

3.5 ERSATZSCHALTBILD, ZUSAMMENSCHALTUNG + ABSCHÄTTUNG

Wir haben die Strom-Spannungskurve der beleuchteten Zelle in der letzten Vorlesung berechnet:

$$I = I_0 [e^{qU/kT} - 1] - I_L$$

wobei
$$I_0 = A \left[\frac{qD_n n_i^2}{L_n N_A} + \frac{qD_p n_i^2}{L_p N_D} \right]$$

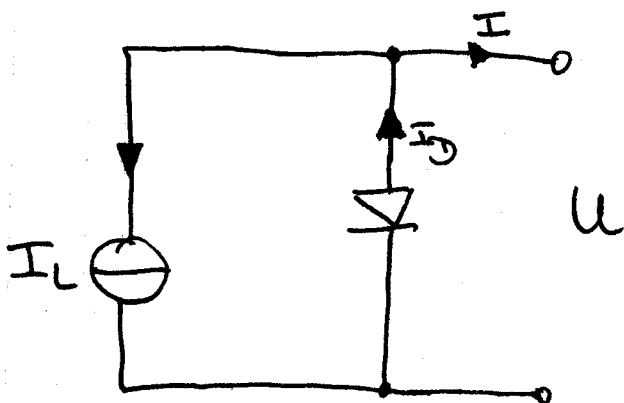
von der unbeschalteten Zelle abhängt und

$$I_L = qAG [L_n + W + L_p]$$

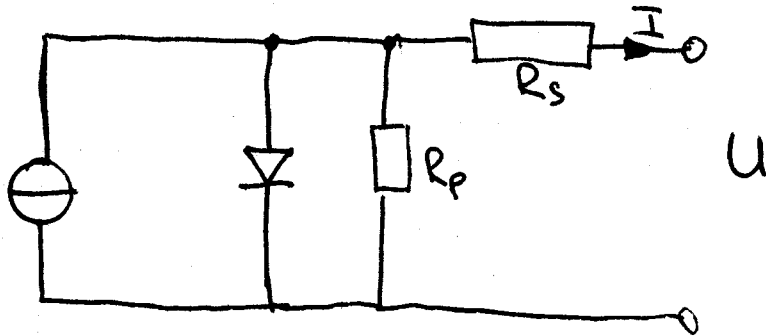
Von den Zellparametern, sowie der Erzeugungsrate G abhängt. Nimmt man L_n, W, L_p als konstanten in guter Näherung an (d.h. keine große T abhängigkeit), so kann man auch vereinfacht schreiben

$$I_L = \text{const} \cdot G$$

Und ein einfaches Ersatzschaltbild der Zelle ist



mit der Stromquelle $I_L = \text{const. } G$
 Dieses einfache Bild ist auf wenige Prozent genau.
 Man kann es natürlich auch verfeinern, bsp.
 durch den Spannungsabfall zwischen dem Halbleiter
 und den äußeren Kontakten (ausgewirkt durch
 einen Serienwiderstand R_s) und Leckströme längs
 der Zellenkante (beschrieben durch R_p):

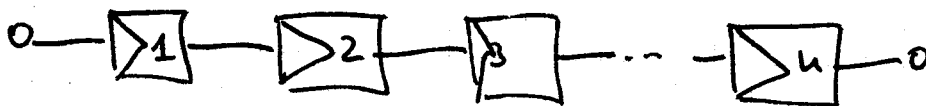


$R_s \sim \mu\Omega$ Bereich

$R_p \approx 10 \Omega$

Reihenschaltung:

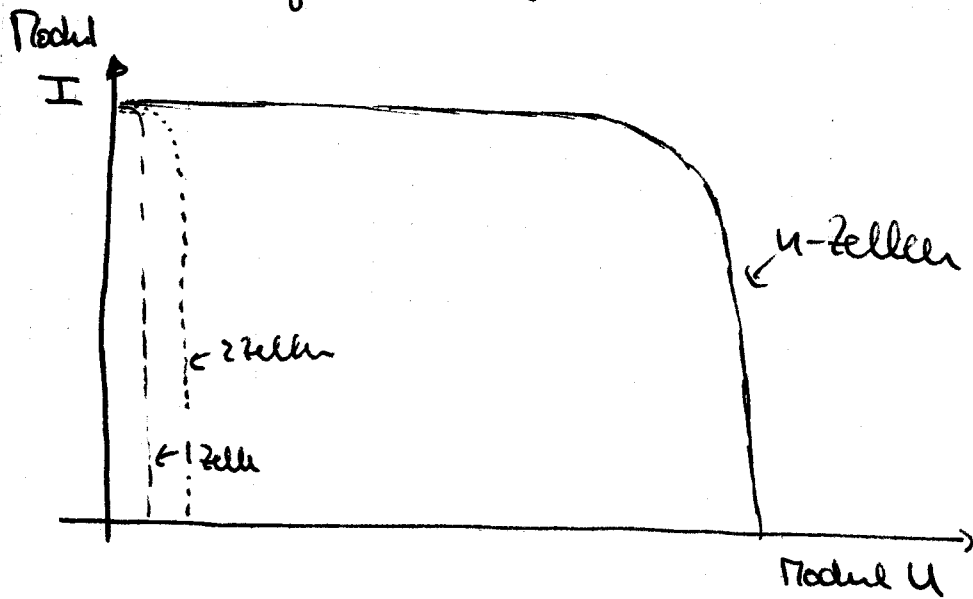
Um auf höhere Spannungen zu kommen, werden
 Zellen in Reihe geschaltet.



$$\Rightarrow I = I_1 = I_2 = \dots = I_n$$

$$U = \sum_{i=1}^n U_i$$

Und die Produktkennlinie kann im Fall von n identischen Zellen einfach aus den Einzelkennlinien zusammengesetzt werden:

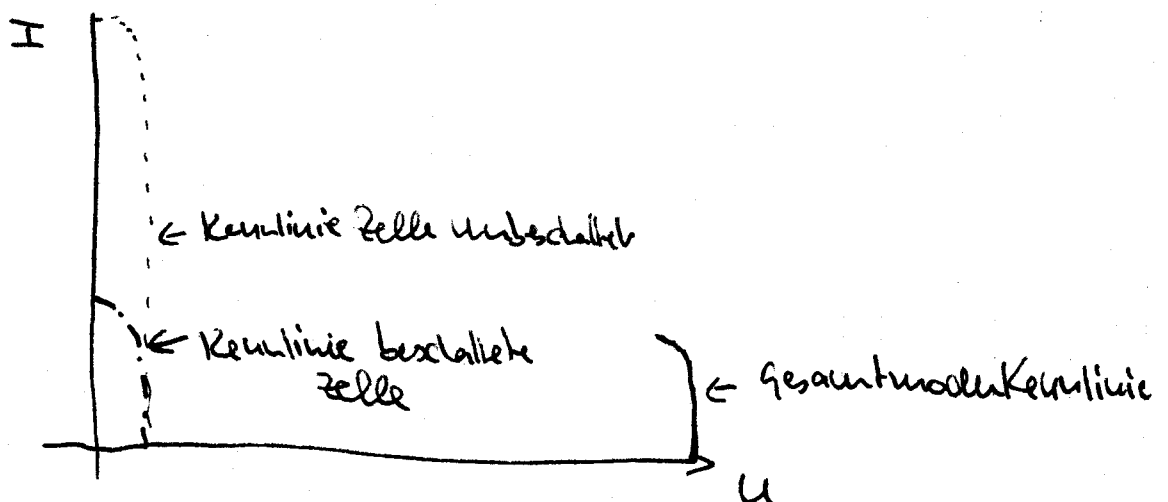


Abschattung

Nehmen wir als Bsp an, dass eine Zelle zu 75% abgeschattet ist und das Modul insgesamt aus 36 Zellen besteht. Dann ist

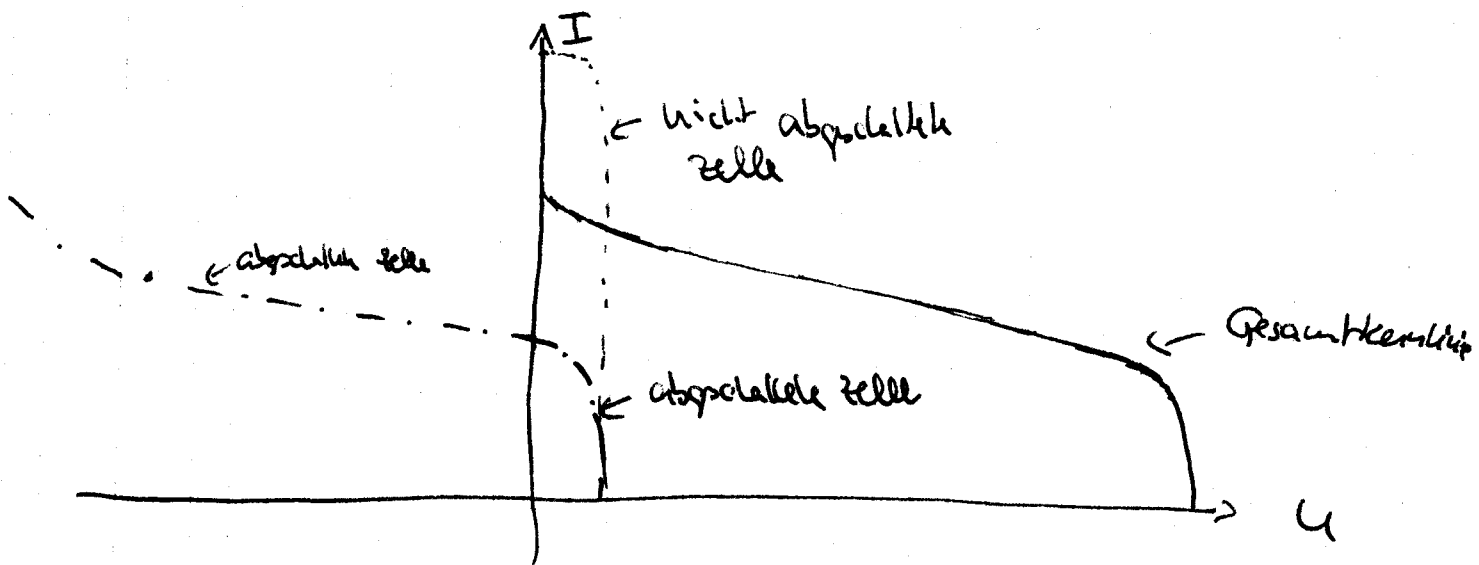
$$U = U_a(I) + 35U_b(I)$$

Und man fängt am einfachsten von $I=0$ an, die Produktkennlinie zu konstruieren:



Bis zum Kurzschlussstrom der beschalteten Zelle ist die Konstruktion recht schwierig, allerdings gelingt dies nur für ein kurzes Stück der Modulkurve.

Offensichtlich muß, um die Kurve zu vervollständigen, ein größerer Strom durch die abgeschaltete Zelle als deren Kurzschlussstrom? Das geht aber nur bei negativer Spannung an dieser Zelle! Unsere Zelle wird zum Verbraucher?



Die Modulleistung nimmt durch Abschaltung rapide ab. Obwohl nur 2% des Moduls in unserem Beispiel abgeschaltet waren, sinkt die Modulleistung um ca. 70%. Dabei kann die abgeschaltete Zelle soviel Leistung aufnehmen, daß sie durch Überhitzung zerstört werden kann!

Um dies zu verhindern werden parallel zu den einzelnen Zellen oder aber Gruppen von Zellen Bypassdioden geschaltet. Sie begrenzen die negative Spannung auf einer abgeschalteten Zelle.