

Laser statt Schablone

Die Lasermesstechnik optimiert die Herstellung von Schienen

Seit über 25 Jahren hat die TSTG Schienen Technik GmbH Erfahrungen in der so genannten On-Line-Qualitätssicherung von Schienen – der Schienenvermessung in der Herstellungslinie. Schon Mitte der siebziger Jahre wurde weltweit einzigartig ein Prüfzentrum zur objektiven Ausgangskontrolle von Schienen im Produktionsfluss betrieben [1]. Seither wurden die Prüfanlagen modernisiert und ergänzt. Heutzutage sind diverse Prüfanlagen in die Produktionslinie eingebaut – darunter auch Lasermessanlagen, die durch Triangulation die Abmessungen mit einer Genauigkeit von bis zu 2 µm prüfen.

Die Anforderung an die Herstellungsgenauigkeit von Schienen hat sich im Vergleich zu früher stark gewandelt. Das ist nicht ganz überraschend. Denn Immer schnellere Züge erfordern immer exaktere Schienen. Aus diesem Grund hat sich die Messtechnik bei der Produktion von Schienen gerade in letzter Zeit stark gewandelt – der Laser ersetzt immer mehr die Schablone (Abb. 1).

Die in der Produktion installierten Messanlagen bestehen aus einer Ultraschallanlage zur Innenfehlerprüfung, einer Wirbelstromanlage zur Oberflächenprüfung sowie diversen Lasermessanlagen. In der Reihenfolge, wie sie in der Produktionslinie vorkommen, werde Lasermessanlagen eingesetzt zur:

- Warmprofilvermessung,
- Geradheitsmessung,
- Kaltprofilvermessung,
- Verdrillungsmessung und
- Endengeradheitsmessung.

Diese Prüfanlagen übermitteln ihre Messdaten an einen Prüfzentralrechner, der alle Mess- und Prüfergebnisse der automatischen Anlagen mit allen Kontrolldaten der Schiene in einer einzigen Bildschirmmaske zusammenführt. Das Programm ist auf jedem Bürorechner, der an das TCP/IP-Netz angeschlossen ist, lauffähig. Die Informatio-

DER AUTOR

LOTHAR MUDERS

Lothar Muders, Jahrgang 1963, studierte in Aachen Metallurgie und Werkstofftechnik und ist seit 1991 in der Schienenproduktion in Duisburg beschäftigt. Bis 1996 war er verantwortlich für die Adjustagebetriebe, danach übernahm er die Leitung des Technologiebereiches. Dieser Bereich umfasst u. a. die Abteilungen Qualitätscontrolling sowie Abnahme und Prüfen.



Dipl.-Ing. Lothar Muders
TSTG Schienen Technik GmbH
Leiter Technik / Technologie
47161 Duisburg
Tel.: +49 (0)203 52 28563
E-Mail: lothar.muders@tstg.de

nen stehen in Echtzeit zur Verfügung. Damit ist es möglich, sofort einen Überblick über den aktuellen Qualitätsstand der Schienen abzurufen und bei Bedarf korrigierende Maßnahmen im Walzwerk einzuleiten [2, 3]. Im Folgenden werden nun die verschiedenen Messanlagen beschrieben.

Warmprofilvermessung

Die Anlage wurde im Jahr 2003 eingebaut und ist im Auslauf hinter der Walzstraße installiert. Mit ihr werden die noch heißen Schienen, die Walzendtemperatur liegt bei rund 950–1000 °C, auf Maßhaltigkeit geprüft. Über eine Temperaturkorrekturrechnung wird das Kaltmaß vor dem Richten berechnet und dargestellt (Abb. 2).

Die bisherige Arbeitsweise erlaubte es dem Walzmeister nur, von heißen Schienen eine Probe abzusägen, diese abkühlen zu lassen und dann mittels Schablonen und



ABBILDUNG 1: Früher musste jede einzelne Schiene mit zertifizierten Schablonen aufwändig vermessen werden. Heutzutage übernehmen direkt in die Produktionslinie eingebaute Lasermessanlagen diese Aufgabe. (Quelle: TSTG)

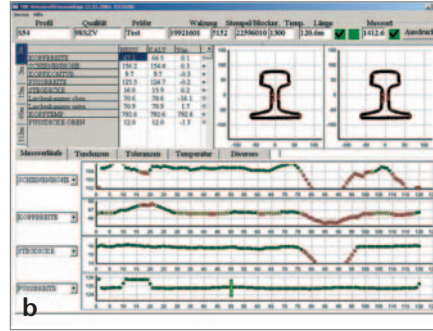


ABBILDUNG 2: (a) Die Lasermessanlage zur Warmprofilvermessung ist im Auslauf hinter der Walzstraße installiert. (b) Ein Auswertungsprogramm rechnet die bei rund 950–1000 °C gemessenen Maße auf ein Kaltmaß um. Früher musste man von heißen Schienen eine Probe absägen, erkalten lassen und mittels Schablonen vermessen. (Quelle: TSTG)

Messschiebern die Merkmale zur Maßhaltigkeit zu überprüfen. Diese Prüfung war beschränkt auf einen kleinen Abschnitt aus der Schiene von ca. 300 mm und stand repräsentativ für die 120 m lange Schiene. Gerade zu Beginn einer neuen Walzung ist zudem sehr viel Zeit durch die Abkühlzeit der Probe bei der Überprüfung der richtigen Einstellung der Walzgerüste vergangen. Erst nach Prüfung der erkalteten Probe und der evtl. notwendigen Feineinstellung der Walzgerüste konnte die Produktion freigeschaltet werden. Diese Minuten summierten sich im Laufe eines Monats und führten zu nicht unerheblichen Unterbrechungszeiten der Produktion.

Die nunmehr neu installierte Warmprofilvermessung ist derzeit in der Einlaufphase und erlaubt eine Echtzeitprüfung des Walzstabes über die gesamte Länge. Damit kann der Walzmeister sofort reagieren und die Feineinstellungen an den Gerüsten schneller vornehmen. Durch die Echtzeitübermittlung der Messdaten sowie Trenddarstellungen und Warnschwellen ist es ihm jetzt zudem möglich, bei jeder produzierten Schiene die Maßhaltigkeit über die gesamte Länge zu überwachen und sofort in den Prozess einzugreifen, wenn dies erforderlich ist. Hier ist also eine Messanlage installiert, die eine sofortige Rückkoppelung an den Produktionsprozess ermöglicht und so den Prozess sicherer macht und die Verfügbarkeit der Produktionsanlagen erhöht.

Geradheitsmessung

Bereits 1978 wurde bei TSTG Schienentechnik die weltweit erste Schienen-Ebenheitsmessanlage zur kontinuierlichen Messung der Fahrflächenebenheit im Produktionsfluss in Betrieb genommen [4]. Diese Anlage war eine berührend messende Anlage, die auf der Schiene aufsetzte und über Geber-

systeme die Fahrflächengeradheit der zu prüfenden Schienen ermittelte. Die 1998 im Schienenprüfzentrum neu installierte Anlage ermittelt die Geradheit der Schienen sowohl auf der Fahrfläche als auch auf der Seite berührungsfrei (Abb. 3a). Das Messlineal wird dabei aus insgesamt 14 Lasermessensoren nachgebildet. Jeder Sensor misst den Abstand zur jeweiligen Bezugsfläche nach dem Triangulationsverfahren mit einer Messbereichsauflösung von 2 µm

(Abb. 3b und c). Diese Abstandsmesswerte werden in kurzen Abständen über die gesamte Schienenlänge ermittelt. Über einen Algorithmus werden die Fahrflächenebenheit und die Seitengeradheit errechnet. Die Auswertung aller Abstandsmesswerte erfolgt on-line mit dem Durchlauf der Schiene. Nach dem Durchlauf werden die Geradheitsmesswerte verdichtet und per Modem zum Prüfzentralrechner übertragen.

Durch den Einsatz eines berührungslosen Messverfahrens konnte der Instandhaltungsaufwand gegenüber der früheren Anlage mit abtastenden Rollen erheblich reduziert werden. Ein Verschleiß von Anlagenteilen findet nicht statt, sodass eine Verfügbarkeit von annähernd 100% erreicht wird [5]. Das Ergebnis der Bewertung wird als Endabnahme relevantes Kriterium gespeichert. Keine als gut bezeichnete Schiene wird nachgeprüft.

Kaltprofilvermessung

Ebenfalls im Schienenprüfzentrum wurde im Jahr 2003 eine neue Anlage für die zur Endabnahme relevanten Kaltprofilvermes-

INFO

Die Lasertriangulation

Mit Hilfe der Lasertriangulation lassen sich Abstände zwischen einem Objekt und einer Referenzebene berührungslos messen. Das Messprinzip basiert auf der Geometrie des rechtwinkligen Dreiecks: Bei der Lasertriangulation bilden Laser, Objekt und Detektor ein Dreieck. Eine Linse bildet den Leuchtfleck des Laserstrahls am Objekt auf den Detektor ab. Die Lage des abgebildeten Leuchtflecks ist nun ein Maß für den Abstand des Werkstücks von der Referenzebene.

Die Vorteile dieses Verfahrens bestehen zum einen in der hohen Geschwindigkeit und zum anderen in der Möglichkeit, sofort große Datenmengen zu gewinnen (etwa bei Profilschnitten einer Freiformfläche). Mittels codierten Lichts ist es beispielsweise möglich, in Sekundenschnelle ein vollständiges 3D-Modell einer Oberfläche mit hunderttausenden Messpunkten entstehen zu lassen. Dies wäre bei einem mechanischen Verfahren niemals möglich. Das so genannte Laserlichtschnittverfahren stellt eine Erweiterung des Lasertriangulationsverfahrens

dar. Dabei projiziert man keinen Punkt auf die Oberfläche, sondern eine Linie. Dadurch sind Laser-Lichtschnittsysteme in der Lage, die Höhenprofile von Objekten zweidimensional zu erfassen.

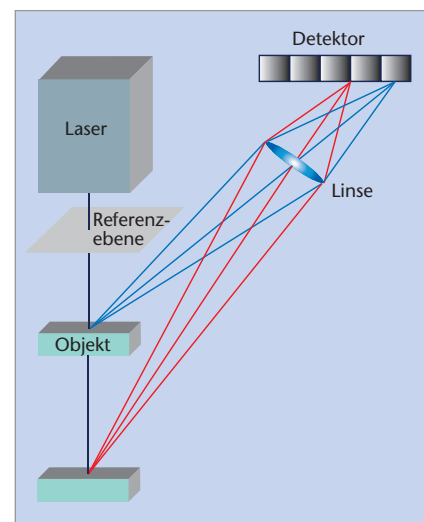
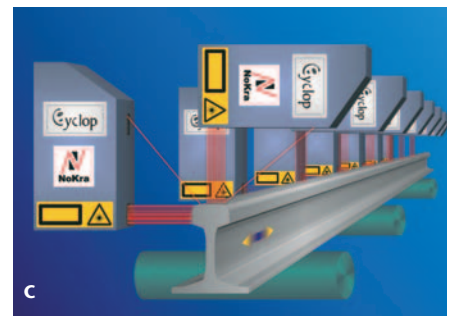
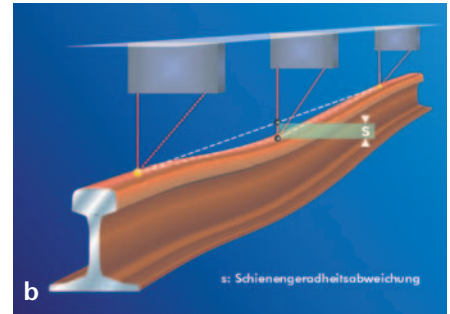


ABBILDUNG 3: (a) Bei der Geradheitsmessanlage ist jeweils ein Messsensor seitlich neben der Schiene und der andere über der Schiene angebracht. (b) Mit dem Triangulationsverfahren wird die Abweichung s von der Geradheit der Schiene bestimmt. (c) Insgesamt 14 Messsensoren bilden das Messlineal. Bei einer Messfrequenz von 30 Hz beträgt die Messbereichsauflösung 2 μm . (Quelle: TSTG)



sung eingebaut (Abb. 4a). Diese zurzeit in der Hochlaufphase befindliche Anlage hat mit ihren zehn Messsensoren zur Aufgabe, das kalte und rollengerichtete Profil, so wie es zum Kunden ausgeliefert werden soll, zu vermessen und dabei die Maßhaltigkeit der einzelnen Merkmale wie zum Beispiel Höhe, Fußbreite, Stegdicke, Kopfbreite, Kopfkontur etc. auf die Einhaltung der nach Liefernorm geforderten Werte zu überprüfen. Die dabei erlaubten Abweichungen des Profils liegen im 1/10-mm-Bereich [6]. Das Prinzip der Messung gibt Abbildung 4b wieder. Die Überprüfung dieser Maße wurde bisher durch Mitarbeiter im Bereich der Endkontrolle manuell durchgeführt (Abb. 4c). Zum manuellen Messen wurden entsprechende Schablonen verwendet, die extra für jedes Schienenprofil sowie das jeweilige zu prüfende Merkmal angefertigt werden mussten. Dabei mussten nicht nur Nullmaßschablonen sondern auch die (+/-)-

Schablonen eingesetzt und vorher gefertigt werden. Gemäß der Qualitätssicherung sind diese Schablonen regelmäßig einer Prüfung auf Verwendbarkeit zu unterziehen und zu zertifizieren. Daher ist es notwendig, mehr als einen Schabloneinsatz herzustellen und im Umlauf zu haben. Außerdem werden die Prüfungen an den beiden Enden einer jeden Schiene vorgenommen, die zur Endkontrolle vorgelegt wird und zum Kunden verschickt werden soll. Es gibt danach nur die Aussage, dass die Schienen innerhalb der Toleranz sind oder nicht. Eine Auswertung über die

Länge der Schiene oder eine Auswertung generell, wie welche Maße in der Produktion eingehalten werden können, war bisher nur durch aufwändige Messprogramme möglich, bei der Mitarbeiter manuell bestimmte Merkmale mittels Messschieber, Messuhren oder sonstigen Hilfsmittel aufnahmen und anschließend mittels Datenverarbeitung in Statistiken darstellen konnten. Die On-Line-Messung ermöglicht es nun, diese Werte aus dem Prüfrechner zu ziehen und auf Wunsch entsprechende Statistiken zu erzeugen. Dar- aus lassen sich Rückschlüsse auf eventuell not-

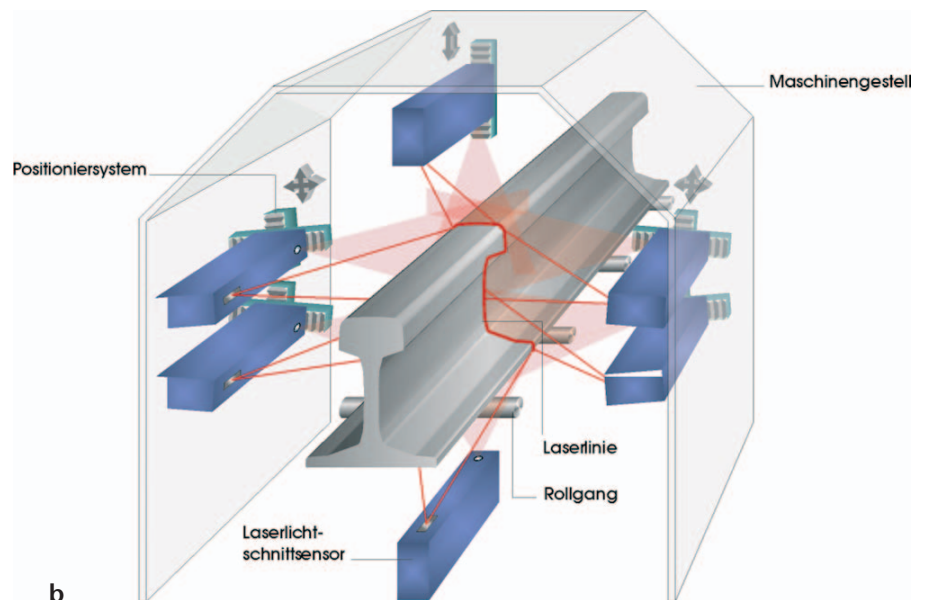
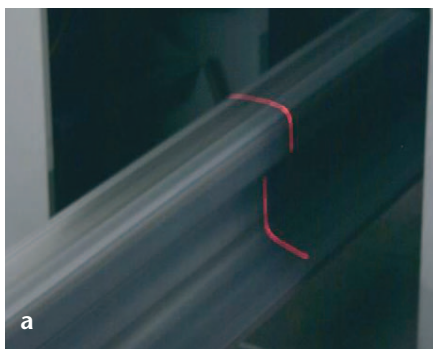


ABBILDUNG 4: Zehn Laserlichtschnittsensoren erfassen bei der Kaltprofilvermessung die Maßhaltigkeit von Höhe, Fußbreite, Stegdicke etc.: (a) die reale Messung, (b) das Prinzip. (c) Zum manuellen Messen wurden früher Schablonen verwendet, die regelmäßig geprüft und zertifiziert werden mussten. (Quelle: TSTG)

wendige Verbesserungsmaßnahmen ableiten, die zu einer Steigerung der Produktqualität führen.

Verdrillungsmessung

Die Verdrehung der Schienenenden wird während des Durchlaufes der Schienen überprüft. Seit Mitte 2003 wurde bei TSTG in beide Säge-/Presselinien der Langschienenadjustage je eine Messanlage installiert. Gemäß Liefornormen ist diese Prüfung mittels einer Vierpunktauflage durchzuführen [6], was sonst nur auf einem Abnahmelager bei auf dem Kopf stehender Schiene möglich ist (Abb. 5a). Dies bedeutet neben dem manuellen Aufwand der Prüfung durch Mitarbeiter mittels geeignetem Messgerät, das speziell hierfür zu fertigen und regelmäßig zu zertifizieren ist, auch einen nicht unerheblichen Aufwand für das Drehen und auf den Kopf stellen der Schienen mittels hydraulischer Kantgeräte, sowie die Gefahr des Umklippens der Schiene.

Die installierten Anlagen bilden die notwendige Vierpunktmessung durch die Anordnung von vier Lasermessensoren ab, die die Schienenenden beim Überfahren der Messanlage in kurzen Abständen abtasten (Abb. 5b). Der Auswertalgorithmus mittelt diese Messwerte zu einem Messergebnis und meldet dieses an den Prüfrechner weiter, der eine Bewertung hinsichtlich bedingungsgemäß oder nicht bedingungsgemäß vornimmt. Das Ergebnis wird dem Bediener auf einem Bildschirm mit dem Grad der Verdrehung angezeigt. Damit ist eine als Endabnahme relevante Messung durchgeführt, die dokumentiert ist und die manuelle Prüfung ablöst. Zudem ist es nun möglich, direkt vom Bediener einzugreifen und ein

Schienenende sofort auszudrehen und so nachzurichten, dass es den Anforderungen entspricht. Dies war bei der alten Arbeitsweise nicht möglich, da die Abweichung erst auffällig war, wenn die Schiene auf dem Abnahmebett lag und dort geprüft wurde, den Produktionsweg also schon verlassen hatte. Derartige verdrehte Schienen mussten dann aufwändig wieder in den Produktionsfluss zurückgeschleust werden, was heute nicht mehr notwendig ist und so die Produktion beschleunigt.

Endengeradheitsmessung

Bei der Überprüfung der Endengeradheit geht es darum, mittels unterschiedlich langer Stahllineale die Enden sowohl auf der Fahrfläche als auch an der Seite auf Geradheit zu überprüfen. Diese Prüfung wird in erster Linie in der Produktionslinie durch den Presserichter vorgenommen. Jedes Schienenende ist von ihm mit dem 1,5-m-Lineal zu prüfen. Bei Aufträgen für Hochgeschwindigkeitsstrecken, auf denen Züge mit bis zu 300 km/h fahren, sind sogar zwei Lineale – 1 m und 2 m – zur Prüfung vorgeschrieben. Abweichungen von der vorgeschriebenen Geradheit können mit Hilfe einer Vier-Seiten-Richtpresse nachgerichtet werden. Das Richtergebnis ist dann wieder mittels der Stahllineale zu prüfen und gegebenenfalls ist der Richt- und Prüfprozess nochmals zu wiederholen.

Eine bedingungsgemäße Schiene wird dann zur Endabnahme gebracht, bei der diese Messung nochmals auf einem Abnahmelager vorgenommen wird. Diese Vieraugenprüfung ist durch ihren manuellen Aufwand sehr arbeitsintensiv. Kommen Abweichungen bei der Nachprüfung vor so

sind derartige Schienen zurück an die Presse zu fahren und nochmals zu korrigieren.

Die im Sommer 2003 in beiden Langschienenadjustagelinien installierten Messanlagen unterstützen nun den Presserichter in seiner manuellen Arbeit und bilden u. a. die Normvorgaben der europäischen Norm für Vignolschienen ab, aber auch spezielle Liefervorgaben anderer Kunden (Abb. 6a) [6]. Die Schienenenden werden über eine Rollgangssteuerung exakt auf dem Rollgang platziert und die Messanlage kann mit einer Messfahrt sowohl die Geradheit der Fahrfläche, als auch die der Seite ermitteln. Die Messdaten werden im Rechnersystem mit den Vorgaben gemäß Liefornormen verglichen und der Mitarbeiter erhält innerhalb von Sekundenbruchteilen eine Auswertung auf seinem Bedienerbildschirm, die ihm Auskunft über die Geradheit des gemessenen Schienenendes in Bezug auf alle nach Norm geforderten Lineallängen gibt (Abb. 6b). Bei Abweichungen unterstützt ihn das System sogar durch eine entsprechende Aussage, welches Lineal an welcher Stelle zu einer Abweichung von der Norm führt. Zudem kann er über den Monitor beim Platzieren der Abweichungsstelle innerhalb der Richtpresse über ein Fadenkreuz exakt die zu richtende Stelle in den Bereich der Pressestempel fahren.

Ist die Messung mit einem bedingungsgemäßen Ergebnis erfolgt, wird dieses dokumentiert und als Endabnahmemessung gespeichert. Eine weitere manuelle Nachmessung ist nicht erforderlich. Die Vorgaben für neue Profile oder neue Normenwerte können vom Büro aus der Anlage mitgeteilt und programmiert werden. Hierdurch ergibt sich ein schneller und sicherer Informationsfluss.

ABBILDUNG 5: (a) Der Aufwand bei der manuellen Verdrillungsmessung ist enorm: Beispielsweise muss die Schiene zu diesem Zweck mittels hydraulischer Kantgeräte gedreht werden. (b) Bei der Lasermessung dagegen werden die Enden der Schienen direkt in der Produktionslinie beim Überfahren der Messanlage abgetastet. Die dafür notwendigen vier Lasermessensoren befinden sich in den roten Gehäusen in der Bildmitte. (Quelle: TSTG)





ABBILDUNG 6: Bei der Anlage zur Endengeradheitsmessung kann mit einer Messfahrt sowohl die Geradheit der Fahrfläche, als auch die der Seite ermittelt werden (links). Die Messdaten werden im Rechnersystem mit den Vorgaben gemäß Liefernormen verglichen und sind innerhalb von Sekundenbruchteilen in einem Auswertprogramm auf dem Bedienerbildschirm zu sehen (rechts). (Quelle: TSTG)

Zusammenfassung

Der Einsatz von On-Line-Messanlagen innerhalb der Produktionslinie ergibt die Möglichkeit, zeitnah Messungen vorzunehmen. Werden diese Daten auch noch in einem geeigneten System in Echtzeit verarbeitet, bewertet und dargestellt, so ist die optimale Lösung gefunden, um zu jeder Zeit in den Produktionsprozess einzugreifen und Korrekturmaßnahmen einleiten zu können, wenn die Messergebnisse dies erfordern. Aus den gespeicherten Daten lassen sich jederzeit Statistiken zur Unterstützung des Qualitätsverbesserungsprozesses erstellen. Im Gegensatz zu mechanischen, berührenden Messanlagen haben die Lasermessanlagen den Vorteil, einen geringen

Erhaltungsaufwand zu benötigen, da wenig verschleißende Teile zu warten sind. Durch entsprechende Kühlvorrichtungen sind derartige Anlagen sowohl im kalten aber auch im heißen Einsatzbereich zu finden. Die Lasertechnik ist ausreichend stabil, um hier eine nahezu 100%ige Verfügbarkeit der Messanlagen zu garantieren. Die Datentechnik der Steuerung sowie die Algorithmen der Auswertung lassen es zudem zu, bei neuen Produkten und Normen die Anlagen praktisch vom Büroarbeitsplatz neu zu konfigurieren und so die neuen Profilformen und die geforderten Grenzmesswerte zu programmieren. Damit sind keine mechanischen Anpassungen an den Anlagen notwendig und die Anlagen sind innerhalb kürzester Zeit auf dem neuesten Prüfstand. Die Schnittstelle zum übergeordneten Auswerterechner ist ein Hauptpunkt in der Entwicklung einer Messanlage. Neben der Klärung, was nach Norm zu messen ist und wie dies in der Norm vorgeschrieben ist, hat die Auswertung die Aufgabe, mit passenden Algorithmen eine klare, objektive Aussage über die qualitative Beschaffenheit der Produkte on-line und in Echtzeit zu ermöglichen. Basis der Algorithmen sind die Liefernormen und das Know-how der Betreiber. Um brauchbar genaue Messanlagen zu entwickeln, ist es wichtig, bei der Entwicklung von Messanlagen mit den Konstrukteuren die Auslegung der Normen eingehend zu diskutieren. Diese Teamarbeit garantiert einen erfolgreichen Einsatz von Lasermessanlagen in der Produktion.

Literatur

- [1] *Bienzeisler, Schmedders, Wick, Thyssen Technische Berichte* **20** (1988) Nr 1, S. 147/159.
- [2] *Becker, Gohe, Katthöfer, Klein, Muders,*

Zimmermann, Herstellung und On-Line-Prüfung von Schienen für den Hochgeschwindigkeitsverkehr, Stahl und Eisen **119** (1999), Heft 12 S. 99–105.

- [3] *Berwanger, Gohe, Hesse, Meuters, Schmedders, Thyssen Technische Berichte* **22** (1990) Nr.1, S. 123/133.
- [4] *Ahrens, Hesse, Meuters, Schmedders, Thyssen Technische Berichte* **12** (1980) Nr.2, S. 111/116.
- [5] *Katthöfer, Krauhausen, Berührungsfreie Geradheitsmessung an Schienen, VDEH Werkstoffausschuß, Unterausschuß zerstörungsfreie Prüfung und Messtechnik, März 1999, Düsseldorf, unveröffentlicht.*
- [6] Europäische Norm DIN – EN 13674 – 1, Bahnanwendungen – Oberbau, Schienen – Teil1, Symmetrische Breitfußschienen ab 46 kg/m (2003.12)

DAS UNTERNEHMEN

TSTG Schienen Technik GmbH Duisburg

Seit dem 1. April 1894, also seit 110 Jahren werden am Standort Duisburg Schienen produziert. Die TSTG Schienen Technik GmbH, jetzt ein Tochterunternehmen der voestalpine AG, greift somit auf langjährige Erfahrungen in der Erzeugung von Schienen zurück. Mit einer Belegschaft von rund 470 Mitarbeitern und einer Kapazität von etwa 300.000 Tonnen pro Jahr werden in den modernen Produktionsanlagen Vignolschienen, Zungenschienen, Vollschienen, Radlenker, Rillenschienen, Kranschienen, Rechteckschienen, Sonderprofile für spezielle Anwendungen sowie Kathodenabmessungen für die Aluminium-Industrie erzeugt [2]. Weitere Infos unter: www.tstg.de