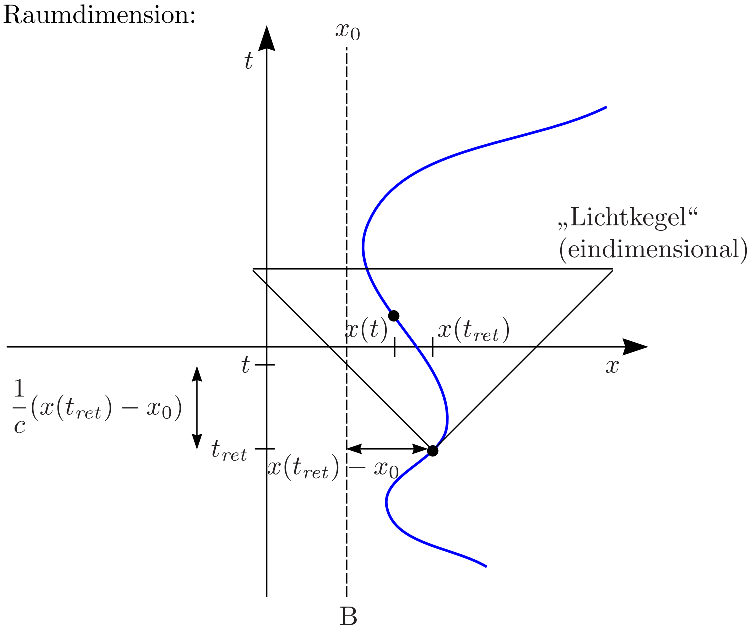
Anschauliche Erläuterung des Begriffs der „retardierten Zeit“

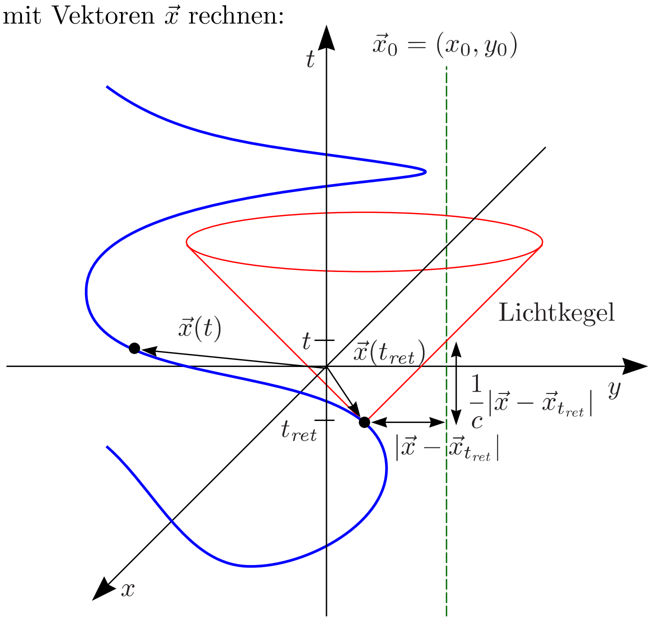
Wir gehen von der Annahme aus, dass der Beobachter B zur Zeit t eine von der bewegten Ladung hervorgerufene Änderung des Vektorpotentials spürt. Dann ist t_{ret} die Zeit, bei der diese Störung stattgefunden hat. Wir betrachten den ein-, zwei- und dreidimensionalen Fall (Raumdimensionen). Zuerst das ganze in einer Raumdimension:



Der Beobachter stellt im Schaubild eine zur Zeitachse parallele Gerade dar, weil er unabhängig von der Zeit t immer am selben Ort x_0 verharrt. Sendet die Punktladung am Ort $x(t_{ret})$ zur Zeit t_{ret} eine Kugelwelle aus, so wird diese vom Beobachter erst zur Zeit t registriert (siehe Lichtkegel). Die Zusammenhänge zwischen t und t_{ret} lassen sich aus dem Schaubild gut ablesen:

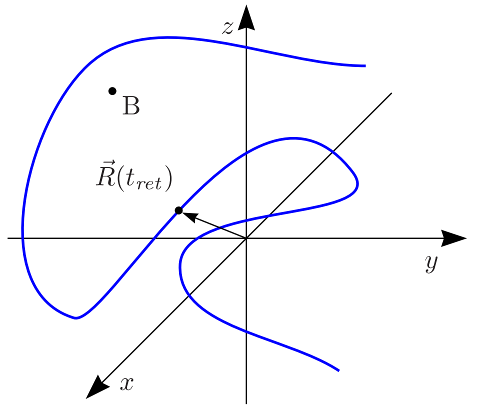
$$t - t_{ret} = \frac{1}{c}(x_0 - x(t_{ret}))$$

Im Falle zweier Raumdimensionen funktioniert die Überlegung mit dem Lichtkegel analog, nur dass wir hier mit Vektoren $\vec{x}$ rechnen:

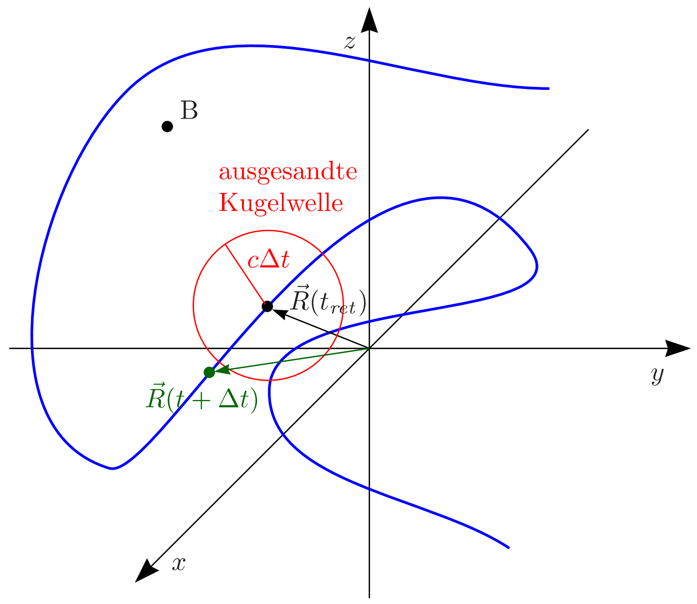


Kommen wir nun noch zum Falle dreier Raumdimensionen. Die Zeitdimension kann hier nicht zusätzlich im Schaubild dargestellt werden, sondern ist separat zu betrachten. Dies wird bewerkstelligt, indem man mehrere Bilder zu unterschiedlichen Zeiten anschaut:

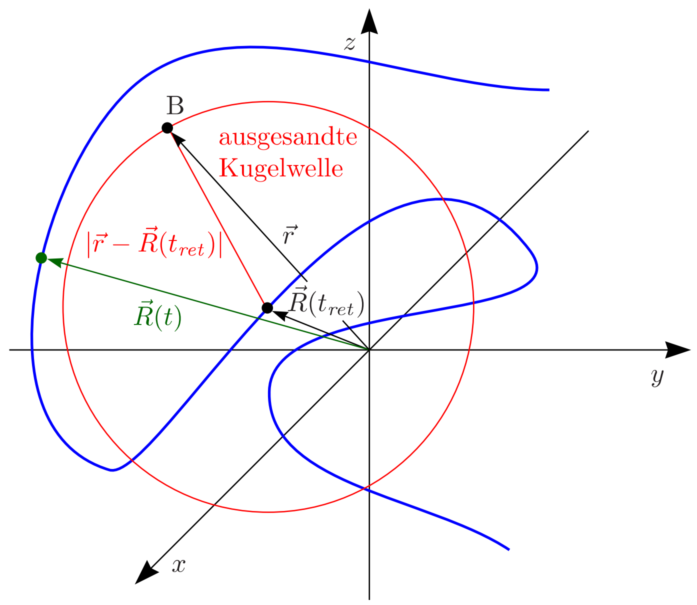
1.) $t = t_{ret}$: Die Kugelwelle wird vom Teilchen, das sich bei $\vec{R}(t_{ret})$ befindet, gerade ausgesendet.



2.) $t = t_{ret} + \Delta t$: Aufgrund der Endlichkeit der Lichtgeschwindigkeit benötigt das Signal eine gewisse Zeit, um den Beobachter zu erreichen. Hier weiss der Beobachter noch nichts von dem Signal, das bei t_{ret} ausgesendet wurde. Die Ladung hat sich inzwischen weiterbewegt und befindet sich bei $\vec{R}(t_{ret} + \Delta t)$.



3.) t: Der Beobachter spürt nun das Signal, das zur Zeit t_{ret} in der Vergangenheit ausgesendet wurde.



Wir lesen aus dem Schaubild ab:

$$t - t_{ret} = \frac{|\vec{r} - \vec{R}(t_{ret})|}{c}$$

Dies ist die bestimmende Gleichung für t_{ret}. Sie muss bei einem entsprechenden Problem gelöst werden, um die retardierte Zeit zu berechnen. Bezogen auf den Zeitpunkt t ist $\vec{R}(t_{ret})$ konstant, also in allen drei Bildern derselbe Vektor. Natürlich ist aber $\vec{R}(t_{ret}(t))$ zeitabhängig und läuft verzögert dem Vektor $\vec{R}(t)$ hinterher. $R(t_{ret})$ ist der Ort, wo sich das Teilchen befand, als es die Störung aussendete.