

# SCHOOL-SCOUT.DE

Unterrichtsmaterialien in digitaler und in gedruckter Form

## Auszug aus: *Informationsübertragung mit elektromagnetischen Wellen (II)*

Das komplette Material finden Sie hier:

[School-Scout.de](http://School-Scout.de)



10. Informationsübertragung mit elektromagnetischen Wellen (II) 1 von 20

### Informationsübertragung mit elektromagnetischen Wellen (II)

Dr. Ralf Winter, Potsdam

Die Navigation mithilfe der Global Positioning Systeme (GPS) wird immer beliebter. Wenn die Antenne eines Navigationsgerätes „Zure Sicht“ auf mindestens vier Satelliten des GPS-Systems hat, kann das Gerät anhand der empfangenen Satellitensignale die aktuelle Position sehr genau berechnen. „Zure Sicht“ bedeutet, dass die vom Satelliten empfangenen hochfrequenten elektromagnetischen Wellen ungehindert die Antenne des Navigationsgerätes erreichen können. Möchte ein Fahrer mit einem „elektronischen Leitfaden“, eine Abkurve und eines entsprechenden Displays so es möglich, eine sehr genaue Ziel-führung durchzuführen.



Abb. 1: Das Navigationssystem des Autarkärs von 1993.

Teil II des Beitrags B/C, Reihe 8, 42. EL, Febr. 2016!

Der Beitrag im Überblick	
<b>Klasse:</b> 11/12	<b>Inhalt:</b>
<b>Dauer:</b> 9 Stunden	• Experiment zur Informationsübertragung mit empfangenen Modulen (Lichtwellen (M 2), Ultraschall und Zentimeterwellen (M 1))
<b>zu Plus:</b>	• Experiment zur Informationsübertragung mit Lichtwellen (M 2)
✓ Interessante Experimente	• digitale Informationsübertragung (M 3)
✓ Erklärung der Vorteile der digitalen Informationsübertragung	• Beispiele für die Anwendung der elektromagnetischen Wellen (M 4):
✓ Einblick in die Geschichte der Informationsübertragung	– Wie funktioniert das Fernsehen?
✓ Vorschlag für eine Klausur	– Telefonieren mithilfe des Mobilfunks
	– Navigieren mit GPS
	– Wie funktioniert WLAN?

44/54019 Physik-Kapitel 2016

## Informationsübertragung mit elektromagnetischen Wellen (II)

Dr. Rolf Winter, Potsdam

Die Navigation mithilfe des **Global Positioning Systems (GPS)** wird immer beliebter. Wenn die Antenne eines Navigationsgerätes „freie Sicht“ auf mindestens vier Satelliten des GPS-Systems hat, kann das Gerät anhand der empfangenen Satellitensignale die aktuelle Position sehr genau berechnen. „Freie Sicht“ bedeutet, dass die vom Satelliten ausgesandten hochfrequenten elektromagnetischen Wellen ungehindert die Antenne des Navigationsgerätes erreichen können. Mithilfe eines Datensatzes (einer „elektronischen Landkarte“), eines Algorithmus und eines entsprechenden Displays ist es möglich, eine sehr genaue Ziel-führung durchzuführen.



© fotolia / i-picture

II/C

Abb. 1: Das Navi zeigt dem Autofahrer den Weg.

Teil II des Beitrags II/C,  
Reihe 8, 42. EL, Febr. 2016!

Der Beitrag im Überblick	
<p><b>Klasse:</b> 11/12</p> <p><b>Dauer:</b> 9 Stunden</p> <p><b>Ihr Plus:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ interessante Experimente</li> <li>✓ Erklärung der Vorteile der digitalen Informationsübertragung</li> <li>✓ Einblick in die Geschichte der Informationsübertragung</li> <li>✓ Vorschlag für eine Klausur</li> </ul>	<p><b>Inhalt:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Experiment zur Informationsübertragung mit amplitudenmodulierten Dezimeter- und Zentimeterwellen (M 1)</li> <li>• Experiment zur Informationsübertragung mit Lichtwellen (M 2)</li> <li>• digitale Informationsübertragung (M 3)</li> <li>• Beispiele für die <b>Anwendungen</b> der elektromagnetischen Wellen (M 4): <ul style="list-style-type: none"> <li>– Wie funktioniert das Fernsehen?</li> <li>– Telefonieren mithilfe des Mobilfunks</li> <li>– Navigation mit GPS</li> <li>– Wie funktioniert WLAN?</li> </ul> </li> </ul>

## Fachliche und didaktisch-methodische Hinweise

### Fachlicher Hintergrund

Die bekanntesten Anwendungen der Informationsübertragung mit elektromagnetischen Wellen sind **Rundfunk** und **Fernsehen**. Am Anfang wurden für Rundfunkübertragungen amplitudenmodulierte **Lang-** und **Mittelwellen** genutzt. Später kamen dann **Kurzwellen** und frequenzmodulierte **Ultrakurzwellen** hinzu (siehe **Teil I**, RAAbits Physik, **II/C**, **Reihe 8**, **M 4**, **Radiowellen**). Ende des Jahres 2015 wurden in Deutschland die Mittel- und Langwellenrundfunksender abgeschaltet.

Die ersten einfachen Rundfunkempfänger waren **Detektorempfänger**. Das sind sehr einfache Empfänger für amplitudenmodulierte Mittel- und Langwellen. Solche Empfänger bestehen aus nur wenigen Bauteilen – Antenne, Abstimmkreis, Gleichrichterdiode und Kopfhörer – und können ohne eigene elektrische Energiequelle arbeiten, da die benötigte Energie aus der Energie der vom Sender empfangenen elektromagnetischen Wellen stammt.

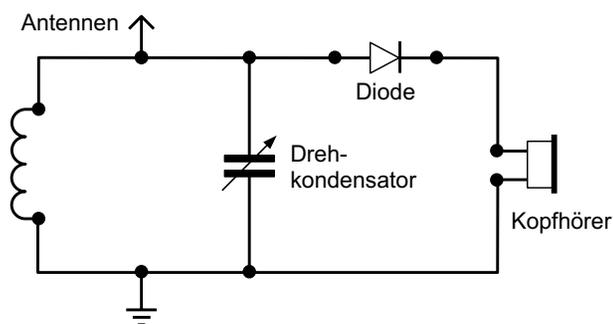


Abb. 2: Modell eines Detektorempfängers

Die **digitale Informationsübertragung** mithilfe elektromagnetischer Wellen ist schon sehr alt. **Rauchzeichensignale** und **Lichtsignale** mit Fackeln sind binäre (zweiwertige) Signale. Das eigentliche digitale Zeitalter begann allerdings erst in den 1970er-Jahren durch die Entwicklung der **Großintegration** (Speicher, Mikroprozessoren, Zähler, Analog-Digital-Umsetzer). Meilensteine der digitalen Informationsübertragung waren **digitales Telefonieren** (ISDN 1989), **digitaler Rundfunk** (DAB 1989) und **digitales Fernsehen** (DVB 1995). Die Vorteile gegenüber der analogen Übertragung sind zum einen die Unempfindlichkeit gegen äußere elektromagnetische Störfelder und zum anderen die Möglichkeit der Fehlererkennung, der Fehlerkorrektur sowie der Datenreduktion.

Eine der bekanntesten Anwendungen der Informationsübertragung mit elektromagnetischen Wellen ist das **Fernsehen**. Die zu übertragenden Bilder werden in einer Fernsehkamera in einzelne Bildpunkte (Pixel) zerlegt. Beim Schwarz-Weiß-Fernsehen wurde mithilfe einer **Braun'schen Röhre** der Helligkeitswert (Grauwert) jedes Bildpunktes in eine elektrische Spannung umgewandelt. Moderne Kameras nutzen dazu **CCD-Bildsensoren** (CCD – Charge Coupled Device). Für die Übertragung farbiger Bilder werden drei CCD-Chips benötigt (siehe **M 5**, Abb. 18), die jeweils die Helligkeitswerte von Rot, Grün und Blau bestimmen.

Der CCD-Chip ist aus einer Matrix von Zellen aus lichtempfindlichem Halbleitermaterial aufgebaut. Jede Zelle besteht aus einer **Fotodiode** und einem abgedunkelten Bereich. Die einzelnen Zellen bilden mit jeweils zwei transparenten Elektroden aus **Indiumzinnoxid** einen **Kondensator**. Die abgedunkelten Bereiche sind als Schieberegister (Speicher) geschaltet. Angesteuert werden die einzelnen Zellen, die sog. *Pixel*, über durchsichtige Leiterbahnen in Matrixanordnung (siehe Abb. 3).

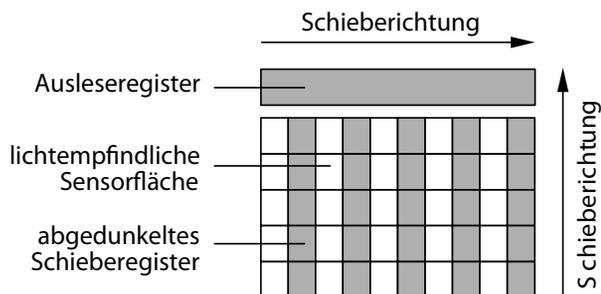
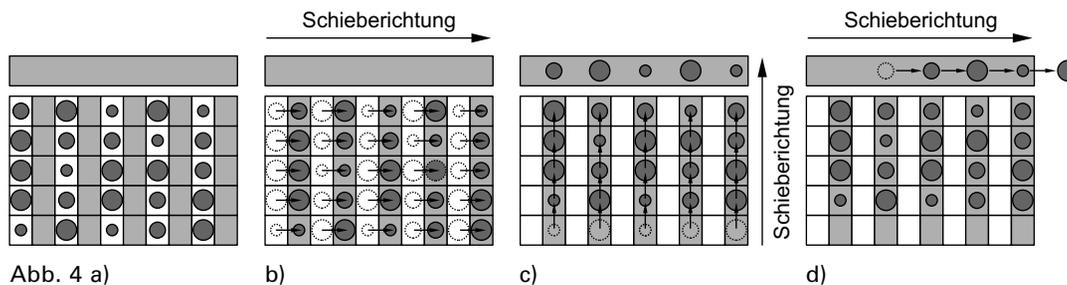


Abb. 3: Modell eines CCD-Chips

Wird nun mit dem Objektiv der Kamera ein Bild auf den CCD-Chip projiziert, werden in jeder Fotodiode infolge des Sperrschichtfotoeffekts Ladungsträger freigesetzt, die den dazugehörigen Kondensator aufladen. Dabei ist die Kondensatorspannung der einfallenden Lichtmenge proportional. Es entsteht auf dem Chip ein Ladungsbild, das der Lichtintensität des Bildes an jedem einzelnen Bildpunkt entspricht (Abb. 4a, gefüllte Kreise stellen die Ladungsmenge dar). Danach erfolgt durch einen Schiebetakt in horizontaler Richtung in allen Zellen gleichzeitig das Verschieben der Ladungen in die abgedunkelten Bereiche (Abb. 4b). Die lichtempfindlichen Bereiche können nun ein neues Ladungsbild aufnehmen. Das ist vergleichbar mit dem mechanischen Verschluss einer älteren Kamera, allerdings handelt es sich hier um einen „elektronischen Verschluss“.



Im nächsten Takt erfolgt eine vertikale Parallelverschiebung. Wie bei einer Eimerkette werden dabei die Ladungen von einer Zelle des Schieberegisters zur nächsten weitergereicht. Die erste Zeile wird dabei ins Ausleseregister übertragen (Abb. 4c). Auch das Ausleseregister ist ein Schieberegister, das seinerseits mit jedem Takt die einzelnen Zellenladungen seriell in den Ausleseverstärker schiebt (Abb. 4d). Die Ausgangsspannung dieses Verstärkers bildet somit das umgewandelte elektrische Helligkeitssignal des Bildes.

Im Sender wird die Trägerschwingung mit den drei Farbsignalen amplitudenmoduliert. Da drei verschiedene Signale gleichzeitig auf die Trägerschwingung moduliert werden müssen, verwendet man eine spezielle Form der Amplitudenmodulation, die sog. **Quadraturamplitudenmodulation (QAM)**<sup>1</sup>. Diese modulierten Signale werden dann von der Antenne des Senders als elektromagnetische Wellen abgestrahlt.

Die **Informationsübertragung mit Licht** beruht darauf, dass das Licht eine elektromagnetische Welle ist, die man amplituden- bzw. helligkeitsmodulieren kann. Die Modulation erfolgt im Sender mithilfe einer **Lichtemitterdiode (LED)**, die Demodulation im Empfänger mit einer **Fotodiode** (siehe **M 2**). Bei der Informationsübertragung über größere Strecken und „um die Ecke“ nutzt man Lichtwellenleiter-Kabel.

## Hinweise zur Gestaltung des Unterrichts

Der Aufbau eines Detektorempfängers war ein sehr beliebtes und einfaches Schülerexperiment. Leider ist es nach der Abschaltung der Mittel- und Langwellensender Ende 2015 nicht mehr durchführbar. Einen einfachen UKW-Empfänger aufzubauen, ist mit schulischen Mitteln nicht möglich. Wenn Sie trotzdem auf ein Experiment mit einem UKW-Empfänger nicht verzichten wollen, bieten sich entsprechende Selbstbausätze der Firma **Conrad-Elektronik** oder der Firma **ELV-Elektronikversand** an. Für die Verwendung von Dezimeter- und Mikrowellensendern (**M 1**) wird noch einmal auf die entsprechenden Hinweise der Bundesnetzagentur im Teil I des Beitrages hingewiesen.

<sup>1</sup> Die QAM ist nur ein Verfahren von vielen Modulationsarten.

# SCHOOL-SCOUT.DE

Unterrichtsmaterialien in digitaler und in gedruckter Form

## Auszug aus: Informationsübertragung mit elektromagnetischen Wellen (II)

Das komplette Material finden Sie hier:

[School-Scout.de](http://School-Scout.de)



10. Informationsübertragung mit elektromagnetischen Wellen (II) 1 von 20

### Informationsübertragung mit elektromagnetischen Wellen (II)

Dr. Ralf Winter, Potsdam

Die Navigation mithilfe der Global Positioning Systeme (GPS) wird immer beliebter. Wenn die Antenne eines Navigationsgerätes „Zure Sicht“ auf mindestens vier Satelliten des GPS-Systems hat, kann das Gerät anhand der empfangenen Satellitensignale die aktuelle Position sehr genau berechnen. „Zure Sicht“ bedeutet, dass die vom Satelliten empfangenen hochfrequenten elektromagnetischen Wellen ungehindert die Antenne des Navigationsgerätes erreichen können. Möchte ein Fahrer sein Ziel „elektronisch“ Leitbar machen, eine App entwickeln und einen entsprechenden Display ist es möglich, eine sehr genaue Zielvorgabe herbeizuführen.



Abb. 1: Das Navigationssystem des Autarkiesystems.

Teil II des Beitrags B/C, Reihe 8, 42. EL, Febr. 2016!

Der Beitrag im Überblick	
<b>Klasse:</b> 11/12	<b>Inhalt:</b>
<b>Dauer:</b> 9 Stunden	• Experiment zur Informationsübertragung mit empfangenen Modulen (Lichtwellen (M 2), Ultraschall und Zentralschleifen (M 1))
<b>zu Plus:</b>	• Experiment zur Informationsübertragung mit Lichtwellen (M 2)
✓ Erklärung der Vorteile der digitalen Informationsübertragung	• digitale Informationsübertragung (M 3)
✓ Einblick in die Geschichte der Informationsübertragung	• Beispiele für die Anwendung der elektromagnetischen Wellen (M 4): <ul style="list-style-type: none"><li>- Wie funktioniert das Fernsehen?</li><li>- Telefonieren mithilfe des Mobilfunks</li><li>- Navigieren mit GPS</li><li>- Wie funktioniert WLAN?</li></ul>
✓ Vorschlag für eine Klausur	

44/54019 Physik-Kapitel 2016