

# AUSWIRKUNGEN DER GLOBALEN ENERGIEPREISENTWICKLUNGEN AUF AUSGEWÄHLTE PRODUKTIONSPROZESSE EINES AUTOMOBILZULIEFERERS

Markus Hirschvogel<sup>1</sup> & Mario Kleindienst<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Magna International Germany GmbH, Taunusstrasse 31, 80807 München,  
+49/1721697589, markus.hirschvogel@magna.com

<sup>2</sup> Institut für Industriebetriebslehre und Innovationsforschung, Kopernikusgasse 24,  
8010 Graz, 0316/873 7295, mario.kleindienst@tugraz.at

**Kurzfassung:** Das hohe Energiepreinsniveau in Europa führte in letzter Zeit immer wieder zu Diskussionen zwischen Vertretern der Industrie, Energieversorgern und Regierungsvertretern. Ein prominentes Beispiel für Unternehmen, welche unter anderem auf Grund der hohen Energiepreise einen Standort außerhalb Europas planen, ist die Voestalpine, welche in Corpus Christie, Texas, eine Direktreduktionsanlage mit einem Investitionsvolumen von 550 Mio. € errichtet. Aber auch abseits der Energieintensiven Industrie machen sich Unternehmen Gedanken, welche Standorte auf Basis des Produktionsfaktors Energie am wirtschaftlichsten sind.

So auch Magna, als globaler Automobilzulieferer. Für Magna ist es von großem Interesse, Maßnahmen zur Senkung interner Produktionskosten ausfindig zu machen, um dem steigenden Preisdruck der OEMs entgegen zu kommen. Aus diesem Grund werden in dieser Arbeit zwei ausgewählte Produktionsprozesse, das Kalt- und das Warmumformen, hinsichtlich des notwendigen Energieeinsatzes und möglicher Einsparpotentiale analysiert. Durch die Verknüpfung mit der aktuellen, globalen Energiepreissituation und einer Abschätzung der möglichen zukünftigen Entwicklung auf den Energiemärkten, werden Empfehlungen darüber abgegeben, für welchen Prozess an welchem Standort die niedrigsten Energiekosten zu erwarten sind.

Darüber hinaus werden Maßnahmen zur Hebung von Energieeffizienzpotentialen bei beiden Prozessen wirtschaftlich betrachtet.

**Keywords:** Energiepreis, Energiepreisentwicklung, Kaltumformen, Warmumformen, Energieeffizienz, Automobilindustrie

## 1 Ausgangssituation

Der industrielle Aufschwung und die wachsende Mobilität in Südamerika und Asien sorgen für steigende Energieverbräuche und für eine Umstrukturierung der heimischen Automobilindustrie. Die Rohstoffvorkommen für die Energieproduktion sind zwar vorhanden, aber wirtschaftlich nur begrenzt förderbar. Mit steigendem Wirtschaftswachstum und aufgrund der Koppelung von Angebot und Nachfrage sowie der damit verbundenen Preisveränderung kommt es zu einer Erhöhung des Energiekostenanteils bei Unternehmen. [vgl. IEA (2010)] Dies wiederum führt früher oder später dazu, dass Unternehmen, vor allem jene in der energieintensiven Industrie, bei der Auswahl von Standorten das Kriterium „Energiepreis“ immer stärker in den Vordergrund stellen.

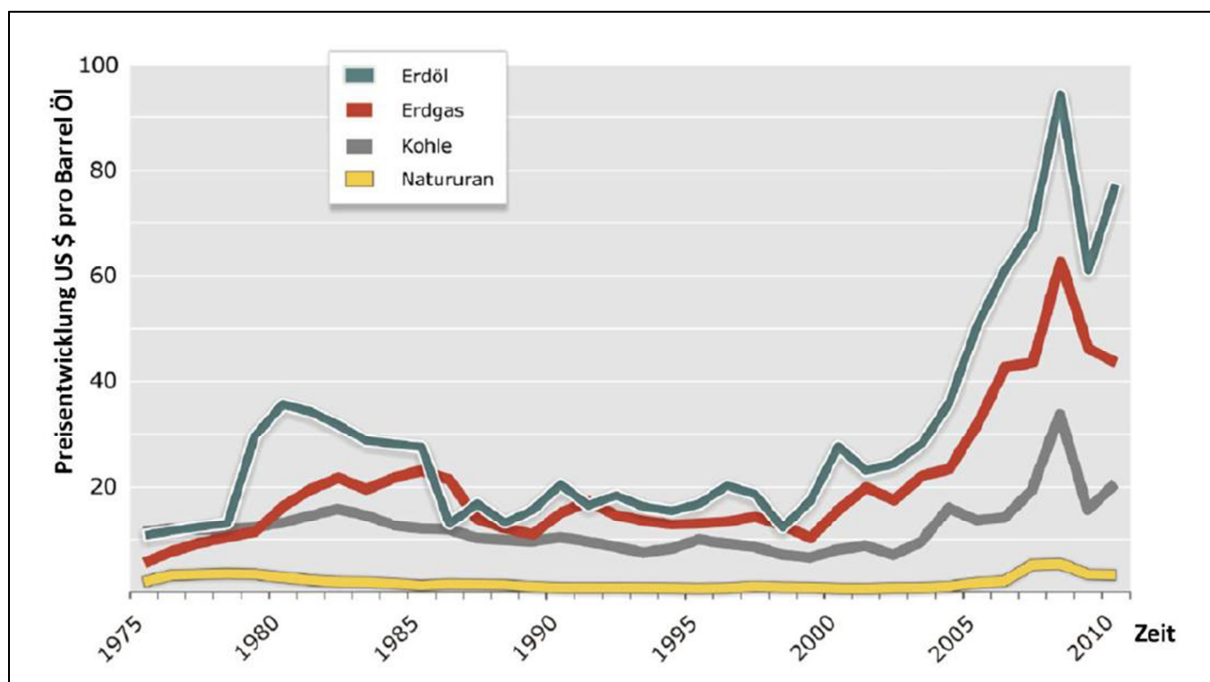


Abbildung 1: Europäische Energiepreisentwicklung [vgl. DERA (2011)]

Das anhaltende Wirtschaftswachstum und der damit verbundene steigende Wohlstand der Bevölkerung sowie deren Wachstum lassen darauf schließen, dass der Energiekonsum auch in den nächsten Jahrzehnten nicht zurückgehen, sondern im Gegenteil, stark ansteigen wird. [vgl. IEA (2010)] Da dies unweigerlich auch mit Preissteigerungen einhergehen wird, sind Unternehmen in Zukunft gezwungen, sich ihrer Energiekostensituation bewusst zu werden und Energieeinsparungspotentiale voll auszuschöpfen.

Aus diesem Grund hat sich auch Magna dazu entschlossen, ausgewählte Produktionsprozesse hinsichtlich deren Energiekosten zu untersuchen und etwaige Einsparungspotentiale aufzudecken. Bis dato wurde eine solche Untersuchung bei Magna noch nicht durchgeführt.

## 2 Auswahl der Produktionsprozesse und Vorgehensweise

Durch die Globalisierung in der Automobilbranche und steigende Erwartungen der Kunden hinsichtlich Produktvielfalt wurde auch ein Umdenken in der Produktion initiiert. Mit der Einführung der Plattformstrategie und der Modularisierung wurde erreicht, dass die Anzahl der Gleichteile über alle Produktvarianten stark gestiegen ist. Dadurch ergibt sich ein großer Kostenvorteil durch die Ausnutzung der sogenannten Skaleneffekte. [vgl. SCHMIEDER M., THOMAS S. (2005)] Zusätzlich ist es dadurch auch möglich, Prozesse global zu vergleichen und die entstehenden Kosten auf spezielle Einflussfaktoren wie den Energieverbrauch zurückzuführen und regional zu analysieren.

In dieser Arbeit werden zwei Tiefziehprozesse nach DIN 8582 betrachtet, welche repräsentativ für die Herstellung von Karosserieteilen im Automobilbau sind. Das Verfahren des Tiefziehens wird der Zugdruckumformung zugeordnet und dient zur Umformung eines ebenen Blechzuschnittes ohne beabsichtigte Änderung der Blechdicke. [vgl. TSCHÄTSCH H., DIETRICH J. (1997)] Sowohl beim Kalt- als auch beim Warmumformprozess werden hydraulische Umformpressen der Firma Schuller GmbH verwendet. Solche Pressen werden in der Fertigung immer eingeführt wenn eine geradlinige Hauptbewegung des Werkzeuges notwendig ist.

Bei der Analyse der beiden Prozesse wird in dieser Arbeit nach dem Prozessmodell von Schmid vorgegangen, welches in Abbildung 2 dargestellt ist.

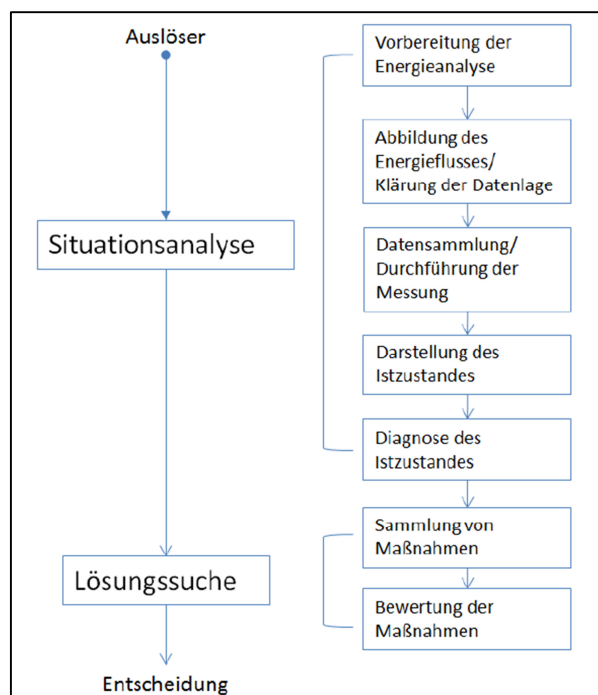


Abbildung 2: Vorgehensmodell der Energieanalyse [vgl. SCHMID C. (2004)]

In der Vorbereitungsphase wird der Umfang der Energieanalyse festgelegt. Zuerst werden die Systemgrenzen der Betrachtung definiert und die Bearbeitungstiefe bestimmt. Anschließend wird der Energiefluss dargestellt, wobei ausschließlich alle Energieströme

innerhalb der definierten Systemgrenzen betrachtet werden. Nach Klärung der Datenlage und Sichtung von bereits vorhandenem Datenmaterial wird die eigentliche Datensammlung in Form von Messungen durchgeführt. Die daraus generierten Daten führen nach einer Plausibilitätsprüfung zur Darstellung des energetischen IST-Zustandes. Im Zuge der Diagnose des IST-Zustandes werden die gemessenen Daten mit vorgegebenen Werten verglichen, um feststellen zu können, ob die eingesetzte Energie möglichst effizient umgewandelt wird. Nach Abschluss der Situationsanalyse werden Maßnahmen gesammelt, um etwaige Einsparpotentiale zu heben.

Durch eine systematische Vorgehensweise wird versucht, eine optimale Grundlage zu schaffen, um über die weitere Vorgehensweise sowie etwaige Investitionen in Energieeinsparungsmaßnahmen entscheiden zu können. Die detaillierte energetische Bestandsaufnahme stellt dabei eine wesentliche Grundlage sämtlicher Aktivitäten des Energiemanagements dar. [vgl. WOHINZ J. W., MOOR M. (1989)]

## 2.1 Der Prozess des Kaltumformens

Im ersten betrachteten Prozess handelt es sich um eine Kaltumformung einer Porsche Cayenne Motorhaube im Magna Cosma Werk in Albersdorf bei Graz. Das bearbeitete Werkstück ist eine Aluminium Motorhaube (AlMg0,6Si0,6). Das Aluminium wird hierbei hauptsächlich zur Reduktion des Fahrzeuggewichtes eingesetzt, was direkten Einfluss auf die Kraftstoffeinsparung und den CO<sub>2</sub>-Verbrauch des Fahrzeugs hat.

Im ersten Prozessschritt wird das Platinen Paket über einen Stangentisch eingezogen. Ist das Paket in Position (1), werden die einzelnen Platinen mittels Luftdruck an Vorder- und Hinterseite gespreizt, um die zu fördernde Platine vom Stapel zu trennen. Folgend wird das Bauteil per Unterdruck durch ein Überbrückungsband in den Bürstenreiniger (2) gefördert. Bei Bauteilen aus Aluminium erfolgt dies mittels Unterdruckansaugung, bei Stahlteilen durch Magnetismus. Ohne Einsatz eines Waschmediums säubert der Bürstenreiniger mechanisch die Oberfläche des Aluminiums. Die Platine durchläuft als nächste Station eine Amtec-Beölungsanlage bis sie von einer Zentrierstation (3) in Position gebracht wird. Die erste KUKA-Robotereinheit (4) übernimmt die Platine per Saugereinheit und fördert diese auf den Pressentisch der Tiefziehpresse. Der Unterdruck der Saugereinheit wird mittels Venturi-Effekts erzeugt. Am Pressentisch wird das Bauteil zur gewünschten Form mittels Presse 1 (5) tiefgezogen. Danach übernimmt der zweite KUKA-Roboter das tiefgezogene Bauteil und führt dieses zur Stanz- und Formpresse 2 (6). Dieser Vorgang wird wiederholt bis das Bauteil in der Abkantpresse 6 (7) bearbeitet wird. Danach fördert der letzte Roboter das Bauteil auf ein Qualitätsfließband (8). Dort überprüfen fünf Arbeiter das produzierte Bauteil auf Welligkeit, fehlende Bohrungen, Risse und Einhaltung der vorgegebenen Toleranzen in der Emblem Vertiefung. Diese Qualitätsstation muss stets ausreichend beleuchtet werden, um Veränderungen in der Produktoberfläche erkennen zu können. Außerdem beinhaltet diese Station zwei Förderbänder, welche beide simultan bei Bauteilen mit höherer Output Menge je Zyklus geschaltet werden.

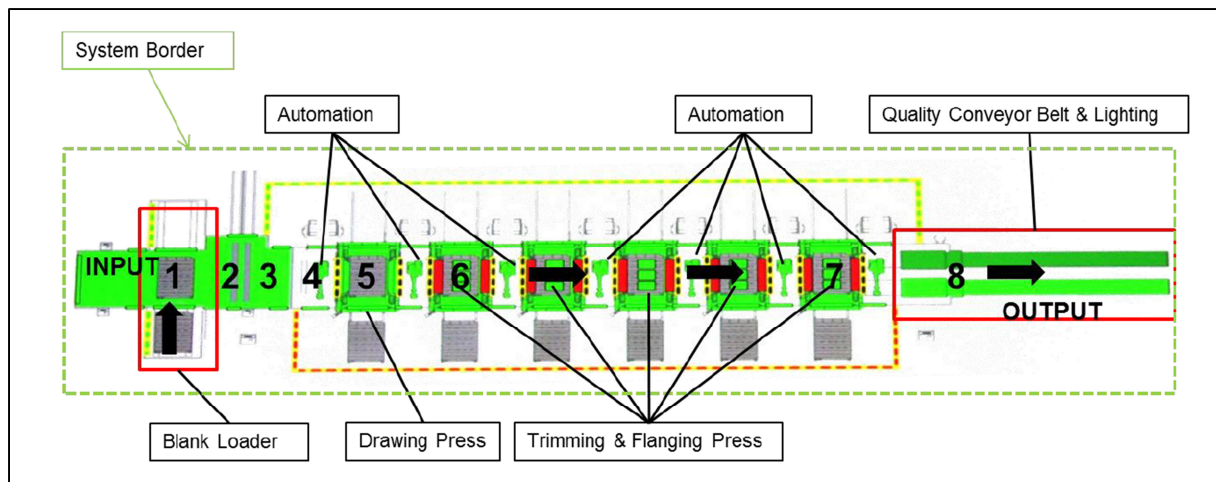


Abbildung 3: Prozess-Schaubild der Kaltumformung in Albersdorf

Insgesamt beinhaltet die Anlage sieben KUKA-Roboter. Die Pressenstraße ist ein voll automatisches System, in welchem vom Werkzeugwechsel bis hin zum Saugarmaustausch der Roboter alles automatisch vonstattengeht. Zwei weitere Energieverbraucher sind die Kühlung und die Druckluftbereitstellung. Für die hydraulische Kühlung der Pressen steht eine Leitung vom Kühlraum zur Pressenstraße zu Verfügung. Im Kühlraum selbst sorgen vier Lowara-Pumpen mit 2x37kW und 2x24kW Leistung für den Durchfluss mit einem jeweiligen Fördervolumen von bis zu 120 m<sup>3</sup>/h. Die Regelung der Kühlanlage erfolgt über Differenzdruckmesser, eingestellt auf 1,8 bar. Der auf dem Anlagendach befindliche Wärmetauscher gibt die Wärme im Fluid an die Umgebung ab. Das Druckluftsystem von der Firma Kaeser-Kompressoren wird mit einer eigens installierten Software stetig geregelt sowie kontrolliert und hat vier Schraubenkompressoren zur Druckluftbereitstellung integriert. Meist sind drei Kompressoren zu >95% ausgelastet und liefern im Schnitt 4300 m<sup>3</sup>/h Druckluft bei einem Arbeitsdruck von 7,5 bar ins werksinterne Ringnetz. Kühl- sowie Druckluftanlage sind frequenzgesteuert.

Zudem befindet sich im Keller das Schrottband für den Stanzverschnitt. Dieses ist in Abbildung 4 nicht dargestellt, da es sich unterhalb der Produktionslinie befindet. Die Aufgabe des Schrottbandes ist der Abtransport des Materialverschnitts zu den Schrottpressen.

### 2.1.1 Getroffene Annahmen und Messaufbau

Bei der Produktion der Porsche Cayenne Motorhaube sind zwei Leerpressen hintereinander geschaltet, d.h. während der Produktion sind die Presseinheiten 4 und 5 nicht in Betrieb. Das Bauteil wird jeweils nur auf den Presstisch abgelegt und durch die Robotereinheiten weitergereicht. Der Pressenkopf wird mit einer Bolzensicherung im hochgezogenen Betriebszustand fixiert. Für den globalen Vergleich wird jedoch angenommen, dass alle sechs Pressen in Operation sind. Aus diesem Grund wurden beide Leerpressen bei einem ähnlichen Produkt, der Aluminium Motorhaube des Audi Q7, gemessen und in die Gesamtberechnung integriert. Die Q7 Motorhaube ist vom Material, von der Bearbeitungsfläche sowie von der Formgebung mit der Porsche Motorhaube vergleichbar.

Zur Messung der Verbraucher in Albersdorf wurden das Janitza UMG 503 und das Fluke 1735 verwendet.

Das Janitza Messgerät mit einer Abtastrate von 6,6 kHz ist für 3-Phasensysteme im Nieder- oder Mittelspannungsnetz geeignet. Gemessen wurde direkt an der Hauptzuleitung der einzelnen Komponenten. Es wurden alle elektrischen Verbraucher, welche von den jeweiligen Zuleitungen versorgt werden, in die Messung mitaufgenommen.

Das Fluke 1735 ist ein spezielles Gerät zur Messung von Energieverbräuchen. Es werden neben Spannungen und elektrischen Strömen unter anderem Wirk- sowie Blindleistungen gemessen. Die Abtastrate des Fluke Gerätes bei einer Netzfrequenz von 50Hz beträgt 10,24 kHz. Die Energieverbräuche des im Keller befindlichen Schrottbandes sowie die Zuleitung zu den Kühlwasserpumpen konnten mit diesem Gerät ermittelt werden.

### 2.1.2 Ergebnisse der Messung

Das Sankey-Diagramm in Abbildung 4 veranschaulicht den Energiefluss in der Produktionslinie pro Zyklus. Die Tiefziehpresse 1 braucht im Vergleich doppelt so viel Energie für Kühlung und Umformung als die darauffolgenden Stanz- und Formpressen. Die Energiezufuhr ist zu 100% Elektrizität, welche zum mechanischen Antrieb von Motoren, Kompressoren, Pumpen und anderen Maschinen verwendet wird. Gelb markiert wurden Energieströme, welche in Form von Druckluft und Kühlwasser zugeführt werden.

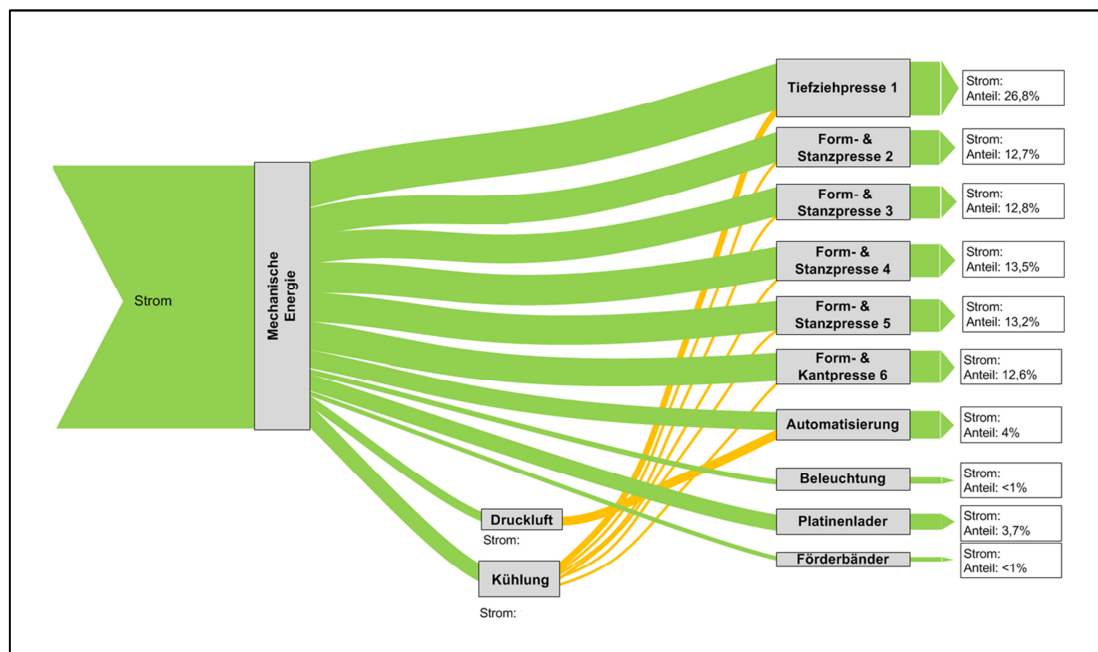


Abbildung 4: Sankey Diagramm des Kaltumform-Prozesses

## 2.2 Der Prozess des Warmumformens

Der zweite betrachtete Prozess ist der Warmumformungsprozess im Magna Cosma Werk in Bopfingen, Deutschland. Das betrachtete Produkt ist diesmal eine innere und äußere A-Säulen Verstärkung des Ford Focus. Das Material dieses Produktes ist der Vergütungsstahl 22MnB5. Der Prozess des Warmumformens wird auch als Presshärten bezeichnet. Bei dieser Herstellungsart werden die Bauteile verformt und gleichzeitig wärmebehandelt.

Verwendet werden beschichtete, borlegierte Stähle, welche auf Temperaturen bis 950°C erwärmt werden. Anschließend wird der entstandene Austenit durch das Presshärten in Martensit umgewandelt. Dafür muss im Werkzeug eine Kühlung integriert sein, um die Wärme gleichmäßig abführen zu können. Diese Umformung dient in der Automobilindustrie hauptsächlich der Herstellung unfallrelevanter Fahrzeugteile mit Festigkeiten bis  $R_m > 1500$  MPa. Die Materialien weisen nach der Produktion eine höhere Standhaftigkeit auf. Zudem kann im Vergleich zu anderen Stählen bei gleicher Festigkeit Gewicht eingespart werden. [vgl. DOEGE E., BEHRENS B.-A. (2010)]

In einem Zyklus werden 4 Produkte hergestellt, 2-mal die innere A-Säule und 2-mal die äußere A-Säule. Alle 4 Bauteile werden in einem Zyklus transportiert und gepresst. Gleichzeitig werden die Teile von einer KUKA Roboter Einheit (2) von einer Tischfläche (1) aufgenommen und auf das Ofenlaufband in Position gebracht. Das Laufband bringt die Bauteile in den industriellen Rollenherdofen (3) ein, wobei diese auf mindestens 900°C (max. 940°C) erhitzt werden. Die ersten acht Ofenbereiche werden mit 22 gasbetriebenen Keramik- und Stahlrohrbrennern erwärmt. Dies dient hauptsächlich zur Abdeckung der Wärme-Grundlast im Ofen. Elektronische Heizsysteme am Ende des Ofens in den letzten vier Bereichen dienen der Spitzenabdeckung, um Temperaturschwankungen schnell ausgleichen zu können. Der Rollenherdofen ist zudem für den Betrieb mit Schutzgas ausgelegt. Nach der Aufheizphase folgen eine pneumatische Zentriereinrichtung und die automatische Entnahme der Bauteile sowie die Einführung in die hydraulische Warmumformpresse (4) mittels Robotereinheit. In der hydraulischen Presse werden die Bauteile geformt und gehärtet. Für den Härtevorgang wird das Bauteil sechs Sekunden lang im geschlossenen Werkstück gehalten. Nach dem Pressvorgang werden die Bauteile automatisch entnommen und zur Schnittpresse (6) übergeführt. Zwei Arbeiter positionieren die Bauteile in einer Vorrichtung (5) und fördern diese per Laufband zur Robotereinheit. Die Bauteile werden automatisch in die Presse eingeführt, gestanzt und danach automatisch wieder entnommen und auf eine Zwischenablage positioniert. Ein einmaliger Zyklus dauert in etwa 1 Minute für vier Bauteile. Es sind mehrere Schnittpressen gleichzeitig im Einsatz, aber für diese Prozessbetrachtung wird nur eine in das System integriert. Anschließend sortieren 2 Roboter (7) die Bauteile nach linker und rechter A-Säule in dafür vorgesehene Behälter. Die Behälter werden zum Laserschneider (8) transportiert und die Teile dort nachbearbeitet.

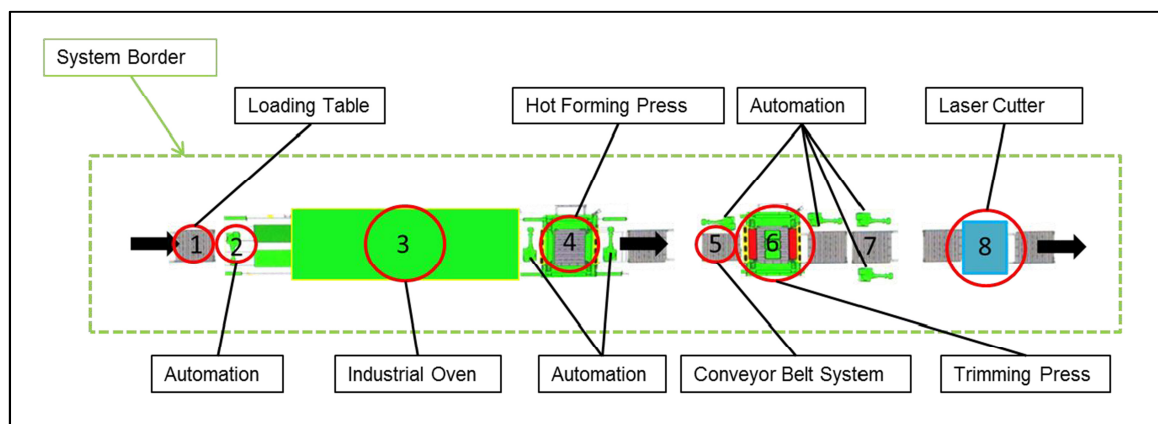


Abbildung 5: Prozess-Schaubild der Warmumformung in Bopfingen

### 2.2.1 Getroffene Annahmen und Messaufbau

Da keine Sekundenmessungen wie in Albersdorf möglich waren, konnte der Energieverbrauch des Ofens und der Formpresse zu Steh- bzw. Rüstzeiten nicht ermittelt werden. Auch die Druckluftbereitstellung der Automatisierung konnte in Bopfingen nicht exakt bestimmt werden. Es ist weder eine Software installiert, welche wie in Albersdorf die Kompressoren optimal regelt und den nötigen Energieaufwand angibt, noch ist das Luftvolumen zur Linie exakt bestimmbar. Dasselbe gilt für die hydraulische Kühlung der Warmumform- und der Stanzpresse. Ein werksinternes Ringnetz sorgt für die Kühlwasserbelieferung der Produktion. In beiden Fällen wurden daher die Werte aus Albersdorf übernommen. Da die Prozesskomponenten sehr ähnlich aufgebaut sind, kann man von minimalen Abweichungen ausgehen. Zudem spielt der Energieverbrauch dieser Komponenten zum Gesamtprozess eine untergeordnete Rolle und beeinflusst das Endergebnis kaum.

Bei der Messung in Bopfingen wurde das Messgerät Janitza UMG 96L verwendet welches ein digitales Universalmessgerät für Niederspannungsverteilungsanlagen mit 2,5 kHz Abtastrate ist. Die Messeinheiten befinden sich in den Schaltschränken der Komponenten Warmumformpresse, Automatisierung, Werkzeugkühlung, Stanzpresse und Ofen-Stromversorgung. Die weiteren Prozessschritte Laser-Kühlung, Laserstrahl-Erzeuger, Lasermaschine und Werkzeugkühlung der Warmumformpresse wurden mit Hilfe eines Netzanalyse-Gerätes des Energieversorgungsunternehmens (EVU) Verbund gemessen. Der Gasverbrauch des Ofens ist an einem Durchflussmengenmesser in  $\text{m}^3$ -Werten abzulesen und mit gegebenem Umrechnungsfaktor des EVUs von  $11,2 \text{ kWh/m}^3$  umzurechnen.

### 2.2.2 Ergebnisse der Messung

Das Sankey-Diagramm dient wieder zur Darstellung der Verbräuche. Aufgeteilt wurden die Energieströme in Prozesswärme und mechanische Energie. Die gelben Energieströme stellen die Druckluft- und Kühlwasserbereitstellung dar.

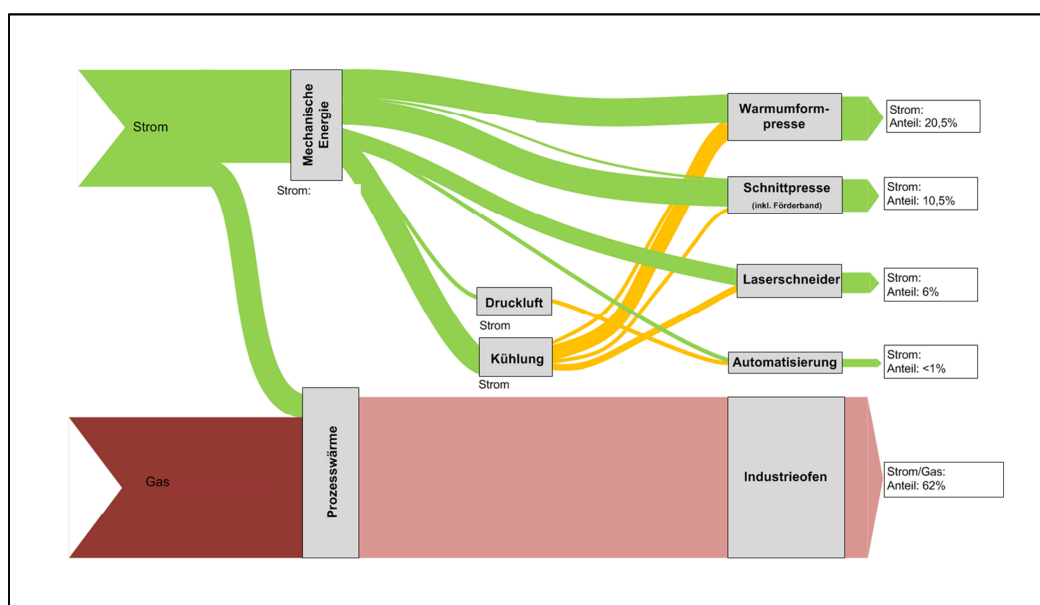


Abbildung 6: Sankey Diagramm des Warmumform-Prozesses



### **3 Energieeinsparpotentiale**

Im Zuge der Prozessanalyse wurden Einsparpotentiale erhoben, welche es Magna ermöglichen sollen, ihre Energiekosten zu senken. Nachstehend werden die Maßnahmen, welche die meisten Einsparungen erwarten lassen, angeführt.

#### **3.1 Potentiale beim Kaltumformprozess**

Die Presslinie C in Albersdorf wurde 2011 von SCHULER errichtet und entspricht dem momentanen Stand der Technik in der industriellen Umformung. Man kann daher davon ausgehen, dass größtenteils alle Komponenten optimal eingestellt sind.

##### **3.1.1 Einführung eines „Intelligent Stand-By“ Systems**

In Zusammenarbeit mit der Firma SCHULER wurde die Idee eines „Intelligent Stand-By“ Systems entworfen. Dieses System ist eine individuell programmierbare, zeitgesteuerte Abschaltung von Antrieben mit automatischem Wiederanlauf. Betrachtet man einen Tagesverbrauch einer Presse, sind häufige Stillstände zwischen der Produktion die Regel. Nach den Erfahrungswerten der Firma SCHULER ist ein 5%-iges Einsparpotential pro Tag bei gezielter Abschaltung der Presslinie möglich.

Nach Angaben aus Albersdorf werden an 280 Produktionstagen im Jahr 2.400.000 Zyklen je Presse gefahren. Bei dem ermittelten Tagesverbrauch der Pressverbände ist eine Einsparung von 362.340 kWh/a möglich.

##### **3.1.2 Abschaltung der Leerpressen**

In der Energieanalyse waren hohe Energieverbräuche von Leerpressen während der Produktionszeit auffällig und konnten anhand mehrerer Messungen bestätigt werden. Es ist zwar manuell möglich, einzelne Pressen auszuschalten, aber laut SCHULER wird dies nicht konsequent bzw. gar nicht durchgeführt. Abhilfe würde eine automatische Abschaltung der Leerpressen beim Einlesen des Produkt-Datensatzes geben. Dabei handelt es sich um eine reine Softwarelösung, in welcher die notwendige Information zum Abschalten der Leerpressen im Datensatz hinterlegt wird.

Nach Absprache mit COSMA Albersdorf werden ca. 50% der Produktion mit 5 Umformstufen und ca. 10% der Produktion mit 4 Umformstufen gefahren. Zur Berechnung der Energieeinsparung wird der Mittelwert des Stehzeitverbrauches der Stanz- und Formpressen gebildet und mit der Kühlleistung je Leerpresse addiert. Die jährlichen Energieeinsparungen würden somit 257.861 kWh betragen.

#### **3.2 Potentiale beim Warmumformprozess**

Da es bei den Pressen nur begrenzt Optimierungsmöglichkeiten gibt, wurde der Fokus auf den Rollenherdofen gelegt. Obwohl es zu hoher Strahlungswärme an den Ofenwänden kommt, betragen die Wandverluste nur 10%. Somit würde sich eine kostenintensive Ofendämmung nur geringfügig rechnen und zusätzlich die Produktion für eine lange Umrüstzeit unterbrechen. Größeres Potential bieten die Abgasverluste von 19%. Die Verbrennungsabgase erreichen Temperaturen von 500-600°C und werden momentan ohne

Nachbehandlung gefiltert an die Umgebung abgegeben. Eine Nutzung dieser Abwärme würde erhebliche Energieeinsparungen mit sich bringen.

### **3.2.1 Platinen Vorheizung**

Laut der Technikabteilung in Bopfingen kühlt eine Platine um 8-12 K/s bei normalen Umgebungsbedingungen ab. Deshalb muss ein isolierter Raum um das Förderband aufgebaut werden. Durch einen Gegenstromwärmetauscher kann die angesaugte Luft auf mehrere Hundert Grad vorgewärmt und dann den Platinen auf dem Förderband direkt zugeführt werden. In dieser Berechnung wurde lediglich von einer Vorwärmung auf 100°C ausgegangen, da dies zu Beginn als realistisch angenommen wird.

Es wurde die Wärmemenge bestimmt, welche durch die schon vorgeheizte Platine im Ofen einzusparen wäre. Auf eine ganze Jahresproduktion mit 824.550 Zyklen umgerechnet wären dies 562.343 kWh.

### **3.2.2 Verbrennungsluftvorheizung**

Weitere Potentiale ergeben sich durch die Verbrennungsluftvorheizung für die Erdgasverbrennung auf 350°C. Vorab muss erwähnt werden, dass die in Deutschland eingebauten Rekuperator-Brenner schon eine Vorwärmung integriert haben. Daher sollte dieser Optimierungsansatz bei direkten oder bei indirekten Brennsystemen ohne Wärmerückgewinnung eingesetzt werden. Zudem muss vor Ort geklärt werden, ob die vorgeschalteten Komponenten im System, wie Magnetventile, Kugelhähne, Einstell- und Regelblenden, für solch hohe Temperaturen ausgelegt sind und ob ein Austausch dieser möglich wäre.

Das Ergebnis der Luftvorheizung auf 350°C ist eine Brennstoffmengeneinsparung von 48,5%. Bei den gefahrenen Zyklen pro Jahr können somit 107.975 m<sup>3</sup> eingespart werden.

## **4 Zusammenfassung der Ergebnisse**

Durch die erstmalige Betrachtung der tatsächlichen Energieverbräuche des Kalt- und des Warmumformprozesses, wurde es Magna ermöglicht, die entstehenden Energiekosten pro Zyklus zu bestimmen. Dies führt dazu, dass die Kosten besser auf die einzelnen Produkte umgelegt werden können und man dadurch größere Planungssicherheit in der Kostenrechnung erreicht. Außerdem kann durch die Verknüpfung mit regionalen Energiepreisen eine Bewertung der unterschiedlichen Produktionsstandorte hinsichtlich ihrer verursachenden Energie-Prozesskosten durchgeführt werden. Bei der Betrachtung der globalen Landkarte sind die niedrigen Energiekosten in den USA gegenüber den anderen Regionen deutlich geworden. Der amerikanische Standort bietet ein sehr niedriges Energiepreisniveau, bei welchem es momentan keinen zwingenden Grund zur Investition in Energieeinsparmaßnahmen gibt. Hinsichtlich der Energiekosten weisen China, Brasilien und Europa einen enormen Wettbewerbsnachteil auf. Der Kaltumformprozess verursacht in Europa die doppelten Energiekosten im Vergleich zu den USA. Durch die fehlende Gas-Infrastruktur wird in China und Brasilien ausschließlich mit elektrischem Strom geheizt, was sich entsprechend nachteilig auf die Kosten auswirkt. Betrachtet man nur den Warmumformprozess in China, so würde eine Umstellung des Industrieofens auf reinen Erdgasbetrieb den Berechnungen nach über 65% der Ofenoperationskosten einsparen. Im

Vergleich sind die chinesischen Energiekosten des Industrieofens über das 4-fache teurer als die amerikanischen Ausgaben für selbigen Prozess. Abbildung 7 stellt die entstehenden Kosten der beiden Prozesse global qualitativ gegenüber.

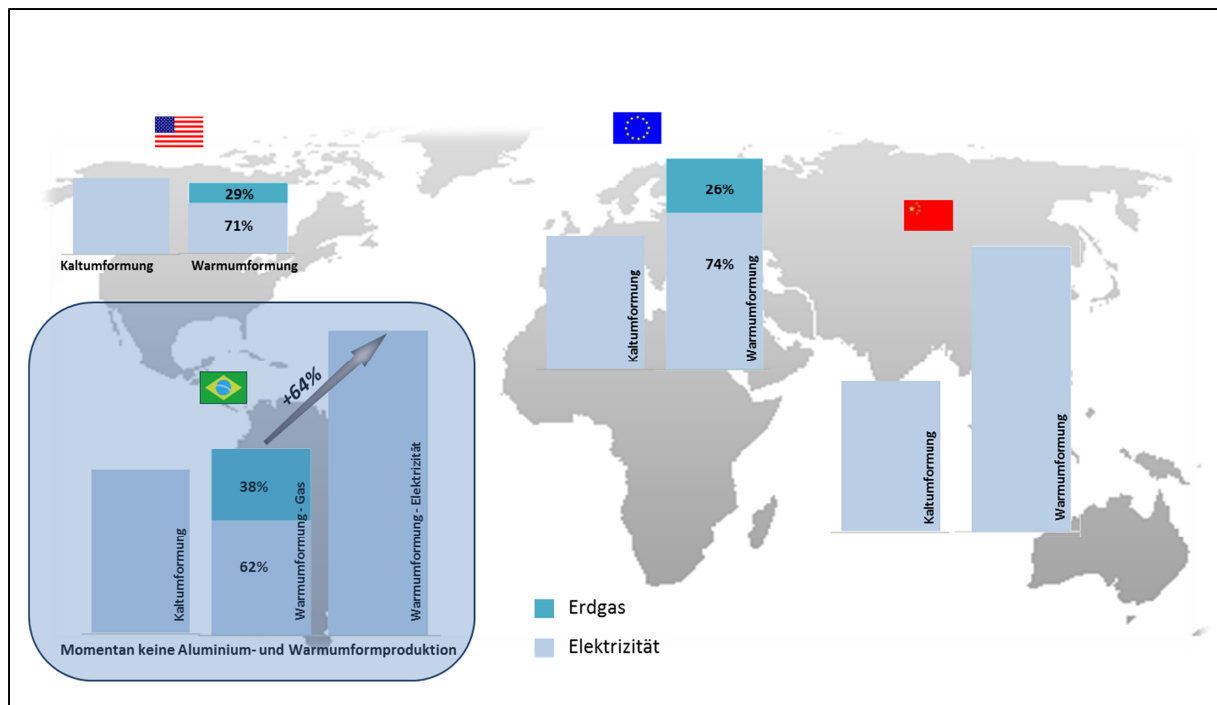


Abbildung 7: Globaler Energiekostenvergleich der Kalt- und Warmumformung

Die erörterten Maßnahmen zur Erhöhung der Energieeffizienz führen in Summe zu bedeutenden Energieeinsparungen. So können beim Kaltumformprozess durch das Einführen des „Intelligent Stand-By“ Systems und die gezielte Abschaltung von Leerpressen 620.201 kWh pro Jahr eingespart werden. Beim Warmumformprozess könnten durch die Nutzung des heißen Abgases zur Platinen Vorwärmung und zur Vorwärmung der Verbrennungsluft 562.343 kWh elektrischer Strom und 107.975 m<sup>3</sup> Gas pro Jahr eingespart werden.

Abschließend ist zu sagen, dass eine Betrachtung des energetischen Aufwands für den Betrieb von Produktionsprozessen in jedem Fall ratsam ist. Die Einsparpotentiale, welche dadurch gehoben werden können, sind durchwegs enorm und schlagen sich in nachhaltigen Kostenvorteilen nieder. Auch wird der Nachteil, welchen Europa derzeit bei den Energiekosten hat, in Zukunft verstärkt zu Diskussionen führen. Sollte sich die Lage nicht ändern ist zu befürchten, dass mehr und mehr Unternehmen in der energieintensiven Industrie sich nach alternativen Standorten außerhalb Europas umsehen.

## Literatur

DERA (2011): Deutsche Rohstoffagentur; Reserven, Ressourcen und Verfügbarkeit von Energierohstoffen 2011; [http://www.bgr.bund.de/DE/Themen/Energie/Downloads/Energiestudie-Kurzf-2011.pdf?\\_\\_blob=publicationFile&v=3](http://www.bgr.bund.de/DE/Themen/Energie/Downloads/Energiestudie-Kurzf-2011.pdf?__blob=publicationFile&v=3), Zugriffsdatum 05.12.2012

DOEGE E., BEHRENS B.-A.: Handbuch Umformtechnik-Grundlagen, Technologien, Maschinen, 2. Auflage, Hannover 2010

IEA (2010): International Energy Agency; World Energy Outlook 2010, Paris 2010

SCHMID C. (2004): Energieeffizienz in Unternehmen, Dissertation ETH Zürich 2004

SCHMIEDER M., THOMAS S.: Plattformstrategien und Modularisierung in der Automobilentwicklung, Aachen, 2005

TSCHÄTSCH H., DIETRICH J. (1997): Praxiswissen Umformtechnik – Arbeitsverfahren, Maschinen, Werkzeuge, 5. Auflage, Bad Reichenhall 1997

WOHINZ J. W., MOOR M.: Betriebliches Energiemanagement – Aktuelle Investitionen in die Zukunft, Wien - New York 1989