

Technische Informatik I

8. Vorlesung: TTL-Technik

Marco Balke

mbalke@techfak.uni-bielefeld.de

Übersicht

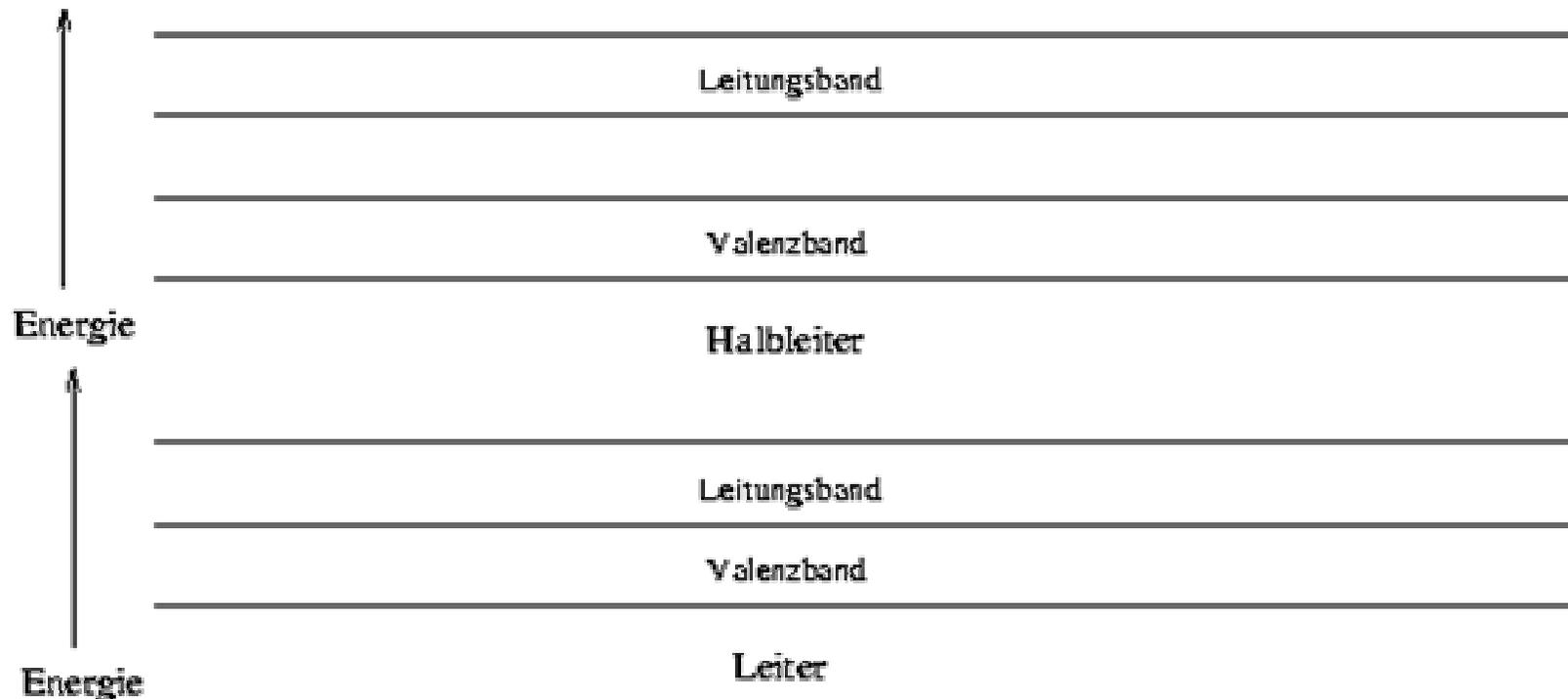
- Einführung in die Halbleitertechnik
- Dioden und Transistoren
- Grundlagen der Elektrotechnik
- Einführung in die DTL- und TTL-Technik
- Ausblick: Grundsaltungen der DTL- und TTL-Technik (Vorlesung 9)

Einführung in die Halbleitertechnik 1 / 6

- Unterschied Leiter \leftrightarrow Halbleiter: Halbleiter können auch Isolatoren sein.
- Zwei unterschiedliche Energieniveaus der Elektronen:
 - Valenzband: Energieniveau eines Elektrons in einer Atombindung
 - Leitungsband: Energieniveau eines frei beweglichen Elektrons
- Durch Zuführen von Energie können Elektronen vom Valenz- ins Leitungsband gebracht werden

Einführung in die Halbleitertechnik 2 / 6

- Bei Halbleitern sind diese Bänder weiter voneinander getrennt als bei Leitern
- d.h. bei Halbleitern mehr Energie nötig, um Elektronen ins Leitungsband zu befördern

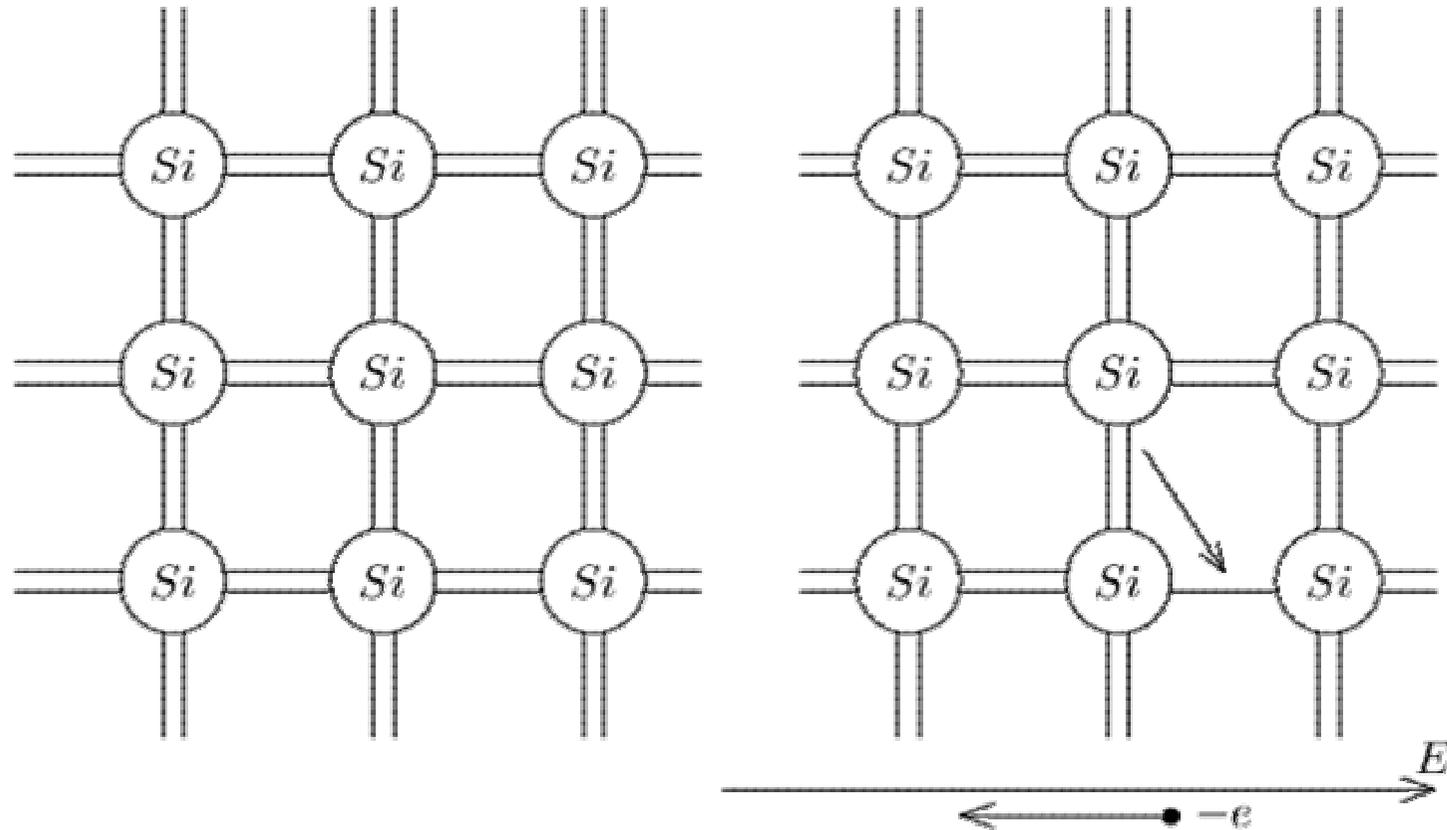


Einführung in die Halbleitertechnik 3 / 6

- Typischer Halbleiter: Silizium (Si)
- Bildet eine Kristallgitterstruktur
- Eigenleitung:
 - Elektronen werden aus dem Gitter gelöst und wandern zum Pluspol der Stromquelle, die sog. n-Leitung
 - Die “Löcher” in der Gitterstruktur, sog. “Defektelektronen”, wandern zum Minuspol der Stromquelle, p-Leitung

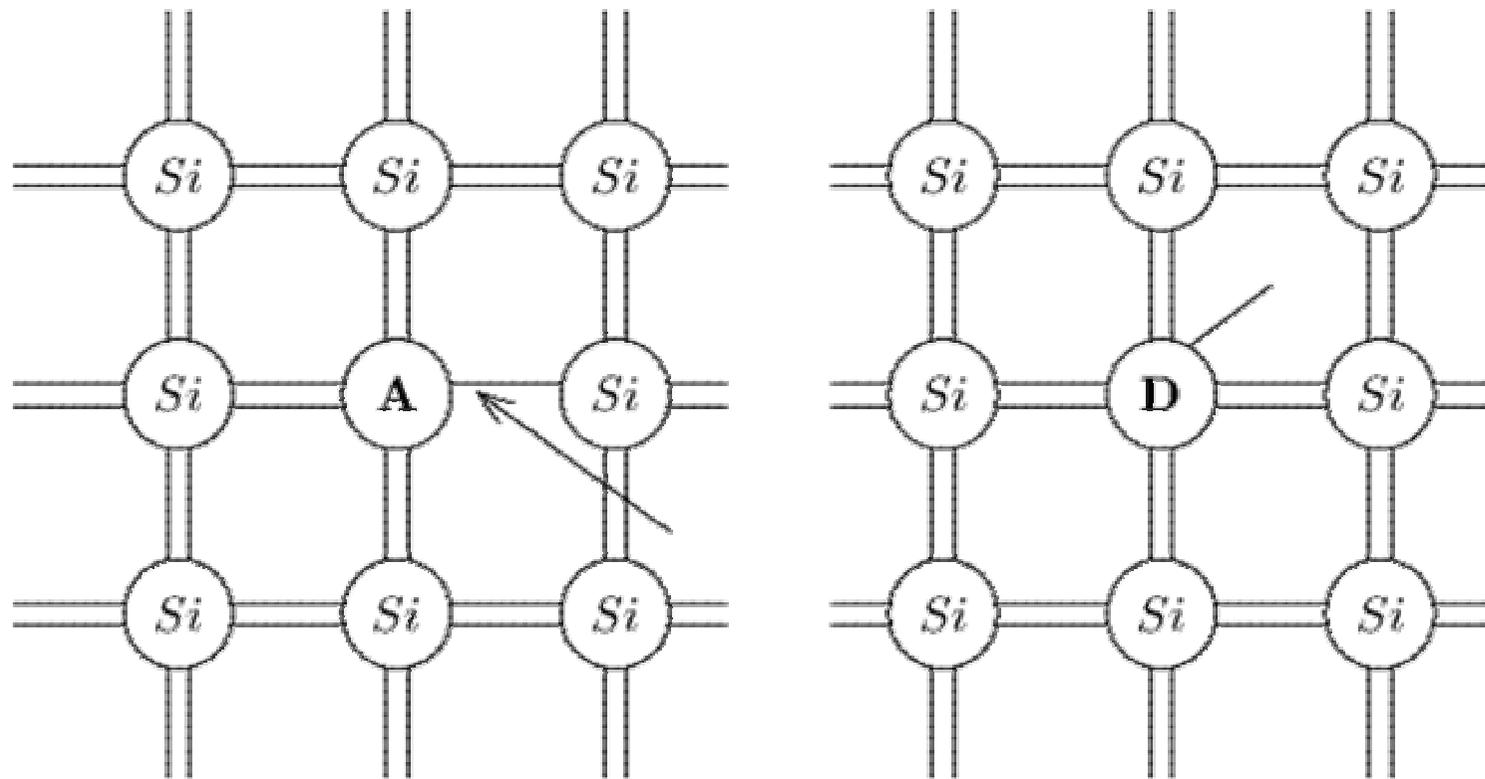
Einführung in die Halbleitertechnik 4 / 6

- Siliziumkristall und Kristall mit Defektelektron



- **Dotierung: Einbau von Fremdatomen in eine homogene Gitterstruktur zur Verbesserung der Leitfähigkeit**
 - **p-Dotierung: Einbau von “Akzeptoratomen” mit 3 Valenzelektronen, z.B. Bor oder Gallium**
 - **führt zum entstehen von Löchern in der Gitterstruktur => p-Leitung**
 - **n-Dotierung: Einbau von “Donatoratomen” mit 5 Valenzelektronen, z.B. Arsen oder Phosphor**
 - **Führt zu freien Elektronen in der Gitterstruktur => n-Leitung**

- Dotierte Gitterstrukturen

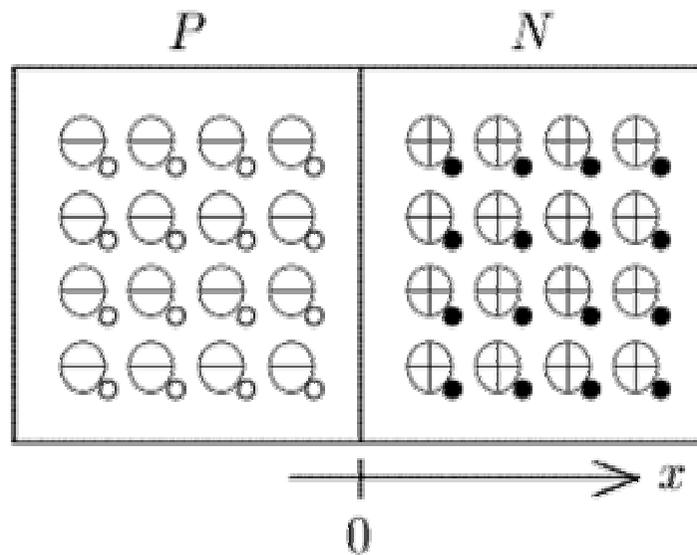


Dioden und Transistoren

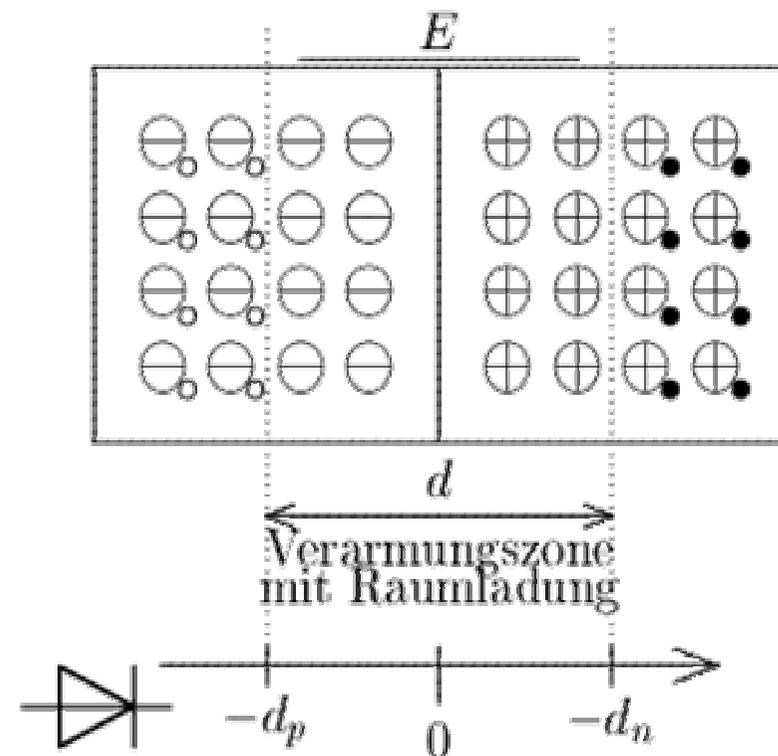
- Theoretische Betrachtung einer Dotierung in unendlicher kurzer Zeit (Bild 1)
- Durch Diffusion entsteht eine Verarmungszone mit Raumladung (Bild 2)
- Bauteil Diode, kann in Sperr- und Durchlaßrichtung geschaltet werden
- Mindestspannung für eine Siliziumdiode in Durchlaßrichtung ca. 0,6V, nötig um die Raumladung zu überwinden

Diode und Transistoren 1 / 4

- pn-Übergang einer Diode

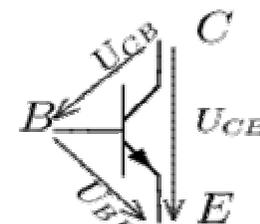
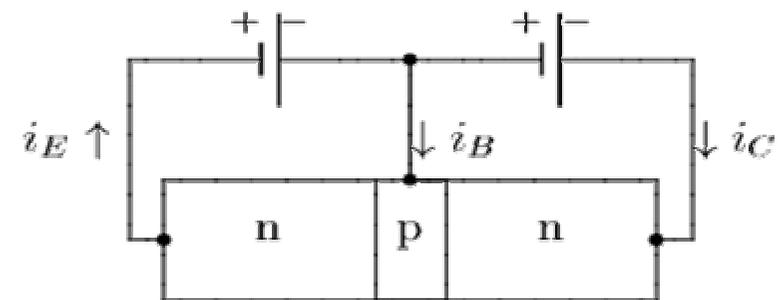
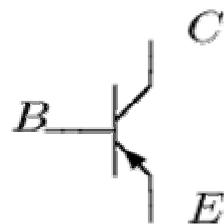
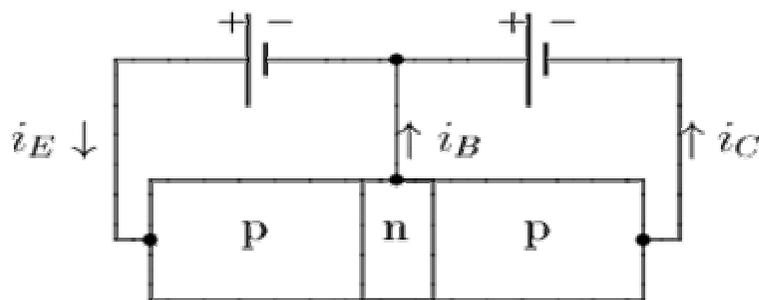


- Defektelektron } Beweglich
- Elektron } Beweglich
- ⊖ Akzeptorion } Ortsfest
- ⊕ Donatorion } Ortsfest



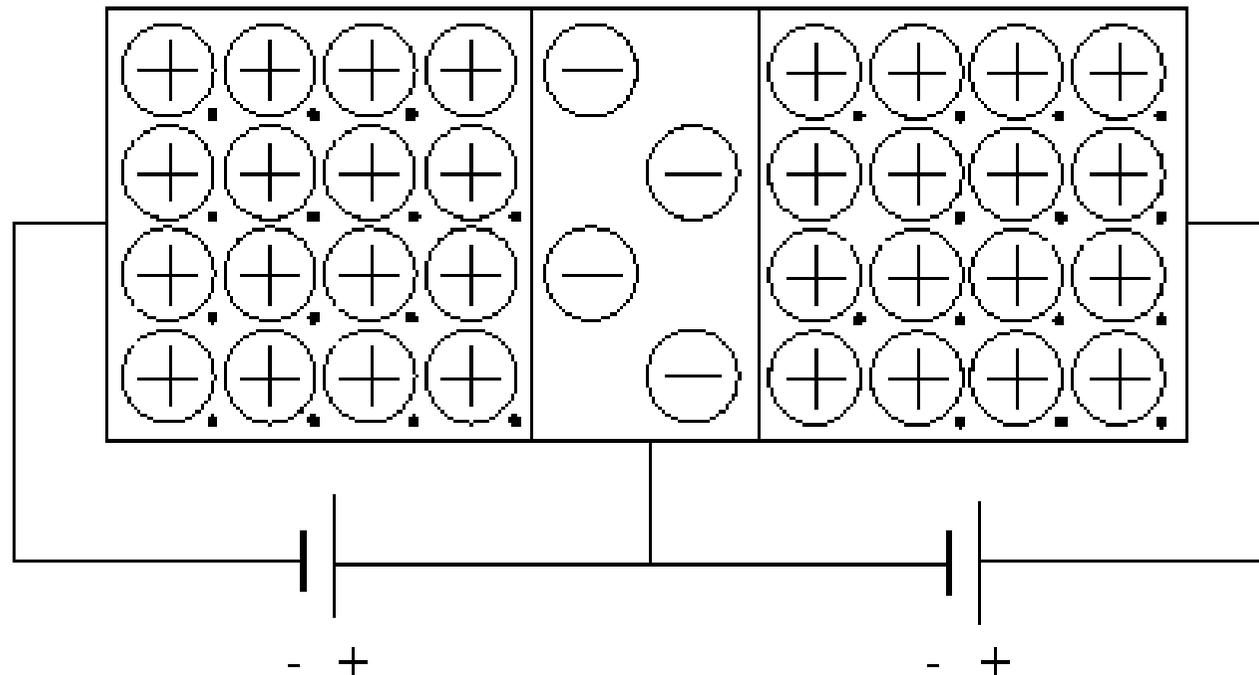
Diode und Transistoren 2 / 4

- 2 unterschiedliche Transistoren: npn (häufiger verwendet) und pnp
- Emitter und Kollektor durch Beschaltung vertauschbar



Dioden und Transistoren 3 / 4

- In Durchlaßrichtung beschalteter npn-Transistor



Dioden und Transistoren 4 / 4

- Basis schwach dotiert, um schnellen Auf- und Abbau von Ladungsträgern zu ermöglichen
- In Durchlaßrichtung beschaltet: $U_C \gg U_B \gg U_E$
- Zusammenfassung: Transistor ist aktives Bauelement und Verstärker, mit dem sich durch einen schwachen Basisstrom stufenlos ein größerer Kollektor-Emitter-Strom steuern läßt

Grundlagen der Elektrotechnik 1 / 2

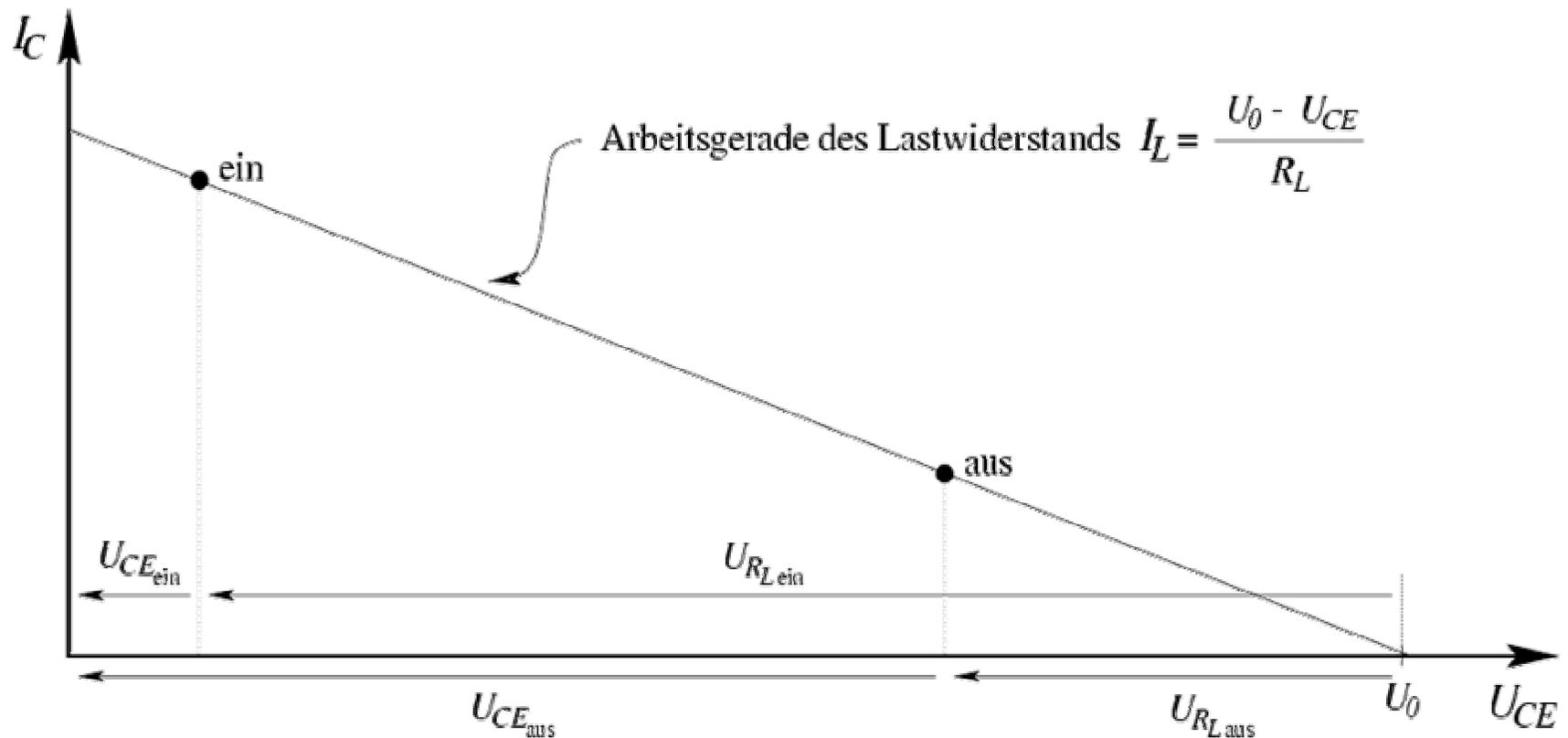
- Intuitive Motivation:
 - Teilchen werden geschoben
 - Teilchen bewegen sich
 - Mehr Schub => stärkere Bewegung und mehr bewegte Teilchen
 - “Schub” := Spannung U
 - “Anzahl der bewegten Teilchen” := Stromstärke I
- $U = R * I$
- Widerstand R Proportionalitätsfaktor abhängig von der Geometrie der Schaltung

- Geometrie der Schaltung:
 - Material
 - Durchmesser
 - etc.
- Spannung teilt sich in seriellen Schaltungen auf, Stromstärke in Parallelen

- Transistoren lassen sich als Verstärker oder als Schalter verwenden
- Ideale Schalter existieren nicht, Transistoren sind eigentlich schlechte Schalter, weil $R_{\text{ein}} \gg 0$ und $R_{\text{aus}} \ll \text{unendlich}$
- Aber:
 - sie ermöglichen schnelle Schaltzeiten
 - Sie lassen sich hochintegriert auf einem Chip unterbringen

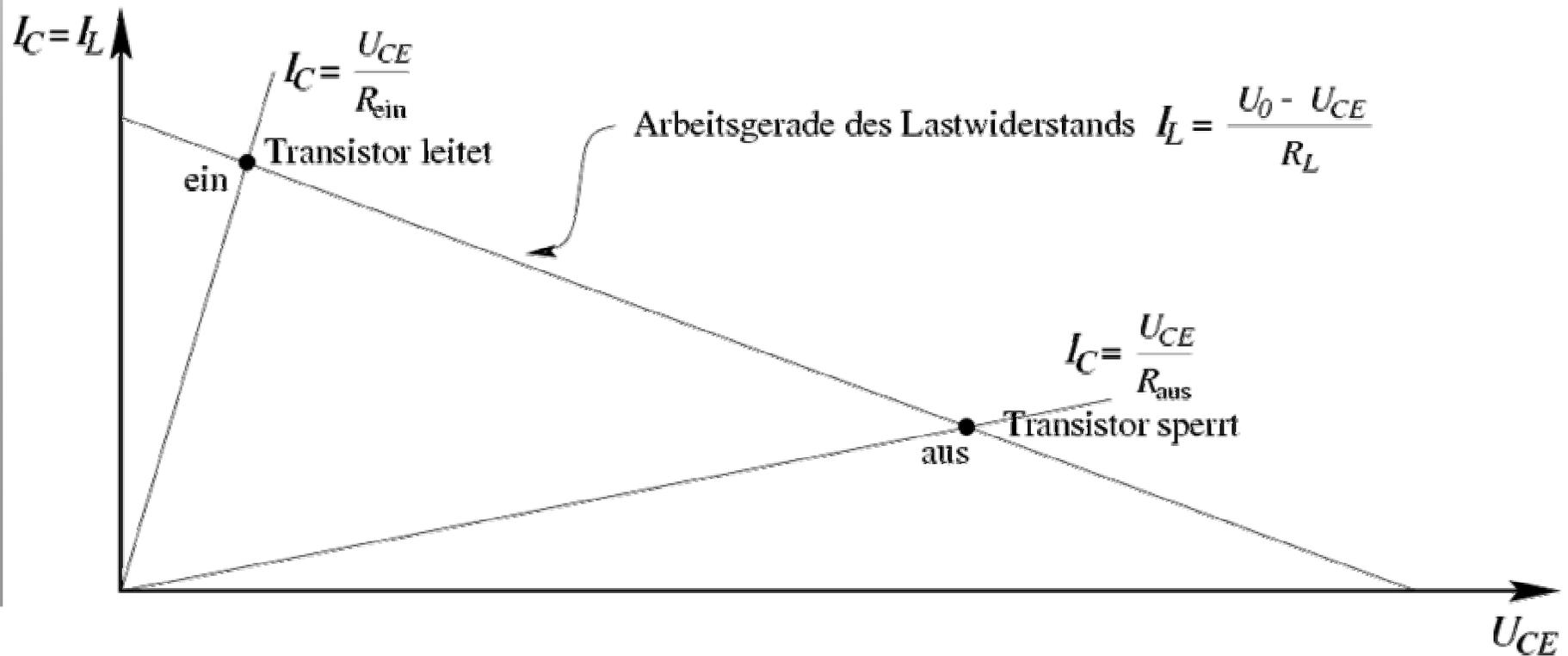
Einführung in die DTL- und TTL-Technik 2 / 6

- U_{CE} = Die Spannung, die am Transistor abfällt
- U_{RL} = Die Spannung, die am Lastwiderstand abfällt

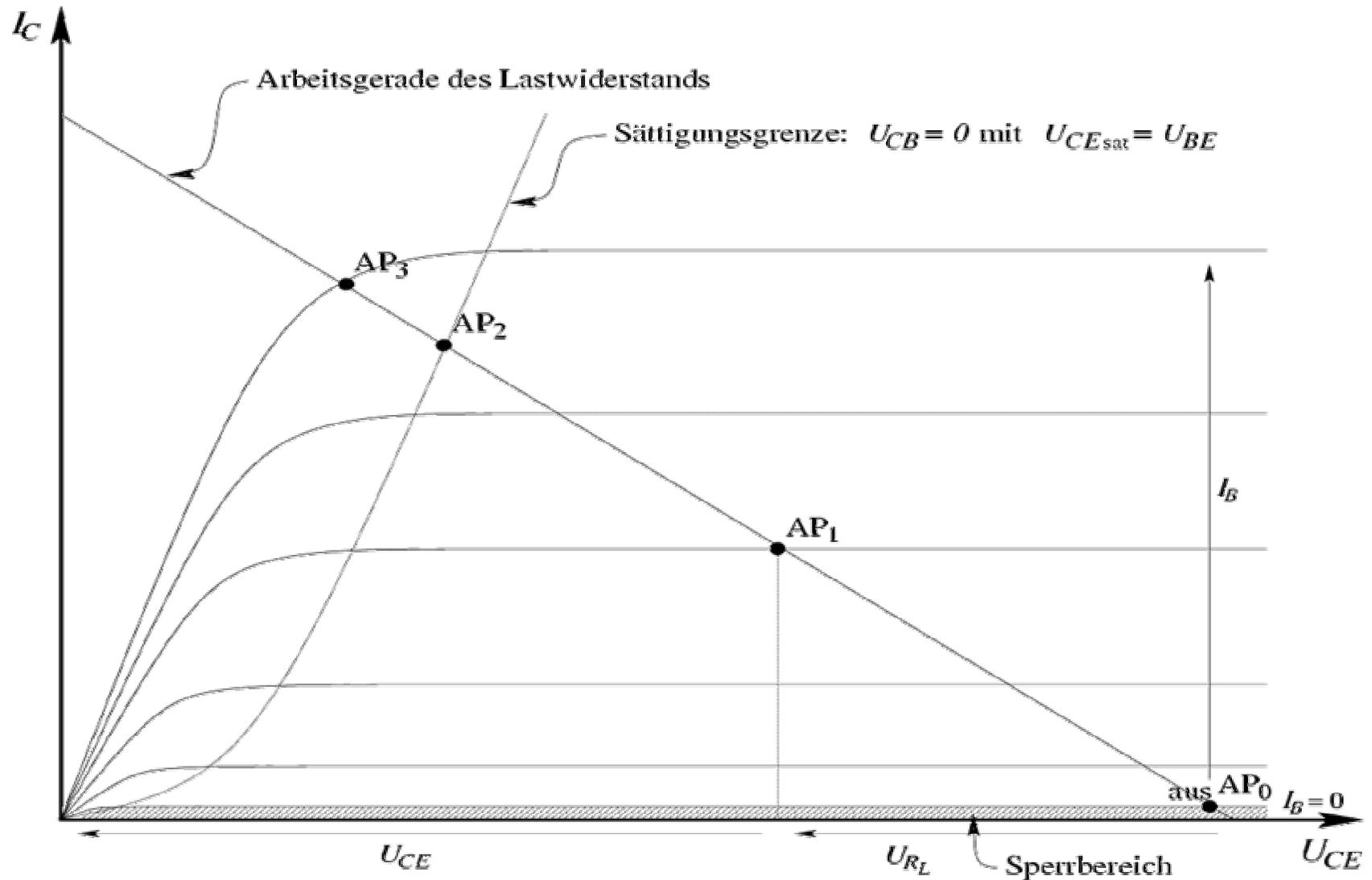


Einführung in die DTL- und TTL-Technik 3 / 6

- Wäre der Transistor ein lineares Bauelement, ließen sich die Arbeitspunkte einfach ermitteln.
- ABER: Transistor verhält sich nicht linear



- Ermittlung durch grafisches Verfahren



- AP0: $I_B = 0$, Transistor sperrt
- AP1: $I_B > 0$, $U_{CE} > U_{CEsat}$, Transistor leitet
- AP2: $I_B > 0$, $U_{CE} = U_{CEsat}$, Transistor ist gesättigt
- AP4: $I_B > 0$, $U_{CE} < U_{CEsat}$, Transistor ist übersteuert

- Der Sperrbereich entspricht der benötigten Spannung, um den Transistor durchzuschalten
- Genutzte Bereiche sind der Übersteuerungsbereich und die Sättigungsgrenze
 - Vorteil: Schnelles Einschalten durch schnelle Flutung der Basis mit Ladungsträgern
 - Nachteil: Langsames Ausschalten, da die Basis von den Ladungsträgern gesäubert werden muß

- Grundsaltungen der DTL- und TTL-Technik
 - Inverter
 - Passives und aktives ODER-Gatter
 - Passives und aktives UND-Gatter
 - NAND-Gatter
 - Gegentaktendstufe