

**Zeitschrift:** Schweizer Ingenieur und Architekt  
**Herausgeber:** Verlags-AG der akademischen technischen Vereine  
**Band:** 112 (1994)  
**Heft:** 29

**Artikel:** Anlagensicherung mit Mitteln der MSR-Technik  
**Autor:** Brusa, Peter  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-78478>

### Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

### Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

### Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

**Download PDF:** 15.01.2026

**ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>**

# Anlagensicherung mit Mitteln der MSR-Technik

**Sicherheitstechnische Schutzaufgaben für verfahrenstechnische Anlagen in der chemischen Industrie können mit Mitteln der Verfahrenstechnik und der MSR-Technik gelöst werden. Dies kann durch technische oder organisatorische Massnahmen oder deren Kombination geschehen (DIN V19250). Bei dieser Vorgehensweise können sicherheitstechnisch gleichwertige Lösungsalternativen gefunden werden, so dass bei der Realisierung die wirtschaftlich(st)e Lösung berücksichtigt werden kann.**

Verfahrenstechnische Anlagen sind in den letzten Jahren immer komplexer geworden. Im Zuge dieser Entwicklung

VON PETER BRUSA, VISP

wurden der MSR-Technik immer mehr Aufgaben übertragen, nicht zuletzt auch im Bereich der Anlagensicherung. Über den Einsatz von MSR-Einrichtungen zur Anlagensicherung, über deren Aufgabenstellung und deren Ausführung wird innerhalb der Risikoanalyse entschieden. Das Risikoanalyseteam ist interdisziplinär zusammengesetzt. Es besteht aus Vertretern der Chemie, der Verfahrenstechnik, der Sicherheitstechnik und verschiedener Fachabteilungen, insbesondere auch der MSR-Fachabteilung.

Ziel der Anlagensicherung bzw. der Risikoanalyse ist die Festlegung von sicherheitstechnisch einwandfrei und wirtschaftlich angemessenen Massnahmen, mit denen das Risiko soweit verringert wird (Risikoreduzierung), dass das verbleibende Risiko kleiner als das Grenzrisiko ist (Bild 1).

## Grundlagen

Die Anlagensicherung mit Mitteln der MSR-Technik ist eine wichtige und anspruchsvolle Aufgabe. Sie bedarf einer klaren Konzeption und einer systematischen Vorgehensweise. Ein grundlegendes Dokument zu dieser Thematik ist die VDI-Richtlinie 2180. Sie trägt den Titel «Sicherung von Anlagen der Verfahrenstechnik mit Mitteln der Mess-, Steuerungs- und Regelungstechnik» und besteht aus folgenden fünf Blättern:

Blatt 1: Einführung, Begriffe, Erklärungen

Blatt 2: Berechnungsmethoden für Zuverlässigkeitssachen von Sicherungseinrichtungen

Blatt 3: Klassifizierung von Mess-, Steuerungs- und Regelungseinrichtungen

Blatt 4: Ausführung und Prüfung von Schutzeinrichtungen

Blatt 5: Bauliche und installationstechnische Massnahmen zur Funktionssicherung von Mess-, Steuerungs- und

## Verwendete Abkürzungen

FSC	Fail-Safe-Controller (Hochverfügbare, sicherheitsgerichtete SPS)
HW	Hardware
MSR	Messen, Steuern, Regeln
NAMUR	Normen Arbeitsgemeinschaft für Mess- und Regelungstechnik
NE	NAMUR-Empfehlung
PLS	Prozessleitsystem
PLT	Prozessleittechnik
SPS	Speicherprogrammierbare Steuerung
SQS	Schweizerische Vereinigung für Qualitätssicherung
VDE	Verband Deutscher Elektrotechniker
VDI	Verein Deutscher Ingenieure

Regelungseinrichtungen in Ausnahmeständen

Die VDI-Richtlinie 2180, die aus der Mitte der achtziger Jahre stammt, erhielt 1993 eine bedeutende Ergänzung mit der NAMUR-Empfehlung NE 31, die den Titel trägt «Anlagensicherung mit Mitteln der Prozessleittechnik». Die NE 31 basiert voll auf der VDI 2180. Sie bringt aber einen entscheidenden Beitrag zur Harmonisierung der Vorgehensweise und der Nomenklatur, und sie nimmt eindeutig Stellung zum Einsatz von PLS und SPS in MSR-Schutzeinrichtungen. Die NE 31 hat folgende Themen zum Inhalt:

- Zweck und Anwendungsbereich
- Begriffe
- Einbinden der Prozessleittechnik in das Sicherheitskonzept
- Klassifizierung der PLT-Einrichtungen
- Anforderungen an PLT-Einrichtungen zur Anlagensicherung und Grundsätze zur Auslegung
- Grundsätze für Planung und Errichtung von PLT-Schutzeinrichtungen
- Prüfung von PLT-Schutzeinrichtungen vor Inbetriebnahme
- Betreiben von PLT-Schutzeinrichtungen
- Ausserbetriebnahme, Wiederinbetriebnahme und Verstellen der Grenzwerte von PLT-Schutzeinrichtungen

Die NAMUR-Empfehlung verwendet den neuen Begriff PLT (Prozessleittechnik) anstelle von MSR-Technik (Mess-, Steuerungs- und Regelungstechnik). Beide Begriffe sind aber als gleichwertig zu betrachten.

Ein weiteres wichtiges Dokument ist die Vornorm DIN V19250 mit dem Titel «Grundlegende Sicherheitsbetrachtun-

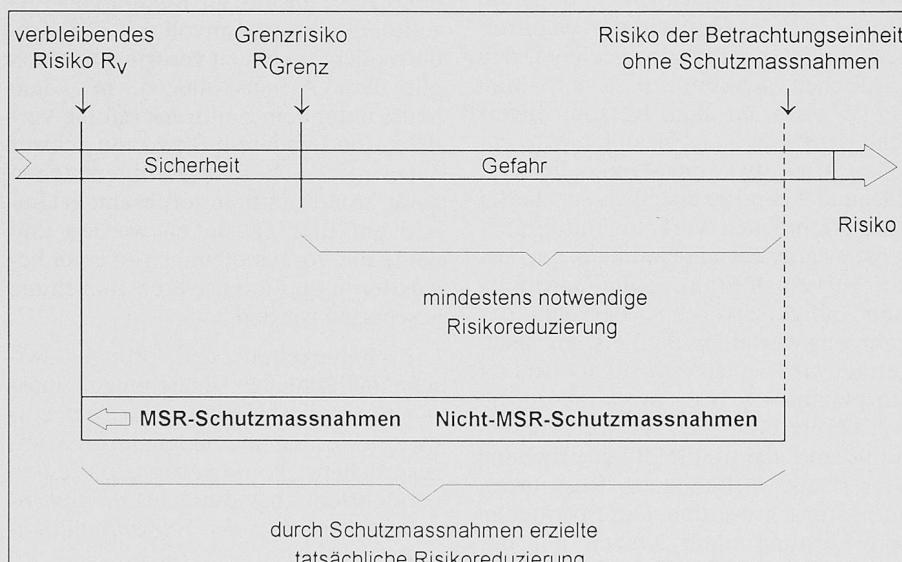


Bild 1. Risikoreduzierung durch Schutzmassnahmen

gen für MSR-Schutzeinrichtungen». Wesentlicher Bestandteil dieser Norm ist der Risikograph mit den acht Anforderungsklassen für MSR-Schutzeinrichtungen (Bild 2).

### Risikoparameter

- Schadenausmass
  - S1: Leichte Verletzungen
  - S2: Schwere irreversible Verletzungen einer oder mehrerer Personen oder Tod einer Person
  - S3: Tod mehrerer Personen
  - S4: Katastrophale Auswirkungen, sehr viele Tote
- Aufenthaltsdauer
  - A1: selten bis öfter
  - A2: häufig bis dauernd
- Gefahrenabweitung
  - G1: möglich unter bestimmten Bedingungen
  - G2: kaum möglich
- Eintrittswahrscheinlichkeit des unerwünschten Ereignisses
  - W1: sehr gering
  - W2: gering
  - W3: relativ hoch

### Klassifizierung der MSR-Einrichtungen

MSR-Einrichtungen in verfahrenstechnischen Anlagen der chemischen Industrie werden eingeteilt in:

- MSR-Betriebseinrichtungen
- MSR-Überwachungseinrichtungen
- MSR-Schutzeinrichtungen, diese mit Schutzziel:
  - Personen
  - Umwelt
  - Sachen

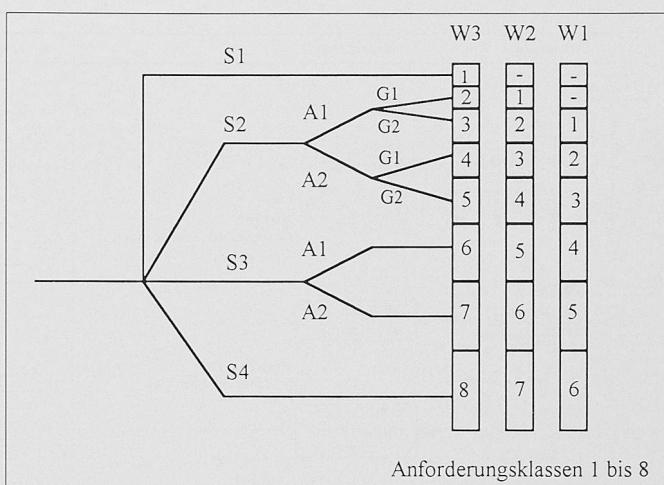
Zur Definition werden folgende Zustände einer Prozessgrösse innerhalb der verfahrenstechnischen Anlage benutzt:

- bestimmungsgemässer Betrieb, unterteilt in
  - Gutbereich
  - zulässigen Fehlbereich
- nicht bestimmungsgemässer Betrieb = unzulässiger Fehlbereich

### MSR-Betriebseinrichtungen

MSR-Betriebseinrichtungen dienen dem bestimmungsgemässen Betrieb der Anlage in ihrem Gutbereich. Hierin sind die zur Produktion erforderlichen Automatisierungsfunktionen realisiert. Dazu gehören das Messen, das Steuern und Regeln aller für den Betrieb relevanten Größen (auch Q-relevanten Größen) einschliesslich dazugehöriger Funktionen wie Registrieren und Protokollieren.

Bild 2. Risikograph und Anforderungsklassen nach DIN V 19250



Da die Funktionen der MSR-Betriebseinrichtungen bei laufendem Betrieb ständig oder häufig gebraucht werden, unterliegen die MSR-Betriebseinrichtungen einer Plausibilitätskontrolle durch das Betriebspersonal, und Ausfälle oder Fehlfunktionen können unmittelbar erkannt werden.

### MSR-Überwachungseinrichtungen

MSR-Überwachungseinrichtungen (Klasse C, Bild 4) sprechen im bestimmungsgemässen Betrieb einer Anlage bei solchen Zuständen an, bei denen eine oder mehrere Prozessvariable den Gutbereich verlassen, aber einer Fortführung des Betriebes aus Sicherheitsgründen nichts entgegensteht, d. h., sie sprechen an der Grenze zwischen Gutbereich und zulässigem Fehlbereich von Prozessgrössen an.

MSR-Überwachungseinrichtungen melden zulässige Fehlzustände der Anlage, um erhöhte Aufmerksamkeit oder einen manuellen Eingriff durch Bedie-

nungspersonal zu veranlassen, oder greifen selbsttätig ein, um Prozessgrössen in den Gutbereich zurückzuführen. Zu den MSR-Überwachungseinrichtungen zählen insbesondere auch die MSR-Einrichtungen, die Nicht-MSR-Schutzeinrichtungen oder MSR-Schutzeinrichtungen vorgeschaltet sind (Voralarm), um deren Ansprechen möglichst zu vermeiden.

### MSR-Schutzeinrichtungen

Im Gegensatz zu den MSR-Betriebs- und MSR-Überwachungseinrichtungen liegt die Funktion der MSR-Schutzeinrichtungen darin, einen unzulässigen Fehlzustand der Anlage zu verhindern. Bei Nichtvorhandensein der (als notwendig befundenen) MSR-Schutzeinrichtung muss mit solchen Zuständen der Anlage gerechnet werden, die unmittelbar zu Personenschäden, grösseren Umweltschäden oder Sachschäden führen können.

Die Aufgabe der MSR-Schutzeinrich- tung besteht in der Regel darin, eine

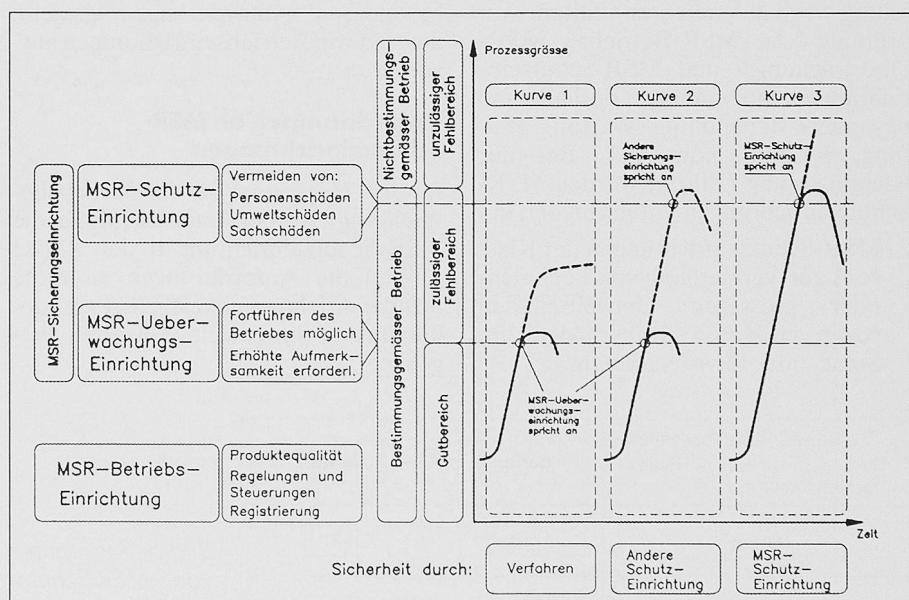


Bild 3. Schematische Darstellung der Wirkungsweise von MSR-Einrichtungen

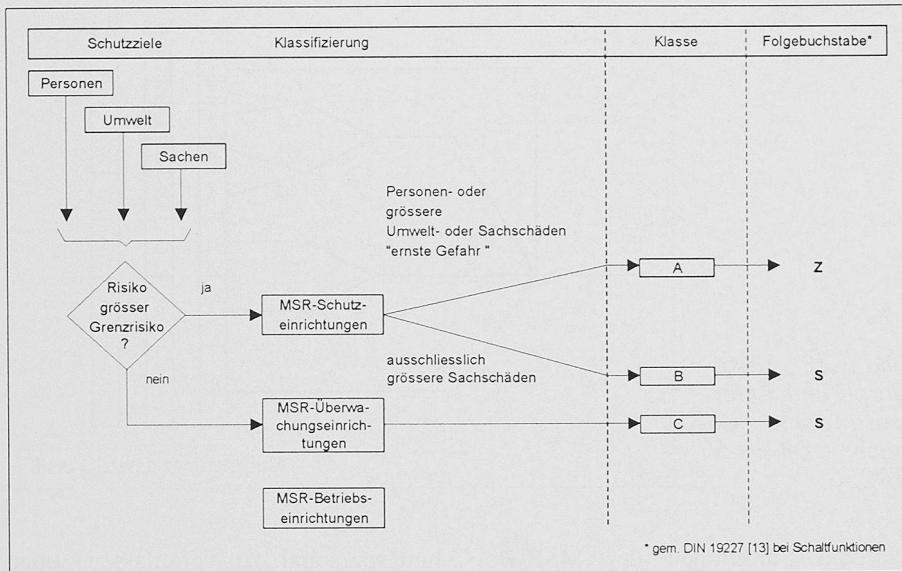


Bild 4. Klassifizierung von MSR-Einrichtungen

Prozesssicherungsgrösse auf Übereinstimmung mit den zulässigen Werten zu überwachen und, falls dies nicht mehr der Fall ist,

- einen Schaltvorgang auszulösen oder
- das ständig anwesende Betriebspersonal durch Meldung zur Durchführung notwendiger, vorher festgelegter Massnahmen zu veranlassen.

Die Funktionen der MSR-Schutzeinrichtung haben in jedem Fall Vorrang gegenüber Funktionen der MSR-Betriebs- und Überwachungseinrichtungen und sollen prozessnah, d.h. mit möglichst geringer Verarbeitungstiefe, ausgeführt werden.

Die Funktionen der MSR-Schutzeinrichtung sind im Gegensatz zu den MSR-Betriebseinrichtungen äusserst selten in aktivem Einsatz, zum einen wegen der geringen Eintrittswahrscheinlichkeit des unerwünschten Ereignisses und zum anderen wegen der häufig vorhandenen gestaffelten Anordnung von MSR-Betriebs-, MSR-Überwachungs- und MSR-Schutzeinrichtungen. Sie benötigen deshalb eine besondere Behandlung (Wartung, Prüfung, Funktionskontrolle). Bei der Klassifizierung (Bild 4) werden MSR-Schutzeinrichtungen unterschieden in:

- MSR-Schutzeinrichtungen der Klasse A zur Vermeidung von Personenschäden sowie grösseren Sachschäden, im Sinne einer «ernsten Gefahr».

- MSR-Schutzeinrichtungen der Klasse B zur Vermeidung von grösseren Sachschäden, die im unternehmerischen Eigeninteresse betrachtet werden und bei denen Personenschäden und grössere Umweltschäden ausgeschlossen werden können.

MSR-Schutzeinrichtungen der Klasse A sind vor Ort und in der Dokumentation besonders zu kennzeichnen (siehe Kapitel «Kennzeichnung von MSR-Schutzeinrichtungen»). Wenn im folgenden von MSR-Schutzeinrichtungen die Rede ist, dann sind damit solche der Klasse A gemeint.

### Anforderungen an MSR-Schutzeinrichtungen

#### Anforderungen an MSR-Überwachungseinrichtungen

An diese Einrichtungen werden keine besonderen Anforderungen gestellt. Sie sind wie Betriebseinrichtungen auszuführen.

#### Anforderungen an MSR-Schutzeinrichtungen

In der Risikoanalyse (Sicherheitsbe trachtung) werden interdisziplinär die MSR-Schutzeinrichtungen der Klasse A und die Anforderungen an diese Schutzeinrichtungen festgelegt und dokumentiert. Im einzelnen werden festgelegt:

- Aufgabenstellung, Schutzaufgabe
- Funktion der MSR-Schutzeinrich tung
- Technische Ausführung (Prinzip)
- Art und Häufigkeit der regelmässigen Funktionsprüfung
- sonstige organisatorische Massnahmen

Der sicherheitsbezogenen Verfügbarkeit der MSR-Schutzeinrichtung ist dabei besondere Aufmerksamkeit zu schenken. Zwei Begriffe haben in diesem Zusammenhang eine wichtige Bedeutung:

#### Aktive Fehler

Dies sind Fehler an Geräten oder Einrichtungen, die zur Auslösung der Schutzfunktion führen (funktionsauslösende Fehler). Aktive Fehler haben keinen negativen Einfluss auf die Anlagensicherheit. Sie beeinflussen «nur» die Verfügbarkeit der Anlage.

#### Passive Fehler

Dies sind Fehler an Geräten oder Einrichtungen, welche die Auslösung der Schutzfunktion blockieren, d.h. verhindern (funktionshemmende Fehler). Passive Fehler haben einen negativen Einfluss auf die Anlagensicherheit. Sie sollten möglichst rasch erkannt und beseitigt werden. Empfehlenswert ist der Einsatz von Geräten oder Systemen, die so konstruiert sind, dass keine passiven Fehler auftreten können (Fail-Safe-Verhalten).

#### Grundanforderung an MSR-Schutzeinrichtungen

Die MSR-Schutzeinrichtungen der Klasse A sind so auszulegen und zu betreiben, dass bei Auftreten eines als wahrscheinlich anzunehmenden passiven Fehlers in den Schutzeinrichtungen dennoch die Lösung der Schutzaufgabe gewährleistet ist. Dies führt in der Praxis zu folgenden Möglichkeiten:

- I. bei geringem Risiko, d.h., das Risiko ohne MSR-Schutzeinrichtung liegt nur wenig oberhalb des Grenzrisikos (des Schutzzieles).

#### Anforderung:

Ein passiver Fehler muss innerhalb einer Zeitspanne erkannt und beseitigt werden, in der nicht gleichzeitig mit der Störung des bestimmungsgemässen Betriebes gerechnet werden muss.

#### Massnahmen:

Einkanalige MSR-Schutzeinrichtungen der Klasse A unter folgender Voraussetzung:

- kurze Fehlererkennungszeit (z.B. durch entsprechend häufige Funktionsprüfungen oder laufende Plausibilitätskontrolle) oder
- geringe Wahrscheinlichkeit passiver Fehler der MSR-Schutzeinrichtung

Geräte Verfügbarkeit	abzudeckendes Risiko	geringer	höher
höher		I	II
geringer		II	II

Bild 5. Auslegung von MSR-Schutzeinrichtungen der Klasse A

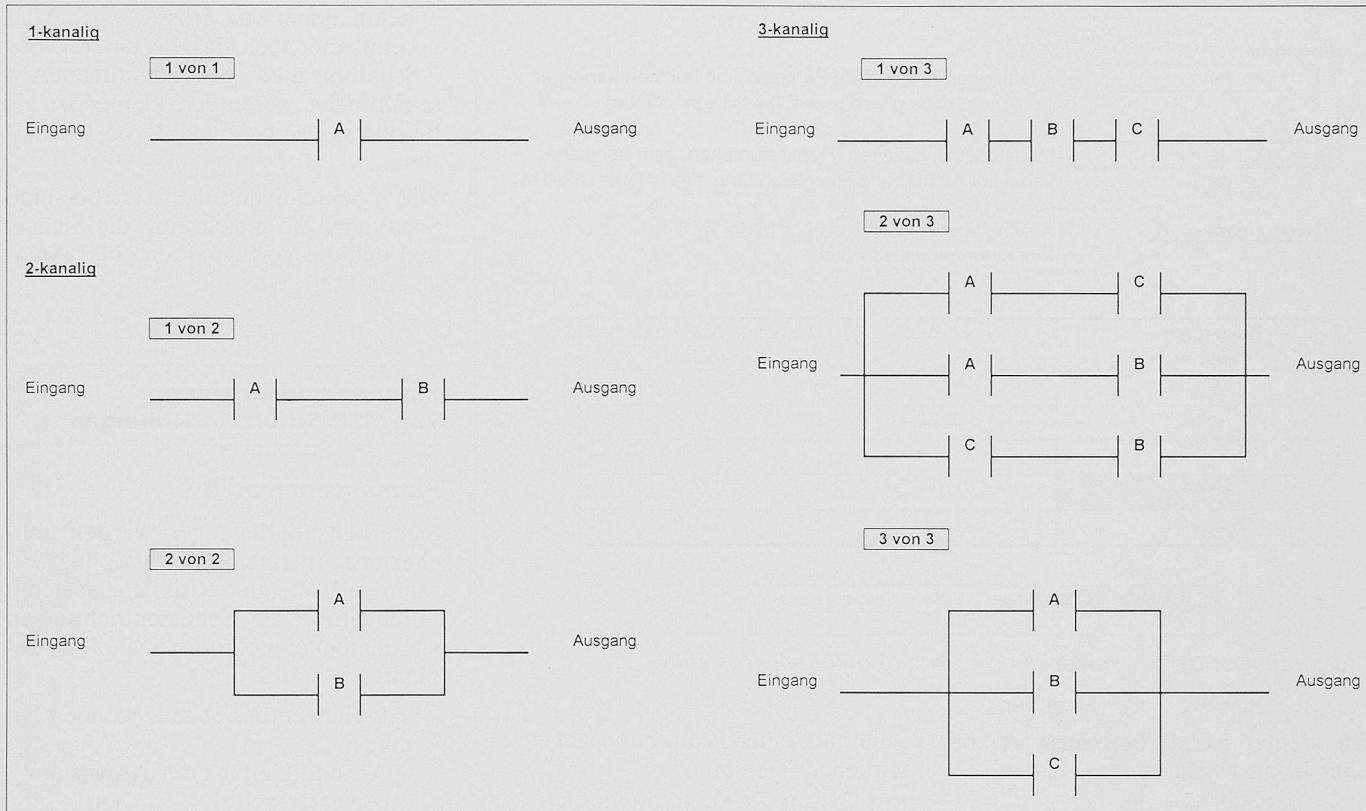


Bild 6. Grundschaltungen mittels m-von-n-Bewertung

## II. bei höherem Risiko

## Anforderung:

Ein passiver Fehler darf die Fähigkeit der MSR-Schutzeinrichtung zur Ausführung der Schutzfunktion nicht beeinträchtigen. Er muss unabhängig vom Prozessverhalten in einer Zeitspanne erkannt und beseitigt werden, in der nicht gleichzeitig mit dem Auftreten eines zweiten, unabhängigen Fehlers gerechnet werden muss.

## Massnahmen:

- Redundanz der MSR-Schutzeinrichtung der Klasse A. Im allgemeinen genügt eine 1-von-2-Ausführung bzw. eine 2-von-3-Ausführung (wenn gleichzeitig eine hohe Produktionsverfügbarkeit verlangt ist), verbunden mit einer regelmässigen Funktionsprüfung.
- Gerätetechnik mit Fail-Safe-Eigenschaften oder mit selbstüberwachendem Verhalten sind redundanten Einrichtungen gleichwertig.

**Grundschaltungen mittels m-von-n-Bewertung**

Wenn man sich mit dem Thema «Anlagensicherung mit Mitteln der MSR-Technik» befasst, ist die Kenntnis der Grundschatungen mittels m-von-n-Bewertung wichtig (Bild 6).

**Einfluss passiver Fehler auf die Sicherheit einer Anlage**

Passive Fehler in einer MSR-Schutzeinrichtung haben einen besonders negativen

Einfluss auf die Sicherheit einer Anlage. Ein passiver Fehler verhindert nämlich die Auslösung der Schutzfunktion in einer einkanaligen Ausführung (1-von-1-Schaltung). Aus diesem Grunde werden MSR-Schutzeinrichtungen u.a. redundant (z.B. 1-von-2- oder 1-von-3-Schaltung) ausgeführt.

Mit den Berechnungsmethoden nach VDI 2180, Blatt 2, kann nachgewiesen werden, wie sich die Sicherheit erhöht,

wenn die MSR-Schutzeinrichtung mehrkanalig ausgeführt wird.

Man erkennt aus dem Beispiel (Bild 7), dass bei einer 1-von-n-Schaltung die Sicherheit des Systems mit zunehmendem «n» grösser wird (bzw. die Unverfügbarkeit des Sicherheitssystems mit zunehmendem «n» kleiner wird). Man erkennt aber auch, dass bei einer 2-von-3-Schaltung die Unverfügbarkeit wesent-

Annahmen :			
$L_p = 0,2 \text{ pro Jahr}$			Aufallraten (bei passiven Fehlern) sind bei mehrkanaliger Ausführung alle gleich gross. ( $L_{p1}=L_{p2}=L_{p3}=L_p$ )
$T_p = 1 \times \text{pro Jahr}$			Prüfintervalle sind bei mehrkanaliger Ausführung alle gleich lang. ( $T_{p1}=T_{p2}=T_{p3}=T_p$ )
Bewertung m-von-n:			
Abschalten, wenn mindestens m der n Einrichtungen dies fordern.			
Bewertung m-von-n	Formel	Unverfügbarkeit des Sicherheitssystems	bei $T_p=$
1-von-1	$(L_p \cdot T_p) / 2$	0,1	1
1-von-2	$(L_p \cdot T_p)^2 / 3$	0,0133	1
1-von-3	$(L_p \cdot T_p)^3 / 4$	0,0020	1
2-von-2	$L_p \cdot T_p$	0,2	1
2-von-3	$(L_p \cdot T_p)^2$	0,04	1
2-von-3	$(L_p \cdot T_p)^2$	0,01	0,5
2-von-3	$(L_p \cdot T_p)^2$	0,0025	0,25

Legende: Bestes Resultat Schlechtestes Resultat

Bild 7. Einfluss passiver Fehler auf die Sicherheit einer Anlage

<b>Annahmen :</b>		
[La = 1 pro Jahr]	Ausfallraten (bei aktiven Fehlern) sind bei mehrkanaliger Ausführung alle gleich gross. (La1=La2=La3=La)	
Ta = 0,003 Jahre (= 1 Tag)	Instandsetzungszeiten (Reparaturzeiten) sind bei mehrkanaliger Ausführung alle gleich lang. (Ta1=Ta2=Ta3=Ta)	
<b>Bewertung m-von-n:</b>		Abschalten, wenn mindestens m der n Einrichtungen dies fordern.
Bewertung m-von-n	Formel	Unnötige Abschaltungen pro Jahr
1-von-1	La	1
1-von-2	2·La	2
1-von-3	3·La	3
2-von-2	2·(La) <sup>2</sup> · Ta	0,006
2-von-3	6·(La) <sup>2</sup> · Ta	0,018

Legende:      Bestes Resultat      Schlechtestes Resultat

Bild 8. Einfluss aktiver Fehler auf die Verfügbarkeit einer Anlage

lich kleiner ist als beispielsweise bei einer 1-von-1-Schaltung.

#### Einfluss aktiver Fehler auf die Verfügbarkeit einer Anlage

Aktive Fehler in einer MSR-Schutzeinrichtung haben zwar keinen negativen Einfluss auf die Anlagensicherheit, sie reduzieren aber die Verfügbarkeit einer Anlage. Ein aktiver Fehler kann nämlich eine ungewollte und unnötige Ab-

schaltung einer Produktionsanlage bewirken.

Mit den Berechnungsmethoden nach VDI 2180, Blatt 2, kann nachgewiesen werden, dass eine Erhöhung der Sicherheit (z.B. mit einer 1-von-3-Schaltung) die Verfügbarkeit einer Anlage vermindern kann.

Man erkennt aus dem Beispiel (Bild 8), dass bei einer 1-von-n-Schaltung die Zahl der unnötigen Abschaltungen mit

zunehmendem «n» grösser wird. Man erkennt aber auch, dass bei einer 2-von-3-Schaltung die Zahl der unnötigen Abschaltungen wesentlich kleiner ist als beispielsweise bei einer 1-von-1-Schaltung.

Die 2-von-3-Schaltung ist also eine Schaltung, die gleichzeitig die Sicherheit und die Verfügbarkeit einer Anlage erhöht.

### Planung und Errichtung von MSR-Schutzeinrichtungen

#### Planungsmethodik

Sicherheitsüberlegungen werden üblicherweise in einem interdisziplinär zusammengesetzten Risikoanalyseteam durchgeführt. Schutzeinrichtungen werden dabei methodisch wie folgt geplant:

- Abschätzen des abzudeckenden Risikos
  - Art und Umfang der Auswirkungen (Tragweite)
  - Eintrittswahrscheinlichkeit (Auftretenswahrscheinlichkeit)

Dazu wird üblicherweise eine firmeneigene Risikomatrix verwendet, in der Tragweite und Eintrittswahrscheinlichkeit definiert und in der das Schutzziel (Grenzrisiko) eingetragen ist (Beispiel ESCIS-Risikomatrix, Bild 9).

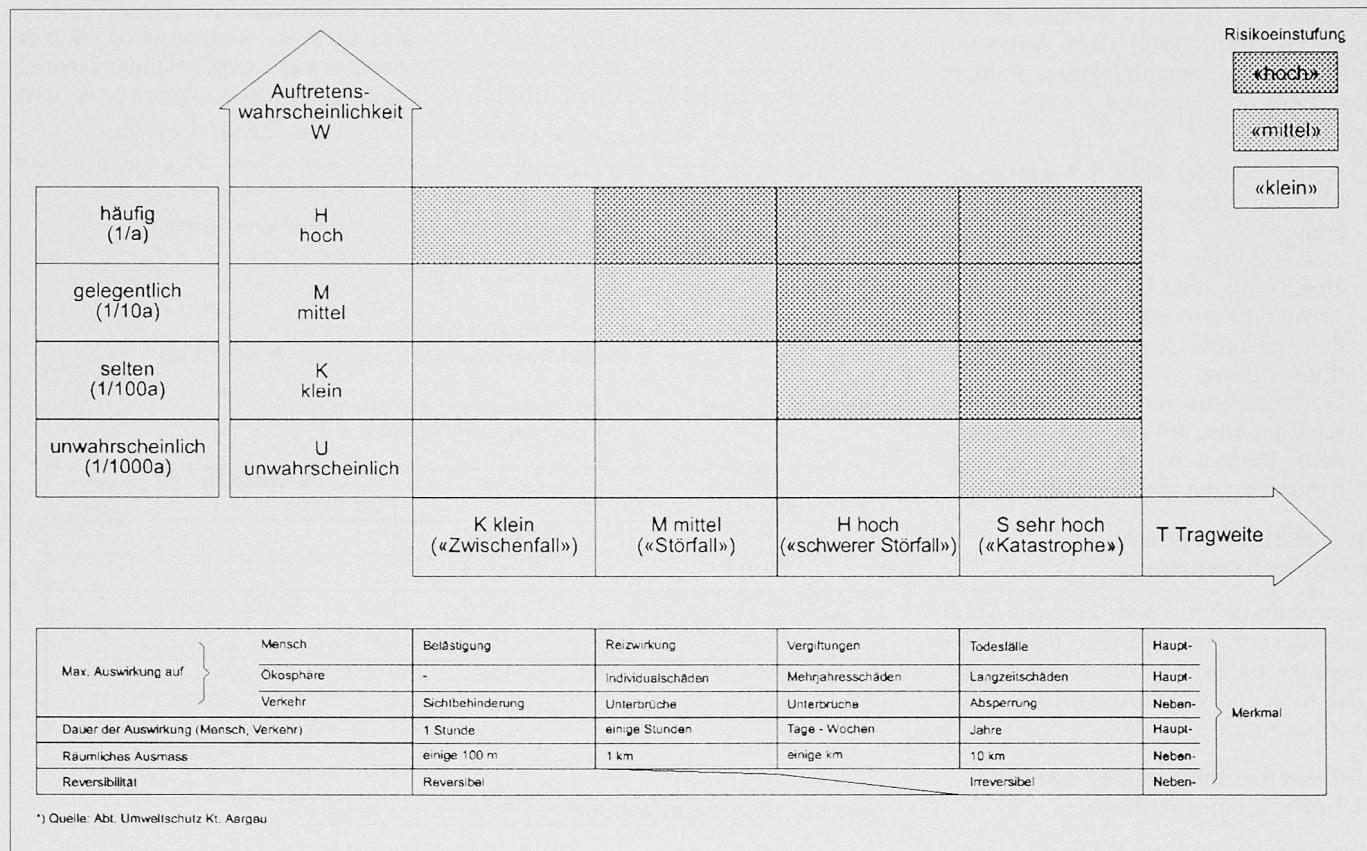


Bild 9. Beispiel einer Risikomatrix

- Festlegen der Schutzmassnahmen
    - Nicht-MSR-Schutzmassnahmen
    - MSR-Schutzmassnahmen (Bild 1)
  - Zuordnung technischer und organisatorischer Massnahmen (z.B. für MSR-Schutzeinrichtungen)
    - Technische Massnahmen
      - I: Einkanalig, evtl. Teilredundanz
      - II: Mehrkanalig, Redundanz: z.B. 1v2-Schaltung oder 2v3-Schaltung für hohe Verfügbarkeit
    - Organisatorische Massnahmen
      - Überwachung durch geschultes Personal
      - Regelmässig wiederkehrende Funktionsprüfungen
- (Siehe dazu auch Kapitel Schutzeinrichtungen)

Als ein Hilfsmittel für die Praxis hat sich der Vergleich zwischen den vorne beschriebenen Anforderungsklassen der DIN V 19250 und der Risikomatrix der NAMUR-Empfehlung NE 31 erwiesen, der von den Autoren der NE 31 erstellt wurde (Bild 10).

### Wichtige Grundsätze für Planung und Errichtung von MSR-Schutzeinrichtungen

- Bewährte und zuverlässige Geräte- und Installationstechnik verwenden.
- Die MSR-Schutzeinrichtung ist einfach und übersichtlich aufzubauen.
- Das Ruhesignalprinzip ist möglichst anzuwenden und Fail-Safe-Eigenschaften sind auszunutzen.
- Werden Betriebs- und Überwachungseinrichtungen als Elemente von MSR-Schutzeinrichtungen mitbenutzt, dann gilt: Vorrang der Schutzfunktion vor anderen Funktionen.
- Die korrekte Einstellung der Grenzwerte ist gegen unbeabsichtigte Verstellung zu schützen.
- Das selbsttätige Wiedereinschalten nach Auslösen der Schutzfunktion ist in der Regel zu sperren.
- Alle wichtigen Komponenten der MSR-Schutzeinrichtung sind in der Dokumentation, vor Ort, im Schaltraum und in der Messwarte als MSR-Schutzeinrichtung zu kennzeichnen.
- Es kann zweckmässig sein, Prozess-Sicherungsgrössen zu registrieren.
- Analoge Prozess-Sicherungsgrössen sollen zusammen mit ihren Grenzwerten in der Messwarte und vor Ort angezeigt werden (Überwachung und Kontrolle durch das Betriebspersonal).
- Bei der Konzeption von MSR-Schutzeinrichtungen sind auch die Erfordernisse des Anfahrens, der Instandhaltung und der Prüfung zu beachten.

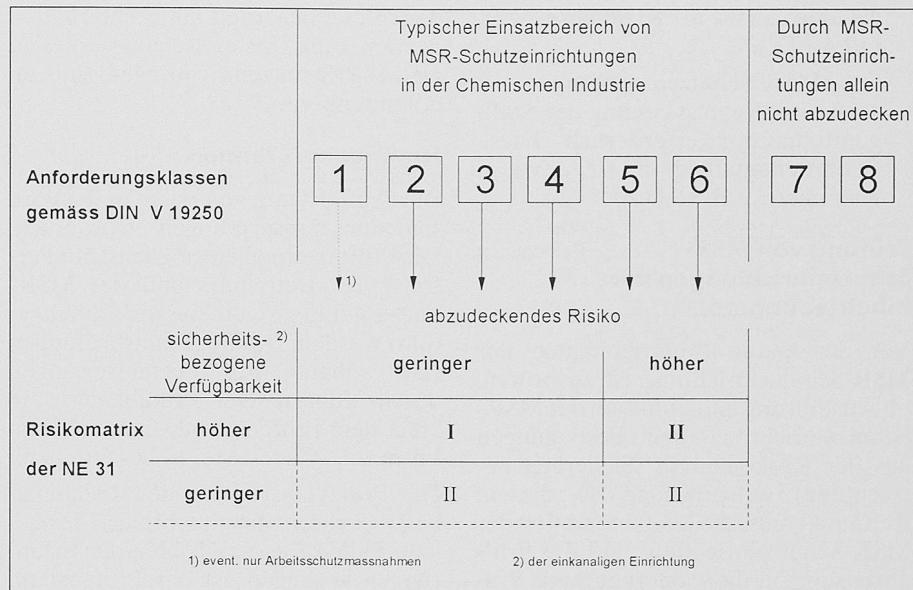


Bild 10. Anforderungsklassen gemäss DIN V 19250 und Risikomatrix der NAMUR-Empfehlung NE 31

- Für alle Arbeiten in Zusammenhang mit Schutzeinrichtungen ist geschultes Fachpersonal einzusetzen.

### Einsatz von PLS/SPS

In der Regel werden MSR-Schutzeinrichtungen der Klasse A mit festverdrahteter Technik ausgelegt. Die Hauptargumente sind:

- Der Aufbau hat einfach und übersichtlich zu sein.
  - Die MSR-Schutzeinrichtung wird während ihres Betriebes nie (oder nur selten) geändert.
  - In einer verfahrenstechnischen Anlage sind nur wenige MSR-Einrichtungen MSR-Schutzeinrichtungen.
- Sollte in besonderen Fällen (komplexe Schutzeinrichtungen) der Einsatz von PLS oder von SPS wirtschaftlicher sein, so gelten folgende Grundsätze:
- Es sind zertifizierte (sicherheitstechnisch abgenommene) Systeme sowohl für ein- als auch mehrkanalige Schutzeinrichtungen zulässig entsprechend den im Prüfungsschein zugelassenen Anwendungsbereichen und geforderten Bedingungen.

- Nicht zertifizierte PLS/SPS dürfen für Schutzaufgaben nur innerhalb einer mehrkanaligen Schutzeinrichtung und dann für höchstens einen Kanal verwendet werden. Das heisst, die anderen Kanäle sind entweder mit festverdrahteter Technik oder mit zertifizierten Systemen ausgelegt.

### Dokumentation von MSR-Schutzeinrichtungen

Die Dokumentation soll die erforderlichen Angaben über Auslegung, Zu-

sammenwirken verschiedener Einrichtungen, Aufbau und räumliche Anordnung enthalten. Im allgemeinen sollten es folgende Dokumente sein:

- Darstellung des Verfahrensablaufs und der anlagebezogenen Teile der Schutzeinrichtung (Verfahrens- oder R&I-Fliessbild).
- MSR-Stellenblätter mit den Spezifikationen der Geräte; insbesondere mit Angaben über Grenzwerte und Messbereiche.
- Funktionspläne zur problemorientierten und ausführungsunabhängigen Darstellung der Schutzfunktion.
- MSR-Stellenpläne zur Darstellung der funktionsmässigen Zusammenschaltung von Geräten (Stromlaufpläne) mit Angabe der Zuordnung der logischen Zustände «0» und «1» der binären Signale.
- Bei der Verwendung von PLS/SPS: die Software-Dokumentation.
- Prüfanweisungen für die wiederkehrende Prüfung der Schutzeinrichtung.

### Kennzeichnung von MSR-Schutzeinrichtungen

Alle wichtigen Komponenten der MSR-Schutzeinrichtung der Klasse A sind in der Dokumentation, vor Ort, im Schaltraum (Elektronikraum) und in der Messwarte eindeutig als MSR-Schutzeinrichtungen zu kennzeichnen. Nach DIN 19227 sind für die Kennzeichnung folgende Buchstaben zu verwenden:

- Für Schaltfunktionen ist anstelle von «S» ein «Z» zu verwenden.
- Bei Sensoren/Messumformern ist ebenfalls das Zeichen «Z» zu ver-

wenden, evtl. in Klammern, z.B. QRA+ (Z).

Bei MSR-Schutzeinrichtungen ist auch eine Kennzeichnung der Stellgerätefunktion erforderlich. Diese erfolgt ebenfalls durch «Z», evtl. in Klammern, z.B. UV (Z).

### Prüfung von MSR-Schutzeinrichtungen vor Inbetriebnahme

Vor der ersten Inbetriebnahme der MSR-Schutzeinrichtung ist zu prüfen, ob Ausführung und Funktion der MSR-Schutzeinrichtung den Festlegungen aus der Risikoanalyse (Sicherheitsbetrachtung) entsprechen. Zu diesem Zeitpunkt muss die Dokumentation der MSR-Schutzeinrichtung und die Prüfanweisung für die wiederkehrende Prüfung vorliegen.

Die Prüfung ist gemeinsam mit dem Betreiber so durchzuführen, dass die einwandfreie Funktion im Zusammenspiel aller Komponenten nachgewiesen wird. Die erstmalige Funktionsprüfung ist durch die MSR-Fachabteilung und durch den Betreiber schriftlich zu dokumentieren.

### Betreiben von MSR-Schutzeinrichtungen

Zum Betreiben von MSR-Schutzeinrichtungen der Klasse A sind folgende organisatorische Massnahmen erforderlich:

### Ständige Überwachung

MSR-Schutzeinrichtungen werden vom Betreiber der Anlage ständig überwacht. Dies geschieht durch geschultes Betriebspersonal. Durch regelmässiges Beobachten der Prozessgrössen und deren Kontrollen auf Plausibilität können Fehlfunktionen der MSR-Einrichtungen vom Betriebspersonal erkannt und durch MSR-Fachpersonal beseitigt werden.

### Instandsetzung

MSR-Schutzeinrichtungen sind unverzüglich durch MSR-Fachpersonal instandzusetzen, wenn Mängel an ihnen festgestellt werden und wenn keine Ersatzmassnahmen möglich sind, mit

denen die Sicherheit aufrechterhalten werden kann. Instandsetzungsarbeiten an MSR-Schutzeinrichtungen sind zu dokumentieren.

### Funktionsprüfungen

Zur Aufdeckung von passiven Fehlern sind Funktionsprüfungen erforderlich. Die Prüfungen sollen möglichst mit Personal des Betreibers und der MSR-Fachabteilung gemeinsam durchgeführt werden. Die Funktionsprüfungen sind anhand von Prüfanweisungen durchzuführen. Der Prüfablauf ist in einer dem Prüfpersonal verständlichen Form, z.B. Checkliste, zu beschreiben. Der Prüfzyklus wird in der Risikoanalyse (Sicherheitsbetrachtung) festgelegt. Falls keine vergleichbaren Erfahrungen vorliegen, ist der Prüfabstand zunächst angemessen kurz zu wählen. Zeigt sich bei den Prüfungen eine ausreichende sicherheitsbezogene Verfügbarkeit, kann der Prüfabstand mit zunehmender Betriebszeit verlängert werden.

In Analogie zu geltenden einschlägigen technischen Richtlinien soll die Prüfung der gesamten MSR-Schutzeinrichtung (vom Sensor bis zum Aktor) mindestens einmal pro Jahr erfolgen. Funktionsprüfungen sind ebenfalls vor der Wiederinbetriebnahme von MSR-Schutzeinrichtungen nach längeren Stillstandszeiten einer Anlage vorzunehmen.

Funktionsprüfungen sind mit wenigstens folgenden Angaben zu dokumentieren:

- Bezeichnung des Prüfobjektes
- Prüfbefund mit detaillierten Angaben über beseitigte Fehler
- Datum der Prüfung
- Unterschrift des Prüfers
- Unterschrift des Betreibers

Prüfprotokolle müssen mindestens fünf Jahre lang aufbewahrt werden, damit die ordnungsgemässen Durchführung der Prüfungen nachgewiesen werden kann.

### Fehleranalyse

Um die Zuverlässigkeit der MSR-Schutzeinrichtungen zu verbessern, sollen sämtliche aufgefundenen Fehler

sorgfältig analysiert werden. Mit Hilfe der Dokumentation der Instandsetzungsmassnahmen und der Prüfergebnisse aus den Funktionsprüfungen können Schwachstellen erkannt werden; sie sind umgehend zu beseitigen.

### Verstellen von Grenzwerten

Grenzwerte von MSR-Schutzeinrichtungen dürfen nur auf schriftlichen Antrag des Betreibers geändert werden. Dieser hat auch zu überprüfen, inwiefern dadurch die Ergebnisse der Risikoanalyse (Sicherheitsbetrachtung) berührt werden. Die Grenzwertänderung (Zeitpunkt, Veranlasser und Ausführender) ist in einem Protokoll zu erfassen. Die korrekte Einstellung des neuen Grenzwertes ist durch MSR-Fachpersonal sicherzustellen.

### Schlussfolgerung

Komplexe Aufgabenstellungen, wie die Sicherung verfahrenstechnischer Anlagen, sind nur einwandfrei lösbar, wenn man eine strukturierte, systematische Vorgehensweise anwendet. Die VDI-Richtlinie 2180 und die NAMUR-Empfehlung NE 31 sind dabei ausgezeichnete Werkzeuge. Sie sind unter den Anwendern in der chemischen Industrie auf eine breite Zustimmung gestossen. Bei konsequenter Anwendung dieser Richtlinie bzw. Empfehlung besteht eine grosse Gewähr, dass man die anspruchsvolle Aufgabe der Anlagensicherung mit Mitteln der MSR-Technik erfolgreich zu lösen vermag.

Adresse des Verfassers: P. Brusa, Ing. HTL, Lonza AG, 3930 Visp

Vortrag, gehalten am 19.10.1993 an der Tagung der Fachgruppe für Verfahrens- und Chemieingenieurtechnik des SIA anlässlich der ILMAC 94 in Basel. Bereits in dieser Reihe abgedruckte Referate:

- «Die unternehmerische Aufgabe des Ingenieurs und des technischen Naturwissenschaftlers», W. Regenass, SI+A 19, 5.5.1994, S. 325
- «Der Beitrag des Ingenieurs bei Entwicklung und Betrieb verfahrenstechnischer Anlagen», K. Hümbelin, SI+A 24, 9.6.1994, S. 455