

Der hertzsche Dipol

Gegenstand:

Als Vorbereitung der Einführung der elektromagnetischen Wellen behandelt man zunächst den elektrischen Schwingkreis: zuerst *freie* Schwingungen, dann *gedämpfte* und schließlich *erzwungene*. Zur Erzeugung erzwungener Schwingungen wird die *meißnersche Rückkopplungsschaltung* eingeführt. Man erklärt dann, wie man höhere Frequenzen erreicht, nämlich mit Hilfe der *Dreipunktschaltung* (in manchen Texten *Hartley-Generator* genannt). Der *Röhrengenerator* wird besprochen. Spule und Kondensator des Schwingkreises werden zu einfachen Drahtstücken reduziert, damit die Frequenz noch höher wird. Der entstandene Schwingkreis wird aufgebogen, sodass man einen schwingenden Dipol erhält. Man diskutiert, wie das elektrische und das magnetische Feld in der Nähe des Dipols aussieht, das *Nahfeld*, und man behauptet dann, und zeigt es auch im Experiment, dass der Dipol eine elektromagnetische Welle emittiert. Sie stellt das *Fernfeld* dar.

Mängel:

Diesem Vorgehen sind mehrere Vorwürfe zu machen:

1) Die Erklärung zielt von vornherein auf das komplizierte Feld eines strahlenden Dipols. Man hat es nicht nur mit einer verwickelten Feldverteilung zu tun, sondern auch noch mit der schwierigen Unterscheidung zwischen Nah- und Fernfeld. Beides müsste aber nicht sein. Es gibt viel einfachere Wellen, und um die Prinzipien der Wellenausbreitung zu erklären, sollte man sich auf diese einfachen Fälle beschränken: auf ebene Sinuswellen. Man könnte sogar mit einem noch einfacheren Fall beginnen: mit dem ebenen Rechteckpuls.

2) Bei der traditionellen Einführung der elektromagnetischen Wellen spielt die Erklärung der Erzeugung mit Hilfe einer Dipolschwingung eine große Rolle. Man ist wohl der Meinung, man verstehe die Wellen besonders gut, wenn man dieses Erzeugungsverfahren verstanden hat. Tatsächlich ist aber diese Erzeugungsmethode schwerer zu verstehen als die Welle selbst.

Es ist so, als würde man, um jemandem zu erklären, was Schallwellen sind, damit beginnen, die Funktionsweise der Klarinette zu erläutern. Die Klarinette ist ein Resonator, aus dem ein kleiner Anteil des Energiestroms, der im Resonator hin- und herfließt, ausgekoppelt und emittiert wird. Genauso, wie die Klarinette viel schwerer zu erklären ist, als das Phänomen der Schallwelle, so ist auch die Erzeugung von elektromagnetischen Wellen mit dem hertzschen Dipol viel verwickelter als die Wellenerscheinung selbst. Auch der Dipol ist ein Resonator, und auch hier wird nur ein kleiner Bruchteil der Energie, die ständig in die Antenne hinein und aus ihr herausfließt, emittiert.

3) Die technischen Tricks, die man anwendet, um Schwingungen hoher Frequenz zu erzeugen, sind, unserer Meinung nach, Spezialistenwissen. Im Rahmen eines allgemein bildenden Unterrichts wird man versuchen, solche Themen zu vermeiden. Damit zusammen hängt auch die Proliferation von Fachausdrücken: meißnersche Rückkopplungsschaltung, Dreipunktschaltung, Röhrengenerator, Nah- und Fernfeld, Lecherleitung, Reflexklystron, Gunn-Diode und andere.

4) Trotz dieses Aufwands bei der Einführung der elektromagnetischen Wellen wird schließlich aber doch das Ziel verfehlt. Man versucht ja, in kleinen Schritten von dem einfachen Schwingkreis zur vermeintlich komplizierten Welle zu gelangen. Genau an der wesentlichen Stelle bleibt aber eine Lücke. Man versteht zwar, dass der Dipol auf Grund des elektrischen Stroms, der in ihm fließt und der elektrischen Ladung, die an seinen Enden sitzt, von einem elektrischen und einem magnetischen Feld umgeben sein muss. Warum ein kleiner Teil dieses sich ständig neubildenden und wieder verschwindenden Feldes den Nahbereich der Antenne verlässt, wird aber nicht erklärt, sondern nur behauptet und experimentell gezeigt. Wenn elektrische und magnetische Feldstärke im Nahfeldbereich um $\pi/2$ phasenverschoben wären, so wie es suggeriert oder in der Nahfeldnäherung auch explizit angenommen wird, würde die Antenne gar nicht emittieren.

Herkunft:

Die elektromagnetischen Wellen wurden von Heinrich Hertz entdeckt und auf eine ganz bestimmte Art erzeugt. Hertz konnte für seine Experimente keinen Hochfrequenzgenerator aus dem Schrank nehmen. Er musste eine raffinierte selbstschwingende Vorrichtung ersinnen, um seine Wellen zu erzeugen. Der komplizierte hertzsche Oszillator hat nun im Unterricht überlebt. Hertz konnte, als guter Theoretiker, auch die Felder seines Oszillators berechnen, und auch diese Rechnung steht in vielen Lehrbüchern der Elektrodynamik an prominenter Stelle. In der hertzschen Rechnung ist natürlich schon am Nahfeld zu erkennen, dass die Phasenverschiebung zwischen elektrischem und magnetischem Feld von $\pi/2$ abweicht. Dass man die Methoden der Hochfrequenzerzeugung im Unterricht so stark in den Vordergrund stellt, kommt wohl daher, dass man in einer schlüssigen Folge von Experimenten vom Schwingkreis zu den Wellen kommen möchte, was aber schließlich doch nicht gelingt.

Entsorgung:

Man beschränkt die Diskussion auf Wellen einfacher Geometrie: auf ebene Sinus- oder Rechteckwellen. Man verzichtet auch auf die Diskussion von Hochfrequenzgeneratoren.

Die Erzeugung erklärt man nur qualitativ, etwa so: In einer ausgedehnten Metallplatte beginnt plötzlich ein elektrischer Strom zu fließen. In unmittelbarer Nähe der Platte beginnt ein Magnetfeld zu entstehen. Dieses sich ändernde Magnetfeld hat ein elektrisches Feld zur Folge. Das elektrische Feld befindet sich überall dort, wo bereits Magnetfeld ist. Von der Leiterplatte entfernt sich also eine Front, die felderfüllten Raum von feldfreiem Raum trennt. Wird der elektrische Strom wieder abgeschaltet, so folgt eine zweite Front, hinter der sich wieder feldfreies Gebiet befindet. Das Gebiet zwischen den beiden Fronten stellt eine ebene Rechteckwelle dar.

F. H.