	Anforderungen an die Automatisierungstechnik durch die Modularisierung verfahrenstechnischer Anlagen  Automation Requirements relating to Modularisation of Process Plants	<b>NE 148</b>
<b>Anwendungsbereich</b>  Bei den NAMUR-Empfehlungen („NE“) und -Arbeitsblättern („NA“) handelt es sich um Erfahrungsberichte und Arbeitsunterlagen, die die NAMUR-Mitglieder erarbeitet haben. Die NE und NA werden den NAMUR-Mitgliedern zur nicht ausschließlichen Nutzung für eigene Geschäftszwecke zur Verfügung gestellt. Entsprechendes gilt für Dritte, soweit diese Zugang zu den NE und den NA erhalten.  NAMUR übernimmt keine Gewähr für die Vollständigkeit oder Richtigkeit der NE und NA. Jede Verwendung durch Mitglieder oder sonstige Dritte erfolgt in eigener Verantwortung und auf das eigene Risiko des Verwenders. Schadensersatzansprüche sind ausgeschlossen, soweit diese nicht auf zwingenden gesetzlichen Haftungsvorschriften beruhen. Einzelheiten regelt die Satzung/Geschäftsordnung bzw. die zwischen NAMUR und Dritten getroffene Vereinbarung.  Diese Papiere sind nicht als Normen oder Richtlinien anzusehen.	<b>Scope</b>  The NAMUR recommendations (NE) and work-sheets (NA) are working documents and practical reports prepared by the NAMUR members. The NAMUR members are entitled to use the NE and the NA on a non-exclusive basis and for their own commercial purposes only. The same applies to any third parties that obtain access to the NE and the NA.  NAMUR does not warrant that the NE and the NA are complete or accurate. Any use of the NE and the NA by the NAMUR members or by third parties is at the responsibility and the risk of the user. All claims for damages are excluded, except as stipulated by mandatory liability laws. Details are established in the Articles of Association/Rules of Procedure of NAMUR or in the agreement between NAMUR and a third party.  These papers are neither normative standards nor guidelines.  The English version is a translation. In case of doubt you should follow the original German text.	
<i>* Interessengemeinschaft Automatisierungstechnik der Prozessindustrie</i>	<i>* User Association for Automation in Process Industries</i>	

**Änderungen**

Erstausgabe

**Changes**

First Edition

**Erstellt durch/Prepared by:**

NAMUR-Arbeitskreis 1.12

"Anforderungen an die Automatisierungstechnik durch die Modularisierung verfahrenstechnischer Anlagen"

NAMUR Working Group 1.12

"Automation requirements relating to modularisation of process plants"

**Mitglieder/Members**

Bleuel, Sanofi-Aventis (Obmann/chairman)

Bernshausen, Invite

Claußnitzer, Merck

Evertz, RWTH Aachen

Jäger, HSU Hamburg

Holm, HSU Hamburg

Nekolla, Evonik

Obst, TU Dresden

Pech, BASF

Schmitz, Bayer Technology Services

Urbas, TU Dresden

Als externe Experten waren die folgenden Gäste des AK an der Erarbeitung der NE/NA beteiligt:

The following guests of the Working Group participated as external experts in the compilation of the NE/NA:

keine

none

**Vertrieb nur durch die NAMUR-Geschäftsstelle****Distributed exclusively by the NAMUR Office:**

NAMUR-Geschäftsstelle

c/o Bayer Technology Services GmbH

Gebäude K 9

51368 Leverkusen

Germany

Phone: +49 214/30-71034

Fax: +49 214/30-9671034

E-mail: office@NAMUR.de

Internet: www.NAMUR.de

**Inhaltsverzeichnis**

<b>1</b>	<b>Einleitung</b> .....	<b>4</b>
<b>2</b>	<b>Modularer Anlagenbau</b> .....	<b>6</b>
2.1	Infrastruktur (Backbone) .....	7
2.2	Modulvariante I: Autonome Module .....	7
2.3	Modulvariante II: Integrierbare Module .....	8
2.4	Modulvariante III: Modulare Module .....	9
<b>3</b>	<b>Anforderung an die Automatisierungsstrukturen</b> .....	<b>9</b>
3.1	Automatisierung eines Moduls .....	10
3.1.1	Sensoren / Aktoren / Instrumentierungskonzept .....	11
3.1.2	Signalübertragung .....	11
3.1.3	Steuerung .....	11
3.1.4	Sicherheit .....	12
3.2	Übergeordnetes Automatisierungssystem .....	12
3.2.1	Kennzeichnung .....	13
3.2.2	Bedienung & Beobachtung .....	13
3.2.3	Datendrehscheibe .....	14
3.2.4	Diagnose .....	14
3.2.5	Ergänzende Funktionen .....	14
3.3	Datenaustausch und Informationsschnittstellen .....	15
3.3.1	Strukturdaten .....	15
3.3.2	Dynamische Daten .....	16
3.3.3	Zugriff des Modullieferanten .....	16
<b>4</b>	<b>Life Cycle</b> .....	<b>16</b>
4.1	Planung .....	17
4.1.1	Modul .....	17
4.1.2	Übergeordnetes Automatisierungssystem .....	18
4.1.3	Integration .....	18
4.1.4	Risiken und Maßnahmen .....	19
4.1.5	Dokumentation .....	20
4.2	Errichtung .....	20
4.2.1	Modul .....	20
4.2.2	Übergeordnetes System .....	20
4.2.3	Integration .....	21
4.2.4	Dokumentation .....	21
4.2.5	Installation, Tests und Inbetriebnahme .....	22
4.3	Betriebsphase .....	23
4.3.1	Betrieb .....	23
4.3.2	Optimierung .....	23
4.3.3	Wartung, Instandhaltung .....	24
4.4	Außerbetriebnahme .....	25
4.4.1	An- und Abkoppeln eines Moduls .....	25
4.4.2	Außerbetriebnahme des Backbones .....	26
4.4.3	Außerbetriebnahme eines Moduls .....	26
4.5	Risiken und Maßnahmen .....	26
<b>5</b>	<b>Roadmap</b> .....	<b>26</b>
	Anhang A .....	29

**Contents**

<b>1</b>	<b>Introduction</b> .....	<b>4</b>
<b>2</b>	<b>Modular plant construction</b> .....	<b>6</b>
2.1	<b>Infrastructure (backbone)</b> .....	<b>7</b>
2.2	<b>Module variant I: Autonomous modules</b> .....	<b>7</b>
2.3	<b>Module variant II: Integratable modules</b> .....	<b>8</b>
2.4	<b>Module variant III: Modular modules</b> .....	<b>9</b>
<b>3</b>	<b>Automation structure requirements</b> .....	<b>9</b>
3.1	<b>Automation of a module</b> .....	<b>10</b>
3.1.1	Sensors / Actuators / Instrumentation concept .....	11
3.1.2	Signal transmission .....	11
3.1.3	Control .....	11
3.1.4	Security .....	12
3.2	<b>Higher-level automation system</b> .....	<b>12</b>
3.2.1	Labelling .....	13
3.2.2	Operation & monitoring .....	13
3.2.3	Data hub .....	14
3.2.4	Diagnosis .....	14
3.2.5	Supplementary functions .....	14
3.3	<b>Data exchange and information interfaces</b> .....	<b>15</b>
3.3.1	Structural data .....	15
3.3.2	Dynamic data .....	16
3.3.3	Accessing by the module supplier .....	16
<b>4</b>	<b>Life cycle</b> .....	<b>16</b>
4.1	<b>Planning</b> .....	<b>17</b>
4.1.1	Module .....	17
4.1.2	Higher-level automation system .....	18
4.1.3	Integration .....	18
4.1.4	Risks and measures .....	19
4.1.5	Documentation .....	20
4.2	<b>Installation</b> .....	<b>20</b>
4.2.1	Module .....	20
4.2.2	Master system .....	20
4.2.3	Integration .....	21
4.2.4	Documentation .....	21
4.2.5	Installation, tests and commissioning .....	22
4.3	<b>Operational phase</b> .....	<b>23</b>
4.3.1	Operation .....	23
4.3.2	Optimising .....	23
4.3.3	Service, maintenance .....	24
4.4	<b>Decommissioning</b> .....	<b>25</b>
4.4.1	Coupling and decoupling a module .....	25
4.4.2	Decommissioning the backbone .....	26
4.4.3	Decommissioning a module .....	26
4.5	<b>Risks and measures</b> .....	<b>26</b>
<b>5</b>	<b>Roadmap</b> .....	<b>26</b>
	<b>Annex A</b> .....	

## 1 Einleitung

In Planung und Betrieb verfahrenstechnischer Anlagen beginnt sich ein neues Anlagendesign zu etablieren, um den immer drängenderen Marktforderungen nach Schnelligkeit, Flexibilität und wirtschaftlicher Größenanpassung im dynamischen Umfeld nachzukommen. Eine steigende Volatilität der Absatzmärkte und immer kürzere Entwicklungszeiten für Produkte - mit entsprechend kurzen Verwertungsmöglichkeiten technologischer Vorteile - verändern die Anforderungen an das Design verfahrenstechnischer Anlagen entscheidend und verstärken die Faktoren zu Gunsten der Verwendung vorgeplanter Module in einem Gesamtkonzept.

Das vorliegende Dokument soll Anlagenbauern, Lieferanten und Betreibern beim Einsatz eines neuen, modularen Anlagentyps mit dem Schwerpunkt auf schneller und flexibler Realisierungsmöglichkeit aus der Perspektive der Prozessleittechnik (PLT) unterstützen und den Systemherstellern sinnvolle Hinweise für notwendige Entwicklungen geben. Insbesondere bei konsequenter Umsetzung eines modularen Anlagenkonzepts unter Einsatz vorgeplanter Module ergeben sich erhebliche Auswirkungen auf Betrieb und Instandhaltung einer Anlage, welche in den Betriebskonzepten und im Design berücksichtigt werden müssen. Bereits formulierte Anforderungen, wie beispielsweise die Rückwirkungsfreiheit verschiedener Einrichtungen einer Anlage, oder Anforderungen an die IT-Sicherheit, erfahren durch die Entwicklung von modularen Anlagen eine zusätzliche Dynamik und werden zu Schlüsselanforderungen im Bereich Automatisierungstechnik für solche Anlagenkonzepte.

Unter Berücksichtigung dieser Empfehlung können die geeigneten Rahmenbedingungen für einen erfolgreichen Einsatz modular und flexibel konzipierter Anlagen geschaffen werden um die gewünschten Vorteile wie kurze Errichtungszeiten, flexible Änderungen während der Errichtung und des Betriebes in Verbindung mit einem schnelleren Markteintritt für neue Produkte zu erreichen. Der mit diesem Anlagenkonzept verbundenen Variantenvielfalt der PLT-Geräte, den unterschiedlichen Arbeitsbereichen der Module sowie den suboptimal ausgelegten Arbeitspunkten der Gesamtanlage kann durch organisatorische und technische Maßnahmen begegnet werden.

Der Nutzen eines beschleunigten Verfahrens für Konzeption, Engineering, Aufbau und Inbetriebnahme von Anlagen lässt sich anhand des zeitlichen Verlaufs des kumulierten Finanzflusses (Cumulated Cash Flow, CCF, Abbildung 1) darstellen. Das Minimum der Kurven zeigt den Zeitpunkt, ab dem mit der Anlage Umsatz generiert wird. Dieser Punkt ist nach der Inbetriebnahme erreicht. Es wird

## 1 Introduction

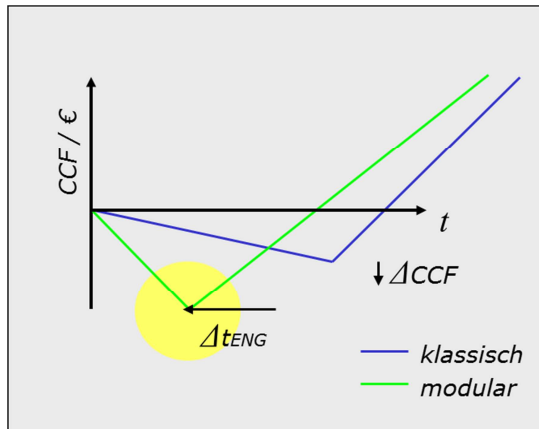
A new system design is beginning to establish itself in the planning and operation of process engineering to meet the increasingly pressing demand for speed, flexibility and efficient resizing in a dynamic environment. The rising volatility of sales markets and increasingly shorter development cycles for products - with correspondingly limited options for the exploitation of technological advantages - are changing the requirements to be met during the design of process engineering plants decisively and strengthening factors in favour of the use of pre-planned modules in an overall concept.

This document is designed to provide plant constructors, suppliers and operators with support during use of a new, modular plant type with the focus on more rapid and flexible realisation options from the process control technology (PCT) perspective and practical information for system manufacturers for necessary developments. In the case of consistent implementation of a modular system concept using pre-planned modules in particular, the consequences for the operation and maintenance of a plant are considerable and must be taken into consideration in operating concepts and design. Requirements which have already been defined, such as the absence of interaction from different equipment in a system or IT security requirements have been infused with an additional dynamism through the development of modular systems and become key requirements in the area of automation engineering for plant concepts of this kind.

Taking this recommendation into consideration, appropriate framework conditions can be created for the successful use of modular and flexibly designed plants to achieve desired advantages such as short installation durations and flexible modification during construction and operation in conjunction with a quicker market launch for new products. The variety of PCT devices, different working areas of modules or suboptimal designed operating points of the complete system associated with this plant concept can be addressed through organisational and technical measures.

The benefit of an accelerated workflow for the design, engineering, construction and commissioning of facilities can be illustrated on the basis of the chronological progress of the cumulated cash flow (CCF, Figure 1). The minimum of the graphs indicates the point in time after which the system generates turnover. The point is reached following commissioning. It becomes obvious that a higher

deutlich, dass allein durch eine zeitlich stark nach vorne gerückte Inbetriebnahme der modularen Anlage trotz gegebenenfalls höherer Investitionskosten und geringerer Effizienz in einem bestimmten Zeitintervall ein höherer positiver CCF erzielt werden kann.



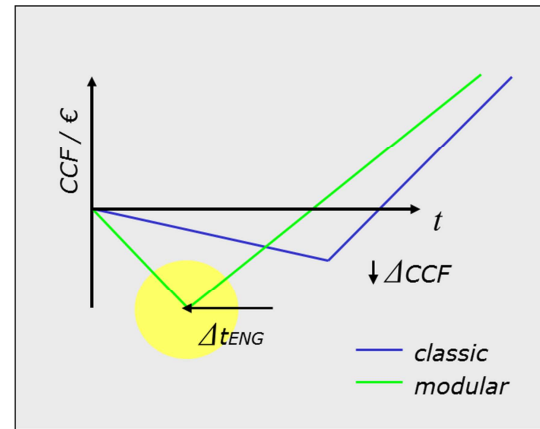
**Abbildung 1: Kumulierter Finanzfluss (CCF) eines Anlagenprojekts über der Zeit für konventionelles (blau) und modulares (grün) Vorgehen**

Zusätzlich zu den Vorteilen eines schnelleren Anlagenbaus und einer größeren Flexibilität bei Änderungen während des Lebenszyklus der Anlage kann die Erstinvestition durch geschickte Gestaltung der Anlage reduziert werden. Durch einen späteren, schrittweisen Ausbau der Anlage kann mittels „Numbering-up“ der Module eine Anpassung an die erforderliche Produktionsmenge erfolgen. Unnötige Vorabinvestitionen in der frühen Produktentwicklung werden vermieden. Auf veränderte Marktbedingungen kann flexibler reagiert werden. Weitere Kostenreduktionen und Erhöhung der Flexibilität im Einzelfall sind in der Wiederverwendbarkeit von Modulen für unterschiedliche Anwendungsfälle oder in der zeitweisen Bereitstellung des Equipments auf Basis von Mietmodellen oder Leasing zu sehen.

Die Preise einzelner Module werden mit der Vergrößerung des Absatzmarktes sinken. Dadurch werden die Investitionen für modulare Anlagen auf lange Sicht weiter reduziert.

Die Nutzung verfahrenstechnischer Module im Anlagenbau, z.B. als Package Units, zählt bereits zur gängigen Praxis. Allerdings wird die Integration der Module zu einer Gesamtanlage immer noch manuell geplant und durchgeführt. Die heutigen PLT-Funktionen und Werkzeuge unterstützen in dieser Hinsicht weder bei der Errichtung, noch beim Betreiben der Produktionsanlagen in ausreichendem Maße. Unterschiedliche Eigenschaften der Automatisierungssysteme und Feldgeräte der Module sind nicht harmonisiert und die Verwaltung übergreifender Anforderungen (z.B. eindeutige Bezeichnung im Namensraum der Anlage) müssen manuell verwaltet werden.

positive CCF can be achieved solely through bringing commissioning of the modular plant forward to a considerably earlier date, despite possibly higher investment costs and lower efficiency within a certain time interval.



**Figure 1: Cumulated cash flow (CCF) of a plant construction over the time required for a conventional (blue) and modular (green) approach**

In addition to the advantages of quicker plant construction and greater flexibility in the case of changes during the life cycle of the plant, initial investment can be reduced through skilful design of the system. Furthermore, the plant capacity can be gradually expanded at a later stage by numbering up the modules to the required production volume. Unnecessary pre-investments in early product development are avoided. It is possible to react with greater flexibility to changing market conditions. Further cost reductions and the increase of flexibility in individual cases are apparent in the reusability of modules for different applications or the temporary provision of equipment on the basis of rental models or through leasing.

Module prices will fall with the enlargement of the sales market. Investments for modular systems will be reduced further as a result in the long term.

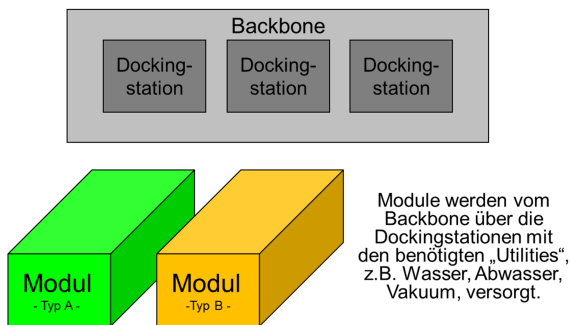
Use of process engineering modules in plant construction (e.g. as package units) is already regarded as normal practice. However, integration of modules to form a complete system is still planned and realised manually. Today's PCT functions and tools fail to provide an adequate degree of support in this respect, whether during installation or operation of production plants. The differing characteristics of automation systems and module field devices are not harmonised, and overlapping requirements (e.g. clear designation in the system namespace) need to be administered manually.

tet werden.

Grundlegende Anforderungen wie rückwirkungsfreie Softwaremodule, Know-how-Schutz für einzelne Module oder IT-Sicherheit sind in den derzeitigen Systemen nicht oder unzureichend umgesetzt. Hier können zukünftige Entwicklungen für die Errichtung modularer Anlagen klare Vorteile auch im konventionellen Anlagenbau liefern. Neben dem technischen Design einer Automatisierungslösung sind bei einer modularen und flexiblen Anlage neue Betriebskonzepte gefordert, welche von der Automatisierungstechnik und den Anbietern solcher Lösungen unterstützt werden müssen.

## 2 Modularer Anlagenbau

Im Kontext modularer Anlagen ist davon auszugehen, dass Module unterschiedlicher Hersteller und funktionaler Ausprägung zu einer Gesamtanlage zusammengefügt werden müssen. Die Gesamtanlage setzt dabei die Existenz einer Integrationsumgebung (Backbone, Abschnitt 2.1) voraus (siehe Abbildung 2), die sowohl die Anforderungen der Verfahrenstechnik als auch die der Automatisierungstechnik abdeckt. **Bei der Betrachtung von Modulen steht der Aspekt der geschlossenen funktionalen Einheit im Fokus. Daraus ergibt sich, dass ein Modul nicht allein über die räumlichen Abmessungen definiert ist, sondern über die verfahrenstechnische Funktion.**



**Abbildung 2: Integrationsumgebung für Module**

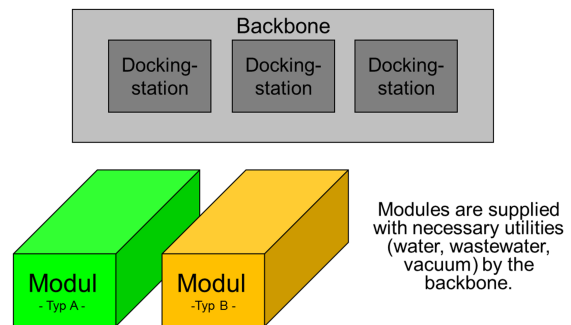
In einer den betriebsspezifischen Anlagenanforderungen entsprechenden Infrastruktur können die einzelnen Module eingebracht, notwendige Versorgungsleitungen verschaltet und in die Automatisierungssysteme integriert werden. Dies soll weitestgehend über standardisierte herstellerunabhängige Schnittstellen erfolgen. Je nach Umfang des Eingriffs, bzw. der Eingriffsmöglichkeit in die einzelnen Module sind unterschiedliche Ausprägungen denkbar. Dabei lassen sich drei unterschiedliche Modulvarianten ableiten.

- Modulvariante I: Autonome Module (Abschnitt 2.2)

Fundamental requirements such as non-interactive software modules, know-how protection for individual modules or IT security are either not or only inadequately implemented in current systems. Future developments for the installation of modular systems can deliver clear advantages, which can also be used in conventional plant construction. In addition to the technical design of an automation solution for modular and flexible plants, new operational concepts are called for requiring the support of automation technology and providers of solutions of this nature.

## 2 Modular plant engineering

In the context of modular systems, it can be assumed that modules from different manufacturers and functional characteristics will need to be merged to form a complete system. The existence of an integration environment (backbone, Section 2.1) which covers both process engineering and automation engineering requirements is a prerequisite for the overall system in this respect (see Figure 2). The focus is on the aspect of the enclosed functional unit when considering modules. This indicates that a module is not defined solely by dimensions, but rather in terms of the process engineering function.



**Figure 2: Integration environment for modules**

Modules can be incorporated in an infrastructure that addresses specific operational plant requirements, with the necessary supply lines interconnected and integrated in the automation systems. This should be achieved in the broadest terms through standardised non-proprietary interfaces. Differing characteristics are conceivable, depending on the scope of intervention and intervention options in individual modules. Three different module variants can be derived from this.

- Module variant I: Autonomous modules (Section 2.2)

- Modulvariante II: Integrierbare Module (Abschnitt 2.3)
- Modulvariante III: Modulare Module (Abschnitt 2.4)

Stößt ein Modul bzw. eine Anlage an die jeweiligen Produktionsgrenzen kann eine Kapazitätserhöhung bevorzugt durch ein Numbering-up anstelle eines Scale-up geschehen. Dies reduziert den Aufwand einer Erweiterung. Im Folgenden werden die drei Varianten und die dazugehörige Infrastruktur (Backbone) beschrieben. Eine vertiefende Betrachtung der automatisierungstechnischen Aspekte erfolgt in Kapitel 3.

## 2.1 Infrastruktur (Backbone)

Jegliche Form von Anlage, die aus Modulen zusammengestellt wird, bedarf einer entsprechenden Infrastruktur. Diese Infrastruktur muss die Möglichkeit der Versorgung mit und Entsorgung von entsprechenden Medien, Energien und Daten bieten. Art und Umfang der angebotenen Medien, Energien und Daten kann von Backbone zu Backbone variieren, sollte aber einem festzulegenden Mindeststandard genügen. Die Integration in die Infrastruktur muss modulunabhängig durchgeführt werden können.

Diese für den Betrieb der Module notwendige Infrastruktur muss bereitgestellt werden. Dies kann sämtliche Aspekte der Planung, Realisierung und des Betriebs umfassen. Dabei ist es denkbar, dass sowohl anlagenspezifische als auch universelle Standardschnittstellen zum Einsatz kommen. Das angebotene Leistungsspektrum der Infrastruktur (Energieverbrauch, Medienversorgung, usw.) muss spezifiziert werden. Über die Spezifikation hinausgehende Anforderungen müssen individuell gelöst werden, insbesondere durch die verursachenden Module und deren Hersteller.

## 2.2 Modulvariante I: Autonome Module

Autonome Module sind in sich geschlossene Einheiten (Abbildung ). Ein derartiges Modul kann, nach Anschluss an die Ver- und Entsorgung, unabhängig betrieben werden. Besteht die Anlage aus mehreren Modulen so funktionieren diese autark voneinander. Dies kann die Notwendigkeit entsprechender Pufferbehälter zwischen den Modulen und manuelle Produktionskoordination zur Folge haben.

Die für die Funktion und den Ablauf des geschlossenen Prozesses im Modul benötigte Automatisierung ist bereits vollständig im Modul integriert. Eingriffe und Beobachtungen sind lokal oder aus dem zentralen Leitstand möglich. Die autonomen Module verfügen über eine standardisierte Schnittstelle zum

- Module variant II: Includable modules (Section 2.3)
- Module variant III: Modular modules (Section 2.4)

Where a module or system reaches its respective production limitations, an increase of capacity should be realised through a numbering-up instead of a scale-up. This reduces the expense and effort required for an expansion. Three variants and the associated infrastructure (backbone) are described below. Automation aspects are examined more closely in Chapter 3.

## 2.1 Infrastructure (backbone)

Any form of system assembled from modules requires a suitable infrastructure. This infrastructure should provide an option for the supply with and disposal of appropriate media, energy forms and data. The type and scope of media, energy forms and data offered can vary from backbone to backbone, but they should meet a defined minimum standard. Integration in the infrastructure should be realised independently of the module in question.

This infrastructure, necessary for operation of the modules must be provided. It can encompass every aspect of planning, realization and operation. The use of specific system and universal standard interfaces is conceivable in this context. The range of features provided by the infrastructure (energy consumption, media supply, etc.) needs to be specified. Requirements going beyond the specification should be addressed individually, particularly through the responsible modules and their manufacturers.

## 2.2 Module variant I: Autonomous modules

Autonomous modules are self-contained units (Figure 6). A module of this kind can be operated independently following connection to the supply and disposal system. Where the system consists of several modules, these function as autarchic units independently of each other. This can result in the necessity to create appropriate buffers between the modules and manual production coordination.

The automation required for the function and sequence of the closed process in the module is already completely integrated in the module. Operation and monitoring are possible locally or from the central control station. The autonomous modules have a standardised interface for recording of oper-



Erfassen von Betriebsdaten. Inbetriebnahme, Remote-Access sowie Anschluss an zentrale Betriebsdatenerfassungssysteme (BDE) sind ohne Konfiguration möglich. Eine übergeordnete automatisierungstechnische Verbindung zwischen den Modulen ist nicht vorgesehen. Diese Variante ist weitgehend vergleichbar mit einer nicht integrierten Package Unit.

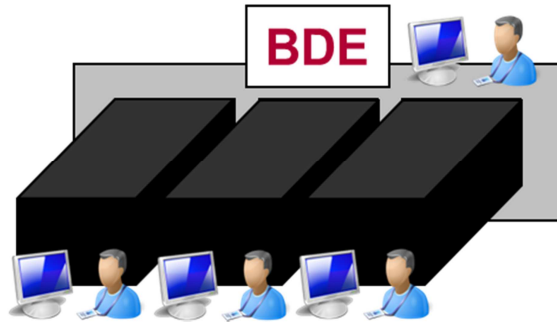


Abbildung 3: Grundstruktur für Variante I

### 2.3 Modulvariante II: Integrierbare Module

Als weiterentwickelte Variante können integrierbare Module angesehen werden (Abbildung ). Diese sind hinsichtlich Funktion und Einsatzbereich im Wesentlichen fest definiert und unveränderlich. Die Integration in eine Gesamtanlage findet sowohl stofflich, energetisch als auch automatisierungstechnisch statt. Es besteht die Möglichkeit, modulübergreifend zu interagieren. Die Module besitzen zwar eigene Automatisierungskomponenten, diese können aber über ein übergeordnetes Leitsystem (LS) direkt beeinflusst werden.

Durch die Integration in ein übergeordnetes Leitsystem wird die modulübergreifende und -übergreifende Steuerung ermöglicht. Die modulübergreifende Perspektive betrachtet den Zusammenschluss einzelner Module als Gesamtanlage. Modulübergreifende Funktionen können somit realisiert werden. Für den gleichzeitigen automatisierten Betrieb mehrerer Module muss es möglich sein, die verschiedenen Automatisierungssysteme der Module anzupassen, ohne auf einer der verschiedenen Engineering-Ebenen eingreifen zu müssen. Die Sicherheit ist unabhängig vom Backbone zu gewährleisten.

Ziel muss es sein, die automatische Erkennung und Integration in ein Leitsystem beim Anschließen und bei der Integration neuer Module in eine bestehende Infrastruktur zu ermöglichen. Entsprechendes gilt auch für die Abkoppelung von Modulen. Eine eindeutige Identifizierbarkeit muss hierbei ebenso gewährleistet sein, wie eine eindeutige Messstellenbezeichnung der einzelnen automatisierungstechnischen Komponenten.

ating data. Commissioning, remote access and connection to central plant data acquisition systems (PDA) are possible without configuration. A master automation link between the modules is not provided. This variant is broadly comparable to a non-integrated package unit.

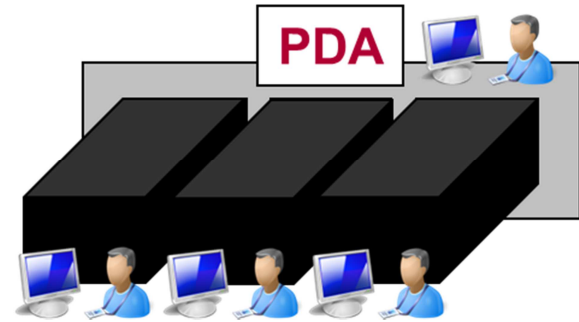


Figure 3: Basic structure for variant I

### 2.3 Module variant II: Includable modules

Includable modules can be examined as further developed variants (Figure ). With regard to function and application area, these are largely well defined and cannot be modified. Integration in a complete system is realised in terms of material, energy and automation. An option exists for interaction across modules. Although the modules have their own automation components, these can be influenced directly via a master control system (CS) resp. backbone automation system.

Integration in a backbone automation system enables superordinate and universal control of all modules. From the perspective of a system superordinate to the modules, the merger of individual modules is regarded as an overall system. Functions covering all modules can be realised as a result. For the simultaneous automated operation of several modules, it should be possible to adapt the different automation systems of modules without intervening in any of the different engineering levels. Security should be ensured independently of the backbone.

The objective should be to enable automatic detection and integration in a control system during connection and the integration of new modules in an existing infrastructure. The same applies to the decoupling of modules. Clear identification should be ensured in this respect, along with the unequivocal measuring point designation of individual automation components.



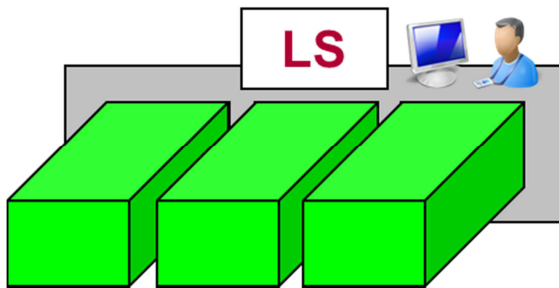


Abbildung 4 : Grundstruktur für Variante II

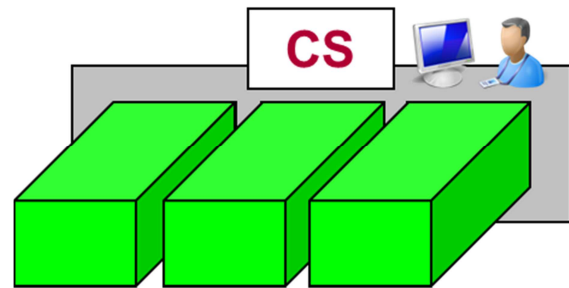


Figure 4 : Basic structure for variant II

#### 2.4 Modulvariante III: Modulare Module

Der modulare Aufbau von Modulen stellt eine dritte Variante dar (Abbildung ). Innerhalb der ersten Modulebene wird dabei wiederum eine modularisierte Struktur, eine zweite Modulebene, integriert. Dieser Aufbau verschafft dem Modul eine erhöhte Flexibilität, ohne die Gesamtstruktur der Anlage zu verändern. Das Modul kann dabei als eine Komposition aus einzelnen Modulen verstanden werden, wobei auch die gemischte Installation der Varianten II und III möglich und sinnvoll erscheint. Die Integration eines Moduls in das übergeordnete Leitsystem (des übergeordneten Moduls) entspricht grundsätzlich der zweiten Variante. Durch die skizzierte Kaskadierung können aus Modulen einzelner verfahrenstechnischer Funktionen verschiedene Teilanlagen abgebildet werden.

#### 2.4 Module variant III: Modular modules

A modular structure of modules represents the third variant (FigureAbbildung ). A modularised structure, a second module level, is integrated in the first module level in this context. The construction gives the module increased flexibility without altering the overall structure of the system. The module can be understood to be a composition of individual modules in this respect, whereas the mixed installation of variants II and III appear to be possible and practical. Integration of a module in the master control system (the master module) corresponds in principle to the second variant. Different subsystems can be created from modules of individual process engineering functions through the cascading outlined.

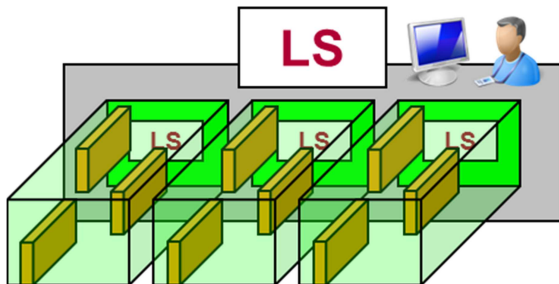


Abbildung 5: Grundstruktur für Variante III

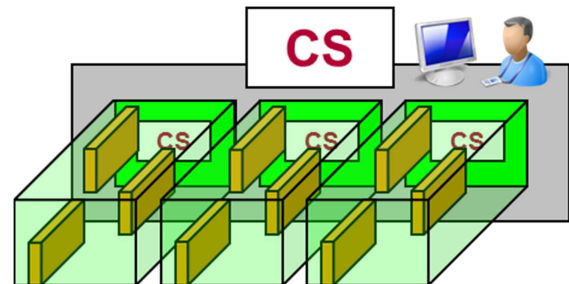


Figure 5: Basic structure for variant III

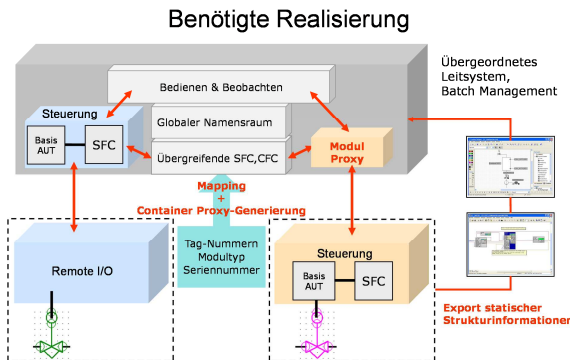
### 3 Anforderung an die Automatisierungsstrukturen

Die Automatisierungsstruktur für Modulvariante II „Integrierbares Modul“ besteht aus den Automatisierungssystemen bzw. -komponenten der Module und dem übergeordneten Leitsystem des Backbone. Die Integrationstiefe der Module in das übergeordnete System kann variabel gestaltet werden. Module mit eigener Steuerung (rechts in Abbildung) übernehmen die Basisautomatisierung und Grundfunktionen in Eigenregie und übermitteln dem übergeordneten System die statischen Strukturinformationen für Grafik, Funktionen und Rezepturman-

### 3 Requirements relating to automation structures

The automation structure for module variant II “Includable module” consists of automation systems resp. components of modules and the master control system of the backbone. The depth of integration of modules in the master system can be variably configured. Modules with their own control (right in Figure) take charge of basic automation and basic functions and provide the master system with static structure information for graphic, functions and recipe management. Functions need to be taken over completely by the master control system in

nagement. Für Module ohne eigene Steuerung (linker Bereich in Abbildung 6) müssen die Funktionen komplett durch das übergeordnete Leitsystem übernommen werden.



**Abbildung 6: Automatisierungsstruktur**

Die Funktionen der Modulsteuerungen und des übergeordneten Leitsystems müssen sinnvoll aufgeteilt werden. Prozessnahe Funktionen mit sehr kurzen Reaktionszeiten sind in der Regel auf Modulebene zu realisieren. Übergeordnete Funktionen, wie Rezeptverwaltung oder Ressourcenmanagement, sind in dem übergeordneten Leitsystem zu realisieren. Die Echtzeitschnittstellen müssen ein automatisches Mapping der Moduldaten in einen globalen Namensraum gewährleisten. Für die automatische Übertragung von Strukturinformationen und Konfigurationsdaten des Moduls an das übergeordnete Leitsystem sind dedizierte Schnittstellen zu definieren.

### 3.1 Automatisierung eines Moduls

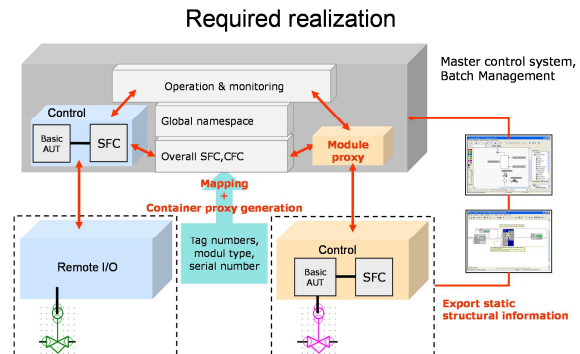
Das Automatisierungssystem eines Moduls kann sowohl die komplette Prozessführung des Moduls, als auch die normierte Bereitstellung des Prozessabbildes an das übergeordnete System übernehmen. Eine lokale Bedienung des Moduls erscheint nach Bedarf sinnvoll. Das Automatisierungssystem eines Moduls umfasst folgende Komponenten / Funktionen:

- Sensoren, Aktoren (Abschnitt 3.1.1)
- Signalübertragung zu Feldgeräten, z. B. Feldbussysteme, Ex-Barrieren, Signalumwandlung und Verkabelung (Abschnitt 3.1.2)
- Sicherheitseinrichtungen (Abschnitt 3.1.4)
- Dokumentation

Optional können zudem folgende Komponenten/ Funktionen enthalten sein:

- Steuerung, z. B. Steuerung, Regelung, Bedie-

the case of modules without their own control (left-hand area in Figure 6).



**Figure 6: Automation structure**

The functions of module controls and the master control system should be practically apportioned. Process-related functions with extremely short response times are generally realised at module level. Superordinate functions, such as recipe or resource management, are realised in the master control system. Real-time interfaces have to guarantee the automatic mapping of module data in a global namespace. For the automatic transmission of module structure information and configuration data to the master control system dedicated interfaces should be defined.

### 3.1 Automation of a module

The automation system of a module can take charge of the complete process control of the module and the standardised provision of the process image to the master system. Local operation of the module appears practical as required. The automation system of a module encompasses the following components / functions:

- Sensors, actuators (Section 3.1.1)
- Signal transmission to field devices, including fieldbus systems, Ex barriers, signal conversion and wiring (Section 3.1.2)
- Safety equipment (Section 3.1.4)
- Documentation

Optionally, the following components/functions can also be included:

- Control system, including control, operation,

nen, Beobachten, Schaltanlage und Antriebssteuerung (Abschnitt 3.1.3)

- Rezept / Grundfunktion

Die zugehörige Technik muss nicht räumlich in einem Modul realisiert sein, es ist auch eine räumliche Trennung denkbar (z. B. zwischen Schaltanlage, Steuerung, Ex-Barrieren, Bedienplatz). Beispielsweise können die Schaltanlagen verschiedener Module in einem zentralen Raum untergebracht sein oder auch die Funktionen einer zentralen Schaltanlage genutzt werden. Dies ändert nichts an der Verantwortlichkeit des Modulherstellers für den Aufbau und die Funktionsfähigkeit der von ihm gelieferten Module.

Funktional werden an das Automatisierungssystem eines Moduls die gleichen Anforderungen wie an Systeme heutiger Anlagen gestellt. Lediglich die vereinfachte Integrierbarkeit in das übergeordnete System wird noch gefordert.

### 3.1.1 Sensoren / Aktoren / Instrumentierungskonzept

Die Auswahl geeigneter Messprinzipien, Gerätetypen und deren Auslegung liegen im Verantwortungsbereich des Modulherstellers. Das Instrumentierungskonzept für das Modul wird vom Modulhersteller erstellt und muss gleichzeitig seine Anforderungen und die des Anlagenbetreibers erfüllen. Es müssen Aspekte zum Betrieb des Moduls sowie die Möglichkeit der integrierten Diagnose über das übergeordnete Automatisierungssystem und der Austausch von Wartungsinformationen berücksichtigt werden. Die Verwendung einer Kennzeichnung für jeden Sensor, Aktor und andere Feldgeräte (Schalter/Taster, Leuchte, Anzeiger, etc.), z.B. gemäß DIN EN 81346, ermöglicht eine eindeutige Geräteidentifizierung. Aus den Gerätekennzeichen müssen mit Hilfe der Moduldokumentation die Einbauorte und die Anbindung an das Leitsystem erkennbar sein. Der Betreiber beschreibt seine Anforderungen an Ausführung und Qualität der Module.

### 3.1.2 Signalübertragung

Konzept, Auslegung und die eingesetzten Geräte liegen im Verantwortungsbereich des Modulherstellers. Für explosionsgefährdete Bereiche ist ein geeignetes Schutzkonzept zu realisieren (→ siehe Abschnitt 4.1). Die Signalübertragung von Wartungsinformationen und Gerätestatus ist zu berücksichtigen.

### 3.1.3 Steuerung

Konzept, Auswahl und Auslegung liegen im Verantwortungsbereich des Modulherstellers. Für die

monitoring, distribution system and drive control (Section 3.1.3)

- Recipe / Basic function

The associated technology need not be realised spatially in a module, as spatial separation is also conceivable (e.g. between switchgear, control, Ex barriers and control station). For example, the switchgear of different modules can be located in a central room or the functions of a central switchgear are used. This does not alter anything regarding the responsibility of the module manufacturer for the structure and functionality of the modules he delivers.

In terms of functionality, the automation system of a module has to meet the same requirements as systems of contemporary plants. Only simplified integration in the master system is additionally required.

### 3.1.1 Sensors / Actuators / Instrumentation concept

Selection of suitable measurement principles, equipment types and their design are the responsibility of the module manufacturer. The instrumentation concept for the module is compiled by the module manufacturer and should simultaneously fulfil his requirements and those of the system operator. Aspects relating to operation of the module, the possibility of integrated diagnosis via the master automation system and the exchange of maintenance information should be taken into consideration. Use of a tag for each sensor, actuator and other field devices (switches/buttons, lights, indicators, etc.) pursuant to, for example, DIN EN 81346 enables unequivocal equipment identification. Equipment labelling should, with the aid of the module documentation, clearly indicate the installation location and link to the control system. The operator describes his requirements relating to the design and quality of the modules.

### 3.1.2 Signal Transmission

Concept, design and the equipment used are the responsibility of the module manufacturer. An appropriate safety concept should be realised for potentially explosive areas (→ see Section 4.1). Signal transmission of maintenance information and equipment status has to be taken into consideration.

### 3.1.3 Control

Concept, selection and design are the responsibility of the module manufacturer. Valid standards and

Anwendersoftware sind die gültigen Normen und Richtlinien zu beachten. Gegebenenfalls ist ein örtliches System als HMI für das Bedienen und Beobachten vorzusehen, u. a. für:

- Fließbilder mit dynamischen Anzeigen von Prozess- und Gerätezuständen
- Verriegelungsstrukturen und –zustände
- Trendkurven und Trendkurvengruppen
- Alarm- / Meldesystem
- Zugriffsschutz

Ein durchgängiges Engineering-System für die Diagnose des Automatisierungssystems sowie zur Änderung der Konfiguration des Moduls kann Teil des Lieferumfangs sein. Der spätere Betreiber muss auf jeden Fall Zugang zu einem Engineering-System haben oder erhalten. Eine Integration des Engineering-Systems in das übergeordnete Leitsystem ist vorteilhaft. Die Datenhaltung (Persistenz) der Anwendersoftware sowie der Prozessdaten und Parameterwerte ist innerhalb des Systems zu realisieren.

Für den Fall einer Firmenauflösung oder anderer Probleme des Modullieferanten ist ein Konzept für den Weiterbetrieb und zur Änderung der Module zu vereinbaren (vgl. Escrow-Vereinbarung). Alternativ sind sämtliche Softwarequellen mit allen Kommentaren im Original und mit allen Lizenzen dem Anlagenbetreiber zu übergeben.

### 3.1.4 Sicherheit

Notwendige Sicherheitsfunktionen, die mit PLT-Mitteln (Anlagensicherheit) zu realisieren sind, gehören zum modulbezogenen Automatisierungssystem. Modulübergreifende Sicherheitsfunktionen sind auf das absolut notwendige Maß zu reduzieren. Übergeordnete Abschaltungen über den Backbone müssen berücksichtigt werden (z.B. Anlagen-Not-Aus). Besondere Aspekte wie Know-how-Schutz, Schutz vor Schadsoftware und Schutz vor unzulässigem Zugriff auf die Funktionen des Moduls müssen berücksichtigt werden.

## 3.2 Übergeordnetes Automatisierungssystem

Ein übergeordnetes Automatisierungssystem ermöglicht die koordinierte Bedienung, Beobachtung und Diagnose aller angeschlossenen Module. Die Realisierung und Bearbeitung von leittechnischen Funktionen kann in zwei Varianten dezentraler Systeme realisiert werden, wobei beide Varianten im übergeordneten Automatisierungssystem miteinander

directives for software applications have to be observed. If necessary, a local system should be provided as an HMI for operation and monitoring, including for:

- Flow diagrams with dynamic indications of process and equipment status.
- Interlock structures and status
- Trend curves and trend curve groups
- Alarm / Signal system
- Access protection

A consistent engineering system for diagnosis of the automation system and modification of the module configuration can be part of the scope of delivery. It is imperative that the ultimate operator has or obtains access to an engineering system. Integration of the engineering system in the master control system is advantageous. Persistence of the software applications, process data and parameter values should be realised within the system.

A concept for further operation and modification of modules should be agreed in anticipation of company liquidation or other problems with the module supplier (cf. escrow agreement). Alternatively, all software sources with complete comments in the original and all system operator licenses should be handed over.

### 3.1.4 Security

Necessary security functions which should be realised with PCT media (system security) are part of the module-related automation system. Security functions universally covering all modules should be reduced to an absolutely necessary degree. Superordinate deactivations via the backbone should be taken into consideration (e.g. system emergency stop). Special aspects such as know-how protection, protection against malware and protection against unauthorised access to module functions should be taken into consideration.

## 3.2 Backbone automation system

A backbone automation system enables coordinated operation, monitoring and diagnosis of all connected modules. The engineering and implementation of control technology functions can be realised in two variants of decentralised systems, whereby it should be possible to combine both variants in the backbone automation system (cf. Figure).

der kombinierbar sein sollten (vgl. Abbildung).

- **Dezentralisierte Funktion:** Die leittechnischen Funktionen sind in den Automatisierungssystemen der Module realisiert und werden dort bearbeitet. Im übergeordneten Automatisierungssystem sind die leittechnischen Funktionen z.B. über eine Proxy-Funktion transparent abgebildet. Denkbar ist beispielsweise die Realisierung eines modulbezogenen Softwareblocks, auf den alle relevanten Parameter der leittechnischen Funktionen eines Moduls abgebildet sind. Ein Verknüpfen der Softwareblöcke für die Module entspricht der realen Modulverschaltung und den Erfordernissen der Produktherstellung. Damit kann ein Datenaustausch zwischen den Automatisierungssystemen der Module, zur Organisation von Stoffströmen, Verriegelungen, Freigaben, etc. ermöglicht werden. Eine Plausibilitätsprüfung der verknüpften Softwareblöcke und der realen Modulverschaltung sowie die Archivierung der eingesetzten Modultypen und Versionen sollten möglich sein.
- **Centralised function:** Control functions are realised in the automation systems of modules where they are also processed. They are depicted transparently in the backbone automation system (e.g. via a proxy function). For example, the realisation of a module-related software block on which all relevant parameters of the control functions of a module are depicted is conceivable. Linking of the software blocks for the modules corresponds to the real module connection and the requirements of product manufacturing. This facilitates a data exchange between the automation systems of modules, organisation of material flows, interlocks, enabling, etc. Plausibility testing of the linked software blocks and real module connection and archiving of the module types and versions used should be possible.
- **Zentralisierte Funktion:** Die Steuerungs- und Regelungsfunktionen eines Moduls sind im übergeordneten Automatisierungssystem realisiert. Die Anbindung der Feldgeräte erfolgt mittels gängiger Technologien z.B. über Remote I/O, Feldbus- oder Wireless-Systeme. Voraussetzung hierfür ist eine Schnittstelle im übergeordneten Automatisierungssystem, die einen Import der Automatisierungssoftware für ein Modul ermöglicht. Die Software, für die der Modulhersteller verantwortlich ist, muss in ein beliebiges Leitsystem integrierbar sein. Im übergeordneten Leitsystem ist daraus eine einheitliche Strukturierung sowie Ausgestaltung der Software für alle Module zu generieren. Die Kapazitäten des übergeordneten Leitsystems sind zu berücksichtigen.
- **Centralised function:** The control functions for a module are realised in the backbone automation system. Linking of field devices is realised using conventional technologies (e.g. via remote I/O, fieldbus or wireless systems). A prerequisite for this is an interface in the backbone automation system which enables importing of automation software for a module. It should be possible to integrate the software (for which the module manufacturer is responsible) in any control system. A uniform structuring and configuration of the software for all modules should be generated from this in the backbone automation system. The capacity of the backbone automation system should be taken into consideration.

### 3.2.1 Kennzeichnung

Es ist eine Vergabe von eindeutigen Kennzeichnungen für die Feldgeräte in den angeschlossenen Modulen zu realisieren. Hierzu sollen aus den Kennzeichnungen der modulbezogenen Automatisierungssysteme nach einer an den Betreiber anpassbaren Vorgehensweise die Kennzeichnungen für das übergeordnete Automatisierungssystem automatisiert abgeleitet werden.

### 3.2.2 Bedienung & Beobachtung

Im übergeordneten Automatisierungssystem ist auf eine modulunabhängige, einheitliche Bedienung & Beobachtung zu achten. Das bezieht sich sowohl auf Darstellung und Bedienkonzept in Bedien- und

### 3.2.1 Identification

Unique tag names should be assigned for the identification of field devices in the connected modules. For this purpose tag names for the backbone automation system should be derived in an automated workflow from the tag names of the module-related automation systems to suit the operator.

### 3.2.2 Operation & monitoring

Uniform operation and monitoring in the backbone automated system should be archived. This applies to the depiction and operating concept in operating and indicating displays (faceplates) and flow dia-

Anzeigebildern (Faceplates) als auch in Fließbildgrafiken. Somit sind sowohl Bedienelemente für Motoren, Ventile, Regler, etc. als auch deren grafischen Elemente in Fließbildgrafiken modulübergreifend einheitlich zu gestalten. Ebenso sind modulinterne Schrittketten modulübergreifend einheitlich darzustellen und auf eine entsprechend durchgängige Bedienung zu achten. Gleiches gilt für die Darstellung von Verriegelungen sowie von Trendkurven. Zudem sollte die momentane Anlagenkonfiguration dargestellt werden.

Folgende Funktionen sind modulübergreifend zu realisieren:

- Einheitliche Systemzeit / Uhrzeit-Synchronisation
- Einheitliches Bedienkonzept, Farben, Bedienelemente
- Alarm- und Meldesystem
- Archivierung von Prozessdaten
- Zugriffssystem
- Betriebsarten, Anlagenzustände, Diagnosezustände

### 3.2.3 Datendrehscheibe

Mit der beschriebenen Systematik sind im Datenhaushalt des übergeordneten Automatisierungssystems die relevanten Daten der Module vorhanden und können für einen bidirektionalen Datenaustausch mit anderen Systemen genutzt werden. Für weitere Systeme, welche auf das übergeordnete Automatisierungssystem zugreifen, darf hieraus kein Unterschied zwischen einer modular aufgebauten Produktionsanlage und einer konventionell konstruierten Anlage resultieren.

### 3.2.4 Diagnose

Für die angeschlossenen Automatisierungssysteme der Module ist eine Diagnose zu realisieren. Es sollen die Systemzustände angezeigt werden und bei Abweichung vom Sollzustand eine Alarmierung möglich sein. Die Einzelsteuerebene (Sensoren, Aktoren) soll in die Diagnosefunktionen voll eingebunden sein.

### 3.2.5 Ergänzende Funktionen

Das übergeordnete Automatisierungssystem muss

gram graphics. Therefore the control elements for motors, valves, controllers, etc. and their graphic elements in flow diagram graphics should be uniformly designed to accommodate all modules. Sequence controls in modules should also be uniformly depicted to cover all modules, and attention should be paid to correspondingly universal operating characteristics. The same applies to the depiction of interlocks and trend curves. In addition, the current system configuration should also be depicted.

The following functions should be realised to cover all modules:

- Uniform system time / Time synchronisation
- Uniform operating concept, colours, control elements
- Alarm and signal system
- Archiving of process data
- Access system
- Operating modes, system status, diagnostic status

### 3.2.3 Data hub

Relevant data for all modules is available in the database of the backbone automation system and this can be utilised for a bidirectional data exchange with other systems. With regard to other systems that access the backbone automation system, no difference should arise as a result between a modular designed system and a conventional system design.

### 3.2.4 Diagnosis

A diagnosis of the connected automation systems of modules should be realised. System status should be indicated, and alarm activation should be possible in the case of deviations from the nominal condition. Individual control elements (sensors, actuators) should be completely integrated in diagnostic functions.

### 3.2.5 Supplementary functions

The backbone automation system should provide a

einige zusätzliche Funktionen für die Gesamtanlage bereitstellen. Darunter fallen:

- Die Steuerung und Regelung modulübergreifender Funktionen: Dies betrifft die Einstellung von Anlagenarbeitspunkten und die Konfiguration der Gesamtfunktion. Das übergeordnete Automatisierungssystem muss die einzelnen Module so abstimmen, dass die intendierte Funktion der Gesamtanlage erfüllt wird.
- Rezeptsteuerung der verbundenen Module: Diese Funktion ist ein Spezialfall der letztgenannten. In diesem Fall müssen die Funktionen der einzelnen Module so orchestriert werden, dass ein Gesamtrezept mit allen angeschlossenen Modulen gefahren wird. Dafür bedarf es einer geeigneten Aufrufschnittstelle der Fahrweisen der einzelnen Module.
- Überwachung der Leistungsgrenzen der Module und der Infrastruktur: Sind unterschiedliche Module zu einer Gesamtanlage integriert, kann es zu Fällen kommen, in denen, aufgrund unterschiedlicher Anforderungen der Module (Durchsätze, Energieverbrauch, etc.), von einzelnen Modulen oder der Infrastruktur Leistungen außerhalb der spezifizierten Grenzen verlangt werden. Es ist die Aufgabe des übergeordneten Automatisierungssystems solche Fälle zu verhindern um einen spezifikationsgerechten Betrieb jedes Moduls und der Infrastruktur zu ermöglichen.
- Modulidentifikation: Das übergeordnete Automatisierungssystem muss jedes einzelne Modul eindeutig identifizieren können. Dies ist nötig, um die Übereinstimmung zwischen geplantem und verwirklichtem Anlagenaufbau zu überprüfen und die Datenhaltung der Module sowie die Anlagenhistorie konsistent zu halten und bezieht sich sowohl auf den Modul Typ als auch das Modul als eigenständige Identität.

### 3.3 Datenaustausch und Informationsschnittstellen

Hinsichtlich Datenaustauschs sind die Übertragung von Strukturdaten und dynamischen Daten von den Automatisierungssystemen der Module zum übergeordneten Automatisierungssystem sowie der Remote-Zugriff des Modullieferanten zur Wartungsunterstützung zu unterscheiden.

#### 3.3.1 Strukturdaten

Zu den Strukturdaten zählen:

- Prozessgrafiken (Fließbilder)
- Verriegelungs-, Steuerungs- und Regelungsstrukturen

few additional functions for the overall system. These include the following:

- Control of functions universally covering all modules: This applies to the setting of system setpoints and configuration of the complete function. The backbone automation system should coordinate the individual modules so that the intended function of the production plant is fulfilled.
- Recipe control of connected modules: This function is a special case of the latter. The functions of the individual modules should be orchestrated in this case so that an overall recipe is run with all connected modules. An appropriate interface for the procedures of individual modules is required for this purpose.
- Monitoring of performance limitations of modules and the infrastructure: Where different modules are integrated to create plant functionality, cases may arise where performance beyond the specified limitations is demanded by individual modules or the infrastructure, due to the differing requirements of modules (throughputs, energy consumption, etc.). It is the task of the backbone automation system to prevent cases of this nature to enable operation of each module and the infrastructure in accordance with the specification.
- Module identification: The backbone automation system should be capable of identifying each individual module unambiguously. This is necessary to check whether the planned and realised system structures correspond and to ensure that data storage of the modules and the system history remain consistent. This applies both to the module type and the module as an independent identity.

### 3.3 Data exchange and information interfaces

With regard to data exchange, a differentiation should be made between the transmission of structural data and dynamic data from the automation systems of modules to the backbone automation system and the remote accessing by the module supplier for maintenance support.

#### 3.3.1 Structural data

Structural data includes the following:

- Process graphs (flow diagrams)
- Interlock and control structures



- Modulproxies / Steuerungsfunktionen

Diese statischen Daten können über Export- / Importfunktionen bei Änderungen nach Bedarf übertragen werden. Sie müssen nicht im Modul selbst gespeichert sein, sondern können von anderen Installationsmedien bezogen werden. Letztere müssen mit dem Modul geführt werden.

### 3.3.2 Dynamische Daten

Dynamische Daten umfassen:

- Prozesswerte
- Sollwerte
- Modi
- Status
- (Aktuelle) Leistungsdaten
- Identifikation

Der Austausch dynamischer Daten muss in Echtzeit zyklisch oder ereignisgesteuert erfolgen.

### 3.3.3 Zugriff des Modullieferanten

Da der Modullieferant zu Wartungszwecken Zugang zum Automatisierungssystem benötigt, muss sichergestellt werden, dass er nur Zugriff auf hersteller- und modulspezifische Daten und nicht auf Produktionsdaten erhält. Folglich muss die Kommunikation zwischen Modulen untereinander und zu einem übergeordneten Automatisierungssystem standardisiert und der IP-Schutz transparent sichergestellt werden. Dabei muss das übergeordnete System den Schutz der aus den Modulen übertragenen Daten strukturell ermöglichen. Für die Sicherheit der Daten innerhalb eines Moduls ist der Modulhersteller verantwortlich. Bei geänderter Konfiguration muss ein Abgleich zum übergeordneten Automatisierungssystem erfolgen. Es muss definiert werden, auf welcher Ebene das Engineering bei Änderungen durchgeführt wird.

## 4 Life Cycle

Die nachfolgenden Ausführungen beziehen sich auf die spezifischen Anforderungen der Automatisierungstechnik für modulare Anlagen. Sie werden anhand des vereinfachten Life Cycle Modells einer verfahrenstechnischen Anlage dargestellt (Abbildung).



**Abbildung 7: Vereinfachtes Life Cycle Modell einer verfahrenstechnischen Anlage**

- Module proxies / Control functions

This static data can be transmitted where necessary in the case of modifications using export / import functions. It is not necessary to store static data in the module itself, but it can be imported from other installation media. The latter should be administered with the module.

### 3.3.2 Dynamic data

Dynamic data includes the following:

- Process values
- Setpoints values
- Modes
- Status
- (Current) performance data
- Identification

The exchange of dynamic data has to be in real-time, with the actual exchange being cyclic or event driven.

### 3.3.3 Accessing by the module supplier

As the module supplier requires access to the automation system for maintenance purposes, it should be ensured that he only has access to specific manufacturer and module data, and not to production data. Communication between modules themselves and to a backbone automated system should therefore be standardized and transparent IP protection should be ensured. The backbone automation system and the module must ensure that protection of data transmitted from the modules is structurally possible. The module manufacturer is responsible for the security of data within a module. Alignment to the backbone automation system should occur in the case of a modified configuration. The execution of engineering changes should be defined (single point of change).

## 4 Life cycle

The following explanations relate to specific automation technology requirements for modular systems. They are illustrated on the basis of a simplified life cycle model of a process cell according to Figure.



**Figure 7: Simplified life cycle model of a process cell**

## 4.1 Planung

Die Planung einer verfahrenstechnischen Anlage ist geprägt durch die konstruktive Zusammenarbeit des Anlagenplaners, des Produktentwicklers und/oder des späteren Betreibers der Anlage sowie den Lieferanten, u. a. der Apparate, Mess- und Stellgeräte. Eine intensive Zusammenarbeit im Entstehungsprozess bewirkt ein effizientes Design der Anlage und das Erreichen der Projektziele. Die Planung modularer Anlagen erfordert ein Umdenken bei der Auswahl des einzusetzenden Equipments sowie der Beziehung zwischen Planer und „Hersteller“ der verfahrenstechnischen Anlage bzw. Module. Die Nutzung vorgefertigter Lösungen birgt sowohl aus verfahrenstechnischer als auch automatisierungstechnischer Sicht erhebliche Einsparpotentiale. Dem entgegen steht die verringerte Individualität, d. h. Anlageneffizienz. Im Folgenden werden die Anforderungen für diese Planungsphase aus Sicht der Automatisierungstechnik vorgestellt.

### 4.1.1 Modul

Derzeitige automatisierungstechnische Planungsprozesse basieren auf der Auswahl zum einen der optimalen Geräte für die Erfüllung von Mess- oder Stellaufgaben, zum anderen der geeigneten Automatisierungssysteme bzw. geeigneten Automatisierungskomponenten. Diese Auswahl wird im modularen Anlagenbau vom Modulhersteller übernommen und mündet in einem Katalog vorgeplanter Module. Der PLT-Planer begleitet in Zusammenarbeit mit dem Verfahrenstechniker die Auswahl eines Moduls zur Erfüllung einer oder mehrerer verfahrenstechnischer Funktionen. Aus automatisierungstechnischer Sicht gilt es hierbei insbesondere die folgenden Anforderungen zu berücksichtigen:

- Erfüllung der verfahrens- und automatisierungstechnischen Aufgabenstellung (z. B. Verfahrenstechnik: Beständigkeit gegen Temperatur; Automatisierungstechnik: Temperaturregelung).
- Kompatibilität des Automatisierungssystems bzw. -komponenten des Moduls zum übergeordneten Automatisierungssystem (z. B. durch standardisierte Kommunikationsschnittstellen).
- Verfügbarkeit der zur Modulüberwachung notwendigen Signale über die Modulgrenze hinaus (z. B. Füllstand bei einem Behältermodul).
- Konfigurierbarkeit der Regelparameter und modulinternen Schrittketten sowie der (ggf. sicherheitsgerichteten) Verriegelungen und Alarmgrenzen.
- Sichere Ausführung des Moduls, so dass außerhalb des Moduls keine zusätzlichen Sicherheits-

## 4.1 Engineering

Engineering of a process cell is characterised by design cooperation between the plant architects, product developer and/or the later operating company of the system and the supplier of elements including units, measuring equipment and actuators. Intensive cooperation in the development process results in an efficient system design and the achievement of project targets. Engineering of modular systems demands a rethink when it comes to the selection of the equipment to be used and the relationship between the planner and “manufacturer” of the process cell or module. A considerable savings potential can be exploited through the use of prefabricated solutions, both from a process engineering and automation engineering point of view. On the other hand, individuality (system efficiency) is reduced. The requirements for this planning phase from the point of view of automation engineering are illustrated below.

### 4.1.1 Module

Current automation engineering processes are based on the selection of, on the one hand, optimum equipment for measurement and actuation tasks and, on the other, appropriate automation systems and appropriate automation components. This selection is realised by the module manufacturer in modular plant engineering and feeds into a catalogue of pre-planned modules. In cooperation with the process engineers, the PCT planner supports selection of a module to fulfil one or more basis operation. The following requirements in particular should be taken into consideration in this respect from an automation engineering point of view:

- Fulfilment of the process and automation engineering task (e.g. process engineering: temperature resistance; automation engineering: temperature control).
- Compatibility of the module automation system and components to the higher-level automation system (e.g. through standardised communication interfaces).
- Availability of signals required for module monitoring beyond the module limit (e.g. filling level in the case of a tank module).
- Configurability of control parameters and internal module sequences and, where applicable, safety interlocks and alarm limits.
- Safe realisation of the module so that additional safety equipment is not required outside the

einrichtungen benötigt werden.

Um diese Anforderungen zu erfüllen müssen sich Modulhersteller, Anlagenplaner und Betreiber der Anlage auf eine gemeinsame „Sprache“ für die Darstellung der Moduleigenschaften einigen, so dass die Auswahl eines Moduls auf Basis überprüfbarer Eigenschaften, beispielsweise aus einem Modulkatalog, erfolgen kann. Andernfalls wird der potentiell schnellere Planungsprozess durch den aufwändigeren Vergleich unterschiedlichster Moduleigenschaften wieder verlangsamt.

Die Dokumentation des Modullieferanten muss vollumfänglich die Bedürfnisse des Lebenszyklus des Moduls umfassen und für den Nachweis der Anlagen- und Produktsicherheit geeignet sein. Dies erfordert entweder die heute bereits bekannte Auswahl von Standardlieferanten (preferred supplier) oder einen allgemein anerkannten Standard für diese Dokumente.

#### **4.1.2 Übergeordnetes Automatisierungssystem**

Heutige Automatisierungssysteme werden anhand einer Vielzahl an Überlegungen ausgewählt, insbesondere Funktionalität und Leistungsfähigkeit, u. a. aber auch Preis und bereits installierte Basis. An diesen Überlegungen wird auch der modulare Aufbau einer verfahrenstechnischen Anlage nichts ändern. Als zusätzliche Forderung an das übergeordnete Automatisierungssystem wird dessen Fähigkeit zur Integration ggf. unterschiedlichster Modul-Automatisierungssysteme bzw. -komponenten hinzukommen (vgl. auch Abschnitt 4.1.1 und 4.1.3). Hierbei gilt es neben der signaltechnischen Integration auch die Bedienung der Module sowie Diagnoseunterstützung und Engineering über ein einheitliches System zu ermöglichen. Für die Planung des übergeordneten Automatisierungssystems kann dies zur Ableitung von Anforderungen an den Modullieferanten führen.

#### **4.1.3 Integration**

Die Integration der Module ins übergeordnete System sollte im Planungsprozess eine untergeordnete Rolle spielen. Hier ist der Einsatz bzw. die Unterstützung einer allgemein anerkannten „Integrationschnittstelle“ – welche es noch zu entwickeln gilt – die einzige Anforderung und Voraussetzung. Die sich aus dem Betrieb der Anlage ergebenden Anforderungen an diese Schnittstelle, wie einheitliche Hardwareanforderungen (z. B. Steckverbindungen) und einheitliche Softwareanforderungen (z. B. Echtzeitfähigkeiten für dynamische Daten, „Look and Feel“ für die Bedienoberfläche, Zugriffssystem „Single Sign-on“ und Einbindung von weiteren Systemen der MES- und ERP-Ebene) sind bei der Entwicklung zu berücksichtigen.

module.

In order to meet these requirements the module manufacturer, plant architects and the operating company must agree on a common “language” to illustrate module characteristics, facilitating selection of a module on the basis of characteristics which can be checked (e.g. taken from a module catalogue). Otherwise this will once again slow the potentially quicker planning process through the time-consuming comparison of different module characteristics.

Documentation from the module supplier should be encompass the requirements of the module life cycle to the fullest extent and be suitable for verification of system and product security. This either necessitates the selection of preferred suppliers, already known today, or a generally recognised standard for these documents.

#### **4.1.2 Backbone automation system**

Contemporary automation systems are selected on the basis of numerous considerations, including in particular functionality and performance capability, but also the price and the basis already installed. The modular structure of a process engineering system does not change these considerations in any way. An additional demand made on the backbone automation system is its integration capability with regard to the most varied modular automation systems and components (cf. Section 4.1.1 and 4.1.3). In addition to signal integration, the goal here is to enable operation of modules, diagnostic support and engineering through a uniform system. This may entail the derivation of requirements to module suppliers when it comes to planning the backbone automation system.

#### **4.1.3 Integration**

Integration of the modules in the backbone system should play a subordinate role in the planning process. The sole requirement and prerequisite here is the use or support of a generally recognised “integration interface” (which still needs to be developed). Requirements to be met by the interface which are identified during plant operation, such as uniform hardware requirements (e.g. plug connectors) and uniform software requirements (e.g. real-time capabilities for dynamic data, look and feel for the user interface, single sign-on access gateway and integration of further MES and ERP level systems) should be taken into consideration during development.

Wird auf diese Integrationsschnittstelle verzichtet muss die Integration der Module ins übergeordnete Automatisierungssystem im Planungsprozess berücksichtigt werden. Dies erfordert neben der Festlegung der eigentlichen Kommunikationsschnittstelle und des Kommunikationssystems auch eine projekt- oder betreiberspezifische Festlegung des Kommunikationsprotokolls zur bidirektionalen Signalübertragung zwischen den einzelnen Automatisierungskomponenten. Die Entwicklung einer einheitlichen und kostengünstigen Lösung mit Hilfe der oben genannten „Integrationsschnittstelle“ ist ein wichtiger Schritt für ein modulares und flexibles Design der Produktionsanlagen.

#### 4.1.4 Risiken und Maßnahmen

Im Planungsprozess einer modularen Anlage erhöht sich das Risiko eines Missverständnisses bei der Auswahl des Moduls aus dem Katalog des Lieferanten (unzureichende Erfüllung der Anforderungen). Wie in Abschnitt 4.1.1 beschrieben, erscheint es hilfreich eine gemeinsame „Sprache“ zwischen Lieferanten und Anlagenplaner zu finden um Fehlinvestitionen zu vermeiden (Glossar). Auch kann die Auswahl bzw. Auditierung geeigneter Lieferanten hinsichtlich der Erfüllung firmenspezifischer Standards, z. B. Feldgerätetyp, sinnvoll sein.

Darüber hinaus ergibt sich eine erhöhte Abhängigkeit von den Lieferanten hinsichtlich der Kompetenz bezogen auf das Modul. So genügt im zukünftigen Planungsprozess die Kenntnis einiger relevanter Kenngrößen zur Modulauswahl. Dies schafft aber keinen tieferen Einblick in den Aufbau des Moduls. Daher ist insbesondere der mögliche Ausfall eines Lieferanten, z. B. bei Insolvenz, bei der Lieferantenauswahl zu berücksichtigen und gegebenenfalls vertraglich abzusichern.

Selbst bei einer umfassenden Dokumentation hoher Güte wird der Planer oftmals nicht umhinkommen, den Lieferanten in die Maßnahmenbewertung der Risikoanalysen zur Produkt- und Anlagensicherheit einzubeziehen. Dies muss aus technischer Sicht kein Nachteil sein. Jedoch wird man in solchen Fällen ggf. Teile seines Prozesses einem Dritten offenbaren. Dies erfordert ein erhöhtes Maß an partnerschaftlicher Zusammenarbeit zwischen Lieferant, Betreiber und Planer.

Innerhalb eines Moduls ist der Modulhersteller für den Aufbau des Automatisierungssystems verantwortlich. Bei der Zusammenstellung verschiedener Module zu einer Anlage ist die Automatisierungshardware innerhalb der Module also bereits vorgegeben. Auch Einzelsteuerungen und diverse Verriegelungslogiken können auf Modulebene bereits

Integration of the modules in the backbone automation system must be addressed in the planning process if this integration interface is dispensed with. In addition to determining the actual communication interface and communication system, this also entails the definition of a dedicated project or operator communication protocol for bidirectional signal transmission between individual automation components. The development of a uniform and cost-effective solution with the aid of the abovementioned “integration interface” represents an important step towards the modular and flexible design of production systems.

#### 4.1.4 Risks and measures

The risk of a misunderstanding is increased in the planning process for a modular system when it comes to selecting the module from the supplier's catalogue (requirements inadequately met). As already described in Section 4.1.1, it would appear to be helpful if a common “language” can be found between the supplier and system planner, as this helps avoid erroneous investments (glossary). The selection and auditing of suitable suppliers with regard to the fulfilment of company-specific standards (e.g. field device type) can also prove practical.

Moreover, increased supplier dependence arises with regard to the competence relating to the module. Knowledge of a few relevant parameters for selection of the module will therefore be sufficient in the future planning process. However, this does not provide a deeper insight into the module structure. For this reason, the possible elimination of a supplier (e.g. in the event of insolvency) should be taken into consideration during supplier selection, and measures taken to safeguard against this where necessary through a written contract.

Even where comprehensive documentation of a high quality is available, the planner frequently cannot avoid involving the supplier in the evaluation of measures employed for the risk analysis of product and system security. This need not be considered a disadvantage from a technical point of view. However, one may be forced to reveal parts of one's process to a third party in such cases. This requires a high degree of cooperation in a spirit of partnership between the supplier, operating company and planner.

The module manufacturer is responsible for the construction of the automation system within a module. The automation hardware within the modules is therefore already specified where different modules are combined to form a plant. Individual controls and various types of interlock may also be already implemented at the module level. This re-

implementiert sein. Dies verringert den Planungs- und Implementierungsaufwand, setzt aber voraus, dass Module herstellerübergreifend kompatibel sind.

Generell verändert sich die Rollenverteilung zwischen (Modul-) Lieferant, Planer und Betreiber der Anlage. Weite Teile des Detail-Engineering werden an den Modullieferanten ausgelagert. Der Betreiber oder Planer wird mehr und mehr die Aufgabe haben, verschiedene Module zu einem Gesamtsystem zu integrieren („Modul-Integrator“). Der Planungsaufwand wird, wie oben bereits beschrieben, dadurch verringert. Im Gegensatz dazu wird der Planer bei Auswahl und Optimierung des Automatisierungssystems deutlich eingeschränkt.

#### **4.1.5 Dokumentation**

Ein wesentlicher Aspekt jedes automatisierungstechnischen Projekts liegt in der Dokumentation. Im Planungsprozess einer modularen Anlage ist daher auf die Qualität der später zu liefernden Moduldokumentation zu achten bzw. ist diese entsprechend eigenen oder allgemein anerkannten Standards bei der Modulauswahl einzufordern. Die Dokumentation der einzelnen Module sollte bei der späteren Errichtung zur Anlagendokumentation zusammengelegt werden können. Die Dokumentation sollte dabei zusätzlich in einem gängigen (elektronischen) Format vorliegen. Aufgrund der verschiedenen Anforderungen an ein Modul und unterschiedlichen Einsatzbereichen wird die vollständige Dokumentation des Moduls voraussichtlich über den Dokumentationsumfang einer spezifischen Anwendung hinausgehen.

### **4.2 Errichtung**

#### **4.2.1 Modul**

Die Errichtung / Montage eines Moduls liegt in der Verantwortung des Modulherstellers. Er kann die in seinem Katalog gelisteten Eigenschaften und Leistungsmerkmale des Moduls nach eigenem Ermessen realisieren und anbieten. Nach Fertigstellung des Moduls wird die Erfüllung der Spezifikation innerhalb eines FAT überprüft. Soweit möglich, wird eine Leistungsfahrt des Moduls auf einem Teststand durchgeführt. Die Modultests liegen im Verantwortungsbereich des Modulherstellers und sind als Leistungsnachweis zu dokumentieren.

#### **4.2.2 Übergeordnetes System**

Der Backbone der Anlage wird im Auftrag des Betreibers errichtet. Da das System die gesamte Infrastruktur der Anlage darstellt wird es in der Regel vor Ort errichtet und abgenommen. Um eine Überprü-

duces the planning and implementation effort, but prescribes that modules are compatible with each other, regardless of the manufacturer.

In general, the distribution of roles between the (module) supplier, planner and operator of the system changes. Extensive parts of detail engineering are outsourced to the module supplier. The task of the operator or planner increasingly involves the integration of different modules in an overall system (module integrator). Planning efforts are reduced as a result, as described above. In contrast to this, the planner is considerably limited during selection and optimising of the automation system.

#### **4.1.5 Documentation**

A significant aspect of any automation engineering project is the documentation. It is therefore important that, during the planning process for a modular system, attention is paid to the quality of the module documentation to be delivered later and to demand that this corresponds to one's own or generally recognised standards during module selection. It should be possible to combine the documentation for individual modules to create a system documentation during later installation. Documentation should also be available in a common (electronic) format. The complete module documentation will likely go beyond the scope of documentation for a specific application, due to the different requirements which a module needs to meet and different areas of use.

### **4.2 Installation**

#### **4.2.1 Module**

The module manufacturer is responsible for the construction / installation of a module. He is not restricted in how to realise and offer the characteristics and performance features listed in his catalogue for a module. Fulfilment of the specification is checked in an FAT following the completion of the module. Where possible, a module performance test run is realised on a test rig. The module manufacturer is responsible for module tests. They must be documented as a performance record.

#### **4.2.2 Backbone system**

The backbone of the system is realised on behalf of the operating company. As the system implements the complete infrastructure of the plant, it is usually installed and approved on site. In addition to the

fung des Backbones unabhängig von den eingesetzten Modulen zu ermöglichen, sind zusätzlich zu den üblichen Prüfungen, entsprechend dem konventionellen Anlagenbau, ergänzende Prüfungen (mechanisch, elektrisch, funktional) mit Simulation der Module notwendig.

Soweit es möglich ist, sollten die Funktionen des Automatisierungssystems mit Übertragung von statischen Strukturinformationen und dynamischen Daten (siehe Abschnitt 3.3) aus Modulen in das Backbone-System in einer Testumgebung vorab getestet werden. Hierfür sollten die Modulfunktionen in ihrer Gesamtheit und die Verwaltung des globalen Namensraums mit Historie simuliert werden. Die Test- und Simulationsdaten sollten außerhalb des späteren Produktivsystems archiviert werden. Zur Überprüfung der Funktionsfähigkeit des Backbones, können verschiedene Testmodule an den Backbone mit Automatisierungssystem angeschlossen werden.

#### 4.2.3 Integration

Im Rahmen der Inbetriebnahme eines Moduls gilt es das vorher durch den Anlagenbetreiber gewählte Modul in die bestehende Infrastruktur eines Betriebsstandorts zu integrieren. Hierfür muss es am vorgesehenen Standort aufgestellt und angeschlossen werden. Der Anschluss an die übergeordnete Infrastruktur erfolgt durch das Verbinden der festgelegten Schnittstellen. Der Modullieferant und der Betreiber haben zu überprüfen, dass alle festgelegten Schnittstellendefinitionen eingehalten wurden. Beim Anschluss werden auch die benötigten Informationen vom Modul an das übergeordnete Automatisierungssystem übertragen und umgekehrt. Dabei ist auf eine rückwirkungsfreie Einbindung in das Gesamtsystem zu achten. Eine automatisierte Überprüfung der Kompatibilität des Moduls zu der jeweiligen Andockstelle ist eine nützliche Zusatzfunktion. Das An- oder Abkoppeln eines Moduls darf kein „Herunterfahren“ des Backbone erfordern („Hot Swapping“).

#### 4.2.4 Dokumentation

Die Dokumentation einer modular gebauten Anlage unterscheidet sich von der einer konventionell gebauten Anlage durch ihren ebenso modularen Aufbau. Aufgrund der unterschiedlichen Verantwortlichen für die einzelnen Module, dynamische An- und Abkoppelprozesse sowie der unterschiedlichen Planungsstandards der einzelnen Lieferanten wird eine effizient integrierte Dokumentation der Gesamtanlage nur durch digitale Systeme realisierbar sein. Wesentlich sind die Einhaltung von Mindestanforderungen an die Dokumentation, eine einheitliche Symbolik und der Aufbau der Dokumentation anhand der gültigen und üblichen Normen und Richtlinien der Prozessindustrie. Für die Qualifizie-

usual tests conducted in compliance with conventional plant construction, supplementary tests (mechanical, electrical, functional) with module simulation are required to enable inspection of the backbone independently of the modules employed.

The automation system functions should be tested in advance in a test environment as far as this is possible. These tests include transmission of static structure information and dynamic data (see Section 3.3) from modules to the backbone system. The module functions should be simulated in their entirety, along with administration of the global namespace with history. The test and simulation data should be archived outside the later productive system. Different test modules can be connected to the backbone with the automation system to test the functionality of the backbone.

#### 4.2.3 Integration

In the context of commissioning of a module, it is necessary to integrate the module selected by the operating company into the existing infrastructure of a site. The module needs to be set up and connected at the intended location. Connection to the higher-level infrastructure is realised by linking the defined interfaces. The module supplier and the operating company must check that all fixed interface definitions have been adhered to. During connection, the required information from the module is also transmitted to the higher-level automation system and vice versa. It is important to achieve non-reactive integration in the overall system in this respect. Automated checking of the module's compatibility to the respective docking station is a useful additional function. Coupling and decoupling of a module has to be achieved without any "shutting down" of the backbone (hot swapping).

#### 4.2.4 Dokumentation

The documentation of a modular plant differs from that of a conventionally structured plant by its equally modular structure. An efficiently integrated documentation for the overall system can only be realised by use of digital systems. This arises from the different parties with responsibility for individual modules, dynamic coupling and decoupling processes and the different planning standards of individual suppliers. Adherence to the minimum requirements for the documentation, uniform symbols and the structuring of the documentation based on valid and usual standards and directives in the process industry are essential. For qualification within the regulated industry and safety acceptance, rules,

rung innerhalb der regulierten Industrie und der sicherheitstechnischen Abnahme müssen Regeln, Mechanismen und Prüfanweisungen geschaffen werden, welche die einfache und gleichzeitig sichere Abnahme der modular gestalteten Anlage erlauben.

#### 4.2.5 Installation, Tests und Inbetriebnahme

Vor der Auslieferung eines Moduls erfolgt die Werksabnahme. Dabei muss der Modulhersteller auf eine Testinfrastruktur zurückgreifen, die die Leistungsgrenzen eines Moduls austestet. Die spezifizierten Fahrweisen müssen vollständig überprüft werden. Im Rahmen der Werksabnahme kann eine erste Einweisung des Betriebspersonals in den Umgang mit einem Modul erfolgen. Danach erfolgt der Transport zum Aufstellort entweder als vollständig montiertes Modul oder in Teilen, die am Aufstellort vom Lieferanten montiert werden.

Im Rahmen der Inbetriebnahme eines Moduls gilt es, das ausgewählte Modul in die bestehende Infrastruktur eines Betriebsstandorts zu integrieren. Hierfür muss es am vorgesehenen Standort aufgestellt und angeschlossen werden. Dies bedarf einer vorherigen Abstimmung über die Integrationstiefe des jeweiligen Moduls in die Gesamtanlage (vgl. Kapitel 3). Die rückwirkungsfreie Einbindung in das Gesamtsystem ist dabei sicherzustellen. Die Rückwirkungsfreiheit muss sowohl hinsichtlich des Automatisierungssystems als auch mechanisch / elektrisch gewährleistet sein.

Der Anschluss an die übergeordnete Infrastruktur erfolgt durch das Verbinden der festgelegten Schnittstellen. Der Modullieferant hat zu überprüfen, dass alle festgelegten Schnittstelleneigenschaften eingehalten sind. Im Anschluss muss ein Funktionstest des Moduls durchgeführt werden können, bevor in die Betriebsphase übergegangen werden kann. Für den Funktionstest muss ebenfalls auf Beeinflussung weiterer Module und auf mögliche Rückwirkungen geachtet werden. Die für „Plug & Produce“ benötigten Informationen im übergeordneten Automatisierungssystem müssen spätestens bei der Inbetriebnahme übertragen werden.

Die Überprüfung der Softwareintegration kann bereits vor der Lieferung des Moduls durchgeführt werden. Dazu muss der Modulhersteller eine Kopie der Modulsoftware zur Verfügung stellen, deren Integration in das übergeordnete Automatisierungssystem überprüft wird. Wenn diese Testkopie der Modulsoftware mit einer Modulsimulation gekoppelt ist, kann mit dem Training der Operatoren bereits vor der Inbetriebnahme begonnen werden. Letztere kann zusätzlich vorab virtuell durchgeführt werden. Steht keine Testkopie der Modulsoftware zur Verfügung, so muss der Integrationstest im Rahmen der Lieferung des Moduls erfolgen. Der Verantwort-

mechanisms and test instructions need to be created which permit the simple and, simultaneously, reliable acceptance of the modular system.

#### 4.2.5 Installation, tests and commissioning

A factory acceptance test is conducted prior to delivering a module. The module manufacturer must make use of a test infrastructure which tests the performance limitations of a module. Specified procedures must be checked completely. Initial instruction of operating personnel in handling of the module can be done during the factory acceptance test. After that the module is transported to the installation location, either fully assembled or in parts which will be assembled on site by the supplier.

In the context of commissioning of a module, it is necessary to integrate the selected module into the existing infrastructure of a site. The module needs to be set up and connected at the intended location for this purpose. This demands prior agreement on the integration depth of the respective module in the overall system (cf. Chapter 3). Nonreactive integration in the overall system has to be ensured in this respect. The absence of interaction should be ensured, with both regard to the automation system and mechanically / electrically.

Connection to the higher-level infrastructure is done by linking the defined interfaces. The module supplier has to check whether all defined interface characteristics have been adhered to. Subsequently, it should be possible to conduct a module function test before moving on to the operational phase. It is also important to note the influence of other modules and possible interactions for the function test. Information required for plug & produce in the higher-level automation system must be transmitted during commissioning at the latest.

Inspection of software integration can already be done prior to delivery of the module. For this, the module manufacturer has to provide a copy of the module software which is integrated into the higher-level automation system as a test. Training of system operators can begin prior to actual commissioning if this test copy of the module software is linked to a module simulation. Commissioning can also be done virtually in advance. The integration test must be done in the context of delivery of the module if no test copy of the module software is available. The transfer of responsibility for a module from the manufacturer to the operating company occurs after



tungsübergang für ein Modul vom Hersteller zum Betreiber erfolgt erst nach der Überprüfung der Erfüllung der Spezifikationen sowie nach erfolgreichem Test des Moduls selbst, und der Softwareintegration in die Gesamtanlage. Durch die Möglichkeit der Parallelisierung von Montage, Training und Integrationstest und der virtuellen Planung der Inbetriebnahme ergeben sie weitere Potentiale für Zeitersparnis.

### 4.3 Betriebsphase

Als Betriebsphasen können Betrieb und Optimierung, Wartung und Instandhaltung sowie Außerbetriebsetzung unterschieden werden. Mögliche Besonderheiten dieser Phasen werden im Folgenden näher beschrieben.

#### 4.3.1 Betrieb

Der Modulhersteller muss Personal für Schulungen über die Funktionalitäten der Module zur Verfügung stellen. Dies gilt insbesondere für die Erstinbetriebnahme, aber auch bei Bedarf in der sich daran anschließenden Betriebszeit. Die Koordination dieser Schulungen für die jeweiligen Module erfolgt gemeinsam mit dem Betreiber.

Wie in Kapitel 3 bereits ausgeführt, soll für die Gesamtanlage eine einheitliche Bedienung und Beobachtung ermöglicht werden. Vor Ort, im Modul, kann diese Einheitlichkeit möglicherweise nicht realisiert werden. Hier sind die PLT-Stellen mit dem jeweiligen Modulkennzeichnungssystem des Herstellers ausgestattet. Damit Bedien- und Wartungspersonal sich zurechtfinden kann, muss der Bezug zwischen örtlicher Kennzeichnung und der Kennzeichnung im übergeordneten Automatisierungssystem bekannt gemacht werden. Gemäß Kapitel 3 erfolgt diese Zuordnung im übergeordneten Automatisierungssystem und ist auch von diesem zu dokumentieren.

#### 4.3.2 Optimierung

Die betrachteten modularen Anlagen bieten Potential als Vielweckanlagen. Kommt es aufgrund des Betriebs als Vielweckanlage zu notwendigen Umbaumaßnahmen, so vereinfachen sich diese durch den Austausch, die Ergänzung oder Außerbetriebsetzung einzelner Module. Die Module als geschlossene Einheit verringern hierbei den Umbauaufwand.

Die Modularisierung der Anlage kann aber auch die Möglichkeiten zur Optimierung einschränken. So ist davon auszugehen, dass ein einfacher Umbau oder Austausch auf der Ebene der Feldgeräte nicht möglich ist, weil die Detailkenntnisse über die Module und die dort eingesetzten Geräte beim Hersteller liegen. Gleiches gilt für die Strukturen in den Steue-

checking that specifications have been met, successful testing of the module itself and the software integration in the overall system. The option for parallelization of installation, training and integration testing and virtual planning of commissioning create further potential for time saving.

### 4.3 Operational phase

A differentiation can be made between operation and optimizing, servicing and maintenance and decommissioning as operational phases. Possible special features of these phases are described in closer detail below.

#### 4.3.1 Operation

The module manufacturer must provide personnel to conduct training in the functionalities of the modules. This applies in particular to initial commissioning, but also in the subsequent operating period where necessary. Coordination of these training measures for respective modules is realised together with the operating company.

Uniform operation and monitoring should be enabled for the complete system, as already described in Chapter 3. This uniformity can probably not be realised inside the module. Field devices are equipped with the respective module labelling system of the manufacturer. The relationship between local labelling and labelling in the higher-level automation system should be made known to ensure the operating and maintenance personnel can find their way around. Assignment occurs in the backbone automation system pursuant to Chapter 3 and should also be documented by this system.

#### 4.3.2 Optimizing

Modular plants harbour potential as multi-purpose systems. Where conversion measures are necessary due to operation as a multi-purpose system, these are simplified through the replacement, supplementing or decommissioning of individual modules. The modules as enclosed units reduce the conversion effort in this respect.

Nevertheless, modularization of the plant can also limit optimization options. It should be assumed that a simple conversion or replacement at the field device level is impossible, as detailed knowledge of the modules and the devices used therein is in the possession of the manufacturer. The same applies to structures in the control systems of modules (e.g.

rungssystemen der Module wie beispielsweise Verriegelungen und Reglerstrukturen. Der Modulhersteller hat für den Umbau und den Austausch notwendige Ressourcen zur Verfügung zu stellen.

Der Modullieferant ist in diesem Sinne Partner des Betreibers und kann aufgrund seiner Erfahrung mit dem Modul unterstützend mitwirken. Die Kenntnisse der Beteiligten hängen maßgeblich von der Integrationstiefe des Moduls ab. Ist das Modul weitgehend unabhängig automatisiert, steigt der Kooperationsbedarf zwischen Lieferanten und Betreiber. Ist das Modul jedoch stark in den Anlagenverbund integriert und durch ein übergeordnetes System automatisiert, bestehen mehr Eingriffsmöglichkeiten für den Anlagenbetreiber. Eine Optimierung ist dann anhand der zur Verfügung stehenden Regel- und Steuerungsparameter möglich. Diese sind gemäß den Vorgaben in Kapitel 3 vom übergeordneten Automatisierungssystem veränderbar.

#### 4.3.3 Wartung, Instandhaltung

Da Module als bedingt geschlossene Einheit durch Lieferanten zur Verfügung gestellt werden, bedarf es einer Absprache bezüglich der möglichen Wartungseingriffe in die Module und der Verantwortlichkeit für diese Tätigkeiten. Dies kann beispielsweise durch Serviceverträge mit garantierten Leistungen und Verfügbarkeiten sichergestellt werden. Davon betroffen sind sowohl Verbrauchsmaterialien, als auch notwendige Ersatzteile. Alle durchgeführten Wartungen und Instandsetzungen müssen dokumentiert werden. Ist ein Modul bereits vorher in einer anderen Anlagenkonfiguration verwendet worden, muss die Durchgängigkeit der Dokumentation gewährleistet sein.

Wartungen können durch Sammelmeldungen ausgelöst werden. Die Durchführung der Wartung kann anlagen- oder betreiberspezifisch erfolgen. Im Rahmen eines Service Level Agreements (SLA) sind unter anderem die zeitlichen Bedingungen für Reparaturen zu klären, um die Folgen eines unnötig langen Anlagenausfalls wegen verzögerter Reparatur für den Betreiber zu verringern. Nachteilig kann die Beschränkung auf den Modullieferanten sein, so dass der Betreiber nicht mehr die Rechte zur eigenständigen Fehlerbehebung besitzt oder an dessen Preisgestaltung gebunden wird.

Bei einer Anlage aus mehreren Modulen ist eine anlagenübergreifende Planung der Wartungen notwendig, um den Umfang der Stillstände zu minimieren. Die für die Wartungsmaßnahmen nötigen Informationen müssen von den Automatisierungssystemen geliefert werden. Wird im Rahmen der Instandhaltung ein Modul ausgetauscht, so darf es zu keinen Konflikten kommen. Erfolgt der Ersatz durch ein neueres Modul, das die gestellten Anforderun-

interlocks and controller structures). The module manufacturer must provide the resources necessary for conversion and replacement.

In this aspect, the module supplier is partner of the operating company and can contribute his support, due to his experience with the module. The knowledge of those involved depends significantly on the integration depth of the module. The need for cooperation between the supplier and operating company increases if the module is automated to a broadly independent degree. However, the system operator has greater intervention possibilities if the module is strongly integrated in the plant network and automated through a backbone automation system. Optimizing is then possible with the available control parameters. These parameters can be modified by the backbone automation system pursuant to the specifications in Chapter 3.

#### 4.3.3 Service, maintenance

As modules are provided by the supplier as partly enclosed units, consultation is necessary to agree on possible maintenance interventions in the modules and responsibility for these tasks. This can be ensured through, for example, service contracts with guaranteed services and availability. Both consumables and necessary spare parts are affected by this. All realised service and maintenance operations must be documented. The consistency of the documentation has to be assured in case a module has already been used in another system configuration.

Maintenance operations can be triggered by collective signals. Maintenance can be realised specifically for a particular system or operating company. Among other aspects, the time conditions for repairs have to be clarified in the context of a service level agreement (SLA) to reduce the consequences for the operating company of an unnecessarily long plant downtime due to delayed repair. Restriction to one module supplier can be disadvantageous, with the operating company no longer holding the rights to carry out independent troubleshooting or being bound to the supplier's pricing policy.

If a plant consists of several modules, maintenance planning should encompass all modules to minimise the extent of stoppages. Information required for maintenance measures must be provided by the automation systems. No conflicts may arise if a module is replaced during maintenance. The required compatibility has to be ensured where replacement involves a new module which meets the stipulated requirements. Compatibility applies to the plant and

gen erfüllt, so muss die notwendige Kompatibilität gewährleistet sein. Die Kompatibilität betrifft sowohl die Anlage, als auch das übergeordnete Automatisierungssystem für den Betrieb.

Neuerungen für Hardware und Software (neue Funktionen, Fehlerbeseitigung, IT-Sicherheit) dürfen nur mit Zustimmung und auf Veranlassung des Betreibers eingebracht werden. Alle daraus resultierenden Änderungen im Verhalten des Moduls sind durch den Hersteller vorher darzustellen.

Schnittstellen für die Fernwartung und das Einbringen von Daten in das Automatisierungssystem des Moduls müssen in das IT-Sicherheitskonzept des Betreibers integrierbar sein. Die Modulhersteller sollen die Instandhaltungsprozesse und -zyklen mit Stördatenanalysen u.ä. optimieren. Das Änderungsmanagement sollte durch die eingesetzten Systeme unterstützt werden.

#### **4.4 Außerbetriebnahme**

##### **4.4.1 An- und Abkoppeln eines Moduls**

Wird ein Modul als Teil einer Anlage außer Betrieb genommen, da es nicht mehr benötigt oder ausgetauscht wird, ist auf Rückwirkungsfreiheit zu achten. Das Entfernen darf die Funktionsfähigkeit der verbleibenden Anlage nicht einschränken.

Wichtige Aspekte der Dokumentation müssen berücksichtigt werden. Dies betrifft sowohl die Anlage, als auch das Modul. Der globale Namensraum muss mit Historie gepflegt werden. Dies ist Aufgabe des übergeordneten Automatisierungssystems oder eines angeschlossenen Manufacturing Execution Systems (MES). Diese Systeme müssen Daten von PLT-Stellen speichern und wieder darstellen können. Die Nachverfolgbarkeit von Chargen muss über die Existenz der Anlage bei Bedarf gesichert werden.

Nach der Entfernung eines Moduls dürfen keine „Altlasten“ im übergeordneten Automatisierungssystem zurückbleiben. Altlasten können beispielsweise alte Bedienbilder, Bausteine, Rezeptfunktionen oder auch Kommunikationstabellen sein. Eine Archivierung der Konfiguration „alter“ Module kann sinnvoll sein.

Modular aufgebaute Anlagen sollten so konstruiert sein, dass der Ein- und Ausbau eines Moduls im Vergleich zur herkömmlichen Bauweise durch standardisierte Schnittstellen erleichtert wird (Schnell- und Steckkupplungen, Standardmaße, etc.). Daher ist für die Umrüstung einer Anlage beim Produktwechsel oder auch im Problemfall (Austausch des fehlerhaften Moduls) mit einer Reduzierung des

the backbone automation system for operation.

Hardware and software innovations (new functions, troubleshooting, IT security) may only be incorporated with the agreement and at the instigation of the operating company. Any changes in the behaviour of the module resulting from this need to be depicted by the manufacturer in advance.

It has to be possible to integrate interfaces for remote maintenance and for the importing of data into the module automation system in the operating company's IT security concept. The module manufacturer should optimise maintenance processes and cycles with fault data analyses and similar. Change management should be supported by the systems employed.

#### **4.4 Decommissioning**

##### **4.4.1 Coupling and decoupling a module**

Decommissioning of a module should be reactionless with regard to further modules or the overall production. Removal should not limit the functionality of the remaining system.

Important aspects of the documentation should be taken into consideration. This applies to both the system and the module. The global namespace should be updated with history. This is the task of the higher-level automation system or a connected manufacturing execution system (MES). These systems should be capable of storing and displaying data again from field devices. The traceability of batches should be ensured where necessary beyond the life cycle of the system.

No “inherited liabilities” should remain in the higher-level automation system following the removal of a module. Inherited liabilities can involve old operator displays, function blocks, recipe functions or communication tables. Archiving of the configuration of “older” modules can be practical.

Modular systems should be designed so that, when compared to conventional layouts, the installation and removal of a module is facilitated by standardised interfaces (quick and plug connectors, standard dimensions, etc.). This is why a reduction in the time required is to be expected for conversion of the system in the event of a product change or a problem (replacement of faulty module), provided the

Zeitbedarfs zu rechnen, sofern das Modul vorhanden ist bzw. schnell zu beschaffen ist. Dadurch erhöht sich gleichzeitig die Flexibilität der Anlage, da die Möglichkeit eines schnellen Produktwechsels eher genutzt werden wird.

Verriegelungen zum Abkoppeln müssen konfigurierbar gemacht werden, um beispielsweise ein Abkoppeln ohne vorherige Reinigung zu verhindern. Aus Gründen des Know-how-Schutzes muss es möglich sein, ein abgekoppeltes Modul datentechnisch in den Auslieferungszustand zu versetzen.

#### **4.4.2 Außerbetriebnahme des Backbones**

Der Backbone ist der verbindende Teil der Gesamtanlage. Wenn der Backbone außer Betrieb gesetzt wird, entspricht das einer Außerbetriebnahme der Gesamtanlage.

#### **4.4.3 Außerbetriebnahme eines Moduls**

Aus automatisierungstechnischer Sicht ist die Außerbetriebnahme eines Moduls mit der Abkoppelung abgeschlossen (siehe 4.1.1).

#### **4.5 Risiken und Maßnahmen**

Aufgrund der gewünschten Flexibilität in der Ausgestaltung der einzelnen Module besteht ein Risiko für unvorhersehbare Wechselwirkungen an den technischen Schnittstellen des Moduls zur übergeordneten Anlage. Diese wirken sich erstmalig im Rahmen der Inbetriebnahme aus. Neben fehlenden Funktionen sind als mögliche weitere Risiken, u. a. unerwartete Rückwirkungen, die zu einem Ausfall des übergeordneten Systems oder anderer Module führen, zu nennen.

Die Wahl und Berücksichtigung einer geeigneten Standardisierung, hinsichtlich Hardware und Software, Informationsaustausch und -offenheit, ist ein Mittel diesen Risiken entgegen zu wirken. Rückwirkungsfreiheit und Funktionsrisiken sollten im Rahmen der Tests geprüft werden.

### **5 Roadmap**

In der Roadmap sind die aus automatisierungstechnischer Sicht zu erwartenden Schritte auf dem Weg zur Umsetzung modularer, verfahrenstechnischer Anlagenkonzepte beschrieben. Die mittel- und langfristige Entwicklung der Technologien und Dienstleistungen in der Prozessautomatisierung ist maßgeblich von der allgemeinen Entwicklung und Anwendung modularer und flexibler Produktionsanlagen abhängig. Ebenso hängt die Inanspruchnahme entsprechender Dienstleistungen von der Organisationsstruktur und dem internen Know-how der Anwenderfirmen ab. Je nach Ausprägung des Pro-

module is available or can be procured quickly. System flexibility is simultaneously increased, as the option for a rapid product change is more likely to be exploited.

Interlocks for decoupling should be configurable so as, for example, to prevent decoupling without prior cleaning. For reasons of know-how protection, it should be possible to reset a decoupled module to its delivery condition with regard to data technology.

#### **4.4.2 Decommissioning the backbone**

The backbone is the element linking the entire system. Decommissioning the backbone is equivalent to a decommissioning of the entire system.

#### **4.4.3 Decommissioning a module**

In automation terms, decommissioning of a module is completed following decoupling (see 4.1.1).

#### **4.5 Risks and measures**

The desired flexibility in the design of individual modules means that there is a risk of unforeseeable interactions occurring on the technical interfaces of the module to the backbone automation system. These only become apparent during commissioning. In addition to missing functions, further possible risks which include unanticipated interaction (feedback) leading to the failure of the backbone automation system or other modules should be named.

The selection and consideration of suitable standardising with regard to hardware and software, information exchange and openness is a means of countering these risks. Absence of interaction and functional risks should be examined during tests.

### **5 Roadmap**

From the point of view of automation the steps to be expected on the way to the realisation of modular process engineering system concepts are described in the roadmap. Medium and long-term development of technologies and services in process automation depends considerably on the general development and use of modular and flexible production systems. Exploitation of appropriate services also depends on the organisation structure and internal know-how of the user companies. Intensive cooperation with a mutual exchange of know-how and flexible use of resources may develop, depending on

jektes und der Projektziele sowie der Leistungsfähigkeit der Anwenderfirmen an sich, kann sich eine intensivierte Zusammenarbeit mit beiderseitigem Know-how-Austausch und flexiblem Ressourceneinsatz ergeben.

Eine wesentliche Voraussetzung für eine Entwicklung in diese Richtung ist die Sicherstellung der langfristigen Kompetenz und Leistungsfähigkeit der Lieferanten für die eingesetzten (und zukünftigen) Technologien. Ebenso relevant wird der Aufbau von passenden Servicestrukturen sein. Allgemeine Trendaussagen sind daher nur in beschränktem Umfang und nur unter Berücksichtigung der aktuell bekannten Einflussfaktoren möglich. Um den Anforderungen an eine flexible Automatisierung von modularen Anlagen zu genügen, ist daher eine Weiterentwicklung der Automatisierungssysteme unter verschiedenen Gesichtspunkten erforderlich.

Während standardisierte Schnittstellen zwischen Modulen und übergeordneten Automatisierungssystemen vorhanden sind und aktiv in der Industrie eingesetzt werden (z. B. PROFIBUS DP, FF-Bus, OPC o.ä.) sind standardisierte Informationsmodelle zur Integration modularer Automatisierungssysteme im Bereich der industriellen Softwareentwicklung und der Prozessleittechnik noch nicht flächendeckend verbreitet. Ein automatisiertes Engineering bei Änderungen an Modulen oder bei der Integration neuer Module in ein übergeordnetes Automatisierungssystem ist derzeit nicht in Sicht. Hier stehen die Systemhersteller vor der Herausforderung, offene Konfigurationsdatenbanken und (Engineering-) Schnittstellen bereitzustellen, um flexibel auf dynamisch veränderte Automatisierungsumgebungen reagieren zu können. In einer Übergangszeit ist der Import von Engineering-Daten der Modullieferanten mit manueller Nachkonfiguration des übergeordneten Automatisierungssystems denkbar. Langfristig muss die Zielrichtung zu einer automatisierten Integration mittels „Plug & Control“ bzw. „Plug & Produce“ und (Selbst-) Konfiguration führen.

Ein wesentlicher Treiber der Modularisierung ist die Prozessintensivierung, d.h. eine Erhöhung der Raum-Zeit Ausbeute dank Mikroreaktortechnik. Das hat zur Folge das durch Automatisierungstechnik beanspruchte Volumen substantiell und nicht mehr tolerierbar ist, d.h. in der Volumenreduzierung muss die Automatisierungstechnik noch erhebliche Beiträge leisten. Das kann geschehen über Miniaturisierung, bei den Leitsystemen aber auch durch noch stärkere Modularisierung und stärkere Skalierbarkeit.

Durch die hohe Integration der Automatisierungssysteme in modularen Produktionsanlagen ergibt sich eine neue Dynamik hinsichtlich der Einflussnahme von Fremdsoftware (speziell Schadsoftware)

the extent of the project and project targets and the performance capability of the user companies.

A significant prerequisite for a development in this direction is the securing of the long-term competence and performance capability of suppliers of the technologies used (both now and in future). The development of appropriate service structures is of equal relevance. Therefore, general trend statements are only possible to a limited extent and where current known influencing factors are taken into consideration. Future development of automation systems taking different points of view into consideration is therefore necessary to meet the requirements for flexible automation of modular systems.

Standardised interfaces between modules and higher-level automation systems are actively used in industry (e.g. PROFIBUS DP, FF-Bus, OPC or similar). Standardised information models for the integration of modular automation systems are not yet widespread in the area of industrial software development and process control technology. Automated engineering in the case of modifications to modules or the integration of new modules in a higher-level automation system is currently still not in sight. System manufacturers are here faced with the challenge of providing open configuration databases and (engineering) interfaces to facilitate flexible reaction to dynamically changing automation environments. The import of engineering data from module suppliers with manual reconfiguration of the higher-level automation system is conceivable in a transition period. The trend should lead to automated integration through plug & control respectively plug & produce and (self) configuration in the long term.

Process intensification, the increase in space-time yield achieved through micro reactor technology, is a significant driver of modularisation. As a consequence, the space taken up by automation technology is substantial and can no longer be tolerated, meaning that automation technology still needs to make considerable contributions to the reduction of space required. This can be achieved through miniaturisation, via the control systems and also through more intensive modularisation and greater scalability.

The high degree of integration of automation systems in modular production plants has created a new dynamism with regard to the influence of third-party software (especially malware) on production

auf die Produktionsanlagen sowie ein verstärkter Bedarf an Know-how-Schutz im Bereich der Automatisierungssysteme. Hier muss durch die Entwicklung geeigneter Softwarestrukturen ein effizienter Schutz der Anlage vor Fremdsoftware und vor unautorisierten Zugriffen auf Konfigurationselemente einer Software aus anderen Modulen gewährleistet werden. Die verschiedenen Betreiber von Produktionsanlagen und Lieferanten automatisierter Module benötigen gleichermaßen transparente Sicherheit zum Schutz des eigenen Know-hows vor dem Zugriff anderer Personen.

Die Wartung und Pflege der automatisierten Anlagen erfolgt heute überwiegend durch den Anlagenbetreiber selbst. Teilweise sind für einzelne Aktivitäten SLAs mit den Herstellern vereinbart, z. B. für Rufbereitschaft und Wartung. In einer modular integrierten Anlage mit „Plug & Produce“ Funktionalität werden jedoch umfangreichere SLAs zur Erhaltung einer umfassenden Anlagenverfügbarkeit benötigt. In diesem Rahmen sind auch eine verstärkte „vor Ort“ Präsenz oder umfangreiche Fernwartungsmöglichkeiten gefordert.

systems and an increased need for know-how protection in the area of automation systems. The efficient protection of the system against third-party software and unauthorised accessing of the configuration elements of software from other modules should be ensured through the development of suitable software structures. Different operators of production plants and suppliers of automated modules require transparent security to an equal degree to protect their own know-how against accessing by other persons.

The maintenance and care of automated systems is mainly realised today by the system operators themselves. SLA's are in part concluded with manufacturers for individual activities (e.g. for on-call service and maintenance). However, more comprehensive SLA's are required in a modular integrated system with plug & produce functionality to ensure extensive plant availability. Increased on-site presence or comprehensive remote maintenance options are also demanded in this context.

## Anhang A

Die nachfolgende Tabelle gibt einen Überblick über wichtige Aspekte und Aufgaben in Bezug auf modulare Automatisierungssysteme sowie deren mittel- und langfristige Entwicklung:

	<b>Heute: Bsp.</b>	<b>Mittelfristig:</b>	<b>Langfristig:</b>
<b>Integration von Automatisierungssystemen.</b>	Manuelle Integration einzelner Module.	Konfigurationsdaten kompatibel und integrierbar vorhanden. Automatisierte Identitätsprüfung von Modulen.	Plug & Produce: Automatische Integration und Identitätsprüfung von Modulen.
<b>Schnittstellen zwischen der Modulautomatisierung und dem übergeordneten System.</b>	Standardisierte Schnittstellen.	Standardisierte Funktionen.	Standardisierte Funktionen.
<b>Automatisierungstechnisches (AT) Wissen über das Equipment.</b>	Equipment- / AT-Wissen bei Betreiber oder Hersteller.	Equipment- / AT-Wissen bei Betreiber und Hersteller.	Equipment- / AT-Wissen verstärkt bei Hersteller.
<b>Anlagensicherheit (Safety): Umwelt, Mitarbeiter.</b>	Risikoanalyse durch Betreiber.	Risikoanalyse gemeinsam, Hersteller und Betreiber.	Risikoanalyse nach Herstellerkatalog.
<b>Know-how-Schutz.</b>	Der Betreiber schützt sein eigenes Know-how und das Know-how der Lieferanten vor unbefugtem Zugriff.	Durch logisch getrennte Bereiche und manuelle Import / Exportfunktionen ist der Know-how-Schutz sichergestellt.	Es ist durch zentral einstellbare Zugriffsregeln ein Know-how-Schutz für alle vernetzten Systeme sichergestellt. Der Betreiber verwaltet die Zugriffsrechte an zentraler Stelle. Innerhalb eines Moduls ist der Hersteller verantwortlich sein Know-how vor dem Zugriff Dritter zu schützen.
<b>IT-Sicherheit (Security).</b>	Schutz wird durch Isolation (getrennte Netzwerke) und minimalem Zugriff „von außen“ sichergestellt. Zusätzlich organisatorische Maßnahmen.	Verstärkter Einsatz von Komponenten zum Schutz der Module (Segmentierung der Netzwerke, Firewalls, Einsatz von spezifischer Schutzsoftware).	Die eingesetzte Technik gewährleistet eine inhärente Sicherheit der Module vor Schadsoftware und ungewollten Änderungen.



<b>Fernzugriff.</b>	Überwiegend Einzellösungen.	Flexibler Zugriff über standardisierte Lösungen (z. B. Web-Portal) Schutz und Kontrolle des Zugriffs wird durch Einzellösungen und organisatorische Maßnahmen sichergestellt.	Flexibler Zugriff über standardisierte Lösungen. Der Schutz von Produktionsanlagen und des Know-how wird durch die eingesetzte Technik sichergestellt.
<b>Instandhaltung, Dienstleistungsvereinbarungen.</b>	Spezifische SLAs. Schwachstellenanalyse durch Betreiber.	Flächendeckend SLAs.	Flächendeckend SLAs. Schwachstellenanalyse / Stördatenstatistik durch Service-Partner.
<b>Ersatzteilmanagement.</b>	Ersatzteile werden überwiegend vom Anlagenbetreiber vorgehalten.	Ersatzteile werden von Modulhersteller vorgehalten und die Verfügbarkeit über SLA geregelt.	Ersatzteile werden vom Modulhersteller vorgehalten und der Bedarf über Stördatenstatistik optimiert.

## Annex A

The following table provides an overview of important aspects and tasks relating to modular automation systems and their medium and long-term development:

	<b>Today: example</b>	<b>Medium term:</b>	<b>Long term:</b>
<b>Integration of automation systems.</b>	Manual integration of individual modules.	Compatible and includable configuration data available. Automated identity check of modules.	Plug & produce: Automatic integration and identity check of modules.
<b>Interfaces between module automation and the backbone automation system.</b>	Standardised interfaces.	Standardised services.	Standardised functions.
<b>Automation technology (AT) know-how concerning equipment.</b>	Equipment / AT know-how at operator or manufacturer.	Equipment / AT know-how at operator and manufacturer.	Equipment / AT know-how increasingly at manufacturer.
<b>Plant safety: environment, personnel.</b>	Risk analysis by operator.	Mutual risk analysis, manufacturer and operator.	Risk analysis pursuant to manufacturer catalogue.
<b>Know-how protection.</b>	The operator protects his own know-how and the know-how of suppliers against unauthorised access.	Know-how protection is assured through logically isolated areas and manual import / export functions.	Know-how protection should be assured for all linked systems through centrally configurable access rules. The operator administers access rights from a central location. Within a module the manufacturer is responsible for protecting his know-how against accessing by third parties.
<b>IT security.</b>	Protection is assured through insulation (isolated networks) and minimum accessing "from outside". Additional organisational measures.	Intensified use of components for the protection of modules (segmentation of networks, firewalls, use of specific protection software).	The technology used ensures the inherent security of modules against malware and undesired changes.

<b>Remote access.</b>	Predominantly individual solutions.	Flexible access via standardised solutions (e.g. web portal) Protection and control of access is assured through individual solutions and organisational measures.	Flexible access via standardised solutions. Protection of production systems and know-how is assured through the technology employed.
<b>Maintenance, service agreements.</b>	Specific SLA's. Weak point analysis through the operator.	Comprehensive SLA's.	Comprehensive SLA's. Weak point analysis / fault data statistics through service partners.
<b>Spare parts management.</b>	Spare parts are predominantly stocked by the system operator.	Spare parts are stocked by the module manufacturer and availability is regulated by SLA.	Spare parts are stocked by the module manufacturer and demand is optimised through fault data statistics.