

# Habt ihr schon gewusst 226 ... Gruppengeschwindigkeit

## Wellenmodell

In der Schule verwenden wir im Regelfall die physikalischen Größen „Frequenz“, „Wellenlänge“ und „Ausbreitungsgeschwindigkeit“. Die Beschränkung auf diese didaktische Reduktion könnte bei interessierten SuS eventuell zu weiterführenden Fragen führen ...

Die aus dem Physikunterricht der Kursstufe bekannte Schulformel  $\lambda \cdot f = c$  gilt für mechanische – bzw. Elektromagnetische Wellen mit genau einer exakten Frequenz  $f$  bzw. exakten Wellenlänge  $\lambda$ . Im Physikunterricht der SII gehen wir davon aus, dass die Ausbreitungsgeschwindigkeit konstant ist – im Fall der elektromagnetischen Welle im Vakuum ist es die Lichtgeschwindigkeit.

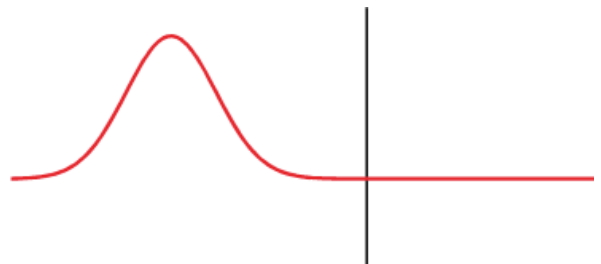
Alle Signale – sowohl bei Schall als auch bei optischen Signalen oder Radioübertragung – bestehen aber aus Wellengruppen, die man gedanklich in viele harmonische Wellen verschiedener Frequenz und Wellenlänge zerlegt denken kann (Fouriereanalyse).<sup>1</sup>

Bildet man die Einhüllende dieser Wellengruppe und bestimmt man die Ausbreitungsgeschwindigkeit dieser Wellengruppe, dann führt das zum Begriff der „Wellengruppen-Geschwindigkeit“ – oder einfach: „Gruppengeschwindigkeit“ -  $c_G = \frac{d\omega}{dk}$ .

Wenn  $\omega \sim k$  (oder  $f \cdot \lambda = \text{konstant}$  ... oder  $f$  keine Funktion von  $\lambda$ ) ist, dann ist die Gruppengeschwindigkeit gleich der Phasengeschwindigkeit. Wenn ABER Dispersion auftritt, gilt diese Proportionalität nicht und die Wellengruppe (Wellenpaket) läuft mit einer Gruppengeschwindigkeit, die ungleich der Phasengeschwindigkeit der harmonischen Einzelwellen ist. Ein Lichtimpuls z.B., der in ein optisch dichteres Medium eintritt, wird daher z.B. gestaucht! In anderen Fällen läuft das Wellenpaket „auseinander“.

Zur Ausbreitung einer Wellengruppe (Einhüllende) siehe Anhang „Wellenpaket“ ... aus

<http://de.wikipedia.org/wiki/Gruppengeschwindigkeit>



## Quantenvorstellung

Ein Elektron ist ein Quantenobjekt (weder KLASSISCHE Welle **noch** KLASSISCHES Teilchen) mit Quanteigenschaften – z.B. der Quanteneigenschaft der „Interferenzfähigkeit“. Also

kann man dem Quantenobjekt „Elektron“ eine Frequenz und eine Wellenlänge zuschreiben ... ABER das Elektron hat als Quantenobjekt auch die Quanteneigenschaft der Komplementarität ... also darf man ihm keine exakte Frequenz oder exakte Wellenlänge zuschreiben ... (siehe Unbestimmtheitsrelation – als eine der Ausprägungen der Komplementarität). Man kann dem Elektron aber in einer mathematischen Modellierung ein Wellenpaket zuschreiben ... siehe oben ... also eine Wellengruppe ...

Diese Wellengruppe breitet sich aber nicht mit der Phasengeschwindigkeit – sondern mit der Gruppengeschwindigkeit aus.

Wenn man also von einem „sich bewegenden Elektron“ als Quantenobjekt spricht, dann bewegt sich dieses „Wellenpaket“ mit der Gruppengeschwindigkeit und diese Gruppengeschwindigkeit  $v_{\text{Gruppe}} = d\omega/dk$  ist ungleich der Phasengeschwindigkeit  $v_{\text{phase}} = \omega/k$  (übliche Schulformulierung  $c = \lambda \cdot f$ )

Vermutlich entstehen diese Art von Problemen, wenn wir in der Schulphysik als „extrem didaktische Reduktion“ der Hochschul-Quantenphysik unter bestimmten Randbedingungen zu „Schulformeln“ gelangt, die nur im Rahmen dieser Randbedingungen (eventuell nur näherungsweise) gültig sind ... WENN diese Schulformeln nun „ineinander eingesetzt“ werden und hierbei nicht beachtet wird, unter welchen Randbedingungen sie „vielleicht eben noch gültig“ sind, dann entstehen z.T. völlig falsche Aussagen ... ODER man „entdeckt“ den Unterschied zwischen der Phasengeschwindigkeit einer harmonischen Welle und der Gruppengeschwindigkeit eines Wellenpakets.

siehe auch: <http://de.wikipedia.org/wiki/Gruppengeschwindigkeit>

<sup>1</sup> Ein Mittelwellensender z.B., dessen Trägerfrequenz bei 560kHz liegt und mit einer Tonfrequenz von 10 kHz moduliert wird, strahlt ein ganzes Frequenzband zwischen 550kHz und 570kHz aus.