

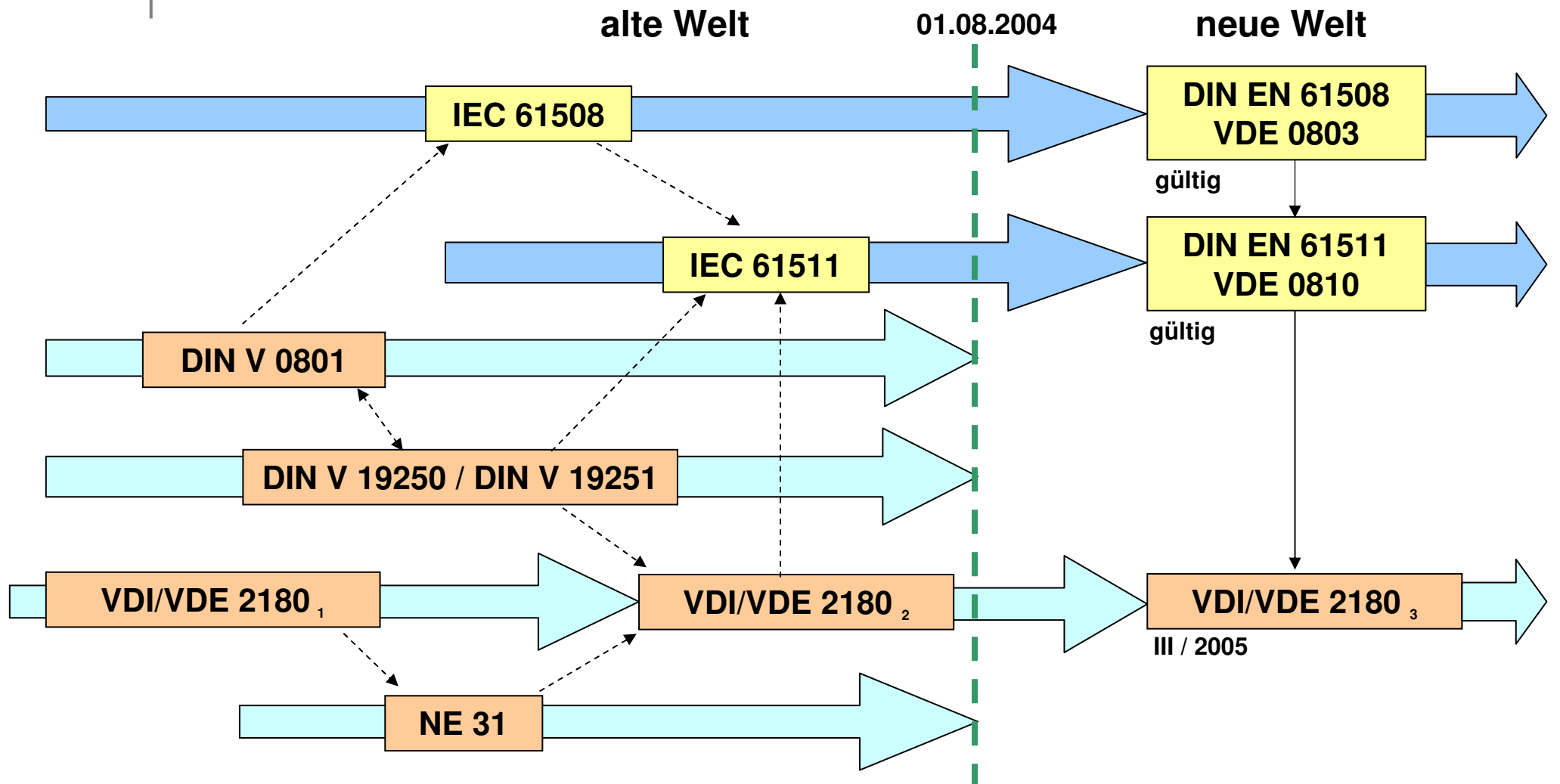
Qualifikation von Feldgeräten auf Grundlage der IEC 61511

Dr. Pirmin Netter

InfraserV Höchst

**Bekanntgebener Sachverständiger
nach § 29a BImSchG**

Überblick Regelwerke



- **Management der funktionalen Sicherheit**
 - Abschätzung des abzudeckenden Risikos
 - Festlegung von Anforderungen
 - Zuordnung technischer und organisatorischer Maßnahmen

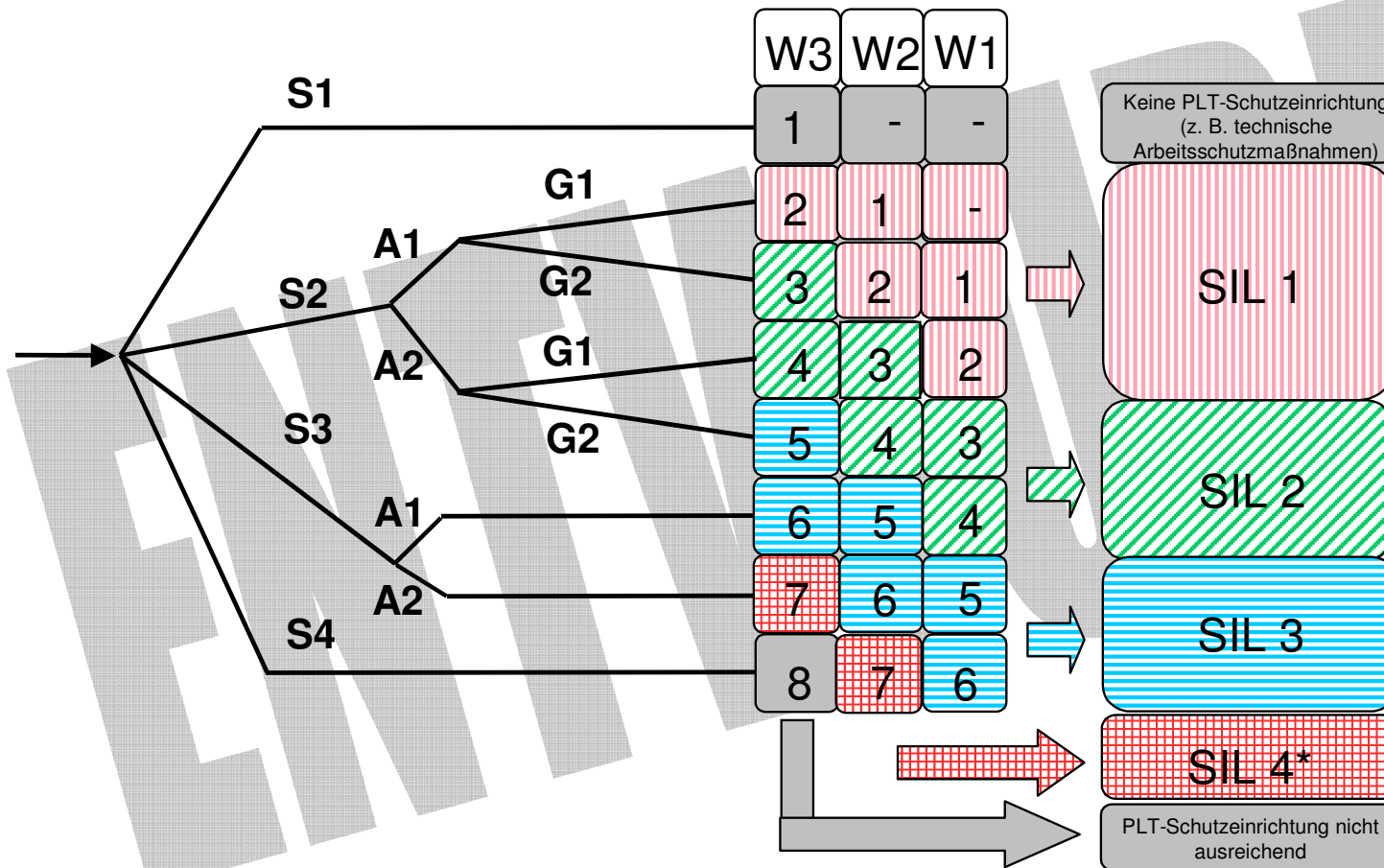
- **Sicherheitslebenszyklus – Festlegung in der Sicherheitsplanung**
 - Strukturierung in einzelne Phasen
 - Haltepunkte für Beurteilung, Auditierung, Revision (4 Augen Prinzip)
 - z. B.
 - nach Sicherheitsbetrachtung
 - nach Entwurf des Sicherheitssystems
 - vor Inbetriebnahme
 - nach vorliegender Betriebserfahrung
 - nach Änderungen / vor Außerbetriebnahme

- **Verifikation**

➤ Zuordnung von sicherheitstechnischen Funktionen zu Schutzebenen

- Klassifizierung in Schutzebenen (Schutzeinrichtungen, Überwachungseinrichtungen,)
- Festlegung der sicherheitstechnischen Funktion
- Festlegung des zugehörigen Sicherheitsintegritätslevels (SIL)
- Zuordnung von Ausfallwahrscheinlichkeiten zu SILs

Risikograph für PLT-Schutzeinrichtungen



*) wegen des erforderlichen überproportionalen Aufwands ist SIL 4 möglichst zu vermeiden!

Anforderungen der IEC 61508/11 an PLT-Schutzeinrichtungen im Anforderungsmodus



Risiko- bereich	AK	SIL	Wahrscheinlichkeit eines gefährlichen Ausfalls / a (U = Unverfügbarkeit)	Verfügbarkeit (V = 1 – U)
I	1	1	$\geq 10^{-2}$ bis $< 10^{-1}$	0,9 ... 0,99
	2			
	3	2	$\geq 10^{-3}$ bis $< 10^{-2}$	0,99 ... 0,999
	4			
II	5	3	$\geq 10^{-4}$ bis $< 10^{-3}$	0,999 ... 0,9999
	6			
-	7	4	$\geq 10^{-5}$ bis $< 10^{-4}$	0,9999 ... 0,99999
	8	-	-	-

Wie Nachweis?



Rechnerisch

Tabellen: Ausfallraten von Einzelkomponenten
Beispiele: OREDA, Kerntechnik

Rechenprogramme: Am Markt erhältlich

Daten sind statistisch fundiert, da auf hinreichend großer Anzahl gleichartiger Einsatzbedingungen basierend.

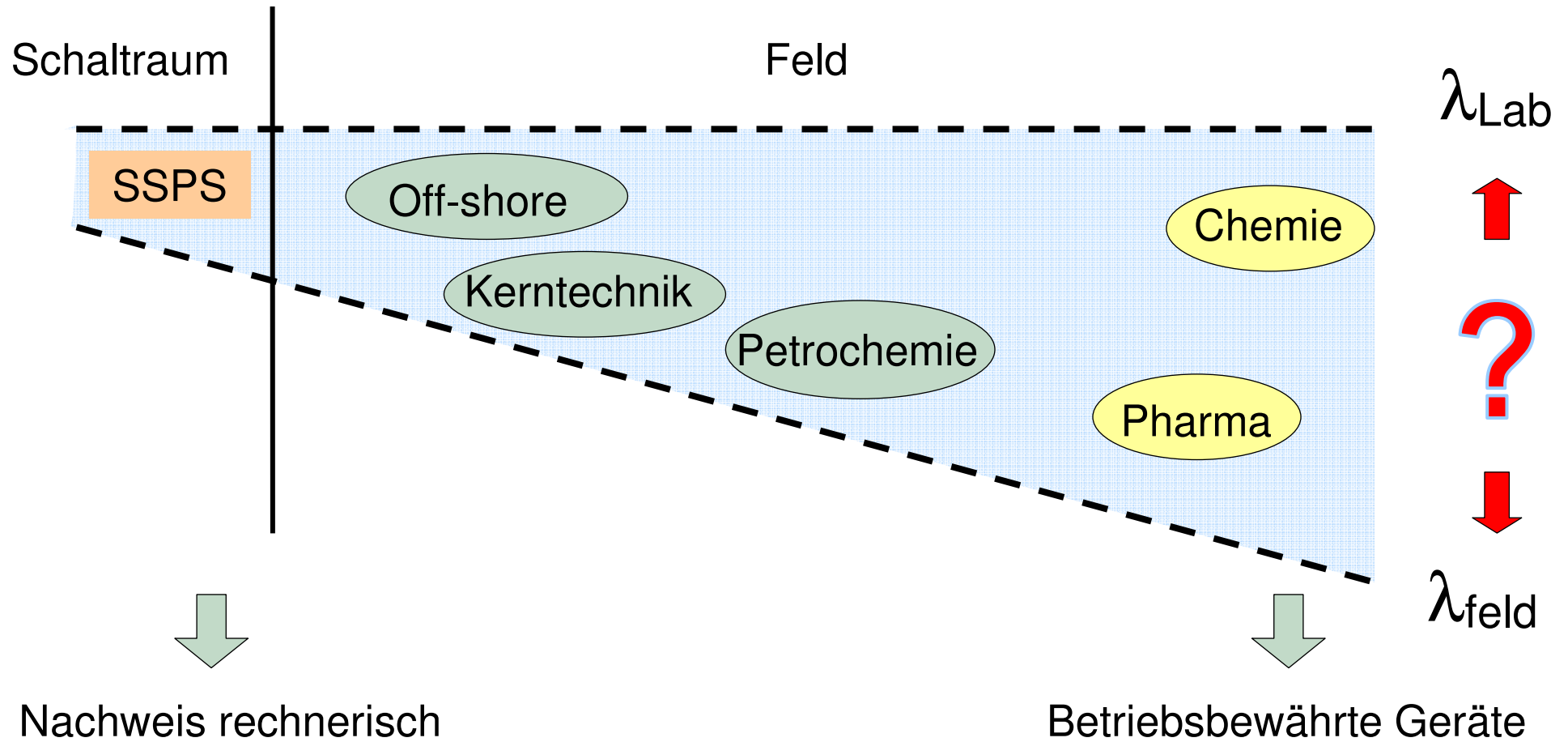
Nicht übertragbar auf das breite Einsatzspektrum von Feldgeräten in verfahrenstechnischen Anlagen der chemischen und pharmazeutischen Industrie mit den unterschiedlichsten Einsatzbedingungen

→ große Schwankungsbreite / Daten nicht statistisch fundiert.

Deshalb gibt es hier keine vergleichbaren Tabellen!



Ausfallrate λ



**Definition „betriebsbewährt“
gem. IEC 61511**

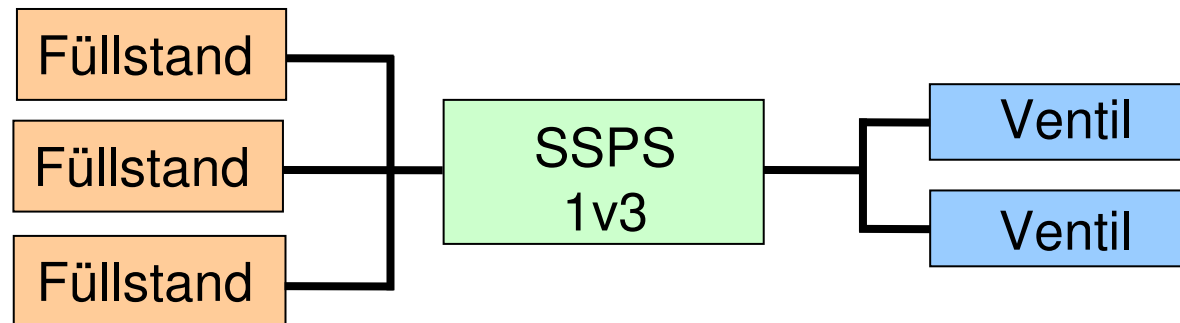


- 3.2.60 Eine Komponente ist dann betriebsbewährt, wenn eine Untersuchung mit entsprechender Dokumentation ergeben hat, dass geeignete Nachweise über frühere Einsätze belegen, dass die Komponente für den Einsatz in einem sicherheitstechnischen System geeignet ist.
- 9.2.4 Der SIL ist numerisch festgelegt zum Vergleichen alternativer Entwürfe und Lösungen. Viele systematische Ursachen für Ausfälle können nur qualitativ angegeben werden.
- 11.5.3 Informationen bzgl. Betriebserfahrung werden bei Feldgeräten meistens in Form von Standardgerätelisten der Anwender festgehalten.

Praktisches Beispiel im Rahmen eines Gutachtens



$$PFD_{\text{Sys}} = PFD_{\text{Sensor}} + PFD_{\text{SSPS}} + PFD_{\text{Aktor}}$$



$$PFD_{\text{Sys}} = 4 (PFD_{\text{Sensor}})^2 + PFD_{\text{SSPS}} + \frac{4}{3} (PFD_{\text{Aktor}})^2$$

Verfügbare Daten



$$\text{PFD} = \frac{1}{2} \lambda T_i$$

λ_{Sensor}

NH-Handbook:

0,3

Process Equipment

0,02

Reliability Data AIChE:

λ_{Aktor}

NH-Handbook und AIChE:

0,05

$$\text{PFD}_{\text{SSPS}} = 2,0 \cdot 10^{-5}$$

Rechnerischer SIL-Nachweis



Sensorik 2v3	SSPS 1v3	Aktorik 1v2	System
NH: $9 \cdot 10^{-2}$ jährliche Prüfung	$2,0 \cdot 10^{-5}$	$8,3 \cdot 10^{-4}$	$9,09 \cdot 10^{-2}$ SIL 1
AIChE: $4 \cdot 10^{-4}$ jährliche Prüfung	$2,0 \cdot 10^{-5}$	$8,3 \cdot 10^{-4}$	$1,25 \cdot 10^{-3}$ SIL 2
NH: $6,2 \cdot 10^{-4}$ monatliche Prüfung	$2,0 \cdot 10^{-5}$	$5,8 \cdot 10^{-6}$	$6,50 \cdot 10^{-4}$ SIL 3
AIChE: $2,8 \cdot 10^{-6}$ monatliche Prüfung	$2,0 \cdot 10^{-5}$	$5,8 \cdot 10^{-6}$	$2,86 \cdot 10^{-5}$ SIL 4

Ohne Berücksichtigung der Einsatzbedingungen!!!

Unterstützung seitens der Behörde



- Unsere Aufsichtsbehörden haben sich in der Vergangenheit intensiv mit der quantitativen Vorgehensweise in Nachbarländern beschäftigt.
- Die dabei gewonnenen Erkenntnisse führten dazu, dass der Einsatz betriebsbewährter Feldgeräte in unseren Anlagen voll unterstützt wird.
- Forderung: begleitende Maßnahmen zum Nachweis der Betriebsbewährtheit

NAMUR - Konzept



- Annahme:** Alle PLT-Schutzeinrichtungen werden nach den einschlägigen technischen Richtlinien geplant, errichtet und betrieben (z. B. VDI/VDE 2180, DIN V 19250 und später DIN EN 61511, VDE 0810)
- Maßnahme:** Alle PLT-Schutzeinrichtungen werden einer Stördatenerfassung unterzogen.
- Ziel:** Die SIL-Anforderungen werden für das Kollektiv erreicht.
- Ergebnis:** Damit wird das Sicherheitskonzept (siehe „Annahme“) in der Praxis bestätigt.



Die Vorgehensweise ist in NE 93 (2001) beschrieben

Stördatenauswertung gemäß NE 93 (2002/2003)



	Firma	Bereich	Anzahl Schutz- einrichtungen 2003	Anzahl Schutz- einrichtungen 2002
1	Agrolinz-Melamin	Linz	44	45
2	AllessaChemie	Frankfurt	209	-
3	Aventis Pharma inkl. Diabel	Höchst	533	296
4	Basell Polyolefine	Höchst	156	156
5	BASF	Europa	8239	7160
6	Bayer AG	BRD	-	2435
7	Bayer CropScience	Frankfurt	48	48
8	Celanese	Höchst	259	259
9	Clariant GmbH	alle Standorte	2423	2748
10	Degussa	BRD u. Belgien	3491	3592

Stördatenauswertung gemäß NE 93 (2002/2003)



	Firma	Bereich	Anzahl Schutz- einrichtungen 2003	Anzahl Schutz- einrichtungen 2002
11	Dyneon	Gendorf	706	665
12	DyStar	Leverkusen	-	250
13	Fluorchemie	Höchst	10	10
14	INEOS Phenol	Gladbeck	369	-
15	InfraserV Höchst (Gruppe)	Höchst	527	445
16	INVISTA	Bad Hersfeld	-	54
17	INVISTA	Offenbach	27	-
18	Kuraray Specialities Europe	Höchst	35	-
19	LII Europe	Höchst	114	215
20	Lonza	Visp	3042	2690
21	Merck KGaA	Darmstadt	75	63
22	Merck KGaA	Gernsheim	236	-

Stördatenauswertung gemäß NE 93 (2002/2003)



	Firma	Bereich	Anzahl Schutz- einrichtungen 2003	Anzahl Schutz- einrichtungen 2002
23	Nutrinova	Höchst	57	57
24	PCK Raffinerie	Schwedt/Oder	601	-
25	Roche Vitamins AG	Sisseln	186	174
26	Roche Vitamine GmbH	Grenzach-Wyhlen	261	261
27	Sabic	Gelsenkirchen	153	-
28	Sandoz	Höchst	103	-
29	Sasol Germany	Marl	722	-
30	Siemens Axiva	Höchst	4	6
31	Ticona	Kelsterbach	173	134
32	Vestolit	Marl	125	117
33	Vinnolit Polymer	Gendorf	171	-
<u>Gesamtsumme:</u>			<u>23.099</u>	<u>21.880</u>

MTBF bzgl. passiver Fehler



	Anzahl			Passive Fehler			MTBF		
	2002	2003	2002 + 2003	2002	2003	2002 + 2003	2002	2003	2002 + 2003
einkanalige Systeme	10.100	12.132	22.232	39	42	81	259a	289a	274a
zweikanalige Systeme	11.780	10.967	22.747	5	2	7	2.356a	5.484a	3.250a
Summe	21.880	23.099	44.979						

Mathematische Zusammenhänge



$$V = \frac{MTBF}{MTBF + MDT}$$

V = Verfügbarkeit
MTBF = Mean Time Between Failure (mittlere Betriebszeit)
MDT = Mean Down Time (mittlere Ausfallzeit)

$$MDT = T_E + T_R$$

T_E = mittlere Zeit zur Fehlererkennung
 T_R = mittlere Reparaturzeit

$$T_E = \frac{1}{2} T_i$$
$$T_R \ll \frac{1}{2} T_i$$

T_i = Inspektionsintervall

Mathematische Zusammenhänge



$$\Rightarrow V = \frac{MTBF}{MTBF + \frac{1}{2} T_i}$$

Forderung aus IEC 61511:

SIL 1 : $V = 0,9 \dots 0,99$

SIL 2 : $V = 0,99 \dots 0,999$

SIL 3 : $V = 0,999 \dots 0,9999$

Berechnung für einkanalige Systeme (2002 - 2003)



MTBF

Mittelwert MTBF gemäß Störstatistik: 274 Jahre

Worst-case-Ansatz (Stufe 1):
Rechnung mit 25 % des Mittelwertes $274 / 4 = \mathbf{69 \text{ Jahre}}$

Begründung:

Abschätzung der Bandbreite:
(Ensemble Q, T, P ... L) ca. 100 2000 Jahre

Kleinster Mittelwert bei Firmen mit mehr
als 100 PLT-Schutzeinrichtungen: ca. 100 Jahre

Berechnung für einkanalige Systeme (2002 - 2003)



Ti

Das mittlere Prüfintervall ist erfahrungsgemäß kleiner als jährlich.

Worst-case-Ansatz (Stufe 2): Rechnung mit 1 x pro Jahr

$$V = \frac{MTBF}{MTBF + \frac{1}{2} T_i}$$

$$V = \frac{69}{69 + \frac{1}{2} \times 1} = \frac{69}{69,5} = 0,993$$

⇒ SIL 2: $V = 0,99 \dots 0,999$ erfüllt!

Zweikanalige Systeme



MTBF

Die MTBF der zweikanaligen Systeme (1v2-Bewertung) liegt eine Zehnerpotenz höher als die der einkanaligen.

Daraus folgt, dass derartige Einrichtungen die Anforderungen aus SIL 3 erfüllen.

Zusammenfassung



- Mitmachquote bisher sehr erfreulich
- Bisherige Auswertungen bestätigen, daß eingesetzte Technik die Verfügbarkeitsanforderungen der SIL-Gruppen 2 und 3 „in Summe“ erfüllt
- Statistik allerdings noch nicht hinreichend fundiert

Schritt 1: Datenmaterial weiter ergänzen zur Stabilisierung der statistischen Aussagen
(Weitere Firmen haben Mitarbeit signalisiert)

Schritt 2: Weitere Differenzierung der Daten erforderlich

- Meßgrößen: L, P, T, Q
- Prüfzyklen
-

Weitere Vorgehensweise



Stördatenerfassung 2004 / 2005 wird begleitet durch ein behördenfinanziertes Projekt unter Mitarbeit einer Hochschule.

Projekthalte:

- Recherchen in etablierten Datenbanken (OREDA, PERD, ...)
- Zusammenstellung und Auswertung aller heute verfügbaren Daten nach statistischen Gesichtspunkten (Vertrauensintervall ...)
- Gruppenbildung, ggf. Nachverfolgung bestimmter passiver Fehler
- Korrelation passiver Fehler / Ursache (Technik, Umgebung, Organisation)
- Grenzen statistischer Nachweise

Zusammenführung der bottom-up- mit der top-down-Methode