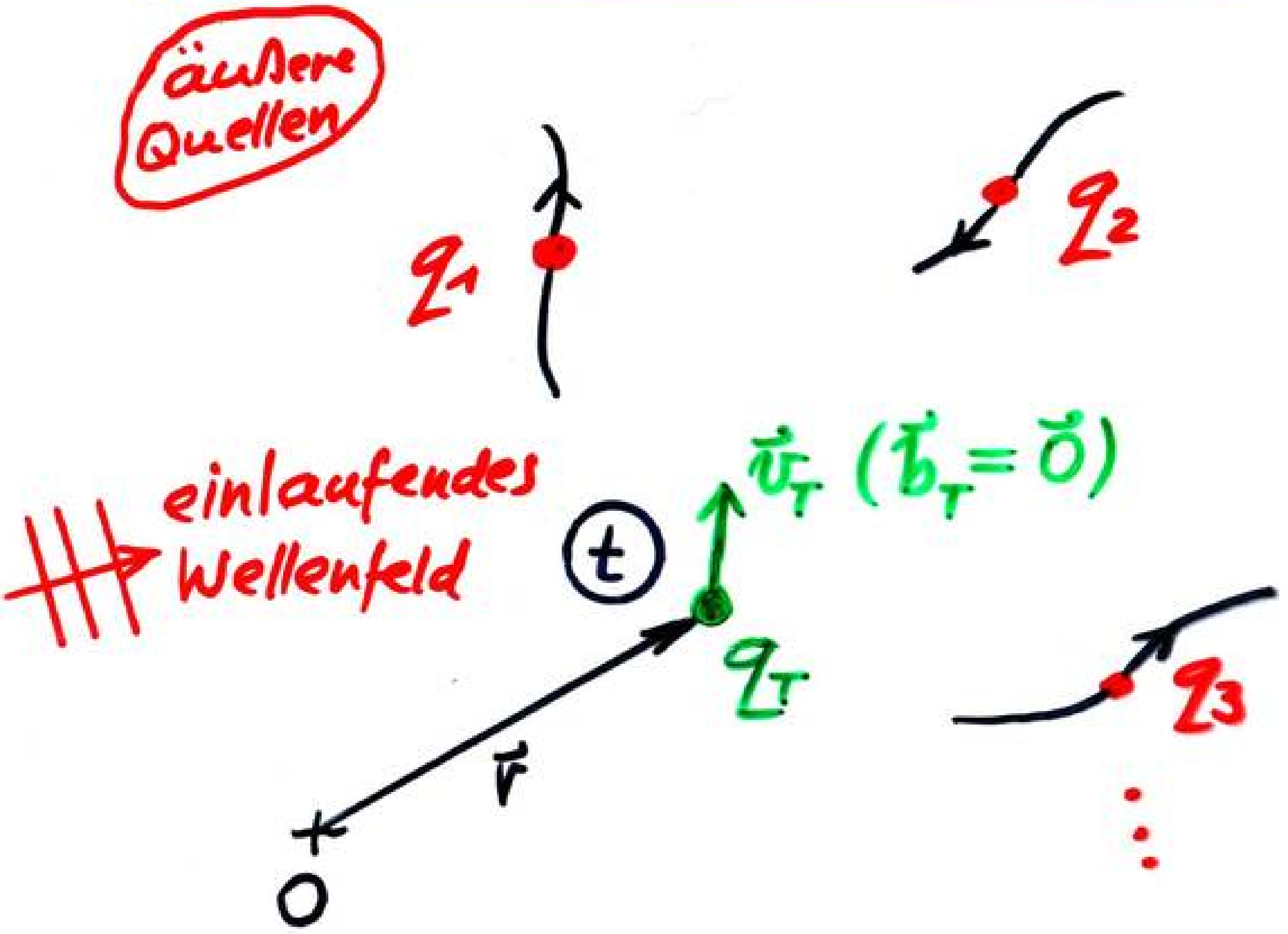
KRAFTGESETZ

1) Kraft auf Testladung ("Meßvorschrift" für Systemfeld)



$$\vec{K}_T = q_T \left[\vec{E}(\vec{r},t) + \frac{\vec{v}_T}{c} \times \vec{B}(\vec{r},t)\right]$$

Linearität der FG:

$$\vec{E}(\vec{r},t) = \sum_{b=1}^{N} \vec{E}_b(\vec{r},t) + \vec{E}^{(ex)}(\vec{r},t) + \vec{E}^{(ein)}(\vec{r},t)$$

$$\vec{B}(\vec{r},t) = \sum_{b=1}^{N} \vec{B}_b(\vec{r},t) + \vec{B}^{(ex)}(\vec{r},t) + \vec{B}^{(ein)}(\vec{r},t)$$

$\vec{E}_b, \vec{B}_b$ verursacht von $\rho_b, \vec{j}_b$, $\vec{E}^{(ex)}, \vec{B}^{(ex)}$ verursacht von $\rho^{(ex)}, \vec{j}^{(ex)}$

d.h. geeignete Lösung der Mx-Gln. mit Quellen $\rho_b, \vec{j}_b$ (allein):

$\vec{E}_{b,ret}$, $\vec{B}_{b,ret}$

d.h. geeignete Lösung der Mx-Gln. mit Quellen $\rho^{(ex)}, \vec{j}^{(ex)}$ (allein):

$\vec{E}^{(ex)}_{ret}$, $\vec{B}^{(ex)}_{ret}$

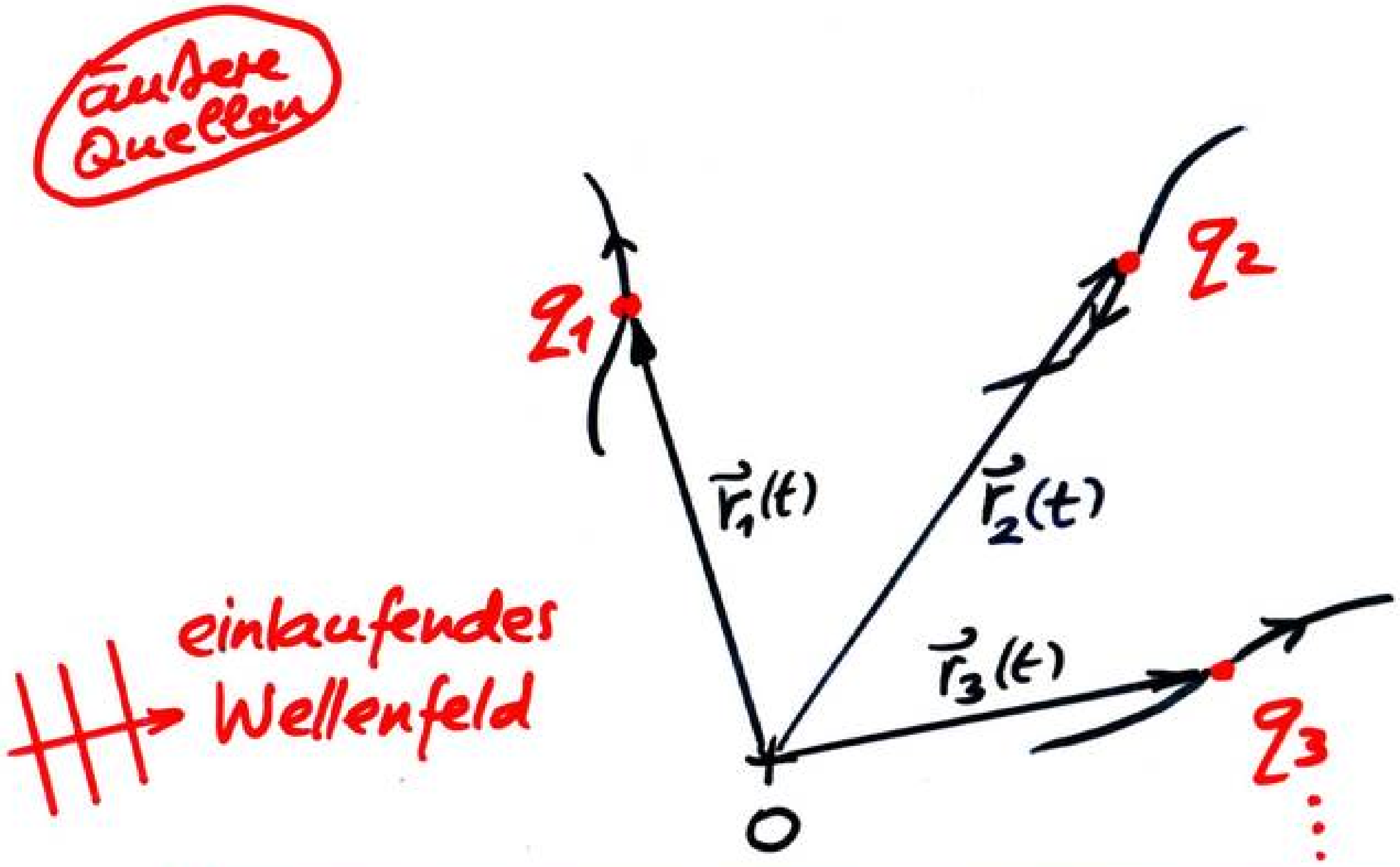
$\vec{E}^{(ein)}, \vec{B}^{(ein)}$ (vorgegebenes) Wellenfeld (Lösung der homogenen Mx-Gln.)

$$
\boxed{
\begin{aligned}
&\vec{K}_T = q_T \left[\vec{E}(\vec{r},t) + \frac{\vec{v}_T}{c} \times \vec{B}(\vec{r},t) \right] \\
\text{mit}\quad &\vec{E}(\vec{r},t) = \sum_{b=1}^{N} \vec{E}_{b,ret}(\vec{r},t) + \vec{E}^{(ex)}_{ret}(\vec{r},t) + \vec{E}^{(ein)}(\vec{r},t) \\
&\vec{B}(\vec{r},t) = \sum_{b=1}^{N} \vec{B}_{b,ret}(\vec{r},t) + \vec{B}^{(ex)}_{ret}(\vec{r},t) + \vec{B}^{(ein)}(\vec{r},t)
\end{aligned}
}
$$

keine Selbstkraft ; $\vec{E}_{b,ret}, \vec{B}_{b,ret}, \left[\vec{E}^{(ex)}_{ret}, \vec{B}^{(ex)}_{ret} \; ; \; \vec{E}^{(ein)}, \vec{B}^{(ein)}\right]$ gleich wie wenn q_T nicht $\exists$ würde (keine Rückwirkung auf System)

$\vec{K}_T$ Summe von Lorentzkrafttermen (Kraft "von Ladung q_1" auf q_T + Kraft "von Ladung q_2" auf q_T, ... + Kraft "von Ladung q_N" auf q_T + Kraft "der äußeren Quellen" auf q_T + Kraft auf q_T durch das einl. Wellenfeld), wobei für die Teilfelder der im Endlichen befindlichen Quellen die retardierten Lösungen der entsprechenden Mx-Gln. zu nehmen sind.

2) Kraft auf Systemladung



Kraft $\vec{K}_a(t)$ auf Systemladung q_a:

Selbstkraft muß inkludiert sein,

Rückwirkung auf andere Systemladungen q_b, $b \neq a$, muß inkludiert sein

Dies legt nahe:

$$\boxed{\begin{aligned} \vec{K}_a(t) &= q_a \left[\vec{E}(\vec{r}_a(t), t) + \frac{\vec{v}_a(t)}{c} \times \vec{B}(\vec{r}_a(t), t) \right] \\ \text{mit} \quad \vec{E}(\vec{r}, t) &= \sum_{b=1}^{N} \vec{E}_{b,ret}(\vec{r}, t) + \vec{E}^{(ex)}_{ret}(\vec{r}, t) + \vec{E}^{(ein)}(\vec{r}, t) \\ \vec{B}(\vec{r}, t) &= \sum_{b=1}^{N} \vec{B}_{b,ret}(\vec{r}, t) + \vec{B}^{(ex)}_{ret}(\vec{r}, t) + \vec{B}^{(ein)}(\vec{r}, t) \end{aligned}}$$

"vorläufiges" Kraftgesetz (Postulat): "Lorentzkraft"

$a = 1, 2, \ldots, N$

Selbstkraftproblem ("Vorschau")

Ausführlich:

$$\vec{K}_a(t) = q_a\left[\vec{E}_{a,ret}(\vec{r}_a(t),t) + \frac{\vec{v}_a(t)}{c}\times\vec{B}_{a,ret}(\vec{r}_a(t),t)\right]$$

↑ Katastrophe *)

Selbstkraft von q_a (L-Kraftterm mit retard. Eigenfeld)

$$+ q_a \sum_{\substack{b=1\\ b\neq a}}^{N}\left[\vec{E}_{b,ret}(\vec{r}_a(t),t) + \frac{\vec{v}_a(t)}{c}\times\vec{B}_{b,ret}(\vec{r}_a(t),t)\right]$$

↑ o.k.

L-Kraft "der übrigen Systemladungen" auf q_a

$$+ q_a\left[\vec{E}^{(ex)}_{ret}(\vec{r}_a(t),t) + \frac{\vec{v}_a(t)}{c}\times\vec{B}^{(ex)}_{ret}(\vec{r}_a(t),t)\right]$$

↑ o.k.

L-Kraft "der äußeren Quellen" auf q_a

$$+ q_a\left[\vec{E}^{(ein)}(\vec{r}_a(t),t) + \frac{\vec{v}_a(t)}{c}\times\vec{B}^{(ein)}(\vec{r}_a(t),t)\right]$$

↑ o.k.

L-Kraft auf q_a durch das einl. Wellenfeld

*) Wir werden später zeigen: Für $\vec{r}\longrightarrow\vec{r}_a(t)$ wird $\vec{E}_{a,ret}(\vec{r},t)$ und ebenso $\vec{B}_{a,ret}(\vec{r},t)$ wie $\frac{1}{|\vec{r}-\vec{r}_a(t)|^2}$ unendlich!

Somit:

$$q_a\Big[\underbrace{\vec{E}_{a,ret}(\vec{r}_a(t),t)}_{\text{"}\infty\text{"}} + \frac{\vec{v}_a(t)}{c}\times\underbrace{\vec{B}_{a,ret}(\vec{r}_a(t),t)}_{\text{"}\infty\text{"}}\Big]$$

unendliche Selbstkraft!

Dagegen: Rückwirkung korrekt

Rückwirkung von q_a auf q_b via L-Kraftterm

$$q_b \left[\vec{E}_{a,ret}(\vec{r}_b(t),t) + \frac{\vec{v}_b(t)}{c} \times \vec{B}_{a,ret}(\vec{r}_b(t),t) \right]$$

in $\vec{K}_b(t)$.

o.k.

AUSWEG: modifiziertes Kraftgesetz (Postulat) "Lorentz-Abraham-Kraft"

$$\boxed{\begin{aligned} \vec{K}_a(t) &= q_a \left[\vec{E}^{(a)}(\vec{r}_a(t),t) + \frac{\vec{v}_a(t)}{c} \times \vec{B}^{(a)}(\vec{r}_a(t),t) \right] + \vec{K}_a^{(rad)}(t) \\ \text{mit} \quad \vec{E}^{(a)}(\vec{r},t) &:= \sum_{\substack{b=1 \\ b\neq a}}^{N} \vec{E}_{b,ret}(\vec{r},t) + \vec{E}^{(ex)}_{ret}(\vec{r},t) + \vec{E}^{(ein)}(\vec{r},t) \\ \vec{B}^{(a)}(\vec{r},t) &:= \sum_{\substack{b=1 \\ b\neq a}}^{N} \vec{B}_{b,ret}(\vec{r},t) + \vec{B}^{(ex)}_{ret}(\vec{r},t) + \vec{B}^{(ein)}(\vec{r},t) \end{aligned}}$$

$a = 1, 2, \dots, N$

$\vec{K}_a^{(rad)}(t)$ Selbstkraft von Abraham (korrekte Selbstkraft) s. (viel) später: Strahlungsrückwirkungskraft

Muß "geeignet" aus Eigenfeld berechnet werden (WIE?)

Weitere "Vorschau": Da sich zeigen wird, daß $\vec{K}_a^{(rad)}(t)$ nicht nur von $\vec{v}_a(t)$ und $\vec{b}_a(t)$, sondern auch von $\dot{\vec{b}}_a(t)$ abhängt, gibt es auch ein Problem mit der relativistischen Bewegungsgleichung

$$\frac{d}{dt}\frac{m_a \vec{v}_a(t)}{\sqrt{1-\frac{v_a^2(t)}{c^2}}} = \vec{K}_a(t) \quad , a=1,2,\dots,N$$

Daher muß auch diese noch modifiziert werden!