

# Vom 4-Stufen-Modell zum Regelkreis



MIP

HYDRA X



FEDRA

Stufe 4: funktional vernetzte Fabrik

Stufe 3: selbstregelnde Fabrik

Stufe 2: reaktionsfähige Fabrik

Stufe 1: transparente Fabrik

## Vom 4-Stufen-Modell zum Regelkreis

Das 4-Stufen-Modell „Smart Factory“ von MPDV ist seit einigen Jahren etabliert und wird von vielen Fertigungsunternehmen als Maßstab für die eigene Entwicklung herangezogen. Aussagen wie „Stufe 2 haben wir jetzt vorerst abgeschlossen“ oder „wir sind am Übergang zu Stufe 4“ sind keine Seltenheit mehr. Nun scheint es an der Zeit zu sein, das Modell auf den Prüfstand zu stellen, um es an die neuen Gegebenheiten anzupassen.

### Warum überhaupt ein fünftes Whitepaper zum 4-Stufen-Modell?

Seit der Erstveröffentlichung des 4-Stufen-Modells im Jahr 2016 hat sich in der Industrie sowohl technisch als auch organisatorisch einiges getan. Neue Technologien und leistungsfähigere Systeme ermöglichen einen feineren Detaillierungsgrad in der Datenerfassung und auch die Anforderungen an die Fertigungsindustrie sind gewachsen. Schlagworte wie „Mass Customization“ oder „Null-Fehler-Produktion“ findet man zwar nicht im alltäglichen Sprachgebrauch, deren Inhalt ist für viele Unternehmen aber alltäglich und essenziell geworden. Kurze Lebenszyklen, kleine Losgrößen und eine enorme Variantenvielfalt sorgen für eine Komplexität, die Unternehmen nur mit leistungsfähigen IT-Lösungen beherrschen können.

Daten zu erfassen ist heute keine große Kunst mehr. Nahezu alle modernen Maschinen stellen ein breites Spektrum an Sensorwerten und Statusmeldungen über standardisierte Schnittstellen (z. B. OPC UA) zur Verfügung. Sogar ältere Anlagen können mit smarten Sensoren einfach und kostengünstig nachgerüstet werden. Es ist also weniger das Problem an Daten her-

anzukommen. Die neue Herausforderung lautet, zu entscheiden, welche Daten relevant sind.

Aber nicht nur technologisch hat sich die Industrie weiterentwickelt. Vielmehr orientiert man sich heute eher an den Prozessen als an den Ressourcen. Natürlich geht es heute immer noch um Ressourceneffizienz, doch das Denken in Prozessen und Workflows hat an Bedeutung gewonnen. Das zeigt sich insbesondere in der Montage, aber auch in anderen Bereichen der Fertigung.

Diese neuen Erkenntnisse und Sichtweisen legen es nahe, die Handlungsempfehlung für Fertigungsunternehmen auf deren Weg zur Smart Factory zu aktualisieren. Diejenigen, die nicht wissen wollen, wie es zu der Aktualisierung kam, können gleich zu den Neuerungen im Modell sowie den angepassten Handlungsempfehlungen vorspringen – siehe Seite 7 (Das 4-Stufen-Modell heute). Alle anderen erfahren im Folgenden mehr zur Herleitung.

Seite 3

Kurze Historie

Seite 4

Rückblick – das ursprüngliche 4-Stufen-Modell

Seite 5

Parallelen zu anderen Modellen

Seite 7

Das 4-Stufen-Modell heute

Seite 10

Aktualisierte Handlungsaufforderung

## Kurze Historie

Ein kurzer Blick auf die Historie von Industrie 4.0 soll der besseren Einordnung dienen.

Der Begriff „Industrie 4.0“ wurde zum ersten Mal im Rahmen der Hannover Messe 2011 verwendet. Damit war das Zukunftsprojekt Industrie 4.0 oder auch die „Vierte industrielle Revolution“ gestartet. Im Laufe der folgenden Jahre sollte sich zeigen, dass es sich vielmehr um eine Evolution handelte.

Bereits im Jahr 2013 reagierte MPDV mit dem Zukunftskonzept MES 4.0 auf die neuen Anforderungen – lange vor anderen Softwareanbietern. MPDV konkretisierte damit viele der Forderungen aus Industrie 4.0 für die Fertigungs-IT, die seinerzeit im Wesentlichen aus dem Manufacturing Execution System (MES) bestand. Im Nachhinein betrachtet waren aber auch diese Abhandlungen relativ theoretisch.

Mit dem 4-Stufen-Modell „Smart Factory“ gelang es MPDV im Jahr 2016, einen konkreten Weg zur Industrie 4.0 aufzuzeigen, den jedes Fertigungsunternehmen nachvollziehen konnte – ganz gleich welcher Größe oder Branche. Jeder der vier Stufen wurden typische Anwendungen zugewiesen, die nach und nach aufeinander aufbauten und das Fertigungsunternehmen schrittweise zur Smart Factory führten.

Zur Hannover Messe 2019 stellte MPDV ein weiteres Modell vor: Smart Factory Elements. Hierin geht es nicht mehr um den Weg zur Smart Factory, sondern um die Einordnung von Funktionen und Anwendungen in eine verständliche Struktur. Darin war erstmals auch die Rede von einem Regelkreis der Smart Factory. Zudem wurden viele der neuen Buzzwords wie IIoT, Analytics oder Prediction einem klaren Aufgabenfeld zugeordnet.

Heute, im Jahr 2021, ist es an der Zeit, auch das 4-Stufen-Modell in einen Regelkreis zu überführen und festzustellen, dass vieles einfacher geworden ist. Auf der anderen Seite sind aber die Anforderungen an die Fertigungsindustrie gestiegen, sodass neue Aufgaben in das Modell eingeordnet werden müssen.



Bereits im Jahr 2007 realisierte MPDV im Rahmen der Hannover Messe zusammen mit renommierten Industriepartnern eine Art I4.0-Vorstudie Namens „Application Park“. Auch wenn es damals dafür noch keinen Namen gab, so fanden sich in dieser integrierten und im hohen Maße vernetzten Fertigungszelle viele Themen wieder, die später unter den Überschriften Industrie 4.0 und Smart Factory erschienen.

## Rückblick – das ursprüngliche 4-Stufen-Modell

Aus der Idee heraus, welche Eigenschaften eine Fabrik haben müsste, um als Smart Factory zu gelten, entstand das ursprüngliche 4-Stufen-Modell. Ein kurzer Rückblick soll die Inhalte der vier Stufen zusammenfassen:

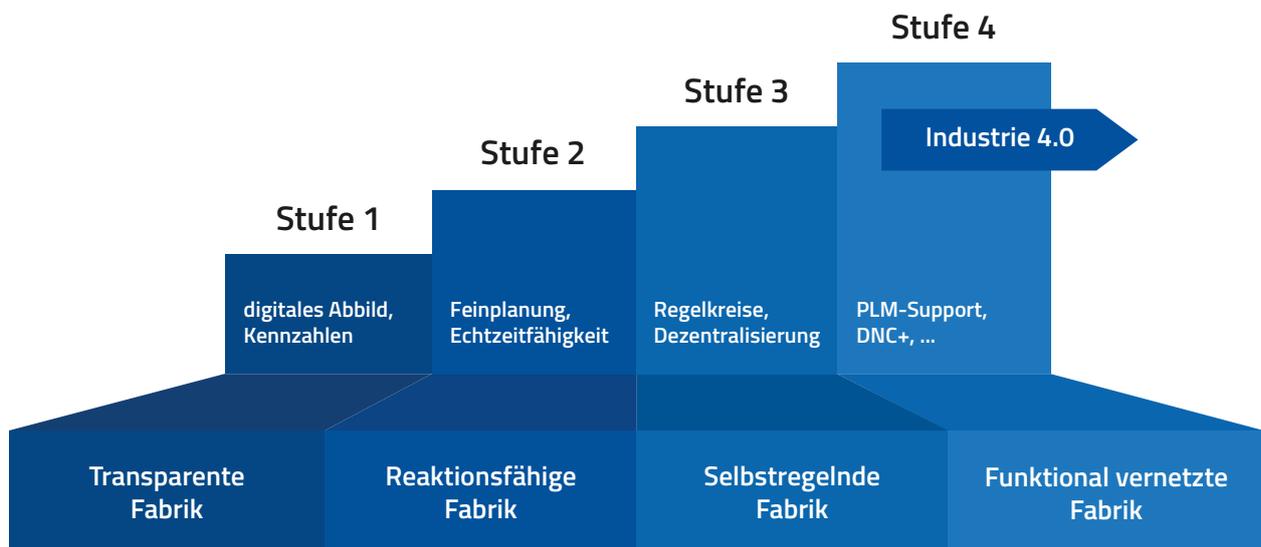


Bild 1: Ursprüngliches 4-Stufen-Modell

### Stufe 1 – transparente Fabrik

Zunächst geht es darum, verlässliche Daten zu erfassen und diese an geeigneten Stellen und in geeigneter Form zu visualisieren. Dazu gehört auch das Berechnen von Kennzahlen.

### Stufe 2 – reaktionsfähige Fabrik

Auf Basis der erfassten Daten kann nun besser geplant und auf unerwartete Störungen reagiert werden. Neben der eigentlichen Feinplanung zählt die Personaleinsatzplanung sowie die Berücksichtigung von Werkzeugen und Wartungen zu den Themenfeldern der zweiten Stufe.

### Stufe 3 – selbstregelnde Fabrik

Sowohl im Sinne der Standardisierung von Abläufen als auch um den Menschen von eintönigen Aufgaben zu entlasten, sollten in Stufe 3 Regelkreise eingerichtet werden. Beispiele dafür sind eKanban, automati-

sche Meldungen von Störungen und veränderten Prozesswerten sowie eine prozessorientierte Werkerführung inklusive Prozessverriegelung. Das Ziel: Wenn alles gut läuft, regelt die Fabrik sich selbst. Trotzdem spielt der Mensch eine zentrale Rolle, sobald Probleme auftreten.

### Stufe 4 – funktional vernetzte Fabrik

Der Blick auf die reinen Fertigungsdaten reicht irgendwann nicht mehr aus. Daten müssen korreliert werden – sowohl mit Daten aus dem eigenen System als auch mit benachbarten Disziplinen wie der Qualitätssicherung, der Intralogistik oder dem Gebäudemanagement. Mehr und mehr nähert man sich so einer kompletten Vernetzung an.

So werden mit der Zeit immer komplexere Zusammenhänge hergestellt: Aus der klassischen Fabrik wird eine Smart Factory.

## Parallelen zu anderen Modellen

Wie bereits angeführt, gibt es mittlerweile auch von anderen Experten neue Erkenntnisse. Als Referenz sollen hier zwei Beispiele näher betrachtet werden: der VDMA-Leitfaden „Retrofit für Industrie 4.0“ und der „Industrie 4.0 Maturity Index“ von Acatech.

### VDMA-Leitfaden

Zwar geht es im VDMA-Leitfaden im Wesentlichen darum, vorhandene Maschinen und Anlagen fit für Industrie 4.0 zu machen, aber genau das ist auch das Kernthema der ersten Stufe im 4-Stufen-Modell „Smart Factory“. Der sogenannte „Industrie 4.0 Retrofitting Level“ wächst, je konsequenter Daten erfasst, visualisiert und genutzt werden – bis hin zur Selbstregelung. Damit reichen die Parallelen zum 4-Stufen-Modell von MPDV bis in die Stufe 3 (selbstregelnde Fabrik). Der VDMA-Leitfaden ergänzt den Einsatz von

Künstlicher Intelligenz (KI), um mit Machine Learning Modelle aus den erfassten Daten zu erstellen. Diese Modelle sollen später dabei helfen, Maßnahmen zur Fehlerbehebung abzuleiten oder zu ergreifen. Aus der Forderung, die Daten mit Geschäftspartnern auszutauschen, liest man Ansätze der Stufe 4 (funktional vernetzte Fabrik) heraus. Je nach Anwendungsfall kann dies mit einer Korrelation gleichgesetzt werden. Den Aspekt der Planung behandelt der VDMA-Leitfaden nicht, allerdings sorgt auch die kontinuierliche Zustandsüberwachung für mehr Reaktionsfähigkeit.

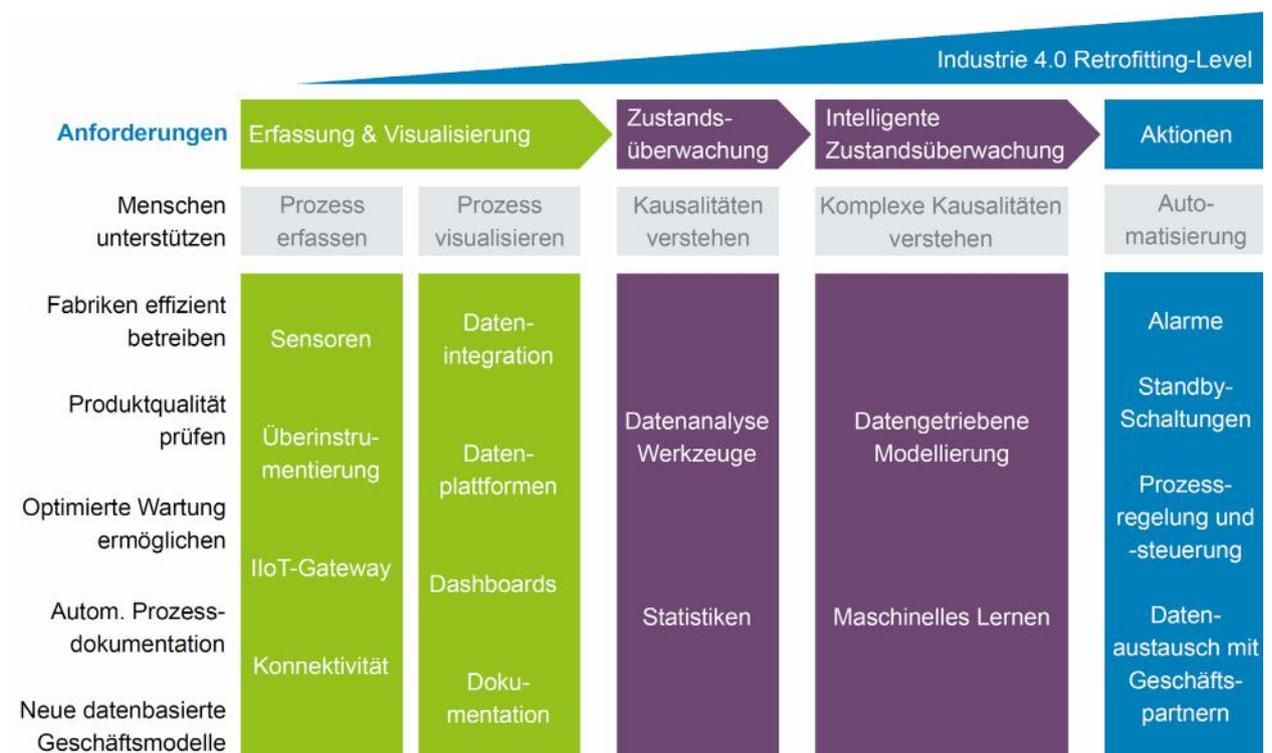


Bild: 2: VDMA-Leitfaden „Retrofit für Industrie 4.0“

## Acatech Maturity Index

Acatech unterteilt den Weg zur Industrie 4.0 in sechs Entwicklungsstufen und formuliert passend dazu sowohl Fragen als auch Fähigkeiten. Die Datenerfassung selbst (Stufe 1 & 2) sieht Acatech sogar noch vor der Industrie 4.0. Allerdings definiert auch der Industrie 4.0 Maturity Index Sichtbarkeit und Transparenz als wichtige Stufen. Acatech geht technologisch ein wenig tiefer ins Detail und bezieht ab Stufe 4 (Transparenz) den sogenannten digitalen Schatten ein, um die erfassten Daten einem Äquivalent in der realen Welt zuzuordnen. Stufe 5 (Prognosefähigkeit) und Stufe 6 (Anpassbarkeit) entsprechen im weitesten Sinne den Stufen 2 (reaktionsfähige Fabrik) und Stufe 3 (selbstregelnde Fabrik) im MPDV-Modell „Smart Factory“. Eine eindeutige Zuweisung der beiden Stufen zu einem Äquivalent im MPDV-Modell ist allerdings nicht möglich, da sich die jeweils betrachteten Aspekte überlappen.

Der Maturity Index geht sogar noch einen Schritt weiter und wendet das Entwicklungsmodell nicht nur auf die Fertigung selbst, sondern auf insgesamt vier Gestaltungsfelder an: Ressourcen, Informationssysteme, Organisationsstruktur und Kultur. Dadurch wird klar, dass es eben nicht nur um den Einsatz innovativer Technologien geht, sondern vielmehr um einen ganzheitlichen Ansatz der digitalen Transformation, der das komplette Unternehmen betrifft. Damit geht Acatech auch deutlich über das Betrachtungsfeld des 4-Stufen-Modells von MPDV hinaus. Trotzdem lassen sich daraus Aspekte ableiten, die sich direkt oder indirekt auf die Fertigung in der Smart Factory auswirken. Beispielsweise schlägt Acatech ein umfangreiches Kennzahlensystem vor, um den Entwicklungsstand zu bewerten – diese Methode kann sehr gut mit dem MPDV-Modell kombiniert werden.

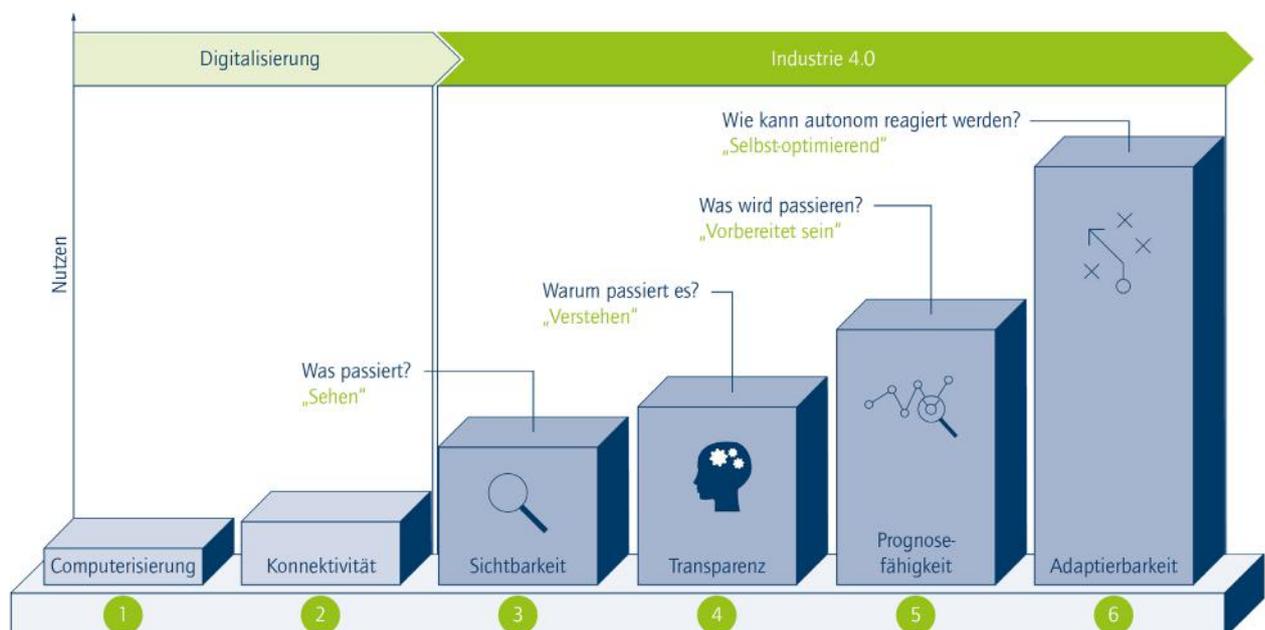


Bild 3: Stufen des Industrie 4.0-Entwicklungspfades (Quelle: FIR e. V. an der RWTH Aachen)

## Das 4-Stufen-Modell heute

### Nun aber zu dem, was sich verändert hat und wie das 4-Stufen-Modell „Smart Factory“ darauf reagiert.

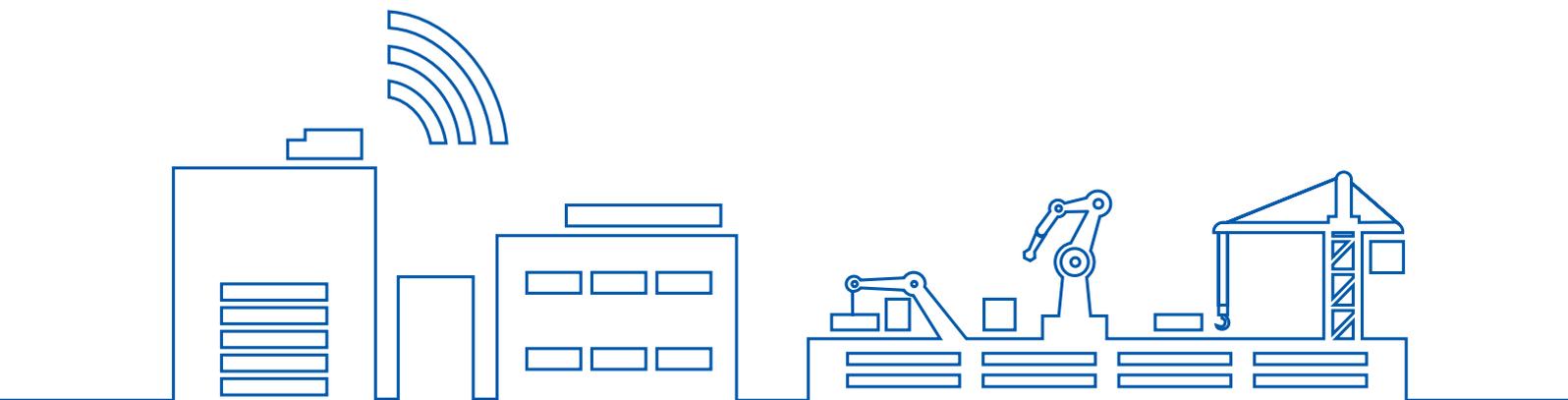
#### Was tut sich in Stufe 1?

Zunächst einmal sind die Menge und die Breite der Daten, die erfasst werden können, deutlich gewachsen. Damit sind detaillierte Auswertungen möglich und Kennzahlen werden damit immer exakter und verlässlicher. Allerdings übersteigt die Masse an Daten nicht selten das Fassungsvermögen herkömmlicher Systeme. Daher sieht das aktualisierte 4-Stufen-Modell bereits in Stufe 1 den Einsatz von Künstlicher Intelligenz (KI) vor. Insbesondere Machine Learning und Anomaly Detection sind geeignete Methoden, um der Datenflut Herr zu werden. Beispielsweise kann die KI aus einem breiten Feld an historischen Auftrags- und Maschinendaten feststellen, in welchen Schichten oder unter welchen Umständen es zu Einbrüchen in der Performance oder zu erhöhten Ausschussraten kommt. Die KI kann auf Basis der Daten sogar Einflussfaktoren identifizieren und so die Optimierung erleichtern. Die Integration von KI-Methoden in HYDRA X unterstützen den Anwender konsequent bei der ganzheitlichen Nutzung der Daten, die zur Verfügung stehen.

#### Was tut sich in Stufe 2?

Insbesondere die Planung muss auf die stetig wachsende Komplexität reagieren. Kleinere Losgrößen, eine höhere Variantenvielfalt und der globale Wettbewerbsdruck sorgen für mehr Vorgänge, die entweder parallel oder in schneller Folge abgearbeitet werden müssen. Zusätzliche Rahmenbedingungen und wechselseitige Abhängigkeiten verkomplizieren den Planungsprozess enorm. Auch in dieser Disziplin kann die Künstliche Intelligenz helfen. Beispielsweise bietet sich eine automatische Planung auf Basis von Reinforcement Learning an. Dabei optimiert die KI die Planung unter Berücksichtigung aller Randfaktoren und Verfügbarkeiten. MPDV bietet mit dem Advanced Planning and Scheduling System (APS) FEDRA ein leistungsstarkes Planungswerkzeug für Aufträge, Maschinen, Werkzeuge, Material, Energie und Personal, das mit AI Planning auch eine KI-basierte Planung beinhaltet.

Auch beim Instandhaltungsmanagement kann die KI unterstützen, indem sie Materialverschleiß vorher sagt. Predictive Maintenance wandelt sich dadurch von einem Maschinenhersteller-Thema zu einem wesentlichen Aspekt der Fertigungs-IT. Je mehr Daten zur Verfügung stehen, desto besser kann die Smart Factory auf die jeweiligen Gegebenheiten reagieren. Damit greift die Stufe 2 zwar den Stufen 3 und 4 vor, aber im Sinne eines Regelkreises wird die Reihenfolge der Stufen ohnehin hinfällig.



### Was tut sich in Stufe 3?

Die Fähigkeit der Selbstregelung profitiert enorm von der Leistungssteigerung der IT-Systeme. Somit können viel mehr Daten ausgewertet werden, was die Treffsicherheit vorgeschlagener Maßnahmen deutlich steigert. Irgendwann werden wir von einer mitlaufenden KI sprechen, die alles überwacht und Unregelmäßigkeiten sofort erkennt. Dann kann jeder für sich selbst entscheiden, ob er nur über die Anomalie informiert werden möchte, ob die KI Maßnahmen vorschlagen soll oder ob sich alles gleich selbst regelt.

Auch das Denken in Prozessen führt dazu, dass Abläufe besser abgebildet werden, was wiederum zu mehr Transparenz in den Prozessen führt. Insbesondere in der Montage leisten moderne Tools der Werkerführung einen essenziellen Beitrag zur Optimierung. Schrittweise Arbeitsanweisungen in Form von Text, Bildern und Videos orientieren sich exakt an dem, was

der Werker gerade macht beziehungsweise machen soll. Im Sinne der Selbstregelung unterbindet das System dabei Handlungen, die nicht erwünscht sind. Beispielsweise werden Werkstücke nicht angenommen oder weitergeleitet, wenn der aktuelle Zustand nicht den Vorgaben entspricht. Um in diesem Umfeld langfristig handlungsfähig zu bleiben, müssen die Prozesse im System modelliert werden. Eine Abbildung durch Programmierung ist viel zu aufwendig und starr. Das Assembly Management in HYDRA X beinhaltet daher sowohl Funktionen zur Modellierung als auch zur prozessorientierten Werkerführung.



### Was tut sich in Stufe 4?

Wie bereits an der einen oder anderen Stelle angedeutet, wird die Vernetzung und die Korrelation von Daten immer mehr zur Grundlage für Transparenz, Reaktionsfähigkeit und Selbstregelung. Hier zeigt sich sehr deutlich, dass aus dem Stufen-Modell ein Regelkreis geworden ist. Der Einsatz Künstlicher Intelligenz bringt allerdings einen weiteren Aspekt ins Spiel, den bereits das Modell Smart Factory Elements aufzeigt: Prediction – also Vorhersagen. Die Anwendung von Modellen, die mit historischen Daten erstellt wurden, auf Echtzeitdaten ermöglicht einerseits deren Bewertung und andererseits eine Vorhersage von Ereignissen und Ergebnissen. Ein gutes Beispiel dafür ist Predictive Quality. Hier werden auf Basis von Prozessdaten Qualitätsergebnisse vorhergesagt, was zu enormen Kostenersparnissen führen kann.

Damit die Vernetzung aber weiter voranschreitet, braucht es eine Möglichkeit, Daten aus unterschiedlichen Quellen zusammenzuführen. Das Zauberwort an dieser Stelle lautet Interoperabilität. Es bedeutet, dass

alle beteiligten Systeme ein gemeinsames Verständnis der Daten haben, die ausgetauscht werden und dass die Übertragungsmethoden standardisiert sind. Eine offene Plattform mit semantischem Informationsmodell eignet sich bestens als Datendrehscheibe für die Smart Factory. Beispielsweise bietet MPDV mit der Manufacturing Integration Platform (MIP) eine solche Plattform an, auf deren Basis Anwendungen verschiedener Anbieter flexibel miteinander kombiniert werden können. Das gemeinsame Datenmodell sowie der standardisierte Zugriff auf sogenannte Microservices stellen sicher, dass die MIP als universelle Schnittstelle genutzt werden kann. Die neueste Generation der MPDV-Lösungen HYDRA X und FEDRA bestehen bereits aus einer Vielzahl von sogenannten Manufacturing Apps (mApps), die über die MIP Daten austauschen. Auch das Ökosystem, das sich rund um die MIP gebildet hat, bringt sukzessive neue und weitere mApps hervor. Somit sind der Vernetzung keine Grenzen mehr gesetzt. Gleichzeitig bilden die neuen Erkenntnisse aus der Vernetzung die Basis für mehr Transparenz: Der Regelkreis der Smart Factory schließt sich.



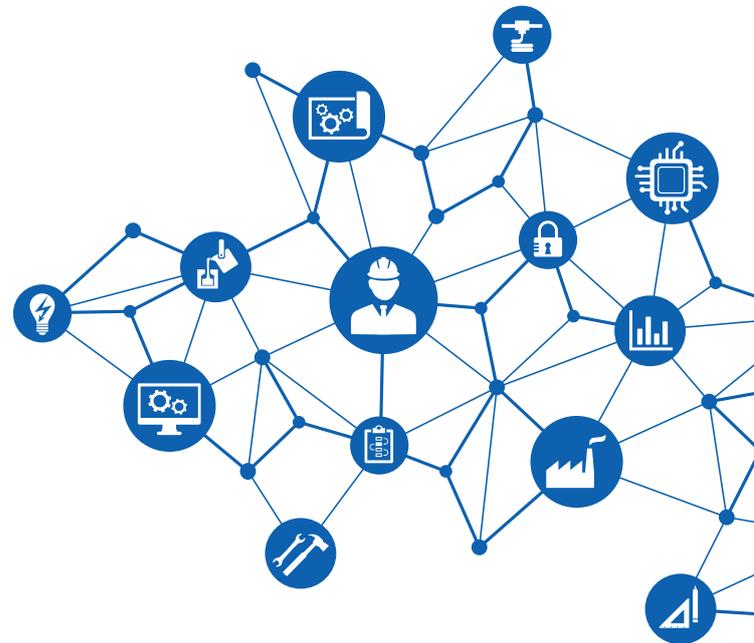
## Aktualisierte Handlungsaufforderung

Was bedeutet das für Sie als Unternehmen auf dem Weg zur Smart Factory? Ganz einfach: Zunächst einmal können Sie an jeder beliebigen Stelle in das aktualisierte Modell einsteigen. Sicher haben Sie die digitale Transformation schon an der einen oder anderen Stelle gestartet. Perfekt – bauen Sie darauf auf. Führen Sie die Daten zusammen und befeuern Sie damit den Regelkreis der Smart Factory. Nutzen Sie die bereits zur Verfügung stehenden Daten, um zunächst die Transparenz im Shopfloor zu steigern und im nächsten Schritt für mehr Reaktionsfähigkeit zu sorgen. Wo immer möglich, richten Sie Regelkreise ein und erlauben so die Selbstregelung. Nutzen Sie die dadurch frei werdenden Kapazitäten, um die Vernetzung voranzutreiben. Und schon sind Sie mittendrin im Regelkreis der Smart Factory.

### Abschließend ein paar Tipps aus der Erfahrung vieler Digitalisierungsprojekte:

#### Think big, start smart

Haben Sie Visionen, aber beginnen Sie mit den sogenannten Low-hanging Fruits. Sorgen Sie dafür, dass Ihnen und Ihren Mitarbeitern die Digitalisierung Spaß macht. Vielleicht schaffen Sie es sogar, dass die Einsparungen eines Projekts das nächste zu einem großen Teil finanzieren. Frei nach Antoine de Saint-Exupéry: „Wenn Du ein Schiff bauen willst, dann trommele nicht Männer zusammen, um Holz zu beschaffen, Aufgaben zu vergeben und die Arbeit einzuteilen, sondern lehre die Männer die Sehnsucht nach dem weiten, endlosen Meer.“ Wenn die Männer dann verstanden haben, dass es auf dem Meer ein Schiff braucht, dann sollte man klare Aufgaben verteilen, aber nicht vorher.



#### Denken Sie an die Rolle des Menschen

Bei aller Digitalisierung und innovativen Technologien spielt der Mensch nach wie vor eine zentrale Rolle. Daher braucht es neben dem technologischen Wandel immer auch Maßnahmen, die den Menschen mitnehmen. Auch wenn der Begriff Change Management bei vielen Unternehmen die Alarmglocken schrillen lässt, sollten Sie sich mit dem Gedanken auseinandersetzen, Ihre Mitarbeiter rechtzeitig auf die digitale Transformation vorzubereiten. Ziel der Smart Factory ist es, den Menschen von eintönigen Routine-Aufgaben zu entlasten und ihm gleichzeitig die Kontrolle über die Wertschöpfung zu geben. Die moderne Fertigungs-IT soll dem Menschen ein hilfreiches Werkzeug sein, um die ständig wachsende Komplexität zu beherrschen.

#### „Nur wenn man es tut, wird es gut“ – frei nach Erich Kästner

Fangen Sie einfach an. Wenn Sie nicht anfangen, dann werden Sie auch nie an Ihrem Ziel ankommen. Haben Sie Mut und vergessen Sie nicht, alle relevanten Mitarbeiter einzubinden. Unterschätzen Sie nie das Expertenwissen Ihrer Werker, Logistiker, Planer und Prüfer. Aber noch mal das Wichtigste: **Fangen Sie jetzt an!**

## MPDV-Whitepaper

---

### Wissen ist Macht!

Unsere Whitepaper bieten Ihnen Wissenswertes zu MES und Industrie 4.0 in kompakter Form. Neben interessanten Fachartikeln, Trendberichten und Produktinformationen enthalten die Whitepaper auch spannende Experten-Interviews und nützliche Checklisten für die Praxis.

### Die funktional vernetzte Fabrik

---

### Die selbstregelnde Fabrik

---

### Die reaktionsfähige Fabrik

---

### In vier Stufen zur Smart Factory

---

### Manufacturing Integration Platform (MIP)

---

### Horizontale Integration

---

### Dezentralität

---

### Management Support



**Jetzt weitere Whitepaper anfordern!**  
[whitepaper.mpdv.com](http://whitepaper.mpdv.com)

## Über uns



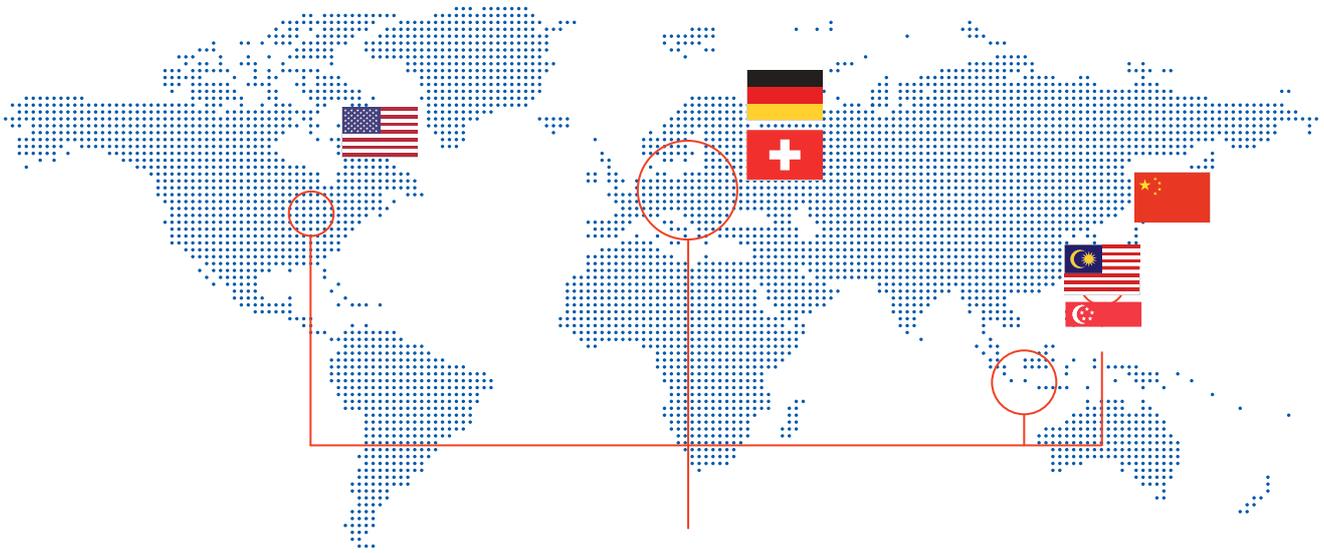
### MPDV Mikrolab GmbH

mit Hauptsitz in Mosbach ist der Marktführer für IT-Lösungen in der Fertigung. Mit mehr als 40 Jahren Projekterfahrung im Produktionsumfeld verfügt MPDV über umfangreiches Fachwissen und unterstützt Unternehmen jeder Größe auf ihrem Weg zur Smart Factory.

Produkte von MPDV wie das Manufacturing Execution System (MES) HYDRA, das Advanced Planning and Scheduling System (APS) FEDRA oder die Integrationsplattform Manufacturing Integration Platform (MIP) ermöglichen es Fertigungsunternehmen, ihre Produktionsprozesse effizienter zu gestalten und dem Wettbewerb so einen Schritt voraus zu sein.

In Echtzeit lassen sich mit den Systemen fertigungsnahe Daten entlang der gesamten Wertschöpfungskette erfassen und auswerten. Verzögert sich der Produktionsprozess, erkennen Mitarbeiter das sofort und können gezielt Maßnahmen einleiten.

Täglich nutzen weltweit mehr als 900.000 Menschen in über 1.400 Fertigungsunternehmen die innovativen Softwarelösungen von MPDV. Dazu zählen namhafte Unternehmen aller Branchen. Die MPDV-Gruppe beschäftigt rund 500 Mitarbeiter an 13 Standorten in Deutschland, China, Luxemburg, Malaysia, der Schweiz, Singapur und den USA.



Chicago · Hamburg · Hamm · Heidelberg · Kuala Lumpur · Luxemburg  
Mosbach · München · Serrig · Shanghai · Singapur · Stuttgart · Winterthur



---

MPDV Mikrolab GmbH · Römerring 1 · 74821 Mosbach  
+49 6261 9209-0 · [info@mpdv.com](mailto:info@mpdv.com) · [www.mpdv.com](http://www.mpdv.com)