



## Presse-Information

Press release • Information de presse

### Kontakt/Contact:

Dr. Kathrin Rübberdt  
Tel. ++49 (0) 69 / 75 64 - 2 77  
Fax ++49 (0) 69 / 75 64 - 2 72  
e-Mail: presse@dechema.de

Trendbericht

Dezember 2017

### **Das Ganze ist mehr als die Summe der Teile: Modularisierung ebnet den Weg zur „Prozessindustrie 4.0“**

**Es gibt wenig, das frustrierender ist als ein unsauber geschnittenes Puzzle, beim dem nicht klar ist, ob die Teile zusammengehören. Das Gleiche gilt für den Anlagenbau: Ein Puzzle aus Einzelkomponenten, die nicht passen, nützt nichts. Aber wenn die Module zusammenpassen, bietet der modulare Anlagenbau enormes technisches und wirtschaftliches Potenzial.**

Nicht nur Autos, Kleidung oder dem Frühstücksmüsli werden mittlerweile individualisiert. Auch die Kunden der chemischen und pharmazeutischen Industrie erwarten zunehmend maßgeschneiderte Produkte. Mit konventionellen Anlagen sind die notwendigen kurzen Entwicklungs- und Produktlebenszyklen kaum machbar. Modulare Anlagen sind deshalb weltweit im Aufwind, um die sich verändernden Kundenerwartungen zu erfüllen. Sie ermöglichen Flexibilität im Hinblick auf Produktionskapazitäten (z.B. durch „Numbering-up“ oder Parallelisierung), Produktvielfalt (z.B. durch den Austausch von Reaktions- oder nachgeschalteten Verarbeitungsmodulen), Rohstoffe oder Standort (z.B. mobile Module). Schnell verfügbare Standardmodule erhöhen zudem die Wettbewerbsfähigkeit, besonders, wenn sie von vielen Unternehmen genutzt werden und so in hoher Stückzahl bei niedrigen Kosten hergestellt werden können.

#### **Modularisierung schon in der Planungsphase**

Die Vorteile der Modularisierung lassen sich von der Planungsphase an realisieren: Die Wiederverwendung von Engineering-Informationen und ein durchgängiges Datenhandling über alle Projektphasen ermöglichen eine beschleunigte Engineering-Phase und kürzere Markteinführungszeiten. Um das zu erreichen, ist die Verwendung eines standardisierten, modularen Planungsablaufs vor der physikalischen Modularisierung entscheidend.

Um vielseitige kontinuierliche Produktionseinheiten zu erhalten und eine dezentralisierte Produktion zu ermöglichen, kann eine physikalische Modularisierung von Prozessanlagen zum Einsatz kommen. Die Moduldefinition wird so vorgenommen, dass je Modul festgelegte Funktionen beibehalten werden.

Die physikalische Modularisierung kann auf Apparate-, Anlagen- oder Logistikebene sowohl vor Ort am Standort als auch im Produktionsnetzwerk erfolgen. Falls eine physikalische Modularisierung erwünscht ist, werden die kompatiblen Module als anpassbare Einheiten konstruiert und zu Mehrzweck-Anlagen zusammengestellt. Während des Betriebs

1 / 6

vereinfacht die Austauschbarkeit der einzelnen Module Wartung und Service und reduziert Umrüstzeiten. Betriebsdaten aus der Produktion können vom Anlageningenieur direkt verwendet werden, um Wartungsstrategien festzulegen und bereits geplante Module für künftige Projekte zu optimieren. Im Anschluss an die Produktionsphase wird die Anlage zurückgebaut, während die Informationen und physischen Komponenten weiter verwendet werden können. So werden eine kontinuierliche Verbesserung und die Weiternutzung von Betriebserfahrung sichergestellt.

### **Physikalische Modularisierung: Die Funktion bestimmt das Modul**

Um einen systematischen Modularisierungsansatz von der Prozessentwicklung bis zum Rückbau einer Anlage umzusetzen, wird ein Prozess zunächst virtuell in Equipment-Gruppen unterteilt, die zum selben Prozessteil gehören. Das reduziert die Komplexität eines Prozesses und schafft wiederverwendbare Bausteine. Alle für die Konstruktion solcher Module erforderlichen Planungsdokumente werden in funktionalen Prozesseinheiten zusammengefasst, die man als Prozessequipment-Design-Module (Process Equipment Design – PED) bezeichnet und in Datenbanken speichert.

Ein PED umfasst mindestens einen Hauptapparat, der die gewünschte Unit Operation zusammen mit allen erforderlichen Peripheriekomponenten bietet. Innerhalb jedes PEDs können die Hauptapparate ausgetauscht werden, um das PED an unterschiedliche Betriebsbedingungen anzupassen. Jedes PED wird als Datenbankelement gespeichert, das alle Informationen und Dokumente enthält

PEDs sollten Simulationsmodellen beinhalten, die die Konfiguration von Modulen ermöglichen, beginnend bei einer Beschreibung der PED-Funktionalität. Für eine leichte Wiederverwendung werden die PEDs dann nach funktionalen Einheiten –Prozess- und Service-Einheiten – kategorisiert. Prozess-Einheiten stehen in direktem Kontakt mit Reaktanten, Prozess- oder Abfallströmen (z. B. Lagerung und Dosierung, Reaktion, Aufarbeitung/Downstream, Formulierung und Verpackung). Service-Einheiten haben unterstützende Funktionen für eine oder mehrere Prozess-Einheiten, wie z. B. Betriebsmittel- und Energieversorgung, und stehen nicht in direktem Kontakt zu den Prozessströmen. Diese Unterscheidung und die zugehörige Datenbank sollten verschiedene Wiederverwendungsszenarien ermöglichen, um die Markteinführungszeit zu reduzieren.

Einzelne PEDs können zu einem Prozess-Plant-Design (PPD) kombiniert werden. Das PPD entspricht dem Leistungsumfang einer modularen Anlage und umfasst alle Dokumente, die für Konstruktion und Betrieb benötigt werden. Es legt die Positionen und Anschlüsse zwischen den PEDs fest und stellt so praktisch den gewünschten Prozess dar.

### **Der Grundbaustein: Modulares Equipment**

Grundvoraussetzung für eine effiziente, aber auch vielseitige Produktionsumgebung ist die Verfügbarkeit von zuverlässigem Prozessequipment für die kleinskalige industrielle Verarbeitung. Dazu gehören auch valide Simulationsmodelle für prozessintensivierte Apparate sowie robuste Geräte, die eine den Industriestandards entsprechende

Zuverlässigkeit bieten. Ein einzelnes Equipmentteil kann als modular definiert werden, wenn es eines der folgenden Merkmale bietet:

- Inhärentes modulares Design, welches das Numbering-up von grundlegenden Elementen (z. B. Kanalreaktor, der für ein Numbering-up der Kanalanzahl und -länge vorbereitet ist) in Serien- oder Parallelanordnung bietet, oder ein weiteres Schlüsselmerkmal, das die Wiederverwendung der Apparate begünstigt.
- Inhärentes modulares Design, das konfigurierbare Elemente zur Anpassung an verschiedene Betriebsbedingungen bietet (z. B. modulare Prozessregelungssysteme, die eine variable Integration von Modulen in das Mastersystem ermöglichen).
- Baureihe, die dieselben Funktionalitäten bei verschiedenen Betriebsgrößen bietet (z. B. eine Pumpenserie, die verschiedene Volumenstrombereiche bei Verwendung desselben Operationsprinzips bietet).

Physikalische Modularisierung eignet sich für Mehrprodukt-/Mehrzweck-Anlagen, bei denen Neukonfigurationen der Prozessstrukturen zwischen den Produktionskampagnen häufig sind. Darüber hinaus kann eine Integration von kleinskaligem, kontinuierlich betriebemem Equipment in Pilot- oder Mehrzweck-Batch-Anlagen realisiert werden, um hocheffiziente Hybridproduktionskonzepte zu ermöglichen. In diesem Fall besteht die Anlage aus individuellen Prozessapparate-Baugruppen (PEAs). Ein PEA stellt eine physikalische Umsetzung eines PEDs dar, die weiteren geometrischen und technischen Design-Richtlinien folgt, um die Kompatibilität von unabhängig geplanten Modulen zu gewährleisten.

### **Anlage im Container**

PEAs können über definierte physische Schnittstellen während des Anlagenbetriebs ausgetauscht werden, um eine vielseitige Umrüstung bei Mehrprodukt- und Pilot-Anlagen zu erlauben.

Der Zusammenschluss von mehreren PEAs zu einer Produktionsanlage wird durch den Prozess-Equipment-Frame (PEF) beschrieben. Der PEF enthält die geometrischen Bedingungen und sicherheitstechnischen Spezifikationen der Installationsumgebung und deckt die Versorgung aller PEAs ab. Der PEF beinhaltet das Gesamtprozessleitsystem der angeordneten PEAs und gilt als eine unabhängige Produktionseinheit. Bei Standalone- oder dezentralisierten Produktionsszenarien kann die Integration von PEAs in einen PEF in modifizierten Transportcontainern erfolgen. Die Container bieten eine voll integrierte Infrastruktur für eine mobile und rekonfigurierbare Produktionsumgebung, die nur eine Versorgung mit den grundlegenden Betriebsmitteln vor Ort erfordert.

Um alle Vorteile aus intensivierten, kontinuierlichen Prozessen zu ziehen, ist eine langfristig stabile, engmaschig gesteuerte und voll automatisierte Produktion erstrebenswert. In diesem Zusammenhang spielen Prozessanalysetechnologien (PAT) eine entscheidende Rolle. Basierend auf ihren Informationen können die kritischen Prozessparameter (CPP) überwacht, gesteuert und optimiert werden, um die gewünschte Produktoutputqualität zu

erzielen oder Veränderungen in den kritischen Qualitätsmerkmalen (CQA) schnell zu erkennen.

Für die effiziente Implementierung von PAT-Tools sollten die erforderlichen Messverfahren (einschließlich geeigneter Mess-/Probenahme-Punkte) in einer frühen Planungsphase festgelegt werden. Idealerweise werden über Prozessentwicklung und Scale-up vom Labor zum Pilot- oder Produktionsmaßstab hinweg dieselben Analysemethoden angewandt.

Zu den Voraussetzungen für modulare Anlagen gehören ein tiefgehendes Verständnis der Mikroreaktionstechnologie, Prozessintensivierung und der kontinuierlichen Produktion – alles Bereiche, in denen in den letzten Jahren erhebliche Forschungsanstrengungen unternommen und – nicht zuletzt – öffentliche Fördergelder investiert wurden. Forschungsprojekte wie die F<sup>3</sup> Factory oder die ENPRO-Initiative haben bewiesen, dass der Modularisierungsansatz realistisch und umsetzbar ist. Die Vision der F<sup>3</sup> Factory war ein radikaler modularer Ansatz für eine schnelle Prozessentwicklung und die Implementierung von neuartigen flexiblen und nachhaltigen Prozessen mit verbessertem CapEx (Investitionen in Sachanlagen) und OpEx (operativen Ausgaben). In den erfolgreichen Fallstudien wurde das Potenzial von Intensivierung und Modularisierung für die chemische Industrie nachgewiesen. Während des F<sup>3</sup> Factory-Projekts wurden zudem erste Design-Richtlinien und -Standards angewandt, die die Flexibilität einer Produktionsanlage durch austauschbare PEAs erhöhten.

## Die Vision erwacht zum Leben

Neben den öffentlich geförderten Projekten haben Chemiekonzerne und Lieferanten bereits damit begonnen, die Modularisierung in ihren verschiedenen Anwendungsgebieten umzusetzen. Da gemeinsame Vorstellungen über den Grad von Modularisierung und Standardisierung fehlten, wurden verschiedene Wege eingeschlagen, um die Modularisierung in diesen Unternehmen anzugehen:

- BASF verwendet maßgefertigte Container für die kleinskalige Produktion; sie werden in zentralen Konstruktions-Werkstätten gefertigt und anschließend zum gewünschten Produktionsstandort transportiert.
- Evonik verwendet Container als eine spezielle Art von standardisierter mobiler Infrastruktur-Plattform (Eco-Trainer) für eine schnelle Prozessentwicklung und anschließende kleinskalige Produktion. Dieses Konzept wurde in der Vergangenheit erfolgreich für Elektronik-Chemikalien nachgewiesen. Darüber hinaus führt Evonik ein dem F<sup>3</sup> Factory-Konzept ähnliches modulares Frame-Konzept für die Prozessentwicklung in einer Pilotanlagenumgebung ein.
- Merck arbeitet in einer Umgebung, in der die Markteinführungszeit der sensibelste Faktor für die Einführung von neuen Produkten auf dem Markt ist. Die kleinskaligen kontinuierlichen Produktionsanlagen beruhen auf dem Mehrprozessanlagenkonzept, das eine hohe Flexibilität in Verbindung mit einer Prozessintensivierung gewährleistet.
- Clariant unterscheidet zwischen modularen Anlagenkonzepten, die spezifische Bedürfnisse wie den Markteintritt (schnell und zuverlässig) und Arten von Technologietransfer (Probenahme, Pilotierung und Schulung) ansprechen. Derzeit

arbeitet Clariant an Pilotprojekten mit Schwerpunkt auf Formulierung und chemischen Reaktionen.

- Invite bietet Engineering-Services für modulare Anlagen gemäß dem F<sup>3</sup> Factory-Konzept. Dazu zählen ein Basic- und Detail-Engineering sowie Prüfungen und Tests von modularen Anlagen in einem Technikum, das speziell für modulare Prozesscontainer ausgerüstet ist

Neben der Implementierung dieser Konzepte in Chemiekonzernen setzen immer mehr Lieferanten sie in ihren Unternehmen ein. ZETON bietet die Konstruktion von modularen Labor-, Mini- und Pilot-anlagen für verschiedene chemische Sektoren an. Integrated Lab Solutions (ILS) baut kompakte Labor- und Mini-Anlagen besonders für Hochdurchsatzverfahren mit ME. hte stellt Technologien und Services für verbesserte F&E-Produktivität mit Schwerpunkt auf einer Hochdurchsatztechnologie-Plattform und modularen Systemen für die Testung von Katalysatoren zur Verfügung. Lonza und Ehrfeld bieten modulare Mikroreaktorsysteme für eine kontinuierliche Produktion an. Darüber hinaus entwickelt HiTec Zang ein Laborautomatisierungssystem, das eine schnelle Realisierung von Batch-Sequenz-Protokollen ermöglicht. Diese modularen Konzepte basieren jedoch immer noch auf individuellen Standardisierungskonzepten, denen ein gemeinsamer Standardisierungsansatz fehlt.

### **Damit die Puzzleteile passen: Standardisierung**

Trotz allem sind modulare Anlagen ein völlig neuer Ansatz. Um das Ziel einer vollständig modular konzipierten und gebauten Anlage zu erreichen, bedarf es noch einiger Anstrengungen, besonders im Bereich der Standardisierung von Ausrüstung und Automationstechnologie. Eine zentrale Voraussetzung ist die Entwicklung von Standard-Lösungen für Probleme, die wiederholt auftreten, und die Definition von Richtlinien für die Konzipierung neuer PEDs. Beispiele für Standardanwendungen sind Lagern, Dosieren oder Mischen. Diese basieren typischerweise nicht auf proprietärem Wissen und können gemeinsam von mehreren Unternehmen entwickelt und von Lieferanten gebaut werden. Damit könnten die Anlagenherstellungskosten erheblich reduziert werden. Auf der anderen Seite müssen PEDs individuell entworfen oder bestehende PEDs abgeändert werden, wenn kein geeignetes PED verfügbar ist oder wenn bestimmte Rahmenbedingungen ein individuelles Design unabdingbar machen.

Um die PEAs in Betrieb zu nehmen, sind Schnittstellen zur Verbindung der PEAs miteinander und zum Anschluss an die lokale Infrastruktur erforderlich. Diese Schnittstellen müssen den Anforderungen einer Vielzahl von verschiedenen Prozessen entsprechen. Das ist nur mit flexiblen Schnittstellen, die sich für eine Anpassung an die lokalen Rahmenbedingungen eignen, zu erreichen. Obwohl Schnittstellen für häufig angewandte Anschlüsse standardisiert werden müssen, ist ein bestimmter Grad an Freiheit nötig. So wird eine schnelle PEA-Installation und Anlagenneukonfiguration in Mehrzweck-Anlagen möglich. Bei häufigem Austausch sind starre Schnittstellen erforderlich, die ein schnelles PEA-An- und Abkoppeln ermöglichen. Das kann jedoch erhebliche Mehrkosten

verursachen. Daher ist es wichtig, einen sinnvollen Kompromiss zwischen Standardisierung und Flexibilität zu finden.

*Modularisierung ist einer der großen Trends innerhalb des ACHEMA-Fokusthemas "Flexible Produktion" und wird sowohl in der Ausstellung wie im Kongress eine wesentliche Rolle spielen. Einen Blick in die Zukunft der chemischen Produktion kann man in Halle 9.2 am Stand „Modulare Produktion“ werfen, der von ProcessNet, NAMUR und ZVEI organisiert wird. Chemische Anlagen im Container und Automationssoftware sind Teil der Vision „Prozessindustrie 4.0: Das Zeitalter der modularen Produktion“.*

*Dieser Trendbericht ist ein Auszug aus dem Whitepaper „Modulare Anlagen“ des Temporären ProcessNet-Arbeitskreises „Modulare Systeme“, das in enger Abstimmung von Industrie und Forschungseinrichtungen entwickelt wurde. Es gibt einen Überblick über die derzeitigen Aktivitäten, um die Modularisierung von Anlagen in der chemischen Industrie voranzutreiben. Das vollständige Papier ist verfügbar unter: [www.dechema.de/dechema\\_media/modulareanlagen.pdf](http://www.dechema.de/dechema_media/modulareanlagen.pdf)*

**<http://www.achema.de>**

15.341 Zeichen inkl. Leerzeichen

Die Trendberichte werden von internationalen Fachjournalisten zusammengestellt. Die DECHEMA ist nicht verantwortlich für unvollständige oder falsche Informationen. Die Trendberichte können unentgeltlich für redaktionelle Zwecke unter Angabe der Quelle genutzt werden (s. dazu auch [www.achema.de](http://www.achema.de))