

Unterlagen wurden für Sie zusammengestellt von



zum Thema

Energiekennzahlen und -sarpotenziale in der Kunststoffverarbeitung

erstellt im Auftrag von

Wirtschaftskammer OÖ,
Ökologische Betriebsberatung
&
O.Ö. Energiesparverband

erschienen
1997

WINenergy! ist eine Gemeinschaftsinitiative von:



BRANCHENBERATUNG ENERGIE

ENERGIEKENNZAHLEN UND –SPARPOTENTIALE
IN DER
KUNSTSTOFFVERARBEITUNG
GEWERBE UND INDUSTRIE

**Eine Gemeinschaftsaktion von O.Ö. Energiesparverband,
Ökologischer Betriebsberatung und Wirtschaftskammer OÖ.**

**ENERGIEKENNZAHLEN UND –SPARPOTENTIALE
IN DER
KUNSTSTOFFVERARBEITUNG**

Dieses Energie-Branchenkonzept basiert auf Pilotberatungen, welche in zehn Betrieben des öö. kunststoffverarbeitenden Gewerbes und der Industrie im Sommer 1997 von folgenden Energieberatern durchgeführt wurden:

- Energieinstitut, Linz*
- polyconcent[®] Techn. Büro Kunststofftechnik Altendorfer, St. Marien*
- Schreiner Consulting, Linz*

Die Zusammenfassung der Ergebnisse der Pilotberatungen sowie die Ausarbeitung des vorliegenden Konzeptes erfolgte durch polyconcent[®] Technisches Büro Kunststofftechnik Altendorfer (Sachbearbeiter: Mag. G. Wenth) im Auftrag der Ökologischen Betriebsberatung und des OÖ. Energiesparverbandes.

*Wirtschaftskammer OÖ
Hessenplatz 3
A-4010 Linz
Tel.: ++43/732/7800-628
Fax: ++43/732/7800-587*

*OÖ. Energiesparverband
Landstraße 45
A-4020 Linz
Tel.: ++43/732/6584-4380
Fax: ++43/732/6584-4383*

*Ökolog. Betriebsberatung
Wiener Straße 150
A-4024 Linz
Tel.: ++43/732/3332-223
Fax: ++43/732/3332-340*

Nachdruck, Vervielfältigung und Verbreitung jeglicher Art nur mit ausdrücklicher Zustimmung der Wirtschaftskammer OÖ. zulässig.

Trotz sorgfältigster Bearbeitung wird für die Ausführungen keine Gewähr übernommen und eine Haftung des Autors oder der Wirtschaftskammer OÖ. ausgeschlossen.

INHALT

1 EINLEITUNG.....	5
2 AUSGANGSSITUATION	5
3 UMFELDENTWICKLUNGEN DER BRANCHE IN DER EU	6
4 ALLGEMEINE BETRIEBSBESCHREIBUNG	8
5 BRANCHEN- UND BETRIEBSKENNZAHLEN	9
5.1 Spezifischer Stromverbrauch.....	10
5.2 Spezifische Stromkosten je kg Kunststoff.....	10
5.3 Spezifische Stromkosten	11
6 ÜBERBLICK ÜBER VORGEFUNDENE EINSARPOTENTIALE.....	11
7 ALLGEMEINE ENERGIESPARMAßNAHMEN	12
7.1 Stromtarif.....	12
7.2 Leistungsüberwachung.....	13
7.3 Blindstromkompensation	14
7.4 Kontrolle von elektrischen Antrieben	14
7.5 Erneuerung elektrischer Aggregate	14
7.6 Gebläseoptimierung.....	14
7.7 Druckluftherzeugung.....	14
7.8 Beleuchtung.....	15
7.9 Brennstofftarif.....	15
7.10 Umstellung Energieträger	16
7.11 Wärmedämmung von Gebäuden	16
7.12 Wärmerückgewinnung/Umluftbetrieb.....	16
7.13 Heizungssystem Kessel.....	17

8 ENERGIEEFFIZIENZVERBESSERUNG IN DER KUNSTSTOFFVERARBEITUNG	19
8.1 Energiekosten bei der Kunststoffverarbeitung:.....	19
8.2 Kostenanalyse für Kunststoffartikel.....	19
8.3 Energieverbrauch beim Spritzgießen und Extrudieren.....	21
8.4 Energiebilanz für das Spritzgießen.....	21
8.5 Energiebilanz für das Extrudieren	23
8.6 Vorschläge zur Energieeinsparung.....	23
8.6.1 Energieeinsparpotentiale beim Spritzgießen.....	25
8.6.2 Energieeinsparpotentiale beim Extrudieren	27
9 NEUESTE TECHNOLOGIEENTWICKLUNGEN	28
10 .ERGEBNIS UND AUSBLICK.....	30
11 ANHANG: FORMBLÄTTER ZUR ERFASSUNG DES EIGENEN ENERGIEVERBRAUCHS	32
11.1 Kennzahlenübersicht	32
11.2 Energiepreise.....	32
11.3 Energieverbrauchsstruktur	33
11.4 Energiekostenaufteilung.....	33

1 Einleitung

Durch eine systematische energetische Analyse eines Betriebes können relativ schnell Energie- und Energiekosteneinsparpotentiale aufgezeigt werden. Entsprechende Vorarbeit zur Erstellung einer solchen Energie-Systemanalysenmethode sowie der Bildung von Branchenkennzahlen wurde durch Energieberatungen von elf ausgewählten oberösterreichischen Betrieben der Branche getätigt.

Diese Broschüre stellt die allgemeine Zusammenfassung dieser Beratungen dar. Der Aufbau ist ähnlich dem eines Energieberatungsberichtes – jenem Bericht also, den ein Betrieb bei Durchführung einer Energieberatung erhalten würde.

Natürlich können hier nicht alle Problemkreise detailliert behandelt werden. Einige für Sie vermutlich interessante Aussagen, wie z.B. die Gegenüberstellung von Spritzgußmaschinen und Extrudern unterschiedlicher Hersteller oder spezifischer Einsparungsmaßnahmen je Linie können in diesem Rahmen nicht behandelt werden.

Quantitative Ergebnisse der erfolgten Beratungen sind in den vorliegenden Tabellen in der Regel als spezifische Branchendurchschnittswerte angegeben. Bei aktuellen Beratungen werden diese durch konkrete Zahlen ersetzt bzw. erweitert.

Diese Broschüre zeigt, daß die Energieanalyse letztendlich praktisch auf einen Blick Hauptergebnisse liefert, wie beispielsweise:

- sämtliche möglichen Maßnahmen zur Energie- und Energiekosteneinsparung eines Betriebes
- die Wirtschaftlichkeitsdaten jeder einzelnen Maßnahme
- die Beschreibung jeder einzelnen Maßnahme.

2 Ausgangssituation

Das vorliegende Branchenkonzept Energie ist für sämtliche Kunststoffverarbeiter (KV) nutzbar. In Oberösterreich sind insgesamt etwa 200 Kunststoffverarbeitungsbetriebe in der Wirtschaftskammer gemeldet.

Die Gesamtheit aller KV-Betriebe ist in sich sehr unterschiedlich. Aufgrund der sehr unterschiedlichen Produkte, die diese Branche erzeugt, sind die Verarbeiter mit ganz verschiedenen Abnehmerbranchen in Verbindung (Bauwesen, Zulieferindustrie, Verpackungsindustrie, Sport & Freizeit, Textilindustrie, Konstruktionswesen, Anlagenbau, etc.). Es werden sehr viele verschieden zu verarbeitende Kunststoffe verwendet (Thermoplaste, Duroplaste, Elastomere) und diese mit ganz wesentlich verschiedenen Technologien verarbeitet.

Die Branche der KV läßt sich technologisch in

- Extrusion,
- Pressen,
- Spritzgießen,
- Thermoformen/Tiefziehen,
- Verarbeitung von glasfaserverstärkten Kunststoffen (GFK) und
- Kunststoffnachverarbeitung (Schweißen, Versiegeln, Prägen, Lackieren, ...)

unterteilen. Außerdem sind die Betriebe bezüglich ihrer Größe (Umsatz, Mengen, Mitarbeiter) sehr verschieden. In vielen Betrieben ist ein kleinerer bis größerer Formenbau integriert; einige Betriebe beschäftigen sich auch mit der Nachverarbeitung.

Energiekosten betragen 25% der Verarbeitungskosten (ohne Rohstoffe)

Die Branche ist in sich heterogen und sie ist energieintensiv. Die Energiekosten betragen gemessen an den gesamten Verarbeitungskosten (ohne Rohstoffe) etwa 25%.

Um nun ein für viele KV nutzbares Branchenkonzept erstellen zu können, mußte die Branche so strukturiert werden, daß mit den Ergebnissen der wenigen untersuchten Pilotbetriebe auf eine große Zahl von ähnlich gelagerten Betrieben geschlossen werden kann.

Es wurden aus den zwei großen Hauptgruppen Extrusion bzw. Spritzgießen die Pilotbetriebe so ausgewählt, daß für den Großteil der in Oberösterreich tätigen KV-Betriebe „Fallbeispiele“ und genügend Erfahrungen für eine breite Umsetzung vorliegen.

Das vorliegende Branchenkonzept stellt demnach die Grundlage für die Optimierung des Einzelbetriebes dar. Das jeweilige Optimum ist anhand des erarbeiteten Leitfadens für jeden KV-Betrieb allein oder mit Hilfe der einschlägigen Berater zu erarbeiten. Energiekostensenkungspotentiale zwischen 5% und 20 % sind möglich.

3 Umfeldentwicklungen der Branche in der EU

Die Branche der Kunststoffverarbeiter gehört laut EU-Definition zur „Chemischen Industrie“. Deren oberste Dachorganisation ist die CEFIC (European Chemical Industry Council) mit Sitz in Brüssel.

Von CEFIC wird seit vielen Jahren die Wettbewerbsfähigkeit der chemischen Industrie im globalen Umfeld beobachtet und analysiert. Die chemische Industrie und damit auch die Kunststoffverarbeitung (KV) sind ein globales Geschäft. Nachdem die KV in einem globalen Geschäft tätig ist, muß sie sich nach global gültigen Regeln und Gesetzmäßigkeiten orientieren. Das heißt, daß sich die Branche der KV auch in Oberösterreich zunehmend damit abfinden muß, daß hinsichtlich Preise, Technologien und Kosten (Industriekostenkurve), Qualitätssicherungsstandards usw. für vergleichbare Produkte weltweit etwa gleiches gelten wird.

Abgesehen von jenen Betrieben, die ausschließlich und langfristig in Nischen tätig sind (spezifische Produkte, Regionen, Märkte) wird damit klar, daß die kostenseitige Wettbewerbsfähigkeit eines Betriebes große Bedeutung hat.

Die Wettbewerbsfähigkeit der europäischen chemischen Industrie ist im Vergleich zu den USA benachteiligt. Die Energiekosten sind in der EU um 30% höher, die Lohnkosten pro Produktionseinheit um 80%, Umweltschutzkosten um 100%, Investitionskosten um 30% und die Logistikkosten sind um 20% höher.

Im Vergleich zum EU-Durchschnitt liegt Österreich bei den Energie-, Personal- und Umweltschutzkosten darüber hinaus noch über dem Durchschnitt. Für jene Betriebe, die in der EU oder im globalen Wettbewerb stehen sind dies zum Teil gravierende Standortnachteile.

In der KV liegt der Anteil der Energiekosten, gemessen an den Gesamtherstellkosten bei 25% (ohne Rohstoffkosten). Eine signifikante Verbesserung der gesamten Kostensituation eines Unternehmens ist demnach durch die Verringerung der Energiekosten nicht möglich. Aber die Energiekosten sind jene Kosten bei den Herstellkosten, die überhaupt einflußbar sind. Die Statistik weist aus, daß 3% bis 5% des Umsatzes eines Unternehmens für Energie ausgegeben werden müssen. Diese europäische Kennzahl wurde auch in unserer Untersuchung bestätigt.

Von CEFIC wurde die Energieeffizienz in der westeuropäischen chemischen Industrie ab 1960 erhoben und analysiert. Seit 1980 gibt es exakte Definitionen bezüglich des Verbrauches und klare Zielsetzungen für die Zukunft bis zum Jahr 2005.

Von 1980 bis 1994 wurde der Output der chemischen Industrie um 50% gesteigert. In dieser Zeit wurde die Energieeffizienz um ein Drittel verbessert. Bis zum Jahr 2005 soll der Output auf insgesamt 100% gesteigert und die Energieeffizienz um weitere 10% verbessert werden. Das heißt, daß innerhalb von 25 Jahren bei Verdoppelung des Outputs die Energieeffizienz um mehr als ein Drittel verbessert werden kann. Das bedeutet eine Effizienzverbesserung pro Jahr von 1 bis 1,5% (Industriekostenkurve).

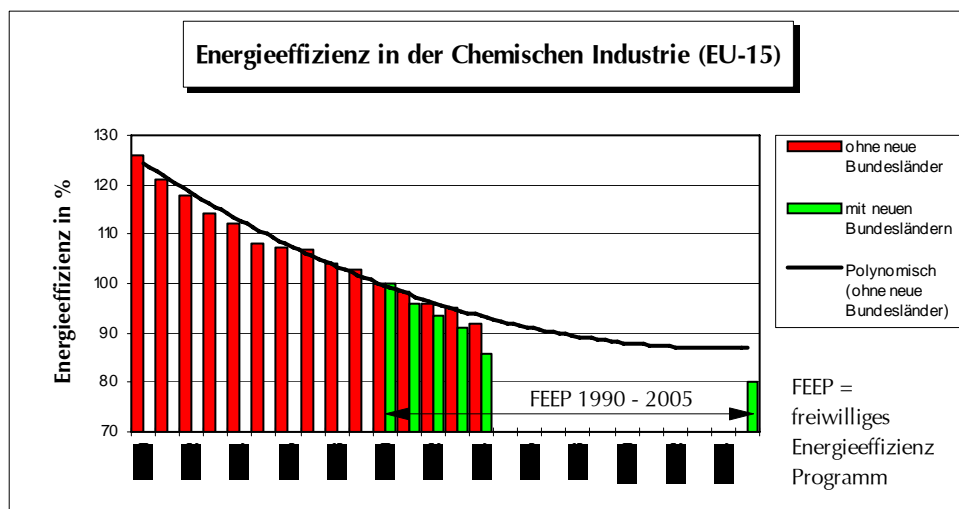


Bild 1: Energieeffizienzverbesserung 1980 – 2005 in der europäischen chemischen Industrie

Diese tendenzielle Entwicklung in der EU müßte auch für die KV in Oberösterreich mindestens in diesem Ausmaß Gültigkeit haben, sind doch wie vorher beschrieben, die kostenseitigen Umfeldbedingungen in Österreich gegenüber der EU nachteiliger; gegenüber den USA sind die Nachteile noch größer.

4 Allgemeine Betriebsbeschreibung

Der Branche können folgende Betriebsbereiche zugeordnet werden:

- Bürobereich (Verwaltung, Entwicklung, Konstruktion, Qualitätskontrolle, usw.)
- Kunststoffverarbeitung vom Granulat zum Halb-/Fertigprodukt
- Kunststoffweiterverarbeitung Bedrucken, Schweißen, Prägen, Recyclieren usw. von Halb-/Fertigprodukten
- Logistik mit den Bereichen Rohstoffeingang, Lagerung von Roh-, Halb- und Fertigprodukten, Materialausgang
- Nebenbetriebe/Infrastruktur mit den Bereichen Formenbau, Energiezentrale, Werkstätte

Materialflußdiagramm

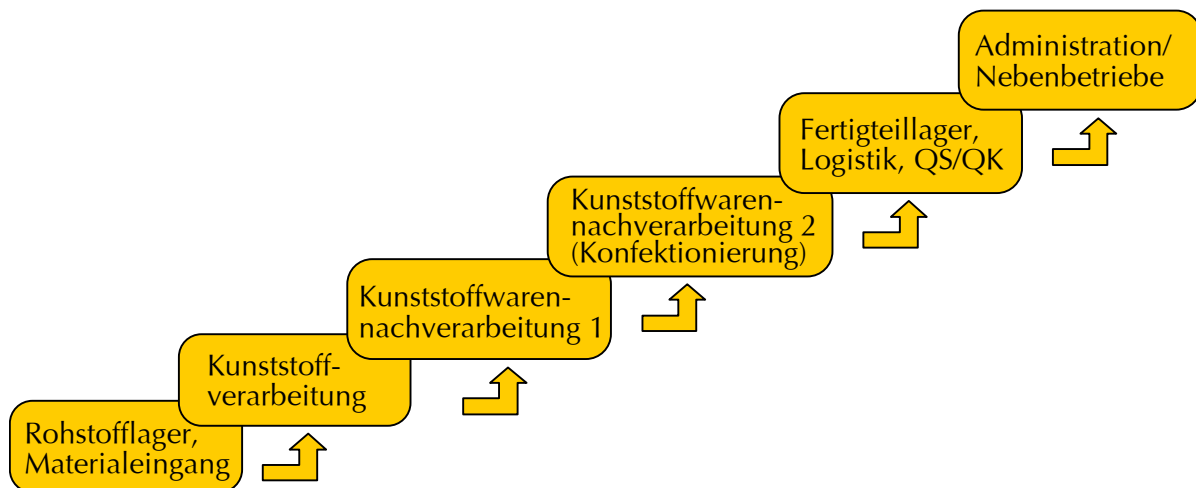


Bild 2: Materialflußdiagramm in der Kunststoffverarbeitung

5 Branchen- und Betriebskennzahlen

Kennzahlen bieten die Möglichkeit einer schnellen Grobabschätzung der IST-Situation eines zu untersuchenden Betriebes. Die Ermittlung von Energiekennzahlen soll ohne großen Aufwand einen Vergleich des eigenen Energiebedarfes mit anderen Betrieben ermöglichen.

Die untersuchten Betriebe haben hinsichtlich Größe, Zahl der Mitarbeiter, Art der Geräteausstattung und Produktion eine große Streuung. So liegt die Zahl der Mitarbeiter zwischen 16 und 360 (Mittelwert 126). Der verarbeitete Kunststoff reicht von 106 bis 23.000 Jahrestonnen (Mittelwert 5.883 Jahrestonnen).

Der Anteil der Stromkosten bezogen auf den Umsatz liegt zwischen 0,46 und 4,96 % (Mittelwert 2,96 %).

In der nachfolgenden Tabellen Diagrammen sind die wesentlichen Branchenkenzahlen als Mittelwerte und als Bandbreiten aller untersuchten Betriebe dargestellt.

Durch Gegenüberstellung der entsprechenden Betriebskennzahlen ist im konkreten Fall eine erste energetische Beurteilung des Betriebes sowie die erforderliche Richtung und der mögliche Nutzen der Energieanalyse ersichtlich.

Branchenkennzahl	Einheit	Mittelwert	Bandbreite (von – bis)
Jahr		1996	1996 - 1997
Mitarbeiter	Anzahl	126	16 - 360
verarbeitete Kunststoffmenge	tato	5.883	106 - 23.000
Umsatz	Mio. öS/a	265	11 - 800
Umsatz pro Dienstnehmer	Mio. öS/a	1,5	0,7 - 2,7
Stromverbrauch	Mio. kWh/a	6,4	0,11 - 24,5
Stromverbrauch pro kg Produkt	kWh/kg	1,35	0,58 - 2,7
Stromverbrauch pro Umsatzmillion	ATS/Mio. ATS	21.400	3.210 - 31.950
el. Energiekosten	Mio. öS/a	2,8	0,5 - 12,3
el. Energiekosten vom Umsatz	%	2,96	0,46 - 4,96
Energiekosten-einsparpotential	%	15	5 - 30
Energie-einsparpotential (kWh)	%	10	5 - 20

Tabelle 1: Kennzahlen der untersuchten Pilotbetriebe

Die spezifischen Gesamtenergiekosten betragen 3% bis 3,5% vom Umsatz. Im Mittel wurde ein Energieeinsparpotential von 15 % verifiziert.

5.1 Spezifischer Stromverbrauch

Aus nachfolgender Abbildung ist ersichtlich, daß der durchschnittliche Stromverbrauch je kg bearbeitetem Kunststoff von der Art des Betriebes abhängt. Generell zeigt sich, daß Extrusionsbetriebe wegen der kontinuierlicheren Produktion mit Werten zwischen 0,6 und 2 kWh pro kg wesentlich günstiger liegen als Spritzgußbetriebe mit Werten zwischen 1,6 und 2,7 kWh/kg.

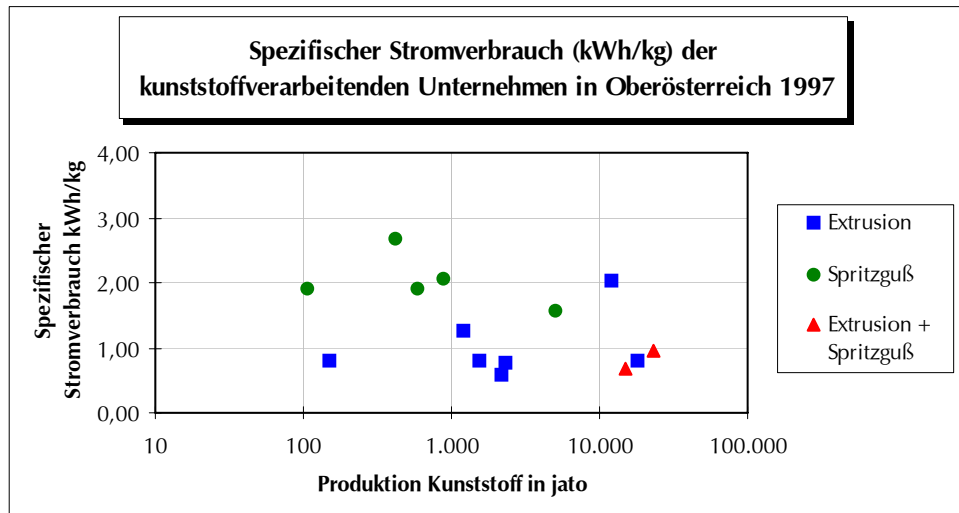


Bild 3: Spezifischer Stromverbrauch der untersuchten Pilotbetriebe

5.2 Spezifische Stromkosten je kg Kunststoff

Hier haben die Untersuchungen in den Pilotbetrieben gerade im Spritzgußbereich sehr hohe Unterschiede mit Stromkosten zwischen ATS 1,80 je kg bis ATS 5,10 je kg aufgezeigt. Bei den Extrudateuren schwanken die spezifischen Stromkosten zwischen ATS 0,95 und ATS 2,50 je kg.

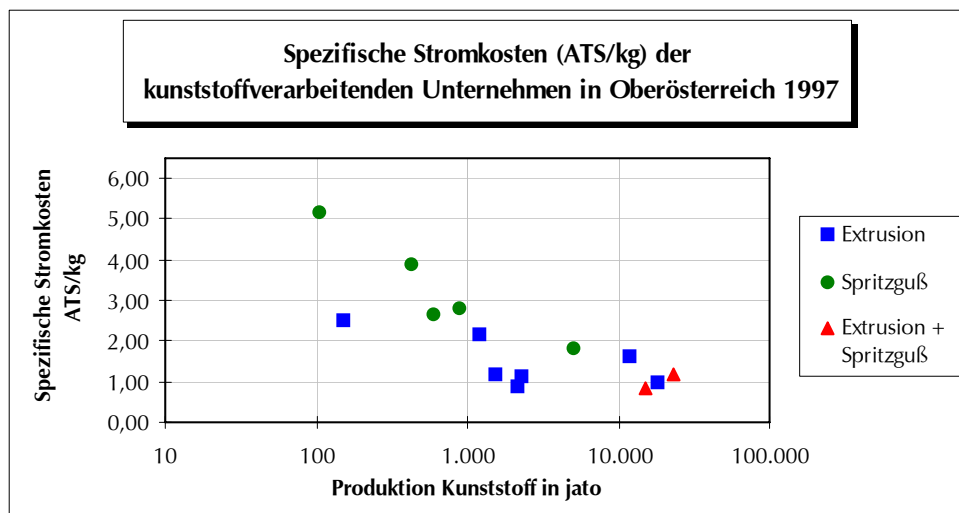


Bild 4: Spezifische Stromkosten je kg verarbeitetem Kunststoff der untersuchten Pilotbetriebe

5.3 Spezifische Stromkosten

Die spezifischen Stromkosten in ATS/kWh sind laut folgender Abbildung unabhängig von der Art des Betriebes und schwanken zwischen 80 Groschen/kWh und ATS 3,10 je kWh (Mittelwert ATS 1,50/kWh).

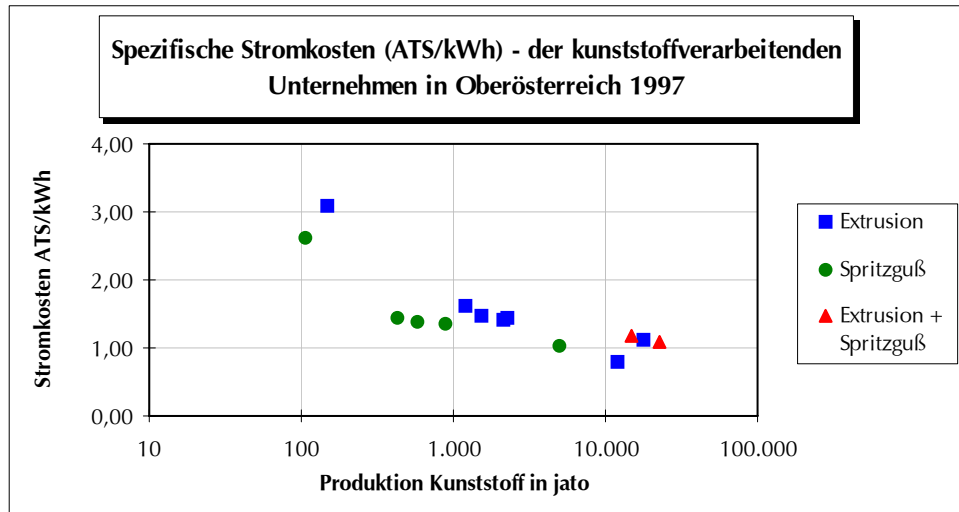


Bild 5: Spezifische Stromkosten (ATS/kWh) der untersuchten Pilotbetriebe

6 Überblick über vorgefundene Einsparpotentiale

In den folgenden beiden Kapiteln werden allgemeine Einsparpotentiale und Einsparpotentiale speziell für kunststoffverarbeitende Unternehmen beleuchtet.

Der wesentliche Energieträger ist der elektrische Strom; Gas, Wasser und sonstige Energieträger sind vernachlässigbar.

Folgende allgemeine Einsparpotentiale werden behandelt:

- Stromtarif
- Leistungsüberwachung
- Blindstromkompensation
- Kontrolle elektr. Antriebe
- Erneuerung elektr. Aggregate
- Optimierung Gebläse
- Druckluftherzeugung
- Beleuchtung
- Brennstofftarif
- Umstellung Energieträger
- Gebäudeisolierung
- Wärmerückgewinnung/Umluftbetrieb
- Heizungssystem Kessel
- Sonstige

7 Allgemeine Energiesparmaßnahmen

Im folgenden werden die angeführten Einsparpotentiale allgemein erläutert und fallweise mit Beispielen veranschaulicht. Begonnen wird mit Sparmaßnahmen bei elektrischer Energie und danach wird der Wärmebereich betrachtet.

7.1 Stromtarif

Die Tarife sind bei den entsprechenden Versorgungsunternehmen in den Tarifrictlinien festgeschrieben. Soweit darüber hinaus Freiraum zur Ermittlung des günstigsten Tarifes besteht, steht dabei das Versorgungsunternehmen selbst bzw. die Wirtschaftskammer O.Ö. (Energietechnik, Tel. (0732) 7800-628) als Berater zur Verfügung. Gegebenenfalls kann dadurch ein günstigerer Tarif erzielt werden.

Die Kosten für elektrische Energie setzen sich zusammen aus:

- Arbeitspreis
- Leistungspreis
- Meßpreis
- Blindstromkosten

Der Arbeitspreis ist das Entgelt für die vom Kunden bezogene Wirkarbeit in öS/kWh. Die Kosten für eine kWh sind abhängig von der Art der Bestimmung der Verrechnungsleistung.

Der Leistungspreis stellt das Entgelt für die vom Kunden im jeweiligen Abrechnungszeitraum beanspruchte elektrische Leistung dar. Als Berechnungsgrundlage dient die Verrechnungsleistung, die entweder auf Basis der 96-Stunden-Meßperiode (gemessen oder rechnerisch bestimmt) oder der 1/4-Stunden-Meßperiode ermittelt wird.

Die 96-Stunden-Meßperiode kann bis zu einer Obergrenze von 75.000 kWh angewendet werden, wobei über 35.000 kWh der Stromverbrauch in 96-Stunden-Perioden gemessen wird. Mit jeder Stunde beginnt eine neue Periode. Jede gemessene kWh stellt eine Leistungseinheit dar. Verrechnet wird der höchste 96-Stunden-Wert des Abrechnungszeitraumes. Falls die Ermittlung der Leistungseinheiten rechnerisch erfolgt (nur bei sehr kleinen Verbrauchern bis 35.000 kWh), wird die Verrechnungsleistung über den sogenannten Lastfaktor ermittelt. Dieser beträgt für das Gewerbe 0,025. Wird dieser Faktor mit dem Gesamtjahresverbrauch multipliziert, so erhält man die Verrechnungsleistung.

Bei der 1/4-Stunden-Meßperiode ergibt sich die Jahresverrechnungsleistung in kW aus dem arithmetischen Mittel der drei höchsten gemessenen 1/4-Stunden-Durchschnittsleistungen in den Zeiträumen

- Jänner bis März
- April bis September
- Oktober bis Dezember.

Der Stromkunde kann nach dem neuen Tarifsysteem den für ihn günstigsten Tarif über weite Bereiche selbst wählen.

Blindstrom

Neben der Wirkarbeit bezieht ein Betrieb üblicherweise auch Blindarbeit. Diese ist bis zu 50 % der Wirkarbeit (im Abrechnungszeitraum) kostenfrei. Blindstromkompensationsanlagen sind daher auf einen $\cos \varphi$ von mindestens 0,9 auszulegen.

Meßpreis

Der Meßpreis ist das Entgelt für die Zurverfügungstellung der Meß-, Schalt- und Steuereinrichtungen.

7.2 Leistungsüberwachung

Die Kontrolle der aufgenommenen elektrischen Leistung soll verhindern, daß der Betrieb in eine Leistungsspitze kommt und Nachzahlungen für den erhöhten Bezug zu erbringen hat. Oft reichen geringe Investitionen, um merkliche Kosteneinsparungen zu erzielen. Die nachfolgenden Maßnahmen zeigen die wichtigsten Kontrollen zum Vermeiden der Leistungsspitze.

Wechselschalter

Die Reduktion der anschließbaren Leistung kann im einfachsten Fall durch Wechselschalter erreicht werden. Der Wechselschalter bewirkt, daß von zwei großen Verbrauchern nur einer an das Netz angeschlossen werden kann, während der andere weggeschaltet ist. Diese Lösung eignet sich eher für kleine Betriebe, bei denen die Maschinen nicht ständig eingeschaltet sind.

Spitzenwächter

Spitzenwächter geben bei einer drohenden Leistungsspitze ein Alarmsignal ab. Sie sind heute nicht mehr zeitgemäß, da die Warnung entweder ignoriert wird oder zu einem Leistungsabfall in der Produktion führt. Die Spitzenwächter sollten gegen moderne Leistungssteuerungen mit Schaltfunktion ausgetauscht werden.

Leistungssteuerungen

Die Leistungssteuerung stellt ebenfalls eine drohende Bezugsspitze fest, doch reagiert die Steuerung mit der Abschaltung von weniger wichtigen Maschinen über eine einstellbare Zeit. Sehr moderne Systeme bewirken eine Einschaltverzögerung von nur wenigen Sekunden bei allen Maschinen, sodaß die Gesamtaufnahme des Betriebes verringert wird.

Kontrolle der Auslegung der Maschinen

Im Verhältnis zur Arbeit können Maschinen zu groß ausgelegt sein. Auch kurze Betriebszeiten einzelner Maschinen können ausreichen, um eine Leistungsspitze zu bewirken, die dem Energieversorgungsunternehmen abzugelten ist.

Kontrolle von Nebenaggregaten

Nicht beachtete Nebenaggregate, wie Pumpen für die Wasserversorgung oder der Kompressor für die Druckluft, können völlig autonom eine Erhöhung des Strombedarfs bewirken, der dann zur Leistungsspitze führt.

7.3 Blindstromkompensation

Die Blindleistung entsteht im Stromnetz vorwiegend durch induktive Lasten, die hauptsächlich von Elektromotoren verursacht werden. Mit Hilfe einer Blindstromkompensationsanlage werden diese Induktivitäten durch entsprechende Kondensatoren ausgeglichen. Damit keine Kosten für den Blindstrom anfallen, muß eine Blindstromkompensation derart ausgelegt sein, daß die Blindarbeit maximal 50% der Wirkarbeit beträgt (d. h., daß der $\cos \varphi \geq 0,9$ ist). Falls keine Blindstromkompensation vorhanden ist und Blindstromkosten anfallen, ist eine entsprechende Installation im allgemeinen mit kurzen Amortisationszeiten verbunden.

7.4 Kontrolle von elektrischen Antrieben

Eine Drehzahlregelung ist besonders bei Nebenaggregaten, wie Ventilation, Lüftung, etc., sinnvoll.

Die mechanische Fertigung stellt einen hohen Verbraucher dar. Die größten Energieeinsparungen sind nach Untersuchungen bei Elektromotoren im Leistungsbereich zwischen 1 kW und 20 kW zu erzielen. Eine weitere Verlustquelle stellen Elektromotore dar, die im extremen Teillastbetrieb (z. B. Überdimensionierung) betrieben werden. Eine entsprechende Kontrolle kann durchaus sinnvoll sein.

Eine Heizungsanlage benötigt für die Umwälzpumpen und eventuell für den Saugzug beim Kessel ständig Energie. Da der Kessel in der Regel über acht bis zehn Monate beheizt wird, laufen alle Aggregate zwischen 2.000 und bis zu 8.000 Stunden pro Jahr. Bei einer Anschlußleistung von 3 kW im Heizungsbereich werden bei 6.000 Stunden 18 MWh/a benötigt. Die beste Abhilfe besteht in der sorgfältigen Auslegung der Heizungsanlage mit allen heute zur Verfügung stehenden regeltechnischen Mitteln.

7.5 Erneuerung elektrischer Aggregate

Moderne Aggregate sind sehr oft energieoptimiert, wodurch geringere Betriebskosten anfallen. Allein aus Energieeinspargründen ist jedoch eine Neuinvestition nicht wirtschaftlich, wenn die Wirtschaftlichkeit eine Amortisationszeit von weniger als fünf Jahren bedeutet.

7.6 Gebläseoptimierung

Die durch den Strombedarf der Gebläse verursachten Kosten sind fallweise beachtlich. Durch Einstellung der Gebläse auf den optimalen Betriebspunkt, Installation einer Drehzahlregelung etc. lassen sich oft nennenswerte Stromeinsparungen realisieren.

7.7 Druckluftherzeugung

Aufgrund des Wirkungsgrades bei der Druckluftherzeugung von ca. 5% (der Rest wird als Abwärme abgeführt) sollte Druckluft nur dort eingesetzt werden, wo sie unbedingt notwendig ist. Undichtheiten im Leitungsnetz sind aus diesem Grunde auch umgehend zu beheben. Das Einsparpotential durch Beseitigen von Undichtheiten liegt erfahrungsgemäß bei ca. 10% des bisherigen Verbrauches. Weitere Einsparungen

durch beispielsweise Senken des Druckluftdruckes oder teilweises Umstellen auf elektrische Antriebe sind fallweise möglich.

Wartungsmaßnahmen:

- Verschmutzte Absaugfilter wechseln
- Ventilrevisionen regelmäßig durchführen (Ventile werden mit der Zeit undicht)
- Öl- und Luftkühler regelmäßig reinigen (dadurch bleiben die Temperaturen niedrig)
- Regelmäßige Kontrolle der Dichtheit des Druckluftverteilsystems

7.8 Beleuchtung

Die Beleuchtung hat einen nicht zu vernachlässigenden Anteil am Gesamtstromverbrauch insbesondere in Produktionshallen ohne Außenfenster. So sollte im Zuge von Revisionen in diesem Zusammenhang auf helle Decken- und Wandanstriche sowie verschmutzungsunempfindliche Oberlichten geachtet werden.

Folgende Punkte sollten überprüft werden, um eine energetisch effiziente Beleuchtung gewährleisten zu können:

- Ist die Beleuchtung wirklich nur dort eingeschaltet, wo sie gebraucht wird?
- Kann in einigen Bereichen die Beleuchtungsstärke reduziert werden?
- Sind die Arbeitsplätze mit lokal beschränkter, gezielt geplanter Arbeitsplatzbeleuchtung ausgestattet? Werden bereits Leuchtstoffröhren der „neuen“ Generation verwendet? (die schlanken Leuchtstoffröhren haben bei gleicher Lichtleistung einen um 10% geringeren Stromverbrauch; die noch bessere Ausführung hat gleichzeitig einen geringeren Energiebedarf und eine erhöhte Lichtleistung, was umgerechnet einer Verbrauchseinsparung von rund 30% gleichkommt)
- Wie ist die Anordnung Ihrer Beleuchtungseinrichtung?
- Werden Reflektoren verwendet?
- Gibt es eine tageslichtgesteuerte Ein- und Ausschaltsteuerung der Beleuchtung?

Zu diesem Thema ist die Broschüre „Energiesparende Beleuchtungsanlagen“ vom Hessischen Ministerium für Umwelt herausgegeben worden und kann von oberösterreichischen Industriebetrieben in der Sektion Industrie der Wirtschaftskammer OÖ. angefordert werden (Tel. 0732/7800-429).

7.9 Brennstofftarif

Die Brennstofftarife sind allgemein abhängig von Brennstoffart, Abnahmemenge, Lieferzeit u. ä.

Gegebenenfalls sind die Preise verhandlungsfähig, wodurch eine Kosteneinsparung (ohne zusätzliche Investitionskosten!) erzielt werden kann.

7.10 Umstellung Energieträger

Grundsätzlich sollte angestrebt werden, teure Energieträger durch billigere zu ersetzen, falls dies ökologisch vertretbar ist und die Produktqualität dies zulässt. Im allgemeinen fallen die Energiepreise von Strom, Flüssiggas und Erdgas zu Heizöl extra leicht und Abfallbrennstoff. Die Tarife hängen stark von der Bezugsmenge ab und sind im Einzelfall zu prüfen. Durch derartige Umstellungen sind oft ohne wesentliche Investitionskosten beachtliche Energiekosteneinsparungen möglich.

7.11 Wärmedämmung von Gebäuden

Durch zusätzliche Wärmedämmung sind die Energiekosten grundsätzlich zu reduzieren. Insbesondere sollen Gebäudeisolierungen bei ohnehin anfallenden Fassadensanierungen ins Auge gefasst werden, da diese Option eine sehr gute Verzinsung des eingesetzten Kapitals verspricht.

Eine Bewertung der wärmedämmungstechnischen Ausführung von Gebäuden ist durch die Energiekennzahl in kWh pro m² Wohnfläche und Jahr möglich.

Als Beispiel sei angeführt:

Gebäudeart	Energiekennzahl [kWh.m ⁻² .a ⁻¹]
Althaus	150 – 300
Standardhaus	100 – 150
Haus gemäß öö. Bauordnung (LGBl.Nr. 106/1994)	70 – 100
Niedrigenergiehaus	30 – 70

Tabelle 2: Energiekennzahl nach Gebäudeart

7.12 Wärmerückgewinnung/Umluftbetrieb

Sehr oft wird über die entsprechenden Lüftungen, Absaugungen etc. die Abwärme von Raum- bzw. Prozeßluft ungenutzt ins Freie abgegeben. Durch Installation von Abluft-/Zuluftwärmetauschern bzw. Abluft-/Zuluftwärmeverschiebungen kann ein Großteil der Abluftwärme rückgewonnen werden. Die Rückgewinnung aus erwärmten Kühlwasser kann auch mittels Wärmepumpen erfolgen. Weiters kann durch Installation eines Filters eine Lüftungsanlage im Umluftbetrieb gefahren werden bzw. bei Luftheizregistern zumindest teilweise auf Umluftbetrieb umgestellt werden, was eine Energiekosteneinsparung bedeutet. Im allgemeinen ist eine akzeptable Wirtschaftlichkeit der Maßnahmen gegeben.

7.13 Heizungssystem Kessel

Dazu zählen der Kessel, das Verteil- und Regelungssystem, die Heizflächen und die Warmwasserbereitung. Das mögliche Einsparpotential bei Industrieheizungsanlagen nach durchgeführten Optimierungsmaßnahmen liegt zwischen 5% und 30%. Dieser Wert ist im erheblichen Umfang vom Anlagen-Istzustand abhängig.

Kessel

In den letzten Jahren kam es gerade im Bereich der Kessel und Brenner durch Weiterentwicklungen zu großen Fortschritten bezüglich Wirkungsgrad und Emissionen. Moderne Anlagen können durch modulierende Brenner meist leistungsgeregt betrieben werden. Außerdem wird beispielsweise ein Heizkessel nicht auf konstanter Temperatur betrieben, sondern gleitend mit der minimal erforderlichen Temperatur. Dadurch können die Strahlungs- und Bereitschaftsverluste minimiert werden. Ein weitverbreitetes Problem, das bei alten Anlagen häufig anzutreffen ist, ist eine oft enorme Überdimensionierung der Kessel. Dadurch werden die Anzahl der Anfahrvorgänge erhöht sowie die Bereitschaftsverluste vergrößert, was den Wirkungsgrad vermindert. Für eine Beurteilung der Kesselanlage wird der Jahresnutzungsgrad (Verhältnis zwischen Nutzwärme ab Kessel und Brennstoffeinsatz über ein ganzes Jahr) ermittelt.

Mit modernen Kesseln werden Nutzungsgrade von 85% bis 90% erreicht. Mit funktionierenden Brennwertkesseln kann sogar ein Nutzungsgrad von 100% erzielt werden. Mit alten Kesseln liegt der Nutzungsgrad lediglich im Bereich zwischen 60% und 70%. Wird mit dem Heizkessel während der heizfreien Zeit (Sommerhalbjahr) das Warmwasser bereitet, so sinkt der Kesselnutzungsgrad während dieser Zeit oft auf weniger als 30%.

Bei alten Kesseln ergibt eine wirtschaftliche Überprüfung sehr oft, daß sich ein Austausch des Kessels und/oder Brenners durch die Energiekosteneinsparung schon nach wenigen Jahren amortisiert.

Nachfolgend wird eine Checkliste für einen effizienten Kesselbetrieb angeführt:

- Bestimmung des Abgasverlustes
(z. B. durch entsprechend ausgerüsteten Rauchfangkehrermeister),
wobei die wichtigsten Einflußgrößen für diesen Verlust folgende sind:
- Abgastemperatur (sollte maximal 100°C über der Betriebstemperatur des Kessels liegen; Grund für zu hohe Temperatur: z. B. verrußter Kessel, schlechte Brennereinstellung)
- Gleichwertig mit Abgastemperatur CO₂-Gehalt des Abgases sollte möglichst hoch sein
(brennstoffabhängig)
- Ermittlung der Kesselauslastung
(Betriebsstunden der Feuerung in Relation zur Gesamtbetriebszeit)
- Zonen mit hoher Oberflächentemperatur
- „Umgerüstete“ Feststoffkessel arbeiten oft unwirtschaftlich

Jährliches Brennerservice und Abgasmessung zahlen sich auf jeden Fall aus.

Beispiel:

Warmwasserkessel (Erdgas) 100 kW, 2.000 Vollbenutzungsstunden

200.000 kWh Nutzwärmebedarf pro Jahr

Nutzungsgrad alter Kessel: 60% --> Gasverbrauch 33.300 m³/Jahr

Nutzungsgrad neuer Kessel: 85% --> Gasverbrauch 23.500 m³/Jahr

Gaspreis: 4.00 öS.m⁻³ --> Gaskosteneinsparung
durch modernen Kessel: 39.200 öS/Jahr

Verteilsystem

Die wesentliche Aufgabe des Verteilsystems ist, die Wärme in der richtigen Menge an den richtigen Ort zu transportieren. Es ist darauf zu achten, daß alle Verteilleitungen und Armaturen ordentlich wärme gedämmt sind. Schlecht wärme gedämmte Verteilsysteme verschlingen 10% bis 20% des eingesetzten Brennstoffes!

Beispiel:

Ein nicht isoliertes Absperrventil hat beispielsweise die gleichen Wärmeverluste wie eine 20 m isolierte Leitung.

Regelungssystem

Für das Heizungssystem empfiehlt sich eine außentemperaturabhängige Vorlauftemperaturregelung. Außerdem sollten Nacht- und Wochenendabsenkungen programmiert werden. Da bei größeren Verteilsystemen eine gleichmäßige Versorgung aller Räume nur schwer realisiert werden kann, empfiehlt sich der Einbau von Thermostatventilen bei den einzelnen Heizkörpern. Diese regeln individuell die Raumtemperatur und vermeiden so Überheizungen, die beispielsweise durch Sonneneinstrahlungen (auf die das Heizungsregelungssystem nicht reagiert) bewirkt werden. Thermostatventile sind kostengünstig und können meist auch nachträglich einfach eingebaut werden. Eine teilweise manuelle Regelung ist bei geeigneter Organisation oft auch sinnvoll.

Heizflächen

Auch die Art der verwendeten Heizkörper ist nicht unwesentlich für den Energieverbrauch des Heizungssystems. Die optimale Wahl hängt von der Art des zu beheizenden Raumes ab. So tritt gerade bei hohen Hallen oft das Problem auf, daß im oberen Bereich der Halle (warme Luft steigt auf) zu hohe Raumtemperaturen auftreten, während den Leuten unten die Füße abfrieren. In solchen Fällen können gleichzeitig die Arbeitsbedingungen verbessert und die Energiekosten gesenkt werden durch:

- optimierte Luftführung bei Luftheizregistern
- spezielle Strahlungsheizflächen für die Aufenthaltsbereiche von Personen (der restliche Teil der Halle kann dann durchaus einige Grad kühler gehalten werden; dies senkt die Transmissionsverluste des Gebäudes deutlich)
- Einziehen von Zwischendecken, damit die warme Luft im Personenbereich bleibt
- Einbau von Deckenlüftern

Warmwasserbereitung

Das Warmwasser wird meist zentral erzeugt und in einem Warmwasserboiler gespeichert. Die Verteilung erfolgt oft über ausgedehnte Verteilsysteme. Damit an den einzelnen Entnahmestellen immer sofort warmes Wasser zur Verfügung steht, wird das Verteilsystem meist in Form einer Zirkulationsleitung geführt. Dies führt in Abhängigkeit des Zustandes der Wärmedämmung der Verteilrohre und der Entnahmemenge zu mehr oder weniger großen Verlusten.

Im Extremfall (minimale Entnahme) sinkt der Nutzungsgrad gegen Null. Zirkulationsverluste bei Systemen mit ständiger Zirkulation liegen in der Praxis in der Größenordnung von 50% der Nutzwärme „ab Wasserhahn“.

8 ENERGIEEFFIZIENZVERBESSERUNG IN DER KUNSTSTOFFVERARBEITUNG

Energieeffizienzverbesserung ist erzielbar, indem der Energieverbrauch je verarbeiteter Kunststoffmenge reduziert wird oder mit gleicher Energiemenge mehr Output realisiert wird.

Grundsatz: Energie_{ges.} = (E_{thermisch} + E_{mechanisch}) + Verluste

8.1 Energiekosten bei der Kunststoffverarbeitung:

Zur Lösung des Problems der steigenden Energiekosten ist zuvor eine detaillierte Kostenanalyse erforderlich.

Bezieht man die Energiepreise auf eine gemeinsame Energieeinheit – z.B. Kwh, Megajoule, so ergibt sich der elektrische Strom als der teuerste Energieträger.

Betrachtet man die Energieverbrauchsstatistik, ergibt sich ein fast umgekehrtes Bild. Wie in der gesamten Industrie wurde in der Kunststoffverarbeitung nach der ersten Ölkrise der Energieträger Öl verstärkt durch Gas und elektrischen Strom substituiert.

Erstaunlich ist, daß der Anteil des elektrischen Stroms am Gesamtverbrauch weniger als die Hälfte ausmacht, obwohl gerade dieser für die Verarbeitungsprozesse eingesetzt wird. Das liegt darin begründet, daß der elektrische Strom eine höhere Veredelungsstufe der Energie darstellt. Stromerzeugende Kraftwerke arbeiten normalerweise mit einem Wirkungsgrad von 35%. Entsprechend bietet der elektrische Strom die vielfältigsten Einsatzmöglichkeiten mit den höchsten Wirkungsgraden.

8.2 Kostenanalyse für Kunststoffartikel

Damit eine Einsparstrategie entwickelt werden kann, müssen die Kostenverursacher ermittelt und ihren Auswirkungen entsprechend optimiert werden.

Unter der Voraussetzung, daß der Abnehmer die Preise für die einzelnen Energieträger als periodenfix annehmen muß, ergibt sich als Konsequenz ein Absenken des spezifischen Energieverbrauchs. Die daraus resultierenden Einsparungen sind anschließend grundsätzlich auf ihre Kostenwirksamkeit zu bewerten.

Beschränkt man die folgenden Betrachtungen auf die beiden wichtigsten Kunststoffverarbeitungsverfahren Extrudieren und Spritzgießen, so können als Durchschnittswerte die in Bild 3 dargestellten Sachverhalte festgestellt werden. Die Größe der einzelnen Kostenanteile gibt die Reihenfolge zur Kosteneinsparung vor:

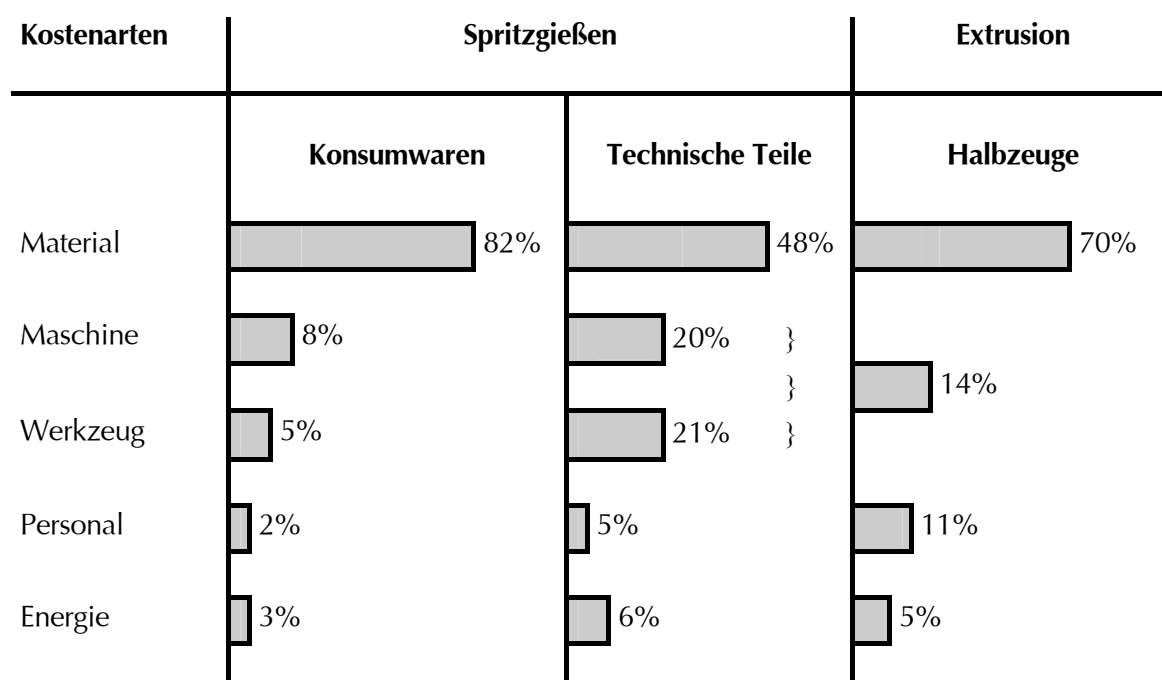


Bild 6: Verteilung der Herstellkosten bei Kunststoffartikeln

Sieht man davon ab, durch Produktumgestaltung Materialkosten einzusparen, so ist die Kostenstruktur an zweiter Stelle durch veränderte Maschinenkosten zu beeinflussen. Bei beiden Verarbeitungsverfahren entfallen von den Maschinenkosten, die sich in fixe Kosten (Abschreibung etwa 50%, Zinsen etwa 15%, Raumkosten etwa 3%) und variable Kosten (Energie etwa 25%, Reparaturkosten etwa 7%) aufteilen, im Durchschnitt 25% auf den Energieverbrauch. Dies sind insgesamt gesehen verhältnismäßig bescheidene Größen, jedoch sind dies die einzig verbleibenden variablen Kostenanteile, also diejenigen, die der einzelne kunststoffverarbeitende Betrieb durch eigenes Know-how beeinflussen kann. Im übrigen ist angesichts der zu erwartenden Energiepreisteigerungen damit zu rechnen, daß sich die Verhältnisse nur in Richtung noch höherer Energiekosten verschieben werden.

Bevor nun Aktivitäten zum Energiesparen eingeleitet werden, muß man zunächst wissen, an welchen Stellen Energie übermäßig verbraucht wird. Damit ergibt sich für den Kunststoffverarbeiter das nächste Problem: meistens liegen in den Betrieben weder Aufzeichnungen über den Stromverbrauch in der Fertigung noch Meßergebnisse über die Stromaufnahme einzelner Anlagen vor. Die hier vorgestellten

Ergebnisse beruhen auf vereinzelt durchgeführten Leistungsmessungen an ausgewählten Beispielen, auf Literaturbeispielen und auf Messungen im Institut für Kunststoffverarbeitung IKV Aachen.

8.3 Energieverbrauch beim Spritzgießen und Extrudieren

Wenn man den spezifischen Energieverbrauch zum Aufschmelzen und Urformen für Kunststoffe bei üblicher Verarbeitungstemperatur errechnet und mit den tatsächlichen Verbrauchswerten in der Praxis vergleicht (Bild 4), erkennt man, daß die tatsächlich benötigte Energie erheblich höher ist, als die theoretisch errechnete. Selbst die hier angegebenen Maximalwerte werden in der Praxis noch deutlich überschritten, wie in einer eigenen Umfrage erfahren werden konnte.

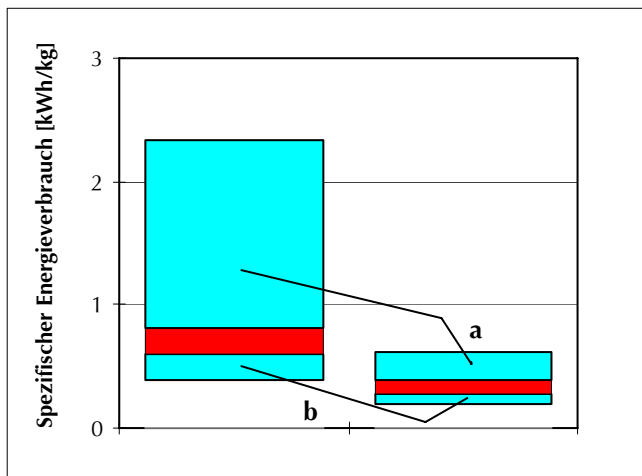


Bild 7: Spezifischer Energieverbrauch bei Spritzgießen (links) und beim Extrudieren (rechts) von Thermoplasten
a: Praxiswerte, b: theoretisch erreichbare Werte

Die zur Verarbeitung benötigte Energie ist abhängig von der Kunststoffart. Amorphe Kunststoffe können z. B. im Extremfall mit einem Drittel der Energie urgeformt werden, die bei teilkristallinen Kunststoffen benötigt wird. Weitere Einflußgrößen sind die Produktgestalt, die Verfahrensparameter und das gesamte Maschinensystem. Selbst wenn Wirkungsgradverluste durch Mechanik, Elektronik und Hydraulik eingerechnet werden, ist der Spielraum, in dem hinsichtlich des rationellen Energieeinsatzes Verbesserungen möglich sind, beachtlich.

Die Größenunterschiede zwischen Spritzgießen und Extrudieren (Bild 4) beruhen darauf, daß im diskontinuierlichen Spritzgießprozeß ständige Anfahrvorgänge und Spitzenbelastungen einen wesentlich schlechteren energetischen Wirkungsgrad verursachen.

8.4 Energiebilanz für das Spritzgießen

Hauptsächlich wird dem System elektrische Energie zugeführt über Pumpen- und Antriebsmotoren, Heizbänder und Werkzeugtemperiergeräte und die Steuerung. Dabei ist für alle Kunststoffverarbeitungsverfahren typisch, daß die Energie nur sehr kurzzeitig zum Aufschmelzen und

Urformen des Werkstoffs benötigt wird und ebenso kurzzeitig wieder aus dem Werkstoff abgeführt werden muß. Dies geschieht überwiegend mit Kühlwasser und zu einem geringen Anteil über die fertigen Produkte. Daneben treten bei allen Verfahren Konvektions- und Abstrahlverluste in unterschiedlichen Größenordnungen auf.

Obwohl es in einzelnen Fällen zu starken Streuwerten kommt, ergaben verschiedene Leistungsmessungen die folgenden recht gut übereinstimmenden Ergebnisse.

Von der gesamten installierten Leistung nehmen die Aggregate im Durchschnitt nur 40% effektiv zur Leistungsumsetzung auf. Der größte Anteil hiervon entfällt auf Antriebe und Pumpenmotoren, etwa 25% nimmt die Heizung und den Rest die Steuerung auf.

Von der gesamten aufgenommenen Energie werden etwa zwei Drittel mit dem Kühlwasser abgeführt; gut ein Drittel geht an die Umgebung.

Als erste Erfahrung darf man festhalten, daß bei den durchgeführten Meßreihen kein regelmäßiger Zusammenhang zwischen Energieverbrauch und Maschinengröße feststellbar war. Das liegt in den sehr unterschiedlich dimensionierten Motoren, Getrieben u. a. und damit im Unterschied des Gesamtwirkungsgrads der verschiedenen Fabrikate und Baureihen begründet.

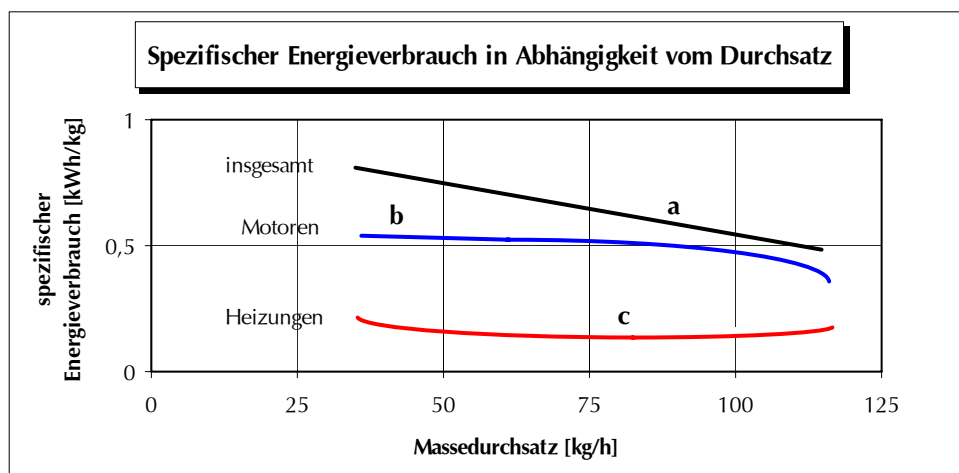


Bild 8: Spezifischer Energieverbrauch in Abhängigkeit vom Durchsatz beim Spritzgießen von Polystyrol: Bei einer Steigerung des Durchsatzes von 40 auf 120 kg/h geht der spezifische Energieeinsatz von 0,8 auf 0,5 kWh/kg zurück

Grundsätzlich gilt auch beim Spritzgießen, daß mit einer intensiven Maschinennutzung der Energiebedarf deutlich gesenkt werden kann. Mit höherem Durchsatz ergibt sich zwar eine anteilige Verschiebung der eingebrachten Energie vom Motor zu den Heizungen, die sich jedoch im Betriebsbereich insgesamt kaum bemerkbar macht. In diesem Fall ist außer einer Ausstoßverdoppelung noch eine Reduzierung des spezifischen Energieverbrauchs um 25% realisiert worden, die eindeutig auf die bessere Ausnutzung der installierten Kapazitäten zurückzuführen ist.

8.5 Energiebilanz für das Extrudieren

Dem System wird ebenfalls elektrische Antriebsenergie und Heizenergie zugeführt. Die eingebrachte Energie wird wieder abgeführt durch das Kühlwasser und durch Konvektions- und Abstrahlverluste. Die Enthalpieerhöhung der produzierten Halbzeuge ist nahezu null, lediglich dickwandige und großflächige Halbzeuge verlassen die Anlage im noch erwärmten Zustand.

Da es sich um ein kontinuierlich arbeitendes Verfahren handelt, bei dem die größeren Massemenen pro Zeiteinheit verarbeitet werden, ist es nicht verwunderlich, daß sich hierbei im Gegensatz zum Spritzgießen günstigere spezifische Energieverbräuche ergeben. Im Unterschied zum Spritzgießen wird die Energie hauptsächlich über den Antrieb und damit über die Schnecke in die Masse eingebracht. Die Heizung hat lediglich eine unterstützende Funktion (5 bis 10%), da man grundsätzlich den autothermen Betrieb anstrebt, d. h. die Schmelze nur durch Friktion erzeugen will.

In der Praxis kommt es oft vor, daß Extruder zusätzlich gekühlt werden müssen, um Hitzestaus in der Schmelze zu verhindern. Der zuviel in die Masse eingebrachte Anteil an Wärmeenergie muß noch vor Verlassen des Zylinders wieder abgeführt werden. Zu allem Überfluß muß für die Kühlung zusätzlich Energie aufgewendet werden. Über die Hälfte der als Wärme anfallenden Energie wird mit Kühlwasser abgeführt. Bis zu 40% können die Anteile betragen, mit denen die Umgebung aufgeheizt wird. Je nach Art der Extrusion, ob z. B. Rohre, Folien, Tafeln o. dgl. luft- oder wassergekühlt hergestellt werden, können sich die Anteile der durch Konvektion und Kühlwasser abgeführten Energie gänzlich umkehren.

Mit diesen ermittelten Verlustenergien sollen nun anhand der Erfahrungen bei den ausgewählten Leistungsmessungen gezielte Einsparmöglichkeiten angegeben werden.

8.6 Vorschläge zur Energieeinsparung

Um eine einheitliche Bewertungsgrundlage zu erhalten, wurden die verfügbaren Meßergebnisse auf die Basisgröße „gesamte Energieaufnahme“ einer Anlage umgerechnet (Bild 6 und 7). Es muß vorausgeschickt werden, daß die in Bild 6 und 7 angedeuteten Maßnahmen nicht als Summe im Sinne einer Einsparstrategie verstanden werden dürfen. Es handelt sich um Energieeinsparungen, die in Einzelprojekten erreicht wurden und daher auch wieder erreichbar sein dürften.

Einsparpotential, bezogen auf die gesamte Energieaufnahme

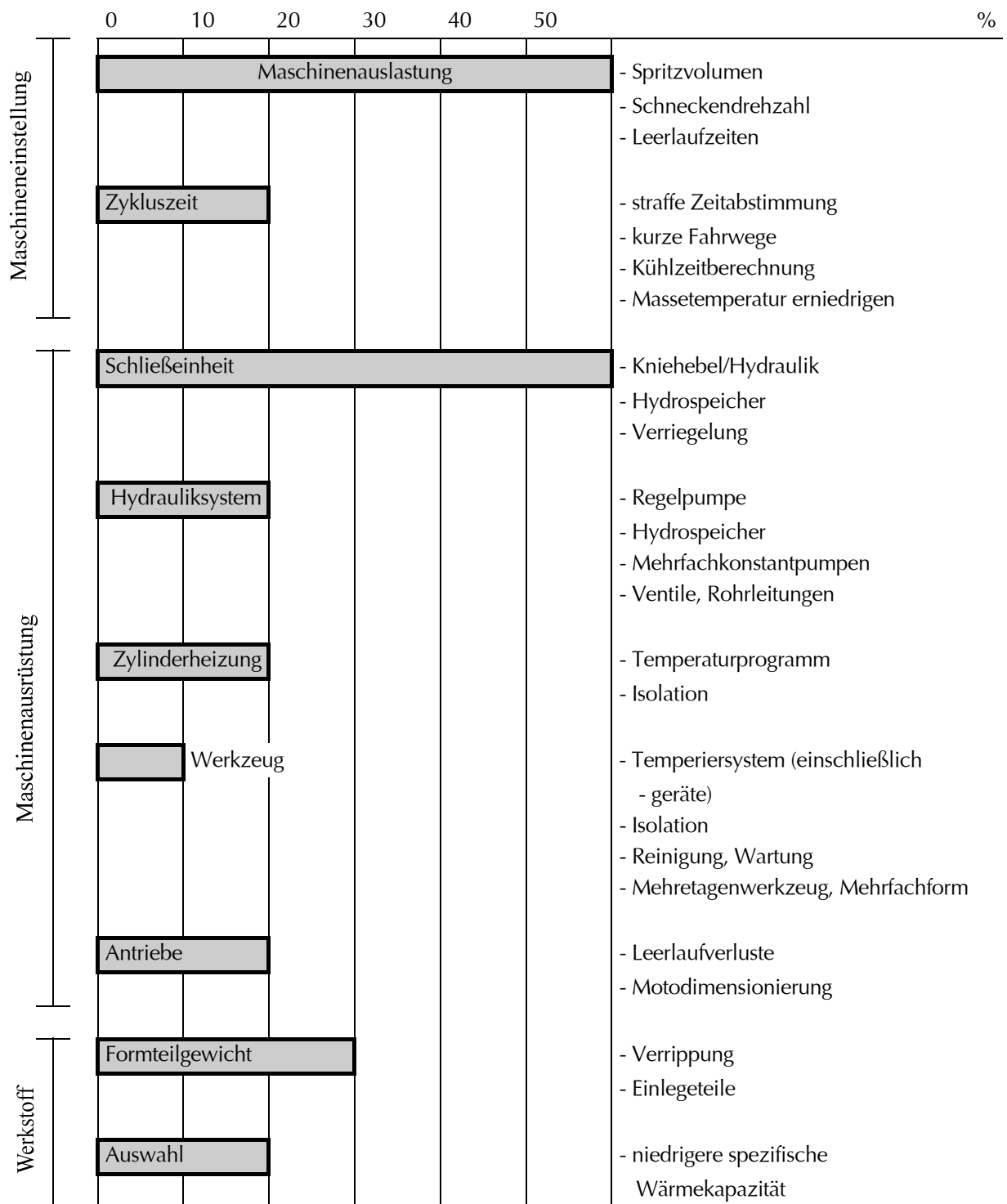


Bild 9: Energieeinsparungen beim Spritzgießen

Herauslesen ist weiterhin, daß hier auch Maßnahmen angesprochen sind, die sich gegenseitig in ihrer Auswirkung eingrenzen bzw. sogar aufheben und deshalb nur alternativ durchgeführt werden dürfen. Nachfolgend soll aufgezeigt werden, welche Möglichkeiten der Energieeinsparung sich bieten und wie die jeweiligen Auswirkungen bezüglich des Energieeinsatzes in ihrem Umfang zu bewerten sind, wobei

die drei Aktionsbereiche Maschineneinstellung, Maschinenausrüstung und Werkstoffeinsatz sowohl für das Spritzgießen (Bild 6) als auch für das Extrudieren (Bild 7) betrachtet werden.

Einsparpotential, bezogen auf die gesamte Energieaufnahme

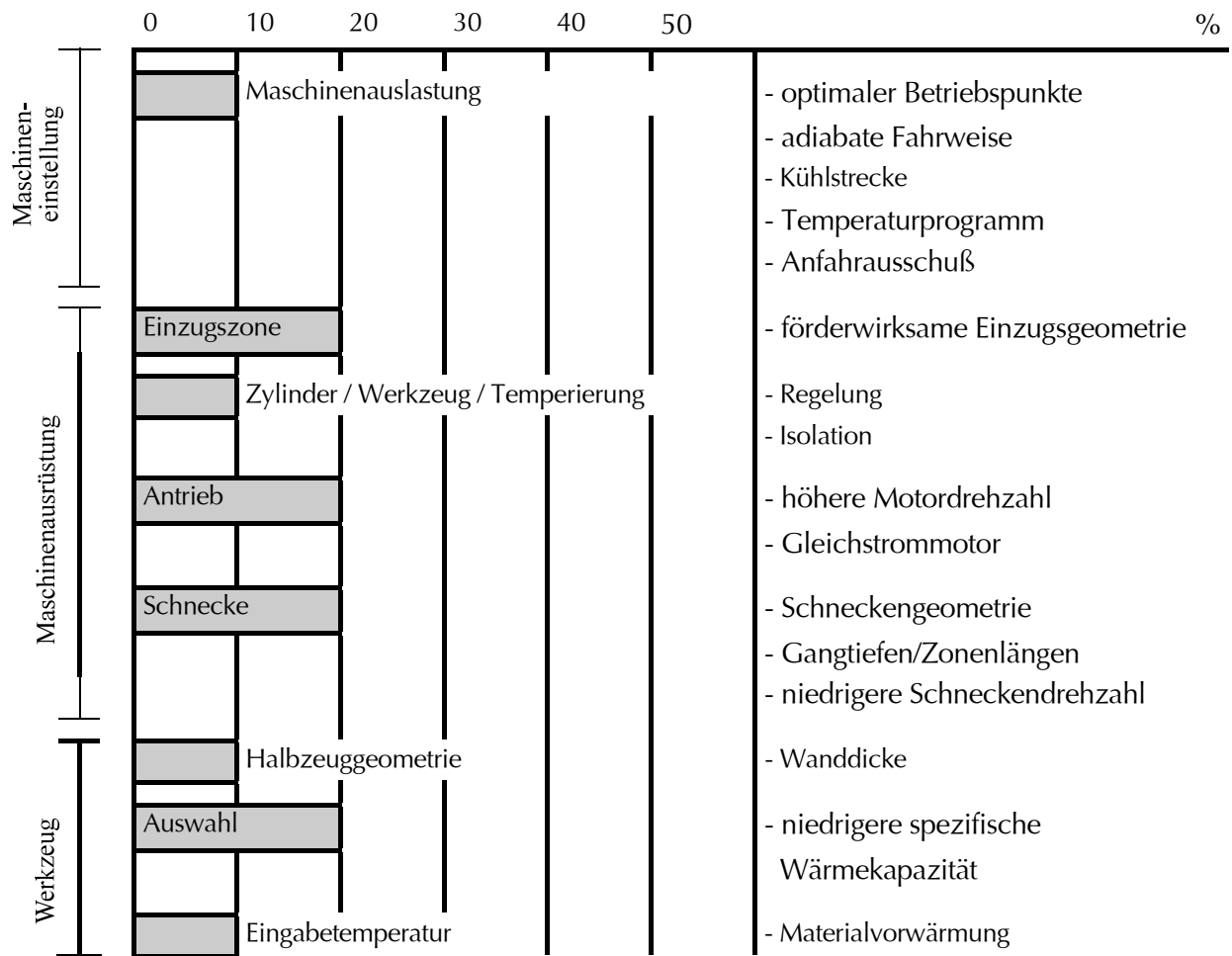


Bild 10: Energieeinsparungen beim Extrudieren

8.6.1 Energieeinsparpotentiale beim Spritzgießen

8.6.1.1 Maschineneinstellung

In diesem Aktionsbereich sind die Maßnahmen zum Energieeinsparen sehr einfach, aber ebenso wirkungsvoll und nahezu kostenlos, weil sie z. B. vom Einrichter bei seiner täglichen Arbeit ausgeführt werden können. In verschiedenen Versuchen konnten mit einer verbesserten Maschinenauslastung bis zu 50% Energie eingespart werden.

- Ein in der Praxis häufiges Übel sind unzureichend ausgelastete Maschinen, z. B. mit zu kleinen Werkzeugen und entsprechend zu geringem Bedarf an Spritzvolumen.

- Schnell laufende Schnecken und lange Leerlaufzeiten, in denen die Maschinen innerhalb des Spritzzyklus nur Leerlaufleistung abnehmen, sind Energieverschwendung.
- Eine wichtige Quelle zum Einsparen von Energie ergibt sich in der präzisen Einhaltung realistischer Zykluszeiten: eine straffere zeitliche Abstimmung von Plastifizier- und Einspritzzeit ohne Pausen und die Beschränkung auf unbedingt notwendig lange Fahrwege scheint logisch, wird aber nicht konsequent eingehalten.
- Der Spritzgießzyklus wird vorwiegend durch die Kühlzeit für Formteile bestimmt. Ein Vergleich theoretischer Ergebnisse nach einer Methode zur Kühlzeitberechnung mit Praxisdaten ergab, daß die Kühlzeiten bis zu 40% zu lang eingestellt werden.
- Schließlich wäre zu probieren, ob der Zyklus nicht bei niedrigerer Masstemperatur gefahren werden kann.

8.6.1.2 Maschinenausrüstung

Im Fall einer Kaufentscheidung über neue Spritzgießmaschinen sollten verstärkt Gesichtspunkte hinsichtlich des Energieverbrauchs berücksichtigt werden. Daraus ergibt sich für die Maschinenhersteller die Forderung, Spritzgießmaschinen so auszulegen, daß die eingesetzte Energie wirtschaftlich verwendet werden kann. Umrüstungen am vorhandenen Maschinenpark helfen, Energieverbräuche zu reduzieren. Die folgenden Angaben sollen zu solchen Umrüstungsmaßnahmen ermutigen:

- Über die zu verwendende Schließeinheit wird grundsätzlich beim Kauf entschieden. Nach energetischen Gesichtspunkten ist eine Kniehebelmaschine wesentlich günstiger als eine Hydraulikmaschine, weil die hydraulische Maschine eine bis zu 20mal größere Ölmenge umwälzen muß
- Ebenfalls sind nach Energieverbrauchsgesichtspunkten unterstützende Hydrospeicher zu empfehlen. Die Energieeinsparung ist auch hier beträchtlich (vgl. Bild 6).
- Bei der Hydraulik können bis zu 20% Energie eingespart werden, wenn statt einer Konstantpumpe Regelpumpen oder Mehrfachkonstantpumpen mit verstellbaren Drehmomentstufen eingesetzt werden
- Die Abstimmung der Hydraulikelemente ermöglicht zusätzliche Energieeinsparungen
- Durch Isolierung der Heizbänder und ein sorgfältig abgestimmtes Temperaturprogramm können etwa 18% eingespart werden.
- Verhältnismäßig bescheidene Einsparungen ergeben sich im Werkzeugbereich durch die Wahl des Werkzeugs selbst oder des Temperiersystems. Aber auch die Isolierung und Wartung des Werkzeugs bringen bescheidene Energieeinsparungen. Jedoch sollte dies nicht darüber hinwegtäuschen, daß z. B. 1 mm dicke Ablagerungen in den Kühlkanälen den Wärmeübergang um 50% verschlechtern und damit den Energieverbrauch des gesamten Systems erheblich beeinflussen. Dazu liegen jedoch keine ausführlichen Messungen vor

- ❑ Bei den Antrieben kann bis zu 20% Energie gespart werden, wenn statt großer Motoren entsprechend kleiner verwendet werden, die bei Spitzenlast kurzzeitig überlastet werden, sonst aber bei höheren Drehzahlen mit dem besseren energetischen Wirkungsgrad arbeiten. Gleiches gilt, wenn z. B. zur Abdeckung von Spitzenlasten zwei Motoren eingebaut sind, von denen einer während 90% der Zeit nur Leerlaufleistung abnimmt
- ❑ Anstelle von Drehstrommotoren weisen Gleichstrommotoren den besseren Wirkungsgrad auf.

8.6.1.3 Werkstoffeinsatz

Nach energetischen Gesichtspunkten ist zu überlegen, ob für ein bestimmtes Teil alternativ nicht ein Werkstoff mit geringerer spezifischer Wärmekapazität verwendet werden kann oder ob durch Einlegeteile oder Verrippungen das Schußgewicht verringert werden kann. Mit diesen Maßnahmen sind bis zu 20 bzw. 30 % Energieeinsparungen möglich. Zusätzlich kann durch Optimierung des Materialeinsatzes auch eine Materialkostenreduktion erzielt werden, sowie eine Erhöhung des Durchsatzes.

8.6.2 Energieeinsparpotentiale beim Extrudieren

Beim Extrudieren sind ebenfalls verschiedene Maßnahmen zur Energieeinsparung möglich, jedoch sind dazu kaum Meßwerte bekannt. Daher ist die Aufstellung (Bild 7) nicht annähernd so vollständig wie die für das Spritzgießen. Soweit Einsparungsmöglichkeiten nicht quantifiziert werden können, sind sie qualitativ erwähnt und geben gegebenenfalls Anlaß zu genauerer Erforschung.

8.6.2.1 Maschineneinstellung

Probleme bei der Maschinenauslastung treten in der Praxis häufig auf, wenn mit stark unterschiedlichen Materialien bei gleicher Ausrüstung gefahren wird. Hier gilt es, den optimalen Betriebspunkt in der autothermen Fahrweise zu finden

- ❑ Die heutigen Hochleistungsextruder bringen soviel Energie in die Masse, daß diese schon vor dem Austritt aus dem Werkzeug wieder gekühlt werden muß. Zusätzliche Kühlung bedeutet zusätzlichen Energieaufwand
- ❑ Oft wird der Wirkungsgrad der Anlage durch die Kühlstrecke begrenzt, indem der sehr hohe Masseausstoß des Extruders nicht genügend abgekühlt werden kann. Hier sind im Einzelfall Korrekturen bei der Kühlstrecke (Verlängerung) vorzunehmen, die insgesamt betrachtet wiederum Energieeinsparungen für die Gesamtanlage erbringen.
- ❑ Schließlich hat ein schlecht abgestimmtes Temperaturprogramm Einfluß auf den Energieumsatz

8.6.2.2 Maschinenausrüstung

- ❑ Der Einsatz der förderwirksamen Einzugsbuchse bringt neben einer Durchsatzerhöhung auch Energieeinsparungen. Allerdings muß dabei ein Kompromiß zwischen Masseausstoß und Kühlwassermenge geschlossen werden, wenn eine Einsparung von 25% (siehe Bild 7) erreicht werden soll.
- ❑ Eine geregelte Zylinder- bzw. Werkzeugtemperierung und eine Kapselung der Abstrahlfläche am Zylinder (Heizbänder) ermöglichen bis zu 5% Einsparungen am Gesamtenergieeinsatz. Dies ist besonders unter dem Gesichtspunkt zu sehen, daß die Heizung nur unterstützende Wirkung hat und selbst Energie in gleicher Größenordnung zuführt.
- ❑ Für den Antrieb gilt ähnlich wie beim Spritzgießen: es ist wesentlich günstiger, bei halber Last mit hoher Motordrehzahl zu fahren
- ❑ Drehstrommotoren sind zwar billiger, ihre spezifische Leistungsaufnahme ist im Vergleich zu Gleichstrommotoren jedoch ungünstiger
- ❑ Beim Extrudieren hat die Schnecke entscheidende Bedeutung. Gangtiefe und Zonenteilung müssen jeweils dem Material und dem Einsatzzweck angepaßt werden

8.6.2.3 Werkstoffeinsatz

- ❑ Grundsätzlich gilt, daß Kunststoffe mit niedrigerer Wärmekapazität weniger Energie benötigen. Wie schon angeführt, betragen die Unterschiede zwischen amorphen und teilkristallinen Kunststoffen im Extremfall die dreifache Energiemenge
- ❑ Energieverbrauchsmessungen haben ergeben, daß sich mit vorgewärmten Material insgesamt bis zu 5% Gesamtenergie sparen lassen.

9 Neueste Technologieentwicklungen

Bei den derzeitigen hydraulischen Spritzgießsystemen werden laut nachfolgendem Energieflußdiagramm weniger als die Hälfte der installierten Leistung genutzt. Weitere knapp 40 % werden über Kühlungen oder Strahlung an die Umwelt abgeführt, die Entalpieerhöhung im Kunststoff beträgt nur 2 %. Bei den konventionellen Systemen wird daher die künftige Priorität in weiteren Wirkungsgradverbesserungen an der Hydraulik im Teillastbereich liegen.

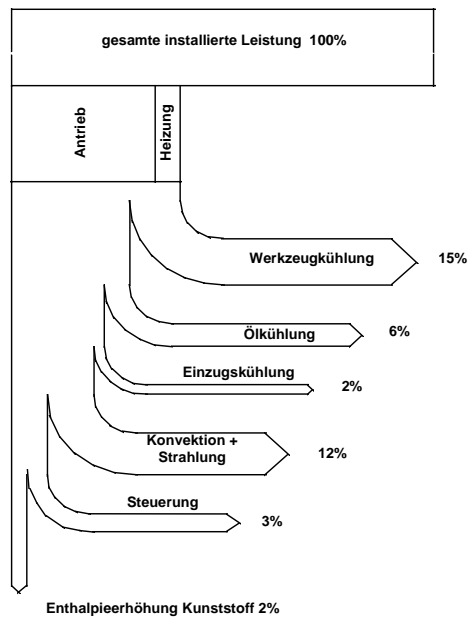


Bild 11: Energiefluß im Spritzgießprozess

Die Vorteile von elektromechanischen Spritzgießsystemen liegen in einem hohen Wirkungsgrad und einer geringen Geräuschentwicklung. Dem stehen als Nachteile die hohen Kosten für Komponenten und mechanische Kraftübertragungselemente sowie eine beschränkte Schließkraft von maximal 2000 kN gegenüber. Entscheidend für eine wirtschaftliche Anwendung werden daher die künftigen Energiekosten sein. Eine weitere Entwicklungsmöglichkeit wären Hybrid-Systeme, einer Kombination von hydraulischen und elektromechanischen Antrieben.

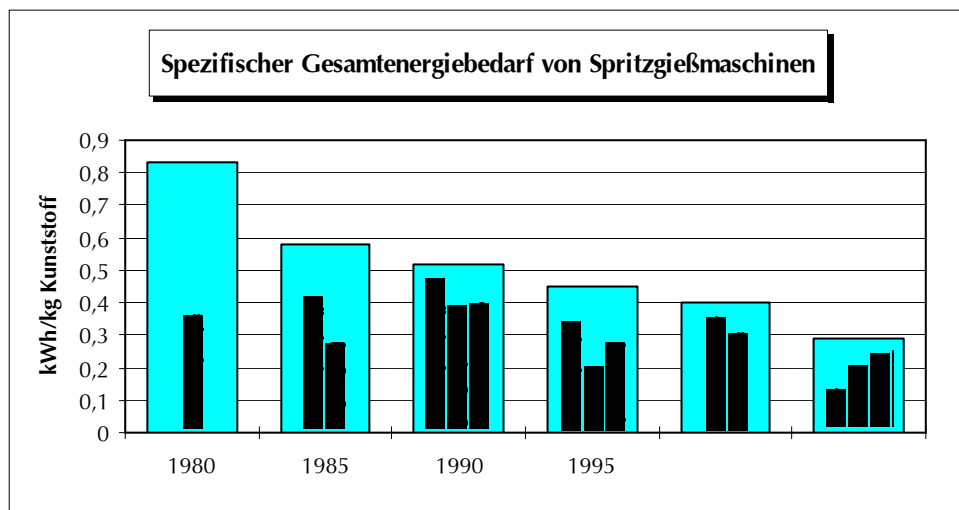


Bild 12: Spezifischer Gesamtenergiebedarf von Spritzgießmaschinen

Im Bereich der Extrusionsmaschinen hat sich die Ausstoßleistung in den letzten Jahren rasant entwickelt. Durch eine Optimierung der Schneckengeometrie, Vergrößerung des L-D Verhältnisses ergibt sich eine Steigerung der Ausstoßleistung bei gleichem Drehmoment laut nachfolgender Tabelle.

Achsabstand [mm]	Durchmesser [mm]	1994 [kg/h]	1997 [kg/h]	2000 [kg/h]
74	ca. 90	225	350	450
92	ca. 110	350	500	700
110	ca. 130	500	750	1000

Tabelle 3: Entwicklung der Ausstoßleistung bei gleichem Drehmoment

Im Bereich der Extrusionswerkzeuge ergeben sich durch die Naßkalibrierung im Wirbelbad wirtschaftliche Vorteile durch einen geringeren Wasserverbrauch die durch eine höhere Kühlungseffizienz mit einem ΔT von 3-4 °K und durch eine gezielte turbulente Strömung erreicht werden.

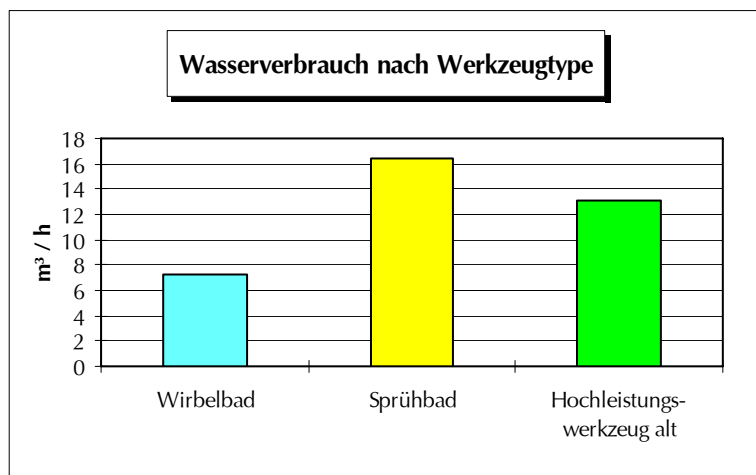


Bild 13: Wasserverbrauch verschiedener Extrusionswerkzeuge

10 Ergebnis und Ausblick

Auch wenn alle angesprochenen Möglichkeiten ausgeschöpft sind, werden weiterhin Energieverluste auftreten. Ihre Verwendungsmöglichkeiten sind stark eingeschränkt, weil ihr Temperaturniveau in der Regel zu niedrig ist und der wirtschaftliche Einsatz nur durch zusätzlichen Energieaufwand (z. B. mit Hilfe einer Wärmepumpe) möglich wird. Vorstellbar und auch schon in der Praxis verwirklicht ist ihre Nutzung

- zur Raumheizung und Brauchwassererwärmung,
- für andere - auch nachgeschaltete - Verfahren (z. B. Thermoformen) und
- durch Rückführung in den Prozeß selbst (z. B. durch Materialvorwärmung).

Für diese denkbaren Möglichkeiten sind jedoch immer Investitionen notwendig. Angesichts der geschilderten Kostenstrukturen ist der Rahmen für Investitionen von Energiesparmaßnahmen bei den Kunststoffverarbeitern eng gesetzt. Die Investition allein - z. B. einer Wärmepumpe - garantiert noch keine Rentabilität!

Es wurden jedoch zwei Aktionsbereiche angesprochen, in denen Maßnahmen mit nachhaltigem Erfolg fast nichts kosten:

- die verbesserte Maschineneinstellung nimmt der Einrichter nach einer energieverbrauchsorientierten Rüst- und Einrichtstrategie vor. Dabei kann ein handelsübliches Leistungs- oder Energiemeßgerät eine sehr gute Hilfe sein.
- den Energiebedarf zum Aufschmelzen kann bereits der Konstrukteur bei der Auslegung des Formteils und des Werkzeugs optimieren.

Mit den angesprochenen Maßnahmen sind in einem Betrieb sicherlich Einsparungen in Höhe von 20% der Energiekosten möglich. Ein kunststoffverarbeitender Betrieb mit durchschnittlicher Größe und etwa 200 Beschäftigten realisiert beispielsweise 150 Mio. ATS Umsatz. Die Statistik weist aus, daß 5% des Umsatzes für Energie ausgegeben werden müssen. Das sind im Beispiel 7 Mio. ATS/Jahr an Energiekosten. Wenn davon mit den genannten Maßnahmen 20% eingespart werden, stehen dem Unternehmen jährlich zusätzlich ATS 1.400.000 zur Verfügung. Das sind verfügbare Mittel, für die im Einzelfall keinerlei zusätzliche Investitionen notwendig sind.

11 ANHANG: Formblätter zur Erfassung des eigenen Energieverbrauchs

11.1 Kennzahlenübersicht

Branchenkennzahl	Einheit	Mittelwert	Bandbreite (von – bis)
Jahr		1996	1996 - 1997
Mitarbeiter	Anzahl	126	16 - 360
verarbeitete Kunststoffmenge	tato	5.883	106 - 23.000
Umsatz	Mio. öS/a	265	11 - 800
Umsatz pro Dienstnehmer	Mio. öS/a	1,5	0,7 - 2,7
Stromverbrauch	Mio. kWh/a	6,4	0,11 - 24,5
Stromverbrauch pro kg Produkt	kWh/kg	1,35	0,58 - 2,7
Stromverbrauch pro Umsatzmillion	ATS/Mio. ATS	21.400	3.210 - 31.950
el. Energiekosten	Mio. öS/a	2,8	0,5 - 12,3
el. Energiekosten vom Umsatz	%	2,96	0,46 - 4,96
Energiekosten-einsparpotential	%	15	5 - 30
Energie-einsparpotential (kWh)	%	10	5 - 20

11.2 Energiepreise

	Eigenes Unternehmen	Branchen-	
		-Mittelwert	-Bandbreite
Strom			
Erdgas			
Heizöl leicht			
Sonstige (Flüssiggas.....)			

11.3 Energieverbrauchsstruktur

	Eigenes Unternehmen	Branchen-	
		-Mittelwert	-Bandbreite
Strom			
Erdgas			
Heizöl leicht			
Sonstige (Flüssiggas.....)			

11.4 Energiekostenaufteilung

	Eigenes Unternehmen	Branchen-	
		-Mittelwert	-Bandbreite
Strom			
Erdgas			
Heizöl leicht			
Sonstige (Flüssiggas.....)			

Literatur

CEFIC - Information VEEP 2005/1996

Chemische Industrie Österreich 1996

Montanuniversität Leoben, Vorlesungsskriptum Kunststoffverarbeitung, Prof. Knappe 1974

A: Frieges, Kunststoffe 73 (1983) 11, 5690

GKV-Jahresberichte