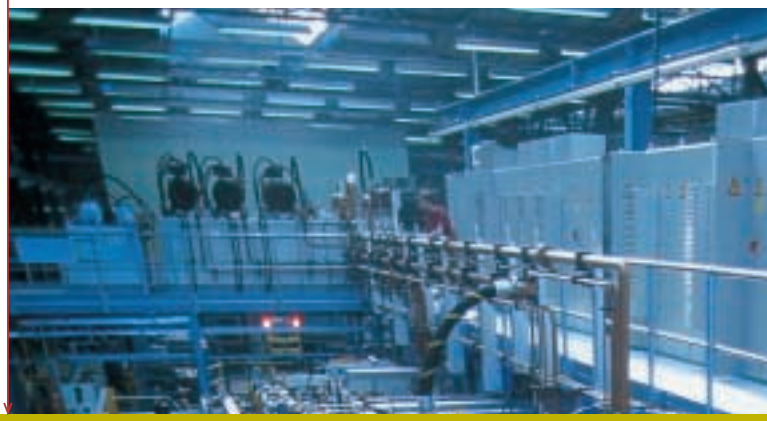
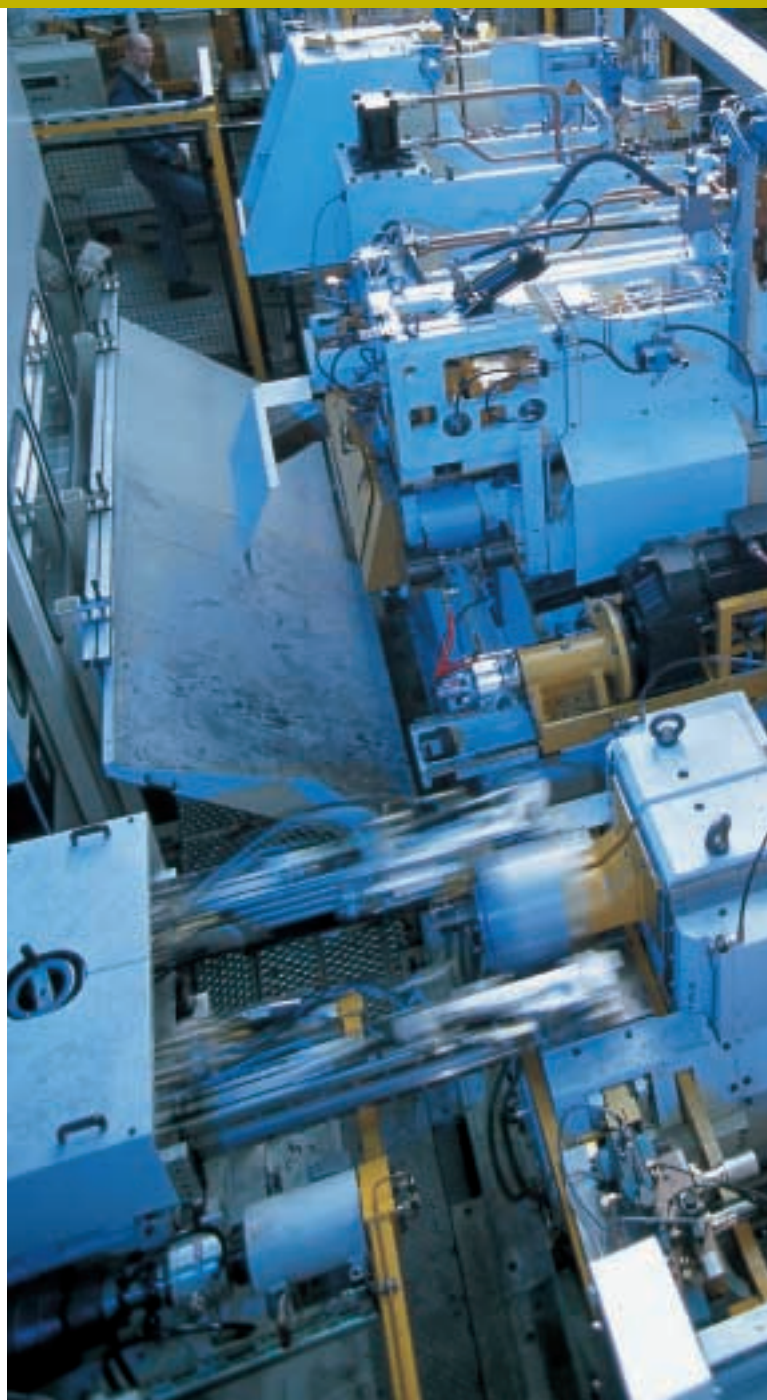
Modernste Räderproduktion der Welt bei Hayes-Lemmerz



**Hayes-Lemmerz produziert Automobilräder. Schon Anfang des 20. Jahrhunderts wurden bei Hayes in Nordamerika Räder für das legendäre Ford T Modell gefertigt. Die Räderproduktion in Deutschland wurde nach dem ersten Weltkrieg von der Familie Lemmerz gegründet. Seit 1997 sind der größte nordamerikanische und der größte europäische Produzent für Automobilräder zur Hayes-Lemmerz AG und damit zum weltweit größten Anbieter fusioniert. Beliefert wird die komplette Automobilindustrie von Mercedes bis Plymouth. Produkte sind in erster Linie Stahlräder für PKW und LKW, die Jahresproduktion beträgt gegenwärtig 10 Mio. Räder.**

# Vom Blech zum Rad



In Königswinter ist in den letzten 2 Jahren bei den ehemaligen Lemmerz-Werken die modernste Räderproduktion der Welt entstanden. Automatisiert wird komplett mit Beckhoff Technik: PC-basierte TwinCAT SPS- und Positioniersteuerungen, Industrie-PCs sowie Beckhoff Lightbus für die E/A-Kommunikation.

Der Weg vom Blech zum Rad ist lang. Radschüssel und Felge werden zunächst in separaten Produktionsprozessen produziert und anschließend in einer Montagelinie zu einem fertigen Rad verschweißt. Die Radschüssel wird aus Bandmaterial mit einer Stufenpresse (Formgebung und Stanzen) im Tiefziehverfahren hergestellt. Die zugehörige Felge entsteht in der Felgenstraße. Ausgangsprodukt ist auch hier ein Blechcoil. Der Coil wird abgerollt, auf Länge geschnitten, anschließend vorgebogen (Rundbiegen) und zu einem Rundblech zusammengeschweißt. Dieses Rundblech wird anschließend über Walzgerüste profiliert und erhält das typische Felgenprofil. In der Montagelinie wird die Schüssel in die Felge gepresst, geschweißt, geprüft und anschließend der Tauchgrundierung zugeführt. Alle 6 Sekunden ist ein neues Rad fertig. Was sich hier relativ einfach anhört, ist in Wirklichkeit die Integration unterschiedlichster Prozesstechniken und deren Verkettung zu einer etwa 200 m langen Produktionslinie.

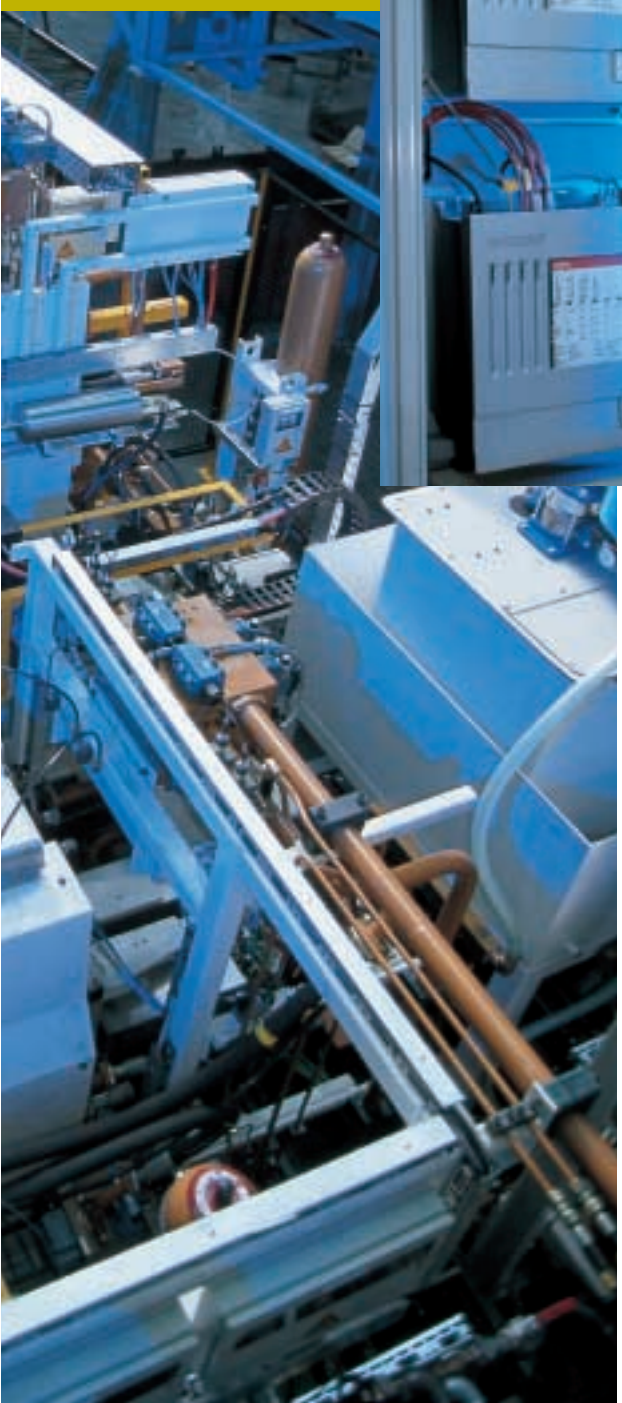
### Der Schweißvorgang

Die komplexe Regelung beginnt beim Schweißen des Rundbleches in der Felgenstraße. Dieser Vorgang ist technologisch sehr anspruchsvoll und besteht aus folgenden Schritten:

1. Die beiden Enden des rundgebogenen Bleches werden per Hydraulikachse zusammengeführt, bis sie in Kontakt sind.
2. Nach der Kontaktierung werden sie über einen geregelten Stromfluss erwärmt. Anschließend werden die rundgebogenen Bleche verschweißt, wobei das Material während des Schweißvorgangs nachgeführt (gestaucht) wird. Bei diesem Prozess wird neben dem Strom auch der Druck und die Position der beteiligten Hydraulikachsen überwacht.

Überblick über die Hayes-Lemmerz Felgenstraße bestehend aus den Einheiten Haspel, Schweißen und Profilieren.

Beckhoff Industrie-PC C6140 an der Montagemaschine mit integrierter Software SPS- und NC-Steuerung TwinCAT.



Insgesamt korrelieren also mehrere Verfahren: Die Druck- und die Lageregelung für die Stauchung des Bleches und die Stromregelung des Schweißstroms.
Bisher wurde zur Realisierung dieses Schweißprozesses eine proprietäre Steuerung sowie ein PC-basiertes System für Erzeugung, Verwaltung und Download der Schweißprogramme und der Sollwertgenerierung verwendet. Der Hersteller der Felgenstraße, die holländische Firma Fontijne, hat beides nun erstmalig mit einer Beckhoff TwinCAT-Steuerung vereinigt und damit die Leistungsfähigkeit und Flexibilität, insbesondere bei der Realisierung technologischer Regelungsprozesse, unter Beweis gestellt.

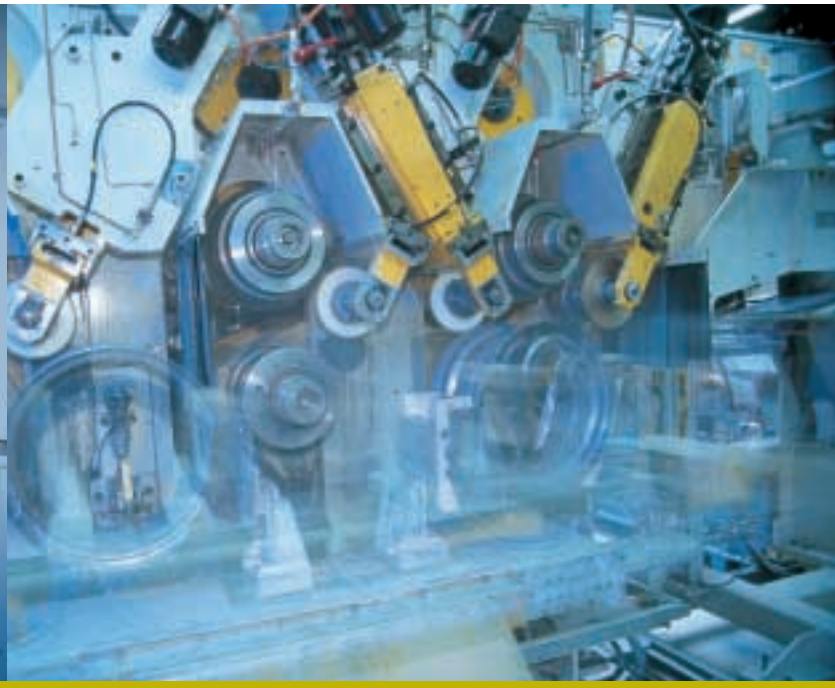
**Die Profilierung des Felgenrohlings**

Der nächste Fertigungsschritt ist die Profilierung des Felgenrohlings in drei aufeinander folgenden Walzgerüsten. Dieser Prozeß ist anspruchsvoller, als es auf den ersten Blick erscheint. Der Rohling wird taktweise in die Walzgerüste transportiert. Das Profil entsteht durch geregeltes Zufahren der oberen und unteren Walze. Dabei wird zu Beginn des jeweiligen Arbeitsschrittes die Umfangsgeschwindigkeit der beiden Walzen auf den mittleren Radius des Felgenrohlings eingestellt. Nachdem der Kraftschluss zwischen beiden Walzen über das Felgenblech hergestellt ist, wird auf Momentenregelung umgestellt. Auch für diese technologische Regelung ist hohe Rechenleistung und deterministische Bearbeitung in möglichst kurzen Zyklen erforderlich; beides Anforderungen, die eine TwinCAT-PC-Steuerung aufgrund ihrer nahezu unerschöpflichen Leistungsreserven überaus gut erfüllt.

**Endmontage von Radschüssel und Felge**

Der letzte Arbeitsgang, die Endmontage von Radschüssel und Felge ist nicht weniger komplex. Ein Roboter positioniert die Radschüssel vor ein Kamerasystem, das die Drehlage erfasst. Anschließend wird die Radschüssel in eine auf zwei Hubbalken positionierte Felge gelegt. Auf jeder Seite des Hubbalkens sitzt ein Greifer, der das Rad spannt. Packen die Greifer zu, entsteht über das fixierte Rad ein Kraftschluss der beiden Balken, die beim Transport hochgenau synchronisiert werden, da ansonsten mechanische Beschädigungen auftreten würden. Die Synchronisation der Balken erfolgt elektronisch über TwinCAT mittels linearer Master-Slave-Kopplung.
Über eine Presse wird die Radschüssel eingepresst, so daß eine stabile Verbindung entsteht. Abhängig von der Höhe des Lappens der Radschüssel wird die Höhe der Brennerköpfe in den folgenden Schweißstationen angepasst. Vier Schweißnähte werden jeweils gleichzeitig gezogen, dafür gibt es eine symmetrische Anordnung von 4 Brennerköpfen pro Station. Jeder Brenner kann einzeln feinjustiert werden, d.h. jeweils eine Achse für die vertikale und radiale Positionierung, eine zum Anheben, bzw. zur Positionierung des Rades unter den Brennerköpfen, sowie eine Rotationsachse zum Drehen des Rades während des Schweißvorgangs. Vermessung und Qualitätskontrolle des fertigen Rades erfolgen mit einer speziell entwickelten Kamera- und Bildverarbeitungstechnik.
Die Montageanlage besitzt 57 Servoachsen, davon 42 synchronisierte, hochdynamische Achsen für die Produktion (Maschinentakt: 6 s), der Rest sind reine asynchrone Zustellachsen. Die Servoachsen, sowie weitere 1500 digitale und analoge I/Os dieser Maschine, werden über eine einzige TwinCAT-Steuerung geregelt.

An der Haspelmaschine wird das Blechcoil für die Felge abgerollt, auf Länge geschnitten, anschließend vorgebogen (Rundbiegen) und zu einem Rundblech zusammengeschweißt.



Profilierung des Felgenrohlings in drei aufeinander folgenden Walzgerüsten.

Der Zyklus des Lageregler für alle 57 Servoachsen beträgt 3 ms und sorgt für eine Echtzeitauslastung der Steuerung von lediglich 50%. Insgesamt verwaltet die Steuerung einen E/A-Adressraum von mehreren tausend Byte. Beeindruckender lässt sich die Leistungsfähigkeit einer TwinCAT-Steuerung kaum dokumentieren.

### Flexible Visualisierung mit Visual Basic

Die Visualisierung der Montagemaschine, die von Hayes-Lemmerz in Eigenregie erstellt wurde, erfolgt auf einem weiteren Industrie-PC, der via Ethernet mit der TwinCAT-Steuerung vernetzt ist. Grund für diese Entscheidung war die Tatsache, dass am Markt viele Visualisierungsprodukte verfügbar sind, die – aufgrund der historischen Entwicklung – optimal für verfahrenstechnische Anwendungen geeignet, aber durchaus suboptimal für den Maschinenbau sind. Die Visual Basics Visualisierung ist sehr flexibel, kostengünstig, da keine Lizenzkosten anfallen, und optimal anpassbar. Die Pflege und Wartung kann problemlos mit dem eigenen Team durchgeführt werden.

Dazu werden beispielsweise die DXF-Dateien der Konstruktionszeichnungen verwendet und um entsprechende Zustandsanzeigen ergänzt. Das ist nicht nur praktisch, sondern führt darüber hinaus auch zu einer extrem ansprechenden und übersichtlichen Optik.

### Vernetzung frei Haus

Sehr effektiv sind auch die Vernetzungs- und Kommunikationsmöglichkeiten. Da TwinCAT eine PC-basierte Softwarelösung für SPS und Motion Control ist, wird die Vernetzung von Hause aus durch die PC-Plattform mitgeliefert. Auch bei der internen Gerätekommunikation, beispielsweise zwischen TwinCAT-SPS und Visualisierung, werden Standardschnittstellen wie ActiveX oder OPC verwendet. Der Zugriff auf Daten innerhalb des Hausnetzwerkes zur Anbindung an MDE oder BDE oder auch zur Fernwartung wird damit sehr einfach. Weil man außerdem an dieser Stelle die gleiche Sprache wie die restliche Standard-EDV spricht, kann man auf Fachkompetenz der entsprechenden Abteilungen im eigenen Hause zurückgreifen.

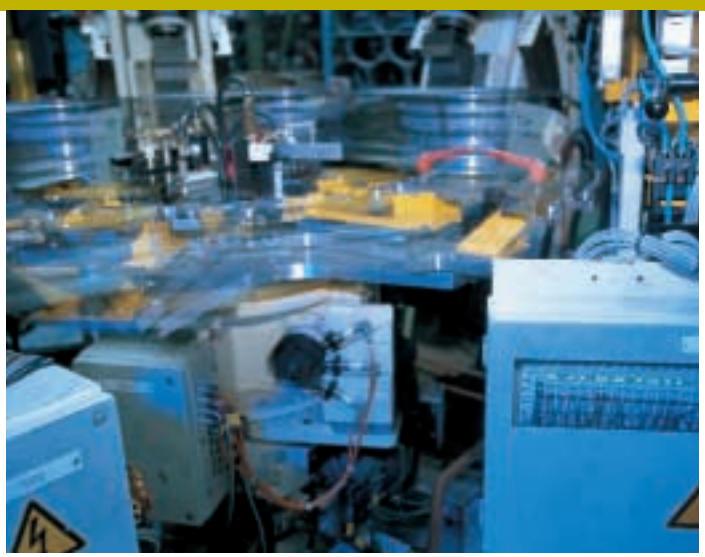
### Überzeugendes Gesamtkonzept für die Fabrikautomation

Aus der Sicht des Elektronkonstruktionsleiters von Hayes-Lemmerz, Michael Glos, ist die TwinCAT SPS- und Positioniersteuerung für die Räderproduktion die optimale Lösung. Aufgrund der enorm großen Prozessabbilder und der extrem hohen Anforderungen an die Rechenleistung für SPS und Positionierung bietet allein eine PC-basierte Lösung wie TwinCAT die Möglichkeit, eine solche Maschine mit einem Single-CPU-System zu automatisieren und programmtechnisch aufwändige und wenig leistungsfähige Kommunikation zwischen mehreren SPS-CPU's zu vermeiden. Ideal ist auch die schlüssige und unkomplizierte Integration der kompletten Motion Control im TwinCAT System. Neben der einfachen Handhabung ist Michael Glos von der zentralen Datenhaltung einer Antriebslösung mit zentraler Intelligenz und Integration in das SPS-Programmiersystem begeistert: „Im Normalfall würde ich für die SPS, die Antriebstechnik und die technologischen Regelungen jeweils einen Spezialisten benötigen. Mit Hilfe der integrierten System-

An der Montagemaschine wird die Radschüssel in die Felge eingelegt.

Der letzte Arbeitsgang: das Verschweißen von Radschüssel und Felge.

Via Lightbus-System sind die Automatisierungskomponenten miteinander verbunden.



## Automatisierungstechnik auf einen Blick

Für die Automatisierung der kompletten Räder-Montagelinie sind folgende Komponenten im Einsatz:

**Industrie-PC:**

- 16 Schaltschrank PCs C6140 (Pentium III, 850 MHz)
- 8 Control Panel CP7021, 2 Control Panel CP7022, 2 Control Panel CP7032

**Feldbus:**

- 20 Lightbus PC-Feldbuskarten FC2001/2
- 120 Lightbus Buskoppler BK2000
- 5000 digitale Busklemmen, 1000 analoge Busklemmen

**Software:**

- TwinCAT PLC Zykluszeit: 9 ms
- TwinCAT NC Zykluszeit: 3 ms bei max. 57 Servoachsen an einer TC-Steuerung

**Visualisierung:**

- Visual Basic, Anbindung via TwinCAT OPC

plattform der TwinCAT-Steuerung wird für die gesamte Projektierung und Programmierung der Anlage nur ein einziger Programmierer benötigt".

Als vorteilhaft erweist sich die zentrale Antriebsintelligenz auch auf der Kostenseite. Bei einer dezentralen Lösung wären pro Antriebsregler ca. 500 Euro für integrierte Technologiekarten angefallen. Zusätzlich wäre eine weiteres Bussystem für die Synchronisierung erforderlich gewesen. Der Lightbus hingegen ist leistungsfähig genug, um im Takt des zentralen Lagereglers die Echtzeitdaten (Sollwerte und aktuelle Positionswerte der Antriebe) zyklisch und deterministisch vom und zum zentralen Lageregeler der TwinCAT PTP-Positionierung zu übertragen. Somit entfallen weitere Hardwarekosten, gleichzeitig wird die Handhabung durch Verwendung möglichst weniger Systeme vereinfacht.

Das Fazit von Michael Glos nach 2 Jahren Erfahrung mit Beckhoff TwinCAT: „Ich würde aus heutiger Sicht jederzeit die gleiche Entscheidung noch einmal treffen."