

7. Unipolare Transistoren, MOSFETs

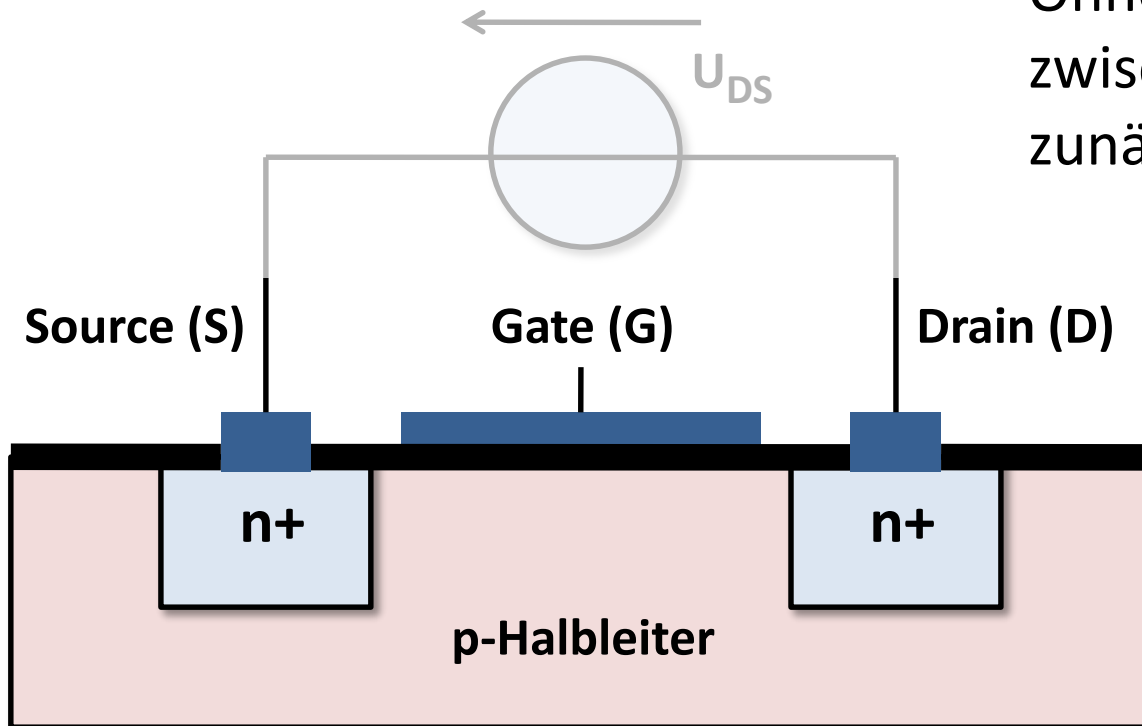
7.1. Funktionsweise

Die Bezeichnung **MOSFET** (**M**etal **O**xide **S**emiconductor **F**ield **E**ffect **T**ransistor) deutet auf den Aufbau dieses Transistors hin:

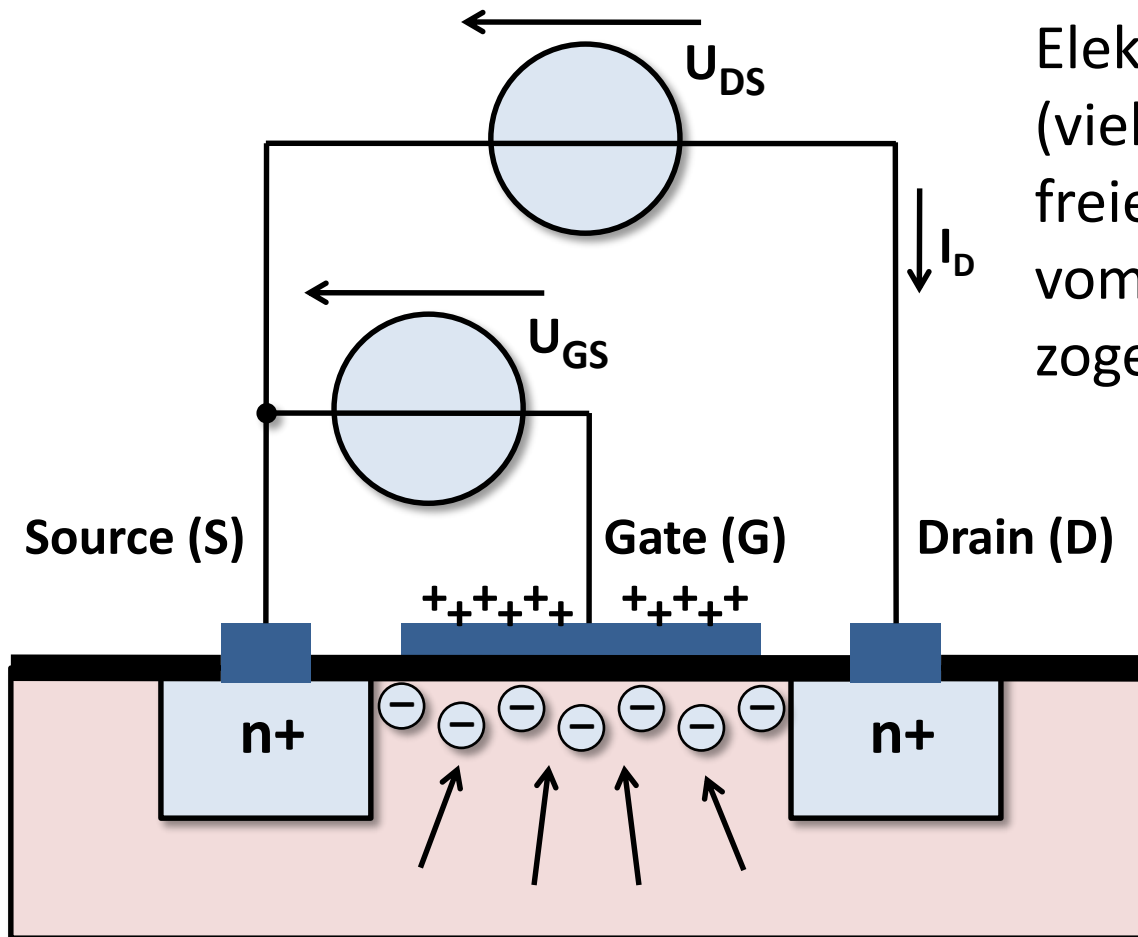
- Das Halbleiterelement ist mit einer sehr dünnen, isolierenden Oxidschicht bedeckt.
- Auf dieser Schicht ist – isoliert vom Halbleiter – eine Metallschicht aufgebracht, an die eine Spannung angelegt werden kann.
- Dabei entsteht im Bereich der Isolierschicht ein starkes elektrisches Feld, welches den Stromfluss durch das Bauelement steuert.

Auf dem Bild ist ein sog. n-Kanal-Anreicherungstyp dargestellt: Dieser Feldeffekttransistor besteht aus einem p-leitenden Substrat mit zwei n-leitenden Inseln (Source und Drain). Über einer isolierenden Siliziumdioxidschicht ist die Gate-Elektrode aufgedampft.

Ohne Gate-Spannung kann zwischen Source und Drain zunächst kein Strom fließen.



Wird zwischen Gate und Source eine positive Spannung angelegt, entsteht im Halbleiter ein elektrisches Feld.



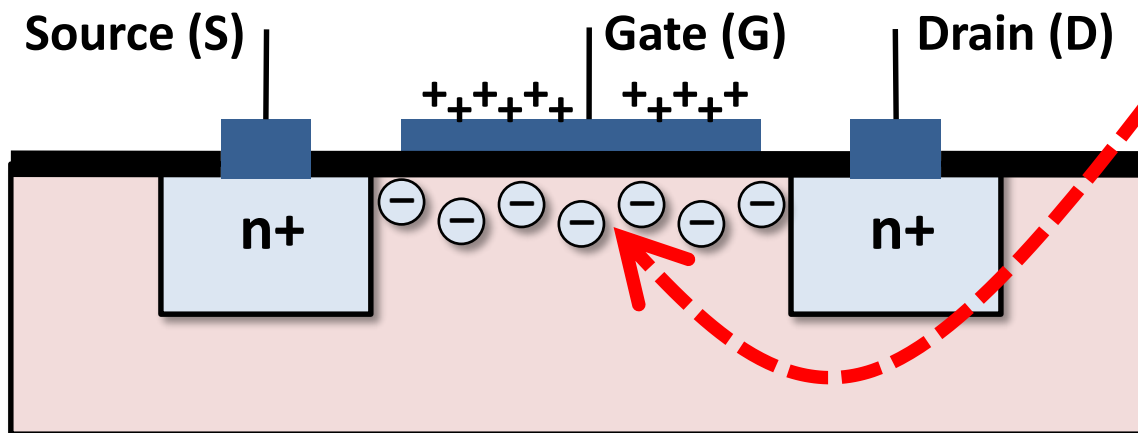
Elektronen im p-Halbleiter (viele Löcher, sehr wenige freie Elektronen) werden vom Gate-Anschluss angezogen, Löcher abgestoßen.



Freie Elektronen

Ab einer bestimmten Schwellspannung U_{th} (engl. threshold voltage) befinden sich im Bereich der Gate-Elektrode praktisch keine freien Löcher (Majoritätsträger) mehr im p-Halbleiter.

Stattdessen sammeln sich direkt unterhalb der Gate-Elektrode freie Elektronen (Minoritätsträger), wodurch der eigentlich p-dotierte Halbleiter nahe an der Isolierschicht n-leitend wird! Dieser Zustand wird „starke Inversion“ genannt.



Der entstandene dünne n-leitende Kanal verbindet die beiden n-Gebiete Source und Drain, ein Stromfluss I_{DS} ist nun möglich.

Arten von MOSFETs

Quelle: Skriptum zur Lehrveranstaltung Grundlagen der Elektronik (Prof. Dr.-Ing. G. Wermuth, HS München)

	Aufbau	Schaltzeichen	Kennlinienfeld und Source-Schaltung
N-Kanal - Verarmungs- typ			
N-Kanal - Anreicherungs- typ			
P-Kanal - Anreicherungs- typ			
P-Kanal - Verarmungs- typ			

7.2. Bauformen und Anwendungen

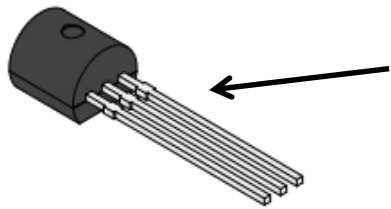
2N7000

N-Kanal-MOSFET

Anreicherungstyp

Gehäuse TO-92

$P_{VMax} = 0,4 \text{ W}$



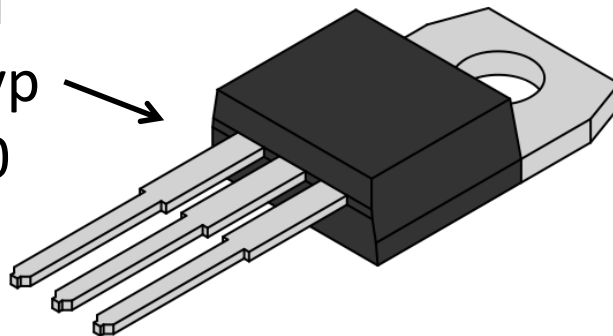
IRF9530

P-Kanal-MOSFET

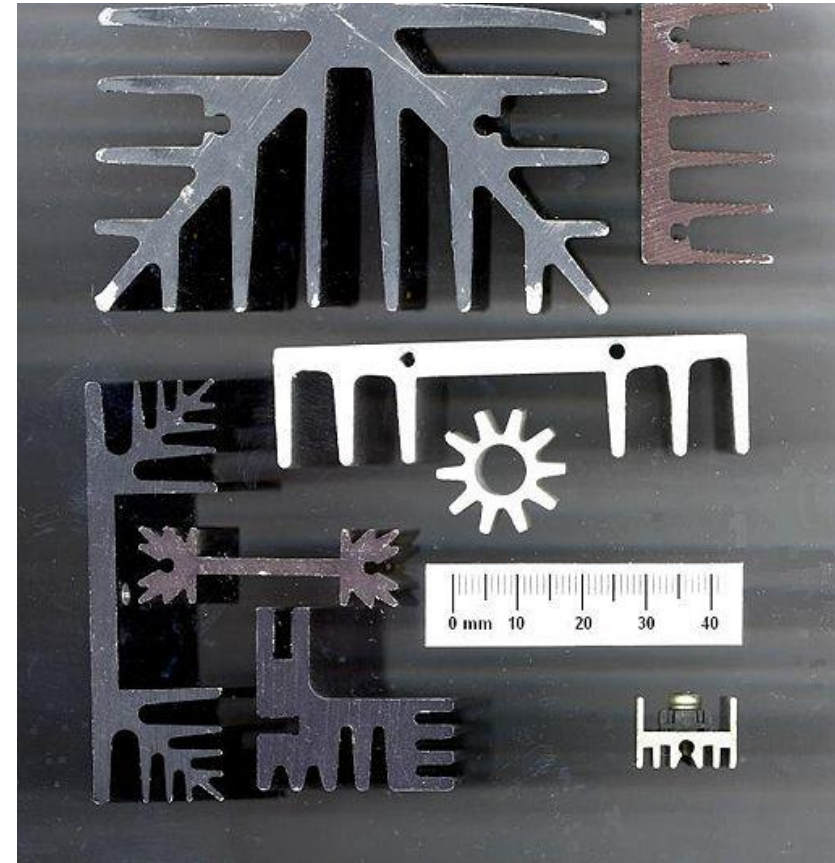
Anreicherungstyp

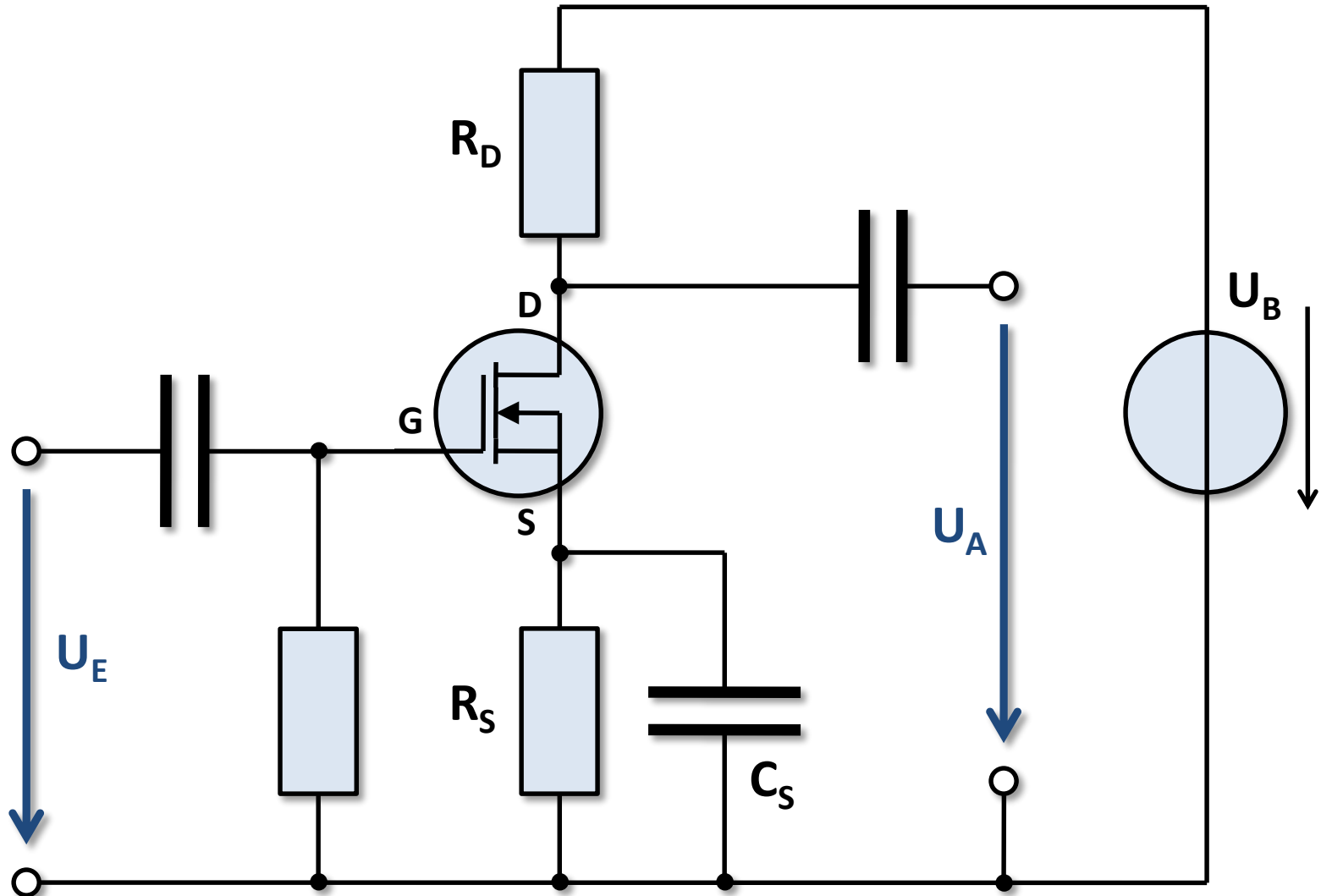
Gehäuse TO-220

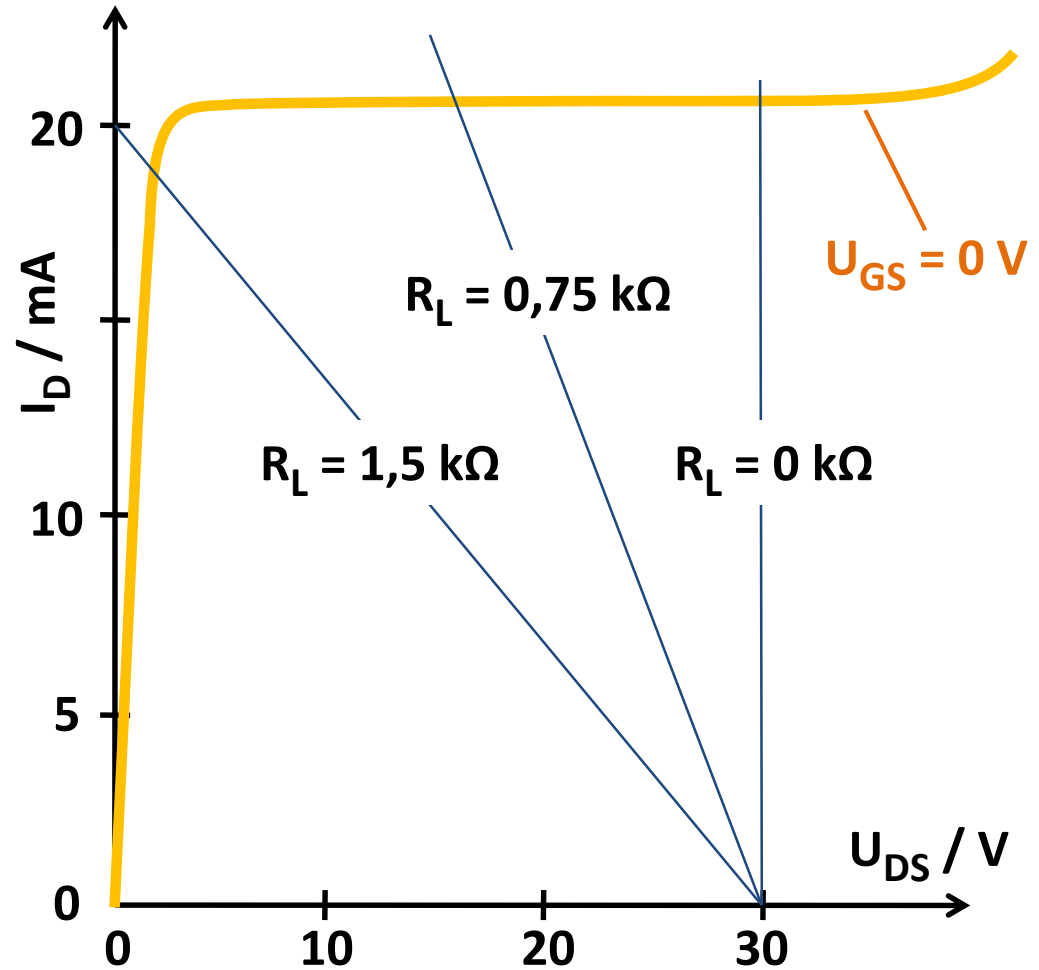
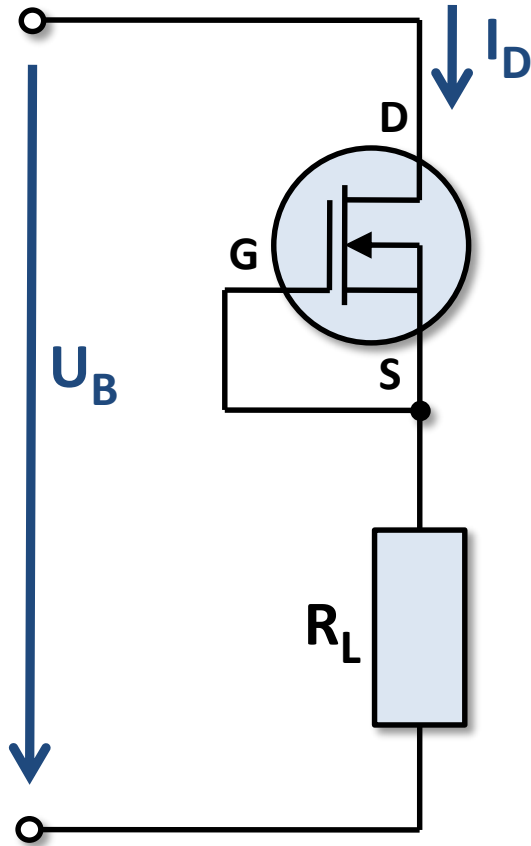
$P_{VMax} = 75 \text{ W}$

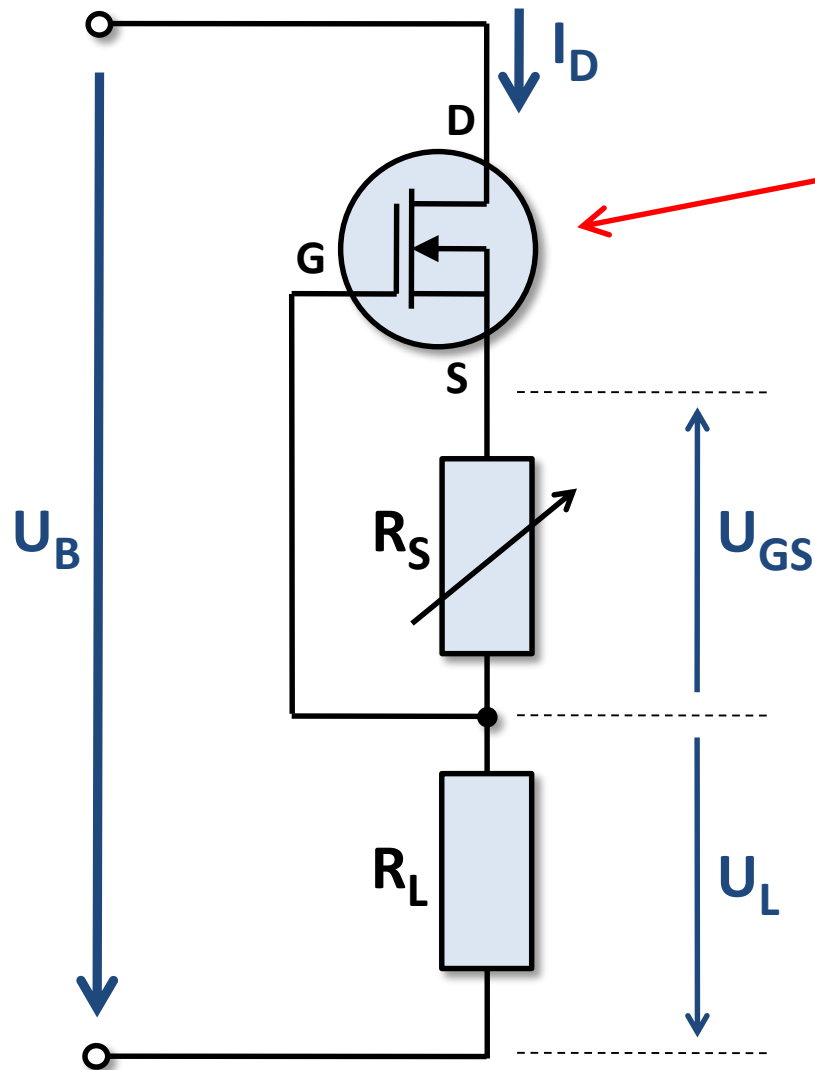


**Kühlkörper für MOSFETs und
andere Halbleiterbauelemente**

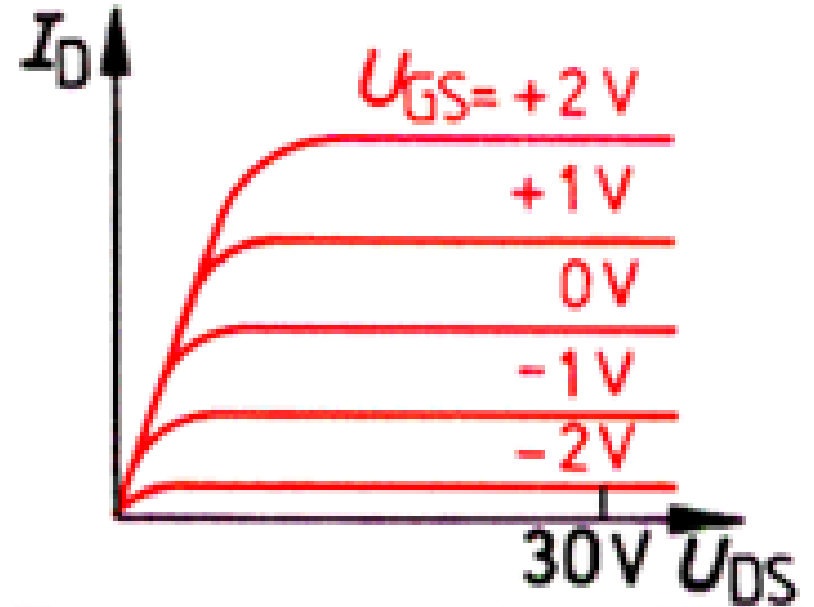








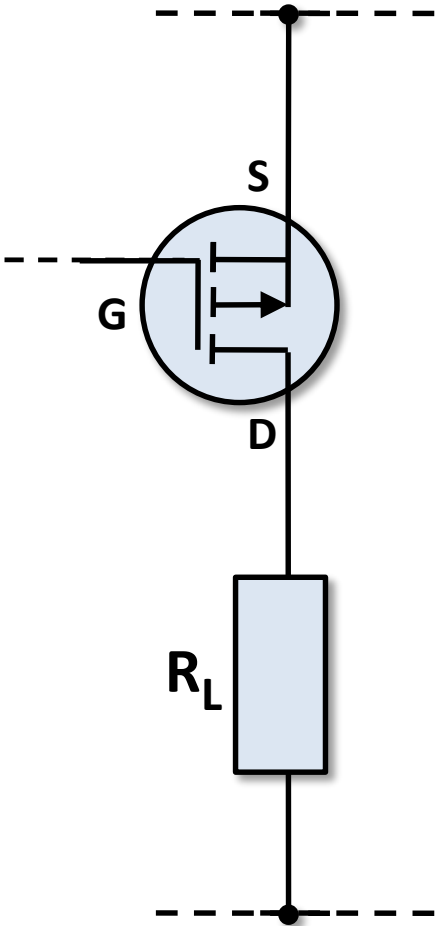
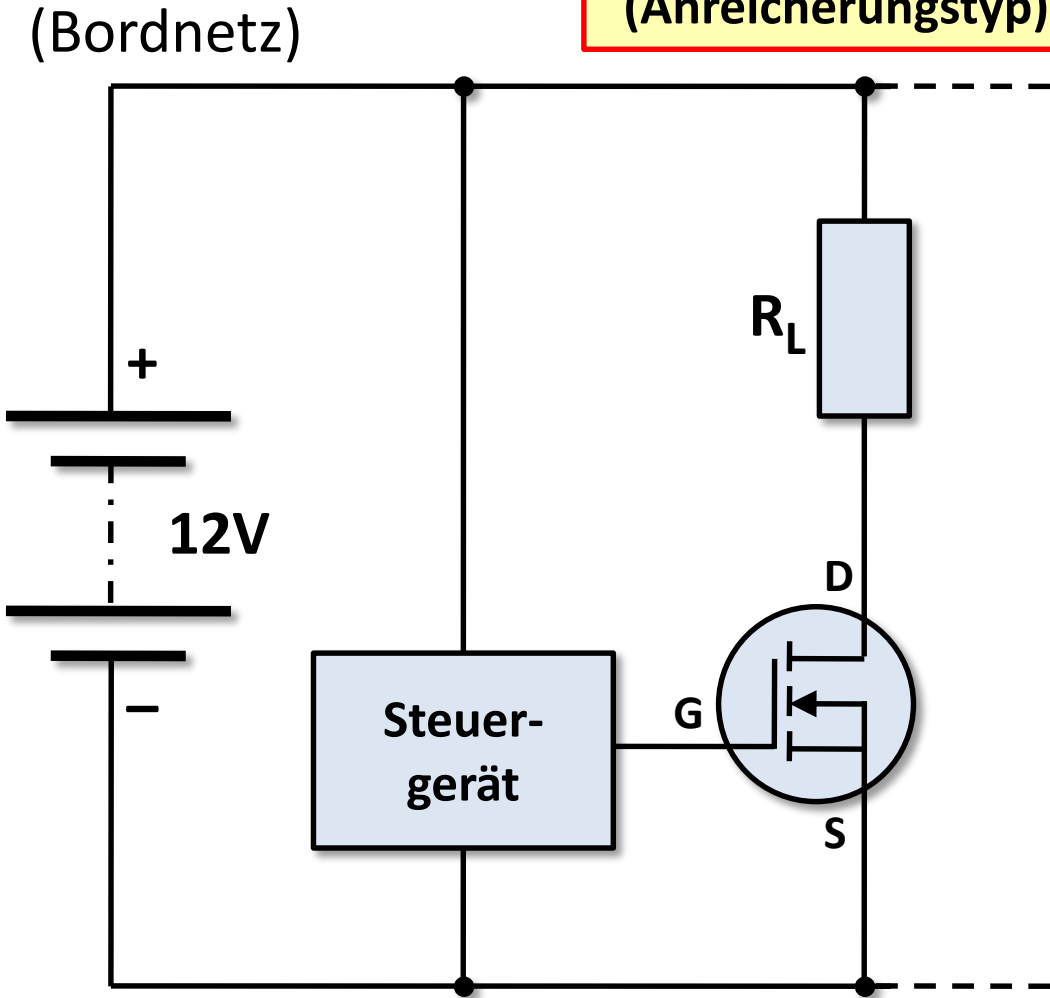
N-Kanal-MOSFET
Verarmungstyp



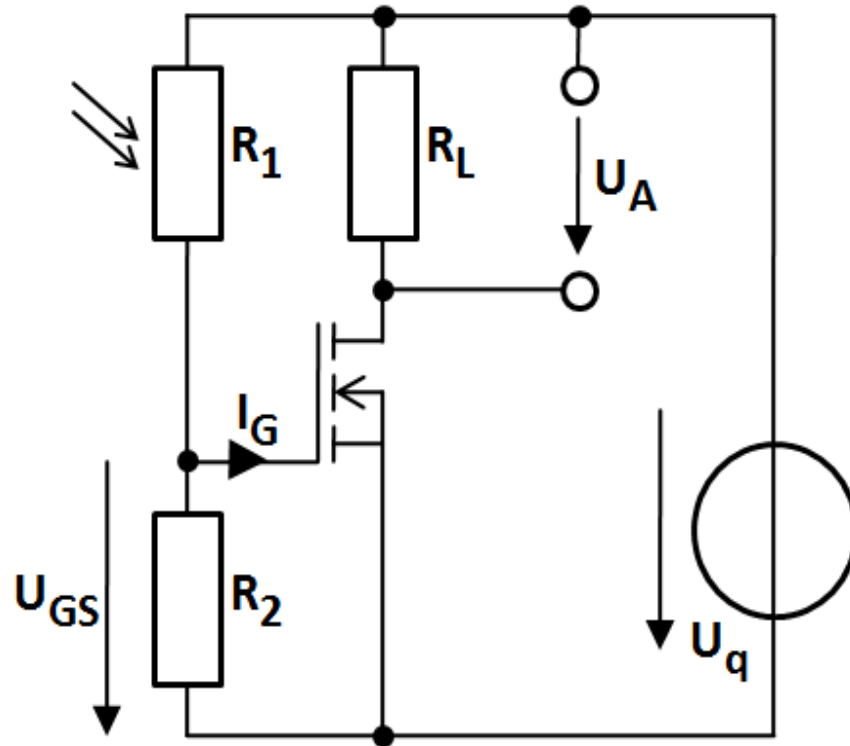
Gleichstromschalter im KFZ

„Low-Side-Schalter“
mit N-Kanal-MOSFET
(Anreicherungstyp)

„High-Side-Schalter“
mit P-Kanal-MOSFET
(Anreicherungstyp)



Es werden ein Fotowiderstand (Light Dependent Resistor, LDR) und ein Transistor zur Helligkeitsmessung eingesetzt.



$$U_q = 5 \text{ V}$$

$$R_2 = 100 \text{ } \Omega$$

$$R_L = 20 \text{ } \Omega$$

Widerstand R_1 (in Ohm) bei verschiedenen Beleuchtungsstärken E (in Lux):

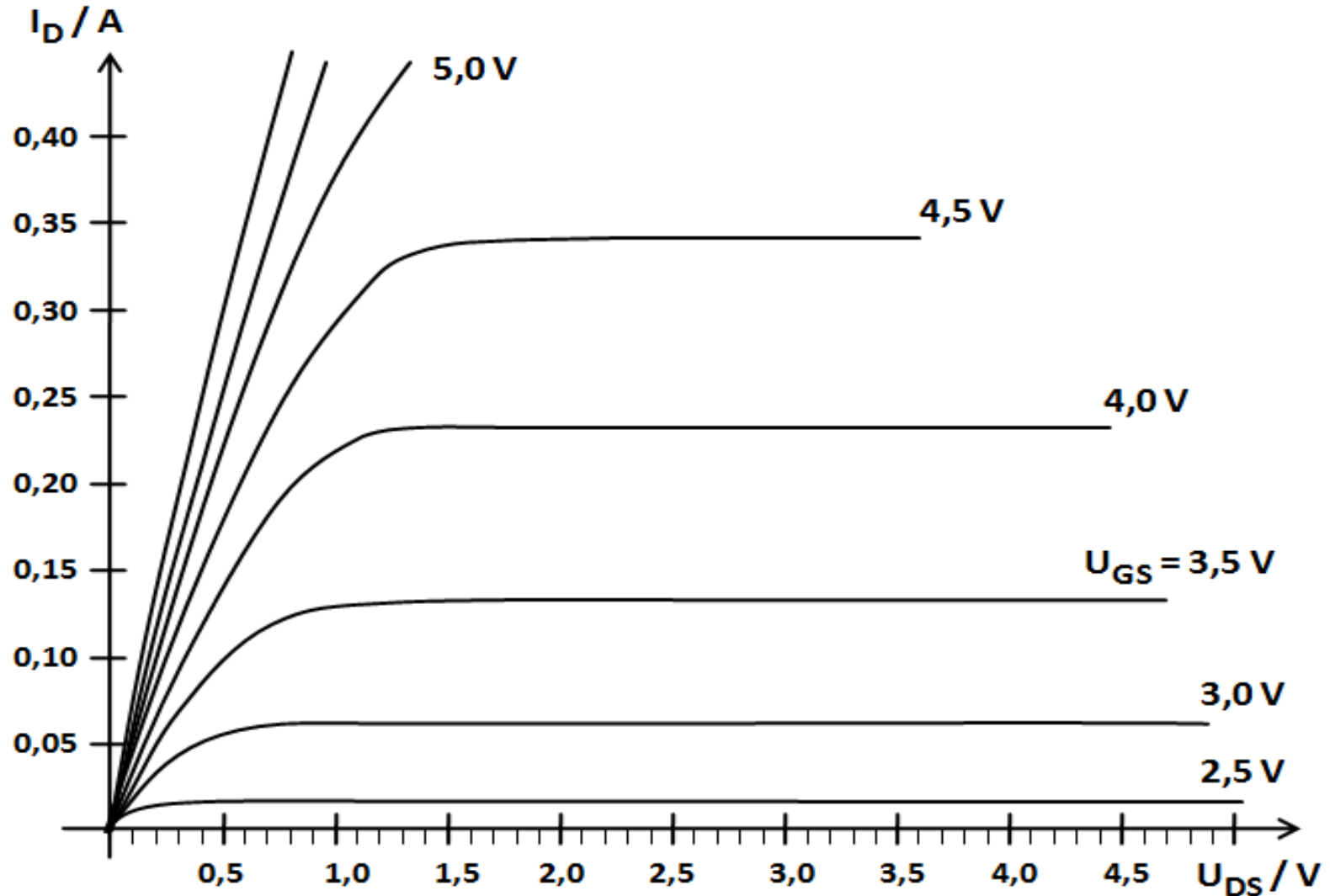
E / lx	R_1 / Ω
0,1	100.000
10	1.000
1000	10

i. Um welchen Transistortyp handelt es sich?

- Bipolar NPN PNP Anreicherungstyp
 N-Kanal P-Kanal MOSFET Verarmungstyp

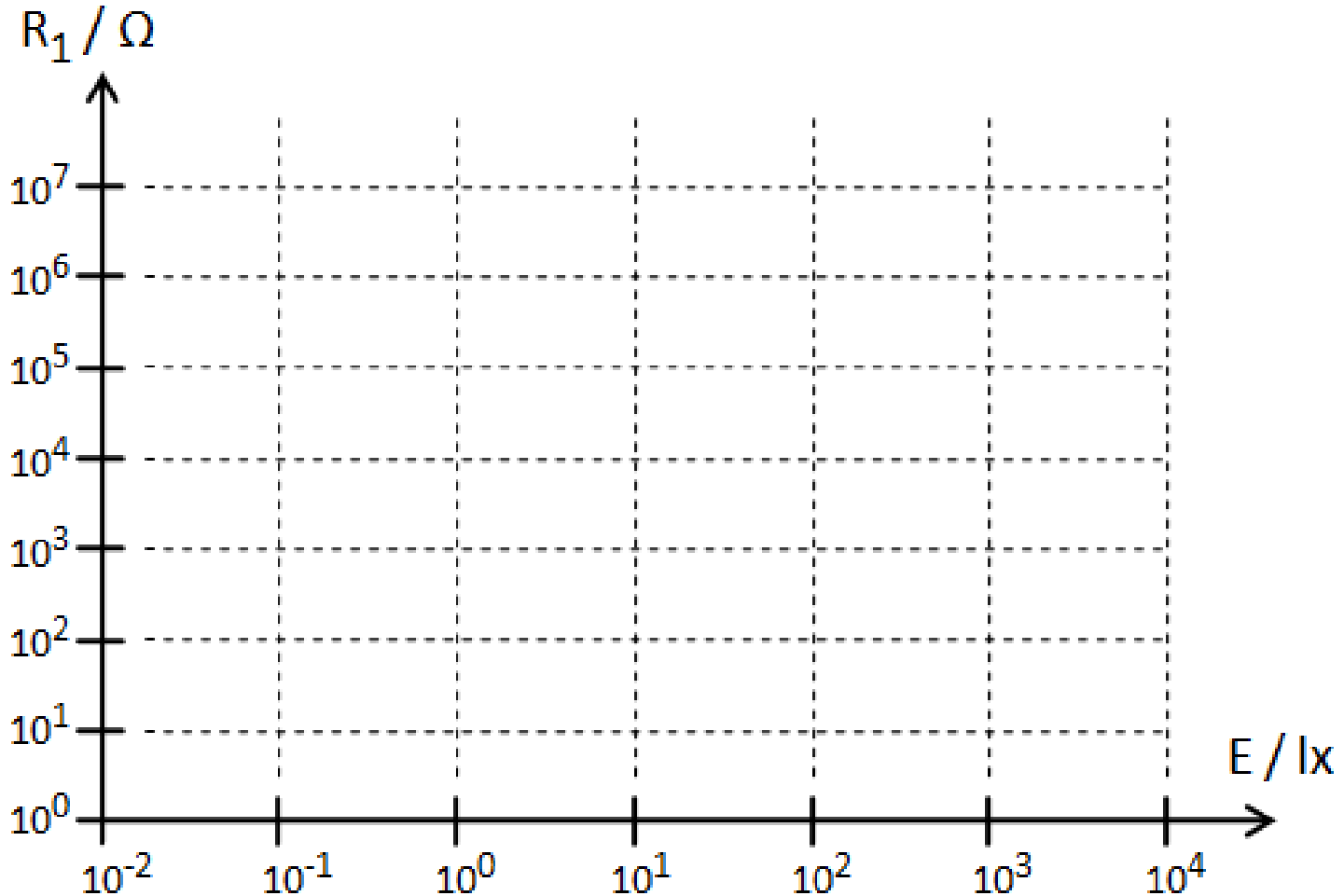
Übungsaufgabe 7.1 (b)

Ausgangskennlinienfeld des verwendeten Transistors:



Übungsaufgabe 7.1 (c)

ii. Zeichnen Sie die Kennlinie des Fotowiderstands in das Diagramm ein.



- iii. Wie groß ist der Strom I_G ? Welche Spannungen U_{GS} stellen sich bei Beleuchtung mit $E = 100 \text{ lx}$ bzw. $E = 1000 \text{ lx}$ ein?
- iv. Zeichnen Sie die Arbeitsgerade der Verstärkerschaltung in das Ausgangskennlinienfeld ein. Welche Spannungen U_A ergeben sich bei Beleuchtungsstärken von $E = 100 \text{ lx}$ und $E = 1000 \text{ lx}$?
- v. Welche Leistung wird bei $E = 1000 \text{ lx}$ am Transistor in Wärme umgesetzt?
- vi. Welche Spannung U_{GS} kann in der vorliegenden Schaltung auch bei sehr großen Beleuchtungsstärken nicht überschritten werden (nehmen Sie näherungsweise $R_1 = 0 \Omega$ an)?

Wie groß ist in diesem Fall die Ausgangsspannung U_A ?