

Zur Person: **Dipl.-Ing. Peter Zeh, geb. am 02.01.1958**
(Sie erreichen mich hier: b2et@hwt-berlin.applicad-atit.de)

- 1979 – 1990** **Studium Nachrichtentechnik Berlin
Studium Elektrotechnik HU Berlin**
- 1983 – 1990** **Forschungs- u. Entwicklungsarbeiten
auf dem Gebiet der Automation
u.a. μ C-Feldmessgerät mit Echtzeit-
Betriebssystem (RTS)**
- seit 1986** **Lehrtätigkeiten (Vorlesung/Übungen)
an Hochschuleinrichtungen**
- 1987 – 1991** **Administrator Unix-System (WEGA)**
seit 1991 **Administration eines heterogenen
Netzwerkes mit 10 Servern und ca.
200 Clients**
- seit 1997** **Ing.-Büro f. AT u. IT
Lösungen in Automation und
Informationstechnologien**

Vorlesungsinhalte

0. Einführung

VL0

1. Bauelemente der Elektronik

VL1

2. Analoge Schaltungen

VL2

Prüfungsleistung

Die Lehrgebiets-Note besteht aus 2 Teilen:

Teil 1 – Klausur (120 min) 60%

Zugelassene Hilfsmittel:

→ selbstgemachte Formelsammlung
(nur Überschriften und Formeln,
keine Schaltungen, keine Skizzen ,
keine Beispielaufgaben)

→ Taschenrechner

→ Zeichenwerkzeuge

!!! Handys/Smartphones, -Watches sind
nicht erlaubt !!!

Teil 2 – Laborübungen (4 Übungen) 40%

→ Note Eingangstest 50%

→ Note Protokoll 50%

Scripte und weitere Materialien

Skripte und weitere Materialien finden Sie auf meiner Internetseite.

An der Umsetzung der Unterlagen nach dem neuen Studienplan wird kontinuierlich gearbeitet.

<http://htw-berlin.applicad-atit.de>

Literaturhinweise

(siehe auch

http://htw-berlin.applicad-atit.de/b2et/web_2019_Elektronik_Buchliste.pdf)

Auswahl:

- Tietze, U. / Schenk, Ch.
Halbleiter-Schaltungstechnik
Springer Verlag ; ISBN 3-540-64192-0
- Böhmer, Erwin
Elemente der angewandten Elektronik
Viewegs Fachbücher der Technik ; ISBN 3-528-14090-9
- Böhmer, Erwin
Rechenübungen zur angewandten Elektronik
Viewegs Fachbücher der Technik ; ISBN 3-528-44189-5
- Brechmann u.a.
Tabellenbuch Kommunikationselektronik
Westermann-Verlag; ISBN 3-14-225037-9
- **HPI – Fachbuchreihe I – III**
Pflaum-Verlag; ISBN 3-7905-0xxx-x

Vorlesung - Analogelektronik



0. Einführung



0.1 Vorbemerkungen

0.1.1 Warum brauchen wir die Analoge Schaltungstechnik / Analogelektronik ?

...

Einsatzgebiete der Analogen Schaltungstechnik

0.1 Vorbemerkungen

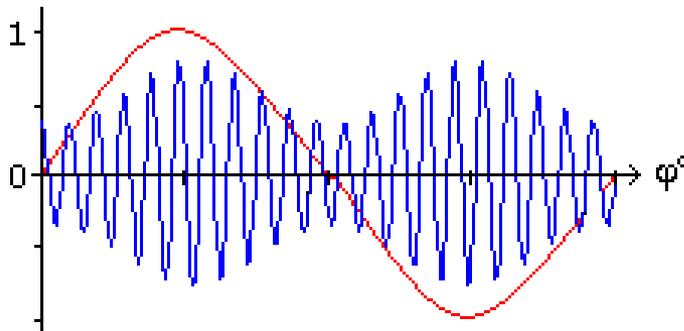
0.1.2 Kurze Einführung in die Signale

Werte- und zeitkontinuierliche Signale

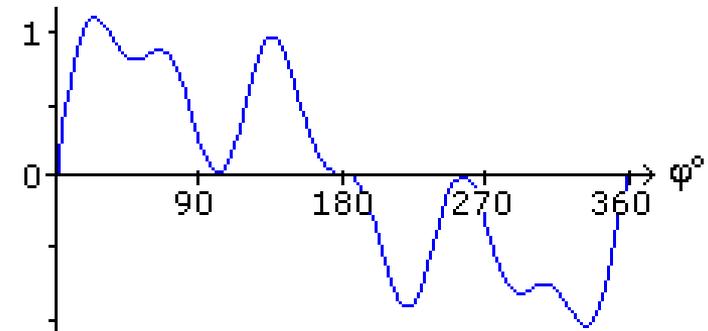
...

Bsp. 1: determinierte Analogsignale

determinierte Analogsignale



harmonische Schwingung
Amplitudenmodulation



additive Überlagerung
harmonischer Schwingungen

0.1 Vorbemerkungen

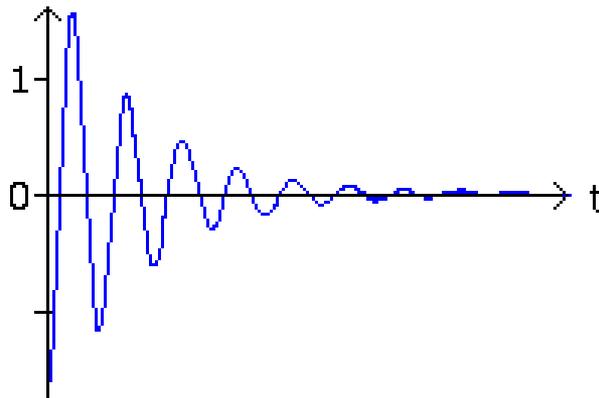
0.1.2 Kurze Einführung in die Signale

Werte- und zeitkontinuierliche Signale

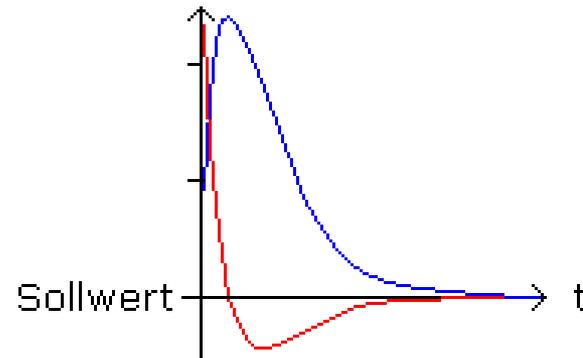
...

Bsp. 2: deterministische transiente Analogsignale

deterministische transiente Signale



gedämpfte Schwingung



aperiodischer Grenzfall bei einer Sprungantwort eines PI-Reglers

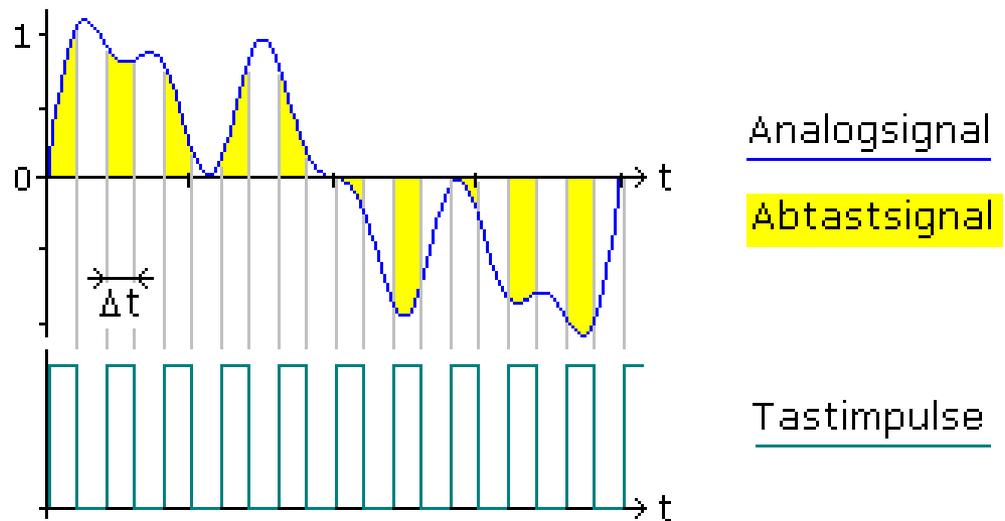
0.1 Vorbemerkungen

0.1.2 Kurze Einführung in die Signale

Wertkontinuierliche und zeitdiskrete Signale

...

Bsp.: Wertkontinuierliches und zeitdiskretes Analogsignal



Wertkontinuierliches und zeitdiskretes Analogsignal

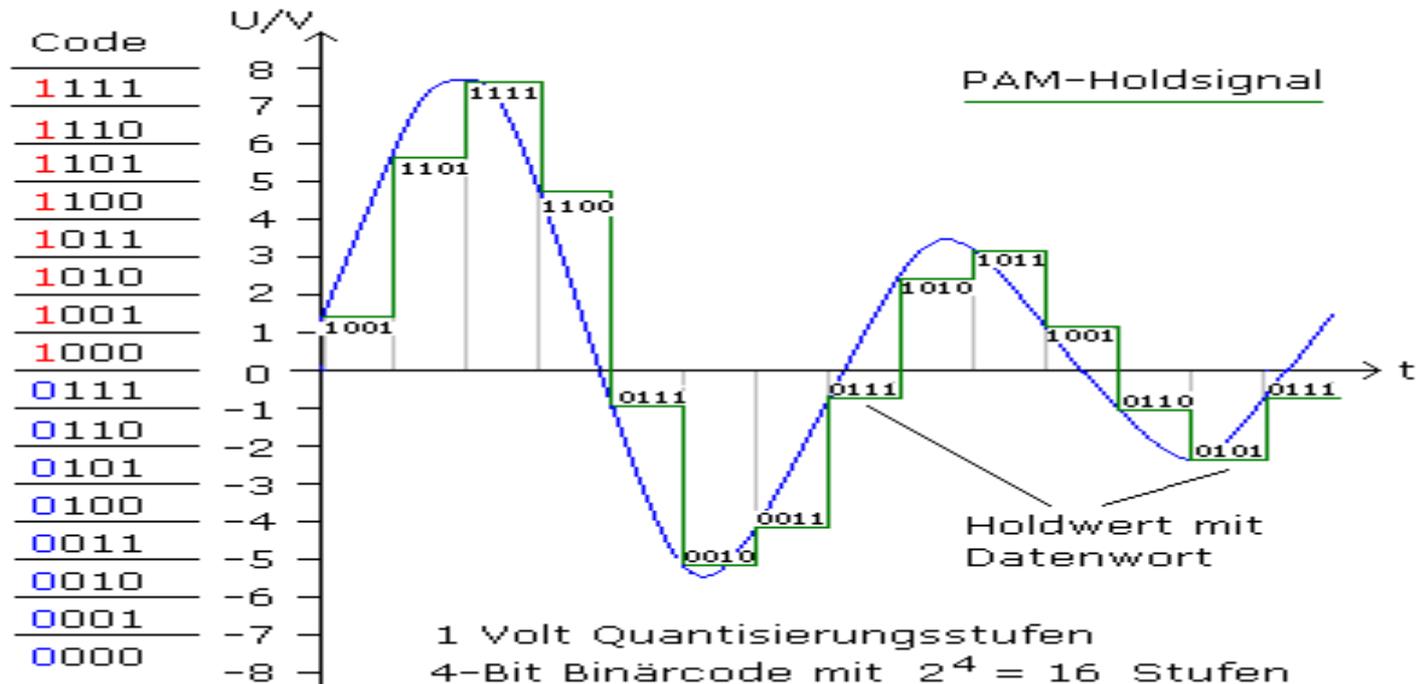
0.1 Vorbemerkungen

0.1.2 Kurze Einführung in die Signale

Wert- und zeitdiskrete Signale / Digitalsignale

...

Bsp.: Wert- und zeitdiskretes Signal / PAM-Holdsignal



0.1 Vorbemerkungen

0.1.3 Zusammenstellung wichtiger Merkmale der Analog- und Digitaltechnik

Analogtechnik	Digitaltechnik
Die Maßzahl entspricht dem aktuellen Wert. Analogsignale sind <u>wertkontinuierlich</u> .	digitus - lateinisch der Finger. Es sind nur festgelegte Zählwerte (Werte- o. Zeichenvorrat) zugelassen. Digitalwerte sind <u>wertdiskret</u> .
Genauigkeit wird von den Messgeräten und der Ablesegenauigkeit bestimmt.	Genauigkeit wird von der Zahl der Quantisierungsstufen bestimmt. Eine höhere Stufenzahl erfordert höheren Aufwand. Es entstehen hohe Schrittzahlen (Bits).
Datenverarbeitung und -übertragung sind möglich. Der Bandbreitenbedarf wird vom verwendeten Modulationsverfahren bestimmt.	Datenverarbeitung und -übertragung sind möglich. Der Bandbreitenbedarf ist infolge der Abtastung und Übertragung digitaler Impulse oftmals größer.
Die Störanfälligkeit ist bei kleinen Signalamplituden relativ groß.	Die Störanfälligkeit zwei gut unterscheidbarer Amplitudenwerten ist klein. Störungen lassen sich einfacher erkennen und verhindern.
Analogschaltungen sollten alle Signaleigenschaften unverzerrt verarbeiten können.	In Binärschaltungen muss die Elektronik nur zwei Schaltzustände berücksichtigen.

Vorlesung - Analogelektronik



0.2 Kenntnisse und Methoden

- a. **Mathematische Gesetze und Methoden**
(siehe Skript Grundlagen)

- b. **Physikalische Gesetze und Methoden**
(siehe Skript Grundlagen)

- c. **Grundlagen der Elektrotechnik**
 - Ladungsträgertrennung, Potenzial, Spannung, Strom
 - Gesetzmäßigkeiten im Grundstromkreis
(Quelle, Innen- und Lastwiderstand, Belastungsfälle,
ZP-Theorie ...)
 - Ersatzschaltungen für Spannungs- und Stromquellen

- d. **Das elektronische Bauelement in der Schaltung**

0.2 Kenntnisse und Methoden

d.1 Strom-Spannungs-Kennlinie (I-U-KL)

0.2 Kenntnisse und Methoden

d.2 Ersatzschaltbild

SPICE – Modellierung

Beispiel des Modells eines Bipolartransistors BC 107 B

```
.MODEL BC107BP NPN IS =1.8E-14 ISE=5.0E-14 NF =.9955 NE =1.46 BF =400 BR =35.5  
+IKF=.14 IKR=.03 ISC=1.72E-13 NC =1.27 NR =1.005 RB =.56 RE =.6 RC =.25 VAF=80  
+VAR=12.5 CJE=13E-12 TF =.64E-9 CJC=4E-12 TR =50.72E-9 VJC=.54 MJC=.33
```

*) ... im NI Multisim V.11 vorführen (Bipolar-Transistor aus „Transistor-Verst_neu“)

0.2 Kenntnisse und Methoden

d.3 Berechnungsverfahren

0.2 Kenntnisse und Methoden

d.4 Arbeitspunkt, linearer und nichtlinearer Widerstand

0.2 Kenntnisse und Methoden

d.4 Arbeitspunkt, linearer und nichtlinearer Widerstand

0.2 Kenntnisse und Methoden

d.5 Verlustleistung, Bauelemente-Temperatur, Wärmeableitung

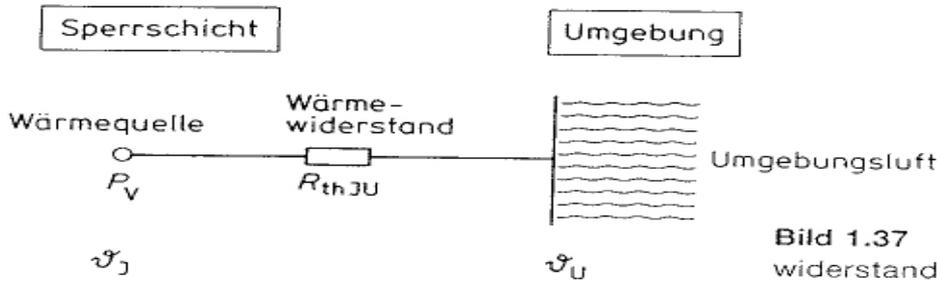


Bild 1.37 Ersatzschaltbild für den Wärme-widerstand R_{thJU}

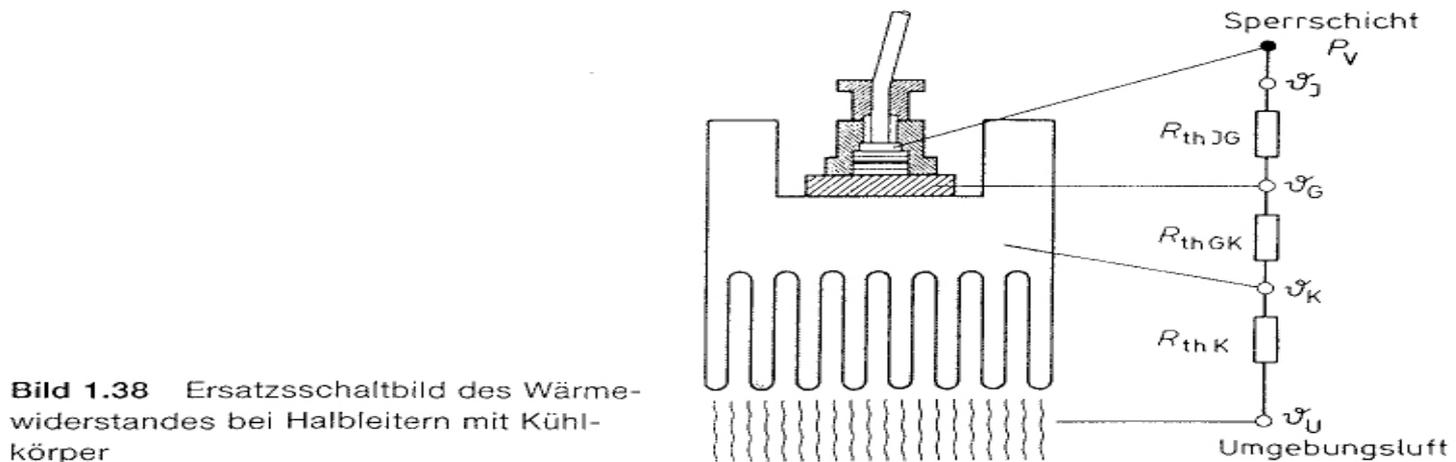
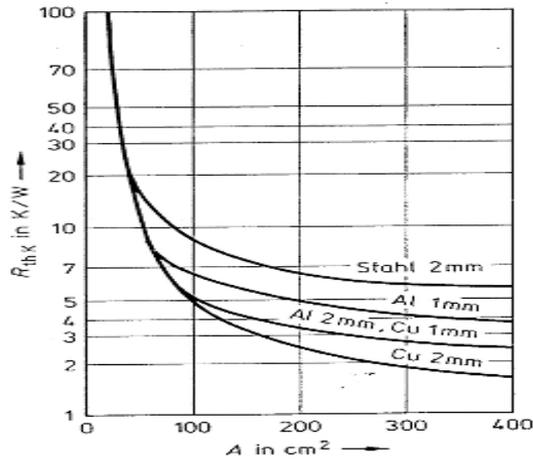


Bild 1.38 Ersatzsschaltbild des Wärme-widerstandes bei Halbleitern mit Kühl-körper

0.2 Kenntnisse und Methoden

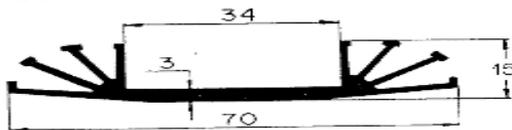
d.5 Verlustleistung, Bauelemente-Temperatur, Wärmeableitung



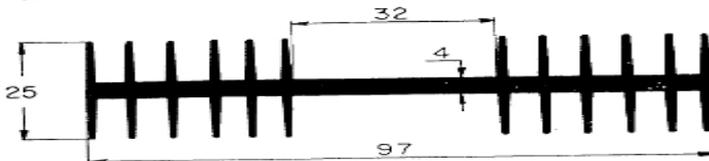
• Schweißung
 $R_{thK} = 0,7$ oder
 $A = 0,7$

• waagrechtliche Anordnung
 $R_{thK} = 1,7$
 oder
 $A = 1,7$

Kühlkörper als Meterware
 Wärmewiderstand bei 50-mm-Abschnitten
 und freier Konvektion
 $R_{thK} = 4,7 \text{ K/W}$



$R_{thK} = 2,3 \text{ K/W}$



Durchguß-Kühlkörper
 nach DIN 41 882
 $R_{thK} = 1,1 \text{ K/W}$

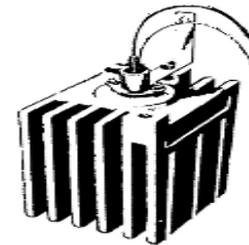


Bild 1.40 Rippenkühlkörper

Vorlesung - Analogelektronik



0.3 Halbleitertechnik

0.3.1 Einteilung der Festkörper

Bezeichnung	spez. Widerstand ρ (Ω cm)	spez. Leitfähigkeit κ ($\frac{1}{\Omega$ cm)	Werkstoff
Isolatoren $\Delta W > 3 eV$	10^{20}	10^{-20}	Bernstein
	10^{18}	10^{-18}	Paraffin
	10^{16}	10^{-16}	Polystyrol
	10^{14}	10^{-14}	Kohlenstoff Glimmer
	10^{12}	10^{-12}	Hartporzellan
	10^{10}	10^{-10}	PVC
	10^8	10^{-8}	Marmor Glas
Halbleiter $\Delta W < 3 eV$	10^6	10^{-6}	Selen
	10^4	10^{-4}	Silizium, rein
	10^2	10^{-2}	
	10^0	10^0	Germanium, rein
	10^{-2}	10^2	Indiumarsenid Galliumarsenid
Leiter	10^{-4}	10^4	
	10^{-6}	10^6	Kupfer
	10^{-8}	10^8	Silber
	10^{-10}	10^{10}	Supraleitung

$\Delta W = 1,12 eV$

$\Delta W = 0,67 eV$

Bild 1.1 Einteilung von Werkstoffen in Leiter, Halbleiter und Isolatoren

0.3 Halbleitertechnik

0.3.1 Einteilung der Festkörper

	1. Gruppe	2. Gruppe	3. Gruppe	4. Gruppe	5. Gruppe	6. Gruppe	7. Gruppe	Edelgase
Wertigkeit gegen Wasserstoff	1	2	3	4	3	2	1	0
Periode/Schale	1 H Wasserstoff							2 He Helium
1.	K 1 1,00797							2 4,0026
2.	3 Li Lithium K 2 6,939 L 1	4 Be Beryllium 2 9,0122 2	5 B Bor 2 10,811 3	6 C Kohlenstoff 2 12,011 4	7 N Stickstoff 2 14,007 5	8 O Sauerstoff 2 15,999 6	9 F Fluor 2 18,998 7	10 Ne Neon 2 20,183 8
3.	11 Na Natrium K 2 22,990 L 8 M 1	12 Mg Magnesium 2 24,312 2	13 Al Aluminium 2 26,982 2	14 Si Silizium 2 28,086 4	15 P Phosphor 2 30,974 5	16 S Schwefel 2 32,064 6	17 Cl Chlor 2 35,453 7	18 Ar Argon 2 39,948 8
4.	19 K Kalium K 2 39,102 L 8 M 8 N 1	20 Ca Calcium 2 40,08 2	21 Sc Scandium 2 44,956 2	22 Ti Titan 2 47,90 10	23 V Vanadium 2 50,942 11	24 Cr Chrom 2 51,996 13	25 Mn Mangan 2 54,938 13	
	29 Cu Kupfer K 2 63,54 L 8 M 18 N 1	30 Zn Zink 2 65,37 2	31 Ga Gallium 2 69,72 2	32 Ge Germanium 2 72,59 4	33 As Arsen 2 74,922 5	34 Se Selen 2 78,96 6	35 Br Brom 2 79,909 7	36 Kr Krypton 2 83,80 8
5.	37 Rb Rubidium K 2 85,47 L 8 M 18 N 8 O 1	38 Sr Strontium 2 87,62 2	39 Y Yttrium 2 88,905 2	40 Zr Zirkonium 2 91,22 2	41 Nb Niob 2 92,906 1	42 Mo Molybdän 2 95,94 1	43 Tc Technetium	
	47 Ag Silber K 2 107,87 L 8 M 18 N 18 O 1	48 Cd Cadmium 2 112,40 2	49 In Indium 2 114,82 2	50 Sn Zinn 2 118,69 4	51 Sb Antimon 2 121,75 5	52 Te Tellur 2 127,60 6	53 J Jod 2 126,90 7	54 Xe Xenon 2 131,30 8

	3	4	5	6
a-	13 Al Aluminium 2 26,982 8 3	14 Si Silizium 2 28,086 8 4	15 P Phosphor 2 30,974 8 5	16 S Schwefel 2 32,064 8 6
2	21 Sc Scandium 2 44,956 8 9 2	22 Ti Titan 2 47,90 8 10 2	23 V Vanadium 2 50,942 8 11 2	24 Cr Chrom 2 51,996 8 13 1
	31 Ga Gallium 2 69,72 8 18 3	32 Ge Germanium 2 72,59 8 18 4	33 As Arsen 2 74,922 8 18 5	34 Se Selen 2 78,96 8 18 6
	39 Y	40 Zr	41 Nb	42 Mo

Bild 1.3 Ausschnitt aus dem Periodischen System der Elemente

0.3 Halbleitertechnik

0.3.1 Einteilung der Festkörper

Atombindung

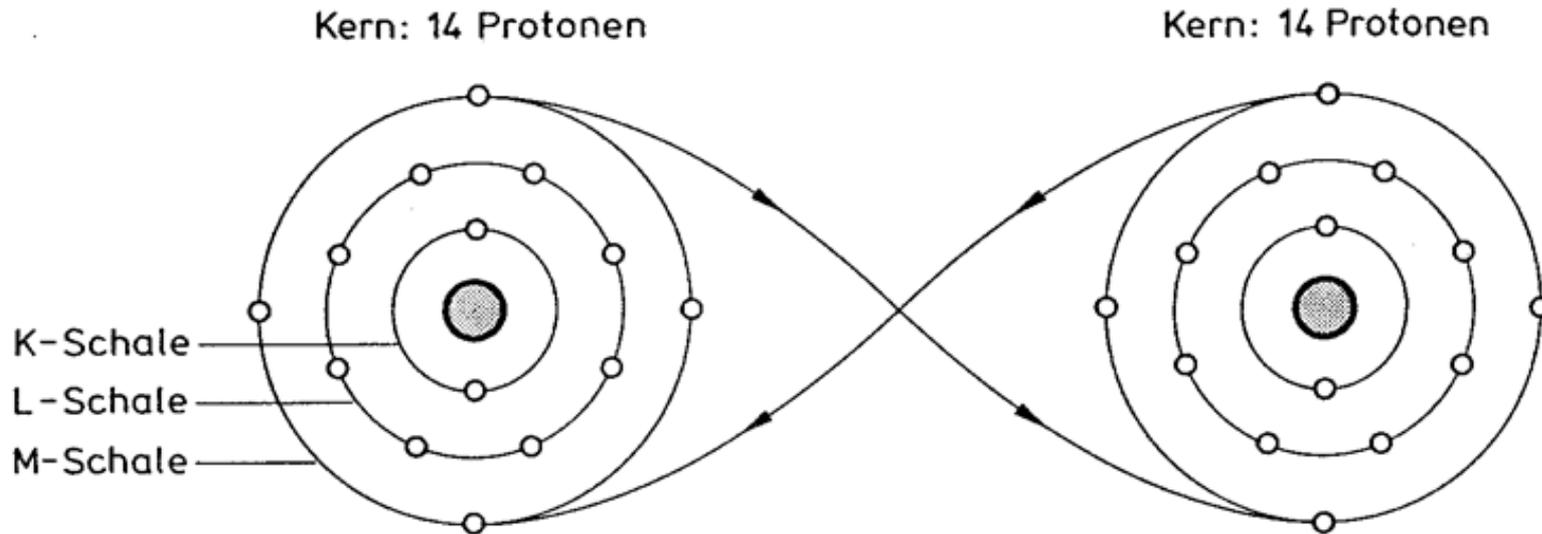


Bild 1.5 Atombindung zwischen zwei Si-Atomen

0.3 Halbleitertechnik

0.3.1 Einteilung der Festkörper

Entstehung eines Kristallgitters

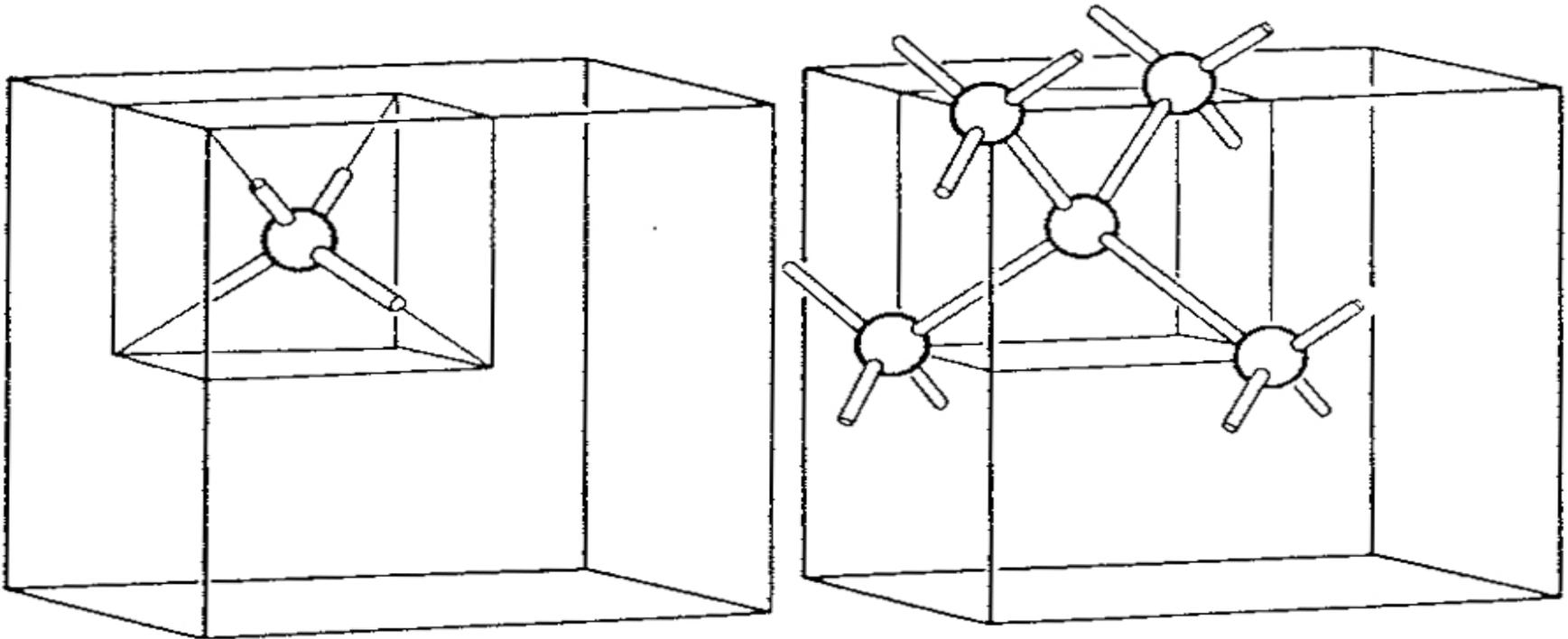


Bild 1.6 Räumliche Anordnung von Si-Atomen zu einem Kristallgitter

0.3 Halbleitertechnik

0.3.1 Einteilung der Festkörper

Si - Kristallgitter

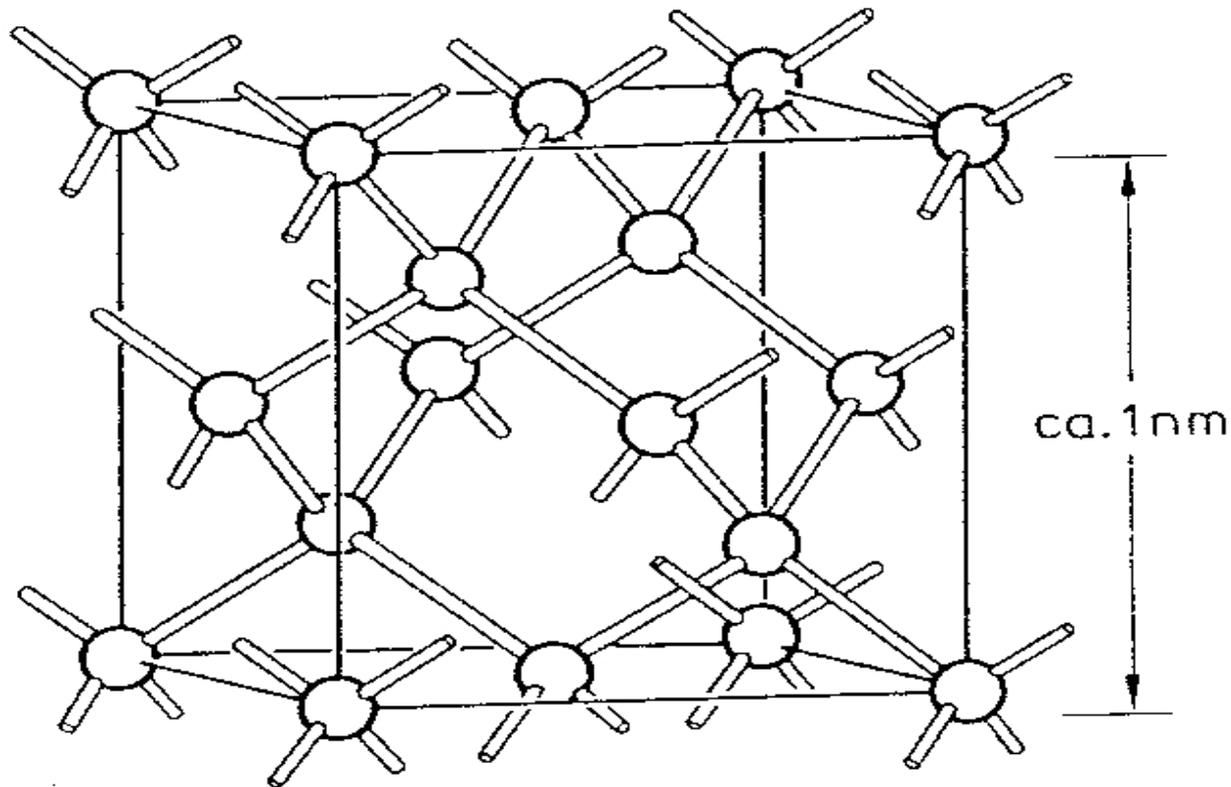


Bild 1.7 Si-Kristallgitter

0.3 Halbleitertechnik

0.3.2 Eigenleitfähigkeit (i-Leitung)

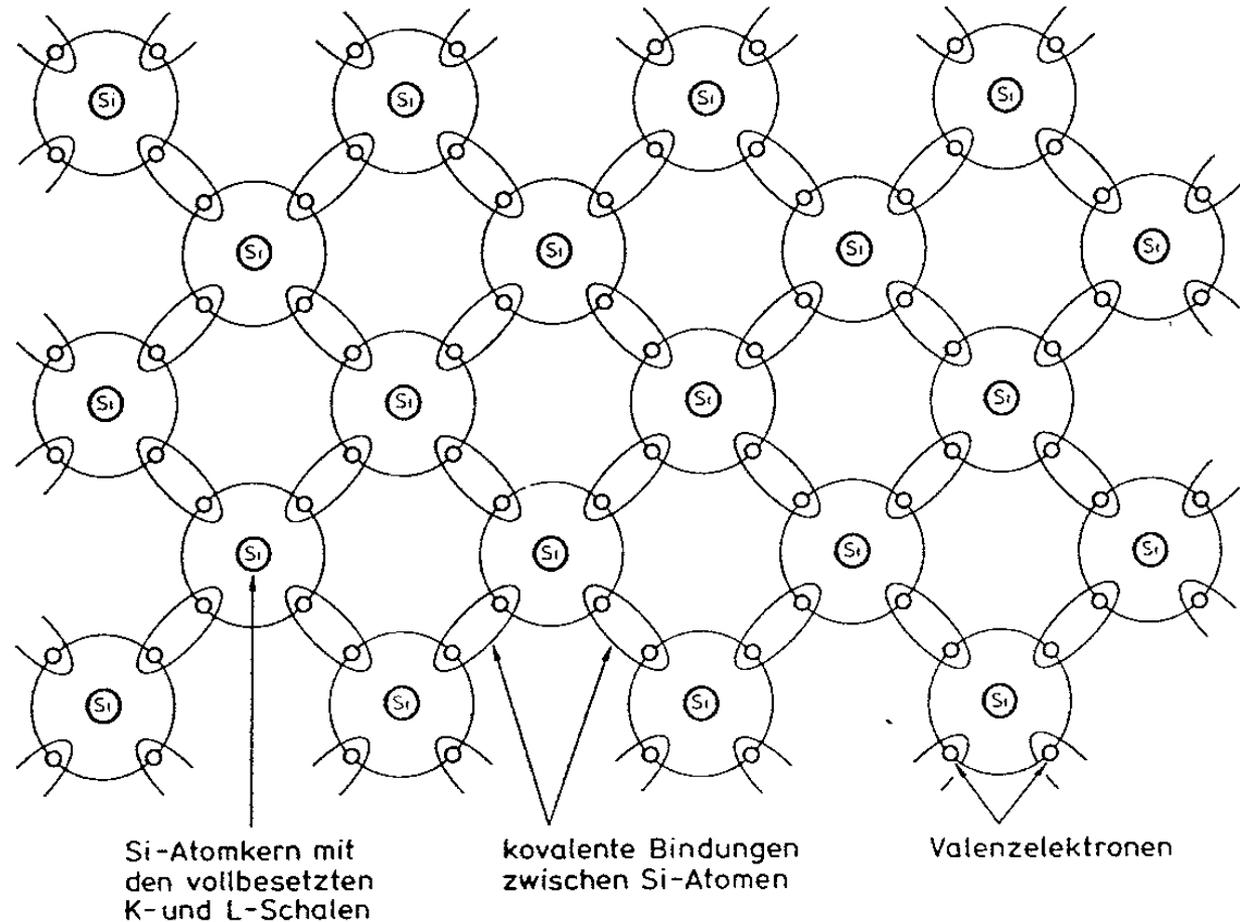


Bild 1.8 Zwei-dimensionale Darstellung eines Halbleiterkristalls aus Si-Atomen

0.3 Halbleitertechnik

0.3.2 Eigenleitfähigkeit (i-Leitung)

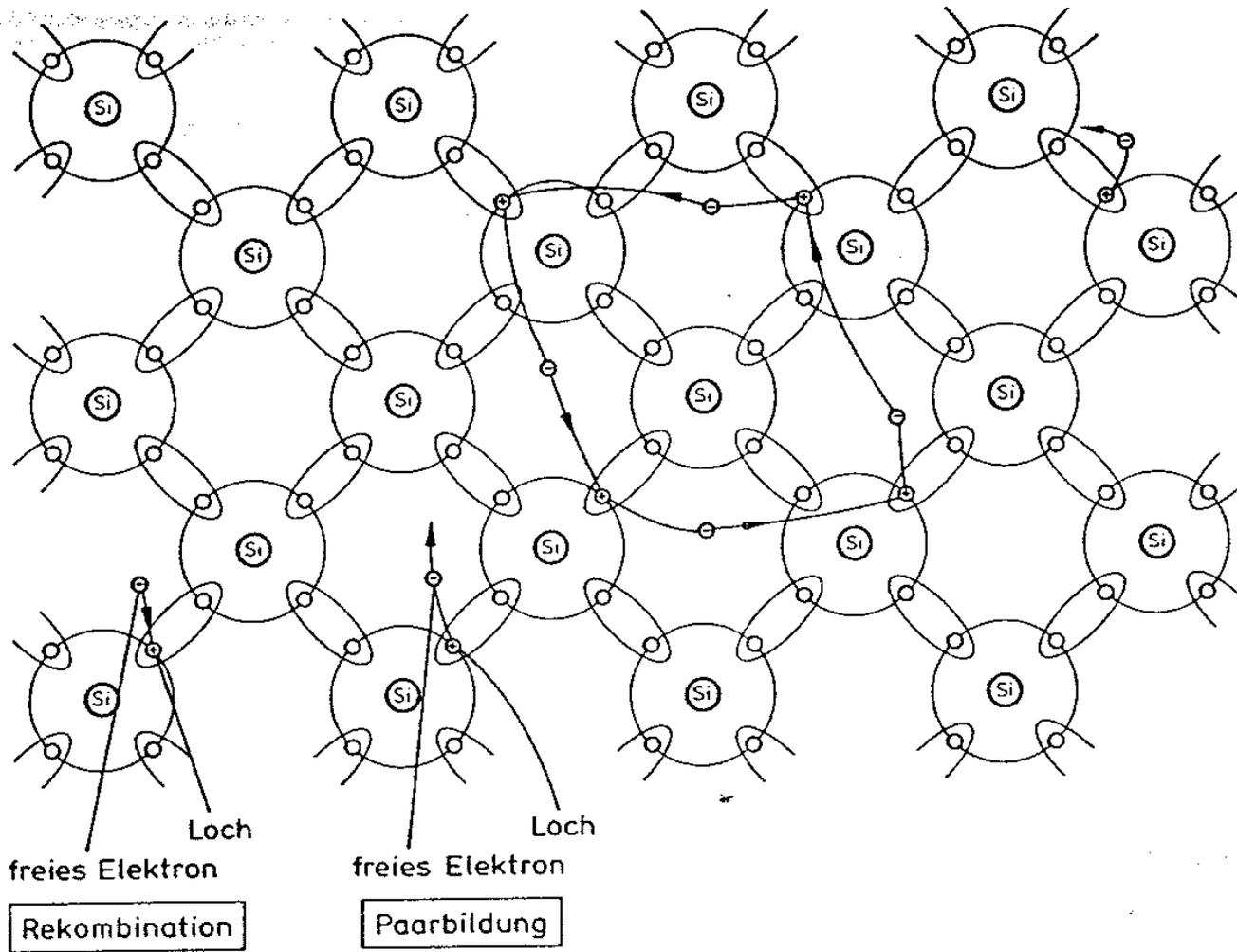


Bild 1.9 Paarbildung und Rekombination in einem Si-Kristall

0.3 Halbleitertechnik

0.3.2 Eigenleitfähigkeit (i-Leitung)

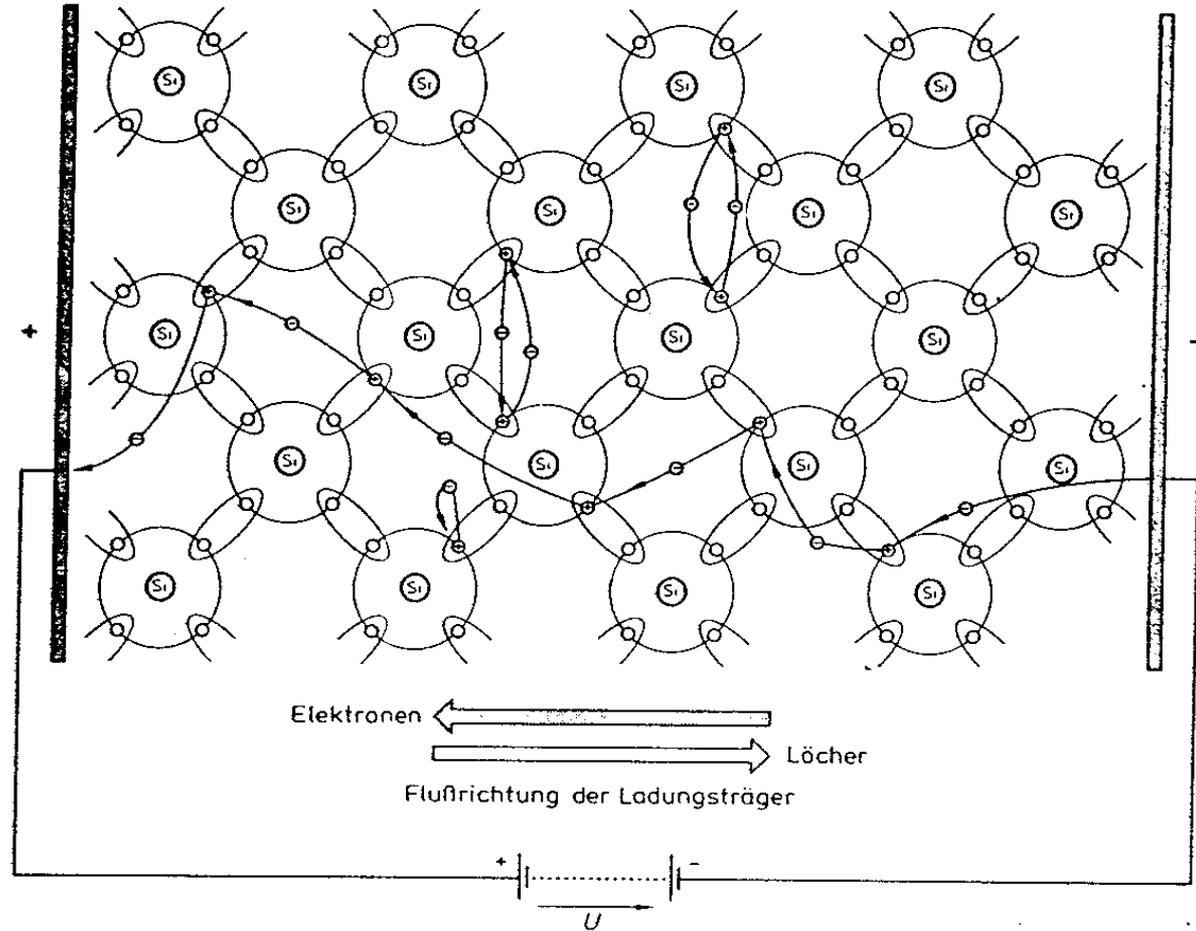
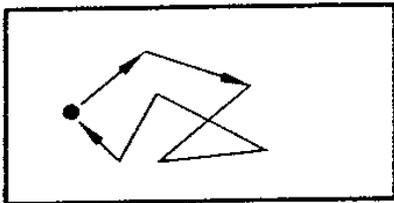


Bild 1.11 Elektronen- und Löcherwanderung im Si-Kristall unter Einfluß eines elektrischen Feldes

0.3 Halbleitertechnik

0.3.2 Eigenleitfähigkeit (i-Leitung)



thermische
Schwirrbewegung

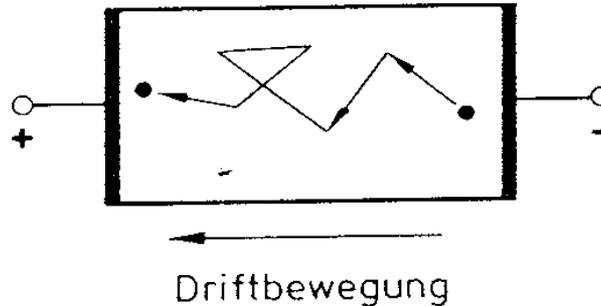


Bild 1.12 Schwirr- und
Driftbewegung von La-
dungsträgern in einem
Halbleitermaterial

0.3 Halbleitertechnik

0.3.2 Eigenleitfähigkeit (i-Leitung)

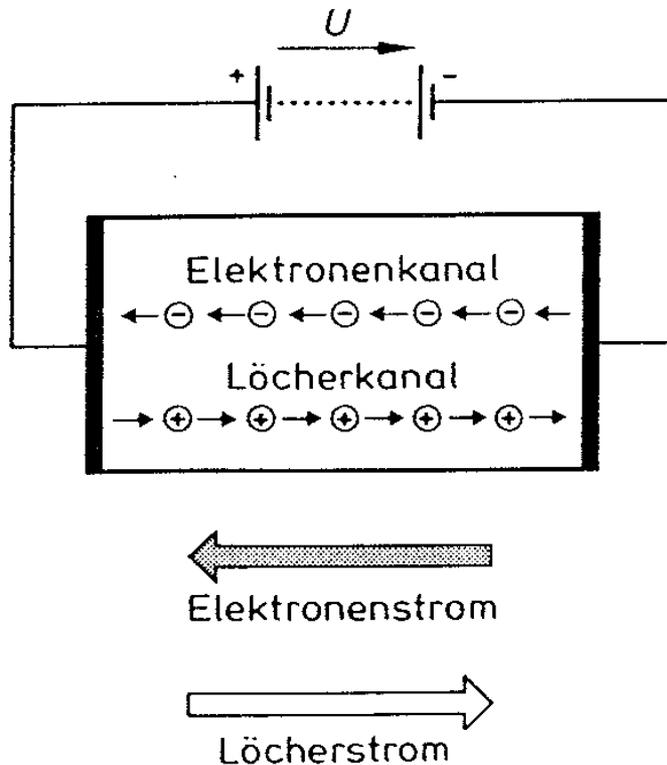


Bild 1.13 Ladungsträgerströme in einem Halbleiter

0.3 Halbleitertechnik

0.3.3 Störstellenleitfähigkeit / Dotierung

n - Halbleiter

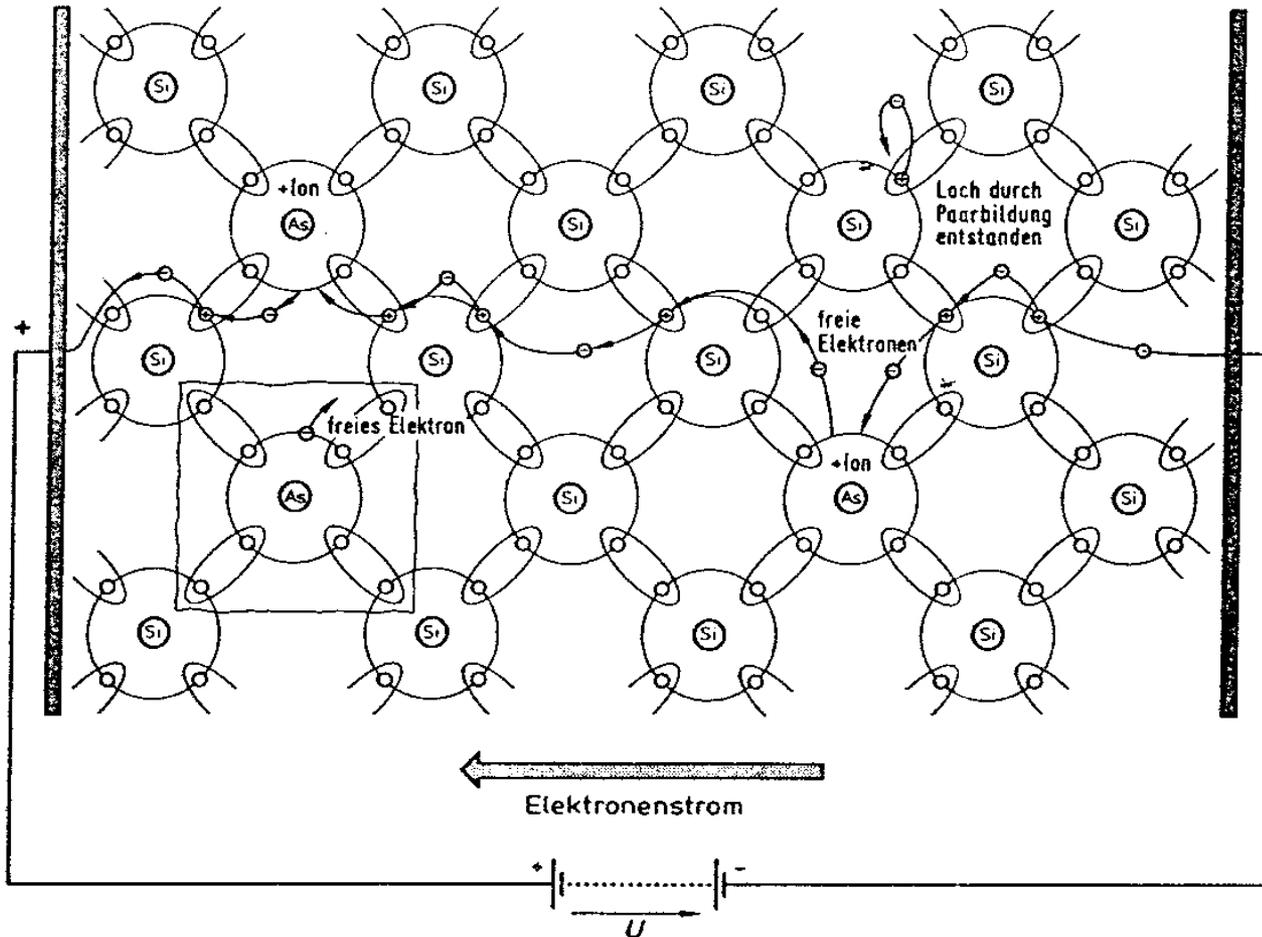


Bild 1.14 Kristall-
aufbau und Leitungs-
mechanismus eines
n-Halbleiters

0.3 Halbleitertechnik

0.3.3 Störstellenleitfähigkeit / Dotierung

p - Halbleiter

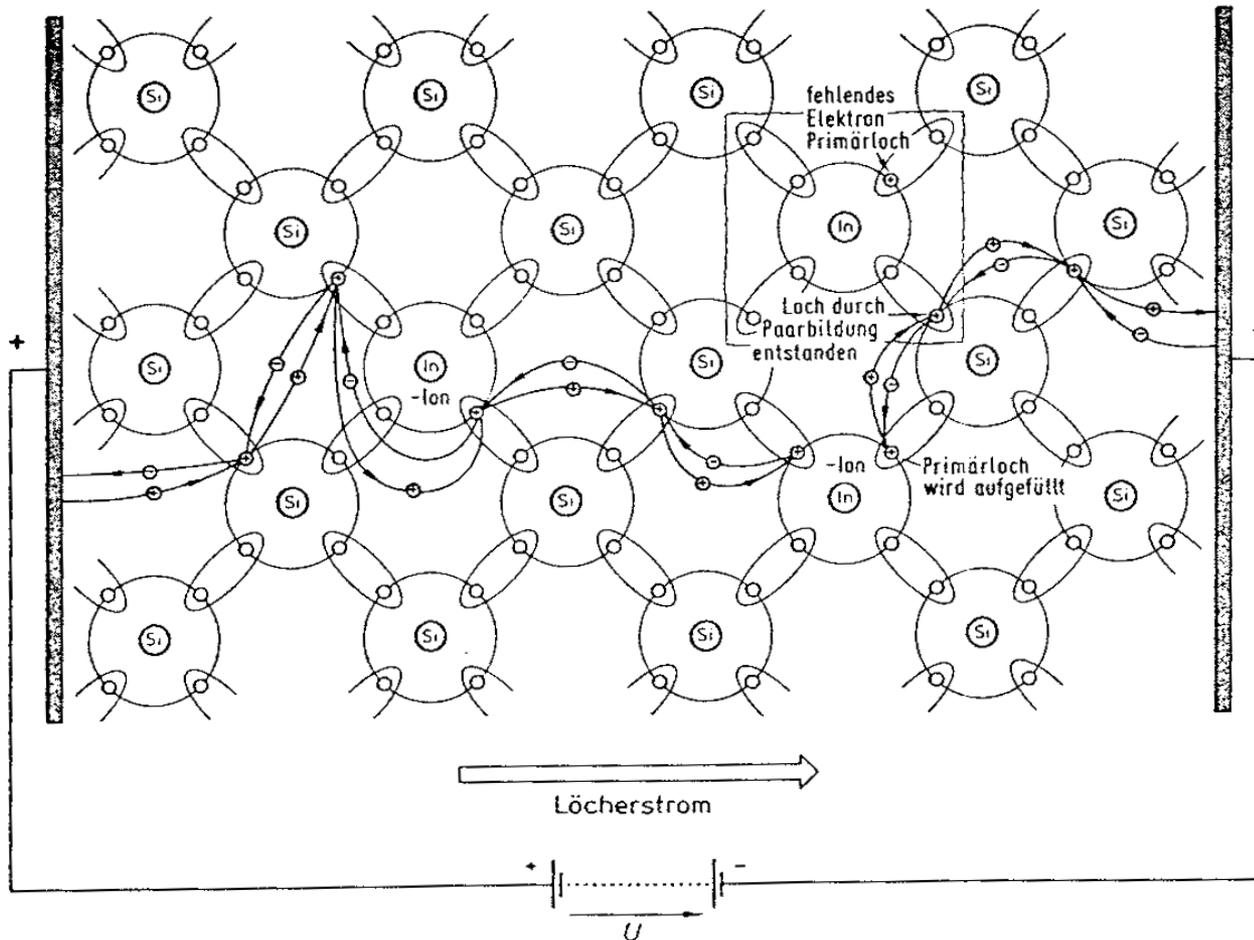


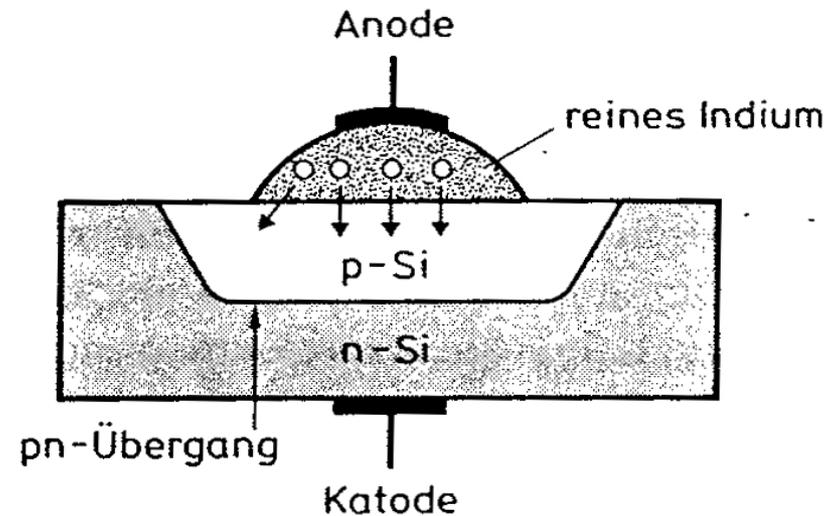
Bild 1.15 Kristall-
aufbau und Leitungs-
mechanismus eines
p-Halbleiters

0.3 Halbleitertechnik

0.3.4 pn - Übergang

Herstellung eines stoßfreien pn-Übergangs am Beispiel einer Si - Flächendiode

Bild 1.16 Herstellungsprinzip eines stoßstellenfreien pn-Überganges



0.3 Halbleitertechnik

0.3.4 pn - Übergang

0.3.4.1 pn – Übergang ohne äußere Spannung

Diffusion in einem pn-Übergang

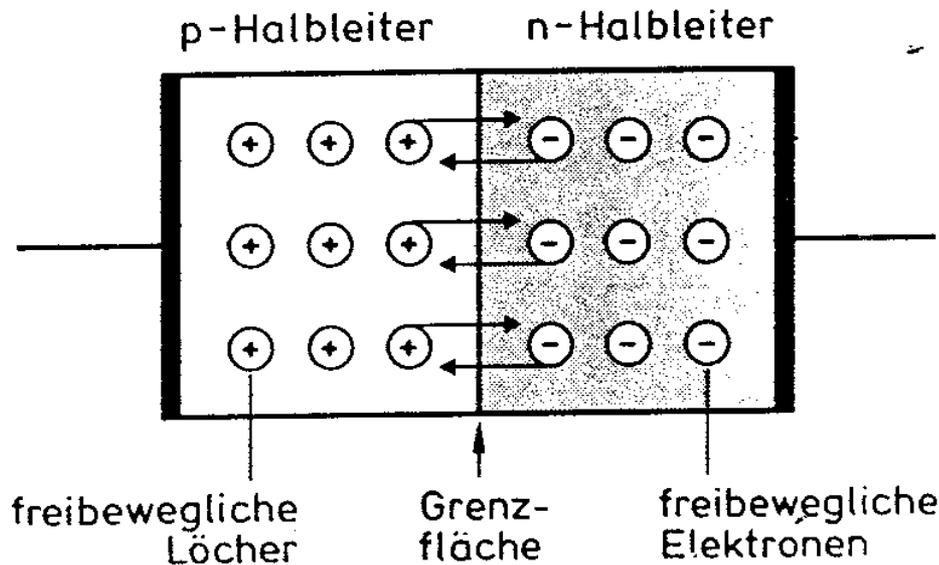


Bild 1.17 Diffusion in einem pn-Übergang

0.3 Halbleitertechnik

0.3.4 pn - Übergang

0.3.4.1 pn – Übergang ohne äußere Spannung

Raumladungszone = Sperrschicht

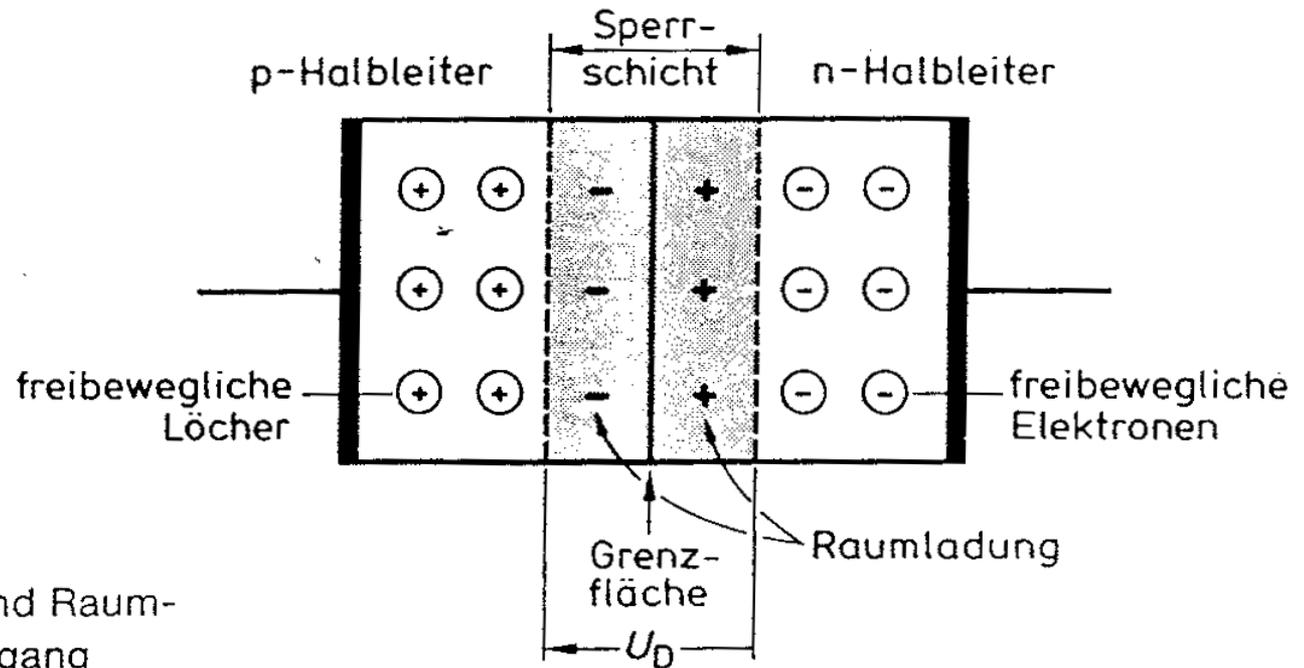


Bild 1.18 Sperrschicht und Raumladung bei einem pn-Übergang

0.3 Halbleitertechnik

0.3.4 pn - Übergang

0.3.4.2 pn – Übergang mit äußere Spannung

a) Durchlassrichtung

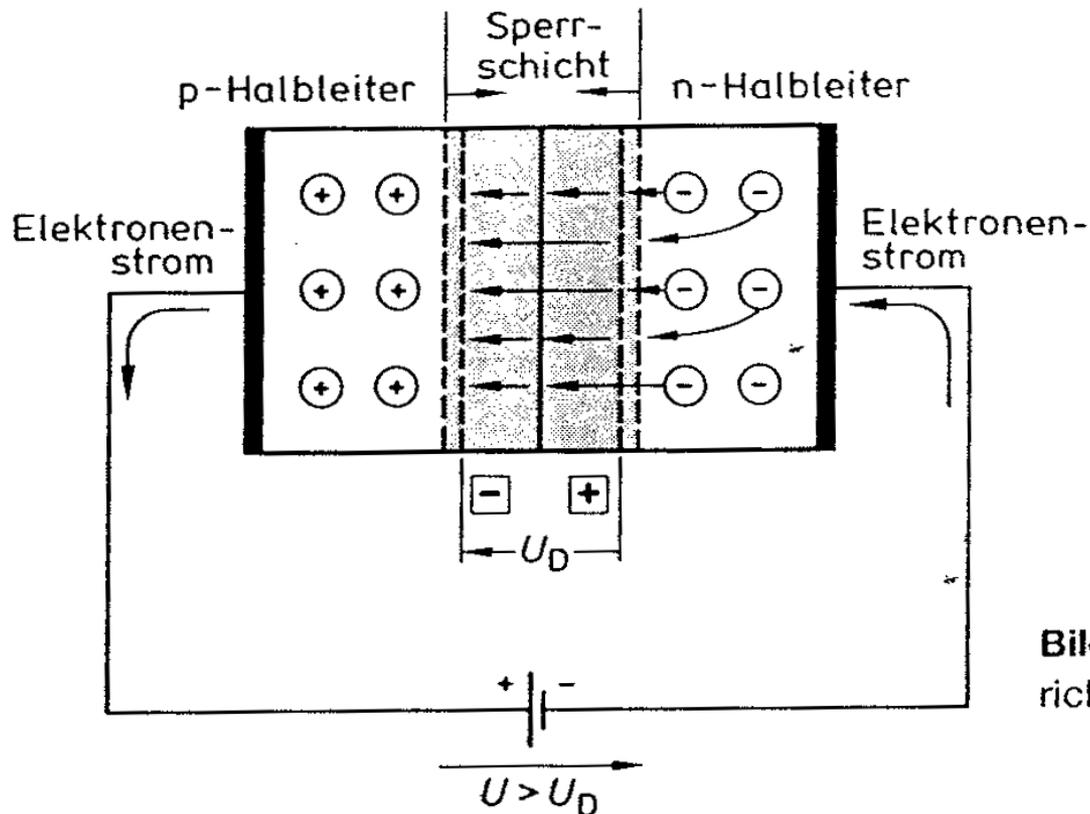


Bild 1.19 pn-Übergang in Durchlaßrichtung

0.3 Halbleitertechnik

0.3.4 pn - Übergang

0.3.4.2 pn – Übergang mit äußere Spannung

b) Sperrrichtung

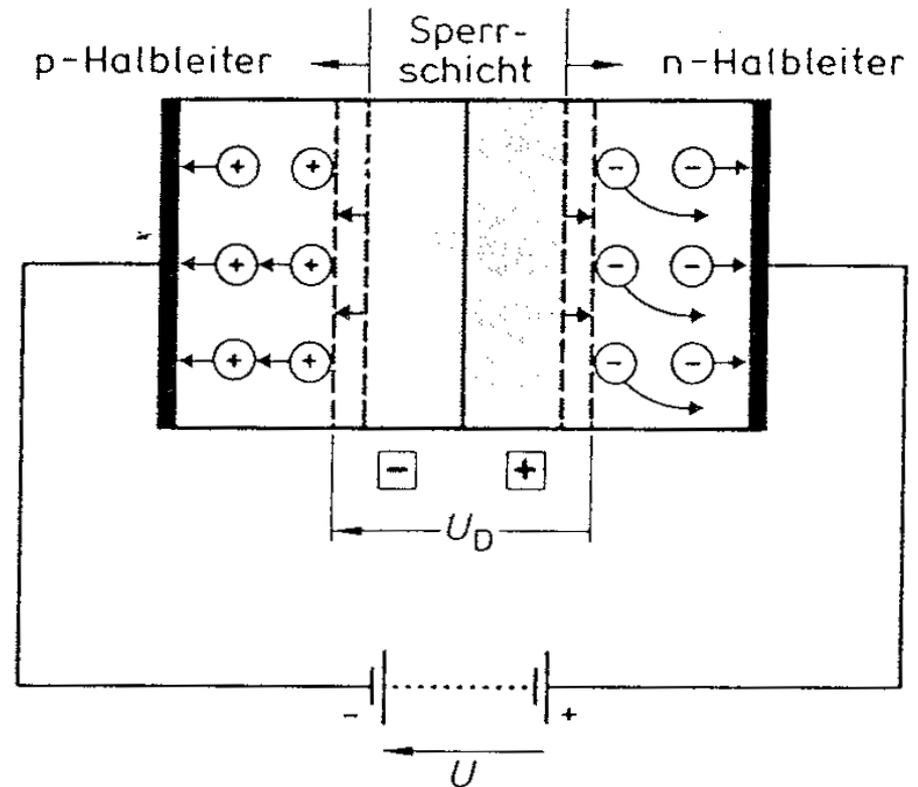


Bild 1.20 pn-Übergang
in Sperrichtung

Vorlesung - Analogelektronik



0.4 Entwicklungsprozess eines Elektronikersystems

Zur Entwicklung von Elektronikersystemen benötigt man Kenntnisse der "Analogen Schaltungstechnik".

Zur Förderung der Übersicht wird in die wesentlichen Prozessschritte und Grundbegriffe des Elektronikersystementwicklungsprozesses eingeführt.

0.4 Entwicklungsprozess eines Elektroniksystems

0.4.1 Konzeptphase

Systementwurf, Systemkonstruktion, Spezifikation, Partitionierung

0.4.2 Feinentwurf bzw. Subsystementwurf

Schaltungsentwicklung;

0.4.3 Physikalischer Entwurf

Layouterstellung und Erstellung der Fertigungsunterlagen für Labor-muster

0.4.4 Musterfertigung und Modulfertigung

0.4.5 Modultest und Systemtest

0.4.6 Vorserie

Prototypfertigung, Systemprüfung, Fertigungsfreigaben.

0.4 Entwicklungsprozess eines Elektroniksystems

0.4.1 Konzeptphase

Systementwurf, Systemkonstruktion, Spezifikation, Partitionierung

- **Architektur- und Strukturbeschreibung**
- **Verhaltensbeschreibung von Funktionsblöcken**
- **Schnittstellenbeschreibung**
- **Systemumgebung**
- **Testumgebung**
- **Entwurfsmanagement**

0.4 Entwicklungsprozess eines Elektroniksystems

0.4.1 Konzeptphase

Systementwurf, Systemkonstruktion, Spezifikation, Partitionierung

- Architektur- und Strukturbeschreibung

- Systemkonzept erstellen, Architekturbeschreibung
- Definition von Teilfunktionen; Hierarchiedarstellung
- Verbindung von Gesamt- und Teilsystemen

0.4 Entwicklungsprozess eines Elektroniksystems

0.4.1 Konzeptphase

Systementwurf, Systemkonstruktion, Spezifikation, Partitionierung

- Verhaltensbeschreibung von Funktionsblöcken

- Funktionsdefinition, Eingangs- / Ausgangsbeziehungen
- Übertragungsfunktionen, Verhaltensbeschreibungen

0.4 Entwicklungsprozess eines Elektronikersystems

0.4.1 Konzeptphase

Systementwurf, Systemkonstruktion, Spezifikation, Partitionierung

- Schnittstellenbeschreibung

- Definition der Interaktionsstellen und Signalformen an den Interaktionsstellen
- Absolute Grenzwerte und Ansteuerbedingungen
- Kritische Signalpfade, Signalübertragungsanforderungen
- Gehäuse, Aufbau- und Verbindungstechnik

0.4 Entwicklungsprozess eines Elektronikersystems

0.4.1 Konzeptphase

Systementwurf, Systemkonstruktion, Spezifikation, Partitionierung

- Systemumgebung

- Temperatur, mechanische Belastungen, chemische Belastungen
- Strahlungsbelastungen, Anforderungen an die Zuverlässigkeit
- Anforderungen an die elektromagnetische Verträglichkeit

0.4 Entwicklungsprozess eines Elektroniksystems

0.4.1 Konzeptphase

Systementwurf, Systemkonstruktion, Spezifikation, Partitionierung

- Testumgebung

- Testsysteme, Testsystemverbindungen, Strategie bzgl. Testbarkeit
- Produktionstest, Funktionstest, Qualitätssicherungsmaßnahmen

0.4 Entwicklungsprozess eines Elektronikersystems

0.4.1 Konzeptphase

Systementwurf, Systemkonstruktion, Spezifikation, Partitionierung

- Entwurfsmanagement

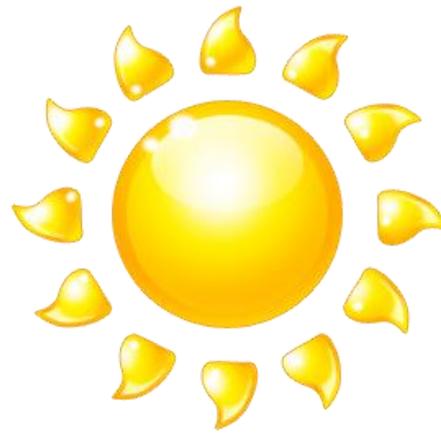
- Projektablaufplan, Personaleinsatz, Entwurfshilfsmittel
- Preis/Leistungsbewertung; Kostenanalyse - Dokumentation

0.4 Entwicklungsprozess eines Elektroniksystems

0.4.6 Vorserie

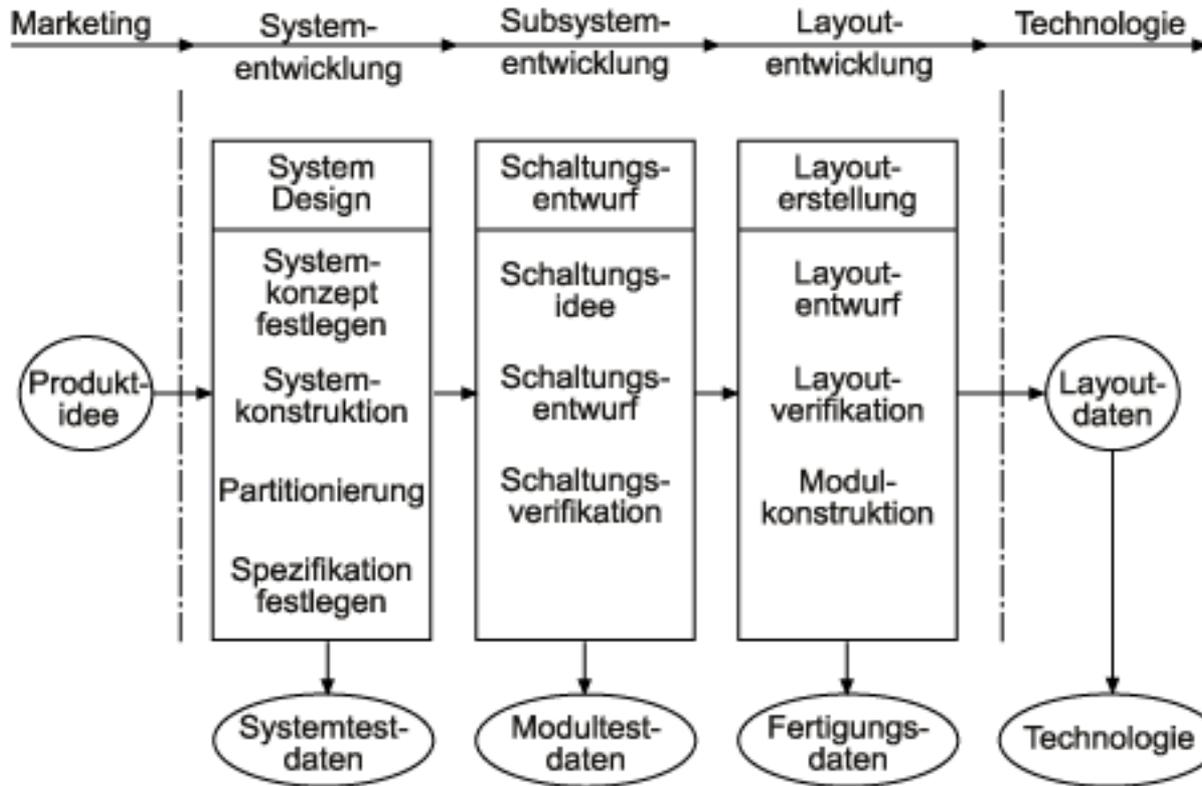
Prototypfertigung, Systemprüfung, Fertigungsfreigaben.

Vorlesung - Analogelektronik



0.4 Entwicklungsprozess eines Elektroniksystems

Prozessablauf bei der Elektroniksystementwicklung



Marketing:

Organisationseinheit in einer Firma zur Beobachtung des für die Firma relevanten Marktsegmentes. Die Aufgabe der Organisationseinheit ist es, Marktanforderungen zu analysieren, zu definieren und eine strategische Produktplanung zu erstellen.

0.4 Entwicklungsprozess eines Elektroniksystem

Marketing:

Organisationseinheit in einer Firma zur Beobachtung des für die Firma relevanten Marktsegmentes. Die Aufgabe der Organisationseinheit ist es, Marktanforderungen zu analysieren, zu definieren und eine strategische Produktplanung zu erstellen.

- **Produktidee:**

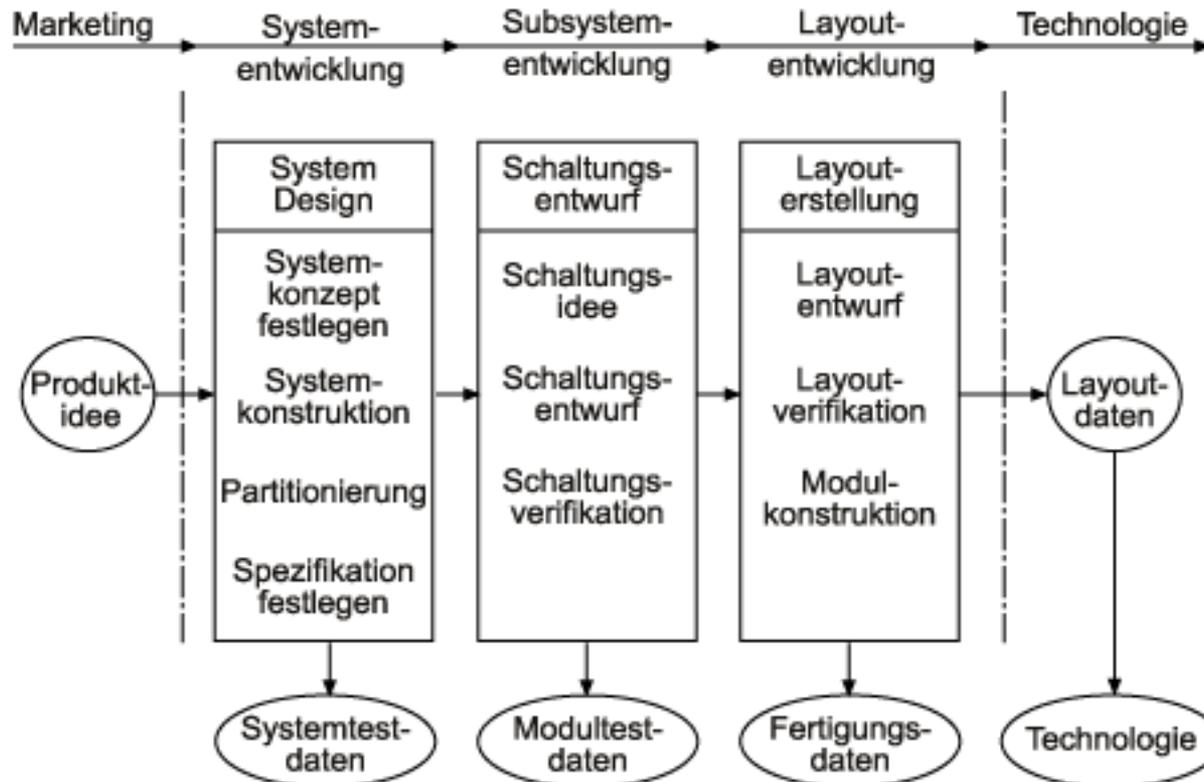
Ausgehend von einer Produktidee bzw. eines Verbesserungsvorschlags für ein bestehendes Produkt erstellen Marketingexperten ein "Marketing Requirement Document – MRD".

Dieses Dokument enthält genaue Anforderungen an ein Produkt bzw. an eine Produktweiterentwicklung, um das neue Produkt von vergleichbaren Angeboten am Markt abzuheben.

Eine Marktanalyse gibt Aufschluss über die Marktchancen, das mögliche Marktvolumen, die Absatzchancen, die Umsatz- und Gewinnmöglichkeiten und die erforderliche Vertriebsstrategie.

0.4 Entwicklungsprozess eines Elektroniksystems

Prozessablauf bei der Elektroniksystementwicklung



Systementwicklung:

Organisationseinheit in einer Firma, die sich mit der konzeptionellen und planerischen Umsetzung von Produkthanforderungen beschäftigt.

0.4 Entwicklungsprozess eines Elektroniksystem

Systementwicklung:

Organisationseinheit in einer Firma, die sich mit der konzeptionellen und planerischen Umsetzung von Produkthanforderungen beschäftigen.

- **System Design:**

Eine wichtige Aufgabe ist die Systemarchitektur zu entwerfen und daraus abgeleitet Spezifikationen zu definieren. Kritische Funktionen müssen vorab in einer Machbarkeitsstudie auf Risiken hinsichtlich der Realisierbarkeit untersucht werden.

- **Systemkonzept festlegen:**

Erfahrende Systementwickler erstellen das Systemkonzept bzw. die Systemarchitektur. Im Ergebnis werden u.a. Systemblöcke definiert und Grundanforderungen festgelegt, u.a. Versorgungsspannungen, max. Stromaufnahme, max. Verlustleistungsaufnahme, Temperaturbereich, Umwelteinflüsse (z.B. Verschmutzung, Dämpfe, Gase).

...

0.4 Entwicklungsprozess eines Elektronikersystem

Systementwicklung:

Organisationseinheit in einer Firma, die sich mit der konzeptionellen und planerischen Umsetzung von Produkthanforderungen beschäftigen.

- **System Design:**

- **Systemkonstruktion:**

Der Systemkonstrukteur definiert den möglichen Einbauplatz und den mechanischen Aufbau eines Produkts. Aus Sicht des Elektronikentwicklers spielen u. a. auch Kühlmaßnahmen für die Elektronik eine Rolle.

- **Partitionierung:**

Unter Partitionierung versteht man die Aufteilung des Gesamtsystems in Systemmodule und damit u.a. auch die Aufteilung der Entwicklungsverantwortung.

- **Spezifikation festlegen:**

Für das Gesamtsystem und die Systemmodule ist eine detaillierte Spezifikation erforderlich. Die Spezifikation legt u.a. die Modulfunktion und deren Schnittstellen fest.

0.4 Entwicklungsprozess eines Elektroniksystem

Systementwicklung:

Organisationseinheit in einer Firma, die sich mit der konzeptionellen und planerischen Umsetzung von Produkthanforderungen beschäftigen.

- **System Design:**

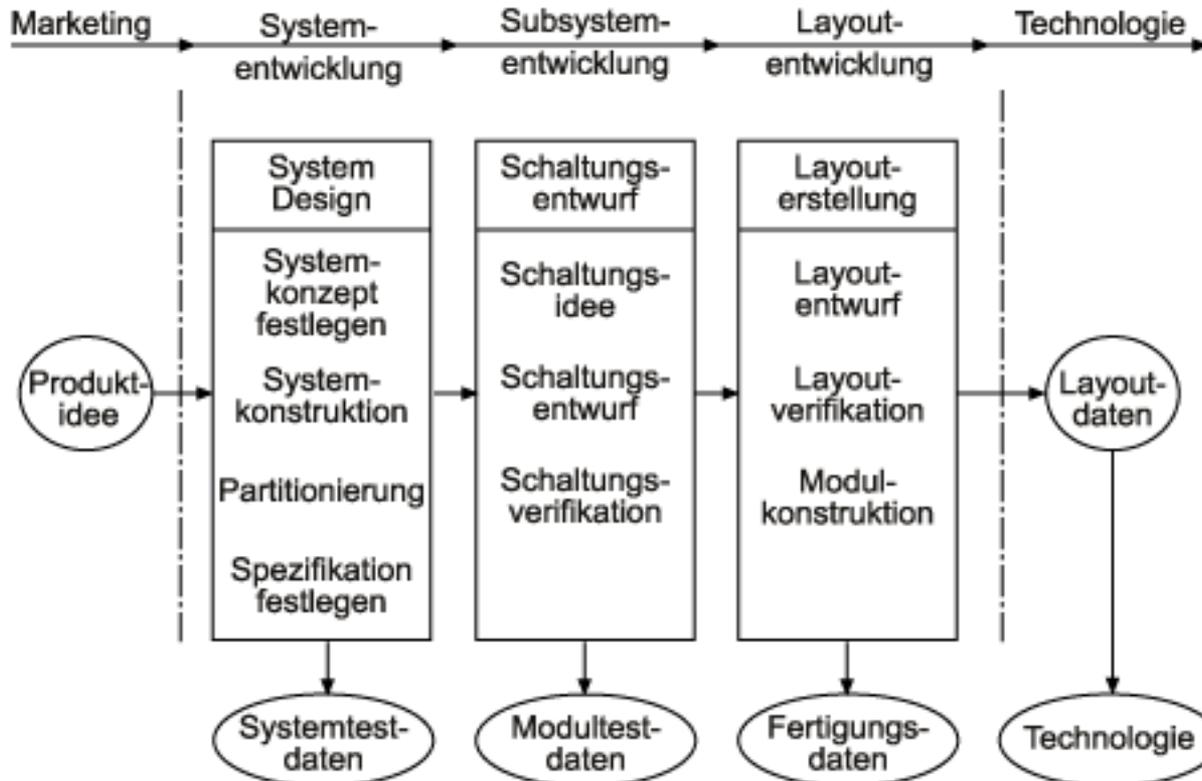
Aus dem Systemdesign heraus werden auch bereits die Systemtestdaten extrahiert.

- **Systemtestdaten:**

Nach Festlegung des Systemkonzepts muss u. a. auch festgelegt werden, wie und mit welchen Testaufbauten die vorgegebenen Eigenschaften getestet und überprüft werden sollen.

0.4 Entwicklungsprozess eines Elektroniksystems

Prozessablauf bei der Elektroniksistementwicklung



Subsystementwicklung:

Organisationseinheiten zur Umsetzung der Vorgaben der Systemkonzeptersteller im Rahmen eines Feinentwurfs.

0.4 Entwicklungsprozess eines Elektronikersystem

Subsystementwicklung:

Organisationseinheiten zur Umsetzung der Vorgaben der Systemkonzeptersteller im Rahmen eines Feinentwurfs.

- **Schaltungsentwurf:**

Der Schaltungsentwurf stellt den Feinentwurf von Systemmodulen dar.

- **Schaltungsidee:**

Ausgehend von der vorgegebenen Modulfunktion und den Schnittstellenbedingungen gilt es eine dafür geeignete Schaltung auszuwählen und die Schaltung an die gegebenen Anforderungen anzupassen, um die Spezifikationsvorgaben erfüllen zu können.

- **Schaltungsentwurf:**

Nach Auswahl einer geeigneten Schaltungsidee ist der Schaltungsentwurf so auszulegen, dass vorgegebene Eigenschaften erfüllt werden können. Die Schaltungsauslegung erfolgt auf Basis von Abschätzungen des Schaltungsentwicklers. Der Schaltungsentwurf wird bei analogen und gemischt analog/digitalen Systemen im allgemeinen durch einen Schaltplan (Schematic) beschrieben.

0.4 Entwicklungsprozess eines Elektronikersystem

Subsystementwicklung:

Organisationseinheiten zur Umsetzung der Vorgaben der Systemkonzeptersteller im Rahmen eines Feinentwurfs.

- **Schaltungsentwurf:**

- **Schaltungsverifikation:**

Anhand von Testbenches wird der Schaltungsentwurf verifiziert. Zunächst erfolgt die Schaltungsverifikation durch Schaltkreissimulation und damit verbunden die Optimierung der Dimensionierung mit Blickrichtung auf u.a. Parameterstreuungen, Temperatureinflüsse, Exemplarstreuungen und Alterungseffekte.

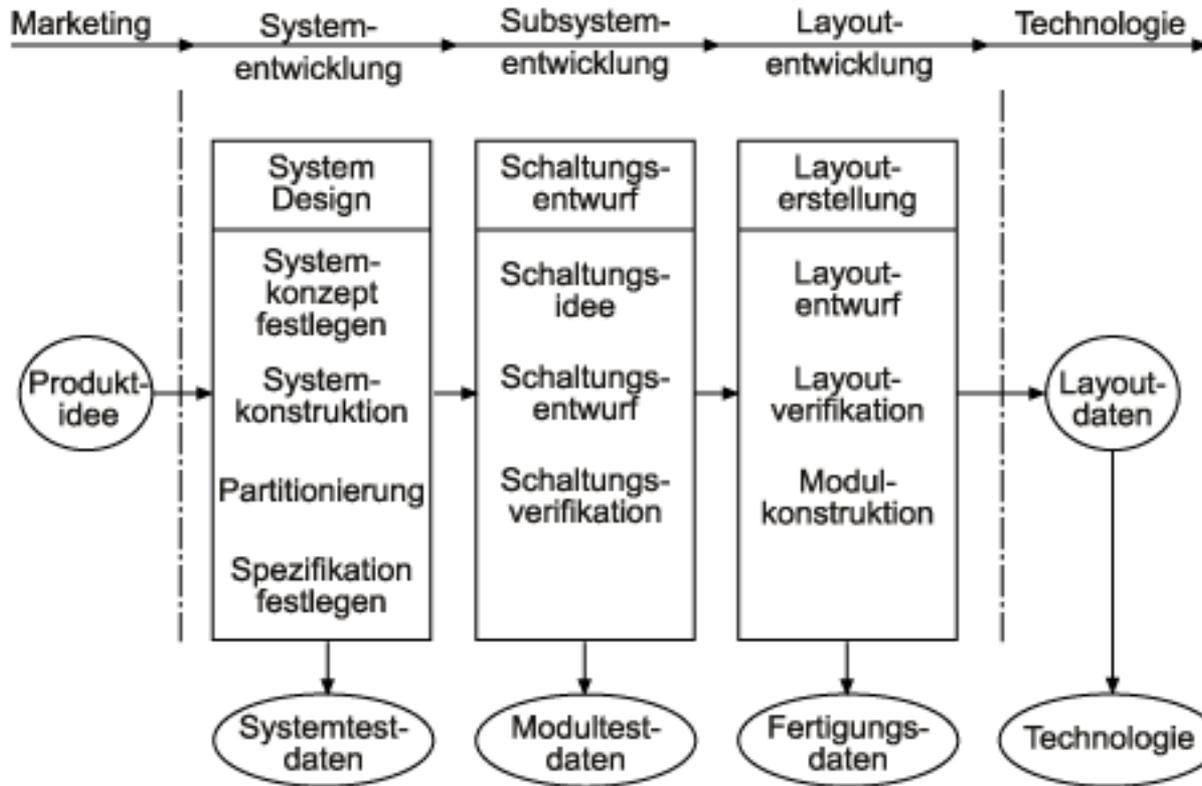
Aus dem Schaltungsentwurf heraus werden die Modultestdaten extrahiert.

- **Modultestdaten:**

Ein wichtiger Punkt vor Abschluss des Feinentwurfs eines Systemmoduls ist die Festlegung des modulspezifischen Testkonzepts. Es geht darum genau zu definieren, was wie und unter welchen Bedingungen mit welchen Testaufbauten die vorgegebenen Eigenschaften getestet und überprüft werden sollen.

0.4 Entwicklungsprozess eines Elektroniksystems

Prozessablauf bei der Elektroniksistementwicklung



Layoutentwicklung:

Organisationseinheit in einer Firma, die die Erstellung des physikalischen Entwurfs definiert (auf Vorgabe durch den Schaltungsentwickler).

0.4 Entwicklungsprozess eines Elektronikersystem

Layoutentwicklung:

Organisationseinheit in einer Firma, die die Erstellung des physikalischen Entwurfs definiert (auf Vorgabe durch den Schaltungsentwickler).

- **Layouterstellung:**

Elektronikersysteme werden zumeist auf Baugruppenträgern realisiert. Basis eines Baugruppenträgers ist eine Leiterplatte (PCB: Printed Circuit Board). Dazu muss die logische Schaltungsbeschreibung in die physikalische Beschreibung einer Zieltechnologie umgesetzt werden.

- **Layoutentwurf:**

Die zweidimensionale Abbildung der physikalischen Beschreibung ist das Layout eines Schaltungsentwurfs. Hierzu werden Werkzeuge für die Layouterstellung verwendet, das sind Layout-Editoren bzw. Auto-Router.

...

0.4 Entwicklungsprozess eines Elektroniksystem

Layoutentwicklung:

Organisationseinheit in einer Firma, die die Erstellung des physikalischen Entwurfs definiert (auf Vorgabe durch den Schaltungsentwickler).

- **Layouterstellung:**

- **Layoutverifikation:**

Nach Erstellung des Layouts eines Schaltungsentwurfs sind die Einbauplätze der Schaltkreisfunktionen und die Verbindungsleitungen bekannt. Insbesondere bei höheren Frequenzen ergeben sich zusätzliche parasitäre Einflüsse durch die Aufbautechnik und durch die Verbindungsleitungen, die in einer Schaltungsverifikation unter Berücksichtigung dieser Einflüsse analysiert werden müssen.

- **Modulkonstruktion:**

Der Baugruppenträger benötigt Befestigungselemente und z.B. eventuelle spezielle Kühlmaßnahmen, die in der Modulkonstruktion beschrieben werden.

0.4 Entwicklungsprozess eines Elektronikersystem

Layoutentwicklung:

Organisationseinheit in einer Firma, die die Erstellung des physikalischen Entwurfs definiert (auf Vorgabe durch den Schaltungsentwickler).

- **Layouterstellung:**

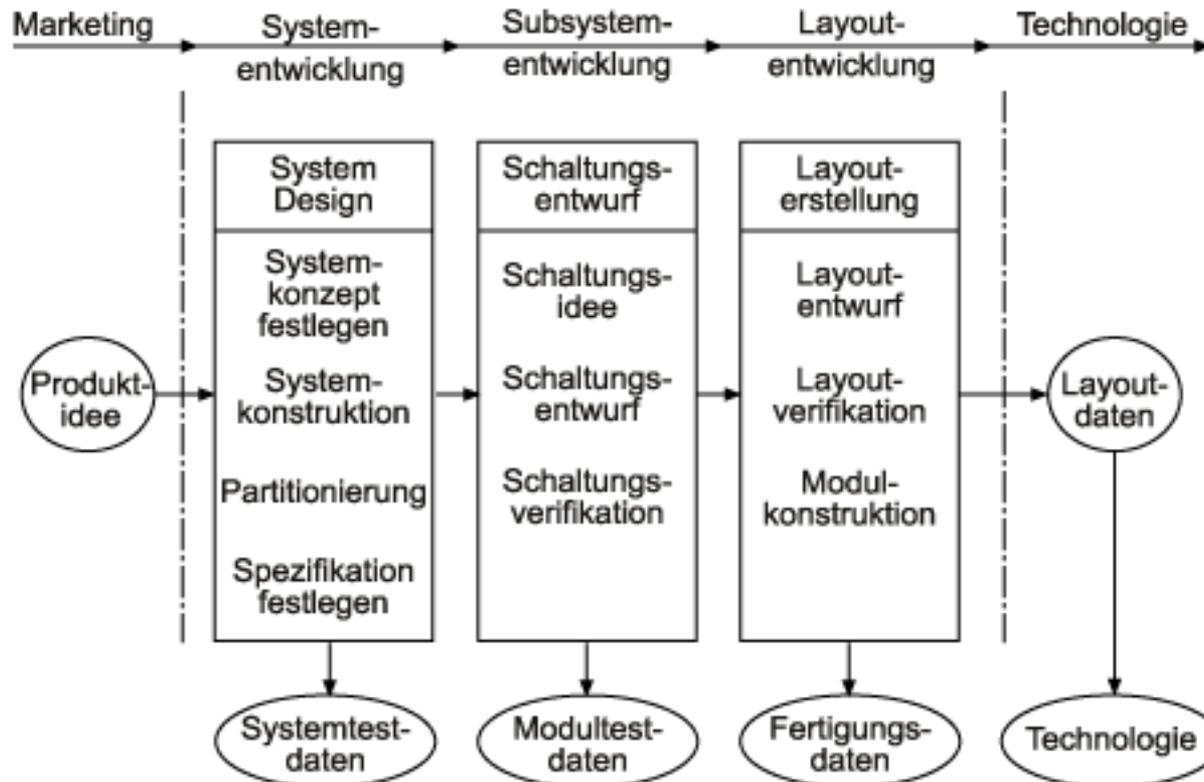
Aus der Layouterstellung heraus werden die Fertigungsdaten extrahiert.

- **Fertigungsdaten:**

In einem Fertigungsdatensatz sind alle für die Fertigung eines Systemmoduls erforderlichen Unterlagen enthalten.

0.4 Entwicklungsprozess eines Elektroniksystems

Prozessablauf bei der Elektroniksistementwicklung



Technologie:

Darunter versteht man die Umsetzung des physikalischen Schaltungsentwurfs in eine Zieltechnologie (z. B. Fertigung der entwurfsspezifischen Leiterplatte).

0.4 Entwicklungsprozess eines Elektroniksystem

Technologie:

Darunter versteht man die Umsetzung des physikalischen Schaltungsentwurfs in eine Zieltechnologie (z. B. Fertigung der entwurfsspezifischen Leiterplatte).

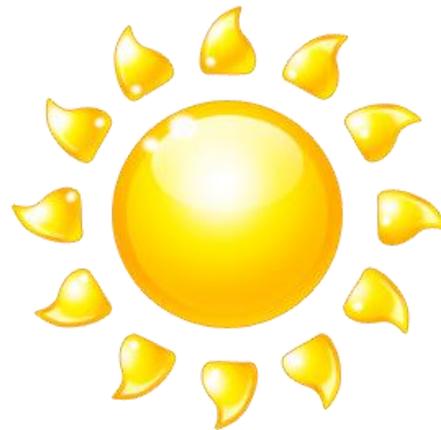
- **Layoutdaten:**

Der Layoutdatensatz enthält alle für die Fertigung einer Leiterplatte erforderlichen Fertigungsdaten, u.a. Dokumentensatz, Filmdaten, Bohrlochdaten.

- **Technologie:**

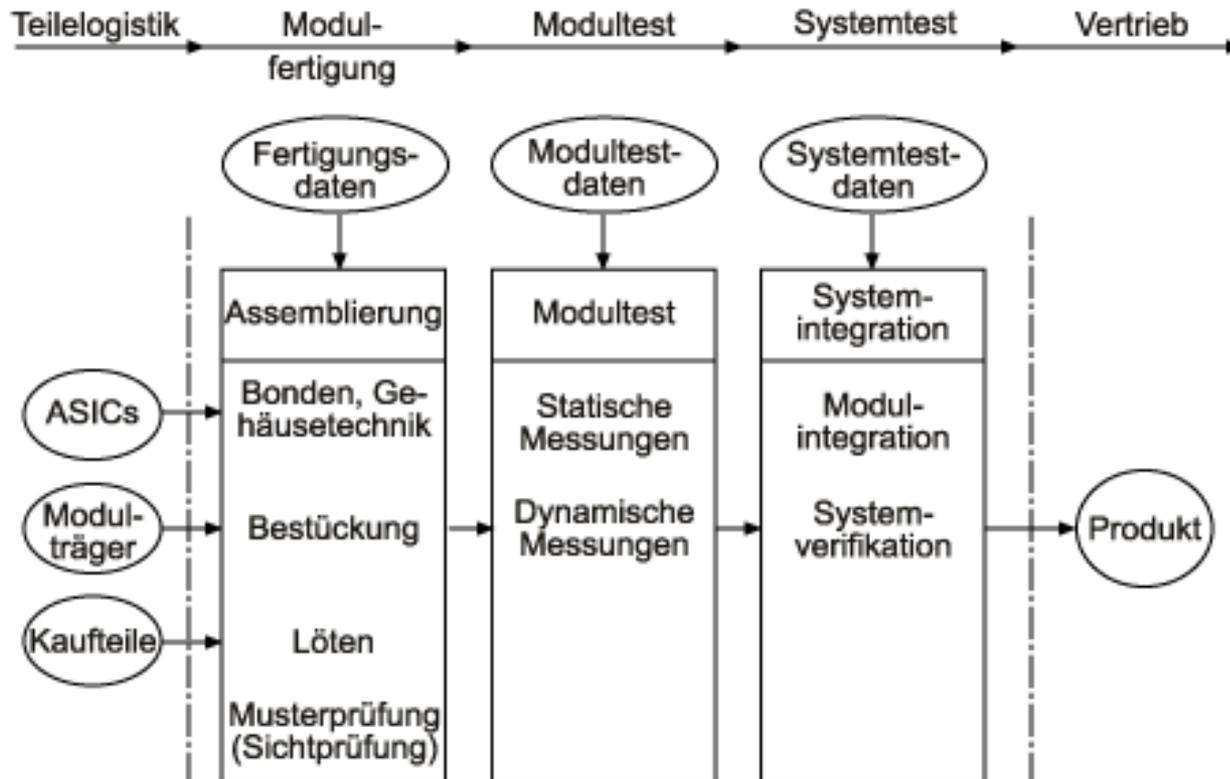
Darunter versteht man die Umsetzung des physikalischen Schaltungsentwurfs in eine Zieltechnologie (z. B. Fertigung der entwurfsspezifischen Leiterplatte).

Vorlesung - Analogelektronik



0.4 Entwicklungsprozess eines Elektroniksystems

Prozessablauf bei der Prototypenfertigung von Elektroniksystemen



Teilelogistik:

Ausgangspunkt der Fertigung eines Elektroniksystemmoduls sind der Baugruppenträger, die elektronischen und elektromechanischen Bauteile als Kaufteile und die anwendungsspezifisch integrierten Bauteile (ASIC).

0.4 Entwicklungsprozess eines Elektroniksystem

Teilelogistik:

Ausgangspunkt der Fertigung eines Elektroniksystemmoduls sind der Baugruppenträger, die elektronischen und elektromechanischen Bauteile als Kaufteile und die anwendungsspezifisch integrierten Bauteile (ASIC).

- **ASIC's:**

Application Specific Integrated Circuits werden insbesondere bei höherem Stückzahlbedarf von Systemmodulen verwendet, um den Platzbedarf sowie die Kosten zu reduzieren und die Zuverlässigkeit zu erhöhen. Komplette Systemmodule lassen sich anstelle des Aufbaus auf einer Leiterplatte direkt als IC realisieren. Dazu muss der Schaltungsentwurf in eine geeignete ASIC-Technologie abgebildet werden.

- **Modulträger:**

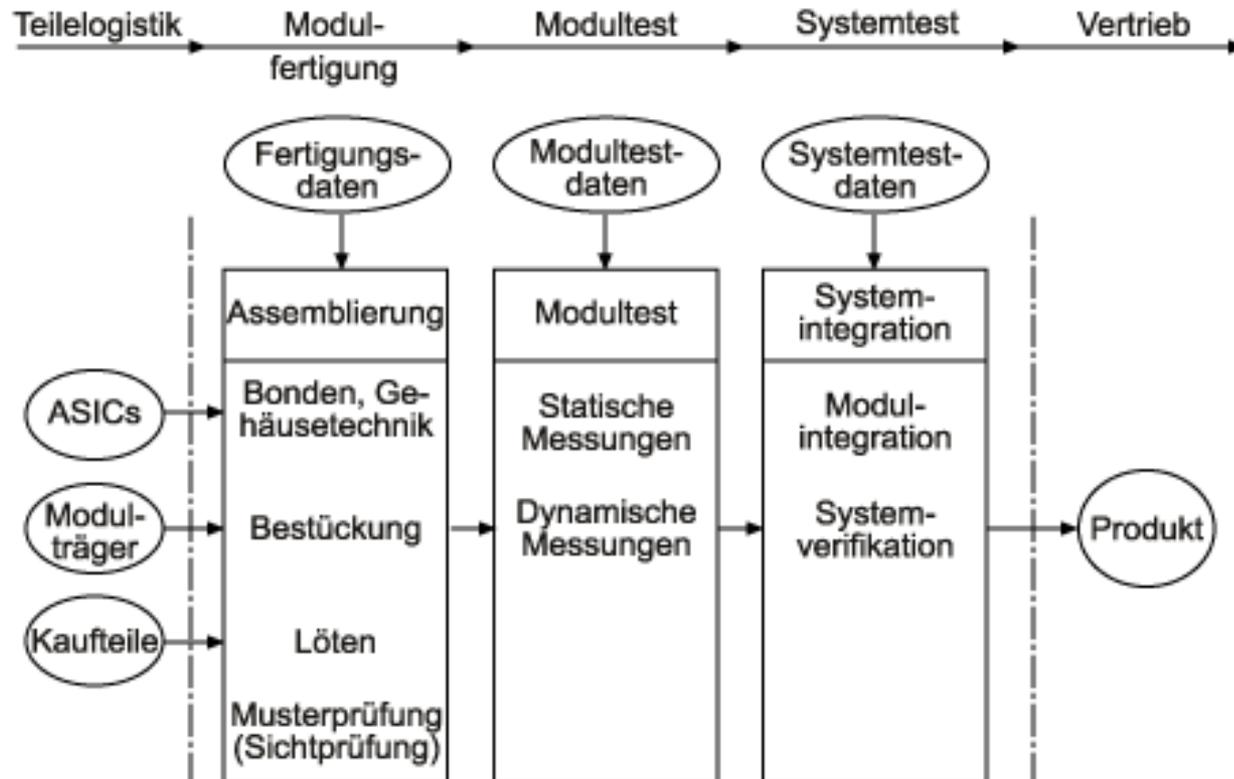
Das sind die nackten Leiterplatten, auf denen dann die Bauteile montiert werden.

- **Kaufteile:**

Komponenten und Module, die von Zulieferern bereitgestellt werden müssen.

0.4 Entwicklungsprozess eines Elektroniksystems

Prozessablauf bei der Prototypenfertigung von Elektroniksyste



Modulfertigung:

Organisationseinheit zur Fertigung von Baugruppen.

0.4 Entwicklungsprozess eines Elektronikersystems

Modulfertigung:

Organisationseinheit zur Fertigung von Baugruppen.

- **Fertigungsdaten:**

In einem Fertigungsdatensatz sind alle für die Fertigung eines Systemmoduls erforderlichen Unterlagen enthalten.

- **Assemblierung:**

Unter Assemblierung versteht man das Zusammenfügen von Komponenten zu einem Systemmodul. Assemblierungstechniken sind u.a. Bonden, Kleben, Löten. Je nach Anforderung können ungehäuste Halbleiterbauelemente auf einem Submodulträger montiert und dann speziell abgedeckt bzw. gehäust werden.

- **Bonden, Gehäusetechnik:**

Applikationsspezifische Bauteile (u. a. ASIC) müssen in ein Gehäuse montiert und über Bondverbindungen angeschlossen werden.

...

0.4 Entwicklungsprozess eines Elektronikersystems

Modulfertigung:

Organisationseinheit zur Fertigung von Baugruppen.

...

- **Bestückung:**

Montagevorgang der Bauteile auf einem Baugruppenträger. Dazu werden u. a. Bestückungsautomaten verwendet.

- **Löten:**

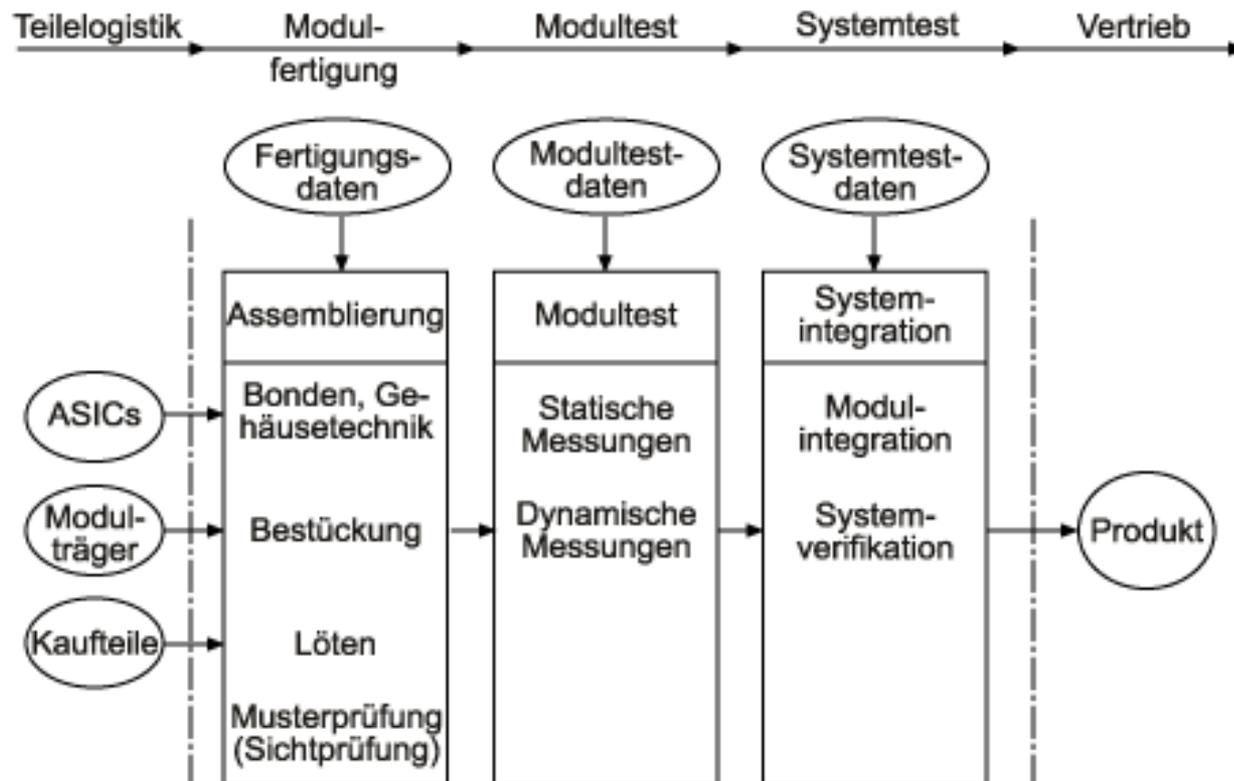
Verbindung der Anschlüsse von Bauteilen mit den auf dem Baugruppenträger gegebenen Anschluss pads. Man unterscheidet Schwall-Löten und Reflow-Löten.

- **Musterprüfung (Sichtprüfung):**

Als erstes erfolgt eine Sichtprüfung der gefertigten Baugruppe. Dazu verwendet man u. a. automatische Sichtprüfungsgeräte mit komplexer Bildverarbeitung.

0.4 Entwicklungsprozess eines Elektroniksystems

Prozessablauf bei der Prototypenfertigung von Elektroniksyste



Modultest:

Organisationseinheit mit entsprechender Ausstattung zum Test von Baugruppen.

0.4 Entwicklungsprozess eines Elektroniksystems

Modultest:

Organisationseinheit m. entspr. Ausstattung zum Test von Baugruppen.

- **Modultestdaten:**

Ein wichtiger Punkt vor Abschluss des Feinentwurfs eines Systemmoduls ist die Festlegung des modulspezifischen Testkonzepts. Es geht darum genau zu definieren, was wie und unter welchen Bedingungen mit welchen Testaufbauten die vorgegebenen Eigenschaften getestet und überprüft werden sollen.

- **Modultest:**

Vor der Weiterverarbeitung müssen Systemmodule einem eingehenden Test unterzogen werden. Man unterscheidet grundsätzlich zwischen statischen Messungen und dynamischen Messungen.

- **Statische Messungen:**

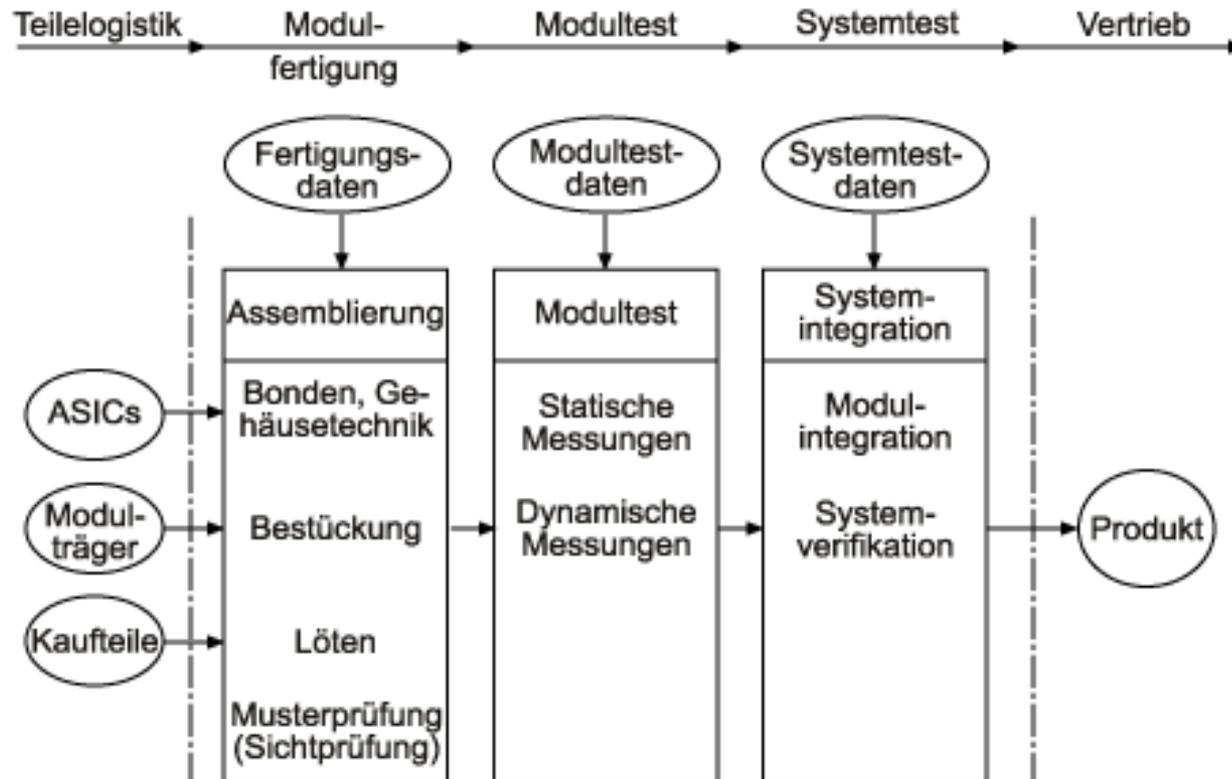
Das sind erste, einfache Tests, Stromaufnahme, Prüfung Arbeitspunkten.

- **Dynamische Messungen:**

Weitergehende Messung von Systemeigenschaften im Zeitbereich oder im Frequenzbereich oder beides.

0.4 Entwicklungsprozess eines Elektronikersystems

Prozessablauf bei der Prototypenfertigung von Elektronikersystemen



Systemtest:

Organisationseinheit, die für die Systemabnahme verantwortlich ist.

0.4 Entwicklungsprozess eines Elektronikersystems

Systemtest:

Organisationseinheit, die für die Systemabnahme verantwortlich ist.

- **Systemtestdaten:**

Nach Festlegung des Systemkonzepts muss u.a. auch festgelegt werden, wie und mit welchen Testaufbauten die vorgegebenen Eigenschaften getestet und überprüft werden sollen.

- **Systemintegration:**

Mehrere Systemmodule bilden ein System. Unter Systemintegration versteht man den Zusammenbau von Systemmodulen zu einem System. Das zusammengefügte System wird einem eingehenden Test unterzogen.

- **Modulintegration**

- **Systemverifikation:**

...

0.4 Entwicklungsprozess eines Elektronikersystems

Systemtest:

Organisationseinheit, die für die Systemabnahme verantwortlich ist.

- **Systemintegration:**

- **Modulintegration:**

Zusammenbau der Systemmodule und Systemkomponenten zu einer funktionierenden Gesamteinheit.

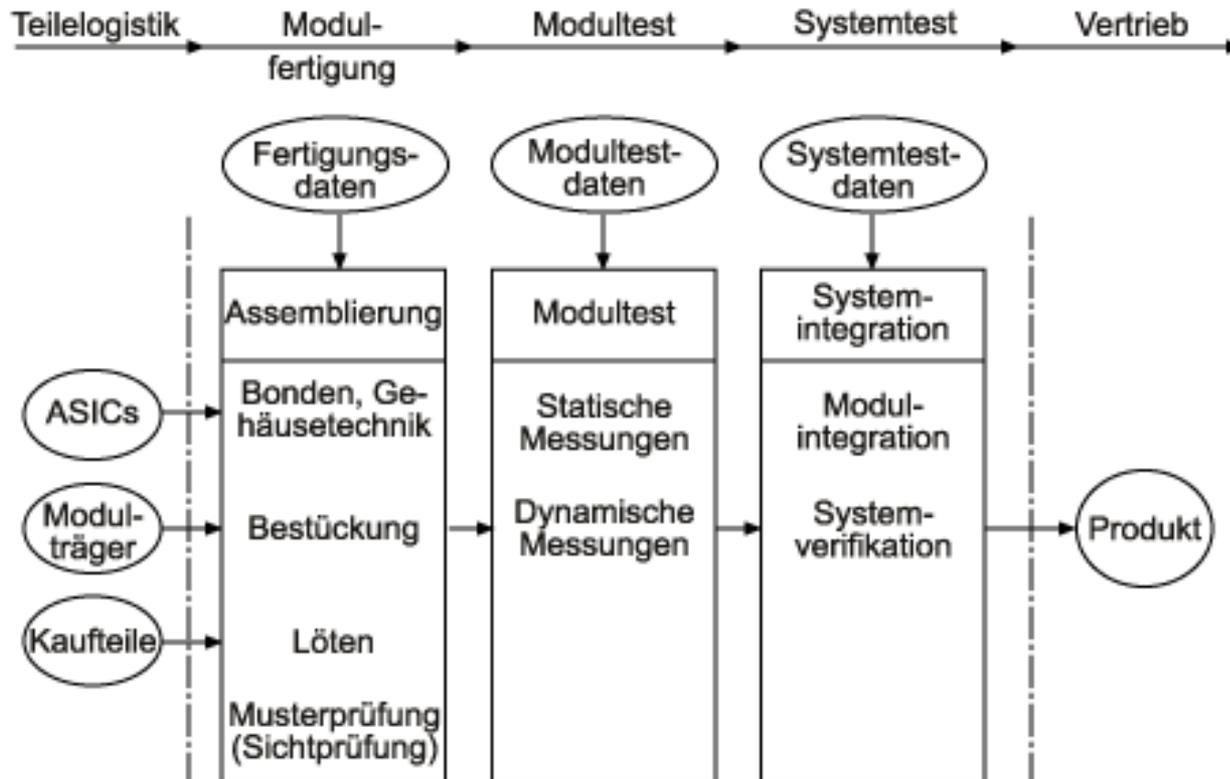
- **Systemverifikation:**

In Systemmessungen werden die Eigenschaften eines Systems in der Gesamtheit analysiert und überprüft, inwieweit die erwarteten Spezifikationsdaten auch unter gegebenen Umweltbedingungen und Fertigungsstreuungen erfüllt sind.

Dazu zählen auch Tests, um nachzuweisen, dass geltende Vorschriften (u.a. VDE-Vorschriften, CE-Kennzeichnung) eingehalten werden.

0.4 Entwicklungsprozess eines Elektronikersystems

Prozessablauf bei der Prototypenfertigung von Elektronikersystemen



Vertrieb:

Organisationseinheit zum Aufbau und zur Pflege von Kundenkontakten und Vertriebsstrategien für die Vermarktung des Produktes.

0.4 Entwicklungsprozess eines Elektroniksystems

Vertrieb:

Organisationseinheit zum Aufbau und zur Pflege von Kundenkontakten und Vertriebsstrategien für die Vermarktung des Produktes.

- **Produkt:**

Fertiges Produkt nach Produktfreigabe.

Vorlesung - Analogelektronik

