

Inhalt Klass.Phys.II “Elektrodynamik”

1. Elektrostatik
2. Dielektrika
3. Gleichstrom
4. Elektrische Leitungsmechanismen
5. Statische Magnetfelder
6. Induktion
7. Magnetismus in Materie
8. Wechselstrom
9. Elektromagnetische Wellen
10. \Rightarrow Optik, Teilchen, erste Quanteneffekte...

Zusammenfassung v04 vom 25. April 2013

Verschiebungsarbeit muss aufgebracht werden oder wird geleistet, wenn eine Ladung q im elektrischen Feld E bewegt wird:

$$dW = -\vec{F} \cdot d\vec{r} = -q\vec{E} \cdot d\vec{r}$$
$$W_{12} = - \int_{r_1}^{r_2} \vec{F} \cdot d\vec{r} = -q \int_{r_1}^{r_2} \vec{E} \cdot d\vec{r} \quad (7)$$

Demonstration: Beschleunigung eines Tischtennisballs im Plattenkondensator mit fortwährender Umladung bei den Berührungen; Elektron-Beschleuniger; elektrostatische Ablenkung von Teilchen.

Das elektrische Potenzial ist definiert als die Änderung der potenziellen elektrischen Energie (W_{12} in Gl. (7)) normiert auf die Ladungsmenge bei einer Verschiebung um ein Wegstück $d\vec{r}$ im Feld \vec{E} : $dU = dW_{el.}/q = -\vec{E} \cdot d\vec{r}$

Das Potenzial (die Potenzialdifferenz) zwischen zwei Punkten a, b ist entsprechend

$$\Delta U_{el.} = U_b - U_a = \frac{\Delta W_{el.}}{q} = - \int_a^b \vec{E} \cdot d\vec{r} \quad (8)$$

Zur Normierung wird meistens einer der beiden Orte ins Unendliche verlegt. Die Potenzialdifferenz zwischen zwei Orten

wird auch als Spannungsdifferenz bezeichnet; die normierte Potenzialdifferenz kurz als Spannung.

Das Potenzial (die skalare Potenzialfunktion) einer Punktladung ist

$$U = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q}{r} \quad (9)$$

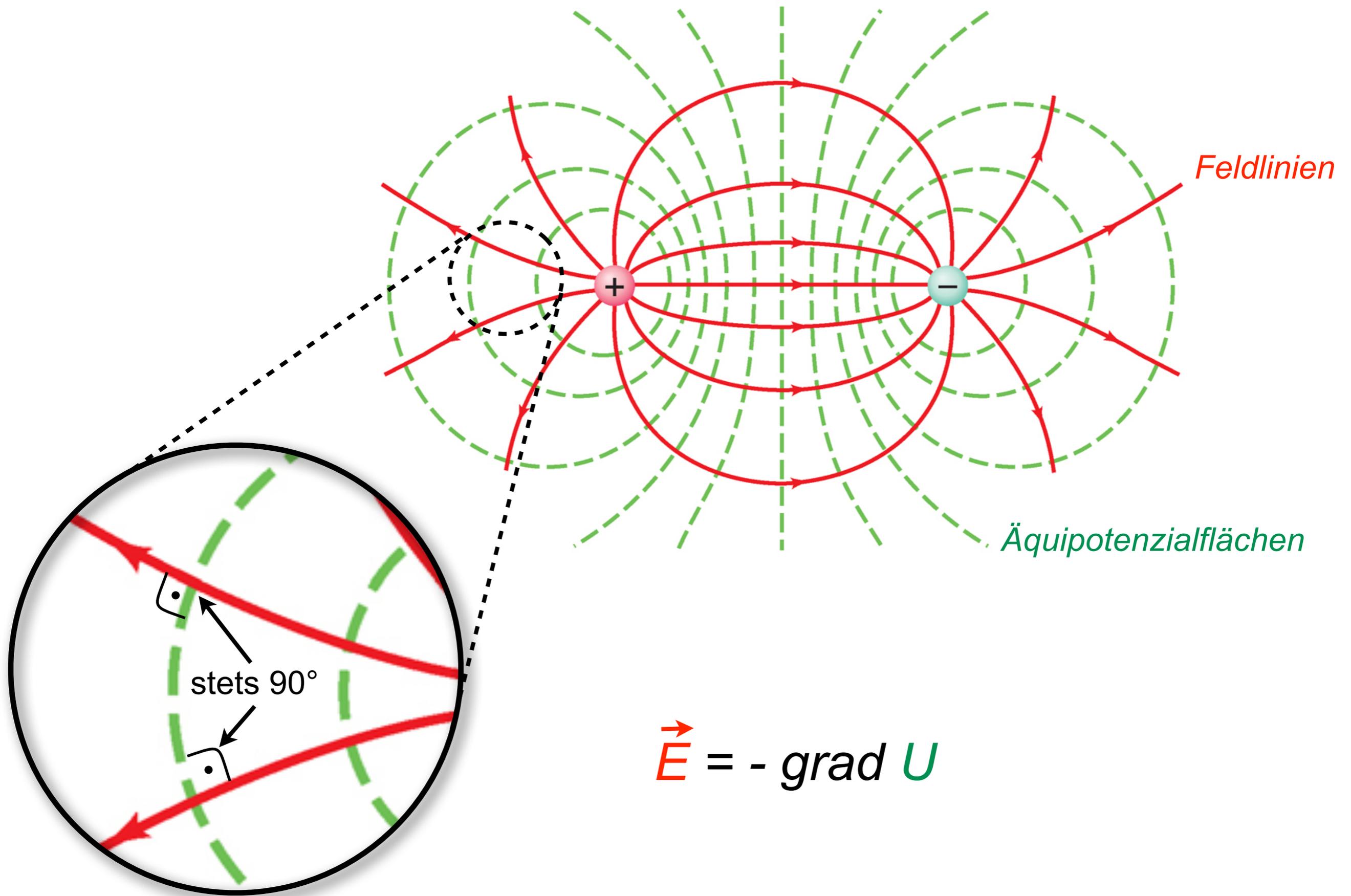
Gradientenbildung erlaubt den Wechsel von Potenzial zurück zum Feld:

$$grad U = \nabla U = \begin{pmatrix} \partial/\partial x \\ \partial/\partial y \\ \partial/\partial z \end{pmatrix} U = \begin{pmatrix} \partial U/\partial x \\ \partial U/\partial y \\ \partial U/\partial z \end{pmatrix} \quad (10)$$

Damit wird $\boxed{\vec{E} = -grad U}$; diese Differentialoperation kehrt die Integration in Gl. (8) um.

Äquipotenzialflächen sind Flächen mit konstantem Wert für das Potenzial, $\phi = const..$ Abbildungen zu Potenzial und E-Feld siehe Gerthsen/Physik.

Äquipotenzialflächen



Mathematischer Einschub:

$$\int_V \operatorname{div} \vec{F}(\vec{r}) dV = \oint_A \vec{F}(\vec{r}) \cdot d\vec{A} \quad (11)$$

Dies ist der Gauss'sche Satz für ein allgemeines Vektorfeld \vec{F} . Er überführt ein Volumenintegral von $\operatorname{div} \vec{F}$ über das Volumen V in ein Oberflächenintegral von \vec{F} über die das Volumen einschliessende Fläche A .

$$\operatorname{grad} G = \nabla G \quad (12)$$

$$\operatorname{div} \operatorname{grad} G = \Delta = \nabla^2 \quad (13)$$

$$\operatorname{div} \vec{F} = \nabla \cdot \vec{F} \quad (14)$$

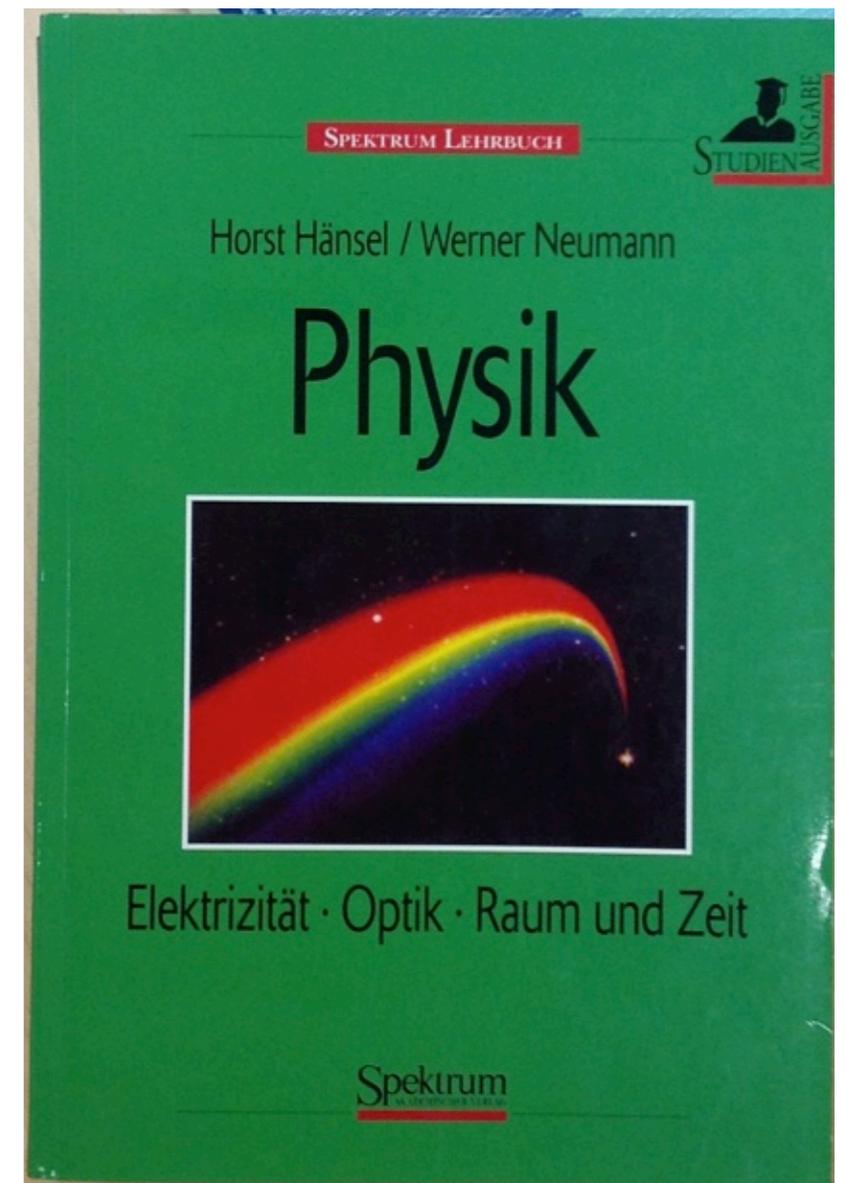
$$\operatorname{rot} \vec{F} = \nabla \times \vec{F} \quad (15)$$

Empfehlung für mathematische Werkzeuge:

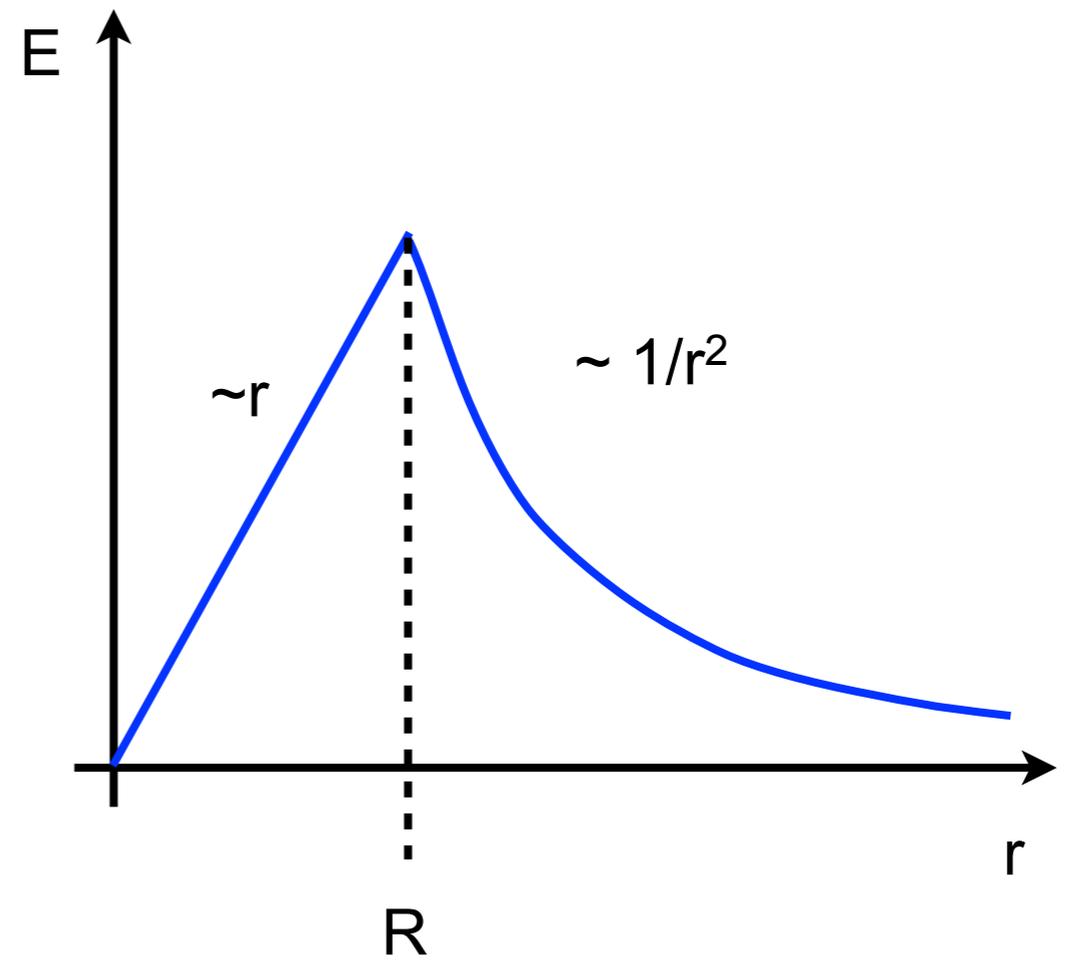
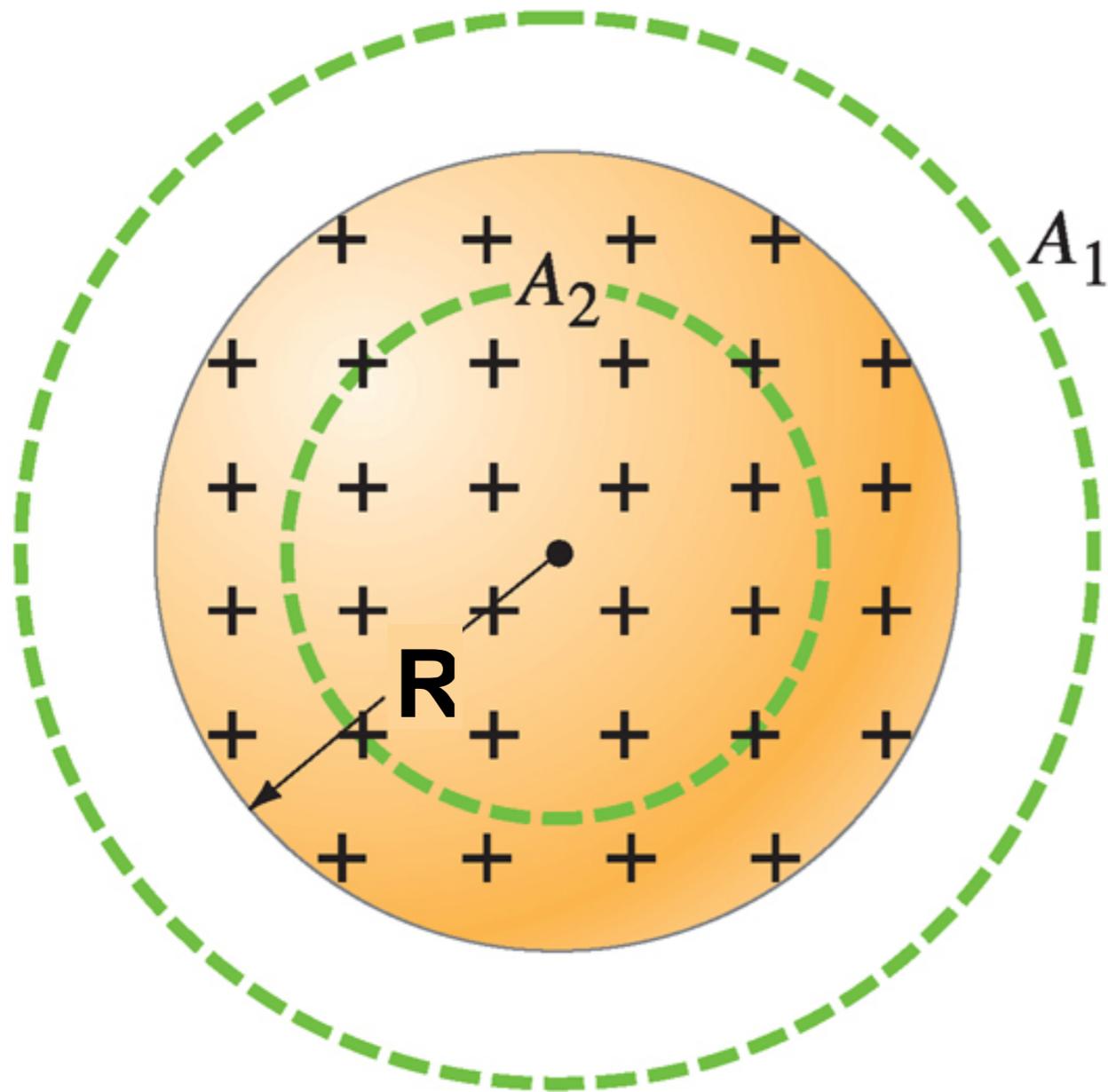
Horst Hänsel, Werner Neumann

Physik · Elektrizität · Optik · Raum und Zeit

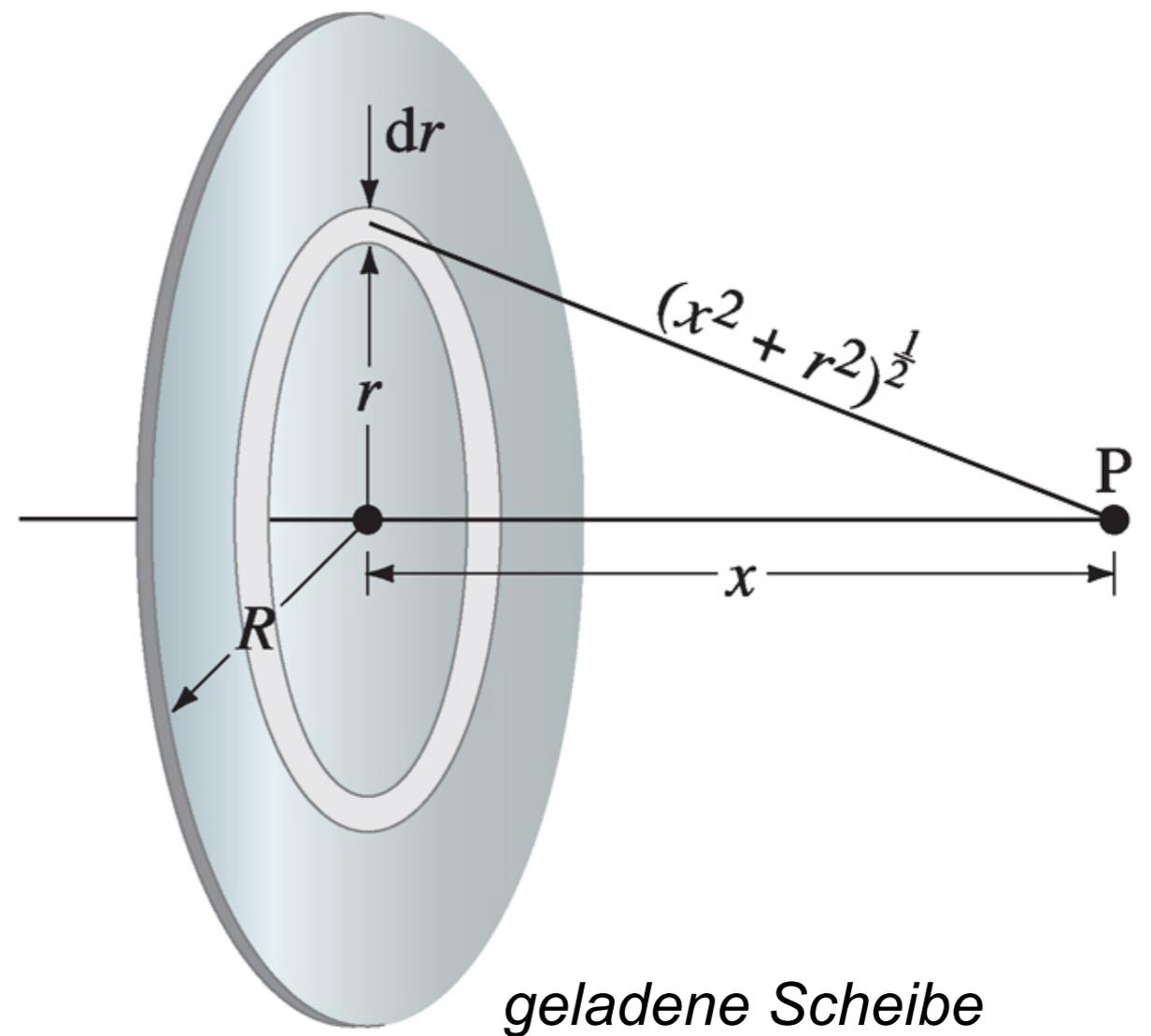
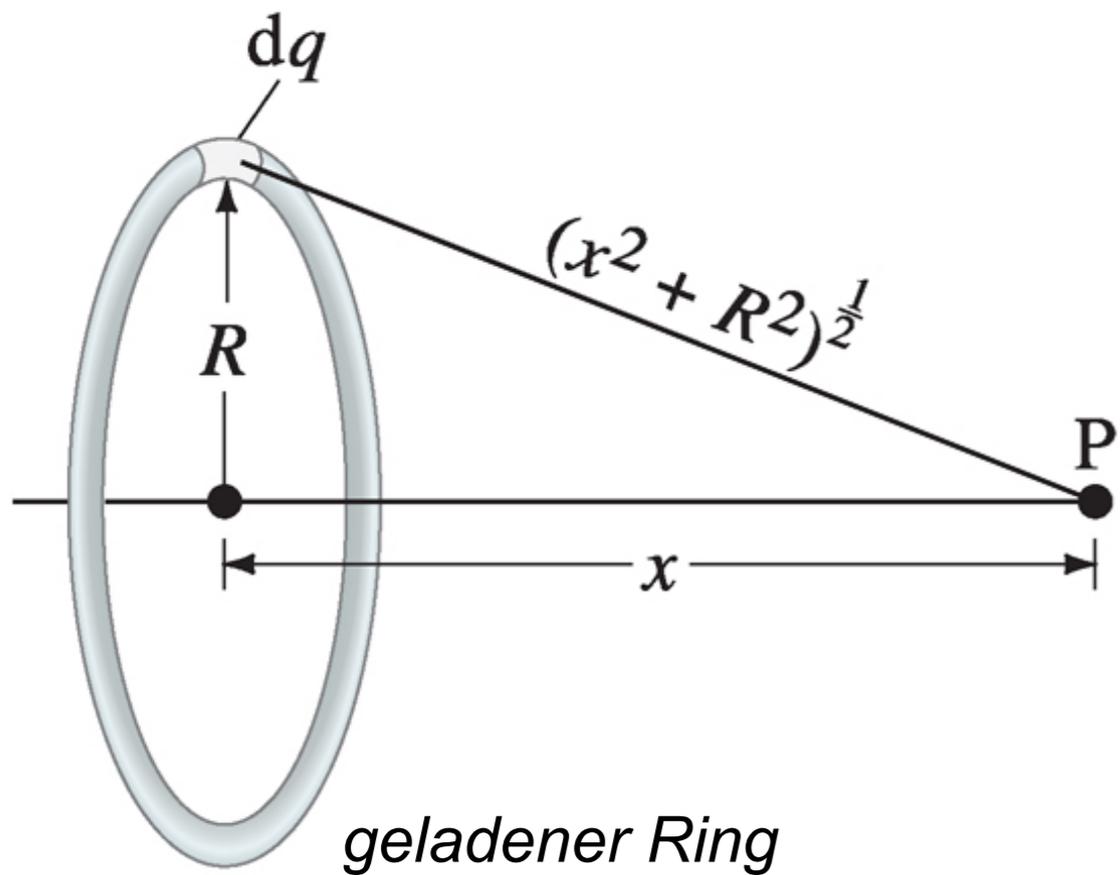
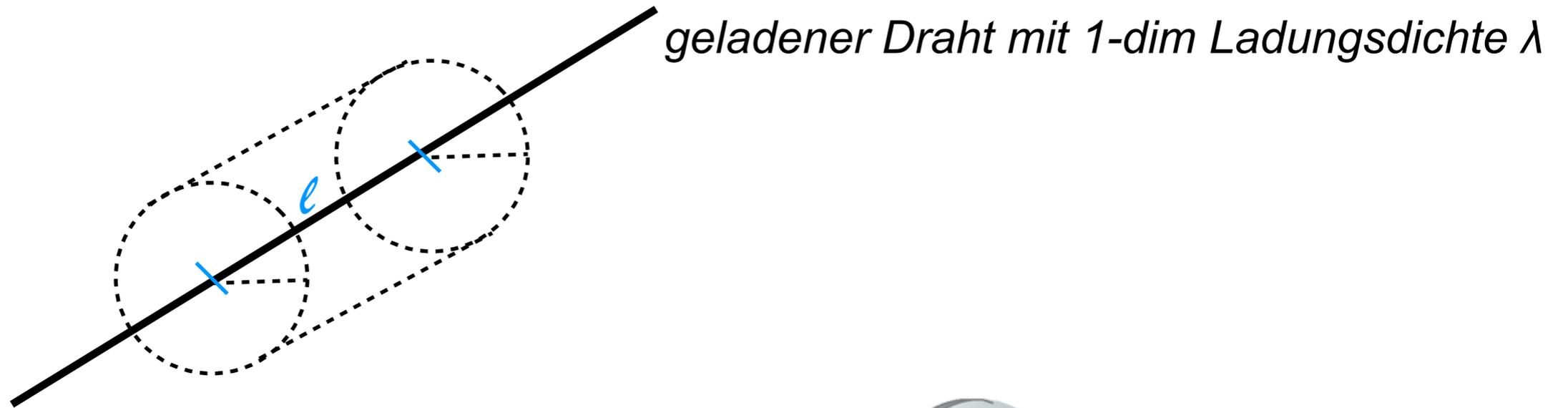
Spektrum-Verlag.



homogen geladene Kugel



elektrisches Potenzial ϕ kontinuierlicher Ladungsverteilungen



Bilder zu Potenzial und Feld aus Gerthsen/Physik

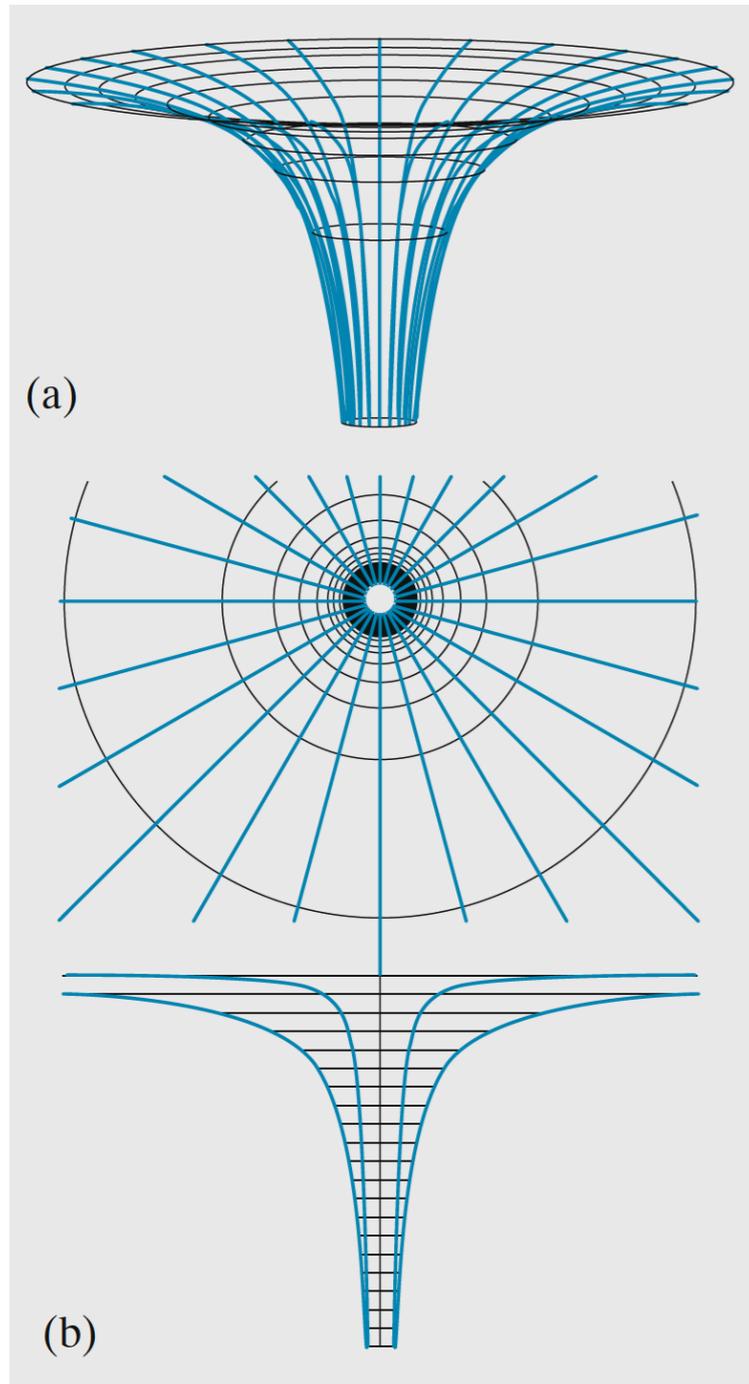


Abb. 6.7a,b. Potential einer Punktladung. Die Kreise (eigentlich Kugeln) sind Niveauflächen. Potential (—), Feldlinien (—)

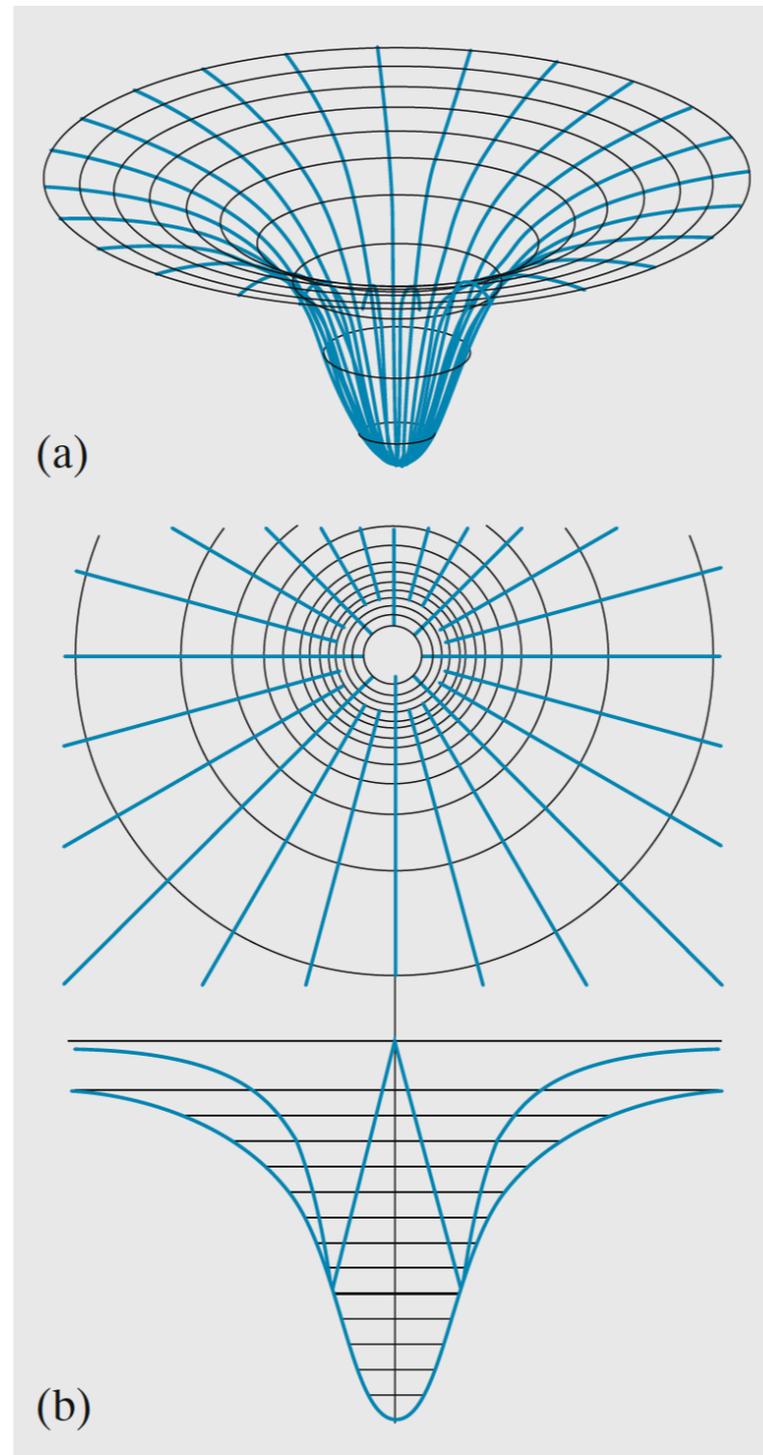


Abb. 6.18a,b. Potential und Feld einer gleichmäßig geladenen Kugel.
Außen: Coulomb-Potential $\sim 1/r$,
innen: Parabelpotential

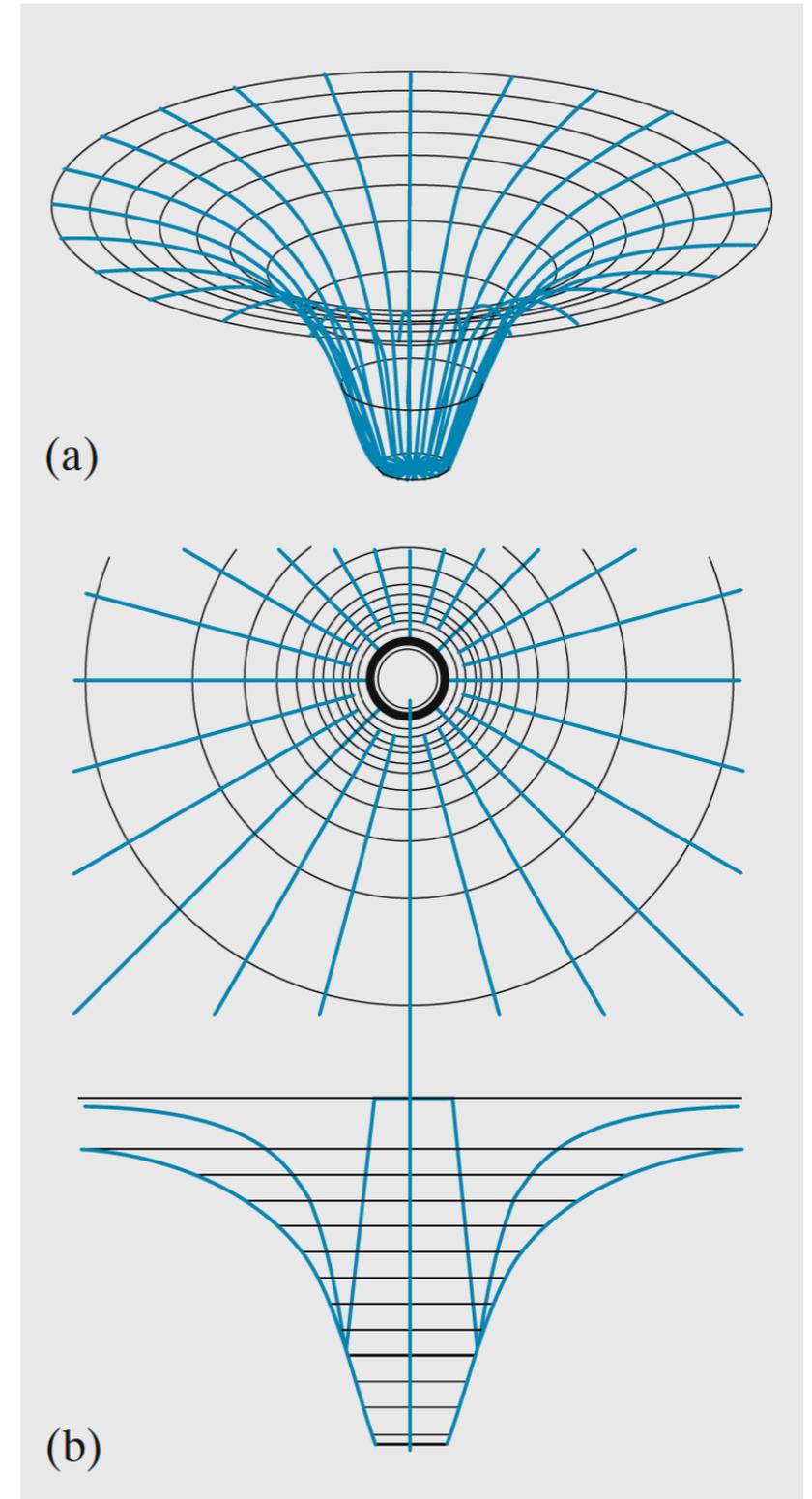


Abb. 6.20a,b. Potential und Feld einer geladenen Hohlkugel

Bilder zu Potenzial und Feld aus Gerthsen/Physik

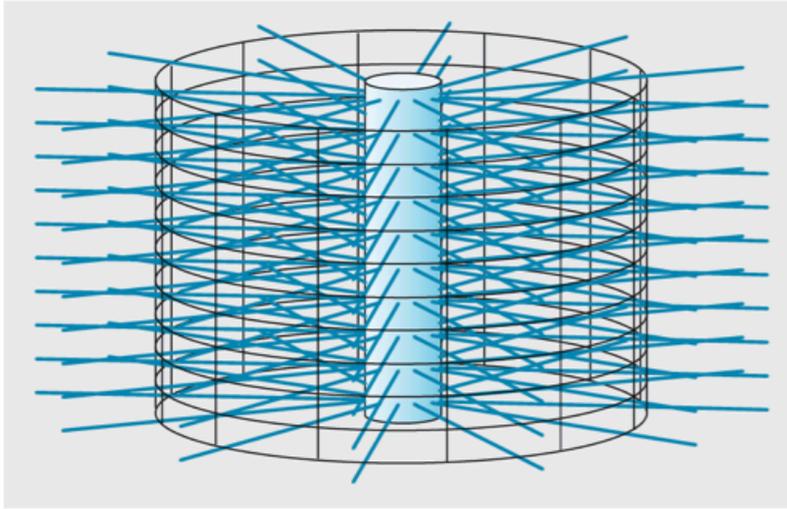


Abb. 6.21. Der Fluss durch jede Zylinderfläche gegebener Höhe um den geladenen Draht ist der gleiche. Daher nimmt das Feld wie $1/r$, das Potential wie $\ln r$ ab

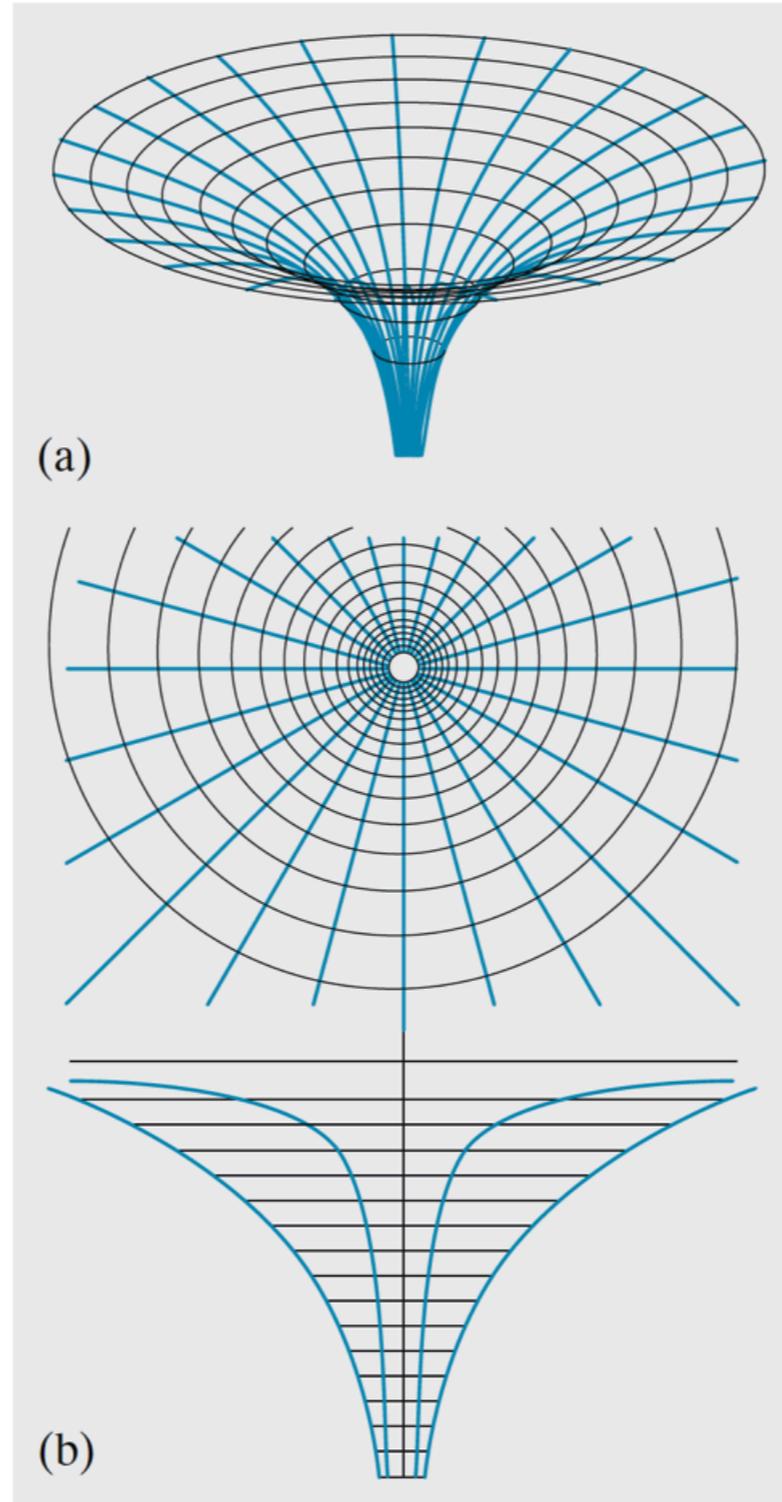


Abb. 6.22a,b. Potential und Feld eines geladenen Drahtes. Der Trichter ist viel flacher als ein $1/r$ -Trichter

Franck-Hertz-Versuch

“Wasserstoff-Atom”

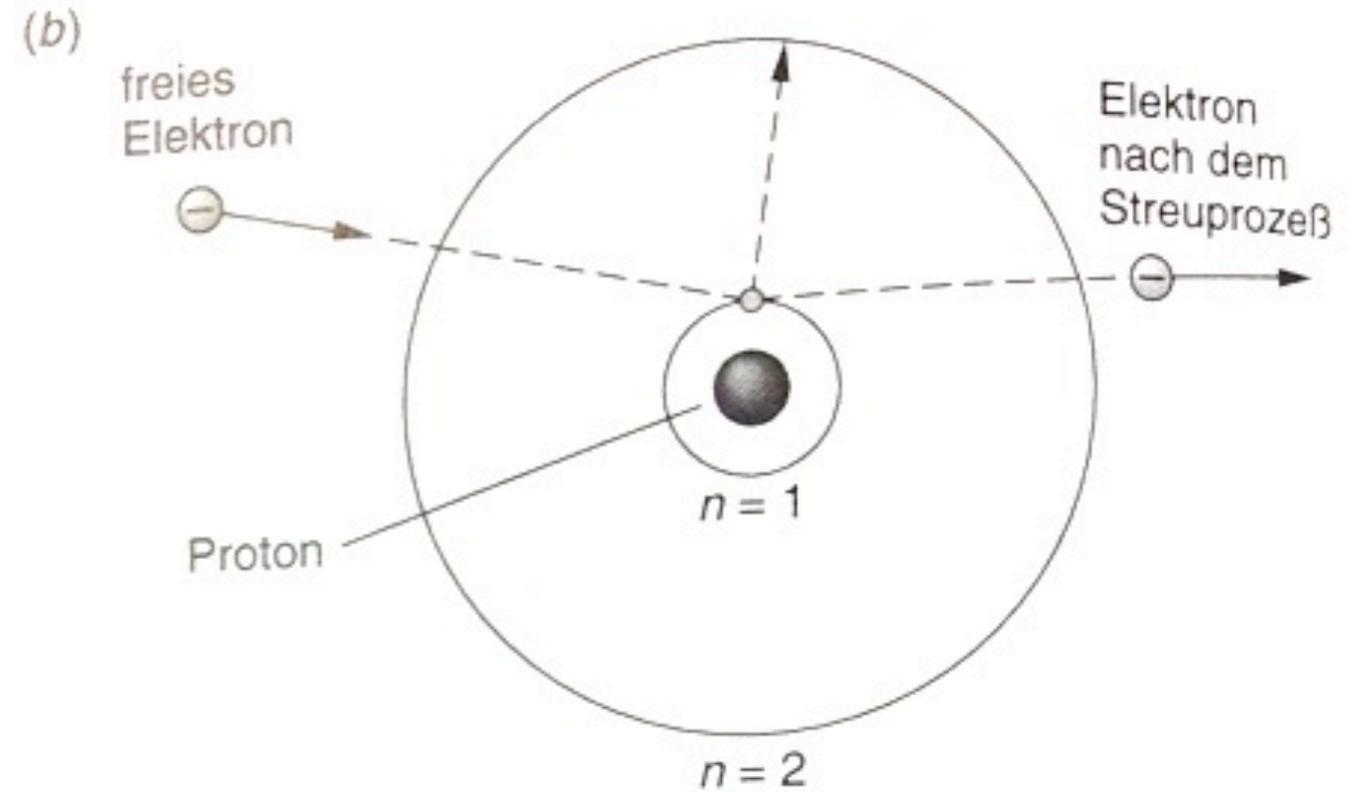
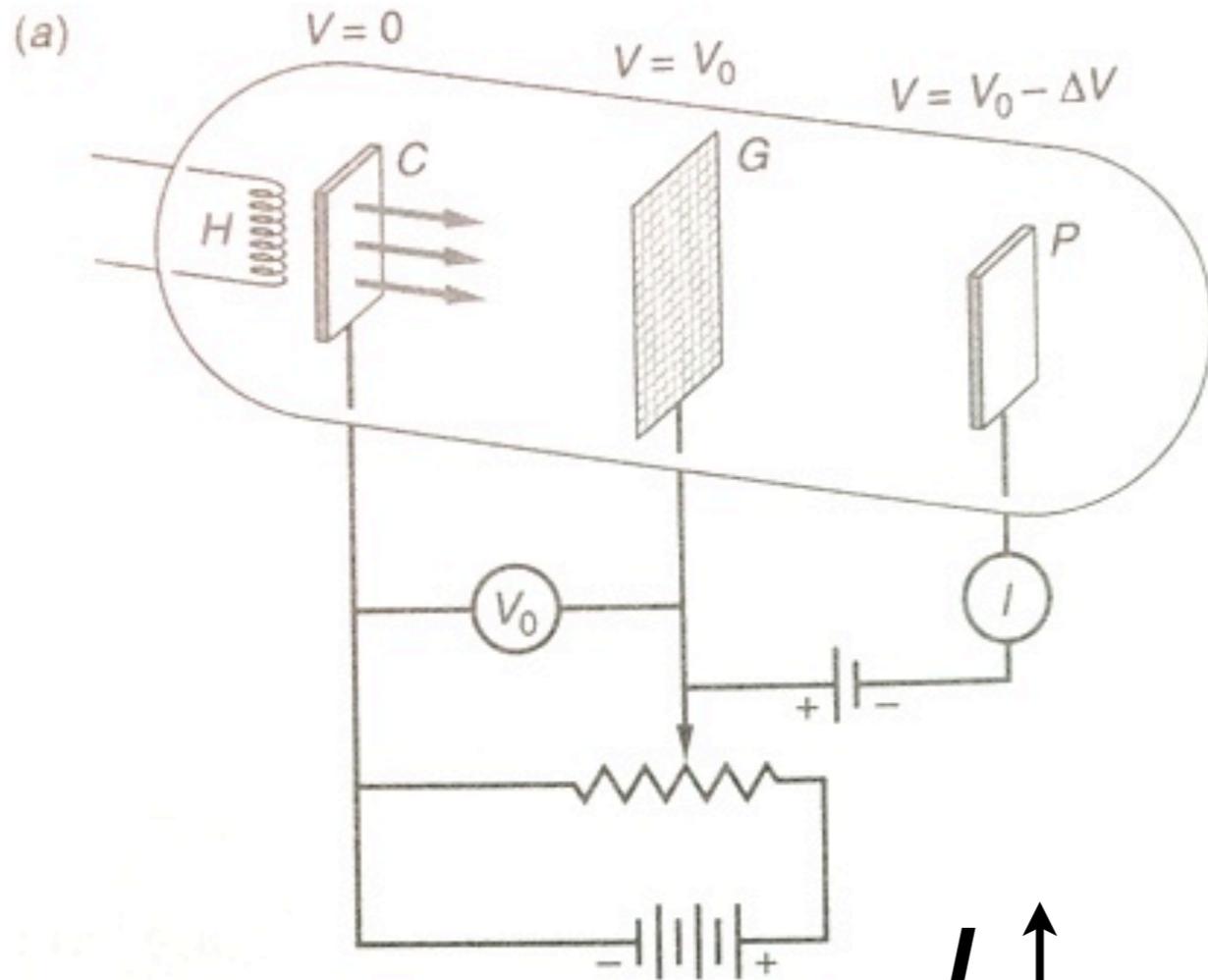


Abb. 4.20

$\Delta V = 10.2 \text{ V}$ für H_2
 $\Delta V = 4.9 \text{ V}$ für Hg

