

Prof. Dr.-Ing. Dr. h. c. J. Becker

becker@kit.edu

Karlsruher Institut für Technologie (KIT)

Digitaltechnik

Funktion und Struktur

Systemvielfalt

- Der Begriff **System** wird häufig im Zusammenhang mit natürlichen, technischen und organisatorischen Gebilden mit komplexem Erscheinungsbild eingesetzt
- Beschreibt generell die Gliederung, den Aufbau, das Ordnungs- und Einordnungsprinzip in verwandte oder ähnlich gebaute Gruppen
- **Beispiele:**
 - politische Systeme
 - Periodensystem der Elemente (Chemie),
 - Planetensystem
 - System der Maßeinheiten
 - Steuersysteme
 - Nachrichtensysteme
 - Rechnersysteme
 - Mikroelektronische Systeme
 - Mikrosysteme
 - Betriebssysteme, usw.

Systemvielfalt

- Wegen der unüberschaubaren Vielfalt an möglichen Systemen entzieht sich der Begriff einer allgemeinen Definition:
 - natürlich oder künstlich
 - konkret oder abstrakt
 - statisch oder dynamisch
 - offen oder abgeschlossen
- Für jedes konkrete System kann eine Fülle zusätzlicher Merkmale (oder Attribute) festgelegt werden bzgl.:
 - dem Grad der Bestimmtheit
 - der Entstehungsweise
 - der örtlichen und zeitlichen Konzentriertheit
 - der Zeitabhängigkeit
 - etc.
- **Notwendig:** Beschränkung des Systembegriffs auf Bereiche
→ **technische Anwendungen**

Bei Beschränkung der Vielfalt und Einschränkung auf technische Sichtweise gilt

1. Ein System umfasst stets **kleinere Anteile**
 - Untersysteme, Komponenten, Module, Bausteine, Elemente
→ sogenannte **Objekte**
2. Zwischen den Objekten eines Systems müssen Beziehungen bestehen
 - ermöglichen Zusammenwirken solcher Objekte
 - Beziehungen können **materieller, energetischer** und **informationeller** Natur sein
 - Gesamtheit dieser Beziehungen bildet zusammen mit den Objekten die **Struktur des Systems**
3. Objekte und Beziehungen bilden **eine abgeschlossene Einheit**
 - nur über **definierte Schnittstellen** (externe Schnittstellen)
kann ein System betreten und verlassen werden
 - **Ein-/Ausgabebeziehungen**

Beispiele der Systemdefinitionen

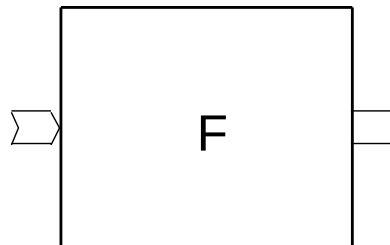
- Norm DIN 2330: Funktion eines Systems ist das Vermögen, eine Eingabe in eine Ausgabe zu überführen
- Unter einem System versteht man ein Gebilde aus bestimmten Objekten mit bestimmten Eigenschaften, zwischen denen festgelegte Beziehungen bestehen
- Ein System besteht aus einer Menge von Elementen, auf diesen definierten Eigenschaften und einer Menge von Relationen zwischen den Elementen

In der Datenverarbeitungs- und Digitaltechnik

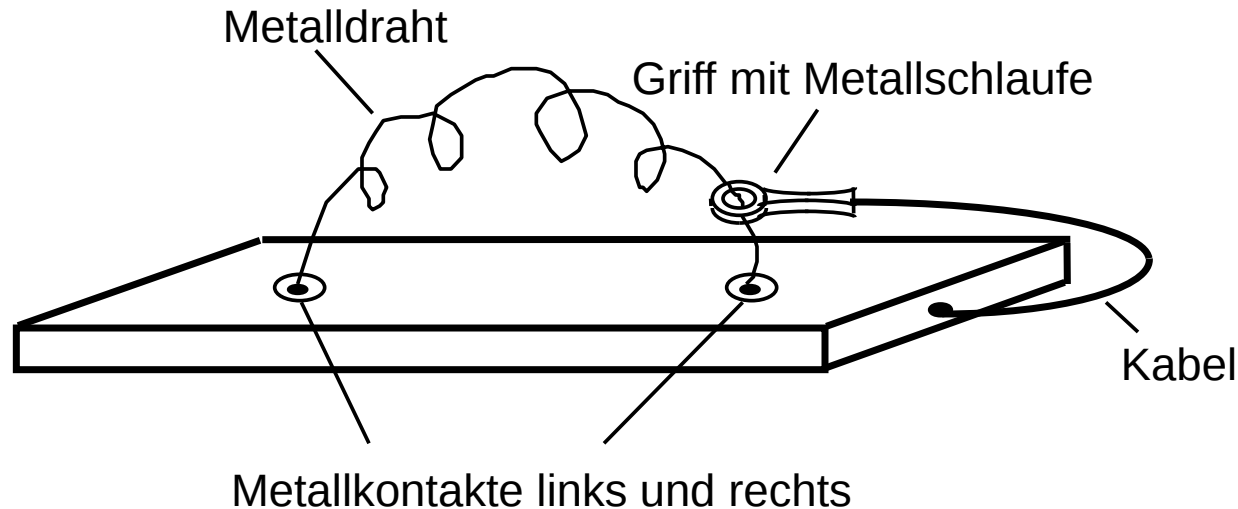
- Ein nach bestimmten Prinzipien aus Komponenten zusammengesetztes Ganzes, das eine bestimmte Aufgabe zu leisten imstande ist, z.B. Rechensystem, Steuerungssystem, Softwaresystem

Darstellung von Systemen

- die **externe Sicht** für den Benutzer, sogenannte **Architektur**
- die **interne Sicht** für den Hersteller und Betreiber
- **Architektur** eines Systems ist dessen Gesamtfunktion, wie sie dem Benutzer gegenüber nach außen hin in Erscheinung tritt
 - keine Aussagen über die interne Realisierung dieses Systems
- **Daher:** Bedarf an geeigneten Beschreibungsmöglichkeiten
 - **Funktion F** umgangssprachlich, fachsprachlich oder mathematisch/formal festlegen
- Diese **Notation** dient dann häufig als **Referenz** zur Realisierung von F
 - Konstruktion von Anlagen, Geräten und Programme



Spielgerät "Zitterdraht"



Funktionsweise

- **Aufbau:** Metallkontakte verbunden mit einem gebogenen Metalldraht
→ Metallschleife ist mit elektrischen Anschluss versehen
- **Aufgabe:** Schleife soll Wege zwischen Kontakten zurücklegen ohne Berührung des Drahtes

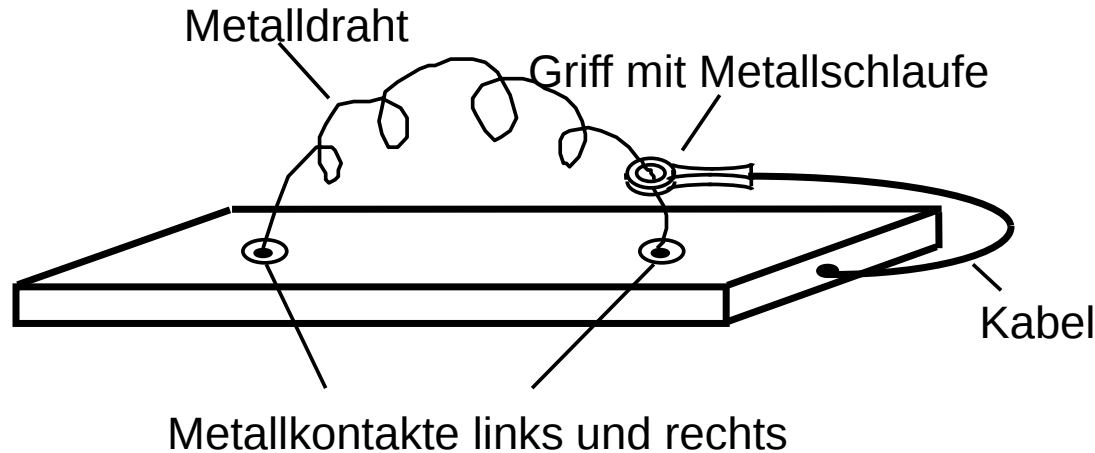
System: Beispiel (Fortsetzung)

Spielgerät Zitterdraht: Ermittlung der Punktezahl

Weg	Freiberührungen	maximale / minimale Punktzahl bei Erfolg
1	5	6 / 1
2	4	5 / 1
3	3	5 / 2
4	2	5 / 3
5	1	5 / 4
6	0	5 / 5
		Σ 31

Festlegung der Gesamtfunktion F:

- **Ablauf:** Anzahl erlaubter Drahtberührungen pro Weg
→ bei Überschreitung ist Spiel beendet,
ansonsten ist Weg erfolgreich durchlaufen
- **Punktvergabe:** für jeweiligen Weg, abzüglich der
Drahtberührungen (siehe Tabelle)

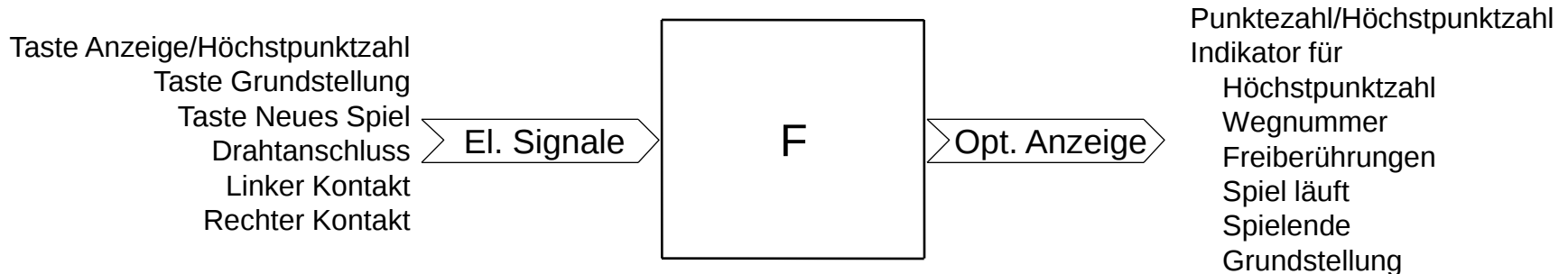


Festlegung der Gesamtfunktion F:

- **Eingabe (elektrische Signale):**
 - Taste “Neues Spiel”: Beendigung und Start (+ Berührung rechter Kontakt)
 - Taste “Anzeige/Höchstpunktzahl”: Anzeige der Höchstpunktzahl aus allen Spielen
 - Taste “Grundstellung”: Rücksetzen der Höchstpunktzahl (auf 1 Punkt)
 - Elektrische Kontakte/Anschlüsse
- **Ausgabe (optische Signale):**
 - optische Anzeige verschiedener Informationen (Spielstand, Status, Höchstpunktzahl)

Externe E/A-Schnittstellen von F

- Die Festlegung von F sagt noch nichts aus, wie das Gerät zu realisieren ist und welche technischen Randbedingungen dabei zu berücksichtigen sind
- Wir erhalten lediglich einige Angaben über die externen Schnittstellen elektrischer und optischer Art, mit deren Hilfe die Funktion F mit der Außenwelt in Wechselwirkung tritt

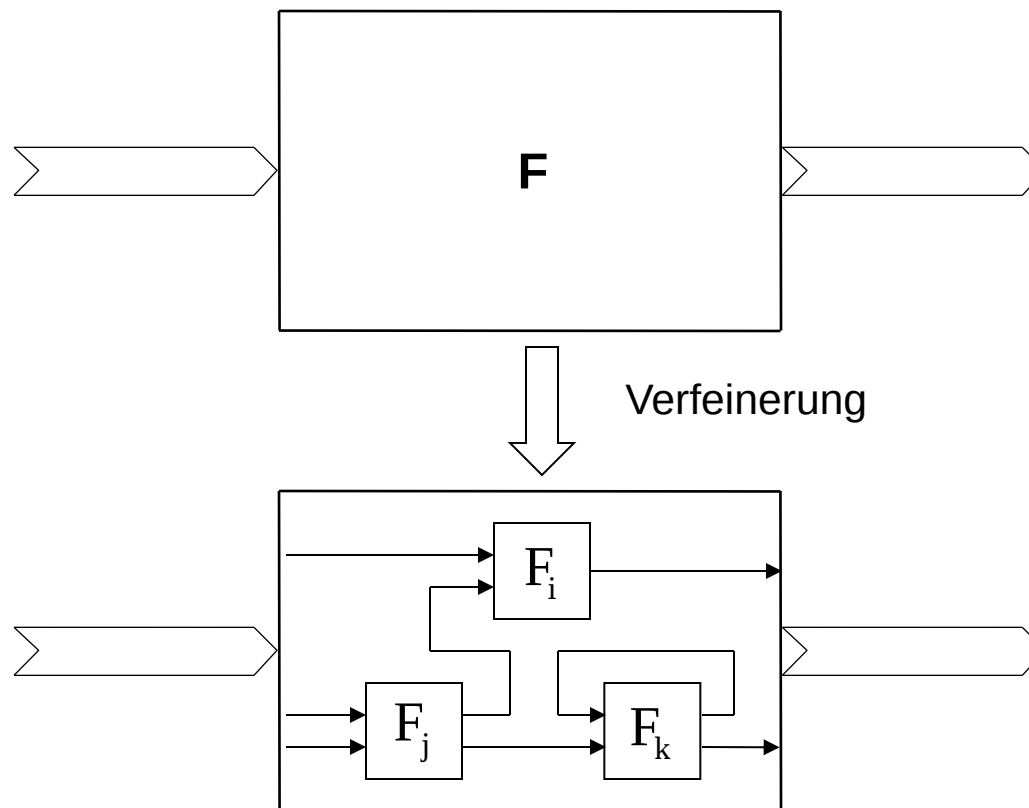


Aufteilung in Untersysteme

- Bei **komplexen Systemen** besteht der Bedarf den Darstellungsaufwand zu verkleinern
- Deshalb **Unterteilung** des kompletten Systems in überschaubare **Teilfunktionen**
- Hierdurch gelangt man zu einer stufenweisen Entwicklung eines Systems, wodurch eine **Hierarchie** der Darstellungsweisen und der Funktionszusammenhänge entsteht
- Die höher angesetzte Ebene umfasst dabei stets die **Spezifikation** eines Systems (bzw. einer Systemkomponente), die darunter liegende umfasst eine **Anordnung** von funktionell weniger mächtigen **Komponenten** und deren Spezifikation
- **Struktursicht** des Systems

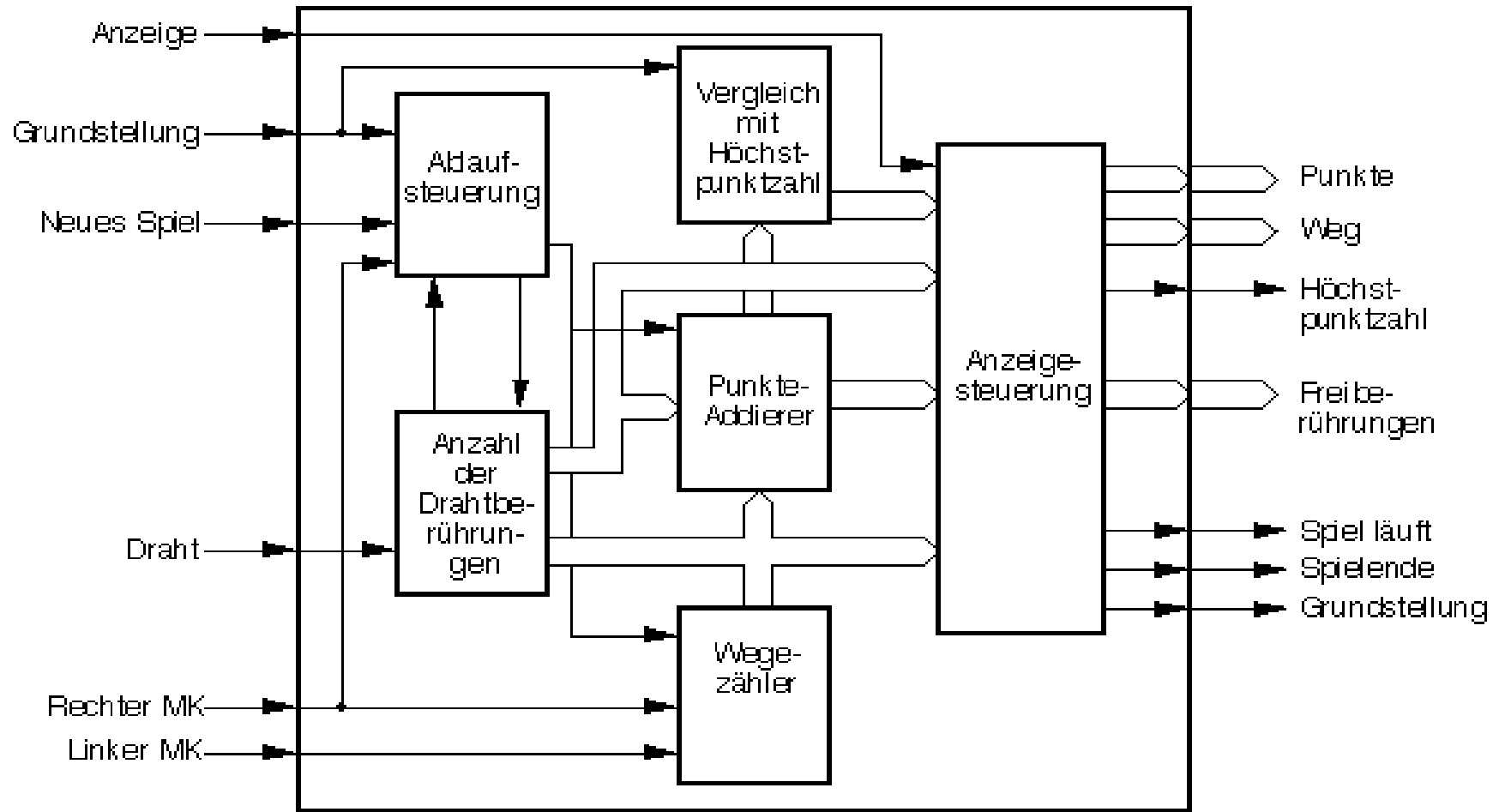
System: Hierarchie und Aufteilung

- Der Übergang zwischen den gleichartigen Einheiten wird **Schnittstelle** genannt
- Die Regeln zur Kommunikation über die Schnittstelle beschreiben ein sogenanntes **Protokoll**



System: Hierarchie und Aufteilung

Beispiel: Auflösung von F „Zitterdraht“ in Teilsysteme

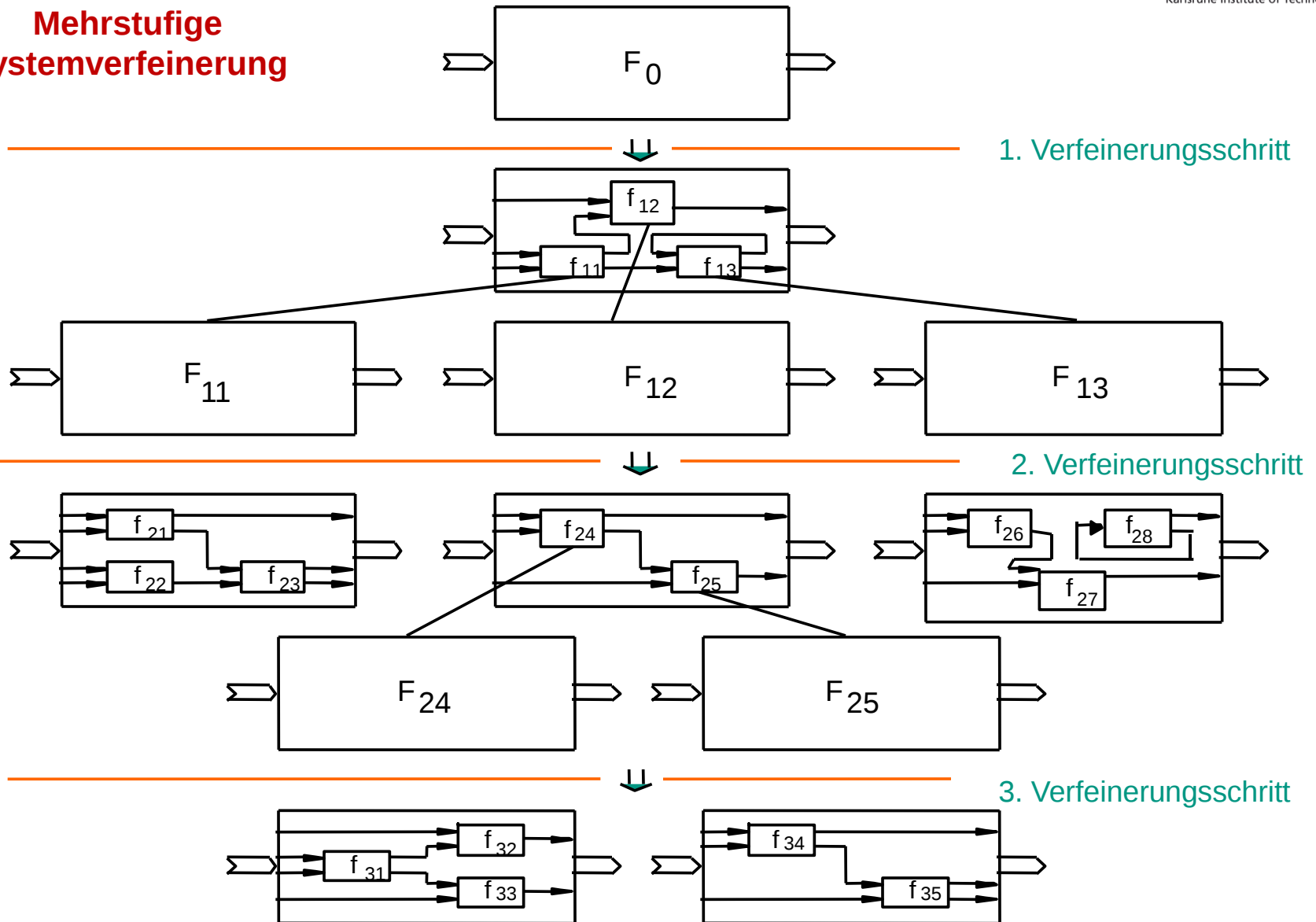


Mehrstufige Verfeinerung

- Bei heutigen Digitalsystemen reicht eine einstufige Verfeinerung meist nicht aus, um eine Realisierung vornehmen zu können
- Deshalb ist eine **mehrstufige Aufteilung** des Systems sinnvoll, um die Komplexität zu reduzieren
- Verfeinerungsschritte können auch als **Transformationen** der funktionellen Beschreibungen in eine strukturelle aufgefasst werden
- Definition der **Teilsysteme f** (Komponenten):
 - realisieren genau bestimmbare Funktionsteile der Gesamtfunktion F
 - präzise funktionelle Abgrenzung gegenüber anderen Teilsystemen
- **Wichtig:** Relationen zwischen den unterschiedlichen Teilsystemen f
→ Verbindungsrelationen und geeignete Verbindungsstrukturen

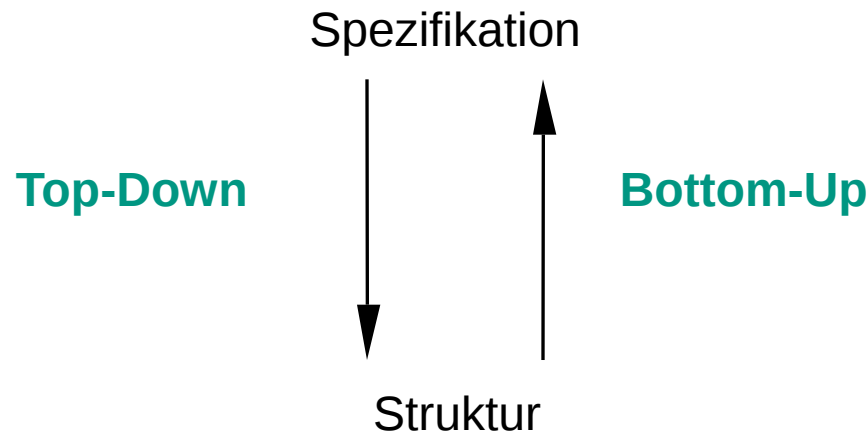
System: Hierarchie und Aufteilung

Mehrstufige Systemverfeinerung



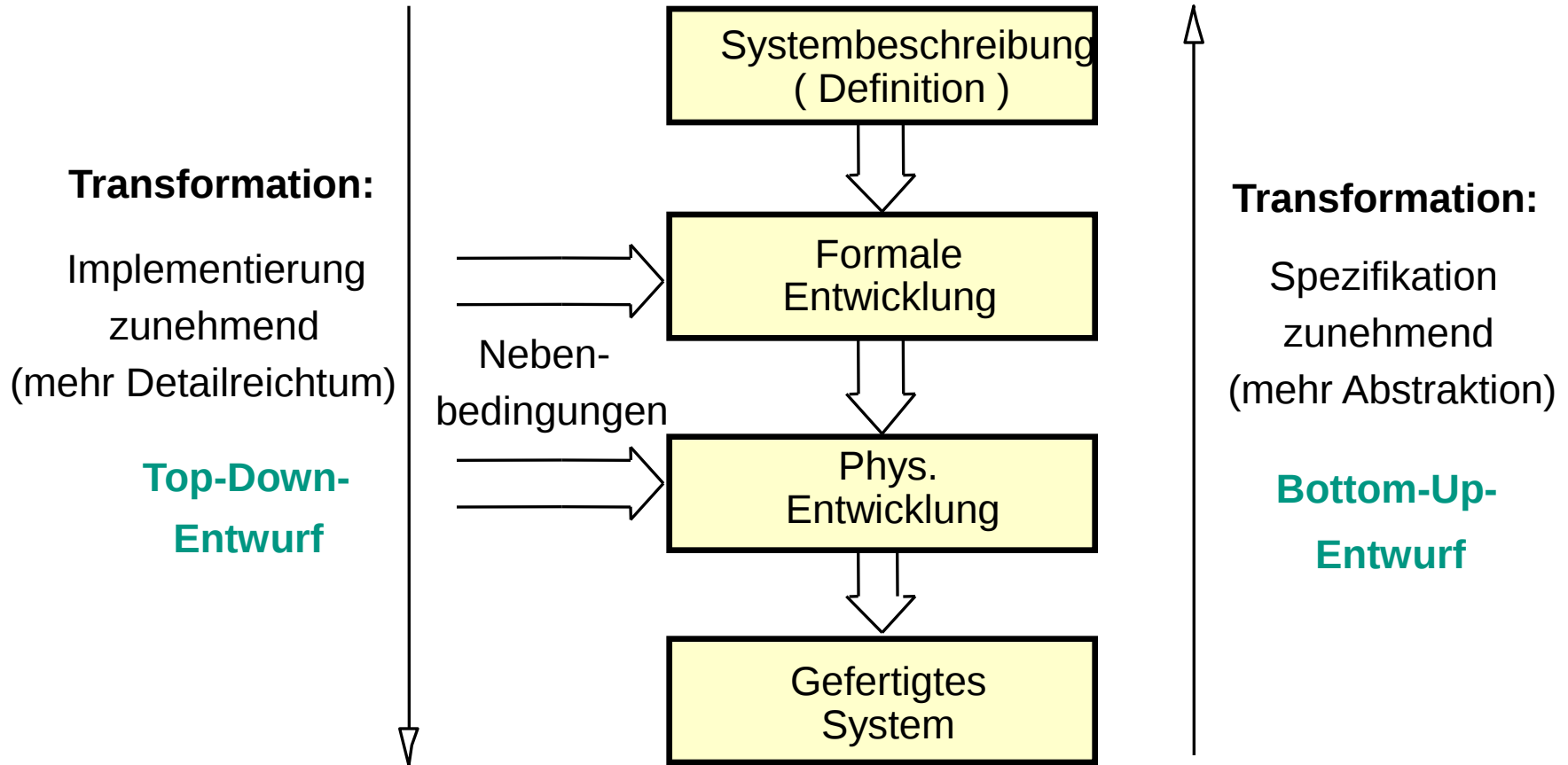
Transformationsrichtungen

- Die Transformation einer Spezifikation in eine Struktur lässt sich auch umkehren.
- Durch die Analyse der Struktur und der in ihr enthaltenen Teilfunktionen wird schrittweise die darüber liegende Gesamtfunktion abgeleitet.
- Die beiden Transformationsrichtungen werden wie folgt bezeichnet:



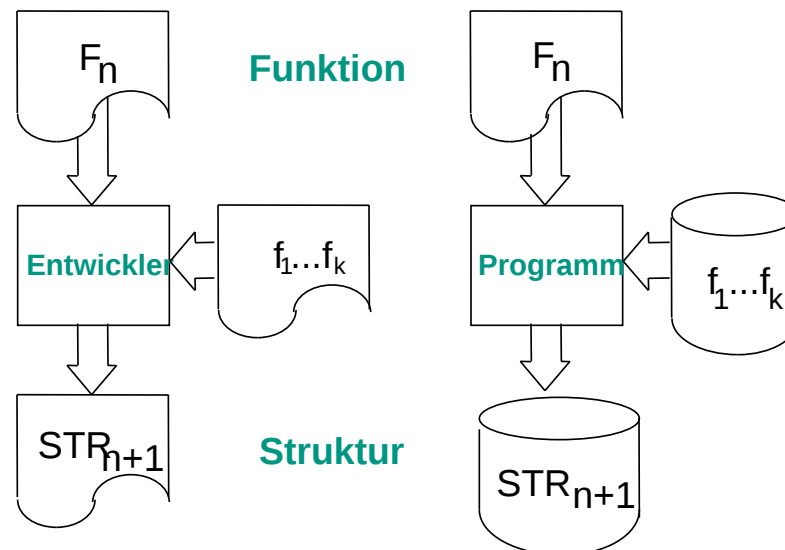
Transformationsrichtungen

- Heute folgt der Entwurf von digitaltechnischen Systemen relativ streng dem **Top-Down-Prinzip**
- Einzelne Komponenten werden in einer bestimmten Technologie im **Bottom-Up-Prinzip** technisch optimal gestaltet und in den Top-Down-Weg einbezogen
- Tatsächliches Entwerfen besteht daher häufig in einem **iterativen Vorgehen**, bei dem beide Entwurfsrichtungen abwechselnd über eine oder mehrere Verfeinerungsstufen hinweg Anwendung finden
- Im Entwurf digitaltechnischer Systeme unterscheidet man drei **Hauptgruppen**, die eine Reihe von Transformationsschritten zusammenfassen:
 - Systementwurf** (noch weitestgehend manuell)
 - Logischer Entwurf** (Automatisierung)
 - Physikalischer Entwurf** (Automatisierung)

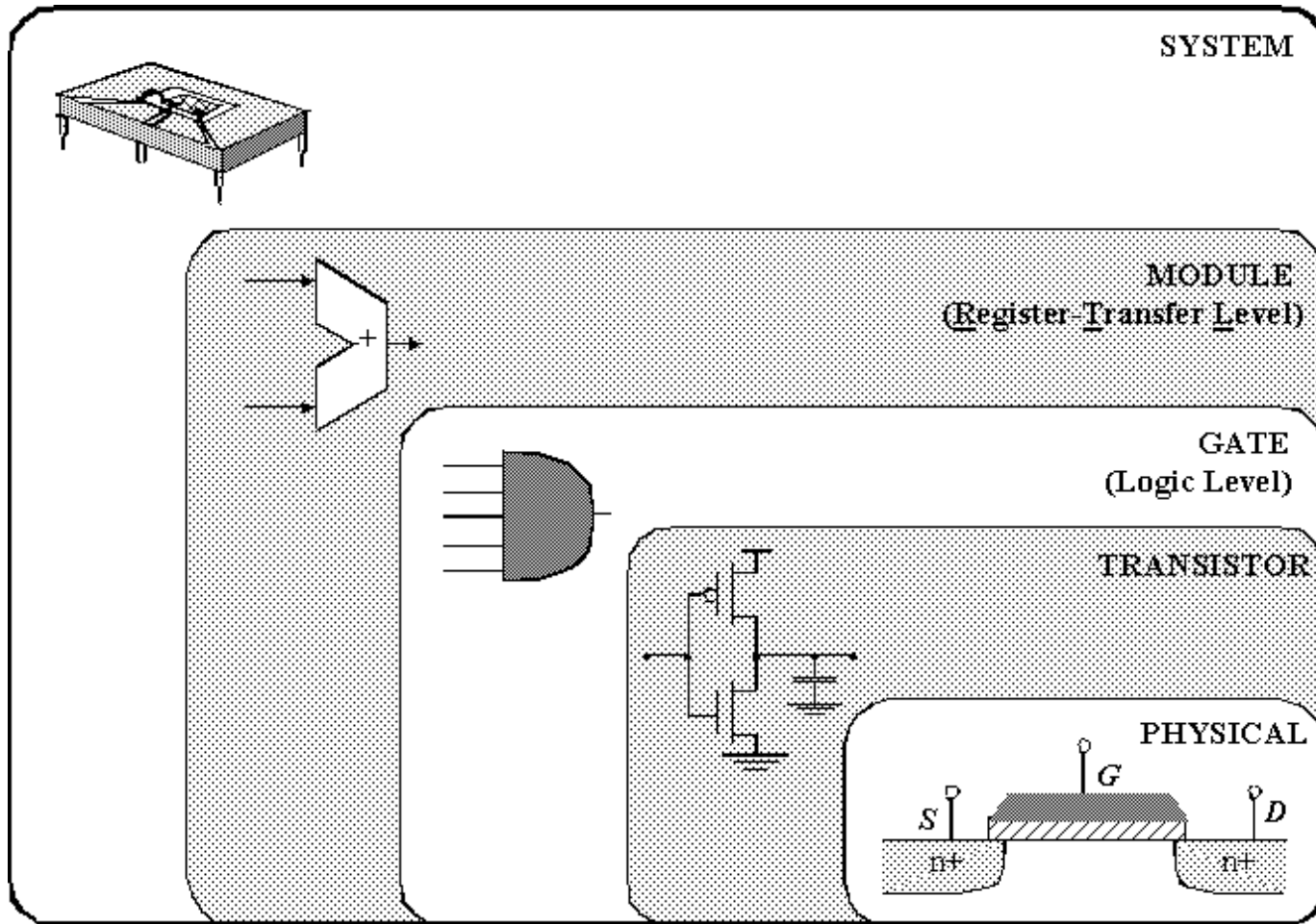


Automatisierung des Entwurfsablaufs

- Für die meisten Entwurfsaufgaben kommt nur eine Mischung aus **manuellem** und **automatisiertem** Entwurf in Frage
- **Manueller Entwurf** wird überwiegend auf Systemebene eingesetzt
- Für Standardanwendungen ist heute der **logische** und **physikalische** Entwurf weitgehend **automatisiert**
- Hierfür werden eine Reihe von **CAD-Werkzeugen** von verschiedenen Herstellern angeboten (Cadence, Synopsys, Mentor Graphics, etc)



Abstraktionsebenen



```
architecture structural of first_tap is
    signal x_q,red : std_logic_vector(bitwidth-1 downto 0);
    signal mult : std_logic_vector(2*bitwidth-1 downto 0);

begin

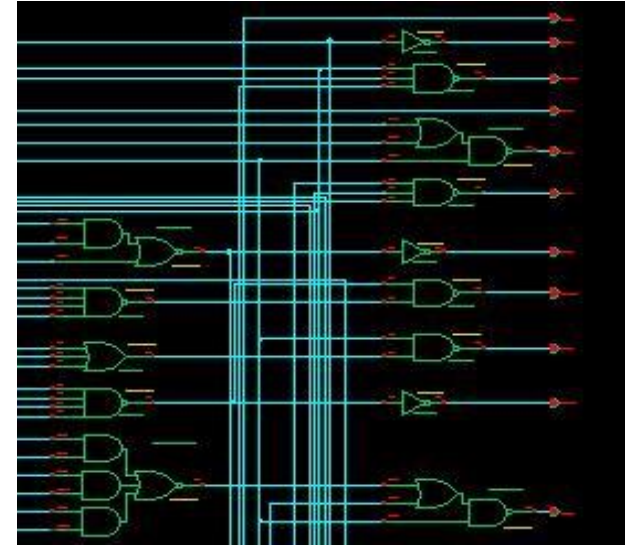
    delay_register:
    process(reset,clk)
    begin
        if reset='1' then
            x_q <= (others => '0');
        elsif (clk'event and clk='1') then
            x_q <= x_in;
        end if;
    end process;

    mult <= signed(coef)*signed(x_q);
```

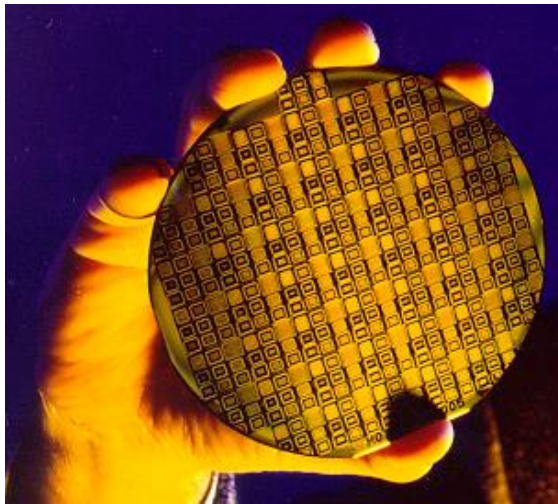
**Hardware
Beschreibung
(RT-Ebene)**

**Netzliste
(Logik-
Ebene)**

**Automatisierte Synthese
(Synopsys)**

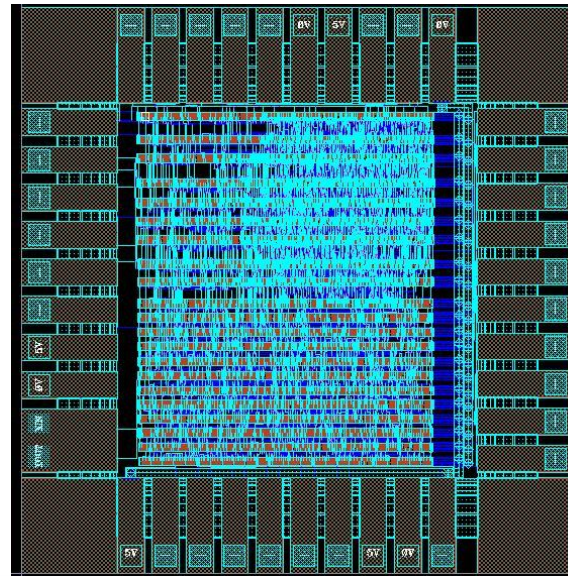


Chip Wafer



**Masken-
Layout**

Fabrikation



**Platzierung &
Verdrahtung
(Cadence/
Mentor)**