

## Der RECCO®-Reflektor als Low Cost – High Tech – Experiment

C. Keith, B. Eckert

(Fachbereich Physik, Technische Universität Kaiserslautern)

### 1 Einleitung

In letzter Zeit findet man im Handel immer wieder unterschiedliche Angebote von Funktionskleidung, Textilien die aufgrund der Verwendung neuartiger Materialien oder durch den Einsatz neuer Techniken Zusatzfunktionen erfüllen. Dies geht bis hin zum Einbau von Computern oder Unterhaltungselektronik in die Kleidungsstücke. Eine einfache und in letzter Zeit häufig anzutreffende Ausstattung ist der Recco<sup>1</sup>-Reflektor, der mittlerweile in nahezu jeder Winterbekleidung aller Preisklassen eingebaut ist.

Der Recco-Reflektor ist ein Lawinenverschütteten-Suchsystem der schwedischen Firma Recco AB<sup>2</sup>. Der Transponder ermöglicht eine schnelle und punktgenaue Ortung der verschütteten Personen bei Lawinenunfällen. Er hat in den letzten Jahren eine weite Verbreitung gefunden. Im Folgenden werden zwei Schulversuche nach dem Low Cost – High Tech – Konzept (vgl. [1], [2], [3]) vorgestellt, die die Funktionsweise des Recco-Systems demonstrieren; ein Modellexperiment und ein Experiment mit Originalreflektor in jeweils zwei Variationen.

### 2 Lawinenrettung

In den Alpen gibt es im Schnitt jährlich 100 Tote durch Lawinenabgänge [4], [5], [6]. Daher ist das Thema ständig aktuell, in den Medien wird häufig über solche Unfälle berichtet. Viele Schülerinnen und Schüler betreiben Wintersport und stehen diesem Thema daher nahe, und durch eine Behandlung im Unterricht lässt sich ein Bewusstsein für die Gefahren schaffen. Neben der Prävention stellt sich daher auch die Frage, wie eine Rettung bei einem stattgefundenen Lawinenunglück funktioniert. Wichtig ist dabei in erster Linie, dass ein verschüttetes Opfer in der Lawine überhaupt einmal gefunden wird. Für das Überleben der verunglückten Personen ist eine rasche Rettung notwendig. Dabei kann man zwischen unterschiedlichen Suchmethoden unterscheiden:

Lawinensonde: Dabei handelt es sich um zusammensteckbare Aluminiumstäbe. Die Retter stellen sich in einer Reihe auf und stecken in bestimmten Abständen die Stäbe in den Schnee. Verschüttete Personen stellen dabei einen spürbaren Widerstand dar. Diese Methode ist allerdings sehr zeitraubend und erfordert viel Personal.

---

<sup>1</sup> Geschützter Markenname

<sup>2</sup> RECCO AB, Box 4028, SE-18104 Lidingö. Internet: <http://www.recco.com>

Suchhunde: Hunde können durch ihren Geruchssinn Personen auch durch Schnee wittern.

Lawinenschütteten-Suchgerät (LVS-Gerät): Ein aktives Gerät, das in regelmäßigen Abständen ein Funksignal aussendet. Es kann auch als Empfänger betrieben werden, um verschüttete Mitglieder einer Skigruppe o. ä. zu suchen [7]. Es gibt verschiedene, nicht kompatible Systeme (digital und analog). Der Nachteil dieser Systeme ist allerdings, dass sie für den Wintersportler relativ teuer sind. Zudem werden sie aufgrund ihres Gewichtes und ihrer Größe meist nicht direkt am Körper, sondern in einem Rucksack o. ä. getragen. Daher sind meist nur Personen, die sich bewusst in einen erhöhten Gefahrenbereich begeben, mit einem entsprechenden Sender ausgerüstet. Außerdem sind eine regelmäßige Wartung des Senders und eine erhöhte Disziplin beim Betrieb (Bestückung mit neuen Batterien und Einschalten des Gerätes im richtigen Betriebsmodus) erforderlich. Aktive Verschüttetensuchgeräte sind also nur hilfreich, wenn Verschüttete auf die Lawinengefahr vorbereitet sind.

Das Recco-System hingegen ist ein passives System. Der Recco-Reflektor reagiert auf elektromagnetische Wellen nach dem Prinzip des „harmonischen Radars“. Er ist für den Wintersportler kostengünstig, er ist vollkommen wartungsfrei, hat eine nahezu unendliche Lebensdauer und es ist keine Batterie erforderlich, da er nur eine Kupferschleife und eine Halbleiterdiode enthält. Er ist platzsparend und hat praktisch kein Gewicht. Daher kann er bereits bei der Herstellung von Skischuhen oder Bekleidung in die Produkte eingebaut oder eingenäht werden. In einigen Skiregionen wird der Recco-Reflektor zusammen mit dem Skipass verteilt. Ein spezieller, selbstklebender Reflektor kann auch nachträglich gekauft werden und durch Aufkleben auf Skischuhen etc. angebracht oder einfach in eine Tasche der Kleidung gesteckt werden. Ein so beschaffter Reflektor wurde auch im Experiment verwendet (vgl. Abb. 1). Die zum Reflektor passenden Suchgeräte sind ebenfalls weit verbreitet. In über 600 Wintersportregionen weltweit und nahezu allen Skigebieten der Alpen sind sie bei den Rettungskräften und Hilfsorganisationen vorhanden.

### **3 Funktionsprinzip**

Das Recco-System besteht insgesamt aus Sender, Reflektor und Empfänger. Sender- und Empfängereinheit sind in einem Gehäuse untergebracht und werden von den Rettungskräften bedient. Das Recco-System ermöglicht eine Ortung auf Richtung und Distanz. Während des Suchvorganges wird ein Tonsignal für den Bediener ausgegeben, der sich so in die richtige Richtung bewegen kann. Die Reichweite des Systems in Luft beträgt etwa 200 m, die Reichweite in Schnee ca. 15 m.

Der Sender sendet ein gerichtetes Funksignal der Frequenz 917 MHz aus. Das ausgesendete Funksignal trifft auf alle Gegenstände in der Umgebung und wird, je nach Ma-

terialbeschaffenheit, auch entsprechend reflektiert. Um eine Ortung zu ermöglichen, muss sich das reflektierte Signal vom ausgesendeten unterscheiden, in diesem Fall ein Signal einer anderen Frequenz. Dies wird durch das Prinzip des „harmonischen Radars“ ermöglicht. (Radar = Radio Detection and Ranging, Funkortung und Abstandsmessung.) Im Recco-Reflektor findet eine Frequenzverdopplung auf 1834 MHz statt, sodass der Empfänger auf dieses Signal reagieren kann.

Der Recco-Reflektor besteht im Wesentlichen aus einer kleinen Diode und einer Kupferschleife, die einen elektromagnetischen Schwingkreis (Resonator) darstellt. Für diesen Einsatzzweck werden Schottky-Dioden verwendet, da sie für Hochfrequenz-Anwendungen und, aufgrund ihrer geringen Schwellenspannung, für Gleichrichtungsanwendungen besonders geeignet sind.

Im vorliegenden Fall wird der Schwingkreis von außen durch elektromagnetische Wellen, die vom Sender des Recco-Systems ausgesendet werden, zu Schwingungen angeregt. Wird in den Schwingkreis eine Diode eingebaut (vgl. Abb. 2), so liegt kein sinusförmiger Signalverlauf mehr vor, es werden Oberschwingungen angeregt und durch Resonanz verstärkt. Die entstehenden Oberschwingungen mit der doppelten Frequenz von  $f = 1834$  MHz können vom Empfänger detektiert werden, und es wird ein von der Signalstärke abhängiger Alarmton ausgegeben.

#### **4 Versuchsanleitung**

Die genauen Versuchsbeschreibungen befinden sich in Kasten 1 und 2. Sie sind nach einem Standardschema aufgebaut und sollen den Lehrenden als Handreichung dienen (siehe [1]). Oben ist eine Kopfzeile angebracht, die einen schnellen Überblick ermöglichen soll. Darin befinden sich Informationen zum Einsatzbereich, zur erforderlichen Vorbereitungs- und Durchführungszeit und zum Anforderungs- und Durchführungs-niveau (klassifiziert in drei Stufen mit zunehmender Komplexität). In der Materialliste sind alle benötigten Mittel vollständig aufgeführt, mit denen der Versuch wie beschrieben durchführbar ist.

#### **5 Fazit**

Die vorgestellten Low Cost – High Tech – Experimente stellen einen klaren Alltagsbezug her, orientieren sich an moderner Technik und lassen sich kostengünstig realisieren durch in der Sammlung vorhandene Versuchsaufbauten, ergänzt durch selbst beschaffte und mit wenigen Handgriffen bearbeiteten Materialien. Low Cost – High Tech – Freihandversuche gehen von Alltagsanwendungen aus, regen eine Beschäftigung der Schülerinnen und Schüler mit physikalischen Themen und Problemen an und können so das Interesse am Physikunterricht steigern.

Das Thema der Lawinenverschütteten-Suche ist ständig aktuell und gelangt in regelmäßigen Abständen, meist in der Wintersportsaison, durch die Medien ins Bewusstsein der Bevölkerung. In der Werbung und beim Einkauf von Winterbekleidung stößt der Recco-Reflektor durch seinen breiten Einsatz auf Interesse. Der Versuch stellt daher auch für Schüler, die sich sonst wenig für Technik interessieren, einen Zusammenhang zwischen Physik, Alltag, Sport und Natur her. Das Thema bietet weitere Möglichkeiten für fächerübergreifende Betrachtungen zu Erdkunde und Biologie/Zoologie. Es gibt zahlreiche Freilandstudien, in denen das Prinzip des harmonischen Radars zur Ortung von Amphibien, Insekten und Kleinsäugetern eingesetzt wird, teilweise durch modifizierte Reflektoren oder durch Verwendung des Recco-Reflektors selbst; vgl. [8], [9], [10] und [11].

In Zukunft dürften zudem weitere Anwendungen des Prinzips des harmonischen Radars und des Recco-Reflektors an Bedeutung gewinnen. Denkbare Einsatzbereiche sind: Markierung und Auffinden von bestimmten Punkten unter einer Schneedecke (Schachtdeckel, Wassereinflüsse), Führung von Räumfahrzeugen entlang der Straßenränder, Auffinden von Sprengladungen (Blindgänger-Ortung), Seenot-Rettung (dazu sind Rettungshubschrauber und Suchgeräte mit größerer Reichweite erforderlich) und viele andere Bereiche, in denen eine Ortsbestimmung über längere Zeit und nicht allzu große Entfernungen erforderlich ist.

## Literatur

- [1] B. Eckert, W. Stetzenbach, H.-J. Jodl. Low Cost - High Tech: Freihandversuche Physik; Anregungen für einen zeitgemäßen Unterricht. Köln: Aulis-Verlag Deubner (2000).
- [2] C. Keith, M. Müller, B. Eckert, H. J. Jodl: Low Cost – High Tech: Der Autofokus als Freihandversuch. Praxis der Naturwissenschaften - Physik in der Schule 59/1 (2010), S. 38-43.
- [3] C. Keith, M. Müller, B. Eckert, H. J. Jodl: Low Cost – High Tech: Autofokus Teil 2: Kontrastmethode. Praxis der Naturwissenschaften - Physik in der Schule 59/4 (2010), S. 45-47.
- [4] Lawine. Internetdokument: <http://www.alpic.net/alpin/lawine.php> (abgerufen am 16.06.2009)
- [5] Bergrettungsdiens Österreich: Lawinenunfälle 2004/2005. Internetdokument: <http://www.bergrettung.at/uploads/media/LawinenAnalyse2004-05.pdf> (abgerufen am 19.06.2009)
- [6] Tätigkeits- und Erfahrungsbericht über den Lawinenwarndienst in Bayern Winter 2005/2006. Internetdokument: [http://www.lawinenwarndienst-bayern.de/download/infotehke/lwd\\_tb\\_0506.pdf](http://www.lawinenwarndienst-bayern.de/download/infotehke/lwd_tb_0506.pdf) (abgerufen am 19.06.2009)
- [7] Lebensretter Großer Praxistext LVS-Geräte Internetdokument: [http://www.bergsteiger.de/\\_downloads/freiedownloads/bergsteiger/bs\\_0109\\_68\\_73.pdf](http://www.bergsteiger.de/_downloads/freiedownloads/bergsteiger/bs_0109_68_73.pdf) (abgerufen am 11.03.2009)
- [8] Lövei, Gábor L.; Stringer, Ian A. N.; Devine, Chris D.; Cartellieri, Marc: Harmonic Radar – a method using inexpensive tags to study invertebrate movement on land, in: New Zealand Journal of Ecology (1997) 21(2) S. 187-193
- [9] Haaß, Wolf-Dieter: Radar-Transponder für das Projekt Navigation und Tanzkommunikation von Bienen. Internetdokument: [http://www.fh-oldenburg.de/forschungsdatenbank/docs/Forschungsbericht\\_10072008015029.pdf](http://www.fh-oldenburg.de/forschungsdatenbank/docs/Forschungsbericht_10072008015029.pdf) (abgerufen am 21. 07.2009)
- [10] Meloche, François; Albert, Philippe M.: A lighter transponder for harmonic radar. Radar Conference, 2006. EuRAD 2006. 3rd European Publication S. 233-236
- [11] Douglas, Murray E.: Miniature radio frequency transponder technology suitability as threatened species tags. <http://www.doc.govt.nz/upload/documents/science-and-technical/Sfc071.pdf> Internetdokument: (abgerufen am 30. 03.2009)

Abbildungen:



Abb 1: Recco-Reflektor

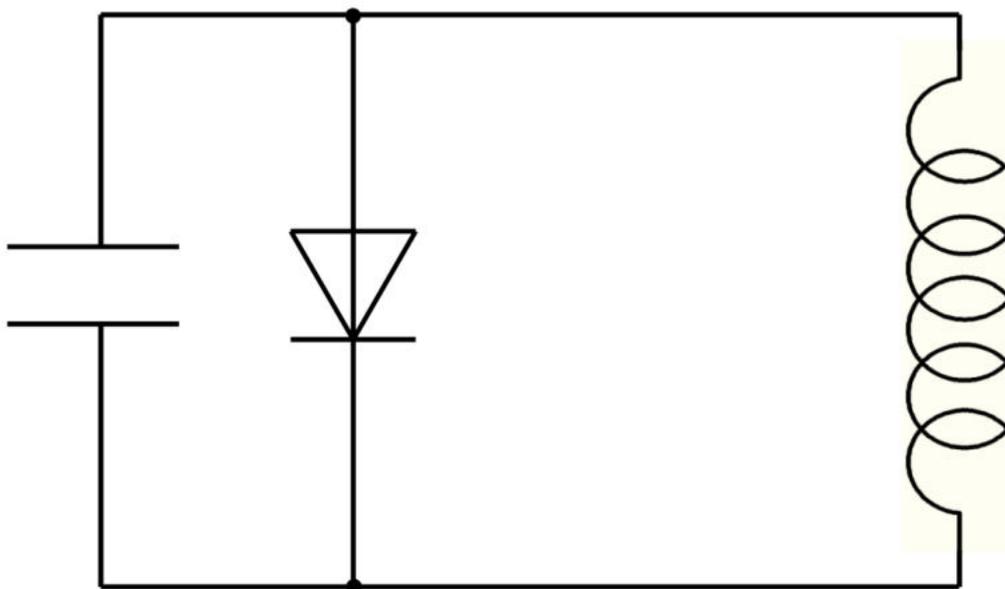


Abb 2: Schaltprinzip Recco-Reflektor

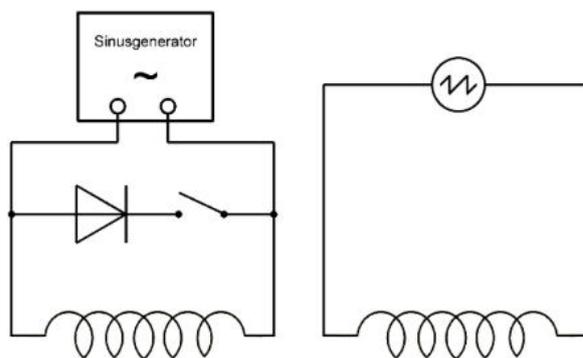
**Kasten 1 (Versuchsbeschreibung):****Recco-Reflektor I: Frequenzverdopplung**

Klassenstufe	Oberthemen	Unterthemen	Anforderungs-niveau	Durchführungs-niveau	Vorlauf Vorbereitung Durchführung
SII	Elektromagnetismus, Wellen, Elektronik	Induktion, Schwingkreis, Dioden	●●●	■	einige Stunden ca. 1 Stunde ca. 15 min.

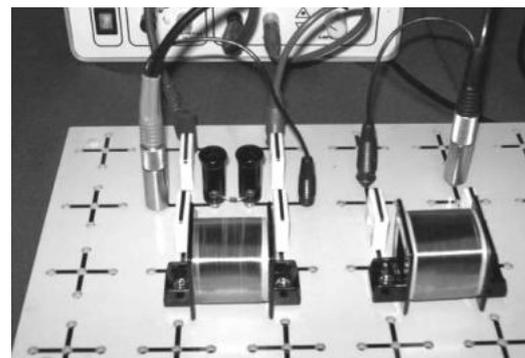
Die Frequenzverdopplung, wie sie im Recco-Reflektor durch Erzeugung von Oberschwingungen bei der Lawinenschüttung-Suche stattfindet, wird demonstriert.

**Materialien**

- 1 Spule mit  $n = 1000$  Windungen, 2 weitere Spulen
- Oszilloskop
- Sinusgenerator
- Diode BAT 43 oder BAT 46
- Kabel, Steckbrücken und geeignete Klemmen
- Elektronik-Steckbrett



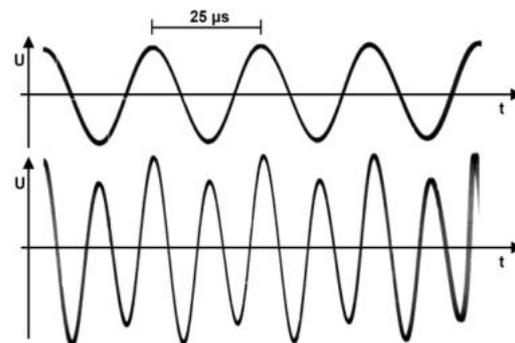
**Abb. 1: Schaltplan zum Versuchsaufbau**



**Abb. 2: Versuchsaufbau Recco-Reflektor**

**Vorbereitung und Aufbau**

Der Aufbau erfolgt gemäß Abb.1. Die Schaltung wird wie in Abb. 2 gezeigt auf einem Elektronik-Steckbrett realisiert. Alternativ kann man entweder einen Schalter wie in Abb. 1 einbauen, oder aber die Diode wird mit geeigneten Steckern erst nachträglich im Laufe des Versuchs eingesteckt (vgl. Abb. 2). Mit dem Sinusgenerator sollte vorher eine geeignete Frequenz gewählt werden. In diesem Fall wurde bei einer Windungszahl von  $n = 1000$  eine Frequenz von  $f = 40$  kHz gewählt. Je nach Aufbau kann die Frequenz aber leicht variieren ( $\pm 4$  kHz). Der linke Teil der Schaltung simuliert den Recco-Reflektor. Die rechte Spule dient allein der Messung und wird über ein Koaxialkabel mit dem Oszilloskop verbunden.



**Abb. 3: Signalverläufe im Vergleich  $U(t)$**

### Durchführung und Beobachtung

Ohne Diode erkennt man einen Signalverlauf wie in Abb. 3 oben. Schaltet man nun die Diode in den Schwingkreis, so erkennt man deutlich eine Verdopplung der Schwingungsfrequenz (vgl. Abb. 3 unten). Durch das Einschalten bzw. Einstecken der Diode werden Oberschwingungen angeregt, wodurch eine Frequenzverdopplung entsteht.

### Variation

Im nächsten Schritt wird das komplette Recco-System mit Sender, Reflektor und Empfänger simuliert. Dazu wird der Aufbau verändert und eine weitere Spule hinzugefügt (vgl. Abb. 4 und Abb. 5):

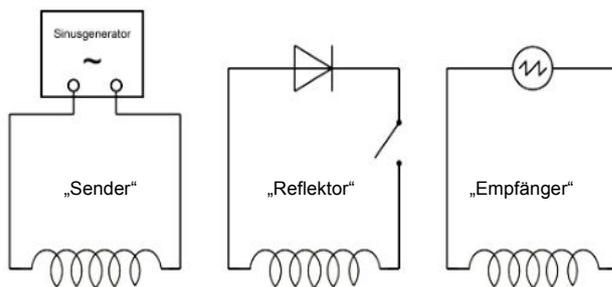


Abb. 4: Schaltplan Variante

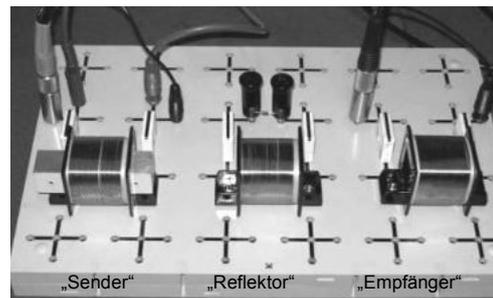


Abb. 5: Versuchsaufbau Variante

Der linke Teil stellt den Sender dar. Zur Verstärkung des Magnetfeldes kann ein Eisenkern eingesetzt werden. Der mittlere Teil des Aufbaus (Spule mit 1000 Windungen und Diode) stellt den eigentlichen Recco-Reflektor dar. Der rechte Teil der Schaltung bildet den Empfänger. Beim Recco-System sind Sender und Empfänger in einem Gerät eingebaut.

Die Signale von „Sender“ und „Empfänger“ werden auf die vertikalen Eingänge 1 und 2 des Oszilloskops gelegt. Auch hier ist eine Frequenzverdopplung erkennbar (vgl. Abb. 6). Im Gegensatz zum ersten Teil des Versuchs ist die Auslenkung des empfangenen Signals allerdings nicht annähernd gleichmäßig. Jede zweite Auslenkung ist etwa um den Faktor drei stärker. Das liegt daran, dass in der rechten Spule die Amplitude des Ausgangssignales zu der in der mittleren Spule erreichten verdoppelten Frequenz addiert wird.

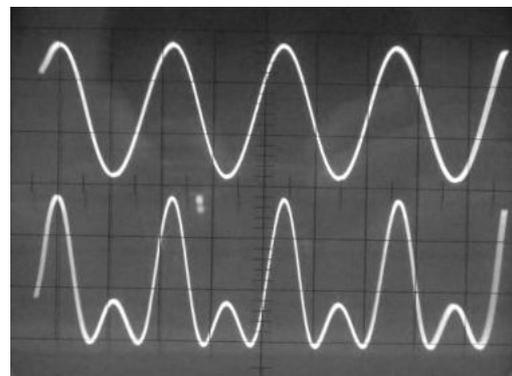


Abb. 6: Signalverläufe Variante  $U(t)$

### Methodische Hinweise und Einsatz im Unterricht

Der Versuch zum Recco-Reflektor kann in der Sekundarstufe II als Lehrer- und Schülerversuch eingesetzt werden, und zwar unter den Oberthemen elektromagnetische Schwingungen und Wellen (Induktion, Schwingkreis) und Elektronik (Dioden). Auch im Rahmen eines Schülerprojektes ist ein Einsatz möglich.

Im Physikunterricht werden mechanische Schwingungen und elektromagnetische Schwingungen gegenüber gestellt und Analogien gesucht. Allerdings wird das Thema Oberschwingungen meist nur im Bereich der mechanischen Schwingungen (Akustik) behandelt. Für das Phänomen der Oberschwingungen gibt es mit dem Recco-Reflektor ein einleuchtendes Anwendungsbeispiel auch im Bereich der elektromagnetischen Wellen.

**Kasten 2 (Versuchsbeschreibung):**

**Recco-Reflektor II: Detektionsprinzip**

Klassenstufe	Oberthemen	Unterthemen	Anforderungs-niveau	Durchführungs-niveau	Vorlauf Vorbereitung Durchführung
SII	Elektromagnetismus, Wellen, Elektronik	Induktion, Schwingkreis, Dioden	●●●	■	einige Stunden ca. 1 Stunde ca. 15 min.

Die Funktionsweise des Lawinenschütteten-Suchsystems Recco wird demonstriert.

**Materialien**

- 1 Spule mit  $n = 1000$  Windungen, weitere 2 Spulen
- Oszilloskop
- Sinusgenerator
- Recco-Reflektor
- Lötzinn und Lötkolben
- Kabel, Steckbrücken, Krokodilklemmen und Adapter
- Elektronik-Steckbrett
- Variation: Digitaloszilloskop mit FFT-Funktion



Abb. 1: Recco-Reflektor

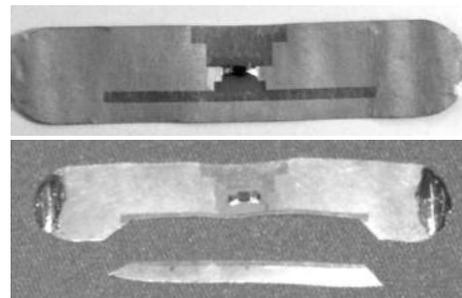


Abb. 2: Vorbereitung des Reflektors

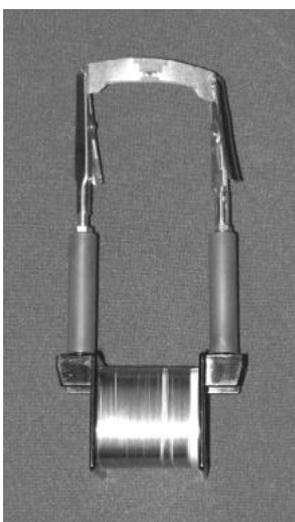


Abb. 3: Reflektor

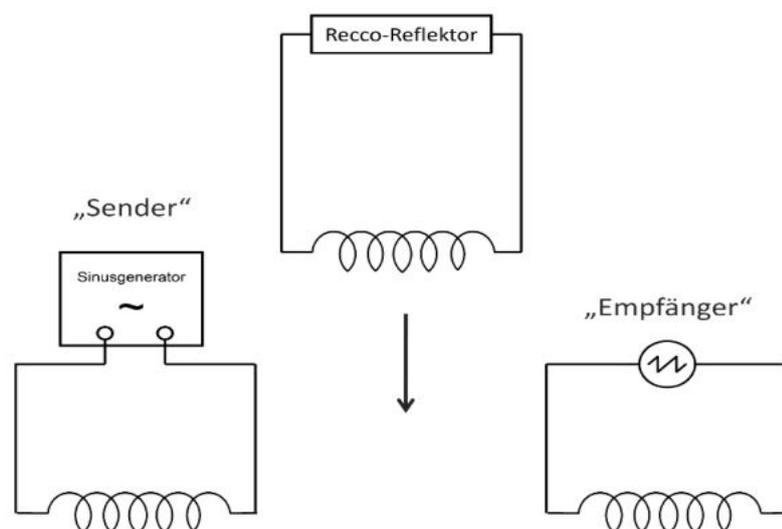
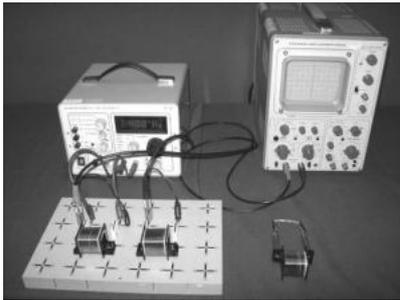


Abb. 4: Schaltplan zum Versuchsaufbau



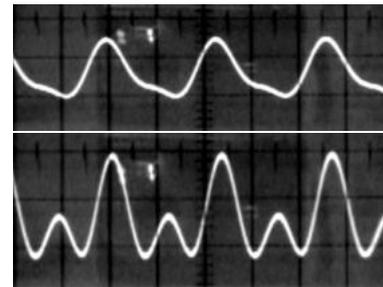
**Abb. 5: Versuchsaufbau**

### Vorbereitung und Aufbau

Zunächst wird der Recco-Reflektor präpariert. Dazu wird die rückseitige Beschichtung mit einem Messer vorsichtig abgetrennt. Übrig bleibt die Kupferfolie mit der eingelöteten Diode, die auf einer Trägerfolie aufgetragen ist. Dann wird die Kupferfolie des Reflektors aufgetrennt, so dass die Schleife unterbrochen ist. Der veränderte Reflektor wird nun mittels Krokodilklemmen und Adapterstücken mit der Spule ( $n = 1000$  Windungen) befestigt (vgl. Abb. 1 bis 3). Für einen besseren Kontakt sollte man zwischen Folie und Klemmen an den Enden etwas Lötzinn aufgetragen. Anschließend werden die Senderspule und die Empfängerspule wie in Abb. 4 und 5 gezeigt auf dem Elektronik-Steckbrett montiert.

### Durchführung und Beobachtung

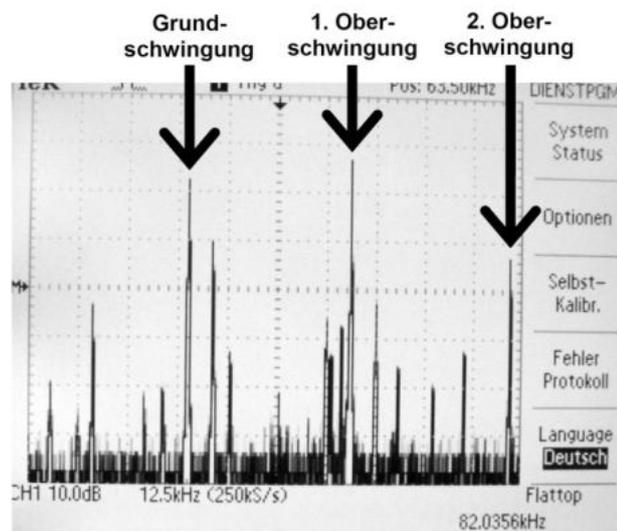
Schaltet man den Sinusgenerator ein, so ist die übliche sinusförmige Schwingung zu erkennen. Jetzt führt man von oben die Spule mit dem montierten Reflektor zwischen Sender- und Empfängerspule ein. Bei der Annäherung erkennt man eine Veränderung des Signals wie in Abb. 6 dargestellt.



**Abb. 6: Oszilloskop-Anzeige**

### Variation

Die Funktionsweise des Empfängers des Recco-Systems wird sehr deutlich, wenn man an die Empfängerspule ein Digitaloszilloskop anschließt, das über eine FFT-Funktion (FFT = schnelle Fourier-Transformation) verfügt. Die Amplitude wird dann in Abhängigkeit von der Frequenz dargestellt und es wird ermöglicht, einzelne Frequenzen zu analysieren. So kann man festzustellen, ob ein Signal mit einer bestimmten Frequenz empfangen wird. Nach dem Einschalten des Sinusgenerators (ohne Reflektor) erkennt man in einen Ausschlag für die Grundschwingung bei  $f = 41,02$  kHz (siehe Pfeile). Führt man die Spule mit Reflektor zwischen die äußeren Spulen ein, werden die Signale der angeregten Oberschwingung angezeigt (vgl. Abb. 7), und zwar bei  $f = 82,04$  kHz. Außerdem erkennt man die 2. Oberschwingung bei  $f = 123,06$  kHz (siehe Pfeile).



**Abb. 7: Grundschwingung und Oberschwingungen**

### Methodische Hinweise und Einsatz im Unterricht

Das Thema bietet viele Möglichkeiten für fächerübergreifende Betrachtungen. Zum einen bietet der Recco-Reflektor eine Querverbindung zu Lawinen und Lawinenschutz im Rahmen des Erdkundeunterrichtes. Zum anderen wird das Funktionsprinzip des Recco-Reflektors auch in anderen Bereichen eingesetzt. Im Bereich der Biologie gibt es eine Vielzahl von Anwendungen bei der Ortung von Amphibien, Insekten und Kleintieren. Auch eine Anwendung im Bereich des Umweltschutzes (z. B. bei Chemieunfällen) bietet Anknüpfungspunkt für interdisziplinäre Betrachtungen: Durch chemische Substanzen kann ein speziell umgebauter Reflektor zerstört werden, was eine schnelle Alarmierung bei Leckagen oder korrodierten Tanks ermöglicht.

**Kurzfassung:****Low Cost – High Tech: Der Recco-Reflektor**

C. Keith, B. Eckert

In dem Artikel werden Experimente zur Funktionsweise des Recco-Reflektors vorgestellt, die sich auf einfache Weise als Low Cost – High Tech - Freihandversuche realisieren lassen. Das weit verbreitete Recco-System dient der Lawinenverschütteten-Suche und ermöglicht eine schnelle und punktgenaue Ortung mit Hilfe des Prinzips des „harmonischen Radars“. Der Leser erhält konkrete Versuchsanleitungen, in der praktische Tipps zur Umsetzung der Versuche für den Schulunterricht gegeben werden.

**Anschrift der Verfasser:**

C. Keith, B. Eckert

Fachbereich Physik

Technische Universität Kaiserslautern

Erwin-Schrödinger-Str.

67663 Kaiserslautern

E-Mail: keith@lowcost-hightech.de