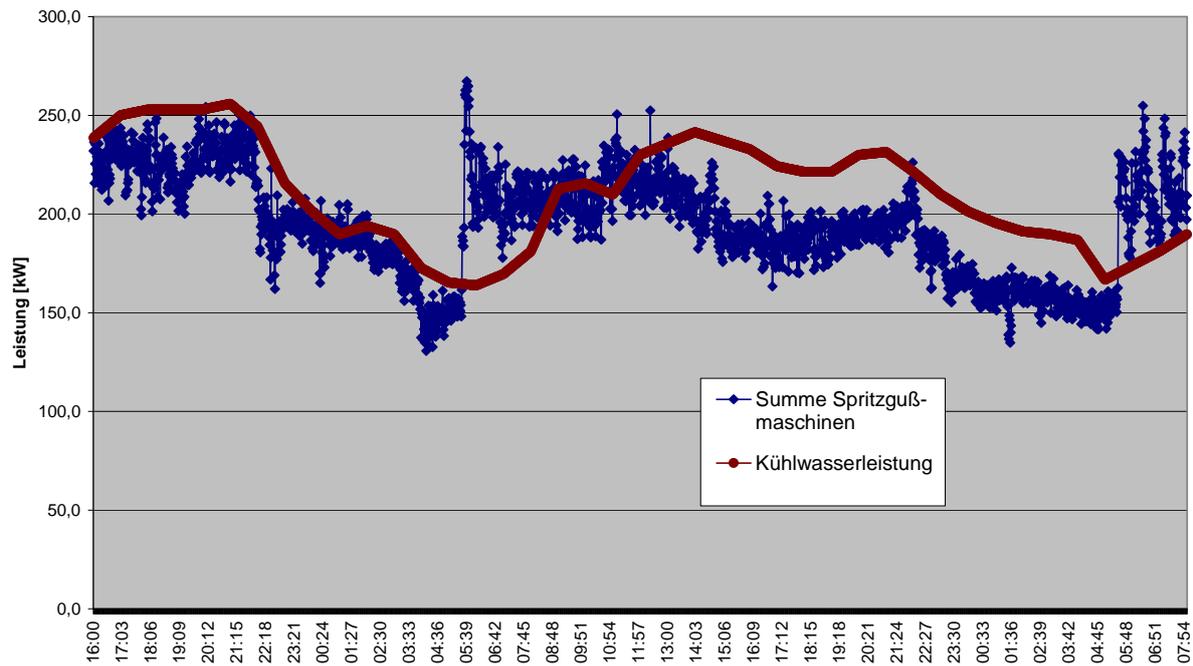


Abbildung 19 Vergleich Energieverbrauch und Kühlleistung

Damit werden 80% der aufgenommen elektrischen Energie durch die Kühlung als Wärme wieder abgeführt. Die verbleibenden 20% gehen als Abwärme in die Umgebung der Maschinen.

Somit heizen die Spritzgussmaschinen die Maschinenhalle mit einer durchschnittlichen Heizleistung von rund 52,4 kW.

Kühlschema der Firma Schöfer:

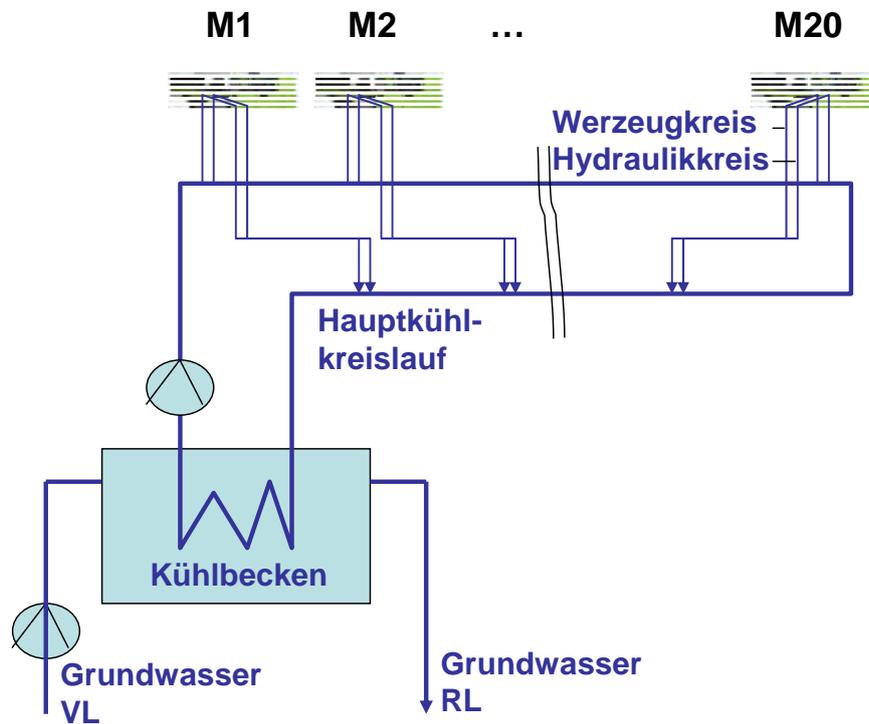


Abbildung 20: Schema des Rückkühlkreises der 20 Spritzgussmaschinen

Es gibt zwei Kühlkreisläufe. Ein Grundwasserkreislauf, der Kühlwasser vom Grundwasser in ein Kühlbecken pumpt sowie einen Kühlkreislauf zu allen 20 Spritzgussmaschinen. Beide Hauptpumpen laufen immer im Vollbetrieb.

Vom Kühlkreislauf beziehen die einzelnen Maschinen die benötigten Kühlmengen über Ventilregelungen, wodurch durch Ein- Ausschaltung die benötigte Kühlmenge zugeführt wird. Im Detail teilen sich die Kreise bei jeder Maschine auch noch einmal auf, um individuell die Hydraulikölkühlung und die Werkzeugkühlung zu versorgen.

Bei der M11 wurde die Hydraulikölkühlung im Detail untersucht:

Die Hydraulikölkühlung wird über in den Maschinen standardmäßig integrierten Plattenwärmetauscher durchgeführt. Dabei erfolgt von Seiten des Hydraulikkreises eine durchgehende Durchströmung des Wärmetauschers. Auf der Kühlerseite wird über ein Ein-/Aus Regelventil der Kühlwasserkreislauf bei Erreichen der eingestellten Öltemperatur geschaltet.

Die Untersuchung zeigte, dass aufgrund der gewählten Temperaturgrenzen sehr kurze Intervalle resultierten:

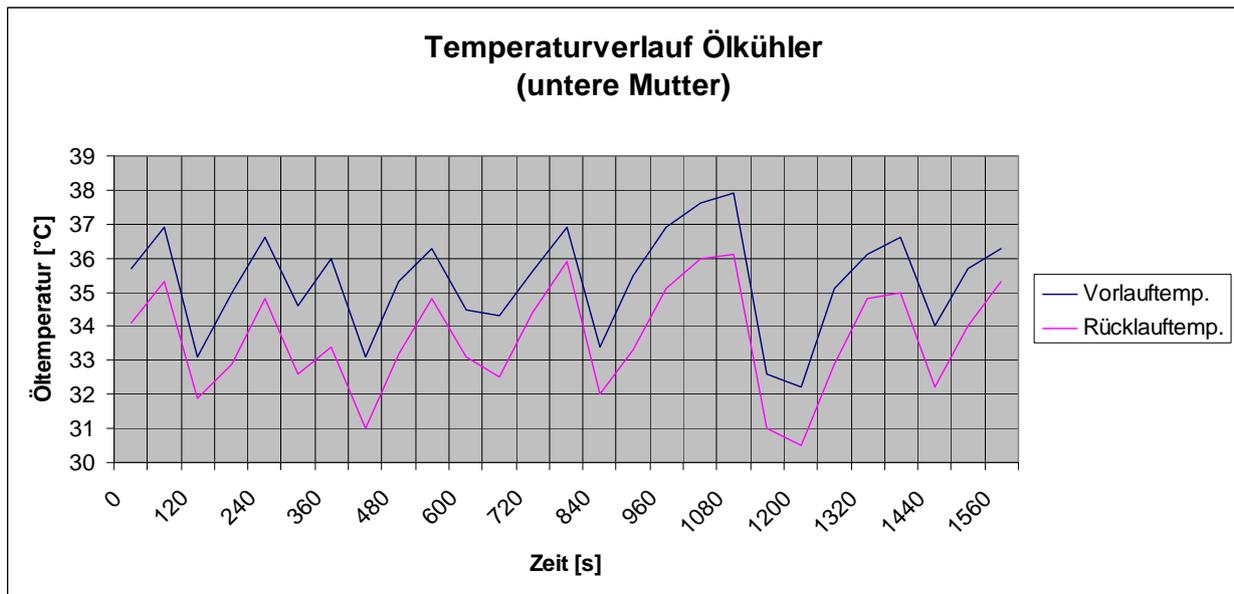


Abbildung 21: Verlauf des Hydrauliköl-Rückkühlers der im Detail untersuchten Spritzgussmaschine "M11"

Die Hydrauliktemperaturen bei dieser Anlage schwanken zwischen 30°C und 38°C. Die durchschnittliche Einschaltzeit lag bei etwa 20%. Dies zeigt hohe Reserven des integrierten Plattenwärmetauschers. Diese werden als Bestandteil der Spritzgussmaschine ausgeliefert.

Im Wärmetauscher wird der gesamte nutzbare Energieinhalt "vernichtet".

Eine Abwärmenutzung der grundsätzlich hohen verfügbaren Wärmeleistungen wäre möglich, wenn

- Die Werkzeug- und Hydraulikkühlung getrennt wird
- Für den Hydraulikkreis eine maximale Hydrauliköltemperatur zugelassen wird (Höhe → SGM Hersteller optimierbar?)
- Die Rückkühlung mit minimaler Temperaturspreizung durchgeführt wird, um eine möglichst hohe energetisch nutzbare Wasserrücklauftemperatur zu erreichen.
- Jede Temperatur 5-10°C über der Grundwassertemperatur und/oder der Aussentemperatur (bei Kältemaschinen) wird energetisch nutzbar
- Ideal ist eine Rücklauftemperatur des Kühlkreislaufs um zumindest 10°C über der maximale Vorlauftemperatur des Heizkreislaufs → vollkommener Ersatz des Heizwärmesystems (Vollabdeckung: Radiator 60-70°C; Fußbodenheizung 40 – 50°C)

Detailuntersuchungen der Spritzgussmaschine M11: Gesamtenergieverbrauch, Aufteilung und spezifischer Verbrauch von M11

Produkt	Mittelwert von Motor	Mittelwert von Heizung	Mittelwert von Sonstige	Mittelwert Gesamt
	1	2	4	
	[kW]	[kW]	[kW]	[kW]
Anfahren	5,67	7,79	3,06	16,51
Ho_Gr_schw	13,50	7,57	4,05	25,13
Ho_Gr_wei	12,80	6,87	4,07	23,74
Rüsten	4,69	5,40	2,25	12,33
Durchschnitt	12,45	7,07	3,94	23,46

Tabelle 10: Leistungswerte der Spritzgussmaschine M11 in kW

Produkt	Mittelwert von Motor	Mittelwert von Heizung	Mittelwert von Sonstige	Mittelwert Gesamt
	1	2	4	
	[%]	[%]	[%]	[%]
Anfahren	34%	47%	19%	100%
Ho_Gr_schw	54%	30%	16%	100%
Ho_Gr_wei	54%	29%	17%	100%
Rüsten	38%	44%	18%	100%
Durchschnitt	53%	30%	17%	100%

Tabelle 11: Leistungswerte der Spritzgussmaschine M11 in %

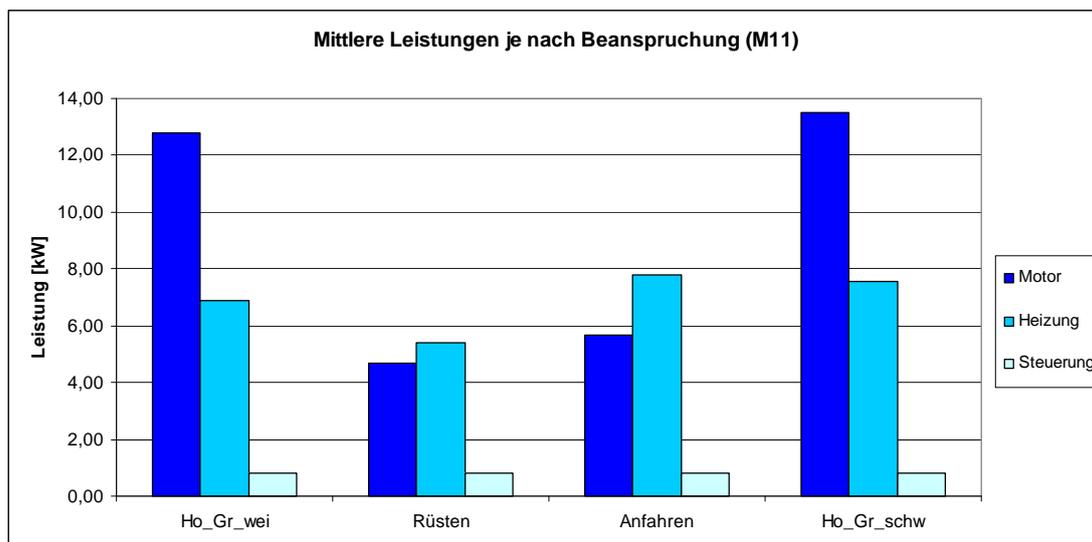


Abbildung 22 Leistung je nach Beanspruchung

Detailuntersuchungen der Spritzgussmaschine M11: Versuchsdurchführung und Auswirkungen auf den Energieverbrauch

Am zweiten Versuchstag wurden zwischen 9 und 16h einige Parameter verändert. Im Folgenden werden die einzelnen Versuche ausgewertet und interpretiert.

Versuchsprogramm:

Protokoll Verfahrenstechnische Versuche				
Datum	Uhrzeit Start	Uhrzeit Ende	Versuch	Beschreibung
01.07.2008	16:00		kV	
02.07.2008	08:50	09:14	V0	Variation Schließkraft 800 (Standard)
02.07.2008	09:14	10:12	V1	Variation Schließkraft 900
02.07.2008	10:12	10:50	V2	Variation Schließkraft 750
02.07.2008	10:50	11:12	V3	Schließgeschwindigkeit von 20/80/80/40 auf 100/100/100/45 ; Öffnungsgeschwindigkeit von 15/100/50 auf 20/100/100
02.07.2008	11:15	11:40	V4	Dosiergeschwindigkeit schneller - von 40%(60rpm) 23,7 sec auf 80%(117rpm) 16,7 sec
02.07.2008	11:50	12:15	V5	Dosiergeschwindigkeit langsamer - auf 32%(47rpm) 31 sec
02.07.2008	12:17	12:19	V6	Erhöhung Staudruck - Abbruch nach 1 Schuss
02.07.2008	12:20	14:41	V0	Standardeinstellungen
02.07.2008	14:42		kV	Rüstwechsel
				Neues Produkt

Tabelle 12: Überblick Versuchsprogramm M11

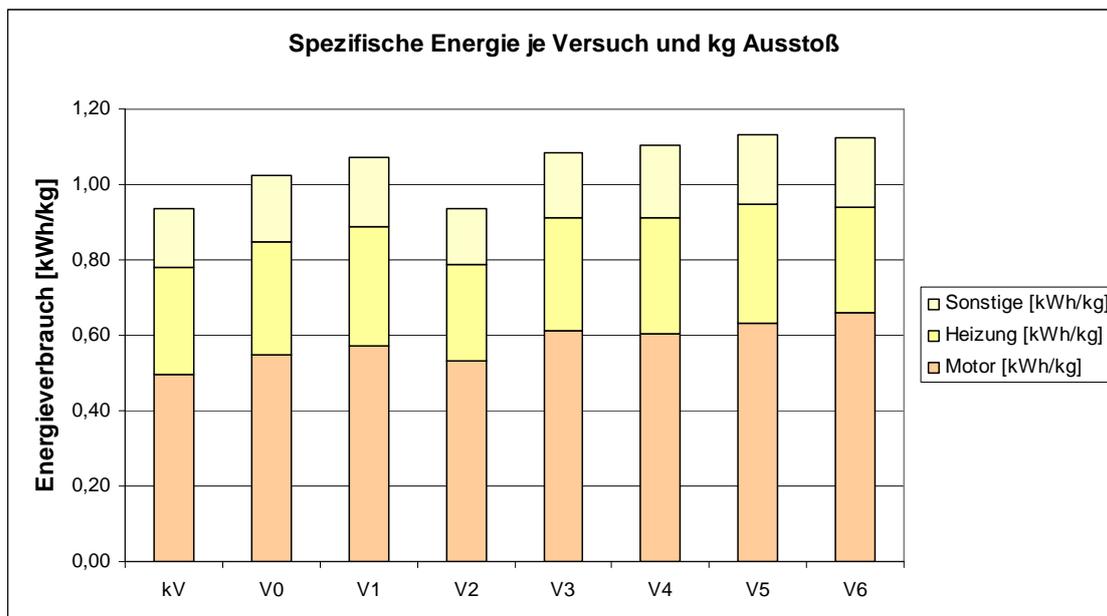


Abbildung 23: Auswertung Versuchsprogramm M11

Die Versuche haben gezeigt, dass innerhalb eines Produktes und Produktivitätsbereichs verfahrenstechnische Anpassungen nur geringfügige Änderungen des Energieverbrauchs nach sich ziehen. Am größten waren die Veränderungen bei der Veränderung der Schließkraft. Die

Standardeinstellung des Herstellers liegen mit der Einstellung V2 (geringste Schließkraft) am besten.

7.2 Auswertung der Messungen Extruder

Versuchsdurchführung:

Energiemessungen am 25. und 26.11. 2008 sowie am 20. und 21. April bei der Firma Internorm an Extrusionslinien zur Herstellung von Fensterprofilen. Dabei wurden folgende Messungen durchgeführt:

ENERGIEMESSUNG:		
	1. Extrusionlinie	Messung
	<ul style="list-style-type: none"> Extruder <ul style="list-style-type: none"> Strom Gesamt Antrieb Heizungen Extruder Wasser Linie <ul style="list-style-type: none"> Strombedarf Linie Kältebedarf Linie 	Cincinnati Cincinnati Cincinnati Cincinnati Cincinnati/PROFES Cincinnati PROFES Internorm (Zähler-EVU) 2-2b-2c Profes/Sattler Internorm/Profes Internorm (Zähler-EVU)
	Ducati Ducati Ducati Ducati Temp., Abschätzung Ducati Smartcase PT 1000 Messung Kältem.raum Kalk. Aus Erfahrungswerte	
	2. Extrusion Gesamt	
	<ul style="list-style-type: none"> 2a Extrusionslinien 2b Kältemaschinen Mischerei 	
	3. Internorm GESAMT	
	Produktionsdaten / Durchsatzmengen / Betriebsstunden	
	<ul style="list-style-type: none"> Extruder Extrusion Gesamt Mischerei 	Cincinnati Internorm Internorm
	EXcXP h-Extrusionsmengen h-Mischereimengen	

Die Erfassung erlaubt sowohl die Analyse von drei Einzellinien unterschiedlicher Bauart und Auslastung sowie die Erfassung des Gesamtverbrauchs der Extrusion.

Energieverbrauch der Extruder

Im Detail wurden drei Extrusionslinien untersucht, wobei jeweils unterschiedliche Produkte mit unterschiedlicher Auslastung gefahren wurden.

Versuchsdurchführung:

Linie 10	CMT 80L	KR 68 optimiert 300 kg/h
Linie 10	CMT 80L	KR 68 standard 300 kg/h
Linie 15	Argos 114	BR 8 350 kg/h
Linie 15	Argos 114	NR 68 500 kg/h
Linie 10	CMT 80L	Flügel D4 230 kg/h
Linie 12	Argos 93	Rahmen 305 kg/h

Linie 10 inklusive Wassermessung Temperatur und Durchfluss (Kältebedarf)

CMT 80L repräsentiert eine alte Maschinengeneration, die bei Internorm bereits über 10 Jahre im Einsatz sind. Argos 114 und Argos 93 sind neuere Maschinen, die seit einigen Jahren installiert werden. Die Argos 93 wurde insbesondere bereits mit neuen Verbesserungen im Bereich Energieeffizienz ausgestattet und wurde knapp vor Durchführung der Versuche im April 2009 installiert.

KR, BR, NR, D4 und Rahmen sind Produktbezeichnungen des jeweils hergestellten Produktes, in allen Fällen Fensterprofile aus PVC.

Gemessen wurde Extruder gesamt, Hauptmotor, elektrische Heizung Extruder, Heizung Werkzeug, Nachfolge. Aufgrund der Situation vor Ort sind in den Extrudermessdaten auch Regranulatdosierung und Förderung enthalten.

Auswertung Extruder:

Ergebnisse kW		Ausstoß	Extruder Gesamt	Spez. Energieverbrauch Extruder
Ereignis/Produkt		[kg/h]	[kW]	[Wh/kg]
CMT 80	-1- KR 68 "optimiert"	317	54,3	171,2
Linie 10	-5- Flügel D4	235	49,9	212,5
Argos 114	-3- NR 68 Doppelstrang	530	66,1	124,8
Linie 15	-4- BR 80 Einfach	325	48,0	147,8
Argos 93	Rahmen	305	38,9	127,5
Linie 12				

Ergebnisse %		Ausstoß	Extruder Gesamt	Spez. Energieverbrauch Extruder
Ereignis/Produkt		[kg/h]	[kW]	[Wh/kg]
CMT 80	-1- KR 68 "optimiert"	317	100%	171,2
Linie 10	-5- Flügel D4	235	100%	212,5
Argos 114	-3- NR 68 Doppelstrang	530	100%	124,8
Linie 15	-4- BR 80 Einfach	325	100%	147,8
Argos 93	Rahmen	305	100%	127,5
Linie 12				

Tabelle 13: Zusammenfassung spez. Energieverbrauch in [kW] und [%]

Der spezifische Energieverbrauch der Argos 114 liegt signifikant niedriger als der der CMT 80 L. Dies liegt vor allem an der effizienteren Heizung, optimierten Nebenaggregaten, der internen Schneckenkühlung und der Baugröße. Bei beiden Anlagen reduziert sich der spezifische Energieverbrauch bei höherer Auslastung.

Die Doppelstrangextrusion auf Argos 114 benötigt nur 58% des spezifischen Energiebedarfs im Vergleich zum Flügel D4 auf CMT 80 L.

Der Anteil des Hauptmotors liegt zwischen 62 und 76%, bei Argos 114 ist der Anteil der Nebenaggregate signifikant reduziert.

Am 20. und 21. April 2009 wurden zusätzlich Versuche bei der ARGOS 93 durchgeführt. Dieser Extruder ist der modernste Extruder unter den betrachteten Kunststoffverarbeitungsmaschinen. Aufgrund wesentlicher Weiterentwicklungen und Effizienzmaßnahmen liegt sein spezifischer Energiebedarf unter dem der anderen Kunststoffverarbeitungsmaschinen.

Der deutlich niedrigere spez. Energieverbrauch lässt sich auf die Verfahrenstechnik (Schneckengeometrie, Innentemperierung), den effizienteren Antrieb, Reduktion und Eliminierung von Nebenaggregaten sowie die Isolierung der Zylinder zurückführen.

Energieverbrauch der Nachfolge

Linie 10 CMT 80 - KOM 2003120		Kühlwasserbedarf												
	Ausstoß	Geschwindigkeit	Extruder Gerechnet Einzel	Nachfolge und Werkzeug	Anteil Extruder zu Nachfolge	Durch-fluss	Halle	VL	RL	Spreizung	Kühlleistung	Kältebedarf Material	Kühleffizienz	Anteilige elektrische Kälteleistung
Ereignis/Produkt	[kg/h]	[m/min]	[kW]	[kW]	[%]	[m ³ /h]	[°C]	[°C]	[°C]	[°C]	[kWth]	[kWth]		[kWel]
Ergebnis KR 68 optimiert	317	3,04	54,2	50,6	51,7	36,8	21,4	12,9	15,8	2,9	124	29,7	24%	38
Ergebnis KR 68 standard	317	3,04	54,1	56,3	49,0	41,2	21,7	13,4	15,8	2,4	116	29,6	25%	35
-5- Flügel D4														
Ergebnis Nicht eingezogen - "Leerlaufkühlbedarf"	235	2,50	49,9	48,3	50,8	41,2	21,8	12,9	14,6	1,8	84	21,9	26%	25
	235	2,50				41,2	20,8	12,6	14,2	1,6	77	0,0		23

Tabelle 14: Auswertung der Nachfolge, Strombedarf und Kühlleistung.

Aus der Auswertung sind im Zusammenhang mit der Nachfolge folgende Punkte hervorzuheben:

Der direkte Strombedarf der Nachfolge ist im etwa gleich hoch wie der des Extruders. Ein Großteil davon wird für Vakuummaggregat und Wasserpumpen benötigt.

Zusätzlich verbrauchen die Nachfolgen eine thermische Kühlleistung die im etwa dem 4-fachen des Wärmeinhalts des Produktes entsprechen. Somit kommen 75% der Kühlung nicht vom Produkt sondern aus der Erwärmung des Kühlwassers durch innere Reibung und die Umgebung.

Sowohl der Strombedarf als auch der Kühlbedarf der Nachfolgen ist fast unabhängig von der tatsächlichen Produktion. Auch bei geringem Ausstoß kommt es zu praktisch gleichem Strom- und Kältebedarf.

Selbst im Leerlauf (nicht eingezogene Produktion beim Anfahren) verbraucht die Nachfolge noch eine Kühlleistung von rund 90% des Bedarfs bei Produktion.

Dieser Kältebedarf muss durch die Kältemaschinen bereitgestellt werden, wo von einem Gesamtstrombedarf von etwa einem Drittel des thermischen Kühlbedarfs ausgegangen werden kann (siehe dann Gesamtbetrachtung).

Die Optimierungsversuche haben keine signifikanten Unterschiede im Kältebedarf gezeigt, jedoch eine Reduktion des Stromverbrauchs um rund 10%.

Vergleich des Energieverbrauchs der Extrusionslinien Ge-
samt

	Ergebnisse kW	Ausstoß	Extruder	Nachfolge	Linie gesamt	Spez. Energieverbrauch Extruder	Spez. Energieverbrauch Nachfolge	Spez. Energieverbrauch Extruder
		[kg/h]	[kW]	[kW]	[kW]	[Wh/kg]	[Wh/kg]	[Wh/kg]
CMT 80	-1- KR 68 "optimiert"	317	54,3	50,6	104,9	171	160	331
	-2- KR 68 "standard"	317	54,1	56,3	110,5	171	178	348
Linie 10	-5- Flügel D4	235	49,9	48,3	98,3	213	206	418
Argos 114	-3- NR 68 Doppelstrang	530	66,1	60,5	126,6	125	114	239
Linie 15	-4- BR 80 Einfach	325	48,0	63,3	111,3	148	195	343
Argos 93	Rahmen	305	38,9	56,8	95,7	128	186	314
Linie 12								

Tabelle 15: Vergleich aller Extrusionslinien

Der spezifische Energieverbrauch der Extrusionslinien liegt zwischen 239 und 418 Wh/kg ohne Berücksichtigung der Kälteleistung.

Da insbesondere die Nachfolge einen weitgehend konstanten Energieverbrauch aufweist, steigt die Effizienz mit der Auslastung der Linie stark an.

Energieverbrauch Extrusion gesamt

Neben der eigentlichen Extrusionslinie wird der Extrusionsprozess noch durch weitere Produktionsstufen ergänzt:

Mischerei – Erstellung des Materialdryblends

Förderung – Materialtransport zu den Extrusionslinien

Kältemaschinen – Erstellung der Kälte für die Kühlung des Materials bzw. Profils (im Mischer und in der Nachfolge der Extrusion)

Ergebnisse Kältemaschinen:

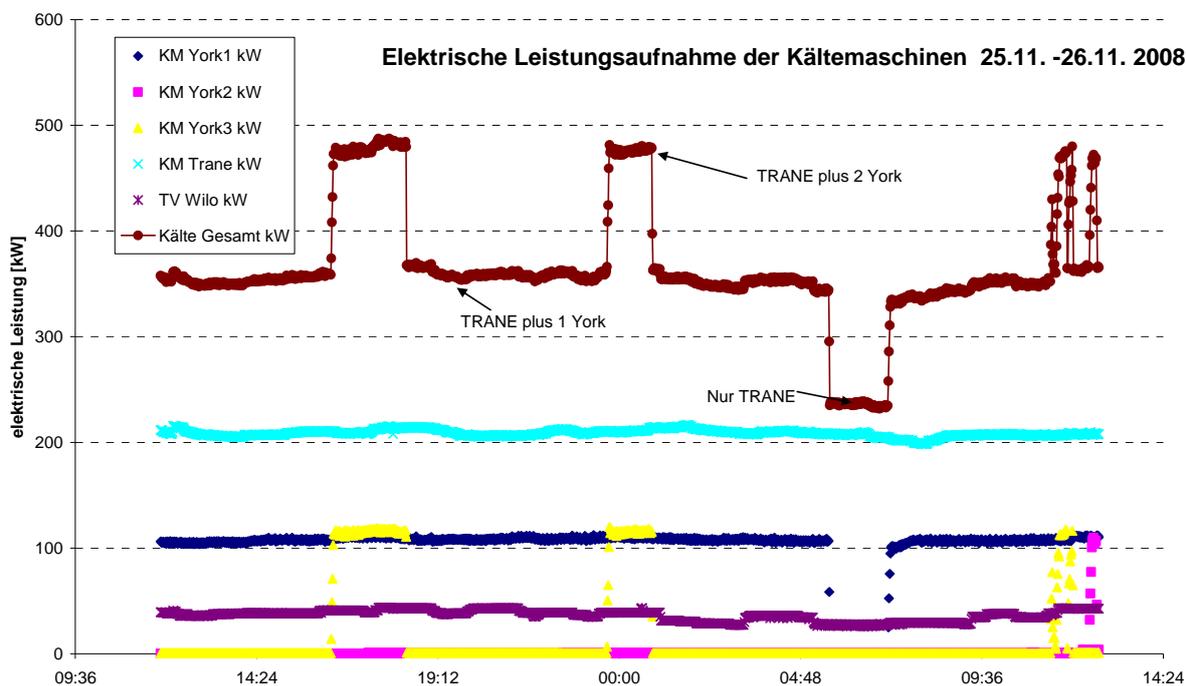


Abbildung 24 Messung des Energiebedarfs der Kältemaschinen

Der Energiebedarf der Kältemaschinen wurde über rund 24h gemessen und für die Gesamtbe- trachtung auf die Produktion in diesem Zeitraum übertragen. Kälte wird für die Mischerei und vor allem für die Extrusion benötigt.

Ergebnisse Mischerei:

	kg/Charge	Chargen- dauer [h]	Chargen/h	kWh/Charge	Wh/kg
Heissmischer	273	0,15	6,67	18,71	68,5
Kaltmischer		0,15	6,67	2,81	10,3
Mischer gesamt				21,51	78,8
Peripherie 10%					7,9
Mischerei Gesamt			6,67	23,66	86,7

Tabelle 16: spezifischer Energiebedarf der Mischerei

Der Energieverbrauch der Mischerei wurde aus dem Betriebssystem der Firma Internorm ent- nommen und auf die Produktion der Extrusion normalisiert (Ausgleich des Batchbetriebes der Mischerei).

Gesamtübersicht der Extrusion gesamt:

Durchschnittliche elektrische Leistung der Profilextrusion, Periode 25.11.	Produktion Extrusion	elektrische Gesamtleistung	Mischerei und Förderung	Förderung	Extruder	Nachfolgen	Kältemaschinen	thermische Kälteleistung
Leistung	[kg/h]	[kW]	[kW]	[kW]	[kW]	[kW]	[kWel]	[kWth]
	2.721	1.588	236	55	489	456	352	1.163

Tabelle 17: Gesamtübersicht in kW

Durchschnittliche elektrische Leistung der Profilextrusion, Periode 25.11.	Produktion Extrusion	elektrische Gesamtleistung	Mischerei	Förderung	Extruder	Nachfolgen
Leistung	[kg/h]	[Wh]	[Wh]	[Wh]	[Wh]	[Wh]
	2.721	584	87	20	180	168

Tabelle 18: Gesamtübersicht des spezifischen Energieverbrauchs der Extrusion in Wh/kg

Einsparungspotential:

Die Ausnutzung eines Einsparpotentials an elektrischer Energie von 20% ergibt ein Energiekosteneinsparungspotential von rund € 332.000.- pro Jahr.

Wirtschaftlichkeitsberechnung

Reduktion des Kühlaufwandes der Nachfolge

Anhand der Messdaten der Nachfolge der CMT 80 (Linie 10) der Messung von 25. und 26.11.2008 bei Fa. Internorm, werden folgend drei Szenarien betrachtet und ausgewertet.

Messung	Durchfluss	Halle	VL	RL	Spreizung	Kälteleistung	Kältebedarf Material	Kühleffizienz	Anteilige elektrische Kälteleistung
	[m3/h]	[°C]	[°C]	[°C]	[°C]	[kWth]	[kWth]		[kWel]
KR 68 - optimiert	36,8	21,4	12,9	15,8	2,9	124	29,7	24%	38

Tabelle 19: Messdaten der Nachfolge vom 25. und 26.11.2008, Fa. Internorm

Zur weiteren Betrachtung der Szenarien wird festgelegt, dass die Leistung der Pumpen pro Nachfolge bzw. Extrusionslinie 4kW beträgt. Die Betriebsstunden betragen 7.500h/Jahr bei einem Strompreis von 0,12€/kWh

Die elektrische Kälteleistung des Kompressors wurde mit einem COP-Wert von 3,3 auf Grund des thermischen Kältebedarfs errechnet.

Einsparung an Kühlwassermenge

Die Einsparung an Kühlwassermenge ergibt bei gleichbleibender thermischer Kühlleistung des Kunststoffes auf Grund des Energieerhaltungssatzes durch eine Erhöhung der Spreizung des Kältemittelmediums. Die Erhöhung des Temperaturniveaus kann eine bessere energetische Nutzung zur Folge haben. Dies würde bedeuten, dass die im Kältemittelmedium enthaltene Energie exergetisch nutzbar gemacht werden könnte.

Nicht beeinflussbar von dieser Maßnahme ist der Kältebedarf des Kunststoffes. Dieser ist als konstante Größe im Prozess anzusehen.

Als Ergebnis dieser Maßnahme sinkt auf Grund der geringeren Kältemittelmenge die Pumpenergie.

Auswertung

Für diese Szenarien wird angenommen, dass Einsparungen der Kältemittelmenge von 10%, 20% und 30% erzielt werden können (beispielsweise durch Verbesserungsmaßnahmen im Kalibriertisch).

In der Tabelle sind die Ergebnisse der Berechnung dargestellt.

	Ist-Zustand	-10%	absolute Änderung	relative Änderung	Einsparung in €/a/Linie	Einsparung in €/a/bei 15 Linien
Kälteleistung in kW _{th}	124,00	124,00		0%		
Kälteleistung in kW _{el}	38,00	38,00		0%		
Pumpleistung in kW _{el}	4,00	2,92	1,08	-27%	975,60	14.634,00
Kältemittelmenge in m ³ /h	36,80	33,12	3,68	-10%		
Spreizung in °C	2,90	3,22	0,32	11%		

	Ist-Zustand	-20%	absolute Änderung	relative Änderung	Einsparung in €/a/Linie	Einsparung in €/a/bei 15 Linien
Kälteleistung in kW _{th}	124	124		0%		
Kälteleistung in kW _{el}	38,00	38,00		0%		
Pumpleistung in kW _{el}	4,00	2,05	1,95	-49%	1.756,80	26.352,00
Kältemittelmenge in m ³ /h	36,8	29,44	7,36	-20%		
Spreizung in °C	2,90	3,62	0,72	25%		

	Ist-Zustand	-30%	absolute Änderung	relative Änderung	Einsparung in €/a/Linie	Einsparung in €/a/bei 15 Linien
Kälteleistung in kW _{th}	124	124		0%		
Kälteleistung in kW _{el}	38,00	38,00		0%		
Pumpleistung in kW _{el}	4,00	1,37	2,63	-66%	2.365,20	35.478,00
Kältemittelmenge in m ³ /h	36,8	25,76	11,04	-30%		
Spreizung in °C	2,90	4,14	1,24	43%		

Tabelle 20: Ergebnisse der berechneten Einsparung bei Reduktion der Kältemittelmenge pro Extrusionslinie

Aus den Berechnungen geht hervor, dass bei Änderung der Kältemittelmenge bis 30% die absolute Änderung der Spreizung bei gleichbleibender thermischer Kälteleistung nur sehr gering ausfällt. Damit zeigt sich umgekehrt, dass bereits geringe Erhöhungen der Gesamtspreizung einer Linie große Auswirkungen haben können.

Aus der Einsparung der Pumpleistung geht bei den in Kapitel 5 angeführten Betriebsstunden und Stromkosten hervor, dass pro Jahr und 15 Produktionslinien eine Einsparung von bis zu 35.500 EUR möglich sind.

Einsparung an Kältebedarf

Kann auf Grund von Eingriffen in den Produktionsprozess der Kältebedarf im Kühlverfahren reduziert werden, ergibt dies eine gleiche relative Änderung der thermischen Kälteleistung. Auf Grund der Änderung der thermischen Kälteleistung ergibt sich, dass die elektrische Kälteleistung der Kältemaschine dieselbe relative Änderung erfährt. Erreicht wird diese Reduktion durch Verbesserung des Kühlwirkungsgrades – also weniger Verluste, die derzeit rund zwei Drittel des Kühlbedarfs einer Linie ausmachen.

Wie aus den vorherigen Berechnungen hervorgeht, ändert sich die Spreizung des Kühlmittels nur sehr wenig. Darum erscheint es sinnvoll anzunehmen, dass bei gleichbleibender Spreizung die Kühlmittelmenge auf Grund des Energieerhaltungssatzes sinkt.

Aufgrund des geringeren Volumenstroms der Kühlmittelmenge sinkt die Pumpenergie und somit ergeben sich Einsparungen bei den Energiekosten.

Auswertung

Für dieses Szenario wird angenommen, dass Einsparungen des Kältebedarfs von 10%, 20% und 30% erzielt werden können. Dies setzt Eingriffe in den Kühlprozess voraus.

	Ist-Zustand	-10%	Änderung	Änderung in %	Einsparung in €/a/Linie	Einsparung in €/a/bei 15 Linien
Kälteleistung in kWth	124,00	111,60	12,40	-10%		
Kälteleistung in kWel	38,00	34,20	3,80	-10%	4.395,60	65.934,00
Pumpleistung in kWel	4,00	2,92	1,08	-27%		
Kältemittelmenge in m³/h	36,80	33,12	3,68	-10%		
Spreizung in °C	2,90	2,90				
	Ist-Zustand	-20%	Änderung	Änderung in %	Einsparung in €/a/Linie	Einsparung in €/a/bei 15 Linien
Kälteleistung in kWth	124	99,2	24,8	-20%		
Kälteleistung in kWel	38,00	30,40	7,60	-20%	8.596,80	128.952,00
Pumpleistung in kWel	4,00	2,05	1,95	-49%		
Kältemittelmenge in m³/h	36,8	29,44	7,36	-20%		
Spreizung in °C	2,90	2,90				
	Ist-Zustand	-30%	Änderung	Änderung in %	Einsparung in €/a/Linie	Einsparung in €/a/bei 15 Linien
Kälteleistung in kWth	124	86,8	37,2	-30%		
Kälteleistung in kWel	38,00	26,60	11,40	-30%	12.625,20	189.378,00
Pumpleistung in kWel	4,00	1,37	2,63	-66%		
Kältemittelmenge in m³/h	36,8	25,76	11,04	-30%		
Spreizung in °C	2,90	2,90				

Tabelle 21: Ergebnisse der berechneten Einsparung bei Reduktion der Kälteleistung

Die Berechnungen zeigen, dass unter Einhaltung des Energieerhaltungssatzes die Kältemittelmenge dieselbe relative Änderung ergibt, wie die relative Änderung der Kälteleistung.

Die Einsparungen in diesem Szenario ergeben sich aus den Einsparungen durch die Pumpleistung und in diesem Szenario zusätzlich durch die Reduktion der elektrischen Kälteleistung.

Dabei ergibt sich bei den in Kapitel 5 angenommenen Betriebsstunden und Stromkosten ein weitaus höheres Einsparungspotential auf Grund der Reduktion der elektrischen Kälteleistung, die aus der Reduktion des Kältebedarfs hervorgeht.

Kombination der Szenarien

Kombiniert man die Szenarien und reduziert man die Kühlmittelmenge und den Kältebedarf, so ergibt sich bei gleichbleibender Spreizung des Kühlmittelmediums eine Reduktion der thermischen Kälteleistung auf Grund der Reduktion der Kältemittelmenge (Energieerhaltungssatz) um dieselbe relative Änderung.

Auf Grund der Reduktion des Kältebedarfs sinkt die Kältemittelmenge um dieselbe relative Änderung.

Somit sinkt die Kältemittelmenge um das Doppelte der relativen Änderung des Kältebedarfs.

Damit ergeben sich Einsparungen auf Grund einer geringeren Pumpenleistung und elektrischen Kälteleistung.

Auswertung

Für dieses Szenario wird angenommen, dass Einsparungen des Kältebedarfs von 10%, 20% und 30% und der Kältemittelmenge von 20%, 40% und 60% erzielt werden können. Dies setzt größere Eingriffe in den Produktionsprozess voraus und wird in diesem Umfang nicht umsetzbar sein.

In der Tabelle sind die Ergebnisse der Berechnung ersichtlich.

	Ist-Zustand	-10%/-20%	Änderung	Änderung in %	Einsparung in €/Linie	Einsparung in €/a bei 15 Linien
Kälteleistung in kW _{th}	124,00	99,37	24,63	-20%		
Kälteleistung in kW _{el}	38,00	34,20	3,80	-10%	5.176,80	77.652,00
Pumpleistung in kW _{el}	4,00	2,05	1,95	-49%		
Kältemittelmenge in m ³ /h	36,80	29,44	7,36	-20%		
Spreizung in °C	2,90	2,90	0,00	0%		

	Ist-Zustand	-20%/-40%	Änderung	Änderung in %	Einsparung in €/Linie	Einsparung in €/a bei 15 Linien
Kälteleistung in kW _{th}	124	74,53	49,47387	-40%		
Kälteleistung in kW _{el}	38,00	30,40	7,60	-20%	9.662,40	144.936,00
Pumpleistung in kW _{el}	4,00	0,86	3,14	-78%		
Kältemittelmenge in m ³ /h	36,8	22,08	14,72	-40%		
Spreizung in °C	2,90	2,90	0,00	0%		

	Ist-Zustand	-30%/-60%	Änderung	Änderung in %	Einsparung in €/Linie	Einsparung in €/a bei 15 Linien
Kälteleistung in kW _{th}	124	49,68	74,31591	-60%		
Kälteleistung in kW _{el}	38,00	26,60	11,40	-30%	13.629,60	204.444,00
Pumpleistung in kW _{el}	4,00	0,26	3,74	-94%		
Kältemittelmenge in m ³ /h	36,8	14,72	22,08	-60%		
Spreizung in °C	2,90	2,90	0,00	0%		

Tabelle 22: Ergebnisse der berechneten Einsparung bei Reduktion der Kälteleistung

Die Berechnung zeigt deutlich, wie sich die Kombination der Szenarien auf den elektrischen Leistungsbedarf auswirken. Im Vergleich zu den beiden vorhergehenden Szenarien aus den vorigen Kapiteln ergibt sich eine deutliche Steigerung der Einsparungspotentiale.

Fazit – Reduktion Kühlaufwand der Nachfolge

Die Berechnungen ergeben, dass Einsparungspotentiale gegeben sind. Die am Einfachsten umzusetzende Maßnahme wäre, die Kältemitteldurchflussmenge zu reduzieren. Hierbei ergeben sich bei Reduktion von 10% Kältemittelmenge eine Einsparung von 14.634€ pro Jahr bei 15 Produktionslinien.

Ansatzpunkt sind Maßnahmen an der Kalibrierung und Kühlung, um den Kältebedarf und die Kältemengen nur im Umfang des Bedarfs (plus Sicherheit) bereitzustellen und Verluste zu reduzieren (Reduktion des Überlaufs). Dadurch würden auch die Maßnahmen greifen, die von den Nachfolgebauern schon angedacht werden. Wichtig ist die Abstimmung der Bereitstellung der Kälte vom Gesamtsystem an die Linie mit der Regelung der Linie. Ist dies möglich, stehen sehr hohe Einsparungspotentiale zur Verfügung.

Umstieg auf eine effizientere Kunststoffverarbeitungsmaschinen

In dieser Versuchsreihe wurden drei Kunststoffverarbeitungsmaschinen gegenübergestellt. Dabei handelt es sich um eine CMT 80 L, eine ARGOS 114 und eine ARGOS 93 der Firma Cincinnati. Die ARGOS 93 ist die neueste Maschine unter den betrachteten Kunststoffverarbeitungsmaschinen, die CMT 80 L die Älteste. Die Messdaten wurden am 25. und 26.11.2008 sowie am 20. und 21.04.2009 aufgenommen.

Gegenüberstellung und Vergleich der unterschiedlichen Maschinen

Bei dieser Betrachtung wird nur der Extruder untersucht. Die Nachfolge bleibt unbehandelt. In der Tabelle sind die erforderlichen Messdaten der Maschinen angeführt. (Es ist anzumerken, dass jeweils Dosiergeräte das Ergebnis aller Anlage erhöhen)

	Produkt	Ausstoß	spez. Energiebedarf Extruder
CMT 80L	Flügel D4	235	213
	KR 68	317	171
ARGOS 114	BR Einfach	325	148
	NR 68 Doppelstrang	530	125
ARGOS 93	60% Garantiausstoß	228	154
		301	129
	Rahmen	305	128
		342	130
	100% Garantiausstoß	380	138
		382	132

Tabelle 23: Zusammenfassung Vergleich aller betrachteten Maschinen und Einstellungen

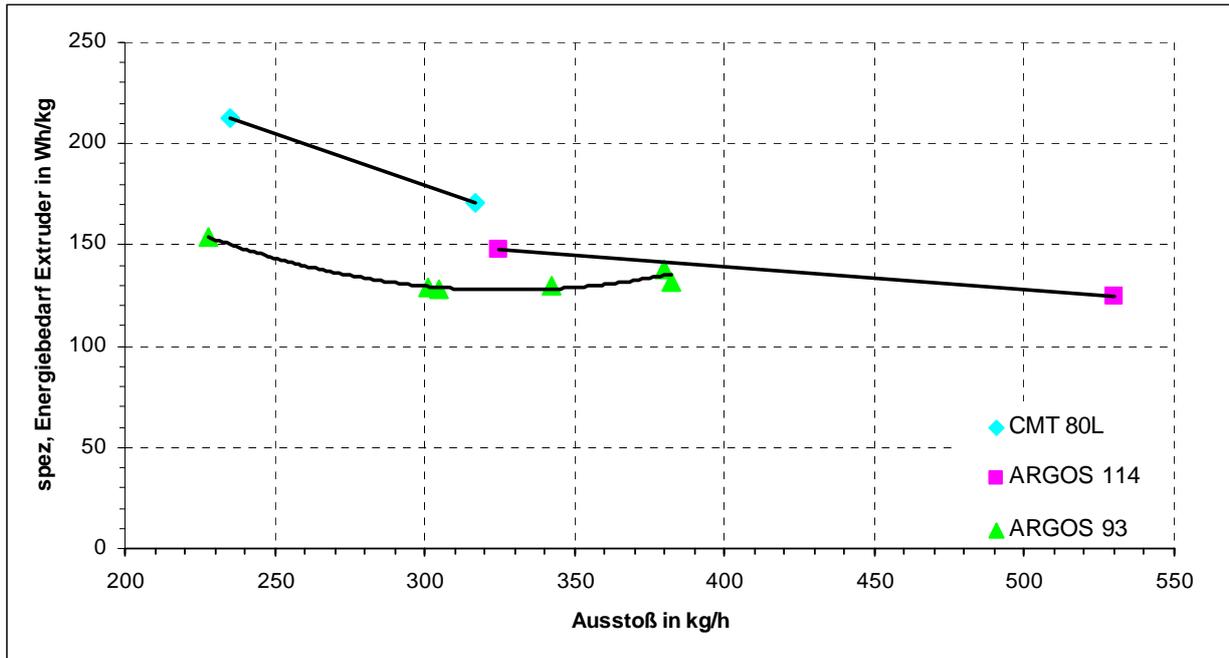


Abbildung 25: Vergleich der Maschinen bezogen auf Ausstoß und spez.chen Energieverbrauch

In der Abbildung ist deutlich der Unterschied der 3 betrachteten Maschinen zu erkennen.

Die neue Maschinengeneration arbeitet deutlich effizienter. Im jeweiligen Optimum arbeiten beide Maschine mit rund 125 kWh/kg – und das inklusive aller Aggregate und nicht nur des Hauptmotors (wie dies oft verkürzt dargestellt wird).

Bei den Maschinen CMT 80 L und ARGOS 114 sind nur Daten zweier Produktionseinstellungen je Maschine vorhanden. Deshalb kann der tatsächliche spezifische Energiebedarf des Extruders von der Trendlinie zwischen den Datenpunkten der Produktionseinstellung abweichen.

Wie der tatsächliche Verlauf der Trendlinie aussehen könnte, zeigt die Trendlinie zwischen den Messpunkten der ARGOS 93. Der Verlauf dieser Trendlinie lässt sich wie folgt erklären.

Bei geringerem Ausstoß fließen vor allem die Grundlasten der Maschine in den spezifischen Energiebedarf mit ein. Deshalb sinkt mit steigendem Ausstoß der spezifische Energiebedarf, bis zu einem Punkt, an dem die Steigung der Trendlinie null ist. Dieser Punkt ist im Optimalfall der Arbeitspunkt des Extruders. Dieser Punkt liegt bei einem Ausstoß von rund 325 kg/h. Bei Überschreiten dieses Ausstoßes, steigt der spezifische Energiebedarf wieder an. Neben maschinenbedingten Faktoren ist dies aber auch auf Grund eines höheren Massedrucks und somit eines höheren mechanischen Aufwandes erforderlich.

Im Folgenden wird eine Amortisationsrechnung durchgeführt, wobei die Kunststoffverarbeitungsmaschinen untereinander verglichen werden.

Dabei wurde mit 7.500 Betriebsstunden pro Jahr, mit 0,12€/kWh und mit Kosten für eine ARGOS 93 von 250.000€ gerechnet.

CMT 80 L – ARGOS 93 bei 235 kg/h Ausstoß

Die CMT 80 L wird im ersten Arbeitspunkt mit 235 kg/h Ausstoß betrieben. Nun wird errechnet, welche finanzielle Einsparung pro Jahr sich im Vergleich mit einer ARGOS 93 bei ebenfalls 235 kg/h Ausstoß ergibt.

Dazu wurde zuerst der spezifische Energiebedarf der ARGOS 93 bei 235 kg/h aus der Abbildung anhand der Trendlinie ermittelt und ergibt einen spezifischen Energiebedarf von 150 Wh/kg.

Die genauen Daten für die Berechnung, mit Berechnung der Amortisationszeit, sind in der Tabelle 54 abgebildet.

Maschine	Produkt	kg/h	Wh/kg	kWh/a	€/a	Einsparung/a	Amortisation in a
CMT 80L	Flügel D4	235	213	375.413	45.050	13.325	18,8
ARGOS 93		235	150	264.375	31.725		

Tabelle 24: Berechnung der Amortisationszeit 235 kg/h zwischen CMT 80 L und ARGOS 93

Die Berechnung ergibt eine Amortisationszeit von 18,8 Jahren, bei einer Einsparung von 13.325€ pro Jahr.

Das bedeutet, dass aus alleiniger energetischer Sicht kein Tausch gerechtfertigt ist, jedoch in Kombination mit Ersatzteil- und Wartungseinsparungen und/oder verfahrenstechnischen Überlegungen ein wesentlicher Zusatzbenefit allein durch die Energieeinsparung erwirtschaftet wird.

CMT 80 L – ARGOS 93 bei 317 kg/h Ausstoß

Die CMT 80 L wird im 2. Arbeitspunkt mit 317 kg/h Ausstoß betrieben. Nun wird errechnet, welche finanzielle Einsparung pro Jahr sich im Vergleich mit einer ARGOS 93 bei ebenfalls 317 kg/h Ausstoß ergibt.

Dazu wurde zuerst der spezifische Energiebedarf der ARGOS 93 bei 317 kg/h durch Interpolation ermittelt und ergibt einen spezifischen Energiebedarf von ca. 129 Wh/kg.

Die genauen Daten für die Berechnung, mit Berechnung der Amortisationszeit, sind in Tabelle 25 abgebildet.

Maschine	Produkt	kg/h	Wh/kg	kWh/a	€/a	Einsparung/a	Amortisation in a
CMT 80L	KR 68	317	171	406.553	48.786	11.983	20,9
ARGOS 93		317	129	306.698	36.804		

Tabelle 25: Berechnung der Amortisationszeit 235 kg/h zwischen CMT 80 L und ARGOS 93

Die Berechnung ergibt eine Amortisationszeit von 20,9 Jahren, bei einer Einsparung von 11.983€ pro Jahr.

Das Ergebnis weicht nur unwesentlich ab.

ARGOS 114 – ARGOS 93

Die ARGOS 114 wird in zwei Arbeitspunkten mit 325 kg/h und 530 kg/h Ausstoß betrieben. Für den Vergleich mit der ARGOS 93 ist nur ein Ausstoß von 325 kg/h von Interesse, da die ARGOS 93 einen max. Garantieausstoß von 380 kg/h besitzt.

Tabelle: Berechnung der Amortisationszeit 235 kg/h zwischen ARGOS 114 und ARGOS 93

Die Berechnung ergibt eine Einsparung von 5.558€ pro Jahr. Damit sind Überlegungen der Maschinengröße innerhalb einer Baureihe gleicher Energieeffizienz aus energetischer Sicht nur von geringer Bedeutung. Im Zuge der Maschinenbelegung sollte der jeweilige Energieverbrauch jedoch durchaus berücksichtigt werden.

Doppelstrangextrusion

Interessant wird ein großer Extruder aber dann durch Doppelstrangextrusion und den Ersatz von zwei veralteten Einstranglinien, wie in den folgenden beiden Tabellen dargestellt.

Neben den Extrudereinsparungen bringt die Doppelstrangextrusion auch eine drastische Senkung des Energiebedarfs der Nachfolge, da die Nachfolgen einen sehr hohen fixen bzw. konstanten Energiebedarf aufweisen. Dazu kommt noch ein geringerer Kühlbedarf, da die meiste Kühlung in den Nachfolgen durch Verluste auftritt, die dann bei Doppelstrang auf den doppelten Ausstoß verteilt werden.

Betrachtet man das Szenario, dass eine Argos 114 in Doppelstrang zwei CMT 80 L in Einzelstrang ersetzt, so ergibt sich aus der Berechnung mit den oben angegebenen Messdaten eine Einsparung von 110.000 € pro Jahr.

Ereignis	Ausstoß [kg/h]	Spez. Energieverbrauch Extruder [Wh/kg]	Spez. Energieverbrauch Nachfolge [Wh/kg]	Spez. Energieverbrauch Kühlbedarf [Wh/kg]	Spez. Energieverbrauch LINIE GESAMT inkl. KÜHLBEDARF [Wh/kg]
CMT 80					
Flügel D4	265	213	206		
Flügel D4	265	213	206		
Gesamt 2x CMT 80L Einstrang	530	213	206	131	550
Argos 114					
1x Argos 114 Doppelstrang	530	125	114	80	319
Einsparung Argos 114 Doppelstrang		88	92	52	232

Tabelle 26: Überblick spez. Energieverbrauch (Daten aus Versuchsreihen Kunststoffverarbeitungsmaschinen siehe oben)

Annahmen:

Betriebsdauer 7500 h/a
Strompreis 0,12 €/kWh

Einsparung Extruder:

	Ausstoß kg/h	Energiebedarf pro Jahr [kWh]	€/a	Ersparnis in €/a
2 x CMT 80	530	846.675	101.601	
ARGOS 114	530	495.885	59.506	42.095

Einsparung Nachfolge:

	Ausstoß kg/h	Energiebedarf pro Jahr [kWh]	€/a	Ersparnis in €/a
2 x CMT 80	530	818.850	98.262	
ARGOS 114	530	453.150	54.378	43.884

Tabelle 27: Überblick spez. Energieverbrauch (Daten aus Versuchsreihen Kunststoffverarbeitungsmaschinen siehe oben)

			Leistung [kW el]	Energiebedarf pro Jahr [kWh]	Einsparung EUR/a
CMT 80	34,8	2/Linie	69,6	522.000	
Argos 114	42,3	1/Linie	42,3	317.250	
Differenz			27,3	204.750	24.570

Tabelle 28: Überblick Einsparung Kühlwasserbedarf (Daten aus Versuchsreihen Kunststoffverarbeitungsmaschinen siehe oben)

Gesamtenergieeinsparung pro Jahr

Einsparung Extruder, Nachfolge und Kühlung:

	Ausstoß kg/h	Energiebedarf Linie pro Jahr [kWh]	€/a	Erspamis in €/a
2 x CMT 80	530	2.187.525	262.503	110.549
ARGOS 114	530	1.266.285	151.954	

Tabelle 29: Überblick Gesamteinsparung Doppelstrangextrusion (Daten aus Versuchsreihen Kunststoffverarbeitungsmaschinen siehe oben)

Die Gesamteinsparung an Energie allein ist in der Lage, die Investition in moderne Doppelstrangextrusionslinien zu amortisieren und bringt jedenfalls sehr hohe Beiträge in die Investitionsüberlegung ein.

Fazit: Der Ersatz neuer moderner effizienter Extruder stellt ein wesentliches Einsparungspotential dar. Beim Ersatz im Bereich gleichen Ausstoßes kann die Energieeinsparung einen wesentlichen Beitrag zur Wirtschaftlichkeit leisten, beim Umstieg auf Doppelstrang kann die Energieeinsparung sogar die Wirtschaftlichkeit der Investition alleine tragen.

8 Energieeffizienzlabel

8.1 Einleitung

Das folgende Kapitel definiert die Energieeffizienzlabels für Spritzguss und Extrusion. Wichtig dabei war in einem ersten Schritt die Definition der Art des Labels und damit verbunden die Frage inwieweit auch andere Hersteller dieses Label nutzen können. Im nächsten Schritt wurden dann die Effizienzkriterien für das Label ausgewählt. Generell kann bei den Kriterien zwischen quantitativen, messbaren oder qualitativen, nichtmessbaren Kriterien (z.B. Anlageneigenschaften) unterschieden werden. Danach wurde die Formel bzw. Rechenvorschrift zur Berechnung des im Label ausgewiesenen Energieeffizienzindex definiert. Mit dem Energieeffizienzindex wurden dann die Energieklassen A-G definiert. Auf Basis durchgeführter Messungen nach definierten Messstandards können dann Maschinen in die Energieklassen A-G unterteilt werden. Im letzten Teil ist das Labeldesign erklärt und die Auszeichnung zweier Maschinen, je eine Spritzguss- und eine Extrusionsmaschine, dargestellt.

8.2 Einteilung und Definition des Energieeffizienzlabels

Energieeffizienzlabels sind informative Labels, die die Energieperformance eines Produktes beschreiben. Diese Labels geben KundInnen die notwendigen Daten, um Energieeffizienz als Kauf- bzw. Investitionsentscheidung verwenden zu können.

Zufolge der Unterteilung der Labels nach ISO Normen 14020ff. ist ein Energieeffizienzlabel, in dem nur ein Kriterium und nicht der gesamte Produktlebenszyklus bewertet wird, vom Labeltyp II (siehe Kapitel 5).

Bei der Auswahl und Umsetzung des Energieeffizienzlabel müssen verschiedenste Kriterien in Betracht gezogen werden: verpflichtend oder freiwillig, beschreibend oder vergleichend, Einfach bzw. Mehrfachnutzung, etc.

Rechtsverbindliche Labels müssen gesetzlich umgesetzt werden z.B. EU-Label für Kühlschränke und freiwillige Label helfen den führenden Produkten in einem Bereich, ihre Vorzüge am Markt vorzustellen.

Beschreibende Labels werden auch als „Gütesiegel“ bezeichnet, wobei bestimmte Kriterien erfüllt werden müssen. Beschreibende Labels geben dem Konsumenten die Möglichkeit, die Vorzüge verschiedener ähnlicher Produkte mittels diskreter Kategorien oder auf einer kontinuierlichen Skala miteinander zu vergleichen [Wiel, 2005]. In diesem Bericht liegt das Hauptaugenmerk auf vergleichenden Labels, da die Verwendung von beschreibenden Labels bei der Bewertung von Energieeffizienz von Industriemaschinen nur beschränkt sinnvoll ist. Es war daher das Ziel, für die beiden Bereiche Extrusion und Spritzguss ein freiwilliges Energieeffizienzlabel zu erstellen, das einen Vergleich von Maschinen verschiedener Hersteller erlaubt.

Hierzu kann man bei Energieeffizienzlabels in Bezug auf deren Glaubwürdigkeit und der Anzahl der möglichen Anwender z.B. Unternehmen verschiedene Ansätze wählen (siehe Abbildung 26).

Die Glaubwürdigkeit ist von der Informationsbereitstellung über die Messmethode und der Effizienzkriterien abhängig. Durch die Bereitstellung der Messmethode, der Energieeffizienzkriterien und der Energieklasseneinteilung auf deren Homepage (<http://www.europump.eu>), hat beispielsweise das Energielabel für Pumpen eine hohe Glaubwürdigkeit. Bei dem Energielabel der Firma Arburg „e²“ (<http://www.arburg.com>) sind hingegen die Kriterien wie auch die Messmethode nicht klar definiert.

Klassifizierung von Energieeffizienzlabels

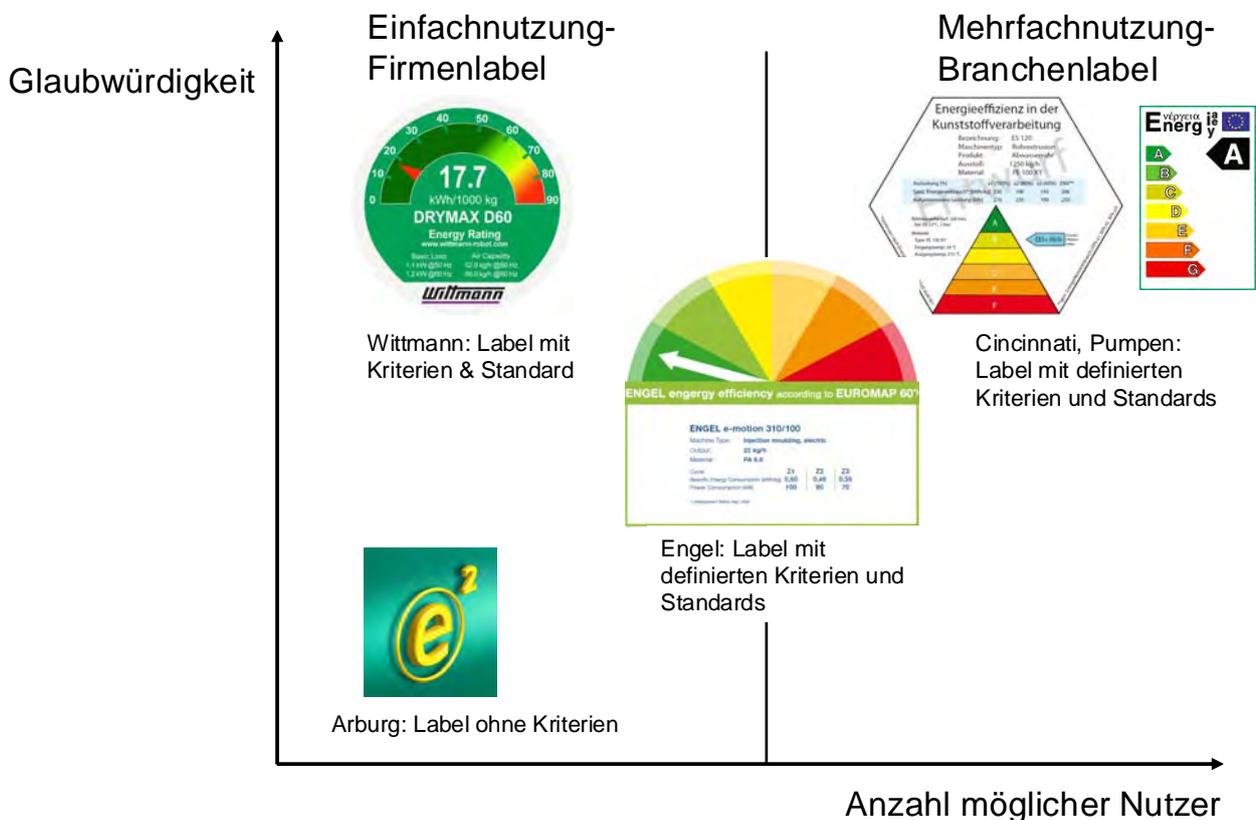


Abbildung 26 Einteilung von Energieeffizienzlabels nach Glaubwürdigkeit und Anzahl möglicher Nutzer [Pamminger, 2010]

Die Anzahl möglicher Nutzer beschreibt die Unternehmen, für die das Label interessant sein kann. Die Firma Wittmann hat beispielsweise ein firmeninternes Label für Lufttrockner entwickelt [Vierling, A, 2008]. Da es ein Firmenlabel ist, es handelt sich somit um eine Einfachnutzung, kann es nicht für andere Unternehmen und Produkte verwendet werden. Dies schränkt die Vergleichbarkeit ein. Wäre das Label zur Mehrfachnutzung als Branchenlabel entwickelt worden, müssten dazu Kriterien veröffentlicht werden. Dies steigert die Glaubwürdigkeit eines Labels. Die Pumpenindustrie hat in Zusammenarbeit mit der EU ein Energielabel entwickelt

(<http://www.europump.eu/>). Das Label kann auf freiwilliger Basis von den Herstellern verwendet werden. Aufgrund der Marktanforderungen ist es in der Branche weit verbreitet.

Durch die unterschiedlichen Ausgangsbedingungen in den beiden Bereichen Spritzguss und Extrusion wurde in Bezug auf Einfach- bzw. Mehrfachnutzung ein anderer Ansatz gewählt. Bei den Extrudern war das Ziel ein Energieeffizienzlabel zu entwickeln, das für die gesamte Branche angewendet werden kann und damit auch die Kriterien für alle bekannt und verständlich sind. Bei Spritzgussmaschinen ist mit der Umsetzung der EUROMAP 60, mit Standardisierung der Energiemessung, ohnehin schon die Vergleichbarkeit verschiedenen Maschinen sichergestellt. Bei der Umweltkommunikation konnte sich das EUROMAP Konsortium in dem alle namhaften Maschinenhersteller vertreten sind bisher noch nicht auf ein gemeinsames Label einigen. Im vorliegenden Forschungsprojekt wurde in Erwartung eines gemeinsamen Label auf EU-Ebene auf Wunsch des Projektpartners daher zunächst ein Firmenlabel, das nur vom Projektpartner verwendet werden kann entwickelt. Methodisch baut dieses jedoch auf den europäischen Überlegungen in EUROMAP 60 auf und verwendet auch dessen Methode den Energieverbrauch zu messen. Damit wurde auch im für den Spritzgussbereich ein guter Kompromiss zwischen europäischer Harmonisierung und rascher Umsetzung gefunden.

Im Folgenden werden die Schritte zur Erstellung des Branchen-Energieeffizienzlabels für Extruder und das entwickelte firmeninterne Label der Firma Engel vorgestellt.

8.3 Effizienzkriterien

Grundsätzlich können quantitative und qualitative Kriterien definiert werden. Quantitative Effizienzkriterien sind mess- und vergleichbare Werte und Kennzahlen wie beispielsweise der spezifische Energieverbrauch. Dieser kann für vergleichbare Anlagen und Maschinen als Referenz für den Grad der Energieeffizienz herangezogen werden.

Qualitative Kriterien sind Eigenschaften oder Anlagenkomponenten, die für sich als Kriterium effizienter Anlagen dienen können. Beispiel hierfür ist etwa der Einsatz von Antrieben der Effizienzklasse 1.

Quantitative Effizienzkriterien

Die quantitativen Vorgaben erlauben die Beurteilung der Anlage am tatsächlichen Energieverbrauch und sind somit unmittelbar relevante Kriterien. Wie diese Effizienz an der Anlage erreicht wird, bleibt dem Anlagenhersteller überlassen und erlaubt innovative technologische Lösungen mit dem Fokus auf tatsächliche Energieeinsparungen.

Schwierigkeiten und Aufwand verursacht jedoch die einheitliche und vergleichbare Messung des Energieverbrauchs unter größtmöglicher Wahrung der Relevanz für den tatsächlichen industriellen Einsatz.

Qualitative Effizienzkriterien

Qualitative Effizienzkriterien sind leicht definier- und überprüfbar. Es können „best available technology“ (BAT) Komponenten als Vorgabe definiert bzw. mit verschiedenen Punkten bewer-

tet werden. Damit können dann Punktesysteme zur Quantifizierung und Vergleichbarkeit herangezogen werden. Diese Systeme haben den großen Vorteil, dass sie sehr schnell eingeführt und einfach überprüft werden können. Es können allerdings nur einzelne Komponenten oder Eigenschaften bewertet werden, jedoch keine Systemeffizienz.

Wenn etwa die Anlage mit Antrieben der Effizienzklasse 1 ausgerüstet ist, kann daraus zwar die generelle Effizienz der Antriebe im Einsatz abgeschätzt werden, es ist aber noch keine Bewertung der Effizienz im System der Anlage möglich. Der Motor kann etwa unnötig überdimensioniert, ungünstig angesteuert oder geregelt werden. Gegebenenfalls könnte ein bestimmter Antrieb durch technologische Verbesserungen oder Systementwicklungen komplett ersetzt werden.

Daher sind rein qualitative Effizienzkriterien als alleinige Bewertung für Energielabels nur in bestimmten Fällen und eventuell in Übergangsphasen zu kombinierten oder rein quantitativen Energielabels sinnvoll. Ein gelungenes Beispiel für ein qualitatives Label zeigt Abbildung 27. Es wurde von Cincinnati Extrusion entwickelt, um damit die Diskussion auf das Thema Energieeffizienz zu lenken und für interne Entwicklungsbemühungen zu effizienten Maschinen eine „Benchmark“ verfügbar zu haben.

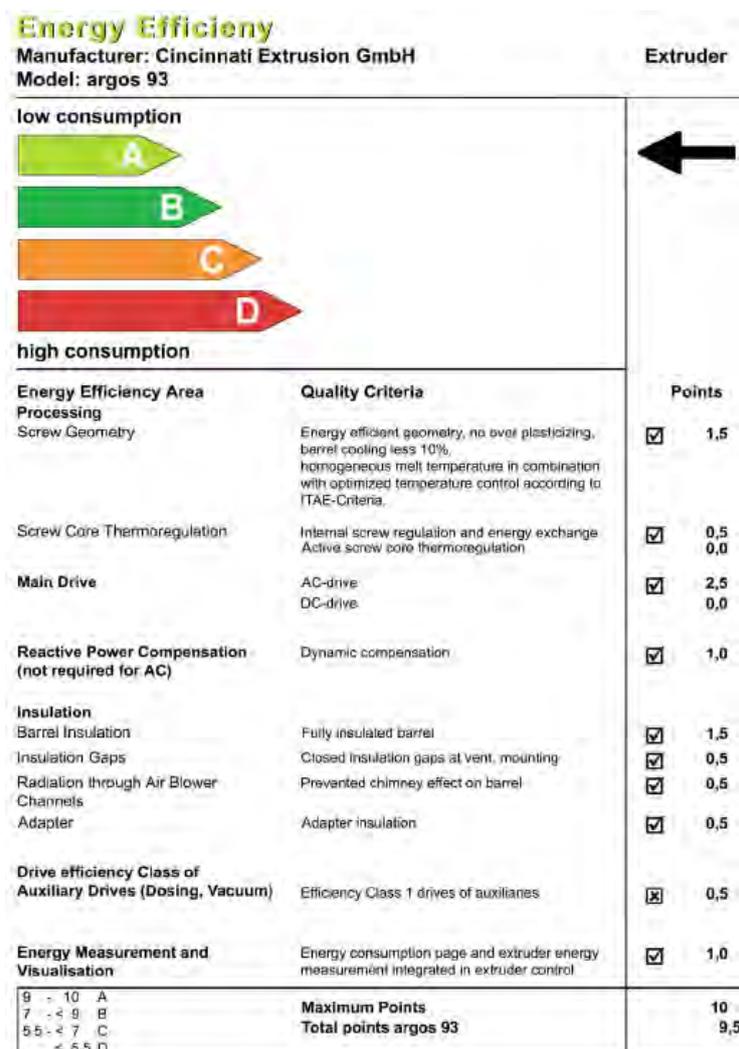


Abbildung 27: Beispiel eines rein qualitativ aufgebauten Energielabels (Cincinnati Extrusion)

Effizienzkriterien bei Extrusionsanlagen

Im Zuge der Versuche und Gespräche mit den Herstellern wurden Effizienzkriterien herausgearbeitet und systematisiert, die in weiterer Folge als Basis für Verbesserungsmaßnahmen sowie die Labelentwicklung herangezogen werden.

Bei Extrusionsanlagen wurden mit den Projektpartnern anhand der Versuche die wichtigsten Effizienzkriterien ausgearbeitet:

Quantitative Kriterien: Der aussagefähigste Parameter ist hier der spezifische Energieverbrauch in kWh/kg. Bezogen wird der Energieverbrauch dabei auf die Menge hergestellter Produkte in kg. Diese Ausstoßgröße wird standardmäßig erfasst und in kg/h angegeben. Für die Abkürzung wird der englische Begriff SEC, specific energy consumption, herangezogen.

$$\text{Spezifischer Energieverbrauch} \quad SEC[\text{Wh} / \text{kg}] = \left(\frac{\text{Leistung}[\text{kW}]}{\text{Ausstoß}[\text{kg} / \text{h}]} \right) * 1000$$

Formel 1: Spez. Energieverbrauch, ermittelt über die Leistung

$$\text{Spezifischer Energieverbrauch} \quad SEC[\text{Wh} / \text{kg}] = \left(\frac{\text{Energieverbrauch}[\text{kWh}]}{\text{Produktmenge}[\text{kg}]} \right) * 1000$$

Formel 2: Spez. Energieverbrauch, ermittelt über den Energieverbrauch

SEC ... specific energy consumption, spezifischer Energieverbrauch in [Wh/kg]

Zu definieren ist der Zeitraum der Messung, über den die stabile durchschnittliche Leistung und der Ausstoß ermittelt werden. Die Experten der Projektpartner gehen hier von rund 20 Minuten im eingeschwungenen Zustand aus (siehe Formel 1). Dieser Ansatz ist zulässig, solange die Parameter nicht schwanken. Ist dies der Fall, muss der Energieverbrauch innerhalb des Betrachtungszeitraumes ermittelt und auf die in dieser Zeit produzierte Produktmenge bezogen werden. So werden Leistungsschwankungen zur Gänze berücksichtigt (z.B. Variable Heizleistung).

Die Messungen haben dabei in den definierten Auslastungsbereichen zu erfolgen, siehe dazu Kapitel 6.1 Energiemessstandard.

Ein wesentliches Problem bei der Ermittlung des spezifischen Energieverbrauchs kann das Vorliegen unterschiedlicher Energieformen bereiten. Wenn also etwa neben Strom auch andere Energieformen wie Gas, Wärme oder Kälte eingebracht werden. Dann stellt sich die Frage der Vergleichbarkeit bzw. der Wertigkeit und es müssen vergleichbare Parameter geschaffen werden, durch die der Primärenergiebedarf ermittelt und verglichen werden kann.

Alternativ können im Energieeffizienzlabel auch die verschiedenen Energieformen dargestellt werden. Dies kann insbesondere dann sinnvoll sein, wenn die Energieumwandlung beim End-

kunden auf verschiedene Arten erfolgen kann. Gerade bei der Wärme- und/oder Kälteerzeugung hängt der Strom- bzw. Primärenergieverbrauch stark von der Situation beim Kunden ab.

Umrechnung der Energieformen

Eine Variante ist der Bezug auf Primärenergiefaktoren, wie sie beispielsweise in der folgenden Tabelle angeführt werden (A. Oberhammer 2009):

Energieträger	Realistisch	4701-10	EN 15316-4-5	EN 15603 Annex E	EN 15203 nicht mehr veröffentlicht	Primärenergiefaktor EnEV	Gewichtungsfaktor Minergie	SIA Effizienzpfad
Heizöl		1,1		1,35	1,1	1,1	1	1,1
leicht	1,15							
schwer	1,1							
Erdgas	1,1	1,1	1,1	1,36	1,1	1,1	1	1,1
Flussgas	1,1							
Kohle						1,1 bzw. 1,2	1	
Steinkohle	1,05	1,1		1,19	1,2			
Braunkohle	1,05			1,4	1,3			
Holz					0,1			
Hackgut	0,05	0,2		0,09 / 0,1		0,2	0,5	0,1
Pellets	0,1							
Uran aufbereitet	1,2							
Uran aufbereitet (incl. unverbrannten Brennstoff)	(>2,0)							
Abfall	0,05				0			
Abwärme	0,05				0,05			
Nah- und Fernwärme aus KWK	zu berechnen					0,0 bzw. 0,7	0,6	0,9
Nah- und Fernwärme aus Heizwerken	zu berechnen				0,654	0,1 bzw. 1,3	1	0,9
Strom	2,8	2,7 (3)	2,8	3,14	2,5	3,0 (EnEV 2007:2,7)	2	2,9

Tabelle 30: Zusammenfassung von Primärenergiefaktoren (A. Oberhofer 2009)

Bei der Betrachtung der Extrusionsanlage im vorliegenden Fall gibt es nur elektrische Energieinputs sowie den Energieinhalt des Materials, der gegebenenfalls durch Vorwärmung über der Umgebungstemperatur liegt.

Eine Sonderform für Industrieanlagen könnte der Ansatz bilden, zwei oder mehrere der Energieformen im Label anzuführen und bewusst nicht zu einem Gesamtindex zu verschmelzen.

So könnte Strom und Wärmebedarf parallel angeführt und bewertet werden.

Dies hätte den großen Vorteil, dass der Kunde die für ihn wichtigeren oder relevanteren Energieformen sofort erkennen kann. Wenn beispielsweise ein Kunde Abwärme zur Verfügung hat, ist für ihn ein geringer Stromverbrauch wichtiger als ein geringer Wärmebedarf.

Im Energielabelvorschlag bei Spritzgussmaschinen wird hier bewusst dieser Ansatz gewählt und die beiden Energiebedarfe Kälte und Strom getrennt angesetzt.

Qualitative Kriterien: Qualitative Effizienzkriterien sind Kriterien, deren unterschiedliche Ausprägung relevanten Einfluss auf den Energieverbrauch hat bzw. haben kann (siehe oben).

Für den betrachteten Bereich der Extruder wurden im Zuge der Versuche bei den Projektpartnern solche Kriterien identifiziert. Dabei hat sich auch herausgestellt, dass diese Kriterien durchaus nach Maschinentypen zu differenzieren sind. Bei Doppelschnecken spielt etwa die Isolierung der Verfahreseinheit eine relevante Rolle, bei Einschnecken hingegen sind diese nicht relevant.

Effizienzkriterien bei Doppelschneckenextrudern:

- Hauptantrieb
- Nebenantriebe
- Isolierung der Verfahreseinheit
- Gebläse und Verfahrenstechnik
- Schneckentemperierung
- Energiemessung und Darstellung

Effizienzkriterien bei Einschneckenextrudern:

- Hauptantrieb
- Nebenantriebe
- Gebläse und Verfahrenstechnik
- Energiemessung und Darstellung

Die Effizienzkriterien entstehen unmittelbar aus den ermittelten Energieverbrauchsanteilen und den Möglichkeiten der Einflussnahme im jeweiligen Produktionsprozess.

Somit sind zur Ermittlung von Effizienzkriterien immer Energieverbrauchsmessungen sowie qualitative Beurteilungsprozesse mit den Herstellern und Anwendern notwendig, um zu Kriterien zu gelangen, die dann auch anwendbar sind und Einsparungsmöglichkeiten bieten.

Effizienzkriterien sind der Ausgangspunkt für die Entwicklung des Bewertungsverfahrens für das Energieeffizienzlabel, aber auch für die Erarbeitung von Verbesserungsmaßnahmen.

8.4 Energieeffizienzindex (EEI)

In diesem Kapitel wird anhand der Messungen, der Best Practice Recherche und der erarbeiteten Maßnahmen eine Kennzahlentabelle erstellt. Danach werden die Energiekennzahlen anhand der Best Practice Recherche in Klassen eingeteilt. Im Anschluss werden die Maschinen, die in diesem Projekt beleuchtet werden, in diese Energieklassen eingeteilt.

Da im Bereich der betrachteten Maschinen die Ermittlung quantitativer Kriterien möglich ist, wird in weiterer Folge auch nur auf quantitative Kriterien zurückgegriffen (vgl. vorheriges Kapitel).

Für die Einteilung von Kunststoff verarbeitenden Maschinen ist die wichtigste Kenngröße der spezifische Energieverbrauch. Dieser wird auch im Messstandard als Hauptkriterium definiert. Für eine Klasseneinteilung nach der Energieeffizienz scheint es sinnvoll einen Energieeffizienz-Index (EEI) zu definieren. Dieser lässt sich aus dem gemessenen spezifischen Energieverbrauch gemäß Energiemessstandard, dem theoretisch notwendigen Energieinput um einen bestimmten Kunststoff zu schmelzen, sowie drei konstanten Korrekturfaktoren berechnen.

Energie-Effizienz-Index $EEI = \left(\frac{E_{theoretisch}}{E_{ist}}\right) * X_{grund} * X_{praxis} * X_{material} * X_{test} * 100$ *in [%]*

$E_{theoretisch}$ theoretisch notwendige Energie um das Material zu schmelzen in [kWh/kg]

E_{ist} gemessener Energieverbrauch in [kWh/kg]

X_{grund} Korrekturfaktor für den minimal jedenfalls erforderlichen Grundbedarf an notwendigen Nebenprozessen, die für das Verfahren notwendig sind und nicht durch BNAT eliminiert werden können.

X_{praxis} Korrekturfaktor, der die nach BNAT mindestens notwendigen Verarbeitungsverluste beinhaltet. Der Wert muss aus realen Untersuchungen und dem Gesamtpotential der Verbesserungen im BNAT ermittelt werden. Der EEI unter Nutzung der BNAT wäre 100 %.

$X_{material}$ Korrekturfaktor für das eingesetzte Material. Ermittlung aus dem Verhältnis der Schmelzenthalpiekurven des Referenz- und des Einsatzmaterials.

X_{test} Korrekturfaktor, der bestimmte Umwelteinflüsse und Testbedingungen der Energiemessung zur Referenzmessung berücksichtigt.

Welche der angegebenen Faktoren jeweils definiert werden sollen bzw. müssen, ist individuell in Abhängigkeit des betrachteten Prozesses und Produktes zu definieren. Es ist jedenfalls nicht notwendig, immer alle Faktoren zu definieren.

Eine alternative und vereinfachte Indexierung ist der ausschließliche Bezug des Energieverbrauchs auf den theoretischen Energiebedarf des verarbeiteten Materials anhand der Enthalpiekurve. Dies ist immer dann sinnvoll möglich, wenn der Aufschmelzvorgang im Produktionsprozess dominiert und daher das Ergebnis in einem verwertbaren Verhältnis liegt. Somit würden alle Faktoren den Wert 1 erhalten und die Formel des Energieeffizienzindex reduziert sich auf:

Energie-Effizienz-Index $EEI = \left(\frac{E_{theoretisch}}{E_{ist}}\right) * 100$ *in [%]*

$E_{theoretisch}$ theoretisch notwendige Energie um das Material zu schmelzen in [kWh/kg]

E_{ist} gemessener Energieverbrauch in [kWh/kg]

Energieeffizienzindex am Beispiel der Extrusion

Bei der Extrusion von Profilen bzw. Rohren in diesem Projekt könnte durchaus mit der vereinfachten Indexierung gearbeitet werden. Im Folgenden wurde ein Energie-Effizienz-Index nach dieser Formel für die Versuche in der Kategorie „PVC Fensterprofileextrusion“ erstellt.

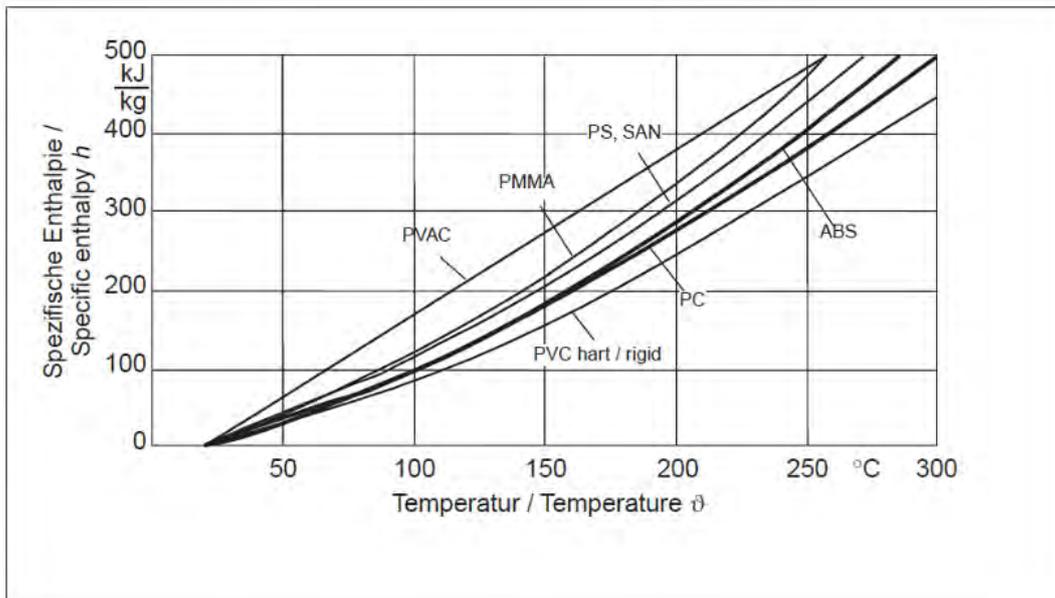


Abbildung 28: Schmelzenthalpiekurven amorpher Thermoplaste (Wübken 1976)

Der Verlauf der Schmelzenthalpiekurve ist im Bereich der Eingangstemperatur in den Extruder sowie der Schmelzetemperatur am Ende des Extruders weitgehend linear, womit für den Energiemessstandard einfache Berechnungen in Abhängigkeit der Eingangs- und Ausgangstemperatur bereitgestellt werden könnten. Bei den Versuchen bzw. Testläufen muss dann nur die jeweilige Temperatur am Ein- und Ausgang angegeben werden und der theoretische Energiebedarf ermittelt sich automatisch.

Berechnung des Energieindex am Beispiel der Versuche bei Internorm:

Eingangstemperatur: 25°C

Ausgangstemperatur: 195°C

Daraus folgt eine spezifische Enthalpie von 242 kJ/kg oder umgerechnet 0,0673 kWh/kg bzw. 67,3 Wh/kg.

Dieser Wert ist die theoretische Obergrenze des Energie-Effizienz-Index, der in der Praxis natürlich nicht erreicht werden kann. Denn neben dem Wirkungsgrad realer Prozesse finden in der Extrusion natürlich noch andere Prozessschritte statt, die ebenfalls Energie benötigen. Hier ist insbesondere die Dosierung, die Materialentgasung und der Druckaufbau zu nennen.

Dennoch kann dieser Wert herangezogen werden, da dies ja natürlich für alle Vergleichsmaschinen gilt.

Der gemessene Energieverbrauch E_{ist} hängt nun von der jeweiligen Maschine ab, es wurden drei Anlagen in verschiedenen Auslastungsbereichen gemessen. Hier werden nun zwei Maschinen gleichen Leistungsbereichs verglichen:

Auslastung	SOLL Ausstoß kg/h	IST Aus- stoß gemit- telt	Gesamt- leistung [kW] laut Protokoll	Spez. Ver- brauch	Gewichtung
Argos 93 PROFIL Bj. 2009					
60%	210 kg/h	228		154 [Wh/kg]	50
100%	350 kg/h	342		130 [Wh/kg]	50
Gesamt				142 [Wh/kg]	100

Tabelle 31: Spezifischer Energieverbrauch der Maschine Argos 93 (laut Messungen Internorm)

Auslastung	SOLL Ausstoß kg/h	IST Aus- stoß gemit- telt	Gesamt- leistung [kW] laut Protokoll	Spez. Ver- brauch	Gewichtung
CMT 80L PROFIL Bj. 1992					
60%	192 kg/h	235		213 [Wh/kg]	50
100%	320 kg/h	317		171 [Wh/kg]	50
Gesamt				192 [Wh/kg]	100

Tabelle 32: Spezifischer Energieverbrauch der Maschine CMT 80L (laut Messungen Internorm)

Aus diesen Messergebnissen errechnet sich für die beiden Maschinen folgender Energieindex:
Argos 93:

$$\text{Energie-Effizienz-Index} \quad EEI = \left(\frac{67,3}{142} \right) * 100 = 47,4\%$$

CMT 80L:

$$\text{Energie-Effizienz-Index} \quad EEI = \left(\frac{67,3}{192} \right) * 100 = 35,1\%$$

Variante unter Berücksichtigung von Indexfaktoren. Um ein Ergebnis zu bekommen, dass „attraktiver“ und realistischer am Optimum von 100% liegt, kann wie oben dargestellt der Faktor X_{grund} eingesetzt werden, der das theoretische Optimum (Schmelzenthalpie des Materials) dem realistischen Optimum (Schmelzenthalpie abzüglich prozessnotwendiger Zusatzenergiesenken) annähert, indem er notwendige Prozessschritte ergänzt.

Denn beispielsweise muss bei der Extrusion von Fensterprofilen die Schmelze entgast und hoher Druck aufgebaut werden. Diese beiden Schritte benötigen jedenfalls Energie, und diese kann zum Vergleichswert noch hinzugezählt werden um realistische Werte des Wirkungs- bzw. Effizienzgrades der Anlage zu erhalten.

Notwendige Nebenprozesse bei der Extrusion von Kunststoffprofilen:

- Entgasen der Schmelze
- Druckaufbau der Schmelze
- Steuerung und Regelung des Prozesses

Aufgrund der durchgeführten Messungen und Erfahrungswerte der Projektpartner wurden folgende Energieverbrauchsanteile ermittelt:

	Energieverbrauchsanteil im Verhältnis zum Auf- schmelzprozess	Auswahl
Dosieren	4 - 8 %	0%*
Entgasen der Schmelze	4 - 8 %	6 %
Druckaufbau	8 - 20 %	16 %
Regelung und Schaltschrank	0,5 - 3 %	1,75 %

Tabelle 33: Verbrauchsfaktoren in der PVC-Fensterprofilextrusion

*Dosieren ist jedoch ein Prozessschritt, der auch eingespart werden könnte, daher kann er im X_{grund} nicht aufgenommen werden und ist hier daher entsprechend mit 0% angeführt.

Aus diesen Ausführungen ergibt sich aus der Addition der Verbrauchsfaktoren ein Faktor X_{grund} von 1,2375. Die neue Formel unter Einbeziehung dieses Grundfaktors lautet:

$$\text{Energie-Effizienz-Index} \quad EEI = \left(\frac{E_{theoretisch}}{E_{ist}} \right) * X_{grund} * 100 \quad \text{in [\%]}$$

$$\text{Energie-Effizienz-Index} \quad EEI = \left(\frac{E_{theoretisch}}{E_{ist}} \right) * 1,2375 * 100 \quad \text{in [\%]}$$

Und damit für die beiden betrachteten Maschinen ein neuer Energieindex Argos 93:

$$\text{Energie-Effizienz-Index} \quad EEI = \left(\frac{67,3}{142} \right) * 1,2375 * 100 = 58,7\%$$

CMT 80L:

$$\text{Energie-Effizienz-Index} \quad EEI = \left(\frac{67,3}{192} \right) * 1,2375 * 100 = 43,4\%$$

Diese Indexzahlen sind bereits realistischer. Das theoretisch erreichbare beste Ergebnis wäre nun 100%. Praktisch realisierbar natürlich etwas weniger, somit wäre der Energieindex nur annäherbar, aber nicht erreichbar. Dies ist eigentlich wünschenswert, so kommt man nie in die Verlegenheit, dass Bezugsgrößen zu verändern wären.

Die Faktoren für Material und Testbedingungen können im Zuge der praktischen Umsetzung nach Bedarf eingeführt werden, wenn sich zur praktischen Umsetzung der Versuche notwendige Abweichungen bei der Materialwahl oder den Testbedingungen ergibt.

8.5 Energieklassen

Nach den Ergebnissen aus dem vorigen Kapitel kann nun, aufbauend auf dem Energieindex, eine Einteilung in Energieklassen erfolgen.

Dabei geht es darum den möglichen Ergebnisbereich in realistische und differenzierte Klassen einzuteilen, um eine gute Unterteilung bzw. Klassifizierung der untersuchten Geräte zu erreichen. Ein zu weit gewählter Bereich kann dazu führen, dass viele oder alle Anlagen in einer Energieklasse landen und somit keine Differenzierung zwischen mehr oder weniger effizienten Maschinen erfolgt. Es sollte auch verhindert werden, dass nach Stand der Technik nicht bereits eine Mehrzahl der Anlagen in der besten Kategorie liegen (wie beispielsweise bei den Kühlschränken, wo mittlerweile alle gängigen Geräte zumindest in der Kategorie „A“ aufscheinen).

Durch den in dieser Arbeit dargestellten Energieindex als Prozentsatz des theoretisch minimal benötigten Energieeinsatzes ist es jedoch leicht möglich, zusätzlich auch immer einen sofort verständlichen und interpretierbaren Zahlenwert zu verwenden.

Somit sollte die höchste Energieklasse den BNAT vorbehalten sein. Die nächste Klasse sollte den besten Stand der Technik darstellen und in weiterer Folge mehrere Klassen bis zu den schlechtesten im Feld befindlichen Anlagen.

In einer Einteilung nach Buchstaben, könnte eine Einteilung entsprechend wie folgt aussehen:

Energieklasse	Anlagen- bzw. Technologietyp dieser Energieklasse
A	BNAT (best not available technology)
B	BAT (best available technology)
C	Stand der Technik
D	schlechter als Stand der Technik
E	alter Stand der Technik
F	schlechtester im Feld verfügbarer alter Stand der Technik

Tabelle 34: Allgemeine Einteilung von Anlagen in Energieklassen

Diese Einteilung kann für alle Industrieprodukte herangezogen werden. Es sollte also zu Beginn der Labelvergabe eigentlich keine Erreichung der höchsten Energieklasse möglich sein. Dies ist im Ziel des Energielabels, die Energieeffizienz zu verbessern und zu beflügeln, begründet. Es soll eben nicht nur den besten Stand der Technik auszeichnen.

Der weitaus komplexere nächste Schritt ist die Definition der Grenzen zwischen den Klassen. Eine erste Annäherung ist möglich, wenn Messergebnisse von zumindest 2 Anlagen unterschiedlichen Stands der Technik vorliegen.

In unserem Fall können die oben erwähnten Untersuchungen herangezogen werden, um mit einer Bewertung der Zugehörigkeit zu einem Stand der Technik eine Einteilung durchzuführen:

Argos 93, EEI 58,7% – neueste Maschine unter Einbindung vieler Energieeffizienzverbesserungen (AC-Antrieb, Isolierung, interne Schnecken temperierung, Luftkühlsystem):

→ diese Anlage kann als BAT bezeichnet werden.

CMT 80L, EEI 42,7%– Maschinentyp der seit den 80er Jahren bis vor 5 Jahren verkauft wurde und bis heute in vielen Produktionswerken nach wie vor erfolgreich im Einsatz ist. Teilweise wurden Modifikationen zur Effizienzverbesserung bereits eingebracht:

→ diese Anlage kann als Alter Stand der Technik bezeichnet werden

Energieklasse	Anlagen- bzw. Technologietyp dieser Energieklasse	Mess- ergebnisse	Energie- klasse %
A	BNAT (best not available technology)		> 62
B	BAT (best available technology)	Argos 93 58,7 %	57 - 62
C	Stand der Technik		52 - 57
D	schlechter als Stand der Technik		47 - 52
E	alter Stand der Technik	CMT 80 L 42,7 %	42 - 47
F	schlechtester im Feld verfügbarer alter Stand der Technik		<41

Tabelle 35: Definition und Einteilung der PVC Profilextrusionslinien in Energieklassen

Um die Grenzziehung besser abzusichern, ist es vorteilhafter, mehrere Messergebnisse heranziehen zu können. Insbesondere bei stark unterschiedlichen Anlagengrößen in einem Segment, muss untersucht werden, ob alle Anlagengrößen in einem Schema abdeckbar sind oder ob ggf. auch dafür Korrekturfaktoren oder Kategorien zu definieren sind.

8.6 Labelaufbau – Design

Extrusion

Bei der Labelentwicklung hat sich das Projektteam auf eine sechseckige Wabenform geeinigt. Die Bienen haben dabei eine sehr effiziente Form gefunden. Sechseckige Zellen können einerseits lückenlos von allen Seiten angebaut werden und andererseits haben sechseckige Zellen das beste Verhältnis von Wandmaterial zu Volumen.

Der Titel des Labels wurde mit „Energieeffizienz in der Kunststoffverarbeitung“ definiert.

Als allgemeine Angaben sind die Bezeichnung der Maschine, der Maschinentyp, die hergestellte Produktart, der vorhandene Ausstoß sowie die Angabe des Materials notwendig. Die Angaben in Abbildung 29 entsprechen der ersten von der Firma Cincinnati Extrusion ausgezeichneten Maschine Argos 93 P.

Beispiele für die allgemeinen Angaben: Extrusion

- Bezeichnung der Maschine: Argos 93 P
- Maschinentyp: Fensterprofilextrusion
- Produktart: Fensterprofile, PVC Profile vom Dryblend

- Garantiausstoß: 380 kg/h
- Material: PVC-dryblend

In der hellblau hinterlegten Tabelle sind die Messergebnisse nach dem jeweiligen Messstandard (z.B. EUROMAP 60) angegeben [Siehe Abbildung 29: Beispiel Energieeffizienzlabel Argos 93 P, Cincinnati Extrusion Abbildung 29].

Der resultierende Energieeffizienzindex sowie die Klassifizierung sind beispielhaft oben dargestellt und auf Basis der durchgeführten Versuche berechnet worden. Daraus resultiert für die Argos 93 folgendes Label:

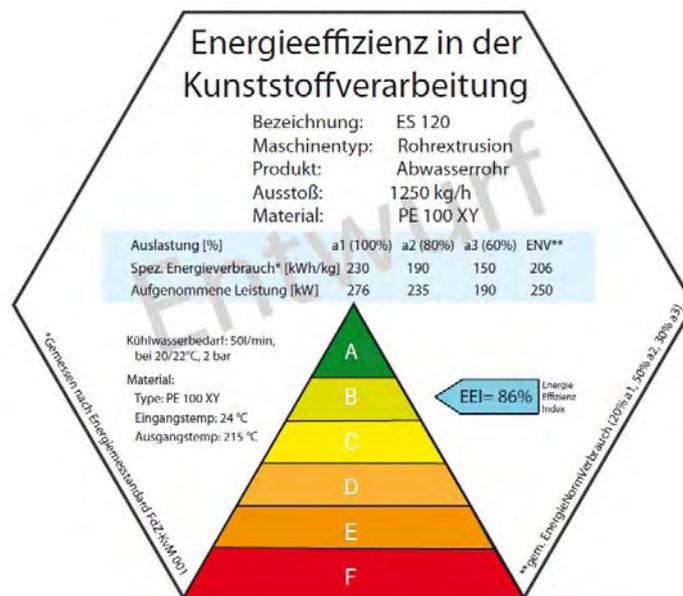


Abbildung 29: Beispiel Energieeffizienzlabel Argos 93 P, Cincinnati Extrusion

Dieses Energielabel soll und kann von allen Herstellern verwendet werden und dient als objektive Vergleichsbasis für Kunden und Hersteller.

Spritzguss

Nach der EUROMAP 60 Erstellung, mit Abschluss des Projektes, sind die Maschinenhersteller gefordert diese anzuwenden. An eine Branchenumsetzung eines Energieeffizienzlabels ist aus Sicht der Mitglieder der EUROMAP noch zu früh, weshalb in diesem Bereich ein firmeneigenes Label entwickelt wurde. Methodisch baut dieses jedoch auf den europäischen Überlegungen in EUROMAP 60 auf und verwendet auch dessen Methode den Energieverbrauch zu messen. Damit wurde auch im für den Spritzgussbereich ein guter Kompromiss zwischen europäischer Harmonisierung und rascher Umsetzung gefunden.

Für eine Branchenumsetzung wurde bereits ein erster Vorschlag erstellt (siehe Abbildung 30), der aber nach den Aussagen der EUROMAP nicht mehr weiter verfolgt wurde.

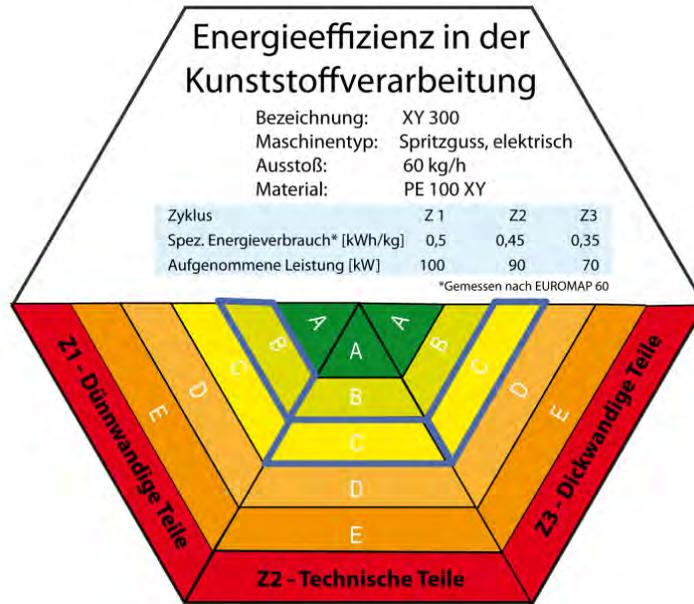


Abbildung 30: Vorschlag Energieeffizienzlabel Spritzguss

Weiter entwickelt und auch von der Firma Engel verwendet wurde ein firmeneigenes Label, indem die Messungen nach EUROMAP 60 kommuniziert werden. Aufgrund des EUROMAP 60 und der vorgeschriebenen Messmethoden hat dieses Label eine hohe Glaubwürdigkeit. Der EUROMAP 60 Standard ist zudem der gesamten Branche zugänglich. Das Labeldesign selbst ist im Besitz der Firma Engel und kann nicht von anderen Unternehmen verwendet werden.

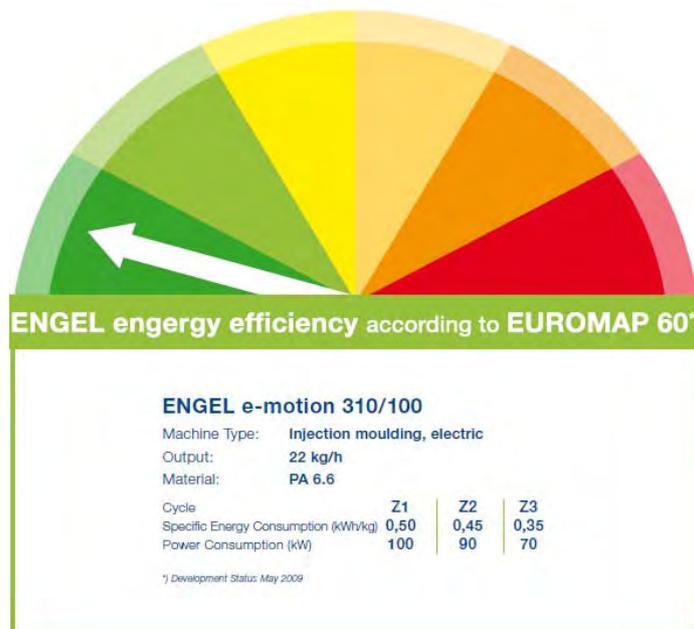


Abbildung 31: Energieeffizienzlabel ENGEL e-motion

8.7 Schritte zum Energieeffizienzlabel

Zur Erstellung und Einführung dieses Labels für andere Bereiche im Kunststoffsektor sind daher folgende Schritte notwendig (siehe Abbildung 32).

- Labelart definieren

Definition ob das Label nur Firmen intern (Selbstdeklaration) oder von allen Herstellern in der Branche (Branchenlabel) verwendet werden soll.

- Projektteam formieren

Selbstdeklaration: Projektteam bestehend aus: Produktentwickler, Messtechniker, Marketing, etc-

Branchenlabel: Branchenvertretung, Vertreter aller namhaften Unternehmen in der Branche

- Label entwickeln

Im diesem Schritt erfolgt die eigentliche Entwicklung und Gestaltung des Labels:

- Definition der Produktgruppen: Welche Produktgruppen sollten bei dem Energieeffizienzlabel getrennt betrachtet werden?
- Definition der Energieeffizienzkriterien: Der spez. Energieverbrauch sollte bei den meisten Anwendungen ausreichend sein.
- Erstellung eines Messstandards: Sofern kein Messstandard vorhanden ist muss einer entwickelt werden.
- Berechnung des Energieeffizienzindex: Die Berechnung des EEI muss eventuell an die Anforderung der jeweiligen Produktkategorie angepasst werden.
- Einteilung der Energieklassen: Nach Messungen verschiedenster Maschinen muss der Energieeffizienzindex in die Energieklassen eingeteilt werden. Hier ist zu beachten, dass z.B. die Klasse B den besten Stand der Technik repräsentiert.
- Design des Labels: In diesem Schritt soll das entwickelte Label an den Anforderung der jeweiligen Produktkategorie angepasst werden.

- Implementierung

In diesem Schritt wird die Vergabeprozedur intern bzw. extern definiert. Wer nimmt die Messungen ab? Wer führt die Berechnung durch? Wer die Labelerstellung? Wer führt das Controlling durch?

- Vermarktung des Labels

Im letzten Schritt kann nun jedes Unternehmen mit der Vermarktung der Maschinen mit dem erstellten Energieeffizienzlabel beginnen

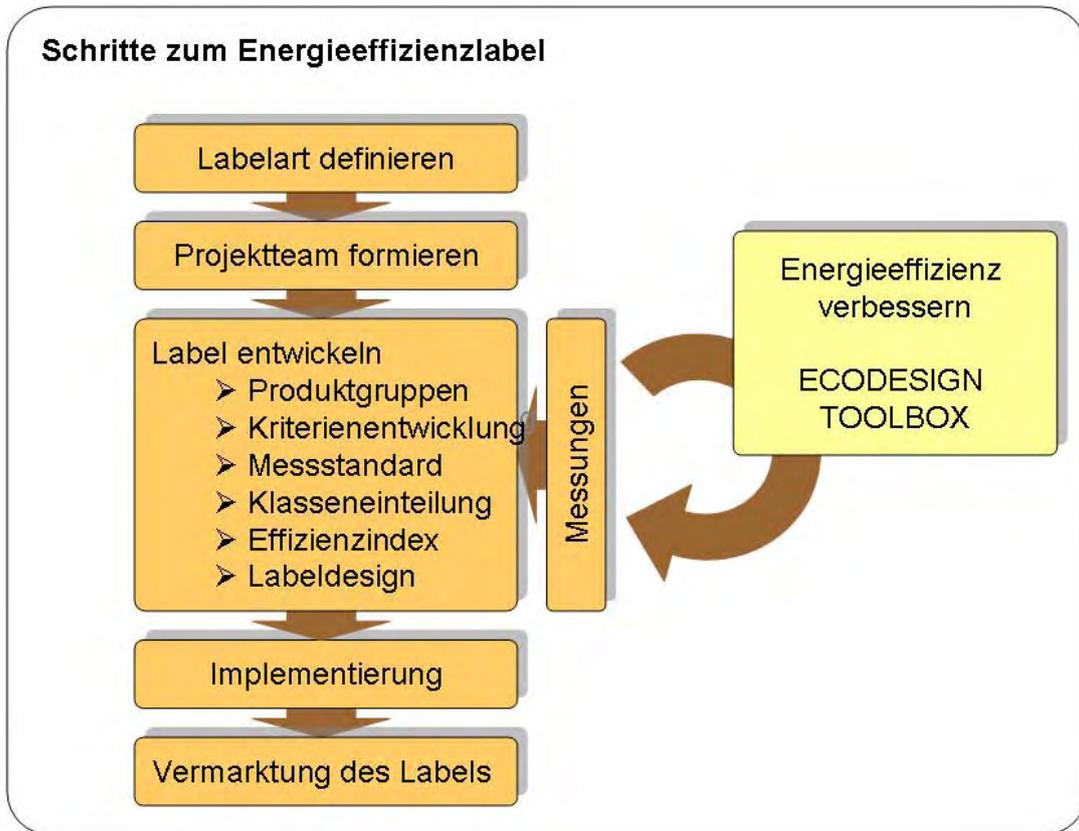


Abbildung 32: Schritte zum Energieeffizienzlabel

9 Maßnahmenkatalog für energieeffiziente Maschinen

9.1 Einleitung

In diesem Kapitel wurde für die beiden Maschinentypen Extruder und Spritzguss ein Maßnahmenkatalog zur Verbesserung erstellt.

In einem ersten Schritt wurde der Stand der Technik und das derzeit technisch Mögliche ermittelt, deren Auswirkung auf den Energieverbrauch strukturiert dargestellt und Energieeffizienzmaßnahmen abgeleitet. Im nächsten Schritt wurden die im Projekt durchgeführten Messungen analysiert.

Durch die Erstellung der Energiebilanz wurden die größten Energieverbraucher lokalisiert. Somit liegt vor, wo genau Verbesserungsmaßnahmen ansetzen müssen, um eine hohe Effizienz bei den Maßnahmen zu erreichen.

Nachdem bei Spritzgussmaschinen die Kühlung einen beträchtlichen Anteil am gesamten Energieverbrauch hat wurde ein Peripheriegerätehersteller zu einem Workshop eingeladen. Gemeinsam mit weiteren Produktentwicklern der Firma Engel wurden Verbesserungsmaßnahmen für den Bereich Peripherie sowie weitere viel versprechende Ideen generiert.

Jede Verbesserungsmaßnahme wurde beschrieben und ein Beispiel angeführt. Auch wurden die Umsetzung (kurz, mittel oder langfristig) und die Kosteneinsparung (gering, mittel und hoch) abgeschätzt.

Weiters wurde das über den Stand der Technik hinaus Gehende ermittelt und recherchiert. Das heißt, dass was derzeit technisch noch nicht möglich ist (Best Not Available Technology) aber in Zukunft realisierbar sein wird.

9.2 Verbesserungsmaßnahmen und Best Practice Spritzguss

Antrieb

Maßnahme:

Einsatz effizienter AC-Antriebe

Beschreibung, Beispiel

Insbesondere im Teillastbereich kann durch den wesentlich effizienteren AC-Antrieb der Wirkungsgrad um bis zu 15% verbessert werden – auch Lüfter können teilweise entfallen.



Umsetzung

kurzfristig möglich

Einsparpotential

Einsparpotential hoch

Maßnahme:

Einsatz Antriebe höherer Energieeffizienzklasse

Beschreibung, Beispiel

Verbesserte Motortechnologie führt zu reduziertem Energieverbrauch

IEC Energieklasse	IEC Code	EFF Code	NEMA
Super Premium Efficiency	IE4		
Premium Efficiency	IE3		NEMA Premium
High Efficiency	IE2	EFF1	EPAct
Standard Efficiency	IE1	EFF2	
Below Standard Efficiency	-	EFF3	

Umsetzung

kurzfristig möglich

Einsparpotential

Einsparpotential mäßig (in Abhängigkeit des Entwicklungsstandes der bestehenden Motorenausstattung)

Maßnahme

Reibungen reduzieren

Beschreibung, Beispiel

Reduktion der Reibung - Reduktion der benötigten Antriebsleistung
Wälzführungen statt Gleitführungen



Umsetzung

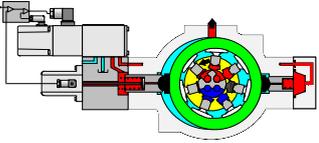
kurzfristig möglich

Einsparpotential

Einsparpotential mittel

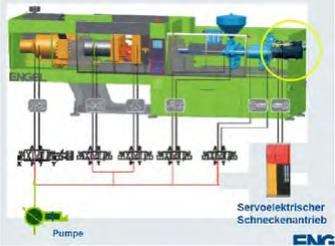
<i>Maßnahme</i>	
Steuerung optimieren	
<i>Beschreibung, Beispiel</i>	Erhöhung der Regelgenauigkeit mit Ziel harmonischere Bewegungen / Optimierung im Detail einzelner Achsen
<i>Umsetzung</i>	kurzfristig möglich
<i>Einsparpotential</i>	Einsparpotential hoch

Hydraulische Antriebe

<i>Maßnahme:</i>		
Hydraulik mit EHV - Pumpe		
<i>Beschreibung, Beispiel</i>	Im Vergleich zum Einsatz einer normalen Radialkolbenpumpe ist mit einer elektrohydraulisch verstellbaren Radialkolbenpumpe eine Energieeinsparung von bis zu 15 % möglich	
<i>Umsetzung</i>	kurzfristig möglich	
<i>Einsparpotential</i>	Einsparpotential mittel	
		Quelle: Engel, 2009

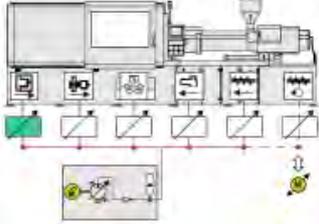
<i>Maßnahme:</i>		
Hydraulik mit Servo - Pumpe		
<i>Beschreibung, Beispiel</i>	Mit dem Einsatz einer Servo - Pumpe ist im Vergleich zu einer EHV - Pumpe eine Energieeinsparung von bis zu 25% (in Abhängigkeit vom Zyklus) möglich. Weiters kommt es zu einer Lärmverringerung.	
<i>Umsetzung</i>	kurzfristig möglich	
<i>Einsparpotential</i>	Einsparpotential hoch	
		Quelle: Engel, 2008

<i>Maßnahme:</i>		
Hydraulik mit abschaltbaren Pumpen		
<i>Beschreibung, Beispiel</i>	Für Anwendungen mit langen Zykluszeiten 2 min - 60 min können nicht benötigte Pumpen während der Kühlzeit bzw. während des Nachdrucks abgeschaltet werden	
<i>Umsetzung</i>	kurzfristig möglich	
<i>Einsparpotential</i>	Einsparpotential hoch	
		Quelle: Pokorny, 2008

<i>Maßnahme:</i>		
Hybride Antriebstechnik		
<i>Beschreibung, Beispiel</i>	Mit elektrischer Plastifizier- und Einspritz- einheit ($\eta = 0,85$) sowie hydraulischer Schließeinheit ($\eta = 0,63 - 0,70$) können die Vorteile beider Antriebssysteme ge- nutzt werden. Für Anwendungsbereiche mit hohem Materialdurchsatz.	 <p>Servoelektrischer Schneckenantrieb EMG</p>
<i>Umsetzung</i>	mittelfristig möglich	
<i>Einsparpotential</i>	Einsparpotential hoch (25% zur rein hyd- raulisch angetriebenen)	
Quelle: Pokorny, 2008		

<i>Maßnahme:</i>		
Vollelektrische Maschine		
<i>Beschreibung, Beispiel</i>	Es werden alle Bewegungen servoelektrisch angetrieben. Dadurch sind folgende Vorteile erzielbar: hoher Wirkungsgrad auch im Teillastbereich, Bremsenergie kann zwischengespeichert werden, Antriebe verbrauchen im Still- stand nahezu keine Energie, Energiespit- zen werden aus internem Energiespei- cher abgedeckt.	
<i>Umsetzung</i>	Langfristig möglich	
<i>Einsparpotential</i>	Einsparpotential hoch (25% zu Hybriden Antriebstechnik)	

<i>Maßnahme:</i>		
Hybride Antriebstechnik - Elektrifizierung von Achsen insbes. Der Dosierachse		
<i>Beschreibung Beispiel</i>	Ein Großteil der verbrauchten energie wird beim Dosieren verbraucht; daher ist vorallem die energetische antriebseffizi- enzsteigerung dieser Achse vorrangig	
<i>Umsetzung</i>	kurzfristig möglich	
<i>Einsparpotential</i>	Einsparpotential hoch gegenüber vollhydr. Maschinen	

<i>Maßnahme:</i>		
Speichertechnologie		
<i>Beschreibung, Beispiel</i>	<ul style="list-style-type: none"> - Volumenstrom- und Druckregelung über Regelventil am Verbraucher - kontinuierliches Aufladen des Speichers mit kleinem Volumenstrom - gleichzeitiger Ablauf von Vorgängen 	
<i>Umsetzung</i>	mittelfristig möglich	
<i>Einsparpotential</i>	Einsparpotential hoch (25% zur rein hydraulisch angetriebenen)	Quelle: Arburg, 2008

Plastifizierzylinder

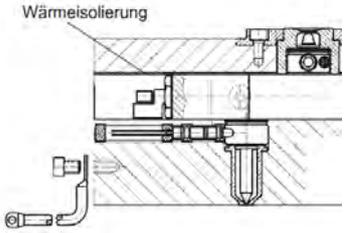
<i>Maßnahme:</i>		
Einhausung der Plastifiziereinheit		
<i>Beschreibung, Beispiel</i>	Durch eine Einhausung wird die Plastifiziereinheit isoliert und damit die überschüssige Wärmeenergie gespeichert d.h. der Energieverlust verringert sich und somit auch die zuzuführende Heizenergie.	
<i>Umsetzung</i>	kurzfristig möglich	
<i>Einsparpotential</i>	Einsparpotential hoch	

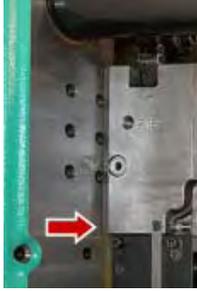
<i>Maßnahme:</i>		
Isolierung der Plastifiziereinheit		
<i>Beschreibung, Beispiel</i>	Aus Infrarotbildern lässt sich ablesen dass die Temperaturen an der Oberfläche des Plastifizierzylinders von über 200 °C auf unter 100 °C reduziert werden können. Bei diesen Messungen wurde weiter festgestellt, dass sich der Wirkenergieaufwand um 40% verringert	
<i>Umsetzung</i>	kurzfristig möglich	
<i>Einsparpotential</i>	Einsparpotential hoch	

<i>Maßnahme</i>		
Einsatz alternativer Beheizungssysteme - induktive Beheizung		
<i>Beschreibung, Beispiel</i>	Kombination von isolierender Maßnahme und effizienter Einbringung von Heizenergie durch Wirbelströme direkt ohne notwendigen Wärmefluß vom Außen zum Innenzylinderdurchmesser des Massezylinder	
<i>Umsetzung</i>	kurzfristig möglich	
<i>Einsparpotential</i>	verkürzte Aufheizzeiten, Vorteile bei Materialwechsel	

<i>Maßnahme</i>		
Optimales Material in optimalen Zustand auf den Einsatzzweck abgestimmt verwenden		
<i>Beschreibung, Beispiel</i>	richtiges Material im optimalen Anlieferungszustand (vorgetrocknet, temperiert) bei optimaler Verarbeitungstemperatur in Bezug auf den Energieverbrauch der Anlage (Förderleistung, Aufschmelzleistung, ...) verarbeiten	
<i>Umsetzung</i>	jederzeit durch jeden Anwender anwendbar	
<i>Einsparpotential</i>	für jede Anwendung individuell zu beurteilen	

Werkzeug

<i>Maßnahme:</i>		
Isolierung des Heißkanals zum Werkzeug		
<i>Beschreibung, Beispiel</i>	Mit einer Isolierung des Übergangs Heißkanal zu Werkzeug kann einerseits die Abwärme andererseits die Entstehung innerer Wärmeströme verhindert werden.	
<i>Umsetzung</i>	kurzfristig möglich	
<i>Einsparpotential</i>	Einsparpotential hoch	Quelle: Unger, 2004

<i>Maßnahme:</i>		
Isolierung zur Aufspannung (externe Wärmeströme)		
<i>Beschreibung, Beispiel</i>	Durch eine Reduzierung der Wärmeableitung mittels Isolierplatten zwischen Werkzeug und Aufspannplatten der Spritzgießmaschine kann weiters der Energie gespart werden	
<i>Umsetzung</i>	kurzfristig möglich	
<i>Einsparpotential</i>	Einsparpotential hoch	Quelle: Arburg, 2008

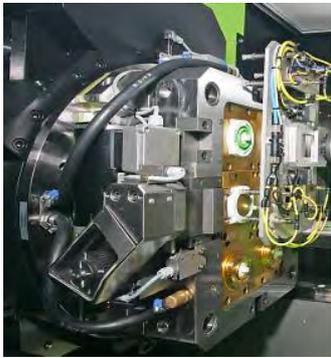
Maßnahme:

Energieeffiziente Werkzeugauslegung

Heißkanal	Isolierung zum Werkzeug (interne Wärmeströme)	
Anguss	Möglichst klein halten (unnötige Masse)	
Angusszone	Isolierung zum Werkzeug (interne Wärmeströme)	
Abstrahlung Umgebung	Isolierung der Außenhaut (externe Wärmeströme)	
Leitung zu Aufspannplatte	Isolierung zur Aufspannung (externe Wärmeströme)	
Leitung zwischen verschiedenen Kreisen	Weniger Kreise, dafür richtige Lage der Temperierkanäle (interne Wärmeströme)	
Temperierkanalauslegung	Optimaler Wärmeübergang erfordert unter Umständen weniger tiefe Kühlwassertemperaturen	
Umsetzung	kurzfristig möglich	
Einsparpotential	Einsparpotential hoch	

Maßnahme:

Elektrifizierung der Kernzüge - Vermeidung zusätzlicher uneffizienter Kleinhydraulikaggregate

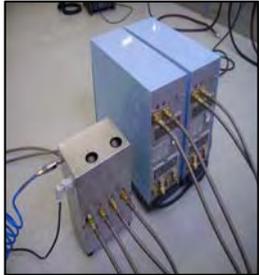
Beschreibung Beispiel	Durch den Einsatz elektrischer Kernzüge kann auf den ineffizienten Einsatz hydraulischer Beistellaggregate, die insbes. bei vollelektr. Maschinen zum Betreiben der Kernzüge benötigt werden, verzichtet werden	
Umsetzung	langfristig möglich	
Einsparpotential	Vermeidung der i.a. nicht energieeffizient arbeitenden Beistellaggregate	

Quelle: Engel, 2009

Temperiergerät

Maßnahme:

Temperiergerät (statisch)

Pumpe	<p>Gute und konstante Förderleistung mit passender Pumpe und geeignetem Pumpenmaterial (Einfluss auf Antriebsleistung und Kühlwassertemperaturen)</p> <p>Passende Leitungsquerschnitte erzeugen geringere Druckverluste (Einfluss auf Antriebsleistung)</p>	
Leitungsquerschnitte		
Wärmeübergang	<p>Geschlossenes System, Drucküberlagerung, korrosions-beständiges Material, separater Anschluss für Systemwasser (Ideale Bedingungen für Wärmeträger verbessern den Wärmeübergang)</p> <p>Genügend Kühlleistung, verkalkungsarmes und wassersparendes System (Kühlwassermenge und -temperatur)</p> <p>Isolierung der Außenhaut, Reduktion der Kühlluftmenge (geringere Heizleistung)</p>	
Kühlleistung		
Abstrahlung Umgebung		
Umsetzung	kurzfristig möglich	
<i>Einsparpotential</i>	Einsparpotential hoch	

Maßnahme:

Temperiergerät (dynamisch)

Kreislaufvolumen (Tank)	<p>Geringes Tankvolumen (reduziert die erforderliche Heiz- bzw. Kühlleistung)</p> <p>Gute selbst optimierende Temperaturregelung (reduziert Schwankungen und damit auch Heiz- bzw. Kühlleistungen)</p> <p>Sollwertumschaltung bei Erkennen von Produktionsunterbruch (verhindert, dass die Hauptmasse des Werkzeugs große Temperaturveränderungen durchführt)</p>	
Temperaturregelung		
Anwendung mit Externfühler		
Umsetzung	kurzfristig möglich	
<i>Einsparpotential</i>	Einsparpotential hoch	Quelle: HB-THERM, 2009

<i>Maßnahme:</i> Kühlanlage		
Kühlwasser-temperatur	Bei Bedarf mehrere Kaltwasserkreisläufe mit unterschiedlichen Temperaturen fahren. Nur temperaturkritische Kreise an Kreislauf mit niedriger Temperatur anschließen (Geringste Last auf Kreis mit niedriger Temperatur)	
Kühlanlagensystem	Verbundsystem mit intelligenter Ansteuerung (teure Kühlkompressor-Anlage nur bei Bedarf zuschalten)	
Wasserqualität	Fachmännische Wasseraufbereitung (verhindert Verschlechterung des Wärmeübergangs und erhöht Standzeit von Kühlwasser und Einrichtungen)	
Umsetzung	kurzfristig möglich	Quelle: Engel, 2009
<i>Einsparpotential</i>	Einsparpotential hoch	

Bewusstseinsbildende Maßnahmen

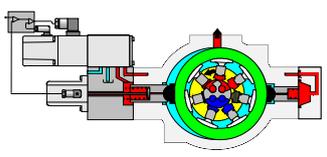
<i>Maßnahme:</i> Energieverbrauchsanzeige																																																																	
<i>Beschreibung, Beispiel</i>	Im Vergleich zum Einsatz von Radialkolbenpumpen ist eine Energieeinsparung von bis zu 15 % möglich																																																																
<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2"></th> <th>Energieberechnung</th> <th>Analyse Zyklus</th> <th>Analyse Antriebe</th> <th>Energieanalyse gesamt</th> <th>letzter</th> <th>laufend</th> <th></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Schnecke Einspritzen</td> <td><input checked="" type="checkbox"/></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>0,097</td> <td>0,073</td> <td>kWh</td> </tr> <tr> <td>Schnecke Einspritzen</td> <td><input checked="" type="checkbox"/></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>0,097</td> <td>0,073</td> <td>kWh</td> </tr> <tr> <td>Form</td> <td><input type="checkbox"/></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>0,165</td> <td>0,082</td> <td>kWh</td> </tr> <tr> <td>Schnecke Dosieren</td> <td><input checked="" type="checkbox"/></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>0,035</td> <td>0,025</td> <td>kWh</td> </tr> <tr> <td>Auswerfer</td> <td><input type="checkbox"/></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>0,082</td> <td>0,000</td> <td>kWh</td> </tr> <tr> <td>Düse</td> <td><input type="checkbox"/></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>0,167</td> <td>0,086</td> <td>kWh</td> </tr> </tbody> </table>					Energieberechnung	Analyse Zyklus	Analyse Antriebe	Energieanalyse gesamt	letzter	laufend		Schnecke Einspritzen	<input checked="" type="checkbox"/>					0,097	0,073	kWh	Schnecke Einspritzen	<input checked="" type="checkbox"/>					0,097	0,073	kWh	Form	<input type="checkbox"/>					0,165	0,082	kWh	Schnecke Dosieren	<input checked="" type="checkbox"/>					0,035	0,025	kWh	Auswerfer	<input type="checkbox"/>					0,082	0,000	kWh	Düse	<input type="checkbox"/>					0,167	0,086	kWh
		Energieberechnung	Analyse Zyklus	Analyse Antriebe	Energieanalyse gesamt	letzter	laufend																																																										
Schnecke Einspritzen	<input checked="" type="checkbox"/>					0,097	0,073	kWh																																																									
Schnecke Einspritzen	<input checked="" type="checkbox"/>					0,097	0,073	kWh																																																									
Form	<input type="checkbox"/>					0,165	0,082	kWh																																																									
Schnecke Dosieren	<input checked="" type="checkbox"/>					0,035	0,025	kWh																																																									
Auswerfer	<input type="checkbox"/>					0,082	0,000	kWh																																																									
Düse	<input type="checkbox"/>					0,167	0,086	kWh																																																									
Umsetzung	kurzfristig möglich																																																																
<i>Einsparpotential</i>	Einsparpotential mittel																																																																

Langfristige Maßnahmen und Entwicklungen BNAT - Best Not Available Technology

<i>Maßnahme:</i>		
Gasbeheizte Plastifizierzylinder		
<i>Beschreibung, Beispiel</i>	<p>Die Brenner, bestehend aus geteilten Halbschalen werden nachträglich auf den Zylinder montiert. Mittels ringförmigen Metallfaserbrenner wird das heiße Verbrennungsgas über einen Ringspalt wendelförmig über die Zylinderoberfläche geführt.</p> <p>Vorteile: Geringere Leistungsspitzen, Vorteile im Energiemanagement durch reduzierte Anschlußleistung der Maschine, Erhöhte Energieeffizienz durch Einsatz eines Primär-energeträgers, Reduktion der CO₂-Emissionen, Bauartbedingt geringe Abstrahlungsverluste</p>	
<i>Umsetzung</i>	Langfristig	
<i>Einsparpotential</i>	Einsparpotential hoch	Quelle: Würtele, 2008

<i>Weiters Verbesserungsideen:</i>	<p>Materialtrocknung: Nutzung des Dampfes Durch Mehrkreistemperierung entstehen interne Ströme,...</p> <p>Temperierung: Nutzung der Abwärme der Verbindungsleitungen und der des Gerätes</p> <p>Kühlanlage: Je kühler das Kaltwasser desto höher der Energiebedarf à wärmeres Kühlwasser, dafür mehr Durchfluss</p> <p>Konturnahes Kühlen</p> <p>Regelantriebe</p>
------------------------------------	--

Hydraulische Antriebe

<i>Maßnahme:</i>		
Hydraulik mit EHV - Pumpe		
<i>Beschreibung, Beispiel</i>	<p>Im Vergleich zum Einsatz einer normalen Radialkolbenpumpe ist mit einer elektrohydraulisch verstellbaren Radialkolbenpumpe eine Energieeinsparung von bis zu 15 % möglich</p>	
<i>Umsetzung</i>	kurzfristig möglich	
<i>Einsparpotential</i>	Einsparpotential mittel	Quelle: Engel, 2009

9.3 Verbesserungsmaßnahmen und Best Practice Extrusion

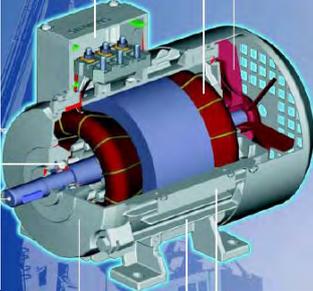
Bei den in dieser Arbeit näher untersuchten Doppelschneckenextrudern konnten auf Basis der durchgeführten Untersuchungen die Aufteilung des Energieverbrauchs auf die einzelnen Maschinenelemente sehr gut ermittelt werden:

Plastifizierzylinder

<i>Maßnahme:</i>		
Isolierung der Plastifiziereinheit		
<i>Beschreibung, Beispiel</i>	Durch Isoliermaterial zwischen Heizbändern und Außenmantel wird die Plastifiziereinheit isoliert. Der Energieverlust nach außen verringert sich und somit auch die zuzuführende Heizenergie. Aus Wärmebildern lässt sich zeigen dass die Temperaturen an der Oberfläche des Plastifizierzylinders von über 180 °C auf unter 70 °C reduziert werden können.	
<i>Umsetzung</i>	kurzfristig möglich	
<i>Einsparpotential</i>	Einsparpotential hoch	

<i>Maßnahme:</i>		
Isolierung der Zwischenelemente Plastifiziereinheit		
<i>Beschreibung, Beispiel</i>	An den Wärmebildern ist ersichtlich, dass die Zwischenräume und Übergänge der Verfahreseinheiten „HOT SPOTS“ darstellen. Diese wirken umso stärker, wenn am restlichen Zylinder Maßnahmen gesetzt wurden.	
<i>Umsetzung</i>	mittelfristig möglich	
<i>Einsparpotential</i>	Einsparpotential hoch	

Antrieb

<i>Maßnahme:</i>		
Einsatz effizienter AC-Antriebe		
<i>Beschreibung, Beispiel</i>	Insbesondere im Teillastbereich kann durch den wesentlich effizienteren AC-Antrieb der Wirkungsgrad um bis zu 15% verbessert werden – auch Lüfter können teilweise entfallen.	
<i>Umsetzung</i>	kurzfristig möglich	
<i>Einsparpotential</i>	Einsparpotential hoch	
<i>Maßnahme:</i>		
Anpassung der Antriebsgröße		
<i>Beschreibung, Beispiel</i>	Eine Anpassung des Antriebs auf den jeweiligen Einsatzbereich für das jeweilige Marktsegment. Dadurch können die Antriebe auf die jeweiligen Arbeitspunkten abgestimmt werden und im optimalen Effizienzbereich des Antriebs arbeiten.	
<i>Umsetzung</i>	mittelfristig möglich	
<i>Einsparpotential</i>	Einsparpotential mittel	
<i>Maßnahme:</i>		
Blindstromkompensation		
<i>Beschreibung, Beispiel</i>	Antriebe erzeugen teilweise sehr hohe Blindströme, insbesondere bei Gleichstromantrieben und bei Betrieb in Teillast. Diese Ströme belasten die Leitungen und führen durch die zusätzliche Erwärmung indirekt zu ohmschen Leitungsverlusten. Durch eine Kompensation (oder besser Antriebsoptimierung, siehe oben) direkt an der Maschine können diese Verluste stark reduziert werden.	
<i>Umsetzung</i>	mittelfristig möglich	
<i>Einsparpotential</i>	Einsparpotential mittel	
<i>Maßnahme:</i>		
Nebenantriebe und Lüfter optimieren		
<i>Beschreibung, Beispiel</i>	Durch bedarfsorientierte Dimensionierung, ggf. drehzahlgeregelten Betrieb und den Einsatz von Antrieben der Effizienzklasse 1. Nebenantriebe können bei bestimmten Extrudern bis zu 10% des Energieverbrauchs verursachen.	
<i>Umsetzung</i>	kurzfristig möglich	
<i>Einsparpotential</i>	Einsparpotential gering	

Verfahrenstechnik

Maßnahme:

Interne Schneckentemperierung

Beschreibung, Beispiel
Oftmals bereits Standard, jedoch für viele Anwendungen/Märkte noch nicht genutzt. Ein interner Wärmetransfer von vorne nach hinten ersetzt die externe Temperierung über Temperiergeräte mit Pumpen, Heiz- und Kühleinheiten.



Umsetzung

mittelfristig

Einsparpotential

Einsparpotential mittel

Maßnahme:

Verfahrenstechnik

Beschreibung, Beispiel
Weiterentwicklung der Verfahrenstechnik zur Vermeidung überschüssiger Energieeinbringung in das Material, die zusätzlich am Prozessende über Gebläseeinsatz wieder aus dem Material „geholt“ werden muss.



Umsetzung

Mittelfristig bis langfristig möglich

Einsparpotential

Einsparpotential mittel

Bewusstseinsbildende Maßnahmen

Maßnahme:

Energiemessung und Anzeige

Beschreibung, Beispiel
Permanente Messung und Anzeige des Energieverbrauchs. Die Strommessgeräte können relativ kostengünstig bereits beim Bau der Anlagen integriert und in die Steuerung bzw. Anzeige eingebunden werden.



Umsetzung

mittelfristig

Einsparpotential

Einsparpotential mittel

Maßnahme:

Energiemanagement

<i>Beschreibung, Beispiel</i>	Permanente Energiemessung erlaubt auch eine laufende Ermittlung der Energiekosten und damit eine energiekostenoptimierte Produktions- und Maschinenbelegungsplanung.	
<i>Umsetzung</i>	Mittelfristig möglich	
<i>Einsparpotential</i>	Einsparpotential gering bis mittel	

BNAT - langfristige Maßnahmen und Entwicklungen

<i>Maßnahme:</i>		
Schnellaufsysteme		
<i>Beschreibung, Beispiel</i>	Schnellaufsysteme arbeiten mit wesentlich höheren Drehzahlen und erlauben insgesamt geringere Antriebsverluste und ermöglichen die effiziente Kombination mit getriebelosen Extrudersystemen	
<i>Umsetzung</i>	langfristig	
<i>Einsparpotential</i>	Einsparpotential mittel	

<i>Maßnahme:</i>		
Getriebelose Maschinen		
<i>Beschreibung, Beispiel</i>	Bei getriebelosen Antrieben wird die mechanische Energie direkt von den Antrieben auf die Extruderschnecken übertragen. Somit können alle mit dem Getriebe verbundenen Verluste eingespart werden. Knackpunkt ist die Entwicklung entsprechender Antriebe, die diese Aufgaben mit gleicher Effizienz und Wirtschaftlichkeit erledigen können.	
<i>Umsetzung</i>	Langfristig möglich	
<i>Einsparpotential</i>	Einsparpotential mittel	
<i>Maßnahme:</i>		

Primärenergieeinsatz (Gasbeheizte Anlagen)		
<i>Beschreibung, Beispiel</i>	Es wird die thermische Energieeintrbringung nicht über Elektroheizbänder sondern direkt über Primärenergieträger eingebracht. Die Schwierigkeiten liegen in der Vermeidung von Abwärmeverlusten (Rauchgas), exakter Temperaturregelung und einer einfachen Handhabung an vielen dezentral angeordneten Extrusionslinien.	
<i>Umsetzung</i>	Langfristig möglich	
<i>Einsparpotential</i>	Einsparpotential gering	

Zusammengefasst bestehen viele Möglichkeiten einzelner Maßnahmen die in ihrer Gesamtheit zu einer wesentlichen Verbesserung der Energieeffizienz von Extrusionsanlagen führen können. Die Schwierigkeit in der Umsetzung liegt in der Fülle der Einsatzanforderungen und den damit verbundenen Ausführungs- und Anforderungsunterschieden der Anlagen. Die folgenden beiden Abbildungen zeigen die Verbesserungsmaßnahmen von 2 Extrudertypen, die mit dem Projektpartner durchgeführt wurden:

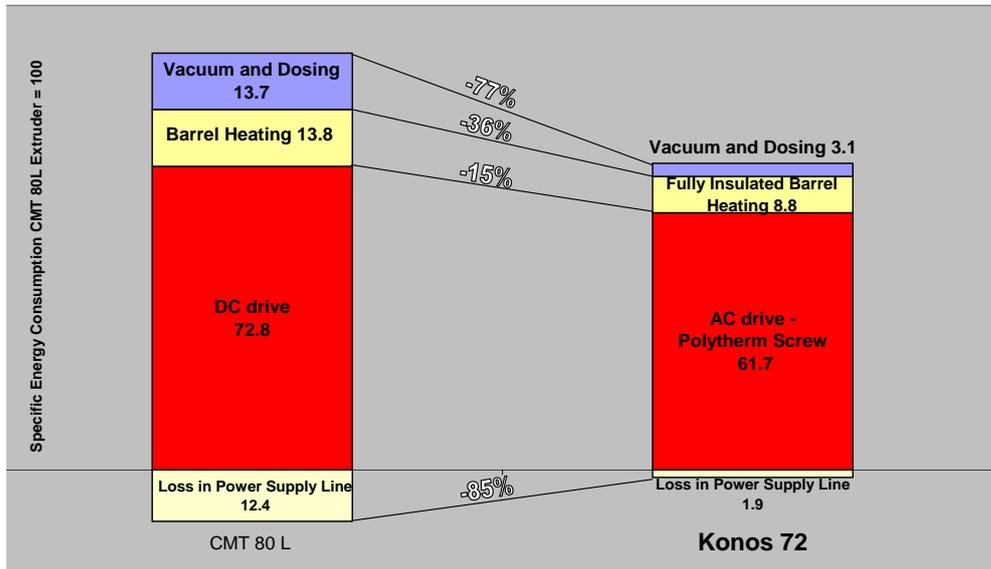


Abbildung 33: Energieeinsparungsergebnisse „alt – neu“ der Untersuchungen von Projektpartner Cincinnati bei *konischen* Doppelschneckenextrudern

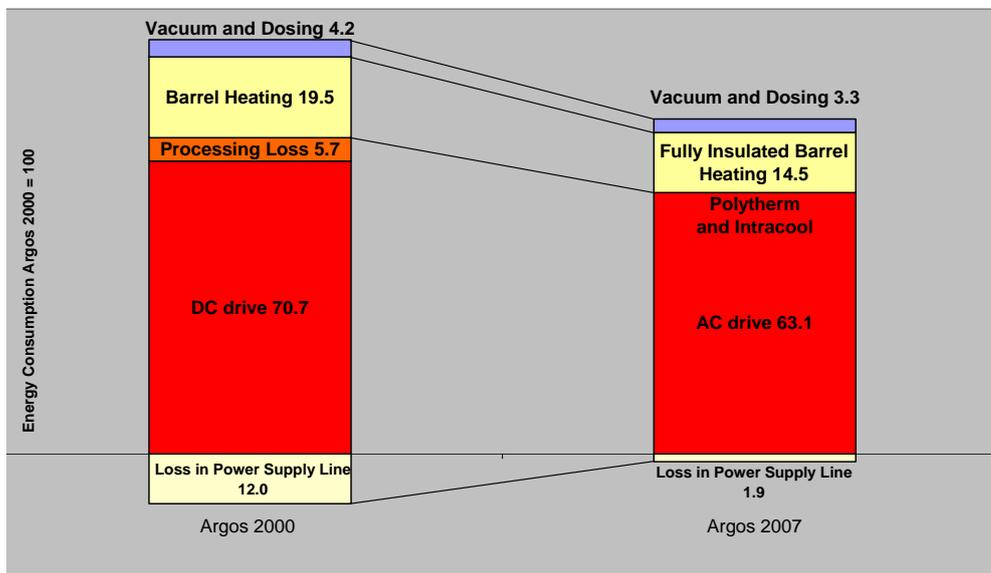


Abbildung 34: Energieeinsparungsergebnisse „alt – neu“ der Untersuchungen von Projektpartner Cincinnati bei *parallelen* Doppelschneckenextrudern

10 Potentiale zur weiteren Verbreitung

In diesem Kapitel geht es um die Kommunikation und Verbreitung des Energielabels auch über die Grenzen des Projektes hinaus. Die Verbreitung des Labels erfolgte über Zeitungsartikel, Vorträge auf Konferenzen, Online Artikel sowie Presseaussendungen der Unternehmen bzw. auch der Wissenschaftspartner.

Für die weitere Verbreitung des Energieeffizienzlabels wurden drei Möglichkeiten in Betracht gezogen:

- Eine nationale Verbreitung mit der Erstellung einer ON Regel,
- die internationale Verbreitung über einen EUROMAP Standard oder
- über den Umweg eines EU Projekts und somit der Einbindung weiterer europäischer Forschungsunternehmen sowie Industriepartner.

10.1 Nationale Umsetzung

Umsetzung des Energieeffizienz Labels auf nationaler Ebene

Die Umsetzung eines Energieeffizienzlabels auf nationaler Ebene wäre beispielsweise mit der Erstellung einer ÖNORM oder einer ON Regel wie im Beispiel des Reparatursiegels (siehe Kapitel 0) möglich.

Eine nationale Einführung hätte im Vergleich zu einer Europäischen Einführung den großen Vorteil eines geringeren Zeit- und Kostenaufwandes. Mit einer viel geringeren Zahl an Stakeholdern aus Wirtschaft, Politik und Interessensverbänden die in den Entwicklungsprozess eingebunden werden müssen, ist eine Entwicklung und eine Österreichweite Verbreitung schneller und billiger möglich.

Werden die Prüfungskriterien in einer ON Regel definiert so sind beispielsweise min. 2 Vertreter aus Wissenschaft, Wirtschaft, Konsument und Verwaltung notwendig. Der zeitliche Erstellungsaufwand liegt nach Herrn Josef Winkler vom Österreichischen Normungsinstitut (ON) bei ca. ½ Jahr und die Prüfungskosten des ON liegen bei €500 - €700. Hinzu kommen noch die Kosten für die Durchführung der Prüfung vor Ort.

Nach Etablierung der ON Regel könnte mit Hilfe vom Österreichischen Normungsinstitut daraus eine ÖNORM und in weiterer Folge auch eine EU-weite Norm (EN) geschaffen werden.

Der Nachteil der nationalen Umsetzung dieses Energieeffizienzlabels ist der in Österreich vorhandene Markt. Es gibt zwar einige Anwender von Kunststoffverarbeitenden Maschinen, jedoch nur ein paar Hersteller, der Rest ist im gesamten europäischen Raum verteilt. Unternehmen die weltweit Maschinen verkaufen werden nicht den Aufwand betreiben für den doch eher kleinen Österreichischen Markt ein Label erwerben.

Dies ist eventuell auch der Grund für die spärliche Annahme des Nachhaltigkeits Siegels für Reparaturfreundliche Produkte, das nach 2 Jähriger Einführung nur einen Hersteller von Waschmaschinen überzeugen konnte, sich prüfen zu lassen.

Aus den genannten Gründen wird eine nationale Umsetzung nicht mehr weiter verfolgt. Eine sinnvolle Einführung, die auch eine Anwendung eines Labels im Kunststoffbereich sicherstellt, muss somit auf Europäischer Ebene erfolgen.

10.2 Europäische Umsetzung

Eine Europäische Umsetzung eines Labels kann beispielsweise wie das Pumpen Label über ein EU-Projekt mit allen Namhaften Herstellern entwickelt werden. Andererseits kann dies auch über die Einbindung der jeweiligen Europäischen Interessensvertretung erfolgen.

Für eine europäische Umsetzung eines Kommunikationsinstrumentes für die Energieeffizienz von Kunststoff verarbeitenden Maschinen ist vor allem die EUROMAP (European committee of the national associations of machinery manufacturers for the plastics and rubber industries) mit ihren technischen Empfehlungen, der VDMA (Fachverband Kunststoff- und Gummimaschinen), sowie die teilnehmenden Institutionen der EU Projekte „ENER-Plast“ und „euRECIPE“ sehr zentral.

Auf der K 2007 (Internationale Messe für Kunststoff und Kautschuk) in Düsseldorf wurde mit den genannten Akteuren (EUROMAP, VDMA und ENER-Plast) bereits Kontakt aufgenommen. Alle Seiten standen dem Thema sehr positiv gegenüber und sind an einer zukünftigen Zusammenarbeit bzw. europäischen Umsetzung dieses Energieeffizienzlabels interessiert.

Des Weiteren erfolgte ein Vortrag auf der VDI Tagung: Spritzgießen 2008 - Innovation und Produktivität (siehe unten), der vom Fachpublikum sehr gut angenommen wurde. Aus dieser Tagung entstand der Kontakt zu EUROMAP (European committee of the national associations of machinery manufacturers for the plastics and rubber industries) und daraus folgend die Erarbeitung der beiden Standards zur Energiemessung für Spritzguss wie auch Extruder. Weiters wurden die Fachzeitschriften Plastverarbeiter, Kunststoff-Berater und K-Zeitung auf dieses Thema aufmerksam und publizierten die Vortrags- bzw. Projekthinhalte. Die Verbreitung des Projekthinhaltes fand durch einen Vortrag im Rahmen der Plastiale Vienna statt.

EUROMAP

Dem EUROMAP – Europäisches Komitee der Hersteller von Kunststoff- und Gummimaschinen – gehören praktisch alle europäischen Kunststoffverarbeitungsmaschinenhersteller an. Das EUROMAP schafft seinerseits Standards, die eine Klassifizierung der Maschinen ermöglichen und Begriffe und Ausführungsdetails normieren. Diese EUROMAP Standards sind nicht verbindlich, jedoch haben sie in Europa und auch außerhalb eine gute Akzeptanz.

Als Voraussetzung für die Entwicklung eines Energieeffizienzlabels musste vorerst ein Standard zur Energiemessung erstellt werden. Nach Anregung des Projektteams wurden zwei EUROMAP Working Groups zum Thema Energieeffizienz eingerichtet. Diese haben zum Ziel, die technischen Richtlinien zur Messung des Energieverbrauches von Spritzgussmaschinen (EUROMAP 60) zu überarbeiten, bzw. die von Extrusionsmaschinen (EUROMAP 90) neu zu erstellen. Das Projektteam ist mit den Projektpartnern Profes GmbH, Cincinnati Extrusions und ENGEL Austria aktiv in diesen Working Groups beteiligt. So liefern die Erkenntnisse des Projektteams wertvollen Input für die europaweite Ausgestaltung der EUROMAP und die weitere Vernetzung ist mit der Teilnahme an den Working Groups garantiert (Siehe Kapitel 6).

Die EUROMAP60 ist bereits überarbeitet und steht allen Unternehmen online zur Verfügung. Die EUROMAP für den Extruderbereich ist noch in Erstellung. Aufgrund der Heterogenität der Hersteller in diesem Bereich ist hier noch keine Einigung über die Definition eines Messstandards erzielt worden. Ein nächstes Treffen der Hersteller wurde für Herbst 2009 anberaumt. Im nächsten Schritt sollte nun im Rahmen der EUROMAP ein Standard für ein Energieeffizienzlabel erstellt werden. Das EUROMAP bzw. dessen Vertreter Herr Vettkötter steht einem Label zum jetzigen Zeitpunkt jedoch sehr skeptisch gegenüber. Zunächst sollten sich die Energiemessstandards durchsetzen und bei den Herstellern und Kunden etablieren. Eine Umsetzung via EUROMAP kann momentan daher nicht weiter verfolgt werden.

EU Projekt – LEEP

Ein anderer nächster Schritt in Richtung Umsetzung ist die Entwicklung und Verbreitung dieses Labels über ein EU Projekt. Hierzu wurde während der Projektdauer gemeinsam mit den Projektkoordinatoren der Projekte Enerplast und EuRecipe ein Projekt bei der Programmlinie Intelligent Energy Europe eingereicht:

Titel: Energy Efficiency Labelling and Total Cost of Ownership within the European Flexible Packaging Industry

Partner:

- Smithers Rapra Technology Ltd, UK (Projekt Koordination)
- PROPLAST, IT
- Fraunhofer Institute for Chemical Technology, DE
- ASCAMM Foundation ES
- European Committee for Standardization, CEN, BE
- Polish Packaging Research and Development Centre, COBRO, PL
- Consultores Associados de Organizações e Informática, Lda CASO PT
- University of Zagreb, UniZag-FSB, HR
- Rapra Limited Rapra, UK
- ofi Technologie & Innovation GmbH, OFI, AT

Ziel

Übergeordnetes Ziel von LEEP ist die Erhöhung des Marktanteils energieeffizienter Geräte und Produkte im Bereich flexibler Verpackungen. Das Label bietet für den Käufer eine einfache und schnelle Methode seinen Energieverbrauch zu senken und dem Anbieter den Vorteil neuer Marktchancen.

Das Projekt gliedert sich in zwei Bereiche:

I. Energieeffizienz Label - Entwicklung von Kriterien und Standards zur Bewertung der Energieeffizienz von Verpackungsmaschinen. Es soll das Label getestet, die Machbarkeit überprüft und ein Aktionsplan zur Einführung entwickelt werden.

II. Entwicklung eines Life Cycle Cost Moduls und durchführen einer Ökobilanz. Damit soll dem Anwender wie auch den Herstellern der Maschinen gezeigt werden welche Kosten über die gesamte Lebensdauer inklusive Materialien, Herstellung, Nutzung und Entsorgung entstehen. Weiters erfolgt eine Umweltbewertung des Produktes um die Umweltauswirkungen einer Verpackungsmaschine auch quantifizieren zu können und andererseits auch die Dominanz der Nutzungsphase zu zeigen.

Methodik

Die Arbeitspakete sind in vier Module unterteilt. Die Arbeitsabfolge ist in Abbildung 35 dargestellt

1. Management (WP1)
2. Preparatory Actions (WP2 & WP3)
3. Implementation Actions (WP4, WP5, WP6, WP7 & WP8)
4. Dissemination Activities (WP9 & WP10)

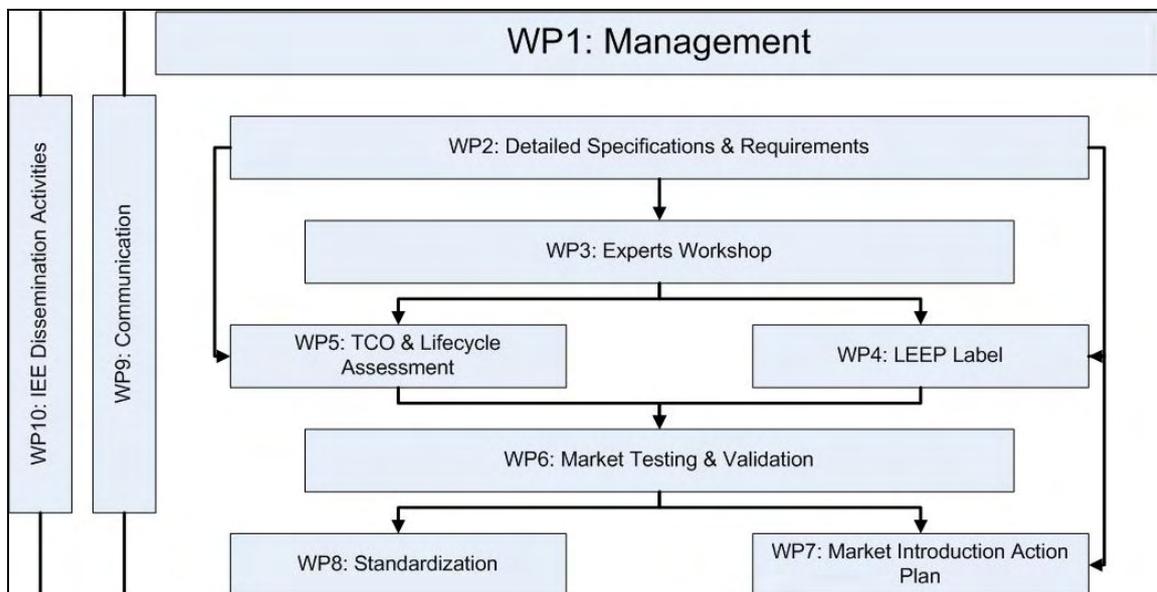


Abbildung 35 Flow-chart der Arbeitspakete

10.3 Weiterentwicklung der ECODESIGN Toolbox

Die Weiterentwicklung der ECODESIGN Toolbox um den nachgelagerten Kommunikationsschritt wurde in die bestehende Methodik der ECODESIGN Toolbox integriert und auf der Webplattform www.ecodesign.at/toolbox entsprechend dargestellt (siehe

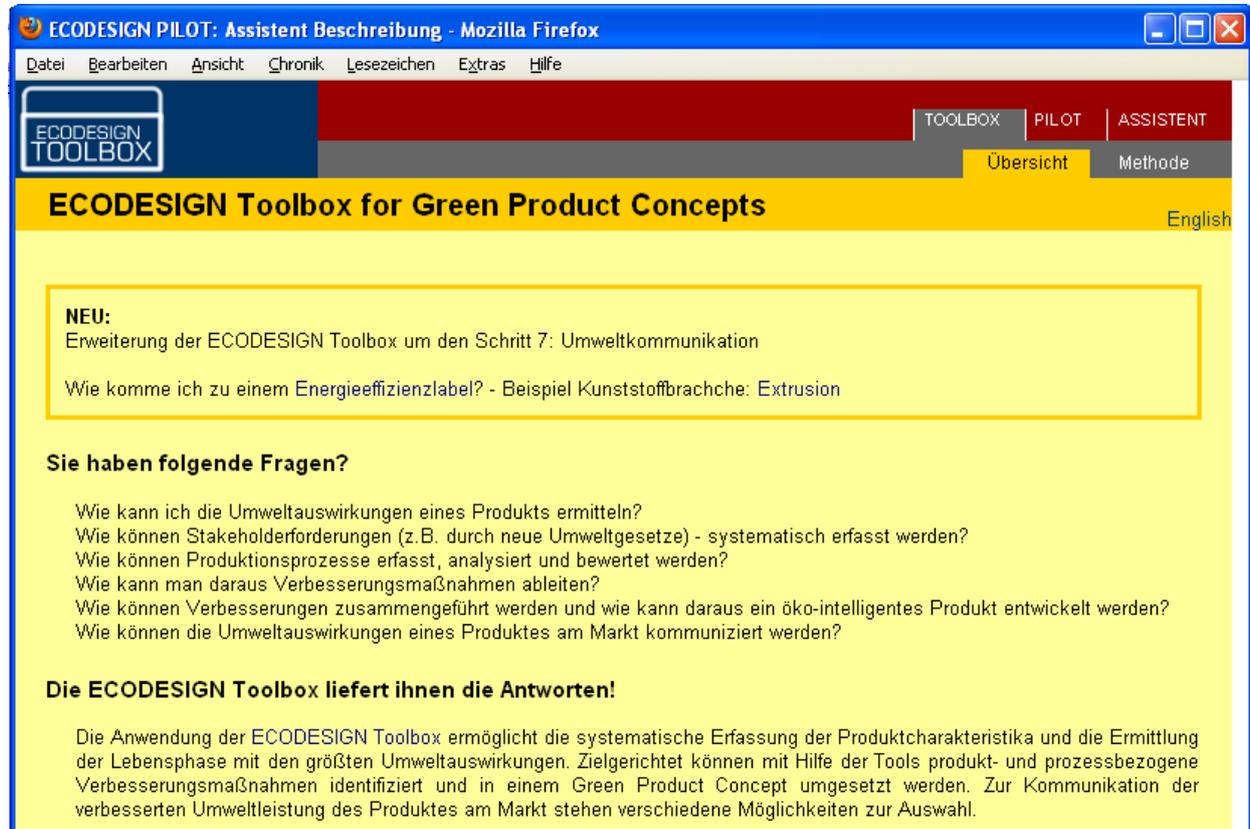


Abbildung 36 Darstellung Ecodesign Toolbox auf www.ecodesign.at - Übersicht

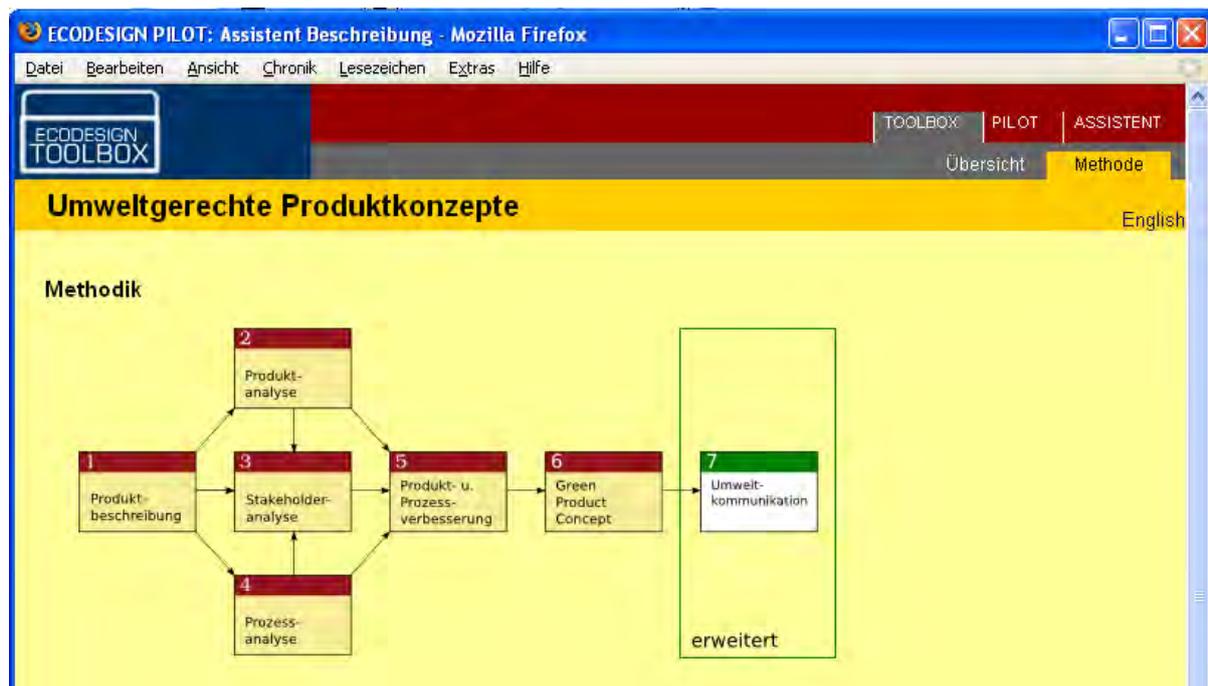


Abbildung 37 Darstellung Ecodesign Toolbox auf www.ecodesign.at – Methodik



Abbildung 38 Methodik zur Erstellung eines Energieeffizienzlabels

10.4 Darstellung in welcher Form die Ergebnisse verwertet und weiterverwendet wurden bzw. werden:

Alle Publikationen der TU Wien sind online verfügbar unter:

http://www.ecodesign.at/einfuehrung/ecoteam/publikationen_team/index.de.html

Zeitungsartikel, Presseausendungen

- *TU entwickelt Energiestandard für Spritzgusstechnik*
APA Zukunftswissen, September 2008
- *Presseausendung, TU Wien*
Ein Energieeffizienzlabel für Industriemaschinen
02.09.2008, <http://www.tuwien.ac.at/>
- *Ökointelligente Produkte*
Plastverarbeiter, 2008 (noch nicht erschienen)
Wolfgang Wimmer
- *Energieeffizienz, Maschinenbau: Einsparpotential bei Temperierung und Heizung*
Kunststoff Information
<http://www.kiweb.de/>, 25.04.2008
- *Spritzgießmaschine mit Ökointelligenz*

Kunststoff-Berater, Mai 2008

Rainer Pamminger, Wolfgang Wimmer, Maria Huber, Michael Bauer

- *Praxisnahe Zukunftsthemen für die Spritzgießer von heute*
K-Zeitung, 1. Februar 2008

Vorträge, Workshops

- Workshop: Verbesserungsmaßnahmen bei Spritzgießmaschinen an der Schnittstelle zu den Temperiergeräten, Engel Austria, Schwertberg, 04.04.2008
Teilnehmende Firmen: HB-Therm, Engel, TU Wien
- Workshopreihe zur Erstellung des Energiemessstandards für Spritzguß – EUROMAP 60
Teilnehmer:
 - T. Aschenbrenner, Netstal
 - M. Bauer, Engel
 - R. Bodini, BMBTS
 - T. Brettnich, Demag
 - C. Halter, Husky
 - G. Huster, KraussMaffei
 - B. Nötel, VDMA
 - Ujma, Husky
 - T. Walther, Arburg
- Workshopreihe zur Erstellung des Energiemessstandards für Extrusion – EUROMAP 90
Workshop 3.7. 2008, 21.10.2008
 - Michael Erdmann Extricom, Lauffen
 - Wolfgang Imping Brückner Maschinenbau, Remscheid
 - Simone Maccagnan GIMAC, Castronno
 - Dr. Holger Niemeier HOSOKAWA ALPINE, Augsburg
 - Jörg Schaffrath Battenfeld Extrusionstechnik, Bad Oeynhausen
 - Florian Schneider KraussMaffei Technologies, Munich
 - Erik Sehnal PROFES, Vienna
 - Dr. Jens Spigatis Reifenhäuser Extrusion, Troisdorf
 - H. Christ Coperion
 - B. Dröge SML
 - P. Gonin Maillefer
 - B. Nötel VDMA
 - J. Pazourek Cincinnati Extrusion
 - Dr. C. J. Steger Cincinnati Extrusion
 - T. Strnad (temporarily) Cincinnati Extrusion
 - Michele Valentino DOLCI EXTRUSION, Milano
 - Joachim Vettkötter, Bernd Nötel, EUROMAP-Technical Comm., Frankfurt/M.
- Workshop zur Vorbereitung eines Energiemessstandards
Teilnehmende Firmen: VDMA, Fachverband Maschinen & Metallwaren Industrie, Profes, Engel, TU Wien
Energy efficiency labelling and criteria development for communicating energy efficiency of plastic processing machines
EnviroPlas, Brussels, 16-17 März 2010, Rainer Pamminger, Erik Sehnal und Wolfgang Wimmer

- *NPE 2009 Chicago, SPI's Business of Plastics Conference, Präsentation "Energy Efficiency and Heat Recovery in Pipe and Profile Extrusion; Walter Häder, Cincinnati Extrusion und Erik Sehnal, PROFES*
- *Energiesparkonzepte in der Extrusion*
Vortrag: TGM, Wien, 27.-28.05.2008, 3. Plastiale Vienna, Innovation - Entwicklung – Tendenzen; Erik Sehnal
- *Die ökointelligente Spritzgießmaschine - Wettbewerbsvorteile durch umweltgerechte Produktentwicklung/ECODESIGN*
Vortrag: VDI Tagung, Baden Baden, D; 29.01.2008 - 30.01.2008; in: Spritzgießen 2008 - Innovation und Produktivität,
Publikation: VDI Wissensforum GmbH (Hrg.); VDI Kunststofftechnik, 2008, S. 13 - 25.
Rainer Pamminger, Wolfgang Wimmer, Maria Huber, Michael Bauer
- *ECODESIGN Toolbox for the Development of Green Product Concepts - Case study injection moulding machine*
Vortrag: 5th International Symposium on Environmentally Conscious Design and Inverse Manufacturing, ECODESIGN 2007, Tokyo; 10.12.2007 - 12.12.2007; in: Integration of social system design, business strategies, and Technologies by the EcoDesign approach under the global energy crisis era, 2007, 8 S.
R. Pamminger, W. Wimmer, M. Huber, M. Bauer

Weiters wurde bei der Firma Engel ein Workshop abgehalten, in dem gemeinsam mit einem Temperiergerätehersteller über Verbesserungspotentiale diskutiert wurde (AP3).

11 Detailangaben in Bezug auf die Ziele der Programmlinie

Beitrag zum Gesamtziel der Programmlinie „Fabrik der Zukunft“ und den sieben Leitprinzipien nachhaltiger Technologieentwicklung

Das vorliegende Projekt leistet folgenden Beitrag zum Gesamtziel der Programmlinie:

- Steigerung der Energieeffizienz von energieintensiven Maschinen
- Kommunikation von energieeffizienten Maschinen und Anlagen als Nachhaltigkeitsstrategie
- Energiemessstandards zur weltweiten Anwendung
- Basis für Technologieentwicklung zur Energieeffizienzsteigerung in der Kunststoff verarbeitenden Branche
- Das beschriebene Projekt lässt sich mit untenstehenden Projekten des Antragstellers in die Gesamtstrategie zur „Steigerung der Energieeffizienz in Gewerbe und Industrie“ einordnen:
 - Im FdZ – Projekt: ECODESIGN-Toolbox for Green Product Concepts - Entwicklung von Werkzeugen zur nachhaltigen Produktentwicklung (Projektnummer 810777) ist der Hersteller der Kunststoffspritzgussmaschinen als Projektpartner involviert. Es wurde erkannt, dass Kunststoffspritzgussmaschinen äußerst energieintensive Produkte sind, bei denen jedoch das Einsparungspotential auf der Produktebene begrenzt ist und nur mit einem Systemansatz relevante Energieeinsparungen erzielt werden können.
 - EdZ- Konzept: Energiedienstleistung zur Steigerung der Energieeffizienz von Spritzgießmaschinen im Kunststoffbereich (Projektnummer: 814164), Energiesysteme der Zukunft, (Projektnummer: 814164),
- Im vorliegenden Projekt wurde das Prinzip der Effizienz in mehrfacher Hinsicht umgesetzt:
 - Effizienz der entwickelten Verbesserungsmaßnahmen zur Optimierung des Energieverbrauchs von Maschinen und Anlagen.
Die entwickelten Verbesserungsansätze des Maßnahmenkataloges wurden hinsichtlich einer kurz- oder langfristigen Umsetzbarkeit und der zu erwartenden Energieeinsparung bewertet. Für die konkreten Verbesserungsansätze an den gemessenen Maschinen wurden neben der Energieeinsparung auch der finanzielle Aufwand und die Amortisationsdauer berechnet.
 - Reduktion des Energieverbrauchs der Maschine in der Nutzung.
Durch standardisierte Energieverbrauchsmessungen wurden die größten Energieverbraucher der untersuchten Maschinen ermittelt. Dadurch konnten Verbesserungsmaßnahmen zielgerichtet dort ansetzen, wo der Hebel für die Verbesserung der Umweltleistung am größten und effizientesten ist. Eine Hilfestellung zur Verbesserung des Energieverbrauchs in der Nutzungsphase liefert der in diesem

Projekt entwickelte Maßnahmenkatalog. Zu jeder Verbesserungsmaßnahme wurde auch die realisierbare Energieeinsparung ermittelt.

Einbeziehung der Zielgruppen (Gruppen, die für die Umsetzung der Ergebnisse relevant sind) in das Projekt und Berücksichtigung ihrer Bedürfnisse im Projekt

Von der Hauptzielgruppe des Energieeffizienzlabels waren neben Hersteller (Engel und Cincinnati Extrusions) von Kunststoff verarbeitenden Maschinen auch deren Kunden (Internorm und Schöfer) in dieses Projekt eingebunden. Darüber hinaus wurden mögliche Betreiber eines Energieeffizienzlabels wie z. B. das Österreichische Normungsinstitut oder das EUROMAP Komitee (European committee of the national associations of machinery manufacturers for the plastics and rubber industries) über dieses Projekt informiert. Während des Projektes konnte die Erstellung zweier EUROMAP Standards zum Thema Energiemessung gestartet werden. Der Standard für den Bereich Spritzguss konnte bereits fertig gestellt werden, im Bereich Extrusion ist er noch in Bearbeitung.

Folgende Unternehmen waren in den Arbeitsmeetings: Bereich Spritzguss: Arburg, Husky, Engel, Demag, KrausMaffei, HAT, VDMA, Netstal

Bereich Extrusion: Extricom, Brückner Maschinenbau, GIMAC, HOSOKAWA ALPINE, Battenfeld Extrusionstechnik, KraussMaffei Technologies, Cincinnati Extrusion, Reifenhäuser Extrusion, DOLCI EXTRUSION

Beschreibung der Potenziale (Marktpotenzial, Verbreitungs- bzw. Umsetzungspotenzial) für das Projekt

o Marktpotenzial:

Unter der Annahme, dass die 4500 Spritzgussmaschinen, die in Österreich im Einsatz sind, lediglich im Zweischichtbetrieb gefahren werden, sind diese im Durchschnitt 4000 Stunden pro Jahr in Betrieb. Übliche Werte für die Verarbeitungsmenge dieser Maschinen liegen bei 20 kg Kunststoff pro Stunde. Dazu sind im Durchschnitt 0,4 kWh pro kg Kunststoff erforderlich.

Aus dieser Überlegung ergibt sich ein Energieverbrauch von knapp 30.000 kWh pro Maschine pro Jahr und somit insgesamt ein Energieverbrauch durch die Kunststoffverarbeitung in Österreich von 144 GWh pro Jahr. Auf Basis des österreichischen Strommixes (mit einem in Österreich bekannt hohen Anteil an erneuerbaren Energieformen) resultiert daraus eine CO₂ Emission von immerhin 54.000 Tonnen. Eine Reduktion von nur 10% wäre damit eine relevante Größenordnung.

Bezogen auf Österreich gibt es in der Extrusion (ohne Compoundierung) eine Produktionsmenge von rund 140.000 t/Jahr und einen damit verbundenen Verbrauch von rund 70 GWh/a. Die dargestellten effizienzsteigernden Maßnahmen könnten somit in Österreich rund 15-20 GWh/a an Einsparungen bringen. Die Umsetzungsmöglichkeiten sind vor allem bei Ersatz- und Neuinvestitionen gegeben. Gerade hier setzt das Energielabel an, um die Energieeffizienz und die Energiekosten in den Entscheidungsprozess der Beschaffung zu integrieren. Wirtschaftlichkeitsuntersuchungen in diesem Projekt haben gezeigt, dass Energiekostensenkungen einen hohen Anteil der Investitionskosten einspielen können und sehr kurze Amortisationszeiten möglich sind.

Zur Akzeptanz Seitens der Kunden ist ein transparenter, nachvollziehbarer und glaubwürdiger Messstandard und Bewertungsprozess der Labelvergabe entscheidend, um das Label auch als Entscheidungshilfe zu akzeptieren.

Die meisten derzeitigen Ansätze einzelner Hersteller werden eher als Marketinginitiative wahrgenommen. Rein qualitative Kriterien werden in diesem Zusammenhang auch nicht gewürdigt. Die Entscheidung eines Energielabels auf Basis quantitativer Messdaten unter Nutzung anerkannter Messstandards ist daher ein wichtiger Grundstein für ein akzeptiertes Label.

- Verbreitungs- bzw. Umsetzungspotenzial:

Durch die direkte Einbindung zweier weltweit produzierender Maschinenhersteller war die Akzeptanz und eine weltweite Verbreitung des Energielabels gegeben. Mit der Erstellung der beiden EUROMAP Standards zur Energiemessung werden die Voraussetzungen für ein Label geschaffen. Momentan sind die Mitglieder der EUROMAP noch mit der Einführung dieser Standards beschäftigt und sehen noch nicht das Potential eines Labels. Die technische und methodische Basis wurde durch dieses Projekt jedoch gelegt.

Aus Umweltsicht und der derzeitig vorherrschenden Energiediskussion wird jedoch die Frage des Energieverbrauches einer Maschine immer wichtiger. Von der Kundenseite her werden die Nachfragen nach einem einfachen Instrument zur Vergleichbarkeit des Energieverbrauches von Anlagen und Maschinen immer häufiger und der Trend geht immer mehr in Richtung Umweltlabels (siehe auch in der Lebensmittelbranche).

Weiteres Verbreitungs- und Umsetzungspotential soll mit dem EU Projekt „LEEP“ eingereicht und bei Intelligent Energy Europe abgedeckt werden. Die Hauptziele in diesem Projekt sind die Entwicklung eines Energieeffizienzlabels für Verpackungsmaschinen und deren europaweite Verbreitung. Ein Großteil der europäischen Maschinenhersteller, sowie auch Anwender sollen bei der Definition der Anforderungen wie auch bei den Verbreitungsaktivitäten eingeladen und integriert werden.

Potential für ein Demonstrationsvorhaben

Ein Demonstrationsvorhaben für die Umsetzung dieses Energieeffizienzlabels wäre beispielsweise der Aufbau eines Labels innerhalb eines Segmentes, z.B. Verpackungsmaschinen im Spritzgussbereich. Für diese Umsetzung wurde ein EU Projekt eingereicht. Eine rein österreichische Umsetzung ergibt hier durch die vorhandene kleine Marktgröße keinen Sinn.

Die Umsetzung in Form eines Demoprojektes auf EU Ebene ist nicht risikofrei. Vor allem stellen folgende Fragen Herausforderungen dar:

- Sicherstellung der Akzeptanz des Energielabels
- Sicherstellung der Aktualität des Labels über einen langen Zeitraum
- Schaffung eines allgemein gültigen Label-Standards, die gesamte Branche betreffend vgl. EUROMAP 60
- Überzeugen der Mitglieder der EUROMAP, Geht es auch ohne EUROMAP?
- Bau einer Kunststoff verarbeitenden Maschine, die höchsten Anforderungen hinsichtlich Energieeffizienz genügt
- Einbindung weiterer relevanter Akteure und Betreiber des Energielabels

12 Schlussfolgerungen zu den Projektergebnissen

Was sind die in dem Projekt gewonnenen Erkenntnisse für das Projektteam? (fachliche Einschätzung)

Die Untersuchungen im Rahmen dieses Projektes haben die Einsparpotentiale dargelegt und gezeigt, wo und wie Einsparungen erzielt werden können. Dabei sind praktisch alle Maßnahmen am sinnvollsten im Zuge von Neuinvestitionen realisierbar. Darin bestätigt sich der Bedarf, die Energieeffizienz im Zuge der Investitionsentscheidung zu thematisieren und mögliche Einsparungen darzustellen. Hierzu ist das Energielabel ein geeignetes Instrument, da es den Energieverbrauch thematisiert und kommuniziert.

Aufgenommen wird dieses Argument aber in erster Linie in Kombination mit der möglichen Energieeinsparung und der damit verbundenen Reduktion der Energiekosten.

Daraus können folgende Rückschlüsse gezogen werden:

- Das Energielabel muss quantitative Elemente enthalten um den Energieverbrauch bzw. die Energiekosten und mögliche Einsparungen ermitteln zu können. Dies wurde in unserer Labelentwicklung in Form des spezifischen Energieverbrauchs als reines quantitatives Element umgesetzt.
- Das Energielabel muss diese quantitativen Werte auf Basis anerkannter und nachvollziehbarer Methoden erlangt haben. Ein einheitlicher Energiemessstandard einer anerkannten Institution bringt diese wichtige Basis für ein akzeptiertes Label.
- Die Wirtschaftlichkeit energieeffizienter Anlagen muss dargestellt und ergänzend kommuniziert werden. Um den Kunden zu überzeugen, sind Wirtschaftlichkeitsberechnungen und Beispiele notwendig, die die Gesamtkostenersparnis dokumentieren.
- Die Wirtschaftlichkeit muss darstellbar sein. Kurz: Ohne Energiekosten keine Energieeffizienz. Das Energielabel kann effiziente Maschinen kommunizieren, zur Umsetzung kommt es nur bei entsprechender Kostenrelevanz und Einsparungspotentialen. Die Entspannung der Energiepreise im Zuge der Finanz- und Wirtschaftskrise hat deutlich die Abhängigkeit des Themas von aktuellen Preisen gezeigt, auch wenn die Investition viele Jahre in die Zukunft greift.

Die erfolgreiche Einführung eines Energieeffizienzlabels wird in diesem globalen Markt auch zwingend zumindest auf europäischer Ebene erfolgen müssen. Denn nur dann kann eine breite Zustimmung und Akzeptanz von Messstandards und Labelinhalten erzeugt und von den Herstellern auch propagiert werden. Die Integration von EUROMAP und die Weiterführung zur Etablierung eines Energieeffizienzlabels auf europäischer Ebene ist daher sicher der richtige Weg.

Wie arbeitet das Projektteam mit den erarbeiteten Ergebnissen weiter?

Demzufolge sind von Seiten des Projektteams die Weiterführung und Umsetzung auf Europäischer Ebene vorrangig.

Auf Maschinenebene werden die Projektpartner die erzielten Ergebnisse vor allem in der Produktentwicklung und im Marketing verwenden. In dem erstellten Maßnahmenkatalog wurden Verbesserungsmaßnahmen definiert und deren Umsetzungs- sowie Einsparungspotential definiert. Das Einsparungspotential wurde bei einigen Maßnahmen durch konkrete Einsparungsmessungen erfasst. Für eine energieeffiziente Maschine sollen nun jene Maßnahmen mit einem hohem Einsparungspotential und geringer zeitlicher Umsetzung an der Maschine realisiert werden.

Im Marketing wird das entwickelte Label zur Kommunikation der Energieeffizienz genutzt werden. Neben den Energieeinsparungen ist dem Kunden die Kosteneinsparung sehr wichtig, weshalb bei den beiden Hersteller Wirtschaftlichkeitsrechnungen durchgeführt wurden. Diese können auf neue Maschinen angepasst und für die weitere Kundenkommunikation genutzt werden.

Die Maschinenhersteller selbst können einerseits die Ergebnisse der Energiemessungen direkt verwerten. So laufen bei beiden Firmen Effizienzprogramme, die die gewonnenen Daten nutzen und verwerten können. Sie sind für zukünftige Investitionsentscheidungen sensibilisiert und mit Daten ausgerüstet, um in ihren Entscheidungsprozess den Energieverbrauch bzw. die Energieeffizienz als Kriterium aufzunehmen, auch wenn es noch kein Energieeffizienzlabel für die betreffenden Maschinen gibt.

Für welche anderen Zielgruppen sind die Projektergebnisse relevant und interessant und wer kann damit wie weiterarbeiten?

Die Erkenntnisse sind für alle anderen Zielgruppen interessant, die vor dem Prozess der Einführung von Umweltkommunikationsinstrumenten v.a. von Energieeffizienzlabel im Maschinen- bzw. Anlagenbau stehen. Denn die spezifischen Themen und Probleme dieser Industrien sind sehr ähnlich und deshalb können auch generelle Erkenntnisse für andere Branchen genutzt werden. Die Methodik ist nachlesbar unter: <http://www.ecodesign.at/energieeffizienzlabel/>

Im Zuge des Projektes war das Projektteam mit einigen Institutionen anderer Industriebereiche in Kontakt, die für Ihre Branche ähnliche Projekte planen. Denen kann das Projektergebnis als Startpunkt dienen. So können Zeit und Ressourcen eingespart und eine Fehlplanung vermieden werden.

Umgekehrt stellen die Projektergebnisse für alle Bereiche der Kunststoffverarbeitung Ansatzpunkte zur Verbesserung der Energieeffizienz dar, auch wenn es nicht um die Labelentwicklung geht, sondern um Entwicklungs- oder Umsetzungsprojekte.

13 Ausblick und Empfehlungen

Wo liegen die Chancen / Schwierigkeiten / Risiken bei der Realisierung / Umsetzung in Richtung Demonstrationsprojekt?

Im Zusammenhang mit Energieeffizienzlabel ist unter einem Demonstrationsprojekt die Einführung eines Labels in einem ausgewählten Marktsegment zu verstehen. Jedoch muss auch schon im Demonstrationsprojekt der marktumspannende Ansatz verfolgt werden, da der Aufwand eines Labels für einen lokalen Markt nicht zielführend ist. Das ist auch die Schwierigkeit an der Realisierung eines Demoprojektes. Von Anfang an muss ein zumindest europäischer Konsens der wichtigsten Marktteilnehmer gefunden werden. Wie bereits erwähnt, ist daher das Ziel, das Demonstrationsprojekt innerhalb eines EU Projektes (siehe LEEP) zu realisieren.

Eine Umsetzung in Form eines Demoprojekts ist nicht risikofrei. Vor allem folgende Fragen stellen Herausforderungen dar:

- Schaffung einer rechtlichen Grundlage in Form von Wärmeabnahmeverträgen.
- Einbindung bzw. Errichtung einer Infrastruktur zur Wärmeverteilung (z.B. Fernwärmenetz)
- Kosten für ein Re-design der Kunststoffspritzgießmaschinen
- Sicherstellung der Akzeptanz eines neuen Versorgungsangebotes (Abhängigkeit)
- Sicherstellung der Verfügbarkeit über einen langen Versorgungszeitraum

Empfehlungen für den weiterführenden Forschungsbedarf (Empfehlungen, nur für den Endbericht)

Energiemessung: Die Entwicklung eines Energiemesstandards erzeugte in den Arbeitskreisen immer fundamentale Auffassungsunterschiede. Die Messung muss jede Anwendung abbilden können und trotzdem einfach durchführbar sein. Die unterschiedlichen Baugrößen und Produktdimensionen sollten modellierbar sein. Transparente und modellierbare Energiemessverfahren sind notwendig, um Kosten zu reduzieren und hohe Akzeptanz eines Energiemesstandards als Basis für einen Label zu bilden.

Diese Probleme der heterogenen Produkte und damit Inexistenz einfacher Bezugsgrößen gilt für alle Industrieanlagen gleichermaßen.

Demonstrationsvorhaben im Bereich industrieller Anlagen auf europäischer Ebene wären geeignet, die Methodik der Umsetzung weiterzuentwickeln und Lösungswege für Industrieanlagenlabel aufzuzeigen.

Literaturverzeichnis

HB-THERM Workshopprotokoll, 2008

Workshopprotokoll: HB-THERM, ENGEL, TU Wien am 04.04.2008

Huber, 2003

Huber Maria, Ökologische Produktauszeichnung und ihr Einfluss auf nachhaltigen Konsum - Erarbeitung von Kriterien für umweltverträgliche Produkte als Bewertungsgrundlage und als Entscheidungshilfe für Konsumenten, Diplomarbeit, 2003

EuRecipe, 2006

Oberhammer, 2009

A. Oberhammer: Kälte aus Biomasse 100% CO₂-freie Kälteerzeugung mit niedrigstem Primärenergiefaktor; Vortrag anlässlich der Fernwärmetage 2009 : Einsatz von Absorptionskältemaschinen im Fernwärmeverbund, 19. März 2009, EVN Wärme GmbH

Pamminger, 2010

Pamminger R.; Sehnal E.; Wimmer W.; Energy efficiency labelling and criteria development for communicating energy efficiency of plastic processing machines, EnviroPlas, Brussels, 16-17 März 2010,

Pokorny, 2008

Pokorny, P., Energieverbrauch beim Spritzgießen als Kosten und Umweltfaktor, Plastiale Vienna, 28. Mai 2008

Pirkner, 2008

Nachhaltigkeitssiegel für gut reparierbare Produkte, Etablierung eines Nachhaltigkeitssiegels für reparaturfreundlich konstruierte Elektro(nik)-Geräte (Weiß- und Braunware) zur Orientierung der KonsumentInnen bei Kaufentscheidungen", Endbericht Fabrik der Zukunft, Berichte aus Energie- und Umweltforschung, 21/2008

Unger, 2004

Unger, P., Heißkanal-Technik, ISBN Nr.: 978-3-446-22585-5, 2004

Wiel, 2005

Wiel, S., McMahon, J., Energy-Efficiency Labels and Standards: A Guidebook for Appliances, Equipment, and Lighting - 2nd Edition, 2005, Lawrence Berkeley National Laboratory, <http://www.escholarship.org/uc/item/01d3r8jg>

Wübken, G. „Thermisches Verhalten und thermische Auslegung von Spritzgießwerkzeugen“

Herausgeber: Institut für Kunststoffverarbeitung an der RWTH Aachen, Juni 1976

Würtele, 2008

Würtele M., Neue Energiekonzepte für Spritzgießmaschine, KrausMaffei, Plastiale Vienna, 28. Mai 2008

Links

Blauer Engel, 2008

<http://www.blauer-engel.de/>, 12.12.2008

EU Blume, 2008

<http://www.eco-label.co>, 12.12.2008

EU-Label, 2008

www.eu-label.de/, 12.12.2008

HB.THerm, 2009

www.hb-therm.ch, 18.09.2009

Wilo, 2008

www.wilo.at, 12.12.2008

Energy Star, 2008

<http://www.eu-energystar.org/index.html>, 12.12.2008

Motor Challenge, 2008

<http://www.motor-challenge.de>, 12.12.2008

EuroDEEM, 2008

<http://re.jcr.ec.europa.eu/energyefficiency/eurodeem/>

FlyBe, 2008

<http://www.flybe.com>, 18.12.2008

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1 ECODESIGN Toolbox erweitert	13
Abbildung 2: Prinzipdarstellung Spritzgießtechnologie	20
Abbildung 3 Umweltzeichen Blauer Engel [Blauer Engel, 2008].....	25
Abbildung 4 Umweltzeichen EU Blume [EU Blume, 2008].....	26
Abbildung 5 Umweltzeichen EU-Label [EU Label, 2008].....	28
Abbildung 6 EU-Label neu für Fernseher und für Kühl- und Gefriergeräte [www.stromeffizienz.de, 2009].....	31
Abbildung 7 Energy Star [Energy Star, 2008]	32
Abbildung 8 Motor Challenge Programm [Motor Challenge, 2008].....	33
Abbildung 9 Einteilung der Effizienzklassen [Motor Challenge, 2008].....	34
Abbildung 10 Energie-Label für Heizungspumpen	36
Abbildung 11 Label FlyBe [FlyBe, 2008]	37
Abbildung 12 Nachhaltigkeitsiegel für reparaturfreundliche Produkte	38
Abbildung 13: Environmental Product Declaration Philips Digital Pocket Memo	41
Abbildung 14 Verteilermessung – Verbrauch je Verbraucherkategorie.....	57
Abbildung 15 Verlauf des Energieverbrauchs beim Projektpartner	57
Abbildung 16 Energieverbrauch M17 im Vergleich unterschiedlicher Auslastungsbereiche	59
Abbildung 17 Energieverbrauch M11 im Vergleich unterschiedlicher Auslastungsbereiche	60
Abbildung 18 Vergleich der Maschinengrößen M11 und M17	61
Abbildung 19 Vergleich Energieverbrauch und Kühlleistung.....	63
Abbildung 20: Schema des Rückkühlkreises der 20 Spritzgussmaschinen.....	64
Abbildung 21: Verlauf des Hydrauliköl-Rückkühlers der im Detail untersuchten Spritzgussmaschine "M11"	65
Abbildung 22 Leistung je nach Beanspruchung	66
Abbildung 23: Auswertung Versuchsprogramm M11	67
Abbildung 24 Messung des Energiebedarfs der Kältemaschinen.....	73
Abbildung 25: Vergleich der Maschinen bezogen auf Ausstoß und spez. chen Energieverbrauch	79
Abbildung 26 Einteilung von Energieeffizienzlabels nach Glaubwürdigkeit und Anzahl möglicher Nutzer [Pamminger, 2010].....	84
Abbildung 27: Beispiel eines rein qualitativ aufgebauten Energielabels (Cincinnati Extrusion)	86
Abbildung 28: Schmelzenthalpiekurven amorpher Thermoplaste (Wübken 1976)	91
Abbildung 29: Beispiel Energieeffizienzlabel Argos 93 P, Cincinnati Extrusion	96
Abbildung 30: Vorschlag Energieeffizienzlabel Spritzguss	97
Abbildung 31: Energieeffizienzlabel ENGEL e-motion.....	97
Abbildung 32: Schritte zum Energieeffizienzlabel	99
Abbildung 33: Energieeinsparergebnisse „alt – neu“ der Untersuchungen von Projektpartner Cincinnati bei <i>konischen</i> Doppelschneckenextrudern	115
Abbildung 34: Energieeinsparergebnisse „alt – neu“ der Untersuchungen von Projektpartner Cincinnati bei <i>parallelen</i> Doppelschneckenextrudern	115
Abbildung 35 Flow-chart der Arbeitspakete.....	119
Abbildung 36 Darstellung Ecodesign Toolbox auf www.ecodesign.at - Übersicht	120
Abbildung 37 Darstellung Ecodesign Toolbox auf www.ecodesign.at – Methodik.....	120
Abbildung 38 Methodik zur Erstellung eines Energieeffizienzlabels.....	121
Abbildung 39 Erster Labelentwurf.....	134

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1 Auszuzeichnende Produkte bzw. deren Hauptspezifikationen	29
Tabelle 2 Energieeffizienz Klasseneinteilung bei Kühl- und Gefriergeräten	30
Tabelle 3 Energieeffizienz Klasseneinteilung bei Waschmaschinen.....	30
Tabelle 4 Einteilung der Effizienzklassen nach Motorleistung [EuroDEEM, 2008].....	35
Tabelle 5 Einteilung der Energieklassen nach dem Energie-Effizienz-Index	37
Tabelle 6: Datenerfassung Energiemessung PVC Extruder.....	46
Tabelle 7: Ergebnisdarstellung der Energiemessung bei PVC Fensterextrusion.....	48
Tabelle 10: Messung der Gesamtabwärme des Grundwasser - Rückkühlsystems	62
Tabelle 11: Kühlwasserdurchsatz des Grundwasserkreislaufes.....	62
Tabelle 13: Leistungswerte der Spritzgussmaschine M11 in kW	66
Tabelle 14: Leistungswerte der Spritzgussmaschine M11 in %	66
Tabelle 15: Überblick Versuchsprogramm M11.....	67
Tabelle 16: Zusammenfassung spez. Energieverbrauch in [kW] und [%].....	70
Tabelle 17: Auswertung der Nachfolge, Strombedarf und Kühlleistung.....	71
Tabelle 18: Vergleich aller Extrusionslinien.....	72
Tabelle 19: spezifischer Energiebedarf der Mischerei.....	73
Tabelle 20: Gesamtübersicht in kW	74
Tabelle 21: Gesamtübersicht des spezifischen Energieverbrauchs der Extrusion in Wh/kg	74
Tabelle 22: Messdaten der Nachfolge vom 25. und 26.11.2008, Fa. Internorm.....	74
Tabelle 23: Ergebnisse der berechneten Einsparung bei Reduktion der Kältemittelmenge pro Extrusionslinie.....	75
Tabelle 24: Ergebnisse der berechneten Einsparung bei Reduktion der Kälteleistung	76
Tabelle 25: Ergebnisse der berechneten Einsparung bei Reduktion der Kälteleistung	77
Tabelle 26: Zusammenfassung Vergleich aller betrachteten Maschinen und Einstellungen.....	78
Tabelle 27: Berechnung der Amortisationszeit 235 kg/h zwischen CMT 80 L und ARGOS 93 80	
Tabelle 28: Berechnung der Amortisationszeit 235 kg/h zwischen CMT 80 L und ARGOS 93 80	
Tabelle 29: Überblick spez. Energieverbrauch (Daten aus Versuchsreihen Kunststoffverarbeitungs- maschinen siehe oben).....	81
Tabelle 30: Überblick spez. Energieverbrauch (Daten aus Versuchsreihen Kunststoffverarbeitungs- maschinen siehe oben).....	81
Tabelle 31: Überblick Einsparung Kühlwasserbedarf (Daten aus Versuchsreihen Kunststoffverarbeitungs- maschinen siehe oben).....	82
Tabelle 32: Überblick Gesamteinsparung Doppelstrangextrusion (Daten aus Versuchsreihen Kunststoffverarbeitungs- maschinen siehe oben).....	82
Tabelle 33: Zusammenfassung von Primärenergiefaktoren (A. Oberhofer 2009).....	88
Tabelle 34: Spezifischer Energieverbrauch der Maschine Argos 93 (laut Messungen Internorm)	92
Tabelle 35: Spezifischer Energieverbrauch der Maschine CMT 80L (laut Messungen Internorm)	92
Tabelle 36: Verbrauchsfaktoren in der PVC-Fensterprofilextrusion	93
Tabelle 37: Allgemeine Einteilung von Anlagen in Energieklassen	94
Tabelle 38: Definition und Einteilung der PVC Profilextrusionslinien in Energieklassen.....	95

14 Anhang

Labelentwurf I

Kriterien des Labels:

Spezifischer Energieverbrauch in kWh/kg aus Messstandard

Weiters könnten noch wie beispielsweise bei der Waschmaschine Geräuschpegel, Ölverbrauch etc. angegeben werden.

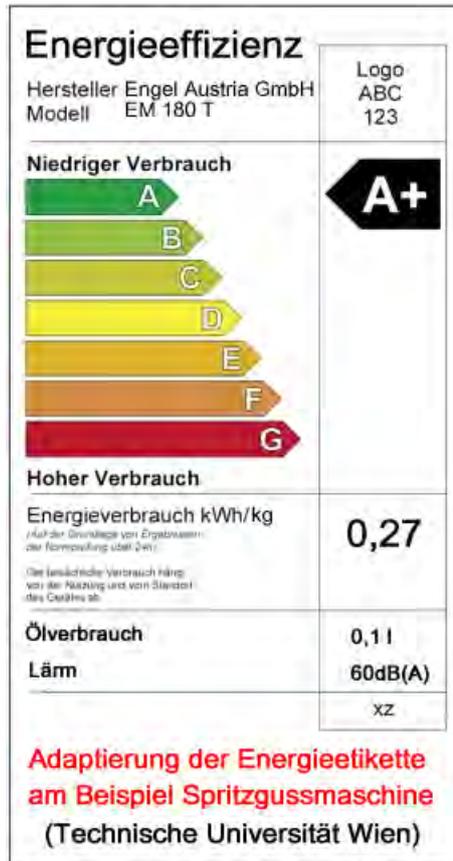


Abbildung 39 Erster Labelentwurf