



## **U 9: "Reflektoren": Fahrradtechnik III**

### **Bezug**

- Physik

### **Ziele**

- Schülerinnen und Schüler vertiefen ihre Kenntnisse in Bereich der Optik.
- Sie lernen das Phänomen Retroreflexion kennen und seinen Wert im Verkehrswesen kennen.

### **Kurzbeschreibung/Ablauf**

Anhand der Frage, warum ein von einem Auto angeleuchtetes Verkehrsschild so gut zu sehen ist, testen die Schüler ihnen bekannte Reflexionsarten (diffuse Reflexion, spiegelnde Reflexion) nicht zum erkennbaren Ergebnis führen.

Mit Hilfe von Mikroskopen untersuchen sie reflektierende Materialien (z.B. auf Jacken) und stellen fest, dass sie an der Oberfläche aus vielen kleinen Kügelchen bestehen. Die Lichtbrechung von Glaskugeln mit einer spiegelnden Rückseite führt zum gewünschten Effekt der Rückstrahlung.

In einer Erweiterung kann geklärt werden, dass einige Reflektoren, wie z.B. „Katzenaugen“ nicht nach dem Prinzip der Retroreflexion funktionieren, sondern Tripelspiegel sind.

### **Zeitbedarf**

Eine Stunde

### **Voraussetzung / Material**

- Reflektierende Textilien (Jacken, Turnschuhe, Schulranzen)
- Mikroskope

Eine detaillierte Beschreibung findet sich in der Datei „Sichtbarkeit\_bringt\_Sicherheit.pdf“ (327 KB).

# Sichtbarkeit bringt Sicherheit

## - VE in einer Physikstunde -

(von Wilhelm Ewert, erschienen in der Zeitschrift für Verkehrserziehung 4/2001, Hrsg. Heinrich Vogel Verlag)



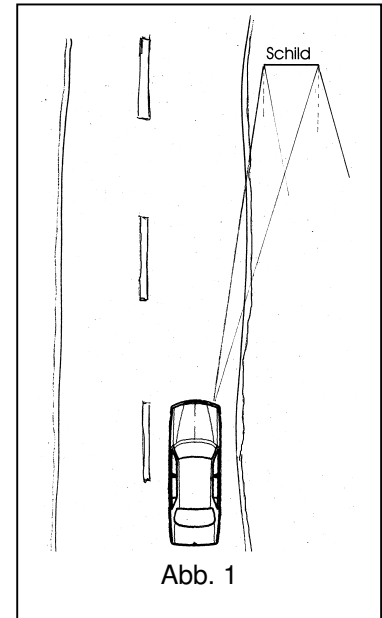
Der eingängige Slogan, vor einigen Jahren vom ADAC geprägt, leuchtet jedem ein. „Sehen und Gesehen werden“, wird an dem Ort getitelt, sei die halbe Miete. Die Leistung des menschlichen Auges ist bei Dämmerung und Dunkelheit erheblich geringer als bei Tageslicht. Die sogenannten Zapfen auf der Netzhaut, die für das Farbsehen verantwortlich sind, benötigen eine höhere Lichtintensität als die Stäbchen, die für das Schwarz-Weiß-Sehen „zuständig“ sind. Bei Dunkelheit vergrößert sich die Pupille, die Projektion auf der Netzhaut wird unschärfer und in der Folge nimmt die Fähigkeit Kontraste wahrzunehmen, Entfernungen einzuschätzen usw. ab. Die Sehschärfe wird bei Dunkelheit bis zu 90% reduziert. Das wundert nicht weiter, wenn man weiß, dass die Sonne Beleuchtungsstärken zwischen 10000 und 100000 Lux liefert, bei Dunkelheit aber nur noch zwischen 0,01 und 40 Lux zur Verfügung stehen. Nur am Rande sei erwähnt, dass mit zunehmendem Alter auch der Lichtbedarf zunimmt. Ein Sechzigjähriger benötigt die dreifache Lichtmenge zur Erkennung eines Zeichens gegenüber einem Zwanzigjährigen. Im Winter verdoppelt sich die Anzahl der auf dem dunklen Schulweg verunglückten Kinder gegenüber dem Sommer.



Sicher, es wird etwas getan: Besagter Automobilclub gibt z.B. im Verbund mit einem Mineralölkonzern regelmäßig Broschüren heraus, in denen unter anderem auf diese Gefahr hingewiesen wird. Die Verkehrswacht startet immer wieder auch zu diesem Thema gesonderte Aktionen und in mancher Rundfunk- und Fernsehsendung wird darauf in der dunklen Jahreszeit hingewiesen. Und auch die Gesetzgeber in verschiedenen Ländern schreiben viele Dinge vor, die der Erhöhung der Sichtbarkeit dienen, wie etwa in Italien die rot-weiße Tafel kennzeichnet, wenn etwas über die Rückleuchten eines Fahrzeuges hinausragt oder die für Deutschland geforderten Reflektoren an Fahrrädern.

Aber, so fragt sich der Lehrer, der um diese Dinge weiß, was soll ich tun? Wie sage ich das den Kindern? Wie transportiere ich dies, ohne dass es in einer Klassenleiterstunde etwa - aufgesetzt - in einer dreiminütigen Ansprache abgehandelt und dann genauso schnell wieder vergessen wird, ohne dass es sich lediglich um das Austeilen und Besprechen eines Falbblattes handelt? Vor einigen Jahren war auf dem dunklen Weg zu unserer Schule ein Mädchen von einem Auto leicht angefahren worden. Da hat natürlich jeder Klassenleiter diesen Sachverhalt thematisiert. Aber so ganz ohne Anlass, einfach so ...?

Steter Tropfen höhlt den Stein, sagt das Sprichwort und so stelle ich mir Verkehrserziehung und deren Integration in die Fächer vor. Alle sagen es, so sollte die Botschaft für den Schüler transportiert werden, also muss etwas Wahres dran sein, aber doch immer so, dass es nicht „nervt“ oder an den Haaren herbeigezogen erscheint. Der Bezug zur VE sollte also möglichst aus dem Unterricht erwachsen, altersgemäß sein und dem Schülerinteresse entsprechen.



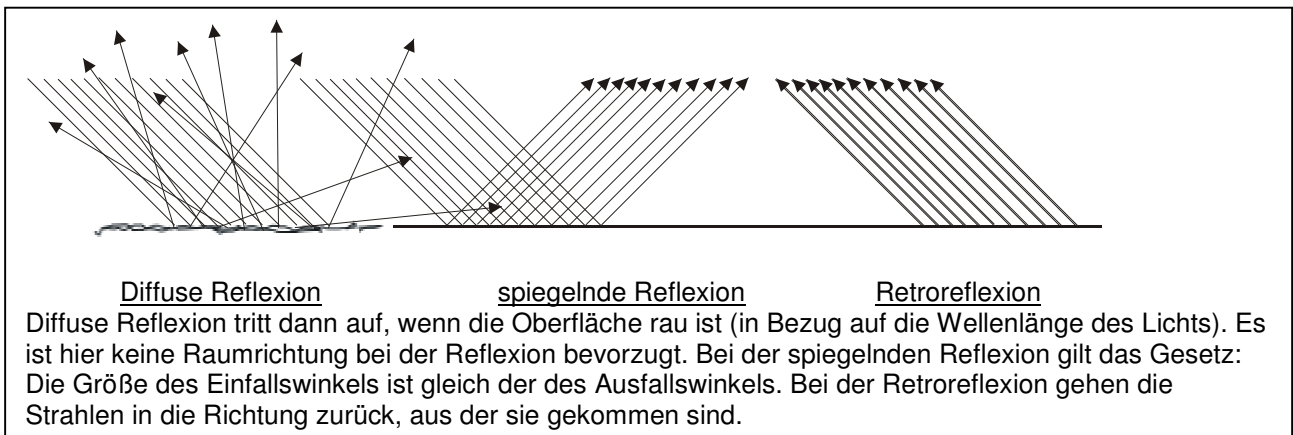
Ich glaube, dass eine Physikstunde und hier das Beispiel der Retroreflexion genau diesen Anforderungen genügt und wundere mich, dass es noch in keinem Lehrbuch zu finden ist. Gestatten Sie, liebe Leserin, lieber Leser, auch wenn Sie nichts mit der Naturwissenschaft zutun haben, dass ich versuche, Sie für das Phänomen zu interessieren, in gleicher Weise, wie ich das bei den Schülern mehrmals - und erstaunlicherweise mit den fast immer gleichen Antworten von Schülerseite aus - probiert habe.

Brechung und Reflexion sind zentrale Themen in der Optik der Sek.I. Im Rahmen der Behandlung der Phänomene stellt sich die folgende Frage:

Im Scheinwerferkegel eines Autos befindet sich ein Schild: Wie gelangt dessen Bild in das Auge des Fahrers? Da bereits die Streuung behandelt ist, antworten die Schüler, dass das Licht des Scheinwerfers diffus reflektiert, d.h. gestreut wird und einige Strahlen so in die Augen des Fahrers gelangen. Nun genügt aber ein kleiner Hinweis, um deutlich werden zu lassen, dass das Schild auffallend mehr Licht zurückwirft als etwa ein danebenstehender Baum.

Nun kommen einige Schüler auf die Idee, dass dies vermutlich daran liegt, dass das Schild im Gegensatz zum Baum glatt und eben sei und deshalb reflektiere. Besonders glatt und gut reflektierend ist aber ein Spiegel. Nimmt man nun vorübergehend an, es handele sich um einen Spiegel und lässt die Schüler den Strahlengang der Randstrahlen einzeichnen (eine Folie ist hier günstig), so muss diese Theorie gleich

verworfen werden. Das Licht fällt völlig sinnlos irgendwohin, nur nicht zurück in das Auge des Fahrers (siehe Abb.1).



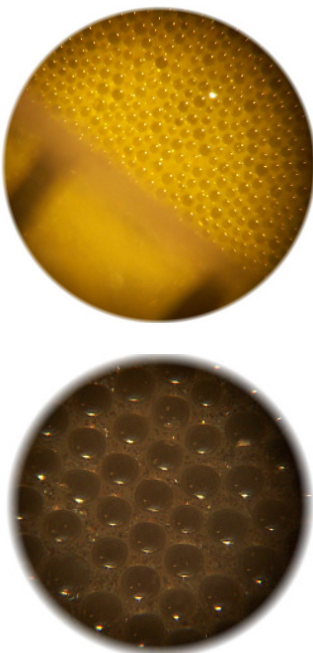
Jetzt äußert gewiss jemand den Gedanken, dass das Schild nicht senkrecht zum Straßenrand steht, sondern so ausgerichtet ist, dass das Licht ins Wageninnere reflektiert wird. Man kann nun ebenfalls leicht graphisch zeigen, dass dies nicht sein kann, denn das Schild müsste ja dann für unterschiedliche Entfernungen in unterschiedlichen Winkeln stehen. Und es steht ja niemand bei dem Schild, der es immer in passender Richtung zum vorbeifahrenden Auto dreht.

Durch eine solche Einleitung kann man durchaus die Neugierde wecken und auch ein wenig Verblüffung erzeugen.

Um was handelt es sich also bei Schildern, bzw den Streifen auf den Jacken oder Schuhen und den weiteren Beispielen, die die Schüler nun bringen?

Es handelt sich um die sogenannte Retroreflexion. Manche halten dieses Wort für ein Oxymoron, also für eine Zusammenstellung zweier sich widersprechender Begriffe, da das reflektierte, also zurückgeworfene Licht durch den Vorsatz von „Retro“ nochmals zurückgeworfen würde und mithin also einfach weiterginge. Dieses Wort hat sich aber allgemein für den Sachverhalt eingebürgert, dass Licht in die gleiche Richtung zurückgeworfen wird, wo es herkommt.

Die Firma 3M hatte mit ihrem Scotchlite-Reflexmaterial eine im wahrsten Wortsinn glänzende Idee. Glaskügelchen, durch eine Aluminiumaufdampfung auf einer Hälfte verspiegelt, sind die Träger der Idee. Das Licht fällt auf die Glaskugel, wird – das kennt der Schüler ja schon – beim Übergang vom optisch dünneren ins optisch dichtere Medium gebrochen. Auf der Rückseite wird der Strahl in gewohnter Weise reflektiert und beim Austritt wieder gebrochen. So verlaufen Hin- und Rückstrahl parallel zueinander. Es ist leicht einzusehen, dass die Reflexion unabhängig davon ist, in welchem Winkel die Folie angestrahlt wird.

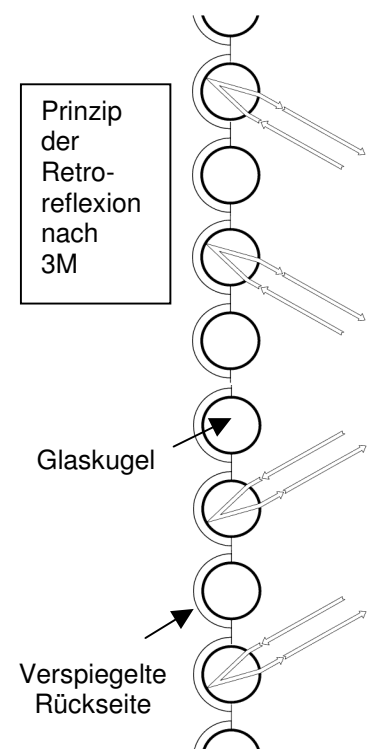


Auf der Fläche befinden sich sehr viele (einige Tausend pro Quadratzentimeter) Kügelchen, die nur Bruchteile von Millimetern groß sind. Die nebenstehende Skizze verdeutlicht nur das Grundprinzip. Für Fachleute sei erwähnt, dass  $n=2$  sein muss. Über den Kügelchen gibt es noch eine Deckschicht und dazwischen noch eine Luftisolationsschicht, es fehlt eine Trägerschicht usw. Auf diese Details kann man aber sicher im Sinne einer zulässigen Vereinfachung verzichten. Dies können im Übrigen die Schüler sehr gut selbst herausfinden, wenn man das Material unter dem Mikroskop betrachten lässt. Im oberen Mikroskopbild sind die Millimeterstriche eines durchsichtigen Lineals erkennbar, um die Größe zu verdeutlichen.

Durch die exakt parallele Reflexion fällt das Licht nun eigentlich in den Scheinwerfer zurück.

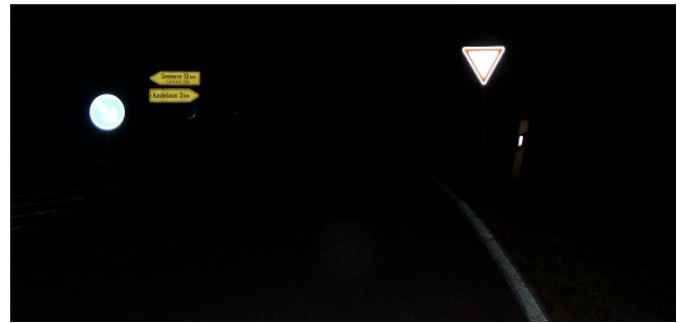
Befindet sich der Wagen allerdings in etwas größerer Entfernung, ist der Winkel zwischen dem Strahl zum Scheinwerfer und dem zum Auge so gering, dass sich dies kaum auswirkt. Um genau zu sein, haben Schilder je nach

Auslegung eine weitwinklige oder spitzwinklige Reflexion. Laut der Firma 3M (siehe Internet: [mmm.com](http://mmm.com)) kann dies abhängig von einigen Variablen dazu führen, dass das Licht 1500 mal heller ist als im „Normalfall“. (Originaltext im Internet: „It reflects 1,500 times brighter than white at night. Because motorists



can see it from 675 feet away\*, they have time to perform evasive maneuvers to avoid an accident. \*Actual visibility will depend on many variables including condition of the reflective material, driver's age, weather conditions, speed of the vehicle, type of headlamp, and many others.“)

Bei einem LKW ist die Auswirkung der exakt parallelen Reflexion schon größer. Will man im verdunkelten Lehrsaal den Effekt vorführen, so muss man beachten, dass es sich hier nur um wenige Meter bis zum Objekt handelt und deshalb die Taschenlampe in Augennähe gehalten werden muss.



Der Physiker weiß, dass die Katzenaugen oder Speichenreflektoren, die auf den Bildern gelegentlich auch zu sehen sind, nicht nach diesem Prinzip funktionieren, sondern dass es sich dabei um Tripelspiegel handelt, wobei man bei deren Behandlung auch gut VE hätte betreiben können.

Bis hierher wurde eigentlich „nur“ der Physikunterricht durch ein schönes Anwendungsbeispiel bereichert. Für den Unterrichtenden ist es jetzt aber nur noch ein kleiner Schritt, anhand vieler Beispiele zwanglos VE zu betreiben. Wer im Dunkeln oder in der Dämmerung an einer Schulbushaltestelle vorbeifährt weiß, wie deutlich sich die neuen Materialien auf der Kleidung von den herkömmlichen Stoffen abheben und so die



Sicherheit der kleinen Fußgänger erheblich erhöhen. Seit Februar 2001 gibt es die neue Schulranzennorm ( DIN 58124 ), die gegenüber früher die Anforderungen an die optische Warnwirkung erheblich verschärft hat. Mindestens 10% der Gesamtfläche müssen mit retroreflektierendem Material versehen sein und mindestens 20% müssen fluoreszierend sein. Und auch die Rückstrahlwerte der retroreflektierenden Flächen wurden gegenüber der alten Norm erhöht.

Übrigens war mir nicht klar, dass es eine Norm für Schulranzen erst seit 1990 gibt. Tests haben ergeben, dass ein Kind mit dunkler Kleidung bei schlechten Sichtverhältnissen nur 30 Meter weit zu sehen ist. Mit reflektierender Bekleidung hingegen „leuchtet“ ein Kind im Scheinwerferkegel bis zu 160 Meter weit. Die Bilder machen klar, warum der Gesetzgeber Reflektoren in den Speichen vorschreibt und weshalb die Reflektoren vorne und hinten vorgeschrieben sind. Schließlich wissen die Schüler ja selbst viel zu gut, dass die Rückleuchte ein sehr vernachlässigtes Teil am Fahrrad ist.



Für viele Schüler in diesem Alter ist aber nicht der Schulranzen für die Kleinen oder das Fahrrad interessant sondern nur das Motorrad. Aber auch hier lassen sich natürlich leicht die Beispiele finden. Ein Blick auf das Bild genügt, um zu zeigen, welchen der Motorradfahrer man in der Dunkelheit am leichtesten erkennen kann. Der Motorradzubehörhandel bietet übrigens reflektierende Aufkleber, Sicherheitsbänder u.Ä. an.

Man hat ermittelt, dass ein mit retroreflektierendem KFZ-Kennzeichen ausgerüsteter PKW auf eine rund vierfach größere Distanz (ca. 250m) wahrnehmbar ist, als ein Fahrzeug mit lackiertem Kennzeichen. Selbst ein Fahrzeug mit einem ausgefallenen Scheinwerfer kann von einem Entgegenkommenden bereits in 115m Entfernung als zweispuriges Fahrzeug erkannt werden. Der Gesetzgeber hat die Konsequenzen gezogen und so müssen alle Kraftfahrzeuge und Kraftfahrzeuganhänger, die ab dem 29. September 1989 erstmals in den Verkehr kamen oder aus anderem Anlass mit einem neuen Kennzeichen ausgerüstet wurden, mit reflektierenden Kennzeichen versehen sein. (siehe StVZO § 72 Inkrafttreten und Übergangsbestimmungen zu § 60 Abs. 1a )



Verkehrserziehung zwanglos aus der Situation heraus entstanden, nichts Großes, nur ein weiteres kleines Mosaiksteinchen zu dem Gesamtbild „Mehr Sicherheit“.

Literatur/Medien:

Bockelmann, Werner D.:

Auge-Brille-Auto, Besser sehen – Sicher fahren; Springer-Verlag Berlin 1987

Weihmann, Götz:

Wenn die Reifen pfeifen, Physik rund ums Auto; Motorbuch Verlag Stuttgart 1980

3M Deutschland GmbH, Hauptverwaltung Carl-Schurz-Str. 1; 41453 Neuss