

ENERGIEEFFIZIENZ IN DER KUNST- STOFFINDUSTRIE



energie schweiz

Unser Engagement: unsere Zukunft.

INHALTSVERZEICHNIS

1 VORWORT	5
2 AUSGANGSLAGE	6
• 2.1 Energiebedarf in einem Kunststoffbetrieb.....	7
3 METHODIK	10
4 BEST-PRACTICE-MASSNAHMEN	11
5 EFFIZIENZKONZEPT	12
• 5.1 Maschinenersatz	13
• 5.1.1 Effiziente Spritzgussmaschinen	14
• 5.2 Direktes Freecooling	18
• 5.3 Spitzendeckung Klimakälte	19
• 5.4 Direkter Wärmetransport.....	19
• 5.5 Abwärmenutzung Druckluft.....	20
• 5.6 Abwärmenutzung Maschinenkühlung	21
• 5.7 Luft-Wasser-Wärmepumpe	21
• 5.8 Warmwasser in Heizkreislauf einbinden	22
• 5.9 Photovoltaik (PV).....	23
• 5.10 Resultate	24
6 WEITERE INFORMATIONEN	26



ENERGIEEFFIZIENZ IN DER KUNSTSTOFFVERARBEITUNG – EIN GROSSER BEITRAG ZUM KLIMASCHUTZ

Der technologische Fortschritt in der Kunststoffverarbeitung schreitet rasch voran. In der Maschinentechnik zeigt sich dieser neben der Digitalisierung vor allem im Bereich der Energieeffizienz. Aber auch in der Gebäude- und Klimatechnik stehen uns heute viele Möglichkeiten offen, den Energiebedarf der kunststoffverarbeitenden Betriebe zu senken. Damit kann die Branche einen positiven Beitrag zum Klimaschutz leisten und hilft mit, die Pariser Klimaziele zu erreichen.

Eine energieeffiziente Produktion ist nicht nur nachhaltig, sie ist auch wirtschaftlich sinnvoll und steigert die Wettbewerbsfähigkeit unserer Betriebe. Der Ersatz von alten Betriebsmitteln mit neuen energieeffizienten Anlagen und Geräten erlaubt eine qualitativ hochstehende Fertigung zu tieferen Energiekosten. Die CO₂-Bilanz verbessert sich ebenfalls.

Und genau das sind unsere Erfolgsfaktoren! Hohe Qualität und innovative Lösungen bei Produkten und Prozessen – Nachhaltigkeit beim Ressourceneinsatz. So werden sich die Schweizer Kunststoffverarbeiter auch künftig im internationalen Wettbewerb behaupten können.

Mit dieser Broschüre zeigen wir zahlreiche Massnahmen auf, die unsere Unternehmen auf diesem Weg ergreifen können. Sie soll Impulse setzen und Ideen generieren. Diese können dann zusammen mit Fachleuten umgesetzt werden.

In diesem Sinne wünsche ich den Schweizer Kunststoffverarbeitern eine innovative und energieeffiziente Zukunft!

Silvio Ponti, Präsident KUNSTSTOFF.swiss, Aarau



2 AUSGANGSLAGE

Die schweizerische Kunststoffindustrie ist ein bedeutender Industriezweig. Mehr als 30 000 Mitarbeitende in knapp 800 Unternehmen erwirtschaften hier jährlich einen Umsatz von rund 15 Milliarden Schweizer Franken.

Die Kunststoffindustrie umfasst mehrere Teilbereiche, beispielsweise die verarbeitende Industrie, Rohstofflieferanten, Werkzeugbauunternehmen, Herstellerfirmen von Maschinen und so weiter. Im Zentrum der Branche steht die verarbeitende Industrie, die gleichzeitig am meisten Energie verbraucht. Energieintensiv sind primär die Verfahren des Urformens (Herstellen eines festen Körpers aus einem formlosen Stoff). In diesen Verfahren wird der Kunststoff in den plastischen Zustand gebracht und nach Einnahme der gewünschten Form wieder in den festen Zustand abgekühlt. Hier liefert die Maschinen- und Werkzeugtechnik die technischen Grundlagen.

Die Gebäudetechnik ist notwendig, um ein akzeptables Arbeitsklima zu schaffen. Sie wird dem Prozess angepasst und wächst quasi um diesen herum. Aufgrund der Komplexität ist es nicht verwunderlich, dass übergreifende Konzepte oder Themen, wie der energieeffiziente Verbund von Maschinen- und Gebäudetechnik, nicht im Vordergrund stehen. Insbesondere kleinere Betriebe haben nicht die Ressourcen, um HLK-Ingenieurinnen und HLK-Ingenieure anzustellen und in effiziente Gebäudetechnik zu investieren.

Diese Broschüre soll Unternehmen in der kunststoffverarbeitenden Industrie helfen, ihr Effizienzpotenzial in Eigenregie qualitativ abzuschätzen.



2.1 ENERGIEBEDARF IN EINEM KUNSTSTOFFBETRIEB

Eine übergeordnete Aufteilung des Energiebedarfs in einem Kunststoffbetrieb ist von der Produktionstechnik, der Grösse des Betriebs, der Gebäudehülle, dem Standort, dem Betrieb selbst, den gebäudetechnischen Anlagen und weiteren Einflüssen wie dem Verhalten der Belegung oder der Maschinenteknik abhängig. Diese Diversität lässt keine exakte Bestimmung des Energiebedarfs in der Kunststoffindustrie zu, die für alle Betriebe gilt. Es gibt jedoch, wie oben erwähnt, Tendenzen, die auf dem Prozess des Urformens beruhen. Erfahrungen bei Energieberatungsmandaten und Analysen haben gezeigt, dass es eine **typische Situation bei kunststoffverarbeitenden Betrieben gibt**. Diese Situation ist

nachfolgend abgebildet und gilt als Grundlage und Beispiel für die weitere Betrachtung, insbesondere für die Effizienzmassnahmen.

In der Produktion stehen die Spritzgussmaschinen, wo der Prozess des Urformens stattfindet. Die Maschinen haben mindestens eine Werkzeugkühlung, die individuell an sie angepasst ist. Manche Herstellerfirmen liefern das Kühlsystem zusammen mit der Maschine. Eine Abänderung kann zur Folge haben, dass die Garantie erlischt. Übrige Wärme wird mittels Klimakältemaschine abgeführt.

Druckluft wird mittels eines Druckluftkompressors bereitgestellt. Die Abwärme wird über die Luft abgeführt. Ein Heizöl-kessel liefert die Raumwärme für Montage und Lager sowie für die Büroräumlichkeiten. Der Warmwasserbedarf wird elektrisch gedeckt. Produziert wird im 3-Schicht-Betrieb.

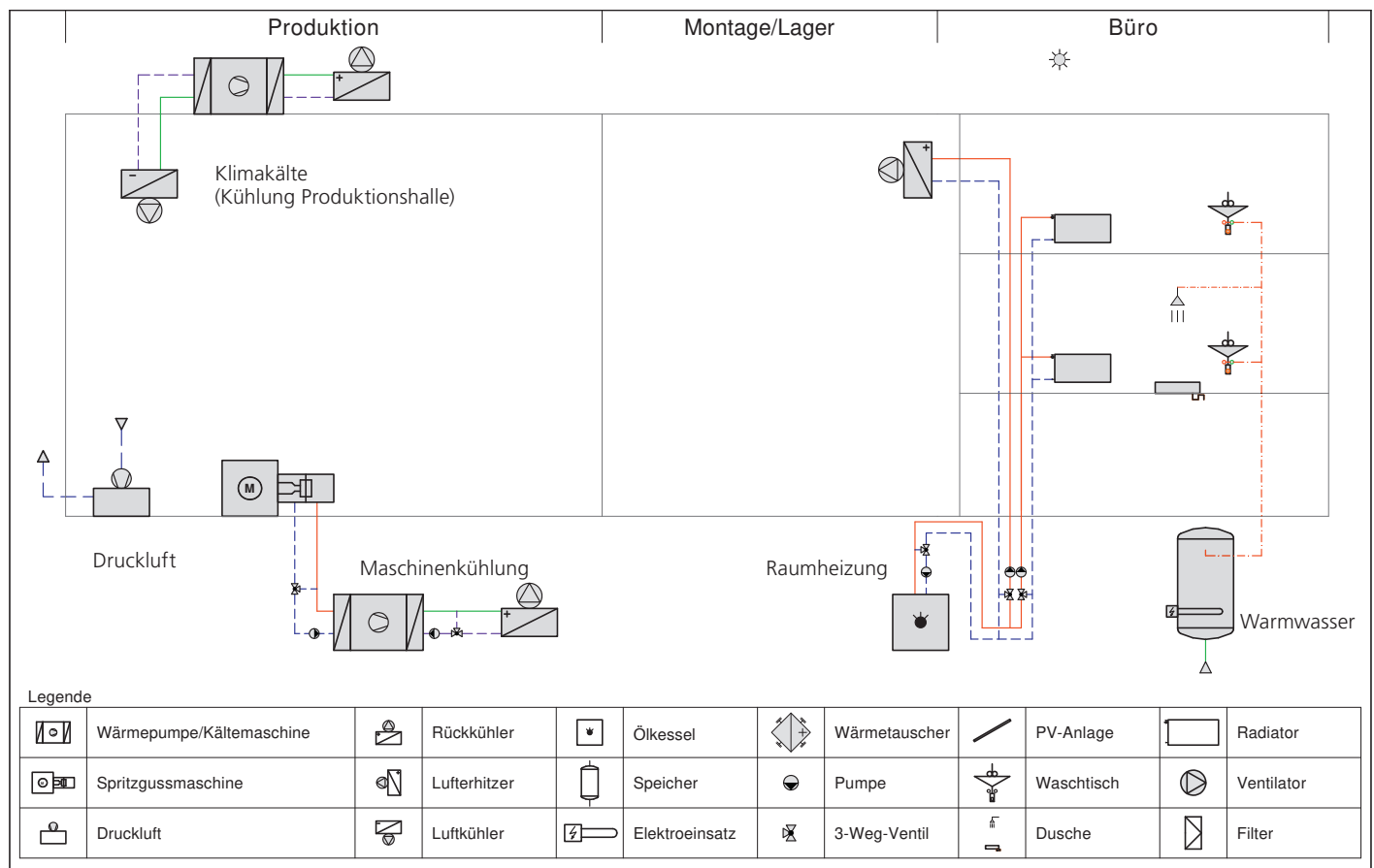


Abbildung 1, Typische Situation in einem Kunststoffbetrieb (Musterbetrieb mit energierelevanten Anlagen)

Tabelle 1, Annahmen für Musterbetrieb

	NUTZUNG	–	PRODUK- TION	MONTA- GE/LAGER	BÜRO	SUMME	ANTEIL ELEKTRIZITÄT	ANTEIL WÄRME
Gebäude Wärmebedarf	Energiebezugsfläche	m²	700	1400	300	2 400		
	Max. Temperatur Sommer	°C	30	30	26			
	Max. Temperatur Winter	°C	18	20	21,5			
	Spez. Heizwärmeleistungsbedarf	W/m²	70	80	130			
	Wärmeleistung bei –8°C	kW	49	112	39	200		
	Volllaststunden Wärme	h/a		1800	1800			
Gelieferte Energie (Heizöl)	Wärmebedarf	kWh/Jahr		201 600	70 200	272 000		100 %
	Ölkessel Leistung	kW		224	78	300		
	Ölkessel Wirkungsgrad	–		0,84	0,84			
	Endenergie Heizöl	kWh/Jahr		240 000	84 000	324 000		119 %
Spritzguss- maschinen (SGM)	Durchschnittliche elektrische Leistung pro SGM (inst. ca 75kW)	kW	28					
	Anzahl Maschinen	–	15					
	Spez. Abwärmeleistung SGM	W/m²	600					
	Durchschnittliche elektrische Leistung gesamte SGM	kW	420			420		
	Betriebsstunden (3-Schicht-Betrieb)	h/a	5 500					
	Elektrizität Produktion Spritzgussmaschinen	kWh/Jahr	2310 000			2310 000	71 %	
Maschinen- kühlung	Kälteleistung Maschinenkühlung (40 %)	kW	170			170		
	Kälte Maschinenkühlung	kWh/Jahr	924 000					
	JAZ* Kompaktkältemaschine 7°C Maschinenkühlung	–	3					
	Elektrizität Kompaktkältemaschine 7°C Maschinenkühlung	kWh/Jahr	308 000			308 000	9 %	
Klimakälte	Klimakälteleistung Produktion (60 % Abwärme)	kW	250			250		
	Klimakälte Produktion	kWh/Jahr	1 386 000					
	JAZ* Kompaktkältemaschine 14°C Klimakälte Produktion	–	4					
	Elektrizität Kompaktkältemaschine 14°C Klimakälte Produktion	kWh/Jahr	347 000			347 000	11 %	
Druckluft	Druckluft	kW	25			25		
	Volllaststunden Druckluft	h/a	5500		7 200			
	Elektrizität Druckluft	kWh/Jahr	137 500			138 000	4 %	
Warmwasser	Warmwasser (durchschnittliche Leistung)	kW			0,6	1		
	Volllaststunden Warmwasser	h/a			7 200			
	Wärme Warmwasser	kWh/Jahr			4 320			
	Wärmeverluste Warmwasser	–			80 %			
Rest	Elektrizität Warmwasser	kWh/Jahr			8 000	8 000	0,2 %	
	Elektrizität Beleuchtung, IT, usw.	kWh/Jahr				158 000	4,8 %	

* JAZ: Jahresarbeitszahl einer Kältemaschine = genutzte jährliche Kälte im Verhältnis zum jährlichen elektrischen Aufwand des Gesamtsystems

Aufgrund dieser Situation lässt sich der Energiebedarf in einem Kunststoffbetrieb als Ausgangslage darstellen. In nebenstehender Tabelle ist der Endenergiebedarf von rund 3600 MWh pro Jahr auf die Technik aufgeteilt dargestellt.

HEIZÖL			
Heizölkessel	kWh/Jahr	324 000	

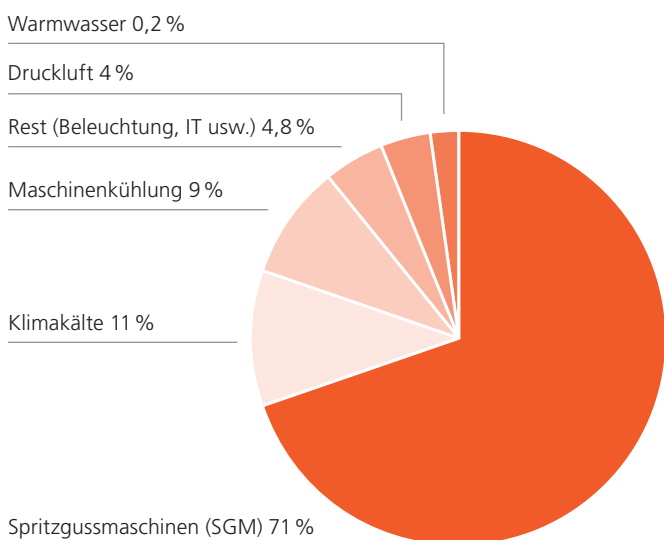
ELEKTRIZITÄT			
Spritzgussmaschinen (SGM)	kWh/Jahr	2 310 000	71 %
Klimakälte	kWh/Jahr	347 000	11 %
Maschinenkühlung	kWh/Jahr	308 000	9 %
Rest (Beleuchtung, IT usw.)	kWh/Jahr	158 000	4,8 %
Druckluft	kWh/Jahr	138 000	4 %
Warmwasser	kWh/Jahr	8000	0,2 %
Summe	kWh/Jahr	3 269 000	100 %

Tabelle 2, Aufteilung Elektrizität und Heizöl eines typischen Kunststoffbetriebs

Rund 20 % des Elektrizitätsbedarfs sind auf die Kühlung zurückzuführen. Gleichzeitig besteht ein grosses Ungleichgewicht zwischen der anfallenden Abwärme der Spritzgussmaschinen¹ und dem Wärmebedarf für Raumwärme und Warmwasser. Offensichtlich ist genügend Abwärme vorhanden, um den Wärmebedarf zu decken. Diese Abwärme liegt aber ungebunden in der Luft der Produktionshalle auf einem tiefen Temperaturniveau von ca. 30°C vor und kann nicht direkt für Heizzwecke mit Vorlauftemperaturen von ca. 60°C genutzt werden.

Eventuell erlaubt es der Standort, Wärme an umliegende Gebäude zu verkaufen, z. B. durch Auskopplung der Wärme auf ein höheres Temperaturniveau und den Aufbau eines Wärmenetzes. Dies könnte eine zusätzliche Einnahmequelle für das Unternehmen sein.

¹ Die Abwärme der Spritzgussmaschinen ist gleich deren Elektrizitätsbedarf.



3 METHODIK

Zahlreiche Betriebe sind bereits auf ihr Effizienzpotenzial hin untersucht worden insbesondere wegen der Arbeiten im Zusammenhang mit dem Grossverbraucherartikel. Für diese Broschüre haben sich 24 Unternehmen der kunststoffverarbeitenden Industrie bereit erklärt, ihre individuellen Analysen mit dem Massnahmenkatalog zur Effizienzsteigerung anonym zur Verfügung zu stellen. Eine Analyse dieser Daten erlaubt es, eine Rangliste von Best-Practice-Massnahmen für die Branche zu generieren.

Die Datenbasis bilden 353 Effizienzmassnahmen aus 24 kunststoffverarbeitenden Betrieben. Ausgeschlossen wurden Massnahmen, die qualitativ ungenügend berechnet sind oder nicht umgesetzt werden.

Um eine Basis für die Beurteilung der Wirtschaftlichkeit zu schaffen, wurde der Energiepreis für Wärme und Elektrizität unter Berücksichtigung der folgenden Faktoren vereinheitlicht:

- fossile Wärme: 0,06 CHF/kWh
- Elektrizitätsverbraucher Schweiz: 0,10 CHF/kWh

In die Analyse flossen schliesslich 238 Massnahmen ein, die bereits umgesetzt oder geplant sind. Sie lassen sich in zehn Massnahmenbereiche zusammenfassen (siehe Tabelle 3).

Unternehmen, die unter den Grossverbraucherartikel fallen, sind verpflichtet, Effizienzmassnahmen umzusetzen, die wirtschaftlich sind. Als Ziel für die Amortisationszeit ist Folgendes festgelegt: Eine Prozessmassnahme muss sich innerhalb von vier, eine Infrastrukturmassnahme innerhalb von acht Jahren amortisieren lassen. Die Tabelle zeigt, dass auch Massnahmen umgesetzt werden, deren Payback länger als acht Jahre dauert. Die Paybackdauer ist folglich nicht immer das ausschlaggebende Argument für oder gegen die Umsetzung einer Effizienzmassnahme. Sie dient als Richtgrösse für die Wirtschaftlichkeit der Massnahmen.

FARBE	PAYBACK
	kürzer als 4 Jahre
	4 bis 8 Jahre
	länger als 8 Jahre

MASSNAHMENBEREICHE	ANZAHL	PAYBACK
Beleuchtung	43	
Prozesswärme	36	
Druckluft	32	
Heizung	25	
Gebäudehülle	23	
Weitere Produkt-/Prozessmassnahmen, wie z. B. der Ersatz der Spritzgussmaschinen	23	
Weitere Motoren	22	
Prozesskälte	17	
Lüftung/Klimakälte	16	
IKT und Elektrogeräte	1	
Summe	238	

Tabelle 3, Massnahmenbereiche

Die Paybackdauer wird wie folgt berechnet:

$$A = \frac{Z_o * p}{E + \Delta BK}$$

- E: eingesparte Energie [CHF/Jahr]
 ΔBK: eingesparte Betriebskosten [CHF/Jahr]
 Zo: Investition [CHF]
 A: Amortisationsdauer (Payback) [Jahre]
 P: Kostenanteil Energie [%]

4 BEST-PRACTICE-MASSNAHMEN

Neben den Massnahmenbereichen interessieren vor allem die effektiven Massnahmen. Es handelt sich um 79 verschiedene Massnahmen. Die Auswertung folgt derselben Methodik wie im vorangegangenen Kapitel. Ziel ist es, den Leser:innen

und Lesern aufzuzeigen, wo Effizienzpotenziale im eigenen Unternehmen vorliegen könnten.

In der unten stehenden Tabelle sind die 20 Massnahmen aufgelistet, die am häufigsten umgesetzt oder geplant worden sind.

RANG	MASSNAHMENBEREICH	AKTION	ANLAGENELEMENT	ANZAHL	PAYBACK
1	Beleuchtung	Ersatz	Leuchtmittel	37	
2	Weitere Motoren	Ersatz	Motor	20	
3	Gebäudehülle	Sanierung	Gebäudeteil	14	
4	Druckluft	Ersatz	Druckluftherzeugung	11	
5	Prozesskälte	Ersatz	Kälteerzeugung	10	
6	Druckluft	Wartung	Leckagen beheben	7	
7	Druckluft	Erweiterung	Abwärmenutzung	6	
8	Heizung	Betriebsoptimierung	Wärmeverteilung dämmen	6	
9	Prozesswärme	Erweiterung	Abwärmenutzung	6	
10	Gebäudehülle	Ersatz	Fenster	5	
11	Heizung	Ersatz	Wärmeerzeugung	5	
12	Lüftung/Klimakälte	Betriebsoptimierung	Reduktion Luftmengen	5	
13	Prozesswärme	Betriebsoptimierung	Anlagenteile dämmen	5	
14	Prozesswärme	Ersatz	Wärmeerzeuger	5	
15	Weitere Produkt-/Prozessmassnahmen	Ersatz	Maschine	5	
16	Beleuchtung	Erweiterung	Bewegungssensoren	4	
17	Heizung	Ersatz	Brenner	4	
18	Prozesswärme	Betriebsoptimierung	Abwärmenutzung	4	
19	Prozesswärme	Sanierung	Anlage	4	
20	Weitere Produkt-/Prozessmassnahmen	Ausserbetriebnahme	Spritzgussmaschine	4	

Tabelle 4, gekürzte Massnahmentabelle

Der Ersatz von Leuchtmitteln oder Motoren und Druckluftherzeugung gehört auch in der Kunststoffindustrie zu den Standardmassnahmen bezüglich Steigerung der Energieeffizienz. Dazu gibt es bereits diverse Dokumentationen insbesondere von EnergieSchweiz (www.energieschweiz.ch). Weiterfüh-

rende Links sind im Kapitel 6 aufgelistet. Auf Massnahmen, deren Umsetzung komplexer ist, wie beispielsweise der Ersatz der SGM oder der Ersatz der Kälteerzeugung und die Abwärmenutzung, wird im nächsten Kapitel eingegangen.

5 EFFIZIENZKONZEPT

Um den Themen Kälterzeugung und Abwärmenutzung gerecht zu werden, wird nachfolgend **der Musterbetrieb aus dem Kapitel 2.1** auf seine Potenziale in diesen Bereichen untersucht und ein Konzept für mehr Effizienz vorgeschlagen.

Vor dem Nutzen der Abwärme ist der Energiebedarf grundsätzlich zu vermeiden. In der vorliegenden Betrachtung betrifft dies im Wesentlichen die Spritzgussmaschinen. Verbrauchen die Maschinen weniger Energie, entsteht weniger Abwärme, ist weniger Kühlung nötig usw.. Um Unterschiede zwischen Maschinen zu erkennen, haben Maschinenhersteller Versuche zur Energieeffizienz in der Herstellung durchgeführt und weiter unten veröffentlicht.

Der Grundsatz «Keep it simple and smart» steht im Fokus. Bestehende Technik wie Heizkessel oder Radiatoren werden möglichst beibehalten und nur so viel Technik wie nötig vorgesehen.

Neues Konzept

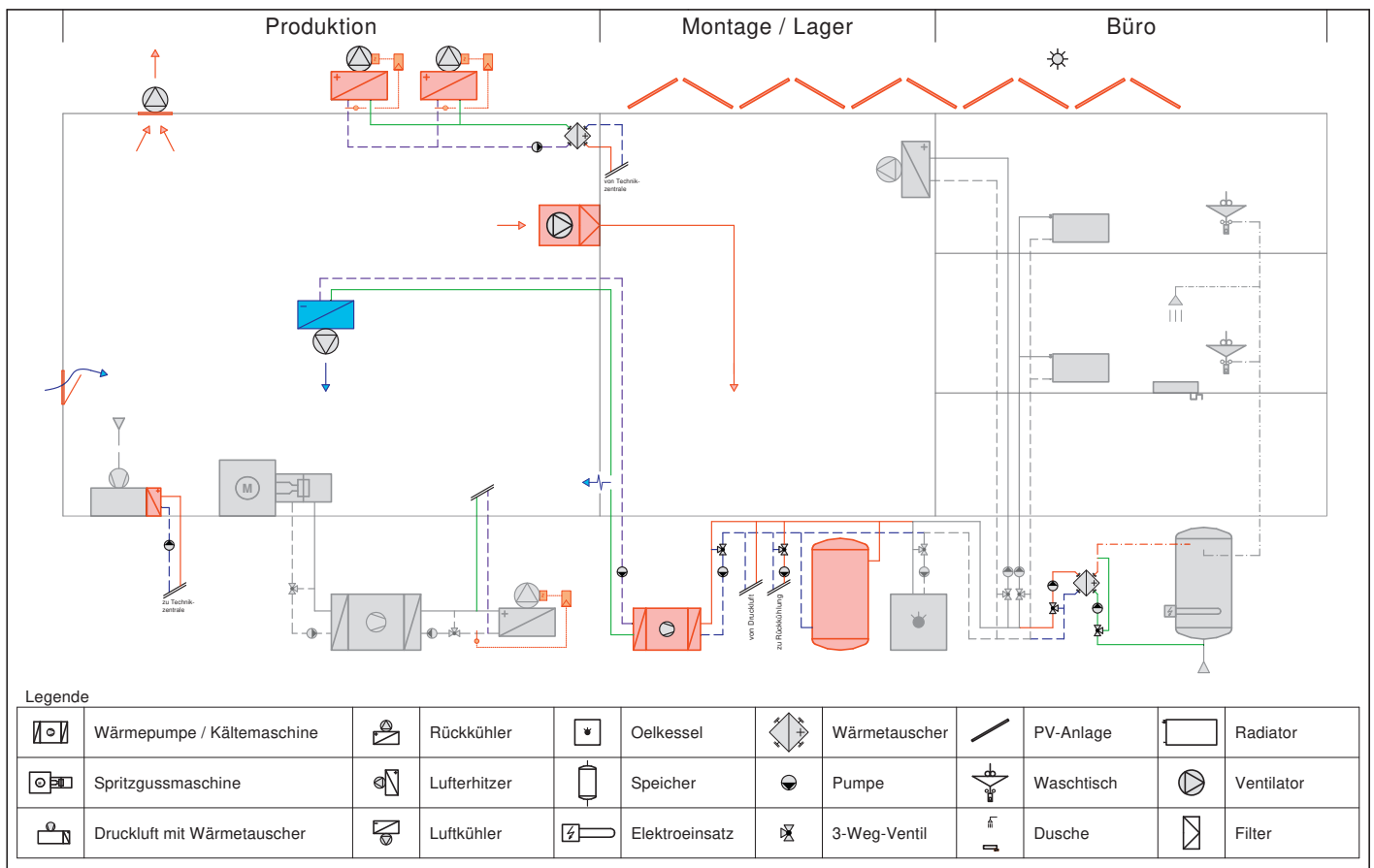
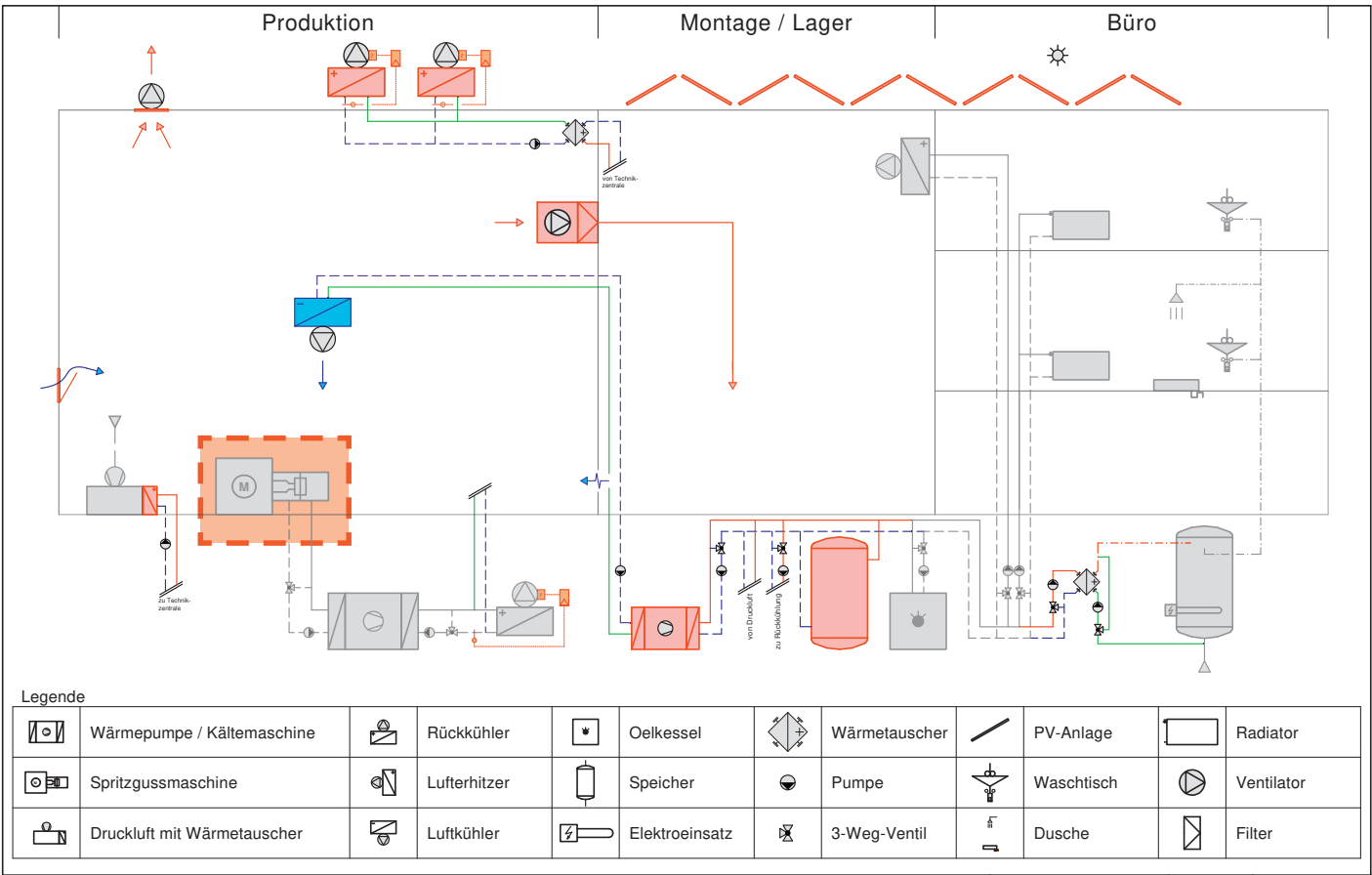


Abbildung 2, Bestand oben und neues Konzept unten

5.1 MASCHINENERSATZ

Ausgangslage	Die Produktion verfügt über 15 rein hydraulische Maschinen.
Massnahme	Beim Ersatz der Maschinen werden möglichst rein elektrische Maschinen eingesetzt. Annahme: Drei der rein hydraulischen Maschinen werden altersbedingt durch elektrische Maschinen gleicher Anschlussleistung ersetzt.
Wirkung	Aufgrund der effizienteren Betriebsart können ca. 40 % des Stromverbrauchs je Maschine eingespart werden. Hinzu kommen Folgeeinsparungen im Bereich der Kühlung, da die nicht produzierte Wärme nicht abgeführt werden muss.
Einsparung	185 000 kWh/Jahr an Elektrizität bei der Produktion und 57 000 kWh/Jahr an Elektrizität bei der Kälteproduktion.
Bemerkung	Die Einsparung bezieht sich auf die nachfolgend aufgelisteten Versuche von verschiedenen Maschinenherstellern (Mitgliedern von KUNSTSTOFF.swiss). Sie basiert auf dem Produktmix im Unterkapitel «Effiziente Spritzgussmaschinen».



5.1 Maschinenersatz



Mit moderner Maschinenteknik lässt sich viel Energie einsparen.

5.1.1 EFFIZIENTE SPRITZGUSSMASCHINEN

Spritzgussmaschinen (SGM) emittieren Abwärme in den Raum, die durch Kältetechnik abgeführt werden muss, um ein angenehmes Arbeitsklima zu schaffen. Dies kostet Elektrizität und Geld. Kann die elektrische Leistungsaufnahme einer Maschine verringert werden, reduziert sich die Abwärme und damit die Investition in die Kältetechnik.

Mitglieder von KUNSTSTOFF.swiss, die Maschinen herstellen, haben in Versuchen Vergleiche angestellt zwischen hydraulischen Spritzgussmaschinen und den neusten Modellen, insbesondere vollelektrischen SGM.

Diese Versuche, inklusive der wichtigsten Parameter der produzierten Teile, sind in der folgenden Tabelle zusammengefasst, und die Energieeinsparung ist ausgewiesen. Die Versuche wurden nicht durch ein unabhängiges Institut überprüft, daher sind die Angaben anonym.

Ein Unternehmen kann nun mit dieser Tabelle seinen ungefähren Effizienzgewinn bei seinen jeweiligen Produkten abschätzen.

MATERI- AL	SCHLUSS- GEWICHT	SCHLIESS- KRAFT	KAVITÄ- TEN	ZYKLUS- ZEIT	ENERGIEVERBRAUCH			EINSPA- RUNG	EINSPA- RUNG
					kWh/kg	kWh/kg	kWh/kg		
-	g	kN	-	s	hydraulisch	servo- hydraulisch	elektrisch	kWh/kg	%
ABS	106	2400	2	20	0,65	0,44		0,21	32 %
ABS	106	2400	2	20	0,65		0,27	0,38	58 %
PP	87,2	1000	1	26,20	0,398	0,349		0,049	12 %
PP	87,2	1000	1	26,20	0,398		0,308	0,090	23 %
ABS	75,0	1600	1	14	0,363	0,328		0,035	10 %
ABS	75,0	1600	1	14	0,363		0,303	0,060	17 %
ABS	52,0	1100	1	14	0,390	0,360		0,030	8 %
ABS	52,0	1100	1	14	0,390		0,316	0,074	19 %
PP	80	2000	1	32	0,88	0,58		0,3	34 %
PP	80	2000	1	32	0,88		0,41	0,47	53 %
PP	80	2000	1	32		0,58	0,41	0,17	29 %
HDPE	18	1000	24	11,5	0,93	0,65		0,28	30 %
HDPE	18	1000	24	11,5	0,93		0,36	0,57	61 %
HDPE	18	1000	24	11,5		0,65	0,36	0,29	45 %
PS	790	5000	1	89	0,98	0,55		0,43	44 %
PA 6	10	1000	1	17,5	3,98	2,65		1,33	33 %
PA 6	10	1000	1	17,5	3,98		1,83	2,15	54 %
PS	140	5000	12	3,8	0,67	0,4		0,27	40 %
PA 6,6 GF 35	83	1600		38	1,4		0,8	0,6	43 %
POM	4,5	600		5	2,1	1,7		0,4	19 %
POM	4,5	600		5	2,1		0,9	1,2	57 %
HDPE	195	4200	96	3,9	0,67				
HDPE	195	4200	96	3,23	0,67	0,41		0,26	39 %
PP	77	800	1	18,2	0,55		0,39	0,16	29 %
PP	143	1600	1	21,7	0,59		0,38	0,21	36 %
PP	143	2000	1	20	0,57	0,52		0,05	9 %
PP	143	2000	1	20	0,57		0,38	0,19	33 %
PP	190	2000	1	24,7	0,63		0,39	0,24	38 %
HDPE	27,8	500	4	20,44			0,46		
PA66	16,9	1000	8	9,43			0,52		
PBT	91,8	1500	16	18,32			0,29		
PP	100,1	3000	8	8,43			0,34		

Die Maschinenherstellerfirmen wurden auch nach den ihrer Meinung nach effektivsten Lösungsansätzen in Bezug auf die Energieeffizienz der Spritzgussmaschinen befragt:

1. Bester Grund für vollelektrische Maschinen bei Maschinenersatz
2. Weiterer wichtiger Grund für vollelektrische Maschinen bei Maschinenersatz
3. Weiterer Grund für vollelektrische Maschinen bei Maschinenersatz oder weitere wichtige Effizienzmassnahme bei bestehenden Maschinen

Nachfolgend die Antworten der Maschinenhersteller (Mitglieder von KUNSTSTOFF.swiss, alphabetisch geordnet)

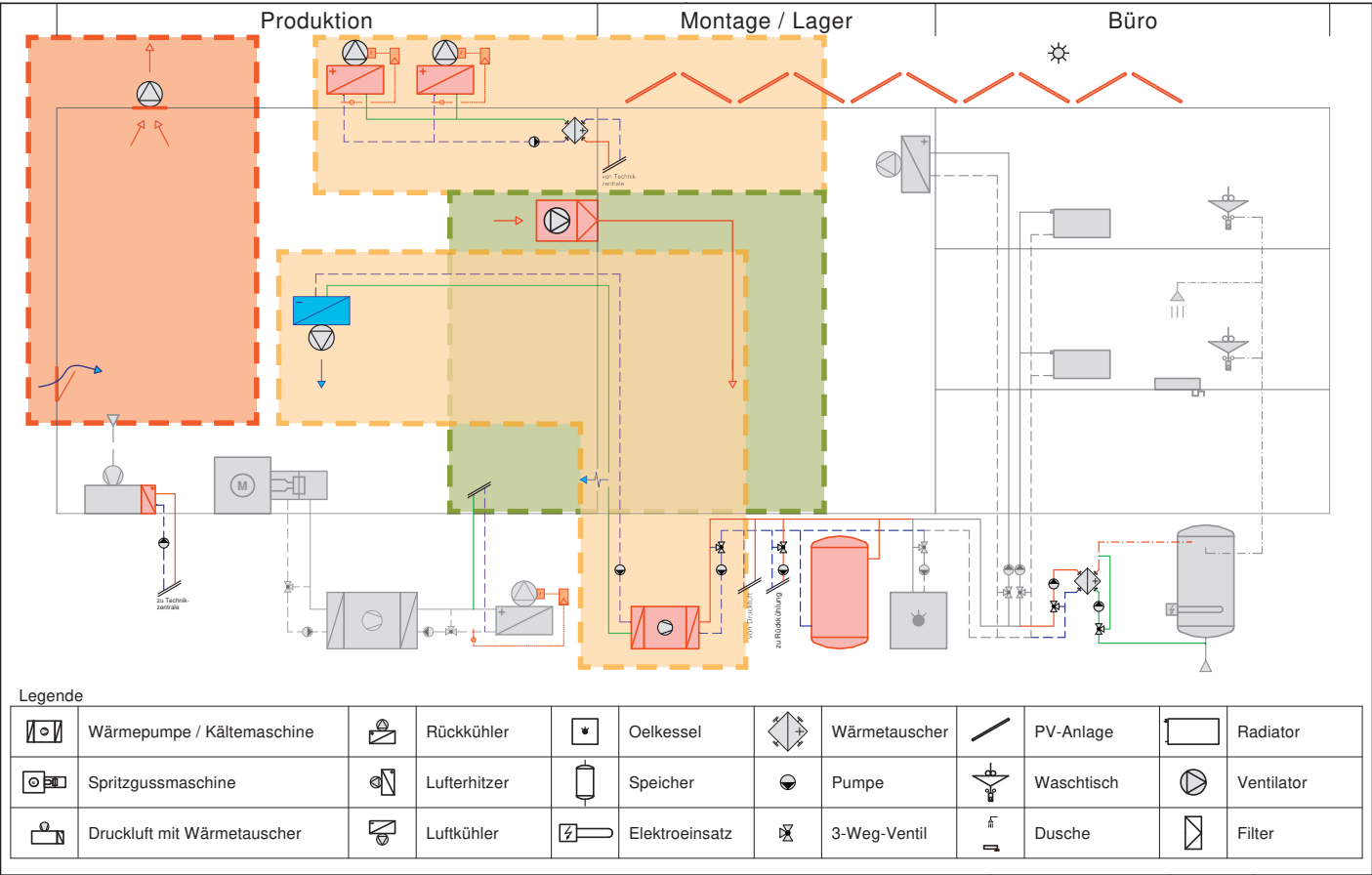
FIRMA	FRAGE	EFFEKTIVSTE LÖSUNGSANSÄTZE
ARBURG GmbH + Co KG	1	Höchste Produktivität – Energieverbrauch immer im niedrigsten Bereich bei gleichzeitig hochdynamischen und flexiblen Fahrbewegungen.
	2	Sehr gute und stabile Prozessreproduzierbarkeit und hohe Positioniergenauigkeiten – grosse Vorteile bei Automationslösungen.
	3	Die Antriebstechnologie von Spritzgussmaschinen entscheidet über die Effizienz. Nachträgliche Massnahmen rechnen sich meistens nicht. Deshalb ist die Entscheidung beim Maschineneinkauf besonders wichtig. Anwendungsbezogen können auch mit hybriden Antriebskonzepten hohe Energieeffizienz und Produktivitätswerte erzielt werden.
ENGEL (SCHWEIZ) AG	1	Hochpräzise Regelung, maximale Wiederholgenauigkeit, für ausschussfreie Produktion von komplexen Bauteilen.
	2	Niedrigster möglicher Energieverbrauch.
	3	Minimaler Kühlwasserverbrauch, geringe Geräuschentwicklung, geringe Abwärme an Umgebung (vor allem im Medical-Reinraum sehr wichtig).
FANUC Switzerland GmbH	1	Markante Stromeinsparungen gegenüber hydraulischen Maschinen.
	2	Der Prozess kann deutlich präziser kontrolliert werden.
	3	Die Maschinenbewegungen können deutlich schneller und parallel ausgeführt werden, was die Zykluszeiten verkürzt, ohne die Restkühlzeit zu verändern.
KraussMaffei (Schweiz) AG	1	Die vollelektrische PX ist massiv präziser, somit prozessgenauer und sehr leise. Im Weiteren spart die neue Technik zwischen 30 und 50 % elektrische Energie, bis zu 90 % Wasser und die Unterhaltskosten reduzieren sich um ca. 20–30 %.
	2	Die vollelektrische PX ist flexibel anwendbar für Werkzeuge mit hydraulischen Funktionen. Sie hat alle Parallelbewegungen und ist sehr dynamisch. Der Mehrpreis der PX ist im Vergleich zu einer hydraulischen Lösung sehr gering.
	3	KraussMaffei bietet unter dem Label BluePower Massnahmen zur Energieoptimierung an, wie z.B. Isoliermanschetten, ServoDrive, Mischschnecken, Energieanalyse oder APC+.

FIRMA	FRAGE	EFFEKTIVSTE LÖSUNGSANSÄTZE
KraussMaffei High Performance AG (Netstal)	1	Elektrische Antriebstechnologie bietet in zweierlei Hinsicht Vorteile in Bezug auf den Energieverbrauch. Einerseits wird die Energie nur dann aufgenommen, wenn sie gebraucht wird, und nur so viel davon wie nötig. Andererseits besteht die Möglichkeit zur Rekuperation von kinetischer Energie bei Bremsvorgängen.
	2	In Kombination mit modernen hydraulischen Antriebskomponenten wird weiteres Optimierungspotenzial zur Verbesserung der Energieeffizienz genutzt. Die rekuperierte Energie lässt sich so noch effektiver im Prozess nutzen.
	3	Mit moderner hybrider Antriebstechnologie lässt sich nahezu die gleiche Energieeffizienz erreichen wie mit vollelektrischen Maschinen. Der grosse Vorteil liegt darin, dass sämtliche Komponenten der Maschine mit der optimalen Technologie betrieben werden können und dass dadurch keinerlei Einschränkungen in Bezug auf das Leistungspotenzial in Kauf genommen werden müssen.
Sumitomo (SHI) Demag Plastics Machinery GmbH	1	Energieeffizienz: Die IntElect ermöglicht einen optimalen Wirkungsgrad aufgrund wesentlicher Designmerkmale wie Direktantriebe ohne Getriebeübersetzung, Bremsenergieerückspeicherung, hocheffizienter Kugelumlaufspindel oder Luftkühlung aller Antriebsstufen.
	2	Präzision: Die IntElect ermöglicht eine sehr präzise Prozessregelung und eine sehr hohe Wiederholgenauigkeit, das heisst die Schwankungsbreite von Schuss zu Schuss geht gegen null. Dadurch wird die Effizienz erhöht, und Kosten werden vermieden.
	3	Ausbringung: Die IntElect ermöglicht eine kosteneffiziente Fertigung u. a. durch Reduzierung der Zykluszeit. Dafür verantwortlich sind der Entfall von hydraulischen Schaltzeiten, serienmässige Parallelabläufe, hochdynamische Antriebe und entsprechende Performancestufen.
Wittmann Battenfeld	1	Bei Maschinenneuanschaffung vollelektrische oder wenigstens hybride Maschinen beschaffen. ROI der Mehrkosten gegenüber einer hydraulischen Standardmaschine: <3 Jahre; danach jedes Jahr eine Ersparnis von Energiekosten von bis zu CHF 7000.–.
	2	Auch bestehenden Maschinenpark anschauen: Der Austausch einer älteren, ineffizienten Maschine gegen eine neue, effiziente kann sich u. U. auch bereits nach wenigen Jahren auszahlen.
	3	Isolierung Schneckenzyylinder. Bildschirmseite Energieverbrauch auf Steuerung: Messung, Anzeige und Optimierung des Energieverbrauchs. Verwendung dünnflüssigeren Öls (HLP 32 statt HLP 46): schnelleres Aufwärmen der Maschine und weniger Wärmeabstrahlung von der Maschine.

5.2 DIREKTES FREECOOLING

Ausgangslage	Die Kältemaschine für die Klimakälte in der Produktion ist am Ende der technischen Lebensdauer angekommen und wird ersetzt. Der Klimakältebedarf soll neu möglichst effizient gedeckt werden.
Massnahme	Ein Ventilator saugt warme Luft im Raum ab. Gleichzeitig strömt kühlere Luft von aussen nach (unten mit einem Kippfenster symbolisch dargestellt).
Wirkung	In der Produktionshalle sollte eine maximale Temperatur von 30 °C herrschen. In Zürich beträgt die Aussentemperatur während 8000 Stunden pro Jahr unter 22 °C. In dieser Zeit kann direkt mit Aussenluft gekühlt werden. JAZ* bisher: 4 JAZ* direkte Kühlung: 15
Einsparung	178000 kWh/Jahr Elektrizität
Bemerkung	Durch das Freecooling kann nicht auf eine mechanische Kälteerzeugung verzichtet werden. Im nächsten Kapitel wird die Kältespitzendeckung bei Aussentemperaturen > 22 °C behandelt. Aufgrund der Klimaveränderung wird die Spitzendeckung zukünftig zunehmen.

* JAZ: Jahresarbeitszahl einer Kältemaschine=Genutzte Jährliche Kälte / Elektrischer jährlicher Aufwand des Gesamtsystems



5.2 Direktes Freecooling 5.3 Spitzendeckung Klimakälte 5.4 Direkter Wärmetransport

5.3 SPITZENDECKUNG KLIMAKÄLTE

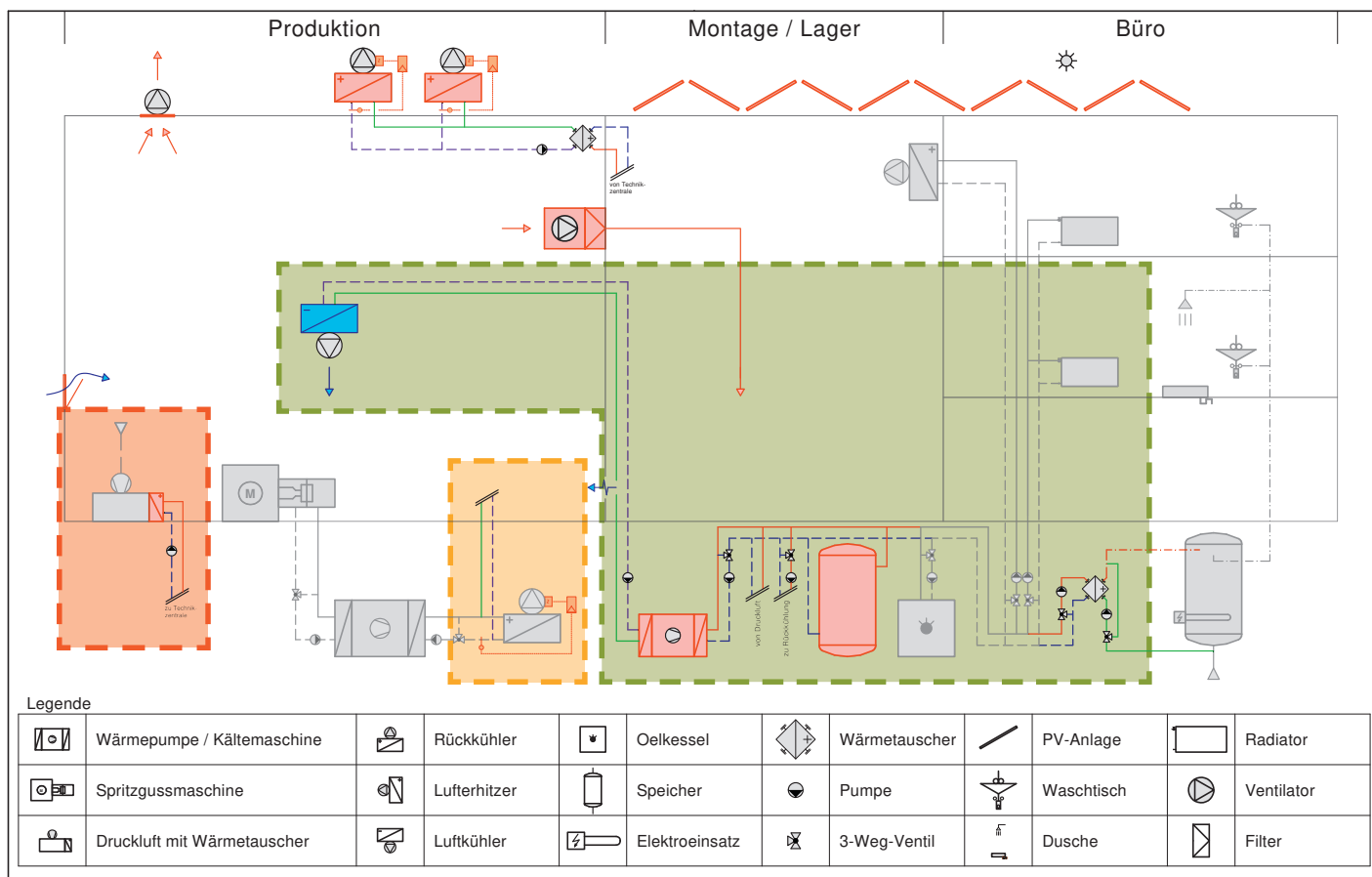
Ausgangslage	Die Kältemaschine für die Klimakälte in der Produktion wird ersetzt. Die Kühlung der Produktion erfolgt die meiste Zeit über direktes Freecooling. Die Kältemaschine zur Kühlung ist nur für vereinzelte Tage im Sommer notwendig.
Massnahme	Eine Wärmepumpe (WP) / Kältemaschine (KM) wird eingesetzt. Als Wärmepumpe wird sie für das Warmwasser und die Heizung eingesetzt (siehe Kapitel 5.7) und als Kältemaschine im Sommer, um die Produktionshalle zu kühlen. Die kalte Luft wird möglichst tief unten im Raum eingeleitet und verdrängt die warme Luft nach oben. Durch diese optimale Luftschichtung entsteht am Boden, also dort, wo sich Menschen aufhalten, ein Kaltluftsee. Dadurch muss nicht die ganze Luft in der Halle gekühlt werden.
Wirkung	In der Produktionshalle sollte eine maximale Temperatur von 30 °C herrschen. Bis 22 °C kann die Kühlung über die Aussenluft erfolgen (Freecooling). Während 760 (von 8760) Stunden pro Jahr ist die Aussentemperatur höher als 22 °C. In dieser Zeit wird mit möglichst tiefem Temperaturunterschied zwischen Kühlung und Rückkühlung mittels Kältemaschine gekühlt. JAZ Kompaktmaschine bisher: 4 JAZ Kältemaschine neu: 7,5
Einsparung	35 000 kWh/Jahr an Elektrizität.
Bemerkung	Auf die Anlagenteile für den Betrieb als Kältemaschine kann verzichtet werden, wenn zu Spitzenzeiten eine höhere Temperatur in Kauf genommen wird.

5.4 DIREKTER WÄRMETRANSPORT

Ausgangslage	Die Montageräume und die Lagerhalle, die an die Produktion angrenzen, werden über Luftherhitzer mit Wärme ab dem bestehenden Ölkessel beheizt. Der Wärmebedarf beträgt inkl. Verluste 240 000 kWh/Jahr.
Massnahme	Ein Ventilator mit Filter wird installiert, um die warme Luft aus der Produktion direkt als Wärmequelle zu nutzen. Die Nachströmung erfolgt im unteren Bereich des Raumes. Die bestehenden Luftherhitzer bleiben aus Redundanzgründen bestehen.
Wirkung	Der Wärmebedarf wird, bis auf zwei Wochen Betriebsunterbruch in den Wintermonaten, gänzlich durch die warme Luft aus der Produktionshalle gedeckt. JAZ (Ventilator): 15
Einsparung	216 000 kWh/Jahr an Heizöl.
Mehrbedarf	14 400 kWh/Jahr an Elektrizität.

5.5 ABWÄRMENUTZUNG DRUCKLUFT

Ausgangslage	Ca. 95 % der aufgewendeten Energie für Druckluft liegen als Abwärme bis zu einem Temperaturniveau von ca. 70 °C vor und werden mittels Luft (Ventilator) ungenutzt abgeführt. Es handelt sich um einen Schraubenkompressor mit 25 kW Dauerleistung.
Massnahme	Der Druckluftkompressor wird mit einem Wärmetauscher zwischen Ölkühlung und Heizwasser ergänzt. Mittels Beimischung wird die Temperatur auf den Bedarf der Heizung geregelt. Besteht kein Bedarf an Heizwärme, wird die Wärme ins Freie abgeführt.
Wirkung	Das Temperaturniveau der Abwärme ist höher als das von Heizung und Warmwassererzeugung. Der Wärmebedarf für das Warmwasser sowie ein Anteil des Heizungsbedarfs werden mittels Abwärme der Druckluft gedeckt. Der Ventilator wird nicht mehr benötigt und damit entfällt auch der Strombedarf.
Einsparung	67 000 kWh/Jahr an Heizöl 4500 kWh/Jahr an Ventilatorstrom



■ 5.5 Abwärmenutzung Druckluft
 ■ 5.6 Abwärmenutzung Maschinenkühlung
 ■ 5.7 Luft-Wasser-Wärmepumpe

5.6 ABWÄRMENUTZUNG MASCHINENKÜHLUNG

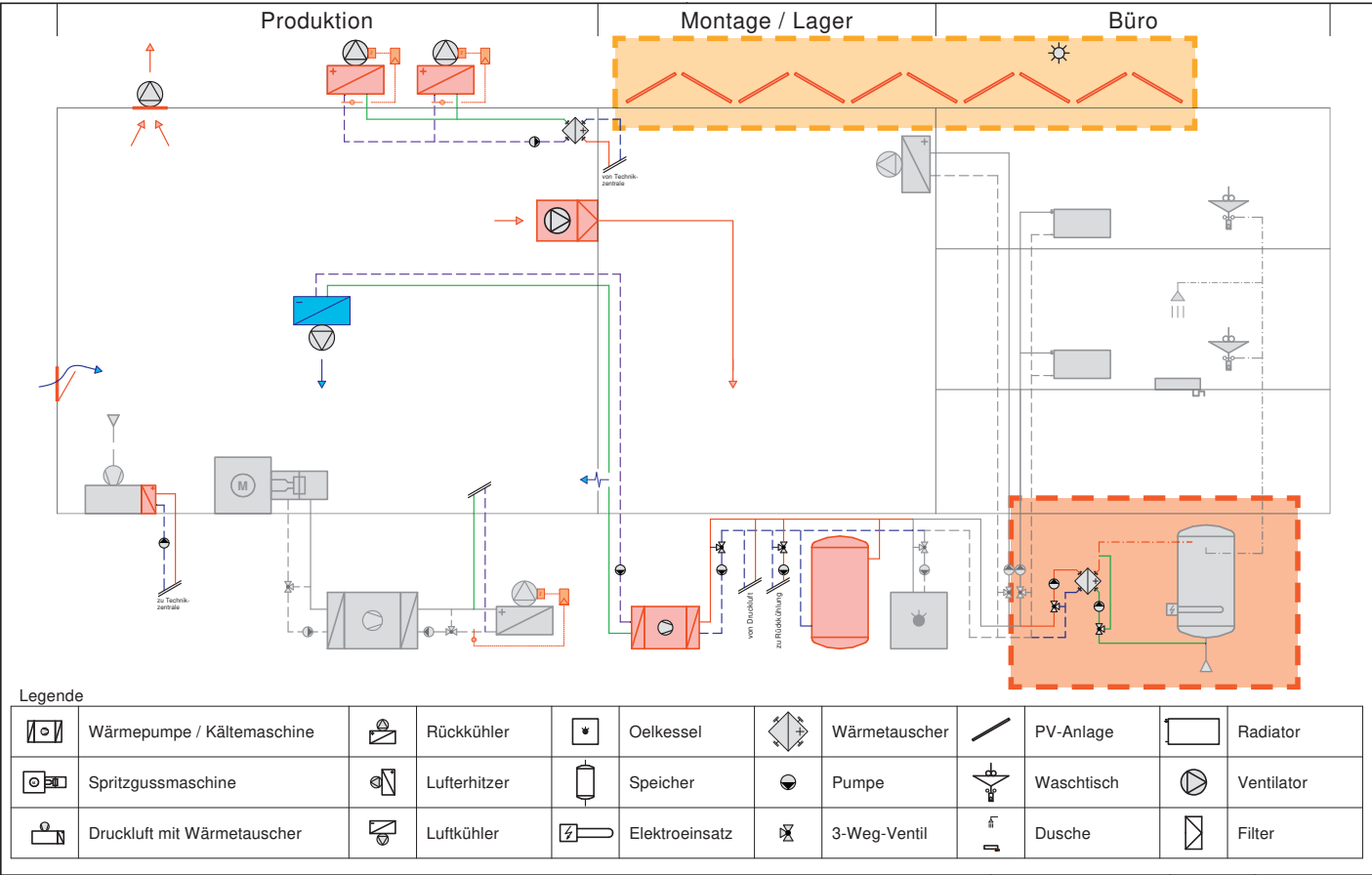
Ausgangslage	Die Maschinenkühlung, bestehend aus Werkzeugkühlung und ggf. Hydraulikkühlung, wird mit maschineneigenen Kältemaschinen des Herstellers sichergestellt.
Massnahme	Soweit es die Bedingungen zulassen, sollte auch hier die eigene Abwärme genutzt werden. Allerdings besteht bereits ein Überangebot an Abwärme in der Produktionshalle.
Wirkung	Nicht in der Bilanz berücksichtigt.
Bemerkung	Da bei den Maschinenkühlungen die Einbindung komplizierter ist, wird diese Massnahme zur Info aufgeführt. Eventuell erlaubt es der Standort, die Wärme an umliegende Gebäude zu verkaufen, z. B. mittels eines Wärmenetzes. Dies könnte eine zusätzliche Einnahmequelle für das Unternehmen sein und eine Investition rechtfertigen.

5.7 LUFT-WASSER-WÄRMEPUMPE

Ausgangslage	Ein Ölkessel deckt den Wärmebedarf von Büro und Montage/Lager. Die Heizung und das Warmwasser benötigen eine Vorlauftemperatur von 60 °C. In der Produktion herrscht das ganze Jahr ein Überangebot an Wärme. Diese liegt in der Produktion ungebunden als ca. 30 °C warme Luft vor.
Massnahme	Die Wärme in der Produktion wird mittels Luft-Wasser-Wärmepumpe genutzt. Der Ölkessel bleibt aus Redundanzgründen bestehen.
Wirkung	Die Produktion wird gekühlt, und der Heizwärme- und Warmwasserbedarf wird durch die Luft-Wasser-Wärmepumpe gedeckt. JAZ Luft-Wasser Wärmepumpe 30/60: 4,3
Einsparung	31 000 kWh an Heizöl (unter Berücksichtigung vorheriger Massnahmen).
Mehraufwand	6000 kWh/Jahr an Elektrizität.
Bemerkung	Da die Temperatur der Abwärme mit 30 °C sehr hoch ist, entfällt der sonst bei Luft-Wasser-Wärmepumpen hohe Temperaturhub (hier ca. 72 K) im Winter.

5.8 WARMWASSER IN HEIZKREISLAUF EINBINDEN

Ausgangslage	Das Warmwasser wird zentral elektrisch erwärmt.
Massnahme	Der Wassererwärmer wird mittels aussen liegender Wärmetauscher in den Heizkreis eingebunden. Der Elektroeinsatz bleibt aus Redundanzgründen bestehen.
Wirkung	Das Warmwasser wird nicht mehr direkt elektrisch, sondern mittels Abwärme von der Produktion oder Drucklufterzeugung erzeugt.
Einsparung	8000 kWh/Jahr an Elektrizität.



5.8 Warmwasser in Heizkreislauf einbinden 5.9 Photovoltaik (PV)

5.9 PHOTOVOLTAIK (PV)

Ausgangslage	Das Flachdach ist ungenutzt und muss saniert werden. Wegen des hohen Strombedarfs der Produktion könnte der Strom aus einer Photovoltaikanlage direkt genutzt werden.
Massnahme	Installation einer 136-kWp-PV-Anlage mit ca. 800 m ² Fläche auf dem sanierten Dach.
Wirkung	Der von der Sonne produzierte Strom wird hauptsächlich direkt in der Produktion genutzt. Bei Produktionsunterbrüchen wird der Strom mit Vergütung ins Netz gespeist.
Ertrag	126 000 kWh/Jahr an Elektrizität in Eigenproduktion.
Investition	Ca. 165 000 CHF.
Bemerkung	Der Zustand des Daches muss vor der Montage beurteilt werden. Photovoltaikanlagen haben eine Lebensdauer von ca. 30 Jahren. Diese Massnahme lässt sich gut zum Zeitpunkt einer Dachsanierung realisieren.



5.10 RESULTATE

Folgend sind die Wirkungen der Massnahmen auf den Energiebedarf und Energiekosten als Übersicht zusammengefasst:

MASSNAHME	ELEKTRIZITÄT	HEIZÖL	EINSPARUNGEN
	KWH/JAHR	KWH/JAHR	CHF/JAHR*
Maschinenersatz (3 von 15)	–185 000	0	–18 500
Maschinenersatz (Elektrizität Kältemaschinen)	–57 000	0	–5 700
Direktes Freecooling	–178 000	0	–17 800
Spitzendeckung Klimakälte	–35 000	0	–3 500
Direkter Wärmetransport	14 400	–216 000	–11 500
Abwärmenutzung Druckluft	–4 500	–67 000	–4 500
Abwärmenutzung Maschinenkühlung	k. A.	k. A.	k. A.
Luft-Wasser-Wärmepumpe	6 000	–31 000	–1 300
Warmwasser in Heizkreislauf einbinden	–8 000	0	–800
Summe Massnahmen	–447 100	–314 000	–63 600

* Wirtschaftliche Grundlage: 10 Rp./kWh Elektrizität und 6 Rp./kWh Heizöl.

Damit ergibt sich eine neue Aufteilung der Endenergiebezüger in den Unternehmen:

HEIZÖL			
Heizölkessel	kWh/Jahr	10 000	

ELEKTRIZITÄT			
Raumwärme (Wärmepumpe)	kWh/Jahr	20 400	1 %
Klimakälte	kWh/Jahr	134 000	5 %
Maschinenkühlung	kWh/Jahr	308 000	11 %
Produktion	kWh/Jahr	2 068 000	73 %
Druckluft	kWh/Jahr	133 500	5 %
Warmwasser	kWh/Jahr	0	0 %
Rest (Beleuchtung, IT usw.)	kWh/Jahr	158 000	6 %
Summe	kWh/Jahr	2 821 900	100 %

Über den gesamten Betrieb können 14% Strom und 97% des fossilen Heizöls reduziert werden. Die jährlichen Energiekosten können um 18% gesenkt werden.

	ELEK- TRIZITÄT	HEIZÖL	ENERGIE- KOSTEN
	KWH/ JAHR	KWH/ JAHR	CHF/JAHR
Bestand (vorher)	3 269 000	324 000	346 300
Einsparungen	-447 100	-314 000	-63 600
Reduktion	-14 %	-97 %	-18 %

Aufgrund der Abwärmenutzung kann der Heizölbedarf von 324 MWh/Jahr um 97 % auf 10 MWh/Jahr reduziert werden.

Mit einer Photovoltaikanlage können pro Jahr 126 MWh Elektrizität produziert und selbst verbraucht werden. Dies entspricht 4,5 % des zukünftigen Strombedarfs und einer Einsparung von 12 600 CHF/Jahr. Standardmassnahmen wie Leuchtmittel-, Drucklufterzeugung- oder Motorenersatz bilden weitere Potenziale, die hier nicht eingerechnet sind.

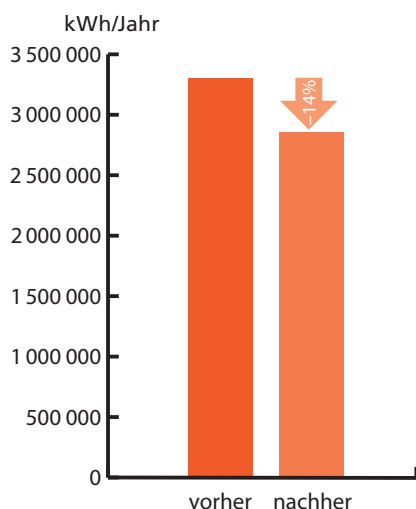
Kunststoffbetriebe brauchen aufgrund des Urformprozesses sehr viel Elektrizität. Diese sollte, wie an diesem Beispielbetrieb gezeigt, so effizient wie möglich genutzt werden. Der thermische Bedarf kann fast zu 100 % mittels der für den Prozess benötigten elektrischen Energie gedeckt werden. Dank einer effizienten Kühlung lassen sich unnötige Kosten vermeiden.

WIE GEHT ES JETZT WEITER?

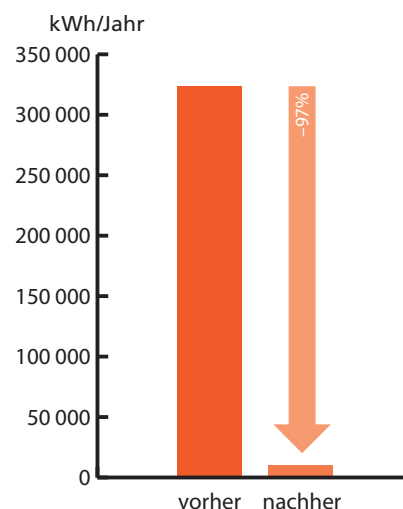
Ein Unternehmen kann sich nun mit dem Beispielbetrieb vergleichen, in kurzer Zeit eine Standortbestimmung machen und allfällige Sparpotenziale eruieren. Ist Potenzial vorhanden, können kleinere Massnahmen direkt geplant und umgesetzt werden. Für die Umsetzung komplexerer Massnahmen ist es empfehlenswert, spezialisierte Ingenieurbüros hinzuzuziehen. Sie sollten die Massnahmen koordinieren und im besten Fall auch gleich planen, ausschreiben, im Bau begleiten und die Anlagen nach vollendeter Umsetzung einregulieren.

Im folgenden Kapitel finden Sie unter anderem die diversen Fördermöglichkeiten von EnergieSchweiz. Auf freiwilliger Basis können Unternehmen Energieeffizienzmassnahmen umsetzen und dafür Unterstützungsbeiträge beantragen.

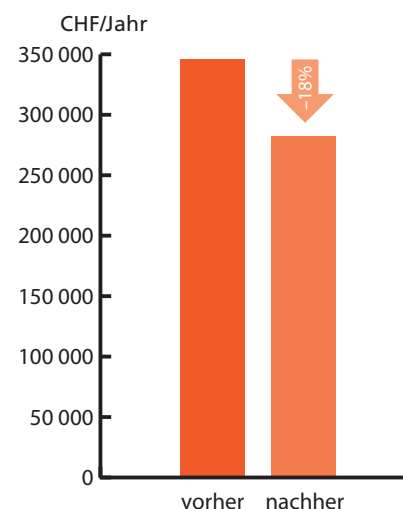
ELEKTRIZITÄT



HEIZÖL



ENERGIEKOSTEN



6 WEITERE INFORMATIONEN

GESETZLICHE RAHMENBEDINGUNGEN

Sogenannte **Grossverbraucher**, die pro Jahr mehr als 5 GWh Wärmeenergie oder mehr 0,5 GWh Elektrizität verbrauchen, können durch die kantonalen Energiegesetze verpflichtet werden, Energiesparmassnahmen umzusetzen (Grossverbraucherartikel). Darüber hinaus sind die Kantone auch für die gesetzlichen Verpflichtungen im Zusammenhang mit Gebäuden und deren technischen Anlagen zuständig. Für Informationen zu den geltenden Anforderungen wenden Sie sich bitte an die zuständigen kantonalen Behörden.

Unternehmen mit grossem Stromverbrauch können durch den Abschluss einer Zielvereinbarung den Netzzuschlag zurückerstattet erhalten. Ebenso können **Unternehmen, die viele Treibhausgase erzeugen**, von der CO₂-Steuer befreit werden, wenn sie sich im Rahmen einer Zielvereinbarung zur Reduzierung ihrer Emissionen verpflichten. Für Informationen zu den Zulassungskriterien wenden Sie sich bitte an das Bundesamt für Energie oder an das Bundesamt für Umwelt.

UNTERSTÜTZUNG DURCH DEN BUND

Wettbewerbliche Ausschreibungen – ProKilowatt:

ProKilowatt gewährt **finanzielle Unterstützung** für die Umsetzung von Massnahmen zur Steigerung der Stromeffizienz. Die Förderbeiträge werden über ein Auktionsverfahren vergeben, wobei diejenigen Projekte oder Programme zum Zuge kommen, die das beste Kosten-Nutzen-Verhältnis aufweisen. ProKilowatt unterstützt einerseits Einzelprojekte, die von Unternehmen aus dem Industrie- oder dem Dienstleistungssektor eingereicht wurden, und andererseits Programme, die in der Regel mehrere fach- oder technologie-spezifische Massnahmen umfassen. Weitere Informationen finden Sie unter www.prokw.ch.

EnergieSchweiz

EnergieSchweiz ist die Plattform, die alle freiwilligen Aktivitäten zur Umsetzung der Schweizer Energiepolitik unter einem Dach vereint. Auf der Website www.energieschweiz.ch finden Sie verschiedene Tools zur Vorbereitung und Planung von Effizienzmassnahmen. Zum Beispiel:

Druckluft

www.energieschweiz.ch/page/de-ch/effiziente-druckluft

Kälte

www.energieschweiz.ch/page/de-ch/effiziente-kaelte

Motoren

www.energieschweiz.ch/page/de-ch/elektrische-antriebe

Pumpen

www.energieschweiz.ch/page/de-ch/effiziente-pumpen

Heizungsoptimierung/Abwärmenutzung

www.energieschweiz.ch/page/de-ch/abwaermenutzung

Ventilatoren/Belüftung

www.energieschweiz.ch/page/de-ch/lueftung

Infrastrukturanlagen

www.energieschweiz.ch/page/de-ch/infrastruktur-und-gebaeude

Photovoltaik

www.energieschweiz.ch/page/de-ch/meine-solaranlage

Beleuchtung

www.energieschweiz.ch/page/de-ch/beleuchtung

EnergieSchweiz hat ebenfalls verschiedene Angebote entwickelt, die Unternehmen **eine finanzielle Unterstützung** bei der Analyse ihres Energieverbrauchs sowie bei der Planung von konkreten Effizienzmassnahmen zusichern. Im Speziellen sind dies:

- **PEIK:** PEIK bietet kleinen und mittleren Unternehmen, deren jährlicher Stromverbrauch zwischen 100 und 500 MWh liegt, eine professionelle Energieberatung an.
- **Pinch:** Die Pinch-Analyse ist für mittlere und grosse Industrieunternehmen gedacht. Sie beleuchtet die thermischen Produktionsprozesse, um die wichtigsten Energieverbraucher und Einsparpotenziale zu identifizieren (<https://www.energieschweiz.ch/page/de-ch/energieoptimierung-industrie>).
- **ProAnalySys:** Das Programm ProAnalySys fördert die detaillierte Analyse von elektrischen Antrieben in industriellen Prozessen mithilfe von Messungen während des Betriebs, um das Potenzial für Energieeinsparungen zu identifizieren und zu nutzen (<https://pubdb.bfe.admin.ch/fr/publication/download/9594>).

WEITERE FÖRDERMÖGLICHKEITEN

Verschiedene Kantone, Gemeinden und Elektrizitätswerke unterstützen ebenfalls Massnahmen zur Steigerung der Energieeffizienz oder erneuerbaren Energien. Unter www.energiefranken.ch können sie mit Hilfe Ihrer Postleitzahl die entsprechenden Fördermöglichkeiten finden.

ICH WILL MEHR WISSEN

www.energieschweiz.ch ist die Plattform für alle Fragen rund um Energieeffizienz und erneuerbare Energie.

Diese Broschüre ist in enger Zusammenarbeit mit KUNSTSTOFF.swiss, den Maschinenherstellern und eicher+pauli entstanden. Wir bedanken uns für ihr Engagement.

Bildquelle: Shutterstock (Seite 4; 23), KUNSTSTOFF.swiss (Seite 5; 6), Krauss Maffei (Titelseite, Seite 14)

**+ KUNSTSTOFF
SWISS**

EnergieSchweiz, Bundesamt für Energie BFE
Mühlestrasse 4, CH-3063 Ittigen. Postadresse: CH-3003 Bern
Infoline 0848 444 444, www.infoline.energieschweiz.ch
energieschweiz@bfe.admin.ch, www.energieschweiz.ch, twitter.com/energieschweiz

Vertrieb: www.bundespublikationen.admin.ch
Artikelnummer 805.911.D

