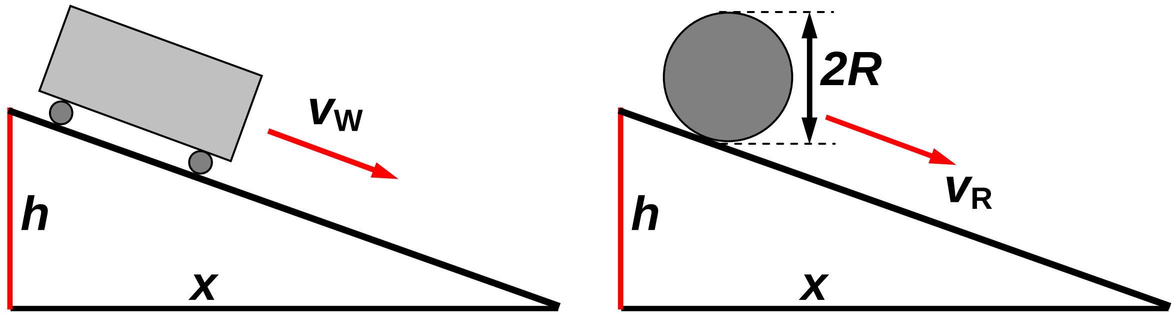
| Sommersemester 2013 | | Blatt 1 (von 3) |
|---|---|---|
| Studiengang: | BTB1 / CIB1 | Semester 1 |
| Prüfungsfach: | Physik 1 | Fachnummer: 1072 |
| Hilfsmittel: | Manuskript, Literatur, Taschenrechner | Zeit: 60 Minuten |

**Gesamtpunktzahl: 60**

**<u>Aufgabe 1:</u>** **Kugelbahn** **(25 Punkte)**

Ein Kind spielt mit seiner Kugelbahn. Es beobachtet, dass ein kleiner Wagen und eine Rolle nach Zurücklegen des jeweils gleichen Höhenunterschieds $h$ mit unterschiedlichen Geschwindigkeiten $v_R$ und $v_w$ am Ende ankommen, obwohl sie genau die gleiche Masse haben. Die Räder des Wagens sind so klein, dass ihre Masse gegen seine Gesamtmasse $m_W$ vernachlässigbar ist. Die Rolle besteht aus Material durchgehend konstanter Dichte.




Für eine erste Abschätzung werde die Bewegung der Objekte als reibungsfrei angenommen. Sie starten jeweils aus der Ruhe.

a) Welches Objekt kommt schneller unten an ? Bitte kurz begründen !

b) Hängt die Endgeschwindigkeit $v_R$ der Rolle von ihrem Radius $R$ ab ?

c) Welches Verhältnis $v_W/v_R$ haben die Geschwindigkeiten der Objekte am Bahnende ?

In Wirklichkeit muss die Rollreibung der Wagenräder auf der Bahn berücksichtigt werden.

d) Welche Beschleunigung wirkt auf den rollenden Wagen ?

e) Welche Geschwindigkeit hat der Wagen dann am Bahnende ?

*<u>Angaben</u>*

| | | | |
|---|---|---|---|
| *Höhenunterschied* | $h$ = 10 cm | *Masse Rolle* | $m_R$ = 100 g |
| *Horizontale Strecke* | $x$ = 80 cm | *Masse Wagen* | $m_W$ = 100 g |
| *Rollreibungszahl der Räder* | $\mu_r$ = 0,05 | *Radius Rolle* | $R$ = 5 cm |

*Massenträgheitsmoment Vollzylinder mit Radius R und Masse m:* $J = \frac{1}{2} m \cdot R^2$

***Lösungsvorschlag zu Aufgabe 1 Kugelbahn (H Käß)***

a) Beide Objekte haben gleiche Masse, der Höhenunterschied $h$ ist für beide gleich
=> Der **gleiche Betrag an Lageenergie** $E_{pot}$ wird in Bewegungsenergie umgewandelt
=> Wagen macht reine Translationsbewegung, $E_{pot}$ wird **vollständig** zu $E_{trans} = ½\, m \cdot v^2$
=> Rolle rotiert zusätzlich um Achse. $E_{pot}$ wird **nur zum Teil** in Translationsenergie $E_{kin}$ und zu einem zweiten Teil in Rotationsenergie $E_{rot}$ verwandelt, wobei $E_{pot} = E_{trans} + E_{rot}$
=> Bei der Rolle ist somit $\boldsymbol{E_{trans}}$ und daher auch die Endgeschwindigkeit $v$ **kleiner**
=> **Der Wagen kommt schneller unten an**.

b) Gesamte Bewegungsenergie $E_{kin} = E_{trans} + E_{rot} = ½\, m \cdot v_R^2 + ½\, J \cdot \omega_R^2$
$= ½\, m \cdot v_R^2 + ½\, ½\, m\, R^2 \cdot \omega_R^2$

wegen $v_R = \omega_R \cdot R$ ist damit $E_{kin} = ½\, m \cdot v_R^2 + ¼\, \mathrm{m} \cdot v_R^2 = ¾\, m \cdot v_R^2$

Mit dem Energieerhaltungssatz: $E_{pot} = m \cdot g \cdot h = ¾\, m \cdot v_R^2 = E_{kin}$

also $v_R^2 = 4 \cdot g \cdot h / 3$

$v_R = 2 \cdot \sqrt{(g \cdot h / 3)}$ **unabhängig vom Radius !**

c) EES für Wagen $E_{pot} = m \cdot g \cdot h = ½\, m \cdot v_R^2 = E_{kin}$

also $v_W = \sqrt{(2\, g \cdot h)}$ *(= 1,401 m/s)*

Rolle aus Teilaufgabe b) $v_R = \sqrt{(4\, g \cdot h / 3)}$ *(= 1,144 m/s)*

Verhältnis der Geschwindigkeiten $v_w / v_R = \sqrt{(3 / 2)} =$ **1,2247**

d) Beschleunigende Kraft auf Wagen $F_B = F_H - F_{roll} = m_W \cdot a$ *(= 0,073 N)*

mit Hangabtriebskraft $F_H = F_G \sin(\varphi) = m_W \cdot g \sin(\varphi)$ *(= 0,122 N)*

und Rollreibungskraft $F_{roll} = \mu_{roll} \cdot F_N = \mu_{roll} \cdot F_G \cos(\varphi) = \mu_{roll} \cdot m_W \cdot g \cos(\varphi)$

Neigungswinkel $\varphi$ $\tan \varphi = h / x = 1/8$ $\varphi = \arctan(1/8) = 7{,}125°$

Damit ist die Beschleunigung $a = F_B / \mathrm{m_W} = g\, [\sin(\varphi) - \mu_{roll} \cdot \cos(\varphi)]$

$= 9{,}81\, [0{,}124 - 0{,}05 \cdot 0{,}992]\ \mathrm{m/s^2} = \mathbf{0{,}730\ m/s^2}$

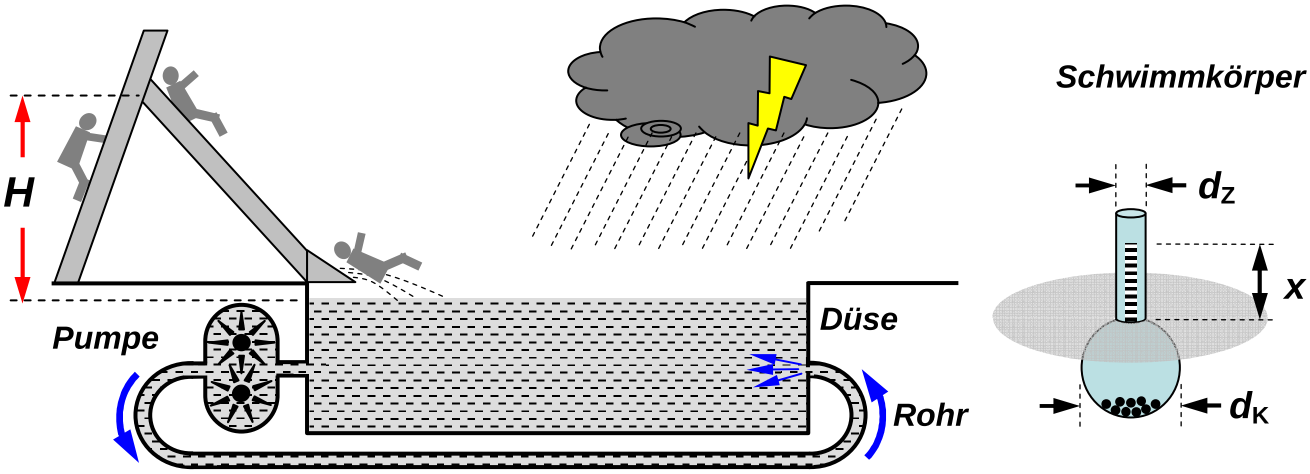
e) Konstant beschleunigte Bewegung, Start bei $v = 0$ m/s, Weg $s = \sqrt{h^2 + x^2} = 0{,}8062$ m

aus $s = ½\, a \cdot t^2$ folgt damit $t = \sqrt{(2\, s / a)} = \sqrt{(2 \cdot 0{,}806 / 0{,}73)}\ \mathrm{s} = 1{,}486$ s

Endgeschwindigkeit $v_W = a \cdot t = 0{,}730\ \mathrm{m/s^2} \cdot 1{,}486\ \mathrm{s} = \mathbf{1{,}0848\ m/s}$

| | |
|---|---|
| Sommersemester 2013 | Blatt 2 (von 3) |
| Studiengang: BTB1 / CIB1 | Semester 1 |
| Prüfungsfach: Physik 1 | Fachnummer: 1072 |

**Aufgabe 2:** **Freibad** **(20 Punkte)**




Ein Freibad hat als besondere Attraktion eine Wasserrutsche, ein Solebecken mit salzhaltigem Wasser und Massagedüsen. Nachfolgend werden einige Betriebsdaten betrachtet.

a) Zum Betrieb der Rutschbahn müssen 25 Liter Wasser pro Sekunde um die Höhe $H$ nach oben gepumpt werden. Welche mechanische Leistung ist dafür erforderlich ?

b) Das Schwimmbecken ist nicht ganz voll, da zieht ein Unwetter auf. Es liefert eine Regenmenge von 70 Liter/m$^2$. Das Becken läuft weder über noch fließt Regenwasser aus der Umgebung hinein. Wie weit steigt das Wasser im Becken durch den Regen an ?

Der Salzgehalt im Wasser wird mit einem Schwimmkörper gemessen. Er besteht aus einer Kugel mit Gewichtstücken und einem zylindrischen Aufsatz.

c) Welche Gesamtmasse muss der Schwimmkörper haben, damit sein kugelförmiger Teil in Salzwasser gerade vollständig eintaucht (siehe Skizze oben rechts) ?

d) Um welche Länge $x$ taucht dieser Schwimmkörper dann in reinem Wasser tiefer ein ?

Nachfolgend wird eine reibungsfreie Strömung durch die kreisrunde Düse angenommen.

e) Das Wasser strömt mit 2 m/s aus der Düse. Welchen Druck muss die Pumpe liefern ? Wie groß sind der Volumenstrom und die erforderliche mechanische Pumpleistung ?

*Angaben*

| | | | |
|---|---|---|---|
| $H$ = 8 m | *Hubweg Wasser für Rutschbahn* | $d_K$ = 20 cm | *Durchmesser Kugel* |
| | | $d_Z$ = 3 cm | *Durchmesser Aufsatz* |
| $d_D$ = 8 mm | *Innendurchmesser Düse* | $\rho_W$ = 1,000 g/cm$^3$ | *Dichte reines Wasser* |
| $d_R$ = 30 mm | *Innendurchmesser Rohr* | $\rho_S$ = 1,025 g/cm$^3$ | *Dichte Salzwasser* |

***Lösungsvorschlag zu Aufgabe 2 Freibad (H Käß)***

a) Leistung $P_{mech} = \Delta E_{Hub} / \Delta t = m \cdot g \cdot H / t = \rho \cdot g \cdot H \cdot V / t$

$= 1000\ \mathrm{kg/m^3} \cdot 9.81\ \mathrm{m/s^2} \cdot 8\ \mathrm{m} \cdot 25 \cdot 10^{-3}\mathrm{m^3} / 1\ \mathrm{s}$ **= 1962 W** = 1,96kW

b) Regenmenge: Volumen $V$ / Fläche $A$ $= A \cdot h / A = h$ (Steighöhe $h$)

$= 70$ Liter / 1 m² $= 70 \cdot 10^{-3}\mathrm{m^3} / 1\ \mathrm{m^2} = 70 \cdot 10^{-3}\mathrm{m}$ **= 70 mm**

c) Gewichtskraft = Auftriebskraft $F_G = F_A$

also im Salzwasser $m_{ges} \cdot g = \rho_S\, V\, g = \rho_S\, (4/3)\, \pi\, (d_K / 2)^3 \cdot g$

die Masse des Körpers ist damit $m_{ges} = \rho_S\, (4/3)\, \pi\, (d_K / 2)^3$

$= 1025\ \mathrm{kg/m^3}\, (4/3)\, \pi\, 0{,}1^3\ \mathrm{m^3}$ = **4,293 kg**

d) Von der Kugel verdrängtes Wasser $m_K = \rho_W\, V = \rho_W\, (4/3)\, \pi\, (d_K / 2)^3$

$= 1000\ \mathrm{kg/m^3}\, (4/3)\, \pi\, 0{,}1^3\ \mathrm{m^3}$ = **4,189 kg**

Im Gleichgewicht sind aber 4,293 kg Wasser zu verdrängen. Der Aufsatz muss so weit eintauchen, dass er weitere $\Delta m$ = (4,293 – 4,189) kg = 104 g Wasser verdrängt.

Mit Zylinderquerschnitt $A$z folgt $\Delta m = \rho_W \cdot A_Z \cdot x$

somit ist die Eintauchtiefe $x$ $\quad x = \Delta m / (\rho_W \cdot A_Z) = \Delta m\, 4 / (\rho_W \cdot \pi\, d_Z^2)$

$= 4 \cdot 0{,}104\ \mathrm{kg} / (1000\ \mathrm{kg/m^3} \cdot \pi \cdot 3^2 \cdot 10^{-4}\ \mathrm{m^2})$

**= 0,147 m** = 14,7 cm

e) Bunsengesetz $v = \sqrt{2\Delta p / \rho}$ $\quad \Delta p = ½\, \rho \cdot v^2$ *(folgt aus Bernoulligleichung)*

$= ½ \cdot 1000\ \mathrm{kg/m^3} \cdot 2^2\ \mathrm{m^2/s^2} = 2000\ \mathrm{N/m^2}$

= **2000 Pa** = 0,02 bar

Volumenstrom $\Delta V/\Delta t = A \cdot v = \pi\, d_D^2 \cdot v =$

$= \pi\, 4^2 \cdot 10^{-6}\ \mathrm{m^2}\ 2\ \mathrm{m/s}$ = $\mathbf{1{,}0053\ 10^{-4}\ m^3/s}$

**= 0,1 Liter / s**

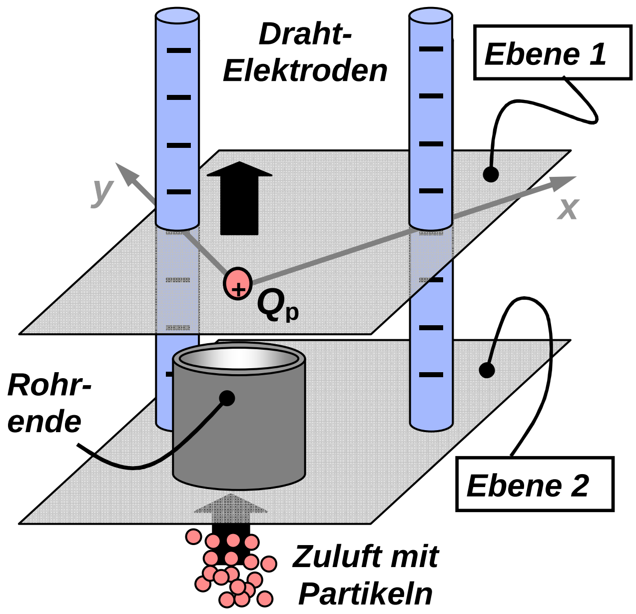
Pumpleistung: $P = \Delta p \cdot \Delta V / \Delta t = 2000 \cdot 1{,}0053\ 10^{-4}\ \mathrm{m^3/s\ N/m^2}$

= **0,201 W**

| Sommersemester 2013 | Blatt 3 (von 3) |
|---|---|
| Studiengang: BTB1 / CIB1 | Semester 1 |
| Prüfungsfach: Physik 1 | Fachnummer: 1072 |

**Aufgabe 3:** **Staubfilter** **(15 Punkte)**

Abgas wird oft mit Elektrofiltern von Feinstaub gereinigt. Die zuvor positiv aufgeladenen ($Q_p$) Staubpartikel bewegen sich darin an Draht-Elektroden vorbei. Die elektrische Kraftwirkung entfernt sie dabei aus dem Gasstrom (Skizze).




*Angaben*

| | |
|---|---|
| *Elementarladung* | $e = 1{,}602\cdot10^{-19}$ C |
| *Influenzkonstante* | $\varepsilon_0 = 8{,}854\cdot10^{-12}$ As/(Vm) |
| *Partikelladung* | $Q_p = +2\cdot10^4\, e$ |
| *Drahtladung* | $Q_d = -1\cdot10^{-6}$ C |
| *Abstand* $\overline{Q_p\,Q_d}$ | $a = 4$ cm |
| *Partikelmasse* | $m_p = 2\cdot10^{-12}$ kg |

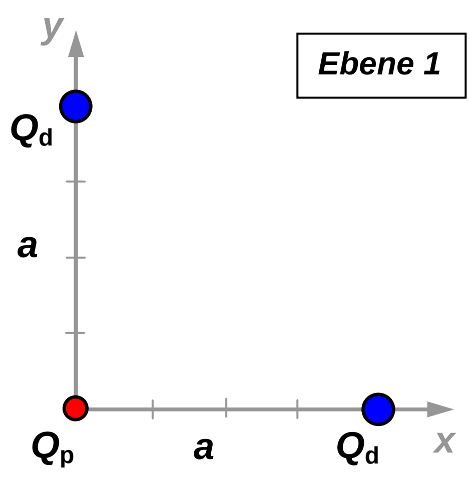
Zuerst wird das Filter im Schnitt in *„Ebene 1"* betrachtet. Die Drähte sind durch zwei gleich große negative Punktladungen $Q_d$ ersetzt.

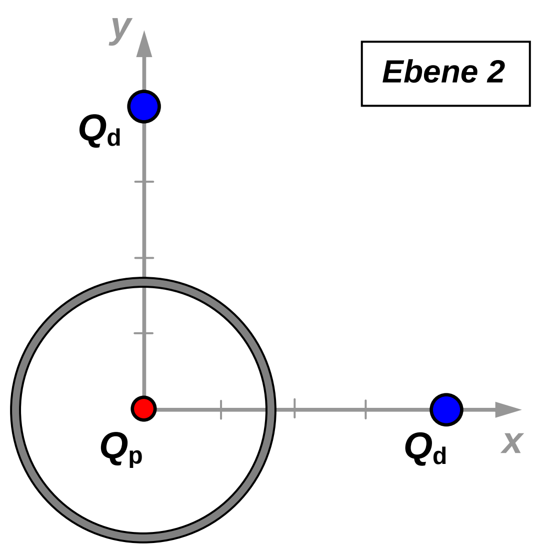
a) Zeichnen Sie den Verlauf der Feldlinien des E-Felds unten in die Skizze *„Ebene 1"* ein.

b) Welchen Betrag und welche Richtung hat die aufgrund des E-Felds der beiden Punktladungen $Q_d$ entstehende resultierende Kraft auf ein Partikel der Ladung $Q_p$ ?

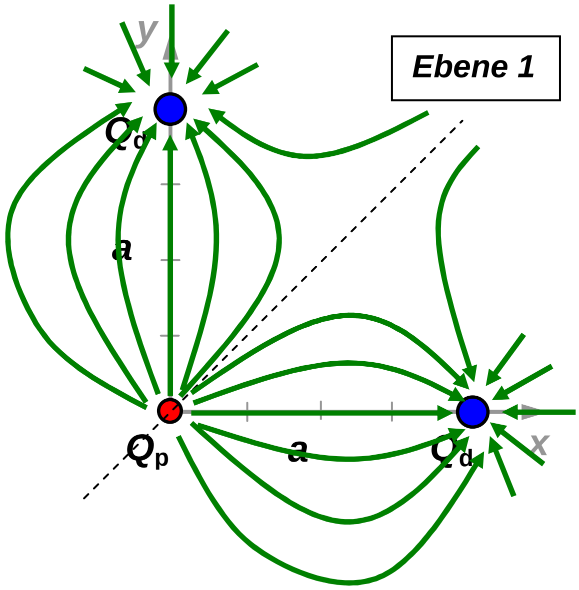
Nun wird das Filter im Schnitt in *„Ebene 2"* betrachtet. Sie schneidet das metallische Zuluftrohr. Ein Partikel mit der positiven Ladung $Q_p$ befindet sich gerade in der Rohrmitte.

c) Zeichnen Sie den Verlauf der Feldlinien des E-Felds unten in die Skizze *„Ebene 2"* ein.



***Lösungsvorschlag zu Aufgabe 3 Staubfilter (H Käß)***




a) Feldlinien

**Verbinden $Q_p$ und $Q_d$**, meist gebogen, sind **symmetrisch** zur 1. Winkelhalbierenden

**Weitere Feldlinien** laufen direkt zu den $Q_d$

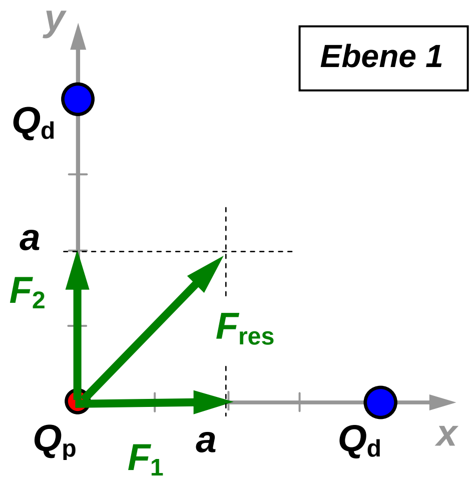
**Orientierung** von + nach – und **ohne** gegenseitige **Überkreuzung**

b) Coulombkraft $F_1$ zwischen $Q_P$ und einer der beiden Ladungen $Q_d$ :

$F_1 = 1/(4\,\pi\cdot\varepsilon_0)\ Q_p\cdot Q_d\ /\ a^2$

$= 1\ \mathrm{Vm}\ /(4\,\pi\cdot 8{,}854\cdot 10^{-12}\mathrm{As})\ 2\cdot 10^4\cdot 1{,}602\cdot 10^{-19}\cdot 10^{-6}\ \mathrm{C}^2\ /\ 16\cdot 10^{-4}\ \mathrm{m}^2$

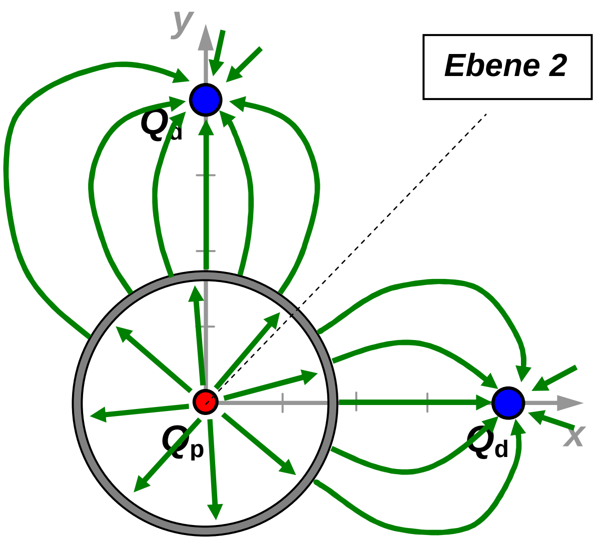
$= 1{,}7998\cdot 10^{-8}\ \mathrm{N}$




Die anziehenden Kräfte $F_1$ und $F_2$ zwischen $Q_p$ und den $Q_d$ sind beide vom Betrag her gleich groß, stehen aber senkrecht aufeinander. Sie sind nach den Regeln der Vektoraddition zur resultierenden Kraft $F_{res}$ zu addieren.

$F_{res}$ hat die Richtung der **1. Winkelhalbierenden** (Winkel von +45° gegen x-Achse)

$|F_{res}| = \sqrt{F_1^2 + F_2^2} = \sqrt{2}\cdot|\,F_1\,| = \mathbf{2{,}545\cdot 10^{-8}\ N}$




c) Feldlinien stehen **senkrecht** auf Metall

Im **Innenraum** des Metallrohrs ist das elektrische Feld **radialsymmetrisch**.

Im **Außenbereich** laufen die Feldlinien wie zwischen der Ladung auf einer **Kugel** und weiteren **Punktladungen**

Im Außenbereich alles **symmetrisch** zur 1. Winkelhalbierenden