

Zuwendungsempfänger      SMS Demag Aktiengesellschaft  
Forschungsvorhaben      01 RW 0183



Laufzeit des Vorhabens      01. 09. 2001 - 31. 12. 2002

---

**Forschungsvorhaben 01 RW 0183**  
des Bundesministeriums für Bildung,  
Wissenschaft, Forschung und Technologie

INTEGRIERTER UMWELTSCHUTZ IN DER METALLERZEUGUNG  
VERBUNDVORHABEN: BANDREINIGUNG IN FEUERVERZINKUNGSANLAGEN MIT  
INNOVATIVER PROZESS- UND REGENERATIONSTECHNIK,  
TEILVORHABEN 5: AUFBAU EINER FORSCHUNGSANLAGE ZUR INNOVATIVEN  
REINIGUNG VON STAHLBAND

**Abschlussbericht**

über die durchgeführten Arbeiten

der

**SMS Demag Aktiengesellschaft**

**- Geschäftsbereich Bandanlagen -**

Laufzeit der Forschungsarbeit:

01.09.2001 - 31.12.2002

## Kurzfassung

Die SMS Demag Aktiengesellschaft hat sich entsprechend dem Projektzeitplan mit dem konzeptionelle Aufbau und die Auslegung der Reinigungstechnologie befasst.

Die Ergebnisse der Untersuchungen zur Reinigung von kaltgewalztem Feinblech mit Walzemulsions- und Eisenverschmutzungen lassen sich wie folgt zusammenfassen:

- Reinigungseffizienzen abhängig von der Bandgeschwindigkeit
- hohe Reinigungsgrade ( $> 80\%$ ) für die Walzemulsionsverschmutzungen durch die Hochdruckreinigung, deutliche Verbesserung durch Zuschalten der Ultraschallreinigung
- sehr hohe Reinigungsgrade ( $> 92\%$ ) für die Eisenverschmutzungen durch Hochdruckreinigung, geringe Verbesserung durch Zuschalten der Ultraschallreinigung
- Badtemperatur     $> 60 \dots 65 \text{ °C}$  (Schaumentwicklung)
- pH-Wert des HD-Reinigers    max.

Ausgehend von den Reinigungsversuchen und der Konfiguration der bestehenden Bandreinigungssektion in der Feuerverzinkungslinie FBA 7 bei ThyssenKrupp Stahl in Bochum wurde das folgende Konzept festgelegt:

- Die vorhandene Bandreinigungssektion bleibt grundsätzlich erhalten, wird aber um eine Hochdruck- und eine Ultraschallreinigungssektion erweitert.
- Der Auslauf der Bürstentfettung wird umgebaut und mit einem Hochdruckdüsenbalkenpaar ausgerüstet. Dazu wird die letzte Bürsteinheit zur Reinigung der Bandoberseite ausgebaut. Das erforderliche Kreislaufsystem wird im Medienkeller unter der Anlage aufgestellt.
- Die horizontale, elektrolytische Entfettungssektion wird durch Austausch des Elektrodensystems gegen ein entsprechendes Ultraschallsystem in eine Ultraschallreinigungssektion umgebaut. Ein zusätzlicher Umbau des Kreislaufsystems ist nicht erforderlich.

| <b>Inhaltsverzeichnis</b>                                  | <b>Seite</b> |
|--|--------------|
| <b>1. Vorhabensbeschreibung</b>                            | <b>1</b>     |
| 1.1. Gesamtziel des Vorhabens                              | 1            |
| 1.2. Stand der Wissenschaft und Technik                    | 2            |
| 1.3. Ausführliche Beschreibung des Arbeitsplans            | 4            |
| <br>   |              |
| <b>2. Ergebnisse</b>                                       | <b>6</b>     |
| 2.1. Auswahl der Reinigungsaggregate                       | 6            |
| 2.1.1 Hochdruckreinigung                                   | 6            |
| 2.1.2 Ultraschallreinigung                                 | 7            |
| 2.2. Bandreinigungsversuche                                | 9            |
| 2.2.1. Reinigungsversuche mit einem Mehrphasenstahl        | 9            |
| 2.2.2. Reinigungsversuche mit einem Normal-Stahl           | 10           |
| 2.2.3. Zusammenfassung                                     | 11           |
| 2.3. Reinigungskonzept                                     | 12           |
| 2.3.1. bestehenden Bandreinigung                           | 12           |
| 2.3.2. Reinigungskonzept                                   | 13           |
| <br>   |              |
| <b>3. Nutzen und Verwertbarkeit des Projektergebnisses</b> | <b>15</b>    |
| <br>   |              |
| <b>Tabellen- und Bildanhang</b>                            | <b>16</b>    |

## **1.      Vorhabenbeschreibung**

### **1.1.    Gesamtziel des Vorhabens**

Die wesentlichen Kundenanforderungen an ein veredeltes Feinblechprodukt sind die gute Bearbeitbarkeit in den nachfolgenden Fertigungsprozessen und die langfristige Konservierung des Endproduktes. Diese Eigenschaften werden grundlegend durch die auf die Metalloberfläche aufgebraachte Funktionsschicht bestimmt. Der Verbund zwischen der Funktionsschicht, der Zinkauflage, und der Stahlbandoberfläche beruht in erster Linie auf den Haftkräften in der Grenzfläche. Verunreinigungen auf der Oberfläche, wie Eisenabrieb, Öl- oder Walzemulsionsrückstände, setzen die Haftung herab. Die Funktionsschicht kann ihre Aufgabe nicht erfüllen. Sie wird nur ungleichmäßig aufgetragen beziehungsweise löst sich unter mechanischer Belastung leicht ab.

Um die störenden Anhaftungen von der Stahlbandoberfläche vor dem Eintritt in den Schmelztauchveredelungsprozess abzulösen, wird das Substrat in der Bandreinigungssektion intensiv mit alkalischen Reinigungsmitteln in Kontakt gebracht. Die Bandreinigung in einer Feuerverzinkungslinie setzt sich üblicherweise aus einer Kombination verschiedener, alkalischer Reinigungsprozesse und der abschließenden, wässrigen Spülung zusammen. Auf dem Gebiet der Entwicklung, Auslegung und Konstruktion von Bandreinigungseinrichtungen kann die SMS Demag AG langjährige Erfahrung als Anlagenbauer vorweisen. In Zusammenarbeit mit allen Projektpartnern wird nach Sichtung und Bewertung der durch Laborversuche optimierten Prozessparameter des konventionellen, nasschemischen Reinigungsprozesses einerseits und der neuen Hochdruck- und Ultraschallreinigung andererseits ein Konzept für die betriebliche Implementierung dieser Verfahren erstellt. Im Rahmen des Forschungsprojektes „Bandreinigung in Feuerverzinkungen mit innovativer Prozess- und Regenerationstechnik“ übernimmt die SMS Demag AG die anlagentechnische Umsetzung dieses Konzeptes und die Installation an einer bestehenden Feuerbeschichtungslinie.

## **1.2.      Stand der Wissenschaft und Technik**

Feuerverzinkungslinien verwenden als Einsatzmaterial kaltgewalztes Stahlband. Kaltgewalzte Bänder sind aus dem Walzprozess mit Walzemulsionen und Walzrückständen belastet. Verunreinigungen von ca. 500 mg/m<sup>2</sup> pro Seite bestehend aus Walzemulsionen, Eisenabrieb und sonstigem Schmutz sind möglich. Das auf diese Weise belastete Stahlband muss vor der weiteren Oberflächenveredelung von diesen Rückständen aus dem Kaltwalzprozess befreit werden. Nach dem heutigen Stand der Technik wird dies in einer mehrstufigen Bandreinigungssektion durchgeführt. Es wird eine Kombination aus einer alkalischen Spritzreinigung mit Bürstunterstützung zur Beseitigung der Oberflächenverschmutzungen, einer elektrolytischen Reinigung zur porentiefen Reinigung und einer abschließenden, mehrstufigen Spülung mit VE-Wasser. Als Reinigungsmittel werden wässrige Lösungen auf Basis von Alkalien, Tensiden und Phosphaten verwendet. Die nach heutigem Stand der Technik üblichen Bandreinigungsverfahren erfordern hohe Verbräuche an Wasser, Chemikalien und Energien.

Aus der Stückgutreinigung ist bekannt, dass durch die Steigerung des mechanischen Energieeintrags auf die zu reinigende Oberfläche, zum Beispiel im Ultraschall- und Hochdruckverfahren, eine wesentliche Verbesserung der Reinigungswirkung erzielt wird. Vergleichbare Verfahren für die Reinigung von Stahl-Breitband im industriellen Maßstab existieren bisher noch nicht. Erste, positive Erkenntnisse sind aus der Adaption der Ultraschall- und Hochdruckreinigungsverfahren im vor-industriellen Maßstab auf der Bandpilotanlage (BPA) im Dortmunder OberflächenCentrum (DOC) im Rahmen des Verbundprojektes „Neuartige Schichtsysteme für die Oberflächenveredelung von Stahlband“ (FKZ 03N3059) bekannt. Im Unterschied zu diesem Verbundvorhaben, das auf verzinktem Schmalband als Einsatzmaterial für die Reinigungsversuche basiert, werden in diesem Teilprojekt kaltgewalzte Breitbänder eingesetzt, die aus prozesstechnischen Gründen eine stärkere Verschmutzung aufweisen. Das Ziel dieses Teilvorhabens ist daher der notwendige, zweite Schritt die aus dem Verbundprojekt „Neuartige Schichtsysteme ...“ (FKZ 03N3059) gewonnenen Erkenntnisse für das Substrat kaltgewalztes Stahlblech zu evaluieren und sie letztendlich an einer bestehenden Feuerbeschich-

tungslinie umzusetzen. Hierzu erfolgt die entsprechende, anlagentechnische Umsetzung und Installation der Verfahren im voll-industriellen Maßstab.

Die Aufgabe der SMS Demag AG ist es, die von den Projektpartnern im Rahmen des Verbundvorhabens ermittelte, optimale Konfiguration der Reinigungstechnologien anlagentechnisch in einer industriell produzierende Feuerverzinkungsanlage umzusetzen. Dies wird in enger Kooperation mit der entsprechenden Zulieferindustrie erfolgen.

Die Betriebs- und Anlagenkosten sollen durch reduzierten Energiebedarf, verringerten Chemikalieneinsatz und geringeren Aufwand für Verschleißteile, zum Beispiel durch den Verzicht auf die Bürsten, minimiert werden. Durch den industriellen Einsatz der Ultraschall- und Hochdruckreinigung ist eine deutlich geringere Umweltbelastung zu erwarten. Durch den spürbar geringeren Bedarf an Reinigungsmitteln und die Optimierung der Kreislaufführung der Bäder in Kombination mit dem Einsatz der Membrantechnologie zur Badpflege werden die Abwassermengen im Produktionsprozess „Oberflächenveredelung von Stahlbändern“ merklich reduziert.

Der internationale Stand der Wissenschaft und Technik, nachgewiesen durch aktuelle Patent- und Literaturecherchen, entspricht – das hier aufgeführte Teilprojekt entsprechend – den Angaben für das Gesamtprojekt, so daß hier auf Details verzichtet werden kann.

Die SMS Demag AG hat als Anlagenbauer langjährige Erfahrungen im Bau von Bandreinigungen in Anlagen zur Stahlbandveredelung nach dem heutigen Stand der Technik. Zu diesen Anlagen zählen:

- Kontinuierliche Glühanlagen
- Kontinuierliche Verzinkungsanlagen für
- Feuerverzinkung
- Elektrolytische Verzinkung

- Kontinuierliche Flüssigbeschichtungslinien

Zusätzlich verfügt die SMS Demag AG durch die Beteiligung am Verbundprojekt „Neuartige Schichtsysteme für die Oberflächenveredelung von Stahlband“ (FKZ 03N3059) über erste Erfahrungen zum Einsatz der Ultraschall- und Hochdruckreinigungstechnologie für Stahlbänder.

### **1.3. Beschreibung des Arbeitsplans**

Der Arbeitsplan der SMS Demag AG beinhaltet im Rahmen des Gesamtprojektes „Bandreinigung in Feuerverzinkungen mit innovativer Prozess- und Regenerationstechnik“ die Bearbeitung folgender Ziele (Abbildung 1):

- Ermittlung und Optimierung der wirkungsvollsten Verfahrenskombination aus Hochdruck- und Ultraschallreinigung
- Optimierung der Hochdruckreinigung in Bezug auf die Gesamtbeaufschlagung und die Dispositionszeit, sowie die Düsensysteme, den Spritzdruck und die Düsenanordnung innerhalb der Reinigungsstrecke für das Substrat kaltgewalztes Breitband
- Optimierung der Ultraschallreinigung in Bezug auf die Badumwälzung, der Ultraschalleistung und der Anordnung der Ultraschallschwinger für das Substrat kaltgewalztes Breitband
- Anlagentechnische Umsetzung des Reinigungskonzeptes durch Entwicklung, Konstruktion und Bau der Bandreinigungsmaschine
- Implementierung der Bandreinigungsmaschine in einer industrielle Feuerverzinkungsanlage
- Optimierung der Bandreinigungsanlage im Rahmen von Betriebsversuchen unter realen, produktionstechnischen Bedingungen

Zuwendungsempfänger      SMS Demag Aktiengesellschaft  
Forschungsvorhaben      01 RW 0183



Laufzeit des Vorhabens      01. 09. 2001 - 31. 12. 2002

---

Die gesamten Projektarbeiten werden in enger Zusammenarbeit mit den beteiligten Projektpartnern durchgeführt. Weiterhin wird auf entsprechende Entwicklungen in der Zulieferindustrie zurückgegriffen.

Die SMS Demag AG verfügt mit den Abteilungen

- Projektierung Bandanlagen und Module
- Konstruktion Bandanlagen und Module
- Verfahrenstechnik Bandanlagen und Module
- Werkstatt und Vormontage

sowie der Entwicklungsabteilung mit Personal, Software und Hardware für

- Prozesssimulation
- Systemsimulation
- Strukturanalyse
- Werkstoffberatung

über ausreichende Ressourcen zur Bearbeitung des Forschungsvorhabens.



## **2.      Ergebnisse**

Die SMS Demag Aktiengesellschaft hat sich entsprechend dem Projektzeitplan (Abbildung 1) mit dem konzeptionelle Aufbau und der Auslegung der Reinigungstechnologien befasst.

### **2.1.      Auswahl der Reinigungsaggregate**

#### **2.1.1      Hochdruckreinigung**

Die Hochdruckreinigung verbindet die Reinigung von Oberflächen durch oberflächenaktive Prozesse (Lipide im Bandreinigungsmedium) mit dem mechanischen Abtrag durch die kinetische Energie des Flüssigkeitsstrahls. Der heiße Flüssigkeitsstrahl prallt mit hoher Geschwindigkeit auf die Bandoberfläche. Lockere Oberflächenbeläge werden weggespült. Stabilere Schichten werden durch die kinetische Energie der aufprallenden Flüssigkeit aufgelockert und ebenfalls weggespült. Die Lipidanteile im zugesetzte Bandreiniger unterstützen den Reinigungsprozess teilweise. Die wesentliche Funktion der Lipide ist das Binden der abgetragenen Verunreinigungen in der Flüssigkeit. Der abgetragene Belag wird innerhalb der flüssigen Phase gebunden und kommt nicht noch einmal in Kontakt mit der Bandoberfläche. Auf diese Weise wird eine Rückbefettung / -Verschmutzung vermieden. Ohne die Lipidanteile schwimmen die öligen Anteile der abgetragenen Verunreinigungen aufgrund ihrer geringeren Dichte und unpolaren Struktur auf der Flüssigkeit (Tropfen, Strahl, Voll-Strömung, etc.) auf und werden bei einem erneuten Kontakt mit der Oberfläche wieder abgeschieden.

Als Hochdruckpumpenaggregat ist eine Pitot-Rohrpumpe ausgewählt worden. Dieser Pumpentyp wird bereits erfolgreich zur Reinigung von Stahl-Schmalband (Breite 300 mm) in der Versuchslinie im Dortmund OberflächenCenter (DOC) eingesetzt. Die Funktionsweise der Pumpe ist anhand der Prinzipskizze (Abbildung 2) erkennbar. Das Medium tritt über den Saugstutzen in den Pumpenraum ein. In Gegensatz zu üblichen Kreiselpumpen ist der Pumpenraum bei dieser Pumpe der Rotor. Das Medium wird in

dem rotierenden Pumpenraum auf eine sehr hohe Rotationsgeschwindigkeit gebracht. In dem rotierenden Flüssigkeitskörper steht das fixe Pitotrohr. In diesem Rohr wird die (kinetische) Rotationsenergie des Mediums in (potentielle) Druckenergie umgewandelt. Durch die hohe Rotationsgeschwindigkeit des Mediums wird der Flüssigkeitsdruck von bis zu 100 bar am Druckstutzen aufgebaut.

Die Schaumbildung im Medium kann beim Einsatz eines alkalischen, tensidhaltigen Reinigers nicht vollständig ausgeschlossen werden. In Kreisel- oder Kolbenpumpen führen geringe Gasanteile im Medium zu Kavitationserscheinungen im Pumpenraum und damit zum Versagen der Pumpe binnen kurzer Zeit. Das ausgewählte Pumpenaggregat zeichnet sich durch eine relativ große Unempfindlichkeit gegen Luft / Schaum (Gasanteil < 10 Vol. %) im Fördermedium aus. Die Gasanteile sammeln sich infolge der Druckverteilung zentrisch im Innern des Flüssigkeitskörpers, wo sie nicht mit den geänderten Druckverhältnissen im außen stehenden Pitotrohr in Kontakt kommen. Im Pumpenraum bildet sich ein schnell rotierender Flüssigkeitsring mit einer Gasblase in seinem Rotationszentrum. Die vorgesehene Fremdspülung der Gleitringdichtung verringert den Verschleiß durch Partikeln im Medium. Dadurch ist dieser Hochdruckpumpentyp in der Lage Medien mit einer Feststoffbelastung von 100 ppm bei einer maximalen Partikelgröße von 100 µm zu fördern. Der pH-Wert des Fördermediums ist auf maximal pH = 12 begrenzt.

### **2.1.2    Ultraschallreinigung**

Die Ultraschallreinigung verbindet die Reinigung von Oberflächen durch oberflächenaktive Prozesse (Lipide im Bandreinigungsmedium) mit dem mechanischen Abtrag durch die kinetische Energie von implodierenden Gasbläschen. Die Ultraschallschwingungen führen zu lokalen Druckschwankungen im Medienraum. In Bereichen in denen der Druck unter den Gasdruck der gelösten Gase bzw. den Dampfdruck der Flüssigkeit absinkt, bilden sich winzige Kavitationsbläschen. Da die künstlichen Bedingungen, die zu Bildung der Bläschen geführt haben, nur kurzzeitig existieren implodieren die Bläschen sehr schnell wieder. Die Druckwellen, die durch die Implosion der Gasbläschen (beson-

ders auf der Bandoberfläche) in die Flüssigkeit induziert werden, führen zum Absprengen von Verschmutzungen auf der Bandoberfläche. Lockere Oberflächenbeläge werden abgetragen. Stabilere Schichten werden durch die Druckwellen aufgelockert und ebenfalls weggespült. Die Lipidanteile im zugesetzte Bandreiniger unterstützen den Reinigungsprozess teilweise. Die wesentliche Funktion der Lipide ist das Binden der abgetragenen Verunreinigungen in der Flüssigkeit.

Der große Vorteil der Reinigung mit Ultraschall ist die neben der hohen Qualität und Reproduzierbarkeit des Reinigungsergebnisses die zugleich mechanische und dennoch berührungslose Reinigung von Materialien. Je nach Reinigungsanforderung kann somit auf aggressive Chemikalien und hohe Temperaturen verzichtet werden. Die bei der wässrigen Ultraschall-Reinigung unterstützenden chemischen Zusätze (Reinigungsmittel) werden in prozentual geringem Maße beigefügt und sind in der Auswahl gegenüber der vorliegenden Verschmutzung ähnlich bedeutsam, wie die Auslegung der benötigten Ultraschalleistung und der Arbeitsfrequenz. Je nach Einsatz- und Anwendungsgebiet bietet die Ultraschallreinigung somit ein hochwertiges und homogenes Reinigungsergebnis, wie es durch kein anderes Reinigungsverfahren erzielt werden kann.

Die eingesetzte Ultraschallschwingertechnologie erfordert keine besondere Badpflege. Die Schwinger sind in einem Edelstahlgehäuse gekapselt. Der Gehäusewerkstoff kann dem Badmedium angepasst werden. Der Prozessbehälter ist als Tauchtank ausgeführt, um ausreichend Medium für die Übertragung der Schallwellen auf die Bandoberfläche zur Verfügung zu haben. Im Tauchtank ist nur eine mäßige Strömungsgeschwindigkeit einzustellen, um die gebildeten Bläschen nicht sofort von der Bandoberfläche wegzuspülen und / oder die Ausbreitung der Schallwellen zu behindern.

## **2.2.      Bandreinigungsversuche**

In verschiedenen Versuchen wurde die Effizienz der installierten Bandreinigungstechnologien in der BPA im DOC untersucht. Als Substrat diente kaltgewalzten Stahlband mit Walzemulsions- und Eisenabriebverschmutzung (Abbildung 3 bis Abbildung 6). Im Gegensatz zur Entfernung von Korrosionsölen ist der Abtrag von Walzemulsionen und Eisenabrieb eine technologisch weitaus anspruchsvollere Problemlösung.

### **2.2.1.    Reinigungsversuche mit einem Mehrphasenstahl**

Der Reinigungsgrad für Walzemulsionen und Eisenabrieb wurde getrennt analysiert und dargestellt. Die Abbildung 3 zeigt den Reinigungsgrad der Hochdruck- und der Ultraschallreinigung in Bezug auf die Walzemulsionsauflage als Funktion der Bandgeschwindigkeit in Abhängigkeit der Anlagenfahrweise. Die Abbildung 4 zeigt den Reinigungsgrad der Hochdruck- und der Ultraschallreinigung in Bezug auf die Eisenaufgabe als Funktion der Bandgeschwindigkeit in Abhängigkeit der Anlagenfahrweise. Als Substrat kam ein Duplex-Stahl, ein sogenannter höherfester Mehrphasenstahl, zum Einsatz. Diese Stahlsorte lässt sich mitunter nur schwer reinigen.

Mit steigender Bandgeschwindigkeit fällt der Reinigungsgrad ab. Es werden über die Bandoberfläche größere Verschmutzungsmengen eingetragen werden, die nur noch teilweise entfernt werden können. Die eingesetzten Reinigungstechnologie haben einen unterschiedlichen Einfluss auf die jeweiligen Reinigungsergebnisse. Allein durch den Einsatz der Hochdruckreinigung lassen sich mindestens 80 % der Walzemulsionsauflage abtragen. Die Eisenbelastung kann alleine durch diese Technologie um mindestens 92 % reduziert werden.

Die Stärke der Ultraschallreinigung als Feinreinigung liegt in der Reduzierung der Walzemulsionsbelastung. Durch die Kavitation der auf der Oberfläche erzeugten Bläschen werden winzige Emulsionsreste aus den technischen Oberflächen herausgesprengt und entfernt. In Bezug auf die größeren Eisenpartikel, die aufgrund ihrer Abmessungen

mehrheitlich auf der Bandoberfläche liegt, ist der zusätzliche Reinigungseffekt durch das Zuschalten der Ultraschallreinigung zur Hochdruckreinigung geringer. Neben den konventionellen Ultraschallschwingern wurde ein Hochleistungsschwinger, eine sogenannte Sonotrode, in den Tank der Ultraschallreinigung gehängt. Das schlechtere Abschneiden dieser Technologie lässt sich in erster Linie mit der geringeren Wirkbreite und der daraus resultierenden erschwerten Probennahme erklären. Die Wirkbreite dieses Hochleistungsultraschallschwingers war mit ca. 100 mm deutlich schmaler als der im Tank installierten Standard-Schwinger.

### **2.2.2. Reinigungsversuche mit einem Normal-Stahl**

Die Abbildung 5 zeigt den Reinigungsgrad der Hochdruck- und der Ultraschallreinigung in Bezug auf die Walzemulsionsauflage als Funktion der Bandgeschwindigkeit in Abhängigkeit der Anlagenfahrweise. Die Abbildung 6 zeigt den Reinigungsgrad der Hochdruck- und der Ultraschallreinigung in Bezug auf die Eisenauflage als Funktion der Bandgeschwindigkeit in Abhängigkeit der Anlagenfahrweise. Als Substrat kam hier ein kaltgewalzter "Standard"-Stahl zum Einsatz.

Die Abhängigkeiten aus den Untersuchungen am Duplex-Stahlband lassen sich auch auf den "Normal"-Stahl übertragen. Die Eisenbelastung kann alleine durch die Hochdruckreinigung deutlich reduziert werden. Die Stärke der Ultraschallreinigung liegt im Abtrag der organischen Auflagen, die tiefer im Oberflächen des Stahlbandes liegen. In Bezug auf die größeren Eisenpartikel, die aufgrund ihrer Abmessungen mehrheitlich auf der Bandoberfläche liegt, ist der zusätzliche Reinigungseffekt durch das Zuschalten der Ultraschallreinigung zur Hochdruckreinigung geringer. Die umsetzbare Reinigungseffizienz in Bezug auf die Eisenverschmutzung liegt jedoch im Vergleich zu der am Duplex-Stahlband erreichbaren mit minimal 75 % auf einem etwas tieferen Niveau. Diese Differenz rührt aus der unterschiedlichen Historie der Walzprozess her. Obwohl beide Stahlsorten zuerst warm- und kaltgewalzt wurden, werden für jede Stahlsorte spezifische Walzparameter und Zusätze verwendet. Das schlechtere Abschneiden der So-

notrode lässt wieder auf die geringere Wirkbreite und die erschwerte Probennahme zurückführen.

Anhand der durchgeführten Untersuchungen lässt sich feststellen, dass kaltgewalzte, technisch verschmutzte Stahlbänder durch die Hochdruck- und / oder die Ultraschallreinigung mit gutem Ergebnis gereinigt werden können. Die Hochdruckreinigung sorgt für eine gute Grobreinigung. Die kinetische Energie der Hochdruck-Wasserstrahlen wirkt auf die Oberflächenbeläge. Deckschichten aus Eisenabrieb und Walzemulsion werden entfernt. Verunreinigungen, die tiefer in der Topographie der technischen Oberfläche liegen, werden durch die Ultraschallreinigung gelöst und abgetragen. Die tensidhaltigen Reinigungszusätze in den Bädern verhindern eine Rückbefettung der sauberen Bandoberfläche.

### **2.2.3. Zusammenfassung**

Zusammenfassend lässt sich zur Reinigung von kaltgewalztem Feiblech mit Walzemulsions- und Eisenverschmutzungen mittels Hochdruck- und / oder Ultraschallreinigung folgendes festhalten:

- Reinigungseffizienzen abhängig von der Bandgeschwindigkeit
- hohe Reinigungsgrade (> 80 %) für die Walzemulsionsverschmutzungen durch die Hochdruckreinigung, deutliche Verbesserung durch Zuschalten der Ultraschallreinigung
- sehr hohe Reinigungsgrade (> 92 %) für die Eisenverschmutzungen durch Hochdruckreinigung, geringe Verbesserung durch Zuschalten der Ultraschallreinigung
- Badtemperatur    > 60 .... 65 °C (Schaumentwicklung)
- pH-Wert des HD-Reinigers                                max.

## **2.3. Reinigungskonzept**

In Zusammenarbeit mit der ThyssenKrupp Stahl AG wurden im Rahmen von Ortsbegehungen an der Feuerverzinkungsanlage in Bochum mögliche Konzepte zur Implementierung der entsprechenden Reinigungstechnologien diskutiert. Die Verhältnisse vor Ort sind auf den Photos (Abbildung 7 bis Abbildung 9) erkennbar. Die Hochdruckdüsenbalcken werden in einen Teil der Bandreinigung (Abbildung 7, Abbildung 8) auf dem Hüttenflur installiert. Die Hochdruckpumpen und Aggregate zur Bandpflege werden im Medienkeller untergebracht. Der Medienkeller (Abbildung 9) liegt ca. 7 m unterhalb der Bandreinigungssektion.

### **2.3.1. bestehenden Bandreinigung**

Der Aufbau der bestehenden Bandreinigungssektion in der Feuerverzinkungslinie FBA 7 bei der ThyssenKrupp Stahl in Bochum entspricht dem heutigen Stand der Technik zur Reinigung von kaltgewalztem Stahlband (Abbildung 10). Das mit Walzemulsion und Eisenabrieb verunreinigte Band wird in mehreren Prozessstufen gesäubert. Der Ablauf lässt sich in zwei, übergeordnete Bereiche aufteilen.

Im ersten Teil wird das Band auf die erforderliche Prozesstemperatur gebracht und durch eine heiße, alkalische Reinigungslösung von Oberflächenverunreinigungen befreit. In der Spritzentfettungssektion wird das Band intensiv mit dem heißen Reinigungsmedium bespritzt, um es primär auf das gewünschte Temperaturniveau aufzuheizen und um grobe, anhaftende Verunreinigungen zu lösen. In der Bürstentfettung werden die Verschmutzungen auf der Bandoberfläche durch mehrere rotierende Bürsteinheit entfernt. Die elektrolytische Entfettung löst durch die direkte Blasenbildung auf der Bandoberfläche Verunreinigungen, die tiefer in der Topographie sitzen. Die Bürstspüle bürstet abschließend die verbleibenden Oberflächenbeläge ab. Danach wird die Bandoberfläche mit heißem, demineralisiertem Wasser gespült, um die Reinigungslösung vollständig herunterzuwaschen.

Unter guten Randbedingungen werden in entsprechenden Bandreinigungssektionen Reinigungsgrade von ca. 90 % erreicht. Das heisst, die Eingangsverschmutzungen des Stahlbandes wird bis auf 10 % reduziert. Optimierungsbedarf ergibt sich im Bereich der Bürstagggregate und der elektrolytischen Entfettung. Der mechanische Kontakt zwischen den Borsten und der Bandoberfläche führt zu einem entsprechenden Verschleiß der Bürsten, der mit fortlaufenden Kosten verbunden ist. Der Abtragsprozess durch die hoch-energetischen Wasserstrahlen in der Hochdruckreinigung unterliegt keinem direkten mechanischen Kontakt und ist damit vollständig verschleißfrei. Der elektro-chemische Prozess in der elektrolytischen Entfettung erfordert eine aufwendige Konstruktion des Prozessbehälter. Zusätzlich birgt die Entstehung von Sauerstoff- und Wasserstoffgas im Prozess ein Sicherheitsrisiko. Durch den Wegfall der elektro-chemischen Reaktion in der Ultraschallreinigung vereinfacht sich die Gestaltung des Prozessbehälters deutlich. Der abgasfreie, mechanische Abtragsprozess unterliegt keinerlei besonderen Auflagen für die Behälterabsaugung und ist damit sicherheitstechnisch unkritisch.

### **2.3.2. Reinigungskonzept**

In verschiedenen Versuchen wurde die Effizienz der installierten Bandreinigungstechnologien in der Bandpilotanlage im Dortmunder OberflächenCentrum untersucht. Anhand der durchgeführten Untersuchungen lässt sich feststellen, dass kaltgewalzte, technisch verschmutzte Stahlbänder durch die Hochdruck- und die Ultraschallreinigung mit gutem Ergebnis gereinigt werden können. Die Hochdruckreinigung sorgt für eine gute Grobreinigung. Die kinetische Energie der Hochdruck-Wasserstrahlen wirkt auf die Oberflächenbeläge. Deckschichten aus Eisenabrieb und Walzemulsion werden entfernt. Verunreinigungen, die tiefer in der Topographie der technischen Oberfläche liegen, werden durch die Ultraschallreinigung gelöst und abgetragen. Die durch die Ultraschallschwingungen angeregte Bildung und Implosion von winzigen Gasbläschen auf der Bandoberfläche sprengt anhaftende Restbeläge ab.

Basierend auf diesen Versuchsergebnissen wurde das folgende Reinigungskonzept zur Umsetzung in der Feuerverzinkungslinie FBA 7 bei der ThyssenKrupp Stahl in Bochum



(Abbildung 11) entwickelt und festgelegt. Die vorhandene Bandreinigungssektion in der Feuerverzinkungslinie FBA 7 bei ThyssenKrupp Stahl in Bochum bleibt grundsätzlich erhalten, wird aber um einen Hochdruckreinigungs- und eine Ultraschallreinigungssektion erweitert.

Der Auslauf der Bürstentfettung wird umgebaut und mit einem Hochdruckdüsenbalkenpaar ausgerüstet. Dazu wird die letzte Bürsteinheit zur Reinigung der Bandoberseite ausgebaut. Anstatt der letzten Bürsteinheit wird ein zusätzlicher Abquetschrollenständer eingebaut, um eine Medientrennung zwischen der Bürstentfettung und dem Hochdruckdüsenbalkenpaar zu realisieren. Das Kreislaufsystem mit der Hochdruckpumpe und dem zugehörigen Filtersystemen wird im Medienkeller unter der Anlage aufgestellt. Diese Anordnung erlaubt es sowohl die vorhandene Bürstentfettung einzusetzen, als auch unabhängig davon mit der Hochdruckentfettung zu arbeiten. Damit ist der direkte Vergleich der Reinigungseffizienz zwischen den beiden Technologien unter groß-industriellen Rahmenbedingungen gewährleistet.

Die horizontale, elektrolytische Entfettungssektion wird durch Austausch der Elektrodenysteme gegen entsprechende Ultraschallsysteme zu einer Ultraschallreinigungssektion umgebaut. Die Elektroden auf der Bandunter- und -oberseite werden nebst den entsprechenden Halterungen ausgebaut. Die Befestigungen im Prozesstank werden für die Halterungen der Ultraschallschwingersysteme genutzt. Es werden mehrere Ultraschallschwinger, sowohl auf der Bandunterseite als auch auf der Bandoberseite, angeordnet. Ein zusätzlicher Umbau des Kreislaufsystems ist nicht erforderlich. Mit diesem Konzept kann der Arbeitsbehälter ohne großen Aufwand von dem elektrolytischen Entfettungsprozess auf eine Ultraschallentfettung umgerüstet werden.

### **3. Nutzen und Verwertbarkeit des Projektergebnisses**

Das BMBF-Projekt „Bandreinigung in Feuerverzinkungen mit innovativer Prozess- und Regenerationstechnik“ trägt entscheidend zur Weiterentwicklung der in kontinuierlich arbeitenden Beschichtungsanlagen eingesetzten Reinigungsprozesse bei. Die Ergebnisse der Untersuchungen auf der Bandpilotanlage (BPA) im Dortmunder Oberflächen-Centrum (DOC) haben gezeigt, dass Hochdruck- und Ultraschallsysteme zur Reinigung von kaltgewalztem Stahlband mit gutem Erfolg vor einem Oberflächenveredelungsprozess eingesetzt werden können. Das Ziel des Entwicklungsprojektes, die Minimierung der Umweltbelastungen, der Produkt- und der Produktionskosten, konnte auf Basis dieser Versuche verwirklicht werden.

Durch den Einsatz der Hochdruckreinigungstechnologie als Ersatz für die mechanische Bürstreinigung entfallen die Kosten für die Ersatzbürsten, die als Verschleißteil regelmäßig ausgetauscht werden müssen. Die Ultraschallreinigung als Parallele zur elektrolytischen Reinigung verbraucht weniger Energie zur Erzielung des gewünschten Reinigungsergebnisses. Die kompakte Bauweise der Prozesstechnologien eröffnet neue Chancen zum Bau und zur Konstruktion platzsparender Bandreinigungen in Bandbehandlungslinien.

Zusätzlich hat sich gezeigt, dass aufgrund des erhöhten Wirkungsgrades der Bandreinigung mit den innovativen, neuen Reinigungsverfahren eine deutliche Einsparung an Reinigungschemikalien erreicht werden. Die umweltrelevanten Komponenten (Tenside, Phosphate, etc.) in dem Reinigungsmittel selbst können reduziert werden. Die Reinigung der Abwässer kann mit geringerem Kosten- und Energieaufwand durchgeführt werden.

Da fast alle Anlagenteile Hightech Elemente sind, die nicht ohne entsprechendes Know-how kopiert werden können, ergibt sich für die Projektpartner eine deutliche Überlegenheit gegenüber dem internationalen Wettbewerb, die sich auch in der Sicherung des Standortes Deutschland für die einzelnen Unternehmen niederschlägt.

Zuwendungsempfänger      SMS Demag Aktiengesellschaft  
Forschungsvorhaben      01 RW 0183



Laufzeit des Vorhabens      01. 09. 2001 - 31. 12. 2002

---

## **Tabellen- und Bildanhang**

Laufzeit des Vorhabens 01. 09. 2001 - 31. 12. 2002

|  | 2001       | 2002       |            |            |            | 2003       |            |            |            | 2004       |            |            |
|--|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|
|  | 4. Quartal | 1. Quartal | 2. Quartal | 3. Quartal | 4. Quartal | 1. Quartal | 2. Quartal | 3. Quartal | 4. Quartal | 1. Quartal | 2. Quartal | 3. Quartal |
| 1. Ermittlung des optimalen Reinigungskonzeptes                            |            |            |            |            |            |            |            |            |            |            |            |            |
| 2. Anpassung der Reinigungsparameter für kaltgewalztes Stahlband           |            |            |            |            |            |            |            |            |            |            |            |            |
| 2.1 Hochdruckreinigung   |            |            |            |            |            |            |            |            |            |            |            |            |
| 2.2 Ultraschallreinigung   |            |            |            |            |            |            |            |            |            |            |            |            |
| 3. Optimierung der Reinigungsparameter in Betriebsversuchen                |            |            |            |            |            |            |            |            |            |            |            |            |
| 4. Implementierung des Verfahrenskonzeptes in eine industrielle Großanlage |            |            |            |            |            |            |            |            |            |            |            |            |
| 4.1 Entwicklung, Konstruktion  |            |            |            |            |            |            |            |            |            |            |            |            |
| 4.2 Einbau, Optimierung  |            |            |            |            |            |            |            |            |            |            |            |            |
| 5. Bewertung des Reinigungskonzeptes                                       |            |            |            |            |            |            |            |            |            |            |            |            |

Abbildung 1 Projektablauf

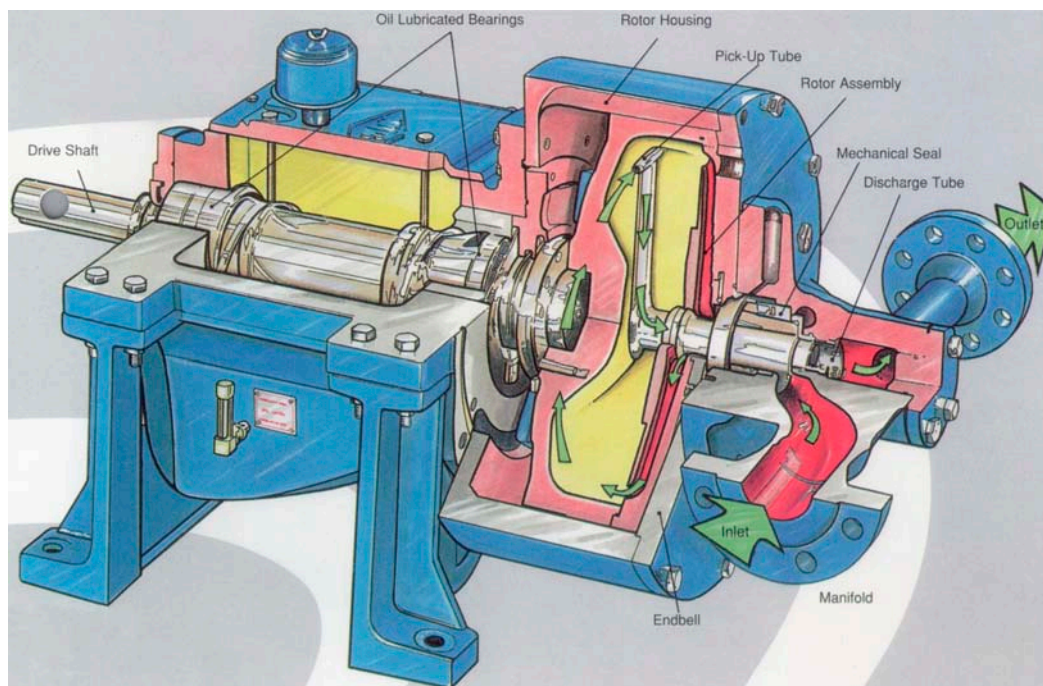


Abbildung 2 Schematische Darstellung der Pitotrohr-Hochdruckpumpe

Laufzeit des Vorhabens 01. 09. 2001 - 31. 12. 2002

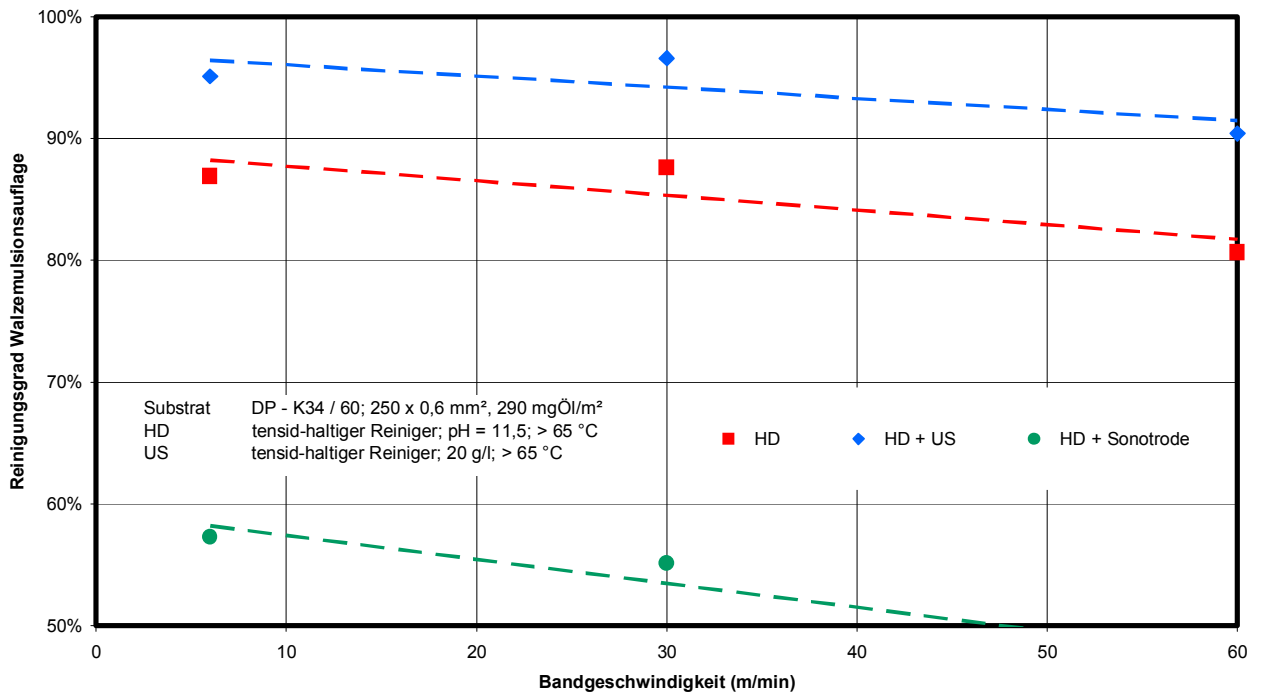


Abbildung 3 Reinigungsgrad der Hochdruck- und der Ultraschallreinigung als Funktion der Bandgeschwindigkeit in Abhängigkeit der Anlagenfahrweise

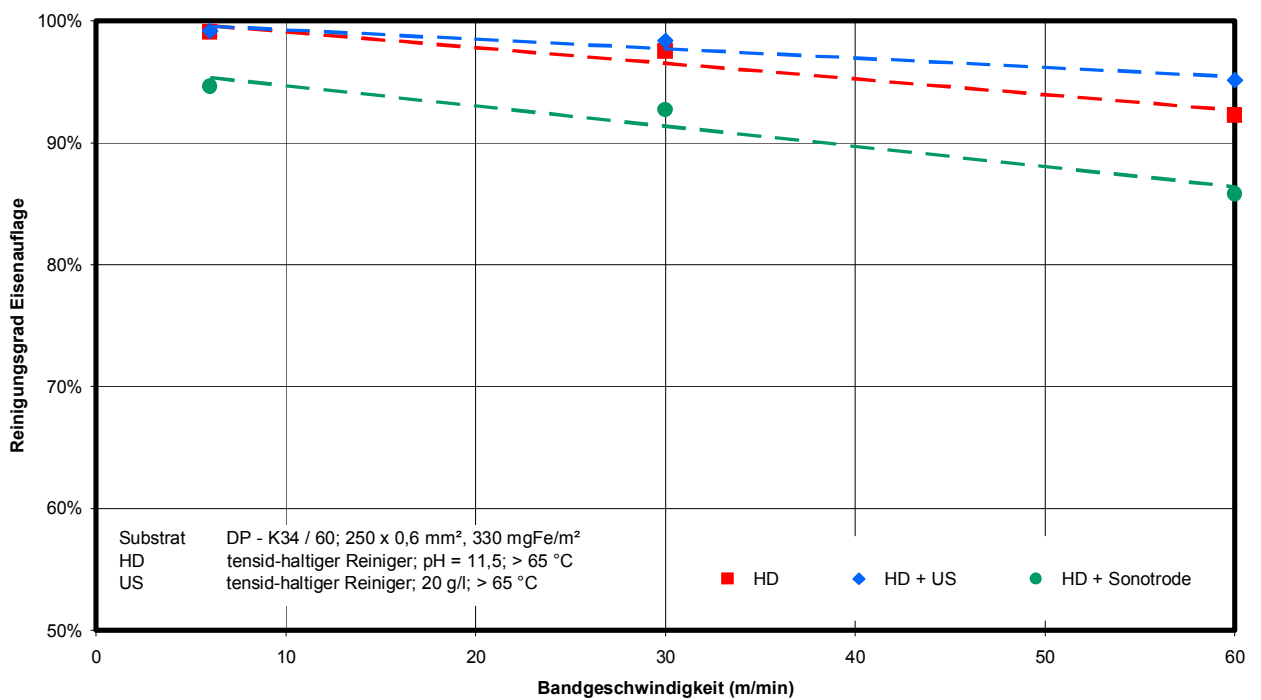


Abbildung 4 Reinigungsgrad der Hochdruck- und der Ultraschallreinigung als Funktion der Bandgeschwindigkeit in Abhängigkeit der Anlagenfahrweise

Laufzeit des Vorhabens 01. 09. 2001 - 31. 12. 2002

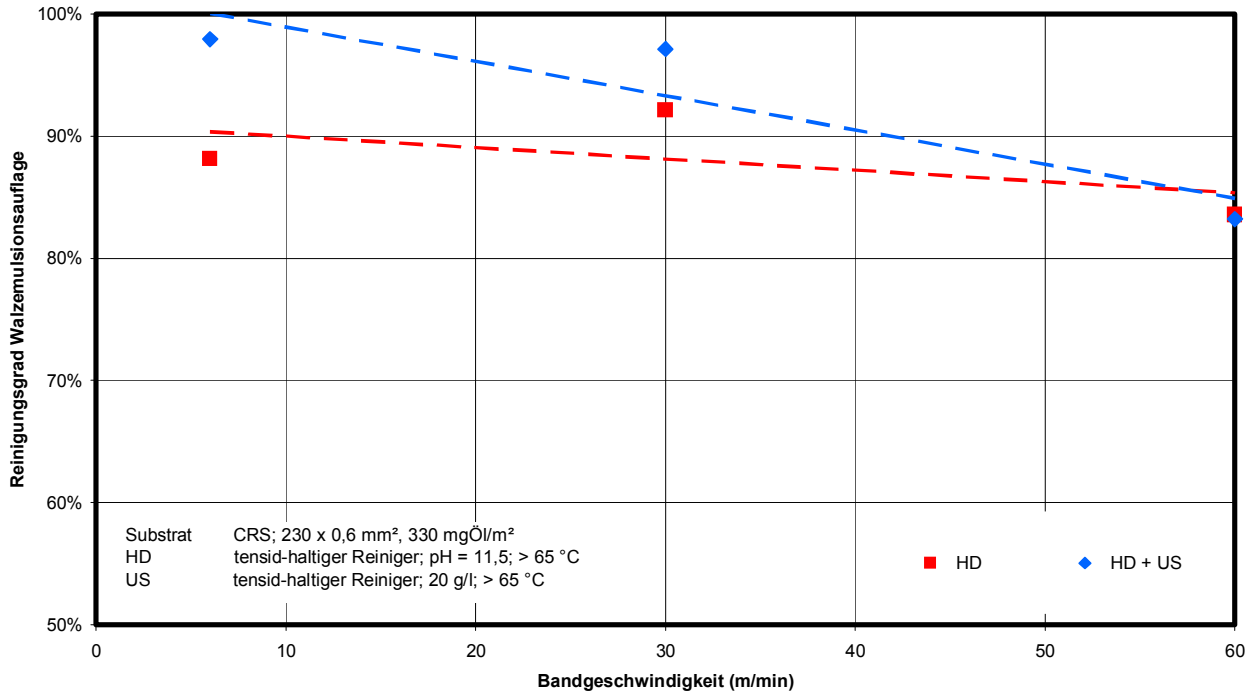


Abbildung 5 Reinigungsgrad der Hochdruck- und der Ultraschallreinigung als Funktion der Bandgeschwindigkeit in Abhängigkeit der Anlagenfahrweise

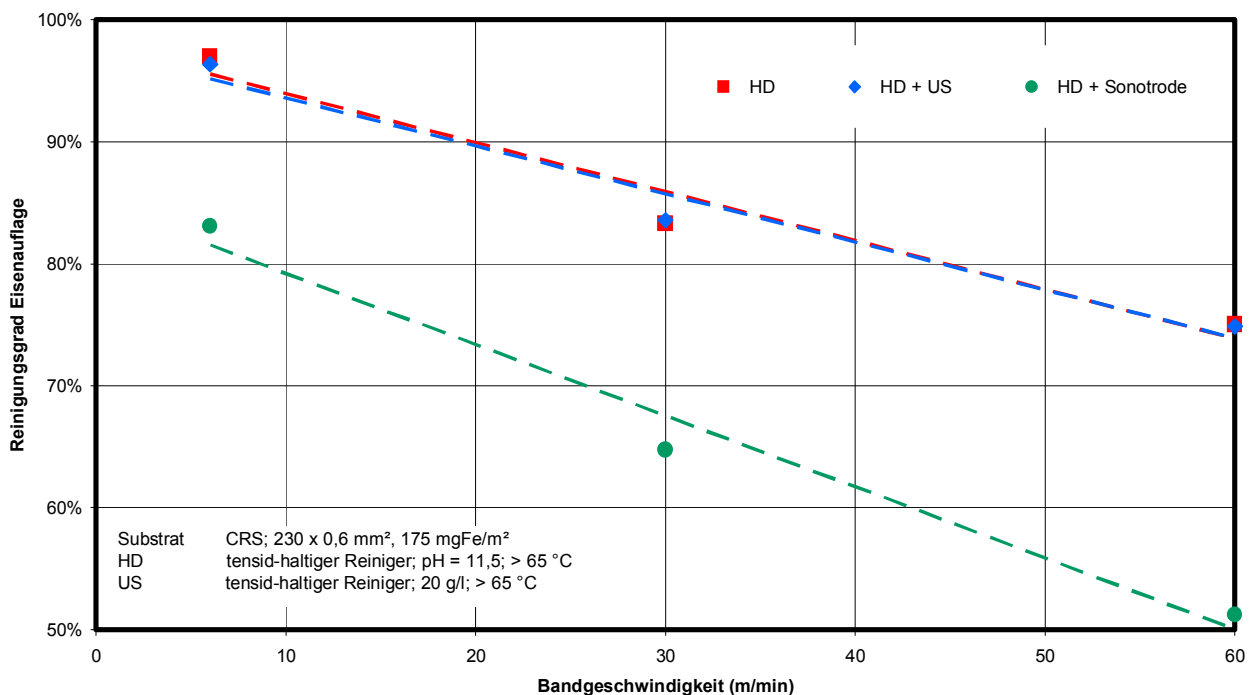


Abbildung 6 Reinigungsgrad der Hochdruck- und der Ultraschallreinigung als Funktion der Bandgeschwindigkeit in Abhängigkeit der Anlagenfahrweise

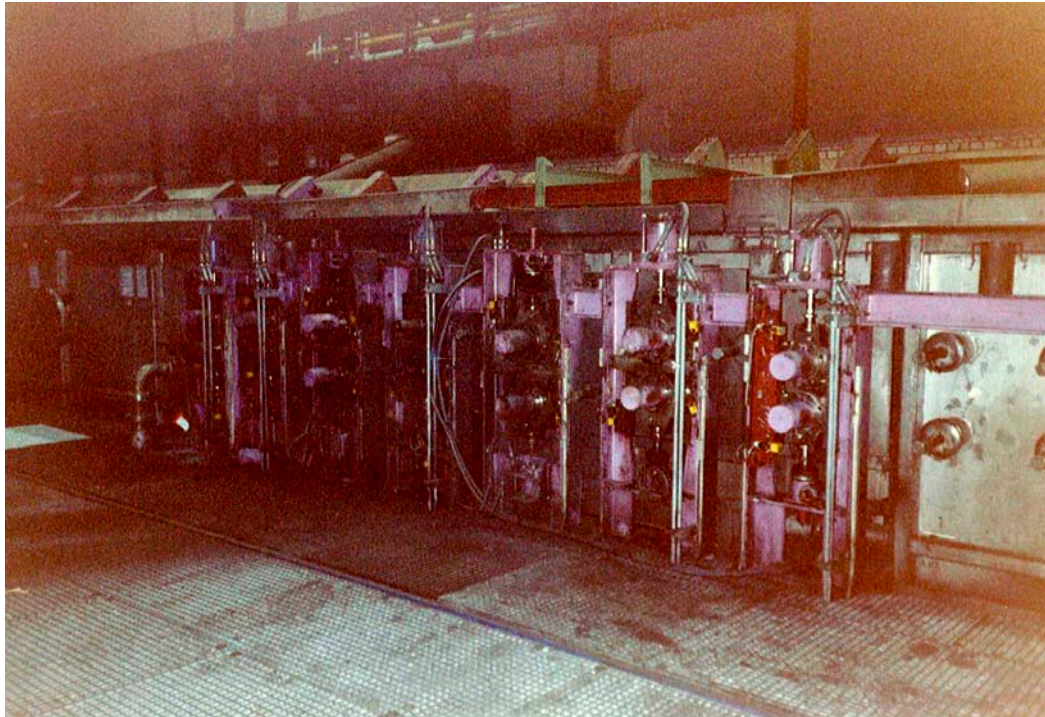


Abbildung 7

Bandreinigung FBA 7 auf Hüttenflur

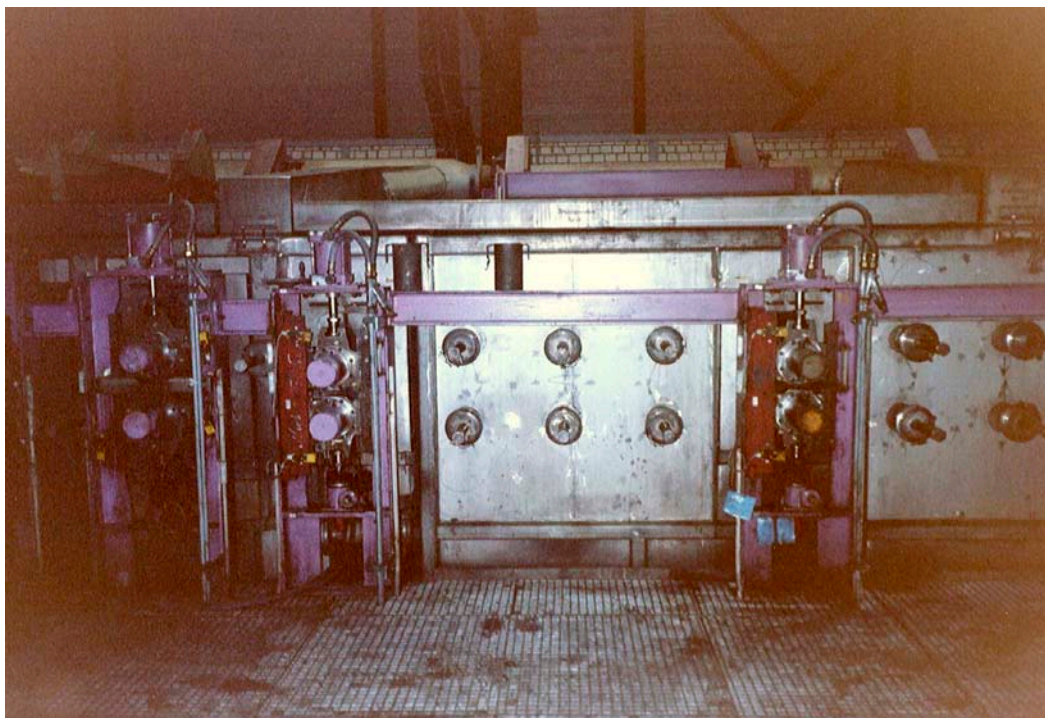


Abbildung 8

Bandreinigung FBA 7 auf Hüttenflur

Zuwendungsempfänger  
Forschungsvorhaben

SMS Demag Aktiengesellschaft  
01 RW 0183



Laufzeit des Vorhabens

01. 09. 2001 - 31. 12. 2002

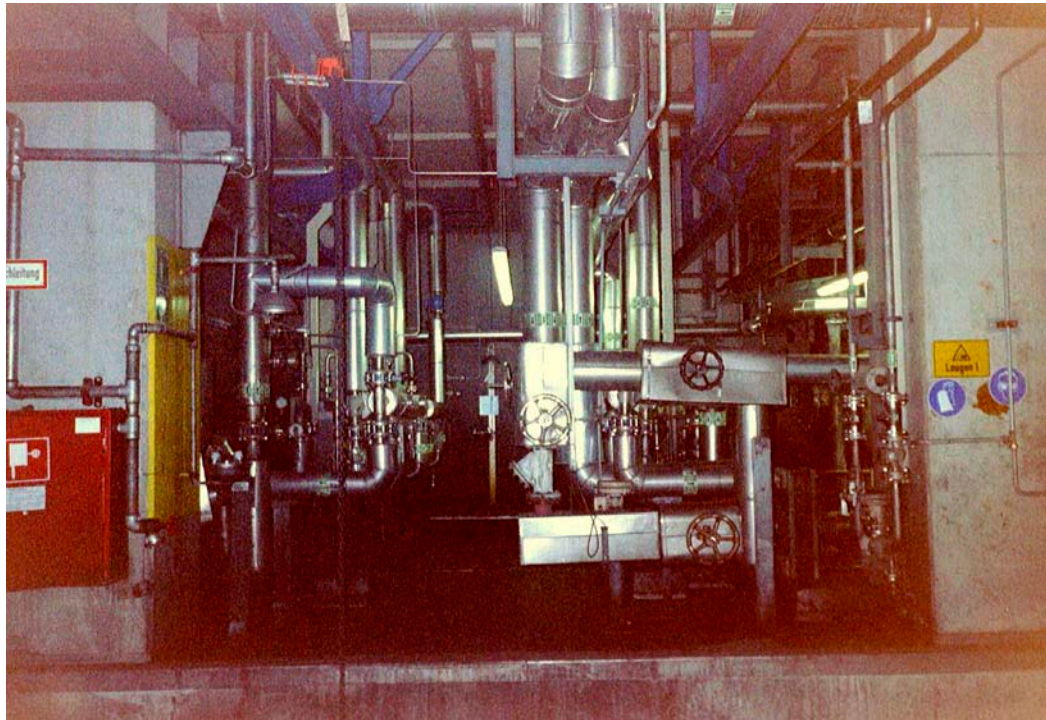


Abbildung 9 Medienkeller



Laufzeit des Vorhabens 01. 09. 2001 - 31. 12. 2002

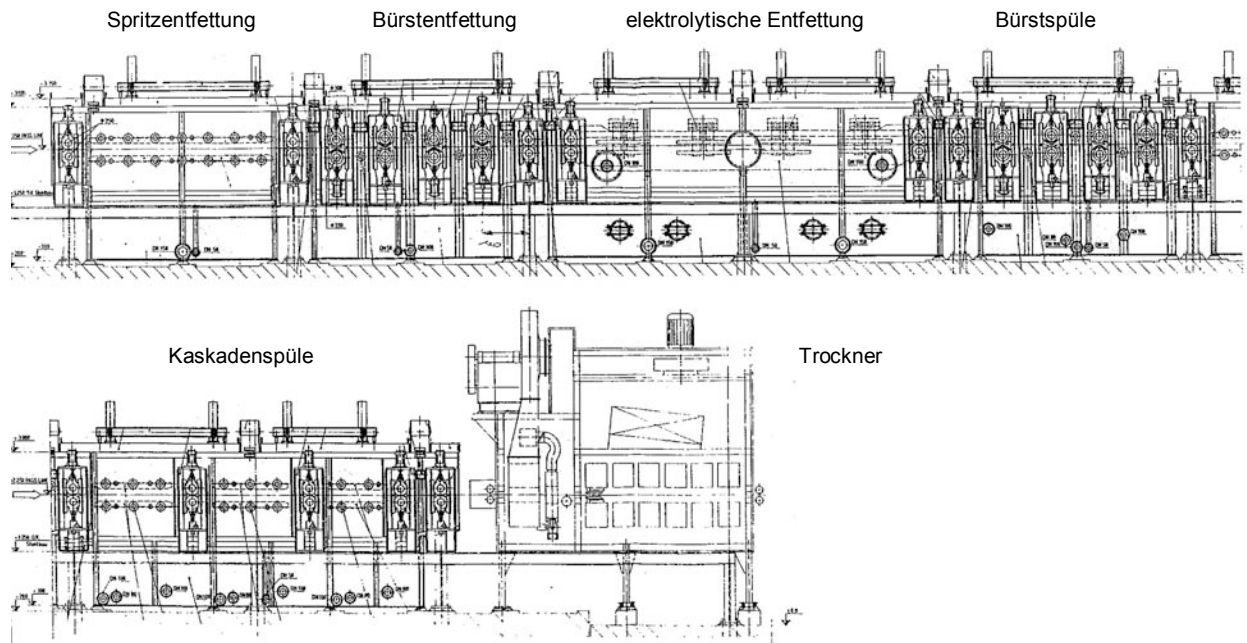


Abbildung 10 bestehende Bandreinigungssektion in der FBA 7 bei TKS / Bo

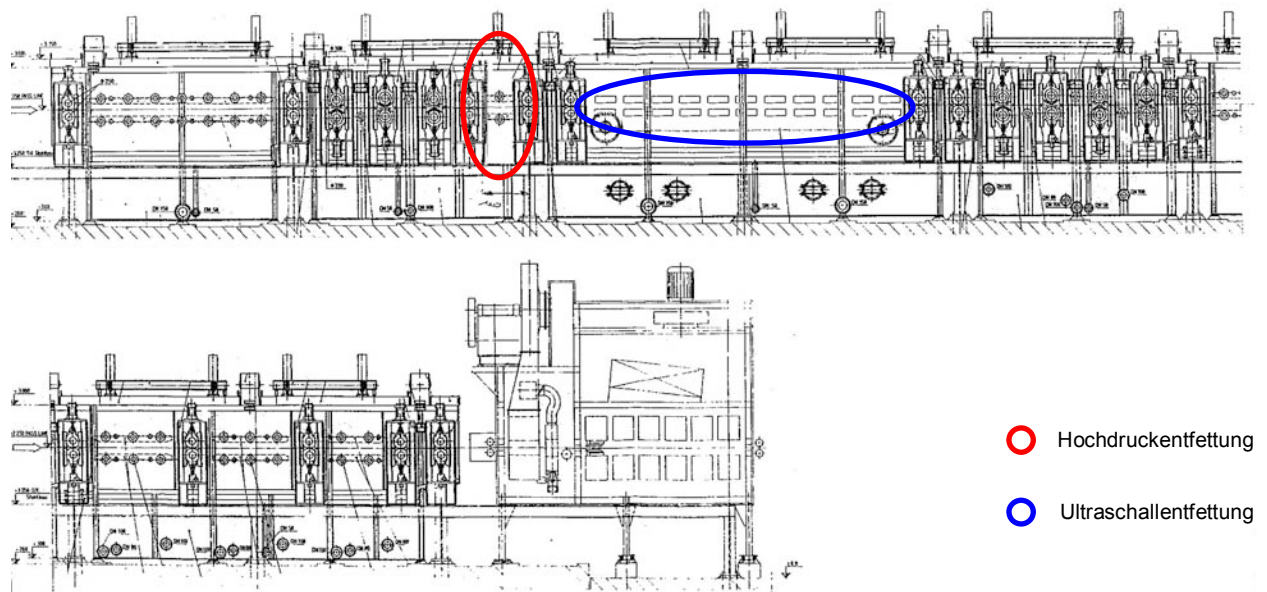


Abbildung 11 Reinigungskonzept zur Umsetzung in der FBA 7 bei TKS / Bo