

KOSTENEINSPARUNGSPOTENTIALIA DER PRODUKTIONSSCHRITTE EINES PIEZO-AKTORS

Diplomarbeit von
Martin Dreher

Epcos OHG



Eingereicht am
Institut für Betriebswirtschaftslehre und Betriebssoziologie
Technische Universität Graz
o.Univ.-Prof. Dipl.-Ing. Dr.techn. U. Bauer



Graz, im August 2004



ZUSAMMENFASSUNG

Kosteneinsparungspotentiale der Produktionsschritte eines Piezo-Aktors

Die Epcos OHG Deutschlandsberg, Hersteller keramischer Bauteile, brachte den ersten Piezoaktor unter Termindruck in die Serienproduktion. Dies hatte zur Folge, dass die kostenorientierte Optimierung der Produktion nicht möglich war. Eine Analyse der Produktionsschritte war notwendig.

In dieser Arbeit wurden die aktuellen Prozesse abgebildet und der Ist-Stand der Einzelkostenmaterialien, der Gemeinkostenmaterialien und der Löhne erhoben. Daraus konnten die Planmengen und -kosten bei zukünftigen Produktionsmengen errechnet werden.

Unter Berücksichtigung kaufmännischer, technischer und organisatorischer Einflussmöglichkeiten wurden die Sollkosten festgelegt. Die sich so ergebenden Rationalisierungspotentiale waren gesucht. Außerdem war eine teilweise Umsetzung in meiner beruflichen Tätigkeit bei Epcos verlangt. Abschließend war eine Handlungsempfehlung für die Entscheidungsbefugten zu erstellen.

Es zeigte sich ein gesamtes Einsparungspotential von ca. 2,8 Millionen Euro gegenüber den jährlichen Plankosten von ca. 6,4 Millionen Euro. Davon sind ca. 2,3 Millionen Euro durch die Epcos OHG Deutschlandsberg direkt beeinflussbar. Bis zum Zeitpunkt der Fertigstellung der Arbeit war es bereits möglich Verbesserungen zu implementieren. Diese umgesetzten Rationalisierungspotentiale bewegen sich in Summe bei ca. 1,6 Millionen Euro jährlich.



SUMMARY

Cost-Savings on the production of Piezo-Actors

The “enterprise”, producer of ceramic components, started the serial production for their first piezo actor under time pressure. In order to this lack of time no cost-optimization of the production line could be implemented. An analysis of the production-steps was necessary.

In this diploma thesis all production processes were determined as well as the present state of the material costs, the human resource costs, and the overhead costs. This information made it possible to calculate future target production-output and target costs.

Considering economical, technical and organisational influences the target costs could be determined. To achieve this target costs the necessary efficiency measures were developed. One of the objectives of this thesis was also to realise certain measures on-site and to proof their economical efficiency. Additionally a realisation guide for the rest of the measures was created.

The present total budgeted costs for the piezo actor are 6.4 Million Euros per year. An overhead economical efficiency potential of about 2.8 Million Euros annually could be found, where only 2.3 Million Euros can be influenced directly by the “enterprise”. Within the realisation of this thesis the total amount of achieved cost savings is already 1.6 Million Euros annually.



VORWORT UND DANKSAGUNG

Parallel zu meiner hauptberuflichen Tätigkeit bei der Epcos OHG in Deutschlandsberg wurde mir von dieser das Angebot unterbreitet, meine Diplomarbeit zu einem vorrangigen Ratiothema zu schreiben.

Die theoretische Betrachtung sowie die Analyse und die Reihung der in Angriff genommenen Themen wurden aufbauend auf den abgezogenen Daten aus dem SAP-System (Deutschlandsberg) und der Lagerabgangs- sowie der Bestelllisten der Fa. Selk durchgeführt. Die eigentliche Implementierung der einzelnen Ratiothemen wurde bis zur Abgabe dieser Arbeit teils delegiert und teils von mir realisiert.

Zum Erfolg dieser Arbeit hat eine Vielzahl an Personen beigetragen. In erster Linie gilt mein herzlicher Dank meinen Mitarbeiterinnen der Epcos OHG Frau Christine Deutschmann und Frau Kornelia Schrei. Gemeinsam ergänzten wir uns zu einem guten Team. Ich möchte allen Mitarbeitern der Epcos OHG danken, die mich inhaltlich und moralisch unterstützt und dazu beigetragen haben, dass ich mich in diesem Betrieb aufgenommen fühlte. Mein Dank gilt ebenso Herrn Bernhard Nagl, der die Idee zu dieser Diplomarbeit mitgeboren und mir die Arbeit an diesem Projekt ermöglicht hat.

Seitens der Universität möchte ich Herrn o.Univ.-Prof. Dipl.-Ing. Dr.techn. Ulrich Bauer (Technische Universität Graz, Institut für Betriebswirtschaftslehre und Betriebssoziologie) für die Annahme des Themas danken. Dank gilt ganz besonders meinen universitären Betreuern, Herrn Dipl.-Ing. Dr. Börge Kummert und Herrn Dipl.-Ing. Peter Steinbauer, die mich fachlich kompetent unterstützt haben.

Schließlich möchte ich mich bei meiner Lebenspartnerin Julia für ihr Verständnis und ihre, in der doch sehr zeitintensiven Angelegenheit, nie versiegende Unterstützung für den notwendigen Abstand zur Erholung bedanken. Nicht zuletzt gilt mein Dank auch meinen Freunden und Freundinnen, die mir persönlich zur Seite stehen.

Graz, im August 2004

Martin Dreher





1 EINLEITUNG 7

1.1 Piezo – eine Investition in die Zukunft?-----	7
1.1.1 Piezoaktoren in Dieseleinspritzsystemen	7
1.1.2 Vorteile von Injektoren mit Piezoaktoren	8
1.1.3 Möglichkeiten und Chancen der Piezotechnologie.....	9
1.2 Epcos – Chronologie-----	12
1.3 Aufgabenstellung -----	13
1.3.1 Problemstellung	13
1.3.2 Ziele	13
1.4 Theoretische Grundlagen -----	14

2 IST - ZUSTANDSERHEBUNG 16

2.1 Abbildung des Produktionsprozesses -----	17
2.1.1 Piezofertigung bei Selk - Übersicht	17
2.1.2 Ablaufschemen Wickeln bis Reinigen	19
2.2 Kostenermittlung-----	25
2.2.1 Ermittlung der Produktionsstückzahlen	25
2.2.2 IST-Kosten	28
2.2.2.1 Einzelkostenmaterialien	29
2.2.2.2 Gemeinkostenmaterialien	31
2.2.2.3 Lohnkosten	33

3 POTENTIALE 36

3.1 PLAN-Kosten-----	36
3.2 SOLL-Kosten-Diskussion -----	37
3.2.1 Einzelkostenmaterialien.....	38
3.2.1.1 Stift 1,0 und Stift 1,2	39
3.2.1.2 Stahldraht	40
3.2.1.3 Flussmittel	40
3.2.1.4 Lotband	40
3.2.1.5 Silikonelastomer	41
3.2.1.6 Polyimidband	41
3.2.1.7 Piezohülse unten und oben	42
3.2.1.8 Abdichtscheiben	42
3.2.1.9 Vergussmasse	43
3.2.2 Gemeinkostenmaterialien.....	43
3.2.2.1 Kapton	45
3.2.2.2 Aceton	46
3.2.2.3 Perlonhandschuhe	46
3.2.2.4 Pinsel 12-16	47
3.2.2.5 Skalpellklinge	48
3.2.2.6 Messingbürsten	48
3.2.2.7 Perlonbürsten	49
3.2.2.8 Schleifpapier	49
3.2.2.9 Förderbürsten	50
3.2.2.10 Microclean	50





3.2.3	Lohnkosten	50
3.2.3.1	Mont, Wickeln, Stifte	52
3.2.3.2	Löten, Trennen, Waschen	52
3.2.3.3	Abrisstest	53
3.2.3.4	Opt. Kontrolle nach dem Löten	53
3.2.3.5	Passivieren	53
3.2.3.6	Kanten abkleben	54
3.2.3.7	Schleifen der Piezohülsen	54
3.2.3.8	Nittofolie durchstanzen	54
3.2.3.9	Mont, Verguss, Aushärten	55
3.2.3.10	Anguss entfernen	55
3.2.3.11	Ablängen der Stifte	55
3.2.3.12	Reinigung Pin, Schleifen	55
3.2.3.13	Endreinigen	56
3.2.3.14	Beschriften	56
3.2.4	Summarische Darstellung und Bewertung	56
3.2.4.1	Mont, Wickeln, Stifte	61
3.2.4.2	Löten, Trennen, Waschen	62
3.2.4.3	Abrisstest	62
3.2.4.4	Opt. Kontrolle nach dem Löten	62
3.2.4.5	Passivieren	63
3.2.4.6	Kanten abkleben	63
3.2.4.7	Schleifen der Piezohülsen	63
3.2.4.8	Nittofolie durchstanzen	64
3.2.4.9	Mont, Verguss, Aushärten	64
3.2.4.10	Anguss entfernen	64
3.2.4.11	Ablängen der Stifte	65
3.2.4.12	Reinigung Pin, Schleifen	65
3.2.4.13	Endreinigen	65
3.2.4.14	Beschriften	65
3.3	Potentialgruppen	66
3.3.1	Preisverhandlung und/oder Lieferantenwechsel.....	66
3.3.2	Materialänderungen.....	67
3.3.3	Prozessänderungen.....	68
3.3.3.1	Ablaufänderung	68
3.3.3.2	Technische/technologische Änderung	68

4 IMPLEMENTIERUNG _____ 70

4.1	Die Materialien	70
4.1.1	Die Einzelkostenmaterialien	70
4.1.2	Die Gemeinkostenmaterialien	71
4.2	Die Lohnkosten	72
4.3	Umgesetzte Ratiopotentiale in Summe	72

5 HANDLUNGSEMPFEHLUNG _____ 73

5.1	Operative Ansätze	73
5.2	Strategische Ansätze	75
5.2.1	Fehlende Produktionsfaktoren.....	75
5.2.2	Strategische Lücken	76
5.3	Übersicht der Ansatzpunkte.....	78





VERZEICHNISSE _____ 80

Tabellenverzeichnis-----	80
Diagrammverzeichnis -----	81
Abbildungsverzeichnis -----	81
Literaturverzeichnis-----	82
Abkürzungsverzeichnis -----	83

ANHANG _____ 1

A1	Gesamtübersicht Piezo Stückzahlen -----	1
A2	Einzelkostenmaterial Lagerabruf normiert -----	2
A3	GK-Materialverbrauch Lagerabgänge -----	3





1 EINLEITUNG

1.1 Piezo – eine Investition in die Zukunft?

1.1.1 Piezoaktoren in Dieseleinspritzsystemen¹

In einem Werbespot, der seit einiger Zeit im deutschsprachigen Fernsehen ausgestrahlt wird, kommt ein Mann an den Schalter einer Autovermietung und verlangt einen Diesel. Darauf fragt in die charmante Dame hinter dem Schalter, ob er einen Raucher oder Nichtraucher wolle! Nachdem sich der verdutzte Mann schließlich für den „Nichtraucher„ entschieden hat, steht er vor einem Peugeot 307 HDI, für den unter anderem wegen seiner niedrigen Schadstoffemissionen geworben wird.

Aber jeder, der bei Epcos Deutschlandsberg arbeitet, sollte wissen, dass nicht nur der FAB-Filter, ein so genannter Rußpartikelfilter, in diesem Auto für solche niedrigen Abgaswerte verantwortlich ist, sondern auch der hier in Deutschlandsberg gefertigte Piezoaktor. Der Einsatz von Piezoaktoren in den neuen Common-Rail-Dieseleinspritzsystemen von Siemens VDO führt zu leiseren und schadstoffärmeren Dieselmotoren. Musste das neue Auto bislang immer nur schöner, größer und schneller sein, verlangt der aufgeklärte Verbraucher heute vor allem ein sicheres und sparsames, also umweltfreundliches Fahrzeug, nicht zuletzt um kommende Abgasemissionsvorschriften wie Euro IV und Euro V zu erfüllen. Insbesondere sind eben verbrauchsgünstige Motoren wie die modernen Common-Rail-Diesel gefragt.

¹ Vgl. Kastl (2002), S. 6 f.

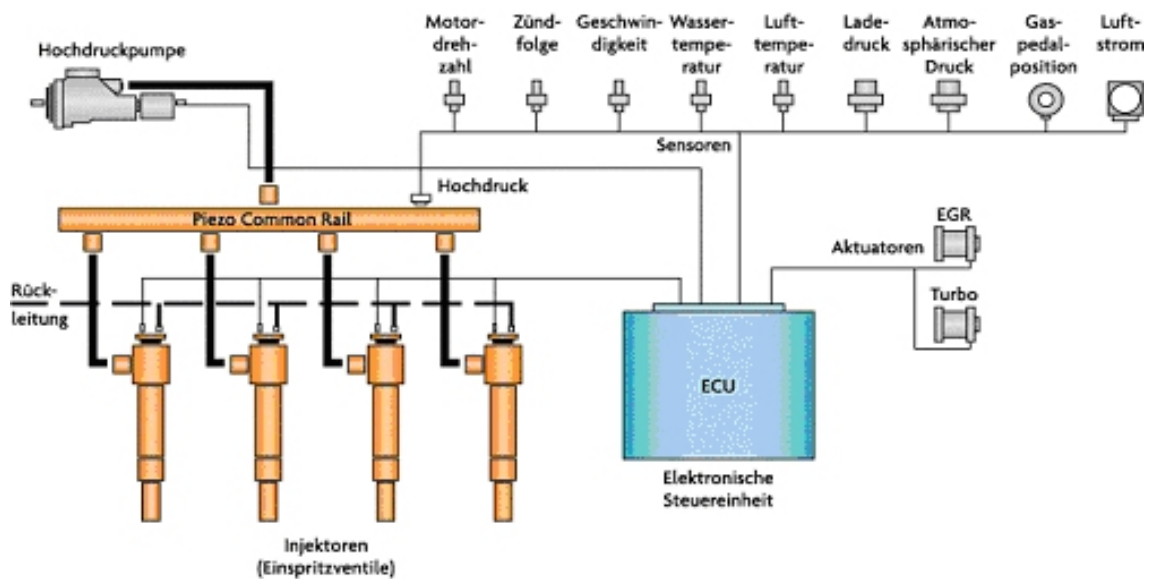


Abbildung 1-1 : Common-Rail-Diesel-System (Siemens VDO)²

Ein typisches Common-Rail-Diesel-System benötigt neben Steuereinheit, Injektoren, Hochdruckpumpe und dem Vorratsbehälter (Rail) auch eine Menge an Informationen, die von Sensoren zur Verfügung gestellt werden müssen. Dieses System zeichnet sich dadurch aus, dass der Kraftstoff zunächst unter hohem Druck in dem zentralen Behälter (Rail) zwischengespeichert und erst bei Bedarf von den einzelnen Einspritzventilen (Injektoren) abgerufen wird. Diese Trennung hat mehrere, für den Autofahrer deutlich wahrnehmbare Vorteile. Der wichtigste ist, dass der Zeitpunkt, zu dem die Einspritzung beginnt oder endet, weitgehend frei wählbar wird. Zusätzlich sorgt ein Einspritzdruck von 1500 hPa, das entspricht der Kraft, die eine 15.000 Meter hohe Wassersäule auf eine Fläche von einem Quadratzentimeter ausübt, für eine sehr feine Zerstäubung des Kraftstoffes, der dadurch besser und sauberer verbrennt. Der Autofahrer bemerkt das anhand des niedrigeren Kraftstoffverbrauches und eines besseren Durchzugvermögens.

1.1.2 Vorteile von Injektoren mit Piezoaktoren

Der Vorteil piezokeramisch gesteuerter Injektoren liegt vor allem in der präziseren Kraftstoffdosierung. Diese Injektoren schalten im Vergleich zu den herkömmlich

² Vgl. Kastl (2002), S. 6 f.



verwendeten Magnetventilen etwa fünf mal schneller und können damit präziser dosieren. Dadurch ist es möglich die Kraftstoffmenge in Zukunft auf bis zu sieben Einzeleinspritzungen zu verteilen. Auf mehrere Voreinspritzungen sehr kleiner Kraftstoffmengen folgen die Haupteinspritzung sowie bei Bedarf wiederum mehrere Nacheinspritzungen. Während die Voreinspritzungen - mit einer minimalen Einspritzmenge von nur einem Kubikmillimeter - vor allem dazu dienen, den Druckanstieg im Brennraum gleichmäßiger zu gestalten und damit das Verbrennungsgeräusch zu verringern, dienen die Nacheinspritzungen der Abgasnachbehandlung. Dadurch, dass gegen Ende des Verbrennungsvorgangs noch einmal Kraftstoff in den Zylinder eingespritzt wird, verbrennen verbleibende Rußpartikelreste besser. Kommt - z.B. bei Motoren mit großem Hubraum - ein Partikelfilter zum Einsatz, lässt sich die entstehende thermische Energie auch zur Reinigung des Filters nutzen.

Piezoaktoren sind Schaltelemente, die den gegen Ende des 19. Jahrhunderts entdeckten inversen Piezo-Effekt (piezein = altgriechisch für "drücken") nutzen. Legt man an einen Quarz oder einen speziellen Kristall eine elektrische Ladung an, verändert sich die atomare Struktur innerhalb weniger Millisekunden. Durch die Verschiebung elektrisch geladener Ionen dehnt sich das Kristallgitter aus. Erst wenn das Material entladen wird, kehrt es zu seinen ursprünglichen Abmessungen zurück. Diese Eigenschaft wird nun in den Einspritzventilen dazu genutzt, die Kraftstoffzufuhr zu regeln. Die 350 keramischen Einzelschichten mit einer Schichtdicke von 0,08 Millimeter zu einem 30 Millimeter hohen Piezo-Aktor versintert, dehnen sich schließlich um insgesamt 0,04 mm aus und öffnen bzw. schließen damit das Einspritzventil präzise.

1.1.3 Möglichkeiten und Chancen der Piezotechnologie

Welche Möglichkeit bietet nun die Piezotechnik in absehbarer Zukunft für die Epcos OHG? Wie die wenigsten von Ihnen wahrscheinlich wissen, werden schon heute zwei verschiedene Bauformen in Piezotechnologie bei Epcos gefertigt, nämlich der oben genannte Piezostack für Injektoren bei Common-Rail-Systemen und seit kurzem ein Ministack für die Kleinstmotoren in der Spielwarentechnik. Der Ministack wird zurzeit in Prototypen von Spielzeugeisenbahnen der Firma Märklin getestet, während der



Piezostack für Dieseleinspritzsysteme bereits im Peugeot 307, im Citroen C3 und im neuen Ford Fiesta eingesetzt wird.

Das wichtigste Einsatzgebiet wird aber auch in Zukunft das Kraftstoff-Einspritzsystem für Diesel- und für Benzinmotoren sein. Epcos hat hier im September 2000 auf der ganzen Welt einen Meilenstein gesetzt, als mit der Serienfertigung begonnen wurde, denn bis heute ist es keinem anderen Unternehmen auf der Welt gelungen ein vergleichbares Bauteil serienmäßig auf den Markt zu bringen.



Abbildung 1-2 : Common-Rail-Einspritzsystem (Siemens VDO)³

Im Herbst 2000 hat bei Siemens VDO in Limbach-Oberfrohna die Serienfertigung für das zweite Common-Rail-Einspritzsystem mit Piezoaktoren begonnen. Eingesetzt wird es von zwei Automobilherstellern für 1,4- und 2,0-Liter-Dieselmotore.

³ Vgl. Kastl (2002), S. 6 f.

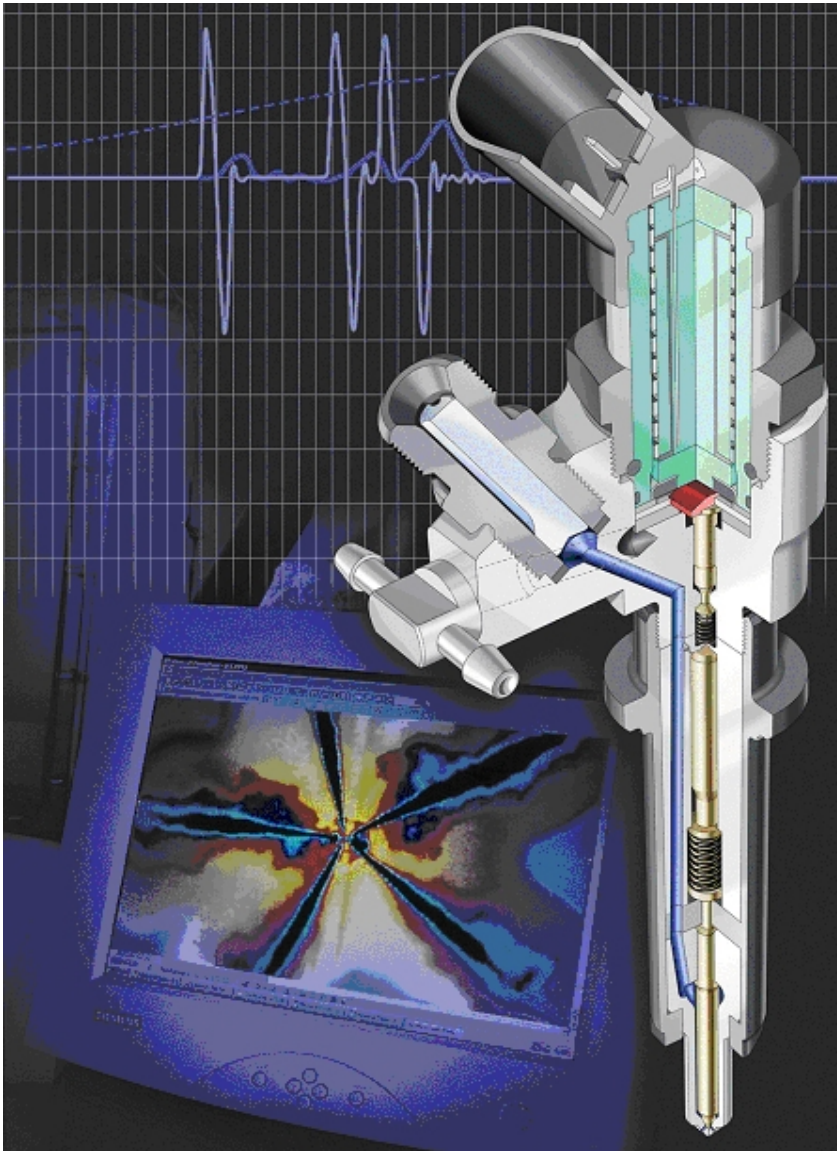


Abbildung 1-3 : Common-Rail-Einspritzventil mit Piezo-Aktor im Schnitt (Siemens VDO)⁴

Der Einsatz von Piezo-Aktoren gestattet eine präzisere Steuerung der Einspritzmenge und -zeitpunkte als Magnetventile.

Nach Abschluss eines Entwicklungsvertrages mit dem größten Anbieter von Einspritzsystemen, der Firma Bosch, hat die zweite Serienfertigung im Jahr 2004 für Dieselmotoren begonnen. Zusätzlich ist Epcos mit den beiden anderen Einspritzsystemherstellern VALEO und DELPHI ebenfalls in Kontakt und entwickelt für

⁴ Vgl. Kastl (2002), S. 6 f.



Siemens VDO bereits den Stack der nächsten Generation. Das bedeutet für die Zukunft, dass es in wenigen Jahren wohl kaum mehr ein Auto geben wird, in dem keine piezokeramische Technologie aus Deutschlandsberg eingebaut sein wird. Zusätzlich steht eine weitere Herausforderung ins Haus. Piezokeramische Vielschichtaktoren werden erstmals im Motorsport und zwar in der Formel 1 zum Einsatz kommen. Auch dies wird zu einer weiteren Akzeptanz piezokeramischer Bauteile aus Deutschlandsberg führen.

Alles in allem lässt sich also abschließend sagen, dass die in der zweiten Hälfte der 90er Jahre hier in Deutschlandsberg gefallene Entscheidung, zukünftig piezokeramische Vielschichtbauteile zu entwickeln und zu fertigen, ein innovativer Schritt in die richtige Richtung war.

1.2 Epcos – Chronologie

Ein kurzer Überblick, der wichtigsten Wachstums- und Entwicklungsschritte des Standortes Epcos OHG Deutschlandsberg.

Die Chronologie⁵ - Epcos Deutschlandsberg:

- 1969 Übernahme der Keramikröhrchenfertigung von der Porzellanfabrik Frauenthal
- 1970 Gründung des Standortes Deutschlandsberg mit 200 Mitarbeitern
- 1972 Verlagerung der Kaltleitervorfertigung aus München, Aufbau eines dazugehörigen Entwicklungslabors
- 1974 - 76 Ausbau der Pulverfertigung, Errichtung einer Fertigungsfläche von ca. 4000 Quadratmeter, Mitarbeiterstanderhöhung auf 770
- 1978 Rückgang des Mitarbeiterstandes auf 600
- 1979 Aufbau der Varistor-Scheibenfertigung
- 1982 Verlagerung der Produktgruppen Heißeiter & Varistoren von München nach Deutschlandsberg

⁵ Vgl. PERDACHER (2000), S. 2 ff.

-
- 1983 Entwicklungsaktivitäten der Siemens AG für den Bereich keramische Bauelemente wird nach Deutschlandsberg verlegt
 - 1984 Ausbau der Pulverfertigung und der Verwaltungsgebäude
 - 1986 Aufbau der Fertigung für keramische Vielschichtkondensatoren (Reinraum)
 - 1989 Aufbau einer zusätzlichen Montagefertigung in Singapur; Einbringung des Standortes in ein Joint Venture zwischen der Siemens AG und dem japanischen Konzern Matsushita; Gründung der Siemens Matsushita Components OHG
 - 1990 Beginn der Fertigung von Mikrowellenkeramik-Bauelementen
 - 1995 Erweiterung der Fertigungshallen
 - 1998 Zubau eines vollautomatischen Lagers
 - 1999 Umfirmierung der Siemens Matsushita Components OHG in die Epcos OHG, Börsengang der Epcos AG
 - 2000 Zubau einer neuen Halle und eines Bürogebäudes, Innovationen wie LTCC-Module, Piezo-Aktuatoren gehen in Produktion
 - 2004 Serienfertigung Piezoaktor für Bosch läuft an

1.3 Aufgabenstellung

1.3.1 Problemstellung

Der derzeitig gefertigte Piezo-Aktor wurde aus der Prototypenserie direkt in eine Serienfertigung übergeleitet. Ein kostenorientierter Produkt-Produktionsmittel-Entwicklungsabgleich wurde nicht durchgeführt. Dies verursachte Kosten, die bei einer Neugestaltung vermieden hätten werden können.

1.3.2 Ziele

Es sind Einsparungspotentiale bezüglich der Reduktion, Vermeidung, Änderung und/oder Ersatz der verwendeten Roh- und Hilfsmaterialien (Einzel- & GK-Materialien) sowie der Lohnkosten nachzuweisen. Der genaue Ablauf der Arbeitsschritte ist zu erheben und anzustrebende Änderungen aufzuzeigen. Hierbei sind zwei



Gesichtspunkte zu berücksichtigen, in erster Linie die Produktionsmittel und in Folge das Produkt an sich.

Die einzelnen Arbeitsschritte sind hinsichtlich der Kosten und der Fertigungstechnik zu betrachten. Potentiale sind aufzuzeigen und deren Realisierbarkeit zu diskutieren. Zusätzlich ist zusammenfassend eine Handlungsempfehlung abzugeben. Zu untersuchen sind die Fertigungsbereiche Wickeln bis Reinigen.

1.4 Theoretische Grundlagen

Die in der Arbeit verwendeten Begriffe wie Einzelkostenmaterial und Gemeinkostenmaterial sind als Primär- bzw. Sekundärmaterialien⁶ zu verstehen. Primär- respektive Einzelkostenmaterialien sind Materialien aus denen sich das Produkt zusammensetzt, die also direkt in das Produkt einfließen. Sekundär- bzw. Gemeinkostenmaterialien sind Materialien die zur Herstellung des Produktes notwendigerweise vorhanden sein müssen, aber nicht am Produkt verbleiben. Neben diesen Materialkosten fließen noch die benötigten und bewerteten Lohnminuten in die Betrachtungen hinsichtlich der Kosten mit ein.

Diese Materialien werden in einer Iststanderhebung mengenmäßig sowie kostenmäßig erhoben. Die Materialkosten ergeben sich somit als Produkt der verbrauchten Mengen und der im SAP-System hinterlegten Gleitenden Durchschnittspreise. Mit den Lohnminuten je Arbeitsschritt und den produzierten Mengen an Piezoaktoren ergeben sich so in Summe die Istkosten⁷ je Arbeitsschritt.

Diese werden mit den vorgegebenen Planproduktionsmengen auf die Plankosten hochgerechnet. Für diese Starre Plankostenrechnung⁸ ist eine Produktionsmenge von 120k Stück pro Kalenderwoche festgelegt.

Anschließend werden unter Berücksichtigung einer Minimierung der Verbrauchsmengen, realistisch erzielbarer neuer Einkaufspreise eventuell neuer Lieferanten, einer maximal möglichen Automatisierung und mit Hilfe zusätzlicher

⁶ Vgl. WOHINZ (2001), S. 5-11

⁷ Vgl. BAUER (2003), S. 4-12

⁸ Vgl. BAUER (2003), S. 4-13



technologischer Betrachtungen die minimalen Sollkosten festgelegt. Die sich daraus ergebende maximale Differenz der Plan- und der Sollkosten entspricht den Ratiopotentialen. Diese werden durch das Produkt ihrer Höhe und der wahrscheinlichen Umsetzbarkeit bewertet. Nach den sich ergebenden Bewertungsgewichten gereiht fließen diese in die Handlungsempfehlungen ein. Die Handlungsempfehlungen sind nach operativen⁹ und strategischen¹⁰ Ansätzen gegliedert im Kapitel 5 Handlungsempfehlung Seite 73 aufgeführt.

⁹ Vgl. WOHINZ (2001), S. 2-21

¹⁰ Vgl. WOHINZ (2001), S. 2-9

2 IST - ZUSTANDSERHEBUNG

Um eine klare Strukturierung der Abläufe und Arbeitsschritte der Fertigungsteilbereiche bei der Firma Selk in Kutina, Kroatien, zu erreichen, ist es notwendig den Prozess abzubilden und in Folge in vernünftige Teilbereiche aufzugliedern.

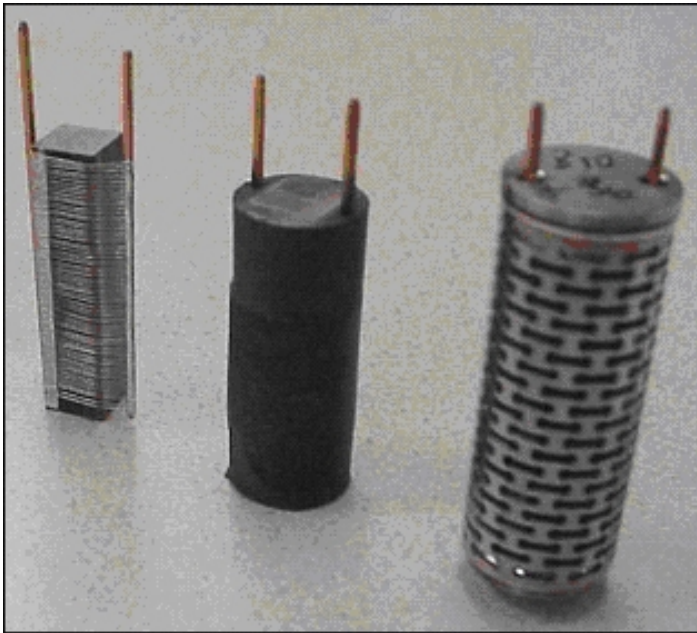


Abbildung 2-1 : Produktionsschritte

Zur Verarbeitung gelangt als Ausgangsprodukt der von Deutschlandsberg gesinterte und geschliffene angelieferte Aktor. Dieser ist ein Stapel, der sich aus einer Vielzahl von 3 Arten von Folien zusammensetzt. Am unteren und oberen Ende befindet sich ein Deckpaket aus Deckfolien. Der mittlere Teil beinhaltet abwechslungsweise bedruckte und unbedruckte Folien. Die Bedruckung übernimmt die Funktion der elektrischen Anbindung der eigentlichen Kristallschichten an die Metallisierung und damit an die Drahtarfe und über diese an die Kontaktstifte. In obiger Abbildung ist links der gewickelte, gelötete und getrennte Aktor mit Drahtarfe und Stiften zu sehen. In der Mitte ist der fertig vergossene und gereinigte und ganz rechts der bereits eingeschweißte Aktor des zweiten Kreislaufes, d.h. das Endprodukt, dargestellt.



2.1 Abbildung des Produktionsprozesses

Nach einer vor Ort erfolgten Besichtigung und Analyse der Arbeitsschritte, der Anlagen, der Arbeitsabläufe und der eingesetzten Materialien wie Einzelkostenmaterialien und Gemeinkostenmaterialien sind die Abläufe in diesem Kapitel aufgeführt.

2.1.1 Piezofertigung bei Selk - Übersicht

Die folgende Abbildung zeigt den Arbeitsablauf der kompletten Piezofertigung bei der Firma Selk beginnend beim Wareneingang bis zum Warenausgang im August 2003. Gefordert ist die Betrachtung aller Teilschritte zwischen den zwei RIS-Messungen (RIS: Qualitätskontrollmessung des inneren Widerstandes des Bauteils bei Gleichstrom). Das heißt, in Folge werden die Arbeitsschritte Wickeln bis Reinigen genauer betrachtet. Dies sind die Schritte Einlegen der Stifte und Aktoren, Wickeln der Drahtarfe, Besprühen mit Flussmittel, Lötten der Stifte und Aktoren, Trennen der Drahtarfe am Stack und an den Stiften, Waschen, Kontrollieren, Vorwärmen, Passivieren, Ausheizen, Polyimidfolie kleben, Einlegen der Piezos und der Hülsen, Abkleben mit den Abdeckscheiben, Verguss, Auskochen, Vergusshorde zerlegen, Reinigen unten, Stifte ablängen, Reinigen oben, Endreinigung, Beschriften und Endkontrolle.

Im nächsten Unterkapitel werden diese Arbeitsschritte genau dargestellt und die zum Einsatz kommenden EK- und GK-Materialien aufgeführt.



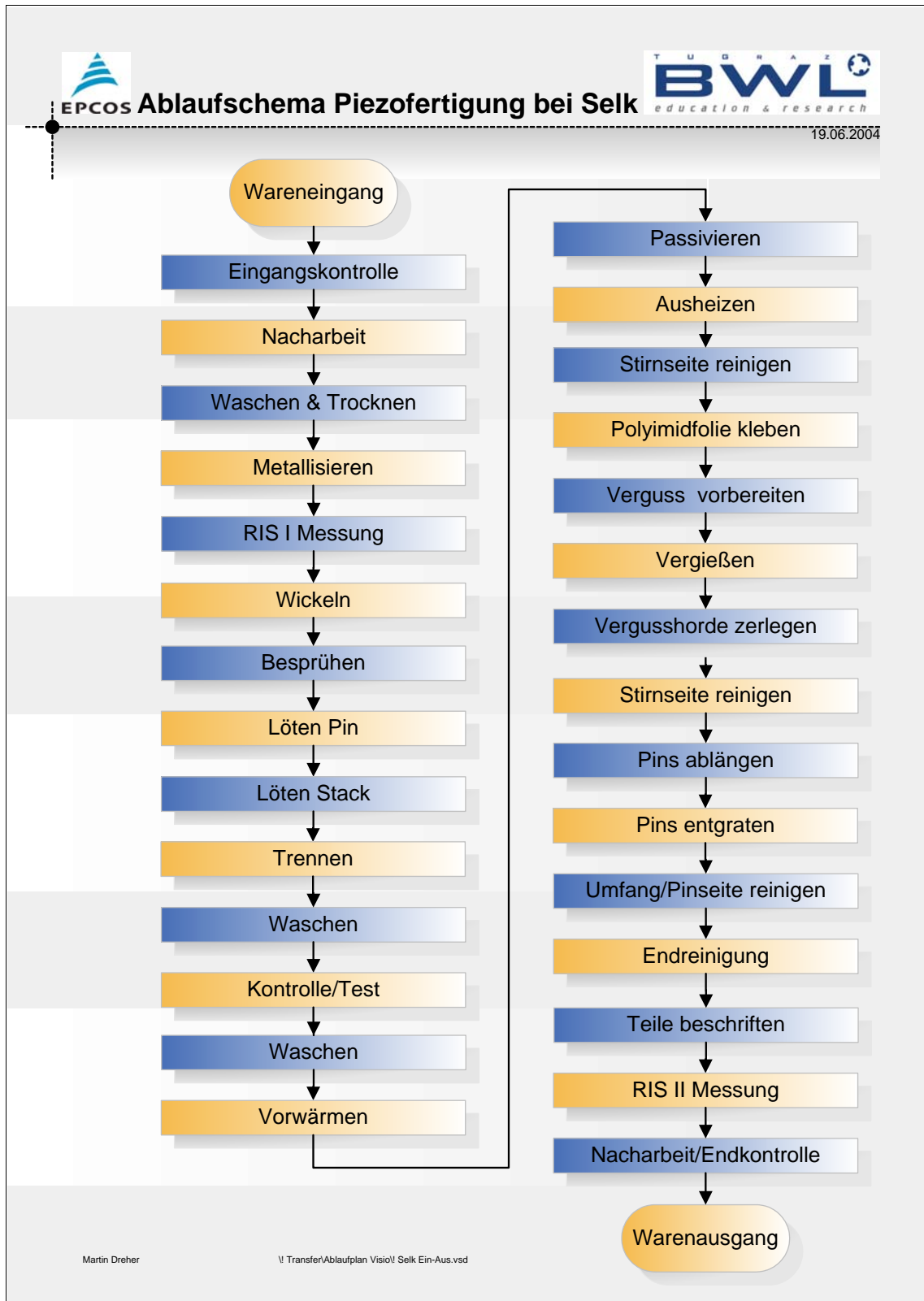


Abbildung 2-2 : Piezofertigung bei Selk



2.1.2 Ablaufschemen Wickeln bis Reinigen

Aus der Sicht dieser Arbeit werden die Piezos fertig metallisiert sowie optisch und elektrisch kontrolliert von der RIS I Messung angeliefert. Dies ist der Startpunkt der Piezofertigung, ab dem die Untersuchungen durchzuführen sind.

Der erste Schritt (Abbildung 2-1 : Produktionsschritte - links) ist das Wickeln. Hier werden die Piezostacks in einen Mehrfachprodukthalter, in Zukunft MPH bezeichnet, eingelegt. Weiters werden die dünnen und die dicken Kontaktanschlussstifte eingelegt. Im Anschluss kommt der Automat zum Zuge, indem die 10 Piezoelemente gemeinsam mit einem dünnen Stahldraht umwickelt werden. Hier entsteht die "Drahtharfe". Diese hat zwei Funktionen. Einerseits gewährleistet sie eine optimale Kompensation der späteren Längendehnung des Piezos und andererseits übernimmt sie die elektrische Anbindung des Stacks.

Im zweiten Schritt werden die MPH bzw. die Piezos, die Stifte und die Harfe mit Flussmittel besprüht. Darauf wird 2 Mal je Seite des MPH gelötet, je einmal, um die Harfe mit den Stiften zu verbinden und je einmal, um die Harfe auf der Piezometallisierung selbst zu fixieren. In den Lötautomatenpärchen kommen Thermoden (Bügeleisen), Kaptonfolie (Antihafffolie) und das Lot selbst zum Einsatz. Nach der Kontrolle werden die MPH mit den Piezos gewaschen und in einem Trennautomaten gespannt. Hier erfolgt der Trennschliff der Harfe und somit die Trennung der Piezos. Aus dem MPH ausgebaut werden die Piezos in eine Waschhorde einsortiert und dann im Ultraschallbad mit Aceton gewaschen. Nach einer bestehenden Prüfvorschrift werden Teile entnommen und einem Zugtest unterworfen.



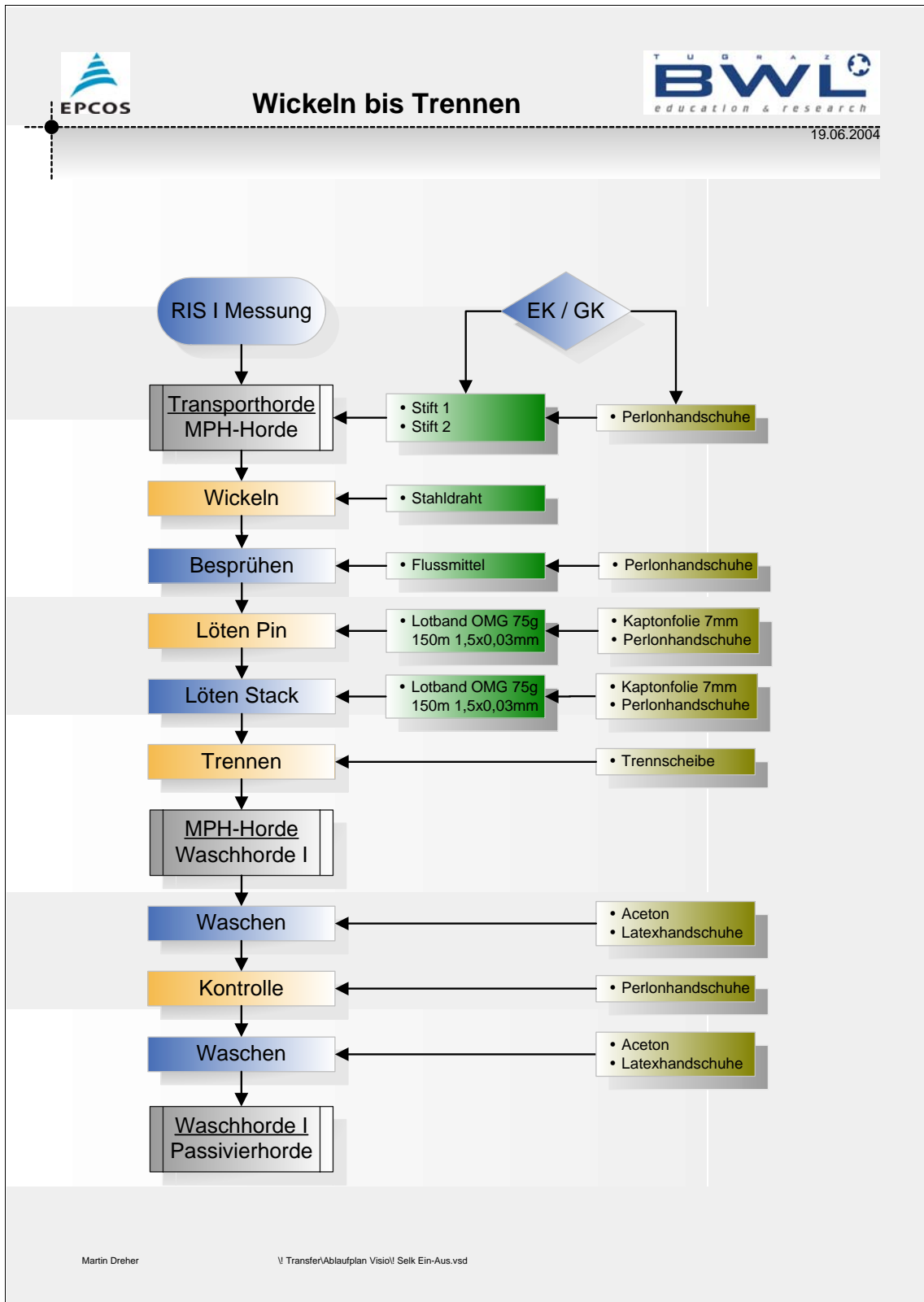


Abbildung 2-3 : Ablaufschema Wickeln bis Trennen



Nun kommen die Piezos, einzeln in kleine drehbare Passivierhorden eingebaut, zum nächsten Fertigungsschritt.

Um die Haftung und die Gerinnung der Passivierflüssigkeit zu verbessern werden diese Passivierhorden in Gruppen in einem Ofen vorgewärmt. Bei erreichter Vorwärmtemperatur werden die Metallisierungen am Piezo, die Drahtarfen selbst und die Stifte mit einem Silikonelastomer von Hand eingepinselt. Nachfolgend kommen die Passivierhorden mit den Piezos wieder in den Ofen, wo das Silikonelastomer zur Trocknung gelangt.

Im nächsten Schritt werden die Piezos nach einer Stirnseitenreinigung in Transporthorden umgehordet und die freien Längskanten gegen das Durchschlagen von Funken händisch mit Polyimidband verklebt.

Der nun folgende große zentrale Fertigungsschritt umfasst das Einführen und Einbauen in die Piezohülsen (Nacharbeit der Länge), das stirnseitige Abkleben mit den gestanzten Nitto-Abdeckfolien (Schutz gegen Verschmutzung beim Verguss) und der Verguss selbst. Der Verguss erfolgt in Vergusshorden unter Vakuum mit einer Zweikomponentenvergussmasse, die ebenfalls unter Vakuum gemischt wurde. Nach durchgeführtem Verguss werden die 10-fach Horden für eine halbe Stunde in Öfen zum Trocknen auf Temperatur gehalten.

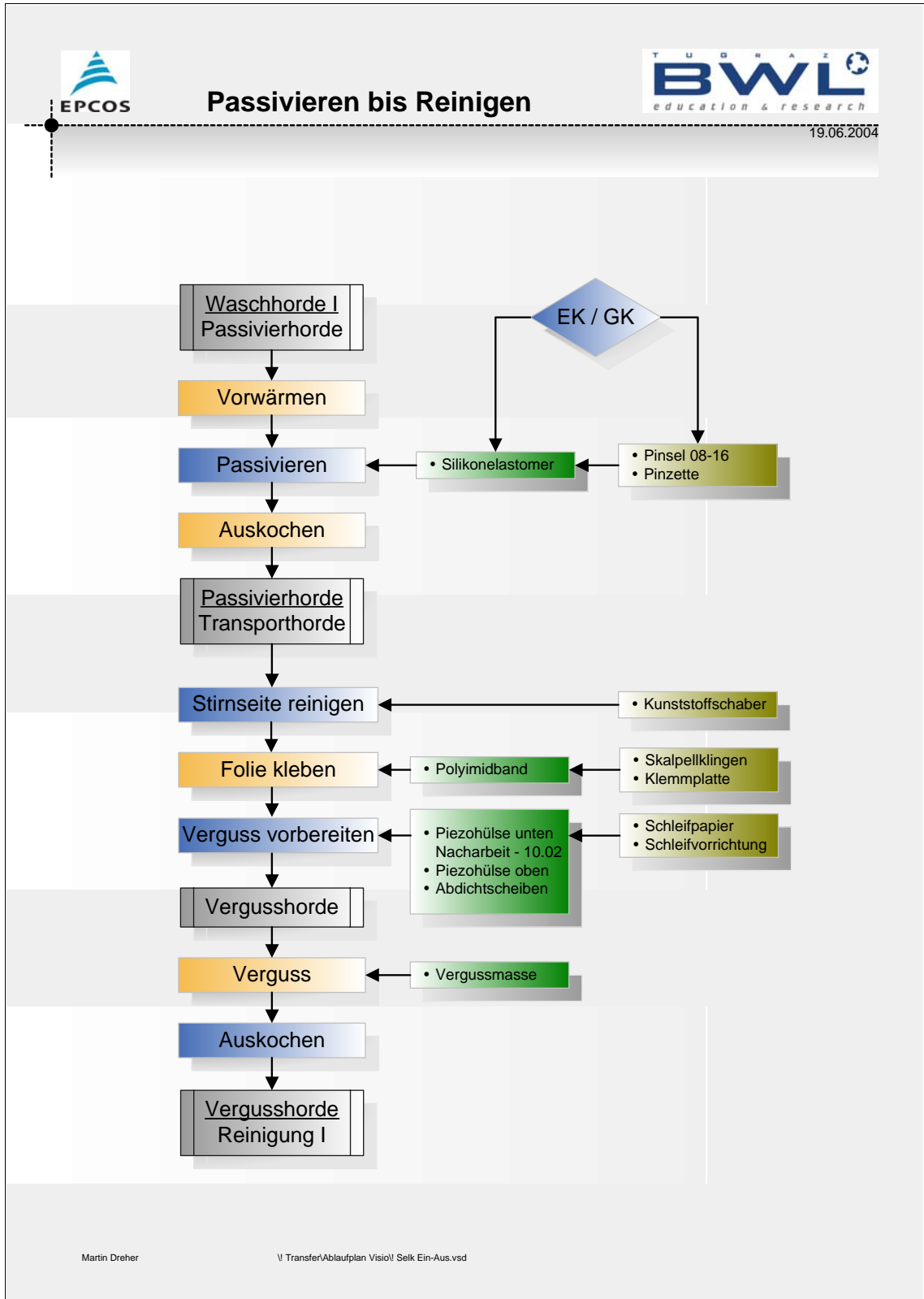


Abbildung 2-4 : Ablaufschema Passivieren bis Reinigen



Beim Zerlegen der Horden werden zuerst die Horden von außen mit einem Schaber gereinigt. Nach dem Öffnen der Horden werden die Piezos entnommen und die Horden mit einer Bürste und einem Elektroschrauber auf der Innenseite gereinigt. Der Piezo selbst wird nun nach Entfernung der 1. Abdeckfolie mit einer Messingrundbürste und einer Perlonrundbürste auf der unteren Stirnseite gereinigt. Nach erfolgter maschineller Abfräsung der Anschlussstifte auf Maß und Entfernung der zweiten Nitto-Abdeckfolie wird die obere Stirnseite ebenfalls grob gereinigt. Mit Schleifpapier, den Förderbürsten und dem Putztuch Microclean grau wird die Endreinigung durchgeführt. Vor der RIS II Messung werden die Piezos zum Abschluss mit einem weißen Edding beschriftet.

Zum Zeitpunkt der Datenerhebung bei der Fa. Selk wurde für diesen Arbeitsschritt ein Projekt gestartet, um die Handarbeit durch einen Beschriftungsautomaten zu ersetzen.

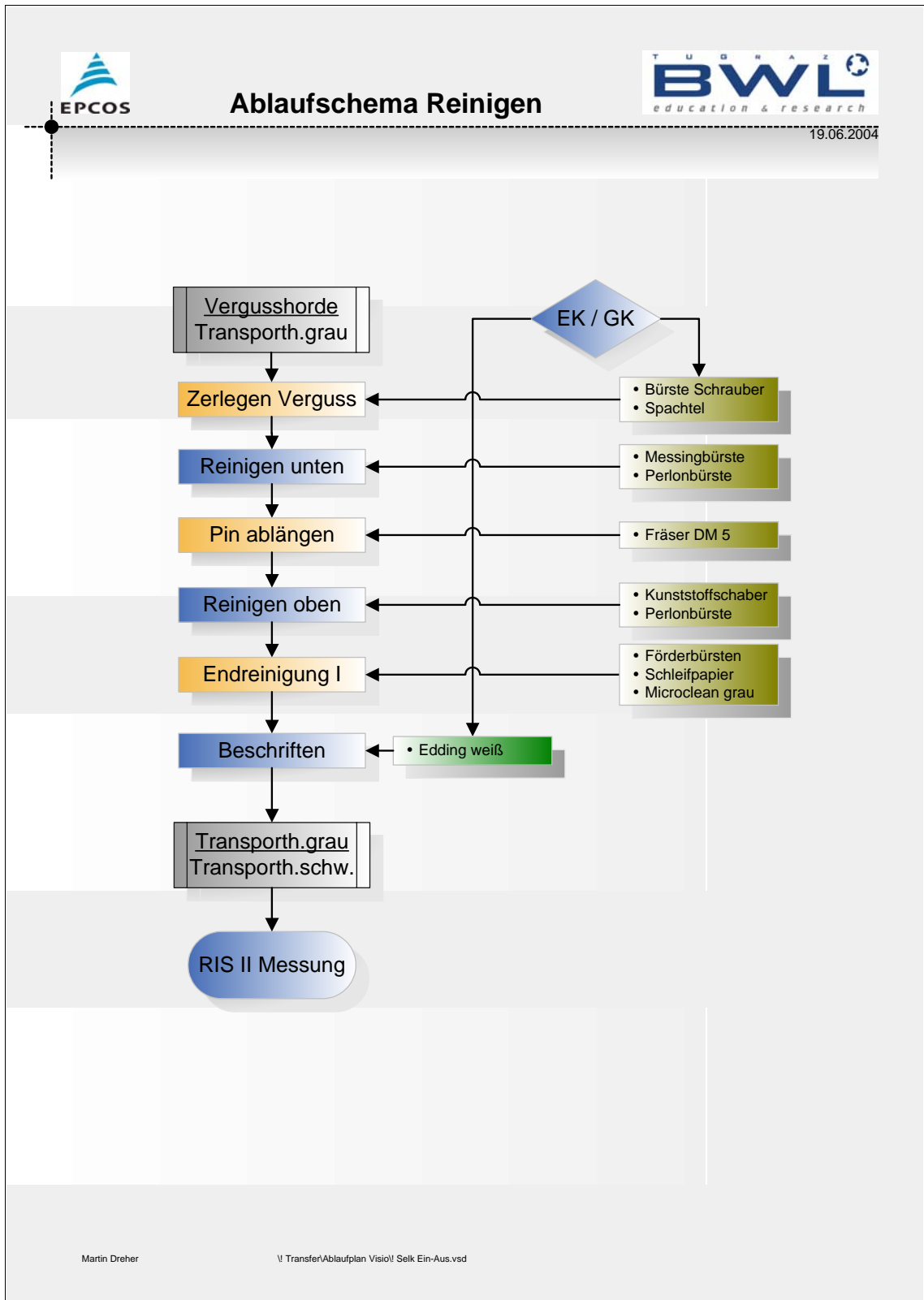


Abbildung 2-5 : Ablaufschema Reinigen



2.2 Kostenermittlung

Um Aussagen zu den einzelnen Potentialen in Bezug auf die Einzelkostenmaterialien, die Gemeinkostenmaterialien, die Lohnkosten und die Art der Fertigungsabläufe treffen zu können, ist es notwendig, die angefallenen Kosten bei effektiv produzierten Mengen über einen längeren Zeitraum zu kennen.

Durch die Anfang des Jahres 2003 erfolgte Umstellung auf das SAP-System stehen teils keine und teils nur unvollständige Daten der Produktion und der Lagerabgänge zur Verfügung. Außerdem ist eine wichtige grundlegende Verknüpfungstabelle im SAP nicht frei geschaltet. Diese Tabelle (BSEG) wurde aus Rechnerkapazitäts- und Sicherheitsgründen gesperrt. Sie würde eine Verknüpfung der Daten des Rechnungswesens FICO und des Materialmanagements MM zulassen. So ist es unmöglich Daten zu Materialien, die im Materialstamm nicht mit einer eigenen Materialnummer hinterlegt sind, zu erhalten. Im Weiteren stellte sich heraus, dass die Verbrauchsmengen, die auf Grund der eingeschleusten Fertigungsaufträge (FAUFen) und der Stücklisten errechnet werden können, fehlerhaft sind. Also war es notwendig, wie später gezeigt, verschiedene Daten zu bewerten und auf anderem Wege einzuholen.

2.2.1 Ermittlung der Produktionsstückzahlen

Um die Zuverlässigkeit der Datensätze im SAP zu kontrollieren, ist es notwendig diese zu prüfen. Die notwendigen Daten stammen aus dem Fertigungsauftragsinformationssystem (Transaktion COOIS) und aus dem Materialstamm (Transaktion MM03).

Die in geschwungenen Klammern { } aufgeführten Bezeichnungen im folgenden Text entsprechen den Excel Datensätzen in den Grafiken dieses Unterkapitels und der Übersicht im Anhang A1 Gesamtübersicht Piezo Stückzahlen.

Die in der COOIS (im Verkaufslager VKL eingelagerten {SAP VKL_IN COOIS}) und in der MM03 (Verbrauch an Fertigprodukten 1. Kreislauf {SAP Gesamtverbrauch MM03}) hinterlegten Daten müssen mit echten, in der Produktion notierten { Von DB -> Selk (IN) [# / Monat] } { Von Selk -> DB (OUT) [# / Monat] }, verglichen werden. Für die Ausschussermittlung und die Basisermittlung für spätere





Berechnungen ist es notwendig auch die Mengen an Gutteilen der in Selk angelieferten und dann verarbeiteten IN-Lose aufzuführen. Das heißt, die monatlich nach Deutschlandsberg zurückgelieferten Stückzahlen { Von Selk -> DB (OUT) [# / Monat] } müssen um die Mengen der Nacharbeitslose und der F&E-Lose korrigiert werden { Von Selk -> DB [Gut # + Nacharbeit # der IN-Lose] }. Die Nacharbeitslose sind Sammellose von noch nacharbeitbaren Ausschussteilen. Sie werden spätestens 10 Tage nach Übersendung der Mutter-Lose auch in Deutschlandsberg abgeliefert und sind mit Fertigungsauftragsnummern, die mit N1000 beginnen, gekennzeichnet. Die F&E-Lose werden ebenfalls miteingerechnet, da sie auch zu einem Materialverbrauch führen. Mit dieser Bereinigung ergibt sich die wirklich produzierte Stückzahl, die für die Ausschussermittlung notwendig ist. Anzumerken ist noch, dass der Ausschuss im Monatsdurchschnitt bei 10,2 Prozent liegt und dies der Realität entspricht.

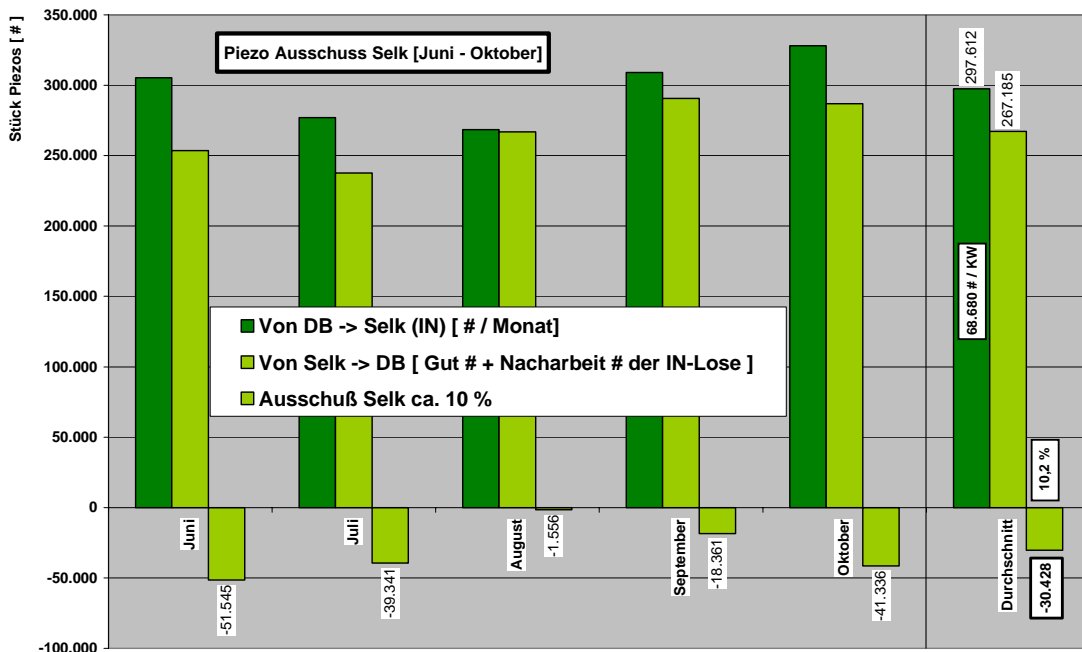


Diagramm 2-1 : Ausschuss Selk IN – OUT



Mai	Juni	Juli	August	September	Oktober	Durchschnitt	
36799	234462	263704	241339	284016	252862	255277	SAP COOIS VKL IN
175203	239004	272076	232474	293269	253942	258153	SAP MM03 VKL OUT
246879	305246	277087	268513	309073	328143	297612	# / Monat Selk IN
217422	244254	266158	230493	288760	260050	257943	# / Monat Selk OUT
210041	252701	228246	252457	275632	278307	257469	# OUT der IN-Lose
210041	253701	237746	266957	290712	286807	267185	# OUT der IN-Lose bereinigt
-36838	-51545	-39341	-1556	-18361	-41336	-30428	# Selk Ausschuss
-180623	-9792	-2454	10846	-4744	-7188	-2666	# Delta IN-OUT / Monat

Tabelle 2-1 : Stückzahlen Piezo Mai – Oktober 2003

Das zu obiger Tabelle zugehörige Diagramm ist im Anhang A1 Gesamtübersicht Piezo Stückzahlen zu finden. Bei der Durchsicht der Stückzahlen der Monate Mai bis Oktober 2003 stellte sich heraus, dass der Monat Mai zu eliminieren ist, da dieser durch die SAP-Einführung zu stark verfälscht wurde (siehe vorige Tabelle). Es ist festzuhalten, dass die Produktionsmengen sehr starken Schwankungen unterworfen sind und die Durchlaufzeiten ebenfalls variieren. Somit ist in Folge nur mit Durchschnittswerten zu operieren, womit diese Schwankungen ausgeglichen werden können.

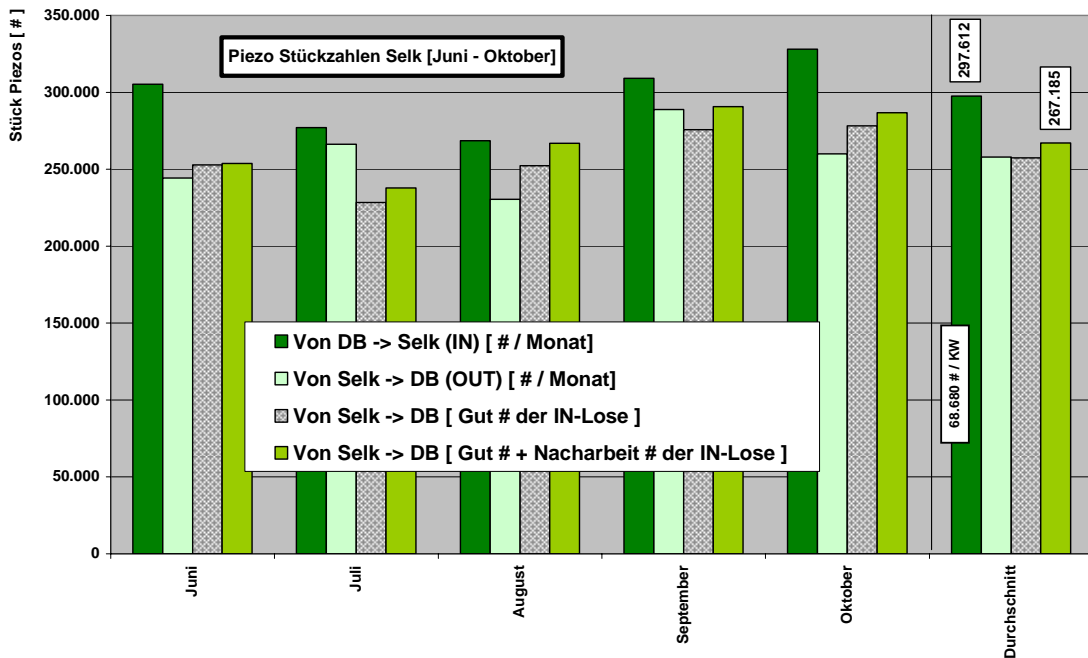


Diagramm 2-2 : Stückzahlen Selk IN, OUT

Für die weiteren Berechnungen in dieser Arbeit können die sich aus dem SAP ergebenden Mengenangaben des Verkaufslagers der COOIS-Abfrage herangezogen werden. Diese durchschnittliche Stückzahl (255k / Monat) entspricht mit einem Prozent Fehler der tatsächlich zurückgelieferten Menge an Aktoren { SAP VKL_IN COOIS }, womit den erzeugten Gutteilen an Aktoren die Gesamtmenge



an Materialien, die vom Lager abgebucht wurden, also auch die, die in F&E-Lose und in den verursachten Ausschuss fließen, angelastet werden. Diese Betrachtungsweise macht aus Sicht dieser Arbeit Sinn, da auch in den Stücklisten im SAP, mit denen die Ergebnisse verglichen werden, dies so vereinbart ist.

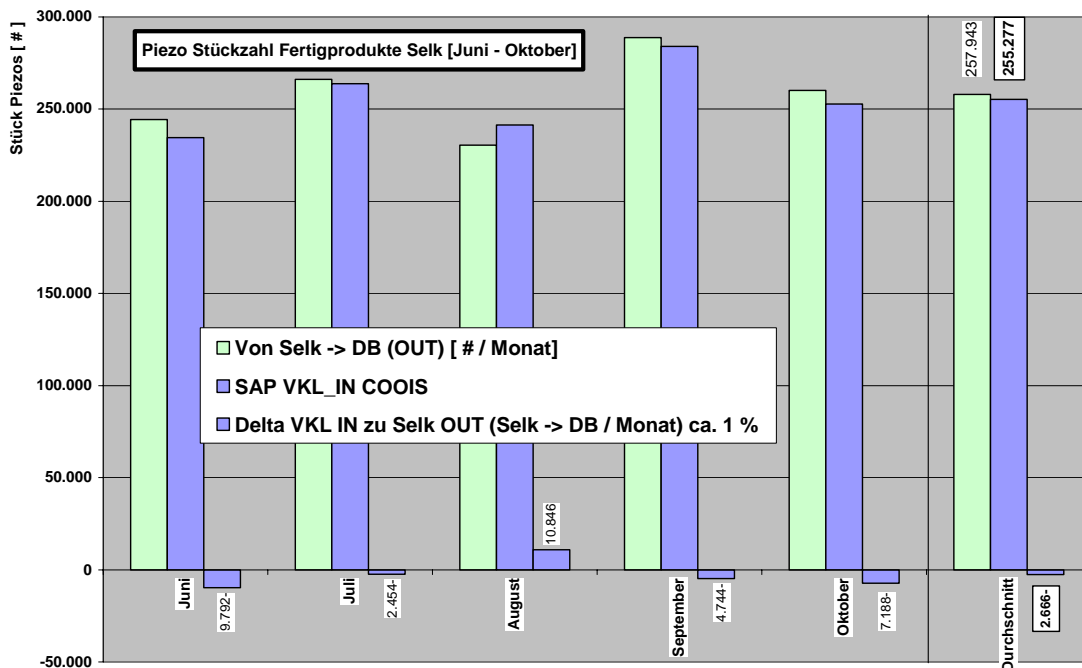


Diagramm 2-3 : Fertigprodukte Selk

Abschließend ist somit festzuhalten, das in weiterer Folge mit einer durchschnittlich produzierten Menge von 255.277 # Piezos je Monat, d.h. 58.910 # je Kalenderwoche (KW) weitergerechnet wird. Dies ist der Durchschnitt der Monate Juni bis Oktober 2003. Auf diese Durchschnittsmengen werden die Materialverbrauchsmengen umgelegt.

2.2.2 IST-Kosten

Zur Betrachtung herangezogen werden die Materialien und die Löhne. Die Materialien sind nach ihrer Verwendung in zwei Gruppen einzuteilen. Die direkt in das Fertigprodukt einfließenden Materialien, als Einzelkostenmaterialien bezeichnet, werden dem Produkt direkt angelastet. Die Hilfsmaterialien, in Folge als Gemeinkostenmaterialien bezeichnet, sind zur Herstellung des Produktes notwendig, aber nicht Bestandteil des Produktes an sich. Die Kosten der Materialien werden netto betrachtet, also ohne Materialgemeinkostenaufschlag. Dies ist notwendig, einerseits





aufgrund der gerade in Arbeit befindlichen neuen Materialgemeinkostenschlüssel und andererseits um einen sauberen und einfachen Vergleich zu neuen Materialien, neuen Einkaufspreisen sowie neuen Lieferanten zu gewährleisten. Die Löhne, die an die Firma Selk zu entrichten sind, kommen intern als Zukaufmaterial zur Verrechnung und werden somit mit einem variablen Materialgemeinkostenschlüssel von 3,6 Prozent für Zukaufmaterial beaufschlagt.

2.2.2.1 Einzelkostenmaterialien

Die sich für die Monate Juni bis Oktober 2003 ergebenden Verbrauchsmengen für die Einzelkostenmaterialien werden mit Preisen bewertet (siehe folgende Tabellen) und auf Monatsdurchschnittskosten verdichtet. Die Mengen entsprechen dem SAP-Auszug der Maske COOIS zum Stichtag 15.11.2003.

MENGEN	Juni	Juli	August	September	Oktober	Durchschnitt	
STIFT DM1,0/40,2MM CUSN6 F64 BLANK	305.420	288.572	206.484	157.612	304.807	252.579	#
STIFT DM1,2/40,2MM CUSN6 F64 BLANK	305.420	288.572	206.484	157.612	304.807	252.579	#
STAHLDRAHT STAKU30 DURCHM. 60 MY	18,9	17,8	16,6	19,3	18,9	18,31	kg
FLUSSMITTEL DEG.SOLDAFLUX	90,9	75,9	67,4	80,9	84,1	79,84	kg
LOTBAND PBSN5AG2,5 1,5X00,3MM	64.659	57.464	40.123	39.360	48.752	50.072	m
VORGEMISCHTES SILIKONELASTOMER	40.661	43.789	76.198	79.953	91.018	66.324	g
KLEBEBAND POLYIMID 3,6MM	53.303	35.282	19.671	19.480	20.195	29.586	m
PIEZOHUELSE UNTEN UNTERTEIL	296.022	286.438	206.484	157.612	304.807	250.273	#
PIEZOHUELSE OBEN OBERTEIL	296.022	286.438	206.484	157.612	304.807	250.273	#
ABDICHTSCHEIBEN GESTANZT, PAARIG	322.560	347.760	206.640	307.440	357.840	308.448	#
SYLGARD 567 VERGUSMASSE	960.000	1.134.939	273.097	657.548	730.607	751.238	g

Tabelle 2-2 : Einzelkostenmaterialverbrauch Juni – Oktober 2003



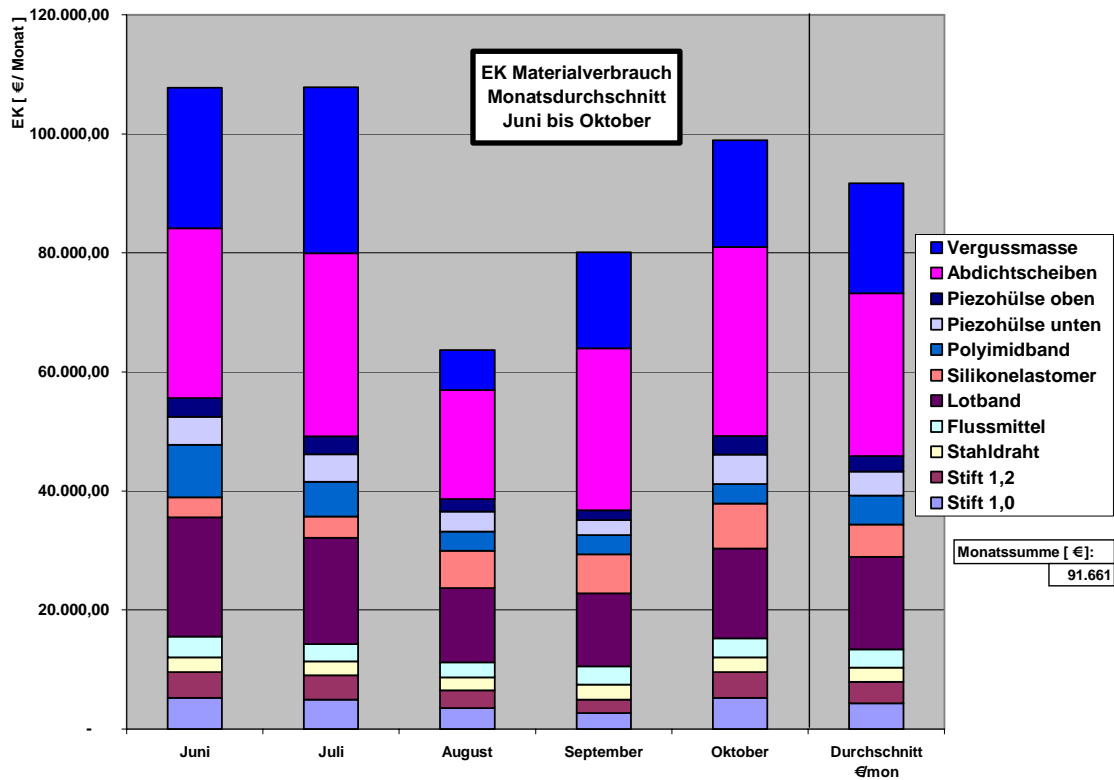


Diagramm 2-4 : Monatsdurchschnitt der EK-Materialien Juni – Oktober 2003

Die Preise, die zur Bewertung herangezogen wurden, stammen aus der MM03 mit gleichem Datum.

	Preis [€]	je
STIFT DM1,0/40,2MM CUSN6 F64 BLANK	17,10	1.000 #
STIFT DM1,2/40,2MM CUSN6 F64 BLANK	14,28	1.000 #
STAHLDRAHT STAKU30 DURCHM. 60 MY	130,37	1.000 g
FLUSSMITTEL DEG.SOLDAFLUX	38,33	1 kg
LOTBAND PBSN5AG2,5 1,5X00,3MM	31,00	100 m
VORGEMISCHTES SILIKONELASTOMER	82,27	1.000 g
KLEBEBAND POLYIMID 3,6MM	164,85	1.000 m
PIEZOHUELSE UNTEN UNTERTEIL	161,22	10.000 #
PIEZOHUELSE OBEN OBERTEIL	104,30	10.000 #
ABDICHTSCHEIBEN GESTANZT, PAARIG	8,86	100 #
SYLGARD 567 VERGUSSMASSE	24,57	1.000 g

Tabelle 2-3 : Einzelkostenmaterial Preise SAP MM03 vom 15. 11. 2003

Die Verdichtung auf einen monatlichen Durchschnittswert ist, wie auch bei den Produktionsmengen an Fertigprodukten Piezoaktoren, ebenfalls notwendig, da die Materialien unregelmäßig nach dem Prinzip der verlängerten Werkbank¹¹ abgerufen

¹¹ Vgl. LANDEFAHRER (1998), S. 9



werden (siehe Anhang A2 Einzelkostenmaterial Lagerabruf normiert). Somit wird auch hier dieser Durchschnittswert multipliziert mit dem Verhältnis zukünftiger und vergangener (durchschnittlicher) Produktionsmengen und keine Extrapolation der erhobenen Daten in die weiteren Betrachtungen einfließen.

KOSTEN [Euro / Monat]	Juni	Juli	August	September	Oktober	Durchschnitt
Stift 1,0	5.223	4.935	3.531	2.695	5.212	4.319
Stift 1,2	4.361	4.121	2.949	2.251	4.353	3.607
Stahldraht	2.467	2.327	2.169	2.514	2.458	2.387
Flussmittel	3.484	2.909	2.582	3.102	3.225	3.060
Lotband	20.044	17.814	12.438	12.201	15.113	15.522
Silikonelastomer	3.345	3.603	6.269	6.578	7.488	5.456
Polyimidband	8.787	5.816	3.243	3.211	3.329	4.877
Piezohülse unten	4.772	4.618	3.329	2.541	4.914	4.035
Piezohülse oben	3.088	2.988	2.154	1.644	3.179	2.610
Abdichtscheiben	28.579	30.812	18.308	27.239	31.705	27.328
Vergussmasse	23.587	27.885	6.710	16.156	17.951	18.458

Tabelle 2-4 : Kosten – EK Materialverbrauch Monatsdurchschnitt Juni – Oktober 2003

Die sich ergebende Diskrepanz der Verbrauchsmengen im Vergleich zu den in den Stücklisten hinterlegten Mengen wird noch im Kapitel 3.2.1 Einzelkostenmaterialien auf Seite 38 diskutiert. Als real im Fertigungsprozess benötigte Mengen werden die tatsächlich verbrauchten für folgende Betrachtungen verrechnet. Bei den Stiften und bei den Piezohülsen, bei denen die Stückzahlen unterhalb der wirklich benötigten Mengen liegt, werden die Mengen auf 10.000 Stück korrigiert. Diese Differenzen von 1 bis 2 Prozent sind durch Lagerbestände in Kutina vor dem Mai 2003 zu erklären.

MENGEN	Durchschnitt	Stückliste	
STIFT DM1,0/40,2MM CUSN6 F64 BLANK	9.894	10.000	#
STIFT DM1,2/40,2MM CUSN6 F64 BLANK	9.894	10.000	#
STAHL DRAHT STAKU30 DURCHM. 60 MY	717,24	620,00	kg
FLUSSMITTEL DEG.SOLDAFLUX	3,13	6,00	kg
LOTBAND PBSN5AG2,5 1,5X00,3MM	1.961	1.600	m
VORGEMISCHTES SILIKONELASTOMER	2.598	4.065	g
KLEBEBAND POLYIMID 3,6MM	1.159	750	m
PIEZOHUELSE UNTEN UNTERTEIL	9.804	10.000	#
PIEZOHUELSE OBEN OBERTEIL	9.804	10.000	#
ABDICHTSCHEIBEN GESTANZT, PAARIG	12.083	10.000	#
SYLGARD 567 VERGUSSMASSE	29.428	23.035	g

Tabelle 2-5 : EK - Material Verbrauch/Stückliste (10.000 Piezos)

2.2.2.2 Gemeinkostenmaterialien

Die Gemeinkostenmaterialien sind im SAP nicht mit Materialnummern hinterlegt und können auch nicht über den Lieferanten und die Kostenstelle als Schlüssel ermittelt werden, da, wie im Kapitel 2.2 Kostenermittlung Seite 25 schon erklärt, die Verknüpfung im SAP gesperrt ist.



Um eine zuverlässige Bewertung dieser Materialkosten zu erlangen, war es notwendig über einen angemessenen Zeitraum (19.08. bis 18.11.2003) die Bestelllisten und Lieferscheine der Fa. Selk und des Standortes Deutschlandsberg auszuwerten (Datenursprung: Lager H03 Hr. Lawucker, siehe Diagramm Anhang A3 GK-Materialverbrauch Lagerabgänge). Die Selektion der Materialien erfolgte nach der Höhe der verursachten kumulierten Jahreskosten ab 1000 Euro und nach deren Verwendung und der verantwortlichen Kostenstellen. In den folgenden Betrachtungen finden all diejenigen Gemeinkostenmaterialien Berücksichtigung, deren Monatssummen oberhalb von 500 Euro liegen. Dadurch und durch eine ebenfalls notwendige Abgrenzung entgegen der nicht in dieser Arbeit Berücksichtigung findenden Fertigungsprozessschritte ergeben sich die unten angeführten zehn Materialien, wobei beim Schleifpapier, bei den Pinseln und den Perlonhandschuhen jeweils die verschiedenen Größen zusammengefasst wurden. Außerdem wurden die Mengen der Perlonhandschuhe und die des Schleifpapiers um die Verbrauchsanteile anderer Abteilungen in Kutina bereinigt.

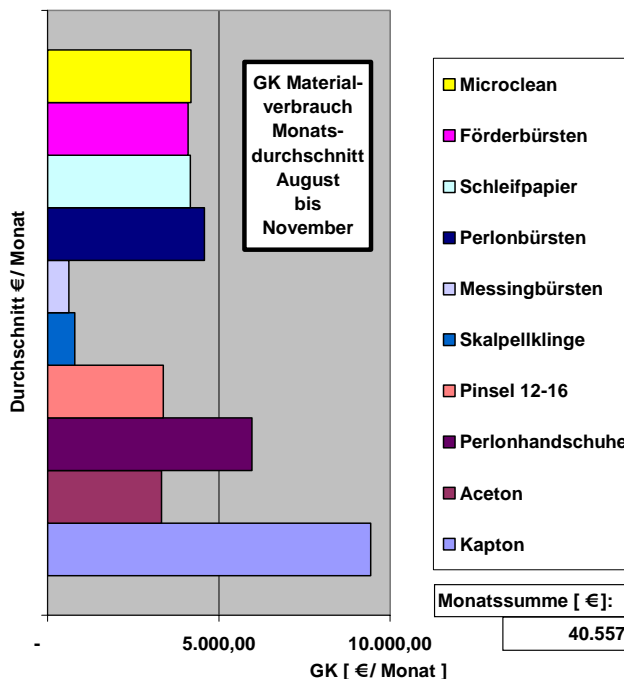


Diagramm 2-5 : Monatsdurchschnitt der GK-Materialien (19.08. bis 18.11.2003)



Kosten / Monat (19.08. bis 18.11.2003)	Menge	Durchschnitt	Preis [€] je	
Microclean	1.398	4.193	3.000,00	1000 #
Förderbürsten	8,2	4.100	500,00	1 m2
Schleifpapier	5710	4.168	73,00	100 #
Perlonbürsten	1.408	4.576	3,25	1 #
Messingbürsten	200	620	3,10	1 #
Skalpellklinge	4.396	791	0,18	1 #
Pinsel 12-16	622	3.384	5,44	1 #
Perlonhandschuhe	3.730	5.968	1,60	1 #
Aceton	2.200	3.326	151,19	100 kg
Kapton	50.180	9.431	187,94	1000 m

Tabelle 2-6 : Kosten – GK Materialverbrauch Monatsdurchschnitt (19.08. bis 18.11.2003)

2.2.2.3 Lohnkosten

Die Lohnkosten basieren auf den nach REFA aufgenommenen Arbeitsminuten je Arbeitsschritt. Am 10.12.2003 wurden die gesamten Arbeitsminuten neu ermittelt und am 27.01.2004 für den Arbeitsschritt Löten/Trennen noch einmal neu gemessen. Das folgende Diagramm zeigt die Lohnkosten für die durchschnittliche monatliche Produktionsmenge von 255.277 Stück. Die Bewertung erfolgt, bei einem Leistungsgrad von 130 Prozent und einem variablen Materialgemeinkostensatz von 3,6 Prozent, mit einem Stundenlohn von € 5,51. In die weiteren Betrachtungen fließen die aufgenommenen Zeiten des 10.12.03 ein. Auf die Zeitdifferenzen wird in späteren Diskussionen eingegangen.





Minuten je 10.000 Piezos	ab 06. 03	ab 10.12.03	ab 27.01.04
Mont, Wickeln, Stifte	365	365	366
Löten, Trennen, Waschen	1.060	1.060	898
Abrisstest	44	35	35
opt. Kontrolle nach dem Löten	445	445	445
Passivieren	1.985	1.985	1.985
Kanten abkleben	765	765	765
Schleifen der Piezohülsen	-	215	215
Nittofolie durchstanzen	-	245	245
Mont, Verguss, Aushärten	1.270	1.030	1.030
Anguss entfernen	540	194	194
Ablängen der Stifte	140	138	138
Reinigung Pin, Schleifen	480	479	479
Endreinigen	350	310	310
Beschriften	215	96	96

Tabelle 2-7 : Lohnminuten je 10.000 Piezos (3 Zeitaufnahmen nach REFA)

Minuten / Monat	ab 06. 03	ab 10.12.03	ab 27.01.04
Mont, Wickeln, Stifte	93.176	93.176	93.431
Löten, Trennen, Waschen	270.593	270.593	229.238
Abrisstest	11.232	8.861	8.861
opt. Kontrolle nach dem Löten	113.598	113.598	113.598
Passivieren	506.724	506.724	506.724
Kanten abkleben	195.287	195.287	195.287
Schleifen der Piezohülsen	-	54.884	54.884
Nittofolie durchstanzen	-	62.543	62.543
Mont, Verguss, Aushärten	324.201	262.935	262.935
Anguss entfernen	137.849	49.524	49.524
Ablängen der Stifte	35.739	35.228	35.228
Reinigung Pin, Schleifen	122.533	122.277	122.277
Endreinigen	89.347	79.136	79.136
Beschriften	54.884	24.507	24.507

Tabelle 2-8 : Lohnminuten je Monat (für 255.277 Stück)

	[€/h]	[€/min]
Lohn [100%]	5,316	0,0886
Lohn [130%]	4,089	0,0682
Lohn [130% 3,6%GK]	4,236	0,0706

Tabelle 2-9 : Lohn je Minute

Mit obigen Tabellen, wobei der Lohn von Euro 0,0706 je Minute zur Verrechnung gelangt, ergeben sich die nachfolgenden Kosten für die einzelnen Arbeitsschritte der einzelnen Zeitaufnahmen.



Kosten / Monat	ab 06. 03	ab 10.12.03	ab 27.01.04
Mont, Wickeln, Stifte	6.579	6.579	6.597
Löten, Trennen, Waschen	19.106	19.106	16.186
Abrisstest	793	626	626
opt. Kontrolle nach dem Löten	8.021	8.021	8.021
Passivieren	35.778	35.778	35.778
Kanten abkleben	13.789	13.789	13.789
Schleifen der Piezohülsen	-	3.875	3.875
Nittofolie durchstanzen	-	4.416	4.416
Mont, Verguss, Aushärten	22.891	18.565	18.565
Anguss entfernen	9.733	3.497	3.497
Ablängen der Stifte	2.523	2.487	2.487
Reinigung Pin, Schleifen	8.652	8.634	8.634
Endreinigen	6.309	5.588	5.588
Beschriften	3.875	1.730	1.730

Tabelle 2-10 : Kosten – Lohn Monatsdurchschnitt je Arbeitsschritt (für 255.277 Stück)

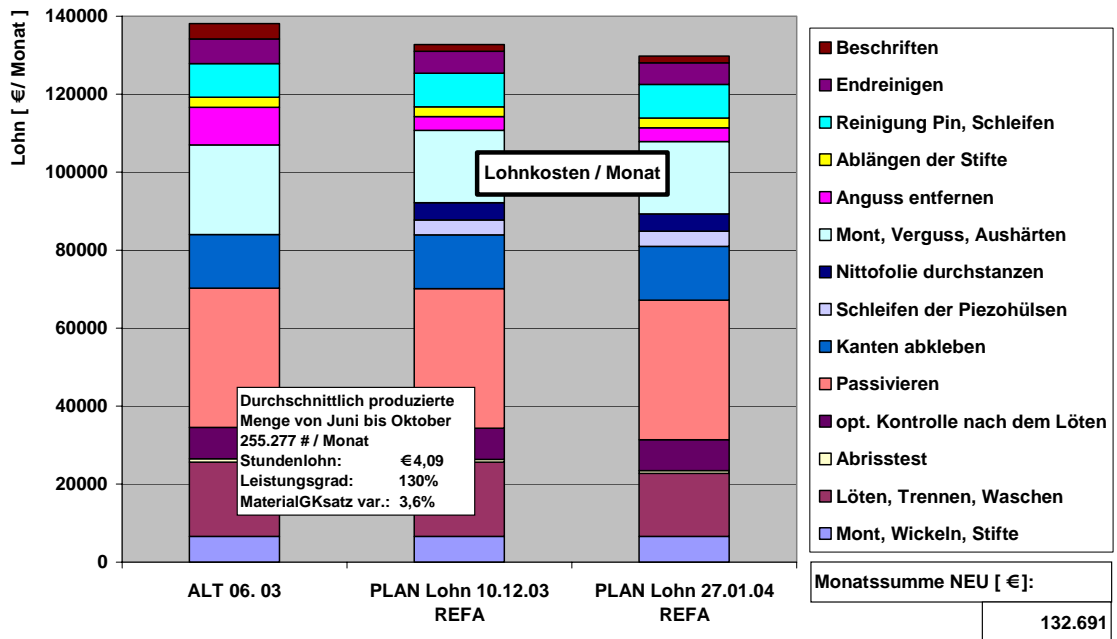


Diagramm 2-6 : Monatsdurchschnitt der Lohnkosten je Arbeitsschritt



3 POTENTIALE

Um die in diesem Kapitel aufgeführten Potentiale monetär und nach ihrer Durchführbarkeit bewerten zu können, sind als erstes die voraussichtlichen (PLAN) Kosten festzulegen. Im Diplomarbeitsauftrag, zugleich das Pflichtenheft dieser Arbeit, ist eine wöchentliche Produktionsmenge von 120.000 Piezos als PLAN-Produktionsmenge für das Jahr 2004 festgelegt. Aufgrund der unterschiedlichen Möglichkeiten und Bestrebungen zur Kostenreduktion wird im Kapitel 3.2 SOLL-Kosten-Diskussion für die drei Kostengruppen Einzelkosten-, Gemeinkostenmaterial und Löhne der zukünftige PLAN-Zustand mit dem unter gewissen Voraussetzungen zu erzielenden SOLL-Zustand verglichen. Die sich hieraus ergebenden Potentiale werden anschließend in Bezug auf die Wahrscheinlichkeit ihrer Umsetzbarkeit bewertet. Die Darstellung, hinsichtlich der Art der Bestrebungen zusammengefasst, findet sich im Kapitel 3.3 Potentialgruppen.

3.1 PLAN-Kosten

Die PLAN-Kosten werden aus den IST-Kosten hergeleitet. Die IST-Kosten für Einzelkosten-, Gemeinkostenmaterial und Löhne im vorigen Kapitel wurden, bei einer durchschnittlich produzierten Menge Piezos von 255k Stück Piezos je Monat, d.h. 58.910 # je Kalenderwoche, für Juni bis Oktober 2003 ermittelt.

Die Planmenge der zu produzierenden Piezos für das Jahr 2004 ist auf 120k je KW festgelegt. Dies bedeutet, dass die IST-Kosten mit dem Quotienten von PLAN/IST-Produktionsmenge je Kalenderwoche zu multiplizieren sind, um so die zu erwartenden PLAN - Kosten zu erhalten. Bei der Summenbildung dieser PLAN-Kosten ergibt sich eine jährliche Belastung von 6,5 Millionen Euro für die Arbeitsschritte Wickeln bis Beschriften der Fa. Selk in Kutina.

Diese PLAN-Kosten fließen als Basis in die SOLL-Kosten-Diskussion unter der Bezeichnung { PLAN f(Durchschnitt) } ein (siehe folgende Tabelle). Als zweite Basis, die nur bei den Einzelkostenmaterialien zum Zuge kommt, sind die bewerteten Mengen aufgrund der Stücklistendaten mit der Bezeichnung { PLAN f(Stückliste) } zu vermerken (siehe Kapitel 3.2.1 Einzelkostenmaterialien).





Die folgende Tabelle zeigt in den ersten zwei Datenspalten die durchschnittlichen IST-Kosten für EK-, GK-Materialien und Löhne für die Monate Juni bis Oktober des Jahres 2003 je Monat und Jahr. In den zwei rechten Spalten finden sich die zu erwartenden PLAN-Kosten für das Jahr 2004 auf der Basis von 120.0 Stück produzierte Aktoren je KW.

Kosten [EURO]		IST		PLAN f(Durchschnitt)	
	Piezo Stück [# / - KW] - Monat] - Jahr]	Durchschnitt		Hochlauf	
		58.910		120.000	
		255.277		520.000	
		3.063.319		6.240.000	
		Durchschnitt [€/ mon]	Durchschnitt [€/ a]	Durchschnitt [€/ mon]	Durchschnitt [€/ a]
Einzelkosten	Stift 1,0	4.319	51.829	8.798	105.576
Material	Stift 1,2	3.607	43.282	7.347	88.166
	Stahldraht	2.387	28.644	4.862	58.348
	Flussmittel	3.060	36.725	6.234	74.809
	Lotband	15.522	186.267	31.619	379.427
	Silikonelastomer	5.456	65.477	11.115	133.378
	Polyimidband	4.877	58.528	9.935	119.221
PLAN [€/ Jahr]	Piezohülse unten	4.035	48.419	8.219	98.629
2.240.567	Piezohülse oben	2.610	31.324	5.317	63.807
IST [€/ Jahr]	Abdichtscheiben	27.328	327.942	55.668	668.020
1.099.932	Vergussmasse	18.458	221.495	37.599	451.187
Gemeinkosten	Kapton	9.431	113.171	19.211	230.529
Material	Aceton	3.326	39.914	6.775	81.305
	Perlonhandschuhe	5.968	71.616	12.157	145.882
	Pinsel 12-16	3.384	40.604	6.893	82.711
	Skalpellklinge	791	9.495	1.612	19.342
	Messingbürsten	620	7.440	1.263	15.155
PLAN [€/ Jahr]	Perlonbürsten	4.576	54.912	9.321	111.856
991.381	Schleifpapier	4.168	50.020	8.491	101.890
IST [€/ Jahr]	Förderbürsten	4.100	49.200	8.352	100.221
486.685	Microclean	4.193	50.314	8.541	102.489
Lohnkosten	Mont, Wickeln, Stifte	6.579	78.947	13.401	160.815
NEU 10. 12. 03	Löten, Trennen, Waschen	19.106	229.271	38.919	467.025
	Abrisstest	626	7.508	1.274	15.293
	opt. Kontrolle nach dem Löten	8.021	96.250	16.339	196.063
	Passivieren	35.778	429.342	72.881	874.571
	Kanten abkleben	13.789	165.464	28.088	337.051
	Schleifen der Piezohülsen	3.875	46.503	7.894	94.727
	Nittofolie durchstanzen	4.416	52.992	8.995	107.945
	Mont, Verguss, Aushärten	18.565	222.782	37.817	453.808
	Anguss entfernen	3.497	41.961	7.123	85.474
PLAN [€/ Jahr]	Ablängen der Stifte	2.487	29.848	5.067	60.801
3.243.497	Reinigung Pin, Schleifen	8.634	103.604	17.587	211.043
IST [€/ Jahr]	Endreinigen	5.588	67.051	11.382	136.583
1.592.286	Beschriften	1.730	20.764	3.525	42.297
	Gesamtsumme	264.909	3.178.903	539.620	6.475.445

Tabelle 3-11 : IST-PLAN f(Durchschnitt) – Kostentabelle

3.2 SOLL-Kosten-Diskussion

In diesem Kapitel finden sich nach Einzelkostenmaterialien, Gemeinkostenmaterialien und Lohnkosten bzw. Arbeitsschritten sortiert die Sollkosten je Jahr. Diese Sollkosten sind einerseits das Ergebnis der Festlegung der im Idealfall benötigten Menge an Leistung, andererseits ein Produkt der möglichen Einsparungen auf die Plankosten je





Jahr aus dem vorigen Kapitel. Vorweg ist festzuhalten, dass bei allen Materialien unbedingt die Einkaufspreise noch zu verhandeln sind, da sich hier seit Anfang 2003 die Mengen verdreifacht haben und die Preise gleich geblieben sind (siehe Tabelle 2-3 : Einzelkostenmaterial Preise SAP MM03 vom 15. 11. 2003).

3.2.1 Einzelkostenmaterialien

Im folgenden Diagramm sind die Einzelkostenmaterialien, die in den zu untersuchenden Arbeitsschritten in das Endprodukt einfließen, als Plankosten auf Grund der durchschnittlichen Verbrauchszahlen aus dem Jahre 2003 und zweitens auf Basis der Stücklisten aufgezeigt. Die Plankosten, bei Hochrechnung der Durchschnittskosten aus dem letzten Jahr, sind die Ausgangsbasis, auf der die möglichen Ratiopotentiale aufgesetzt werden. Auf die Plankosten auf Basis der Stücklistenmengen wird im Einzelnen je Material eingegangen. Hier zeigte sich, dass die in den Stücklisten und damit auch die in der Kalkulation wirksamen Mengen nicht mit den tatsächlich verbrauchten Mengen an Einzelkostenmaterialien übereinstimmen. Dies hat unterschiedliche Gründe. Falsche Annahmen, aber vor allem nicht überwachte Prozesse verursachen einen zu hohen Verbrauch.



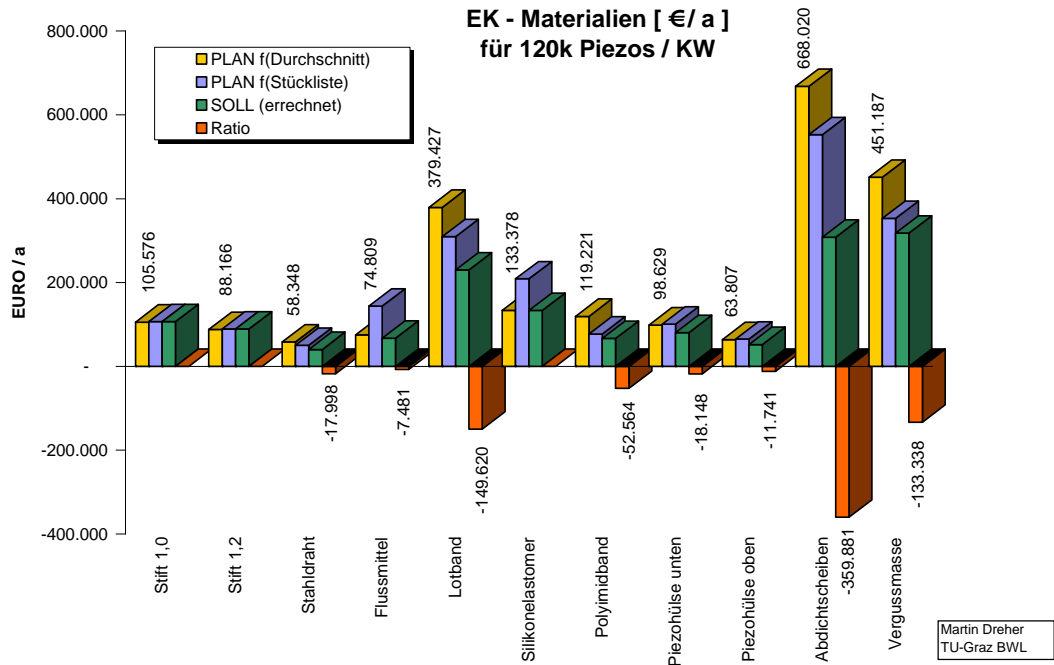


Diagramm 3-1 : Einzelkosten RATIO Übersicht

Kosten [Euro / a]	PLAN f(Durchschnitt)	PLAN f(Stückliste)	SOLL (errechnet)	Ratio
Stift 1,0	105.576	106.704	106.704	0
Stift 1,2	88.166	89.107	89.107	0
Stahldraht	58.348	50.438	40.350	- 17.998
Flussmittel	74.809	143.508	67.328	- 7.481
Lotband	379.427	309.504	229.807	- 149.620
Silikonelastomer	133.378	208.683	133.378	0
Polyimidband	119.221	77.150	66.657	- 52.564
Piezohülse unten	98.629	100.601	80.481	- 18.148
Piezohülse oben	63.807	65.083	52.067	- 11.741
Abdichtscheiben	668.020	552.864	308.139	- 359.881
Vergussmasse	451.187	353.165	317.849	- 133.338
S U M M E :	2.240.567	2.056.807	1.491.866	- 750.770

Tabelle 3-12 : Einzelkosten RATIO Übersicht

3.2.1.1 Stift 1,0 und Stift 1,2

Die beiden Anschlussstifte haben Preisänderungen in unterschiedlicher Richtung und eine Mengensteigerung entsprechend der Piezostückzahl erfahren. Die unterschiedliche Preisänderung lässt sich zum heutigen Datum nicht erklären, dies ist jedoch bei zukünftigen Preisverhandlungen, die unbedingt notwendig sind, ebenfalls zu

klären. Die zu verhandelnde Stückzahl entspricht der zu produzierenden Aktorenstückzahl.

3.2.1.2 Stahldraht

Zu Beginn wurde für die Prototypenserie ein sich am Lager befindender Stahldraht verwendet. Auch hier wurde der Preis trotz großer Mengen nie neu ausgehandelt. Der um 16 Prozent höhere Verbrauch als der in den Stücklisten hinterlegte, ist ebenfalls zu hinterfragen. Erklärbar wäre der Mehrverbrauch durch die beidseitige Umwicklung des MPH (Mehrfachprodukthalter). Diese Mengen Draht, die hier am Anfang und am Ende des Halters um die Spindeln umgelenkt werden, entsprechen in etwa dem angeführten Mehrverbrauch. Um die Zuverlässigkeit der Kalkulation zu gewährleisten und die Disposition zu unterstützen, sollte die Stückliste angepasst werden. Die angeführte Menge von 23.035 Gramm für 10.000 Aktoren ist durch 29.428 Gramm zu ersetzen.

3.2.1.3 Flussmittel

Die Verbrauchsmenge an Flussmittel lag in den Monaten Juni bis Oktober 2003 bei 3,13 Kilogramm je 10.000 produzierter Aktoren, nicht wie in der Stückliste hinterlegt bei 6 Kilogramm. Hier sind ebenfalls die Stücklisten anzupassen.

3.2.1.4 Lotband

Der Einsatz des Lotbandes und die Greiferbewegung an sich muss fortlaufend kontrolliert werden. Der Verbrauch ist bei unten aufgeführten Daten um 33 Prozent zu hoch:

Hochlauf (120k): 1.223.000 m /a (auf Basis Verbrauch 2003: 4x30+19 mm je Aktor)

Hochlauf (120k): 999.000 m /a (auf Basis der Stückliste: 4x30+10 mm je Aktor)

Hochlauf (120k): 824.000 m /a (Idealfall: 4x28,4+4,6 mm je Aktor)

Bei einer tatsächlichen Lötlänge (Breite der Drahtarfe) von 28,4 mm, einem beidseitigen Überstand der Thermode von 0,8 mm und der Annahme, dass durch ein Perlen des Lots noch zusätzlich 1 mm, durch eine notwendige sichere Greiflänge 1 mm und durch eine Sicherheitsdistanz zur Thermode ebenfalls 1 mm verloren gehen, entspricht dies einer Ideallotmenge je Aktor von $4 \times (30 + 3)$ mm bei einer Thermodenlänge von 30 mm. In der Realität werden aber $4 \times (30 + 19)$ mm Lot für das zweimalige Löten der Stifte und des Aktors verbraucht. Dies entspricht einem zu hohen

Verbrauch von ca. 48 Prozent (a). Der Grund für diesen hohen Verbrauch hat verschiedene Ursachen. Die erste und am leichtesten zu beeinflussende Ursache ist die bestehende Greiferlänge. Da sich diese nicht eignet, das notwendige Lot nur 1 Millimeter über den zu lötenen Stack überragend zu befördern, muss diese Länge des abgesetzten Vorderteiles unbedingt um mindestens 10 Millimeter verlängert werden. Derzeit muss der Greifer 10 Millimeter zu weit bewegt werden, um eine Kollision mit dem MPH zu vermeiden. Auf der Spenderseite des Lotes wird durch eine Längsbewegung der gesamten Halterung (inklusive der Aufnahmerolle) nach dem Löten und Abkühlen das Lotband von der Lötstelle abgerissen. Somit federn 2 bis 4 Millimeter des Lotbandes für die folgende Lötung stark zurück und damit ist das Lot für den Greifer nicht mehr klar definiert greifbar, d.h. hier gehen ca. 6 Millimeter Lot verloren. Würde dieser Abriss nach der Erstarrungszeit des Lotes zeitlich optimiert werden, ließen sich hier bis zu 4 Millimeter einsparen. Der genaue Zeitpunkt für das Abreißen wäre einige Sekunden früher als bisher, jedoch nicht zu früh, um ein starkes Fließen des Lotes zu vermeiden. Hier ist natürlich zu fixieren in wie weit eine kleine Lotspitze, die dann in die Silikonmasse ragt, ein Problem darstellt. In dem Ratiopotential, in Euro ausgedrückt 149k, ist eine Preisreduktion von 10 Prozent (b) eingerechnet. Dieses Gesamtratio ist bei den Verbrauchsmengen für die zu produzierenden Aktoren als maximal Erzielbares anzusehen. In Summe sind das nach $(x = a + b - a * b)$ um 54 Prozent zu hohe Kosten.

3.2.1.5 Silikonelastomer

Von dieser als Passiviermittel eingesetzten Silikonmischung werden 36 Prozent weniger als in der Stückliste und der Kalkulation aufgeführt verbraucht. Zu vermerken ist eine Differenz von 75k Euro. Auch hier ist es notwendig die Stücklisten anzupassen.

3.2.1.6 Polyimidband

Die Polyimidfolie übernimmt die Funktion einer Isolierschicht um zu gewährleisten, dass bei schlecht passivierten Aktoren und durch Berühren der umschlingenden Drahtarfe des Stacks kein Durchschlagen der Betriebsspannung an den Längskanten des Piezoaktors zum Ausfall des Aktors führen kann. Sie wird von Hand aufgebracht, indem der gelötete und passivierte Aktor auf einem Schneidbrett in eine Rille geklemmt wird. Das Band, von der Rolle abgezogen, wird aufgeklebt und mit dem freien Ende auf dem Brett fixiert und dann beidseitig mit einem Skalpell abgetrennt. In der Stückliste ist

eine Menge von $2 \times (30 + 7,5)$ mm hinterlegt. Die durchschnittlichen Verbrauchszahlen zeigen nun aber, dass je Aktor $2 \times (30 + 28)$ mm verwertet werden, d.h. es werden, bei einer vorausgesetzten Idealmenge von $2 \times (30 + 6)$ mm, 61 Prozent zuviel verbraucht. Kontrollen vor Ort haben gezeigt, dass es notwendig ist, die Schneidbretter mit einem schlanken Anschlag, über dessen Kante das Band fixiert werden kann, zu versehen. Je nach Arbeiterin ergeben sich hier derzeit bei jedem Klebeschritt zwischen 40 und 90 Prozent Verschnitt. Die Verbesserung, der Umbau der Schneidbretter, eine Einbeziehung der Arbeiterinnen in diese Problematik und eine Reduktion des Einkaufspreises um 10 Prozent ergeben im Idealfall ein Ratiopotential von 65 Prozent, in Euro 53k.

3.2.1.7 Piezohülse unten und oben

Auch hier sind die Preise bei erheblich gesteigener Stückzahl nicht neu verhandelt worden. Im Geschäftsjahr 2003 wurde die Piezohülse unten nachgearbeitet. Dies war notwendig, da die Maßhaltigkeit der Hüslenlänge, die angeliefert wurden, nicht gewährleistet war. Es dauerte ein Jahr bis beim Lieferanten ein neues Werkzeug beauftragt wurde und die schon gelieferten Teile aufgebraucht waren. Die so verursachten Lohnkosten bewegten sich ca. in der Höhe von Euro 75k und der GK-Materialaufwand an Schleifpapier etwa bei Euro 20k.

3.2.1.8 Abdichtscheiben

Die Abdichtscheiben kommen beim Verguss der Aktoren zum Einsatz. Sie haben zwei Aufgaben zu erfüllen. Als erstes dienen sie zum Schutz vor Verschmutzung der Stackstirnflächen und der Vergusshorden und als zweites gegen das Auslaufen der undicht gestalteten Piezohülsen.

Nach dem Einbau des kontaktierten, d.h. mit der Drahtarfe verlöteten, passivierten und geklebten Stacks in die Piezohülsen werden die beiden Stirnseiten jeweils mit Abdichtscheiben, die je zwei Löcher aufweisen, abgeklebt. Auf der Oberseite dienen die zwei Löcher der Folie und der Hülse als Durchlassöffnungen für die Anschlussstifte, an der Unterseite wird die Abdichtscheibe deckungsgleich mit den zwei Bohrungen der Piezohülse aufgeklebt. Diese Löcher dienen dem Verguss. Das Loch für den Verguss und das Loch für die Entlüftung befinden sich also auf der gleichen Seite. Als Material kommt das Folienmaterial (thermal release sheet) der Fa. Nitto zum Einsatz. Diese Folie lässt sich nach dem Trocknen, das auf den Verguss



folgt um das Silikon zu erstarren, durch die thermische Deaktivierung problemlos und rückstandsfrei ablösen.

Zum heutigen Zeitpunkt ist die Änderung des Stanzverfahrens von normalem Folgeschnitt auf ein Folgeschnittwerkzeug einer Schnellläuferexzenterpresse bereits von Herrn Amerer durchgeführt worden (Ratio Euro 314k). Hiermit wurde der Großteil der hier möglichen Ratio, da die Stanzkosten 85 Prozent der Abdeckfolien-Kosten ausmachten, schon realisiert. Der um 20 Prozent zu hohe Verbrauch wird durch das alte Stanzverfahren verursacht. Die Folien, deren Löcher nicht sauber vom Stanzabfall befreit angeliefert wurden, werden seit einem Jahr nachgearbeitet. Dieser erhöhte Verbrauch und die Nacharbeit werden ebenfalls vom neuen Stanzverfahren unterbunden. Das Gesamtratio beträgt Euro 360k. Bei einem Wechsel des Materials von der teuren Nittofolie auf eine billige Polyamidklebefolie, deren Kleber sich rückstandsfrei abziehen lässt, wäre das restliche Teilratio von Euro 46k zu realisieren.

3.2.1.9 Vergussmasse

Mit dem Durchschnittswert der Monate Juni bis Oktober 2003 als Basis, hochgerechnet auf die zu Grunde gelegte Menge von 120k Stück Piezoaktoren je Woche, ist mit einer Jahresmenge von 18.400 kg an Verbrauch der Vergussmasse Sylgard 567, d.h. mit 27,8 Prozent mehr als die vorgesehenen 14.400 Kilogramm zu rechnen. Dies entspricht bei der Annahme einer zusätzlich möglichen Preisreduktion von 10 Prozent einem Mehraufwand an Kosten von Euro 133k. Eine Umrüstung beider Vergussköpfe von Fünf- auf Zehnfachverguss ist dringend anzuraten. So wird die überlaufende Vergussmasse um ca. 30 Prozent reduziert.

3.2.2 Gemeinkostenmaterialien

Im nachfolgenden Diagramm und in der darauf folgenden Tabelle sind die Gemeinkostenmaterialien, die in den zu untersuchenden Arbeitsschritten für die Durchführung dieser zum Einsatz gelangen, aufgeführt. Unter den Plankosten in Funktion des Durchschnitts sind zu erwartenden Jahreskosten, hochgerechnet von den im Jahre 2003 verbrauchten Mengen, zu verstehen. Die SOLL-Kosten sind nach zwei Kriterien in Gruppen zusammengefasst. Ohne das Material hinsichtlich technischer Spezifikationen und/oder der Qualität zu ändern, werden die zu erwartenden Kosten im Datensatz { SOLL f(Lieferanten- / Preisänderung) } dargestellt. Die sich hier





ergebenden Kostenreduktionen sind das Ergebnis marktseitiger Verbesserungen wie Lieferantenwechsel und Preisverhandlungen. Das zweite Kriterium, nach dem mögliche Einsparungsmaßnahmen aufgezeigt werden, sind Änderungen, die in den Ablauf der Fertigung eingreifen. Die sich hier ergebenden Möglichkeiten sind in dem Datensatz { SOLL f(Einsatz- / Prozessänderung) } angeführt.

Ist einer der Werte der Datensätze auf Null gesetzt, gibt es in Bezug auf die oben erwähnten Kriterien keine Möglichkeit Änderungen durchzuführen. Im vierten Datensatz { Ratio } werden die möglichen Einsparungen nach den beiden Kriterien ineinander gerechnet. Fallweise schließen sich diese jedoch aus oder sind beide möglich und wirksam. Hier ist die maximal mögliche Ratio aufgeführt.

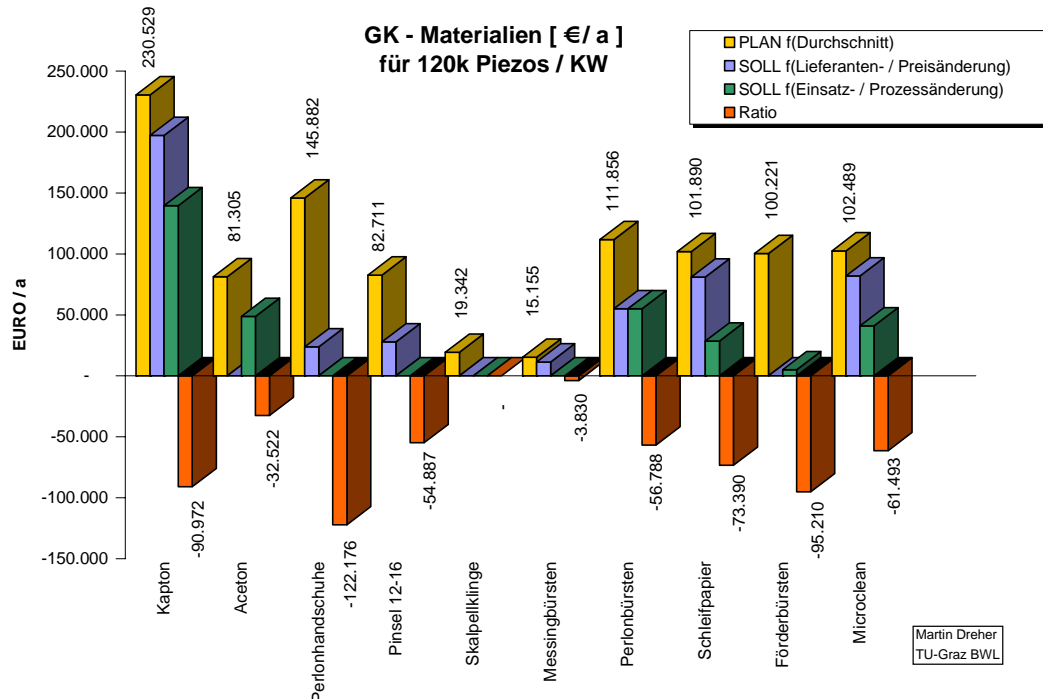


Diagramm 3-2 : Gemeinkosten RATIO Übersicht



Kosten [Euro / a]	PLAN f(Durchschnitt)	SOLL f(Lieferanten- / Preisänderung)	SOLL f(Einsatz- / Prozessänderung)	Ratio
Kapton	230.529	197.178	139.557	- 90.972
Aceton	81.305	-	48.783	- 32.522
Perlonhandschuhe	145.882	23.706	-	- 122.176
Pinsel 12-16	82.711	27.824	-	- 54.887
Skalpellklinge	19.342	-	-	-
Messingbürsten	15.155	11.326	-	- 3.830
Perlonbürsten	111.856	55.068	55.068	- 56.788
Schleifpapier	101.890	80.954	28.500	- 73.390
Förderbürsten	100.221	-	5.011	- 95.210
Microclean	102.489	81.991	40.996	- 61.493
S U M M E :	991.381			- 591.270

Tabelle 3-13 : Gemeinkosten RATIO Übersicht

3.2.2.1 Kapton

Vor Ort an den Löt pärchen zeigt sich, dass das Kaptonband von einem Rollendurchmesser von maximal 118 Millimeter und einem minimalen von 89 Millimeter gespendet wird. Aufgerollt wird auf einem Anfangsdurchmesser von 56 Millimeter mittels eines Schrittmotors der Fa. Festo. Dieser ist fix auf einen zu absolvierenden Inkrementwinkel eingestellt. Die Einstellung erfolgt wie auch beim Einzelkostenmaterial Lot nur sporadisch. Für die Häufigkeit der Einstellung und deren regelmäßige Überwachung ist dringend eine Fertigungsvorschrift von Nöten. Nur so kann gewährleistet werden, dass der Verbrauch auf Dauer minimal gehalten wird. Die anfänglich eingestellte und benötigte Länge beläuft sich auf (30+5) Millimeter je Löt vorgang. Diese ergibt sich aus der Thermodenlänge mit 30 mm und einer entsprechenden Sicherheit von 5 Millimeter. Da sich nun beim Aufspulen des verbrauchten Kaptonbandes auf Grund des sehr kleinen Anfangsdurchmessers der Durchmesser stark vergrößert, wird durch die fixe Vorgabe des Inkrements immer mehr Kaptonfolie nachgezogen. Dies hat zur Folge, dass im Durchschnitt ein Gesamtverschnitt von 19 Millimeter anstatt der vorgesehenen 5 Millimeter des Bandes je Löt vorgang zu verzeichnen ist. Ein zweiter Ansatzpunkt für ein weiteres Ratiopotential ist die Breite des zum Einsatz kommenden Kaptonbandes. Ursprünglich wurde ein 5 Millimeter breites, nicht wie derzeit ein 7 Millimeter breites eingesetzt. Beim Einsatz des 5 Millimeter breiten Kaptonbandes gab es immer wieder Probleme, da die Thermode, die eigentlich durch den Einsatz des Kaptonbandes vor einer Benetzung durch das Lot geschützt werden sollte, verschmutzte. Diese Verschmutzung ist bei einer ebenen Benetzung, wie es beim Löten der flachen Stacks





der Fall ist, wahrscheinlich. Beim Löten der Stifte jedoch, wo die Benetzung nicht flächig, sondern keilförmig zwischen der Drahtarfe und den darunter liegenden runden Stiften erfolgt, ist mit hoher Wahrscheinlichkeit die 5 Millimeter breite Folie ausreichend. Dieses Zurückstellen der Prozessspezifikation beim Löten der Stifte auf den alten Zustand würde, da hiervon die Hälfte der Arbeitsschritte Löten betroffen wären, im Mittel eine Preisreduktion von Euro 187,94 auf Euro 160,75 je 1000 Meter Kaptonfolie mit sich bringen. Die Bezugspreise sind auch hier auf Grund der um das dreifache angestiegenen Mengen unbedingt neu zu verhandeln. Außerdem ist vom Einkauf zu eruieren, ob es nicht möglich ist, die Folie direkt von Du Pont zu beziehen oder zumindest vom österreichischen Generalimporteur und nicht vom derzeitigen Lieferanten. In Summe tragen die angeführten Bestrebungen ein Ratiopotential von Euro 90k in sich.

3.2.2.2 Aceton

Beim Aceton, das zur Reinigung nach verschiedenen Arbeitsschritten im Ultraschallbad zum Einsatz kommt, ist in Übereinstimmung mit den anderen Fertigungsbereichen in Kutina und mit allen anderen Geschäftsgebieten in Deutschlandsberg eine Recyclinganlage in Erwägung zu ziehen. Die Reinheitsanforderungen sind nicht in allen Anwendungsfällen gleich hoch. Somit kann ein Teil der hier verursachten Kosten mit anderen Kostenstellen geteilt werden. Es werden derzeit schon Bestrebungen unternommen, um eine Rückführung von gebrauchtem Aceton in den gegenwärtigen Kreislauf zu erzielen.

3.2.2.3 Perlonhandschuhe

Für die Handarbeitsplätze kommen Perlonhandschuhe zum Einsatz. Je nach Anwendungsgebiet dienen sie als Schutz der Bauteile vor Handschweiß und / oder zum Schutz der Hände vor Verletzungen durch die scharfen Enden der abgetrennten Drahtarfen. Die Qualität, die hier zur Anwendung kommt, entspricht jedoch in keiner Weise der hier notwendigen. Die höchste Qualität wird nur in Deutschlandsberg beim Folienziehen, im Reinraum und beim Cutten benötigt und hier auch nur für wenige Arbeitsplätze. Es sind die Arbeitsplätze Handstapeln der Piezofolien, Handstapeln und Pressen für den Bereich Vielschicht und Cutten auf Dycemfolie. In Summe wurden betriebsweit im Geschäftsjahr 2003 170.000 Paare verbraucht. Bei einer wöchentlichen Produktion von 120.000 Stück Piezos verursacht dies einen Verbrauch von 91.000



Paaren jährlich für den Bereich Piezofertigung in Kutina. Bei der Annahme, dass die Stoffqualität bzw. die Dicke gleich bleibt, die Güte der Nähte und die Feinfühligkeit aber bei allen restlichen Arbeitsschritten eine untergeordnete Rolle spielen, kann der Preis um 70 Prozent reduziert werden. Dies entspricht einem Ratiopotential von Euro 102k alleine für die Fertigung in Kutina. Werkweit ist eine Ratio von Euro 200k realistisch. Durch die Verlagerungsbestrebungen von lohnintensiven Arbeitsschritten in Billiglohnländer und eine unzureichende Begleitung der Prozesse vor Ort ist auch bei diesem Material aufzuzeigen, dass der Informationsfluss und die notwendige Kontrolle nicht gewährleistet sind. In Deutschlandsberg werden die Handschuhe gewaschen und durchlaufen somit mehrere Kreisläufe. Entsprechend der Verbrauchsmengen in Kutina und dem mit Handschuhen versorgten Personalstand ist festzustellen, dass die Handschuhe im Mehrschichteinsatz maximal für die Dauer einer Schicht verwendet werden und nicht durch Waschen einer Mehrfachverwendung zugeführt werden.

3.2.2.4 Pinsel 12-16

Die Pinsel werden nicht wie vorgesehen einzig beim Arbeitsschritt Passivieren eingesetzt, sondern auch bei der Eingangskontrolle, beim Löten und beim Endreinigen. Zum Einsatz kommen Pinsel aus Reinmarderhaar, landläufig bekannt unter der Bezeichnung Aquarellpinsel. Ein Wechsel von diesen teuren Naturhaaren höchster Qualität auf andere Materialien ist kaum möglich, da die mit dem Kunden verhandelten Produktspezifikationen nur mit extrem hohem Aufwand geändert werden können. Hier ist fixiert, dass in der Vergussmasse Marderhaare vorkommen dürfen.

Nach Auswertung der Lieferscheine und Bestelllisten vom Herbst 2003 zeigte sich, dass Pinselgrößen von 8 bis 16 zum Einsatz kommen, wobei die großen Mengen vom 10er, 12er und vom 14er benötigt werden. Hochgerechnet auf die zu erwartenden Mengen ist mit einer Jahresstückzahl in Summe von ca. 20k zu rechnen. Dies entspricht in Euro 105k und im Durchschnitt einem Stückpreis von Euro 5,11. Dieser Durchschnittspreis ergibt sich aus den verschiedenen Stückpreisen von Euro 9,26 für einen 16er Pinsel bis zu einem Preis von Euro 3 für einen 8er.

Im Gespräch mit den Arbeiterinnen zeigte sich das folgende Bild. Bei der Eingangskontrolle werden eventuelle Verschmutzungen aus den Schleifritten gebürstet. Dies ist notwendig, um entsprechende qualitative Beurteilungen unter der Lupe durchführen zu können. Hier wäre ein billiger Borstenpinsel das richtige

Werkzeug. Der hier in Frage kommende 10er Pinsel im Stammhaus zum Preis von Euro 8,50 wird jedoch ebenfalls überteuert erworben. Der selbe Pinsel mit unlackiertem Schaft ist bei einem Großhändler um 25 Cent erhältlich.

Beim Löten werden die Pinsel verwendet, um das Flussmittel aufzubringen. Es zeigt sich, dass der Pinsel sich in kürzester Zeit auflöst. Dies ist im Prozess unzulässig und außerdem schlägt sich hier ein sehr hoher Verbrauch zu Buche. Diese Pinsel sind durch Pinsel entsprechend einer notwendigen Absprache mit dem Flussmittelhersteller zu ersetzen. Für das eingesetzte Flussmittel der Fa. ÖGUSSA mit der Bezeichnung Soldaflux werden üblicherweise Kunsthaarpinsel mitgeliefert. Diese sind zu prüfen und freizugeben.

Beim Passivieren, dem eigentlichen Einsatzort der Marderhaarpinsel, werden je nach Arbeiterin verschiedene Größen verwendet. Da der Arbeitsschritt immer derselbe ist, muss vom verantwortlichen Fertigungstechniker die ideale Pinselgröße festgelegt werden. Ein durchaus realistischer Preis eines 12er Marderhaarpinsels mit ähnlicher Steifigkeit aber mit billigeren Haaren ist mit Euro 1,45 anzusetzen.

Bei der Endkontrolle werden anstatt eines passenden Borstenpinsels 16er Pinsel verwendet. Um die notwendige Steifigkeit zu erhalten, kommen die Pinsel paarweise zusammengeklebt zum Einsatz. Dies ist natürlich die denkbar unglücklichste Wahl, da dieses Pärchen rund € 19 im Vergleich zu einem passenden Borstenpinsel mit Euro 0,25 je Stück an Kosten verursacht. Da keinerlei Aufzeichnungen über die mengen- und größenmäßige Verteilung nach den Einsatzorten der Pinsel existieren, kann die Ratio nur abgeschätzt werden. Sie wird sich aber sicher über Euro 60k bewegen.

3.2.2.5 Skalpellklinge

Dieser Posten mit einem Jahreskostenumfang von Euro 20k ist im Vergleich zu den anderen ein geringer, einzig der Preis kann hier neu verhandelt werden.

3.2.2.6 Messingbürsten

Nach eingehender Prüfung des Marktes ist hier festzuhalten, dass diese fair eingekauft werden. Da jedoch immer wieder Qualitätsprobleme wie ölige und ausfallende Borsten auftreten, ist zu überlegen, Bestrebungen hinsichtlich eines neuen zweiten Lieferanten zu tätigen. In der Produktion ist zu versuchen, die Antriebsmotoren, die auf eine Betriebsdrehzahl von 200 min^{-1} voreingestellt sind, auf eine möglichst hohe Drehzahl



einzustellen. Die ideale Drehzahl in Bezug auf die Standzeit bei Messingbürsten im Einsatzgebiet der Reinigung ist bei 1500 bis 2000 min^{-1} .

3.2.2.7 Perlonbürsten

Diese Bürsten werden ebenfalls für die Grobreinigung eingesetzt. Der derzeitige Preis von Euro 3,25 ist um mindestens 50 Prozent zu hoch. Hier ist es unbedingt notwendig, auf den gegenwärtigen Lieferanten Druck auszuüben. Parallel ist zu überlegen, ob es nicht von Vorteil wäre, wenn die Bürsten wie sonst üblich ohne Schaft eingekauft würden und die Schäfte für die linksdrehenden Bürsten (Rechtsgewinde der Spannschraube) separat gefertigt würden. Bei einer notwendigen Menge von ca. 35k je Jahr und Kosten von ca. Euro 110k wäre bei dieser Trennung eine Ratio von Euro 57k möglich. Auch hier wird, wie bei den Messingbürsten, mit einer viel zu niedrigen Drehzahl (200 min^{-1}) gereinigt. Die optimale Drehzahl für Reinigungsbürsten aus Perlon mit einem Durchmesser von 48 mm wäre bei 3500 min^{-1} . Da die Bürsten bei starker Verschmutzung jeweils vom Reinigungspersonal mit einer Schere getrimmt werden und dies drei Mal bis auf einen Durchmesser von ca. 22 mm erfolgt, wäre hier in Folge eine noch wesentlich höhere Drehzahl notwendig.

3.2.2.8 Schleifpapier

Die vorrangige Änderung ist eine Verbesserung der Materialabmessungen. Bis dato wird für das Schleifen der Stacks hauptsächlich ein 2500er Schleifpapier in Scheibenform mit einem Durchmesser von 250 mm eingesetzt. Diese Scheiben waren zum Zeitpunkt der Prototypenfertigung in der Vielschicht für die Schliffherstellung um einen Stückpreis von Euro 0,73 vorgesehen. Da nun aber in Serie gefertigt wird, benötigt der Bereich Piezo eine Jahresmenge von ca. 100k Stück. Durch das kantige Schleifen der Stacks von Hand und vor allem durch ein Verkanten der Ecken reißen die Schleifscheiben sehr oft ein und werden in Folge weggeworfen. Um diesen unnötig hohen Verbrauch zu reduzieren, ist das Schleifpapier, wie auch im Werkzeugbau üblich, in Rollenware von 40 bis 50 mm Breite einzukaufen. Dieses lässt sich beim Schleifen von Hand auf dem Tisch besser spannen und verursacht durch Reißen nicht so hohe Mengen an Abfall sowie in der Herstellung 20 Prozent weniger Verschnitt. Die mögliche Ratio beim Schleifpapier beläuft sich im Gesamten auf ca. Euro 85k.





3.2.2.9 Förderbürsten

Da der derzeitige Lieferant der Vertragshändler und einziger Lieferant des Herstellers für Österreich ist, lässt sich der Preis schwer drücken. Auf Umwegen über das Ausland bezogen würde dieses Material um 15 Prozent höhere Kosten verursachen. Um hier eine verbesserte Kostensituation zu erreichen, wäre es also notwendig, das Material durch ein anderes zu ersetzen oder den Prozessschritt anders zu gestalten. Im Zuge der Automatisierung, die beim Reinigen im Gange ist, sollte dieser Reinigungsschritt aufgenommen werden. Wenn demnach auf die Grobreinigung folgend auch die Feinreinigung mit entsprechenden Bürsten in automatisierter Durchführung erfolgt, kann auf dieses Material zur Gänze verzichtet werden. Sollte dies nicht zu hundert Prozent gelingen, würde ein Zwanzigstel der Förderbürsten ausreichen, wenn erst bei der Endprüfung entschieden wird, ob nach erledigter Feinreinigung dieser Arbeitsschritt notwendig ist. Hier ist eine Ratio von bis zu Euro 100k möglich.

3.2.2.10 Microclean

Andere Reinigungstücher kommen nach Aussage von Herrn Kastl nicht in Frage, da sich bei allen anderen getesteten Tüchern Fussel auf dem Produkt nachweisen ließen. Somit kann hier einzig der Preis verhandelt werden. Da aber trotz Mengen von 35.000 Stück jährlich ein Preis von Euro 3 entsprechend dem üblichen Marktstückpreis bezahlt wird, kann von mindestens einer 20prozentigen Preisreduktion ausgegangen werden. Bei einer Automatisierung der Reinigung kann durch eine Mengenreduktion von einer weiteren Reduktion der Kosten von bis zu 50 Prozent ausgegangen werden. Das Ratiopotential bewegt sich zwischen Euro 60k und 90k.

3.2.3 Lohnkosten

Die Lohnkosten sind ein Produkt der zu verrechnenden und zu bezahlenden Lohnminuten mit dem vertraglich festgelegten Stundenlohn der Fa. Selk in Kutina für die weiter verarbeiteten Mengen an Aktoren. Im nachfolgenden Diagramm und in der darauf folgenden Tabelle sind die zu entrichtenden Lohnkosten, die für die Durchführung in den zu untersuchenden Arbeitsschritten auf der Basis von 120k Stück Piezos je KW notwendig sind, aufgeführt.

Die Plankosten sind nach zwei verschiedenen Zeitaufnahmen gemäß REFA dargestellt. Die erste Zahlenreihe auf Basis der Zeitaufnahmen vom 10. 12. 03 differiert





zur neuen Aufnahme vom 27. 01. 03 einzig durch die Veränderungen beim Löten. Diese ergab sich aus einer veränderten Mehrmaschinenbetreuung durch den Hochlauf und eine damit verbundene Erhöhung der Anzahl an Betriebsmitteln.

Im Datensatz SOLL (IDEAL) sind mögliche Ratiopotentiale durch eine neue Strukturierung der Arbeitsabläufe, Bestrebungen hinsichtlich einer Automatisierung und Wegfall bzw. Ersatz der notwendigen Arbeitsleistung eingerechnet.

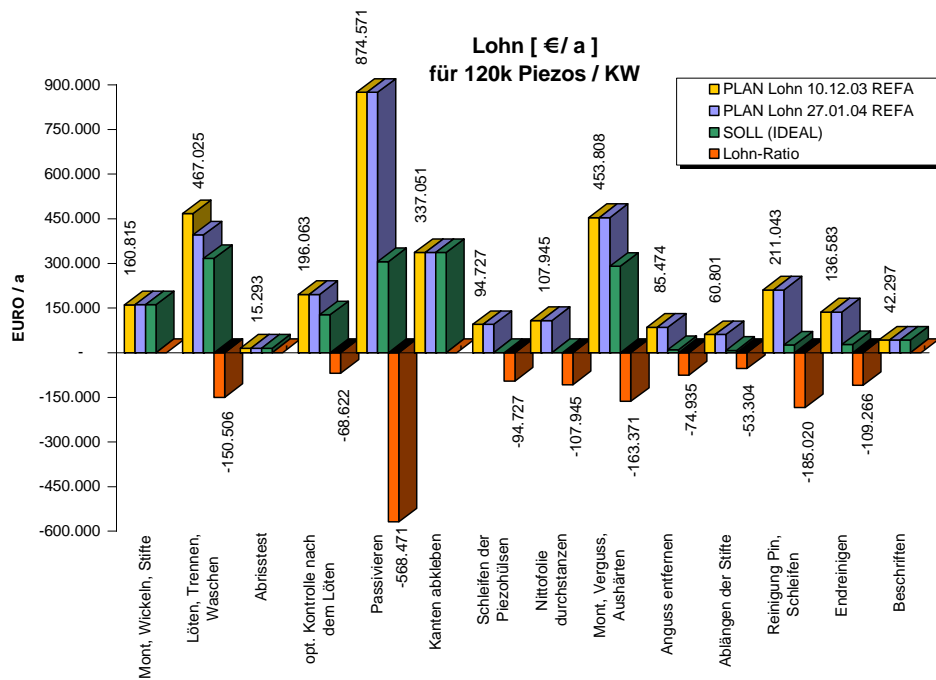


Diagramm 3-3 : Lohnkosten RATIO Übersicht



Kosten [Euro / a]	PLAN Lohn 10.12.03	PLAN Lohn 27.01.04	SOLL (IDEAL)	Ratio
Mont, Wickeln, Stifte	160.815	161.256	161.256	441
Löten, Trennen, Waschen	467.025	395.650	316.520	- 150.506
Abrisstest	15.293	15.293	15.293	-
opt. Kontrolle nach dem Löten	196.063	196.063	127.441	- 68.622
Passivieren	874.571	874.571	306.100	- 568.471
Kanten abkleben	337.051	337.051	337.051	-
Schleifen der Piezohülsen	94.727	94.727	-	- 94.727
Nittofolie durchstanzen	107.945	107.945	-	- 107.945
Mont, Verguss, Aushärten	453.808	453.808	290.437	- 163.371
Anguss entfernen	85.474	85.474	10.539	- 74.935
Ablängen der Stifte	60.801	60.801	7.497	- 53.304
Reinigung Pin, Schleifen	211.043	211.043	26.023	- 185.020
Endreinigen	136.583	136.583	27.317	- 109.266
Beschriften	42.297	42.297	42.297	-
S U M M E :	3.243.497	3.172.562	1.667.770	- 1.575.726

Tabelle 3-14 : Lohnkosten RATIO Übersicht

3.2.3.1 Mont, Wickeln, Stifte

In diesem Montagearbeitsschritt werden die Stacks, die von der RIS I-Messung für gut befunden worden sind, angeliefert und in die MPH eingelegt. Anschließend werden je Stack die beiden Stifte 1 und 1.2 mm eingelegt. Nun wird vom Automaten die Harfe gewickelt. Bei der neuen Zeitaufnahme differieren die Werte minimal, dies ist zu vernachlässigen. Die Arbeiterinnen, die diese Tätigkeit durchführen sind mit der abwechslungsweisen Bestückung der MPH voll ausgelastet. Hier ist also keine Ratio möglich.

3.2.3.2 Löten, Trennen, Waschen

Es sind derzeit neun Pärchen Lötautomaten im Einsatz. Jeder Arbeiter betreut je zwei Löt pärchen. Die H-förmig angeordneten Automaten umfassen je zwei Automaten für das Löten der Stifte links und zwei der Stacks rechts. Der Arbeiter steht am horizontalen Querbalken des H. Außerdem umfasst sein Aufgabengebiet das Beschaffen der vorbereiteten Horden von den vorgelagerten Arbeitsplätzen. Diese bestückten Horden werden nun, bevor sie in die Automaten eingebaut werden vom jeweiligen Arbeiter mit dem Flussmittel Soldaflux besprüht. Nach erfolgter Lötung der Stifte und der Aktoren in beiden Lötautomaten erfolgt durch das hier besprochene Personal eine optische Kontrolle der Lötung unter dem Mikroskop. Zum Abschluss werden die Horden zum Trennen weitergereicht. Hier sitzt ein weiterer Arbeiter, der für das gesamte Lötpersonal nach erfolgtem Waschen die Drahtarfen durchtrennt und die





Piezos im Anschluss in Transporthorden umschichtet. Diese werden schließlich vom Waschpersonal im Acetonultraschallbad gewaschen und mit Pressluft getrocknet.

Die Arbeitsschritte sind aus Sicht der Ablaufstruktur genau zu beleuchten. Unter der Voraussetzung, dass das Besprühen mit Soldaflux und der Transport der bestückten MPH vom Waschpersonal bewerkstelligt wird, besteht die Möglichkeit, das Lötpersonal für einen erhöhten Mehrmaschineneinsatz freizuspielen. In diesem Fall ist es jedoch unbedingt notwendig das Layout beim Löten zu ändern. Ebenfalls zu ändern sind die Abläufe bei der optischen Begutachtung der Lötqualität. Auch diese ist von nur einer Person durchzuführen. Die mögliche Ratio an Lohnkosten beträgt für das Löten, Trennen und Waschen Euro 150k.

3.2.3.3 Abrisstest

Beim Abrisstest würde einzig die Änderung der verlangten Testhäufigkeit eine Einsparung mit sich bringen.

3.2.3.4 Opt. Kontrolle nach dem Löten

Dieser Arbeitsschritt wird zum Teil unter Punkt 3.2.3.2 Löten, Trennen, Waschen mitbesprochen. Bei Einführung eines entsprechenden Prüfrelements - im Geschäftsgebiet Vielschicht unter dem Namen SkipLot bekannt - wäre jedoch durch eine Reduktion der Prüfhäufigkeit um 35 Prozent eine zusätzliche Ratio von Euro 68k möglich.

3.2.3.5 Passivieren

Hier laufen schon seit ca. 7 Monaten Bestrebungen, eine Automatisierung voranzutreiben. Das Passivieren ist mit Abstand der lohnintensivste Arbeitsschritt. Es ist mit Lohnkosten in der Höhe von Euro 875k jährlich zu rechnen. Dies entspricht 27 Prozent der gesamten Lohnkosten für die zu untersuchenden Arbeitsschritte und ermöglicht bei einer Reduktion der Arbeitszeit von nur 65 Prozent durch eine Automatisierung eine Ratio von Euro 570k. Für das Projekt Automatisierung Passivieren ist unbedingt ein Verantwortlicher zu bestimmen und in Folge ein bindender Terminplan abzugeben.





3.2.3.6 Kanten abkleben

Dieser Arbeitsschritt lässt sich nur schwer automatisieren. Wenn das Abkleben mit dem Poyimidband nicht durch Lackieren ersetzt werden darf, bleibt der Großteil der Handarbeit bestehen, da das Bestücken eines Automaten und das Ausbauen der Piezos nach erfolgtem automatischen Kleben nach wie vor von Hand durchgeführt werden muss. Diese Arbeitsschritte sind mit den federnden und sehr filigranen Drahtarfen nicht automatisierbar. Außerdem ist die Position der Stifte zu den Aktoren durch die flexible Drahtarfe geometrisch nicht fixiert. Dies erschwert das automatische Bestücken zusätzlich.

3.2.3.7 Schleifen der Piezohülsen

Die durch diesen Arbeitsschritt anfallenden Lohnkosten von ca. Euro 90k und die Gemeinkosten des benötigten Schleifpapiers von ca. Euro 20k, in Summe ca. Euro 100k, wurden durch eine notwendige Nacharbeit der Länge der langen Piezohülsen verursacht. Die Kosten konnten trotz richtiger Artikelzeichnung des Piezos nicht dem Lieferanten angelastet werden, da der Informationsfluss bei der Änderung der Artikelzeichnung des Aktors zur resultierenden Änderung der Hülsenbauteilzeichnung versagte. Somit erfolgte die Bemängelung zu spät. Hier hat in Zukunft unbedingt eine genaue Eingangsprüfung zu erfolgen. Diese ist in der produktbezogenen Lieferantenfreigabe, kurz PLF, wesentlich genauer zu beschreiben. So ist es notwendig, jedes mit der notwendigen Toleranz versehene Funktionsmaß aufzuführen. Zum jetzigen Zeitpunkt ist die Werkzeugänderung bereits durchgeführt. Von den neuen Hülsen sind aber bereits wieder zwei Millionen geliefert worden, ohne dass eine ausreichende Eingangsprüfung erfolgt wäre. Die Teile sind nun fehlerhaft, indem beide Hülsentypen einen stirnseitigen Grat aufweisen. Dem Kunden wurden bereits 70k Stück gefertigte Aktoren aus dem ersten Kreislauf geliefert. Für diese war es möglich eine Sonderfreigabe zu erwirken, jedoch die am Lager liegenden restlichen 1,8 Millionen Hülsen müssen wiederum nachgearbeitet werden. Dies hat zur Folge, dass diese Nacharbeitskosten in der Höhe von ca. Euro 20k für die nächsten 3 Monate nicht abgewendet werden können.

3.2.3.8 Nittofolie durchstanzen

Die Abdeckfolien wurden auch hier nicht nach den Anforderungen der Technischen Lieferbedingungen, kurz TLB, angeliefert und auch nicht einer genügenden





Eingangsprüfung unterzogen. Die Kreisscheiben, die zwei gestanzte Löcher aufweisen, sind nicht sauber und abfallfrei durchgestanzt. Die Folge ist, dass die Abfallstücke der Löcher sich im Vergussprozess störend auswirken würden und die Abdeckscheiben nochmals von Hand ausgebrochen werden müssen. Dies verursacht Kosten in der Höhe von ca. Euro 107k. Außerdem war dadurch der Verbrauch an Abdeckscheiben von Juni bis Oktober 2003 um 20 Prozent höher als vorgesehen. In Kosten ausgedrückt sind dies zusätzlich ca. Euro 130k berechnet zu alten Preisen und mit Mengen nach Hochlauf. In Summe bewegt sich dieser Fehler demgemäß bei über Euro 230k.

3.2.3.9 Mont, Verguss, Aushärten

Hier lassen sich die Lohnkosten um ca. 20 Prozent reduzieren, indem beide Vergussanlagen auf 10fachen Verguss umgebaut werden. Als weiterer Punkt ist hier der Einsatz der Abdeckscheiben zu erwähnen. Diese werden in einer späteren Diskussion noch genauer beleuchtet. Die Optimierung des Vergusses hinsichtlich der Abdeckscheiben würde ebenfalls noch eine Reduktion von ca. 20 Prozent der Kosten mit sich bringen. In Summe wäre hier hinsichtlich der Lohnkosten eine Ratio von Euro 163k möglich.

3.2.3.10 Anguss entfernen

Das Entfernen des Angusses muss auch in Zukunft von Hand durchgeführt werden. Die zu diesem Arbeitsgang gerechnete Vorreinigung der Stirnseite wird in Punkt 3.2.3.12 Reinigung Pin, Schleifen besprochen.

3.2.3.11 Ablängen der Stifte

Dieser Arbeitsgang wird ebenfalls in Punkt 3.2.3.12 Reinigung Pin, Schleifen besprochen.

3.2.3.12 Reinigung Pin, Schleifen

Bis zum heutigen Zeitpunkt waren Bestrebungen hinsichtlich einer Automatisierung der Reinigung im Gange. Die Planung der Automatisierung umfasste die Arbeitsschritte 3.2.3.10 Anguss entfernen, 3.2.3.11 Ablängen der Stifte, 3.2.3.12 Reinigung Pin, Schleifen und 3.2.3.13 Endreinigen, wobei die Endreinigung nicht konsequent eingebunden wurde. Derzeit werden zwei Automaten zur Reinigung im Testlauf



erprobt. Für den Arbeitsschritt Anguss entfernen wurden vor der Automatisierung 194 Minuten je 1000 Aktoren verrechnet, für das Ablängen der Stifte 138 Minuten je 1000 Aktoren und für den Arbeitsschritt Reinigen Pin, Schleifen 479 Minuten, das sind in Summe 811 Minuten je 1000 Aktoren. Durch den Einsatz der Automaten, die durch den Umbau von bestehenden ausgedienten Automaten der Mikrowellenfertigung zustande kamen, wird diese Summe an Lohnminuten von 811 auf 100 Minuten je 1000 Aktoren reduziert, in Prozenten ausgedrückt wird eine Reduktion der Kosten um 87,7 und in Euro eine Ratio in der Höhe von 313k erreicht.

3.2.3.13 Endreinigen

Die Endreinigung der fertig vergossenen und grob gereinigten Aktoren wurde nicht in die automatisierte Reinigung mit einbezogen. Die Gründe sind der fehlende Platz in den adaptierten Automaten und die nicht staubfreie Atmosphäre innerhalb des Automatengehäuses. Beim Endreinigen werden 310 Lohnminuten je 1000 Aktoren verrechnet, in Kosten Euro 137k, dies entspricht 38 Prozent der vorgeschalteten und automatisierten Grobreinigung. Die vom Grobreinigungsautomaten in die grauen Transporthorden ausgegebenen Aktoren können in einem nachgeschalteten Arbeitsschritt automatisiert mit Druckluft, feinen Reinigungsbürsten, Staubsauger und einmaligem automatischem Wenden endgereinigt werden. Bei der Annahme, dass der Anteil der möglichen Einsparung durch eine Automatisierung hier bei 87 Prozent liegt, wäre die Ratio bei Euro 119k.

3.2.3.14 Beschriften

Dieser Arbeitsschritt wurde schon zum Zeitpunkt des Beginns dieser Arbeit mit Hilfe eines Druckers automatisiert.

3.2.4 Summarische Darstellung und Bewertung

Um die Rangordnung der in Angriff zu nehmenden Aktivitäten festzuhalten, ist es notwendig, die gesamten Kosten je Arbeitsschritt zu betrachten. Da sich diese meist gegenseitig beeinflussen, sind hier also die bewerteten Einzelkostenmaterialien, die Gemeinkostenmaterialien und die anfallenden Lohnkosten für den Hochlauf (120k #/KW) aufgezeigt. Die wichtigsten Stossrichtungen hinsichtlich der Kosten sind sofort



ersichtlich (siehe Diagramm 3-4 und Tabelle 3-15 : Kosten Gesamtübersicht). Seitens der Materialkosten sind das Löten und der Verguss die zentralen Ansatzpunkte. Die Dringlichkeit der Automatisierung in Bezug auf die Lohnkosten ist schwerpunktmäßig beim Passivieren gegeben. Eine weitere Automatisierung ist bei den Reinigungsschritten in Summe lohnend (siehe folgendes Diagramm rechts).

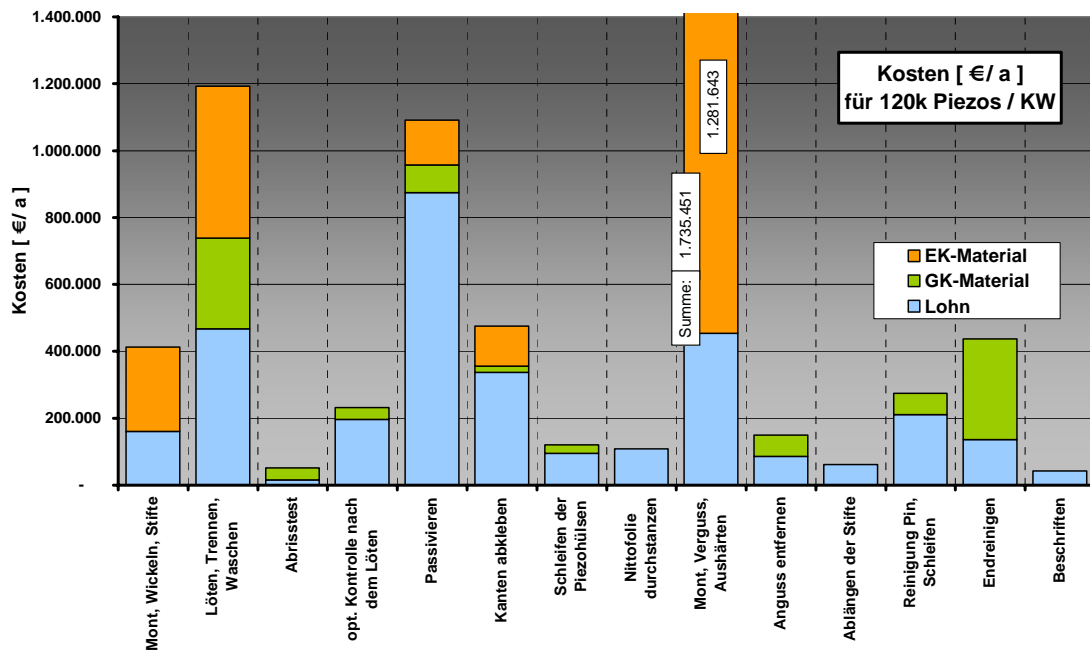


Diagramm 3-4 : Kosten Gesamtübersicht



Kosten [1000 Euro / a]	EK-Material	GK-Material	Lohn	Summe
Mont, Wickeln, Stifte	252	-	161	413
Löten, Trennen, Waschen	454	271	467	1.192
Abrisstest	-	36	15	52
opt. Kontrolle nach dem Löten	-	36	196	233
Passivieren	133	83	875	1.091
Kanten abkleben	119	19	337	476
Schleifen der Piezohülsen	-	25	95	120
Nittfolie durchstanzen	-	-	108	108
Mont, Verguss, Aushärten	1.282	-	454	1.735
Anguss entfernen	-	64	85	149
Ablängen der Stifte	-	0	61	61
Reinigung Pin, Schleifen	-	64	211	275
Endreinigen	-	301	137	438
Beschriften	-	-	42	42
Summe	2.241	900	3.243	6.384

Tabelle 3-15 : Kosten Gesamtübersicht

Um eine genauere und fundierte Aussage hinsichtlich der Priorität der zu setzenden Aktivitäten treffen zu können, ist es notwendig, die Ratiopotentiale (siehe folgendes Diagramm und die darauf folgende Tabelle) der einzelnen Kostengruppen und Arbeitsschritte mit einem brauchbaren Algorithmus zu bewerten.

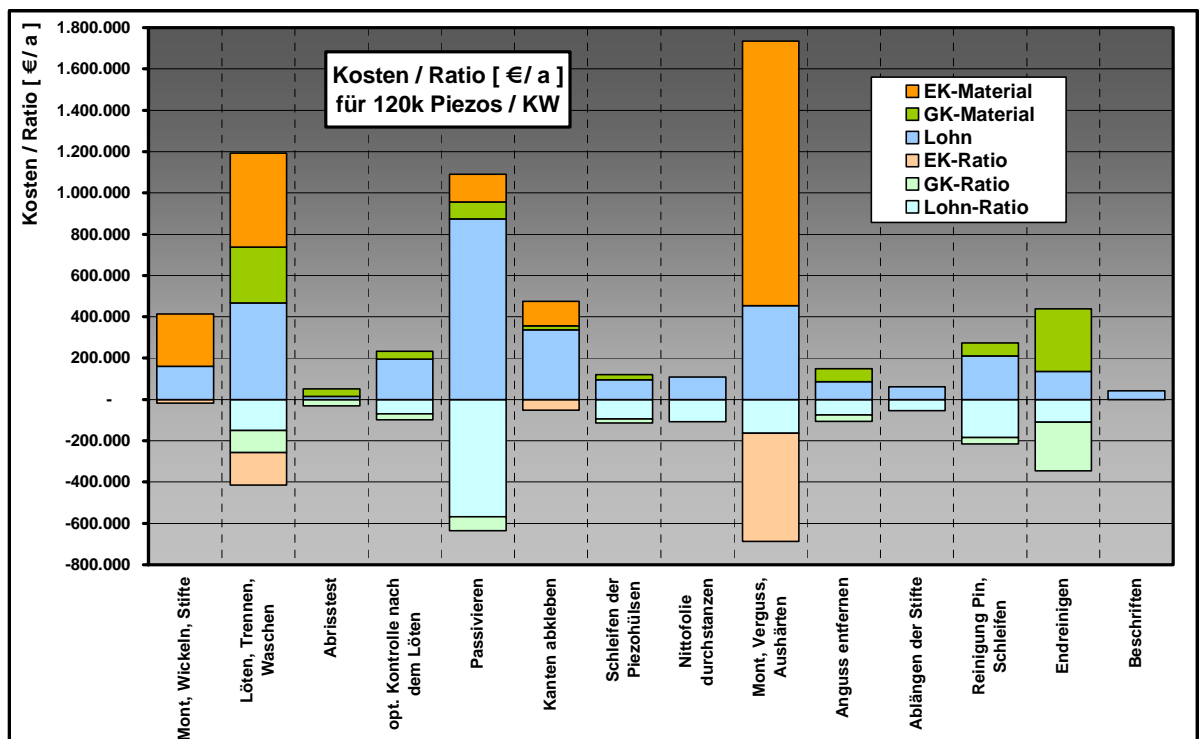


Diagramm 3-5 : Ratio Gesamtübersicht

Ratio [1000 Euro / a]	EK-Ratio	GK-Ratio	Lohn-Ratio	Summe
Mont, Wickeln, Stifte	- 18	-	0	- 18
Löten, Trennen, Waschen	- 157	- 107	- 151	- 415
Abrisstest	-	- 31	-	- 31
opt. Kontrolle nach dem Löten	-	- 31	- 69	- 99
Passivieren	0	- 67	- 568	- 635
Kanten abkleben	- 53	-	-	- 53
Schleifen der Piezohülsen	-	- 18	- 95	- 113
Nittofolie durchstanzen	-	-	- 108	- 108
Mont, Verguss, Aushärten	- 523	-	- 163	- 686
Anguss entfernen	-	- 30	- 75	- 105
Ablängen der Stifte	-	0	- 53	- 53
Reinigung Pin, Schleifen	-	- 30	- 185	- 215
Endreinigen	-	- 236	- 109	- 345
Beschriften	-	-	-	-
Summe	- 751	- 550	- 1.576	- 2.876

Tabelle 3-16 : RATIO Gesamtübersicht

Die einzelnen Ratiopotentiale bei den Einzelkostenmaterialien, den Gemeinkostenmaterialien und bei den Löhnen, in der Tabelle 3-16 : RATIO Gesamtübersicht in 1000 Euro / a aufgelistet, sind je Kostengruppe in ein Verhältnis zu einander zu setzen und mit der Wahrscheinlichkeit der Umsetzbarkeit zu bewerten, respektive zu multiplizieren. Das heißt, je Kostengruppe wird die maximale Ratio mit dem Wert $R = 10$ gleichgesetzt und die verbleibenden niedrigeren Potentiale entsprechend durch dieses Ratiomaximum dividiert und mit dem Faktor 10 multipliziert. Die in den folgenden Tabellen angeführten Umsetzbarkeitsfaktoren U werden in den später folgenden Unterkapiteln diskutiert. Für die Bewertung hinsichtlich der Umsetzbarkeit gilt der Wert $U = 10$ für sicher umzusetzen und der Wert $U = 0$ bedeutet, dass die Umsetzung aus triftigen Gründen wie Kundenanforderungen usw. unmöglich ist. Das Produkt $Prod = R \times U$ kann sich also im Bereich von 100 bis 0 bewegen. Die Zahl 100 in den jeweiligen Prod-Spalten bedeutet nunmehr die Umsetzung der maximalen Ratio in der jeweiligen Kostengruppe zu 100 Prozent.

Prod ist also ein Maß für die tatsächlich mögliche Einsparung je Arbeitsschritt im Verhältnis zum Maximum der Arbeitsschritte der in der zur Diskussion stehenden Kostengruppe in Prozent.

In der Tabelle 3-17 : RATIO Umsetzbarkeit I und Gewichtung ist sofort abzulesen, dass die Verfolgung der Gemeinkostenmaterialien trotz ihrer geringeren Ratiosumme von Euro 550k im Vergleich zu den Einzelkostenmaterialien mit einer Summe von Euro 751k vorrangig zu behandeln ist. Hier ist von realistischen 18,1 Prozent der möglichen



gesamten Einsparungen im Vergleich zu den 9,6 Prozent bei den Einzelkostenmaterialien auszugehen, dies entspricht dem doppelten Ratiopotential.

Die möglichen Einsparungen bei den Lohnkosten machen mit 44,9 Prozent den „Löwenanteil“ aus. Um eine Beurteilung für die einzelnen Zuständigkeitsbereiche der verschiedenen Arbeitsschritte nach ihrer Gewichtung zu ermöglichen, ist eine Summenbildung der Kostengruppen Einzelkostenmaterial, Gemeinkostenmaterial und Lohnkosten notwendig. In der Tabelle 3-18 : RATIO Umsetzbarkeit II und Gewichtung finden sich diese Summen der absoluten Ratioprozente je Arbeitsschritt in der Spalte „RatioSum Abs%“. Die Reinigungsschritte, die vom zukünftigen Automaten bedient werden, fließen als Summe in die Bewertung ein. In der darauf folgenden Spalte sind diese Gewichtsprozente normiert auf den Bereich 1 bis 10 dargestellt, wobei 1 dem Wert für den Arbeitsschritt mit dem größten Gewicht entspricht. In der Spalte ganz rechts sind diese Gewichte bzw. Arbeitsschritte nach ihrem Potential numerisch, beginnend mit 1 für das mit der höchsten Priorität, gereiht.



Ratio [1000€]	Ratio EK-Mat.	EK-Mat.			Ratio Abs %	Ratio GK-Mat.	GK-Mat.			Ratio Abs %
		U	R	Prod			U	R	Prod	
Mont, Wickeln, Stifte	- 18	5	0,3	2	0,3%	-	-	-	-	-
Löten, Trennen, Waschen	- 157	6	3,0	18	3,3%	- 107	10	4,5	45	3,7%
Abrisstest	-	-	-	-	-	- 31	10	1,3	13	1,1%
opt. Kontrolle nach dem Löten	-	-	-	-	-	- 31	10	1,3	13	1,1%
Passivieren	-	-	-	-	-	- 67	10	2,8	28	2,3%
Kanten abkleben	- 53	3	1,0	3	0,5%	-	-	-	-	-
Schleifen der Piezohülsen	-	-	-	-	-	- 18	10	0,8	8	0,6%
Nittfolie durchstanzen	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Mont, Verguss, Aushärten	- 523	8	10,0	80	14,5%	-	-	-	-	-
Anguss entfernen	-	-	-	-	-	- 30	10	1,3	13	1,0%
Ablängen der Stifte	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Reinigung Pin, Schleifen	-	-	-	-	-	- 30	10	1,3	13	1,1%
Endreinigen	-	-	-	-	-	- 236	10	10,0	100	8,2%
Beschriften	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	- 751	SUM			18,7%	- 550	SUM			19,1%
	- 523	MAX Ratio				- 236	MAX Ratio			

Tabelle 3-17 : RATIO Umsetzbarkeit I und Gewichtung

Ratio [1000€]	Ratio Lohn	Lohn			Ratio Abs %	Ratio SUM	RatioSum Abs %	Priorität [1-10] 1.2.3.	
		U	R	Prod					
Mont, Wickeln, Stifte	-	-	-	-	-	18	0,3%		
Löten, Trennen, Waschen	- 151	10	2,6	26	5,2%	415	12,2%	4	3
Abrisstest	-	-	-	-	-	31	1,1%		
opt. Kontrolle nach dem Löten	- 69	5	1,2	6	1,2%	99	2,3%	10	6
Passivieren	- 568	8	10,0	80	15,8%	635	18,1%	1	1
Kanten abkleben	-	-	-	-	-	53	0,5%		
Schleifen der Piezohülsen	- 95	10	1,7	17	3,3%	113	3,9%	9	5
Nittfolie durchstanzen	- 108	10	1,9	19	3,8%	108	3,8%	9	5
Mont, Verguss, Aushärten	- 163	3	2,9	9	1,7%	686	16,3%	2	2
Anguss entfernen	- 75	10	1,3	13	2,6%	105			
Ablängen der Stifte	- 53	10	0,9	9	1,9%	53			
Reinigung Pin, Schleifen	- 185	10	3,3	33	6,4%	215	13,0%	4	3
Endreinigen	- 109	8	1,9	15	3,0%	345	11,2%	5	4
Beschriften	-	-	-	-	-	-	-		
	- 1.576	SUM			44,9%	- 2.876	82,7%	Ge-	Rei-
	- 568	MAX Ratio				erreichbar: - 2.379	wicht	hung	

Tabelle 3-18 : RATIO Umsetzbarkeit II und Gewichtung

3.2.4.1 Mont, Wickeln, Stifte

Umsetzbarkeit U $[U_{EK-Mat.}=5 / U_{GK-Mat.}=.. / U_{Lohn}=..]$ Ratio Abs%=0,3

EK-Materialien: Stift 1,0 / 1,2 und Stahldraht

GK-Materialien: keines

Der zum Einsatz gelangende Stahldraht war ursprünglich nicht für diese Anwendung gedacht. Die nun entstandenen Mengen (ca. 447kg/a) bei gleich gebliebenem Preis sind neu zu verhandeln. Die Mengen entsprechen nicht den errechneten Mengen, sie liegen um 15 Prozent zu hoch. Die Stifte sind ebenfalls neu zu verhandeln. Die

Umsetzbarkeit der angesetzten Ratio von Euro 18k wird mit 50 Prozent also mit 5 bewertet.

3.2.4.2 Lötten, Trennen, Waschen

Umsetzbarkeit U [$U_{\text{EK-Mat.}}=6 / U_{\text{GK-Mat.}}=10 / U_{\text{Lohn}}=10$] Ratio Abs%=12,2

EK-Materialien: Flussmittel und Lotband

GK-Materialien: Kapton und Aceton

Die Menge an Flussmittel ist in der Stückliste um die Hälfte zu hoch angesetzt. Durch die angestiegenen Mengen ist dessen Preis sowie jener des Lotbandes, welches genauer zu greifen ist, neu zu verhandeln. Die angesetzte Ratio, in Summe Euro 157k, ist für die Einzelkostenmaterialien mit einer Umsetzbarkeit von 6 bewertet.

Das Kaptonband muss anders (ein größerer Wickeldurchmesser ist schon umgesetzt) aufgehaspelt und der Preis durch umgehen der beiden Zwischenhändler gedrückt werden (erledigt). Das Aceton kann durch Recycling mehrfach verwendet werden. Diese Gesamtratio von Euro 107k ist mit einer 10 zu bewerten.

Die Lohnkostenratio über Euro 151k ist nach REFA zu analysieren und vorzuschlagen. Somit ist die Arbeitsablauffolge neu zu definieren und das Maschinenlayout neu festzulegen. Die Umsetzbarkeit bei einer Fremdbeauftragung ist mit 10 anzusetzen.

3.2.4.3 Abrisstest

Umsetzbarkeit U [$U_{\text{EK-Mat.}}=.. / U_{\text{GK-Mat.}}=10 / U_{\text{Lohn}}=..$] Ratio Abs%=..

EK-Materialien: keines

GK-Materialien: Perlonhandschuhe

Hier kann, mit Ausnahme der Perlonhandschuhe (erledigt), nichts eingespart werden, es sei denn, die Testanzahl wird vermindert. Hierfür ist jedoch das Einverständnis des Kunden einzuholen.

3.2.4.4 Opt. Kontrolle nach dem Lötten

Umsetzbarkeit U [$U_{\text{EK-Mat.}}=.. / U_{\text{GK-Mat.}}=10 / U_{\text{Lohn}}=5$] Ratio Abs%=2,3

EK-Materialien: keines

GK-Materialien: Perlonhandschuhe



Auch hier kann bei den Materialien, bis auf den Perlonhandschuh (erledigt), nichts eingespart werden. Die Prüfhäufigkeit kann durch den Einsatz eines SkipLot-Messverfahrens vermindert werden, wobei hier die Umsetzbarkeit der Lohnratio von Euro 69k mit einer 5 zu bewerten ist.

3.2.4.5 Passivieren

Umsetzbarkeit U [$U_{EK-Mat.} = .. / U_{GK-Mat.} = 10 / U_{Lohn} = 8$] Ratio Abs%=18,1

EK-Materialien: Silikonelastomer Ratio Abs%=..

GK-Materialien: Marderhaarpinsel Ratio Abs%=2,3

Die Marderhaarpinsel, die eine Teilratio von Euro 67k beinhalten, sind von einem neuen Lieferanten zu beziehen (erledigt).

Der Großteil der Ratio (ca. Euro 570k) ist durch eine Automatisierung zu erzielen. Diese Automatisierung ist mit Abstand die wichtigste Ratiomaßnahme der zu untersuchenden Arbeitsschritte. Die Umsetzbarkeit ist mit einer 8 zu bewerten, jedoch, trotz Bestrebungen seit ca. 8 Monaten, im Haus nicht bewältigbar. Dieser Punkt wird später noch detailliert behandelt.

3.2.4.6 Kanten abkleben

Umsetzbarkeit U [$U_{EK-Mat.} = 3 / U_{GK-Mat.} = .. / U_{Lohn} = ..$] Ratio Abs%=0,5

EK-Materialien: Polyimidband

GK-Materialien: keine (Messer für Skalpell)

Die Einsparung des Polyimidbandes kann nur mit Hilfe einer neuen Anschlagvorrichtung zum Spannen der Piezos (Versuchsvorrichtung besteht) und einer entsprechenden Arbeitsanweisung für das Personal umgesetzt werden.

3.2.4.7 Schleifen der Piezohülsen

Umsetzbarkeit U [$U_{EK-Mat.} = .. / U_{GK-Mat.} = 10 / U_{Lohn} = 10$] Ratio Abs%=3,9

EK-Materialien: keine

GK-Materialien: Schleifpapier

Die durch diesen Arbeitsschritt anfallenden Lohnkosten von ca. Euro 90k und die Gemeinkosten des benötigten Schleifpapiers von ca. Euro 20k, in Summe ca. Euro 100k, wurden durch eine notwendige Nacharbeit der Länge der langen Piezohülsen



verursacht. Durch eine Neukonstruktion des Kunststoffspritzwerkzeuges kommt dieser Arbeitsschritt nicht mehr zum Tragen.

3.2.4.8 Nittofolie durchstanzen

Umsetzbarkeit U [$U_{EK-Mat.} = .. / U_{GK-Mat.} = .. / U_{Lohn} = 10$] Ratio Abs%=3,8

EK-Materialien: keine

GK-Materialien: keine

Durch einen Lieferantenwechsel (der aktuelle setzt ein anderes Stanzverfahren für die Abdeckscheiben ein) fallen diese Kosten in der Höhen von Euro 107k nicht mehr an.

3.2.4.9 Mont, Verguss, Aushärten

Umsetzbarkeit U [$U_{EK-Mat.} = 8 / U_{GK-Mat.} = .. / U_{Lohn} = 3$] Ratio Abs%=16,3

EK-Materialien: Piezohülse unten / oben, Abdichtscheiben und Vergussmasse

GK-Materialien: keine

Durch einen verbesserten Vergussablauf, durch einen einheitlichen 10-fach Verguss und mit Verschlussventilen der Vergusseinheit kann die Menge an Vergussmasse reduziert werden. Weiters sind die Preise für die Hülsen und die Vergussmasse neu zu verhandeln. Den größten Anteil beinhalten die Abdichtscheiben, hier wurde durch den Lieferanten- und Herstellverfahrenswechsel (umgesetzt) die Ratio von Euro 313k realisiert. Die Umsetzbarkeit für die Materialratio ist mit 8 anzusetzen.

Die Lohnratio ist durch den Wechsel auf 10fach Verguss und die Handhabung der Abdichtscheiben teilweise realisierbar. Die gesamte Ratio kommt jedoch nur zum Tragen, wenn auf die „unnötigen“ Abdichtscheiben verzichtet wird. Auf den Verguss wird später noch eingegangen. Die Umsetzbarkeit ist somit vorerst mit einer 3 zu bewerten.

3.2.4.10 Anguss entfernen

Umsetzbarkeit U [$U_{EK-Mat.} = .. / U_{GK-Mat.} = 10 / U_{Lohn} = 10$] (Ratio Abs%=13)

EK-Materialien: keine

GK-Materialien: Messingbürsten und Perlonbürsten

Dieser Punkt wird in Punkt 3.2.4.12 Reinigung Pin, Schleifen gesamthaft aufgeführt.



3.2.4.11 Ablängen der Stifte

Umsetzbarkeit U $[U_{EK-Mat.} = .. / U_{GK-Mat.} = .. / U_{Lohn} = 10]$ (Ratio Abs% = 13)

EK-Materialien: keine

GK-Materialien: keine (Fräser)

Dieser Punkt wird in Punkt 3.2.4.12 Reinigung Pin, Schleifen gesamthaft aufgeführt.

3.2.4.12 Reinigung Pin, Schleifen

Umsetzbarkeit U $[U_{EK-Mat.} = .. / U_{GK-Mat.} = 10 / U_{Lohn} = 10]$ Ratio Abs% = 13,0

EK-Materialien: keine

GK-Materialien: Messingbürsten und Perlonbürsten

Die Gemeinkostenratio ist durch einen Lieferantenwechsel und einen Technologiewechsel realisierbar (umgesetzt).

Der Großteil der Lohnratio in diesem Arbeitsschritt ist durch eine Automatisierung der gesamten Grobreinigung realisierbar (umgesetzt).

3.2.4.13 Endreinigen

Umsetzbarkeit U $[U_{EK-Mat.} = .. / U_{GK-Mat.} = 10 / U_{Lohn} = 8]$ Ratio Abs% = 11,2

EK-Materialien: keine

GK-Materialien: Perlonhandschuhe, Förderbürsten und Microclean

Durch eine Automatisierung dieses Arbeitsschrittes, deren Dringlichkeit bis heute verkannt wurde, ist es möglich, einen Großteil der verwendeten Gemeinkostenmaterialien einzusparen. Außerdem würden ca. 85 Prozent der Lohnkosten vermieden werden. Die Umsetzbarkeit ist mit 10 und 8 anzusetzen.

3.2.4.14 Beschriften

Umsetzbarkeit U $[U_{EK-Mat.} = .. / U_{GK-Mat.} = .. / U_{Lohn} = ..]$ Ratio Abs% = ..

EK-Materialien: keine

GK-Materialien: keine (Druckerpatrone)

Dieser Arbeitsschritt wurde schon zu Beginn dieser Arbeit mit Hilfe eines Druckers automatisiert.





3.3 Potentialgruppen

Diese Gliederung macht aus Sicht der einzelnen Handlungsverantwortlichen Sinn. Die folgenden Unterkapitel richten sich im Speziellen an den Einkauf, die Prozesstechnik, die Fertigungstechnik und die Leitung dieser Bereiche.

3.3.1 Preisverhandlung und/oder Lieferantenwechsel

Alle Materialien erfahren denselben Hochlauf wie die Produktionsmenge an Aktoren für sich. Daher ist vorab festzuhalten, dass sich alle Materialien der beiden Gruppen Einzelkostenmaterialien und Gemeinkostenmaterialien der Piezokostenstelle mengenmäßig ebenfalls im Hochlauf befinden. Geht man von einer durchschnittlichen Produktionsmenge von 59k Piezos je Kalenderwoche im Herbst 2003 und von einer Planmenge von 120k für das Jahr 2004 aus, so sind alle Mengen vom Herbst mit dem Quotienten $120k/59k$ zu multiplizieren. Die aktuellen Produktionsmengen liegen bei Fr. Christine Deutschmann vor. Da bis heute nicht kommuniziert wurde, um welche Mengen gegenwärtig und in Zukunft verhandelt werden soll, ist es dringend notwendig, dass sich die Leitung Piezo und der Einkauf auf einen verbindlichen Produktionsplan einigen, damit neue Preise und Rahmenverträge mit den Lieferanten verhandelt werden können. Die Preise waren durchgängig schon im Herbst 2003 zwischen 20 und 50 Prozent zu hoch und bei den steigenden Stückzahlen spitzt sich das Problem fortwährend zu. Die detaillierten Daten für den Einkauf (wie Mengen und Preise) finden sich in den vorigen Kapiteln.





Primär zu verfolgen sind die Einzelkostenmaterialien in der Reihenfolge:

SYLGARD 567 VERGUSSMASSE	A61306T3100X
LOTBAND PBSN5AG2,5 1,5X00,3MM	A61202T2303X
VORGEMISCHTES SILIKONELASTOMER	A61202T3104X
KLEBEBAND POLYIMID 3,6MM	A61202T3101X
STIFT DM1,0/40,2MM CUSN6 F64 BLANK	C61017A5983C 1
STIFT DM1,2/40,2MM CUSN6 F64 BLANK	C61017A5984C 1
FLUSSMITTEL DEG.SOLDAFLUX	A61202T2000X
PIEZOHUELSE UNTEN UNTERTEIL	C61072A5900C 1
PIEZOHUELSE OBEN OBERTEIL	C61072A5901C 1
STAHLDRAHT STAKU30 DURCHM. 60 MY	C61017A5967C 1

und die folgenden Gemeinkostenmaterialien – ebenfalls gereiht:

Perlonhandschuhe Nr. 5-12	04631552
Marderhaarpinsel Nr. 8 - 16	04649019
KAPTONFOLIE 100 MT 7 MM BREIT	F61207W1005X
NASSSCHLEIFPAPIER 2500	4500170395
MICROCLEAN GRAU 45 X 40 CM	Z99178Z2910

Vom Einkauf ist ebenfalls, unter Abstimmung mit der Prozesstechnik und den heute benötigten Mengen, zu ermitteln, aus welchen Gründen oft über Zwischenhändler eingekauft wird.

3.3.2 Materialänderungen

Auch hier fehlt die kostenbewusste Kommunikation zwischen Fertigungstechnik, Prozesstechnik und Einkauf. Vor allem auch in Hinblick auf die folgenden neuen Serienanläufe ist diese zu forcieren. Außerdem wurde bei dieser Serienproduktionseinführung Material vom Lager genommen und zum notwendigen Standard erhoben, obwohl ein billigeres dieselbe Qualität am Produkt garantieren würde. Als wichtigste Materialien sind hier die Vergussmasse, das Polyimidband, die Nittofolie der Abdeckscheiben und alle Gemeinkostenmaterialien, mit Ausnahme der Marderhaarpinsel, zu nennen. Bei einer dünnflüssigeren Vergussmasse und bei einem technisch richtigen lunkerfreien Verguss kann auf die Passivierung und die





Abdeckscheiben verzichtet werden. Sollte dies nicht durchführbar sein, wäre die Alternative ein Lack statt der lohn- und kostenintensiven Polyimidfolie und/oder der Passivierung. Die Abdeckfolien sind nicht notwendigerweise aus der teuren Nittofolie zu fertigen.

Die Gemeinkostenmaterialien sind grundlegend im Team zwischen Entwicklung, Prozesstechnik, Fertigungstechnik und Einkauf nochmals zu diskutieren und neu festzulegen.

3.3.3 Prozessänderungen

Die Prozesse sind zum Zeitpunkt des Serienstarts des Produktes nicht genügend auf deren Serientauglichkeit optimiert worden. Die wichtigsten Prozesse sind das Lötten, das Passivieren, der Verguss und das Reinigen.

3.3.3.1 Ablaufänderung

Beim Lötten ist dringend eine Anpassung der Aufgabenverteilung der Teilschritte Vorbereiten (Bestücken und Wickeln), Lötten, Kontrollieren, Trennen und Waschen vorzunehmen. Hier kann die Auslastung des in diesen Bereichen tätigen Personals erheblich erhöht werden.

3.3.3.2 Technische/technologische Änderung

Die technologische Überarbeitung respektive die Änderung des Passivierens bedingt ein neues flüssigeres Silikongemisch. Die entsprechende Automatisierung ist mittels je eines Durchstoßofens für das Vorwärmen und das Auskochen, und das Passivieren durch eine Sprühvorrichtung unter Verwendung geeigneter Produkthalter zu bewerkstelligen.

Der Verguss der Aktoren in den Kunststoffhülsen ist nicht ausgereift. Die „schmetterlingsförmigen“ quadratischen Ausnehmungen der Hülsen sind so gestaltet worden, um einen Abrieb am durch diese Öffnungen ragenden Stack zu vermeiden. Erstens berühren die Hülsen den Stack nicht im aktiven Bereich sondern nur am Deckpaket und zweitens ist zu testen, ob durch den glasfaserverstärkten Kunststoff Polyamid 66 an der gesinterten Keramik überhaupt ein Abrieb möglich ist. Wenn jetzt, wie technisch richtig, die Ausnehmungen der Hülsen mit ca. 0,4 mm Luft quadratisch gestaltet wären und in diesem Luftspalt umlaufend eine federnde sich zum Zentrum





verjüngende Lippe mit einer Breite von 0,5 mm und der Stärke von 0,3 bis 0,1 mm mitgespritzt würde, könnten die Abdeckscheiben eingespart werden. Außerdem würde ein Großteil der Reinigungskosten und der Montage- sowie der Demontagekosten wegfallen. Bei nun möglichem Verguss mittels Dosierer könnten auch beim Vergussmaterial die sonst überlaufenden Mengen eingespart werden. Hier ist darauf zu achten, dass die Einspritz- und die Entlüftungsöffnung nicht wie bisher nebeneinander liegen.

Die Angabe einer Gesamtratio des richtigen Vergusses ist nicht mehr zielführend und richtungsweisend, da bis zum heutigen Zeitpunkt einige Teillösungen schon greifen. Vom ursprünglichen Verguss ausgehend hätte sich die Ratio für die Einzelkostenmaterialien im Bereich von Euro 686k, für die Gemeinkostenmaterialien bei Euro 300k, für die Lohnkosten bei Euro 560k und in Summe bei Euro 1.546k bewegt. Die Auswirkungen auf die Reinigung sind schon eingerechnet. Da hier und bei den Abdeckscheiben fälschlicherweise mit Rationalisierungen angesetzt wurde, entspricht die obige Summe nicht mehr der Realität. Würde der Verguss nun entsprechend verbessert werden, wären einige Reinigungsschritte der Automaten überflüssig. Die heute noch mögliche Ratio bewegt sich für die Einzelkostenmaterialien im Bereich von Euro 465k, für die Gemeinkostenmaterialien bei Euro 280k, für die Lohnkosten bei Euro 280k und in Summe bei Euro 1.025k. Diese Ratio verlangt ein bereichsübergreifendes Team und, da sie einen notwendigen Eingriff in den Produktaufbau mit sich bringt, zusätzlich Entscheidungsträger des Kunden.



4 IMPLEMENTIERUNG

Durch meine berufliche Tätigkeit bei der Epcos OHG Deutschlandsberg war es mir möglich, diese theoretische Arbeit teilweise auch in die Praxis umzusetzen, zu delegieren oder zumindest an den notwendigen Stellen Denkanstöße zu geben. In diesem Kapitel finden sich all jene Arbeitspakete, die schon als erledigt anzusehen sind oder in absehbarer Zeit – in wenigen Wochen - umgesetzt sein werden.

4.1 Die Materialien

4.1.1 Die Einzelkostenmaterialien

Auf der technologischen Seite, in Zusammenarbeit mit der Prozesstechnik, sind die größten Ratiopotentiale zu verzeichnen. Eine Ausgabenreduktion von Euro 314k bei den Abdeckscheiben wurde durch eine Werkzeugneukonstruktion und einen Lieferantenwechsel erzielt. Durch das Einsetzen eines anderen Stanzverfahrens konnte der neue Lieferant seine Lohnkosten erheblich reduzieren. Außerdem ist hier zu erwähnen, dass damit auch die Nacharbeit der schlecht gestanzten früheren Abdeckscheiben als gegenstandslos anzusehen ist, dies kostete der Epcos OHG Euro 107k.

Das Lotband war nicht in gewünschter Menge einzusparen, jedoch konnten durch die Greiferumkonstruktion, die ein Greifen durch die Freistellungen der Horden ermöglicht, Euro 81k eingespart werden. Die restliche Ratio ist noch durch Unterweisung des Lötpersonals, eine laufende Kontrolle dessen und eine technische Optimierung des Abreißens des Lotbandes spulenseitig zu bewerkstelligen.

Beim Klebeband Polyimid ist das größte Problem die Handhabung beim Aufkleben auf das Schneidbrett und beim Abschneiden des Bandes. Nach Unterweisung des Personals ist eine Verminderung des Verbrauchs um 24 Prozent und somit eine Einsparung von Euro 42k festzustellen. Diese Daten basieren auf SAP-Sätzen und sind ebenfalls auf die festgelegte jährliche Produktionsmenge hochgerechnet.





Bei den Piezohülsen kommen Kunststoffspritzwerkzeuge der dritten Generation zum Einsatz, deren Piezohülsen werden voraussichtlich ab Juli 2004 geliefert. Damit wird die Nacharbeit der Hülsen endgültig vermieden.

4.1.2 Die Gemeinkostenmaterialien

Der Einsatz der neuen Perlonhandschuhe bringt eine Gesamtratio für die Standorte Deutschlandsberg und Kutina von Euro 225k. Zusätzlich wird versucht, durch Waschen den Handschuh in einem zweiten Kreislauf zur Verwendung zu bringen.

Die Marderhaarpinsel Nr. 8 – 16 wurden in falschen Bereichen eingesetzt. Da es keinerlei Aufzeichnungen zu den verschiedenen Einsatzgebieten in Bezug auf Menge und Größe gibt, kann die Höhe der möglichen Ratio vorab mit Euro 108k nur geschätzt werden. Für den Bereich Endreinigung und Kontrolle werden 10er Borstenpinsel und für das Passivieren wird einheitlich ein günstigerer 12er Marderhaarpinsel eingesetzt, beide von einem neuen Lieferanten. Genaue Daten werden erst im August 2004 vorliegen.

Das Lötén wurde neu überarbeitet. Die Rollen, auf die das verbrauchte Kaptonband aufgespult wurde, haben einen neuen größeren Durchmesser, der einen konstanteren und niedrigeren Verbrauch gewährleistet. Außerdem ist das Personal angehalten, die Einstellung der verbrauchten Länge genauer zu überwachen. Die hier erzielte Ratio beträgt Euro 166k, vorausgesetzt die Maschineneinsteller werden nochmals eingeschult und damit neben den niedrigeren Preisen auch die Verbrauchsmengen optimal reduziert.

Das Nassschleifpapier mit einer Körnung von 2500 wird vorerst noch vom alten Lieferanten bezogen, jedoch schon als wesentlich billigeres Rollenmaterial anstatt des fälschlich zum Einsatz gelangten Scheibenmaterials. Die hier erzielbare Ratio von Euro 85k ist mit 59k somit erst zum Teil umgesetzt.

Die Perlonbürsten werden ohne Schaft von einem neuen Lieferanten bezogen. Durch diese zwei Veränderungen wurde eine Ratio von Euro 46k realisiert.

Das Reinigungstuch Vileda Microclean grau 45 x 40 cm wird heute billiger eingekauft. Durch die Preisreduktion war eine Ratio von Euro 20k möglich. Doch sollten dieses Material sowie die Förderbürsten (ebenfalls ca. Euro 95k) durch Automatisierung zu 90 Prozent vermieden werden.





4.2 Die Lohnkosten

Die Vermeidung der Nacharbeit der Abdeckscheiben und der Piezohülsen bringt eine Reduktion der Kosten von Euro 228k, wobei hier das benötigte Schleifpapier in den Kosten eingerechnet ist.

Die teilweise Automatisierung der Reinigung bewirkt eine Reduktion der Lohnkosten von Euro 313k pro Jahr bei einem Produktionsausstoß von 120k Aktoren pro Woche.

Der Stahldraht wird in Zukunft schneller zur Harfe aufgewickelt, welche Taktzeitverbesserung realisierbar ist, muss in Praxistests erst ermittelt werden.

4.3 Umgesetzte Ratiopotentiale in Summe

Die bereits umgesetzten Potentiale sind in der folgenden Tabelle aufgelistet. Die Umsetzung wurde durch die eigenständige Arbeit und durch die Mitarbeit verschiedener Personen aus den Bereichen Konstruktion, Fertigung, Fertigungsdurchführung, Fertigungstechnik, Prozesstechnik und Einkauf ermöglicht.

[1000 Euro / a]	Einsparung	Ansprechpartner
Abdeckscheiben	314	Amerer, Spieler, Dreher
Lotband	81	Fellner, Neukam, Dreher
Polyimidband	42	Breuer, Dreher
Perlonhandschuhe	225	DB, Breuer, Feibel, Dreher
Marderpinsel	108	Breuer, Feibel, Dreher
Kaptonband	166	Fellner, Neukam, Nestler, Dreher
Schleifpapier 2500	59	Breuer, Wally, Nestler, Dreher
Perlonbürste	46	Spieler, Dreher
Microclean	20	Schrei, Dreher
Automatisierung		
Reinigung	313	Breuer, Kelz, Dreher
Nacharbeit		
Piezohülsen	120	Dreher
Abdeckscheiben	108	Dreher
SUMME	1602	

Tabelle 4-19 : Implementierte Potentiale





5 HANDLUNGSEMPFEHLUNG

Grundlegend ist festzuhalten, dass das Problem der Produktionsprozesse an sich nicht in diesen selbst liegt, sondern sich wesentlich komplexer gestaltet. Aus diesem Grund sind die Handlungsempfehlungen klar in zwei grobe Blöcke zu gliedern. Die Aufteilung kann in Form von zwei Fragen formuliert werden:

- Was sind die schnell umsetzbaren Lösungsansätze im operativen Bereich?
- Wo liegen die Kernangriffspunkte, um langfristig die eigentlichen Ursachen für die augenscheinlichen Probleme strategisch zu verfolgen und zu lösen?

Im operativen Bereich sind die entsprechenden Personen zu bestimmen, die für die Umsetzung mit einem terminierten Projekt und dessen Verantwortung betraut werden.

5.1 Operative Ansätze

Nach ihrem Ratiopotential gegliedert finden sich die einzelnen Ansatzpunkte im Kapitel 3.2.4 Summarische Darstellung und Bewertung. Die zwei wichtigsten, leicht umsetzbaren noch nicht erledigten Punkte sind in den Produktionsbereichen Passivieren und Reinigen zu finden.

Das **Reinigen** wurde hinsichtlich der Automatisierung, wie schon besprochen teilweise umgesetzt. Jedoch wurde der Punkt Endreinigung nicht in diese Automatisierung miteinbezogen. Hier ist mit relativ geringem Aufwand eine Gesamtratio von ca. Euro 350k zu erzielen. Davon entfallen ca. Euro 110k auf die Lohnkosten und der Rest von 240k auf die Gemeinkostenmaterialien Förderbürsten und die Microclean Reinigungstücher. Dadurch wäre aber ein kleiner Prozentsatz der Arbeitszeit und der Materialien bei der Endkontrolle notwendig. Hier kann fallweise entschieden werden, ob noch eine zusätzliche Handreinigung erforderlich ist. Der Reinigungsprozess muss außerhalb des Grobreinigungsautomaten, an diesem automatisiert angeknüpft, erfolgen, da dessen Atmosphäre zu unrein ist.

Beim Prozess **Passivieren** gibt es schon seit Monaten Bestrebungen zu automatisieren. Da aber bis dato mit den verfügbaren Mitteln nichts realisiert wurde, wäre zu überlegen, dieses Projekt fremd zu vergeben oder auf jeden Fall zusätzlich





notwendige Kapazitäten frei zu geben. Die hier erzielbare Ratio wäre bei ca. Euro 630k anzusetzen.

Als weiterer großer Punkt ist der **Verguss** festzuhalten. Entgegen allen Aussagen, dass hier nicht eingegriffen werden kann, ist zu eruieren, ob nicht doch in Zusammenarbeit mit dem Kunden die Vergusshülsen geändert werden dürfen (siehe Kapitel 3.3.3.2 Technische/technologische Änderung). Diese Änderungen, die einen hohen Entwicklungsaufwand mit sich bringen, beeinflussen verschiedenste Prozesse. Hinsichtlich der Lohnkosten werden die Arbeitsschritte Montage, Verguss, Demontage und Reinigen (Reinigungsautomaten und Endreinigung) beeinflusst. Bei den Gemeinkostenmaterialien sind alle Scheibenbürsten, die Reinigungstücher und die Förderbürsten betroffen. Durch den sauberen Verguss wäre als wichtigster Punkt die totale Vermeidung der Abdeckscheiben zu realisieren. Infolgedessen ist auch eine Überarbeitung der Vergusshorden und der Kunststoffspritzwerkzeuge der Piezohülsen notwendig. Nach Berücksichtigung der schon realisierten Rationalisierungen beläuft sich das Gesamtpotential bei einem Produktionsausstoß von 120k Aktoren je Woche noch auf ca. 1 Million Euro pro Jahr.

Bei den Einzelkostenmaterialien ist zusätzlich das **Lot** beim Produktionsschritt Lötens, Trennen, Waschen vom Einkauf zu durchleuchten. Dieses umfasst ein Einkaufsvolumen von Euro 380k, in Metern ausgedrückt ist das, nach Berücksichtigung der Mengenreduktion durch bereits erledigte Ratiobestrebungen, ca. 1 Million pro Jahr.

Als letzter wichtiger Ansatzpunkt ist noch die **Reorganisation des Lötens** und der vor- und nachgeschalteten Arbeitsschritte hinsichtlich der Personalauslastung zu betrachten. Die hier realistische Einsparung ist mit ca. Euro 150k zu beziffern.



5.2 Strategische Ansätze

Das Zustandekommen der vorherrschenden Fertigungs- bzw. Produktionssituation hat unterschiedlichste Gründe. Wiederum lässt sich, zweckdienlich durch zwei Fragen geordnet, nach Lösungsansätzen suchen:

- Welche Ressourcen fehlten oder waren nur ungenügend vorhanden?
- Weshalb ist das Fehlen nicht erkannt worden oder weshalb wurde nicht reagiert?

Ein grundlegendes Problem ist das nicht klare Vorhandensein von abgegrenzten Zuständigkeitsgebieten. Ferner fehlen den jeweiligen Gruppen definierte vorstehende Personen, die mit der notwendigen Entscheidungsmacht ausgestattet sind. Außerdem gibt es kaum ein abteilungsübergreifendes Miteinander, welches eine Entscheidungsfindung und das Tragen dieser erleichtern würde. Daraus resultiert ein Apparat, in dem die einzelnen Personen für ihr Tun oder Nichtstun nicht zur Rechenschaft gezogen werden können, da Entscheidungen ewig im Kreis weitergereicht werden. So findet ein Schreibtischdenken statt, das der fehlenden Kommunikation zwischen den einzelnen Abteilungen nicht förderlich entgegen wirken kann. Von neu eingestiegenen Mitarbeitern, die nur eine unzureichende Einschulung erhalten, wird dieses Denken und Handeln schnell übernommen und führt zu keiner Auffrischung der Arbeitsmoral und zu keiner Unterbrechung dieses Kreislaufes.

5.2.1 Fehlende Produktionsfaktoren

Da die **Potentialfaktoren**¹² hinsichtlich der Planung und Organisation nicht ausreichend vorhanden sind, muss von den leitenden Personen entsprechend eingegriffen werden. Durch die Anwendung von Simultaneous Engineering und durch die Einführung von Qualitätszirkeln, wäre vieles im Vorfeld schon zu vermeiden oder eine zielführendere Umsetzung von notwendigen Verbesserungen leichter realisierbar. Seitens der **Repetitivfaktoren** müssen endgültig alle Materialien mit Materialnummern im SAP-System hinterlegt, die Stücklisten richtig gestellt, die allgemeine

¹² Vgl. VEIT (1996), S. 3-3



Piezokostenstelle in mehrere Untergruppen aufgetrennt und die Materialverbräuche je Fertigungsbereich verbucht werden. Hierzu ist eine Verlegung der Beschaffung und des Lagers von Deutschlandsberg nach Kroatien zweckmäßig. Dieser Aufwand, die SAP-Daten einzupflegen, ist auf Grund der niedrigen Anzahl an Materialien und Produkten im Vergleich zu anderen Geschäftsgebieten ein geringer und nach Einführung des SAP-Systems auch eine Pflicht. So kann nach Fixierung eines verbindlichen Produktionsplanes vom Einkauf auf bekannte notwendige Volumina reagiert werden. Zusätzlich ist es möglich, die Produkte sauber zu kalkulieren und Verbrauchsschwankungen entsprechend zu analysieren und gegenzusteuern.

Durch den Einsatz von **Simultaneous Engineering**¹³, der parallelen Erarbeitung des Produktes und der notwendigen Produktionsmittel, kann neben der realisierbaren Innovationszeitverkürzung auch noch der Kunde mit eingebunden und somit eine Forcierung der Bereitschaft zu einer kostenoptimierten Lösung angestrebt werden.

Beim Einführen von **Qualitätszirkeln**¹⁴ sind unbedingt der Einkauf bzw. das Controlling miteinzubeziehen, um die Mitarbeiter für ein Denken in Kosten zu sensibilisieren. Notwendig ist die Einrichtung einer entsprechenden, zur Zeit nicht vorhandenen Controllingstelle, die begleitend und in Zusammenarbeit mit den Teilnehmern die Planwerte und Sollwerte festlegt sowie die Zielerreichung überwacht. Die aususchreibende Stellenanforderung hat unbedingt auch eine grundlegende technische Ausbildung zu enthalten.

5.2.2 Strategische Lücken

Durch den Wegfall zweier Konkurrenten war der Bereich Piezofertigung im letzten Jahr einem starken Wachstum unterworfen. Auf die strukturelle Neuorganisation konnte jedoch nicht genügend Energie verwendet werden. Einerseits fehlt es nun intern an entsprechend aufbaufähigem Personal, andererseits bietet der externe Markt dem Unternehmen nicht in ausreichendem Masse die Mitarbeiter mit der notwendigen Qualifikation. Durch die strukturellen Probleme, die nicht vorhandenen Messinstrumente diese auch in Zahlen und Kosten nachzuweisen und nicht zuletzt

¹³ Vgl. WOHINZ (2001), S. 3-16

¹⁴ Vgl. WOHINZ (2001), S. 8-13 f.



durch die Neuheit der Produkte, befindet sich das Geschäftsgebiet noch in einer Grauzone.

Da vom **Einkauf bis zur Prozesstechnik** die Kompetenzen und Verantwortlichkeiten nicht klar definiert sind, vermögen die einzelnen Bereiche nicht die notwendigen Maßnahmen anzuordnen und über andere Abteilungen zu verfügen um diese zu verbindlichen Aussagen bzw. zur Herausgabe notwendiger Informationen zu bewegen. Die vernetzte Zusammenarbeit dieser Abteilungen wird somit erschwert.

Das **Controlling** und die **Interne Revision**, in deren Aufgabengebiet die Aufdeckung und Betreuung bei der Behebung entsprechend gearteter Missstände fällt, sind für die zu erledigenden Aufgaben und die Größe des Standortes nicht entsprechend ausgestaltet. Weder das notwendige Personal, noch die entsprechenden Werkzeuge zur Kontrolle, noch die Strukturen in denen eine Reaktion zielorientiert umsetzend greifen kann, sind vorhanden. Die Controllingfunktion ist zurzeit zentral im Rechnungswesen und je Geschäftsgebiet in den Organisationseinheiten „Betriebswirtschaftliche Aufgaben“ verankert. Eine notwendige Kommunikation zur technischen Seite der Geschäftsgebiete existiert nur in Ansätzen. Die Bewertung der Tätigkeiten an den Auslandsstandorten erfolgt gar nicht. Aufgaben müssen zielorientierter festgelegt und abgearbeitet werden. Außerdem ist die Zuständigkeit der befassten Personen zu klären, und entsprechende Rechte und Kompetenzen sind zu vergeben. Das Ziel wären dezentrale **Sparten-Controller**¹⁵, die sich als Vermittler, Dienstleister, und Überwacher der Entwicklung, Fertigungsdurchführung, Fertigungs- und Prozesstechnik und der Kalkulation sowie des Einkaufs sehen. In Folge sind Ist-, Plan- und Soll-Daten zu erheben, festzulegen und zu diskutieren. Rechenschaft ist gegenüber der Bereichsleitung bzw. der Geschäftsleitung abzugeben. So können die vorherrschende Doppelgleisigkeit und die sich daraus ergebende Nichtzuständigkeit und Nichtverantwortbarkeit unterbunden werden.

Eine mit der Entwicklung und der Fertigung abgestimmte **Investitionsrechnung**¹⁶ für Prozesse und Anlagengüter existiert nicht. Die somit nicht vermeidbaren Folgekosten auf Grund falscher Entscheidungen für Betriebsmittel, die nicht den Anforderungen

¹⁵ Vgl. WÜNSCHL/MULTERER (1997), S. A-5 ff.

¹⁶ Vgl. VEIT (1996), S. 6-9



seitens der Entwicklung und der Produktion entsprechen, sind langfristig zu tragen und in ihrem Ausmaß immens (Schneid- und Schleifmaschinen, Öfen, Vergussanlagen usw.).

Die **Rentabilität der Verlagerungen**, wenn nicht politisch notwendig, sollte genauer errechnet werden. Zu berücksichtigen sind Folgekosten, die aus der nicht möglichen fortwährenden Betreuung der Prozesse entstehen: Kosten der Verlagerung an sich, Kosten der Logistik, Transportkosten, Kosten der notwendigen Reisetätigkeit, die Automatisierung als Alternative, Ausschussminderung und Prozessverbesserung, Standortsicherung, Mitarbeitersicherung sowie Mitarbeitermotivation und Wissensverlust.

Der **Qualitätsgedanke** ist zwar weit verbreitet, jedoch fehlen die notwendigen Vernetzungen und die Entscheidungsträger. In letzter Instanz fehlen die Verantwortlichen, die eine tatsächliche Umsetzung gewährleisten.

5.3 Übersicht der Ansatzpunkte

Der Maßnahmenkatalog bedingt eine Identifikation der einzelnen Abteilungen mit den Einzelschritten und eine generelle Umsetzungsbereitschaft der betroffenen Personen im Besonderen. Die Leitung ist angehalten zielorientiert anzuordnen, zu motivieren und zu kontrollieren.

Die Arbeitsschritte Reinigen, Passivieren, Verguss und Löten sind entsprechend zu verbessern.

Die wichtigsten Ansatzpunkte als kurz formulierte Denkanstöße:

- Einpflegen aller erforderlichen SAP-Daten und der vorgesehenen Strukturen
- Kostenverursachung strukturierter und detaillierter erfassen (Kostenstelle PI)
- verbindliche Fertigungspläne fixieren und Materialbedarf ermitteln (Einkauf)
- Fixierung der Kompetenzen und Verantwortlichkeiten aller Abteilungen/Gruppen
- Dienstleistung der Abteilungen für andere Bereiche definieren und umsetzen
- Informationsfluss organisieren und verbessern
- abteilungsübergreifende Projektteams bilden
- Entwicklung kostensensibel unterrichten (Simultaneous Engineering)
- Ist-Plan-Soll-Diskussionen in allen Bereichen einführen (Controlling technisieren)





- Investitionsrechnung und Nutzwertanalyse in Zusammenarbeit mit Entwicklung und Fertigungs- bzw. Prozesstechnik einführen und anwenden (Wirtschaftlichkeit)
- Fundamentale Informanten der Geschäftsleitung wie Controlling und Interne Revision sind auszugestalten um notwendige Hard Facts und Risikoanalysen zu liefern
- Maßnahmen zur Verhinderung bzw. Minimierung von Mängeln, Fehlern und Verschwendung
- Erarbeitung eines Konzeptes für die Einschulung und Positionierung neuer Mitarbeiter

In Zukunft sollten bei Produkt- und Produktionsmittelentwicklungen alle Abteilungen am Standort, entsprechend geführt, intensiver zusammenarbeiten. Die dafür notwendigen Rahmenbedingungen sind zu schaffen.





VERZEICHNISSE

Tabellenverzeichnis

Tabelle 2-1 : Stückzahlen Piezo Mai – Oktober 2003.....	27
Tabelle 2-2 : Einzelkostenmaterialverbrauch Juni – Oktober 2003.....	29
Tabelle 2-3 : Einzelkostenmaterial Preise SAP MM03 vom 15. 11. 2003	30
Tabelle 2-4 : Kosten – EK Materialverbrauch Monatsdurchschnitt Juni – Oktober 2003.....	31
Tabelle 2-5 : EK - Material Verbrauch/Stückliste (10.000 Piezos).....	31
Tabelle 2-6 : Kosten – GK Materialverbrauch Monatsdurchschnitt (19.08. bis 18.11.2003)	33
Tabelle 2-7 : Lohnminuten je 10.000 Piezos (3 Zeitaufnahmen nach REFA)	34
Tabelle 2-8 : Lohnminuten je Monat (für 255.277 Stück).....	34
Tabelle 2-9 : Lohn je Minute.....	34
Tabelle 2-10 : Kosten – Lohn Monatsdurchschnitt je Arbeitsschritt (für 255.277 Stück).....	35
Tabelle 3-11 : IST–PLAN f(Durchschnitt) – Kostentabelle.....	37
Tabelle 3-12 : Einzelkosten RATIO Übersicht	39
Tabelle 3-13 : Gemeinkosten RATIO Übersicht	45
Tabelle 3-14 : Lohnkosten RATIO Übersicht	52
Tabelle 3-15 : Kosten Gesamtübersicht.....	58
Tabelle 3-16 : RATIO Gesamtübersicht.....	59
Tabelle 3-17 : RATIO Umsetzbarkeit I und Gewichtung.....	61
Tabelle 3-18 : RATIO Umsetzbarkeit II und Gewichtung.....	61
Tabelle 4-19 : Implementierte Potentiale	72





Diagrammverzeichnis

Diagramm 2-1 : Ausschuss Selk IN – OUT.....	26
Diagramm 2-2 : Stückzahlen Selk IN, OUT	27
Diagramm 2-3 : Fertigprodukte Selk	28
Diagramm 2-4 : Monatsdurchschnitt der EK-Materialien Juni – Oktober 2003	30
Diagramm 2-5 : Monatsdurchschnitt der GK-Materialien (19.08. bis 18.11.2003)	32
Diagramm 2-6 : Monatsdurchschnitt der Lohnkosten je Arbeitsschritt	35
Diagramm 3-1 : Einzelkosten RATIO Übersicht	39
Diagramm 3-2 : Gemeinkosten RATIO Übersicht.....	44
Diagramm 3-3 : Lohnkosten RATIO Übersicht	51
Diagramm 3-4 : Kosten Gesamtübersicht.....	57
Diagramm 3-5 : Ratio Gesamtübersicht.....	58

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1-1 : Common-Rail-Diesel-System (Siemens VDO).....	8
Abbildung 1-2 : Common-Rail-Einspritzsystem (Siemens VDO).....	10
Abbildung 1-3 : Common-Rail-Einspritzventil mit Piezo-Aktor im Schnitt (Siemens VDO)	11
Abbildung 2-1 : Produktionsschritte	16
Abbildung 2-2 : Piezofertigung bei Selk	18
Abbildung 2-3 : Ablaufschema Wickeln bis Trennen	20
Abbildung 2-4 : Ablaufschema Passivieren bis Reinigen	22
Abbildung 2-5 : Ablaufschema Reinigen.....	24





Literaturverzeichnis

- [1] BAUER, U.: Kosten- und Erfolgsrechnung, Skriptum der Technischen Universität Graz, Graz 2003
- [2] KASTL, H.: Piezo - eine Investition in die Zukunft, in: Impuls, 12/2002, S. 6 f.
- [3] LANDFAHRER, B.: Die Firma Siemens Matsushita Deutschlandsberg - Eine historische Betriebsanalyse, Diplomarbeit, Karl-Franzens-Universität Graz, Graz 1998
- [4] PERDACHER, S.: Epcos - Chronologie DL2.ppt, (24.05.2000)
- [5] VEIT, W.: Betriebswirtschaftslehre, Skriptum der Technischen Universität Graz, Graz 1996
- [6] WOHINZ, J.: Industriebetriebslehre, Skriptum der Technischen Universität Graz, Graz 2001
- [7] WÜNSCHL, D.; MULTERER, N.: Controlling, Skriptum der Technischen Universität Graz, Graz 1997





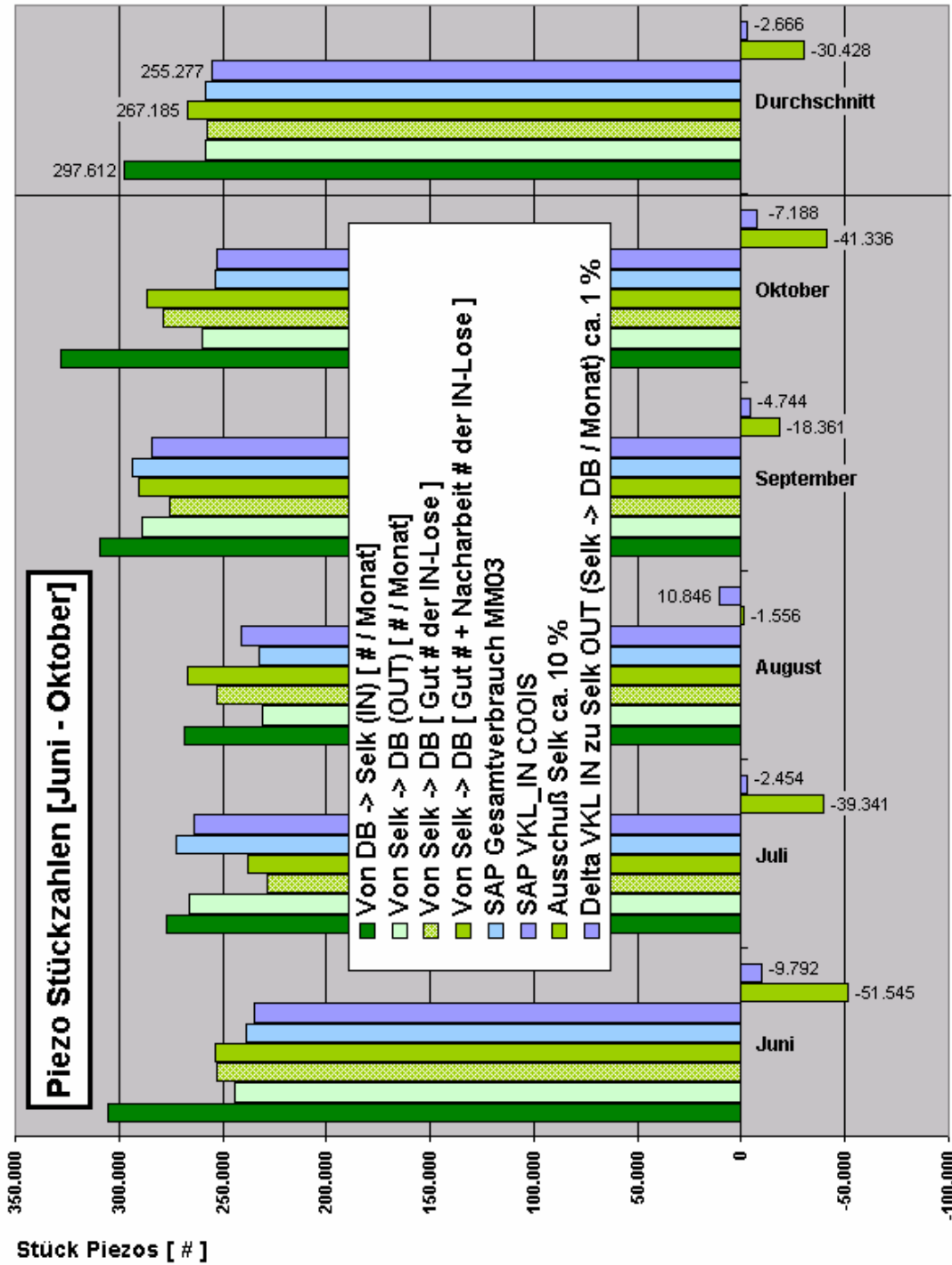
Abkürzungsverzeichnis

a	Jahr
Abs.	Absatz
bzw.	beziehungsweise
d	Tag
DB	Deutschlandsberg
f.	folgende
Fa.	Firma
ff.	fortfolgende
ISO	International Standardization Organisation
iwS.	im weiteren Sinn
KW	Kalenderwoche
MPH	Mehrfachprodukthalter
PE	Personalentwicklung
RIS	Widerstandsmessung eines Bauteils unter Gleichstrom
u.ä.	und ähnliche/-s
Ust	Umsatzsteuer
usw.	und so weiter
VKL	Verkaufslager
Z.	Ziffer



ANHANG

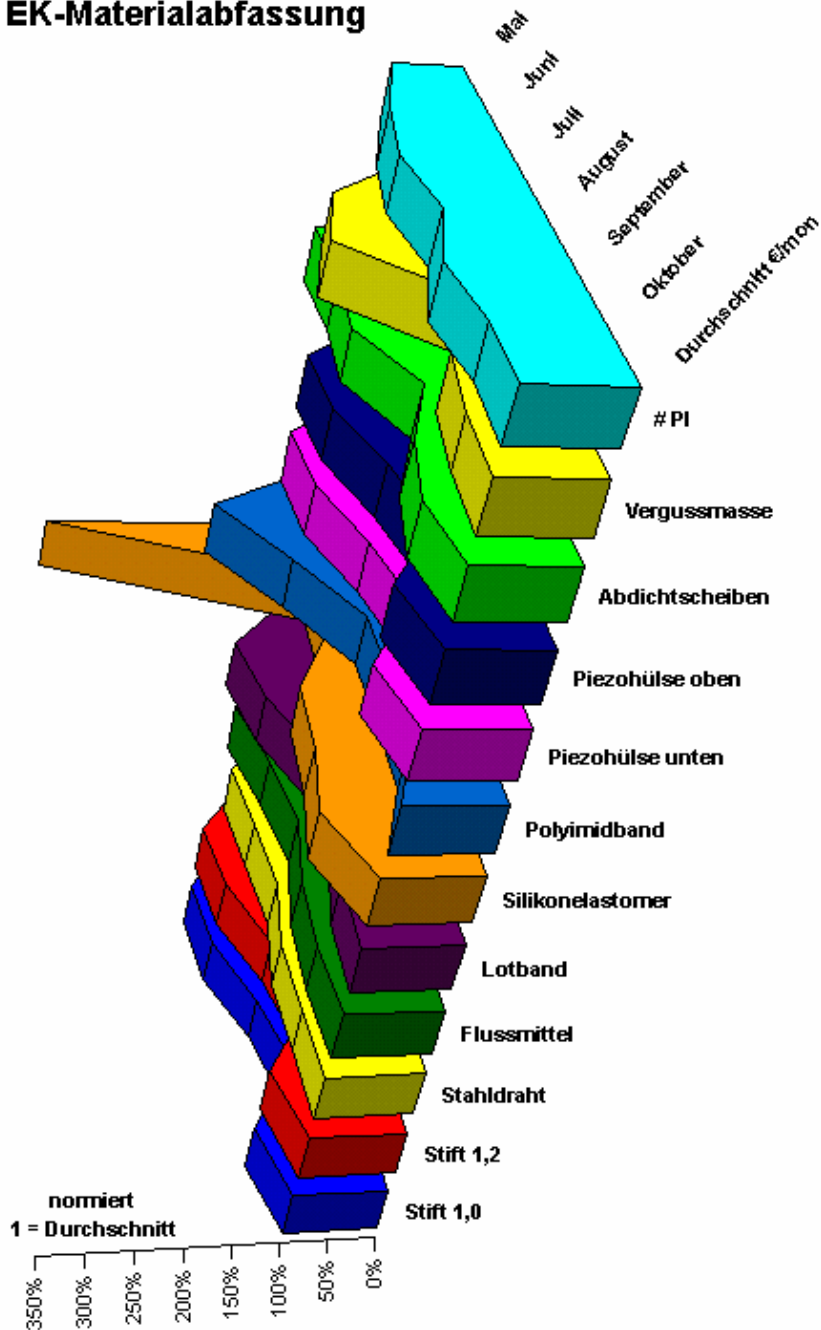
A1 Gesamtübersicht Piezo Stückzahlen





A2 Einzelkostenmaterial Lagerabruf normiert

EK-Materialabfassung



Der Peak des Silikonelastomers ist mit der Umstellung der Vergussmasse im Mai 2003 zu erklären.



A3 GK-Materialverbrauch Lagerabgänge

