

INVESTITIONEN ZUR VERMINDERUNG VON UMWELTBELASTUNGEN  
PROGRAMM DES BUNDESMINISTERS FÜR UMWELT, NATURSCHUTZ  
UND REAKTORSICHERHEIT

Umweltbereich

Energieeinsparung  
Wasserwirtschaft  
Abfallwirtschaft  
Lärmbekämpfung

Abschlussbericht

K II e 1 – 1198

Vorhaben Nr.

20072

Titel

Bau einer neuartigen Schmiedepresse

Autor

Dr. Frank Grote

Antragsteller

Gustav Grimm GmbH & Co KG  
Ronsdorfer Strasse 172-174  
42955 Remscheid

IM AUFTRAG  
DES UMWELTBUNDESAMTES  
(und der KfW)

Datum der Erstellung

Februar 2007

---

## Berichts-Kennblatt

Aktenzeichen: UBA K II e 1 – 1198		Vorhaben-Nr.: 20072
Titel des Berichts: Bau einer neuartigen Schmiedepresse		
Autor(en); Name(n), Vorname(n) Dr. Grote, Frank		Vorhabensbeginn: 01.06.2003
		Vorhabensende (Abschlussdatum): 30.06.2006
Durchführende Institution ( Name, Anschrift )  Gustav Grimm GmbH & Co KG Ronsdorfer Strasse 172-174 42955 Remscheid		Veröffentlichungsdatum: Mai 2007
		Seitenzahl: 30 (inklusive Deckblätter)
Fördernde Institution ( Name, Anschrift )  Umweltbundesamt Wörlitzer Platz 1 06844 Dessau		
Zusätzliche Angaben		
Kurzfassung  Heute werden große Mengen an Einzelteilen und Kleinserien aus metallischen Rohstoffen im Freiformschmieden bearbeitet. Europaweit bearbeiten ca. 100 Betriebe ein Volumen von 1.000.000 t. Der Stand der Technik hierbei ist der Dampfschmiedehammer. Diese Technologie weist ein hohes Emissionspotential auf (CO <sub>2</sub> , Abwasser, Lärm). Im vorliegenden Projekt wurden die Schmiedehämmer durch einen Schmiedeprozess mit neuartiger Schmiedepresse incl. neuartigem 4-Backen-Werkzeug substituiert. Die Emissionsminderungsziele wurden ausnahmslos erreicht: CO <sub>2</sub> 18%, Wasser/Abwasser 100%, Sondermüll 100%, Erschütterungen 100%, Lärm 30-35%. Trotz eines erheblichen Investitionsaufwandes ist ein betriebswirtschaftlicher Nutzen erkennbar: deutlich verbesserte Maßhaltigkeit der Schmiedestücke und damit geringere Materialkosten pro fertigem Teil. Es ergibt sich ein Betriebskostenvorteil um bis zu 40%.		
Schlagwörter  Energieeinsparung, Wasserwirtschaft, Abfallwirtschaft, Lärmbekämpfung, Metallverarbeitung, Schmieden		
Anzahl der gelieferten Berichte (Papierform): 10 (CD): 1		Sonstige Medien:

## Report-Coversheet

K I I e 1 – 1198	20072
Report Title: Construction of an innovative forging press	
Author(s); Family Name(s), First Name(s) Dr. Grote, Frank	Begin of the project: 2003/06/01
End of the project: 2006/06/30	
Performing Organisation ( Name, Anschrift )  Gustav Grimm GmbH & Co KG Ronsdorfer Strasse 172-174 42955 Remscheid	Publication Date: May 2007
No. of Pages: 30	
Sponsoring Agency ( Name, Adress )  Umweltbundesamt Wörlitzer Platz 1 06844 Dessau	
Supplementary Notes	
Abstract  <p>Today great quantities of components and limited-lot productions from metallic raw materials are worked on at open die forging. Europe-wide about 100 companies deal with a capacity of 1.000.000 t. At this the state-of-the-art is the steam forging hammer. This technology. This technology features a high emission potential (CO<sub>2</sub>, waste water, noise). In the present project the forging hammers have been replaced by a forging process with a novel forging press including a novel 4-cheek-instrument. The aims of emission reduction were reached unexceptionally: CO<sub>2</sub> 18%, water/waste water 100%, special refuse 100%, concussions 100%, noise 30-35%. Despite a substantial expenditure an economical use is recognizable: clearly improved accuracy to size of the forgings and thus lower material costs per finished component. The outcome of this is an operating costs advantage up to 40%.</p>	
Keywords  energy saving, watershed management, waste management, noise abatement, metal processing, smitheries	
No. of Reports: 10 CD: 1	

# Inhaltsverzeichnis

---

<b>1. Kurzfassung / Summary</b> .....	<b>3</b>
<b>2. Einleitung</b> .....	<b>4</b>
<i>Abbildung 1: Schmiedepresse mit neuartigem 4-Backen-Werkzeug</i> .....	4
2.1 Ausgangssituation .....	4
2.2 Ziel und Aufgabenstellung .....	5
<i>Abbildung 2: Verminderung der Umweltbelastungen durch die Substitution von Schmiedehämmern durch einen neuartigen Schmiedeprozess</i> .....	6
2.3 Kurzbeschreibung des Betriebes .....	6
<b>3. Konventionelles Verfahren/ Anlage/ Produkt</b> .....	<b>7</b>
3.1 Verfahrensablauf/ Anlagentechnik, Einsatzstoffe, Umweltauswirkungen.....	7
<i>Abbildung 3: Vergleich der derzeitigen Schmiedeaggregate und der zukünftigen Schmiedeprozessstechnik</i> .....	9
<b>4. Innovatives Verfahren/ Anlage/ Produkt</b> .....	<b>10</b>
4.1 Besonderheiten der neuen Schmiedeprozessstechnik (Konzept, Auswirkungen, Ergebnisse) .....	10
4.1.1 Schmiedepresse mit Vier-Backen-Werkzeug .....	10
4.1.2 Drehherdofen.....	11
<i>Abbildung 4: Regeneratorofenprinzip</i> .....	12
<i>Abbildung 5: Seitenwand des mit neuer Beheizungstechnik ausgestatteten Ofens bei Grimm</i> .....	13
4.1.3 Schienenmanipulator.....	13
4.2 Genehmigungsanforderungen .....	14
4.3 Auslegung und Leistungsdaten .....	14
4.4 Stoff- und Energiedaten/-bilanzen zum neuen Verfahren .....	14
4.4.1 Energiebilanz.....	14
4.4.2 Wasser-/Abwasser, Öl-/Ölschlamm Bilanz.....	15
4.4.3 Lärm- und Erschütterungsbilanz.....	15
4.4.4 Reststoffbilanz .....	15
<b>5. Durchgeführte Untersuchungen und erzielte Ergebnisse</b> .....	<b>17</b>
5.1 Arbeitsplan und –schritte .....	17
<i>Abbildung 6: Zeitplan im Vergleich der Soll-Ist-Situation</i> .....	17
5.2 Aufbau und Inbetriebnahme der Anlage/ Verfahren.....	18
5.2.1 Schmiedepresse mit 4-Backen-Werkzeug.....	18
<i>Abbildung 7: selbst entwickeltes 4-Backen-Werkzeug</i> .....	19
5.2.2 Ofen.....	19
<i>Abbildung 8: Brennergaseinsparung durch neue Beheizungstechnik</i> .....	20
5.2.3 Manipulator.....	20
<i>Abbildung 9: Hochleistungsschienenmanipulator</i> .....	21

---

<b>6. Auswertung und Evaluierung des Verfahrens .....</b>	<b>22</b>
6.1 Umweltentlastung durch den innovativen Prozess .....	22
<i>Tabelle 1: Beitrag der Ergebnisse zu den förderpolitischen Zielen .....</i>	<i>22</i>
<i>Tabelle 2: schmiedetechnische Verbesserungen.....</i>	<i>23</i>
6.2 Wirtschaftliche Betrachtung .....	23
<i>Tabelle 3: Vergleich der umweltrelevanten Kosten von Dampfschmiedehämmern und Schmiedepresse.....</i>	<i>24</i>
<i>Tabelle 4: Vergleich der Gesamtarbeitskosten von 4 Schmiedehämmern und 1 neuartigen Schmiedepresse (Status Quo zum Berichtszeitpunkt).....</i>	<i>24</i>
<i>Tabelle 5: Vergleich der Gesamtarbeitskosten von 4 Schmiedehämmern und 1 neuartigen Schmiedepresse (Endzustand).....</i>	<i>25</i>
<b>7. Empfehlungen.....</b>	<b>26</b>
7.1 Erfahrungen aus der Praxiseinführung .....	26
7.2 Verbreitung und weitere Anwendung des Verfahrens.....	26
<b>8. Literatur .....</b>	<b>27</b>

---

## 1. Kurzfassung

In Freiformschmieden werden Einzelteile und Kleinserien von 50 kg bis 100 t freier Kontur hergestellt. Bis zu Gewichten von 2 t (mengenmäßig der größte Anteil) erfolgt die Verformungsarbeit überwiegend mit Hilfe von Dampfschmiedehämmern. Diese sind relativ preisgünstig und stellen den heutigen Stand der Technik dar – sie weisen jedoch ein hohes Emissionspotential auf:

- a. Hohe CO<sub>2</sub>-Emissionen durch relativ hohen Energiebedarf
- b. Großer Frischwasserbedarf für die Dampferzeugung
- c. Hohe Abwassermengen, z.T. durch Kohlenwasserstoffverbindungen verunreinigt
- d. Sonderabfall Ölschlamm
- e. Starke Lärm- und Erschütterungsemissionen am Arbeitsplatz und auch außerhalb der Fabrikationshallen

Die auch beim Projektdurchführenden vorhandenen Schmiedehämmer wurden durch einen Schmiedeprozess mit neuartiger Schmiedepresse inkl. neuartigem 4-Backen-Werkzeug substituiert.

Die Emissionsziele wurden ausnahmslos erreicht: CO<sub>2</sub> 18%, Wasser/Abwasser 100%, Sondermüll 100%, Erschütterungen 100%, Lärm 30-35%.

Trotz eines erheblichen Investitionsaufwandes ist bereits jetzt ein betriebswirtschaftlicher Nutzen erkennbar:

Eine deutlich verbesserte Maßhaltigkeit der Schmiedestücke im eigentlichen Schmiedeprozess resultiert deutlich geringere Materialkosten pro fertigem Teil. Trotz des Vergleiches der neuen Schmiedeanlage mit bereits abgeschriebenen Schmiedehämmern ergibt sich ein ausgeglichenes Verhältnis. Bei einem Vergleich der beiden Schmiedetechnologien jeweils im Neuinvestitionsstadium ergibt sich ein Betriebskostenvorteil durch Materialkosteneinsparungen in einer Größenordnung von bis zu 40%.

---

## 2. Einleitung

Hier ist die neue Schmiedepresse mit dem Prototypen eines 4-Backen-Werkzeuges zu sehen. In der gezeigten Aktion wird gerade ein Edelstahlrohling mit einem Gewicht von mehreren Tonnen zu einer Welle geschmiedet.



*Abbildung 1: Schmiedepresse mit neuartigem 4-Backen-Werkzeug*

### 2.1 Ausgangssituation

Freiformschmieden erzeugen nahezu beliebig geformte Bauteile ausgehend von einem bis zu 1250°C heißen Rohblock oder Halbzeug, das unter einer Schmiedepresse bzw. einem Schmiedehammer durch Recken, Stauchen und Drehen des Materials „frei“ geformt wird bis die gewünschte Gestalt erreicht ist oder die Schmiedetemperatur durch Wärmeverlust während des Schmiedeprozesses unterschritten ist. In diesem Fall wird das Schmiedeteil wiederkehrend im Ofen auf die entsprechende Temperatur aufgeheizt und geschmiedet bis die geforderte Form erzielt wird.

- In Freiformschmieden werden Teile mit mittleren bis sehr hohen Gewichten als Einzelstücke bzw. in Kleinserien gefertigt (z.B. Antriebswellen für Windrotoren).
-

## 2.2 Ziel und Aufgabenstellung

Das durchgeführte Projekt hatte zum Ziel, die dem heutigen Stand der Technik gemäß eingesetzten Schmiedehämmer nebst ihrer negativen Umweltauswirkungen (*Abbildung 2*) durch einen neuartigen Schmiedeprozess zu substituieren.

Die neue Schmiedepressentechnologie bietet gegenüber den heute eingesetzten Dampfhämmern vergleichbare Arbeitsleistungen und Verformungsqualitäten. Darüber hinaus besteht mit dem innovativen Umformungsverfahren erstmals die Möglichkeit eine Schmiedehammerlinie zu einem vergleichbaren Anschaffungspreis zu ersetzen. Dabei entsteht durch die verbesserte Maßhaltigkeit der Werkstücke (geringere Materialkosten) ein Betriebskostenvorteil von bis zu 40%. Ein weiterer Unterschied zwischen den beiden Verfahrensvarianten liegt in den umwelttechnischen Vorteilen durch drastische Emissionsminderungen und verringerten bzw. eliminierten Ressourcenverbrauch:

- ! kein Wasserverbrauch und Anfall von Abwasser
- ! kein Anfall vom Sondermüll „Ölschlamm“
- ! drastische Reduzierung von Erschütterungen auf nicht mehr wahrnehmbare Größenordnungen
- ! deutliche Reduzierung der Lärmemission um mehr als 50%
- ! Verringerung der direkten CO<sub>2</sub>-Emissionen um bis zu 35%, unter Berücksichtigung der indirekten CO<sub>2</sub>-Emissionen aus dem Stromverbrauch insgesamt 17%

Für die Produktionsgrößenordnung des durchführenden Unternehmens werden damit soviel direkte CO<sub>2</sub> – Emissionen eingespart, wie im statistischen Schnitt etwa 1.000 Vier-Personenhaushalte in Deutschland pro Jahr verbrauchen.

---

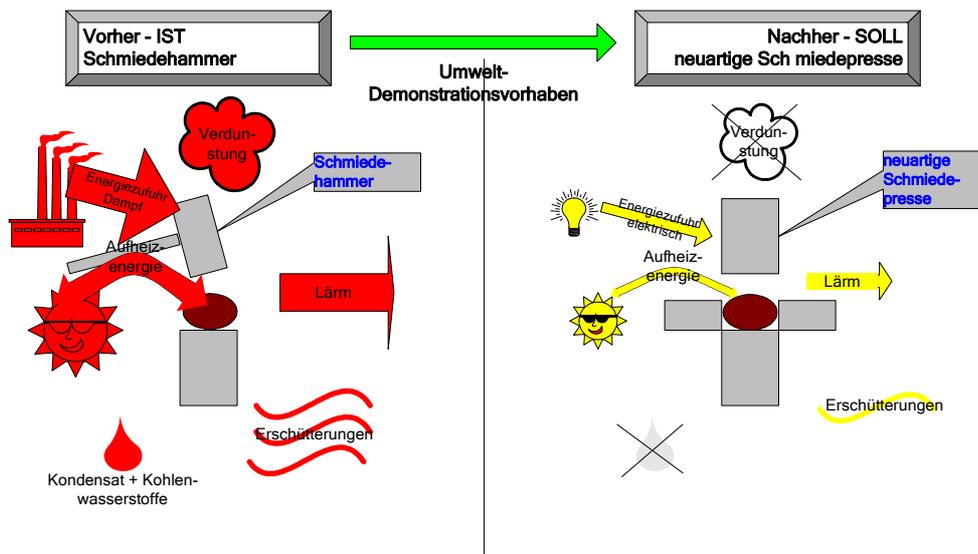


Abbildung 2: Verminderung der Umweltbelastungen durch die Substitution von Schmiedehämmern durch einen neuartigen Schmiedeprozess

### 2.3 Kurzbeschreibung des Betriebes

Das durchführende Unternehmen gehört zur Gruppe der Freiformschmiedern (b).

a) Freiformschmiedern beschäftigen sich zu 50 % mit dem Schmieden von Teilen aus Baustählen, die nur einen geringen Anteil an Legierungselementen aufweisen. Diese Stahlqualitäten sind in die Kategorie der preiswerten „Massenware“ einzustufen, so dass hier aus wirtschaftlichen Gesichtspunkten eher größere Einheiten geschmiedet werden. Demnach sind in diesem Segment vorwiegend Unternehmen, die nicht dem Mittelstand zuzuordnen sind, tonangebend.

b) Die andere Hälfte der Freiformschmiedern ist weitestgehend auf einen Qualitätsbereich spezialisiert und gehört überwiegend dem Mittelstand an. Die in diesem Segment gefertigten Bauteile liegen meist in einem Gewichtsbereich zwischen 50kg und 10t. Sehr häufig sind dabei die Schmiedeaggregate "Schmiedehammer" und "Schmiegedresse" für die Produktion dieser Freiformschmiedespezialisten nebeneinander im Einsatz. Jedoch werden gerade im mengenmäßig wichtigen Gewichtsbereich von < 2t nach dem heutigen Stand der Technik fast ausschließlich Schmiedehämmer eingesetzt.

Der Grund liegt zu einem großen Teil darin, dass kleinere Schmiegedressen im Vergleich zum Dampfhammer deutlich geringere Schmiedeleistungen pro Aggregat aufweisen und darüber hinaus eine Presse auch deutlich höhere Investitionskosten in Anspruch nimmt als ein vergleichbarer Schmiedehammer.

### **3. Konventionelles Verfahren/ Anlage/ Produkt**

#### **3.1 Verfahrensablauf/ Anlagentechnik, Einsatzstoffe, Umweltauswirkungen**

Bevor der neuartige Schmiedeprozess eingehend dargestellt wird, soll zunächst einmal der Status Quo im antragstellenden Unternehmen festgehalten und das bisherige Umformungsverfahren erläutert werden.

Heute erfolgt der Verformungsprozess auf vier parallel arbeitenden Schmiedehämmern kleiner bis mittlerer Größenordnung. Diese Hämmer werden mit in einem zentral gelegenen Kesselhaus erzeugten Dampf angetrieben und benötigen permanente Schmierung der Kolbenstangen mittels Spezialölen. Diese Schmieröle vermischen sich fortlaufend mit dem auskondensierenden Dampf und müssen vor der Einleitung des Kondensates in das Abwasser mit aufwendigen Maßnahmen demselben entzogen werden. Dabei lässt sich ein Verbleib geringer Ölrestbestandteile des rücklaufenden Wassers nicht vermeiden.

Die Schmiedehämmer werden mit Schmiedevormaterial bestückt. Hierbei handelt es sich um auf Schmiedetemperatur erhitze Rohblöcke oder Halbzeuge aus unterschiedlich legierten Stahlsorten, die im antragstellenden Unternehmen mehr als 100 verschiedene Qualitäten umfassen. Jede dieser Stahlvarianten hat aufgrund ihrer chemischen Zusammensetzung ein bestimmtes Schmiedefenster und damit eine optimale Schmiedetemperatur. Die für das Schmieden der Materialien notwendige Erwärmung wird in so genannten Stecköfen erreicht, die der fehlenden Anschlussmöglichkeit von Rekuperatoren wegen einen energetischen Nachteil aufgrund von fehlender Wärmerückgewinnung aufweisen. In diese Öfen wird kaltes Schmiedevormaterial eingelegt und mittels Gasverbrennung auf die Schmiedetemperatur gebracht. Daraufhin wird das zu schmiedende Material mit den Klemmbacken eines Auto-Manipulators (rollengängig Transporteinheit) gegriffen, dem Steckofen entnommen und zum entsprechenden Schmiedehammer gefahren.

Am Dampfhammer wird der Schmiedeknüppel mittels manueller Bedienung des Manipulators bzw. des entsprechenden Fahrers in die Schmiedezone, also zwischen den Unter- und Obersattel des Hammers positioniert. Hier wird das Material daraufhin geschmiedet, d.h. mit immer wiederkehrenden Hammerschlägen über den gesamten

---

Einsatz verformt. Dabei erfolgt während des Schmiedeprozesses neben der Verlängerung des Schmiedeknüppels auch eine Breitung, da das Material in vier Richtungen frei „fließen“ kann. Die zumeist unerwünschte Breitung des Schmiedeteils wird durch das Drehen und wieder „beiholen“ vermieden, um z.B. aus einem Vormaterial mit 100 mm Kantenlänge einen runden Stabstahl mit einem Durchmesser von 50 mm herzustellen.

Während des Schmiedevorganges verliert das Schmiedematerial, aufgrund von Strahlungsverlusten an die Umgebung und Wärmeleitung in die Schmiedewerkzeuge sowie die Aufnahme, an Temperatur. Wird die untere Schmiedetemperatur des Arbeitsbereiches der gerade verformten Stahllegierung unterschritten, muss der Schmiedeprozess unterbrochen und das Material wieder in den Steckofen verbracht werden. Es folgt eine abermalige Aufheizung auf die optimale Schmiedetemperatur und die Fortsetzung des Umformvorganges. Derweil wird ein anderer Schmiedeknüppel dem Ofen entnommen und geschmiedet. Somit ist der Schmiedevorgang eines einzigen Schmiedeknüppels teilweise in drei und mehr Schmiede- und Aufheizphasen unterteilt. Durch diese Handlingabschnitte des Schmiedeprozesses können sich immense Stillstandszeiten der Schmiedehämmer ergeben, die in den meisten Fällen länger dauern als die reine Schmiedezeit und währenddessen trotz alledem Dampf für den Betrieb der Hämmer vorgehalten werden muss.

Zum besseren Verständnis soll hier zunächst die Funktionsweise einer „normalen“ Schmiedepresse erläutert werden. Bei gängigen Freiformschmiedepressen wird das zu schmiedende Vormaterial zwischen einem beweglichen Ober- und einem feststehenden Untersattel verformt. Das Schmiedegut fließt aufgrund des Prinzips des kleinsten Zwanges während des Schmiedevorganges in vier Richtungen, jene, die nicht durch das Schmiedewerkzeug begrenzt werden, und zwar nach vorne und hinten sowie nach rechts und links. Nach erfolgter Überschmiedung einer Seite des Vormaterials wird der Schmiedeknüppel mittels eines Manipulators gedreht und der gleiche Umformvorgang erfolgt wiederkehrend bis der gewünschte Querschnitt bzw. die gewünschte Länge erreicht ist.

Stecköfen sind relativ kurze Öfen, die zur Erwärmung von Halbzeug auf Schmiedetemperatur dienen. Nach der ersten Überschmiedung unter dem Dampfhammer bzw. nach unterschreiten der unteren Schmiedetemperatur wird das

---

Material, wie der Name schon sagt, in den Ofen zurückgesteckt. Dabei ragt häufig ein Teil des Schmiedematerials aus dem Ofen heraus und führt neben den üblichen zu zusätzlichen Wärmeverlusten. Ebenso fehlt diesen Ofentypen die Eignung zur Nutzung eines Rekuperators. Damit weisen die Stecköfen einen vergleichsweise hohen Energieverbrauch auf. Stecköfen lassen sich, da Sie nur eine durchgängige Ofenzone besitzen, ausschließlich auf einer Temperatur fahren. Daher existieren im antragstellenden Unternehmen auch drei Stecköfen, um die mehr als 100 Stahlqualitäten, die aufgrund ihrer unterschiedlichen chemischen Zusammensetzung alle unterschiedliche Schmiedetemperaturen aufweisen und verschiedene Aufheizverläufe verlangen, auf Schmiedetemperatur zu bringen.

Derzeit wird das Schmiedematerial mit manuellen, radgeführten Auto-Manipulatoren dem Ofen entnommen und unter den Schmiedehämmern positioniert. Dies ist nicht anders zu machen, da drei Stecköfen vier Dampfhämmer bedienen müssen. Die Manipulatoren müssen also zwischen den Aggregaten hin und her fahren können.

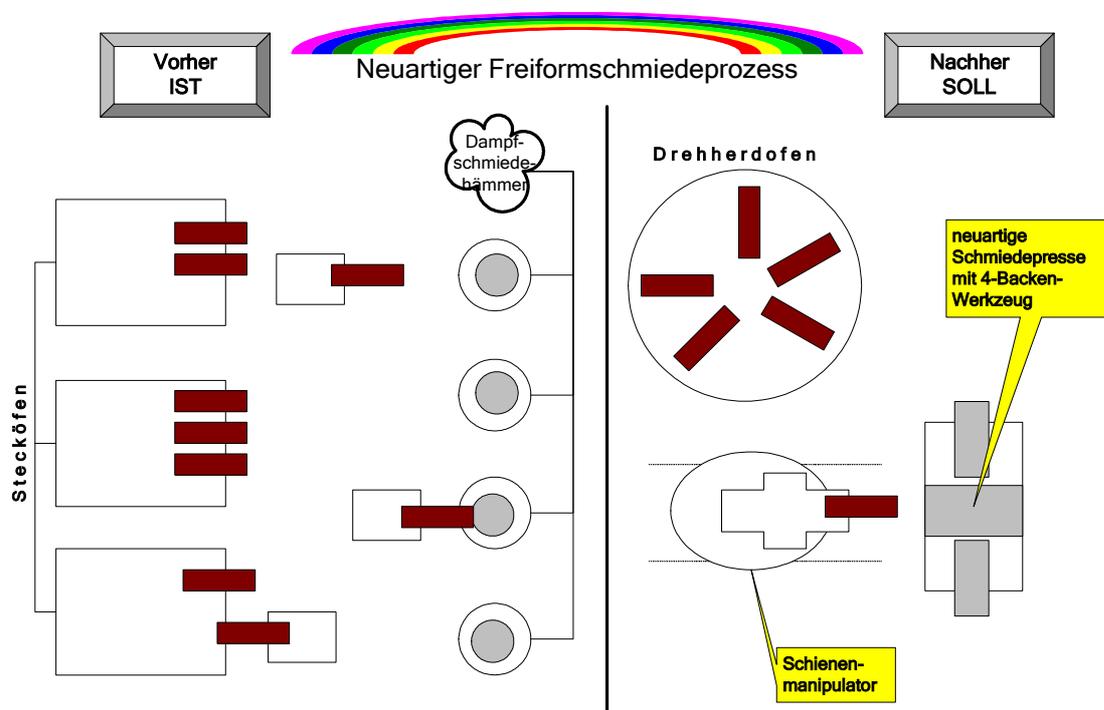


Abbildung 3: Vergleich der derzeitigen Schmiedeaggregate und der zukünftigen Schmiedeprozessestechnik (Schmiedepresse mit Vier-Backen-Werkzeug, Schienenmanipulator und Drehherdofen)

## 4. Innovatives Verfahren/ Anlage/ Produkt

### 4.1 Besonderheiten der neuen Schmiedeprozestechnik (Konzept, Auswirkungen, Ergebnisse)

Die Einführung eines weltweit erstmalig eingesetzten Schmiedeverfahrens im Anwendungsbereich kleinerer und mittlerer Freiformschmieden soll die oben dargestellte derzeitige Konstellation in der Schmiede ersetzen (*Abbildung 3*). Die Schmiedeprozestechnik umfasst eine Schmiedepresse mit einem neuartigen Vier-Backen-Werkzeug, die die Produktionsleistung der vier Dampfhämmer in drei Schichten (ca. 200 t pro Monat) erbringen kann, einen Drehherdofen mit Rekuperatorbetrieb sowie die notwendigen zugehörige Logistikausrüstung in Form eines Schienenmanipulators und Zangenstaplers.

Diese Verfahrenskombination in diesem Anwendungsbereich in kleinen und mittleren Freiformschmiedebetrieben für Stückgewichte <2t gibt es weltweit noch nicht!

Im Folgenden werden die technologischen Besonderheiten der neuen Schmiedeprozestechnik und ihrer Nebeneinrichtungen im Vergleich zu den herkömmlichen, heute eingesetzten Aggregaten beschrieben:

#### 4.1.1 Schmiedepresse mit Vier-Backen-Werkzeug

Im Rahmen des hier zum ersten Mal zu demonstrierenden neuartigen Schmiedeverfahrens, besitzt die Schmiedepresse neben dem von oben pressenden Obersattel ein zusätzliches Schmiedewerkzeug, das von rechts und links mittels separat anzustellender Quersättel eine Breitung des Schmiedematerials unter der Presse verhindert. Das Material wird ergo dazu gezwungen ausschließlich in Längsrichtung zu fließen. Diese Maßnahme ermöglicht nahezu eine Verdopplung der Schmiedegeschwindigkeit. Damit einher geht auch die mögliche Fertigstellung eines Stabes oder Bauteiles in einem Schmiedevorgang, d.h. die Handlingprozesszeiten werden reduziert bzw. vollständig vermieden und ein Zwischenwärmen des Materials entfällt. Unter Addition dieser Vorteile, der erstmalig industriell eingesetzten Schmiedetechnik, sollte gegenüber einem entsprechend dimensionierten Schmiedehammer eine um den Faktor drei gesteigerte Produktivität erreicht werden –

---

wohlgemerkt bei gleichem Energiebedarf der Schmiedepresse wie ohne Verwendung des Vier-Backen-Werkzeugs.

Das 4-Backenwerkzeug soll dabei so multifunktional einsetzbar sein, dass ohne aufwendige Umbauten die verschiedensten Formen und Dimensionen von Stabstählen und Hohlkörpern schmiedbar sind. Dieses ist umso wichtiger, da eine Substitution der Schmiedehämmer erreicht werden soll, die hauptsächlich zur Fertigung von Einzelstücken bzw. Kleinserien mit geringen bis mittleren Gewichten eingesetzt werden und das wohlgemerkt im manuellen Betrieb.

Um das Demonstrationsprojekt möglichst preisgünstig zu gestalten, wird ein bereits vorhandenes Pressengestell hergerichtet und mit Nebenaggregaten gemäß den erweiterten Anforderungen entsprechend ergänzt. Die volle Konzentration dieses Projektteils gilt aber der Integration des Vier-Backen-Werkzeugs in den Schmiedeprozess, d.h. die Anpassung der hydraulischen Komponenten sowie deren Ansteuerung. Dieses 4-Backenwerkzeug gibt es weltweit noch nicht im Einsatz. Sehr wohl ist die Technologie aber ausgereift und auch bereits im Pilotmaßstab erprobt. Um dieses Verfahren auf breiter Front dem Markt verfügbar zu machen, fehlte bisher eine Demonstrationsphase, die die Eignung des industriellen Einsatzes nachweist.

#### **4.1.2 Drehherdofen**

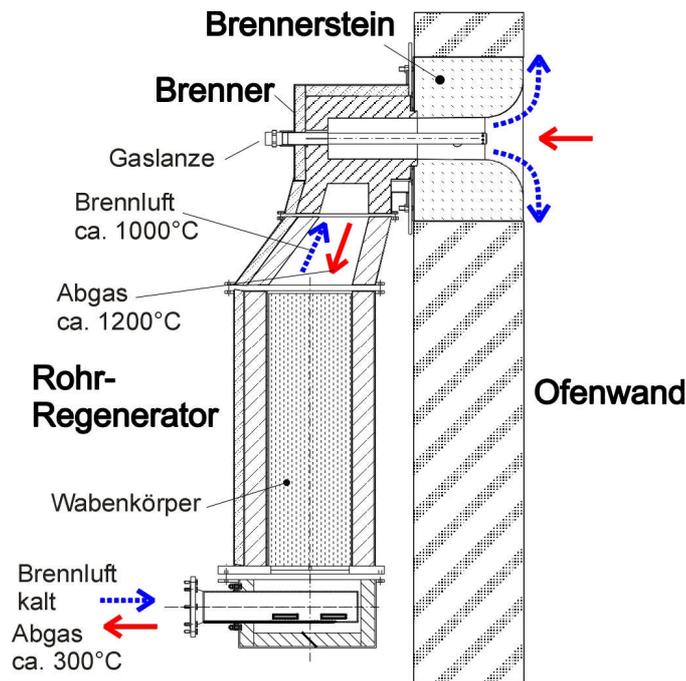
Die Aufwärmung des Schmiedevormaterials in einem Drehherdofen erfolgt auf einem großen Teller, der sich langsam um die Vertikalachse dreht. Dieser Teller kann durch die Geometrie und Anordnung der Gasbrenner in mehrere Zonen unterteilt werden, so dass verschiedene Temperaturbedingungen eingestellt werden können. Somit lassen sich gleichzeitig mehrere Stahlqualitäten mit unterschiedlichen Schmiedetemperaturen im Ofen vorwärmen. Das Schmiedematerial kann dazu in der entsprechenden Zone aus dem Ofen entnommen werden. Zudem verfügt ein solcher Drehherdofen über einen Rekuperator, der die heißen Abgase (ca. 900° C) zur Anwärmung der Verbrennungsluft nutzt. Damit wird neben der Einsparung von Energie auch noch eine deutliche Verringerung der Abgastemperatur erreicht.

Der ursprüngliche Plan, einen Drehherdofen einzusetzen, wurde zu Gunsten von neuartigen Regeneratoröfen, geändert. Diese sind gegenüber einem Drehherdofen

---

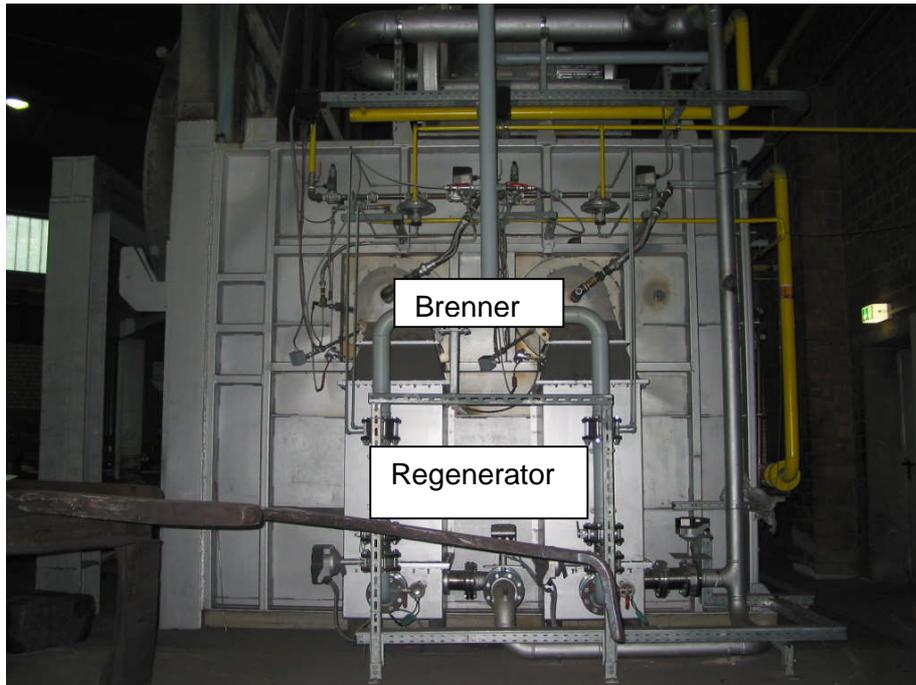
flexibler in der Handhabung und werden voraussichtlich mindestens die gleichen Energieeinsparungen bringen.

Es wurde für das Demonstrationsobjekt ein Kammerofen genutzt, der ursprünglich mit drei Erdgasbrennern zu je 200kW ausgestattet war. Der Gesamtanschlusswert betrug demnach 600kW. Die Brenner waren mit lokalen Rekuperatoren zur Brennluftvorwärmung ausgestattet und auf einer Seite des Ofens montiert. Im Rahmen des Vorhabens wurde neuartige Flachflambrenner für den Ofen konzipiert, ausgelegt und konstruiert, montiert und in Betrieb genommen (*Abbildung 4*).



*Abbildung 4: Regeneratorofenprinzip*

Jeder der eingesetzten Flachflambrenner ist direkt mit einem thermischen Regenerator verbunden und ermöglicht so eine effektive Wärmerückgewinnung aus dem Abgas. Die Brennluft wird so auf bis zu 1000°C vorgewärmt. Die beiden Seitenwände des Ofens sind jeweils mit zwei Regenerator-Brenner-Systemen ausgestattet (*Abbildung 5*).



*Abbildung 5: Seitenwand des mit neuer Beheizungstechnik ausgestatteten Ofens bei Grimm*

#### **4.1.3 Schienenmanipulator**

Der neue Schmiedeprozess setzt ein schnelleres Handling des Schmiedematerials sowie eine exaktere Positionierung unter der Schmiedepresse mit dem Vier-Backen-Werkzeug voraus. Diese Anforderungen machen den Einsatz eines modernen schienengeführten Hochleistungsmanipulatorens unumgänglich. Die Kombination aus Vier-Backen-Werkzeug und automatischem schienengebundenen Manipulator ermöglicht dabei die Verwirklichung wesentlich verbesserter Genauigkeitsgrade beim Schmieden. Die exakten, vom Kunden geforderten, Abmessungen werden z.Z. durch die für Freiformschmieden übliche Nachbearbeitung mittels Zerspanen erreicht. Mit Hilfe der neuen Prozesstechnik dürfte aufgrund der steigenden Maßhaltigkeit gegenüber dem heutigen Stand der Technik mit einem verringerten Anteil des Zerspanungsgutes zu rechnen sein. So rechnet man mit einer Reduktion der Schmiedereste von heute 10% auf weniger als 1%!

Das zerspannte Material wird wiederum dem Stahlwerk zugeführt, eingeschmolzen und demnach wiederverwertet. Es bedarf jedoch zusätzlicher logistischer Anstrengungen und eines zusätzlichen Energieaufwandes, um diese dem Schmelzprozess wieder zuzuführen.

## 4.2 Genehmigungsanforderungen

Die Maßnahme Aufbau einer neuen Schmiedepresse war frei von einer Anmeldung nach Bundesimmissionsschutzgesetz. Lediglich eine Baugenehmigung für das neue Fundament der Schmiedepresse in der Schmiedehalle war erforderlich. Diese wurde beantragt und ist genehmigt worden.

## 4.3 Auslegung und Leistungsdaten

Schmiedepresse:

800 t-Presse

140 Hübe/min

Ofen:

40 t-Ofen

Regeneratorprinzip mit 4 Brennern mit jeweils 300 kW Leistung; es werden jeweils 2 Brenner gleichzeitig befeuert; inklusive Luftvorwärmung ergibt sich eine Leistung von 800 kW

## 4.4 Stoff- und Energiedaten/-bilanzen zum neuen Verfahren

### 4.4.1 Energiebilanz

Für die durchschnittliche Jahresproduktion (2.400 t) im Schmiedehammerbetrieb wurden 390.000 m<sup>3</sup> Gas für die Erzeugung des Dampfes und 840.000 m<sup>3</sup> für die Beheizung der Stecköfen verbraucht. Im neuen System werden für den Betrieb der Presse 1.270 MWh Strom und zum Beheizen der neuen Rekuperatorofentechnik 537.000 m<sup>3</sup> Gas verbraucht. Um diese Werte energietechnisch vergleichbar zu machen wurden folgende Umrechnungsfaktoren auf den CO<sub>2</sub>-Wert genutzt:

Gas: 1,96 kg CO<sub>2</sub>/ m<sup>3</sup> Gas

Strom: 693 kg CO<sub>2</sub>/ MWh<sub>el</sub>

Somit ergibt sich folgender Vergleich zwischen alt und neu: 2.410 t CO<sub>2</sub> ↔ 1.950 t CO<sub>2</sub>

---

#### **4.4.2 Wasser-/Abwasser, Öl-/Ölschlamm Bilanz**

Die Dampfhammer benötigten 4.400 m<sup>3</sup> Wasser. Von dieser Menge verdunsten 2.400 m<sup>3</sup> in die Atmosphäre und 2.000 m<sup>3</sup> kondensieren aus und vermischen sich mit 120 l Öl, welches zur Schmierung der Dampfhammer zugeführt wurde. Das Kondensat-/Ölgemisch wird in einem Ölabscheider bis auf 5 % Restöl gereinigt. Das so gering belastete Abwasser erfüllte die Einleitbedingungen und konnte so dem Abwasserkanal zugeführt werden. Das abgeschiedene Öl (110 l) musste in Form von Ölschlamm als Sondermüll entsorgt werden.

Die neue Pressentechnologie substituiert das Wasser und das Öl zu 100%. Somit gibt es keinen Output an Abwasser und Ölschlamm.

#### **4.4.3 Lärm- und Erschütterungsbilanz**

Im Dampfhammerbetrieb wurde in der Schmiedehalle ein Lärmpegel von bis zu 115 dB(A) gemessen. Außerhalb der gedämmten Halle wurden immer noch 50 – 60 dB(A) gemessen. Da nachts max 55 dB(A) erlaubt sind, war lediglich ein Tagbetrieb möglich. Mit der neuen Presse reduzierte sich der Lärmpegel in der Halle auf ca. 80 dB(A) und außerhalb auf 40 dB(A).

Die außerhalb der Halle messbaren Erschütterungen lagen bei ca. KB = 0,2. Heutige Messungen haben keine durch den Schmiedebetrieb hervorgerufenen messbaren Erschütterungen ergeben.

#### **4.4.4 Reststoffbilanz**

Edelstahlrohlinge aus dem Stahlwerk z.B. in 1 m langen Blöcken mit einem quadratischen Querschnitt von 200 x 200 mm sollen durch den Schmiedeprozess in 4 m lange Wellen mit einem runden Querschnitt von 100 mm verarbeitet werden. Durch den Schmiedeprozess wird dieser Edelstahlblock auf einen Vielkantquerschnitt gebracht, der ziemlich nah an den endgültigen runden Querschnitt von 100 mm heranreicht. Durch den Schmiedeprozess wird der Rohstahlblock gelängt, so dass die Länge der gewünschten Welle erreicht wird.

Mit dem Schmiedeprozess wird eine mehr oder weniger gute Maßhaltigkeit über die Gesamtlänge des Schmiedestücks hervorgerufen. Wenn der hergestellte Querschnitt an den Randflächen so gleichmäßig ist, dass der kreisförmige Endquerschnitt der Welle

---

ganz eng hineinpasst, müsste das Schmiedestück lediglich geringfügig überdreht werden. Weiterhin gibt es eine Maßhaltigkeit über die Länge des Werkstücks. Hier vorkommende Abweichungen wie z.B. Durchbiegungen oder unterschiedlich große Querschnitte durch die Schmiedung in bestimmten Längenpartien sorgen ebenso dafür, dass mit dem nachfolgenden Drehprozess größere Schnitttiefen hergestellt werden müssen, um eine gleichmäßig starke Welle über die gesamte Länge herzustellen.

Unter diesen Bedingungen wurden mit der Schmiedehammertechnologie 10% Späne erzeugt. Bei einer eingesetzten Menge an Edelstahlrohlingen von 2.400 t bedeutet das eine Menge von 240 t Späne.

Diese Späne gehen als sortenreine Reststoffe zurück an die Stahlhütte. Je weniger Späne erzeugt werden, desto geringer ist der Energieaufwand für die Erschmelzung des Stahls. Laut RWI Essen beträgt der weltweite Durchschnitt bei der Herstellung von 1 t Stahl rund 19,8 GJ Energie. Bei einem Umrechnungsfaktor von 0,0874 t CO<sub>2</sub> pro GJ ergibt sich eine CO<sub>2</sub>-Emission von 1,73 t pro t Stahl.

Mit dem jetzigen technischen Stand des Vierbackenwerkzeuges ist der Späneanfall bereits auf 8% reduziert. Das bedeutet eine CO<sub>2</sub>-Minderung von ca. 85 t p.a.

---

## 5. Durchgeführte Untersuchungen und erzielte Ergebnisse

### 5.1 Arbeitsplan und –schritte

Zwendungsempfänger: Gustav Grimm GmbH & Co KG		Vorhaben: Bau einer neuartigen Schmiedepresse				Berichtszeitraum:					
		AZ: 00		Haush.-Mittel €:		Laufzeit: bis 30.06.2006					
1	TEILVORHABEN	2 Aufwand		3 Leist. 4	Zeitplan				5	Bearbeitungsstand	
		Pers.	Tsd €		in v. H.	2003	2004	2005			2006
	2. Vorbereitung Schmiedehalle				■	■	■	■		beendet	
	3. Pressenaufbau bis zur TÜV-Abnahme				■	■	■	■		beendet	
	4. Einfahrphase 1				■	■	■	■		beendet	
	5. Installation 4-Backen-Werkzeug						■	■		beendet	
	6. Einfahrphase 2				■	■	■	■		beendet	
	7. Installation Schienenmanipulator					■	■	■		beendet	
	8. Einfahrphase 3				■	■	■	■		beendet	
	9. Installation Drehherdofen/Regeneratorofen					■	■	■		beendet	
	10. Lärm/Erschütterungsmessung							■	■	beendet	
	11. Abriß/Entsorgung Kesselhaus							■	■	beendet	
1	Meilensteine gem. Zeitplan			3	Erreichte Leistung bis Berichtstermin				2	Erf. Kurze Hinweise	
				4	Balkendiagramm						
		2	Aufwand-Soll		□	Sollvorgabe					
					■	Iststand					

Abbildung 6: Zeitplan im Vergleich der Soll-Ist-Situation

In den einzelnen Teilvorhaben wurden folgende Arbeiten durchgeführt:

1. Planung/Baugenehmigung: Planungsarbeiten wurden durchgeführt und mit der Baugenehmigung abgeschlossen.
2. Vorbereitung Schmiedehalle: Die Schmiedehalle wurde zum Aufbau der Presse vorbereitet. Schwerpunkte waren Fundamentarbeiten und Entkernung.
3. Pressenaufbau: Der Pressenaufbau wurde ohne inhaltliche Änderung durchgeführt. Jedoch hatte der bereits in das Fundament integrierte Pressenständer Risse. Dieser musste vor dem Aufsetzen der Presse ausgetauscht werden. Die TÜV-Abnahme wurde erreicht.
4. Einfahrphase 1: Die neue Presse wurde eingefahren.
5. Installation 4-Backen-Werkzeug: Die Arbeiten wurden auf Juni 2005 verschoben.

6. Einfahrphase 2: Die Durchführung verzögerte sich um ca. 2 Jahre wegen der späteren Installation des 4-Backen-Werkzeuges.
7. Installation Schienenmanipulator: Der Schienenmanipulator wurde installiert.
8. Installation Regeneratorofen: Zwei Öfen wurden installiert – einer davon nach dem neuen Prinzip des Regeneratorofens.
9. Einfahrphase 3: Das Einfahren des Schienenmanipulators und der neuen Öfen wurde durchgeführt.
10. Lärm/Erschütterungsmessung: die Messungen wurden durchgeführt
11. Abriss/Entsorgung Kesselhaus: der Abriss und die Entsorgung des Kesselhauses wurden durchgeführt.

### Angaben zu Beteiligten

Der Antragsteller hat eigenes Personal zur Durchführung von verschiedenen Arbeiten eingesetzt. Diese Aufgaben waren Mithilfe bei der Installation der angeschafften Aggregate und insbesondere das Durchführen der Einfahrphasen (AP 4, 6, 9).

### Finanzdaten

Die Abrechnung und Dokumentation der Projektkosten wurde über die durchleitende Hausbank mit der KfW durchgeführt. Zusammenfassend kann gesagt werden, dass der ursprüngliche Agabenplan ziemlich genau eingehalten wurde. Die Gesamtkosten von 3.522.000 € teilten sich auf in Personalkosten (372.000 €) und Fremdlieferungen/ Fremdleistungen (3.150.000 €).

## **5.2 Aufbau und Inbetriebnahme der Anlage/ Verfahren**

### **5.2.1 Schmiedepresse mit 4-Backen-Werkzeug**

Die neue Schmiedepresse (800 t Schließkraft) wurde installiert, in Betrieb genommen und eingefahren. Nach dem Einfahren wurden sukzessive die 4 Schmiedehämmer stillgelegt. Mechanische und steuerungstechnische Details wurden erarbeitet. Daraus entstand eine von dem herkömmlichen Pressenbetrieb abweichende Schmiedestrategie. In diesem Zusammenhang ist das 4-Backen-Werkzeug von ausschlaggebender Bedeutung. Vom ursprünglichen Plan, über das Nutzungsrecht eines patentierten Konzeptes Erfolge zu erzielen musste flexibler gehandhabt werden. Die Verhandlungen mit dem Lizenzgeber ziehen sich noch bis heute hin. In der

---

Zwischenzeit wurde jedoch ein eigenes Werkzeug (*Abbildung 7*) entwickelt. Dabei wurde insbesondere darauf geachtet, dass diese Entwicklung nicht patentschädlich ist.



*Abbildung 7: selbst entwickeltes 4-Backen-Werkzeug*

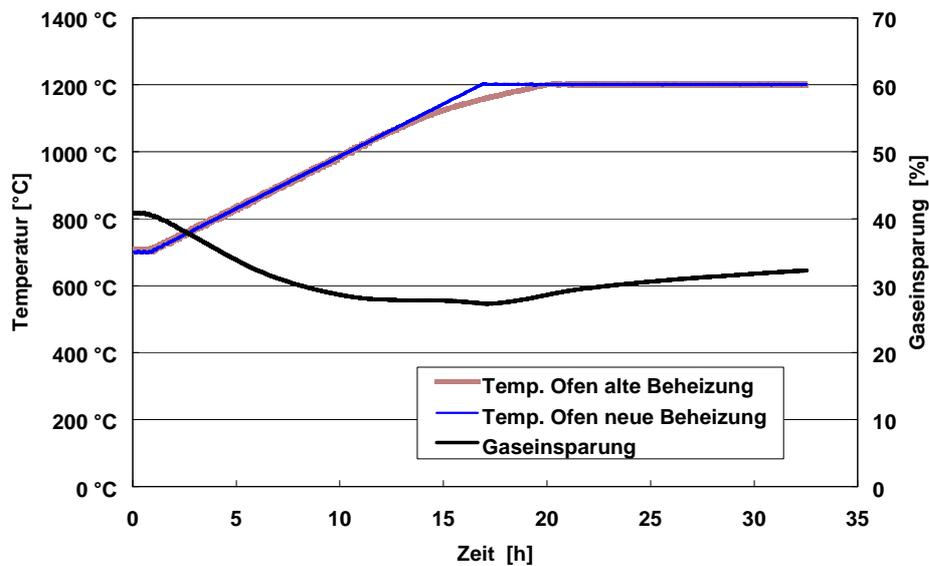
Durch das gleichzeitige Bearbeiten des Rohlings bei jedem Schmiedhub von 4 Seiten kann eine höhere Presstaktzahl realisiert werden. Technisch war dazu eine neue Hydraulik umzurüsten. Eine normale Schmiedepresse hat standardmäßig 90 Hübe/min. Ein Schmiedehammer arbeitet mit 180/min. Die neue Presse wurde auf 140/min eingefahren.

### **5.2.2 Ofen**

Die Erdgasanschlussleistung je Brenner beträgt 300kW. Da die Brenner taktend betrieben werden und das Abgas über die Brenner abgesaugt wird, können von den vier installierten Brennern maximal zwei gleichzeitig feuern. Die Erdgasanschlussleitung des Ofens ist dementsprechend mit 600kW beibehalten worden. Durch die effektive Luftvorwärmung besitzt der Ofen jedoch nun eine maximale Leistung von 800kW.

---

Zum Vergleich wurde mit alter und neuer Beheizungstechnik eine gleiche Ofenreise durchgeführt und aufgezeichnet (*Abbildung 8*). Es wurde dieselbe Nutzgutbeladung gewählt und derselbe Temperaturverlauf im Ofen über die Zeit gefahren. Die Ofentemperatur war dementsprechend in beiden Fällen identisch. Über die gesamte Ofenreise zeigte sich ein deutlich verringerter Erdgasbedarf der neuen Technik mit Regenerator, insgesamt wurde mit der Vergleichsmessung eine Einsparung von über 30% nachgewiesen. Durch den Einsatz der Flachflambrenner wurde zudem eine höhere Temperaturgleichmäßigkeit im Ofeninnenraum erreicht.



*Abbildung 8: Brennergaseinsparung durch neue Beheizungstechnik*

### 5.2.3 Manipulator

Ein schnelles Handling des zu schmiedenden Rohlings und eine exaktere Positionierung unter der Schmiedepresse ist Voraussetzung zur Erreichung der Ziele. Diese Herausforderungen wurden durch den Einsatz eines modernen, schienengeführten Hochleistungsmanipulators erfüllt (*Abbildung 9*).

Mit diesem Hochleistungsmanipulator sind die Erhöhung der Schmiedegeschwindigkeit und insbesondere die Maßhaltigkeit bezogen auf den Durchbiegungseffekt beim Längen des Rohlings während der Schmiedephase.



*Abbildung 9: Hochleistungsschienenmanipulator*

## 6. Auswertung und Evaluierung des Verfahrens

### 6.1 Umweltentlastung durch den innovativen Prozess

Alle Ziele bezogen auf die geplante Umweltentlastung sind erreicht worden. Das geht aus der Tabelle 1 hervor. Der Umrechnungsfaktor CO<sub>2</sub> (indirekt) für die Presse ist 693 kg CO<sub>2</sub>/ MWh<sub>el</sub> .

Durch die erreichten schmiedetechnischen Verbesserungen (Tabelle 2) konnte im Endeffekt die Endbearbeitung reduziert werden, so dass der Anfall der Spänereste deutlich reduziert wurde. Das wirkt sich in Form eines zusätzlichen umwelttechnischen Vorteils aus durch weniger zu schmelzendes Rohmaterial und auch wirtschaftlich durch eine geringere Menge an einzukaufendem Rohmaterial (Edelstahlrohlinge).

Emissionsart/ Ressourcenverbrauch	Ausgangs- situation	Plan	IST
Gas für Öfen und Hammer	1.230.000m <sup>3</sup>	545.000 m <sup>3</sup>	537.000 m <sup>3</sup>
CO <sub>2</sub> (Öfen/Hammer)	2.360 t	1.070 t	1.054 t
Strom für Presse	-	1.270 MWh	1.260 MWh
CO <sub>2</sub> für Presse	-	880 t	873 t
CO <sub>2</sub> gesamt	2.360 t	1.950 t	1.927 t
Wasserbedarf	4.400 m <sup>3</sup>	-	-
Abwasser (<5 g/m <sup>3</sup> Kohlenwasserstoff)	2.000 m <sup>3</sup>	-	-
Sonderabfall Ölschlamm	110 kg	-	-
Lärm in der Halle	115 dBA	80 dBA	81 dBA
Lärm außerhalb Halle	50<x<65dBA	<40 dBA	40 dBA
Erschütterungen	KB>0,2	KB<0,05	KB→ 0

*Tabelle 1: Beitrag der Ergebnisse zu den förderpolitischen Zielen*

Die insgesamt angezielten schmiedetechnischen Verbesserungen wurden wie folgt erzielt:

	Plan-SOLL	Heute-IST	Ziel-SOLL
Verbesserung Schmiedegeschwindigkeit	150-200%	120%	150%
Verbesserung Maßhaltigkeit um	2%	1,5%	2%
Spänereste nach Endbearbeitung	5%	8%	5%

*Tabelle 2: schmiedetechnische Verbesserungen*

Die schmiedetechnischen Verbesserungen wurden bisher noch nicht ganz erreicht, weil das 4-Backen-Werkzeug bisher noch nicht in seiner Endversion vorliegt (Lizenzverhandlungen). Jedoch auch schon mit dem Funktionsmuster des neuen Werkzeuges konnte unzweifelhaft die Richtigkeit des Ansatzes verifiziert werden. Die Arbeiten zur Optimierung des Werkzeuges werden mit unverminderter Kraft weitergehen.

## **6.2 Wirtschaftliche Betrachtung**

Das für Grimm besonders interessante wirtschaftliche Ergebnis ist das Erreichen der geplanten Energieeinsparung beim Aufheizprozess der Schmiederohlinge um 30%. Mindestens genauso wichtig sind die nachhaltige Verbesserung der Maßhaltigkeit, der damit verbundene reduzierte Aufwand der Nachbearbeitung der produzierten zylindrischen Teile und der so reduzierte Reststoffanfall in Form von Spänen. Für diese Späne (sortenrein) können relativ hohe Altmetalpreise erzielt werden. Im Gegenzug muss jedoch diese Menge wieder als Neumaterial zugekauft werden (für den nahezu 10-fach höheren Preis). Beim jetzigen Stand ergibt sich heute schon eine Einsparung von 20%. Im endgültigen Zustand soll eine Einsparung von 50% erzielt werden.

	Hammer	Presse
Energie	1.230.000m <sup>3</sup> Gas x 0,039€/m <sup>3</sup> =47.970 €	537.000m <sup>3</sup> Gas x 0,039€/m <sup>3</sup> =20.940 € 1.270MWhStromx0,055€/kWh =69.850€
Wasser	4.400 m <sup>3</sup> x 5.5 €/m <sup>3</sup> =24.200 €	--
Öl	120 l x 3 €/l = 360 €	10 l x 3 €/l = 30 €
Sonderabfall	0,11 m <sup>3</sup> x 1.500 €/m <sup>3</sup> =160 €	--
Reststoffe (1) Erlös f. Reststoffe (2) Preis f. Edelstahl (2)-(1)	240 t x 350 €/t = 84.000 € 240 t x 3.000 €/t = 720.000 € 636.000 €	190 t x 350 €/t = 66.000 € 190 t x 3.000 €/t = 570.000 € 504.000 €
Umweltrelevante Kosten	708.690 €	594.820 €
Differenz	113.870 € zu Gunsten der Presse	

*Tabelle 3: Vergleich der umweltrelevanten Kosten von Dampfschmiedehämmern und Schmiedepresse*

Kostenart	4 Hämmer	Kosten p.a.	Neuartige Presse	Kosten p.a.
AfA	Bereits abgeschrieben	0	Neuartige Presse, Schienenmanipulator, Öfen, AfA-Zeitraum 10 Jahre	352.000 €
Wartung	10% vom Anschaffungspreis p.a.	230.000 €	1% vom Anschaffungspreis p.a.	35.200 €
Betriebskosten lt. Tabelle 3		708.690 €		594.820 €
Gesamt		938.690 €		982.020 €

*Tabelle 4: Vergleich der Gesamtarbeitskosten von 4 Schmiedehämmern und 1 neuartigen Schmiedepresse (Status Quo zum Berichtszeitpunkt)*

Im Vergleich der Gesamtkosten wurde das Ziel der Kostenneutralität zwischen beiden Verfahren noch nicht in Gänze erreicht. Mit dem Einsatz des endgültigen 4-Backen-Werkzeuges wird jedoch der Effekt durch das Reduzieren der Reststoffe (Späne) stärker wie geplant durchschlagen. Das liegt insbesondere an den deutlich gestiegenen Edelstahlpreisen.

Kostenart	4 Hämmer	Kosten p.a.	Neuartige Presse	Kosten p.a.
AfA	Bereits abgeschrieben	0	Neuartige Presse, Schienenmanipulator, Öfen, AfA-Zeitraum 10 Jahre	352.000 €
Wartung	10% vom Anschaffungspreis p.a.	230.000 €	1% vom Anschaffungspreis p.a.	35.200 €
Betriebskosten lt. Tabelle 3		708.690 €		408.820 €
Gesamt		938.690 €		796.020 €

*Tabelle 5: Vergleich der Gesamtarbeitskosten von 4 Schmiedehämmern und 1 neuartigen Schmiedepresse (Endzustand)*

## **7. Empfehlungen**

### **7.1 Erfahrungen aus der Praxiseinführung**

- Die Einführungszeit eines solchen Prozesses soll nicht zu knapp bemessen sein. Im speziellen Fall wurde die Laufzeit des Gesamtprojektes um 6 Monate überschritten.
- Der Plan zur Installation des Drehherdofens wurde in der Anfangsphase noch einmal gründlich überprüft. Dabei ist man auf ein neues Prinzip (Regeneratorprinzip des Düsseldorfer Betriebsforschungsinstitutes des VDEh) aufmerksam geworden. Dieses Prinzip wurde – wie oben beschrieben – erfolgreich eingesetzt. Durch den Einsatz von zwei Regeneratoröfen konnte man auch den Vorteil der größeren Flexibilität gegenüber einem Drehherdofen gewinnen.
- Bei dem speziellen Schmiedeprozess mit Teilen von Massen zwischen 50 kg und 2000 kg sind sehr wohl schnelle kurze Schmiedetakte notwendig insbesondere um das Schmiedezeitfenster (in dem eine Schmiedetemperatur gehalten wird) optimal auszunutzen. Aus diesem Grunde musste man eine Möglichkeit entwickeln, durch einen Hydraulikantrieb die Anzahl der Pressenhübe auf 140/ Minute anzuheben.
- Aus lizenzrechtlichen Gründen wurden die ersten Versuche mit einem selbst entwickelten Werkzeug durchgeführt. Die Erfolge waren Richtung weisend. Erst mit Einführung des endgültigen 4-Backen-Werkzeuges werden die unter 6. beschriebenen umwelttechnologischen und wirtschaftlichen Vorteile erreicht.

### **7.2 Verbreitung und weitere Anwendung des Verfahrens**

Die Umstellung einer Freiformschmiede vom Schmiedehammerbetrieb auf eine neuartige Schmiedepresse funktioniert, wenn die einzelnen Fertigungsschritte aufeinander abgestimmt werden. Dazu ist zu empfehlen, dass solch eine Umstellung Step by Step erfolgt, so dass zuerst bei laufender Produktion (Schmiedehammerbetrieb) die Schmiedepresse gründlich eingefahren wird. Die Aufwärmprozesse in den Öfen müssen ebenso angepasst werden. Es müssen also über eine Laufzeit von bis zu einem Jahr quasi zwei Produktionslinien parallel betrieben werden. Erst wenn eine reproduzierbare Qualität erreicht ist, kann die Dampfhammerlinie außer Betrieb genommen werden.

Dann ist in jedem Fall der angezielte Umweltvorteil erreicht.

---

## 8. Literatur

N.N.: Neue Heizung spart ein Drittel der Energie ein, Düsseldorfer Betriebsforschungsinstitut des VDEh, VDI-Nachrichten, 04.06.2004

N.N.: Verminderter Energieeinsatz beim Schmieden,

<http://www.dbu.de/phpTemplates/publikationen/pdf/101106090257212.pdf>

---