

Thermische Klärschlamm-Verwertung im Pyrobustor® entlastet die Umwelt und spart Energie

Uwe Neumann

EISENMANN Anlagenbau GmbH & Co. KG; Holzgerlingen

Thermal Treatment of Sewage Sludge in the Pyrobustor® Relieves the Environment and Saves Energy

Abstract

The Pyrobustor® which was developed by EISENMANN is a dual-chamber rotary kiln without brick lining which has already proven to perform well in several applications for sewage sludge disposal and in which the processes of pyrolysis and oxidation take place consecutively. The advantages of the Pyrobustor will be described by two examples.

Zusammenfassung

Der von EISENMANN entwickelte Pyrobustor® ist ein ausmauerungsfreier Zweikammer-Drehrohrofen, in dem die Prozesse Pyrolyse und Verbrennung nacheinander ablaufen und der sich bereits mehrfach bei der thermischen Verwertung von Klärschlamm bewährt hat. Die Vorteile des Pyrobustor® werden anhand von zwei Praxisbeispielen aufgezeigt.

Keywords

Klärschlamm, Pyrolyse, Klärschlamm Entsorgung, Drehrohrofen, Pyrobustor®
sewage sludge, pyrolysis, sewage sludge disposal, rotary kiln, Pyrobustor®

Die aktuelle Klärschlammproblematik ist gekennzeichnet durch fehlenden Deponieraum und mangelnde ortsnahe Verwendungsmöglichkeiten. Als Problemlösung bietet sich der Pyrobustor an, mit dem vorgetrockneter Klärschlamm auf vorteilhafte Weise dezentral in nutzbare Wärme und deponierfähige inerte Asche umgesetzt wird. Dabei laufen die Verfahrensschritte Pyrolyse und Verbrennung nacheinander ab. Wie die hier dargestellten Praxisfälle belegen, sparen die Betreiber solcher Anlagen Primärenergie, minimieren das Abfallaufkommen und gewinnen Entsorgungssicherheit.

1 Die Klärschlammproblematik

Klärschlamm entwickelt sich europaweit zum akuten Problem. Einerseits nimmt das Aufkommen, u.a. dank verbesserter Abwasseraufbereitungsverfahren, stetig zu. Andererseits fehlt es an Deponieraum, und mancherorts - so z.B. in Deutschland - ist eine Deponierung nur noch nach aufwändiger Vorbehandlung erlaubt. Der über lange Zeit praktizierte Einsatz als Düngemittel in der Landwirtschaft stößt zunehmend auf

gesundheitliche Bedenken. Verschärfte Anforderungen an Grenzwerte für Schwermetalle und organische Schadstoffe schränken diesen Weg bereits deutlich ein.

Auch die thermische Klärschlamm-trocknung zu Granulat oder Pellets erwies sich letztendlich als nur vorübergehende Lösung. Zwar werden Klärschlammvolumen und -gewicht erheblich reduziert. Eine anschließende Deponierung stößt jedoch auf Schwierigkeiten, weil der Zersetzungsprozess fortschreitet, sobald Wasser zur Trockenmasse gelangt. Von der angestrebten Inertisierung kann also keine Rede sein. Der Einsatz von getrocknetem Klärschlamm als Zusatzbrennstoff in Kraftwerken ist unter anderem aus Gründen der Wirkungsgradoptimierung und der Rauchgasreinigung nur in begrenzten Umfang möglich. Die Verbrennung in zentralen Großanlagen wiederum erwies sich nicht zuletzt aufgrund meist sehr weiter Transportwege als umständlich und kostenaufwändig. Angesichts des von uns allen geforderten Klimaschutzes sollten im Übrigen alle Entsorgungstechniken, die häufige Transporte über lange Strecken mit zwangsläufig entsprechender CO₂-Belastung der Umwelt erfordern, hinterfragt werden.

Im Zuge der Diskussion über schwindende Phosphorvorkommen sollten zukünftige Fortschritte im Bereich der Phosphorrückgewinnung aus Klärschlamm-Asche berücksichtigt werden. Aktuell konzentrieren sich viele Forschungsprojekte auf wirtschaftlich realisierbare Lösungen der Phosphorrückgewinnung. Voraussetzung hierfür ist, dass Asche mit einem hohen Phosphorgehalt vorhanden ist, z.B. von Mono-Verbrennungsanlagen für Klärschlamm oder Tiermehl. Deshalb sollte die Möglichkeit der Aschespeicherung auf speziellen Deponien in Betracht gezogen werden, bis wirtschaftliche Verfahren der Phosphorrückgewinnung vorhanden sind.

2 Lösungsansatz Pyrobustor®

Zur Lösung der geschilderten Problematik wurde ein dezentral einsetzbares Verfahren entwickelt, das speziell auf mittlere bis kleinere Kläranlagenbetreiber zugeschnitten ist. Im Pyrobustor wird auf vorteilhafte Weise Klärschlamm in nutzbare Wärme und deponierfähige inerte Asche umgesetzt. Der Pyrobustor kann direkt auf dem Kläranlagengelände installiert werden. Er lässt sich bereits bei geringen Durchsätzen (Richtwert ab ca. 400 kg/h Trockengranulat mit ca. 10 % Restfeuchte) wirtschaftlich nutzen. Bei Prozessende verbleibt nur noch etwa ein Drittel des Trockengranulat-Volumens als Asche, die aufgrund des geringen Glühverlustes von ca. 2 % auf einer Deponie der Klasse 1 nach der deutschen Abfallablagerversordnung bzw. einer Deponie für Inertabfälle nach der EU-Richtlinie abgelagert oder ggf. auch (siehe späteres Praxisbeispiel 1) einer Weiterverwendung zugeführt werden kann.

Betreiber, wie z.B. Kommunen oder auch - siehe nochmals später beschriebene Praxisfälle - Zusammenschlüsse mehrerer Kommunen gewinnen mit Einsatz des Pyrobustors vor allem Entsorgungssicherheit. Sie machen sich damit unabhängig von der zurückweichenden landwirtschaftlichen Klärschlammverwertung bzw. von den kaum über längere Zeiträume überschaubaren Kosten, die an Großverbrennungsanlagen zu entrichten sind.

2.1 Der Pyrobustor®: Aufbau und Funktion

Der Pyrobustor (siehe Abbildung 1) ist ein ausmauerungsfreier Zweikammer-Drehrohrofen, in dem die Verfahrensschritte Pyrolyse und Verbrennung nacheinander ablaufen. Er besteht aus einer drehbar gelagerten Verbrennungskammer und einer in deren Innenraum gelegenen, drehfest mit ihr verbundenen Pyrolysekammer, beide in Trommelform. In beiden Trommeln sind schraubenförmig Transport- und Mischschaufeln angeordnet, die das zu behandelnde Material kontinuierlich in Richtung Verbrennung und Ascheaustrag fördern. Beschickungsseitig sind beide Trommeln gegenüber den feststehenden Wandteilen abgedichtet, so dass sich zwei getrennte Abzüge für Pyrolysegas und Rauchgas ergeben.

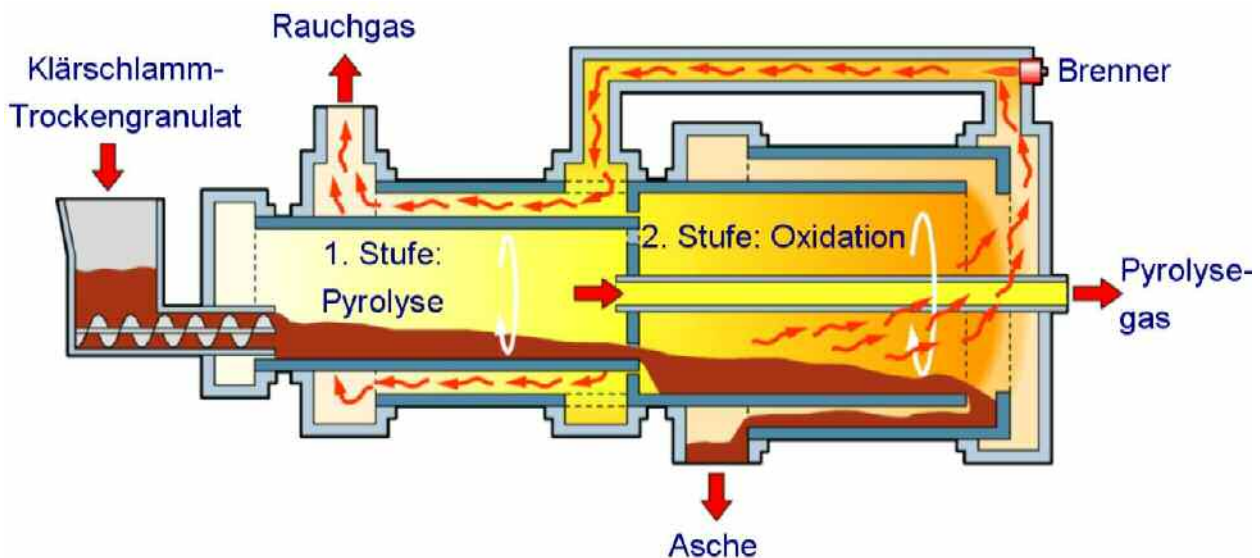


Abbildung 1 Funktionsprinzip des Zweikammer-Drehrohrofens Pyrobustor®

Über eine Beschickungseinrichtung (Stopfschnecke) gelangt das zu behandelnde Material in die Pyrolysekammer. Das durch den unter Sauerstoffmangel ablaufenden Verschwelungsprozess entstehende Pyrolysegas wird direkt in eine Nachbrennkammer geleitet, während der erzeugte Koks über eine Materialschleuse in die Verbrennungskammer gelangt. Der bei der Verbrennung entstehende Rauchgasstrom wird (vor der späteren Reinigung und weiteren Energienutzung) weiter erhitzt und durch einen Ringspalt an der Pyrolysekammer vorbei geführt. Er gibt dabei einen Teil seiner Wärmeenergie an diese ab. Der Wärmebedarf des dort ablaufenden Prozesses wird

Abfallforschungstage 2008 www.wasteconsult.de

dadurch gedeckt. Die anfallende Asche wird in Richtung Ascheaustrag gefördert, wobei ein Teil ihrer Wärmeenergie wieder an die Verbrennungskammer abgegeben wird.

3 Gesamtkonzept Thermische Klärschlammbehandlung

Neben dem Pyrobustor bietet EISENMANN als Generalunternehmer alle für die thermische Klärschlammbehandlung erforderlichen Anlagenkomponenten an, um eine einwandfreie Funktion der Gesamtanlage sicherzustellen, allen Gesetzesforderungen Rechnung zu tragen und die energetischen Vorteile optimal nutzen zu können.

3.1 Klärschlamm-Konditionierung

In einer Vorstufe wird der zu behandelnde Klärschlamm zu Granulat oder Pellets mit ca. 80 - 90% Trockensubstanz getrocknet. Für den Trocknungsprozess kann aus der späteren thermischen Behandlung im Pyrobustor zurückgewonnene Wärme genutzt werden.

Das getrocknete Material wird zweckmäßigerweise in einem Silo bevorratet, von welchem aus der Vorlagebehälter des Pyrobustors befüllt wird. Aus diesem Vorlagebehälter wird es über einen stufenlos regelbaren Schneckenförderer gezielt dem kontinuierlich arbeitenden Pyrobustor zugeführt.

3.2 Nachbehandlung und Wärmenutzung

Wichtige nachgeschaltete Behandlungsstufen sind Vorentstaubung und Nachverbrennung, Wärmeauskopplung und Rauchgas-Nachreinigung (siehe Abbildung 2). Nach dem Verlassen des Pyrobustors werden die mit Staub beladenen Rauchgase über einen Zyklon geführt, wo der größte Teil der mitgerissenen Staubpartikel abgeschieden und dann über eine Schleuse ausgetragen wird.

Die Einhaltung der gesetzlich vorgeschriebenen Mindestverbrennungstemperatur von 850 °C bei einer Verweilzeit von 2 Sekunden erfolgt in einer Brennkammer in welcher das im Pyrobustor gewonnene Pyrolysegas mitverbrannt wird. Dabei wird durch schnelle und gleichmäßige Vermischung von Heißgas und Abgas eine hohe Turbulenz erzeugt, wodurch ein sehr rascher Wärmeübergang erreicht wird.

Im anschließenden Abhitzesystem werden die heißen Rauchgase auf die Betriebstemperatur des nachgeschalteten Gewebefilters abgekühlt. Dabei wird die Verbrennungswärme (siehe auch später beschriebene Praxisfälle) entsprechend den individuellen betrieblichen Gegebenheiten beispielsweise zur Thermalölerwärmung, Heißwasserbereitung oder Dampferzeugung genutzt. Aus dieser Konzeption resultiert eine beträchtliche Einsparung an Primärenergie.

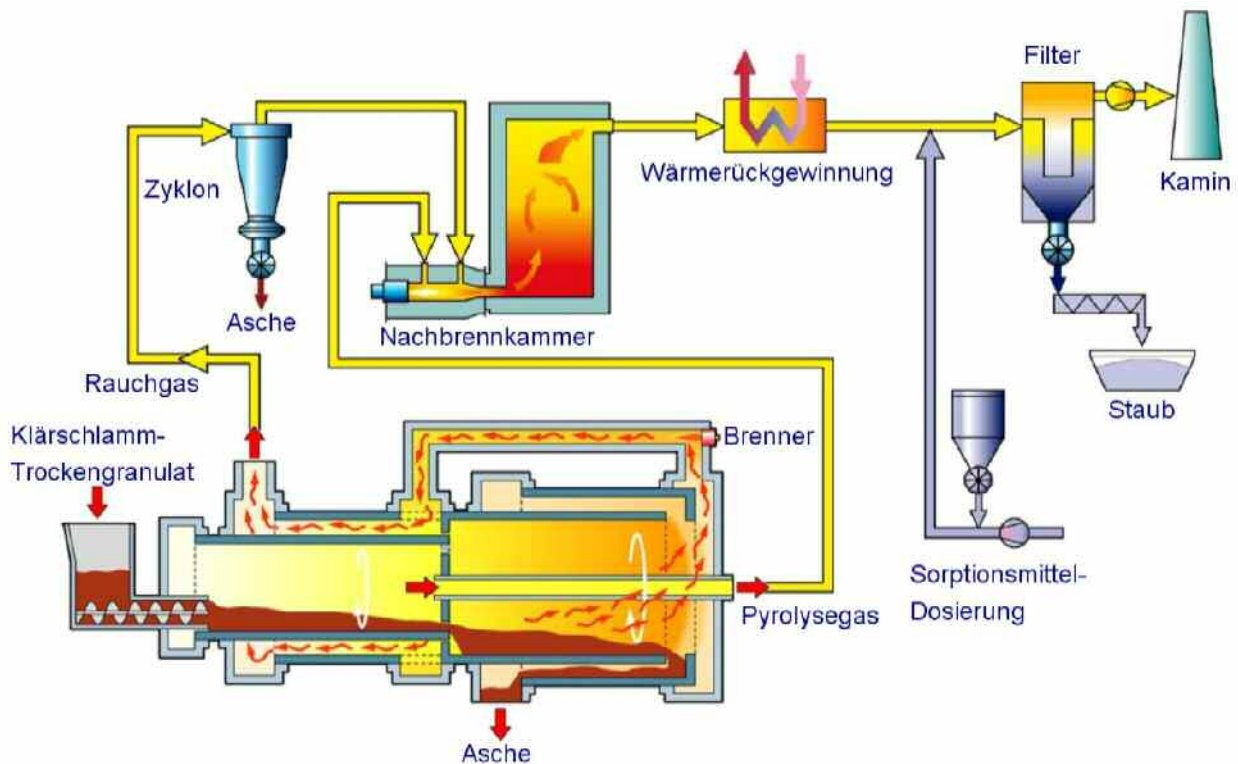


Abbildung 2 Thermische Klärschlammverwertung im Pyrobustor®

Die Rauchgase werden im Gewebefilter feinstaubt. Zusätzlich wird ihnen vor Eintritt in den Filter ein Sorbens zur Abscheidung saurer Rauchgasbestandteile und Einbindung eventueller Schwermetalle beigemischt. Die gesetzlich vorgeschriebenen Emissionsgrenzwerte werden sicher eingehalten. Nach der Entstaubung fördert ein Saugzuggebläse die abgekühlten, gereinigten Rauchgase in den Kamin.

4 Blick in die Praxis

Thermische Klärschlammbehandlung im Pyrobustor stößt angesichts der sich verschärfenden Entsorgungsproblematik zurzeit auf starkes Interesse vor allem im kommunalen Bereich. Eine Entscheidung für diese Konzeption wird den Interessenten dadurch erleichtert, dass - wie im Folgenden beschrieben - bereits konkrete Praxiserfahrungen vorhanden sind.

4.1 Praxisbeispiel 1

Im touristisch stark frequentierten Pustertal in Südtirol / Italien existiert seit 1996 die erste und einzige Abwasserreinigungsanlage in Mitteleuropa, die unterirdisch in einer Kaverne - und zwar im Berg Tobl - untergebracht ist. Die Betreibergesellschaft entsorgt die häuslichen Abwässer aus einem Zusammenschluss von zurzeit 14 Gemeinden mit einem Einzugsgebiet von 1.150 Quadratkilometern. Um die anfallende Menge von jährlich ca. 16.000 t Klärschlamm mit 20 - 25 % Trockensubstanz (entsprechend ca.

400.000 Einwohnergleichwerten) in Volumen und Gewicht zu minimieren, schaffte man bereits 1998 eine thermische Trocknungsanlage an. Durch Trocknung auf bis zu 85 % Trockensubstanz und anschließende Pelletierung wird das Schlammaufkommen auf rund ein Viertel reduziert.

Diese ca. 4.500 t Klärschlamm pellets wurden zunächst per Lkw in die nicht gerade nahe gelegene Poebene transportiert und dort als landwirtschaftliches Düngemittel verwendet. Um zu einer besseren Lösung zu kommen, startete die Betreibergesellschaft ARA Pustertal 2003 einen Ideenwettbewerb, aus dem die von EISENMANN vorgeschlagene Pyrobustor-Anlage als Sieger hervorging. 2005 aufgebaut und optimiert, arbeitet die Anlage seit Anfang 2006 im Dauerbetrieb.

Die installierte Pyrobustor-Anlage zur kontinuierlichen Veraschung von Klärschlamm-Trockenpellets mit einem Heizwert bis 12.000 kJ/kg und 10 bis 20 % Rest-feuchte ist für eine Durchsatzleistung von 550 kg/h bei über 8.000 Betriebsstunden jährlich ausgelegt. Der vollautomatische Betrieb wird über SPS gesteuert und über PC-Anlagensvisualisierung überwacht.



Abbildung 3 Pyrobustor® bei der ARA Pustertal

Aus einem Vorlagebehälter werden die thermisch zu behandelnden Pellets per Schneckenförderer in den Pyrobustor (siehe Abbildung 3) eindosiert. Dort werden sie, wie unter 2.1 beschrieben, zuerst durch Pyrolyse verschwelt und danach zu inerter Asche verbrannt. Diese Asche mit nur 8 bis 10 % des Ausgangsgewichts könnte problemlos auf jeder Hausmülldeponie abgelagert werden. Der Anlagenbetreiber fand jedoch eine Möglichkeit umweltfreundlicher Wiederverwertung: Das Restprodukt wird ebenso wie die Filterasche aufbereitet und als Deponieabdeckmaterial recycelt.

Höchst positiv ist auch die energetische Seite der Investition: Die Verbrennungswärme dient zur Erhitzung von Thermalöl, das den Klärschlammrockner beheizt. Aus dieser Konzeption resultiert eine Einsparung von bis zu 65 % der früher für den Trocknungsprozess aufgewendeten Primärenergie. Nach Aussage des leitenden Ingenieurs der Betreibergesellschaft werden so - quasi als angenehmer Nebeneffekt - jährlich immerhin auch 1.300 t CO₂ weniger an die Atmosphäre abgegeben. Im Übrigen bewertet er die getroffene regionale Lösung der Klärschlammproblematik als zukunftsweisenden Schritt, denn sie gewährleistet Unabhängigkeit und Entsorgungssicherheit.



Abbildung 4 Wärmerückgewinnung zur Erhitzung von Thermalöl

4.2 Praxisbeispiel II

Vermeidung von Klärschlamm-Tourismus und Schutz vor unkalkulierbaren Kosten durch ortsnahe Entsorgung in Eigenregie - so lautet auch die Zielsetzung im zweiten Praxisfall. Unter Federführung der Stadtwerke Crailsheim GmbH gründeten 27 süddeutsche Kommunen die KSV - Die regionale Klärschlammverwertungs GmbH, die mit bewährten Techniken eine soweit bekannt europaweit bislang einmalige Idee realisiert: Sie betreibt regionale Klärschlamm Entsorgung durch thermische Verwertung im Pyrobustor in Kombination mit einem Biomasse-Hheizkraftwerk und erreicht durch diesen Anlagenverbund eine besonders hohe Effizienz.

Aus den beteiligten Gemeinden mit insgesamt rund 200.000 Einwohnern stehen jährlich etwa 18.000 t an nur mechanisch entwässertem Klärschlamm mit rund 25 % Trockensubstanz an, die vor der thermischen Verwertung im Pyrobustor zu Granulat mit

rund 88 % Trockensubstanz umgesetzt werden. Als für den Trocknungsprozess benötigte Energie dient die bei der Stromerzeugung anfallende Abwärme aus dem Biomasse-Heizkraftwerk.

Das 9 MW-Biomasse-Heizkraftwerk verarbeitet pro Tag rund 250 t Holz-Hackschnitzel aus den Wäldern der Region. Es kann bis zu 72 Mio. kWh Strom in das angeschlossene städtische Stromnetz einspeisen - eine Menge, die zur Versorgung von 18.000 - 20.000 Einwohnern ausreicht. Für den aus nachwachsenden Rohstoffen erzeugten Strom wird nach dem deutschen Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG) für 20 Jahre eine Vergütung gewährt.

Der Pyrobustor ist ausgelegt für einen Durchsatz von 650 kg/h gleich 5.070 t Trockengranulat/Jahr (bei jährlich 7.800 Betriebsstunden) mit einem Heizwert von ca. 12.200 kJ/kg. (Zu Aufbau und Funktion siehe wieder Punkt 2.1, zur Nachbehandlung Punkt 3.2.) Der hinter der Brennkammer aus dem System ausgeschleuste Wärmeüberschuss wird allerdings in diesem Fall zur Dampferzeugung genutzt, welcher in das zentrale Dampfnetz des Biomasseheizkraftwerks eingespeist wird. Der Energiekreislauf ist damit geschlossen. Primärenergie in Form fossiler Brennstoffe benötigt der Anlagenverbund praktisch nicht.

Der Standort in einem nahe der Autobahn gelegenen, noch wachsenden Industriegebiet ist sehr gut gewählt. Die KSV GmbH kann so die nicht für die Klärschlamm-trocknung benötigte Wärme günstig an benachbarte Betriebe abgeben. Die gewählte Anlagenkonzeption stößt im Übrigen auch bei der Bevölkerung auf breite Zustimmung. Dies wohl nicht zuletzt deshalb, weil man Ökonomie und Ökologie in Einklang bringt und von Anfang an größter Wert auf Transparenz und gründliche Information der Öffentlichkeit gelegt worden ist.



Abbildung 5 Pyrobustor für die KSV GmbH

5 Resümee

Zur Lösung der vielerorts bestehenden Klärschlammproblematik ist der Einsatz des hier vorgestellten Pyrobustors ein wichtiger Beitrag. Mit ihm wird Klärschlamm auf vorteilhafte Weise in nutzbare Wärme und deponierfähige inerte Asche umgesetzt. Baugrößen für Durchsätze bereits ab ca. 400 kg/h Trockengranulat mit ca. 10 % Restfeuchte machen die Problemlösung auch für Betreiber mittlerer bis kleiner Kläranlagen hochinteressant. Insbesondere bietet sich an, die Pyrobustor-Anlage auf dem Kläranlagengelände in direkter Verbindung zur Klärschlamm-trocknung zu errichten. Die aus dem Klärschlamm gewonnene Energie kann so über die prozessinterne Verwendung hinaus ohne großen Aufwand beim Trocknungsprozess genutzt werden. Selbstverständlich ist die Art der Wärmenutzung zur Einsparung von Primärenergie jedoch fallspezifisch wählbar.

Damit bietet der Einsatz des Pyrobustors ökonomische wie ökologische Vorteile, allen voran Entsorgungssicherheit.

Anschrift des Verfassers

Dr.-Ing. Uwe Neumann
Leiter Projektierung/Verkauf von Anlagen zur thermischen bzw. stofflichen
Abfallverwertung
EISENMANN Anlagenbau GmbH & Co. KG
Daimlerstr. 5
D-71085 Holzgerlingen
Tel. (07031) 78-2918
E-mail uwe.neumann@eisenmann.de
Website: www.eisenmann.de