

# Prozesswissen für eine optimale Rohrfertigung

**SOFTWARESYSTEM** Detailliertes Prozesswissen bildet eine wesentliche Grundlage für die Optimierung und Modernisierung der Produktion in der Rohrvorfertigung. Mithilfe eines auf dieser Basis entwickelten durchgängigen Softwaresystems, das alle Stationen des Fertigungsprozesses berücksichtigt, werden der Materialfluss und die verwendeten Maschinen innerhalb der Werkstatt gesteuert, um eine effiziente Rohrfertigung zu erzielen.

Gustav A. Nieweg

**P**rozesswissen ist die Kenntnis des Zusammenwirkens von Planung, Konstruktion, Fertigung, Materialfluss, CAD, CAM, EDV und Abwicklung. Unter Rohrvorfertigung wird das Versetzen von gekauften Rohren mit Flanschen, Bördeln, Bögen, Reduzierungen, Aushalsungen, T-Stücken und ähnlichen Elementen, um komplexere Bauteile zu erstellen, verstanden. Durch Prozesswissen kann die Technik und Produktion in der Rohrvorfertigung optimiert und modernisiert werden. Dabei wird zwischen Massenproduktion gleicher Bauteile in hoher Stückzahl und der Einzelproduktion, bei der jedes Bauteil ein Unikat ist, unterschieden.

Ziel ist es, den Arbeitsprozess mithilfe eines Softwaresystems zur Planung und Steuerung der Rohrfertigung, in das das gesamte Prozesswissen einfließt und welches jede Station der Konstruktion und Fertigung berücksichtigt, zu optimieren

## Grundlagen der Fertigung

Für das bereitgestellte Material müssen Faktoren wie Verschmutzungen, schiefe oder unterschiedliche Rohre aus verschiedenen Chargen, eine ungleichmäßige Materialdicke, sowie Rohrlängen, die nicht fix sind, mit berücksichtigt werden. Um eine zuverlässige Produktionsqualität zu erreichen, müssen Rost, Zunder, Farbe, Wachs, Wasser und Fett entfernt werden, da diese Verunreinigungen die weitere Verarbeitung beeinträchtigen.



Ein sinnvoller Materialfluss geht kontinuierlich in die gleiche Richtung

**Materialfluss** Ein sinnvoller Materialfluss ist linear. Die hier beschriebene Anlage ist ein Beispiel für eine Einzelfertigung. Das Material wird hierbei nicht mit dem Kran, sondern mit Rollgängen, Transportbändern, Kettenbahnen, Plattenbändern, Hubbalken und Speichertischen transportiert. Je nach Menge der Fertigteile kann dies über elektronische Rechner sinnvoll gesteuert werden. Ein umfassendes, eigenständiges System braucht eine gemeinsame Datenbank für alle Programme:

- ▶ Schema oder PID-System (Pipe and instrumentation diagramm).

- ▶ 3D Grafik-System, mit speziellen Modulen für den Rohrleitungsbau

- ▶ CAM Werkstattsteuerung mit maschinenspezifischen Modulen und Schnittoptimierung.

**Strahlen** Beim Strahlen gibt es mehrere Möglichkeiten zum Reinigen der Rohroberfläche. Folgende Vorteile ergeben sich durch den Einsatz von Glasperlen oder Metallkugeln:

- ▶ Reinigung ohne zu Beizen
- ▶ Erreichen einer matten gefestigten Oberflächenstruktur
- ▶ Die Oberfläche ist weniger rau und schmutzanfällig

- ▶ Zugspannungen im Bereich von Schweißnähten werden verringert

- ▶ Umweltverträglich.

Als preisgünstiger gilt das Schleuderradstrahlen, wenn nur an einer Materialart gearbeitet wird. Wird mit Pressluft gearbeitet, erhöhen sich die Kosten. Hierbei kommt es auch auf die Form und Geometrie der Rohrleitungen an.

**Rohrbiegen** Rohre können warm oder kalt gebogen werden. Der Vorteil des Rohrbiegens liegt darin, dass keine Schweißnähte vorhanden sind und das Rohr dadurch innen glatter und sauberer

bleibt. Rohre bis 355 mm Ø können mit oder ohne Flanschen kalt gebogen werden. Der Nachteil beim Kaltbiegen liegt im zusätzlichen Maschinenpreis und in der Ausdünnung S<sup>2</sup> an der Außenfläche/ Zugseite des Rohrbogens um etwa 4–22 %. Maschinell werden Rohre von 3–323.9 mm Ø kalt gebogen, ab

114,3–1626 mm Ø können dickwandige Rohre warm gebogen werden. Hierbei ist Induktivbiegen für Rohre ein modernes und sicheres Verfahren. Beim Warmbiegen ist zu berücksichtigen, dass die Rohrwanddicke im Innenradius stärker wird, durch bestimmte Bedingungen kann S<sup>2</sup> aber verbessert werden.

	D[mm]	S[mm]	S <sup>2</sup> [mm]	S <sup>3</sup> [mm]	R[mm]
Warmbiegen	219,1	20,0	18,6	25,2	660
Warmbiegen	219,1	20,0	17,6	32,8	330
Kaltbiegen	168,3	5,1	4,2	5,2	336
Kaltbiegen	60,3	4,5	3,6		120
Kaltbiegen	30,0	4,0	3,1		60
Kaltbiegen (Booster)	126,3	1,5	0,9		127
Kaltbiegen (Booster)	105,0	1,6	1,0		105

**Tab.1: Bei dünnwandigem Material und  $R < 1.5 \cdot D$  ist es ohne Booster fast unmöglich ohne Risse im Rohr zu arbeiten**

Legende

D = Rohrdurchmesser außen

S = Materialdicke

S<sup>2</sup> = Dünntes Material im Außenbogen

S<sup>3</sup> = Dickstes Material im Innenbogen

R = Biegeradius in mm

W = Winkel = 90°

Methode	Transport	Heften mit Bogen	Biegewert eingeben	Schweißen/ Biegen	Taktzeit
Schweißen	5 Rohre a 6 min	35 min		8 * 18 min	209 min
Biegen	1 Rohr a 6 min		3 min	4 * 1.5 min	15 min

**Tab. 2: Vergleich des Arbeitszeitaufwands zwischen Schweißen und Biegen an einem Rohr DN100 mit 4 Bögen**

Methode	Heften Übersteckflansch	Schweißen	Taktzeit
Handschweißen	10 min	4 * 7 min	40 min
Maschinenschweißen	1 min	4 min	6 min

**Tab. 3: Rohre und Flansche können am schnellsten und wirtschaftlichsten im geraden Zustand verbunden werden**

	Durchmesser	Zusammenbau Heften	Formieren	Schweißen	Zeit (min)
Rohr	DN 80	6	2	6	14
T-Stück	DN 80	17	5	17	39

**Tab. 4: Heften und Schweißen per Hand bei Fittings**

	Durchmesser	Zusammenbau	Formieren	Schweißen	Zeit
Rohr	DN 80	2	0,5	2,5	5
T-Stück	DN 80	6	1,5	7,5	15

**Tab. 5: Richten mit Innenspannvorrichtung, Schweißen mit Halbautomat WIG**

**oventrop**



Premium Armaturen + Systeme  
Valves, controls + systems

Absperr- und Regelarmaturen für den Schiffbau  
Isolating and regulating valves for the shipbuilding industry



Strangregulierventile  
Balancing valves



Combi-System



Absperrklappen  
Butterfly valves



Kugelhähne  
Ball valves



Messblenden  
Metering stations



Rotguss-Schmutzfänger  
Bronze strainer

Oventrop bietet mit dem Strangreguliersystem nahezu alle Armaturen und Armaturenkombinationen, die für den hydraulischen Abgleich in Heizungs- und Kühlanlagen notwendig sind. Salz- bzw. seewasserbeständige und nach DNV oder GL zugelassene Rotgussarmaturen und Rohrsysteme für den Schiffbau ergänzen die umfangreiche Produktpalette.

With the hydronic balancing system, Oventrop offers almost all valves and valve combinations necessary to achieve a hydronic balance of heating and cooling systems.

For the shipbuilding industry, Oventrop offers seawater resistant valves for hydronic balancing and a pipesystem approved by DNV or GL.

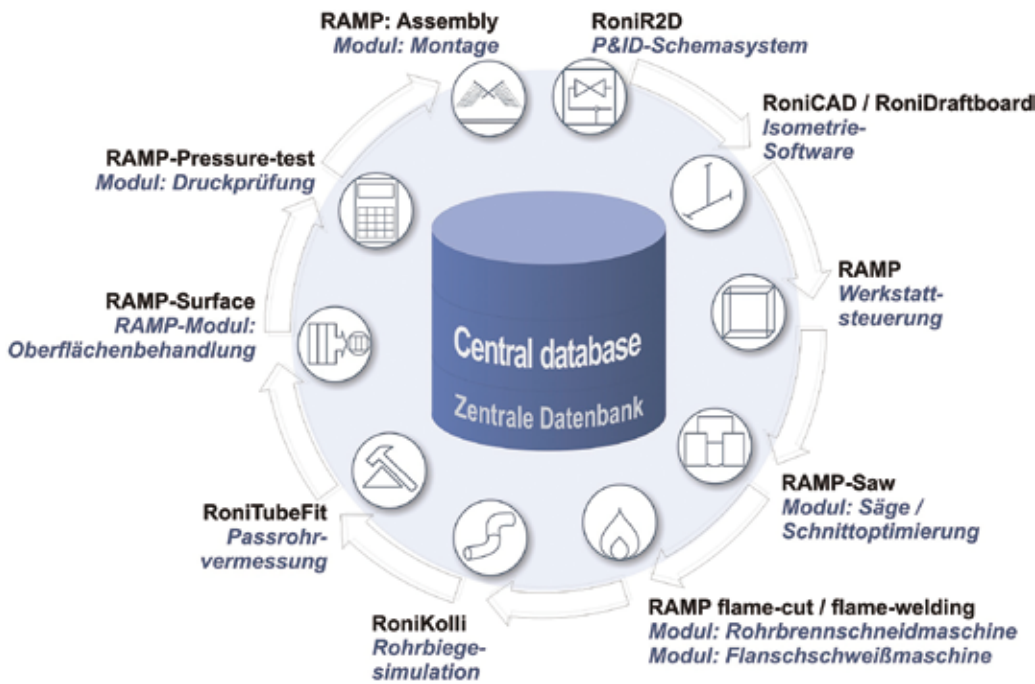
F. W. OVENTROP  
GmbH & Co. KG  
Paul-Oventrop-Straße 1  
D-59939 Olsberg

Telefon +49 (0)29 62 82-0

Telefax +49 (0)29 62 82-403

E-Mail mail@oventrop.de

Internet www.oventrop.de



**3R Softwarelösungen für den Rohrleitungsbau**

**Individuelle Softwarelösungen**

Dem einleitend erläuterten Optimierungsansatz entsprechend, hat 3R software solutions mit dem 3R-Framework ein Gesamtsystem zur Planung und Steuerung von Rohrwerkstätten entwickelt. Dabei wird für jede Station der Konstruktion und Rohrfertigung eine individuelle Softwarelösung bereitgestellt. Die einzelnen Komponenten werden im Folgenden beschrieben:

**Schemata und Funktionspläne** RoniR2D ist ein System zur Erstellung von Schemata und Funktionsplänen. Durch die Anbindung an eine zentrale Daten-

bank erhält das System Zugriff auf die Materialstammdaten. Mit der Möglichkeit, einen DXF-basierten Generalplan hinter die Zeichnung zu legen, erhalten alle konstruierten Rohrleitungen und Armaturen einen Örtlichkeitsbezug. Mit Hilfe dieses maßstäblichen Örtlichkeitsbezuges können während der Planungsphase automatisiert Rohr- und Armaturenlisten erzeugt werden.

Durch Anmeldung an einem System bzw. an einer Baugruppe kann der Konstrukteur nur noch Material verwenden, das für dieses System zugelassen ist. Aufgrund einer Vielzahl von Automatismen wird nicht nur die Effizienz des Konstrukteurs

gesteigert sondern auch die Fehlerwahrscheinlichkeit minimiert. Unter anderen stellt das System folgende Hilfsmittel zur Verfügung:

- ▶ Automatische Erstellung der Symbollegende
- ▶ Automatische Nummerierung der Rohrleitungen und Armaturen
- ▶ Automatische Erzeugung von Armaturenlisten
- ▶ Automatische Erzeugung von Rohrlisten
- ▶ Automatische Filterung des Materials nach Klassifikation.

Durch die Nutzung der zentralen Datenbank im 3R-Software-Framework ist ein bidirektionaler Datenfluss mit allen Folgesystemen gewährleistet.

**Isometrisierungssystem** RoniCAD wird seit vielen Jahren als Isometrisierungssystem eingesetzt und speziell an die jeweilige Konstruktions- und Fertigungsumgebung angepasst. Über das Erstellen von Rohrleitungssystemen hinaus kann durch die integrierte Rohrbiegekollisionssoftware RoniKolli bereits zum Zeitpunkt der Isometrisierung eine detaillierte Herstellbarkeitsanalyse rechnerisch oder in Simulation durchgeführt werden. RoniCAD erzeugt automatisch die CNC-Daten für Biegemaschi-

nen, Flanschsweißmaschinen, Sägen (Rohrlager) und Brennschneidmaschinen.

RoniCAD enthält einen Editor für die Verwaltung und Erstellung der Element-Symbole. Die Symbole werden parallel in 2D und 3D konstruiert, um jederzeit im RoniCAD eine 3D-Ansicht einer oder mehrerer Isometrien abrufen zu können. An den Symbolenden können Schweißanbindungen gekennzeichnet werden, wodurch die Erstellung von Schweißlisten automatisch erfolgt. Die Schwerpunktberechnung kann für Einzelrohre oder das gesamte System vorgenommen werden.

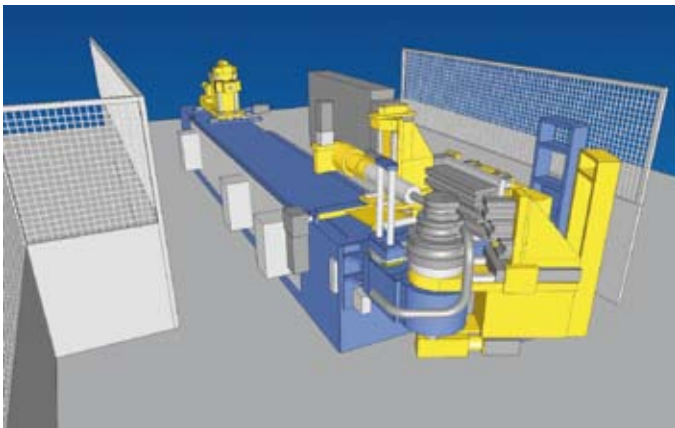
Besonders hervorzuheben ist die direkte Erstellung von Arbeitsblättern. Dabei trennt RoniCAD Strangisometrien selbständig in Einzelrohre auf und erzeugt komprimierte Anweisungen für die Werkstatt.

Das Programm bietet Schnittstellen zu fast allen bekannten Systemen: Catia™, AVEVA™, Nupas Cadmatic™, Unigraphics™ (Isogen™).

**Computerunterstützte Herstellbarkeitsanalyse** RoniKolli dient zur computerunterstützten Herstellbarkeitsanalyse, CNC-Datenerzeugung und als Konstruktionsplattform für Rohrismetrien, die mit Hilfe moderner Rohrbiegemaschinen gefertigt werden sollen. Für eine genaue Betrachtung und Unterstützung des Fertigungsprozesses wird der komplette Biegevorgang simuliert und auf Kollision getestet. RoniKolli unterstützt sowohl einfache Dornbiegemaschinen als auch moderne rechts- und linksbiegende Maschinen mit mehreren Biegeköpfen und Ebenen. Zusätzlich zum Dornbiegen mit Biegeschablone simuliert RoniKolli auch das Rollbiegen und das Induktivbiegen. Mit Hilfe des Maschineneditors kann auf einfache Weise ein virtuelles Abbild der Biegemaschine und ihrer Umgebung erzeugt und jederzeit verändert werden.

Der Werkzeugeditor erzeugt ein virtuelles Abbild der Biegewerkzeuge, die in der Simulation zusammen mit dem virtuellen Modell der Biegemaschine dargestellt werden.





**Simulation des Biegeablaufs einer Rohrisometrie**

Der Materialmanager verwaltet die materialspezifischen Eigenschaften der Rohre, Stangen und Profile. Insbesondere bei der Einzelrohrfertigung ist es notwendig, dass das Rohr bereits beim ersten Versuch geometrisch exakt gebogen wird. Um diesen Idealfall zu erreichen, werden eine Vielzahl empirisch ermittelter Biegeergebnisse benötigt, die mit dem Materialmanager zu erfassen sind. Die ermittelten Informationen dienen der Passgenauigkeit der zu biegenden Rohrleitungen und der CNC-Datenerzeugung. Der Herstellungsprozess kann zu jedem Zeitpunkt durch die Eingabe neuer Werte angepasst und verbessert werden.

**Biegeablauf einer Rohrisometrie**

Die RoniKolli-Biegesimulation simuliert den Biegeablauf einer Rohrisometrie auf einer oder mehreren virtuellen Biegemaschinen. Bei auftretenden Kollisionen während des Biegeablaufs sucht das Programm selbständig nach Lösungen. Unabhängig davon kann der Benutzer jederzeit manuell eingreifen und den Biegeablauf anpassen. Die Suche nach einem geeigneten Biegeablauf findet Maschinen typabhängig statt. Je komplexer die Biegemaschinen sind, desto mehr Möglichkeiten bietet RoniKolli an. Folgende Möglichkeiten werden unter anderem getestet:

- ▶ Ändern der Rotationsrichtung
- ▶ Einfügen eines Korrekturvorschubs
- ▶ Wechseln der Biegerichtung
- ▶ Wechseln des Biegekopfs
- ▶ Wechseln der Biegebene

▶ Ändern der Biegesequenz (abhängig vom Maschinentyp). Zur Erzeugung der CNC-Daten berücksichtigt RoniKolli alle relevanten maschinen-, material- und werkzeugspezifischen Parameter. So wird bei der Berechnung einer exakten Sägelänge sowohl die Rückfederung des Rohres, die Verkürzung der Vorschublängen nach der Auffederung, die Radiusvergrößerung des Bogens als auch die Materialstreckung im Bogen berücksichtigt.

RoniKolli berechnet zu jeder Rohrisometrie maschinenabhängig eine theoretische Taktzeit, um die Geschwindigkeit und Effizienz einzelner Biegemaschinen miteinander vergleichen zu können.

**Steuerung der Rohrfertigung**

RAMP bezeichnet ein System zur Steuerung der Rohrfertigung, das sich aus mehreren Modulen zusammensetzt. Die Module erfordern oftmals kundenspezifische Anpassungen, nur auf diese Weise kann das RAMP individuellen Bedürfnissen gerecht werden. Je nach Möglichkeit können die eingesetzten Maschinen auch direkt angesteuert werden. Es wurden für folgende Fertigungsstationen entsprechende RAMP-Module entwickelt:

- ▶ Sägen
- ▶ Prägen
- ▶ Brennschneiden
- ▶ Flanschschiessen
- ▶ Biegen
- ▶ Oberflächenbehandlung
- ▶ Druckprüfung
- ▶ Schweißprüfung

Die RAMP Arbeitsvorbereitung realisiert die gesamte Arbeits-

vorbereitung der industriellen Rohrfertigung. Arbeitspakete werden über gewünschte Filterfunktionen erzeugt.

In jedem Fertigungsschritt und an den gewählten Arbeitsstationen besteht die Möglichkeit der Ausgabe von Stücklisten, Zeichnungen und Arbeitsblättern inklusive aller fertigungsrelevanten Informationen. Alle in RoniCAD erzeugten CNC-Daten werden automatisch bereitgestellt, die Arbeitslisten für die Stationen erzeugt und sortiert.

Über die Terminstruktur der Jobnummern und den ermittelten Isometriezeiten sowie über die Fertigmeldungen an den einzelnen Arbeitsstationen kann der aktuelle Fertigungsstand jederzeit ermittelt und visualisiert werden. Planungsfehler und Arbeitsengpässe können auf diese Weise frühzeitig erkannt werden.

RAMP stellt zudem unterschiedliche Varianten der Arbeitszeitermittlung zur Verfügung: Zu jedem einzelnen Arbeitsschritt, wie Schweißen oder Biegen, kann jedem Element oder



**Der Messarm überträgt die Daten an das RoniTubeFit**

Rohr aus der Datenbank ein empirisch ermittelter Zeitwert hinterlegt werden. Diese Werte werden nach firmeninternen Abläufen summiert.

Durch die datenbankgestützte Struktur des RAMP lassen sich alle Materialdaten und Stückzahlen über beliebige Filterkriterien auflisten. Der aktuelle Materialbedarf eines gesamten Auftrags, einer Sektion oder eines bestimmten Zeitinter-

**Knaack & Jahn Schiffbau GmbH**

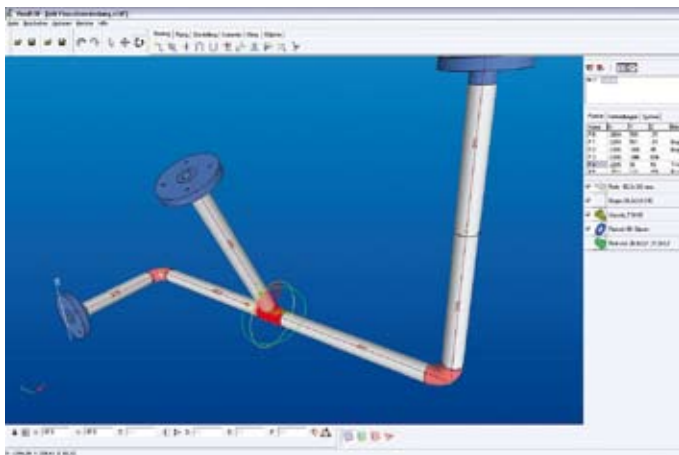
- Die Fa. Knaack & Jahn Schiffbau GmbH mit Sitz in Hamburg operiert im Schiffbau sowohl auf allen deutschen Werften als auch im Ausland.
- Etwa 85 Mitarbeiter konstruieren, realisieren und reparieren anspruchsvolle Anlagen und erstellen z.B. komplette Thermalölsysteme, Abgasanlagen und Maschinenräume oder setzen die Verrohrung kompletter Decks oder Feuerzonen fachmännisch und termingerecht um.
- In der Feuerlöschtechnik gehören CO<sub>2</sub>-Anlagen und alle bekannten Sprinklersysteme wie z.B. Standard-, Wassernebel-, Drencher- und Objektschutzsysteme zu unserem Standardprogramm.
- Aber auch bei dem Thema „Kälte, Klima, Lüftung, Heizung“ zeigen wir Ihnen gern unsere Lösungsvorschläge.

Die Fa. Knaack & Jahn Schiffbau GmbH ist aufgrund der langen und vielseitigen Erfahrung bei Neubau, Umbau und Reparatur ein zuverlässiger, anerkannter Partner der Werften und Reedereien.



Knaack & Jahn Schiffbau GmbH  
 Uffelsweg 10, 20539 Hamburg  
 Telefon: +49 (40) 78 12 93-0  
 Fax: +49 (40) 78 12 93-10  
 E-Mail: schiffbau@k-j.de  
 Internet: www.k-j.de

**GESAGT, GETAN.**



Erlaubt die Darstellung von DXF-Modellen zur Anpassung des Rohrleitungssystems an die Umgebung: Roni3D

valls kann per Knopfdruck ermittelt und dargestellt werden.

**Erfassung von Rohrgeometrien**  
RoniTubeFit ergänzt das 3R-Software-Framework um ein CAM-System zur exakten Erfassung von Rohrgeometrien und Korbmodellen. Das System kann sowohl in der Qualitätssicherung als auch in der Passrohrvermessung eingesetzt werden.

Für die Durchführung wird ein Messarm benötigt, der die Messdaten über eine USB-Verbindung an das RoniTubeFit überträgt. Die Software leitet den Benutzer zu jedem Zeitpunkt des Messvorgangs an, welcher Messwert benötigt wird.

**3D-Koordinierungssystem**  
Roni3D ist ein eigenständiges 3D-Koordinierungssystem im

3R-Software-Framework. Durch die Anbindung an die zentrale Datenbank können alle im RoniCAD, RoniDraftboard oder RoniTubeFit erzeugten Isometriedaten auch im Roni3D verwaltet und geändert werden. Das Roni3D erlaubt das Einladen und Darstellen von DXF-Modellen zur optimalen Anpassung des Rohrleitungssystems an die Umgebung.

**Mobile Isometrierfassung**  
RoniDraftboard (RoniMobile) dient zur mobilen Isometrierfassung. Das System ist für die Verwendung mit einem TouchPad oder PDA konzipiert. Im Hinblick auf den mobilen Einsatz vor Ort arbeitet das RoniDraftboard datenbankunabhängig. Dennoch können alle Einbauteile über einen eigenen Symboleditor erstellt und die im Roni-Software-Framework relevanten Bauteilinformationen hinterlegt werden. Auf diese Weise können durch das RoniDraftboard erzeugte Isometrien leicht an das RoniCAD weitergeleitet und verwendet werden.

**Fazit**

3R software solutions stellt im Umfang seines Software-Frameworks durchgängige Systeme von der Planung bis zum Einbau von Rohrleitungssystemen her. Alle im System verwendeten Rohrbauteile unterliegen einer automatischen Statusanalyse, um zu jedem Zeitpunkt den aktuellen Fertigungsstatus aller Bauteile überprüfen zu können. Der Materialfluss sowie die Ansteuerung der verwendeten Maschinen erfolgen innerhalb der Werkstatt direkt über die Software. 3R software solutions bietet außerdem die Planung und Einrichtung von Rohrwerkstätten an, wodurch der Materialfluss zwischen den einzelnen Fertigungsstationen mit Unterstützung des Softwaresystems noch weiter optimiert werden kann.

**Der Autor:**

Gustav A. Nieweg, Senior Executive, 3R solutions, Hamm



- Robust und verlässlich
- Einfachste Handhabung
- Perfektes Stahlschweißen

**Bereit zum perfekten Stahlschweißen**

TransSteel 3500/5000 steht für ein neues intelligentes Industriedesign, garantiert einfachste Handhabung, robuste Bauweise und eine lange Lebensdauer. Mit Steel Transfer Technology ausgestattet, bietet das digital geregelte MIG/MAG-Schweißsystem optimale Stahl-Schweißkennlinien. Machen Sie sich bereit für perfektes Stahlschweißen! **Fronius Deutschland GmbH**, Am Stockgraben 3 D-36119 Neuhof-Dorfborn bei Fulda, Tel: +49/(0)6655/916 94-0, Fax: +49/(0)6655/916 94-30, E-Mail: sales.germany@fronius.com



www.fronius.de