

## Whitepaper

# Energieeffizienz in der wässrigen Teilereinigung

**Den Energiegesamtbedarf einer Maschine zur wässrigen Bauteilreinigung zu senken ist ein wichtiger Beitrag zur energie- und ressourcenschonenden Produktion. Dies ergaben Untersuchungen an einer wässrigen Teilereinigungsmaschine im Rahmen des interdisziplinären Forschungsprojekts „ETA-Fabrik“ der TU Darmstadt zur energieeffizienten Fertigung.**

Vor dem Hintergrund steigender Energiepreise und dem zunehmenden internationalen Wettbewerb ist die energieeffiziente Produktion eine Schlüsselfrage für die deutsche Industrie. Demnach sind hiesige Unternehmen gefordert sowohl den Energieverbrauch ihrer Produktion als auch den CO<sub>2</sub>-Ausstoß zu senken. Damit Unternehmen künftig eigenverantwortlich ihre Einsparpotenziale erkennen und umfassend realisieren können, initiierte die TU Darmstadt zusammen mit 39 Industriepartnern das Forschungsprojekt die „Energieeffiziente Fabrik“ (ETA-Fabrik). Das Forschungsvorhaben hat das Ziel, Ansätze zur energetischen Verbesserung der industriellen Fertigung zu erarbeiten und prognostiziert, dass durch die energetische Vernetzung von Gebäude, technischer Infrastruktur und Maschine Energieeinsparungen von bis zu 40 % möglich sind.

### **Die Bauteilreinigung als Untersuchungsfeld**

Wegen ihrer zunehmenden Bedeutung in der Industrie und ihren teils energieintensiven Prozessen, bildet die Bauteilreinigung einen Schwerpunkt der ETA-Betrachtungen. Anhand einer Spritz-Flut-Reinigungsmaschine mit Zweibadtechnik wurden die Optimierungs- und Einsparmöglichkeiten von Reinigungs- und Trocknungsprozessen untersucht. Generell sind drei Optimierungsschritte zur energieeffizienten Teilereinigung sinnvoll: 1) die System- und Eigenverluste der Maschine selbst durch effektive Wärmedämmung beziehungsweise -kapselung reduzieren, 2) die Verluste intern durch effiziente Speicherung und Rückgewinnung

minimieren und nutzbar gestalten (integrierte Energierückgewinnung) und 3) eine intelligente Energieerzeugung über Maschinengrenzen hinweg ermöglichen und nutzen (Vernetzung). In diesem Zusammenhang wurden vier Hauptansatzpunkte identifiziert, aus denen sich die meisten Einsparpotenziale hinsichtlich der Energie- und Stromkosten schöpfen lassen. Diese sind:

- 1) Die Beheizung des Prozesswassers durch externe Vernetzung,
- 2) die Wärmespeicherung und -rückgewinnung von Maschinen-Eigenwärme und die effiziente Nutzung zur Vorwärmung der Trocknungsluft,
- 3) die Wärmerecovery der Abluft und
- 4) die sensorische Prozessführung.

Bezogen auf den Energie-Gesamtbedarf der Reinigungsmaschine ist bei entsprechender Maschinenausrüstung, Prozessgestaltung und intelligenter Vernetzung ein Einsparpotenzial für das Unternehmen gesamtbilanziell nach derzeitigem Entwicklungsstand bis zu 35 % erzielbar.

### Die Baugruppen- und Prozessanalyse

> Strategische Priorisierung hinsichtlich des Energieverbrauchs

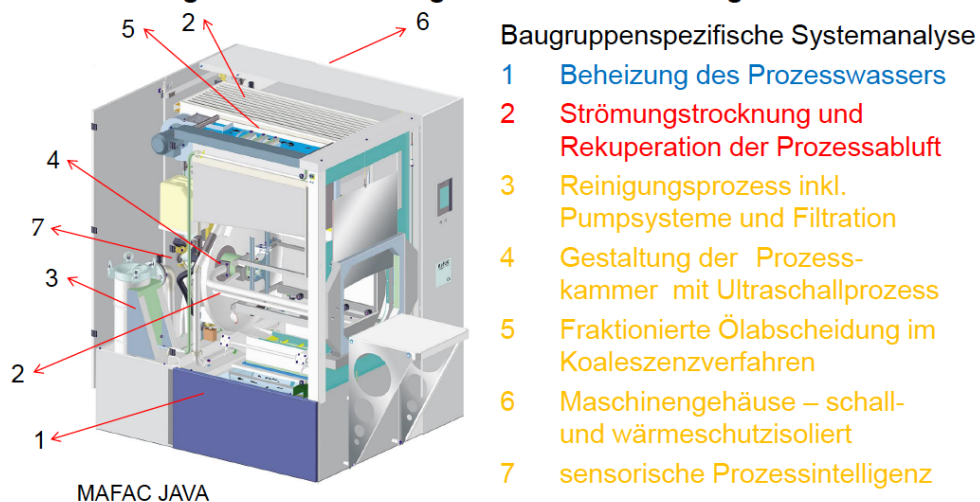


Bild 1: Die Baugruppen- und Prozessanalyse

Entsprechend dieser Hierarchie fokussierte sich die Untersuchung zunächst auf die Beheizung des Prozesswassers mit dem Ziel, ein

Austauschverfahren zur reproduzierbaren Wärmeübertragung zu entwickeln. Ferner sollte im Sinne der energetischen Vernetzung vorhandene, technische Wärme aus der Produktionsumgebung in den Tauschprozess eingespeist werden können.

### Wassertechnische Wärmekopplung zur Beheizung des Prozesswassers

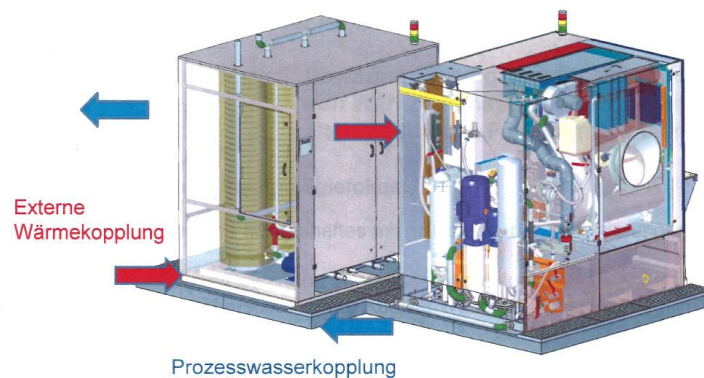


Bild 2: Prozesswasserkopplung (Prototyp)

### Parameter des Wärmeaustauschs zur Beheizung des Prozesswassers

Innerhalb einer Fertigungskette stellt die Teilereinigung eine Wärmesenke dar. Das heißt, dem Prozess muss Energie zugeführt werden, um die erforderliche Bauteilsauberkeit mittels temperierter Reinigungsbäder zu erreichen. Um den Energieverbrauch der untersuchten Teilereinigungsmaschine ermitteln zu können, wurde ein Standardprozess definiert und der Einfluss von Medientemperatur, Chargengröße, Prozessgestaltung (Reinigen, Spülen, Trocknen) und Betriebszeit auf den Energiegesamtverbrauch systematisch untersucht. Danach richtete sich der Blick auf das Energieverhalten der Betriebe: das heißt, mit welcher Energieform die Beheizung der Prozessbäder im Stand der Technik realisiert ist – ob mittels konventionellem Heizstrom oder auf Basis alternativer Energiequellen wie zum Beispiel verfügbarem Heißwasser der Solarthermie, der Kraft-Wärmekopplung oder technischer Wärme als Fernwärme.

Aus der Betrachtung ergab sich folgendes Anforderungsprofil:

Das angestrebte Tauschverfahren sollte eine gleichbleibende Temperatur von bis zu 75 ° C unter Verzicht von Heizstrom gewährleisten und den

prozesssicheren Betrieb sicherstellen ohne die Reinigungsleistung und die Qualität des Prozesswassers zu beeinträchtigen. Ebenso sollte es flexibel auf verschiedene Wärmequellen reagieren können und darüber hinaus die Wärme schneller und spontaner zur Verfügung stellen als bei herkömmlichem Strombetrieb. Auf diese Weise würden sich Vorlaufzeiten verkürzen und kurzzeitige Temperaturverluste, wie etwa durch das Einbringen großer Bauteile, schneller ausgleichen. Darüber hinaus sollte der Wärmeaustausch nahezu verlustfrei erfolgen, um das angestrebte Einsparpotenzial von bis zu 35 % voll ausschöpfen zu können.

### **Das Wärmeaustauschmodul**

Auf Basis dieser Erkenntnisse wurde ein Wärmeaustauschmodul entwickelt, das zur Beheizung von Reinigungsmedien extern verfügbare Wärme nutzt. Ein hocheffizientes Wärmeaustauschverfahren mit Koaxialrohrtechnik sorgt dafür, dass im Gegenstromprinzip die Abwärme des Heizmediums nahezu verlustfrei auf das Reinigungsmedium übertragen und es danach in den Reinigungsprozess zurückgeführt wird. Zugunsten von mehr Flexibilität wurde darauf geachtet, dass der Heizstrom effizient durch Heißwasser aus alternativen Energiequellen ersetzt werden kann und die Einspeisung von Wärme (Heißwasser) aus drei verschiedenen Energiequellen möglich ist:

1. Die Nutzung von heißem Prozesswasser der Wärmebehandlung,
2. aus vorhandenen Kraft-Wärmekopplungsprozessen oder
3. regenerativer Heißwassererzeugung (Solarthermie).

Untersuchungsergebnisse belegen, dass sich mithilfe des Wärmeaustauschmoduls der Stromverbrauch für die Medienbeheizung um mehr als 90 % reduzieren lässt und damit verbunden der entsprechende Ausstoß von CO<sub>2</sub>-Emissionen proportional sinkt.

### **Einsparpotenziale weiter ausschöpfen**

Mit dem neu entwickelten Wärmeaustauschverfahren wurde eine Möglichkeit geschaffen, Abwärme aus dem Produktionsumfeld direkt in den Teilprozess Bauteilreinigung einzuspeisen und die Energiebilanz eines Unternehmens im Sinne der EMAS DIN EN ISO 50001 zu optimieren.

Wie Eingangs erwähnt, gibt es neben der Prozesswasserbeheizung weitere Ansatzpunkte, die den Energieverbrauch der Bauteilreinigung verbessern können. Forschungs- und Entwicklungsarbeiten in der Wärmedämmung und -kapselung liefern neue Erkenntnisse: Demnach können die genannten Einsparmöglichkeiten mittels effizienter Vollwärmekapselung der Maschine und intelligenter Bereitstellung der Maschineneigenwärme für die Trocknungsprozesse in Kombination mit einer vernetzten Prozesswasserbeheizung solide gewährleistet werden. Diese Energieeinsparung reduziert darüber hinaus die Wärmeabstrahlung der Maschine und trägt damit zur Verbesserung der Arbeitsplatzbedingungen im Umfeld der Maschine bei. Ebenso verringert sie die Belastungen der Fabrikhallenluft. Dadurch können Unternehmenskosten, die für die Entsorgung und Klimatisierung der Hallenluft notwendig wären, eingespart werden.

Im Jahr 2016/2017 werden detaillierte Untersuchungen zur Wärmerecuperation der Abluft sowie zur sensorischen Prozessintelligenz folgen. Vorausbetrachtungen zeigen bereits heute weitere interessante Systemansätze mit zusätzlichem Einsparpotenzial.

Insgesamt macht die ganzheitliche Betrachtungsweise des ETA-Projekts deutlich, dass nicht nur die Optimierung der Maschine Einsparpotenziale schafft, sondern weitaus mehr beeindruckende Einsparmöglichkeiten erzielt werden können, wenn eine thermische Verknüpfung zwischen der Maschine und dem Gebäude- und Produktionsumfeld stattfindet.

### **Die Ök Richtlinie EMAS der Europäischen Union**

Das Umweltmanagementsystem EMAS (Eco-Management and Audit Scheme) bildet eine Grundlage der Europäischen Union, nach der Unternehmen freiwillig ein Energie-Umweltmanagementsystem (EMAS DIN EN ISO 50001) führen und ihre Umweltkonformität sowie ihre Unternehmensnachhaltigkeit kontinuierlich verbessern können. Bei einer Unternehmensgröße von mehr als 250 Mitarbeitern und einem Jahresumsatz über 50 Millionen sind Unternehmen seit Juli 2015 sogar dazu verpflichtet. Ebenso bildet das EMAS-Zertifikat die Voraussetzung für die teilweise Befreiung von der EEG-Umlage sowie zukünftig auch für die Entlastung produzierender Unternehmen von der Strom- und Energiesteuer.

Autor: Joachim Schwarz, Geschäftsführer für die Bereiche  
Vorausentwicklung und Produktion bei MAFAC – E. Schwarz GmbH & Co.  
KG.