



## 22V Elektrotechnik

# Der Bleiakkumulator als Stromerzeuger

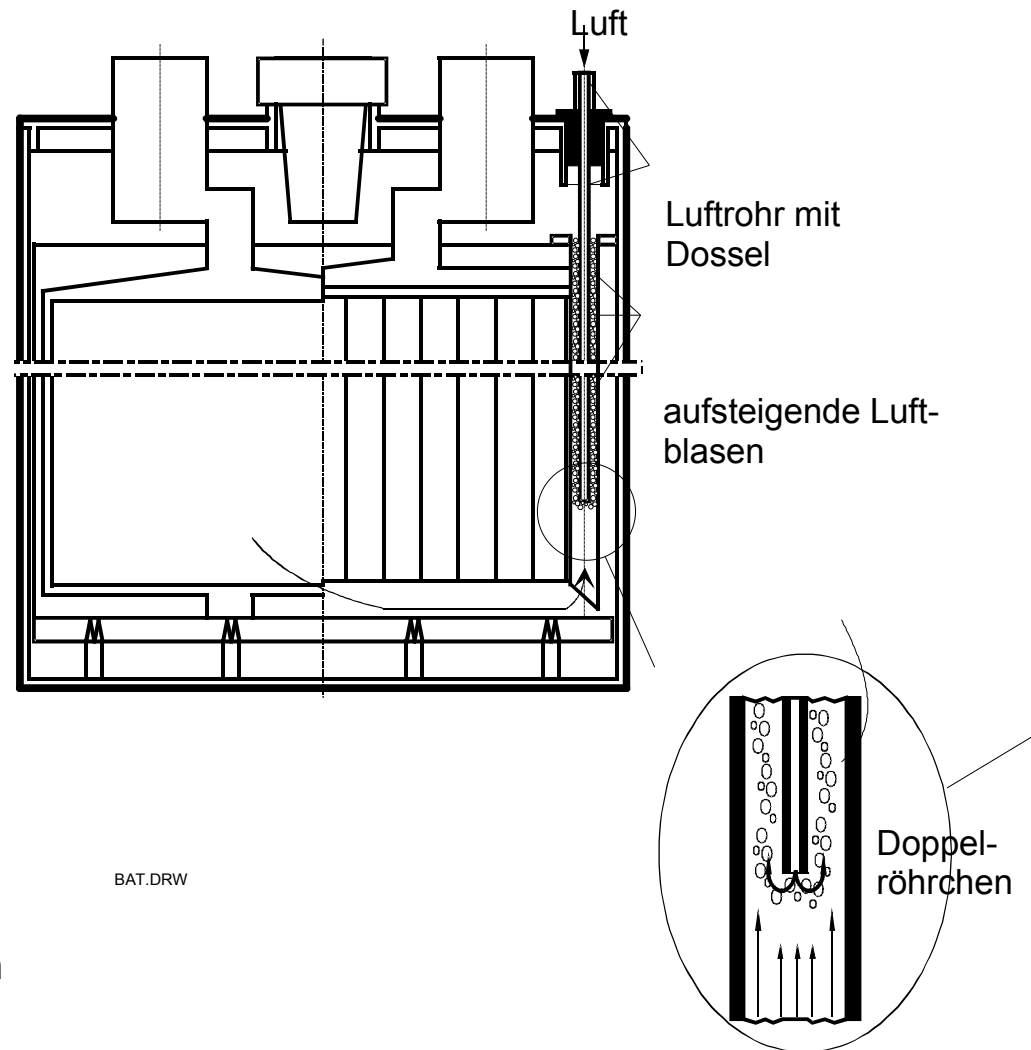


## Blockbatterien





## Aufbau eines Bleiakkumulators



Mit Vorrichtung zur Gaseinblasung  
zur Durchmischung des Elektrolyten



## Die wichtigsten Kennwerte einer Batterie

	z.B. bei Standardbatterie
Nennspannung	12V
Nennkapazität	-200 Ah
Ladeschlussspannung	14,5 V
Entladeschlussspannung	10,8 V

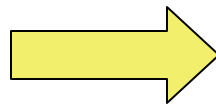


## Kapazität als Begriff für die Speicherfähigkeit eines Kondensators

$$C[\text{F}] = \frac{Q[\text{C}]}{U[\text{V}]} \Rightarrow \text{Einheit der Kapazität ist das Farad}$$

$$C \sim A$$

$$C \sim \frac{1}{l}$$



$$C = \varepsilon \frac{A}{l} \quad \text{mit} \quad \varepsilon = \varepsilon_r \cdot \varepsilon_0$$

$\varepsilon_0$  = absolute Dielektrizitätskonstante

$\varepsilon_r$  = relative Dielektrizitätskonstante (materialabhängig)

$$\varepsilon_0 = 8,8542 \cdot 10^{-12} \text{ [Farad/Meter]}$$



## Definition der Kapazität beim Kondensator

$$I = \frac{Q}{t} \quad Q = \text{Ladungsmenge} \quad \text{Einheit: Coulomb} \quad 1\text{C} = 1\text{Asec}$$

Wegen der Größe wird Batterieladung in Ah gemessen

$$1\text{Ah} = 3600\text{C}$$

Die Fähigkeit einer Batterie **Ladung** zu speichern wird auch **Kapazität** genannt

Nicht verwechseln mit der Kapazität eines Kondensators



## Vergleich der Kapazitätsbegriffe

### Kondensator

$$C[\text{F}] = \frac{Q[\text{C}]}{U[\text{V}]}$$

Beispiel großer Elektroltkondensator  
hat Kapazität von 100  $\mu\text{F}$

Bei 12 V kann dieser Kondensator also eine Ladung von 1,2 [mC] speichern ( $\Rightarrow 7,5 \cdot 10^{15}$  gespeicherte Elektronen)

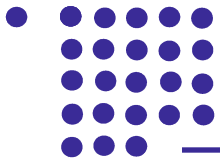
Trockenbatterie Typ AAA ca 3600 [C]

Blei-Akku: 100 [Ah]=360.000 [C]



## Grundlage für die Spannungserzeugung ist die elektrochemische Spannungsreihe

	Spannung in Volt
Lithium	-3,05
Wasserstoff (Proton)	-2,25
Zink	-0,76
Eisen	-0,44
Blei	-0,13
Silber	+0,8
Chlor	+1,36

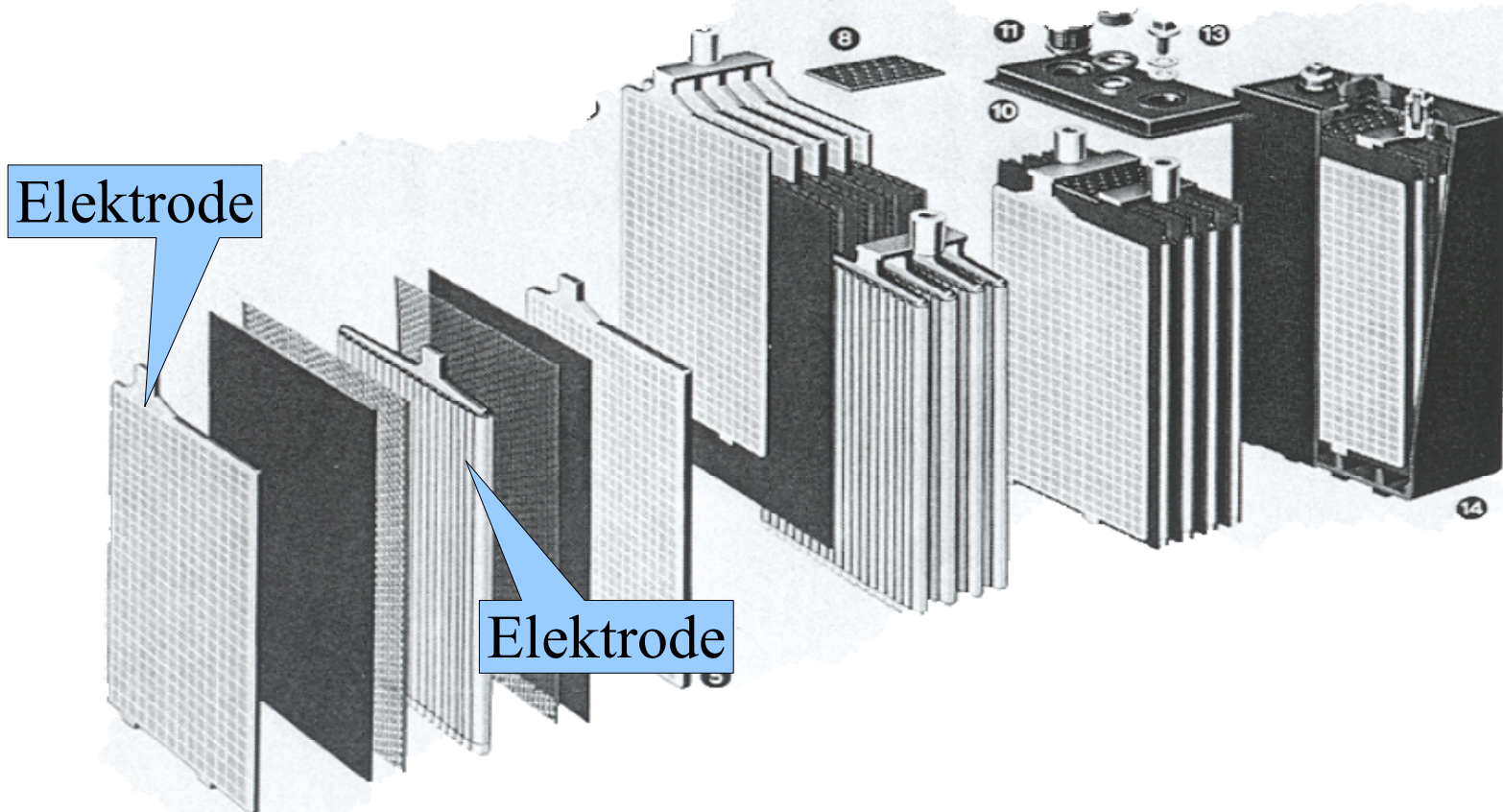


## Energiedichte in Batterien

Elektrode		Elektrolyt	Energiedichte in Wh/kg	
negative	positive		theoretisch	praktisch zweistündig
Pb	PbO <sub>2</sub>	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	167	20 bis 25
Cd	NiOOH	KOH	194	25 bis 33
Fe	NiOOH	KOH	267	20 bis 35
Zn	Ag <sub>2</sub> O	KOH	424	50 bis 100



## Aufbau einer Blei-Säure-Batterie







## Bildliche Darstellung der Chemie der Entlade und Ladevorgänge

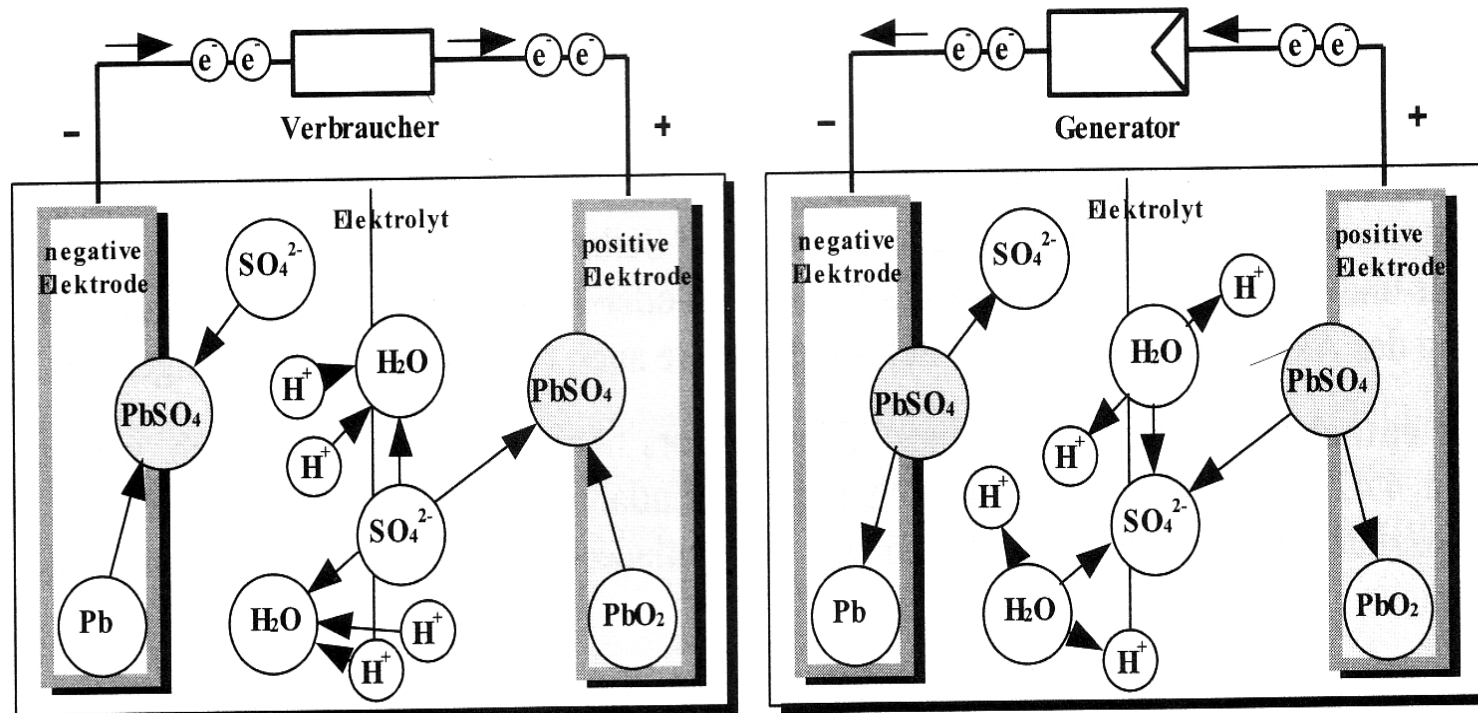


Bild 4.41 Vorgänge beim Entladen und Laden eines Bleiakкумуляtors



## Abhängigkeit der Spannung von den Batterieparametern

Theoretische Gleichung aus der Elektrochemie

$$U_0 = 2,047 + \frac{R \cdot T}{F} \cdot \ln \frac{\alpha_{\text{H}_2\text{SO}_4}}{\alpha_{\text{H}_2\text{O}}}$$

Empirische Gleichung

$$U_0 = \text{Dichte der Säure} + 0,84 \text{ bei } 20^\circ\text{C}$$

$$\rho_{20^\circ} = \rho_t + 7 \cdot 10^{-4} (t - 20)$$

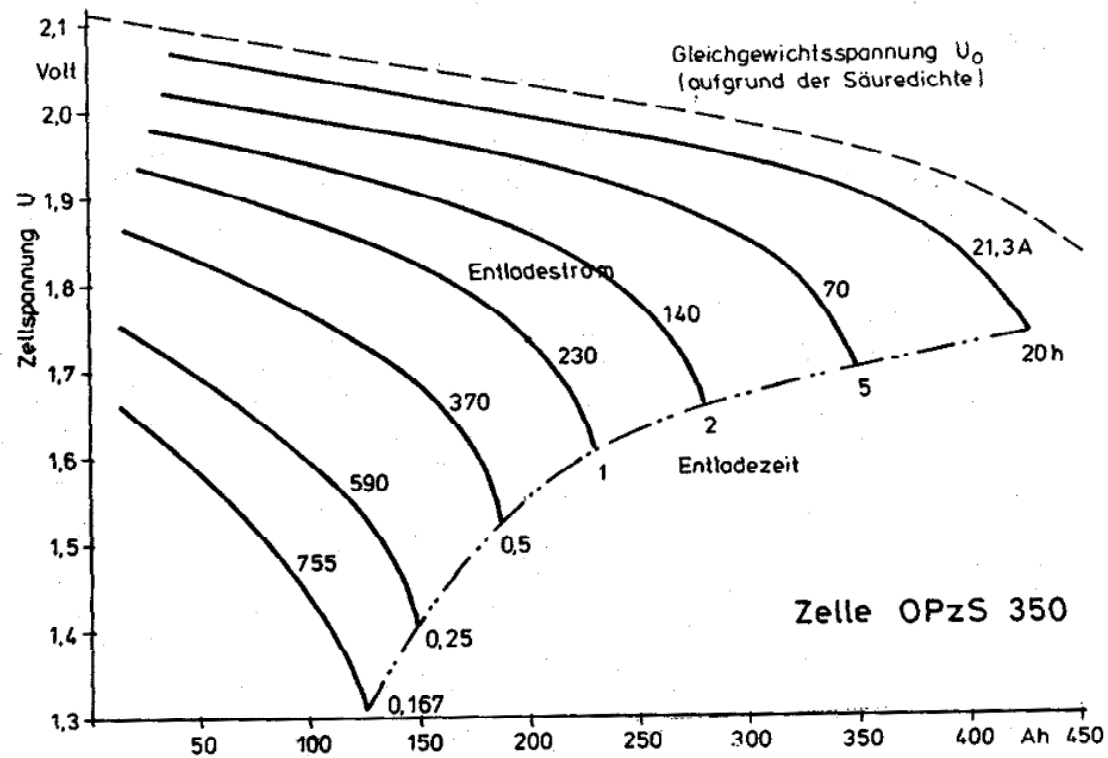


## Batterietypen und deren Eigenschaften

	Pb/Ca-Gitterzellen	Röhrchenplattenzelle konventionell	VARTA OPzS Pos Röhrchenpl Neg Gitterplatte	Gitterplattenzelle	VARTA Block	GroE
Erhaltungsladestrom pro 100 Ah	10-20 mA	50-400 mA	15-25 mA	25-45	25-35	20-30
Betriebszeit bis Wassernachfüllung	1 Jahr		3 Jahre	2 Jahre	3 Jahre	2 Jahre
Anwendung Überbrückungszeit	Stunden Minuten	Stunden	Stunden	Stunden Minuten Sekunden	Stunden Minuten Sekunden	Stunden Minuten Sekunden
Selbstentladung 7n % pro Monat	2	4-5	3	3	3	3
Erwartete Gebrauchdauer (Jahre)	20	10	15	10	15	20
Zyklische Belastbarkeit (75% Entladung) Ladefaktor 1,15	200	1000	1000	600	1000	Bei häufiger Belastung Rückgang 20%

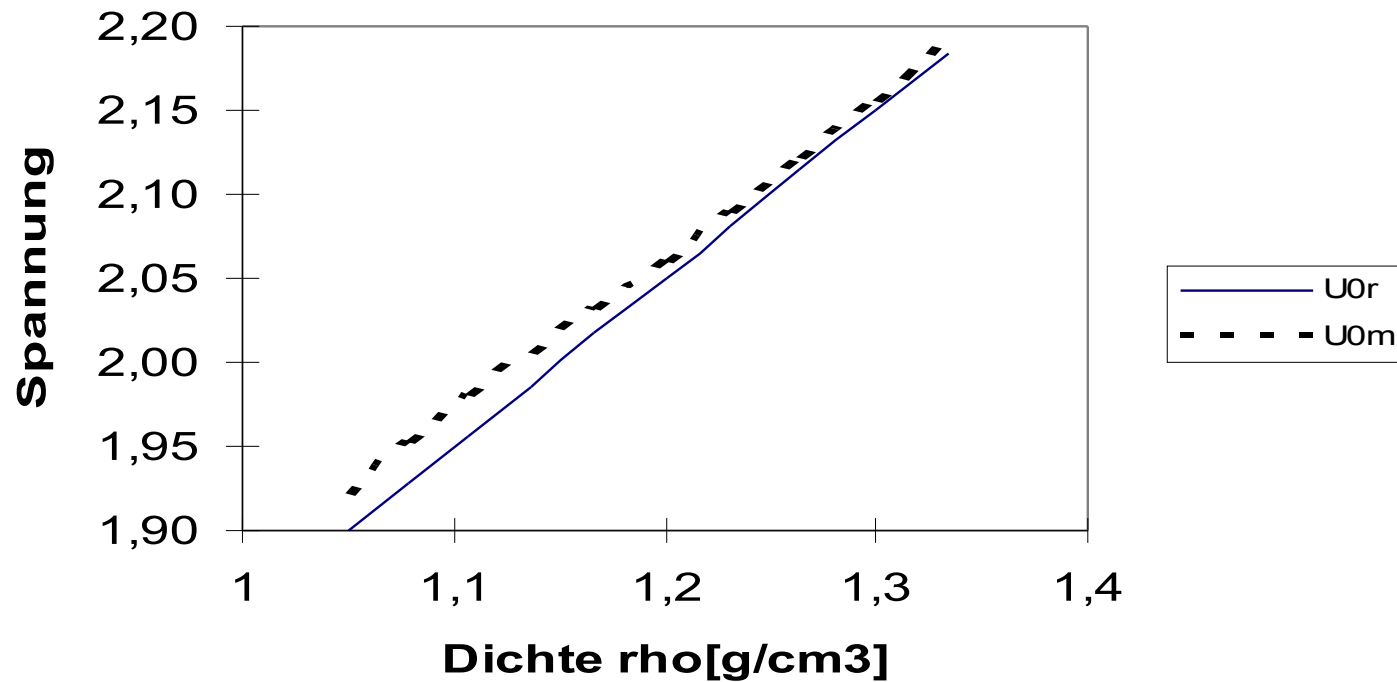


## Entladekurven für Bleiakku





## Berechnung der Spannung aus der Dichte Überprüfung der Näherungsformel





## Berechnung der Klemmenspannung

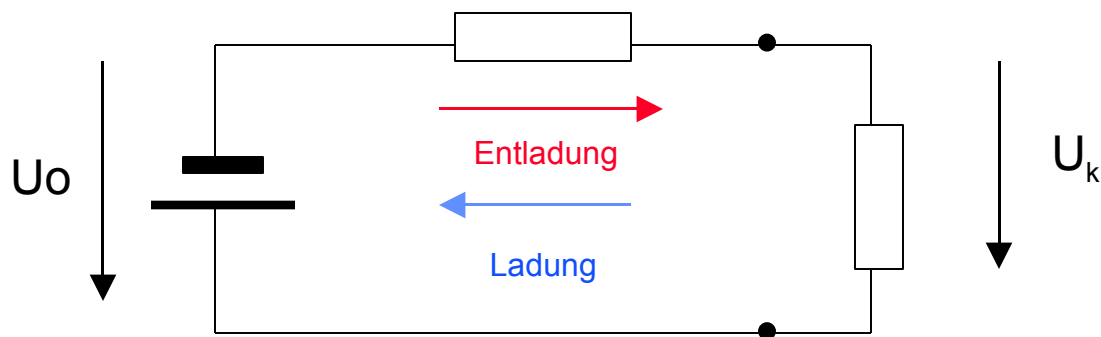
- Die tatsächliche Klemmspannung ist also:

$$U_{kl} = U_0 + R_i \cdot I \text{ bei Ladung}$$

- und bei Entladung

$$U_{kl} = U_0 - R_i \cdot I$$

Ersatzschaltbild





## Innenwiderstand einer Batterie

- **Der Widerstand einer Zelle ist aus mehreren Teilwiderständen aufgebaut, wie z.B.**
  - dem Gitterwiderstand
  - dem Übergangswiderstand zwischen Gitter und den aktiven Massen
  - dem Elektronenwiderstand im Massefeld
  - der Überspannung
  - dem Widerstand der freien Säure
  - dem Widerstand der Säure im Separator
- **Für den Gesamtwiderstand gilt folgende Faustformel:**

$$R'_i = c_r / K$$

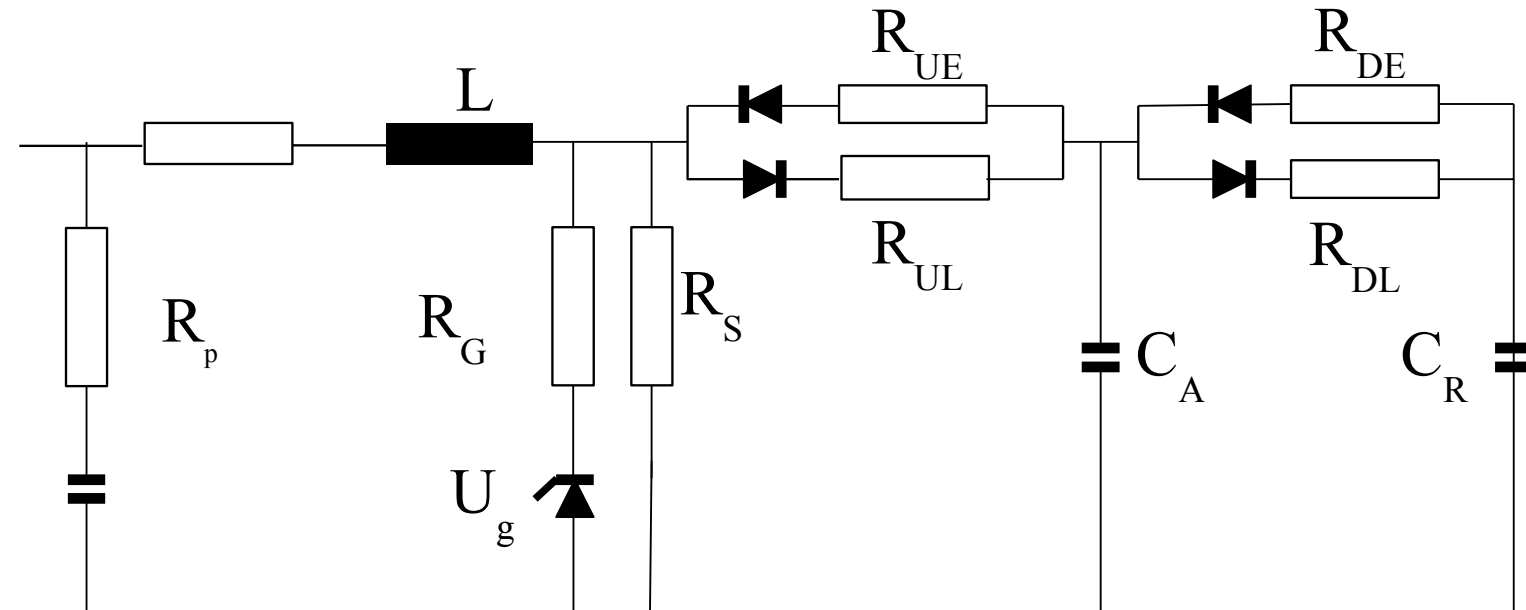


## Widerstandskennwerte Größe $c_r$ in $\Omega\text{Ah}$

Blei Akkumulatoren	
ortsfeste Zellen	
mit Großoberflächenplatten	0,19 bis 0,33
mit Panzerplatten	0,23 bis 0,58
Traktionszellen	
mit Gitterplatten	0,14 bis 0,17
mit Panzerplatten	0,14 bis 0,38
Starterbatterien	rund 0,1



## Detaillierteres Ersatzschaltbild (Modell nach Graetz)



$R_G$  = Gasungswiderstand

$R_p$  = Polarisationswiderstand

$C_R$  = Ruhekapazität

$C_p$  = Polarisationskapazität

$L$  = Induktivität

$C_A$  = Arbeitskapazität

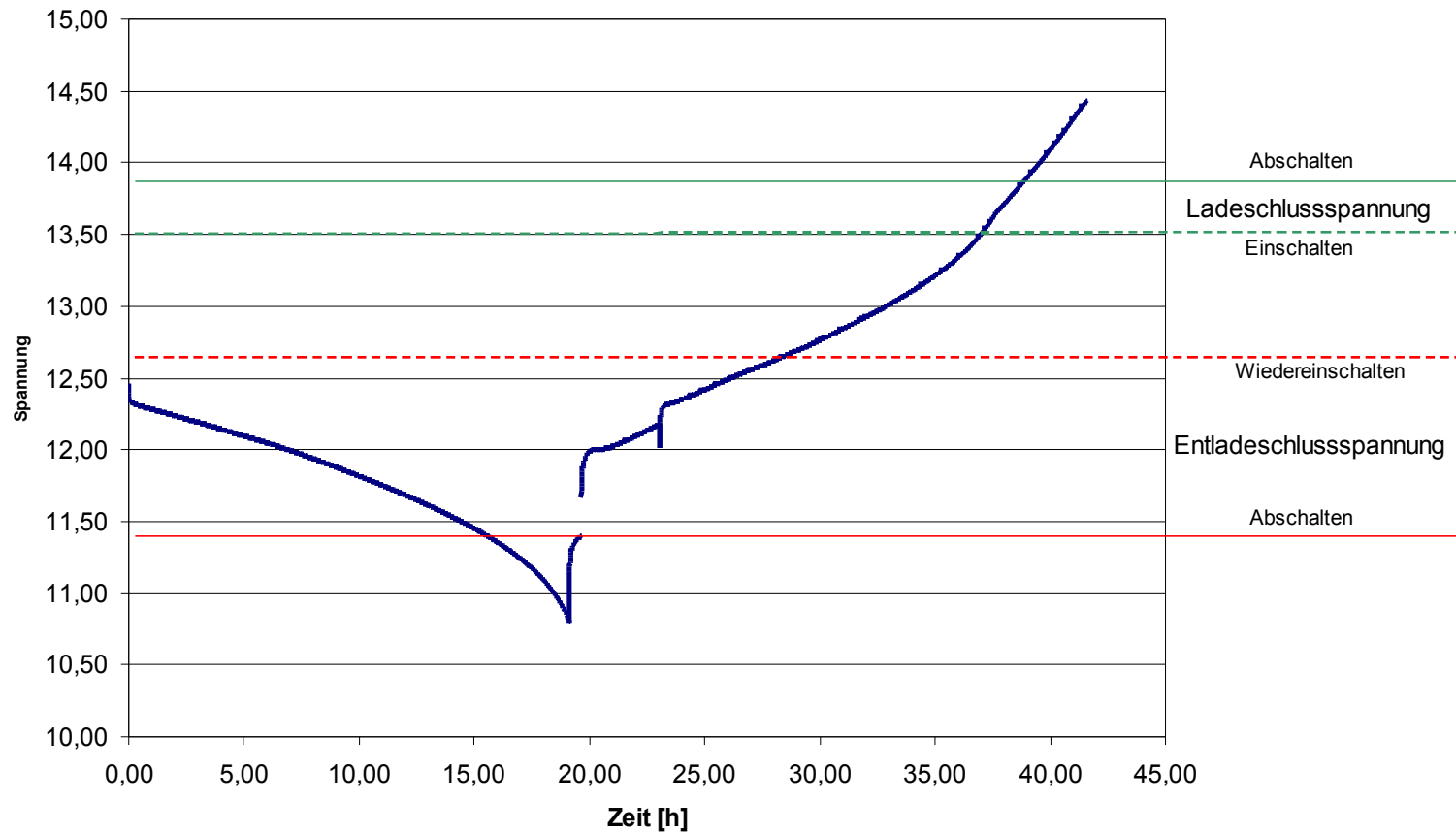
$U_G$  = Gasungsspannung

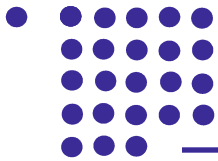
$R_{DE}$  = Diffusionswiderstand



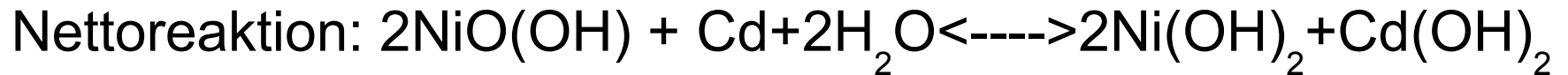
## Schaltswellen für Laderegler

Zyklus Entladung/Ladung





## Nickel Cadmium-Batterie



### Vorteile:

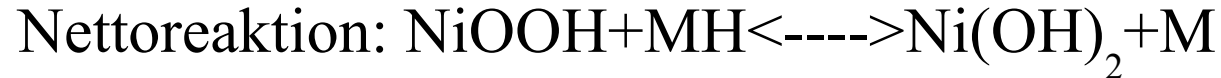
höhere Zyklenzahl  
größerer Betriebstemperaturbereich  
höhere zulässige Lade- und Entladeströme  
geringere Probleme mit Tiefentladung

### Nachteile:

Teuer  
Memory-Effekt  
giftiges Grundmaterial



## Nickel\_Metall-Hydrid-Akkus



### Vorteile:

höhere Energiedichte auch gegenüber NiCd,  
weniger giftig  
spannungskompatibel mit NiCd

### Nachteile:

hohe Selbstentladung (1%) pro Tag

Als Metalle werden Legierungen aus Nickel, Titan, Vanadium Zirkonium und Chrom verwendet



### Ladung Varta

