



**Das Thema
ist heiß**



*„Energieeffizienz“ war lange Zeit ein Thema für Sonntagsreden.
Jetzt ist sie im unternehmerischen Alltag angekommen.
Am PZH entstehen effiziente Alternativen und anwendungsbereite
Lösungen für die Jagd auf die Kilowattstunde.*

Hochöfen sind wie aktive Vulkane: Selbst von Fotos geht Hitze aus, eine archaische Kraft – oder eben: Energie. Dennoch sind Hochöfen und der Prozess, in dem dort Roheisen erzeugt wird, effizient. Erst wenn das Eisen für die nächsten Produktionsschritte in Form gebracht wird, hat das mit Energieeffizienz oft nur noch wenig zu tun.

Bisher wird der Stahl, direkt nachdem er aus einem Konverter oder Elektrolichtbogenofen kommt, in einer Stranggussanlage zu endlosen Rundstäben oder zu 20 bis 40 Zentimeter dicken Brammen vergossen. Diese Verfahren sind in Stahlwerken in der ganzen Welt üblich. Die Brammen werden für die Weiterverarbeitung zu Blechen verwendet, etwa für die Automobilindustrie. Dafür müssen sie in der Regel wieder erwärmt und auf etwa einen Millimeter heruntergewalzt werden – auf weniger als ein Hundertstel ihrer Ausgangsdicke. Das extreme Umformen des einmal erkalteten Materials ist, energetisch gesehen, ein inakzeptabler Prozess.

Die Alternative, die Olexandr Grydin vom Institut für Werkstoffkunde erforscht, verzichtet auf den Zwischenschritt der Brammenverarbeitung: Mit Hilfe des Bandgusses wird aus dem flüssigen Metall sofort ein dünnes Band – ein Blech – geformt. Dazu wird die Schmelze direkt zwischen zwei gekühlte Walzen

gegossen, wo sie erstarrt, den engen Walzspalt durchläuft und die Anlage als nur einige Millimeter dickes Band verlässt, das umgelenkt und aufgerollt werden kann. Hört sich einfach an, ist es aber nicht. Dazu später mehr.

Der promovierte Umformtechniker Grydin erklärt, warum sich die Arbeit trotzdem lohnt: „Wenn Bandgießanlagen direkt die nur Millimeter dicken Bänder gießen, reduzieren sie – im Vergleich zum Weg über die Brammen mit ihren Zwischenerwärmungsschritten – den Energiebedarf bei der Blechherstellung um über 80 Prozent.“

80 %

Die Blechherstellung per Bandguss reduziert den Energieverbrauch im Vergleich zum klassischen Herstellungsweg über Brammen um über 80 Prozent.

Ein weiterer Vorteil des Bandgießens: Auch neue Legierungen lassen sich gut vergießen. Und sogar Werkstoffverbunde, die sich aus metallurgischen Gründen sonst gar nicht oder nur sehr



Noch glühende Brammen.



Olexandr Grydin mit Blech an der Bandgießanlage.

aufwendig kontinuierlich herstellen ließen, sind beim Bandgießen möglich: „Man kann zum Beispiel ein festes Stahlband über eine Walze in die Anlage führen und flüssiges Aluminium dazu vergießen. So bekommt man einen Stahl-Alu-Verbund.“ Erste Tests, solche Verbunde beim benachbarten Institut für Umformtechnik und Umformmaschinen umzuformen, waren sehr erfolgreich. Zum Beweis präsentiert Grydin die tiefgezogenen Näpfe in seinem Büro.

Die Anlage am IW ist eine Eigenentwicklung. Seit drei Jahren arbeitet Grydin, der aus der Ukraine stammt, zusammen mit weiteren IW-Mitarbeitern und Gastwissenschaftlern von der Nationalen Metallurgischen Akademie der Ukraine, an der Anlage und am Verfahren; gefördert werden sie vom Bundesministerium für Bildung und Forschung und vom entsprechenden ukrainischen Ministerium.

Die Idee des Bandgießens an sich ist nicht neu – Henry Bessemer hat sie sich schon im 19. Jahrhundert patentieren lassen. Die Umsetzung allerdings war technisch lange nicht möglich. Erst in den 1990er Jahren beispielsweise gelang es erstmals, Stahlbänder zu gießen. Die große Herausforderung sei, so Grydin, „dass der Erstarrungszeitpunkt der Legierung genau vor der engsten Stelle des Walzspaltes liegt“. Erstarrt die Legierung etwas zu früh, kann

das Blech nicht mehr durch die Walze gepresst werden. Erstarrt es etwas zu spät, läuft die flüssige Legierung einfach aus.

Um den je nach Legierung unterschiedlichen und von vielen Parametern abhängigen Erstarrungspunkt zuverlässig zu ermitteln, haben die Wissenschaftler die gesamte Anlage als

Momentan werden Aluminiumbänder gegossen, auch solche aus hochfesten härteren Legierungen, die sonst nirgends mit diesem Verfahren hergestellt werden.

digitales Modell aufgebaut. So können sie sicher vorhersagen, welche Prozessbedingungen für ein Band mit den gewünschten Eigenschaften erforderlich sind. Nur so lässt sich das Verfahren auch auf bislang nicht verarbeitbare Verbunde ausweiten.

Die IW-Forschungsergebnisse zum Bandgießen sind nicht nur industrienah – sie sind auch grundlegend. Denn bislang gibt es nur wenige Bandgussanlagen auf der Welt und entsprechend wenig Wissen darüber. Momentan wird die Anlage des

In Zahlen: Energie, Effizienz, Emissionen

Mittlerer Energieverbrauch bei der Produktion von Roheisen weltweit pro Tonne etwa 5.200 kWh

Energieverbrauch bei der Verarbeitung von Roheisen in

... konventionelle Stähle im Brammenstranggussverfahren pro Tonne in Deutschland etwa 970 kWh

... konventionelle Stähle beim Bandgießen mit Inline-Walzen pro Tonne in Deutschland etwa 220 kWh

Im Jahr 2010 weltweit produzierter Rohstahl, rund 1.417 Millionen Tonnen

Mittleres Energiesparpotenzial bei der Stahlproduktion, über alle Länder, pro Tonne Stahl rund 2.675 kWh

Gesamtes weltweites Energiesparpotenzial bei der Stahlproduktion pro Jahr rund 3,7 Millionen GWh

Gesamtes weltweites CO₂-Einsparpotenzial bei der Stahlproduktion pro Jahr etwa 1.280 Millionen Tonnen

Ausstoß von CO₂ in Deutschland 2009 etwa 840 Millionen Tonnen

Veränderung des CO₂-Ausstoßes in Deutschland zwischen 1999 und 2009 minus 8 Prozent

... im Bereich Metallherstellung und Bearbeitung minus 24 Prozent

Im Jahr 2012 in Deutschland verbrauchte Energie rund 3,75 Millionen GWh

Anteil des Energieverbrauchs in Deutschland, der auf Privathaushalte entfällt 25,5 Prozent

Anteil des Energieverbrauchs in Deutschland, der auf die Industrie entfällt 46,6 Prozent

Anteil des Energiebedarfs in der metallverarbeitenden Industrie, der auf Werkzeugmaschinen entfällt, rund 68 Prozent

Anzahl der Werkzeugmaschinen in der deutschen Industrie insgesamt (Stand: 1995) 1,04 Millionen

davon spanende Maschinen etwa 863.000

Energiebedarf aller CNC-gesteuerten Werkzeugmaschinen in der EU 38.400 GWh

Energieerzeugung eines 1-GW-Kraftwerks pro Jahr. 8.800 GWh



Foto: Sliwonik

*Lars Hüsemeyer (links) und Dominik Dahlmann demonstrieren eine Komponente der neuen, effizienten Maschine:
Selbst ein stillstehender Schlitten muss normalerweise von einem Antriebsmotor in Position gehalten werden. Hier hält eine Bremse die Achse fest.
Wie man sieht, unverrückbar. Der Motor hat Pause.*

IW genutzt, um Aluminiumbänder zu gießen, darunter auch solche aus hochfesten härtbaren Legierungen, die sonst nirgends mit diesem Verfahren hergestellt werden. Der nächste Werkstoff wird Stahl sein. Diesen Forschungsgegenstand teilen die Wissenschaftler am IW mit den Mitarbeitern der Salzgitter Mannesmann Forschung GmbH. Gemeinsam betrachten sie im Rahmen einer langjährigen Partnerschaft mit Forschungsprojekten und studentischen Arbeiten Fragestellungen rund um das Bandgießen von modernen Stahlwerkstoffen. So wird von der Salzgitter AG derzeit eine Pilotanlage im Industriemaßstab in Betrieb genommen, die ein Verfahrensprinzip verwendet, bei dem die Stahlschmelze als dünnes Band auf umlaufenden Stahlbändern erstarrt, bevor es abschließend auf das rechte Maß gewalzt wird. „Die gemeinsame Forschung im Rahmen der Niedersächsischen Technischen Hochschule“, so Dr. Thomas Evertz von der Salzgitter Mannesmann Forschung, „erweitert die Basis für dieses energieeffiziente Verfahren zur Herstellung konventioneller und neuartiger Legierungen“.

Noch vor einigen Jahren war es einigen Akteuren offenbar nicht so wichtig, was drin steckte, Hauptsache „Energieeffizienz“ stand drauf. Diese Erfahrung haben zumindest Dominik Dahlmann und Lars Hülsemeyer gemacht, die als wissenschaftliche Mitarbeiter seit drei Jahren am Institut für Fertigungstechnik und Werkzeugmaschinen (IFW) beschäftigt sind. Sie erinnern sich an einen Maschinenhersteller, der 2009 auf einer großen Metallbearbeitungsmesse stolz seinen Energiesparmodus vorgestellt hat: „Er drückte auf den Energiesparknopf, und die Maschine lief langsamer.“ Dahlmann und Hülsemeyer verwundert die Erinnerung daran noch heute. Of-

30 %

Die Werkzeugmaschinen, die im Rahmen der Initiative „Effizienzfabrik“ energieoptimiert wurden, sollten 30 Prozent Energieersparnis bringen. Dieses Ziel haben die Forscher erreicht. Ihr Prototyp schafft sogar 35 Prozent.

fenbar wussten viele Hersteller damals nicht, wie sich ihre Maschine verhält: „Eine Werkzeugmaschine ist nicht wie ein Auto. Je schneller die Maschine läuft, desto effizienter ist sie.“ Das allerdings ist eine noch junge Erkenntnis, die auch aus dem IFW kommt und sich noch nicht überall verbreitet hat.

Hülsemeyer erklärt sich das Desinteresse einiger Hersteller so: „Bis vor wenigen Jahren war Energie kein echtes Thema, dafür war und ist sie einfach noch zu günstig. Dabei machen

Energiekosten rund 20 Prozent der Lebenskosten einer Maschine aus.“ Mittlerweile hat das Thema eine andere Relevanz bekommen – und tatsächlich ist die Aussicht, dass die effizientere Maschine die schnellere ist, ja nicht die schlechteste. Warum ist das überhaupt so?

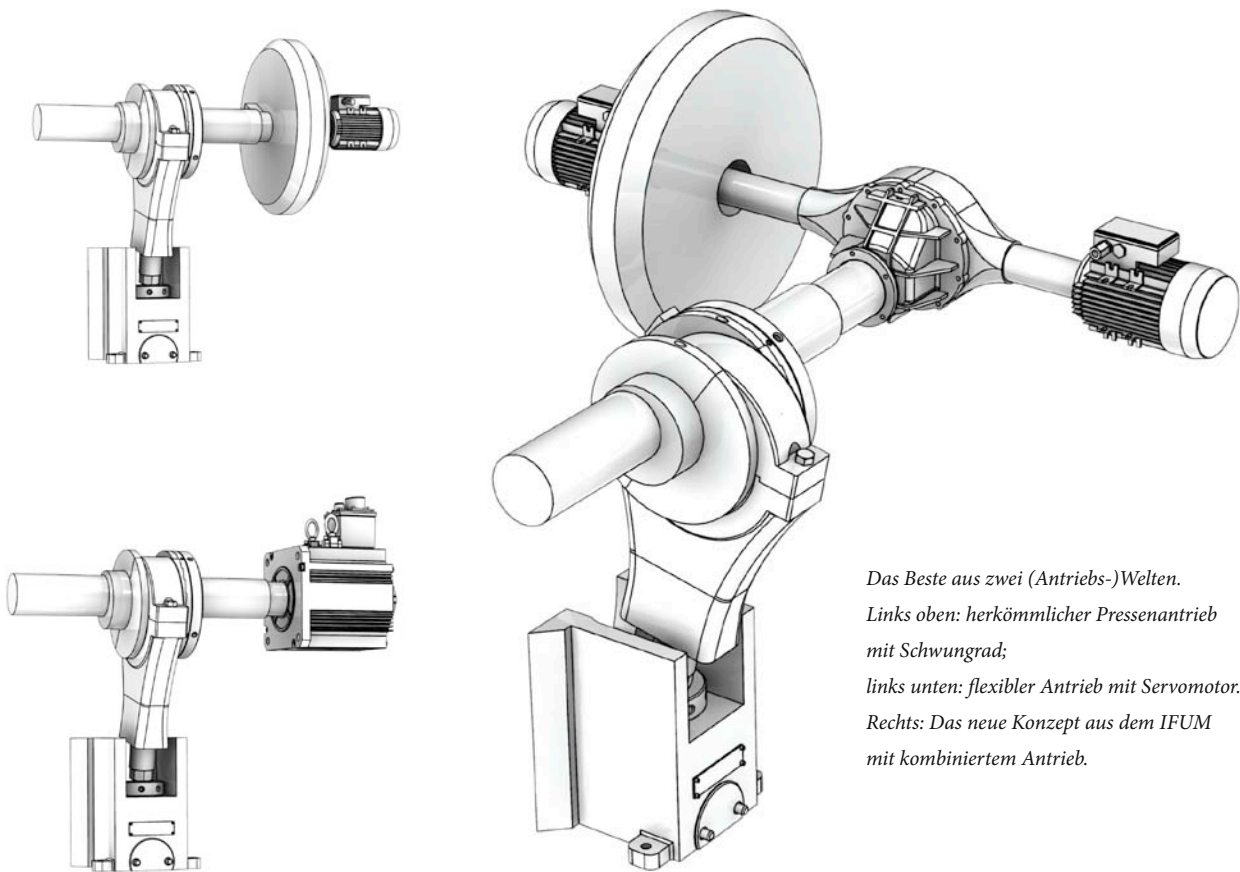
„In manchen produzierenden Unternehmen regiert noch immer das Prinzip ‚Viel hilft viel‘.“

Weil die Hauptspindel der Maschine, also letztlich das Werkzeug, das den eigentlichen spanenden Prozess ausführt, im Durchschnitt nur rund 20 Prozent der Energie verbraucht. Die drei anderen „großen“ Verbraucher sind die Kühlschmierstoffversorgung, das Kühlwasseraggregat und die Schaltschrankkühlung – fast 60 Prozent der mittleren Leistungsaufnahme entfallen auf diese Systeme. Je schneller aber der eigentliche Bearbeitungsprozess läuft, desto kürzer werden diese Nebenggregate benötigt. Das spart Energie.

Das Verbundprojekt NCplus, in dem das IFW gemeinsam mit renommierten Unternehmen zusammengearbeitet hat, gefördert vom Bundesministerium für Bildung und Forschung in der Initiative „Effizienzfabrik“, hatte das Ziel, Werkzeugmaschinen im Betrieb mit gut 30 Prozent Energieersparnis laufen zu lassen. Bei der Abschlussveranstaltung Ende 2012 konnte der Werkzeugmaschinenhersteller Deckel Maho Pfronten GmbH als Konsortialführer bekanntgeben, dass dieses Ziel erreicht wurde. Und der gemeinsame Prototyp, ein Bearbeitungszentrum des Maschinenherstellers DMG/Deckel Maho, schaffe, so Dahlmann, sogar 35 Prozent.

NCplus treibt einen Paradigmenwechsel im Maschinenbetrieb voran: Hin zu einer prozessbezogenen Betriebsweise einzelner Maschinenkomponenten und Teilsysteme. Beispiel Kühlwasser: Es wird bislang häufig auf eine voreingestellte Temperatur gekühlt. Dann schaltet der Kompressor ab, und er schaltet sich genau dann wieder an, wenn eine Grenztemperatur nach oben überschritten wurde. Sobald die Werkzeugmaschine nicht voll ausgelastet ist, ist der Wirkungsgrad dieses Vorgehens – vornehm ausgedrückt – mäßig. Das für NCplus neu entwickelte Lüfterkühlsystem schafft allein an dieser Stelle Energieeinsparungen von bis zu 70 Prozent.

Am IFW setzten die Ingenieurwissenschaftler auf die bedarfsgerechte Bereitstellung von Kühlmitteln, Schmierstoffen, Antriebsmotoren, auf deren Zusammenspiel und auf die Bereitstellung entsprechender Daten durch einen erweiterten NC-Code. „In manchen produzierenden Unternehmen regiert noch immer das Prinzip ‚Viel hilft viel‘“, sagt Dahlmann, „da ist



*Das Beste aus zwei (Antriebs-)Welten.
 Links oben: herkömmlicher Pressenantrieb
 mit Schwungrad;
 links unten: flexibler Antrieb mit Servomotor.
 Rechts: Das neue Konzept aus dem IFUM
 mit kombiniertem Antrieb.*

eine Pumpe an sich dann zwar effizient, aber sie läuft die ganze Zeit.“ Aber, darin sind sich Dahmann und Hülsemeyer einig, auch in solchen Unternehmen wird Energieeffizienz morgen auf der Tagesordnung stehen.

Bei den Maschinenherstellern ist sie auf jeden Fall angekommen. Alle großen Hersteller, egal ob aus Deutschland, Japan, Italien oder der Schweiz, beschäftigen sich intensiv mit der Energieeffizienz ihrer Maschinen. Der VDW, der Verein Deutscher Werkzeugmaschinenfabriken e.V., hat bereits 2010 die Nachhaltigkeitsinitiative „Blue Competence“ ausgegeben, die mittlerweile über den VDMA für den ganzen Maschinen- und Anlagenbau gilt. Die großen Fische im Becken der produzierenden Unternehmen sind auch längst dabei – „und die setzen die Maßstäbe“, sagt Hülsemeyer.

Eine Frage allerdings treibt alle Beteiligten noch um: „Wie kann man Labels für energieeffiziente Maschinen vergeben?“ Während man Glühbirnen und Kühlschränke leicht klassifizieren und sie dann entsprechend mit einem Energieeffizienz-Notensystem bewerten kann, ist das bei Werkzeugmaschinen eine ganz andere Sache. Jede Maschine hat ihr eigenes Profil, jeder Bearbeitungsprozess hat eigene Gesetzmäßigkeiten. Der Vorschlag, ein Musterbauteil für einen Referenzbearbeitungsprozess einzuführen, ist kaum realistisch – es gibt eben nicht

DAS relevante Musterbauteil. Eine praktikablere Lösung ist es da schon eher, wenn Maschinenhersteller eine Maschine als Standard anbieten und parallel das gleiche Modell plus „Energieeffizienzpaket“. Der Haken: Möglichst bald sollte ein Standard ohne ein solches Paket kein Standard mehr sein.

Nicht anders sieht es in der Umformtechnik aus: Nach welchen Kriterien soll man Pressen als sparsam oder verschwenderisch klassifizieren? Noch ist dieses Problem für Thomas Nitschke nicht akut. Er arbeitet am Institut für Umformtechnik und Umformmaschinen zurzeit an den Grundlagen eines neuen, energieeffizienten Pressenantriebs. „Grundlagen“ bedeutet: Er simuliert die Funktionsweise seines neuen Antriebskonzepts, um zu prüfen, ob es den Erwartungen gerecht werden kann. Die neue Presse soll eine flexible und dennoch energieeffiziente Massenproduktion ermöglichen. Bis zur Marktreife liegt noch ein weiter Weg vor ihr. Gefördert wird das Projekt von der Deutschen Forschungsgemeinschaft.

Es gibt zwei Grundmodelle von Pressen; Nitschke erklärt den Unterschied: „Die klassische Presse hat ein Schwungrad, das sehr gut Energie speichern kann, aber die Presse träge macht. Die moderne Servopresse ist dagegen sehr flexibel, weil sie den Bewegungsverlauf des Pressenstößels über Servomotoren

direkt anpassen kann, bis zu mehreren Geschwindigkeitswechseln pro Sekunde. Das geht aber nur mit sehr leistungsfähigen Motoren.“ Oder anders formuliert: Die klassische Presse ist unflexibel, die Servopresse ist teuer und in der Leistungsaufnahme eine Katastrophe; es können Leistungsschwankungen von 0 bis 50 Kilowatt im Bruchteil einer Sekunde auftreten und

X %

Noch befindet sich der neue Pressenantrieb im Stadium der Grundlagenforschung per Simulation. Erst wenn ein Prototyp in den Testbetrieb geht, liegen belastbare Werte zur Energieeinsparung vor.

das Stromnetz an seine Grenzen bringen. Nitschkes Idee: Er will das Beste aus beiden Umformmaschinen kombinieren und so die Nachteile eliminieren; das Schwungrad der klassischen Presse kommt in seinen Antrieb wieder rein.

Ein Überlagerungsgetriebe ist das Herz der neuen Presse: Es summiert die mechanische Leistung zweier Antriebe und leitet sie auf die Exzenterwelle der Presse. Dabei gibt es eine mechanische Kopplung zwischen Schwungrad und Hauptantriebsmotor, der mit konstanter Drehzahl rotiert. Der Nebenantriebsmotor sorgt dafür, dass die Drehzahl der Exzenterwelle präzise variieren kann. Und schließlich sind auch beide Motoren noch elektronisch verbunden. So lassen sich kurzzeitig erforderliche Spitzenleistungen mithilfe des Hauptantriebsmotors dem Schwungrad quasi entnehmen. Die Kosten und der Energieverbrauch sinken, das Stromnetz geht nicht mehr in die Knie.

„Es fängt gerade an, dass sich die Hersteller ernsthaft mit Fragen der Energieeffizienz beschäftigen.“

Thomas Nitschke ist mit den Ergebnissen seiner Mehrkörpersimulation zufrieden: „Die Simulation hat gezeigt, dass der neue Antrieb keine teuren und ineffizienten Energiespeicher braucht und dass die Antriebsmotoren deutlich kleiner ausfallen können als bei herkömmlichen Servopressen.“ Wie groß die Ener-

Im Verlauf des Jahres 2014 wird Thomas Nitschke vom Institut für Umformtechnik und Umformmaschinen sein Überlagerungsgetriebe, das Herz des neuen Pressenantriebs, in Betrieb erleben. Die Daten sind vielversprechend.

gieeinsparung im Detail sein wird, kann der Ingenieurwissenschaftler noch nicht angeben. „Die Simulation kann nicht alle Effekte abbilden. Es wäre nicht seriös, jetzt mit Prozentangaben zur Energieeinsparung Erwartungen zu wecken, die sich am Ende nicht realisieren lassen.“

Zurzeit konstruiert Nitschke einen Prototypen, der – so der Plan – Mitte 2014 aufgebaut ist und in den Testbetrieb gehen kann. Im Übrigen steht die Industrie ihm auch noch nicht auf den Füßen. „Ob sich die Industrie dann von dem etablierten Antriebskonzept abwendet und umsteigt, wird sich zeigen. Es fängt gerade an, dass sich die Hersteller von Umformmaschinen ernsthaft mit Fragen der Energieeffizienz beschäftigen. Die Großen kümmern sich mittlerweile. Das Interesse an unseren Ergebnissen ist auf jeden Fall da.“

Die gute Nachricht für die Unternehmen, auch aus dem IFUM, lautet: Die energieeffiziente Alternative spart Kosten nicht nur im Betrieb, sondern auch in der Anschaffung. ◀



Foto: Shworik