

**BMUB-UMWELTINNOVATIONSPROGRAMM**

**Abschlussbericht**

**zum Vorhaben**

**„Errichtung einer innovativen und umweltfreundlichen Schälmaschine“ NKa3-003111**

**Zuwendungsempfänger**

**Schmelzmetall Deutschland GmbH („SMDE“)**

**Umweltbereich**

**Ressourcen, Klimaschutz**

**Laufzeit des Vorhabens**

**Vom 10.6. bis 15.12. 2015**

---

**Autor**

**Stefan Schön**

**Gefördert mit Mitteln des Bundesministeriums  
für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit**

**Datum der Erstellung**

**30. Juni 2016**

## INHALTSVERZEICHNIS

<b>1. Einleitung.....</b>	<b>3</b>
<b>1.1. Kurzbeschreibung des Unternehmens und ggf. der Projektpartner .....</b>	<b>3</b>
<b>1.2. Ausgangssituation.....</b>	<b>3-6</b>
<b>2. Vorhabenumsetzung.....</b>	<b>6</b>
<b>2.1. Ziel des Vorhabens .....</b>	<b>6-8</b>
<b>2.2. Technische Lösung (Auslegung und Leistungsdaten) .....</b>	<b>8-10</b>
<b>2.3. Umsetzung des Vorhabens .....</b>	<b>11-12</b>
<b>2.4. Behördliche Anforderungen (Genehmigungen).....</b>	<b>12</b>
<b>2.5. Erfassung und Aufbereitung der Betriebsdaten .....</b>	<b>12</b>
<b>2.6. Konzeption und Durchführung des Messprogramms.....</b>	<b>12-13</b>
<b>3. Ergebnisdarstellung zum Nachweis der Zielerreichung .....</b>	<b>13</b>
<b>3.1. Bewertung der Vorhabendurchführung.....</b>	<b>13-15</b>
<b>3.2. Stoff- und Energiebilanz.....</b>	<b>15-17</b>
<b>3.3. Umweltbilanz .....</b>	<b>17-20</b>
<b>3.4. Wirtschaftlichkeitsanalyse .....</b>	<b>20-21</b>
<b>3.5. Technischer Vergleich zu konventionellen Verfahren .....</b>	<b>21-22</b>
<b>4. Übertragbarkeit .....</b>	<b>22</b>
<b>4.1. Erfahrungen aus der Praxiseinführung .....</b>	<b>22</b>
<b>4.2. Modellcharakter / Übertragbarkeit (Verbreitung und weitere Anwendung des         Verfahrens / der Anlage / des Produkts).....</b>	<b>22-24</b>
<b>5. Zusammenfassung / Summary .....</b>	<b>24-25</b>
<b>6. Literatur.....</b>	<b>25</b>
<b>7. Anhang (Fotos).....</b>	<b>26-39</b>

## 1. Einleitung

### 1.1. Kurzbeschreibung des Antragstellers

Die Firma Schmelzmetall AG wurde im März 1959 gegründet und stellt seither Sonderlegierungen auf Kupferbasis im Hochvakuum in der Schweiz und Ungarn her. Das spezielle Schmelzen im Hochvakuum garantiert eine besonders hohe Reinheit und Gleichmäßigkeit der Werkstoffe. Hauptproduktionsstandort und Sitz der AG ist Gurtellen/Uri in der Schweiz (Schmelzmetall AG).

Umsatz Schmelzmetall AG (SMCH) 2015:	11.384.366,-- EUR
Zahl der Mitarbeiter:	27

Gesellschafter : Herr Beat Tanner zu 100%

Beteiligungen: 100% an Schmelzmetall Deutschland GmbH (SMDE)  
100% an Schmelzmetall Hungária Kft. (SMHU)

Der weltweite Vertrieb sowie die CNC-Bearbeitung der Kupferlegierungen wird hauptsächlich über die Schmelzmetall Deutschland GmbH, dem *Antragsteller*, in Steinfeld-Hausen abgewickelt, wo 69 Mitarbeiter im Innen- und Außendienst beschäftigt sind. Dort befindet sich auch der Großteil des Warenlagers.

Umsatz des Antragstellers SMDE 2015:	15.521.276,-- EUR
Zahl der Mitarbeiter:	69

Hauptabnehmer sind die Automobilindustrie, Unternehmen im Bereich Aluminiumdruckguss, Kokillenguss, Kunststoffformenbau, Maschinen- und Anlagenbau sowie Elektrotechnik und Luft- und Raumfahrttechnik.

Schmelzmetall Hungária Kft. ist ein weiteres Tochterunternehmen der Schmelzmetall AG mit eigener Schmelze und Freiformschmiede, das 2001 in Budapest (Ungarn) gekauft wurde. Hier sind aktuell 22 Mitarbeiter beschäftigt.

Umsatz Hungária KFT 2015:	4.209.959,-- EUR
Zahl der Mitarbeiter:	22

### 1.2. Ausgangssituation

SMDE verkauft u.a. Rundstangen aus Kupfer-Legierungen in diversen Durchmessern. Verwendung finden diese als Formeinsätze in der Kunststoffindustrie (z.B. Spritzdüsen), bei diversen Fertigteilen in der Schweißtechnik und im allgemeinen Maschinenbau. Die Herstellung dieser Rundstangen erfordert derzeit verschiedene, aufwändige Bearbeitungsarten, die sich nach Dimension und Legierung unterscheiden:

Legierung	Durchmesser in mm	Bearbeitung 1	+ Bearbeitung 2
CCNB	35 - 85	Pressen	
CCNB	12 - 75	Pressen	Ziehen
CCNB	16 - 55	Walzen	Schälen
CCNB	35 - 215	Schmieden	Vordrehen
CNB spez.	35 - 85	Pressen	
CNB spez.	12 - 75	Pressen	Ziehen
CNB spez.	16 - 55	Walzen	Schälen
CNB spez.	35 - 215	Schmieden	Vordrehen
CB 1.5	65 - 190	Schmieden	Vordrehen
CB 2	35 - 85	Pressen	
CB 2	12 - 55	Pressen	Ziehen
CNCS	43 - 103	Pressen	
CNCS	42 - 102	Pressen	Ziehen

<u>Legierung</u>	<u>Bestandteile</u>
CCNB	Kupfer (Cu), Kobalt (Co), Nickel (Ni), Beryllium (Be)
CNB spez.	Kupfer (Cu), Nickel (Ni), Beryllium (Be)
CB 1.5 / CB 2	Kupfer (Cu), Beryllium (Be)
CNCS	Kupfer (Cu), Nickel (Ni), Chrom (Cr), Silizium (Si)

Die verschiedenen, metallurgisch notwendigen Bearbeitungsschritte der Kupfer-Legierungen (oben unter „Bearbeitung 1“ und der anschließenden „Bearbeitung 2“ aufgeführt) werden europaweit bei externen Partnern durchgeführt, was mit der neuen Schälmaschine geändert werden soll. Es entstehen dort, je nach Legierung und Bearbeitungsart, unterschiedliche Produkteigenschaften (z.B. gezielte Optimierung von Verschleiß-, Korrosions- und Festigkeitseigenschaften), die je nach Anwendungsgebiet in den unterschiedlichen „Nischenmärkten“ angefragt werden; so möchten z. B. Kunden in der Offshore-Branche (Hochsee-Windparks) ein Material, das eine besonders hohe Widerstandsfähigkeit gegen Meerwasser aufweist (Korrosionsbeständigkeit).

Das aktuelle Herstellungsverfahren birgt einige Nachteile:

- Die derzeitigen Transportwege der Legierungen sind sehr aufwändig und daher umweltunfreundlich, zeit- und kostenintensiv: Die unterschiedlichen Kupfer-Legierungen haben bereits einen langen Weg hinter sich, wenn sie bei SMDE angeliefert werden. Von dort müssen sie, sobald sie geprüft und gesägt wurden, noch einmal zum externen Schälen verschickt werden. Um den Transportaufwand zu würdigen, sei darauf hingewiesen, dass eine Schmiedepatte mehr als eine Tonne wiegt.

Zur Anschauung ein Beispiel zum aktuellen Transportweg im Rahmen des Bearbeitungsvorgangs „Schälen“:

<b>Externes Schälen</b>			
Ausgangsstandort (Bearbeiter, Ort (Land))	Ziel (Bearbeiter, Ort (Land))	Strecke (km)	Bearbeitung
SMCH, Gurtellen (CH)	Bearbeiter, Remscheid (DE)	<b>680</b>	Schmieden
Bearbeiter, Remscheid (DE)	SMCH, Gurtellen (CH)	<b>680</b>	Wärmebehandlung
SMCH, Gurtellen (CH)	SMDE, Steinfeld (DE)	<b>500</b>	Prüfen, Sägen
SMDE, Steinfeld (DE)	Bearbeiter, Ormalingen (CH)	<b>400</b>	Schälen
Bearbeiter, Ormalingen (CH)	SMDE, Steinfeld (DE)	<b>400</b>	Prüfen, Einlagerung
<b>Gesamt:</b>		<b><u>2.660</u></b>	

- Nach dem derzeitigen Stand der Technik können SMDE und alle anderen am Markt konkurrierenden Schmelzbetriebe *geschmiedete* Rundstangen aus Sonderlegierungen nur bedingt in *kleineren* Durchmessern und *kleineren Mengen* anbieten (durch das Schmieden, ein schlagartiges, spanloses Druckumformen, werden die Legierungen besonders fest, erhalten ein bestmögliches Gefüge im Material): Das Schmieden ist derzeit nur für Materialien ab einer bestimmten Stärke und - davon abhängig - nur bis zu einer bestimmten Länge möglich (die o.g. Tabelle zeigt, dass bei SMDE z.B. Rundstangen in einer Länge von ca. 3 Metern erst ab einem Durchmesser von 3,5 cm geschmiedet werden können) – eine nachteilige Einschränkung des derzeitigen Rundstangenangebots.

Werden geschmiedete Rundstangen kleineren Durchmessers benötigt, so muss das Ausgangsmaterial derzeit bis zum gewünschten Durchmesser aus stärkeren Rundstangen geschält oder abgedreht werden; kleinere geschmiedete Rundstangen lassen sich also nur aus größeren Rundstangen herstellen. Diese Durchmesser-Reduktion ist ein zeit- und energieaufwändiger und daher teurer Prozess, bei dem außerdem wertvolle Rohmaterialien vergeudet werden. Ferner ist man bei dieser Vorgehensweise in der Länge der Rundstangen eingeschränkt. Obwohl es eine Nachfrage nach geschmiedeten Rundstangen z. B. geringen Durchmessers bei Längen von ca. 3 m gibt, kann sie von SMDE und anderen der Branche der hohen Kosten und Preise wegen nur unzureichend befriedigt werden

- Bei SMDE in Steinfeld werden u.a. berylliumhaltige Kupfer-Legierungen gesägt, gedreht, gefräst, gebohrt, gelötet und geschweißt. Dabei fallen durch Kühlschmiermittel verunreinigte Späne an. Die wertvollen Legierungen in diesen Spänen können aufgrund dieser Verunreinigung nicht weiter verwendet werden und verbleiben deshalb in den Kupferspänen, die zur Wiederverwertung als Span-Schrott an Metallhändler verkauft werden, für die die Reinigung der Späne und die anschließende Trennung der Legierungen ebenfalls zu zeit- und kostenintensiv ist. Wertvolle Rohmaterialien gingen bislang verloren.

- Das Bearbeiten von Rundstangen aus berylliumhaltigen Kupfer-Legierungen ist, je nach Art der Bearbeitung, gesundheitsgefährdend. Deshalb ist besonders darauf zu achten, dass bei der Bearbeitung keine lungengängigen Stäube entstehen (was nicht nur für berylliumhaltige Stäube gilt, sondern auch für nickel- und kobalthaltige Stäube, die ebenfalls bei SMDE entstehen können). SMDE kann eine gefahrlose Bearbeitung nur im eigenen Haus und bei der eigenen Fertigung in der Schweiz und Ungarn garantieren. Um die Sicherheit der Mitarbeiter und der Umwelt zu gewährleisten, wurden

Luft-Messungen bei SMDE durchgeführt. Sowohl die Berufsgenossenschaft als auch das Fraunhofer Institut haben SMDE bestätigt, dass die von SMDE getroffenen Schutzmaßnahmen bei Einhaltung der während der Messung vorhandenen Rahmenbedingungen als vollkommen ausreichend anzusehen sind; lungengängige Feinstäube, gleich von welcher Legierung, wurden nicht festgestellt. Eine Überwachung der externen Partner, die im In- und Ausland für SMDE arbeiten, ist durch SMDE nicht möglich.

## 2. Vorhabenumsetzung

### 2.1. Ziel des Vorhabens

SMDE hat aus umweltpolitischen, betriebswirtschaftlichen, verfahrens- und gesundheitstechnischen Gründen eine innovative, umweltfreundliche Schälmaschine in Betrieb genommen, die den Stand der Technik übertrifft und die o.g. Nachteile weitestgehend vermeidet, und zwar durch:

2.1.1 Die neue Schälmaschine am eigenen Standort wird die o.g. aufwändigen Transportwege vermeiden und bis zu 1.650 Transportkilometer je Schälvorgang einsparen:

<b>Internes Schälen</b>			
Ausgangsstandort	Ziel	Strecke (km)	Bearbeitung
SMCH, Gurtellen (CH)	Bearbeiter, Remscheid (DE)	<b>680</b>	Schmieden, Vergüten
Bearbeiter, Remscheid (DE)	SMDE, Steinfeld (DE)	<b>330</b>	Prüfen, Sägen, Schälen
<b>Gesamt:</b>		<b><u>1.010 km</u></b>	

2.1.2 Die Herstellung qualitativ hochwertiger, fest geschmiedeter Rundstangen auch in kleinen Durchmessern wird künftig möglich sein. Die neue Schälmaschine wird es SMDE ermöglichen, zu Vierkantstangen gesägte Kupfer-Legierungen zu schälen, die zuvor in einer prozessoptimierten Bolzengröße gegossen wurden und anschließend problemlos zu Platten geschmiedet werden konnten. Durch das künftige Schälen von Rundstangen kleinen Durchmessers aus Vierkantstangen statt des Herausschälens aus Rundstangen größeren Umfangs werden weitere Rohstoffe eingespart, weil weniger Späne bei der Zerspanung anfallen.

2.1.3 Das weltweite Vorkommen von Beryllium ist begrenzt; darum wird SMDE durch Recycling der anfallenden Späne diesen Rohstoff schonen. Dies gilt gleichermaßen für die übrigen Bestandteile der Sonderlegierungen.

2.1.4 Um die Gefahr von lungengängigen Stäuben bei der Bearbeitung gesundheitsgefährdender Legierungsbestandteile weiter zu reduzieren, erhielt die neue Schälmaschine eine umweltfreundliche zusätzliche Absaugung. Diese Optimierung am SMDE-Standort dient als zusätzliche Maßnahme zu den ohnehin getroffenen Sicherheitsmaßnahmen, die ein risikofreies Arbeiten zum Ziel haben.

2.1.5 Ferner wurde der Bereich um das Schälfutter mit einer stabilen Stahlhaube abgedeckt, um das Umfeld zu schützen und um die Späne in die Auffangbehälter zu leiten. Die Späne werden über eine Rutsche aus der Maschine geführt und in einem Sammelbehälter aufgefangen. Da eine Trockenbearbeitung erfolgt, wird der Arbeitsraum mit Luft gekühlt und durchflutet, und zwar im Schälbereich mit Injektordüsen, im Spanbereich mit einem Seitenkanal-Verdichter.

2.1.6 SMDE verkauft jährlich 150 bis 200 Tonnen kühlmitelbehafteten Span-Schrott an Metallhändler. Vergütet wird (mit einem Abschlag) dabei „nur“ der Wert des Kupfers. Der Span-Schrott wurde bislang verhüttet und die darin enthaltenen knappen Rohstoff-Legierungselemente wurden nicht mehr aufbereitet und gingen als Verunreinigung verloren. Durch den Verzicht auf Kühlschmieremulsionen wird künftig gewährleistet, dass (anders als bei Spänen, die mit Kühlschmiermittel behaftet sind) die Späne wieder zu 1A-Ware eingeschmolzen werden. Jetzt werden durch Verzicht auf Kühlschmiermittel die Späne dem jeweiligen Schmelzprozess wieder unmittelbar zugeführt. Damit bleibt ein großer Anteil wertvoller Rohstoffe (Kupfer, Kobalt, Nickel, Beryllium u.a.) für SMDE umweltfreundlich erhalten - Recycling limitierter Materialien, die ansonsten verloren gingen.

Durch Umschmelzung der mit dem neuen SMDE-Fertigungsverfahren gewonnenen „trockenen“ Späne werden Verlust und Zukauf der knappen Legierungselemente künftig reduziert.

2.1.7 Die „trockene“ Materialbearbeitung durch Verzicht auf Kühlschmiermittel ermöglicht nicht nur ein Recyceln der Späne, sondern ist auch deswegen umweltpolitisch vorteilhaft, da gebrauchtes Kühlschmiermittel, wie es in der Regel für die Zerspanung verwendet wurde, als „reizend“ gekennzeichnet ist und aufwändig entsorgt werden musste. Bei der Bearbeitung mit der neuen Schälmaschine wird mit Luft gekühlt, was keine entsprechenden negativen Nebeneffekte nach sich zieht.

2.1.8 Es ergeben sich weitere Energieeinsparungen: Der künftige Schälvorgang erfolgt - im Gegensatz zum Drehprozess, der in mehreren, millimeterweisen Schritten durchgeführt werden muss - in einem einzigen Schritt. Das Material wird uno actu über mehrere Messer vom Vierkantstab zur Rundstange geschält. Durch diesen speziellen Prozess wird Energie eingespart, die man für die weiteren Bearbeitungsschritte ansonsten zusätzlich aufwenden musste. Weniger Arbeitsschritte bedeuten außerdem weniger freigesetzte Dämpfe, die bei (unkontrollierter) externer Bearbeitung ein Gesundheitsrisiko für die Mitarbeiter darstellen.

2.1.9 Wurden bislang entsprechende Rundstangen einzeln geschmiedet (wobei der Preis für das Schmieden immer teurer wird, je kleiner der Zieldurchmesser ist), so wird jetzt eine ganze Platte geschmiedet, aus der dann mehrere Vierkantstäbe zur Rundstabherstellung gesägt werden. Der Verzicht auf mehrmaliges Schmieden zu Gunsten des einmaligen Schmiedens erspart zusätzliche Energie:

Der Schmiedevorgang benötigt im Wesentlichen Strom für den Betrieb der Presse und Gas zum Beheizen der Rekuperator-Öfen. Da beide Vorgänge eine CO<sub>2</sub>-Entwicklung zur Folge haben, ergaben sich beim einmaligen Schmieden sowohl Energie- als auch weitere Umweltentlastungen.

Das folgende Beispiel zeigt die Schmiedung eines Bolzens ( $\varnothing 180\text{mm}$  und  $125\text{mm}$  Länge) und einer Platte ( $180 \times 250 \times 3100\text{mm}$ ). Ziel sind in beiden Fällen Rundstangen  $\varnothing 25\text{mm}$  mit einer Länge von  $3100\text{mm}$ . Beim Schmieden des Bolzens entsteht eine einzige Rundstange mit dem minimalen Schmiededurchmesser von  $\varnothing 35\text{mm}$  für die genannte Länge. Aus der geschmiedeten Platte lassen sich 48 Vierkantstangen ( $28 \times 28\text{mm}$ ) sägen, die dann auf  $\varnothing 25\text{mm}$  geschält werden können:

#### Energiebilanz (Schmiedevolumen 1.250 kg)

	Stückzahl	Gewicht (to)	Stromverbrauch (Mwh <sub>el</sub> )		
			pro Stück		gesamt
Schmiedeplatte	1	1,25	0,63		0,63
Bolzen	48	1,25	0,06		2,93

	Stückzahl	Gewicht (to)	Gasverbrauch (m <sup>3</sup> )		
			pro Stück		gesamt
Schmiedeplatte	1	1,25	279,69		279,69
Bolzen	48	1,25	27,39		1.314,72

2.1.10 Die Größe der Gussbolzen (und damit die Größe der Schmiedepplatten) wird jetzt optimiert: Werden Rundstangen (und damit Vierkantstangen als Ausgangsmaterial) einer bestimmten Abmessung benötigt, so wird zuvor die Dimension des Gussbolzens berechnet und für die Weiterverarbeitung optimiert. Das spart weitere Energie und Rohmaterial.

#### 2.2. Technische Lösung (Auslegung und Leistungsdaten)

Das von SMDE realisierte Investitionsvorhaben basiert auf der Idee, aus den zugekauften Schmiedepplatten unterschiedlicher prozessoptimierter Plattengrößen bei SMDE selbst Vierkantstangen zu sägen, die anschließend - ebenfalls bei SMDE - zu Rundstangen in den gewünschten Durchmessern geschält werden. Anstatt viele, von den Sublieferanten umgearbeitete, unterschiedliche Rundstangen-Durchmesser am Lager zu halten, kann SMDE jetzt kleine und große Mengen in kürzester Zeit nach Kundenwunsch selbst produzieren. Im Gegensatz zum bisherigen Procedere wird damit bedarfsgerecht produziert, wodurch Überproduktionen vermieden und Energie, Rohstoffe, aber auch Personalkosten und Transporte etc. eingespart werden. Dies reduziert auch die Kapitalbindung im Lager bei gleichzeitiger Erhöhung der Lieferbereitschaft; es ergeben sich nennenswerte umweltrelevante und betriebswirtschaftliche Vorteile.

Der Bearbeitungsprozess „Schälen“ erfordert eine Kühlung der Werkzeugschneiden. Üblicherweise werden hierzu Kühlschmieremulsionen oder Öle eingesetzt, die anschließend kostenintensiv entsorgt werden müssen. Der bei der Bearbeitung zwangsläufig entstehende Emulsions- bzw. Ölnebel belastet die Gesundheit der Mitarbeiter, so dass mit konstruktiven Maßnahmen wie z.B. Absauganlagen und Filtern entgegen gewirkt werden muss: Die neue spanabhebende Schälmaschine arbeitet darum über Injektionsdüsen mit einer Luft-Trockenkühlung. Dadurch fallen prozessbedingte Späne entgegen der aktuellen Fertigungsmethode ohne Verunreinigungen durch Kühlschmiermittel an; diese Späne werden trocken aus der Maschine in codierte Vorratsbehälter transportiert. Der Arbeitsvorgang findet über Förderschnecken statt, die eine maximale Späne-Rückförderung garantieren. Diese sind leicht montierbar, erleichtern die Reinigung der Anlage und bewirken eine hohe Sortenreinheit der Späne. Damit ist gewährleistet, dass (anders als bei Spänen, die mit Kühlschmiermittel behaftet sind) die Späne wieder zu 1A-Ware eingeschmolzen werden können.

Die neue Schälmaschine wurde erstmals so konstruiert, dass keine unbearbeiteten Reststücke („Butzen“) stehen bleiben; diese „Butzen“ müssten ansonsten von der Stange abgesägt und einem späteren Gießprozess wieder zugeführt werden. Die neue Schälmaschine ist mit einer innovativen Technik ausgestattet, die während der Bearbeitung ein maschinelles „Umgreifen“ zur Vermeidung von Reststücken ermöglicht, wodurch die komplette Stange auf den gewünschten Durchmesser „geschält“ wird. Auch diese neue Schältechnik ist einzigartig.

Durch das „Schälen“ im eigenen Haus wird es jetzt möglich sein, die gegossenen Bolzen immer in prozessoptimierten Chargen zu produzieren. Das bedeutet, dass die Größe der Bolzen so berechnet werden kann, dass sie ideal auf den Gießvorgang sowie auf die spätere Weiterverarbeitung abgestimmt ist. Dadurch werden die Schmelztiegel bei SMCH bzw. SMHU u.a. energetisch ideal ausgelastet. Dies ist von weiterem Vorteil, da Schmelztiegel nur eine bestimmte Anzahl von Güssen überstehen, bevor sie ausgetauscht werden müssen. Eine ideale Auslastung bedeutet damit langfristig ein Maximum an geschmolzenem Material bei minimaler Verwendung von Schmelztiegeln, was neben finanziellen Einsparungen bei der Schmelztiegel-Beschaffung wertvolle Ressourcen schont - z.B. das Halbmetall Graphit, das für die Herstellung von Schmelztiegeln in großen Mengen verwendet wird.

In diesem Zusammenhang gewinnt auch die neue Größe der Schmiedepplatten an Bedeutung. Große Platten, wie sie SMDE nach dem Schmiedevorgang erhält, können nun mittels Ultraschall zur Vermeidung von weiteren Fehlproduktionen geprüft werden, ein akustisches Verfahren zum zerstörungsfreien Auffinden von Materialfehlern. Wie das Schmieden ist auch die Ultraschallprüfung bei kleineren Dimensionen nicht möglich, weil das akustische Signal, das von der rückseitigen Materialaußenhaut zurückgeworfen wird, nicht von dem Signal unterschieden werden kann, das ein Fehler im Inneren reflektieren würde. Eine Ultraschall-Prüfung ermöglicht jetzt, fehlerhafte Güsse, die sonst erst beim Sägen bei SMDE bzw. anschließend beim externen Schälen festgestellt würden, bereits direkt nach der Anlieferung bei SMDE festzustellen. Neben den Energieeinsparungen für den Säge- und Schälprozess werden auch unnötige Transporte sowohl innerbetrieblich bei SMDE als auch zum externen Schälen bei Subunternehmen vermieden. Die neue Schälmaschine schont damit zusätzlich auch durch das künftig anzuwendende Prüfverfahren wertvolle Ressourcen wie Energie und Rohstoffe und spart Personal und Transportwege ein.

Zusätzlich zu den von SMDE geforderten besonderen technischen Eigenschaften der neuen Schälmaschine wurde zur Optimierung der Sicherheit für Mitarbeiter und Umwelt eine spezielle Absaugung angebracht, die Dämpfe während des Bearbeitungsvorgangs direkt dort absaugt, wo sie entstehen. Damit wurde die bereits ausreichende Absicherung optimiert und ist noch sicherer und effektiver.

Ziel der Neukonstruktion war es ferner, im Rahmen der Maschinen-Ökonomie auch die Bedienung der Maschine für das Personal zu optimieren und die Rüstzeiten zu minimieren. Der Lösungsansatz bei der Gestaltung der neuen universellen Schälmaschine erforderte zwangsläufig einen gewissen Umrüstaufwand zur Herstellung der unterschiedlichen Durchmesser der Werkstücke: Bedingt durch den begrenzten Verstellweg der Werkzeug-Schneiden des Schälkopfes (15mm je Schneide) lassen sich - ohne umzurüsten - Durchmesser-Varianten in einem Bereich von 30 mm erzeugen.

Um den gewünschten Bearbeitungsbereich von 15 bis 80 mm abzudecken, müsste der Schälkopf immer aufwändig umgerüstet werden. Um den Umrüst-Aufwand zu minimieren, wurden nun drei unterschiedlich lange Werkzeug-Trägertypen eingesetzt, die vom Maschinenbediener nach Bedarf ohne großen Aufwand zu wechseln sind. So ergeben sich Arbeitsbereiche 14 - 44 mm, 35 - 65 mm und 55 - 85 mm. Die Umrüstzeit für die Werkzeugträger beträgt nun weniger als 15 Minuten. Durch die Integration eines manuell zu bedienenden Werkstück-Handling-Systems wird der Maschinenbediener gleichzeitig weitestgehend von körperlicher Arbeit entlastet.

Die konstruktive Gestaltung des Arbeitsbereichs sah auch einen minimalen Aufwand bzgl. der Reinigung des Arbeitsraums vor, um den Aufwand der Reinigungsarbeiten z.B. beim Materialwechsel der Halbzeuge zu minimieren.

Ökonomische Verbesserungen durch die geplante Neukonstruktion gehen bei der neuen Schälmaschine mit ökologischen Verbesserungen einher. Es wurde u.a. die Stahlkonstruktion des Maschinengestells optimiert. Eine Fachwerkbauweise führte zu einer Gewichtsreduzierung und dadurch zu Ressourcen-Einsparungen im Bereich des Materialeinsatzes. Die fehlende Stahlmasse wurde durch das Verfüllen des Maschinengestells mit Beton kompensiert, wodurch die notwendigen Dämpfungseigenschaften gewährleistet sind.

Hoch energieeffiziente Antriebe sorgen bei der Schälmaschine zusätzlich für eine verbesserte Energiebilanz. Für die Arbeitsfeldbeleuchtung wird LED-Technologie anstatt herkömmlicher Leuchtmittel eingesetzt, was ebenfalls zu einer positiven Energiebilanz der neuen universellen Schälmaschine beiträgt.

Die neue Schälmaschine dient dem toleranzhaltigen Schälen von vierkant und rundem Ausgangsmaterial zu einem runden Halbzeug in Durchmesser-Abweichungen von 0,1 - 0,4 mm. Der größte zu schälende Durchmesser beträgt maximal 80 mm, begrenzt durch den Spindeldurchlass, der kleinste Durchmesser 15 mm, begrenzt durch die Schnittgeschwindigkeit, da maximal 1500 U/min zu realisieren sind. Der maximale Hub der Schälfutterzustellung beträgt 15 mm.

### 2.3. Umsetzung des Vorhabens

Das Projekt „Kauf und Errichtung einer innovativen und umweltfreundlichen Schälmaschine“ wurde am 02. Juli 2015 begonnen und termingerecht am 15. Dezember 2015 beendet.

#### Schälmaschine:

Die neue Schälmaschine wurde eine Woche nach Projektstart in Auftrag gegeben. Der Bau verlief insgesamt planmäßig. Das Grundgestell sowie einzelne Stahl-Bauteile wurden fertig geschweißt. Das Drehfutter kam in KW44 von der externen Drehbearbeitung. Der Schaltschrank mit kompletter Elektrik wurde früher als geplant fertig gestellt. SMDE nahm sich Zeit für regelmäßige Besuche beim Hersteller SIRtec im Abstand von ca. 6 Wochen zur Fortschrittsüberwachung. Auf der Schälmaschine wurden im Dezember 2015 die ersten Stangen geschält. Anfang 2016 wurde die Testphase bei SMDE begonnen.

Das Schälen von Rundstangen aus Vierkant funktionierte von Anfang an, ebenso die bedarfsgerechte Herstellung von Ø15 bis Ø80 aus Schmiedepplatten idealer Größe mit bestem Gefüge. Oberflächen und Toleranzen sind zufriedenstellend. Auch die Ultraschall Prüfung funktioniert, durch ausreichend große Plattendimensionierung, problemlos.

#### Fertigungshalle:

Der Bau der neuen Halle ging schnell und planmäßig voran. Alle äußeren Arbeiten (Hallenbau, Dach, Lichtband, Fenster, Türen, Tore) wurden termingerecht beendet, ebenso der Boden. Die Halle war Anfang Dezember 2015 begehbar, so dass im Dezember mit dem Umzug begonnen werden konnte.

#### Sägen:

Die Sägen wurden, wie geplant, im Dezember angeliefert und aufgebaut, nach intensiven Planungen des Sägeprozesses und den damit verbundenen Anforderungen an die Sägen.

#### Umzug:

Da der Umzug nicht nur die Maschinen in Steinfeld betraf, sondern neue Maschinen und die Einbindung von Maschinen aus der Schweiz und aus Österreich, war hier eine besonders detaillierte Planung nötig. Die Umsetzung erfolgte planmäßig.

#### Langhobler:

Bei der Vorbearbeitung der Gussplatten hatte man sich für das Hobeln entschieden, damit SMDE die Möglichkeit hat, trocken zu zerspanen und die entstehenden Späne dem Gussprozess unmittelbar wieder zuzuführen. Hierfür wurde ein Langhobler gebraucht erworben und im Dezember in die neue Halle integriert.

#### Optimierung:

Da bisher noch nicht feststand, wie die Späne bei der Bearbeitung aussehen, wurden Vorkehrungen getroffen, um bei Bedarf einen Späne Zerkleinerer an die Schälmaschine mit anzubauen. Ein passender Zerkleinerer wurde angesehen und die Vorkehrungen für einen schnellen Anbau wurden vom Maschinenhersteller mit eingeplant.

Insgesamt sorgen Materialprüfung, Fertigung und Qualitätssicherung bei SMDE für die geplanten Einsparungen unnötiger Wege und der damit verbundenen (Umwelt-)

Belastungen. Die trockene Bearbeitung beugt einer Entsorgung von Kühlschmierstoffen vor und ermöglicht ein unmittelbares Wiedereinschmelzen. Die Trennung der Späne an der Maschine funktioniert ebenso wie die Absaugung evtl. entstehender Dämpfe an der Maschine. Auch Reststücke ("Butzen") an der Maschine werden durch ein Umgreifen während des Prozesses vermieden.

#### 2.4. Behördliche Anforderungen (Genehmigungen):

Behördliche Anforderungen mussten zur Inbetriebnahme der neuen Schälmaschine nicht berücksichtigt werden.

#### 2.5. Erfassung und Aufbereitung der Betriebsdaten:

Basis für die zunächst gedankliche Konzeption des Vorhabens "Errichtung einer innovativen und umweltfreundlichen Schälmaschine" waren umfangreiche innerbetriebliche Auswertungen. Durch diese Auswertungen wurden permanente Bedarfsanforderungen herausgefiltert, die nicht erfüllt werden konnten.

Ausschlag gebend waren, unter anderem, innovative Projekte, für die spezielle Anforderungen an Materialbeschaffenheit und –güte gestellt wurden, die vom Markt (nicht nur von SMDE) nicht erfüllt werden konnten. Diese Projekte konnten bisher von SMDE nicht angegangen, gleichzeitig aber auch vom Markt nicht mit den hierfür optimalen Werkstoffen versorgt werden.

#### 2.6. Konzeption und Durchführung des Messprogramms:

Die Konzeption und Messung bestehen zum großen Teil in der Tatsache, dass das Projekt „Schälmaschine“ funktioniert. Für die Zielsetzungen ergeben sich dadurch folgende Schlussfolgerungen:

##### Transportwege:

Da SMDE nun alle Bearbeitungen im eigenen Haus durchführen kann, fallen unnötige Fahrten weg. Daher werden die in 2.1.1 erwähnten Transportwege von bis zu 1.650 Kilometer, je benötigter Fahrt, eingespart. Daraus resultieren natürlich positive umweltpolitische Effekte, die später auch noch unter dem Punkt 3.3 Beachtung finden.

##### Schmelztiegel:

Durch die Produktion prozessoptimierter Chargen werden die Schmelztiegel, wie bereits im Punkt 2.2 erwähnt, bei SMCH bzw. SMHU ideal ausgelastet, was langfristig ein Maximum an geschmolzenem Material bei minimaler Verwendung des Schmelztiegels bedeutet. Dies schont wertvolle Ressourcen, wie das Halbmetall Graphit, das für die Herstellung von Schmelztiegeln in großen Mengen verwendet wird. Messungen lassen sich hier nicht durchführen, da die Schmelztiegel für das gesamte Produktspektrum von Schmelzmetall im Einsatz sind, nicht nur für die späteren Rundstangen.

##### Schmieden:

Da SMDE in der Lage ist aus geschmiedeten Platten das spätere Fertigprodukt „Rundstange“ zu gewinnen, ist das Schmieden einzelner Rundstangen nicht nötig. Daher können die Tabellen unter 2.1.9 als Ergebnis der Einsparungen im Bereich Strom- und

Gasverbrauch heran gezogen werden. Diese beziehen sich dann auf die jeweiligen Endabmessungen der Fertigprodukte. Als aktuelle Übersicht wird unter 3.2 und unter 3.3 eine Tabelle der bisherigen Einsparungen angefügt.

**Trockenbearbeitung:**

Da die neue Schälmaschine nur trocken bearbeitet, werden der Einsatz von Kühlschmiermitteln und die damit verbundene Entsorgung gar nicht erst nötig. Eine Messung entfällt also.

**Schälmaschine:**

Ökonomische Verbesserungen durch die geplante Neukonstruktion gehen bei der neuen Schälmaschine mit ökologischen Verbesserungen einher. Beim Bau wurde die Stahlkonstruktion des Maschinengestells optimiert. Eine Fachwerkbauweise führt zu einer Gewichtsreduzierung und dadurch zu Ressourcen-Einsparungen im Bereich des Materialeinsatzes. Die fehlende Stahlmasse wird durch das Verfüllen des Maschinengestells mit Beton kompensiert, wodurch die notwendigen Dämpfungseigenschaften gewährleistet sind. Zusätzlich sorgen hoch energieeffiziente Antriebe bei der Schälmaschine für eine verbesserte Energiebilanz. Für die Arbeitsfeldbeleuchtung wird LED-Technologie anstatt herkömmlicher Leuchtmittel eingesetzt, was ebenfalls zu einer positiven Energiebilanz der neuen universellen Schälmaschine beiträgt.

**Recycling:**

Um die aktuellen Zahlen zu den einzelnen Legierungselementen der wiedereingeschmolzenen Späne zu erhalten, sehen wir uns die bisher für dieses Projekt hergestellten Schmiedepplatten an, so wie die daraus produzierten Vierkant- und Rundstangen. Wir ziehen das Gewicht der fertigen Rundstangen vom Gewicht der Vierkantstangen ab und kommen so auf das Gewicht der produzierten Späne. All diese Informationen werden nach den jeweiligen Legierungen (CCNB, CB2, CNB spez., etc.) getrennt. Dann müssen wir nur noch die prozentualen Anteile der einzelnen Legierungsbestandteile heraus rechnen und kommen so auf die Gewichtsangaben. Unter Punkt 3.3 ist eine Tabelle mit den Ergebnissen des eben beschriebenen Vorganges zu finden.

### **3. Ergebnisdarstellung zum Nachweis der Zielerreichung**

#### **3.1. Bewertung der Vorhabendurchführung**

Die Einhaltung aller bei der Planung der Neuinvestition gemachten Vorgaben kann bereits in der kurzen Laufzeit der neuen Schälmaschine generell bestätigt werden!

##### **1. Schälmaschine:**

Planung und Bau der neuen Schälmaschine wurden wie geplant durchgeführt. Der Bau wurde zusätzlich in regelmäßigen Abständen von ca. 6 Wochen von SMDE überwacht. Entscheidend für die grundsätzliche Frage, ob das Projekt tatsächlich funktioniert, war der erste Testlauf der Schälmaschine beim Hersteller. Als dort alles nach Plan verlief, die Maschine also Rundstangen aus Vierkantstangen herstellte, konnte die Schälmaschine nach Steinfeld gebracht werden, wo die Testphase begann. In der Testphase musste nun die Einhaltung aller an die Maschine gestellten Anforderungen sichergestellt werden. Zunächst machte sich der Maschinenbediener mit der Auswirkung verschiedener Drehzahlen und Vorschübe auf die verschiedenen Materialien vertraut, um

die geforderte Qualität und Toleranz der Oberfläche zu erhalten. So konnte, zusammen mit einem Wendplattenhersteller, die optimale Schneiden-Geometrie der Wendeschneidplatten gesucht werden.

Zusätzlich wurde festgestellt, dass das Material auf dem letzten Stück zu vibrieren begann und dadurch eine schlechte Oberfläche erhielt. Vom Maschinenhersteller wurde daraufhin eine zusätzliche Zange am Austritt der Spindel montiert. Diese Zange greift auf dem letzten Stück das Material und verhindert ein Aufschwingen.

Inzwischen wurden alle „Kindheitsfehler“ behoben und die Schälmaschine erfüllt alle geforderten Kriterien.

## 2. Säge KASTObloc A 5:

Im Verlauf des Projektes wurde festgestellt, dass der Sägevorgang automatisiert werden müsse, um die Schälmaschine mit genügend Material versorgen zu können. Die Sägen sind in diesem Projekt, zeitlich gesehen, der Flaschenhals. Man hat sich statt der ursprünglich geplanten KASTObloc U 5 für eine KASTObloc A 5 entschieden, bei der durch automatische Vorschübe und entsprechende Sicherheitseinrichtungen die Möglichkeit besteht, diese unbeaufsichtigt laufen zu lassen.

Lieferung und Aufbau der Maschine wurden von Monteuren der Fa. Kasto übernommen und verliefen planmäßig. Die Säge funktioniert tadellos und erfüllt alle Anforderungen.

## 3. Säge KASTO Vertical:

Um die angegebenen Werkzeugkosten einhalten zu können wurde von der geplanten KASTOwin A 8.6 auf eine KASTO Vertical umgeschwenkt, die zwar kleiner ausfällt, aber durch die mögliche Höhe der zu bearbeitenden Werkstücke für die aktuellen Aufgaben sogar besser geeignet ist.

Der Aufbau der Maschine wurde von SMDE übernommen und verlief planmäßig. Die Säge funktioniert tadellos und erfüllt alle Anforderungen.

In Summe konnten diese beiden Sägen das Budget einhalten.

## 4. 2 x Schraubenkompressor Aircenter:

Durch den Umzug in die neue Halle, die neuen Sägen und die Schälmaschine wurde eine Überarbeitung des Luftkonzeptes nötig. Die alten Kompressoren konnten diese Herausforderung unmöglich stemmen. Aus diesem Grunde wurde in Zusammenarbeit mit einem Spezialisten ein Konzept erarbeitet, um zwei neue Kompressoren mit den vorhandenen Kompressoren so zu verknüpfen, dass die neuen Kompressoren unter Volllast arbeiten, während die alten Kompressoren Überlasten auffangen. Auf diese Weise werden die aktuellen Anforderungen gedeckt und im Notfall hat man auch noch Reserven.

Die Montage der Kompressoren erfolgte in einem, bereits vorhandenen, separaten Bürocontainer, der auf ein zusätzliches Podest gebaut wurde. Durch dieses Podest war es möglich in der neuen Halle mehr Nutzfläche zu schaffen.

Die Montage der Kompressoren und des Podestes, so wie der Umzug des vorhandenen Bürocontainers verliefen planmäßig. Die Kompressoren funktionieren tadellos und erfüllen alle Anforderungen.

## 5. 20 x Späne Container:

Um die nötige Trennung der unterschiedlichen Legierungen zu ermöglichen wurden 20 Späne Container gekauft. Für die geforderte Sortenreinheit der Späne ist es nötig nur bestimmte Legierungen in die dafür vorgesehenen Container zu füllen. Diese Container wurden zum einen mit Spiegeln ausgestattet, so dass ein Sensor an der Schälmaschine dafür sorgt, dass die Maschine nur läuft, wenn der richtige Container unter

dem Späne Förderer steht. Zum anderen wurden sie mit den Namen der jeweiligen Legierungen beschriftet um ein falsches Befüllen mit trockenen Spänen von anderen Maschinen zu vermeiden.

Die Späne Container wurden rechtzeitig zur Testphase der neuen Schälmaschine in Steinfeld angeliefert und erfüllen ihre Funktion tadellos.

#### 6. Werkzeug (Erstausrüstung):

Das Werkzeug für die Erstausrüstung beschreibt alle Werkzeuge und Werkstatt-Ausstattungen die für den täglichen Betrieb aller hier aufgeführten Maschinen benötigt werden. Durch bekannt werden der Tatsache, dass statt einem Umzug in zwei vorhandene Hallen ein Umzug in die neue Halle angestrebt wird, wichen die ursprünglich geplanten Anforderungen von den letztlichen Anschaffungen ab. In Summe wurde das Budget jedoch nur knapp überzogen. Zusätzliche Kosten wurden von SMDE übernommen.

Die Werkzeuge wurden rechtzeitig zur Testphase der neuen Schälmaschine in Steinfeld, bzw. zum Umzug in die neue Halle, angeliefert und erfüllen ihre Funktion tadellos.

#### 7. Maschinenumzug (innerhalb SMDE):

Für den Umzug aller vorhandenen Maschinen wurden ursprünglich nur SMDE-Mitarbeiter eingeplant. Im Verlauf des Projektes wurde klar, dass für den kompletten Umzug aller Maschinen (incl. der geplanten Sägen aus der Schweiz und des zusätzlich erworbenen Langhoblers aus Österreich), in der veranschlagten Zeit, eine professionelle Umzugsfirma, mit entsprechender Ausstattung, mit ins Boot genommen werden musste.

Der Maschinenumzug konnte so planmäßig durchgeführt werden. Alle Maschinen konnten rechtzeitig an ihrem Bestimmungsort wieder in Betrieb genommen werden. Das Budget wurde nur knapp überzogen. Zusätzliche Kosten wurden von SMDE übernommen.

#### 8. Krananlagen:

Die ursprüngliche Planung sah den Umzug in zwei vorhandene Hallen mit vorhandenen Kränen vor. In diesen Hallen sollten Umbauten der Kräne vorgenommen werden. Durch den Umzug in die neue Halle wurde diese Planung hinfällig. Stattdessen wurde hier ein zusätzlicher, neuer Kran gekauft, der, in Anbetracht der Hallengröße, zwingend notwendig ist.

Die Installation der Hallenkräne wurde rechtzeitig zum Umzug der Maschine abgeschlossen. Beide Kräne funktionieren tadellos und erfüllen ihre Funktion.

Das Budget wurde nicht überschritten.

### 3.2. Stoff- und Energiebilanz :

Mit der Investition in die neue Schälmaschine werden folgende Energieeinsparungen verwirklicht:

Unter Punkt 2.1.9 wurde bereits der Punkt „Schmieden“ incl. Beispiel beschrieben. Unten stehend finden sich die aktuellen Ergebnisse der Testphase:

Der folgenden Tabelle liegen diese aktuellen Zahlen zu Grunde:

- Geschmiedete Platten (Testphase): 8
- Gesamtgewicht: ca. 10 Tonnen
- Daraus geschälte Stangen unterschiedlicher Durchmesser: 249

Energiebilanz (Schmiedevolumen 10 Tonnen):

	Stückzahl	Gewicht (to)	Stromverbrauch (Mwh <sub>el</sub> )		
			pro Stück		gesamt
Schmiedeplatte	8	10	0,63		5,04
Rundstangen	249	10	0,06		14,94

	Stückzahl	Gewicht (to)	Gasverbrauch (m <sup>3</sup> )		
			pro Stück		gesamt
Schmiedeplatte	8	10	279,69		2237,52
Rundstangen	249	10	27,39		6820,11

Die Tabelle zeigt den tatsächlichen Strom- und Gasverbrauch beim Schmieden der Schmiedeplatten, so wie den Verbrauch, hätte man die 249 Rundstangen einzeln geschmiedet. Die Differenz ergibt die aktuellen Einsparungen. Diese sehen also aktuell so aus:

- Einsparungen Stromverbrauch: 9,9 Mwh<sub>el</sub>
- Einsparungen Gasverbrauch: 4.582,59 m<sup>3</sup>

Als Hochrechnung für das erwartete Potential der nächsten drei Jahre lässt sich folgende Aussage treffen:

Energiebilanz (Einsparungen in den nächsten 3 Jahren):

Jahr	Zusätzl. Potential (kg)	Stromverbrauch (Mwh <sub>el</sub> )
2017	71.000	70,29
2018	102.000	100,98
2019	112.000	110,88
Gesamt:		282,15

Jahr	Zusätzl. Potential (kg)	Gasverbrauch (m <sup>3</sup> )
2017	71.000	32.536,39
2018	102.000	46.742,42
2019	112.000	51.325,01
Gesamt:		130.603,82

Erste repräsentative Messung in den letzten Monaten zeigen, dass die künftige Produktion auf der neuen Schälmaschine zu den o.g. Ergebnissen führen wird.

Die Differenz zu den im Beispiel unter 1.1.9 aufgezeigten Ergebnissen ergibt sich aus den unterschiedlichen Durchmessern der Rundstangen. Das Beispiel wurde auf Rundstangen vom Durchmesser 25mm ausgelegt. Im Tagesgeschäft kommen alle Durchmesser zwischen 15 und 80mm vor. Generell lässt sich sagen, je kleiner der Durchmesser ist, desto höher sind die Einsparungen!

### 3.3. Umweltbilanz:

Die im Abschnitt 2.1 „Ziel des Vorhabens“ genannten umweltbelastenden Nachteile konnten durch die Neuinvestition vermieden und die umweltpolitischen Ziele erreicht werden:

Zu 2.1.1 Die externe Bearbeitung der Vierkantstangen zog vergleichsweise lange Transportwege nach sich. Ausgehend vom extremsten Fall entstand z.B. beim externen Schälprozess ein „Umweg“ von ca. 1.650 km. Die entsprechenden Umweltauswirkungen verdeutlicht - neben dem wirtschaftlichen Aspekt - das nachstehende Diagramm, ausgelegt für den Transport per LKW:

Strecke in km	Transportgewicht in kg	CO <sub>2</sub> Ausstoß in kg
1650	1200	363
1650	2400	578
1650	3600	842

Berechnung über <http://www.klimanko.de/co%C2%B2-belastung-berechnen/gutertransport/>

Ausgehend von einer Hochrechnung des erwarteten zusätzlichen Produktionspotentials in den nächsten drei Jahren durch die Einführung der neuen Schälmaschine ergibt sich folgende Bilanz, die aufzeigt, welchen CO<sub>2</sub> Ausstoß (kg) die Schälmaschine künftig vermeidet:

Jahr	Zusätzliches Potential in kg	CO <sub>2</sub> Ausstoß in kg
2016	71.000	23.430
2017	102.000	33.660
2018	112.000	36.960
	<b>Gesamt:</b>	<b><u>94.050</u></b>

Die Tatsache, dass die neue Schälmaschine, wie geplant, funktioniert, hat zur Folge, dass die künftige Produktion auf der neuen Schälmaschine diese unnötige Umweltbelastung bei SMDE vermeidet.

Zu 2.1.6 Durch Umschmelzung der mit dem neuen SMDE-Fertigungsverfahren gewonnenen „trockenen“ Späne wird der Bedarf an knappen Legierungselementen reduziert:

Die nachfolgende Tabelle zeigt die Gewichte der geschälten Späne, sortiert nach Legierungen, sowie die Gewichte der darin enthaltenen Legierungsbestandteile:

Recyclebare Legierungsbestandteile während der Testphase:

Legierung:		Legierungsbestandteil:	
CCNB	2.961,60 kg	Beryllium:	11,85 kg
		Kobalt:	23,69 kg
		Nickel:	23,69 kg
CB2	819,80 kg	Beryllium:	14,76 kg
		Kobalt:	1,64 kg
		Nickel:	1,64 kg
CNB spez	285,20 kg	Beryllium:	0,57 kg
		Kobalt:	0,57 kg
		Nickel:	3,99 kg

Aus den Aufzeichnungen während der Testphase lassen sich diese Zahlen als bisherige Reduzierung des Bedarfs an knappen Legierungselementen bestätigen.

Als Hochrechnung für das erwartete Potential (dieser drei Legierungen) im nächsten Jahr lässt sich folgende Tabelle festlegen:

Hochrechnung für die in 2017 erwartete Jahresausbringung:

Legierung:		Legierungsbestandteil:	
CCNB	45.000 kg	Beryllium:	180 kg
		Kobalt:	360 kg
		Nickel:	360 kg
CB2	15.000 kg	Beryllium:	270 kg
		Kobalt:	30 kg
		Nickel:	30 kg
CNB spez	4.000 kg	Beryllium:	8 kg
		Kobalt:	8 kg
		Nickel:	56 kg

In der Summe ergibt sich damit diese Reduzierung des Bedarfs an knappen Legierungselementen:

Beryllium (gesamt):	458 kg
Kobalt (gesamt):	398 kg
Nickel (gesamt):	446 kg

Erste repräsentative Messungen in den letzten Monaten zeigen, dass die künftige Produktion auf der neuen Schälmaschine Verlust und Zukauf dieser knappen Legierungselemente im geplanten Maße reduzieren wird.

Neben den entsprechenden Kosteneinsparungen bei SMDE werden auf diese Weise wertvolle 1.300 kg Rohstoffe im Jahr 2017 umweltfreundlich „gerettet“. Mit steigendem Potential der Folgejahre wird auch Reduzierung des Bedarfs an zusätzlichen knappen Legierungselementen steigen.

Die Ziele von 2.1.9 führen zur ff. Umweltbilanz:

Die bereits unter 3.2 dargestellt Energiebilanz hat die folgende Tabelle der aktuellen CO<sub>2</sub>-Einsparung zur Folge:

Umweltbilanz (CO<sub>2</sub>-Entwicklung bei 10 Tonnen):

	Stückzahl	Gewicht (to)	CO <sub>2</sub> -Belastung Stromverbrauch (kg)
Schmiedeplatte	8	10	3.492,72
Rundstangen	249	10	10.353,42

	Stückzahl	Gewicht (to)	CO <sub>2</sub> -Belastung Gasverbrauch (kg)
Schmiedeplatte	8	10	4.385,54
Rundstangen	249	10	13.367,42

Die Tabelle zeigt den Vergleich der tatsächlichen CO<sub>2</sub>-Entwicklung beim Schmieden der Platten während der Testphase zur imaginären CO<sub>2</sub>-Entwicklung beim Schmieden der einzelnen Rundstangen. Die aktuelle Einsparung ergibt sich aus der Differenz der jeweiligen Beträge. Damit lässt sich folgendes Ergebnis festlegen:

- CO<sub>2</sub>-Einsparungen (Stromverbrauch): 6.860,70 kg
- CO<sub>2</sub>-Einsparungen (Gasverbrauch): 8.981,88 kg

Als Hochrechnung für das erwartete Potential der nächsten drei Jahre lässt sich folgende Aussage treffen:

Umweltbilanz (CO<sub>2</sub>-Einsparungen in den nächsten 3 Jahren):

Jahr	Zusätzl. Potential (kg)	CO <sub>2</sub> -Einsparung Stromverbrauch (kg)
2017	71.000	48.710,97
2018	102.000	69.979,14
2019	112.000	83.700,54
Gesamt:		202.390,65

Jahr	Zusätzl. Potential (kg)	CO <sub>2</sub> -Einsparung Gasverbrauch (kg)
2017	71.000	63.771,32
2018	102.000	91.615,14
2019	112.000	109.578,89
Gesamt:		264.965,35

Erste repräsentative Messung in den letzten Monaten zeigen, dass die künftige Produktion auf der neuen Schälmaschine o.g. Einsparungen zur Folge haben wird.

Die Differenz zu den im Beispiel der Fachtechnischen Beschreibung aufgezeigten Ergebnissen ergibt sich aus den unterschiedlichen Durchmessern der Rundstangen. Das Beispiel wurde auf Rundstangen vom Durchmesser 25mm ausgelegt. Im Tagesgeschäft kommen alle Durchmesser zwischen 15 und 80mm vor. Generell lässt sich sagen, je kleiner der Durchmesser ist, desto höher sind die Einsparungen!

In Bezug auf die materialspezifischen, ökobilanziellen Datensätze, errechnet über das Tabellenblatt „Umweltprofile“ (Materialien und Energieträger) des UBA, lässt sich folgende Aussage treffen:

- Kumulierter Rohstoffaufwand (KRA):  
Im Jahresvergleich beträgt die absolute Umweltentlastung/Effizienzsteigerung 4.391,07 Tonnen. Das entspricht einer relativen Umweltentlastung/Effizienzsteigerung von 23,81%.
- Kumulierter Energieaufwand (KEA):  
Im Jahresvergleich beträgt die absolute Umweltentlastung/Effizienzsteigerung 3.916,99 GJ. Das entspricht einer relativen Umweltentlastung/Effizienzsteigerung von 40,55%.
- Treibhauseffekt (GWP):  
Im Jahresvergleich beträgt die absolute Umweltentlastung/Effizienzsteigerung 224,80 Tonnen CO<sub>2</sub> Äq.. Das entspricht einer relativen Umweltentlastung/Effizienzsteigerung von 40,49%.

Hinweis: Der Jahresvergleich wurde für den Zeitraum 25.07.2014 bis 25.07.2015 bzw. 25.07.2015 bis 25.07.2016 erstellt. Da die Schälmaschine erst am 07.01.2016 in Betrieb genommen, also noch kein Jahr gelaufen ist, gehen Umweltentlastung und Effizienzsteigerung des Schälprozesses lediglich für einen Zeitraum von knapp 7 Monaten in die aktuelle Jahresrechnung ein.

#### 3.4. Wirtschaftlichkeitsanalyse:

Die Finanzierung der Investition in Höhe von € 1.542.284,60 wird neben dem Zuschuss aus dem BMUB-Umweltinnovationsprogramm in Höhe von € 456.733 durch Eigenmittel von SMDE in Höhe von € 232.551,60 dargestellt werden.

Die Amortisationszeit der Neuinvestition beträgt (ohne Zuschuss) 5,5 Jahre. Unter Berücksichtigung des o.g. Förderzuschusses wird die Amortisationszeit auf 4,5 Jahre reduziert; der fragliche Zuschuss verringert insoweit das wirtschaftliche Risiko von SMDE und stellte damit einen wesentlichen Anreiz für SMDE zur Durchführung der entsprechenden Investition dar.

Die Amortisation errechnet sich wie folgt:

Finanzierung:

Investitionssumme	1.522.992,60 €
- Förderung KfW	456.733,- €
- Eigenanteil SM	216.259,60 €
<hr/>	
= Finanzierungsbetrag	850.000,- €

Zinsen (ca. 1,9 %) p. a. (Laufzeit 8 Jahre) 16.150,- €

Amortisationsrechnung:

Investitionssumme	1.522.992,60 €
- Förderung KfW	456.733,- €
+Anschlusskosten	72.997,94 €
+Kosten Umzug	152.104,36 €
+Laufende Werkzeugkosten	43.500,- €
+Unterhalt/Reparatur	12.600,- €
+Zinsaufwand für 3 Jahre	48.450,- €
+Infrastrukturaufwand (Hallenmiete Halle 7 für 3 Jahre abzgl. Untervermietung Halle 1)	235.800,- €
+Zusätzliches Personal für 3 Jahre	450.000,- €
<hr/>	
<b>Gesamtinvestitionssumme für 3 Jahre</b>	<b>2.081.711,90€</b>

Zusätzlicher DBI - Markt 2016 - 2018	910.000,- €
+Zusätzlicher DBI - Lohnbearbeitung 2016 - 2018	100.000,- €
+Reduktion Zukauf Legierungselemente	365.000,- €
<hr/>	
<b>Gesamtersparnis für 3 Jahre</b>	<b>1.375.000,- €</b>

Ersparnis / Jahr	458.334,- €
Gesamtinvestitionssumme für 3 Jahre	2.081.711,90 €

**Hieraus ergibt sich eine Amortisationszeit von 4,5 Jahren!**

3.5. Technischer Vergleich zu konventionellen Verfahren:

SMDE hat mit der Investition in eine neue Schälmaschine, die es ermöglichen soll Rundstangen aus Vierkantstangen zu schälen, Neuland betreten.

Ein direkter Vergleich zu konventionellen Verfahren ist daher schwer möglich, da diese Maschine bisher einzigartig auf der Welt ist und daher in vielen Bereichen ganz neue Möglichkeiten bietet.

Die Qualität der Rundstangen, die sich mit der neuen Methode herstellen lassen, ist nur vergleichbar mit einzeln geschmiedeten Stangen. Gerade im Bereich „Kunststoffformenbau“ gibt es, nach unserer derzeitigen Kenntnis, keine vergleichbaren Produkte.

Die einzelnen technischen Komponenten, die der Schälmaschine zu Grunde liegen, sind allgemein bekannt, sie wurden für SMDE allerdings neu zusammen gefügt, um letztendlich das gewünschte Ergebnis erzielen zu können - mit Erfolg. Eingesetzt werden zudem energetisch hocheffiziente Anlagenteile und ein ganzes Bündel von Überwachungs- und Steuerungskomponenten, um jederzeit optimierend in den Prozess eingreifen zu können.

## **4. Übertragbarkeit**

### **4.1 Erfahrungen aus der Praxiseinführung**

Das Projekt professionell geplant und umgesetzt. Eine unvorhersehbare Wende im Projektverlauf brachte die Entscheidung, statt in die vorhandenen Hallen 2 und 3, in die neue Halle 7 umzuziehen. Diese Entscheidung wirkte sich gravierend auf viele Aspekte der Vorplanung aus. Trotz der Tatsache, dass hier im Nachhinein viel geändert werden musste und neue Aufgaben mit aufgenommen werden mussten, hat sich diese zusätzliche Arbeit jedoch mehr als gelohnt. Die organisatorischen Möglichkeiten, die der Einzug in eine völlig neue Halle bietet, hätten in den beiden ursprünglich geplanten Hallen niemals umgesetzt werden können.

Aufbau und Inbetriebnahme der Schälmaschine waren nicht mit "Unvorhergesehenem" verbunden, das über das normale Maß einer Neuinvestition hinausgeht - sicherlich natürlich auch hier bedingt durch die detaillierte Vorplanung und professionelle Umsetzung des Vorhabens. Die Probleme, die während der Testphase auftraten konnten schnell und unkompliziert mit den jeweiligen Ansprechpartnern aus dem Weg geräumt werden.

Insgesamt lässt sich sagen, dass man viele positive Erfahrungen durch den Projektverlauf, aber auch durch die Zusammenarbeit mit allen beteiligten Partnern gesammelt hat um zukünftigen neuen Projekten entspannt entgegen zu blicken.

### **4.2. Modellcharakter/Übertragbarkeit (Verbreitung und weitere Anwendung der Schälmaschine)**

Von besonderer Bedeutung für Neuheitswert und Einzigartigkeit der Schälmaschine ist die direkte Herstellung von Rundstangen aus Vierkantmaterial in einem Zug. Ein Zwischenschritt ist nicht nötig. Dadurch ist eine bedarfsmengengerechte Fertigung möglich, die besonders bei Materialien, die nicht in wirtschaftlich rentablen Kleinmengen hergestellt werden können, Anwendung findet. Insoweit können „Nischenmärkte“ angegangen werden, die vorher auf Grund der Mengenproblematik nicht bedient werden konnten. Als positiver Nebeneffekt werden in diesen „Nischenmärkten“ weitere Innovationen vorangetrieben. Das neue fortschrittliche Schälverfahren garantiert auch schnelle Lieferzeiten in allen gewünschten Durchmessern bei gleichbleibend hochwertiger Qualität, gleichzeitiger Schonung wertvoller Ressourcen wie Energie und Material und spart Zeit, Personal und Transportwege.

Die neue Schälmaschine mit dem innovativen Schäl-Verfahren ist - gemessen am aktuellen Stand der Technik - fortschrittlich, innovativ, für die gesamte Branche neuartig und dient in vollem Umfang auch dem Schutz der Umwelt. Diese Schälmaschine wird bei SMDE erstmalig im Produktionsprozess großtechnisch zur Anwendung kommen, ist für SMDE ein innovatives, großtechnisches Pilotvorhaben. Die neue Schälmaschine besitzt technischen und betriebswirtschaftlichen Modell- und Demonstrationscharakter, z. B. auch für andere Schmelzbetriebe. Durch die neue Schälmaschine verschafft sich SMDE ein Alleinstellungsmerkmal und einen wichtigen Wettbewerbsvorteil, über den andere Unternehmen ebenfalls gerne verfügen würden, wodurch der umweltfreundliche Multiplikatoreneffekt der Schälmaschine gesteigert wird.

Es handelt sich bei der neuen Schälmaschine nicht nur um eine kundenspezifische, individualisierte SMDE-Lösung, die bei SMDE etwa nur auf den Produktionsprozess zugeschnitten wäre, sondern sie kann auch künftig als branchenübergreifende Lösung betrachtet werden und darum als Lösung für die genannten positiven Umweltauswirkungen wie Energieeinsparung, Rohstoffrückgewinnung usw. von anderen Schmelzbetrieben angefragt werden. Über die sich einstellende Übertragbarkeit werden sich dann auch dort die o.g. Umweltentlastungen einstellen (bedeutende nationale und internationale Wettbewerber von SMDE sind z.B. KME, Wieland Gruppe, Materion, Ampco, Bikar, FiveStar uvm.).

In der Folge ergeben sich darum in der gesamten Branche enorme Verminderungen von Umweltbelastungen und dadurch umweltverträglichere Produkte - umso mehr, als bei anderen Anwendern dieser und weiterer Branchen die gewonnenen Erkenntnisse (später) zu vergleichbaren Umwelt entlastenden Auswirkungen führen werden (Multiplikatorenwirkung).

Die o.g. betriebswirtschaftlichen Vorteile

- Verbesserung der Geschäftsabläufe und Arbeitsprozesse
- Ermöglichung neuer und flexibler Geschäftsmodelle
- Schaffung neuer Geschäftsfelder
- schneller „ROI“

beschleunigen neben den technischen und umweltentlastenden Vorteilen den angestrebten Multiplikatoreneffekt.

Es kann somit - in Verbindung mit den technischen und betriebswirtschaftlichen Vorteilen bei SMDE - von einer beachtlichen Multiplikatorenwirkung der neuen Schälmaschine ausgegangen werden. Im Rahmen der Übertragbarkeit allemal auf die gleiche Branche - evtl. auch auf andere Branchen - ergeben sich diese Multiplikatoreneffekte im Rahmen der branchenspezifischen Kommunikation, also z. B. auf Fachtagungen, auf Messen, durch Artikel in Fachzeitschriften usw. und ganz besonders durch den Hersteller der Schälmaschine, der seine Anlage künftig notwendigerweise weltweit anbieten wird.

Bisher wurden folgende Maßnahmen zur Bewerbung der neuen Produktlinie „Rundstangen FIX“ ergriffen:

- Werbung auf den Messen
  - o Euroguss (Nürnberg; Januar 2016)
  - o Wire (Düsseldorf; April 2016)
  - o Chinaplas (Shanghai; April 2016)

- Versenden von ca. 70.000 Einzelbriefen an den bestehenden weltweiten Kundenkreis
- Werbung über die globalen Partnerfirmen
- Werbevideo, das vom Hersteller in Absprache mit SMDE auf YouTube hochgeladen wurde (<https://www.youtube.com/watch?v=OQO3ZVRjudk>)

## 5. Zusammenfassung

5.1 SMDE hat Ende 2015 eine neuartige, innovative, ressourcen- und umweltschonende Schälmaschine in Betrieb genommen. Diese Schälmaschine macht es künftig möglich, Rundstangen aus Vierkantstangen unterschiedlicher Sonderlegierungen auch in kleinen Durchmessern umweltfreundlich zu schälen (bislang können Rundstangen kleineren Durchmessers ausschließlich aus Rundstangen größeren Durchmessers geschält werden; aus Vierkantstangen können größere Durchmesser derzeit, wirtschaftlich, weder geschält, noch gedreht werden; dies gilt nicht nur für SMDE, sondern auch für alle anderen Schmelzbetriebe, bei gleicher Aufgabenstellung).

Die Vierkantstangen werden künftig aus Schmiedepplatten heraus gesägt. Diese Platten entstehen durch das Schmieden von Gussbolzen, die in gussoptimierter Größe und Gewicht, zur optimalen Auslastung der Schmelztiegel, im Hochvakuum gegossen wurden (Hochvakuum garantiert eine besonders hohe Reinheit und Gleichmäßigkeit der Werkstoffe). Die Schmiedebearbeitung führt zu besten Eigenschaften im Materialgefüge. Die aus den Vierkantstangen geschälten, hochwertigen Rundstangen können künftig in allen von SMDE gewünschten Größen (bedarfsgerecht von 15 - 80 mm) und auch in kleinen Mengen bei gleich bleibend hochwertiger Qualität kurzfristig (innerhalb von ca. 2-3 Wochen statt derzeit ca. 12-18 Wochen) an die SMDE- Kunden geliefert werden.

Durch die Bearbeitung auf der neuen Schälmaschine ergeben sich folgende Entlastungen für die Umwelt:

- Transporte zu Subunternehmen, die die nötigen Arbeiten durchführen entfallen. Hierdurch werden zukünftig im Schnitt jährlich ca. 30.000kg CO<sub>2</sub> weniger produziert.
- Das Sägen des Vormaterials aus Schmiedepplatten vermeidet die Schmiedung einzelner Rundstangen. Hierdurch wird zukünftig im Schnitt jährlich ein Stromverbrauch von ca. 100 Mwh<sub>el</sub>, ein Gasverbrauch von ca. 40.000m<sup>3</sup>, so wie die daraus resultierende Menge an CO<sub>2</sub> in Höhe von ca. 160.000kg vermieden.
- Die Trockenkühlung an der Schälmaschine vermeidet die Verwendung und daraus resultierende Entsorgung von Kühlschmiermitteln. Verglichen mit dem Verbrauch einer herkömmlichen CNC-Drehmaschine nehmen wir eine Einsparung von 3.600 Litern Kühlschmiermittel an. Bei einem Emulsion-Wasser-Gemisch von ca. 6% Emulsion ergibt sich daraus eine reine Emulsions-Einsparung von ca. 216 Litern jährlich.
- Die direkte Trennung der Späne an der Schälmaschine ermöglicht ein unmittelbares Wiedereinschmelzen von seltenen und wertvollen Legierungen. Auf diese Weise werden bereits im ersten Jahr nach Inbetriebnahme der Schälmaschine 460kg Beryllium, 400kg Kobalt und 450kg Nickel wiederverwertet. In den Folgejahren werden die Werte mit zunehmender Auslastung steigen.

## 5.2 Summary

SMDE commissioned a novel, innovative, resources- and environmentally-friendly bar peeling machine at the end of 2015. As of now, this bar peeling machine will enable to peel round rods from square bar rods of different special alloys environmentally friendly and economically and also in small diameters. (Up to now round rods of a smaller diameter could only be peeled from round rods of a larger diameter; whereas bigger diameters could neither be peeled nor turned economically from square bar rods; that does not only apply to SMDE, but also to all other melting companies faced with the same kind of project).

Now, square bar rods will be sawn out of forged plates. These plates are made by forging pins cast in high vacuum and in cast-optimized size and weight for an optimal operating grade of the smelter. (High vacuum assures an especially high purity and uniformity of the raw material.) The forge treatment brings out the best characteristics of the material structure. High-quality round rods peeled from square bar rods can be delivered to SMDE's customers rapidly and on short notice (with a lead time of only about 2-3 weeks instead of currently about 12-18 weeks) in all sizes requested from SMDE (tailored from 15mm to 80mm) with constant high quality even for small quantities.

The machining on the new bar peeling machine arises the following relief of the environment:

- Transportations to subcontractors who conduct the required operations are in-applicable. Through this the average of about 30.000kg of CO<sub>2</sub> will yearly be produced less in future.
- Sawing primary material out of forged plates avoids forging single round bars. Through this the average consumption of about 100 Mwh<sub>el</sub> electricity, 40.000m<sup>3</sup> gas and the resulting amount of about 160.000kg CO<sub>2</sub> will yearly be avoided in future.
- The dry cooling system of the bar peeling machine avoids the use and the resulting disposal of cooling lubricant. In comparison to the consumption of a traditional CNC lathe we expect a saving of 3.600 liters cooling lubricant. At our six percent mixture of emulsion and water you get a pure emulsion saving of about 216 liters every year.
- The immediate chip sorting at the bar peeling machine enables an instantaneous remelting of rare and valuable alloys. In this manner about 460kg beryllium, 400kg cobalt and 450kg nickel will already be recycled in the first year after placing the bar peeling machine into operation. In the renewal years the values will raise with increasing operating grade.

## 6. Literatur:

Berechnung der CO<sub>2</sub>-Werte für Fahrten:

<http://www.klimanko.de/co%C2%B2-belastung-berechnen/gutertransport/>

Berechnung der Schmiede-Tabellen:

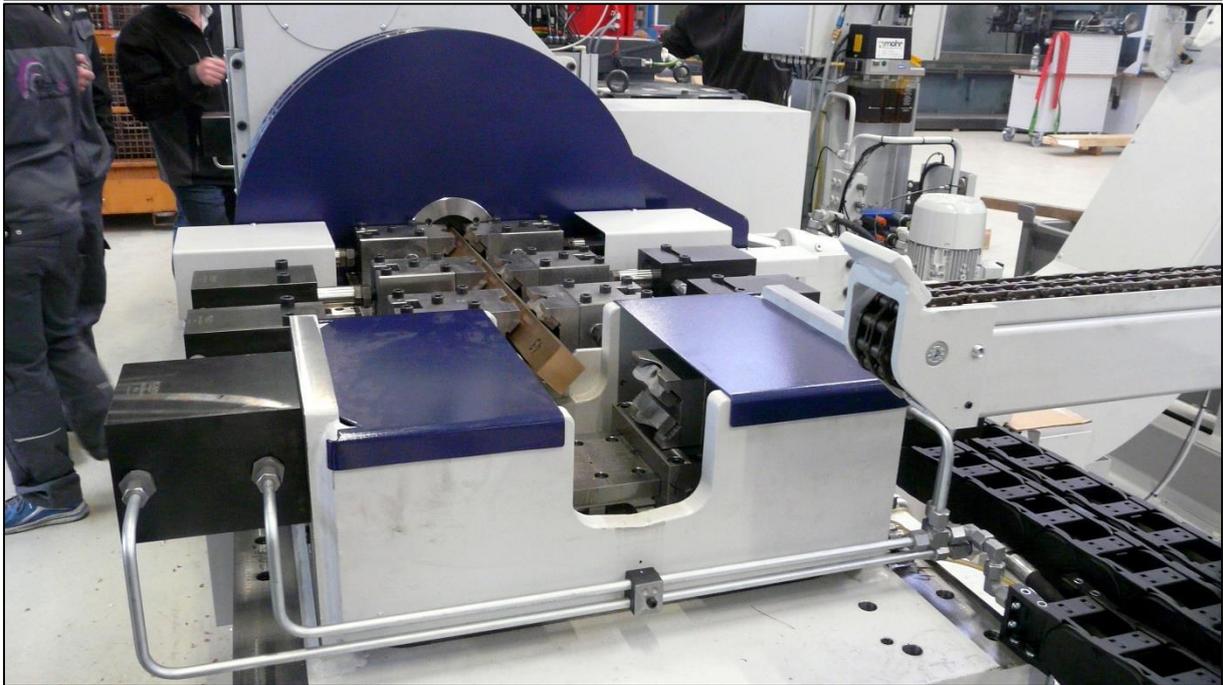
Quelle (Gas / Strom): "070418\_Schlussbericht\_Endfassung\_Grimm"

## 7. Anhang

### 1. Schälmaschine:











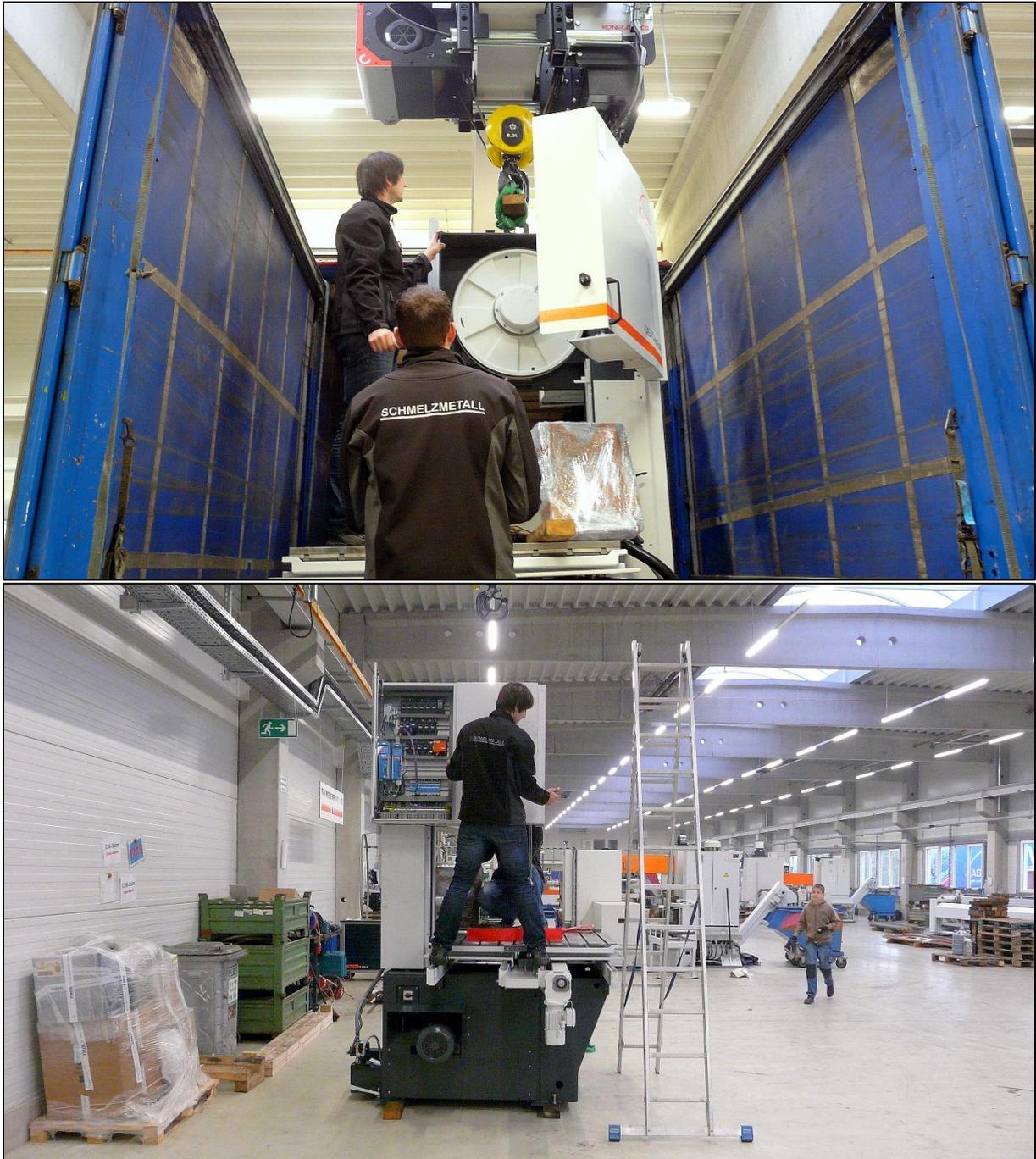


2. Säge KASTObloc A 5:





3. Säge KASTO Vertical:



4. 2 x Schraubenkompressor Aircenter:



5. 20 x Späne Container:



6. Werkzeug (Erstausrüstung):





7. Maschinenumzug (innerhalb SMDE):



## 8. Krananlagen:

