

# c-Messung mit dem »Tagesschau-Echo«

Wolfram Becher-Broßeder, Jürgen Kirstein,  
Rudolf Rass

## Einleitung

Wir berichten über ein Unterrichtsprojekt zur Messung der Signalgeschwindigkeit elektromagnetischer Wellen mit Hilfe von Rundfunksatelliten, das mehrfach in der 11. Jahrgangsstufe an der Fritz-Karsen-Schule (Gesamtschule mit Grundstufe und gymnasialer Oberstufe) in Berlin durchgeführt wurde. Das Beispiel zeigt exemplarisch, wie der klassische "Laborversuch" durch ein experimentelles Arrangement ersetzt werden kann, mit dem Wege zu einer handlungsorientierten, lebensnahen Lernsituation im Physikunterricht geöffnet werden.

## Das Phänomen - Der Echo-Effekt bei der Tagesschau

### Fernsehen aus dem Weltraum

Jeden Abend, pünktlich um 20.00 Uhr, kann man das »Tagesschau-Echo« erleben: wir benötigen zwei Fernsehgeräte, eine Antenne für den terrestrischen Empfang und eine Empfangsanlage für das Satellitenfernsehen (ersatzweise einen Kabelanschluß). Zur Beobachtung stellt man einen Empfänger auf den ARD-Kanal, den anderen auf das Satellitenprogramm »3sat« ein. Beide Programme übertragen ab 20.00 Uhr die Tagesschau. Sie beginnt - trotz kosmetischer Korrekturen - glücklicherweise immer noch mit einem Gong, der uns deutlich später aus dem Weltraum erreicht als über den terrestrischen Weg.

Als wir vor etwa 4 Jahren das Unterrichtsprojekt vorbereiteten, sah die Fernsehlandschaft noch etwas anders aus. Für das Experiment wurde das vom Fernmeldesatelliten »DFS-Kopernikus« ausgestrahlte Programm »1PLUS« eingesetzt, das inzwischen eingestellt wurde. Insofern bezieht sich der folgende Bericht auf den Zeitraum, in dem wir das Projekt durchführten.

### Die Übertragungstrecken der ARD-Tagesschau

Die Quelle der Tagesschau ist ein Studio beim Norddeutschen Rundfunk (NDR) in Hamburg. Mit einem Umweg über Köln gelangt das Signal über Richtfunkstrecken zum Sternpunkt der ARD nach Frankfurt zum Hessischen Rundfunk (HR). Die nach dem Sternpunkt nächste Station der terrestrischen Übertragung ist der Sender Freies Berlin (SFB). Von hier wird das Signal über einen hauseigenen VHF-Sender ausgestrahlt und auch an die Kopfstation für das Kabelnetz der Bundespost in Berlin übergeben.

Bis zur Einstellung des Satellitenprogramms 1PLUS wurde - wiederum ausgehend vom Sternpunkt in Frankfurt - das Signal für die Satellitenübertragung zunächst zum Südwestfunk (SWF) nach Baden-Baden geleitet. Weiter ging es zur Erdfunkstelle der Deutschen Bundespost nach Usingen bei Frankfurt. Von hier wurde es über eine der großen Parabolantennen mit einer »Uplink-Frequenz« von etwa 14 GHz - als Mikrowelle - zum Fernmeldesatelliten Kopernikus gesendet, von der

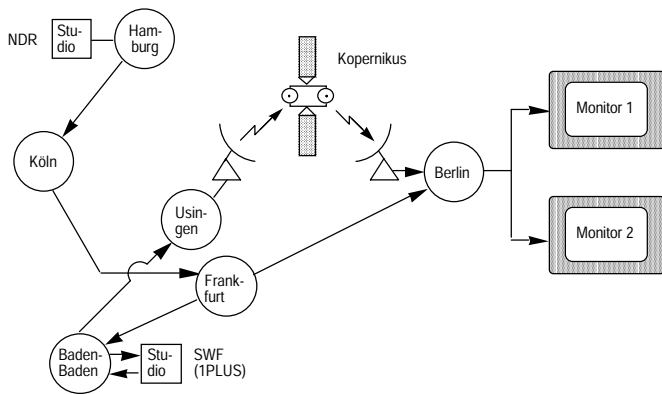


Abb. 1: Die Übertragungswege der Tagesschau durch die Fernsehprogramme ARD (terrestrisch) und IPLUS (Satellit).

Erdfunkstelle in Berlin auf dem Schäferberg empfangen und ebenfalls der Kopfstation für das Kabelnetz zugeführt.

### Labor-Experiment kontra Lebenswelt

#### Laufzeiteffekte elektromagnetischer Wellen als Phänomen

Naturerscheinungen den Sinnen zu vermitteln, Natur erfahrbar zu machen, das ist eine wichtige Aufgabe des Physikunterrichts. Das Phänomen der Ausbreitung einer elektromagnetischen Welle, die Laufzeit eines Signals, kann mit den schulüblichen interferometrische Meßmethoden - als »Experiment im Kleinen« - den Schülern nicht vermittelt werden. Der Versuch, Laufzeiteffekte bei elektromagnetischen Wellen nachzuweisen, endet zwangsläufig bei elektronisch verfeinerten Methoden - jedenfalls dann, wenn man den Physikraum mit der Anordnung nicht verläßt. Das Phänomen zu erleben, setzt aber gerade das voraus: Laufstrecken von mehreren Zehntausend Kilometern Länge werden notwendig. Mit dem Satellitenfernsehen ist das kein Problem mehr. Wir beziehen den Weltraum in unserer Experiment ein! Das »Tagesschau-Echo« ist ein »Experiment im Großen«, das einerseits die Laufzeit eines elektrischen Signals unmittelbar erleben läßt, andererseits einen engen Bezug zur Lebenswelt der Schüler hat.

#### Experimente in der Schülerwelt

Lerninhalte sollten eine Beziehung zur Wirklichkeit haben. Sie müssen möglichst viele »Verankerungspunkte« für das Wissen bieten. Verknüpfen wir den Lernstoff mit realen Begebenheiten aus der Welt des Schülers, wirkt seine Umwelt bei der Festigung des Gelernten unbemerkt mit. Ein solcher »Verankerungspunkt« besteht bei dem von uns vorgeschlagenen Experiment darin, daß es mit technischen Geräten aus der Erfahrungswelt der Schüler durchgeführt werden kann. Diese Hinwendung zu den Interessen der Schüler ermöglicht eine umfangreiche Einbeziehung von Schüleraktivitäten in den Lernprozeß. Angefangen von der Möglichkeit, das Phänomen schon im Hausversuch jederzeit zu erleben, werden für eine genauere Untersuchung vielseitige Schüleraktivitäten angeregt. Auch fachbezogene Lerninhalte (Methoden der c-Messung, Erdsatelliten, Ausbreitung von Mikrowellen) wie auch fachübergreifende (gesellschaftliche, politische und historische Bedingungen des Satellitenfernsehens) lassen sich anbinden - Physiklernen ist im Kontext möglich.

### c-Messung als Unterrichtsprojekt

#### Organisation des Unterrichtsprojekts

Das Projekt gliedert sich grob in drei Phasen. Zunächst stellen wir den Schülern die Idee vor, mit dem »Tagesschau-Echo« die Signalgeschwindigkeit elektromagnetischer Wellen zu messen.

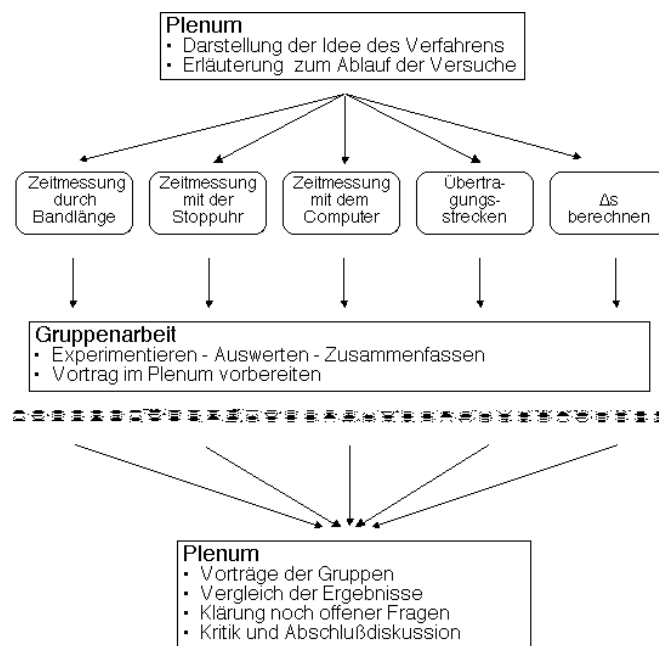


Abb. 2: Organisationsschema zum Unterrichtsprojekt.

Daran anschließend werden Fragestellungen entwickelt, die in Arbeitsaufträge für die themenverschiedene Gruppenarbeitsphase münden.

Einige der Gruppen ermitteln mit verschiedenen Verfahren den Laufzeitunterschied  $\Delta t$ . In den anderen Gruppen wird unabhängig von der Zeitmessung die Länge der Übertragungstrecke  $\Delta s$  bestimmt. Die Schüler untersuchen die genauen Übertragungsbedingungen, sowohl für die terrestrische Zuführung des Programms als auch - in einer eigenen Gruppe - für die Satellitenübertragungstrecke. Die Ergebnisse der Gruppenarbeitsphase werden von den Schülern im Plenum vorgelesen und daran anschließend Auswertung und Diskussion der Messungen vorgenommen.

#### Experimentelle Voraussetzungen

Wesentlich für eine kontinuierliche Arbeit in der Gruppenarbeitsphase ist, die Messung des Laufzeitunterschieds jederzeit durchführen zu können. Dazu erfolgte die Aufzeichnung der Tonsignale (ARD - IPLUS) mit einem 2-Kanal-Spulen-Magnetbandgerät bei einer Aufnahmegeschwindigkeit von 19,05 cm/s.

#### Schülernahe Meßmethoden für die Laufzeitdifferenz

Hier ist Kreativität gefragt - je einfacher, desto besser. Ist für die Aufzeichnung ein Spulentonband verwendet worden, kann zur Zeitmessung, durch reduzierte Wiedergabegeschwindigkeit (2,4 cm/s), im einfachsten Fall die Handstoppuhr eingesetzt werden.

Steht ein Speicheroszilloskop, etwa als Meßinterface in Verbindung mit einem Mikrocomputersystem, in der Schule zur

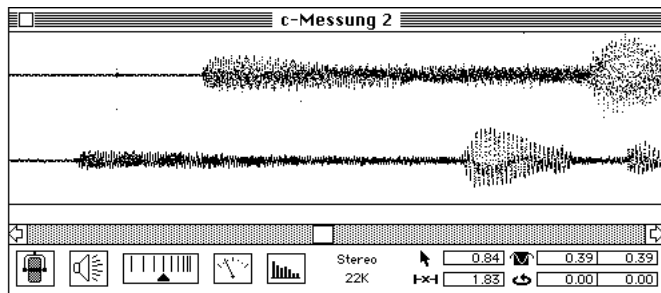


Abb. 3: Tonsignale der Fernsehprogramme ARD (unten) und IPLUS (oben) mit dem Computer aufgezeichnet. Das verwendete Programm erlaubt auch die akustische, stereophone Wiedergabe der Signale.

Verfügung, so bietet sich die Zeitmessung damit besonders für die grafische Bestimmung von  $\Delta t$  an, die jeder Schüler selbst mit einem entsprechenden Ausdruck vornehmen kann.

### Ermitteln der Übertragungsstrecken

Nachforschungen unserer Schüler beim Fernmeldetechnischen Zentralamt (FTZ) der Bundespost in Darmstadt zeigen ein sternförmiges Kommunikationsnetz, über das die ARD ihr Programm verteilt. Die Länge der terrestrischen Übertragungsstrecke konnten unsere Schüler noch bequem mit der Landkarte ermitteln.

Die Bestimmung der Länge der Übertragungsstrecke durch den Weltraum (Frankfurt - Baden-Baden - Usingen - Kopernikus - Berlin) ist dagegen eine für Schüler etwas mühselige trigonometrische Aufgabe, die von ihnen einiges an räumlichem Vorstellungsvermögen verlangt. Zur Veranschaulichung haben sich die Schüler ein räumliches Modell der Orbitalposition des Satelliten hergestellt.

### Abschätzen der Signalgeschwindigkeit - Folgerungen

Als Laufzeit des »Tagesschau-Gongs« über den Satelliten Kopernikus haben unsere Schüler einen Wert von  $\Delta t = (260 \pm 20)$  ms ermittelt. Trotz der etwas unübersichtlichen Übertragungsverhältnisse erhält man damit ein aussagekräftiges Ergebnis: als Signalgeschwindigkeit  $u$  ergibt sich ein Wert von

$$u = \Delta s / \Delta t = 79100 \text{ km} / 0,26 \text{ s} = (3,0 \pm 0,3) \cdot 10^8 \text{ m/s},$$

wobei der Fehler der Zeitmessung hier den Gesamtfehler mit etwa 10% dominiert (der Fehler liegt damit in der Größenordnung schulüblicher Methoden zur  $c$ -Messung). Das bedeutet: Der Tagesschau-Gong breitet sich - im Rahmen der Meßgenauigkeit - mit Lichtgeschwindigkeit von Hamburg bis in unser Wohnzimmer aus. Und das haben die Schüler - im einfachsten Fall - nur mit einer Stoppuhr gemessen.

### Die Entwicklung der Fernsehlandschaft

Bei einer Fortsetzung des Projekts werden wir die durch den Rundfunksatelliten ASTRA veränderten Übertragungsbedingungen untersuchen müssen. Da inzwischen über diesen Weg die Vollprogramme von ARD und ZDF ausgestrahlt werden, ist der Umweg über die Tagesschau also nicht mehr unbedingt notwendig. Voraussetzung allerdings bleibt, daß diese Programme auch erdgebunden ausgestrahlt werden. Somit hoffen wir, daß uns die Grundversorgung durch die öffentlich-rechtlichen Fernsehanstalten noch lange erhalten bleiben möge - und das nicht nur zu Meßzwecken.

## Literatur

- [1] Becher-Broßeder W., Kirstein J., *c-Messung mit der Stoppuhr*, PdN-Ph 4 (1992)
- [2] Dickreiter, M. (Hg.), *Handbuch der Tonstudioteknik*, München 1978
- [3] Duit R., *Von Alltagsvorstellungen zu den naturwissenschaftlichen Ideen - neue Unterrichtsansätze*, in: Lichtfeld M. (Hg.), *Ideen für den Physikunterricht*, Berlin 1993
- [4] FB Informatik der FKS, *Umfrage über Fernsehgewohnheiten bei Schülern*, Berlin 1994 (unveröffentlicht)
- [5] Fernmeldetechnisches Zentralamt, *Post über All*, Darmstadt 1988
- [6] Hameyer U., *Forschendes Lernen*, in: IPN Blätter 1/93
- [7] Muckenfuß H., *Mädchen, Macht und Physikunterricht*, in: Lichtfeld M. (Hg.), *Ideen für den Physikunterricht*, Berlin 1993
- [8] Oberndorfer G., *Das springende Ei*, Bern 1991
- [9] Vester F., *Denken - Lernen - Vergessen*, München 1978

### Anschriften der Verfasser:

StD Wolfram Becher-Broßeder, StR Jürgen Kirstein, Fritz-Karsen-Schule, Onkel-Bräsig-Str. 76-78, D-12359 Berlin  
 Prof. Dr. Rudolf Rass, TU Berlin, Institut für Fachdidaktik Physik und Lehrerbildung, Sekr. PN 1-1, Hardenbergstr. 36, D-10623 Berlin

(Welche Wahlpflichtgruppe überträgt diese Messung auf österreichische Verhältnisse? - Publikation garantiert! H.K.)

## Nobelpreis für Physik 1994

Am 10. Dezember 1994 wird der Physiknobelpreis an zwei Pioniere der Strukturforschung mittels Neutronenstreuung verliehen werden. Die ausgezeichneten Arbeiten erfolgten in den Vierziger- und Fünfzigerjahren. Seither ist Neutronenstreuung ein Standardinstrument für die Strukturforschung und intensive Neutronenquellen sind eine Notwendigkeit (s. den Beitrag über das Austron-Projekt in PLUS LUCIS 3/93).

**Clifford G. Shull** vom MIT (USA) streute erstmalig thermische Neutronen elastisch an Kristallen, wodurch ähnlich wie bei der Röntgenstreuung die Kristallstruktur untersucht werden kann. Dabei wird ausgenutzt, daß sich nach der Quantenmechanik ein Strahl von Neutronen wie eine Welle verhält mit der Wellenlänge  $\lambda = h/p$ . (Beziehung von de Broglie:  $h$  ... Plancksches Wirkungsquantum,  $p = mv$  ... Impuls der Neutronen.) Für thermische Neutronen ist die Wellenlänge von der Größenordnung der Gitterkonstante. Im Gegensatz zur Röntgenstreuung, bei der nur die Ladungsstruktur im Festkörper getestet wird, wird in der Neutronenstreuung wegen des magnetischen Moments der Neutronen neben der Verteilung der Atomkerne auch die magnetische Struktur getestet.

Untersucht man hingegen - wie dies **Bertram N. Brockhouse** von der McMaster-Universität in Ontario, Kanada - tat, die Energieverteilung von unelastisch gestreuten Neutronen, so erhält man Information über die möglichen Energiezustände des Kristalls. Wegen der niedrigen Energien, die zur Anregung von Kristall- und Molekülschwingungen notwendig sind, sind thermische Neutronen wegen ihrer geringen Energie gut geeignet.