

VEREIN  
DEUTSCHER  
INGENIEURE

Verfahrenstechnische Anlagen  
Modulare Anlagen  
Sicherheit modularer Anlagen  
  
Process engineering plants  
Modular plants  
Safety of modular plants

VDI 2776  
Blatt 3 / Blatt 3

Ausg. deutsch/englisch  
Issue German/English

*Die deutsche Version dieser Richtlinie ist verbindlich.*

*The German version of this standard shall be taken as authoritative. No guarantee can be given with respect to the English translation.*

Inhalt	Seite	Contents	Page
Vorbemerkung .....	3	Preliminary note.....	3
Einleitung.....	3	Introduction.....	3
<b>1 Anwendungsbereich.....</b>	<b>4</b>	<b>1 Scope.....</b>	<b>4</b>
<b>2 Normative Verweise .....</b>	<b>5</b>	<b>2 Normative references .....</b>	<b>5</b>
<b>3 Begriffe .....</b>	<b>6</b>	<b>3 Terms and definitions .....</b>	<b>6</b>
3.1 Allgemein.....	6	3.1 General.....	6
3.2 Risiko und Risikomanagement .....	6	3.2 Risk and risk management.....	6
<b>4 Abkürzungen.....</b>	<b>10</b>	<b>4 Abbreviations.....</b>	<b>10</b>
<b>5 Sicherheitstechnische und sicherheits- konzeptionelle Charakteristiken modularer Anlagen .....</b>	<b>11</b>	<b>5 Safety-related and safety- conceptual characteristics of modular plants .....</b>	<b>11</b>
5.1 Grundlegende Unterschiede bei der Prozess- und Anlagensicherheit .....	11	5.1 Fundamental differences in process and plant safety .....	11
5.2 Autarkie der Sicherheitskonzepte .....	12	5.2 Autarky of the safety concepts.....	12
5.3 Bedeutung des Sicherheitsrahmenkonzepts.....	13	5.3 Importance of the safety framework concept.....	13
5.4 Rollenverteilung bei der Anlagensicherheit .....	14	5.4 Allocation of roles in plant safety.....	14
<b>6 Sicherheitskonzept und Sicherheitsmaßnahmen modularer Anlagen.....</b>	<b>18</b>	<b>6 Safety concept and safety measures of modular plants .....</b>	<b>18</b>
6.1 Klassifizierung intra- und intermodularer Risiken und Risiken für das Gesamtsystem MP/NME.....	20	6.1 Classification of intra- and intermodular risks and risks for the overall system MP/NME .....	20
6.2 Intramodulare Sicherheitsmaßnahmen für die bestimmungsgemäße Verwendung.....	22	6.2 Intramodular safety measures for intended use.....	22
6.3 Intermodulare Sicherheitsmaßnahmen.....	27	6.3 Intermodular safety measures .....	27
6.4 Organisatorische Maßnahmen zur Schnittstellenbetrachtung .....	31	6.4 Organisational measures for interface consideration.....	31

VDI-Gesellschaft Verfahrenstechnik und Chemieingenieurwesen (GVC)

Fachbereich Verfahrenstechnische Anlagen

VDI-Handbuch Verfahrenstechnik und Chemieingenieurwesen, Band 2: Planung/Projektierung  
VDI/VDE-Handbuch Automatisierungstechnik  
VDI Handbuch Informationstechnik, Band 1: Angewandte Informationstechnik

Inhalt	Seite
<b>7 Gefahren- und Risikoanalyse</b> .....	33
7.1 Umsetzung der Gefahren- und Risikoanalyse .....	34
7.2 Methoden zur Gefahren- und Risikobeurteilung.....	35
7.3 Änderungen an den Elementen des modularen Konzepts (Management of Change).....	39
<b>8 Praktische Hinweise zur Prozess- und Anlagensicherheit sowie Arbeitssicherheit im modularen Konzept</b> .....	40
8.1 Allgemeines .....	40
8.2 Explosionsschutz – Besonderheiten bei modularen Anlagen .....	41
8.3 Brandschutz – Besonderheiten bei modularen Anlagen .....	44
Schrifttum .....	45
Benennungsindex .....	47

Contents	Page
<b>7 Hazard and risk analysis</b> .....	33
7.1 Implementation of hazard and risk analysis .....	34
7.2 Methods for hazard and risk assessment .....	35
7.3 Changes to the elements of the modular concept (management of change).....	39
<b>8 Practical advice on process and plant safety as well as occupational safety in the modular concept</b> .....	40
8.1 General.....	40
8.2 Explosion protection – Characteristics for modular plants.....	41
8.3 Fire protection – Characteristics for modular plants .....	44
Bibliography .....	45
Term index.....	48

## Vorbemerkung

Der Inhalt dieser Richtlinie ist entstanden unter Beachtung der Vorgaben und Empfehlungen der Richtlinie VDI 1000.

Alle Rechte, insbesondere die des Nachdrucks, der Fotokopie, der elektronischen Verwendung und der Übersetzung, jeweils auszugsweise oder vollständig, sind vorbehalten.

Die Nutzung dieser Richtlinie ist unter Wahrung des Urheberrechts und unter Beachtung der Lizenzbedingungen ([www.vdi.de/richtlinien](http://www.vdi.de/richtlinien)), die in den VDI-Merkblättern geregelt sind, möglich.

Allen, die ehrenamtlich an der Erarbeitung dieser Richtlinie mitgewirkt haben, sei gedankt.

Eine Liste der aktuell verfügbaren und in Bearbeitung befindlichen Blätter dieser Richtlinienreihe sowie gegebenenfalls zusätzliche Informationen sind im Internet abrufbar unter [www.vdi.de/2776](http://www.vdi.de/2776).

## Einleitung

Die chemische Industrie und die Prozessindustrie stehen einem verstärkten Wettbewerb und Herausforderungen bei Produkteinführungen in neuen und oft volatilen Märkten gegenüber. Dies erfordert schnelle Reaktionen auf die Marktbedürfnisse bei gleichzeitig reduziertem Investitionsrisiko. Auch kürzere Produktlebenszyklen und somit kleinere Produktvolumina sind zu beobachten. Sie sind die Folge einer Diversifizierung und zunehmenden Spezialisierung der Produktpalette aufgrund von kundenorientierteren Produkten. Die zunehmende Digitalisierung von Geschäftsprozessen verstärkt letztgenannten Gesichtspunkt. Daher sind flexible und kostengünstige Entwicklungs- und Produktionstechnologien erforderlich. Um im Bereich der Spezial- und Feinchemikalien erfolgreich zu sein, müssen diese Methoden und Technologien schnell umsetzbar sein.

Lösungsmöglichkeiten hierfür bieten Modularisierungs- und Standardisierungskonzepte, die in der Prozesstechnik eingeführt und umgesetzt werden. Während die Modularisierung Flexibilität im Hinblick auf Kapazität, Produktvielfalt und Produktionsort bietet, können über Standardisierungs- und Wiederverwendungsansätze Zeit und Kosten gespart werden.

Diese gegenüber herkömmlichen, nicht modular aufgebauten Anlagen gewonnene Flexibilität bedarf einer besonderen Bewertung der anlagentechnischen Sicherheit im kompletten Lebenszyklus der Anlage unter Berücksichtigung der erhöhten technischen Anforderungen an die Elemente des modularen Konzepts.

## Preliminary note

The content of this standard has been developed in strict accordance with the requirements and recommendations of the standard VDI 1000.

All rights are reserved, including those of reprinting, reproduction (photocopying, micro copying), storage in data processing systems and translation, either of the full text or of extracts.

The use of this standard without infringement of copyright is permitted subject to the licensing conditions ([www.vdi.de/richtlinien](http://www.vdi.de/richtlinien)) specified in the VDI Notices.

We wish to express our gratitude to all honorary contributors to this standard.

A catalogue of all available parts of this series of standards and those in preparation as well as further information, if applicable, can be accessed on the Internet at [www.vdi.de/2776](http://www.vdi.de/2776).

## Introduction

The chemical and process industries face increased competition and product launch challenges in new and often volatile markets. This requires quick responses to market needs while reducing investment risk. Shorter product life cycles and thus smaller product volumes can also be observed. They are the result of diversification and increasing specialisation of the product range due to more customer-oriented products. The increasing digitalisation of business processes reinforces the latter aspect. Therefore, flexible and cost-effective development and production technologies are required. In order to be successful in the field of speciality and fine chemicals, these methods and technologies shall be quickly implementable.

Possible solutions for this are offered by modularisation and standardisation concepts that are introduced and implemented in process technology. While modularisation offers flexibility in terms of capacity, product variety, and production location, time and costs can be saved via standardisation and reuse approaches.

This flexibility compared to conventional, non-modular plants requires a special evaluation of the system safety in the complete life cycle of the system, taking into account the increased technical requirements for the elements of the modular concept.

Der sichere Betrieb von Prozessanlagen – auch von modularen Anlagen – ist eine wichtige Voraussetzung für die Genehmigungsfähigkeit, einen langfristigen wirtschaftlichen Erfolg sowie für die allgemeine gesellschaftliche Akzeptanz der Technologien und Unternehmen (sogenannte Licence-to-operate).

## 1 Anwendungsbereich

Diese Richtlinie beschreibt die sicherheitstechnischen Aspekte modularer Anlagen. Sie gibt Hilfestellungen für sichere Konstruktion und sicheren Betrieb der modularen Anlagen im kontinuierlichen und diskontinuierlichen Betrieb in der pharmazeutischen, chemischen, biotechnologischen und petrochemischen Industrie.

Die Richtlinie beschreibt die Grundsätze für Sicherheitskonzepte zur Festlegung ihrer Maßnahmen sowie für Gefahren- und Risikoanalysen modularer Anlagen, die den technischen Anforderungen Rechnung tragen, z.B.

- Rekonfiguration von MPs,
- Austauschbarkeit von PEAs,
- Kompatibilität von PEAs unterschiedlicher PEA-Hersteller,
- Austausch von FEAs.

Insbesondere ist zu berücksichtigen, dass der Lebenszyklus einer modularen Anlage durch die Prozessflexibilität (z.B. durch unterschiedliche Einsatzstoffe) und die Anlagenflexibilität (z.B. Verschaltung der PEAs) bestimmt wird. Dies erfordert ein besonderes Augenmerk auf die sicherheitstechnischen Fragestellungen im modularen System.

Diese Richtlinie legt fest, wie sich aus den beschriebenen Sicherheitskonzepten konkrete Hinweise zum technischen Aufbau von PEAs ergeben. Diese sind zusammen mit den Vorgaben aus VDI 2776 Blatt 2 bei Planung, Design und Bau modularer Anlagen zu berücksichtigen.

Die Richtlinie arbeitet heraus, wo die wesentlichen Unterschiede der Sicherheitskonzepte und der sich daraus ergebenden sicherheitstechnischen Designvorgaben modularer Anlagen gegenüber konventionellen Anlagen bestehen.

VDI 2776 Blatt 3 baut damit auf der Grundlagen-Richtlinie VDI 2776 Blatt 1, in der die hierarchische Struktur auf Prozess- und Automatisierungsebene definiert und der modulbasierte Planungsprozess beschrieben werden, und der Design-Richtlinie VDI 2776 Blatt 2 auf. Der Nachweis des sicheren Betriebs einer modular aufgebauten Anlage ist vielfach eine Genehmigungsvoraussetzung. Dieser wird durch ein Sicherheitskonzept sowie Gefahren- und

The safe operation of process plants – including modular plants – is an important prerequisite for licensability, long-term economic success, and general social acceptance of the technologies and companies (so-called licence-to-operate).

## 1 Scope

This standard describes the safety aspects of modular plants. It provides assistance for the safe design and operation of modular plants in continuous and discontinuous operation in the pharmaceutical, chemical, biotechnological, and petrochemical industries.

The standard describes the principles for safety concepts to determine their measures as well as for hazard and risk analyses of modular plants that take into account the technical requirements, e.g.,

- reconfiguration of MPs,
- exchangeability of PEAs,
- compatibility of PEAs from different PEA manufacturers,
- exchange of FEAs.

In particular, it shall be taken into account that the life cycle of a modular plant is determined by the process flexibility (e.g., by different input materials) and the plant flexibility (e.g., interconnection of the PEAs). This requires special attention to the safety-related issues in the modular plant.

This standard specifies how concrete instructions for the technical design of PEAs result from the described safety concepts. Together with the specifications from VDI 2776 Part 2, these are to be taken into account in the planning, design, and construction of modular plants.

The standard elaborates where the essential differences in the safety concepts and the resulting safety-related design specifications of modular plants compared to conventional plants exist.

VDI 2776 Part 3 thus builds on the basic standard VDI 2776 Part 1, which defines the hierarchical structure at process and automation level and describes the module-based planning process, and the design standard VDI 2776 Part 2. The evidence of the safe operation of a modular plant is often a prerequisite for approval. This is done by means of a safety concept and hazard and risk analyses that are adapted to the modular character of the plant

Risikoanalysen geführt, das an den modularen Charakter der Anlagentechnik angepasst ist. VDI 2776 Blatt 3 bildet damit die Basis für die nachfolgende Richtlinie VDI 2776 Blatt 4.

Die Richtlinienreihe VDI 2776 gliedert sich in:

Blatt 1 Grundlagen und Planung modularer Anlagen

Blatt 2 Design modularer Anlagen

**Blatt 3** Sicherheit modularer Anlagen

Blatt 4 Hilfestellungen für die Genehmigung modularer Anlagen (in Vorbereitung)

Blatt 5 Betrieb und Maintenance modularer Anlagen (in Vorbereitung)

Die Richtlinienreihe VDI 2776 richtet sich an folgende Personenkreise und Institutionen:

- Behörden
- Prüfinstitute, Sicherheitsexperten/-expertinnen
- Anlagen-, Apparate-, Modulhersteller
- Messtechnikhersteller
- Betreiber
- Automatisierer, Systemintegratoren
- Hochschulen, Forschungsinstitute
- Anlagenplaner, Planungsdienstleister
- Logistik, Supply-Chain, Utility-Versorger (Gas, Druckluft usw.)

Die VDI-Handlungsempfehlung „Modulare Anlagen; Paradigmenwechsel im Anlagenbau: Zusammenspiel von Prozesstechnik und Automatisierungstechnik“ [1] gibt ergänzend eine methodische Hilfestellung, wie verfahrenstechnische Grundoperationen so in ihre einzelnen Funktionen aufgeteilt oder aus einzelnen Funktionen zusammengesetzt werden können, dass alle Beteiligten ein gemeinsames Verständnis für Funktionalitäten und Eigenschaften modularer Anlagen entwickeln und diese entsprechend umsetzen können.

technology. VDI 2776 Part 3 thus forms the basis for the subsequent standard VDI 2776 Part 4.

The VDI 2776 Series of Standards is divided into:

Part 1 Fundamentals and planning modular plants

Part 2 Designing modular plants

**Part 3** Safety of modular plants

Part 4 Guidance for the approval of modular plants (in preparation)

Part 5 Processing and maintenance of modular plants (in preparation)

The series of standards VDI 2776 is aimed at the following groups of people and institutions:

- authorities
- testing institutes, safety experts
- plant, apparatus, and module manufacturers
- metrology manufacturers
- operators
- automators, system integrators
- universities, research institutes
- plant designers, planning service providers
- logistics, supply chain, utility suppliers (gas, compressed air, etc.)

The VDI Recommendation for Action “Modular plants; Paradigm shift in plant engineering: Interaction of process technology and automation technology” [1] provides supplementary methodological assistance on how process engineering unit operations can be divided into their individual functions or composed of individual functions in such a way that all those involved can develop a common understanding of the functionalities and properties of modular plants and implement them accordingly.