

QuantenElektroDynamik

in einer Nussschale

Christian B. Lang
Inst f. Physik, Universität Graz



Elektrodynamik

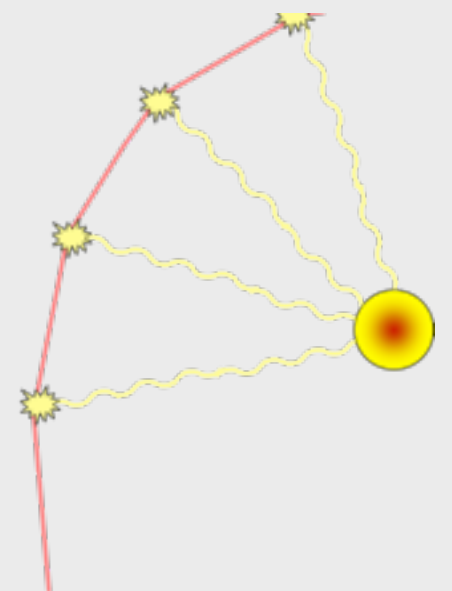
- ist die Theorie der elektrisch geladenen Objekte
- einfachster Fall: Elektronen und Photonen
- Quantentheorie: Photonen sind Welle und Teilchen (“Dualität”)

Quantenelektrodynamik (QED)

ist die Quantentheorie der Elektrodynamik:
eine **Quantenfeldtheorie**

Das fundamentale Feld der QED ist das
Photonenfeld

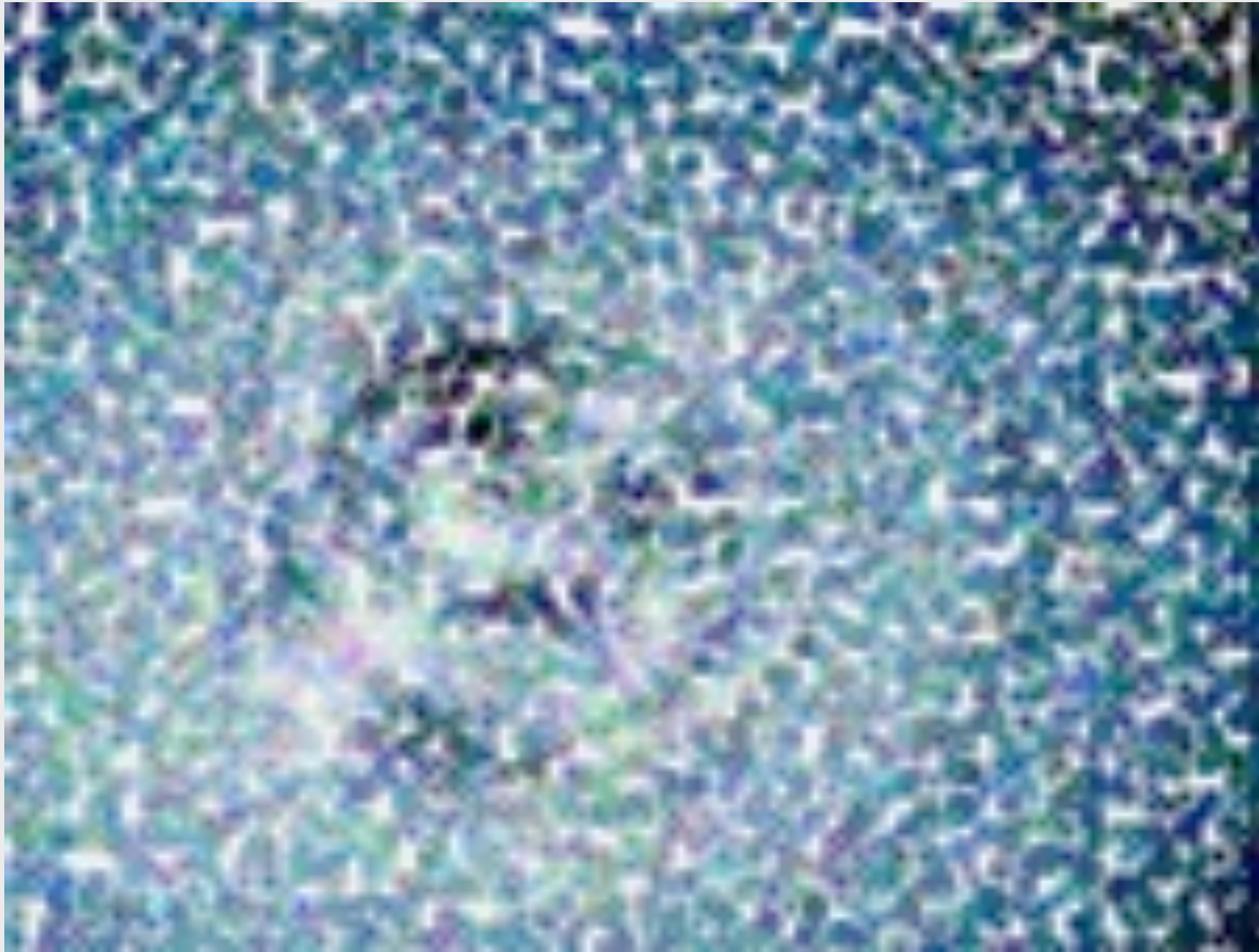
Alle auftretenden Kräfte der QED werden
durch **Photonen** vermittelt



Quantenfelder

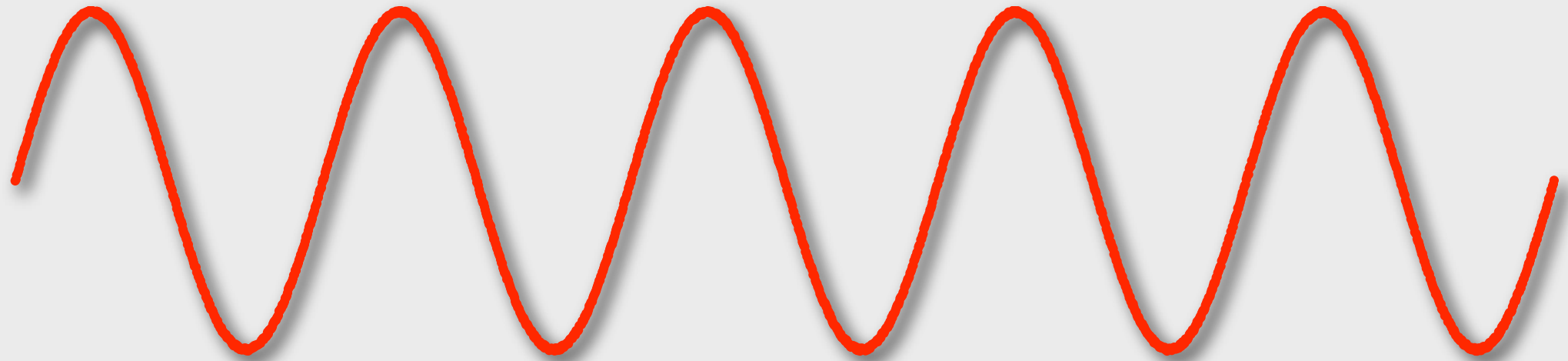


Quantenfelder

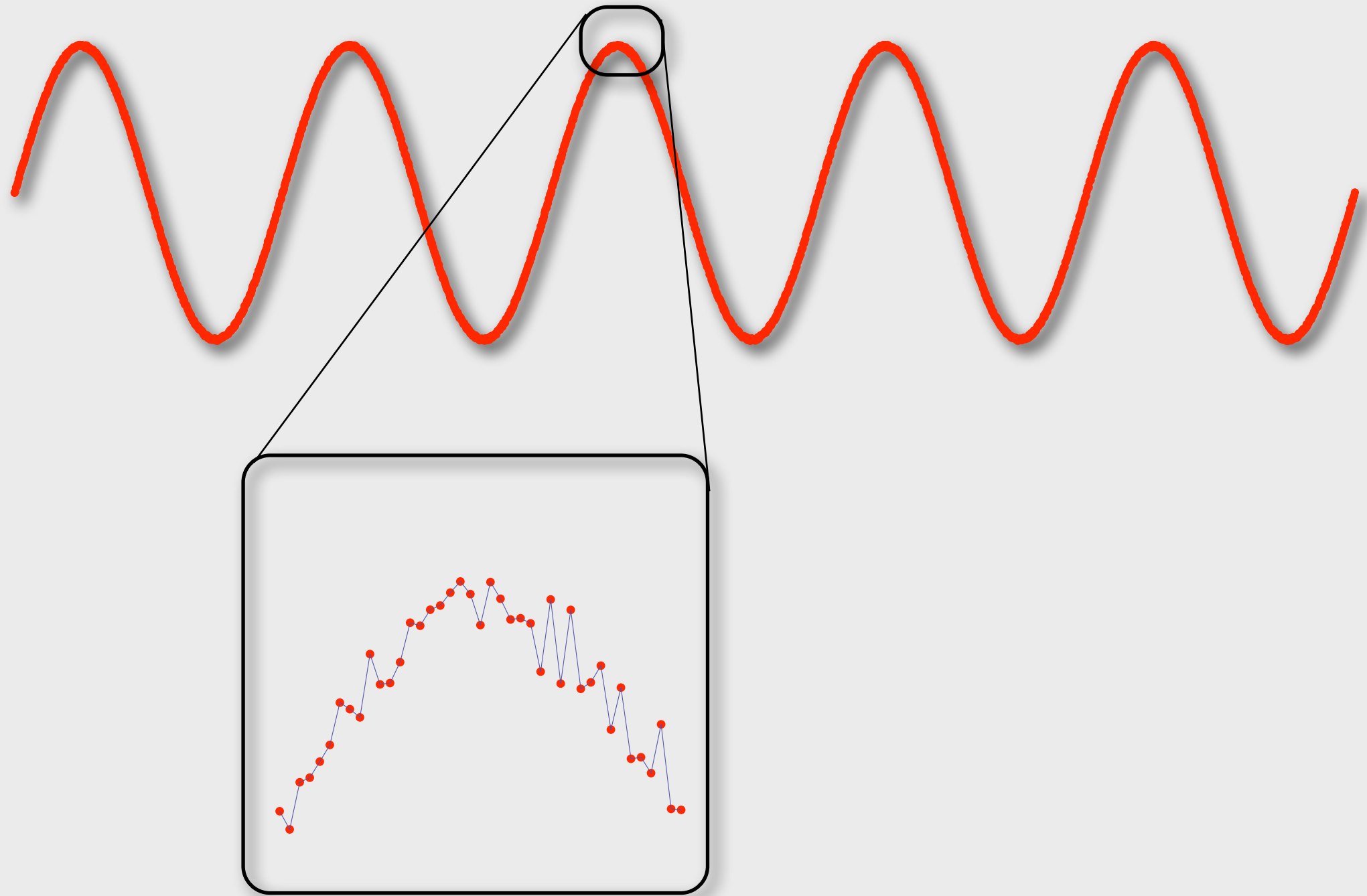


sind nicht glatt sondern “fuzzy”

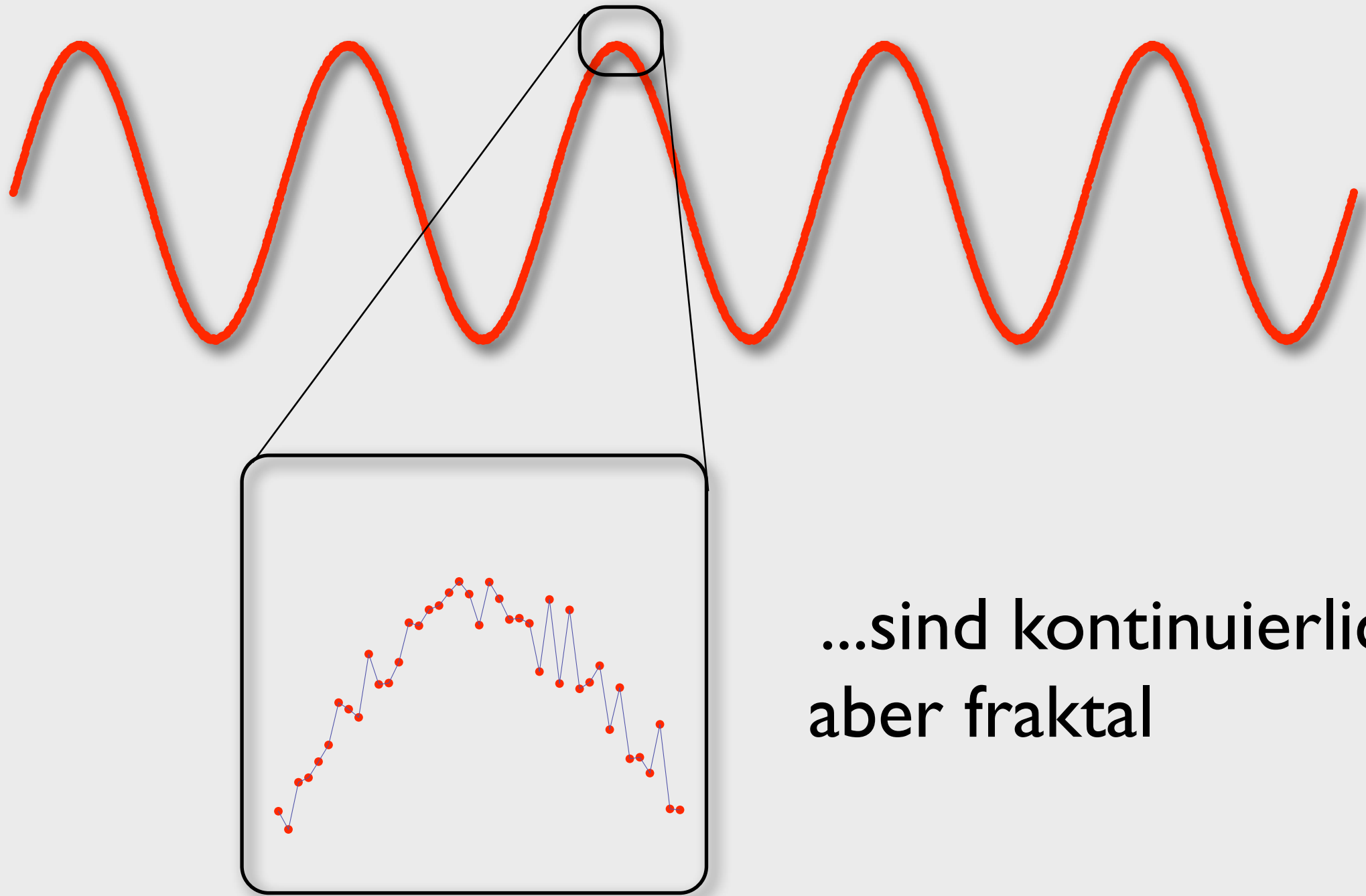
Wellen



Wellen



Wellen



...sind kontinuierlich
aber fraktal

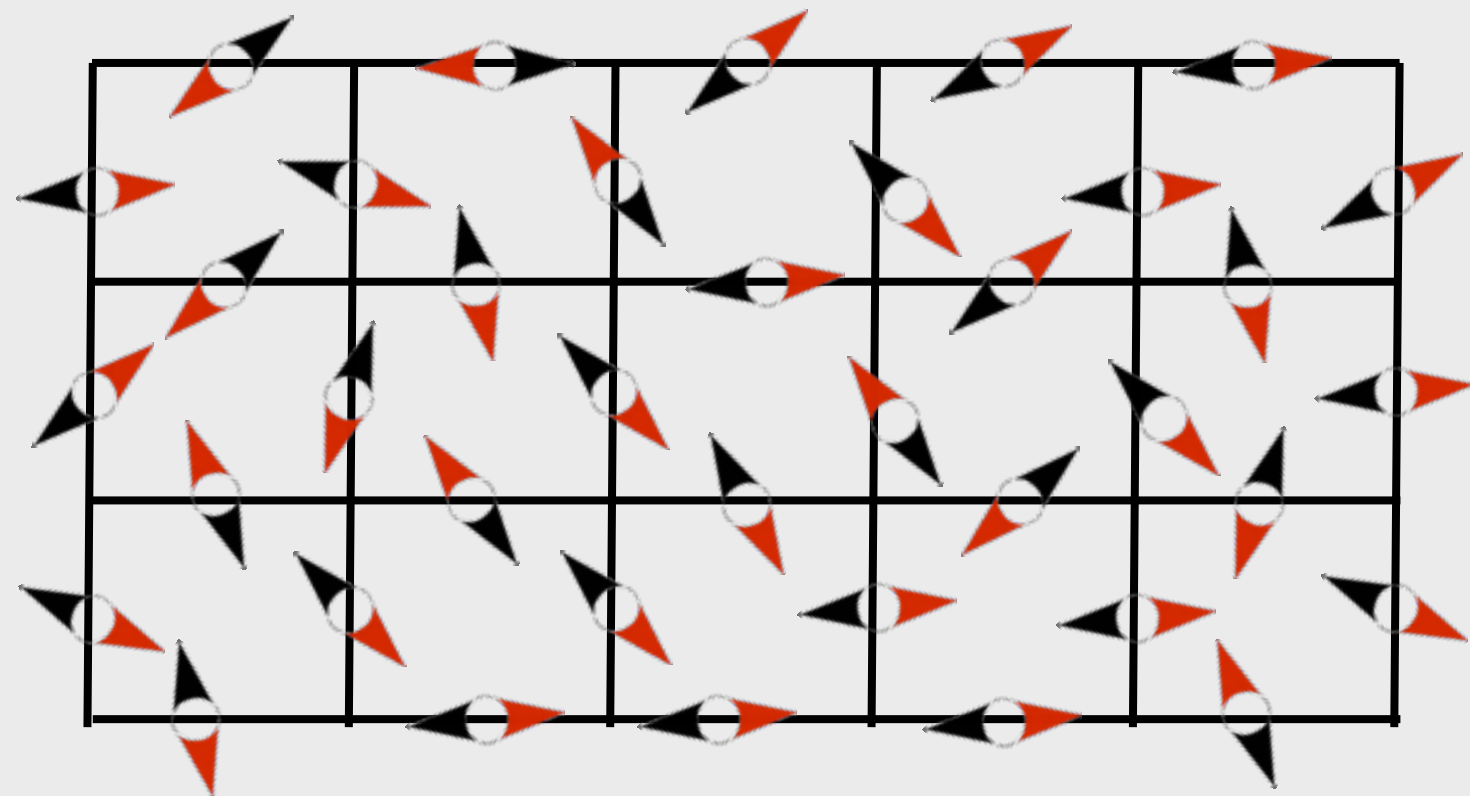
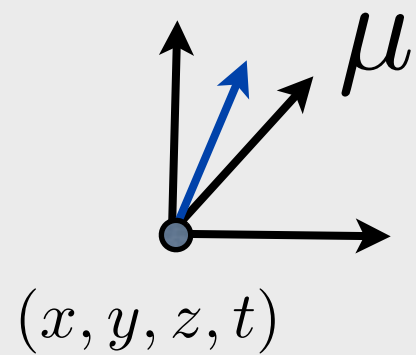
Quantisierung

- kann als Summe über alle denkbaren Feldkonfigurationen $U(x,y,z,t;\mu)$ gedacht werden: “Feynmansches Wegintegral”
- $U(x,y,z,t;\mu)$ = Wert des Photonfeldes am Punkt (x,y,z,t) in Richtung μ
- $U = \exp(i\varphi)$ = komplexe Zahl
- Beachte: $|U| = 1$, $-\pi < \varphi \leq \pi$



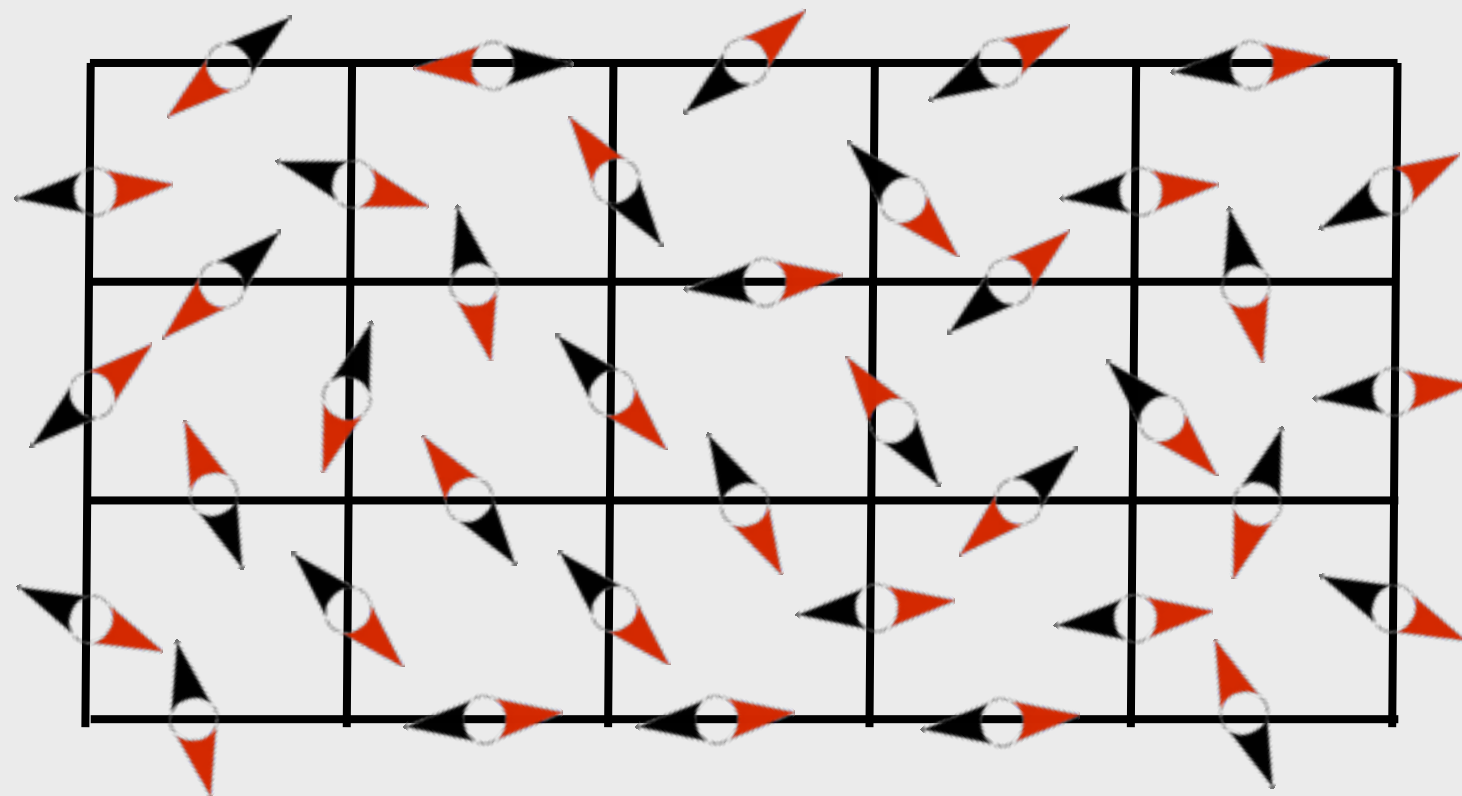
Gitter

Regularisierung: Raum-Zeit Gitter

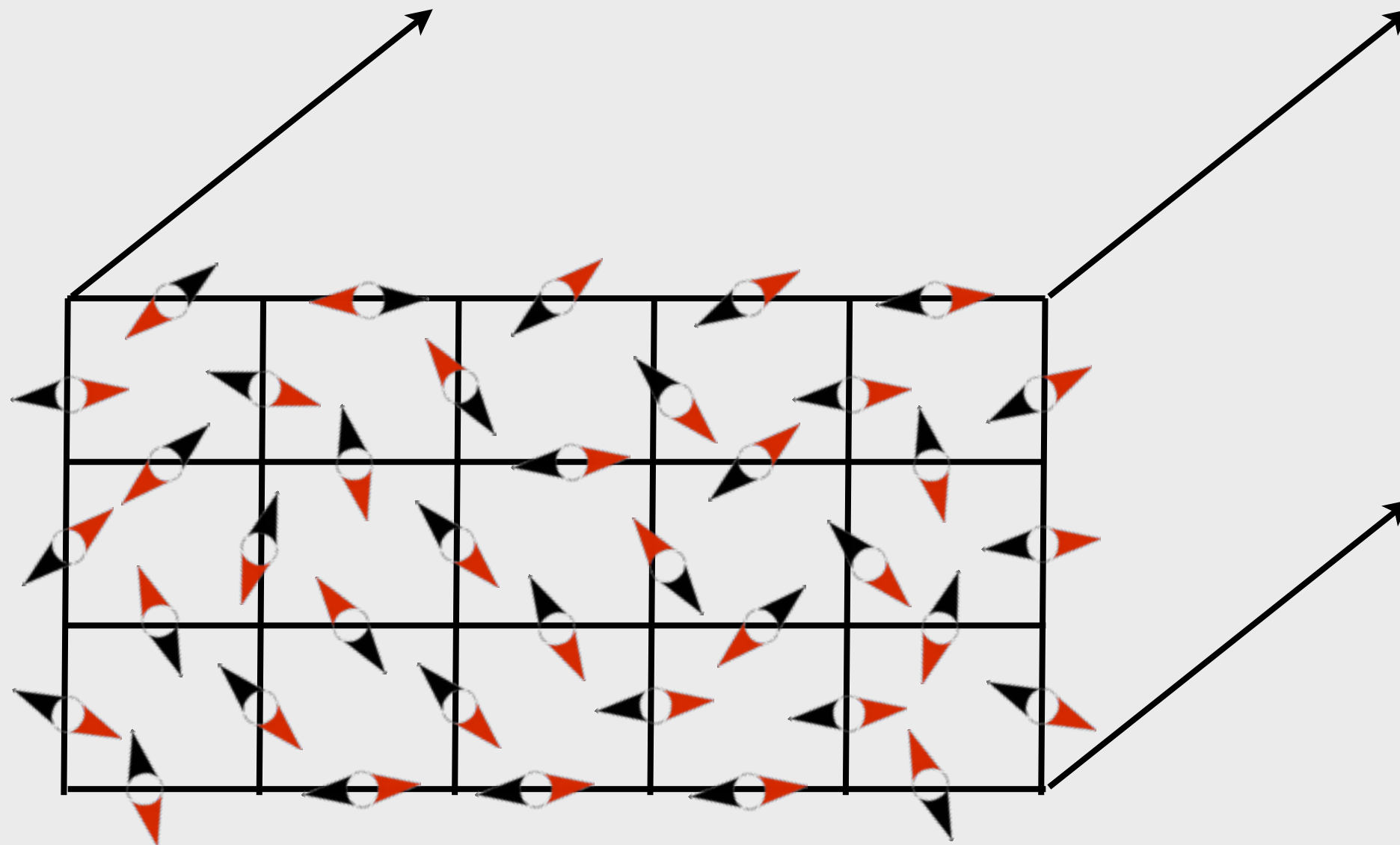


$$U(x, y, z, t; \mu)$$

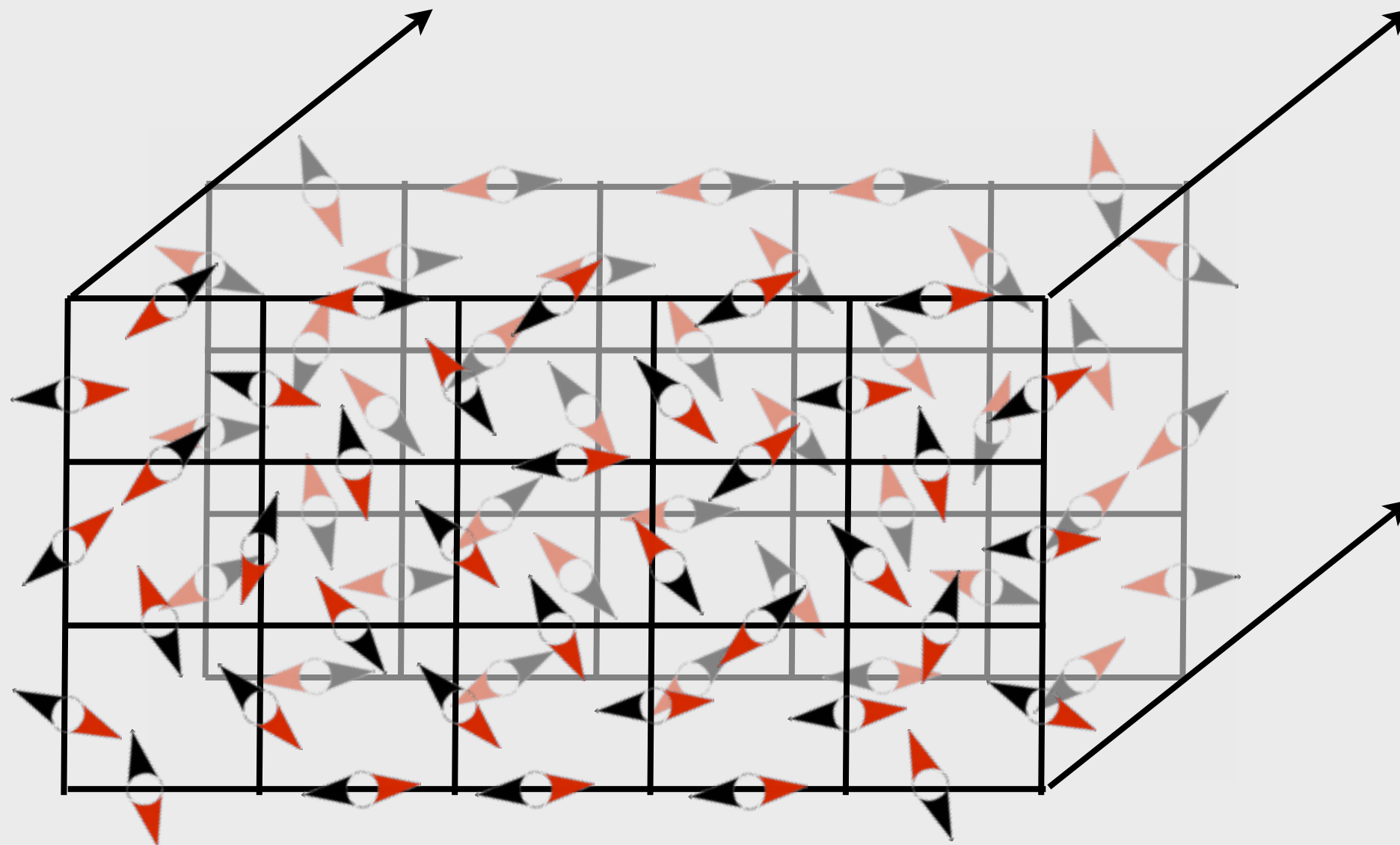
Gitter QED



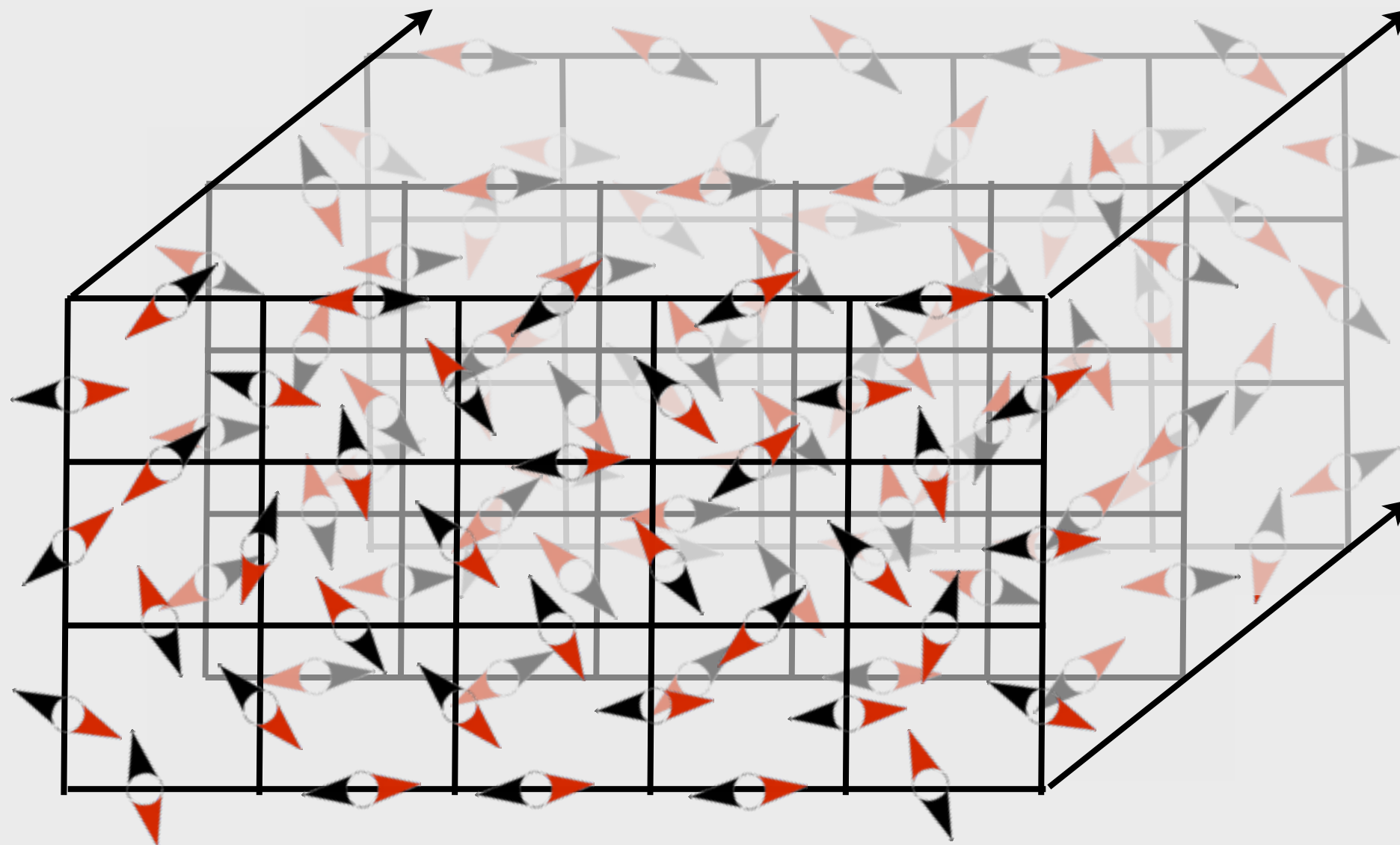
Gitter QED



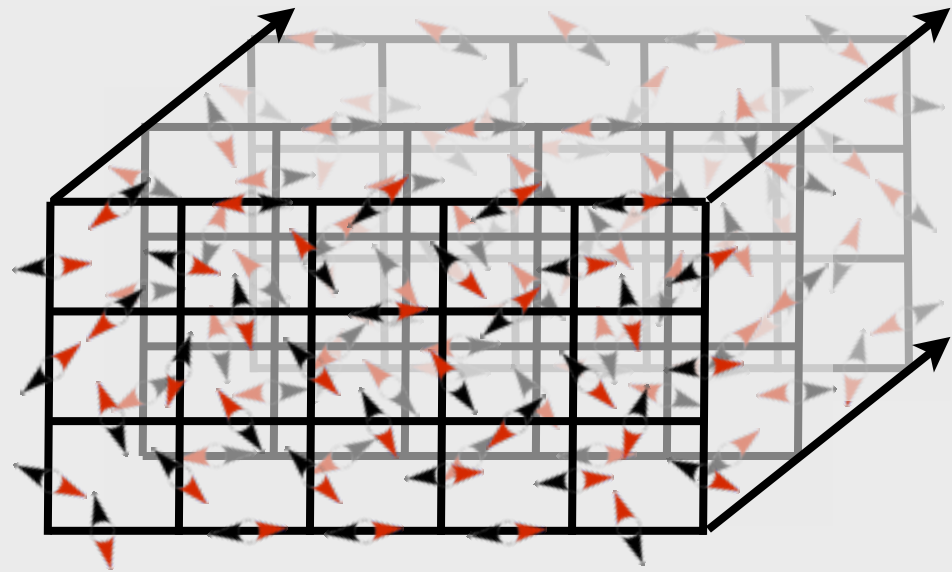
Gitter QED



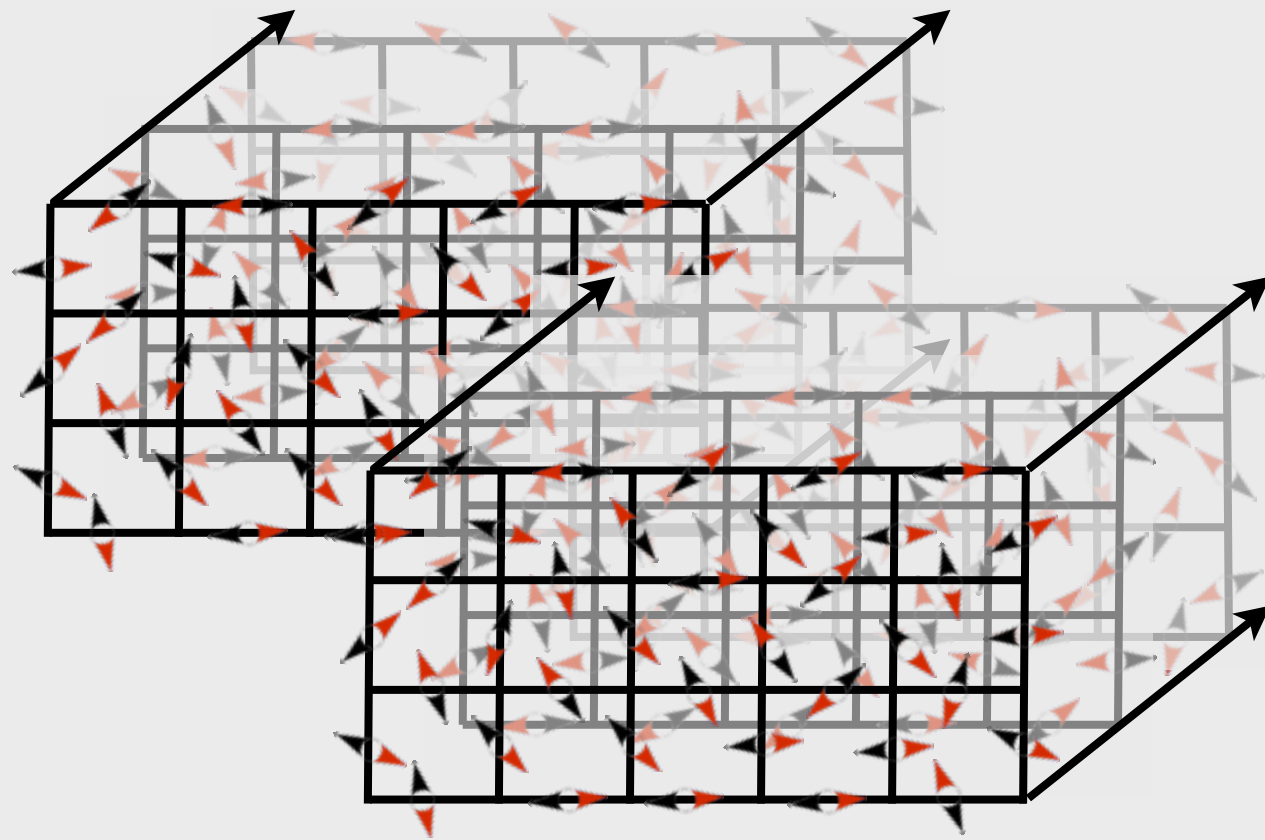
Gitter QED



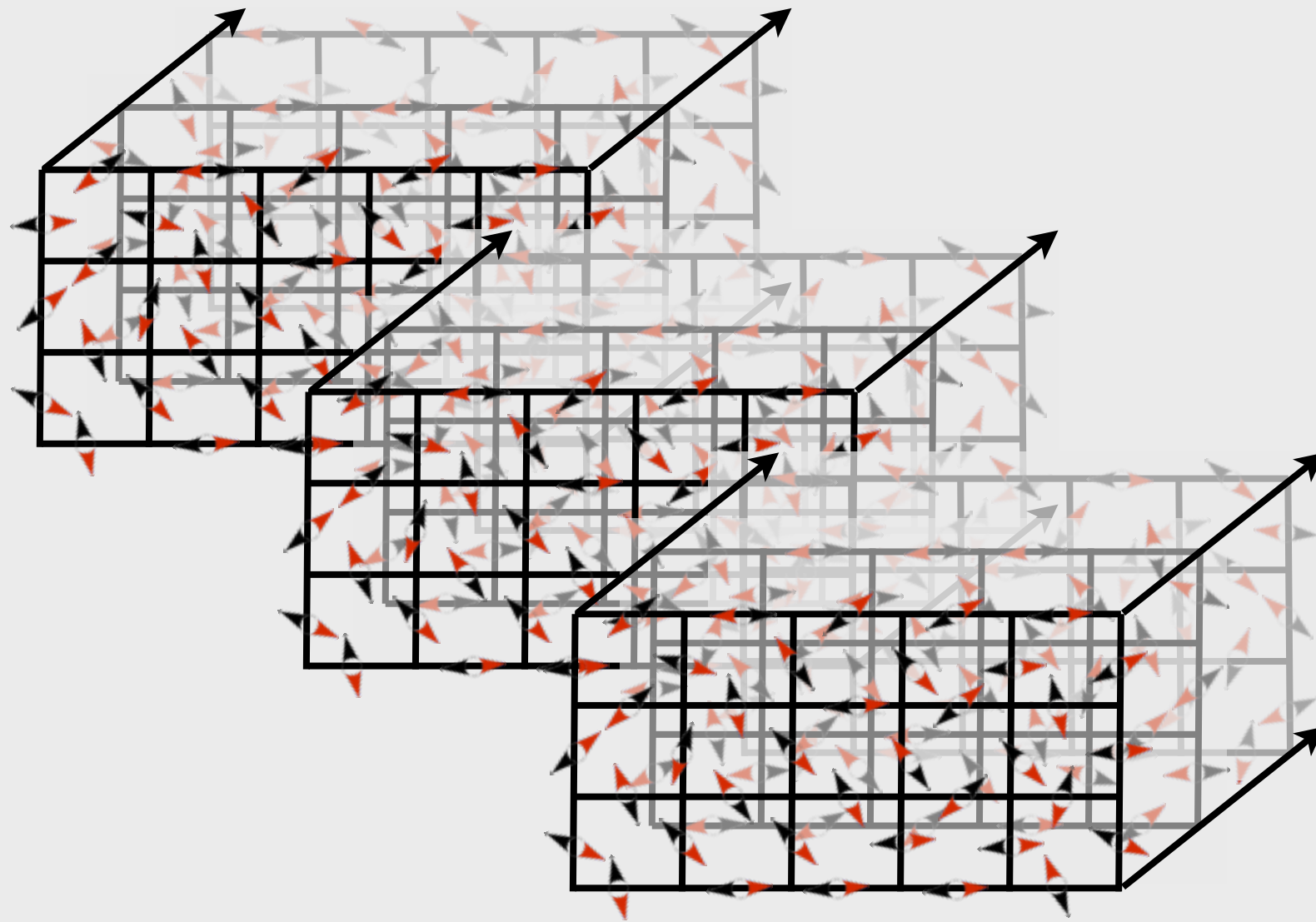
Summe über viele Feldkonfigurationen



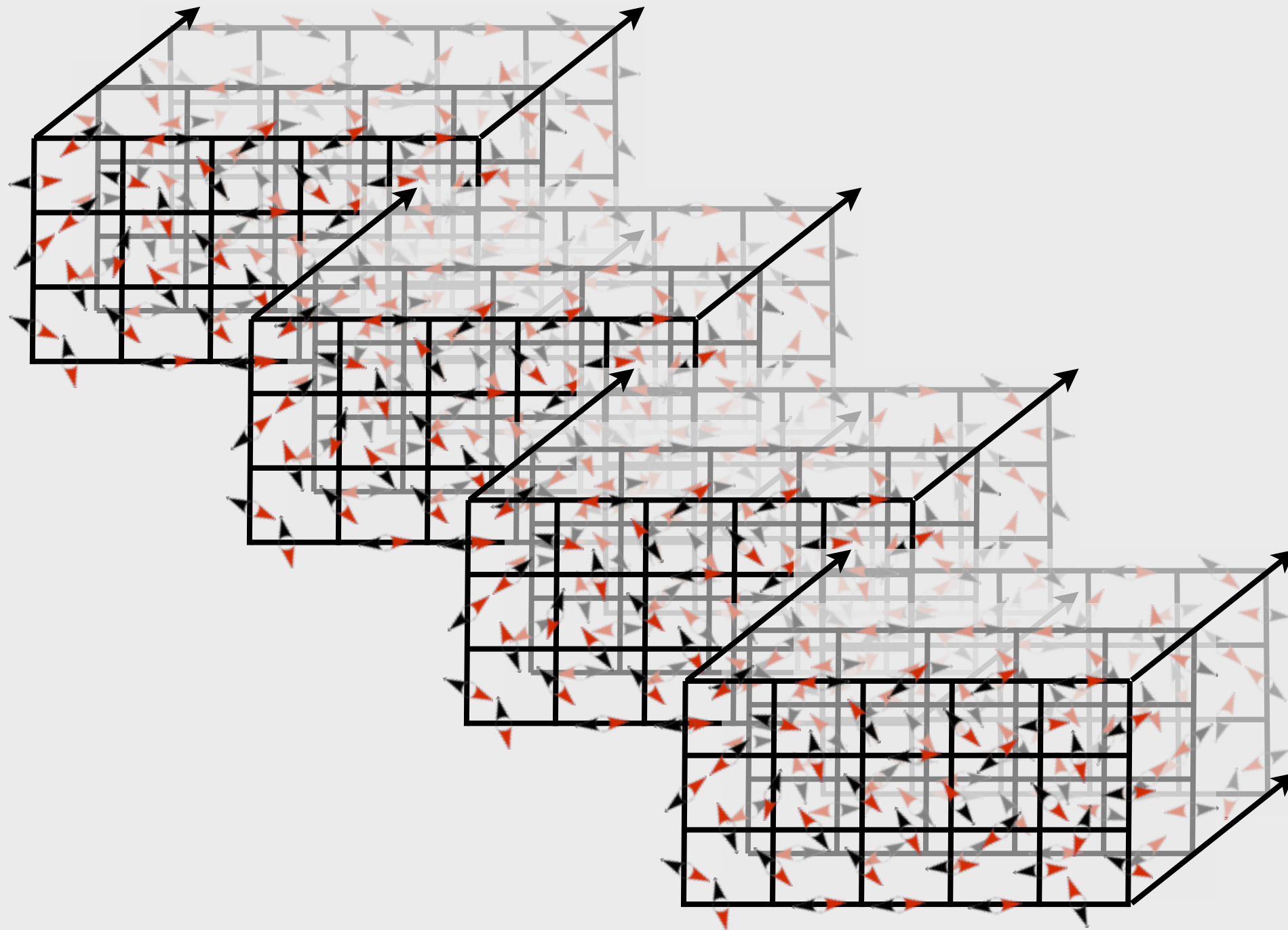
Summe über viele Feldkonfigurationen



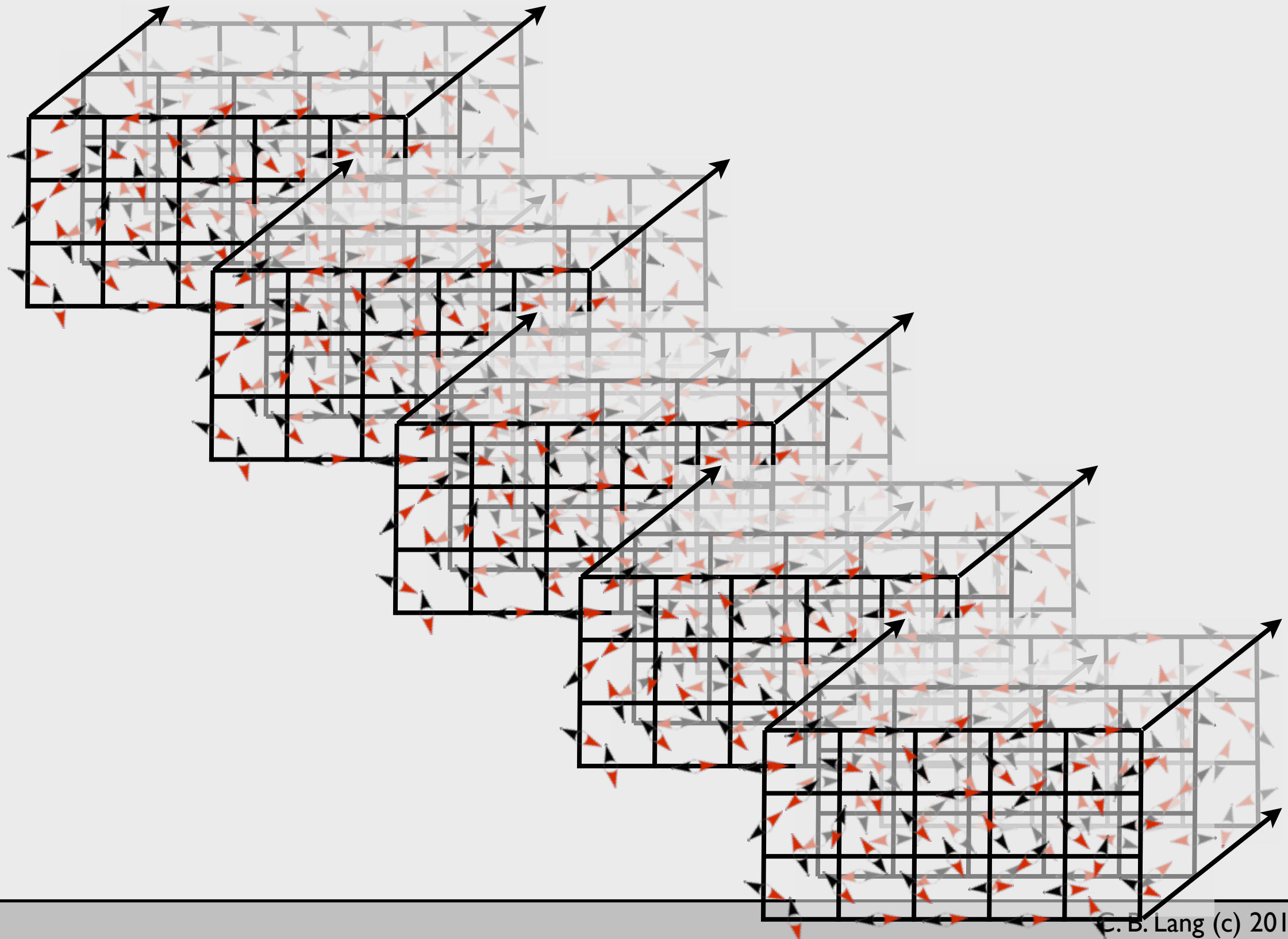
Summe über viele Feldkonfigurationen



Summe über viele Feldkonfigurationen

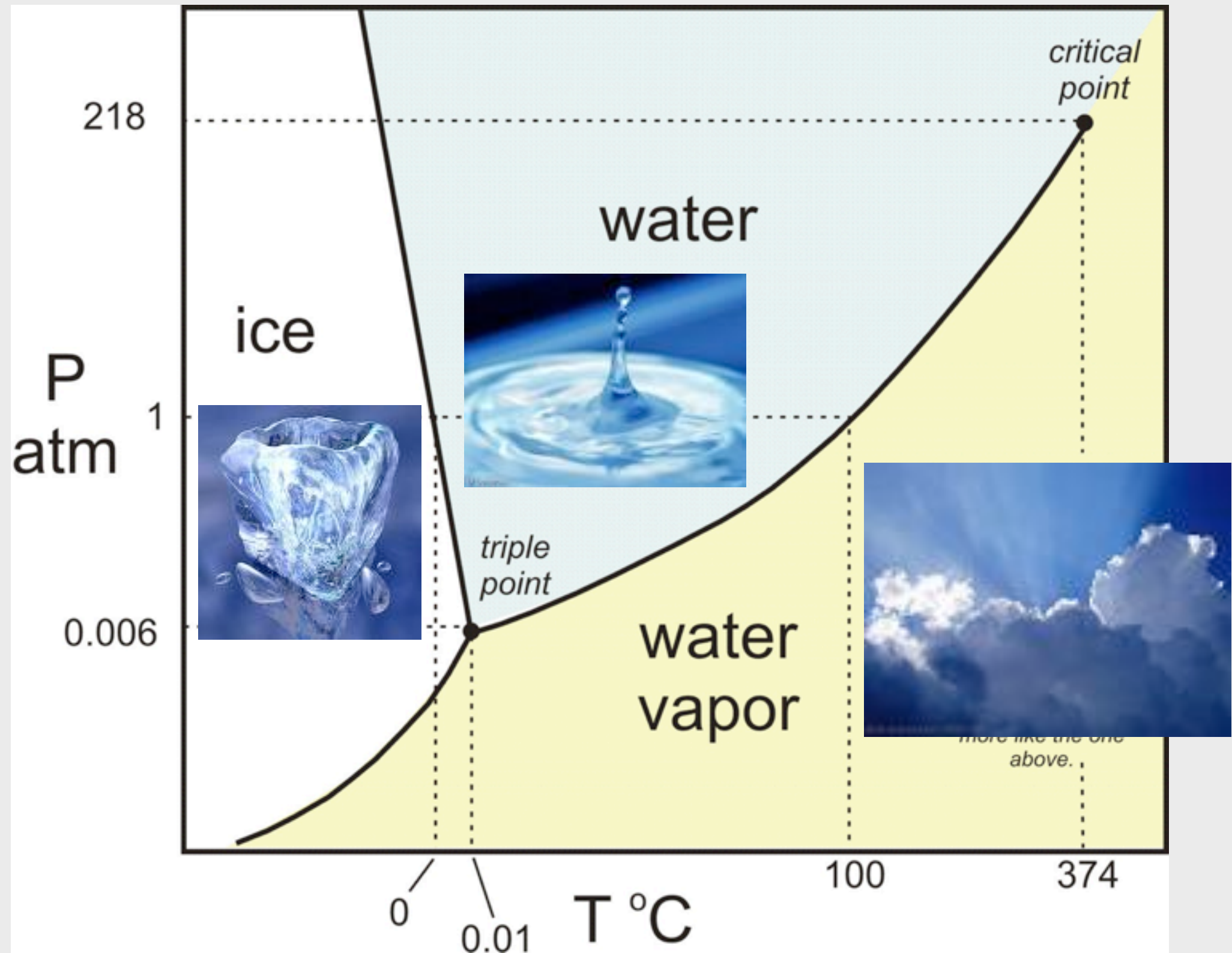


Summe über viele Feldkonfigurationen

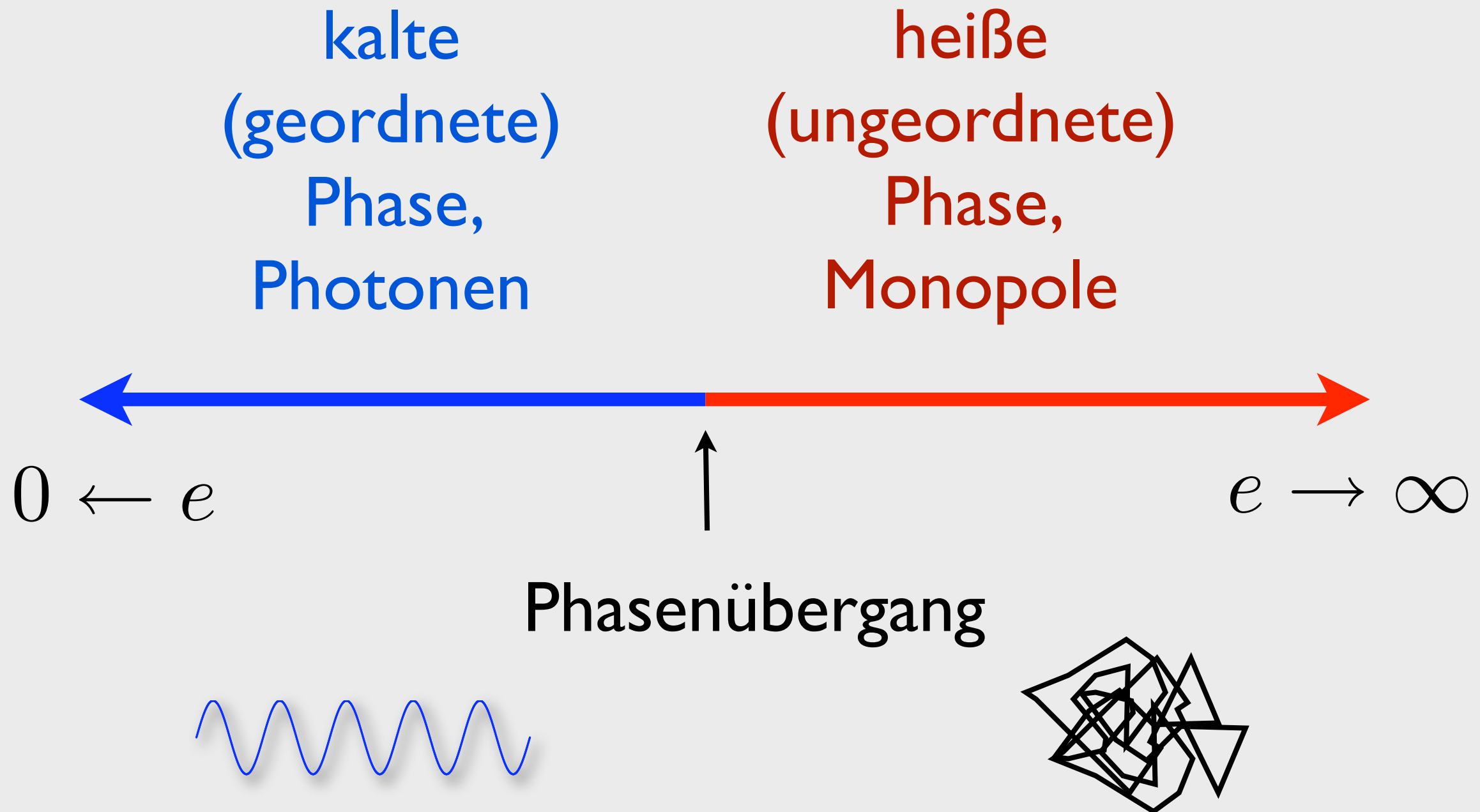


© B. Lang (c) 2010

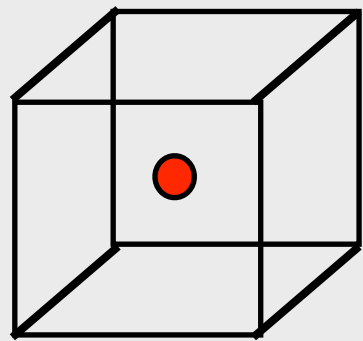
Phasendiagramm



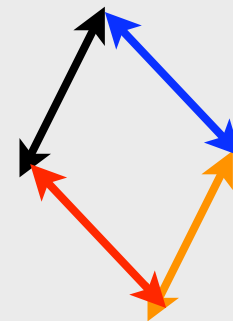
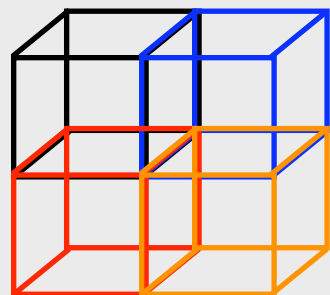
Phasenstruktur Gitter QED



Welche Eigenschaften?



Monopole link



Monopole loop

$e > e_{krit}$:“heiße Phase”,
sehr viele Monopole Loops

