

## 1 Kompilierungsprozess

- Präprozessor:** Führt Direktiven wie `#include` und `#define` aus. Erzeugt eine erweiterte Quellcodedatei.
- Compiler:** Übersetzt den C++ Quellcode (`.cpp`) in Assembly-Code (`.asm`).
- Assembler:** Folgt auf den Compiler und übersetzt den Assembly-Code in Maschinencode (Binär - `.obj`).
- Linker:** Kombiniert verschiedene Objektdateien und Bibliotheken (`.lib`) zu einem einzigen, ausführbaren Programm.

## 2 Typumwandlung

- Implicit Casting:** Automatische Typumwandlung durch den Compiler.
  - `int a = 5.4;`  $\implies$  `a` wird zu einem `int` (5)
  - `float b = 7/2;`  $\implies$  Ganzzahlige Division, Ergebnis 3 wird zu `double` (3.0)
  - `float c = 7/2.0;`  $\implies$  Einer der Werte ist `float`, Ergebnis 3.5
  - `double d = 'A' - 12;`  $\implies$  `char` wird zu `int` (65), dann - 12 (53), dann zu `double` (53.0)
  - `int e = true + 3;`  $\implies$  `bool` wird zu `int` (1) + 3 (4), dann zu `int` (4)
  - Allgemein: *Der kleinere Typ wird in den größeren umgewandelt*
- Explicit Casting:** Manuelle Typumwandlung durch den Programmierer.
  - `int x = (int)3.7;`  $\implies$  Klassischer Cast: Ergebnis ist 3
  - `int y = static_cast<int>(3.7);`  $\implies$  Moderner Cast mit `static_cast`: Ergebnis ist ebenfalls 3

## 3 Hierarchie von Operatoren

Priorität	Operator	Beschreibung
Hoch	<code>! * &amp;</code>	<b>Unär:</b> Log. NICHT, Deref., Adresse
↓	<code>* /</code>	<b>Binär:</b> Multiplikation, Division
↓	<code>+ -</code>	<b>Binär:</b> Addition, Subtraktion
↓	<code>&lt;&lt; &gt;&gt;</code>	<b>Binär:</b> Bit-Shift Links/Rechts
↓	<code>&amp;</code>	<b>Binär:</b> Bitweises UND
↓	<code> </code>	<b>Binär:</b> Bitweises ODER
↓	<code>&amp;&amp;</code>	<b>Binär:</b> Logisches UND
Niedrig	<code>  </code>	<b>Binär:</b> Logisches ODER

## 4 Wertebereiche von Datentypen

Datentyp	Bytes	Wertebereich
<code>bool</code>	1	<code>true</code> oder <code>false</code>
<code>char</code>	1	-128 bis 127
<code>unsigned char</code>	1	0 bis 255
<code>short</code>	2	-32.768 bis 32.767
<code>unsigned short</code>	2	0 bis 65.535
<code>int</code>	4	-2.147.483.648 bis 2.147.483.647
<code>unsigned int</code>	4	0 bis 4.294.967.295
<code>long long</code>	8	ca. -9,2 x 10 <sup>18</sup> bis 9,2 x 10 <sup>18</sup>
<code>float</code>	4	ca. ±3.4 x 10 <sup>38</sup> (7 Dezimalstellen)
<code>double</code>	8	ca. ±1.8 x 10 <sup>308</sup> (15 Dezimalstellen)

## 5 Overflow von Zahlen

Overflow = Zugewiesene oder berechnete Zahl liegt außerhalb des darstellbaren Bereichs eines Datentyps.

- Ganzzahlen:** undefiniertes Verhalten. z.B. zu hohe Bits werden abgeschnitten oder es wird auf den Minimalwert zurückgesetzt.

- Gleitkommazahlen:** Im IEEE 754 Standard wird bei Overflow der Wert `inf` (unendlich) zugewiesen.

## 6 Definition und Deklaration

- Definition:** Reserviert Speicherplatz für eine Variable oder Funktion und kann optional initialisiert werden.
  - Beispiel Variable: `int x = 5;`
- Deklaration:** Informiert den Compiler über den Typ und Namen einer Variable oder Funktion, reserviert aber keinen Speicherplatz.
  - Beispiel Variable: `int x;`
  - Beispiel Funktion: `void foo();`
- Prototyp:** Funktionsdeklaration ohne Funktionskörper.
  - Beispiel: `double sum(double[]);`
- Wichtig:** *Jede Definition ist auch eine Deklaration!*

## 7 Functional und Lambda

- Benötigt `#include <functional>`
- `std::function<T>` ist nützlich um Funktionen als Objekt zu deklarieren, speichern und übergeben zu können. **Beispiel:** `std::function<int(int,int)> sum = [](int a, int b){ return a + b; };`
- Lambda Funktionen**
- Lambda Funktionen sind anonyme Funktionen, die direkt im Code definiert werden können. Sie haben die folgende Syntax:
- `[capture](parameters)-> return_type { body }`
- Capture:** Bestimmt, welche Variablen aus dem umgebenden Kontext verwendet werden können.
    - `[]`: Keine Variablen werden erfasst.
    - `[=]`: Alle Variablen werden per Wert erfasst.
    - `[&]`: Alle Variablen werden per Referenz erfasst.
    - `[x, &y]`: Variable `x` per Wert `y` per Referenz.

## 8 Iteratoren

Benötigt `#include <vector>`. Iteratoren sind Objekte, die verwendet werden, um über die Elemente eines Containers (wie `std::vector`, `std::list`, etc.) zu iterieren.

- `auto it = vec.begin();` Iterator auf Anfang
- `*it:` Zugriff auf Element
- `++it, --it:` Vorwärts/Rückwärts bewegen
- `it != vec.end():` Vergleich mit Ende
- `std::advance(it, n):` Iterator um `n` Positionen bewegen
- `std::distance(it1, it2):` Abstand zwischen zwei Iteratoren

## 9 Datenstrukturen Methoden

Typ	Methode	DT
v, l, q	<code>.front()/back()</code>	T
s	<code>.top()</code>	T&
v, l, q, s, m	<code>.size()</code>	size <sub>t</sub>
v, l, q, s, m	<code>.empty()</code>	bool
v, l	<code>.clear()</code>	void
v, l, q	<code>.push_back()/push_front()</code>	void
v, l, q	<code>.pop_back()/pop_front()</code>	void
s	<code>.push()/pop()</code>	void
v, l, m	<code>.begin()/end()</code>	it
l, v	<code>.insert(it,val)</code>	it
l	<code>.erase(it)</code>	it
v, l	<code>.at(idx)</code>	T

## 10 Nützliche std:: Funktionen

Benötigt `#include <algorithm>` und `#include <functional>`

Methode	Typ
<code>std::sort(b, e)</code>	<code>void</code>
<code>std::find(b, e, v)</code>	Iterator
<code>std::reverse(b, e)</code>	<code>void</code>
<code>std::max(a, b)</code>	T
<code>std::find_if(b, e, p)</code>	Iterator
<code>std::count_if(b, e, p)</code>	<code>int</code>
<code>std::all/any_of(b, e, p)</code>	<code>bool</code>
<code>std::max_element(b, e)</code>	Iterator

- `b = begin(), e = end()`
- `p` = Prädikat (Funktion, die `bool` zurückgibt) z.B. `[](int x){return x>5;}`
- `v` = Wert, der gesucht wird
- `d` = Zieliterator (z.B. Anfang eines anderen Containers)
- `f` = Funktion, die auf jedes Element angewendet wird (z.B. `[](int x){return x*2;}`)

## 11 Konventionen

- Zugriffsmodifikatoren:** Reihenfolge: `public:`, `protected:`, `private:`
- Konstruktoren:** Immer Explicit angeben
- Destruktoren:** Immer Virtual angeben, wenn die Klasse vererbt wird
- Membervariablen:** Immer mit `m\_` oder `\_m` kennzeichnen. Keine gleichen Namen wie Parameter im Konstruktor verwenden.
- Funktionen / Methoden:** Nicht komplett inline definieren: `int add(int a, int b){return a+b}`
- Void als Parameter:** Nie `void` als Parameter verwenden: `int foo(void);`

## 12 Objektorientierung

- Konstruktor / Destruktor:** Konstruktoren werden in verschachtelten Klassen von der innersten zur äußersten Klasse aufgerufen. Destruktoren in umgekehrter Reihenfolge.
- Virtual / Override:** Virtuelle Funktionen werden in der Basisklasse mit `virtual` deklariert und in der abgeleiteten Klasse mit `override` überschrieben.
  - Wenn eine Methode als `virtual` deklariert ist, wird zur Laufzeit die passende Methode der abgeleiteten Klasse aufgerufen, auch wenn der Zeiger oder die Referenz den Typ der Basisklasse hat.
  - Wenn eine Methode nicht als `virtual` deklariert ist, wird die Methode abhängig vom Typ des Zeigers oder der Referenz aufgerufen (statischer Bindung).
- Final:** Mit `final` kann verhindert werden, dass eine Klasse weiter vererbt wird oder eine Methode überschrieben wird.

## 13 Smart Pointer

Smart Pointer sind Klassen, die die Verwaltung von dynamisch allozierten Objekten übernehmen und automatisch den Speicher freigeben, wenn der Pointer nicht mehr benötigt wird.

- `std::unique_ptr<T>`: Besitzt ein Objekt exklusiv. Kann nicht kopiert, nur verschoben werden. Nutzt `std::move()` zum Übertragen des Besitzes.
- `std::shared_ptr<T>`: Teilt den Besitz eines Objekts mit anderen `shared_ptrs`. Verwendet Referenzzählung, um zu wissen, wann das Objekt gelöscht werden kann.

### make\_shared / make\_unique

Empfohlene Methode zur Erstellung von Smart Pointern, da sie effizienter und sicherer ist als die direkte Verwendung von `new`.

- `auto ptr = std::make_unique<T>();`: Erstellt einen `unique_ptr` zu einem neuen Objekt vom Typ `T`.
- `auto ptr = std::make_shared<T>();`: Erstellt einen `shared_ptr` zu einem neuen Objekt vom Typ `T`.

### std::move

`std::move` markiert ein Objekt als "bewegbar", sodass Ressourcen effizient übernommen werden, statt kopiert zu werden. Das Quellobjekt bleibt gültig, aber sein Zustand ist nicht definiert.

```
1 std::unique_ptr<int> a = std::make_unique<int>(5);
2
2 std::unique_ptr<int> b = std::move(a);
```

Beziehung	Beschreibung
<b>Assoziation</b>	("kennt-ein") Objekte sind unabhängig. <b>C++:</b> Roher Zeiger (*) oder Referenz (&), da keine Besitzübernahme.
<b>Aggregation</b>	("hat-ein") Teil-Ganzes, Lebensdauer der Teile ist <b>unabhängig</b> . <b>C++:</b> <code>std::shared_ptr</code> , um geteilten Besitz darzustellen.
<b>Komposition</b>	("enthält-ein") Teil-Ganzes, Lebensdauer des Teils ist <b>abhängig</b> . <b>C++:</b> <code>std::unique_ptr</code> für exklusiven Besitz oder direktes Member-Objekt.
<b>Vererbung</b>	("ist-ein") Eine Klasse erbt von einer anderen.

## 14 Speicherbereiche

Bereich	Beschreibung
<b>Stack</b>	Alle Rücksprungadressen und lokalen Variablen
<b>Heap</b>	Dynamisch allozierte Objekte mit <code>new</code> oder <code>malloc</code>
<b>Data Segment</b>	Globale Variablen oder mit <code>static</code> ; zum Programmstart im Speicher und initialisiert
<b>BSS Segment</b>	Globale Variablen oder mit <code>static</code> ; zum Programmstart im Speicher, aber nicht initialisiert (werden auf 0 gesetzt)

**Zugriffszeiten verschiedener Speicherarten:** Register des Prozessors > Cache Speicher > Hauptspeicher (RAM) > SSD/HDD (Von schnell nach langsam)

## 15 Hashing

- Hashmap:** Datenstruktur, die Schlüssel-Wert-Paare speichert und schnellen Zugriff auf Werte über ihre Schlüssel ermöglicht.
  - Vorteile: Schneller Zugriff, Einfügen und Löschen in durchschnittlich O(1) Zeit.
- Hashfunktion:** Berechnet die Position eines Objektes in einer Tabelle (Array). z.B.:
  - $h(k) = k \bmod m$ , wobei  $k$  der Schlüssel und  $m$  die Größe des Arrays ist.
- Kollisionsbehandlung:** Methoden zur Behandlung von Kollisionen:
  - Verkettung (Chaining):** Jedes Array-Element enthält eine Liste von Einträgen, die auf diese Position abgebildet werden.
  - Sondieren (Open Addressing):** Lineares, quadratisches Sondieren oder doppeltes Hashing.

### Beispiele

- $h(k)$ : Primäre Hashfunktion (z.B.  $k \bmod m$ )
- $i$ : Anzahl der Versuche (0, 1, 2, ...)
- $m$ : Größe der Hash-Tabelle

- Lineares Sondieren:**  $h_i(k) = (h(k) + i) \bmod m$
- Quadratisches Sondieren:**  $h_i(k) = (h(k) + c_1 \cdot i + c_2 \cdot i^2) \bmod m$

- $c_1, c_2$ : Konstanten (z.B. 0.5)
- **Doppeltes Hashing**:  $h_i(k) = (h(k) + i \cdot h'(k)) \mod m$ 
  - $h'(k)$ : Sekundäre Hashfunktion (z.B.  $1 + (k \mod (m'))$ ) wo bei  $m'$  eine Primzahl kleiner als  $m$  ist)

### C++ Hashmap

Benötigt `#include <unordered_map>`. `std::unordered_map<Key, Value> map;`. `std::pair<Key, Value> pair(key, value);`

Methode	Beschreibung
<code>map[key]</code>	Zugriff/Ändern eines Werts
<code>map.insert({k,v})</code>	Einfügen, falls Schlüssel neu
<code>map.find(key)</code>	Sucht Schlüssel, Iterator ( <code>it-&gt;first</code> , <code>it-&gt;second</code> ) oder <code>end()</code>
<code>map.erase(key)</code>	Löscht Schlüssel
<code>map.size()</code>	Anzahl Elemente

### 16 Vector vs. List

Aspekt	Beschreibung
Speicherstruktur	<b>Vector</b> : Kontinuierlicher Speicherblock. <b>List</b> : Verkettete Knoten, die nicht zusammenhängend im Speicher liegen.
Zugriffszeit	<b>Vector</b> : O(1) für direkten Zugriff. <b>List</b> : O(n) für direkten Zugriff.
Einfügen/Löschen	<b>Vector</b> : O(n) im Durchschnitt, da Elemente verschoben werden müssen. <b>List</b> : O(1), wenn der Iterator bekannt ist.
Speicherverbrauch	<b>Vector</b> : Weniger Overhead, da nur ein Speicherblock. <b>List</b> : Mehr Overhead durch Zeiger in jedem Knoten.

### 17 Von Neumann Zyklus

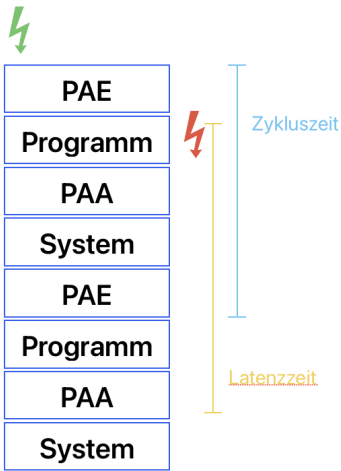
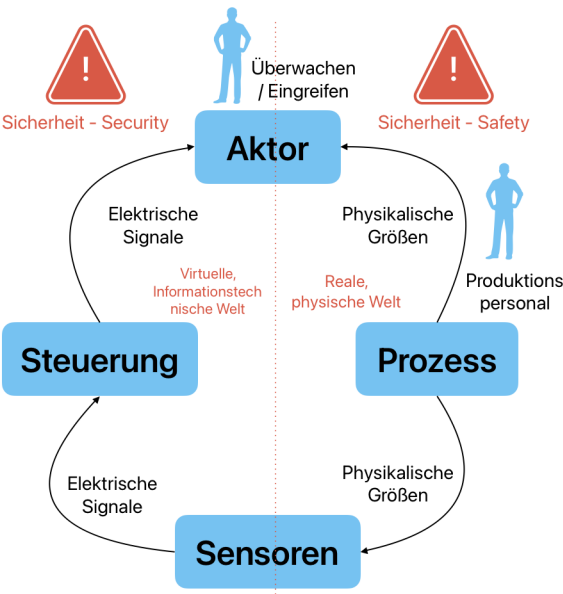
- **Fetch**: Der Prozessor holt den nächsten Befehl aus dem Speicher (RAM) und lädt ihn in das Befehlsregister.
- **Decode**: Der Prozessor dekodiert den Befehl, um zu verstehen, welche Operation ausgeführt werden soll und welche Operanden benötigt werden.
- **Fetch Operands**: Der Prozessor holt die benötigten Operanden aus dem Speicher oder den Registern.
- **Execute**: Der Prozessor führt die dekodierte Operation aus, indem er die erforderlichen Berechnungen durchführt oder Daten verarbeitet.
- **Write Back**: Das Ergebnis der Operation wird zurück in den Speicher oder die Register geschrieben.

**Harvard-Architektur**: Getrennte Speicher für Daten und Befehle, paralleler Zugriff möglich.

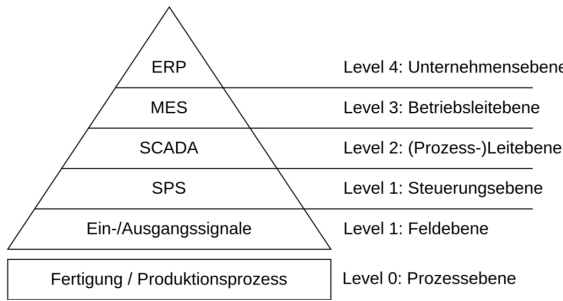
### 18 Automatisierungstechnik

**Speicherprogrammierbare Steuerung (SPS)**: Industrieller Computer zur Steuerung von Maschinen und Prozessen. SPS-Zyklus:

- **Eingabe lesen**: Alle Eingänge (Sensoren, Taster) werden eingelesen (Vom PAE).
- **Programm ausführen**: Das Steuerungsprogramm wird basierend auf den Eingaben ausgeführt.
- **Ausgabe schreiben**: Alle Ausgänge (Aktoren, Lampen) werden entsprechend dem Programmzustand gesetzt (Vom PAA).



**Worst-Case**: Doppelte der Zykluszeit (Eingabe lesen + Programm ausführen + Ausgabe schreiben).



### 19 Prozessklassifizierung

- **Kontinuierliche Prozesse**: Ständige Veränderung der Prozessgrößen (z.B. Temperaturregelung).
- **Stück-Prozesse**: Verarbeitung einzelner Einheiten (z.B. Montage von Autos).
- **Batch-Prozesse**: Verarbeitung in Chargen (z.B. Chemische Produktion).

### 20 IEC 61131-3

Deklaration von Variablen:

```
TYPE Ampel :  
STRUCT  
    AKTIV : BOOL;  
END_STRUCT  
END_TYPE  
TYPE AmpelArray : ARRAY[1..3] OF Ampel; END_TYPE
```

```
VAR  
    Hauptstr_Ampel : Ampel;  
    Zykluszeit : TIME := T#5s;  
    AlleAmpeln : AmpelArray;  
END_VAR
```

**Hinweis**: Variablen können auch in `VAR_GLOBAL ... END_VAR` Blöcken deklariert werden, um sie in mehreren Programmen verfügbar zu machen.

- **Kontaktplan**: Grafische Programmiersprache, die elektrische Schaltpläne nachbildet.
  - `-]` [-: Öffner
  - `-]` \[-: Schließer
  - `-( )` -: Spule (Aktor)
- **Funktionsbausteinsprache (FBS)**: Logik-Gatter, Flip-Flops, TON, TOF werden als Bausteine dargestellt und verbunden.
- **Continuous Function Chart (CFC)**: Erweiterung der FBS mit freier Anordnung der Bausteine. Keine strikte Abarbeitung von links nach rechts.
- **Strukturierter Text (ST)**: Hochsprachliche Programmiersprache ähnlich zu Pascal/C. Syntax:
  - Variablen mit `VAR ... END_VAR` deklarieren
  - Anweisungen mit `:=` für Zuweisung
  - Kontrollstrukturen: `IF ... THEN ... ELSE ... END_IF;`, `FOR ... TO ... DO ... END_FOR;`
  - Funktionen und Funktionsbausteine mit `FUNCTION ... END_FUNCTION` bzw. `FUNCTION_BLOCK ... END_FUNCTION_BLOCK`

```
FOR i := 1 TO 3 BY 1 DO  
    AlleAmpeln[i].AKTIV := FALSE;;  
END_FOR;
```

```
IF Hauptstr_Ampel.AKTIV THEN  
    Nebenstr_Ampel.L_ROT := TRUE;  
ELSIF NOT Hauptstr_Ampel.AKTIV THEN  
    Nebenstr_Ampel.L_GRUEN := TRUE;  
END_IF;
```

- **Ablaufsprache (AS)**: Grafische Sprache für Zustände und Übergänge; ideal für Ablaufsteuerungen. **Aktionen**:

BZ	Beschreibung
<b>N</b>	1 im aktuellen Zustand
<b>R</b>	Reset (auf 0 setzen)
<b>S</b>	Set (auf 1 setzen)
<b>P</b>	1 nach einem Übergang von 0 zu 1
<b>L</b>	1 bis Zeit abgelaufen
<b>D</b>	1 nach Zeitverzögerung

#### Alternativ vs. Parallel

- **Alternativ**: Nur ein Pfad wird ausgeführt. Übergänge mit Bedingungen.
- **Parallel**: Mehrere Pfade werden gleichzeitig ausgeführt. Synchronisation durch spezielle Übergänge.

### 21 Objektorientierung (AT)

- **Datenkapselung**: mit GET und SET Methoden.
- **Vererbung**: Mit EXTENDS Schlüsselwort.
- **Interfaces**: Mit INTERFACE ... END\_INTERFACE Blöcken.
- **Funktionsblöcke**: Mit FUNCTION\_BLOCK ... END\_FUNCTION\_BLOCK Blöcken.

```
FUNCTION_BLOCK Fun  
VAR_INPUT in : INT; END_VAR  
VAR_OUTPUT out : INT; END_VAR  
out = in * 2;  
END_FUNCTION_BLOCK
```

```
Fun(in := 5, out => result);
```

### 22 Automatisierungsarchitekturen

- **Zentral**: Eine SPS steuert alles.
- **Dezentral**: Mehrere SPS teilen Aufgaben (Hohe verlässigkeit  $\implies$  Kein Gesamtausfall).
- **Verteilt**: Steuerung über Netzwerk verteilt.
- **Hierarchisch**: Steuerung auf mehreren Ebenen.

### 23 Redundanz und Fehler

- **Redundanz**: Mehrfache Ausführung von kritischen Komponenten.
  - **Hardware-Redundanz**: Mehrere SPS, Sensoren, Aktoren.
  - **Software-Redundanz**: Mehrere Programme oder Algorithmen für dieselbe Aufgabe.
  - **Zeit-Redundanz**: mehrfache Abfrage des gleichen Messwertes in bestimmten Zeitabständen.

### 24 Sicherheits-Integritätslevel

Das SIL gibt die erforderliche Risikominderung für sicherheitsbezogene Systeme an.

SIL	Beschreibung
<b>SIL 1</b>	Niedrigste Stufe. Relativ hohe Fehlerwahrscheinlichkeit akzeptiert. Für geringe Risiken, z.B. einfache Alarmsysteme.
<b>SIL 2</b>	Mittlere Stufe. Erhöhte Zuverlässigkeit nötig. Für Anwendungen mit moderatem Gefahrenpotenzial, z.B. Not-Aus-Schalter.
<b>SIL 3</b>	Hohe Stufe. Sehr geringe Fehlerwahrscheinlichkeit. Für schwere Verletzungsgefahr, z.B. Sicherheitsbarrieren, Zugsteuerungen.
<b>SIL 4</b>	Höchste Stufe. Extrem geringe Fehlerwahrscheinlichkeit. Für extrem kritische Systeme, z.B. Kernkraftwerke, Flugzeugsteuerungen.

Das SIL ergibt sich aus einer Risikoanalyse: Schwere (S), Häufigkeit (F), Wahrscheinlichkeit (W), Vermeidbarkeit (P).  
**Safty Inegrated Function**: Besteht aus: Sensorik (Fehler erkennen), Logik (SPS - Fehler bewerten) und Aktorik (Sicheren Zustand einleiten).

### 25 MooN Architektur

Es müssen mindestens  $M$  von insgesamt  $N$  Komponenten korrekt funktionieren, damit das System eine sicherheitsrelevante Aktion ausführt.

Architektur	Sicherheit / Verfügbarkeit	Anwendung
<b>1oo1</b>	Niedrig / Hoch	Einfache Steuerungen
<b>1oo2</b>	Mittel / Hoch	Prozessüberwachung mit Alarm
<b>1oo2D</b>	Hoch / Hoch	SIL 2-3 Anwendungen
<b>2oo2</b>	Sehr Hoch / Niedrig	Not-Aus, Reaktorschutz
<b>2oo3</b>	Hoch / Hoch	Kritische Systeme
<b>3oo3</b>	Extrem Hoch / Sehr niedrig	SIL-4 Anwendungen