

BEOBACHTUNGEN VON DER „SCHWEISSEN &amp; SCHNEIDEN“ 2017

# Schweißtechnische Fertigung – Ready for „Industrie 4.0“!

Klaus Middeldorf, Köln

Beginnend im Jahr 2016, werden erste Berichte zum Konzept „Industrie 4.0“ in der Schweißtechnik veröffentlicht. Die internationale Fachmesse „Schweißen & Schneiden“ im September 2017 bot den ausstellenden Unternehmen die Möglichkeit, ihr Verständnis zu diesem Konzept und ihren Beitrag zur Umsetzung zu präsentieren.

Im Editorial der Fachzeitschrift „Der Praktiker“, Ausgabe 10/2017, wird dazu die „Schweißen & Schneiden“ 2017 unter der Überschrift „Industrie 4.0 – vom Wort zur Wirklichkeit“ beschrieben. Dieses Editorial zeigt, dass die Entwicklungen in der Schweißtechnik mit dem Ziel „Zukunftsprojekt ‚Industrie 4.0‘“ begonnen haben. Beispiele auf der Fachmesse dazu sind „(...) neben modernen, netzwerkfähigen digitalen Schweißstromquellen wie ‚TPS/i‘ von Fronius, ‚Titan XQ‘ von EWM und Geräte anderer Hersteller (...) auch Dokumentations- und Datenmanagement-Systeme, zum Beispiel ‚Weld-Cube‘ von Fronius (...)“. Diese Beispiele präsentieren, „(...) was Digitalisierung und Vernetzung im Bereich ‚Industrie 4.0‘ zu leisten vermögen.“

Ferner wird auf das Unternehmen Kemper als Hersteller von Absauganlagen und Filtersystemen verwiesen, das ein herstellerübergreifendes B2B-Portal vorstellt, „das über die eigene Technik hinaus ‚Internet-of-Things-fähige‘ Geräte und Anlagen vernetzen kann. (...) Messdaten, Einstellungen und besondere Ereignisse analysiert das Portal automatisch und stellt diese Informationen anderen Maschinen im Netzwerk zur Verfügung. Dadurch kann das System beispielsweise einen Wartungsbedarf vorhersagen. Mögliche Ausfälle einzelner Maschinen, die zum Stillstand der gesamten Produktionskette führen können, erkennt das Netzwerk proaktiv.“

Das Editorial nimmt damit wesentliche Elemente auf, die für die Entwicklungen in einer zukünftigen schweißtechnischen Fer-

tigung von hoher Bedeutung sind, es sind dies: die digitalisierten Schweißstromquellen, die leistungsfähigen Schweißdaten-Managementssysteme und die aktiven Systeme des Arbeitsschutzes. Diese Elemente fungieren dabei als „smarte Elemente“, „smart“ werden sie dadurch, dass sie über die Fähigkeit zur Aufnahme und Verarbeitung von Daten und über die Fähigkeit zur Kommunikation verfügen.

## „Smarte Elemente“: vernetzt und kommunikativ

Die Hersteller dieser Schweißstromquellen und Systeme bieten für ihre Kunden und die Anwender dieser Elemente einen erheblichen Zusatznutzen, der auch in den Möglichkeiten zur Vernetzung, im Datenmanagement und in der Kommunikation liegt. Denn nicht die Digitalisierung ist das Besondere in der zukünftigen schweißtechnischen Fertigung (Digitalisierung gibt es seit mehreren Jahrzehnten), sondern die (echtzeitnahe) Vernetzung aller Maschinen und Systeme – und immer auch der Mitarbeiter! – verbunden mit den Möglichkeiten zur (globalen) Kommunikation und eines (cloudbasierten) Datenmanagements.

## Definitionen „Industrie 4.0“

Diese Einschätzung ermöglicht Definitionsvorschläge für „Industrie 4.0“: Demnach ist „Industrie 4.0“ kein Produkt, kein Prozess, kein Projekt, sondern ein Impuls und eine Aufforderung an die produzierende Industrie, durch die Integration moderner Informati-

ons- und Kommunikationstechnik neuartige, intelligente Produktionsanlagen und Produktionssysteme zu entwickeln, die im Sinne einer „Smart Factory“ funktionieren können [1].

Eine solche „Smart Factory“ wird dabei als eine Fabrik beschrieben, in der durch umfassende Gewinnung und Analyse von Informationen eine permanente Anpassung, Verbesserung und Effizienzsteigerung erreicht werden kann und in der Produktions- und Logistikprozesse die Wertschöpfung optimieren. Anforderungen, Ideen und Lösungen von Produzenten, Partnern und Kunden sollen in einer solchen „Smart Factory“ zusammenfließen, um das beste Ergebnis mit höchster Effizienz erzeugen zu können [2].

In der Folge geht es also bei „Industrie 4.0“ darum, alle Elemente von Produktionsprozessen, die sie flankierenden Dienstleistungen und die verbindenden Logistikprozesse durchgängig digital zu vernetzen. Dies kann zu einer vollständigen Vernetzung aller Teilnehmer an der Wertschöpfung führen (das heißt zu einer Vernetzung der Bauteile, Produkte, Maschinen, Produktions- und Managementsysteme sowie Mitarbeiter) [3, 4].

## Vertikale und horizontale Integration: Vorteile der Vernetzung nutzen

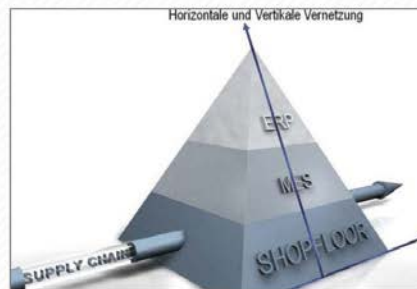
Bei der Vernetzung muss sowohl eine vertikale Vernetzung, zum Beispiel die Vernetzung innerhalb der schweißtechnischen Fertigung eines Unternehmens, als auch eine horizontale Vernetzung, zum Beispiel die Vernetzung unter Einbeziehung möglichst vieler Partner der Wertschöpfungskette eines Unternehmens, berücksichtigt werden. Erste Anwendungen dazu sind in **Bild 1** gezeigt. Dadurch, dass nun die ersten Elemente einer solchen vernetzten schweißtechnischen Fertigung zur Verfügung stehen und angewandt werden, gelingt ein Einstieg in die Umsetzung von „Industrie 4.0“ für das Metall-Schutzgasschweißen.

### Vertikale Integration

- ✓ Optimierung der Fertigung mit allen vor- und nachgelagerten Prozessen
- ✓ auch indirekte Prozesse lassen sich synchronisieren
- ✓ Angebotserstellung → Bestellvorgang → Materialbeschaffung → Rechnungsstellung → Auslieferung

### Horizontale Integration

- ✓ Integration von Kunden, Partnern, Stakeholdern in die Wertschöpfungsprozesse
- ✓ Kopplung von Produktion und hochwertigen Dienstleistungen



▲ Bild 1. Vertikale und horizontale Integration – Beispiele für Anwendungen [6 bis 8]

### Vertikale Integration: vom Schmelzbad zum „Top Floor“

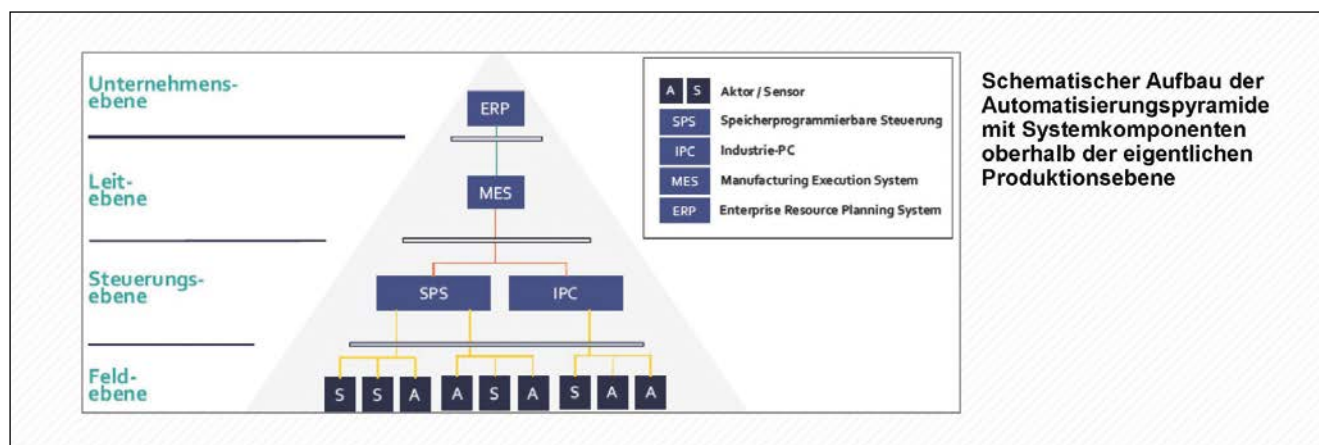
Wesentlich ist dabei, dass die Steuerungen der Schweißgeräte und die Dokumentations- und Datenmanagementsysteme integrierbar und kommunikationsfähig mit allen übergeordneten Produktions- und Managementsystemen des anwendenden Unternehmens sind. Sie ermöglichen damit den Einstieg in eine vertikale Integration beim anwendenden Unternehmen, durch die eine echtzeitnahe Kommunikation zwischen allen beteiligten Elementen der schweißtechnischen Fertigung – und zwar über alle Ebenen der „Automatisierungspyramide“ hinweg – möglich wird. Grundsätzlich ist eine Kommunikation „vom Schmelzbad zum Top Floor“ möglich, das heißt von der Produktionsebene bis zur Unternehmensebene. **Bild 2** zeigt den schematischen Aufbau einer solchen Automatisierungspyramide.

Die Carl Cloos Schweißtechnik GmbH stellt mit einem „Cyber System Connector“ für die Maschinendokumentation und der Software „Qineo Data Manager“ zur Steuerung und Verwaltung von Schweißstromquellen in Verknüpfung mit der Automatisierungssoftware „Qirox“ und der speicherprogrammierbaren Steuerung (SPS) des Roboters ein solches Beispiel dar. Diese Datenmanagement-Elemente des Herstellers (die Steuerungen der Maschinen und die Systeme des Herstellers) können mit den übergeordneten Prozessleitsystemen, den Betriebs- und Maschinendaten, dem Manufacturing Execution System (MES) und dem Enterprise Resource Planning System (ERP) des anwendenden Unternehmens verknüpft werden. Dadurch kann eine Kommunikation über alle Ebenen der sogenannten Automatisierungspyramide erfolgen. Eine solche Kom-

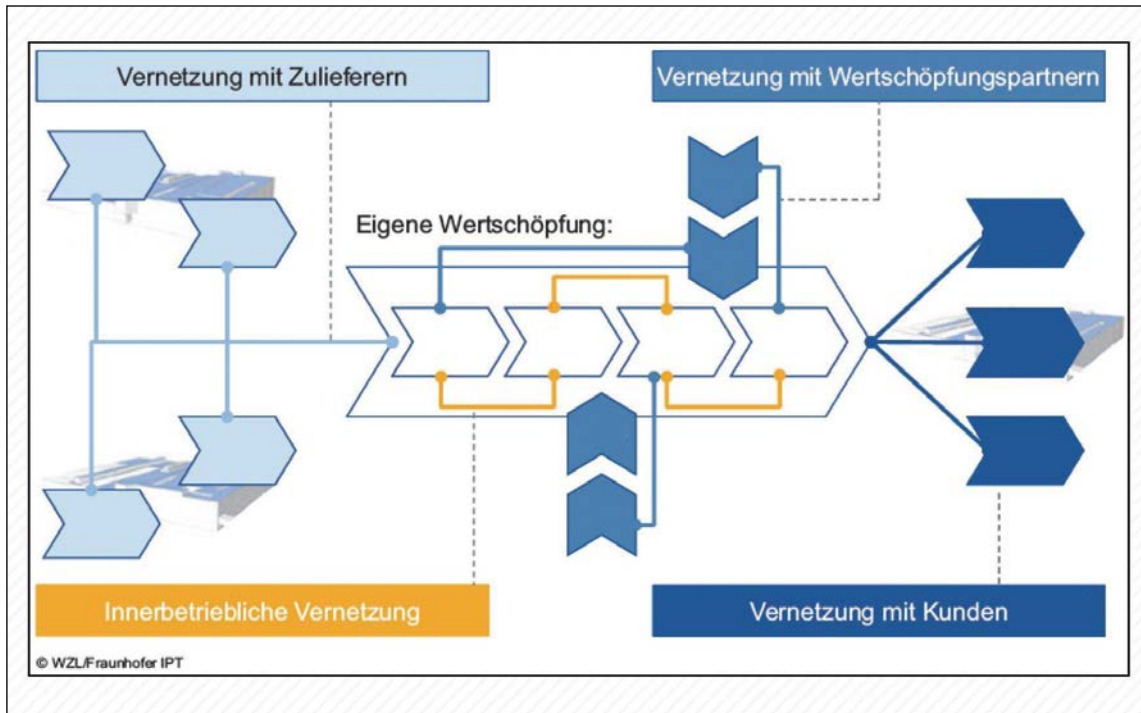
munikation wird unter anderem auch dadurch möglich, dass Daten und Informationen „cloudbasiert“, also auf externen Servern, gespeichert und verarbeitet werden. Solche cloudbasierten Anwendungen werden das Datenmanagement auch in der Schweißtechnik bestimmen.

Mit einer solchen vertikalen Integration sind nun grundsätzlich Funktionen und Vorteile der Vernetzung nutzbar. Zwei wesentliche sind

- die umfassende, echtzeitnahe Visualisierung aller Abläufe und Ressourcen für die (schweißtechnische) Fertigung im Unternehmen (zum Beispiel für die Betriebs- und Unternehmensführung des Anwenders),
- das Reporting und die Dokumentation (als Dienstleistung für den Kunden des Anwenders); dies umfasst auch den Austausch



▲ Bild 2. Vertikale Integration – Vernetzung über die Elemente der Automatisierungspyramide [9]



◀ Bild 3. Horizontale Integration – Vernetzung entlang der Wertschöpfungskette [8]

von Auftrags- und Qualitätsdaten, die Überwachung von Verbrauchsmaterial und die Rückmeldung von Arbeitsergebnissen in Form von Qualitätsberichten.

Ein explizit cloudbasiertes Konzept wird von der Esab Welding & Cutting GmbH verfolgt. Zu nennen sind hier die anwendungsbezogenen Daten-Managementsysteme „Weld Cloud“ unter Einbeziehung der Schweißzusatzwerkstoffe, „Cut Cloud“ und „Flow Cloud“ unter Einbeziehung der Schweißschutzgase, die in einem umfassenderen Sinn als „Esab cloud services“ verfügbar sind. Dadurch, dass alle Daten in einer Cloud gespeichert und bearbeitet werden, ist die Integration mit den übergeordneten Produktions- und Managementsystemen der Anwender sichergestellt. Auch Esab verknüpft diese „cloud services“ mit seinen digitalisierten Stromquellen für die Schweiß- und Schneidtechnik.

Eine vertikale Integration ermöglicht weiterhin die folgenden Anwendungen:

- vorausschauende Prozesse für Wartung und Instandhaltung von Maschinen und Anlagen beim Anwender,
- schnelle (echtzeitnahe) Fehlerdiagnose und Fehlerbehebung (auch erweiterbar um die Funktionserweiterung der Anlage durch Software-Updates).

### Digitales Engineering: digitale Zwillinge in der schweißtechnischen Fertigung

Durch die volle Transparenz und durch die echtzeitnahe Verfügbarkeit der (schweißtechnischen) Produktionsdaten besteht grundsätzlich auch die Möglichkeit, eine virtuelle Kopie des vollständigen (schweißtechnischen) Fertigungsprozesses anzufertigen, also einen „digitalen Zwilling“ herzustellen, der wiederum umfangreiche Simulationen ermöglicht, die im Sinne eines digitalen Engineerings genutzt werden können. Ein solches digitales Engineering ermöglicht die Simulation von Änderungen im Fertigungsprozess, die sich zum Beispiel durch den Einsatz anderer Geräte oder Systeme ergeben können. Wesentlich ist aber auch die Möglichkeit, angefragte oder geplante Aufträge vollständig im Fertigungsdurchlauf zu simulieren; damit kann die Angebotserstellung verbessert und die tatsächliche Fertigung optimiert werden.

### Horizontale Vernetzung: Einbeziehung von Partnern der Wertschöpfungskette

Einige Hersteller veröffentlichen darüber hinaus weiterreichende „Industrie 4.0“-Strategien, in der weitere Vorteile einer solchen vertikalen Integration für das anwendende Unternehmen, aber auch die Mög-

lichkeiten einer horizontalen Vernetzung herausgearbeitet werden. Diese beziehen sich zum Beispiel auf

- die Vernetzung weiterer Fertigungsabläufe innerhalb (und außerhalb) des Unternehmens, auch zum Zwecke der Optimierung dieser Fertigungsabläufe durch eine optimale Auslastung von Anlagen, Maschinen und Kapazitäten (auch einer Optimierung von Bearbeitungszeiten), wobei die Auswertung von Nutzungszeiten und Verbrauchsdaten zum Beispiel neue Konzepte der Abrechnung ergeben können, die zum Beispiel für Auftragsfertiger oder für Vermieter von Anlagen zu neuen Geschäftsmodellen führen können,
- die Nutzung von Mensch-Maschine-Schnittstellen und damit auf die wirkungsvolle Integration des (schweißtechnischen) Personals in die Produktion verbunden mit dem Einsatz von Assistenzsystemen für das Personal.

Die Unternehmen EWM AG und Lorch Schweißtechnik GmbH verfolgen dazu eine vergleichbare Vorgehensweise: digitalisierte Stromquellen und vernetzte Schweißmanagement-Systeme als Einstiegselemente in eine vernetzte schweißtechnische Fertigung „Industrie 4.0“. Bei EWM steht dabei das Mul-

tiprozess-Schweißgerät „Titan XQ“ im Vordergrund verknüpft mit dem Datenmanagementsystem „Xnet“ mit Online-Monitoring und Transparenz in den Abläufen von der Planung über die Fertigung bis zur Nachkalkulation. Bei Lorch stehen Schweißgeräte für einzelne Schweißprozesse, zum Beispiel für die Lorch-„Speed“-Prozessvarianten, und das Schweißdaten-Managementsystem „Q-Sys“/„Q-Data“ im Vordergrund. Das Unternehmen kommuniziert darüber hinaus den zunehmenden Austausch von Auftrags- und Qualitätsdaten, der unter anderem durch die zunehmende (horizontale) Vernetzung von Herstellern mit Fertigungsdienstleistern und Auftraggebern bestimmt wird, und die daraus resultierenden Sicherheitsanforderungen.

**Bild 3** zeigt diese horizontale Vernetzung schematisch. Im Kern steht die eigene Wertschöpfung durch die innerbetriebliche Vernetzung erweitert um die Vernetzung mit Zulieferern und Kunden. Die Vernetzung mit weiteren Partnern der Wertschöpfung ist möglich (siehe auch die Abschnitte „Smart Factory“ und Fertigungsplattformen für die Schweißtechnik“ sowie „Business Ecosystems“: Einstieg in die Plattformökonomie“). EWM kommuniziert dazu auch die stärkere Vernetzung von Produkt, Produktion und Mensch. Gerade mit der Einbeziehung des Menschen wird ein Element von „Industrie 4.0“ adressiert, das besonders für die Schweißtechnik entscheidend ist, nämlich die aktive Einbeziehung und die Steuerungsfunktion des Menschen.

### Steuerungsfunktion des Menschen in der vernetzten Fertigung

Bei der schweißtechnischen Fertigung der Zukunft werden die Mitarbeiter auf allen Funktions- und Qualifikationsebenen eine entscheidende Rolle spielen. Die besondere Rolle der Mitarbeiter in der vernetzten schweißtechnischen Fertigung ist ein besonderes Anliegen des DVS – Deutscher Verband für Schweißen und verwandte Verfahren e. V., der GSI – Gesellschaft für Schweißtechnik International mbH und der DVS-Bildungseinrichtungen und sollte mit hoher Wichtigkeit bearbeitet werden.

Durch „Industrie 4.0“ werden Wissen und Erfahrung direkt in die schweißtech-

nische Fertigung eingebracht. Digitalisierung wird „um den Mitarbeiter herum gebaut“, dadurch wird die Arbeitswelt der Mitarbeiter – auf allen Funktions- und Qualifikationsebenen – wesentlich durch digitale Assistenzsysteme geprägt. Mitarbeiter werden auch durch Nutzung dieser Assistenzsysteme umfassend entscheidungskompetent und deshalb befähigt, auch innerhalb einer vernetzten Fertigung zu entscheiden und zu gestalten.

Die Kompetenz des schweißtechnischen Personals wird direkt in die Wertschöpfung einbezogen. Dadurch ergeben sich zum Beispiel für den Schweißer, für den Maschinenbediener, für die produktionsnahe Führungskraft und für den Schweißfachingenieur wesentliche Änderungen in Abläufen und Organisation. Diese gehen mit Anforderungen an die Aus- und Weiterbildung einher: Mehr noch als bisher muss daher zum Beispiel das GSI-Konzept eines „lebensbegleitenden Lernens“ umgesetzt werden.

Dabei ist zu berücksichtigen, dass auch in einer vernetzten schweißtechnischen Fertigung zukünftig manuell auszuführende Schweißarbeiten eine hohe Bedeutung haben. Dem Anliegen des DVS, der GSI und der DVS-Bildungseinrichtungen kann dadurch Rechnung getragen werden, dass Erfahrungen aus der Umsetzung des Konzepts „Industrie 4.0“ bei der automatisierten schweißtechnischen Fertigung anteilig auf die manuelle schweißtechnische Fertigung übertragen werden.

### Nutzung der Vernetzung auch für die manuelle schweißtechnische Fertigung

Konzepte wie „Connected Safety“ des Unternehmens 3M Deutschland GmbH gewinnen dazu an Bedeutung: Auch automatische Schweißerschutzhelme kommen als „smarte Systeme“ einer vernetzten Fertigung zum Einsatz. Sie erkennen nicht nur die Wirkungsdauer des Lichtbogens, sondern sie liefern auch Daten über Einsatzzeiten und Belastungen des Schweißers, die sich direkt online in die Dokumentation und in das Sicherheitsmanagement übernehmen lassen.

In diesem Zusammenhang sind auch die Simulationssysteme zu nennen, die in

# Das neue Schweißen

## X8 MIG WELDER



 **KEMPPi**

And you know.

[www.kemppi.com](http://www.kemppi.com)

der Schweißerausbildung eingesetzt werden (VWTS – Virtuell Welding Training Systems). Die Weldplus GmbH verwendet hier eine auf Augmented Reality gestützte Plattform, mit der praktische Übungen zur Handfertigkeit mit Lehr- und Lernunterlagen zur theoretischen Schweißerausbildung kombiniert und lernfortschrittsorientiert angewendet werden können. Die hier eingesetzte Augmented-Reality-Technologie hat großes Potenzial, zukünftig nicht nur in der Ausbildung der Schweißer, sondern auch in deren praktischer Arbeit zum Einsatz zu kommen. Dazu könnten auch diese Simulationssysteme als „smarte Systeme“ eingesetzt werden, die in einem ersten Schritt das Wissen, das von einem Schweißer in der Ausbildung erarbeitet wurde, dem Schweißer in der Anwendung aufbereitet zur Verfügung stellen.

Die Augmented-Reality-Technologie hat im Übrigen auch hohe Bedeutung für die bereits genannten Assistenzsysteme. Bei der zunehmenden Vernetzung spielt die Mensch-Maschine-Kommunikation eine entscheidende Rolle. Die Steuerungsfunktion des Menschen gelingt nur dann, wenn er eine verständliche Visualisierung der Daten erhält. Virtual Reality ermöglicht eine realistische Abbildung des Produktionsprozesses und kann diesen auf interaktive Weise simulieren.

### „Smart Factory“ und Fertigungsplattformen für die Schweißtechnik

Das Unternehmen Fronius International GmbH fasst die bisher genannten Elemente in einem White Paper „Industrie 4.0 in der Schweißtechnik“ [5] zusammen. Demnach werden alle (schweißtechnischen) Fertigungsschritte als Teil einer übergeordneten Wertschöpfungskette betrachtet, in der Menschen, Maschinen, Bauteile, Produkte und Verpackungen weltweit miteinander vernetzt sind und Informationen austauschen, mit dem Ziel, schnellere, flexiblere, transparentere und leistungsfähigere Fertigungsprozesse zu erreichen, die nahtlos ineinander greifen und weitgehend selbst organisiert sind.

Diese Definition für „Industrie 4.0“ leitet Fronius in das Bild einer autonom arbeitenden schweißtechnischen Produktionszelle („Smart Factory“) über, mit der weitgehend selbst organisiert die Herstellung von indivi-

dualisierten und personalisierten Bauteilen „on demand“ in kleinen Stückzahlen möglich wird. Ausgangspunkt für den Einstieg in eine solche „Smart Factory“ sind für Fronius die voll digitalisierte Stromquelle „TPS/i“, das Datenanalysesystem „Weldcube“ und aktive Mensch-Maschine-Schnittstellen per App durch „Weldconnect“.

Fronius zieht in die digitalisierte schweißtechnische Fertigung ausdrücklich die aktive Funktion der Schweißhelme mit ein, die per Bluetooth mit der Stromquelle verbunden sind. Ferner ist auch der Einsatz der bereits genannten Simulationssysteme (VWTS) Teil der Umsetzung von „Industrie 4.0“.

Das Unternehmen betrachtet dabei die schweißtechnische Fertigung nicht nur hinsichtlich der vertikalen, sondern auch hinsichtlich der horizontalen Integration und geht davon aus, dass zukünftig verstärkt Bauteil- oder Fertigungsplattformen verwendet werden, auf die Kunden ihre Aufträge hochladen; und die Aufträge werden von dort direkt in die Fertigung geleitet.

Ein erstes Element einer solchen horizontalen Integration ist demnach die aktive Einbeziehung der Kunden. Eine weitergehende Ausgestaltung der horizontalen Integration ist dann gegeben, wenn zusätzlich weitere Partner aus der Wertschöpfungskette des Anbieters – zum Beispiel Zulieferer und weitere Dienstleister, aber auch Wettbewerber – einbezogen werden.

Denkbar ist dabei, dass die horizontale Integration auf geeigneten Plattformen auch zum Beispiel Einrichtungen zum Arbeitsschutz und Gesundheitsschutz umfasst. Vorstellbar ist auch, dass Bildungseinrichtungen oder Überwachungsorganisationen über solche Plattformen integriert werden.

### „Business Ecosystems“: Einstieg in die Plattformökonomie

Eine solche umfassende horizontale Integration ist die Voraussetzung zur Bildung eines „Business Ecosystems“, das aus den verschiedenen Partnern des Wertschöpfungsprozesses, auch länger wirkend, gebildet wird und in dem zunehmend ein gemeinsames Verständnis von der wirtschaftlichen Tätigkeit aller Partner des Systems entsteht. Ein solches „Business Ecosystem“ ist damit auch die Voraussetzung für eine „Plattform-

ökonomie“, wie sie auch in Unternehmen der Schweißtechnik mit ihren Partnern vorstellbar ist.

Das Unternehmen Kemppi Oy nimmt die Bildung eines solchen „Ecosystems“ auf. Es geht dabei ebenfalls von einer Multiprozess-Schweißstromquelle aus, vernetzt diese mit dem Managementsystem „WeldEye“ und installiert damit einen cloudbasierten Service, der sich mit jedem beliebigen Robotersystem verknüpfen lässt und durch jedes digitale Endgerät global verfügbar ist, wobei Prozessupdates kontinuierlich aus dem „Data Store“ hochgeladen werden können.

Darüber hinaus kommuniziert Kemppi ein „Future Welding Ecosystem“, in dem Schweißen nicht nur auf Schweißmaschinen und Schweißprozesse fokussiert bleibt, sondern einen umfassenden Ansatz einer horizontalen Vernetzung für das komplette „Ecosystem“ verfolgt, wobei neben fortgeschrittenen Automatisierungslösungen immer auch die Fähigkeiten der Mitarbeiter einbezogen werden. Zukünftige Schweißtechnik gilt hier als ein „vielschichtiges Ganzes“ mit fortschrittlicher Technologie, übergreifendem Qualitätsmanagement, umfassender Prozess Erfahrung und bestimmendem Einfluss des Schweißers.

Auf der Fachmesse „Schweißen & Schneiden“ 2017 wurde als interessanter Anwendungsfall einer (horizontalen) Vernetzung gezeigt, wie die auf dem Messestand von Kemppi aufgenommenen Werte des Luftüberwachungssystems „Airwatch“ der Kemper GmbH direkt an das Managementsystem „WeldEye“ weitergegeben werden, wodurch diese Daten vom Anwender direkt online für das Sicherheitsmanagement verwendet werden können.

### Zwischenergebnis: Vorteile in der schweißtechnischen Fertigung sind sichtbar

Festzuhalten bleibt: Die Fachmesse „Schweißen & Schneiden“ 2017 hat gezeigt, dass mit den vernetzten digitalisierten Schweißstromquellen und den vernetzten und cloudbasierten Datenmanagement-Systemen (sowie mit den aktiven und „smarten“ Elementen zum Arbeitsschutz) gute „Werkzeuge“ für die Umsetzung von „Industrie 4.0“ in der (Metallschutzgas-)Schweißtechnik gegeben sind.

Mit diesen „smarten Werkzeugen“ sind eine erste vertikale und eine erste horizontale Vernetzung möglich, die bereits jetzt erhebliche Vorteile in der schweißtechnischen Fertigung erbringen können. Die Fachmesse „Schweißen & Schneiden“ bestätigt darüber hinaus die aktive und gestaltende Rolle des schweißtechnischen Personals in der Fertigung.

#### Ausblick: von „smarten Elementen“ zu „Cyber-Physischen Systemen (CPS)“

Aufbauend auf dem vorliegenden Stand der Entwicklung und Anwendung, wird vorgeschlagen, zukünftig weitere Elemente der schweißtechnischen Fertigung als „smarte Elemente“ zu gestalten und diese zur dezentralen Steuerung zu verwenden. Dies bedeutet, dass neben den digitalisierten Stromquellen auch die Werkstücke und die Bauteile selbst als „smarte Werkstücke und Bauteile“ verstanden und deshalb mit Sensorik und

Kommunikationsfunktionen ausgestattet werden müssen. Auch der Lichtbogen selbst sollte zukünftig als „smarter Lichtbogen“ und als wesentliches Element einer vernetzten schweißtechnischen Fertigung verstanden werden. Forschungsarbeiten hierzu können ein weiteres Verständnis der Rolle des „smarten Lichtbogens“ bringen.

Die Weiterentwicklung der „smarten Elemente“ führt zu „Cyber-Physischen Systemen (CPS)“. Für „smarte Schweißköpfe“ gibt es bereits Beispiele, so werden am Fraunhofer-Institut für Werkstoff- und Strahltechnik IWS in Dresden digitalisierte Laser-Bearbeitungsköpfe entwickelt, die nicht nur mit Sensorik und Kommunikationsmöglichkeiten ausgestattet sind, sondern die weitergehend als „CPS“ agieren können. Bisher sind (noch) keine vergleichbaren Entwicklungsarbeiten an „smarten Schweißbrennern“ für das Metall-Schutzgasschweißen bekannt.

„CPS“ gehen in ihrer Wirkung über die hier bereits beschriebenen „smarten Systeme“ hinaus. Sie verfügen über Sensoren und Aktoren und sind dadurch kontinuierlich mit ihrer Umwelt verknüpft, ferner können sie Daten erfassen, auswerten, speichern und weiterverarbeiten. „CPS“ können sich hinsichtlich ihrer Fähigkeiten und ihrer Zustände vollständig selbst beschreiben, und sie können diese Beschreibung kommunizieren und dadurch situationsbezogen (dezentral) Entscheidungen treffen. **Bild 4** fasst einige Funktionen von „CPS“ zusammen.

Ihre besondere Wirksamkeit entfalten „CPS“ in der Wechselwirkung mit anderen „CPS“ dann, wenn sie dadurch zu „Cyber-Physischen Produktionssystemen (CPPS)“ (**Bild 4**) werden. Mit solchen „CPPS“ sind weitgehend autonome Fertigungsprozesse möglich. „CPS“ sind dabei immer mit Mensch-Maschine-Schnittstellen ausgestattet. „CPS“ sind damit nicht nur unterei-

Anzeige

/ Perfect Welding / Solar Energy / Perfect Charging

ALLE SCHWEISSYSTEME  
IM BLICK.  
EINE SOFTWARE.

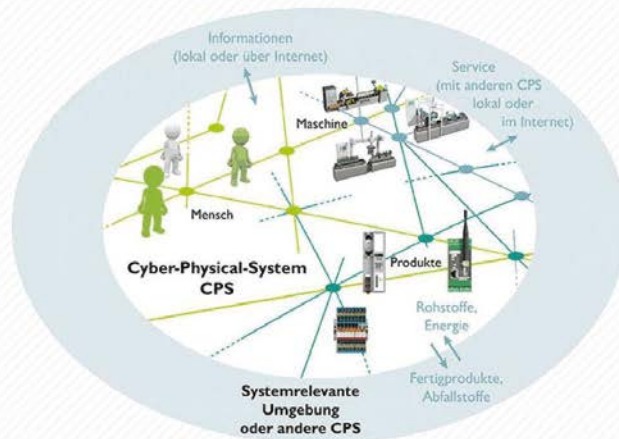
**fronius**

Und was ist Ihre  
Welding Challenge?

Let's get connected.

Mit ihrer Vielzahl an Funktionen ermöglicht unsere WeldCube-Software die lückenlose Schweißdatendokumentation und -analyse von gesamten Produktionslinien. Die Konsequenz? Mehr Transparenz, Sicherheit und Nachvollziehbarkeit für Ihre Serienproduktion. Neben der lückenlosen Nachweisbarkeit Ihrer Schweiß-Qualität kann Ihr Unternehmen die gewonnenen Daten für eine kontinuierliche Kostenoptimierung nutzen. Und das Beste: Durch den geringeren Kontrollaufwand haben Sie persönlich sogar mehr Zeit fürs Wesentliche. Jetzt mehr erfahren: [www.fronius.com/weldcube](http://www.fronius.com/weldcube)

- ✓ „CPS“ umfassen Systeme, bei denen durch Sensoren unmittelbar physikalische Daten erfasst und bei denen durch Aktoren auf physikalische Vorgänge eingewirkt wird. Die Systeme sind durch digitale Netze untereinander verbunden, sie nutzen weltweit Daten und Dienste und verfügen über Mensch-Maschine-Schnittstellen.
- ✓ „CPPS“ bestehen aus flexiblen, autonomen und sich selbst konfigurierenden „CPS“-Einheiten, die untereinander kommunizieren. Damit können Entscheidungen im Produktionsprozess dezentral und autonom getroffen werden.



▲ Bild 4. „Cyber-Physische Systeme (CPS)“ und „Cyber-Physische Produktionssysteme (CPPS)“ [7, 10, 11]

nander und mit globalen Netzwerken verknüpft, sondern sie können Eingaben, Anfragen und Anweisungen von Menschen erhalten.

**Zusammenfassung: Kernelemente „Industrie 4.0“**

Die „CPS“ und „CPPS“ stehen in direkter Wechselwirkung mit den bisher genannten Kernelementen einer „Industrie 4.0“; es sind dies dezentrale Steuerungen, durchgängiges digitales Engineering, vertikale und horizontale Integration und die Steuerungsfunktion

des Menschen. Die **Bilder 5 und 6** fassen diese Kernelemente „Industrie 4.0“ zusammen. Die weitere Umsetzung dieser Kernelemente wird weitere Beiträge zur Leistungsfähigkeit und zur Wettbewerbsfähigkeit des Metall-Schutzgasschweißens erbringen. Festzuhalten bleibt dabei, dass die technischen Entwicklungen zur vertikalen Integration immer mit einer starken horizontalen Integration gekoppelt sein müssen.

„Industrie 4.0“ kann somit auch als Fähigkeiten von Unternehmen beschrieben

werden, sowohl eine vertikale als auch eine horizontale Integration zu erreichen; dies deshalb, weil dadurch ein synchroner Austausch von internen und externen Daten möglich ist, mit denen Unternehmen ein durchgängiges und dynamisches Wertschöpfungsnetzwerk managen können. Dadurch kann es gelingen, neue Geschäftsmodelle zu entwickeln. Erste Erfahrungen von Unternehmen der Schweißtechnik liegen dazu vor. Die wirkliche Bedeutung einer von „Industrie 4.0“-Elementen gesteuerten schweißtech-

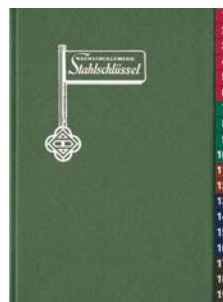


**Stahlschlüssel – Neuauflage 2016**

Über 70 000 Stahlmarken und Normen von ca. 300 Stahlwerken und Lieferanten

Inhalt:

- DIN/EN-Werkstoffnummern-Verzeichnis in numerischer Reihenfolge
- Wer liefert welchen Stahl
- Lieferantenverzeichnis Deutschland und International
- Lieferformenverzeichnis
- Stahlmarkenverzeichnis Deutschland und International (alphabetische/numerische Reihenfolge)
- Angaben zu den Werkstoffgruppen
- In drei Sprachen: Deutsch, Englisch und Französisch



**Plastikeinband**

895 Seiten, DIN A4, 24. Auflage 2016  
Deutsch/Englisch/Französisch  
ISBN 978-3-922599-29-6  
Bestell-Nr. 500160

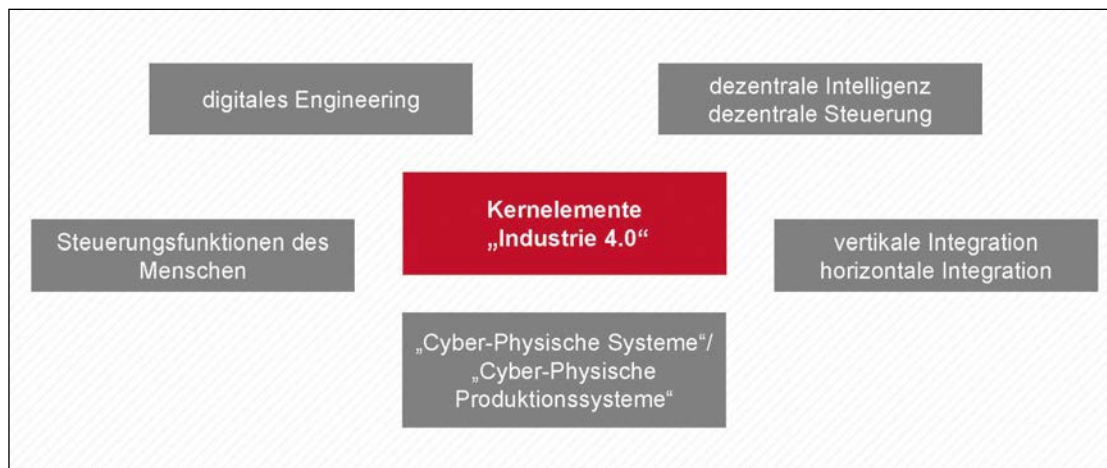
**Preis: 190,00 Euro**  
zzgl. Versandkosten, inkl. MwSt.

**CD Version**

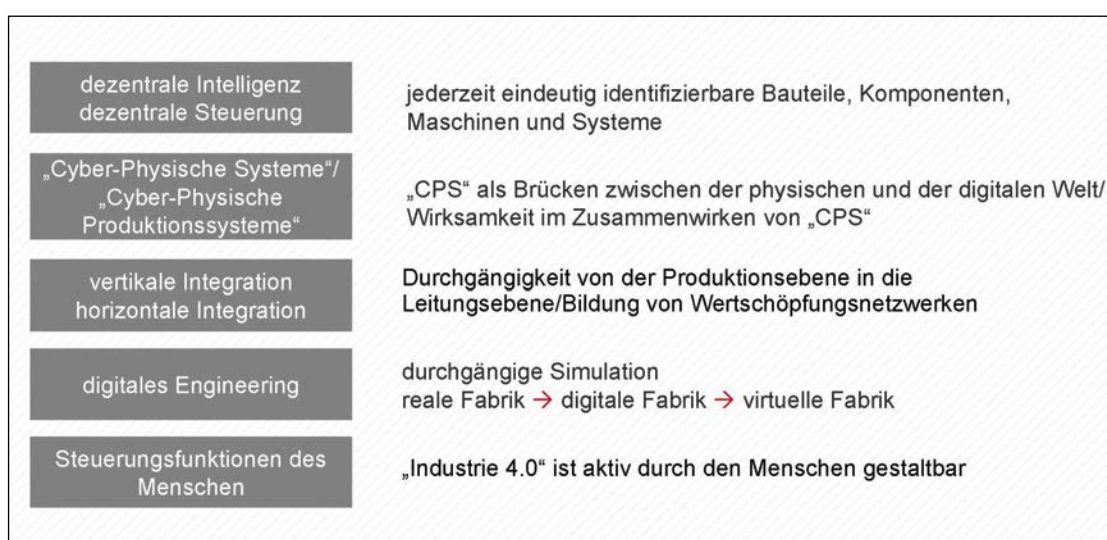
Einzelplatz lokal, Einzelplatz netzwerkfähig (floating licence) und Mehrplatzversion auf Anfrage,  
Bestell-Nr. 500095

**Preis: 520,00 Euro**  
zzgl. Versandkosten, inkl. MwSt.

DVS Media GmbH • Aachener Straße 172 • 40223 Düsseldorf • T +49 211 1591-162 • F +49 211 1591-250 • [vertrieb@dvs-hg.de](mailto:vertrieb@dvs-hg.de) • [www.dvs-media.eu](http://www.dvs-media.eu)



◀ Bild 5. Kernelemente „Industrie 4.0“ [12 bis 14]



◀ Bild 6. Kernelemente „Industrie 4.0“ [12, 14, 15]

nischen Fertigung wird sich daran zeigen, welche neuen Geschäftsmodelle nachhaltig erfolgreich umgesetzt werden können. ■



Dr.-Ing. Klaus Middeldorf,  
Partner, conversio change  
management ug,  
Köln,  
km@conversio-changepartner.com

#### Literatur

- [1] Reinhart, G.: Handbuch Industrie 4.0. Carl Hanser Verlag, München 2017.
- [2] Lüdemann, N.: Digitalisierung der Gesellschaft – Digitalisierung von Unternehmensprozessen. In: Niederhaus, E.; Fuchs, H.: Digitalisierung braucht Leadership. Books on Demand, Norderstedt 2016.
- [3] Schleidt, D.: Das Ende eines Kunstwortes. Frankfurter Allgemeine Zeitung Verlagsspezial Industrie 4.0, 18. November 2014.
- [4] Pfeiffer, S.: Industrie 4.0 und die Digitalisierung der Produktion – Hype oder Megatrend? Aus Politik und Zeitgeschichte 65 (2015), Nr. 31–32, S. 6–12.
- [5] Posch, G.; Bruckner, J.; Ennsbrunner, H.: White Paper „Industrie 4.0 in der Schweißtechnik“. Fronius International, Wels/Österreich 2017.
- [6] Kleinemeier, M.: Von der Unternehmenspyramide zu Unternehmenssteuerungs-Netzwerken. In: Vogel-Heuser, B.; u. a.: Handbuch Industrie 4.0, Band 1. Springer Vieweg 2017.
- [7] Wissenschaftliche Gesellschaft für Produktionstechnik WGP e. V. (Hrsg.): WGP-Standpunkt Industrie 4.0.
- [8] Schuh, G.; u. a.: Geschäftsmodell-Innovationen. In: Reinhart, G.: Handbuch Industrie 4.0. Carl Hanser Verlag, München 2017.
- [9] Gorecky, D.; u. a.: Wandelbare modulare Automatisierungssysteme. In: Reinhart, G.: Handbuch Industrie 4.0. Carl Hanser Verlag, München 2017.
- [10] Lucke, D.; u. a.: Cyber physische Systeme für die Instandhaltung. In: Vogel-Heuser, B.; u. a.: Handbuch Industrie 4.0, Band 1. Springer Vieweg 2017.
- [11] Nyhuis, P.; u. a.: Veränderung in der Produktionsplanung und -steuerung. In: Reinhart, G.: Handbuch Industrie 4.0. Carl Hanser Verlag, München 2017.
- [12] Reinhart, G.; u. a.: Der Mensch in der Produktion von Morgen. In: Reinhart, G.: Handbuch Industrie 4.0. Carl Hanser Verlag, München 2017.
- [13] Bauer, W.; u. a.: Weiterbildung und Kompetenzentwicklung für die Industrie 4.0. In: Vogel-Heuser, B.; u. a.: Handbuch Industrie 4.0, Band 1. Springer Vieweg 2017.
- [14] Siepmann, D.: Industrie 4.0 – Fünf zentrale Paradigmen/Technologische Komponenten. In: Roth, A.: Einführung und Umsetzung von Industrie 4.0. Springer-Verlag, Berlin Heidelberg 2016.
- [15] Graef, N.: Industrie 4.0 – Gesamtkonzept: Zusammenspiel von intelligenten Infrastrukturen, Paradigmen und technologischen Komponenten. In: Roth, A.: Einführung und Umsetzung von Industrie 4.0. Springer-Verlag, Berlin Heidelberg 2016.