

Faszination Technik

Lawinenverschüttetensuch-Geräte im Physikunterricht

Diplomarbeit

zur Erlangung des akademischen Grades
eines Magisters der Naturwissenschaften

an der Karl-Franzens-Universität Graz

vorgelegt von

Alexander KRUSE

am Institut für Physik

Begutachter: Ao. Univ. Prof. Dr. Leopold Mathelitsch

Graz, 2013

Eidesstattliche Erklärung

„Ich, Alexander Kruse, erkläre hiermit an Eides statt, dass ich die vorliegende Arbeit selbständig angefertigt habe. Die aus fremden Quellen direkt oder indirekt übernommenen Gedanken sind als solche kenntlich gemacht. Die Arbeit wurde bisher weder in gleicher noch in ähnlicher Form einer anderen Prüfungsbehörde vorgelegt und auch noch nicht veröffentlicht.“

Ort, Datum Unterschrift

Kurzfassung

Die vorliegende Diplomarbeit befasst sich mit dem Thema Lawinenschüttersuch (LVS)-Geräte im Physikunterricht. Im Anschluss an die Beschreibung der physikalischen Grundlagen, der Funktionsweisen sowie des Einsatzes der LVS-Geräte im alpinen Gelände wird die Thematik „Technik im Physikunterricht“ behandelt. Anhand der Dokumentation des Projektes „Lawinenschüttersuch-Gerät“ der 4a des BRG Kepler Graz wird gezeigt, wie ein technisches Gerät als Ausgangspunkt für einen projektorientierten Physikunterricht eingesetzt werden kann. Das in der Diplomarbeit vorgestellte institutionenübergreifende Projekt hat das Ziel, vor allem bei Jugendlichen das Wissen um die Bedeutung der Industrie für die steirische Wirtschaft zu verbessern und die jungen Erwachsenen nachhaltig für Technik zu begeistern. Die Ergebnisse der Projektevaluation zeigen, dass die Herstellerfirma auch mehrere Monate nach Projektabschluss noch immer sehr präsent in den Köpfen der SchülerInnen ist. Zusätzlich durchgeführte Einzelinterviews mit SchülerInnen lassen nicht eindeutig darauf schließen, ob durch das Projekt der Wunsch nach einem technischen Beruf geweckt wurde.

Danksagung

An dieser Stelle möchte ich allen Personen danken, die durch ihre fachliche und persönliche Unterstützung zum Gelingen meines Studiums und dieser Diplomarbeit beigetragen haben.

Mein Dank gilt Herrn Mag.rer.nat. Dr.phil. Gerhard Rath und Ao. Univ.-Prof. Mag. Dr. Leopold Mathelitsch für die stets hilfreiche, kompetente und freundliche Unterstützung beim Verfassen dieser Arbeit.

Ein herzliches Dankeschön gilt ebenfalls dem Engagement von Frau Mag. Waltraud Knechtl, Lehrerin am BRG Kepler Graz, sowie Frau Mag. Sabine Sattler von der Wirtschaftskammer Steiermark und Frau Sonja Peternel von der Steirischen Volkswirtschaftlichen Gesellschaft (STVG), welchen es zu verdanken ist, dass das Projekt am Kepler Gymnasium realisiert werden konnte.

Ich danke ganz besonders meiner Familie, vor allem meinen Eltern, die mir mein Studium ermöglicht und mich zu jeder Zeit unterstützt haben.

Abschließend noch Danke an alle meine Freunde für die tolle gemeinsame Studienzeit!

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung.....	1
2	Physikalische Grundlagen.....	4
2.1	Elektromagnetische Wellen	4
2.1.1	Maxwellsche Gleichungen.....	4
2.1.2	Der elektromagnetische Schwingkreis	5
3	Lawinenverschüttetensuch-Gerät.....	13
3.1	Entwicklung	14
3.2	Frequenz und Antenne.....	14
3.3	Feldanalyse.....	15
3.4	Sendsignal.....	16
3.5	Signalanalyse	18
3.6	Koppellage	19
3.7	Ein-Antennen LVS-Gerät.....	21
3.8	Mehr-Antennen LVS-Gerät.....	24
3.8.1	Von Analog zu Digital.....	24
3.8.2	Antennenanordnung	26
3.8.3	Demodulation.....	27
3.8.4	Zwei-Antennen LVS-Gerät	28
3.8.5	Mehrfachmaxima	29
3.8.6	Drei-Antennen LVS-Gerät	31
3.8.7	Weiterentwicklungen	31
4	Lawinenverschüttetensuche	35
4.1	Kameradenrettung	36
4.2	Grobsuche und Feinsuche	39
4.3	Punktortung und Ausschaufeln.....	40
5	LVS-Gerät im Physikunterricht	43

5.1	Technik im Physikunterricht.....	43
5.1.1	Kerntätigkeiten.....	45
5.1.2	Methodenvarianten	48
5.2	Projekt zum Thema Lawinenverschüttetensuch-Gerät	50
5.2.1	Die Industrie	50
5.2.2	Faszination Technik	50
5.2.3	Regionale Produktanalyse	51
5.2.4	Organisatorischer Ablauf.....	52
5.3	Kick-Off.....	52
5.4	LVS-Training mit der Firma Pieps am Kreischberg	53
5.4.1	Tagesablauf.....	54
5.4.2	Feedback der SchülerInnen zum Outdoortag.....	57
5.5	Projekttag zum Thema Lawinenverschüttetensuche.....	58
5.5.1	Vorarbeit der Lehramtsstudierenden zum Projekttag	58
5.5.2	Unterstützung seitens der Firma Pieps	59
5.5.3	Arbeitsphase.....	60
5.5.4	Präsentation	64
5.5.5	Feedback der SchülerInnen zum Projekttag.....	66
5.5.6	Am Projekttag erworbene Handlungskompetenzen.....	68
5.5.7	Darstellung und Interpretation der Ergebnisse.....	70
5.6	Exkursion zur Firma Seidel Elektronik	75
5.7	Nachhaltigkeit des Projektes.....	77
5.7.1	Interview.....	77
5.7.2	Feedbackbogen	82
5.8	Resümee.....	85
6	Zusammenfassung.....	86
7	Literaturverzeichnis.....	88
8	Abbildungsverzeichnis.....	92
9	Tabellenverzeichnis.....	93

10	Anhang.....	94
A.1	Gruppe: Schnee und Lawinen	94
	A.1.1. Konzept.....	94
	A.1.2. Arbeitsblatt zum Thema Lawinen.....	95
	A.1.3. Arbeitsblatt zum Thema Schnee	96
A.2	Gruppe: Marketing	97
	A.2.1. Konzept.....	97
	A.2.2. Arbeitsauftrag.....	98
	A.2.3. Marketing-Plan	99
	A.2.4. Arbeitsblatt.....	100
A.3	Gruppe: Entwicklung	101
	A.3.1. Konzept.....	101
A.4	Gruppe: Anwendung	102
	A.4.1. Konzept.....	102
A.5	Gruppe: Technik	103
	A.5.1. Konzept.....	103
	A.5.2. Arbeitsauftrag.....	104
A.6	Feedbackbogen zum Projekttag.....	106
A.7	Feedbackbogen zum Thema Nachhaltigkeit	107

1 Einleitung

Physik und Sport sind zwei meiner großen Leidenschaften. Um meine Begeisterung für diese Themen an heranwachsende Generationen weiter vermitteln zu können, habe ich mich dazu entschlossen, ein Lehramtsstudium für diese Fächer zu absolvieren. Für den Abschluss des Studiums war es nun mein Wunsch, eine Diplomarbeit zu verfassen, in der ich die Aspekte Physik, Sport und Pädagogik harmonisch miteinander verbinden kann. Als ich in einem Gespräch mit Herrn Prof. Rath von dem Projekt „Lawinenschüttelversuch-Gerät im Physikunterricht“ erfuhr, war mein Interesse sofort geweckt. Da ich selbst beim Skitouren Gehen ein LVS-Gerät der Firma Pieps verwende und mir über dessen Wichtigkeit bei einem Ernstfall im alpinen Gelände bewusst bin, verspürte ich eine zusätzliche Motivation, meine Arbeit über dieses Thema zu verfassen.

Das Bundesministerium für Unterricht, Kunst und Kultur schreibt für das Schulfach Physik, im Lehrplan der siebten und achten Klassen Allgemeinbildender Höherer Schulen, vor: *„Die Schülerinnen und Schüler sollen folgende physikalische Bildungsziele erreichen: mit Hilfe der Elektrodynamik Grundphänomene elektrischer und magnetischer Felder (Feldquellen, Induktionsprinzip, elektromagnetische Wellen, Licht, Polarisation, Beugung) erklären können und ihre Bedeutung in einfachen technischen Anwendungen verstehen sowie ein sicherheitsbewusstes Handeln im Umgang mit elektrischen Anlagen entwickeln.“* (Bmukk, 2010) Weiters gilt es, folgende didaktische Grundsätze umzusetzen: *„Die Lehrerinnen und Lehrer haben den Bildungsprozess durch Einbettung der Lehrinhalte in lebensweltbezogene Themenbereiche zu unterstützen und so einer verfrühten Abstraktion vorzubeugen. Dabei ist der erhöhte Abstraktionsgrad moderner physikalischer Inhalte durch verstärkte Nutzung von Analogien und audiovisuellen Medien zu kompensieren.“* (Bmukk, 2010)

Im Zuge dieser Diplomarbeit soll ein möglicher Weg präsentiert werden, wie man das oben beschriebene Bildungsziel, Elektrodynamik und EM-Feld¹, unter den vorgegebenen didaktischen Prämissen in der Schule durch einen technischen Projektunterricht umsetzen kann. Als Verbindung von theoretischen Lehrinhalten zu einem im Alltag benutzten

¹ EM-Feld = Elektromagnetisches Feld

Gebrauchsgegenstand dient dabei das LVS-Gerät². Im ersten Teil dieser Diplomarbeit soll ein grundlegendes Verständnis für das Lawinenverschüttetensuch-Gerät geschaffen werden. Dazu werden die physikalischen Grundlagen, die Arbeits- und Funktionsweise und der lebensrettende Einsatz des LVS-Gerätes im ungesicherten, alpinen Gelände vorgestellt. Der zweite Teil der Diplomarbeit beschäftigt sich mit der fachdidaktischen Aufarbeitung des Themas Lawinenverschüttetensuch-Gerät im Physikunterricht. In diesem Teil wird zu Beginn das Thema Technik im Physikunterricht genauer betrachtet. Dabei werden Probleme und Schwierigkeiten beim Einsatz von Technik im Schulunterricht beschrieben. Weiters wird eine mögliche Lösung für diese Problematik präsentiert, welche anhand der Kerntätigkeiten eines Ingenieurs verschiedene Arbeitsphasen und Unterrichtsmethoden für einen Technikunterricht in der Schule ableitet. Anschließend wird ein von mir dokumentierter, projektorientierter Physikunterricht der 4a des BRG Kepler Graz zum Thema „Lawinenverschüttetensuch-Gerät“ vorgestellt. Eingebettet in ein branchenübergreifendes Projekt von Schule und Industrie, der Initiative Faszination Technik und der Regionalen Produktanalyse des Landes Steiermark, konnte die steirische Firma Pieps, ihrerseits Marktführer für LVS-Geräte im europäischen Raum, als Projektpartner gewonnen werden. Ein Ziel der Regionalen Produktanalyse besteht darin, vor allem bei Jugendlichen das Wissen um die Bedeutung der Industrie für die steirische Wirtschaft zu verbessern und durch institutionenübergreifende Projekte die jungen Erwachsenen für Technik zu begeistern. Durch die Zusammenarbeit von Schulen und Firmen soll eine Verbindung zwischen Technik und Unterricht in Allgemeinbildenden Höheren Schulen hergestellt werden.

Das zu diesem Zweck durchgeführte Projekt startete mit einem Kick-Off am BRG Kepler Graz, im Zuge dessen die Firma Pieps vorgestellt wurde. Weiters folgte ein Outdoor-Tag am Kreischberg, an welchem die SchülerInnen die Möglichkeit hatten, unter Aufsicht eines professionellen Bergführers, den Einsatz von LVS-Geräten in der Praxis zu testen. Ein weiterer Projekttag an der Schule wurde mit der Unterstützung von Lehramtsstudierenden umgesetzt. Die SchülerInnen formten fünf Gruppen mit unterschiedlichen thematischen Schwerpunkten in Bezug auf LVS-Geräte. Die Studierenden hatten als Betreuer der einzelnen Gruppen die Vorgabe, die individuelle Aufarbeitung der Themen so zu gestalten, dass die im Projekt gestellten Aufgaben an die SchülerInnen dem Anforderungsniveau des Kompetenz-

² LVS-Gerät = Lawinenverschüttetensuch-Gerät

modells NAWI 8 entsprachen. Zusätzlich wurde eine Gegenüberstellung der Einschätzungen der StudentInnen mit dem Feedback der SchülerInnen bezüglich der an diesem Projekttag erworbenen Handlungskompetenzen durchgeführt und ausgewertet. Die Organisation einer Exkursion zur Firma Seidl Electronics gab den SchülerInnen zudem die Möglichkeit, die Arbeitsweise eines Industriebetriebes kennen zu lernen. Um die Frage zu beantworten, ob das Ziel der Regionalen Produktanalyse, die Jugendlichen für naturwissenschaftliche und technische Berufsfelder nachhaltig zu begeistern, erreicht werden konnte, wurde die Klasse abschließend, ein halbes Jahr nach der Durchführung des Projekts, nochmals mittels Feedbackbogen und Interview auf Nachhaltigkeit befragt. Die Ergebnisse dazu befinden sich im letzten Teil dieser Arbeit.

2 Physikalische Grundlagen

2.1 Elektromagnetische Wellen

In diesem Kapitel soll ein grundlegendes Verständnis für die Entstehung, die Eigenschaften und die Ausbreitung von elektromagnetischen Wellen geschaffen werden. Die elektromagnetische Feldtheorie, als Grundlage für fast alle elektrotechnischen Entwicklungen, beschreibt die Erzeugung und Wechselwirkung von elektrischen und magnetischen Feldern durch Ladungen und Ströme und ist damit zum tiefen Verständnis des Elektromagnetismus notwendig. Das beeindruckende an dieser Theorie ist, dass man das überaus breite, elektromagnetische Strahlungsspektrum durch einen Satz von nur wenigen Gleichungen beschreiben kann. Bereits 1819 entdeckte Oerstedt, dass ein stromführender Leiter, also ein elektrischer Stromfluss, ein Magnetfeld erzeugt, woraufhin Ampère im Jahr 1820 beweisen konnte, dass zwischen zwei stromführenden Drähten eine Kraft wirkt. Nach der revolutionären Einführung des Feldbegriffes durch Faraday gelang ihm 1831 außerdem die endgültige Verknüpfung von Elektrizität und Magnetismus durch den Beweis, dass ein zeitlich veränderliches Magnetfeld einen elektrischen Strom erzeugen kann. In den Jahren 1861 bis 1864 vollbrachte es James Clerk Maxwell schlussendlich durch Einführung des Verschiebungsstroms, die umfangreiche Konstruktion der Theorie des Elektromagnetismus fertigzustellen. Aufgrund der erheblichen Vereinfachung war die Vereinheitlichung von Elektrizität, Magnetismus und Optik von großer Bedeutung für das Verständnis der Natur und die Weiterentwicklung der Physik. (Henke, 2011, S. 2)

2.1.1 Maxwellsche Gleichungen

Da die Herleitung der Maxwellschen Gleichungen in den unterschiedlichsten Literaturstellen, unter anderem von Brandt & Dahmen (2005), ausführlich beschrieben ist, wird in dieser Arbeit darauf verzichtet und die Maxwellschen Gleichungen werden nur in differentieller Form dargestellt und kurz beschrieben.

$$\vec{\nabla} * \vec{E} = \frac{\rho}{\epsilon_0} \quad (2.1)$$

Das elektrische Feld von Ladungen ist ein Quellenfeld und entspringt an diesen.

$$\vec{\nabla} * \vec{B} = 0 \quad (2.2)$$

Das magnetische Feld ist ein Wirbelfeld und hat keine Quellen.

$$\vec{\nabla} \times \vec{E} = - \frac{\partial \vec{B}}{\partial t} \quad (2.3)$$

Durch zeitlich veränderliche Magnetfelder werden elektrische Wirbelfelder induziert.

$$\vec{\nabla} \times \vec{B} = \mu_0 \vec{j} + \mu_0 \epsilon_0 \frac{\partial \vec{E}}{\partial t} \quad (2.4)$$

Magnetische Wirbelfelder bilden sich um Ströme und zeitlich veränderliche elektrische Felder.

Für das Erlangen eines grundlegenden Verständnisses der Entstehung, der Eigenschaften und Ausbreitung elektromagnetischer Wellen soll im nächsten Abschnitt die Funktionsweise des elektromagnetischen Schwingkreises ausführlich diskutiert werden.

2.1.2 Der elektromagnetische Schwingkreis

Der elektromagnetische Schwingkreis besteht aus der Verbindung eines Kondensators mit der Kapazität C , und einer Spule mit der Induktivität L , in welcher der Kondensator periodisch aufgeladen und entladen wird. Die schwingende Masse eines harmonischen Oszillators stellt diesbezüglich die Analogie eines mechanischen Modells dar, wie in Abbildung 1 zu sehen ist. Die elektrische Energie $W_{el} = \frac{1}{2} C * U^2$ des geladenen Kondensators entspricht der potentiellen Energie der Masse m (Abb. 1.a). Wenn sich der Kondensator C über die Spule entlädt, erzeugt der fließende elektrische Strom mit der Stromstärke $I = \frac{dQ}{dt}$ in der Spule ein Magnetfeld B mit der magnetischen Energie $W_m = \frac{1}{2} L * I^2$ (Abb. 1.b). Die Energie W_m kann in der mechanischen Analogie des harmonischen Oszillators als kinetische Energie der Masse m angesehen werden. Aufgrund der trägen Masse schießt die Kugel über die Ruhelage hinaus und ihre kinetische Energie wird wieder in potentielle Energie umgewandelt (Abb. 1.c.) Im elektromagnetischen Schwingkreis sind das Induktionsgesetz und die Lenzsche Regel für diesen Vorgang verantwortlich. Dabei entsteht in der Spule, wenn der elektrische Strom abzunehmen beginnt, eine Induktionsspannung,

welche der Ursache entgegen gerichtet ist und somit die Abnahme hemmt, den Strom also weiter treibt, bis der Kondensator umgekehrt aufgeladen ist. (Demtröder, 2008, S. 173ff.)

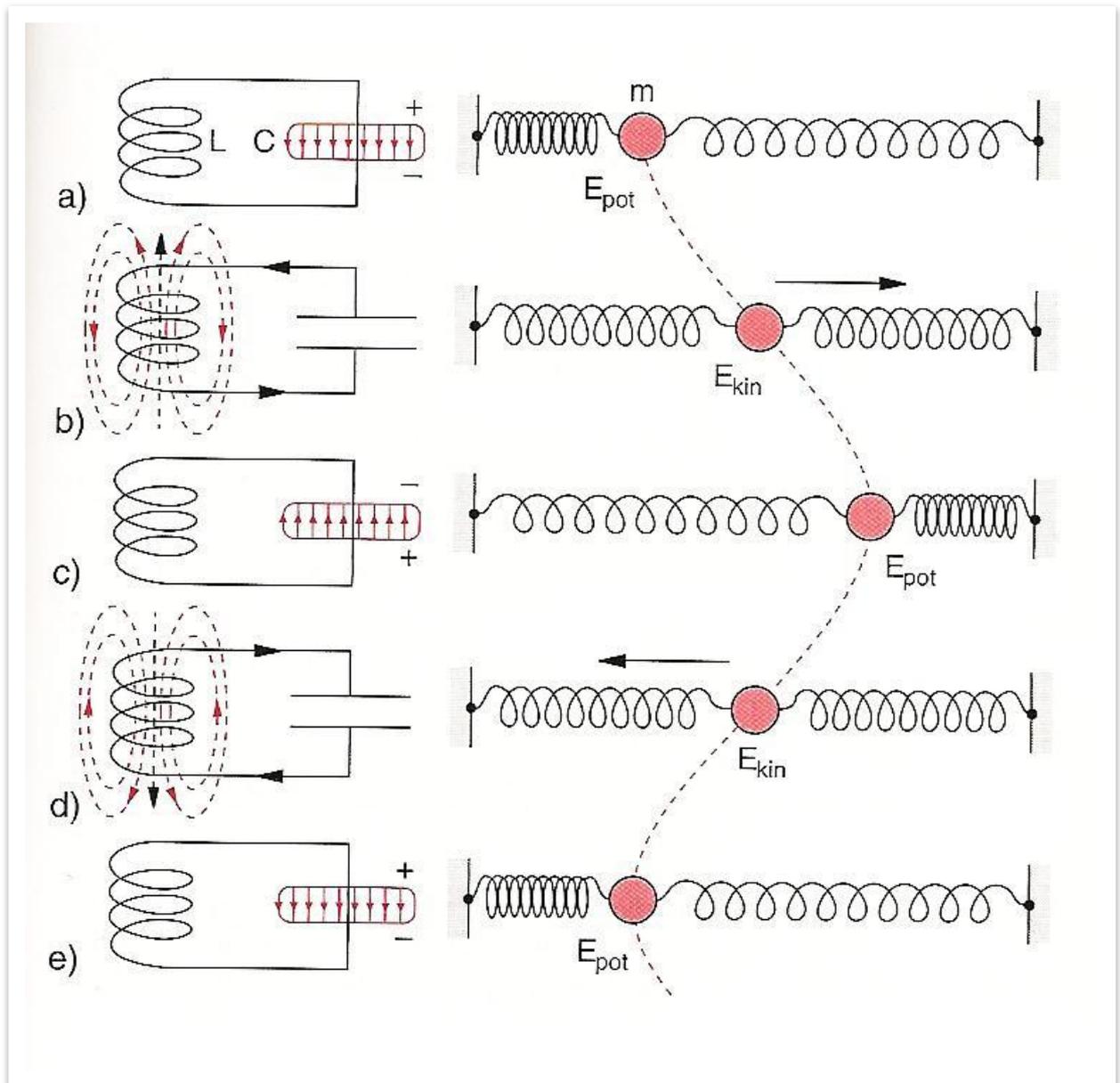


Abbildung 1: Schwingkreis (Demtröder, 2008, S. 173)

Offener Schwingkreis

„Ein gestreckter Leiter ist zu elektromagnetischen Schwingungen fähig. Wir bezeichnen ihn als offenen Schwingkreis oder als Dipol.“ (Schreiner, 2002, S. 100)

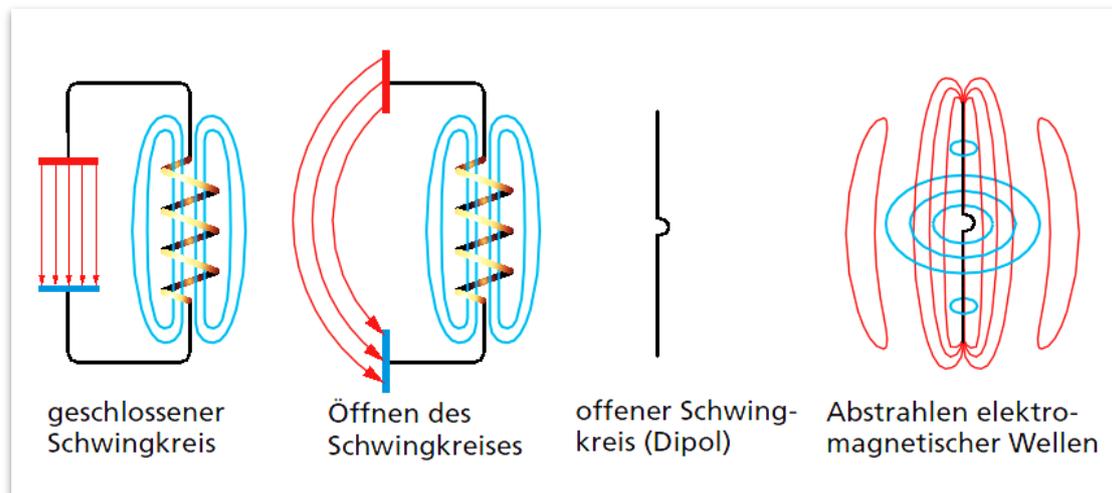


Abbildung 2: Offener Schwingkreis (Meyer & Schmidt, 2008, S. 360)

Im vorherigen Abschnitt wurde der geschlossene elektromagnetische Schwingkreis behandelt. Obwohl die Energie innerhalb der Schaltung periodisch oszilliert, ist die elektrische Feldenergie des Kondensators zum größten Teil auf das Volumen zwischen den Kondensatorplatten, die magnetischer Energie hauptsächlich auf das Volumen innerhalb der Spule konzentriert und somit annähernd räumlich getrennt. Man kann aber C und L kontinuierlich in einen offenen Schwingkreis überführen, wie es in Abbildung 2 zu erkennen ist. Durch Ausbiegen der Leiterschleife gehen Induktivität der Spule und Kapazität des Kondensators in jene des geraden Leiters über. Wenn man dann noch die Endplatten des Kondensators weg lässt, bleibt nur noch ein gerader Draht übrig. Den offenen Schwingkreis charakterisiert seine räumlich gleichmäßig verteilte Kapazität und Induktivität. Entscheidend dabei ist, dass bei einem mit Wechselstrom durchflossenen Draht das elektrische und das magnetische Feld der Leiterschleife weit in den Raum hinaus reichen. Bei einer zeitlichen Änderung von Strom- und Ladungsdichte im Draht kommt es zu einer Ausbreitung des elektrischen und magnetischen Feldes und man spricht von einer Energieabstrahlung in Form von elektromagnetischen Wellen. (Demtröder, 2008, S. 173ff.)

Ausbreitung elektromagnetischer Dipolstrahlung

In Abbildung 3 kann man die Ausbreitung des elektrischen (rot) und des magnetischen Feldes (blau) eines schwingenden, elektrischen Dipols erkennen, dargestellt in Form von Feldlinien. Die magnetischen Feldlinien bilden ebenso wie die elektrischen geschlossene Kurven. Das Kreuzprodukt aus $E \times B$ zeigt immer von der Dipolachse weg. (Tipler & Mosca, 2007, S. 965ff.)

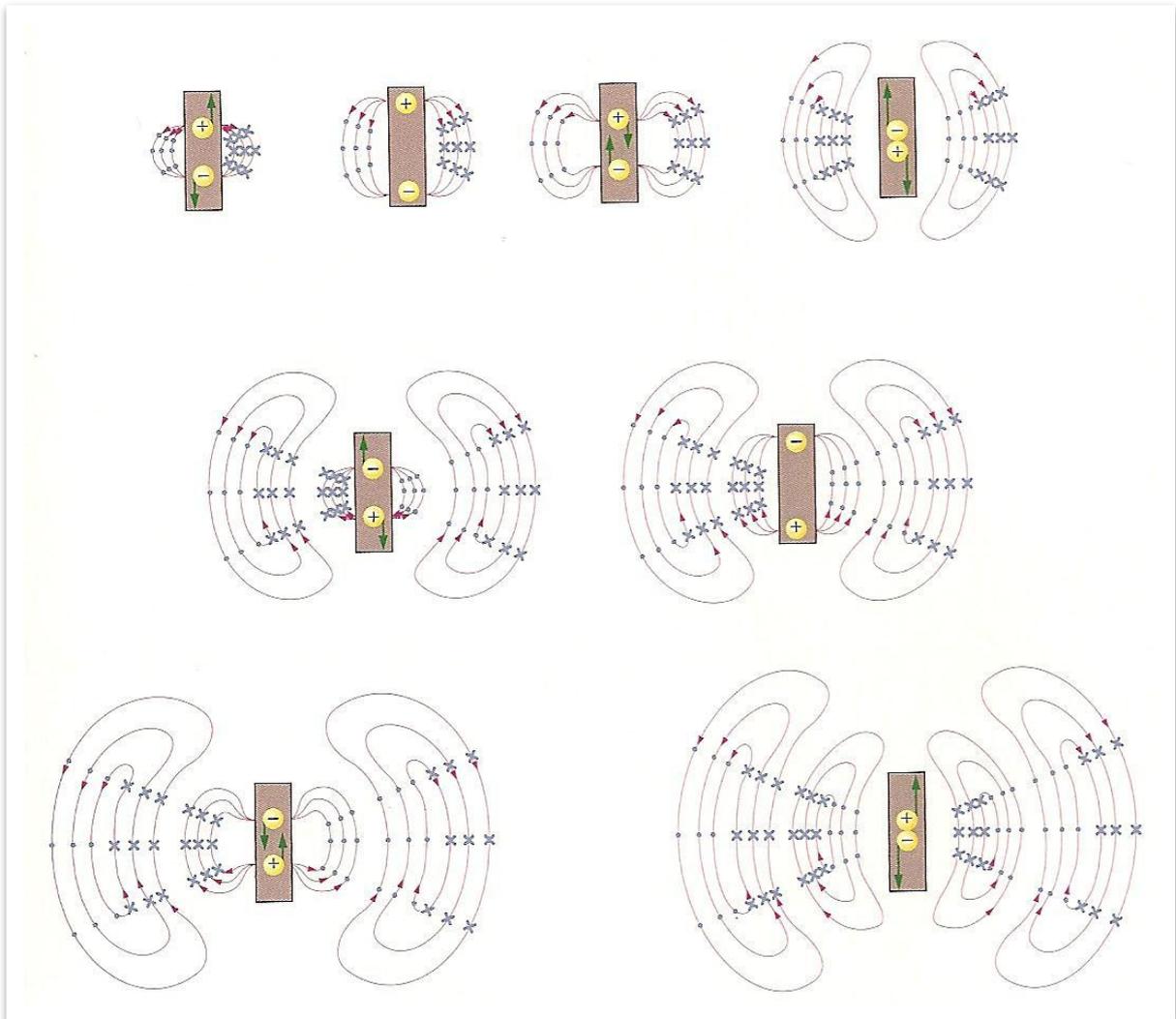


Abbildung 3: EM-Strahlung (Tipler & Mosca, 2007, S. 973)

2.1.2.1 Hertzscher Dipol

Wenn in einem geraden, leitenden Stab mit der Länge l und der Ladungsdichte ρ ein Wechselstrom induziert wird, so schwingen die negativ geladenen Elektronen gegen die ortsbundenen Ionenrümpfe. Die Ladungsdichte ρ und die Geschwindigkeit der schwingen-

den Elektronen $v(t)$ ergeben die Stromdichte $j = \rho * v$. Nach Demtröder (2008, S. 90) erhält man das Vektorpotential $A(r_1)$ einer stationären Stromverteilung mit der Stromdichte $j(r_2)$ im Volumselement dV_2 als

$$A(r_1) = \frac{\mu_0}{4\pi} \int \frac{j(r_2) * dV_2}{r_{12}}. \quad (2.5)$$

$r_{12} = |r_1 - r_2|$... Abstand zwischen Ladung dq und dem Punkt P_1 (Abb. 4)

μ ... magnetische Feldkonstante

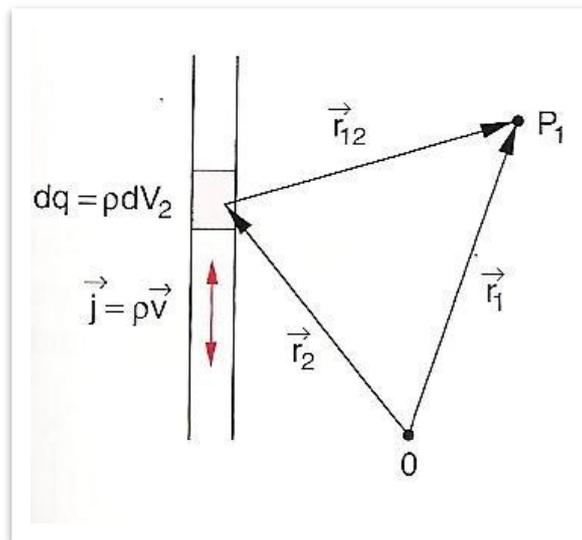


Abbildung 4: Zur Erklärung von Gleichung 2.5 des zeitabhängigen Vektorpotentials A im Punkt P_1 , das von der schwingenden Ladungsverteilung $j = \rho * v(t)$ im Stab erzeugt wird (Demtröder, 2008, S. 183)

Retardierung: Jede Änderung von j und die damit verbundene Änderung des Feldes im Volumenelement dV_2 , wie es bei einer zeitlich veränderlichen Stromdichte $j(r_2, t)$ der Fall ist, braucht die Zeit $\Delta t = \frac{r_{12}}{c}$, mit c als Lichtgeschwindigkeit, um den Punkt P_1 zu erreichen. Unter Berücksichtigung der Retardierung ergibt sich folgende Formel für das Vektorpotential in Abhängigkeit der Zeit (Demtröder, 2008, S. 183),

$$A(r_1, t) = \frac{\mu_0}{4\pi} \int \frac{j(r_2, t - r_{12}/c) * dV_2}{r_{12}}. \quad (2.6)$$

Für große Entfernungen r_{12} gegenüber der Stablänge l , d.h. $r_{12} \gg l$ kann man unter Berücksichtigung folgender Näherungen die Gleichung für das Vektorpotential $A(r_1)$ umformen:

- $\frac{1}{r_{12}}$ kann vor das Integral gezogen werden, da die Entfernung zum Punkt P_1 für alle Punkte des Stabes annähernd gleich ist $\rightarrow r_{12} \approx r$
- Die Laufzeitdifferenz $\Delta(r_{12}/c)$ von verschiedenen Punkten des Stabes zum Punkt P_1 ist klein gegenüber der Schwingungsperiode $T = 2\pi/\omega$ der schwingenden Ladung. Das heißt, alle Wellen, welche von den verschiedenen Punkten des Stabes zur Zeit t_1 starten, kommen auch annähernd zur gleichen Zeit $t_2 = t_1 + \frac{r}{c}$ in Punkt P_1 an und damit auch praktisch in gleicher Phase.

Damit erhält man das Vektorpotential $A(r_1, t)$ (Demtröder, 2008, S. 183),

$$A(r_1, t) = \frac{\mu_0}{4\pi r} \int v * \rho \left(r_2, t - \frac{r}{c} \right) dV_2. \quad (2.7)$$

Den Integranden in Gleichung 2.7 kann man als negative Ladung $dq = \rho * dV_2$ der Elektronen auffassen, welche mit einer zeitlich ändernden Geschwindigkeit $v(t)$ relativ zu den festen positiven Ionenrümpfen oszillieren (Abb. 5).

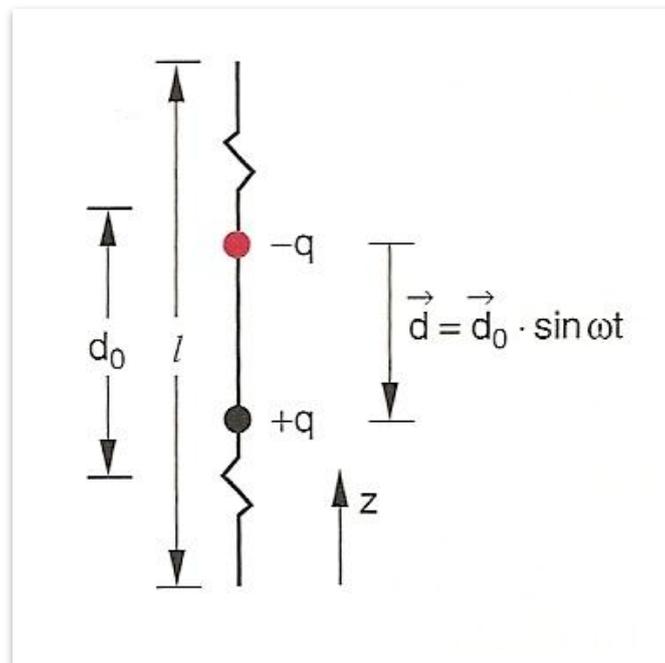


Abbildung 5: Hertzischer Dipol (Demtröder, 2008, S. 183)

Wenn ein Wechselstrom $I = I_0 \cos \omega t$ durch den Stab fließt, ändert sich der Ladungsschwerpunkt d von positiver und negativer Ladungsverteilung mit $d = d_0 * \sin \omega t$. Aufgrund dieser sinusförmigen Verschiebung des Ladungsschwerpunktes kann man den Stab

als schwingenden elektrischen Dipol (**Hertzscher Dipol**), mit dem zeitabhängigen Dipolmoment $p(t)$ (Demtröder, 2008, S. 183) auffassen:

$$p(t) = q * d = q * d_0 * \sin \omega t \quad (2.8)$$

„Die schwingende Ladung q erzeugt ein zeitlich veränderliches Vektorpotential A (und damit auch ein zeitlich veränderliches magnetisches und elektrisches Feld), das sich mit Lichtgeschwindigkeit in den Raum ausbreitet.“ (Demtröder, 2008, S. 184)

2.1.2.2 Magnetisches und elektrisches Feld des schwingenden Dipols

Aus dem Vektorpotential $A(r_1, t)$ des schwingenden Dipols $p(t)$ mit der Dipolachse in z-Richtung ergibt sich, nach Demtröder (2008), die Vektorgleichung des Magnetfeldes (Demtröder, 2008, S. 185) als,

$$B(r, t) = \frac{1}{4\pi\epsilon_0 c^2 r^3} \left[(\dot{p} \times r) + \frac{r}{c} (\ddot{p} \times r) \right]. \quad (2.9)$$

r ... der Abstand des Punktes P_1 vom Mittelpunkt des schwingenden Dipols

In Gleichung 2.9 kann man erkennen, dass das Magnetfeld zwei Terme besitzt, welche mit wachsendem Abstand r vom Mittelpunkt des Dipols unterschiedlich stark abfallen. Im ersten Term wird \dot{p} proportional zu $1/r^2$ kleiner, wo hingegen \ddot{p} nur mit $1/r$ abfällt und somit in großer Entfernung überwiegt. Wegen $\dot{p} = \int j * dV$, kann man den ersten Term des Magnetfeldes $B(r, t)$ aus Gleichung 2.9 mit dem Biot-Savart Gesetz (Schmutzer, 2005, S. 697),

$$dB = \frac{1}{4\pi\epsilon_0 c^2} \left[\frac{j \times r}{r^3} \right] * dV \quad (2.10)$$

vergleichen und erkennt, dass dieser Term das Magnetfeld darstellt, welches durch die zeitlich oszillierenden Stromdichte j erzeugt wird. Der zweite Term in der Gleichung 2.9 lässt darauf schließen, dass das Magnetfeld bei wachsender Entfernung vom Dipol durch eine zusätzliche Quelle verstärkt wird. Diesen Vorgang erklärt Demtröder (2008) folgender-

maßen: Die vom schwingenden Dipol am Ort des Dipols erzeugten Felder $E(r, t)$ und $B(r, t)$, breiten sich mit Lichtgeschwindigkeit im Raum aus. Es entsteht eine Wechselwirkung und elektrisches und magnetisches Feld erzeugen sich in jedem Raumpunkt durch ihre zeitlichen Änderungen gegenseitig. Die so entstehenden Sekundärfelder überlagern sich den Primärfeldern, welche direkt vom Dipol erzeugt werden. Da der Anteil der Sekundärfelder mit $1/r$, der vom Dipol erzeugte Anteil mit aber $1/r^2$ abfällt, wird der relative Anteil der Sekundärfelder mit steigender Entfernung vom Dipol immer größer. Das heißt, die zeitliche Änderung des Magnetfeldes $\frac{dB}{dt}$ im Punkt P erzeugt nach dem Faradayschen Induktionsgesetz ebenfalls im Punkt P ein zeitlich veränderliches elektrisches Feld $E(t)$, welches wiederum, nach Beschreibung durch James Clerk Maxwell, einen Verschiebungsstrom und damit ein zusätzliches Magnetfeld bewirkt.

Analog zur Berechnung der Vektorgleichung des Magnetfeldes B kann man das elektrische Feld E mithilfe des elektrischen Potentials ϕ_{el} bestimmen und erhält ein elektrisches Feld als Summe zweier Anteile (Demtröder, 2008, S. 186),

$$E(r, t) = E_1(r, t) + E_2(r, t). \quad (2.11)$$

Dabei entsteht der erste Term $E_1(r, t)$ des Feldes direkt durch das zeitabhängige Dipolmoment. Die zeitliche Änderung des Dipolmoments führt wiederum zu dem elektrischen Strom des Dipols. Der magnetische Beitrag der elektromagnetischen Strahlung des Dipols erzeugt, in umgekehrter Weise der Beschreibung des Magnetfeldes, den zweiten Anteil $E_2(r, t)$ des Feldes $E(r, t)$. Im Nahfeld dominiert E_1 , welches proportional zu $1/r^3$ abfällt. Mit wachsendem Abstand, also im Fernfeld, überwiegt hingegen E_2 , welches nur mit $1/r$ sinkt. (Demtröder, 2008)

„Insgesamt stellen die sich zeitlich und räumlich periodisch ändernden elektrischen und magnetischen Felder elektromagnetische Wellen dar, die sich in den Raum ausbreiten. In jedem von Wellen erfassten Raumpunkt führt das sich ändernde elektrische Feld zur Erzeugung eines magnetischen Feldes und umgekehrt.“ (Demtröder, 2008, S. 187)

3 Lawinenverschüttetensuch-Gerät

Franz Kröll, Sicherheitspartner der Bergrettung Tirol, im Interview über die Funktionsweise des Lawinenverschüttetensuch-Gerätes: *„Wird ein Skitourengeher oder Freerider von einer Lawine erfasst, dann kann das sendende LVS-Gerät des Verschütteten von den nichtverschütteten LVS-Geräten der Freunde geortet werden. Das LVS-Gerät kann die Verschüttung nicht verhindern. Im Falle der Verschüttung ist das LVS-Gerät (plus die mitgeführte Sonde und Schaufel) aber die einzige realistische Möglichkeit, diesen Menschen in vertretbarer Zeit zu bergen. Im Modus „Senden“ wird ein elektromagnetisches Signal abgegeben. Dieses kann durch ein anderes LVS-Gerät punktgenau und rasch empfangen und der Verschüttete damit geortet werden.“* (Bergrettung, 2011, S. 11)

Das Lawinenverschüttetensuch-Gerät hat sich in den letzten gut vierzig Jahren, nach seiner Markteinführung im Jahr 1968, zu einem wertvollen Werkzeug bei der Rettung von Lawinenverschütteten etabliert. Ausgezeichnet durch ein hohes Maß an Zuverlässigkeit und Funktionalität, gehört das LVS-Gerät neben der Sonde, der Schaufel und dem Erste-Hilfe-Set, heutzutage zu der Standardausrüstung bei alpinen Touren abseits der gesicherten Schipisten. Aufgrund der hohen Nachfrage gibt es mittlerweile eine ganze Reihe von Anbietern, welche sich auf die Entwicklung dieser lebensrettenden Geräte spezialisiert haben. Glücklicherweise senden mittlerweile alle Geräte mit der gleichen Frequenz von 457 kHz³, welche der Europäischen Telekommunikation Standard Norm⁴ entspricht. (Haider) So sind auch LVS-Geräte von unterschiedlichen Herstellern miteinander kompatibel und dienen sowohl als Sender als auch als Empfänger bei der LVS-Suche. Das LVS-Gerät wird möglichst nahe am Körper getragen und befindet sich über die gesamte Dauer der alpinen Tour im Sendemodus. Im Ernstfall eines Lawinenabganges haben die nicht verschütteten Gruppenmitglieder die Möglichkeit, ihr LVS-Gerät in den Suchmodus zu schalten und so die Verunglückten zu lokalisieren. Welche Technik und wieviel Know-How in einem LVS-Gerät steckt, wird in den nachfolgenden Kapiteln dieser Arbeit behandelt.

³ kHz = Kilohertz = 1000 Herz = 1000 Zyklen pro Sekunde

⁴ ETS 300718

3.1 Entwicklung

Prinzipiell unterscheidet man drei Kategorien von LVS-Geräten. Bis Mitte der 90er Jahre wurden nur Geräte mit einer Antenne produziert. Diese arbeiten auf analoger Basis und geben nur die Stärke des Feldes, auf akustische Weise, an. Ab der Mitte der 90er produzierte man LVS-Geräte mit zwei Antennen. Diese Geräte stellen eine große technische Revolution dar. Zwei-Antennen LVS-Geräte arbeiten nicht mehr analog sondern digital. Man kann damit feststellen, wie hoch die Intensität des empfangenen Signals ist und aus welcher Richtung das stärkste Signal kommt. Diese beiden Informationen werden in einem Display dargestellt. Durch die Weiterentwicklung zu Drei-Antennen LVS-Geräten wurde die räumliche Analyse des Empfangssignals nochmals verbessert. Sowohl in Reichweite und Genauigkeit, vor allem aber in der Fehlervermeidung, haben Drei-Antennen LVS-Geräte gegenüber Geräten mit weniger Antennen bei der Suche von Lawinenschüttungen deutliche Vorteile. (Firma Pieps)

3.2 Frequenz und Antenne

Mit Hilfe der Formel $\lambda = \frac{c}{f}$ lässt sich bei gegebener Frequenz f und Lichtgeschwindigkeit c ($3 * 10^8$ m/s) die Wellenlänge λ berechnen. Die Standardisierung der Sende- und Empfangsfrequenz der LVS-Geräte auf 457 kHz und damit auf eine Wellenlänge von $\lambda \approx 650$ m hat sich in der Praxis bewährt. Frühere Frequenzbereiche von 2275 kHz mit einer Wellenlänge von etwa 132 Metern haben sich als problematisch herausgestellt, da es durch Reflexionen an Schnee, Bäumen und Felsen immer wieder zu Störungen und Messunsicherheiten bei der Suche gekommen ist, vergleichbar mit den sogenannten „Geister-Bildern“ beim Empfang von Fernsehübertragungen mittels Hausantenne. (Hereford, 2000) Da eine Stabantenne der Länge $\frac{\lambda}{2} \approx 325$ m im Gelände eher unpraktisch ist, kommt bei den LVS-Geräten ein Schwingkreis mit Ferritantenne und Resonanzkondensator zum Einsatz. Die Ferritantenne ist ein mit Kupferdraht umwickelter Ferritstab. Magnetische Ferrite bestehen aus Eisenoxid Fe_2O_3 und einem oder mehreren Oxiden zweiwertiger Metalle. Die Stäbe werden aus gebranntem und gesintertem Pulver geformt. Im Allgemeinen besitzen Ferrite eine schwache elektrische, aber hohe magnetische Leitfähigkeit, welche im Vergleich zu Luft den magnetischen Feldlinien einen bequemeren Weg bietet. (Hock & Tscharmi, 1995, S. 182) Die durch die Ummagnetisierung entstehenden Wechsel- und Hystereseverluste steigen proportional mit der Frequenz und können durch Bearbeitung der Kristallstruktur mit

anderen Metallionen beeinflusst werden. Dadurch können Ferritantennen sowohl für MW-Frequenzen⁵ zwischen 0,1 und 3 MHz als auch für höhere Frequenzen eingesetzt werden. (Kimpfbeck, 2008)

3.3 Feldanalyse

Wie im Abschnitt elektrische Dipolstrahlung bereits erwähnt wurde, erzeugt das Antennensystem des LVS-Gerätes ein elektromagnetisches Signal, bestehend aus sich wechselnden elektrischen und magnetischen Feldern, welches in ein Nahfeld und ein Fernfeld unterteilt werden kann. Die harmonisch oszillierende und phasengleiche Ausbreitung der elektromagnetischen Wellen gilt nur für das Fernfeld. Im Nahfeld beschreiben die Gleichungen von Schelkunoff (Detlefsen & Siart, 2006) die magnetische Komponente des Feldes

$$H = \frac{\beta^3}{4\pi} I h \left(\frac{1}{\beta d} - \frac{i}{(\beta d)^2} - \frac{1}{(\beta d)^3} \right) \sin \theta e^{-i\beta d}, \quad (3.1)$$

und die elektrische Komponente des Feldes

$$E = 30\beta^3 I h \left(\frac{1}{\beta d} - \frac{i}{(\beta d)^2} \right) \sin \theta e^{-i\beta d}. \quad (3.2)$$

$\beta = \frac{2\pi}{\lambda}$, d ... Distanz zum Sender, I ... der Stromfluss durch die Antenne, h ... die Länge der Antenne, $i = \sqrt{-1}$

Ab der Distanz $d = \frac{1}{\beta} = \frac{\lambda}{2\pi}$, kommt es zu einer harmonisch oszillierenden und phasengleichen Ausbreitung der elektromagnetischen Welle. Daher gilt diese Distanz als Grenze zwischen Nah- und Fernfeld. Aus den Gleichungen 3.1 und 3.2 folgt ebenso, dass die magnetische Komponente ($\frac{1}{d^3}$) im Nahfeld ($d < \frac{\lambda}{2\pi}$) bedeutender ist als die elektrische ($\frac{1}{d^2}$). Bei dem heutigen Frequenzstandard von 457 kHz der LVS-Geräte liegt der Grenzbereich also etwa bei 100 Metern, was bedeutet, dass in der Praxis die Suche nach Lawinenschüttungen ausschließlich im dominanten magnetischen Nahfeld passiert. Der Vorteil dabei ist, dass die unmittelbare Umgebung, also Schnee und Felsformationen sowie Ski- und Rettungsausrüstung, bei der Bergung eines Verunglückten keine merkbare Verschlechterung des

⁵ Mittelwellenfrequenzen

Sendesignals des verschütteten LVS-Gerätes provozieren. Im Vergleich zum elektrischen Feld sind die umweltbedingten Wechselwirkungen auf das magnetische Feld um etwa das Achtzigfache geringer als auf das elektrische Dipolfeld. (Schröder, 2010)

3.4 Sendesignal

Das LVS-Gerät produziert zirka im Sekundentakt ein pulsierendes elektromagnetisches Signal -on time-. Zwischen den jeweiligen Sendeimpulsen ist eine definierte Pause -off time-. Wie bereits erwähnt, wurde durch das Europäische Telekommunikation Standards Institut eine Sendefrequenz mit maximal erlaubter Abweichung festgelegt. In den ETS⁶ sind folgende Richtwerte für die Modulation des Sende- und Empfangssignals von LVS-Geräten vorgeschrieben:

- Frequency: 457 kHz \pm 100 Hz
- On time: 70 msec minimum
- Off time: 200 msec minimum
- Period: 0,9 \pm 0,4 sec [on time plus off time]
(ETS, 1997, S. 17)

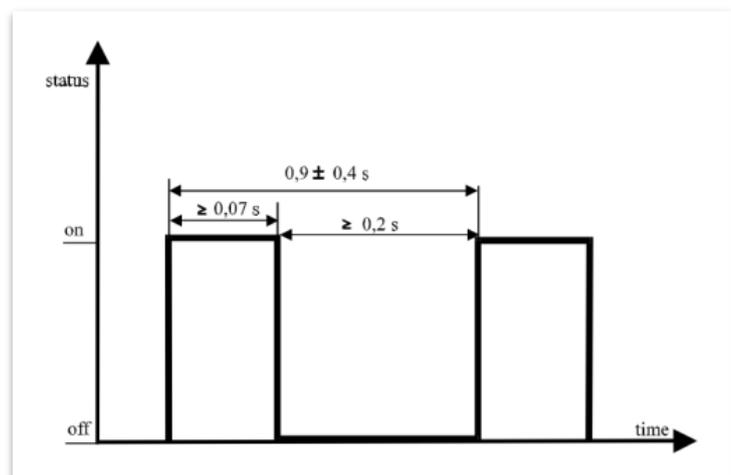


Abbildung 6: Signal Modulation (ETS, 1997, S. 17)

Bei dieser Art von Signal spricht man von Morsetelegrafie mit getastetem Träger. Das bedeutet, die Modulationsart ist eine Amplitudenmodulation mittels einkanaligem, digitalem oder quantisiertem Signal, ohne Verwendung eines Hilfsträgers. Die Modulation des Sendesignals ermöglicht es, jedem LVS-Gerät eine eindeutige und individuelle Charakteristik zuzuordnen. Eine Sekunde bietet aber nur begrenzten Platz, um Signale ungestört voneinander takten zu lassen. Eine saubere und zuverlässige Signaltrennung ist gerade bei einer Mehrfachverschüttung, wenn mehrere Geräte gleichzeitig senden,

⁶ ETS = Europäische Telekommunikation Standards

notwendig, um zu gewährleisten, dass alle Beteiligten rechtzeitig gefunden werden. Durch die unterschiedlich langen Perioden von $0,9 \pm 0,4$ Sekunden kommt es zwingend zu Überlagerungen des Signals, wie es in Abbildung 7 dargestellt wird.

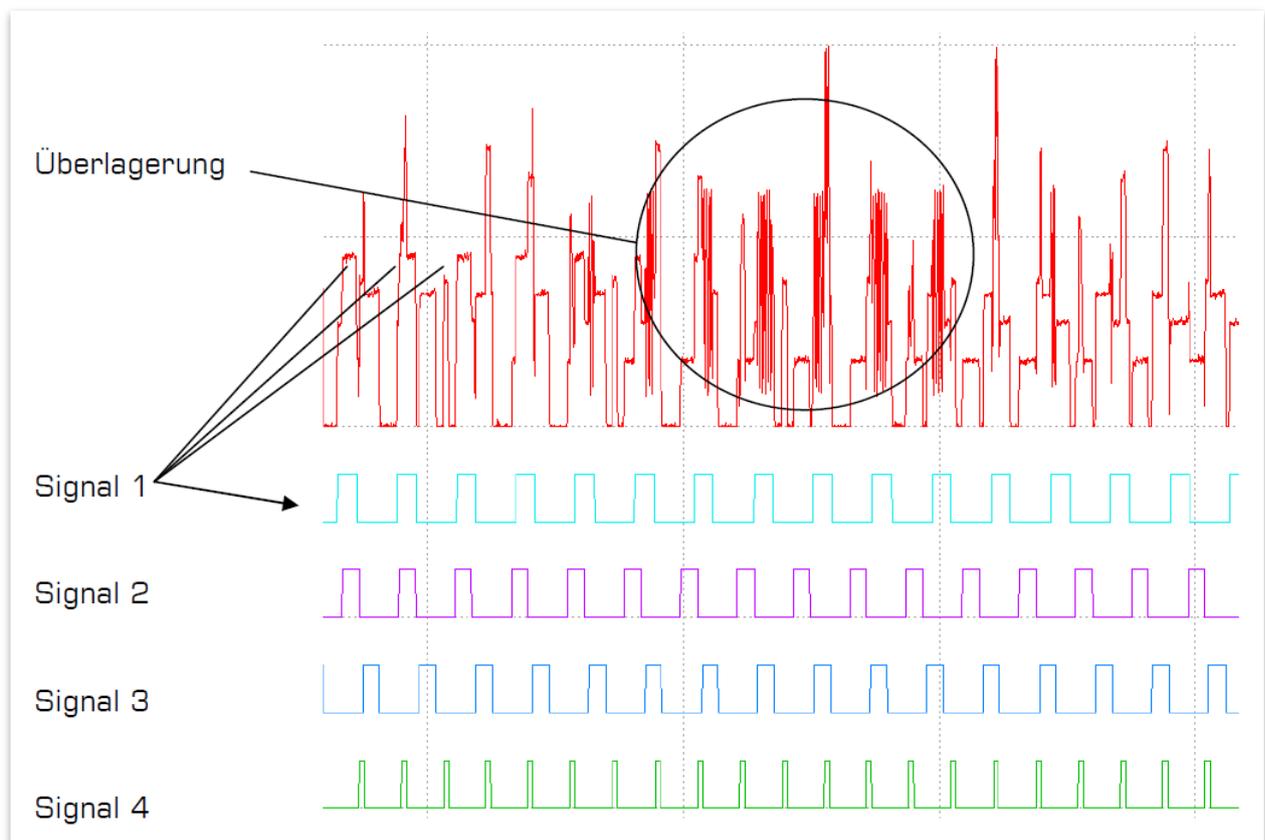


Abbildung 7: Signalüberlagerung (Ortovox, 2010, S. 3)

Die ersten Perioden schauen noch sehr regelmäßig aus und die vier Signalimpulse können relativ einfach, anhand der Stärke ihrer Ausschläge, vom Empfangs-LVS-Gerät unterschieden werden. In den Überlagerungsphasen ist dies nicht mehr so leicht möglich und wie in der Abbildung ersichtlich wird, ist das Sendesignal 1 nicht mehr klar zu erkennen. In dieser Phase ist eine Entfernungsmessung mittels Signalstärke beziehungsweise Amplitudenausschlag nicht mehr zuverlässig. Die Amplituden der verschiedenen Signale können sich bei Überlagerung verstärken oder auslöschen und sind nicht mehr berechenbar. Abbildung 8 zeigt die Überlagerungsräume des Signals zweier LVS-Geräte im Abstand von 7 Metern zueinander. Dabei kommt es bei den dunklen Flächen zu keinen Signalüberlagerungen, wohingegen in den helleren Bereichen mehr oder weniger starke Interferenzen der elektromagnetischen Wellen auftreten.

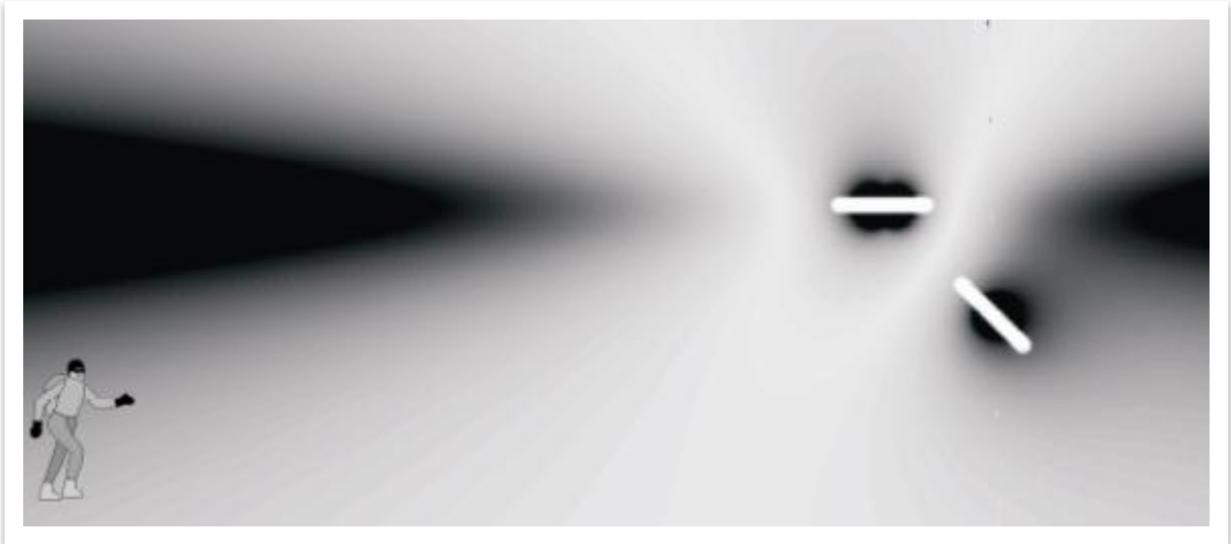


Abbildung 8: Überlagerungsfeld des Signals zweier LVS-Geräte (Ortovox, 2010, S. 4)

Wenn nun ein LVS-Gerät ungefiltert das anzeigt, was es empfängt, also auch alle Unregelmäßigkeiten des Überlagerungsfeldes, so resultiert dies in einem springenden Richtungspfeil und hüpfender Entfernungsanzeige. Für den praktischen Einsatz im offenen Gelände ist diese Tatsache natürlich problematisch, da Verwirrung und Irrwege der Suchenden vorprogrammiert sind. Moderne LVS-Geräte können durch eine scharfe Signalanalyse Überlagerungen der Signale als solche erkennen und ermöglichen somit eine differenzierte Darstellung der Lawinenverschütteten. (Ortovox, 2010) Wie das funktioniert, wird im nächsten Kapitel besprochen.

3.5 Signalanalyse

Digitale LVS-Geräte der neuen Generation registrieren nicht nur die Amplitude des ankommenden Signals. Vielmehr werden auch die charakteristische Impulsdauer, also die aus Länge und Pause des Signals bestehende Periode, sowie die individuelle Abweichung von ± 100 Hz der vorgegebenen Frequenz vermessen. Da diese Charakteristik nicht durch einen einzigen Sendeimpuls erkannt werden kann, benötigen die LVS-Geräte vier bis sechs Sendetakte, um eine Regelmäßigkeit feststellen zu können. In der Praxis äußert sich dies durch eine Verzögerung der Anzeige zu Beginn der Suche. Wenn der individuelle Fingerabdruck jedes Senders im Suchgebiet gefunden wurde, kann der tatsächlich gemessene aber unter Umständen überlagerte Wert, mit den charakteristischen Soll-Werten der Sender verglichen werden. Wenn es keine Übereinstimmung der Signalmerkmale gibt,

interpretiert das suchende LVS-Gerät das Signal als „unwahre“ Messung. Diese Werte werden vom Gerät nicht in Form von springenden Entfernungs- und Richtungsanzeigen dargestellt. Der Suchende muss die Dauer der Überlagerungsphase der Signale abwarten, da in diesem Zeitraum keine neuen Informationen vom LVS-Gerät generiert werden. Der Zeitverlust durch das Ausblenden der falschen Signale ist jedoch um ein Vielfaches geringer, als jener, der durch Verwirrung und Irrwege hervorgerufen wird, und ist somit als Vorteil für eine zeitschonende Suchstrategie zu betrachten. Darüber hinaus werden Fehlanzeigen, bedingt zum Beispiel durch Störsignale von Handys, welche vom LVS-Gerät als Sendesignal interpretiert werden, vermieden. Eine genaue Identifikation und Markierung des Senders ist ebenfalls möglich, so dass ein gefundenes Signal nicht wieder im Überlagerungsraum untergehen kann. (Ortovox, 2010)

3.6 Koppellage

Antennen funktionieren nach dem Reziprozitätsgesetz. Das heißt, sie können sowohl als Sender aber auch als Empfänger eingesetzt werden. (Freyer, 2009) Durch die im LVS-Gerät eingebaute Ferritspule des Resonanzschwingkreises, welche als Empfangsantenne dient, wird die Information des EM-Feldes aufgenommen und verarbeitet. Das auf Resonanz abgestimmte und sich zeitlich verändernde elektromagnetische Feld des Senders induziert eine Spannung in der Empfangsspule nach dem Faraday'schen Gesetz,

$$U_{ind} = - \frac{d\phi_{mag}}{dt}. \quad (3.3)$$

$d\phi_{mag}$... Änderung des magnetischen Flusses

Der vom LVS-Gerät erzeugte magnetische Fluss ergibt sich als Produkt der Windungszahl n und der Querschnittsfläche A der Ferritspule, der magnetischen Flussdichte B und dem Winkel θ zwischen Spulenachse und magnetischen Feldlinien:

$$\phi_{mag} = n * |B| * |A| * \cos\theta. \quad (3.4)$$

Durch die sinusartige Änderung des magnetischen Feldes, erzeugt durch den elektromagnetischen Schwingkreis des Senders, wird im Empfänger ebenfalls eine sinusartige, aber phasenverschobene, Spannung induziert. Zusammen mit der Richtcharakteristik der Empfangsantenne kann eine Aussage über die Richtung der magnetischen Feldlinien gemacht werden. Wie an früherer Stelle erwähnt, überwiegt im Nahfeld der magnetische Anteil des elektromagnetischen Feldes, weshalb man bei dieser Form von Signalübertragung von induktiver Koppelung spricht.

Kopplage und Reichweite

Die Empfangsreichweite ist stark von der Kopplage, also der Ausrichtung von Position und Orientierung des sendenden Gerätes zum Empfangsgerät, abhängig. Abbildung 9 stellt das Ergebnis einer Untersuchung von 252 Messungen in den drei verschiedenen Koppellagen dar. Bei dieser Studie wurden sieben unterschiedliche Drei-Antennen LVS-Geräte von fünf verschiedenen Herstellern getestet.

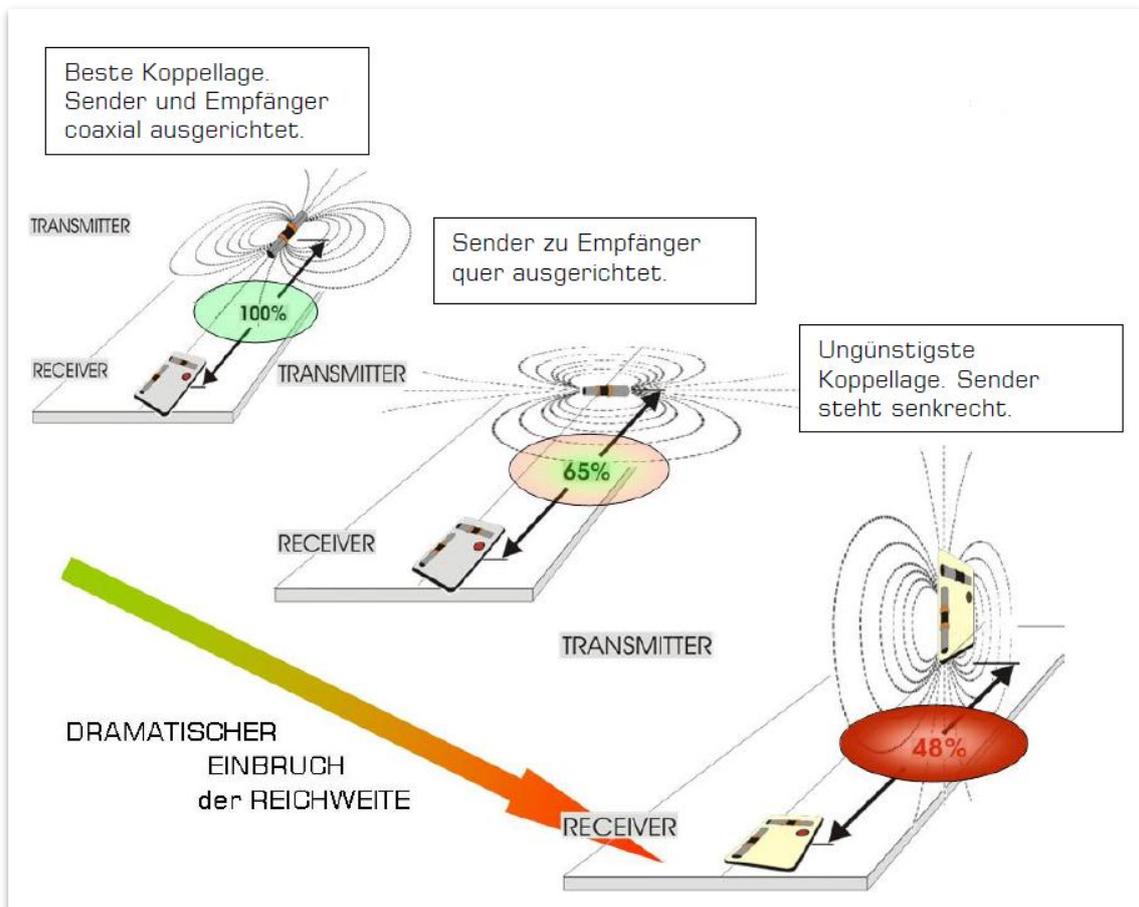


Abbildung 9: Empfangsreichweite (Ortovox, 2010, S. 6)

Wie bereits in der Theorie beschrieben, erhält man die höchste Reichweite bei paralleler Ausrichtung der Sender- und Empfangsantenne, in verlängerter Achse des Senders. Befindet sich der Empfänger quer zum Sender, liegt die Reichweite des Erstempfangs immer noch bei 65% der maximalen Empfangsreichweite. Treffen die Feldlinien des Senders in einer ungünstigen Lage auf das Empfangsgerät, welche sich bei einer zueinander senkrechten Orientierung ergibt, so sinkt der Erstempfang auf ungefähr 48% der maximalen Empfangsreichweite. Besonders Ein-Antennen und Zwei-Antennen LVS-Geräte bekommen bei senkrechter Koppellage im Nahfeldbereich große Schwierigkeiten mit klaren Richtungsanzeigen aufgrund von Mehrfachmaxima. Die Ursache dafür wird im nächsten Kapitel besprochen. Seit der Erfindung und Markteinführung der LVS-Geräte hat sich bei der grundlegenden Idee der Empfangstechnik, also dem Einsatz von Ferritantennen und Resonanzkondensator, nicht viel verändert. Große Fortschritte wurden jedoch im Bereich Signalverarbeitung und Antennenanzahl gemacht. Die Weiterentwicklung von analogen Ein-Antennen LVS-Geräten zu digitalen Mehr-Antennen LVS-Geräten brachte eine erhebliche Verbesserung in vielen Bereichen der Lawinenverschüttetensuche, wie zum Beispiel bei der Suchzeit nach Verschütteten, der Benutzerfreundlichkeit des LVS-Gerätes, bei Tiefenverschüttungen von Verunglückten und vor allem bei der Mehrfachverschüttetensuche. Im nachfolgenden Kapitel sollen Funktionsweise, Vor- und Nachteile sowie Suchtechnik und Problematik der unterschiedlichen LVS-Geräte mit einer oder mehreren Antennen besprochen werden.

3.7 Ein-Antennen LVS-Gerät

Wie der Name schon sagt, haben Ein-Antennen LVS-Geräte nur einen Empfangsschwingkreis, wobei die Ferritantenne in der Achse des Gerätes angeordnet ist und so der Empfang ein Maximum erreicht, wenn die Antenne parallel zu einer Feldlinie zeigt (Abb. 10).

Ein-Antennen LVS-Geräte werden auch als analoge beziehungsweise Alt-LVS-Geräte bezeichnet. Sie sind die LVS-Geräte der ersten Generation. Durch ihren einfachen Aufbau sind sie in ihrer Suchtechnik sehr begrenzt und können nur die Intensität, also die Stärke des Feldes in Richtung der Geräte- beziehungsweise Spulenachse wiedergeben. Die Anzeige erfolgt vor allem bei den älteren Geräten ausschließlich akustisch, was dem Benutzer ein gewisses Maß an Eigenkönnen abverlangt. Gerade bei Mehrfachverschütteten sind ein sehr

feines Gehör und eine gute Interpretation des akustischen Signals notwendig, um Signalüberlagerungen der sendenden LVS-Geräte zu erkennen und zu trennen. Aufgrund dieser hohen Anforderung ist das Ein-Antennen LVS-Gerät für den sicherheitsbewussten Hobbysportler nur bedingt zu empfehlen. (Firma Pieps)

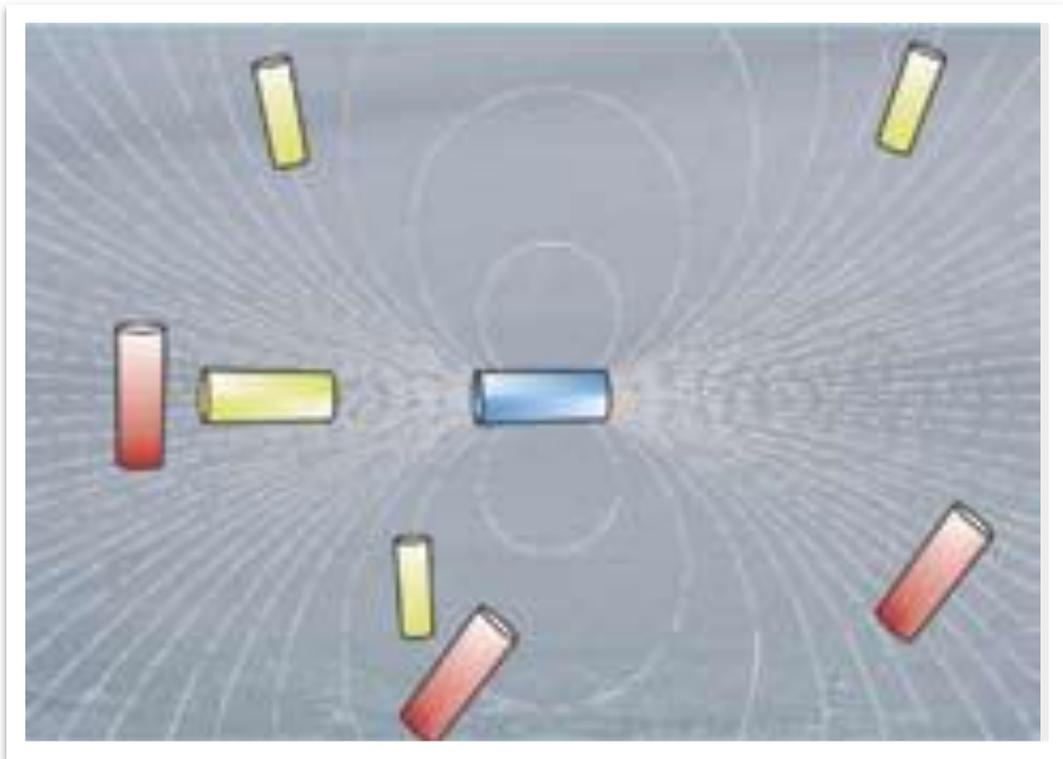


Abbildung 10: Feldlinien Ein-Antennen LVS-Gerät (Firma Pieps), Blaue Antenne: Sendeantenne, Gelbe Antennen: beste Koppellage, Rote Antenne: schlechteste Koppellage

Suchtechnik

Da der Empfangsbereich bei nur einer verbauten Antenne stark elliptisch ist, muss man das Ein-Antennen LVS-Gerät bei der Suche nach dem Erstempfang und der besten Koppellage laufend um alle Achsen drehen. Wenn man ein Signal findet, kann man erkennen, dass die Suchbahn dem Feldlinienverlauf des sendenden Gerätes folgt. Wie in Abbildung 11 demonstriert wird, nähert sich der Suchende dem Verschütteten immer auf den gekrümmten Kurven elektromagnetischer Feldlinien.

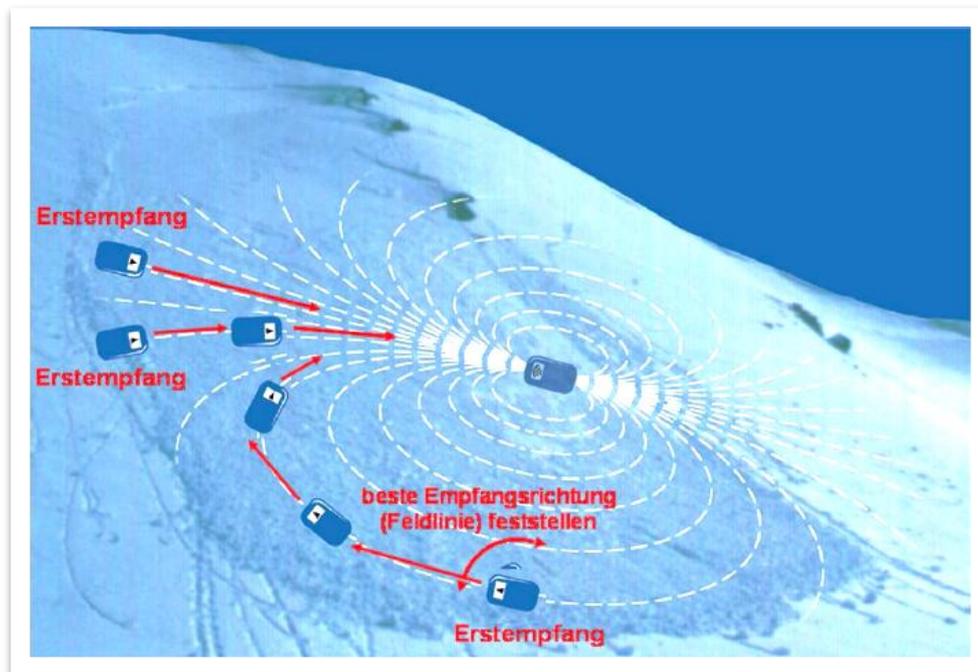


Abbildung 11: Feldlinienverlauf (Haider, S. 6)

Tangentensuche und Kreuzsuche

Bei analogen LVS-Geräten nutzt man im praktischen Einsatz, zur Suche von Lawinenschüttungen, die sogenannte Tangenten-Suche. Zu Beginn dreht man sich langsam im Kreis, um die Richtung der höchsten Intensität, also die parallele Ausrichtung zu einer Feldlinie, festzustellen. Dieser Richtung folgt man, bis aufgrund des schwächer werdenden akustischen Signals eine erneute Umorientierung stattfindet. Das heißt, die Bewegung folgt der Tangente einer Feldlinie. In der direkten Nähe des Verschütteten kann man die Tangentensuche aufgrund der starken Krümmung der Feldlinien nicht mehr anwenden. Ab diesem Zeitpunkt spricht man von der Feinsuche, bei der die Kreuzsuch-Methode angewendet wird.

Die Kreuzsuche (Abb. 12) ist eine sehr einfache und intuitive Möglichkeit der Suche. Man geht von einem Punkt in eine zufällige Richtung. Wird das Signal stärker und somit der Ton lauter, geht man so lange weiter, bis die Lautstärke wieder abnimmt, dreht sich um und geht zu dem Punkt, an dem das Signal wieder schwächer geworden ist. Mit diesem neuen Ausgangspunkt startet man nun um 90 Grad versetzt zur ersten Richtung und wiederholt den Vorgang. Durch mehrmaliges Wiederholen kann man den Punkt der höchsten Feldintensität bestimmen und man beginnt mit der Sondierung nach dem Verunglückten. (Schröder, 2010)

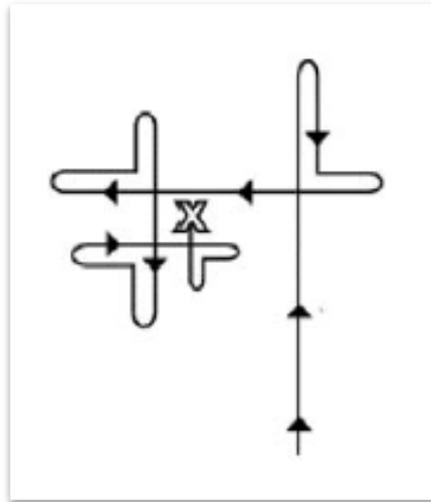


Abbildung 12: Kreuzsuche (Schröder, 2010, S. 13)

Die Problematik von Ein-Antennen LVS-Geräten besteht sicherlich darin, dass die Suche nach Verunglückten vor allem durch Ungeübte sehr viel Zeit in Anspruch nimmt, welche man im Ernstfall nicht hat. Darüber hinaus sind analoge LVS-Geräte sehr viel sensibler gegenüber anderen Strahlungsquellen wie zum Beispiel Handys oder GPS-Geräten. Andererseits kann ein erfahrener Benutzer eines audiobasierten LVS-Gerätes auch sehr gute Ergebnisse bei der Lawinenverschüttetensuche erzielen, indem er durch sein geschultes Gehör und seine Erfahrungen in der Praxis ankommende Signalinformationen richtig interpretieren kann. Die Weiterentwicklung der LVS-Geräte zu Mehr-Antennen LVS-Geräten hatte demnach unter anderem das Ziel, die Bedienungsfreundlichkeit und Praxistauglichkeit für „LVS-Laien“ zu verbessern. (Rust, 2012)

3.8 Mehr-Antennen LVS-Gerät

3.8.1 Von Analog zu Digital

Im Gegensatz zu analogen LVS-Geräten, welche nur die Intensität eines elektromagnetischen Feldes erfassen können, werden bei digitalen Empfangsgeräten die Informationen des Sendesignals digitalisiert und in weiterer Folge einem Mikroprozessor zur Verarbeitung übermittelt. Diese Entwicklung bringt digital arbeitenden LVS-Geräten einige Vorteile gegenüber ihren analogen Geschwistern. Unter anderem kann man mit Hilfe der

bearbeiteten digitalen Daten bei Mehr-Antennen LVS-Geräten die Richtung des Sendesignals erfassen, die Entfernung bestimmen, Audio-Interface und Algorithmen zur Signalerfassung verbessern, bei Mehrfachverschütteten eine Signalüberlagerung trennen, einzelne Signale isolieren und lokalisieren sowie Empfindlichkeitseinstellungen anpassen und Benutzeroberflächen durch visuelle Unterstützung optimieren. (Hereford, 2000) Die Entwicklung von digitalen Übermittlungsgeräten in der Lawinenschüttelensuche wurde stark durch die wachsende Nachfrage von Freizeitsportlern geprägt, welche sich vermehrt im ungesicherten alpinen Gelände bewegen und so der ständigen Gefahr von Lawinenunfällen ausgesetzt waren. Während in der Vergangenheit hauptsächlich Bergführer, professionelle Skilehrer, geübte Rettungskräfte und ausgebildete Extremskifahrer im sogenannten „Backcountry“ unterwegs und somit auch der prozentuelle Hauptabnehmer von LVS-Materialien waren, hat sich der Anteil dieser Personengruppe gegenüber Hobby- und Freizeitsportlern deutlich verschoben. Basierend auf einer Umfrage von Backcountry Access beträgt die Personengruppe, welche das LVS-Gerät professionell benutzt, nur noch fünf Prozent des Gesamtmarktes. Der weitaus größere Marktteil für Sicherheitsausrüstung im ungesicherten alpinen Gelände besteht aus Hobbybergsteigern und Skitourengängern, Variantenskifahrern, Snowboardern und anderen Freizeitsportlern, wie zum Beispiel die Snowmobile-Fahrer, welche zur Kategorie „Fun-Schnee-Sport“ zählen. Mitglieder dieses Marktsegments tendieren dazu, nur sehr wenig Erfahrung im Umgang mit Lawinenabgängen und Lawinenschüttelensuche zu haben. Zum Teil aufgrund von lokalen Vorschriften, zum Teil auch nur um das eigene Gewissen zu beruhigen, kaufen diese Personen dennoch häufig LVS-Geräte und Sicherheitsequipment, ohne jedoch zu wissen wie man es richtig einsetzt, beziehungsweise ohne den Einsatz im Gelände zu üben. Für diesen wachsenden Marktanteil war es im wahrsten Sinn des Wortes lebensnotwendig, intuitiv arbeitende LVS-Geräte zu entwickeln, welche sich durch eine hohe Bedienungsfreundlichkeit und kurze Einlernphase auszeichnen. Existierende analoge LVS-Geräte waren für die breite Masse an Benutzern zu kompliziert, um effektiv eingesetzt zu werden, so eine Studie von Brugger et al. (1997). Um die Effektivität von ungeübten Nutzern zu verbessern, müssen sowohl die Entfernungs- als auch die Richtungsanzeige auf dem LVS-Gerät visuell dargestellt sein, was nur bei einem digitalen Empfangsgerät der Fall sein kann. (Edgerly & Hereford) Welche technischen Prinzipien bei der Herstellung von digitalen LVS-Geräten beachtet werden müssen, wird im nächsten Teil dieser Arbeit behandelt.

3.8.2 Antennenanordnung

Bei digitalen LVS-Geräten werden zusätzliche Antennen im Gerät verbaut, um Aussagen über Richtung und Entfernung der induzierenden Feldlinien machen zu können. Diese werden, wie in Abbildung 13 dargestellt, orthogonal zueinander angeordnet. Die Antennen besitzen eine Richtcharakteristik und können als vektorielles Abbild des Feldstärkevektors in Antennenrichtung angesehen werden. Man kann dann mit Hilfe des Satzes des Pythagoras die skalare Größe H der magnetischen Feldstärke errechnen (siehe Abb. 14),

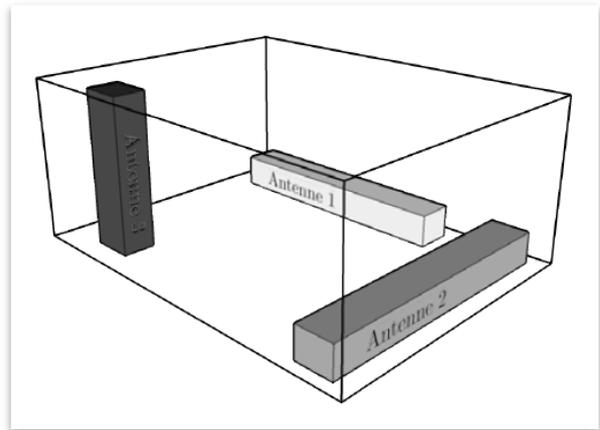


Abbildung 13: Antennenanordnung (Schröder, 2010, S. 14)

$$H = \sqrt{H_x^2 + H_y^2 + H_z^2}. \quad (3.5)$$

H_x ... magnetische Feldstärke in x-Richtung

H_y ... magnetische Feldstärke in y-Richtung

H_z ... magnetische Feldstärke in z-Richtung

Durch Anwendung von trigonometrischen Funktionen können in weiterer Folge die Winkel α_i zwischen x, y und z Antennenachse und dem Feldstärkevektor als,

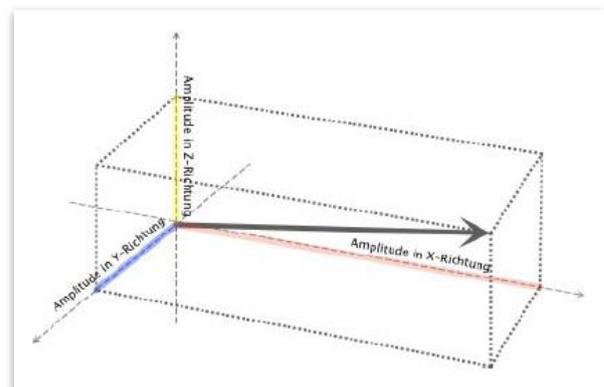


Abbildung 14: Feldstärkevektor (Schröder, 2010, S. 14)

$$\alpha_i = \cos^{-1} \frac{H_i}{H} \quad (3.6)$$

mit $i = x, y, z$, errechnet werden, was wiederum eine Anzeige der Richtung des Feldstärkevektors ermöglicht. (vgl Schröder, 2010)

3.8.3 Demodulation

Ältere Mehr-Antennen LVS-Geräte grenzen sich aufgrund der analogen Demodulation von neueren LVS-Geräten mit digitaler Demodulation ab. Unter analoger Demodulation versteht man die Umwandlung des empfangenen Signals in ein gleichstromartiges Rechtecksignal der jeweiligen Schwingkreise, welches anschließend in einem sogenannten ADW⁷ gespeist und in Zahlenwerte umgewandelt an einen Mikroprozessor weitergeleitet wird. In einem elektromagnetischen Feld kann der Mikrokontroller durch Vergleich der Zahlenwerte beziehungsweise der Signalamplituden der einzelnen Antennen die räumliche Ausdehnung des Feldstärke-Vektors bestimmen und die errechnete Richtung über das Display wiedergeben.

Um genauere Aussagen über das empfangene Signal machen zu können, wird bei modernen LVS-Geräten eine digitale Demodulation eingesetzt. Dabei wird das Empfangssignal der jeweiligen Antennen frequenzunverändert zum Analog-Digital-Wandler übermittelt, welcher es wiederum in Zahlenwerte umwandelt. Um ein Signal vollständig beschreiben zu können, muss die Abtastrate des ADWs nach Herter & Lörcher (2004) das Doppelte der abzutastenden Frequenz betragen. Bei LVS-Geräten, welche mit der Frequenz von 457 kHz arbeiten, beträgt die Abtastrate beträchtliche 914 kHz, was dem Wandler eine enorme Leistung abverlangt. Die Zahlenwerte werden anschließend vom DSP⁸ analysiert, und Parameter wie Frequenz, Amplitude und Phase werden ermittelt. Durch die erhaltenen Charakteristika kann man die verschiedenen ankommenden Signale eindeutig zuordnen, Phasenbeziehungen bestimmen und exakte Signaltrennungen gewährleisten, was vor allem bei der Mehrfachverschüttetensuche entscheidend ist. Weiters setzt der DSP digitale Signalfilter ein. Nach Meyer (2009) können diese elektronischen Schaltungen mittels integrierter Logikfunktionen eine deutliche Verbesserung der Signalerkennung bewirken, was sich unter anderem in einer Erhöhung der Empfangsreichweite und einer Vergrößerung des Frequenzbereiches äußert. Die Herstellung für digitale Signal-Prozessoren ist aufgrund der hohen Abtastrate sehr teuer. Dennoch wird sich in Zukunft die digitale gegenüber der analogen Signaldemodulation durchsetzen. (Schröder, 2010)

⁷ ADW = Analog Digital Wandler

⁸ DSP = Digitaler Signal-Prozessor

3.8.4 Zwei-Antennen LVS-Gerät

Zwei-Antennen LVS-Geräte haben zwei zueinander senkrecht angeordnete Antennen. Befindet sich das LVS-Gerät im Empfangsmodus, sind immer beide Antennen aktiv. Das LVS-Gerät vergleicht bei der Suche die Intensität des ankommenden Signals der beiden Empfangsantennen. Bei manchen Geräten ist der Empfang der zwei Antennen unterschiedlich stark beziehungsweise wird die Signalauswertung unterschiedlich bewertet. Man spricht von einer Hauptantenne, meistens parallel zur Gerätehauptachse, und einer Nebenantenne. Dies bewirkt einen nur eingeschränkt kreisförmigen Empfangsbereich des LVS-Gerätes. (Firma Pieps)

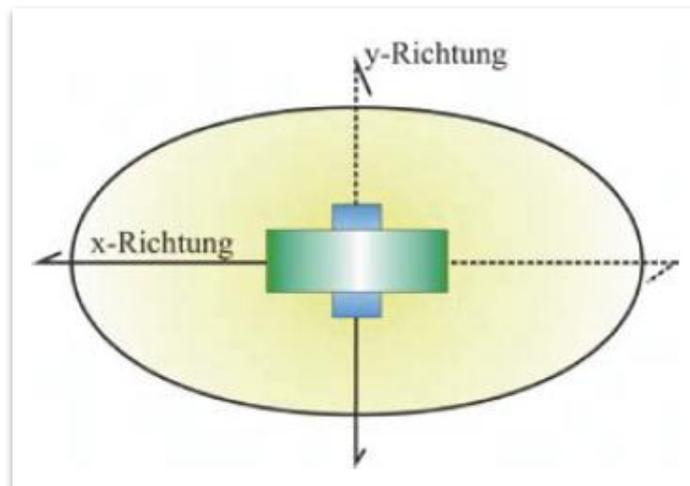


Abbildung 15: Empfangsbereich von Zwei-Antennen-LVS-Geräten (Firma Pieps, S. 7)
Grüne Antenne: Hauptantenne in x-Richtung, Blaue Antenne: Nebenantenne in y-Richtung

Suchtechnik

Nach dem Erstempfang eines Signals folgt der Suchende bei der Grobsuche dem Richtungspfeil des LVS-Displays. Dieser leitet ihn auf den induzierenden Feldlinien zum Sendegerät. Im Vergleich zum Ein-Antennen LVS-Gerät muss ein LVS-Gerät mit zwei Antennen aufgrund der überlegenen Technologie nicht unbedingt in die beste Koppellage gebracht werden, um eine eindeutige Richtung vorgeben zu können. Die Feinsuche funktioniert allerdings gleich wie bei einem LVS-Gerät mit einer Antenne mittels Entfernungsanzeige. Dabei ist zu beachten, dass die angezeigten Zahlen nicht die Entfernung in Metern zum sendenden LVS-Gerät entsprechen, sondern ein genormtes Maß darstellen, welches eine Verringerung der Entfernung durch abnehmende Zahlenwerte bis hin zum Wert Null, der den Verschütteten markiert, und eine Vergrößerung des Abstandes zur gesuchten Person mit wachsenden Zahlenwerten

anzeigt. Das LVS-Gerät wird bei der Feinsuche in die beste Koppellage gebracht und darf anschließend nicht mehr gedreht werden. Man versucht dann, den kleinsten Abstand zum Verschütteten durch Kreuzsuche zu ermitteln. In Abbildung 16 wird dies schematisch verdeutlicht.

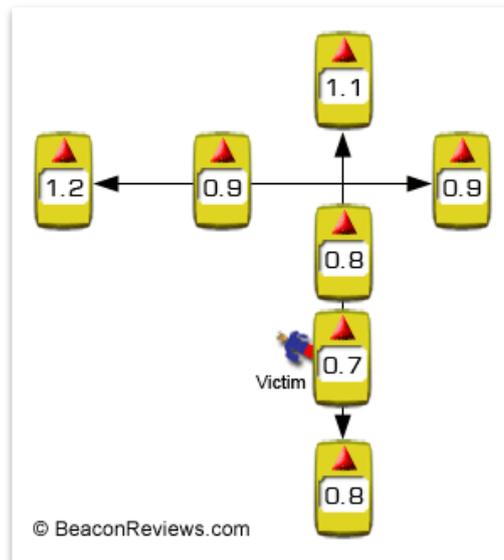


Abbildung 16: Punktortung (Achelis, 2013)

Der große Nachteil von LVS-Geräten ohne eine dritte Antenne besteht darin, dass je nach Ausrichtung und Tiefe des verschütteten Senders bei der Punktortung sogenannte Mehrfachmaxima auftauchen können. (Firma Pieps) Was Mehrfachmaxima sind, wird im nächsten Abschnitt erklärt.

3.8.5 Mehrfachmaxima

Bei der Punktortung nach Verschütteten können je nach Lage beziehungsweise Ausrichtung des sendenden LVS-Gerätes zum Empfangsgerät bis zu drei Entfernungmaxima auftreten. Das heißt, der Suchende erhält vom Display seines LVS-Gerätes die Information, dass es drei Punkte gibt, an denen die Entfernungsanzeige am niedrigsten ist. Mehrfachmaxima sind stark abhängig von der Lage, wie in den Abbildungen 17, 18 und 19 verdeutlicht wird.

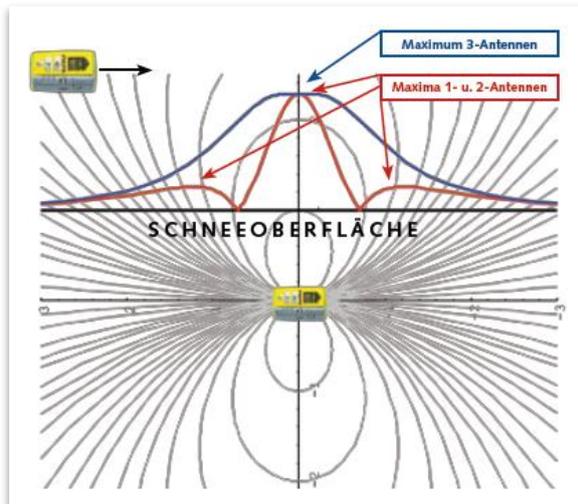


Abbildung 18: Mehrfachmaxima waagrecht (Firma Pieps, S. 5)

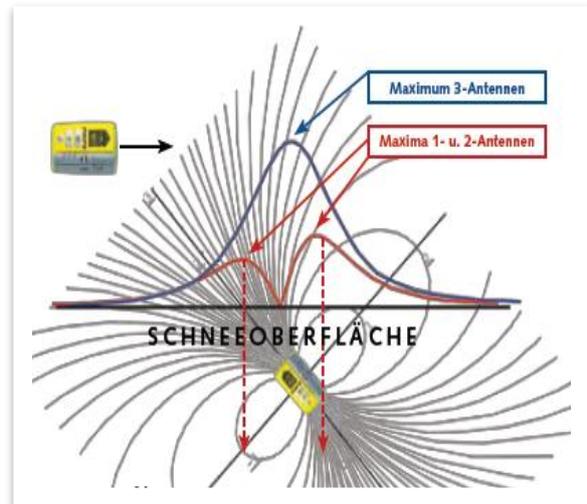


Abbildung 17: Mehrfachmaxima schräg (Firma Pieps, S. 5)

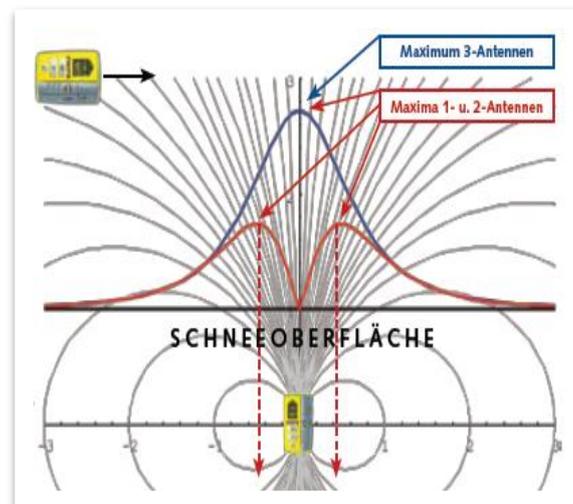


Abbildung 19: Mehrfachmaxima senkrecht (Firma Pieps, S. 5)

Die farbigen Linien beschreiben den Verlauf der Entfernungsanzeige am Display der LVS-Geräte. Wie zu erkennen ist, ergeben sich bei waagrechtlicher Ausrichtung von Sende- und Empfangs-LVS zueinander keine Probleme bei der Entfernungsanzeige. Bei schräger und senkrechter Lage stellt sich das Problem ein, dass Ein-Antennen und Zwei-Antennen LVS-Geräte keine eindeutigen Maxima errechnen können. Es wird damit sehr schwierig zu sagen, wo genau der Sender liegt. Präzision ist aber wichtig, denn es erspart eine Menge an Sondier- und Schaufelzeit und erhöht damit entscheidend die Überlebenschancen nach einem Lawinenunfall. (Ortovox, 2010)

3.8.6 Drei-Antennen LVS-Gerät

Heutzutage sind annähernd alle neuen LVS-Geräte mit digitaler Signalverarbeitung und drei Antennen ausgestattet. Diese Geräte haben nicht nur den Vorteil der Richtungs- und Entfernungsanzeige, welche gleich den Zwei-Antennen LVS-Geräten mit der Haupt- und Nebenantenne ermöglicht wird, sondern auch noch die Fähigkeit, bedingt durch die dritte Antenne, Mehrfachmaxima bei der Punktortung auszulöschen. Die dritte Antenne wird dabei nicht als Sendeantenne, sondern ausschließlich zur Ortung nahe des Verschütteten eingesetzt. Aufgrund der orthogonalen Ausrichtung der drei Antennen kann ein räumliches Bild des Feldstärkevektors erstellt werden. Das bringt den Vorteil, dass keine Mehrfachmaxima bei schlechter Koppellage auftreten und das LVS-Gerät den tatsächlichen Ort direkt über dem Verschütteten anzeigt.

„Bei der Feinsuche zeigt ein digitales 3 Antennen LVS, aufgrund seiner 3 Antennen, immer nur eine geringste Entfernungsanzeige an (ein Maximum); und zwar immer genau über dem Sende-LVS, unabhängig davon, ob das Sendegerät senkrecht, waagrecht und tief oder schräg verschüttet ist.“ (Krenn, 2012, S. 14)

Bei Verunglückten, welche nahe der Schneeoberfläche liegen, mag dies keine so große Rolle spielen, da man mit Sonde und Schaufel dennoch eine schnelle Rettung gewährleisten kann. Bei einer Tiefenverschüttung (das Lawinenopfer befindet sich dabei mehrere Meter unter der Schneeoberfläche) stellt sich ein anderes Szenario ein. Schon das Sondieren erfordert viel Erfahrung, da man immer wieder auf Materialien wie Baumstämme, Sträucher und Geröll stößt, welche von der Lawine mitgerissen worden sind. Bei einem Fund ist es oft sehr schwer zu sagen, ob es sich um das Opfer oder ein anderes Objekt handelt. Im schlimmsten Fall verliert man dann extrem viel Zeit und Kraft durch das Schaufeln an einem falschen Platz. Da Drei-Antennen LVS-Geräte durch ihre Fähigkeit der punktgenauen Ortung dieses Problem lösen, haben sie sich auch als Standard am Markt etabliert.

3.8.7 Weiterentwicklungen

Mit der Entwicklung von analogen zu digitalen LVS-Geräten und der Verwendung von zusätzlichen Antennen wurde bereits ein großer Schritt in Richtung Optimierung der Lawinenverschüttetensuche gemacht. Natürlich gibt es aber noch Raum für Verbesserungen und man steht sozusagen erst am Anfang der technisch realisierbaren Möglichkeiten. Im

Folgenden soll ein kurzer Überblick aktueller Entwicklungen und Ideen der marktführenden Firmen gegeben werden.

Smart Antenna Technologie der Firma Ortovox

Die Empfangsreichweite jedes LVS-Gerätes hängt stark von der Ausrichtung der sendenden zur empfangenden Antenne ab, wie bereits im Kapitel 3.6 und Abbildung 9 beschrieben. Befinden sich die zwei LVS-Geräte senkrecht zueinander, ist die Empfangsreichweite am schlechtesten. Unter dem Motto „Du wirst besser gefunden“ geht die Firma Ortovox einen innovativen Weg, um die Koppellage zwischen Sende- und Empfangsgerät zu verbessern. Mit der Technik „Smart Antenna Technologie“ und der Verwendung eines Lagesensors erkennt das verschüttete LVS-Gerät seine Lage und verwendet jene Antenne als Sendeantenne, welche der Waagrechten am nächsten ist. Ortovox erklärt diese Technik folgendermaßen:

„Die intelligente Lageerkennung analysiert die Position der Antennen und schaltet automatisch auf die beste Sendeantenne um: Es gibt keine schlechteste Lage mehr.“
(Ortovox-Website)



Abbildung 20: Smart Antenna Technologie (Ortovox, 2010, S. 7)

Damit wird das Problem einer senkrechten Koppellage gelöst. Je nach Lage schaltet das Gerät den Sendemodus von der X-Antenne auf die Y-Antenne um und sendet mit dieser.

Bei einem Feldversuch der Firma Ortovox mit sieben unterschiedlichen Drei-Antennen LVS-Geräten zeigten sich folgende Ergebnisse: Wenn man ein LVS-Gerät der Firma Ortovox, welches mit der Smart Antenna Technologie ausgerüstet ist, senkrecht verschüttet, „... so erhöht sich die durchschnittliche Empfangsreichweite aller suchenden LVS-Geräte auf bis zu

33 Meter – je nachdem ob die Ausrichtung der Smart Antenna quer oder coaxial zum Sucher ist. In jedem Fall ist dies eine Verbesserung“ (Ortovox, 2010, S. 8)

Pieps Vector: Vier-Antennen LVS-Gerät der Firma Pieps

Bei sogenannten Vier-Antennen LVS-Geräten spricht man von herkömmlichen LVS-Geräten mit drei Sende- beziehungsweise Empfangsantennen, welche mit der Frequenz von 457 kHz der Standardnorm EN300718 entsprechen, plus einer GPS⁹-fähigen Antenne. Damit ist das LVS-Gerät der Firma Pieps ein „... digitales 4-Antennen LVS-Gerät mit GPS-Support für einfachste Bedienung und bestmögliche Technologie-Unterstützung bei der Kameradenrettung. Die Suchzeit wird reduziert durch ... das GPS-Leitsystem. Für Ihre Sicherheit bietet Ihnen der PIEPS VECTOR hilfreiche Optionen wie GPS, Kompass oder Barometer für Wetterbeobachtung.“ (Pieps-Manual, 2012, S. 1) Die Hilfe eines GPS-Systems bei der Lawinenverschüttetensuche stellt sich als sehr wirksam heraus. Jedes LVS-Gerät hat einen eingeschränkten Empfangsradius, weshalb man zur Suche des Signalerstempfangs den Suchbereich des Lawinenkegels in einer angegebenen Suchstreifenbreite zügig abgehen muss. Das wiederum stellt sich in der Praxis, besonders bei breiten Lawinenkegeln im schwierigen Gelände, oftmals als sehr problematisch dar. Bei vielen Suchenden wächst ein Gefühl der Unsicherheit bezüglich der Suchbreitenstreife. Ist der Suchstreifen zu schmal, vergeudet man überlebenswichtige Zeit. Sind die abgesuchten Streifen zu weit auseinander, kann es passieren, dass man den Verschütteten nicht ortet. Der GPS-Support des Pieps Vektors ermöglicht mit Hilfe des „Map-Modus“ die bereits gesuchten Bereiche zu kennzeichnen (Abb. 21). „Bei der Suche nach dem Erstempfang zeigt der PIEPS VECTOR am Display eine schwarz hinterlegte Übersichtskarte. Der Retter ist im Zentrum mit „x“ gekennzeichnet und dargestellt. Ein weißer Kreis begrenzt die maximale Empfangsreichweite. Dieser Kreis wandert mit jeder Bewegung durch das Display und bereits abgesuchte Bereiche bleiben „weiß“ dargestellt. Sobald ein erstes Sende-Signal empfangen wird, schaltet der PIEPS VECTOR automatisch vom MAP-Modus in den FIND-Modus und gibt das stärkste Signal mit Richtungs- und Entfernungsanzeige am Display an.“ (Pieps-Manual, 2012, S. 4)

⁹ GPS = Global Positioning System



Abbildung 21: Pieps-Vektor Display (Pieps-Manual, 2012, S. 4)

Ausblick

Die Einführung digitaler Technik in der Lawinenschüttelungssuche war ein Meilenstein. Der nächste große Sprung vollzieht sich im Moment mit der Verwendung von GPS-Systemen in LVS-Geräten. Die Weiterentwicklung der Antennentechnik und Signalverarbeitung geht ständig voran. Mittlerweile werden auch ganz neue Ansätze und Systemen überdacht. Zum Beispiel könnte man das Szenario eines Lawinenschüttelungssuchens nach Pinies und Tardos (2006) auf das aus der Robotik stammende SLAM¹⁰-Problem zurückzuführen. Dabei versucht das Empfangsgerät, ähnlich einem autonomen Roboter, ein zeitabhängiges und aktualisiertes Bild der Umgebung beziehungsweise des Verunglückten mittels einer dreidimensionalen Messung des Magnetfeldes während der Lawinenschüttelungssuche aufzubauen. Dieser Ansatz klingt sehr vielversprechend, da man durch eine solche Lokalisation den Umweg der Feldlinien vermeiden könnte und ein direkter Weg zum verschütteten Opfer gezeigt werden kann. Allerdings steht der Mehraufwand an Technik und Material bis dato noch nicht im Verhältnis zur Verbesserung der Suchleistung.

Abschließend ist unbedingt zu erwähnen, dass eine gute und moderne LVS-Ausrüstung nur als Grundvoraussetzung für eine positive Lawinenschüttelungssuche angesehen werden darf. Nur das ständige Üben und Ausprobieren des LVS-Gerätes in der Praxis und die Kenntnisse über die richtige Rettungskette und Suchtechniken können im Ernstfall über Leben und Tod eines Lawinenschüttelungssuchenden entscheiden. Deshalb soll im nächsten Kapitel ein Überblick über die Lawinenschüttelungssuche gegeben werden.

¹⁰SLAM = Simultaneous Localization And Mapping

4 Lawinenverschüttetensuche

Kommt es im alpinen Gelände zur Auslösung eines Schneebretts, ist die Schussflucht, also das Davonfahren vor der Lawine, eine Möglichkeit, der Gefahr zu entkommen. Diese Variante gelingt allerdings nur in Ausnahmefällen. Vielmehr muss sich der Betroffene damit auseinandersetzen, dass er von den Schneemassen zum Sturz gebracht und mitgerissen wird. Da sich bewegter Schnee ähnlich einer Flüssigkeit verhält, kann der Verunglückte versuchen, durch Schwimmbewegungen an der Oberfläche zu bleiben. Laut dem österreichischen Kuratorium für alpine Sicherheit liegt die Gesamtmortalität nach einer Ganz- bzw. Komplettverschüttung, das heißt der Körper und vor allem der Kopf stecken vollständig im Schnee, bei 40 %, wo hingegen die Todesrate nach einer Teilverschüttungen bei 4% liegt. Tritt der Fall einer Komplettverschüttung ein, sollte das Opfer versuchen, die Hände vors Gesicht zu ziehen und eine Kauerstellung einzunehmen, um eine Atemhöhle zu schaffen. Nach Stillstand der Lawine muss man Ruhe bewahren, nach Möglichkeit die Atemwege von Schnee frei machen, versuchen die Atemhöhle zu vergrößern und an Rettung glauben. Die Gefahr, im Zuge des Lawinenabgangs durch mechanische Einwirkungen von Geländestrukturen oder aufgrund des enormen Drucks der Schneemassen auf den Körper getötet zu werden, liegt bei etwa 20 %. Neben dem Tod durch Unterkühlung, den ungefähr 10 % aller Verunglückten erleiden, stellt das Ersticken bei Lawinenunfällen mit 70 % die mit Abstand häufigste Todesursache dar. Dabei spielt es eine entscheidende Rolle, ob das Lawinenopfer freie Atemwege hat und sich eine Atemhöhle vor dem Gesicht befindet. Hat der Verschüttete keine Atemhöhle, spricht man von verlegten Atemwegen und ein Überleben ist, laut Statistik, nach einer Bergungszeit von über 18 Minuten nicht mehr möglich. Auch bei Komplettverschüttung mit freien Atemwegen ist die Zeit, welche von der Verschüttung bis Rettung vergeht, für die Überlebenschancen entscheidend. Brugger et al. (2001) haben in ihrer Studie die Daten von 1886 Lawinenverschütteten in der Schweiz, im Zeitraum von 1981-1998, zusammengefasst und analysiert. Dabei konnten sie feststellen, dass die Überlebenschancen nach einer Lawinenverschüttung einen stark zeitabhängigen Verlauf zeigt, wie in Abbildung 22 zu sehen ist.

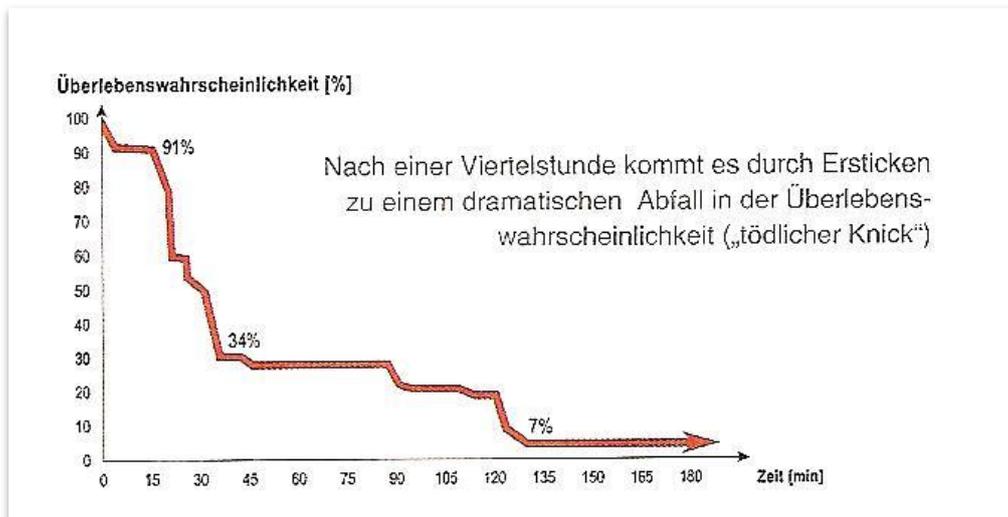


Abbildung 22: Überlebenskurve (Würtl et al, 2011, S. 107)

„Bis 18 Minuten nach dem Lawinenabgang überleben 91 % aller Ganzverschütteten. Zwischen 18 und 35 Minuten unter der Lawine fällt die Zahl der Überlebenden drastisch auf 34 Prozent ab. Fast immer ist die Todesursache Ersticken. In der Zeit zwischen 35 und 90 Minuten sterben nur wenige. Diese Verschütteten verfügen über freie Atemwege/ Atemhöhle. Danach steigt die Todesrate wieder an, verantwortlich ist eine Kombination aus zunehmendem Sauerstoffmangel, zunehmender Unterkühlung sowie einem Anstieg der Kohlendioxidkonzentration. Nur 7 Prozent überleben eine Verschüttung länger als 130 Minuten.“ (Würtl et al, 2011, S. 106)

Die Notwendigkeit einer schnellen Rettungskette zur Bergung nach einem Lawinenunfall ist evident. Wird ein professionelles Rettungsteam alarmiert, vergeht bis zur Ankunft der Helfer je nach Lage und Gebiet des Lawinenunfalls eine Menge Zeit, die das Lawinenopfer vielleicht nicht hat. Deshalb besteht die höchste Überlebenschance durch die sogenannte Kameradenrettung. Was man dazu wissen muss, wird im nächsten Abschnitt besprochen.

4.1 Kameradenrettung

Grundvoraussetzung für eine erfolgreiche Kameradenrettung sind eine vollständige und funktionsfähige Notfallausrüstung, regelmäßiges Training der LVS-Suche, Kenntnisse über das Verhalten nach Lawinenunfällen und Erste-Hilfe-Fähigkeiten. Beobachtet man einen Lawinenunfall mit menschlicher Beteiligung, muss man Ruhe bewahren. Auch wenn der

Verschüttete ein Freund oder Familienangehöriger ist, darf man nicht in Panik geraten, da schnell und effektiv gehandelt werden muss.

Überblick verschaffen

Nach dem Lawinenabgang sollte man sich einen Überblick über mögliche Gefahrenquellen wie Absturzgefahr oder Nachlawinen machen. Die Sicherheit des Retters ist vorrangig. Wenn man den Lawinenabgang beobachten konnte, ist es wichtig, sich den Verschwindepunkt (letzter Sichtkontakt zum Verschütteten an der Oberfläche) zu merken. Dieser Punkt bestimmt den Suchbereich, auch primärer Suchraum genannt, in dem man das Lawinenopfer zu suchen beginnt. Wie in Abbildung 23 dargestellt, befindet sich der Suchraum unterhalb des Verschwindepunktes in Fließrichtung der Lawine. Wenn möglich, muss zusätzlich abgeklärt werden, wie viele Personen von der Lawine erfasst wurden, da diese Tatsache einen Einfluss auf die weitere Vorgehensweise hat. (Würtl et al, 2011)

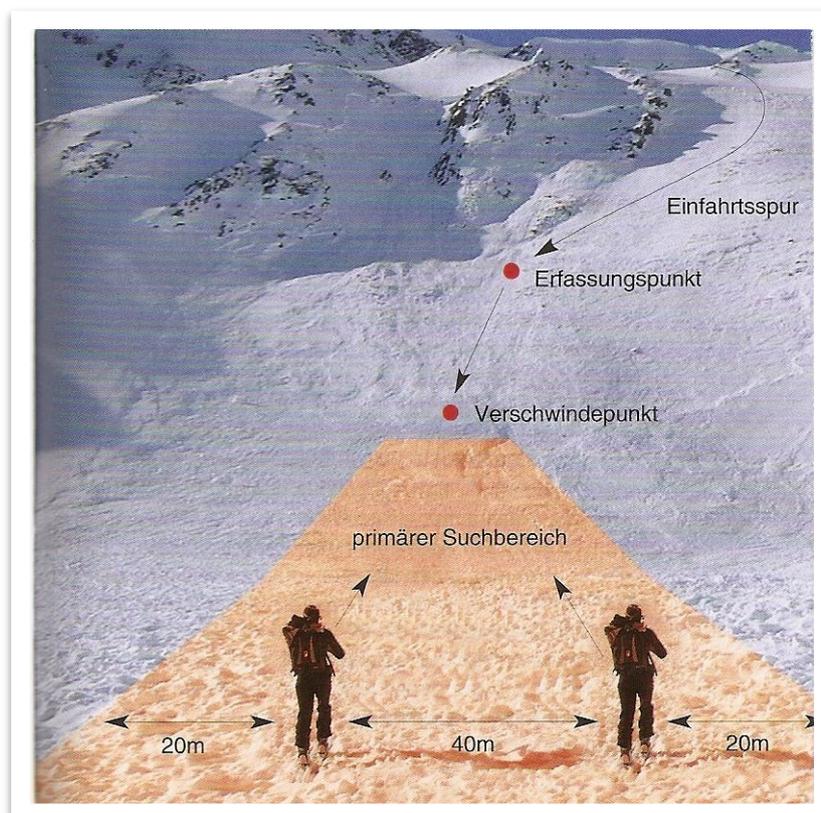


Abbildung 23: Primär Suchraum (Würtl et al, 2011, S. 93)

Notruf

Nach Eingrenzung des primären Suchraums kann man unter folgenden Umständen einen Notruf absetzen:

„Professionelle Rettung ist rasch zu erwarten (Handyempfang, Flugwetter, Pistennähen, ...), oder es sind genügend Retter vor Ort, sodass jemand den Notruf übernehmen kann, ohne dass eine Zeitverzögerung in der Verschüttetensuche entsteht oder die rasche Kameradenrettung hat wenig Erfolgchancen, da der Verschüttete beispielsweise keinen Notfallausrüstung mitführt.“ (Würtl et al, 2011, S. 94) Ist dies nicht der Fall, beginnt man sofort mit der Verschüttetensuche und setzt den Notruf erst nach der Befreiung des Lawinenopfers aus der Lawine und der Durchführung von Erste-Hilfe-Maßnahmen ab.

Primärsuche oder Signalsuche

Alle Retter, welche in die direkte Suche involviert sind, stellen ihr LVS-Gerät auf Suchen. Personen, die nicht mit dem LVS-Gerät suchen, schalten das Gerät aus. Bei der Primärsuche wird, je nach Zugang und Möglichkeit, der Suchbereich im Zickzack (allein) oder in Streifen (mehrere Retter) abgegangen. Die Suchstreifenbreite ist vom jeweiligen Gerät abhängig und sollte bereits im Vorhinein individuell getestet werden. Ziel der Primärsuche ist der Erstempfang des verschütteten LVS-Gerätes. Während des relativ raschen Voranschreitens im Suchbereich sollte aber auch aufmerksam auf herausragende Körperteile oder Gegenstände geachtet werden, welche aufgrund der hektischen Situation oft übersehen werden, aber zu einer deutlichen Verkürzung der Suchzeit führen können. (Würtl et al, 2011)



Abbildung 24: Suchstreifenbreite (Würtl et al, 2011, S. 96)

4.2 Grobsuche und Feinsuche

Empfängt man das Signal des verschütteten Senders, beginnt die Grobsuche. Man nähert sich dabei entsprechend der Anzeige am LVS-Gerät entlang der Feldlinien dem Verschütteten. Unterschiede entstehen hierbei durch die Verwendung von analogen beziehungsweise digitalen LVS-Geräten. Wie bereits in den Kapiteln 3.7 und 3.8 beschrieben, folgt man bei analog arbeitenden Empfangsgeräten stets dem lautesten Ton, wohingegen bei digitalen LVS-Geräten am Display ein Pfeil die Richtung vorgibt und eine Zahl die Entfernung zum Opfer anzeigt.

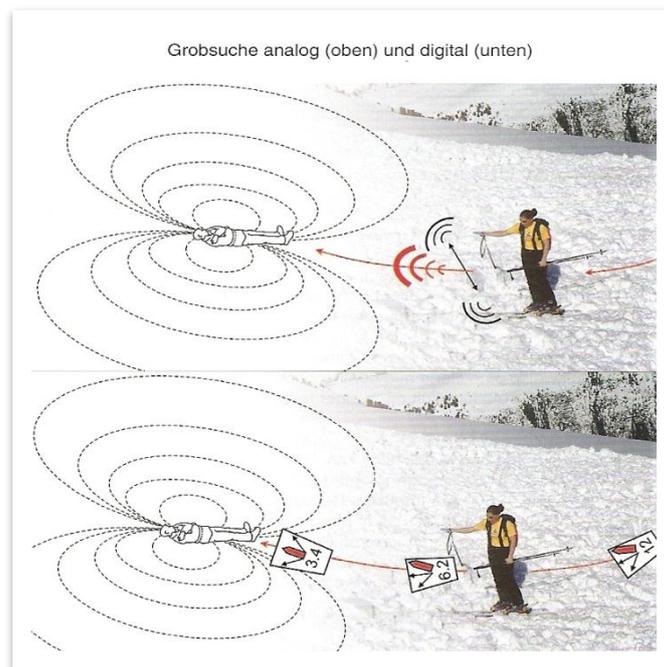


Abbildung 25: Grobsuche (Würtl et al, 2011, S. 98)

In einem Radius von 3 bis 5 Metern rund um den Verschütteten stellen auch digitale Geräte ihren Anzeigemodus um. Anstatt weiterhin den Richtungspfeilen zu folgen, wird nur noch die Entfernungsanzeige am Display dargestellt. Man versucht nun, den Punkt der geringsten Entfernung zum Lawinenopfer zu finden, welcher bei einem modernen LVS-Gerät senkrecht über dem Verschütteten liegt, und markiert diesen mit einem Kreuz im Schnee beziehungsweise mit der Schaufel. Das LVS-Gerät darf während der Feinsuche nicht gedreht und muss so nah wie möglich an der Schneeoberfläche entlang geführt werden. Hat man den Punkt der geringsten Entfernung ausfindig gemacht, schaltet man sein LVS-Gerät wieder auf Senden, um bei einer möglichen Verschüttung durch eine Nachlawine selbst gefunden werden zu können, und beginnt mit der Punktortung und dem Ausschaufeln.

Verschüttungstiefe (an der Sonde abzulesen). Das heißt, dass z.B. bei einer Verschüttungstiefe von 1 m, 1 m von der Sonde entfernt – der Schneeoberfläche entlang nach unten gemessen – zu graben begonnen wird.“ (Würtl et al, 2011, S. 102) Durch diese Vorgehensweise verhindert man, dass man sich einen sogenannten Brunnenschacht baut und irgendwann keinen Schnee mehr wegfordern kann. Darüberhinaus ist die Gefahr, eine eventuell vorhandene Atemhöhle des Verschütteten zu zerstören, geringer. Wenn mehrere Helfer zur Verfügung stehen, kann man mit verschiedenen Schaufeltechniken, wie in Abbildung 27 zu erkennen ist, eine schnellstmögliche Bergung garantieren (Würtl et al, 2011).

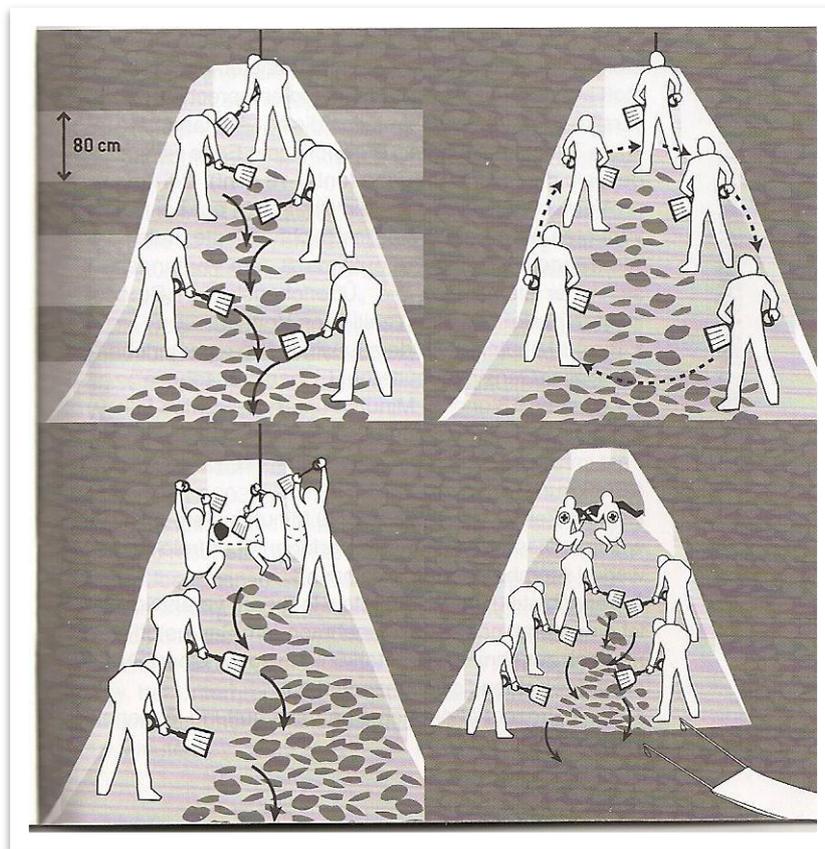


Abbildung 27: Schaufeltechniken (Würtl et al, 2011, S. 105)

Hat der vorderste Retter den Verschütteten erreicht, benützt dieser, um dem Verunglückten keine weiteren Verletzungen zu zufügen, nur noch die Hände zum Freilegen des Kopfes und beginnt so bald als möglich mit den Erste-Hilfe-Leistungen. Währenddessen rücken die restlichen Retter, soweit es möglich ist, auf, um den Körper aus dem Schnee zu befreien. Dabei gilt es, folgendes unbedingt zu beachten: Liegt der Verschüttete bereits länger als 30

Minuten unter dem Schnee, ist mit einer erheblichen Unterkühlung zu rechnen und der Körper darf bei der Bergung nicht übermäßig stark bewegt werden. Es besteht die Gefahr, dass durch die Bewegung das kühle Blut der Extremitäten in den Körperkern gepumpt wird und die Körperkerntemperatur auf einen Schlag so stark sinkt, dass eine Schädigung oder sogar der Ausfall von Organen zu erwarten ist. Nachdem der Verschüttete aus dem Schnee befreit wurde, werden bis zum Eintreffen des Rettungsteams weitere Erstversorgungsmaßnahmen gesetzt.

5 LVS-Gerät im Physikunterricht

In den vorhergehenden Kapiteln wurde ausführlich beschrieben, nach welchen physikalischen Grundlagen die LVS-Geräte arbeiten und wie eine effektive Lawinenschüttelversuch in der Praxis ablaufen muss. Einleitend in den projektbeschreibenden Teil dieser Diplomarbeit sollen kurz die Schwierigkeiten von Technik im Physikunterricht aufgezeigt und mögliche Lösungskonzepte erläutert werden. Anschließend wird die Dokumentation des Projektes „Lawinenschüttelversuch-Gerät“ im Zuge des Physikunterrichts der 4a des BRG Kepler Graz präsentiert. Damit soll gezeigt werden, wie man dieses technische Thema in einem projektorientierten technischen Physikunterricht umsetzen kann. Weiters wird beschrieben, welche Initiativen hinter dem Projekt stehen und dass mit Unterstützung der steirischen Wirtschaftskammer die Firma Pieps, Marktführer für LVS-Geräte im europäischen Raum, als Projektpartner gewonnen werden konnte. Um die Frage zu beantworten, ob die Jugendlichen für naturwissenschaftliche und technische Berufsfelder nachhaltig begeistert werden konnten, wurde die Klasse, ein halbes Jahr nach dem Projekt, nochmals mittels Feedbackbogen und Interview auf Nachhaltigkeit befragt. Die Ergebnisse dazu befinden sich im letzten Teil dieser Arbeit.

5.1 Technik im Physikunterricht

Im siebzehnten Jahrhundert wurde erstmals der Versuch unternommen, „realistische“ Erkenntnisse und Verfahrensweisen in der Schulausbildung zu verankern. Vorgänge der Natur sollten nicht mehr nur aus einem philosophischen und religiösen Blickfeld betrachtet werden, vielmehr sollten sie Gegenstand von unvoreingenommenen und nachprüfbareren Untersuchungen sein, welche auf Vernunft und Erfahrung basieren. Neben den Lehrinhalten der Formalien, Verbalien und Idealien sollten demnach auch die Realien im Schulunterricht behandelt werden. Unter Realien versteht man die Beschreibung des modernen (realen) Lebens unter Berücksichtigung naturwissenschaftlicher Gesichtspunkte. Somit kann man im weitesten Sinn davon sprechen, dass in dieser Zeit der Grundstein für den Physikunterricht, welcher sowohl aus naturbeschreibenden als auch aus technischen Elementen bestand, in der Schulbildung gelegt wurde. (Spiegel, 2008/1) In den letzten dreihundert Jahren hat sich die Einbeziehung von Technik im Physikunterricht häufig geändert. Abhängig von Reform-

bewegungen, aktuellen wirtschaftlichen Situationen und Kriegszeiten, wurde die technische Ausbildung im Schulwesen mehr oder weniger gern gesehen. Die feindliche Haltung des Bildungsbürgertums im neunzehnten Jahrhundert gegenüber technischen und naturwissenschaftlichen Fächern im Bildungsbereich kann man auch heute noch bei der Verteilung der Unterrichtsanteile von sprach- und geisteswissenschaftlichen Fächern im Vergleich zu naturwissenschaftlichen Fächern erkennen. In den letzten Jahren gab es wieder eine Zunahme technischer Bezüge im Physikunterricht, was sich in den Physiklehrplänen widerspiegelt. Technik und Physik sind seit jeher stark miteinander verbunden. In der Studie von Spiegel (2008/2) „Vorstellungen und Wünsche von Schülern und Physiklehrkräften zur Einbeziehung technischer Inhalte in den Physikunterricht“ konnte deutlich gezeigt werden, dass eine vermehrte Einbeziehung von technischen Sachverhalten im Physikunterricht auch durchaus den Wünschen und Vorstellungen der SchülerInnen entspräche.

Es gibt mittlerweile eine Menge an Erfahrungen und Konzeptionen zur Didaktik des Technikunterrichts, allerdings scheitert die Umsetzung eines technikorientierten Physikunterrichts dennoch vornehmlich an folgenden Gründen (Wagner, 2004, S. 478-487):

- Materielle Voraussetzungen können in der Schule nicht geschaffen werden, da Unterrichtskonzeptionen zu werkstättentechnisch orientiert sind.
- Der technische Ansatz ist zu arbeitsorientiert, so dass die Lehrperson keinen naturwissenschaftlichen Bezug herstellen kann.
- LehrerInnen fühlen sich mit dem Thema überfordert und bekommen keine Informationen über entsprechende Lehrmaterialien zur Fachdidaktik der Technik.

Aufgrund dieser Problematik wird im folgenden Abschnitt gezeigt, was die Kerntätigkeiten des technischen Handelns sind und welche Ergänzungen zu Lehrzwecken im Unterricht getroffen werden müssen. Darüber hinaus werden im weiteren Verlauf Methodenvarianten zur Umsetzung eines technischen Sachverhalts im Physikunterricht präsentiert.

5.1.1 Kerntätigkeiten

„Technik ist das Ergebnis einer von Interessen geleiteten, zielgerichteten Auseinandersetzung des Menschen mit Gegebenheiten der Natur bzw. mit vorhandenen technischen Systemen.“

(Sachs, 2001, S. 51)

Wie kann man diese zielgerichtete Auseinandersetzung verstehen? Abbildung 28 bildet die konzeptionellen Kerntätigkeiten technischen Handelns ab und zeigt somit, welche Fähigkeiten und Fertigkeiten für Ingenieure beim Lösen von technischen Aufgaben entscheidend sind.

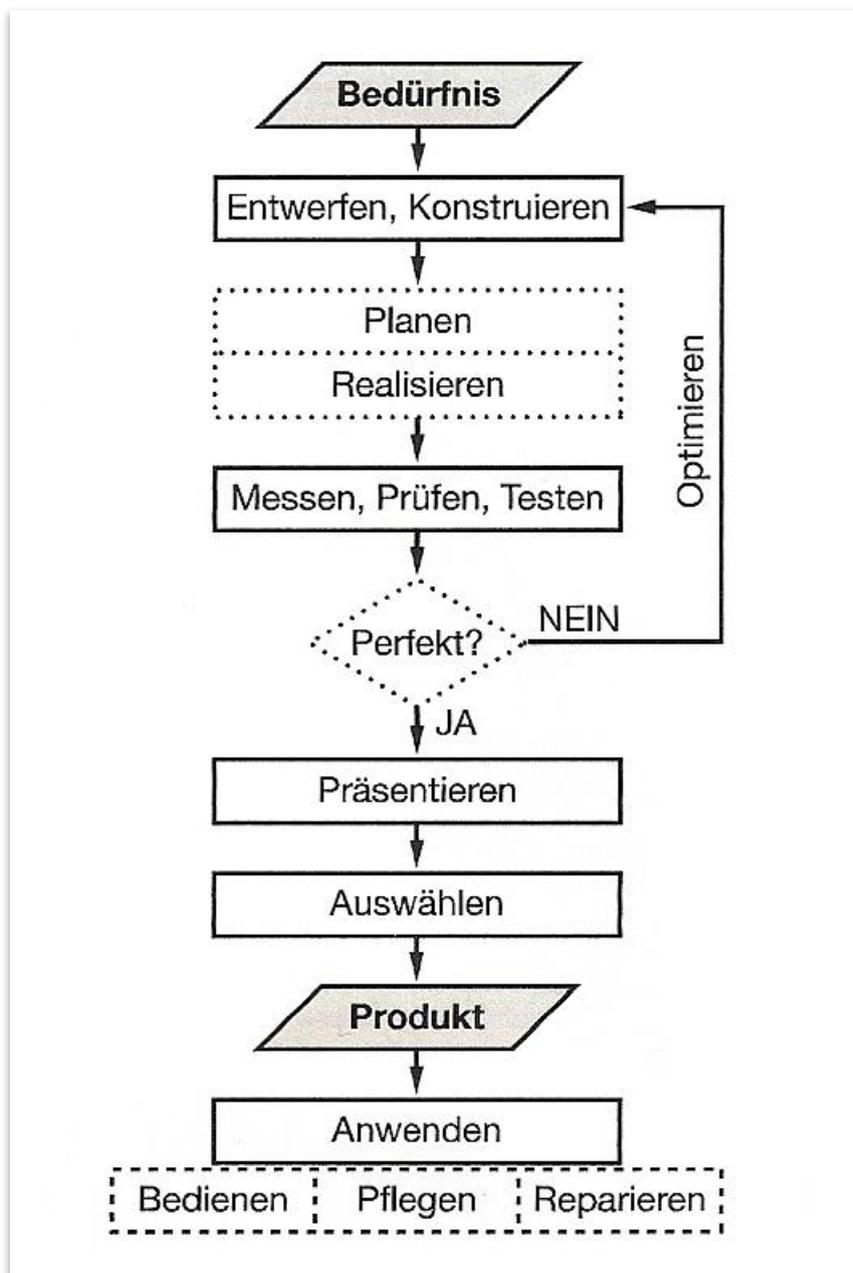


Abbildung 28: Ablauf technischen Handelns (Wagner, 2004, S. 479)

Ausgehend von einem Bedürfnis muss der Ingenieur durch geistige und schöpferische Vorwegnahme eine konkrete Lösungsgestalt entwerfen und von der Festlegung bis zur Herstellungsreife konstruieren. Das Planen zukünftiger Abläufe und die Überprüfung auf Realisierbarkeit dieser Vorgänge ist der nächste logische Arbeitsschritt eines Ingenieurs. Dabei muss er durch Messen und Prüfen die Zweckeignung des Sachverhalts beurteilen und durch die typische technische Tätigkeit des Testens die gemessenen Größen in einen Verwendungszusammenhang stellen. Schlussendlich wird das Produkt präsentiert und entweder unternehmensintern oder durch die Nachfrage am Markt ausgewählt. Sobald der Kunde das Produkt anwendet oder es in einem Unternehmen eingesetzt wird, kann der Ingenieur Laientätigkeiten wie Hilfeleistungen beim Bedienen, Pflegen und Reparieren anbieten. (Wagner, 2004, S. 479ff.)

Nun ist es aber wichtig, diese Kerntätigkeiten des technischen Handelns an einen allgemeinbildenden Schulunterricht anzupassen. Um auch wirtschaftliche, ökologische und soziale Aspekte der Technik in die Schule transferieren zu können, müssen sowohl die allgemein technologischen als auch die arbeitsorientierten Bereiche der Technik berücksichtigt werden. Gleichzeitig müssen aber aufgrund des allgemeinen Bildungsziels auch eine naturwissenschaftliche Abstraktion geschaffen und didaktische Absichten im Unterricht untergebracht werden. Da am Ende des Technikunterrichts immer ein greifbares Produkt stehen soll, kann man diese Unterrichtsform auch als Projektunterricht bezeichnen. (Wagner, 2004, S. 478-487)

Folgende Phasen werden aus den Kerntätigkeiten eines Ingenieurs für den technischen Schulunterricht abgeleitet:

- Entwerfen und Konstruieren
- Beschaffen und Organisieren
- Fertigen
- Testen und Optimieren
- Präsentieren

In Tabelle 1 werden die einzelnen Phasen bezüglich ihrer allgemein fachlichen und didaktischen Lehrziele beschrieben.

Tabelle 1: Phasen des technischen Unterrichts mit fachlichen und didaktischen Ziele (Wagner, 2004, S. 481)

<i>Phase</i>	<i>Allgemein fachliche Lehrziele</i>	<i>Didaktische Ziele</i>
1. Entwerfen und Konstruieren	<i>Vom Bedürfnis ausgehend wird ein Leistungskatalog erstellt. Über einfache Bauskizzen oder Konstruktionspläne sowie Materialauswahl fließt schöpferische Arbeit.</i>	<i>Nach didaktischer Reduktion des Problems wird noch erforderliches Fachwissen geliefert. Festlegen der Arbeitsweise und der Arbeitsform(en) und Fixierung des Plans.</i>
2. Beschaffen und Organisieren	<i>Bezugsquelle, Materialqualität, Preis, Herstellungskosten, Fertigungsplan, Recycling-Plan.</i>	<i>Aufgabenverteilung, Lehren und Fertigkeiten, Freude an der Kommunikation.</i>
3. Fertigen	<i>Fertigen von Einzelteilen, Montage des Gesamtgerätes.</i>	<i>Selbstbestimmtes Arbeiten, soziales Lernen.</i>
4. Testen und Optimieren	<i>Nach Funktionsprüfung: Vergleich der Leistungen mit den Anforderungskatalog, Optimierungsbemühungen.</i>	<i>Anwenden aktueller Fertigkeiten, Anwendungen von Grundwissen, Freude am erfolgreichen Gelingen.</i>
5. Präsentieren	<i>Vorführen von und Werben für das eigene Produkt.</i>	<i>Verbalisieren eigener Leistungen, Stolz sein, Bewertung.</i>

Bei der Erarbeitung eines technischen Sachverhalts im Physikunterricht können durch den gezielten Einsatz und vor allem durch Variation in Länge und Intensität der jeweiligen Phasen verschiedene Unterrichtsmethoden realisiert werden. Diese werden im folgenden Kapitel genauer beschrieben.

5.1.2 Methodenvarianten

Es gibt verschiedene Methodenvarianten, welche aufgrund des vorgegebenen Organisationsrahmens (Zeit- und Raumangebot, Klassengröße,...) beziehungsweise nach dem didaktisch-methodischen Konzept der Lehrperson gewählt werden können. In Abbildung 29 kann man das Anforderungsniveau an die SchülerInnen bezüglich der einzelnen Methoden in den unterschiedlichen Phasen erkennen. Nachfolgend sind die verschiedenen Methoden des Technikunterrichts beschrieben. (Wagner, 2004, S. 482)

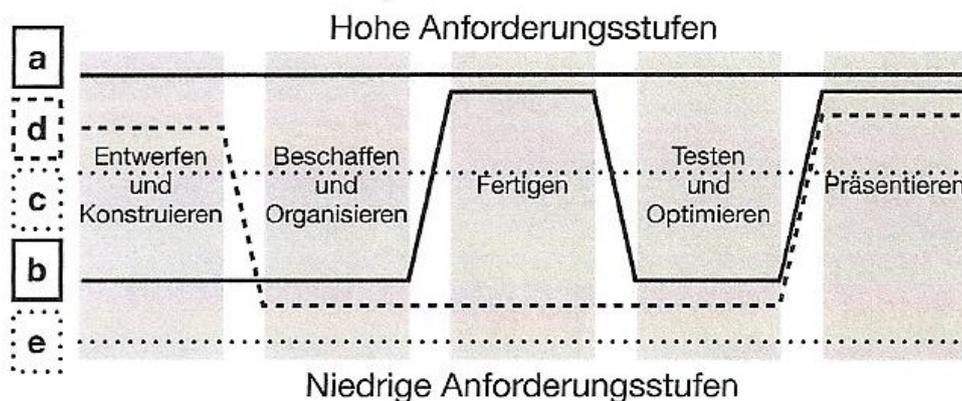


Abb. 5. Methodenvarianten im Vergleich. a = techn.-erfindend, b = techn.-nachmachend, c = techn.-untersuchend, d = techn.-forschend, e = informierend

Abbildung 29: Anforderungsstufen verschiedener Methoden technischen Unterrichts (Wagner, 2004, S. 482)

a) Technisch-erfindende Methode

Diese Methode kommt der Arbeitsweise von Ingenieuren am nächsten. Die induktive, projektartige und produktorientierte Methode erwartet von den SchülerInnen eine schöpferische, theoretische und praktische Arbeitsweise. In allen Phasen wird eine hohe Anforderungsstufe verlangt.

b) Technisch-nachmachende Methode

Die Methode geht von einem existierenden Gerät aus, welches analysiert wird um dessen Funktionsweise zu verstehen. Das Ziel dabei ist, eine vereinfachte und modellhafte Version des Gerätes zu realisieren, Erkenntnisse über Funktionsweise und Materialien (Materialkunde) zu gewinnen und Bearbeitungsfertigkeiten zu erlangen.

c) Technisch-untersuchende Methode

Bei dieser Methode soll ein technisches Gerät repariert werden, um im Zuge dieser Tätigkeit dessen Funktionsweise durch Untersuchungen zu erlernen. Ziel ist es, das Gerät so zu verstehen, dass man Reparaturen selbst vornehmen kann und Bedienfehler vermeidet.

d) Technisch-forschende Methode

Um Naturphänomene verstehen zu können, lernt man bei dieser Methode die Funktionsweise eines (Mess-) Gerätes, welches wiederum die naturwissenschaftliche Gesetzmäßigkeit beschreibt. Es kommt zu einem Wechsel aus induktiven und deduktiven Lernphasen.

e) Technisch-informierende Methode

Diese Methode sollte nur in Ausnahmefällen eingesetzt werden, da sie keinen Praxisteil beinhaltet. Sie kann eingesetzt werden, wenn das Thema eine sehr untergeordnete Rolle in der Unterrichtseinheit einnimmt, wenn die SchülerInnen schon viel Erfahrung mit dem Thema haben oder wenn die Klasse bereits wiederholt praktisch damit gearbeitet hat.

Im nächsten Teil dieser Arbeit soll veranschaulicht werden, wie man einen projektorientierten Technikunterricht realisieren kann. Besonders beim Projekttag am BRG Kepler wird gezeigt, wie die praktische Umsetzung eines technischen Physikunterrichts anhand der technisch-nachmachenden Methodenvariante aussehen kann. Wobei hier erwähnt werden muss, dass aufgrund von Projektzielen die einzelnen Phasen modifiziert werden mussten. So wurde das Anforderungsniveau des Entwerfens und Konstruierens für die SchülerInnen gesenkt und von den eingebundenen StudentInnen übernommen. Andererseits wurden die Anforderungen an die Klasse, notwendige Informationen zu beschaffen und Projektabläufe zu organisieren, erhöht. Auch wurde dem Testen und Optimieren mehr Aufmerksamkeit geschenkt, sodass im Endeffekt eine leicht modifizierte technisch-nachmachende Methodenvariante entstand. Alle Arbeitsschritte und Abläufe des Projekttag am BRG Kepler Graz sind in Kapitel 5.5 zu finden.

5.2 Projekt zum Thema Lawinenverschüttetensuch-Gerät

5.2.1 Die Industrie

Industrien haben im Allgemeinen einen eher negativ belasteten Ruf. Viele Menschen assoziieren vorrangig rauchende Schornsteine und lebenswidrige Umgebungen damit. Um solche Vorurteile zu entkräften, initiierten die Sparte Industrie der Wirtschaftskammer Steiermark und die Industriellenvereinigung Steiermark im Frühjahr 2002 gemeinsam eine Marketing- und Informationskampagne mit dem Namen „Die Industrie“. Das Ziel dieser Interessengemeinschaft war es, vor allem bei Jugendlichen das Wissen um die Bedeutung der Industrie für die steirische Wirtschaft zu verbessern. Zur Umsetzung dieses Vorhabens wurden Veranstaltungen, Projekte und Initiativen mit unterschiedlichen Schwerpunkten ins Leben gerufen. Eine dieser Initiativen ist „Faszination Technik“, welche in weiterer Folge als Verbindungsstelle zwischen Wirtschaft/Industrie und Schule dienen soll. (DieIndustrie)

5.2.2 Faszination Technik

Faszination Technik, als Initiative von „Die Industrie“ und mit Unterstützung der Wirtschaftskammer Steiermark, hat sich die Aufgabe gestellt, durch institutionenübergreifende Projekte für die gesamte Steiermark Kinder, Jugendliche und junge Erwachsene für Technik zu begeistern. Ziel dabei ist es, die Anzahl der Absolventen und Absolventinnen technisch-naturwissenschaftlicher Ausbildungseinrichtungen, von der Lehre bis zur Universität, relativ zu steigern. Um diesen Anspruch zu erreichen, wurde das Fundament von Faszination Technik auf drei tragende Säulen gesetzt:

- Plattform „Gemeinsam sind wir stärker“
- Kooperationen/Unterstützung
- Eigeninitiativen

Die Plattformfunktion als Kommunikations- und Präsentationsmedium nimmt eine zentrale Bedeutung für die Aktivitäten von Faszination Technik ein, denn sowohl das Präsentieren in als auch der intensive Austausch mit der breiten Öffentlichkeit sind eine Notwendigkeit, um die Qualität bestehender Projekte zu gewährleisten.

Durch die Unterstützung und die breitgefächerten Kooperationen von Faszination Technik wird bestehenden und auch zukünftigen Aktivitäten im Bereich Jugend und Technik die Möglichkeit gegeben, Projekte, Ideen und Vorhaben mit bestmöglichem Support umzusetzen. Darüber hinaus setzt Faszination Technik unter dem Titel „Eigeninitiativen“ selbst Maßnahmen, welche aus Sicht der Wirtschaft dort notwendig sind, wo noch weiße Flecken identifiziert werden. Dabei wird versucht, in Zusammenarbeit mit Schulen und Firmen in verschiedenen Projekten die Kluft zwischen Technik und Schule zu schließen. Kinder und Jugendliche sollen schon im Schulbetrieb Produktionsprozesse, technische Berufe und Karrieremöglichkeiten erkennen und fertige Industrieprodukte als Ausgangspunkt für fächerübergreifende Analysen heranziehen können. (FaszinationTechnik)

5.2.3 Regionale Produktanalyse

Entstanden als Eigeninitiative von Faszination Technik, hat die Regionale Produktanalyse unter dem Motto „Wie viel Know-how steckt in einem Industrieprodukt?“ die Aufgabe, SchülerInnen für naturwissenschaftliche und technische Analysen heimischer Industrieprodukte zu begeistern. Dabei bekommen die Jugendlichen die Möglichkeit, mit Hilfe ihrer LehrerInnen ein Industrieprodukt zu zerlegen, um es anschließend analysieren, beschreiben und erklären zu können. Ziel dieser Initiative ist, dass SchülerInnen sowohl die Anwendbarkeit von theoretischen Lehrinhalten erfahren, als auch die Komplexität hinter Gegenständen des alltäglichen Lebens erkennen. So ist es möglich, dass für einen theoretisch angelernten Lernstoff eine praktische Anwendung erkannt wird. Andererseits wird die Neugierde der SchülerInnen geweckt, indem technische Geräte aus ihrem eigenen Alltag als Experimentierobjekte herangezogen werden. Auf diese projektorientierte Weise erleben die Jugendlichen in der Schule einen interessanten und anregenden Einblick in bestimmte Aspekte des technisch-naturwissenschaftlichen Berufsfelds.

Zur Umsetzung dieses Konzeptes konnte die Regionale Produktanalyse in den letzten Jahren Kooperationen mit verschiedenen Firmen schließen (RegionaleProduktanalyse):

- 2012 Pieps GmbH (LVS-Gerät)
- IMERYS Talc Austria GmbH (Talk)
- Payer Technologies GmbH (Elektrorasierer)
- Alko (Rasenmäher)

- 2011 Pieps GmbH (LVS-Gerät)
Imerys Talc Austria GmbH (Talk)
- 2010 Payer Technologies GmbH (Elektrorasierer)

5.2.4 Organisatorischer Ablauf

Durch die Zusammenarbeit mit der Pädagogischen Hochschule Steiermark hat die Regionale Produktanalyse die Möglichkeit, engagierte LehrerInnen aus unterschiedlichen Bildungseinrichtungen als ProjektpartnerInnen zu gewinnen. Nachdem sich die Projektteams der jeweiligen Schulen für ein Produkt entschieden haben, klären diese in einem ersten internen Treffen die individuellen Projektziele und den Ablaufplan des Projektes. Der nächste Schritt ist ein sogenannter Kick-off, also eine Auftaktveranstaltung zum Projekt in der Schule. Dabei wird den SchülerInnen der Industriebetrieb durch einen Mitarbeiter der Firma präsentiert und es findet die Übergabe des Produktes, welches analysiert und erforscht werden soll, statt. Die Erarbeitung der Projektziele obliegt den Projektteams selbst. Unterschiedliche Inhalte und Facetten des Produkts können dabei durch einzelne und/oder fächerübergreifende Projekttag als auch durch Exkursionen und Firmenbesichtigungen realisiert werden. Letztendlich soll im Rahmen einer schulinternen Abschlussveranstaltung den Projektgruppen die Möglichkeit gegeben werden, gewonnene Erkenntnisse und Ergebnisse vor Publikum zu präsentieren. Ein weiterer wichtiger Punkt für die Regionale Produktanalyse ist die abschließende Evaluation des Projektes mittels eines Fragebogens. In dieser Form wird von Seiten der SchülerInnen, der LehrerInnen und der Betriebe ein Feedback zur Projektarbeit erhoben und der Wissens- und Interessensstand der Jugendlichen abgefragt.

5.3 Kick-Off

Dem besonderen Engagement von Mag. Waltraud Knechtl und Mag. Dr. Gerhard Rath, Lehrende am BRG Kepler Graz, sowie der Kooperation mit Mag. Sabine Sattler von der Wirtschaftskammer Steiermark und Frau Sonja Peternel von der Steirischen Volkswirtschaftlichen Gesellschaft (STVG), ist es zu verdanken, dass das Projekt der regionalen Produktanalyse in Zusammenarbeit mit der Firma Pieps GmbH am BG/BRG Kepler Graz realisiert werden konnte. Die aus 28 SchülerInnen bestehende Klasse 4a erhielt die

Möglichkeit, durch dieses praxisorientierte Projekt zum Thema Lawinenverschütteten-suchgeräte, Einblicke in die Arbeitswelt der Firma Pieps zu gewinnen.

Der Kick-Off zum Projekt wurde am 22.03.2012 im BRG Kepler veranstaltet. Zu diesem Event wurden neben interessierten LehrerInnen des BRG Kepler und der Klasse 4a auch Vertreter der Wirtschaftskammer, der Steirischen Volkswirtschaftlichen Gesellschaft, der Pädagogischen Hochschule und Lehramtsstudierende des Faches Physik, welche in weiterer Folge auch Beiträge zum Projekt leisten sollten, von Waltraud Knechtl eingeladen. Nachdem Sabine Sattler kurz die Initiative Regionale Produktanalyse ausgehend von Faszination Technik vorgestellt hatte, übernahm der Geschäftsführer der Pieps GmbH, DI Michael Schober, das Wort. Mittels PowerPoint-Vortrag stellte er die Firma Pieps den zahlreichen ZuhörerInnen vor. Neben der Entstehungsgeschichte, dem Aufbau und der Vertriebsstruktur der Firma erläuterte der Geschäftsführer auch die Wichtigkeit des Produktes LVS-Gerät in den Bereichen Skitouren und Freeride. Visualisiert durch spektakuläre Videoeinspielungen von Lawinenabgängen mit anschließenden LVS-Aktionen und untermauert durch aufschlussreiche Statistiken konnten die Anwesenden die lebensrettenden Eigenschaften der Pieps Produkte erkennen. Basierend auf einem historischen Rückblick rundete ein Ausblick auf die ständige Weiterentwicklung der Technologien zur Suche von Lawinenverschütteten die Präsentation ab.

5.4 LVS-Training mit der Firma Pieps am Kreischberg

Um den Umgang mit den LVS-Geräten in einer authentischen Umgebung kennen zu lernen, wurde für die Klasse 4a des BRG Kepler am 29.03.2012 ein Outdoor-Tag am Kreischberg organisiert. Die Leiterin dieses Projekttages, Waltraud Knechtl, schaffte in Zusammenarbeit mit Sabine Sattler, Sonja Peternel und dem Bergführer der Firma Pieps, Michael Rust, die Gelegenheit für die SchülerInnen, die LVS-Geräte praxisnah ausprobieren und testen zu können. Dabei ist es besonders Frau Peternel als Schnittstelle zwischen Wirtschaft und Schule sowie der Firma Pieps zu verdanken, dass dieses Projekt realisiert werden konnte. Die Firma Pieps stellte zu diesem Anlass sowohl alle benötigten Materialien (LVS-Geräte, Sonden, Schaufeln usw.), als auch einen erfahrenen Bergführer zur Verfügung. Weiters unterstützten Diethard Triebel, ebenfalls Lehrer am BRG Kepler, und ich selbst, als Aufsichtspersonen den Projekttag.

5.4.1 Tagesablauf

Nach der Busanreise von Graz zum Kreischberg wurden die elf Schülerinnen und siebzehn Schüler des Realgymnasiums in zwei etwa gleich große Gruppen aufgeteilt, da der Bergführer nur eine begrenzte Zahl an LVS-Geräten, Schaufeln und Sonden mitbringen konnte. Durch die Gruppeneinteilung konnte eine optimale Einbeziehung der SchülerInnen gesichert werden. Die zeitliche Einteilung erfolgte so, dass eine Gruppe am Vormittag mit dem Bergführer arbeitete, während die andere Gruppe selbstständig Ski- und Snowboard fahren durfte. Nach dem gemeinsamen Mittagessen wurden die Gruppen dann getauscht. So konnten alle SchülerInnen das LVS-Training absolvieren.

Michael Rust erwartete die SchülerInnen bereits an der Bergstation am Kreischberg und führte diese etwas abseits der Piste in eine Lichtung im Wald. Dort stellte er sich vor und klärte die SchülerInnen über die Gefahren im und vom Schnee auf.



Abbildung 30: Theorievortrag

Der routinierte Bergführer wurde von der steirischen Firma Pieps angeworben um diesen Vortrag zu halten (Abb.30). Im Anschluss an eine kurze allgemeinen Einleitung über den Lawinenaufbau, Lawinenabgänge, besonders gefährdete Expositionen und der Bedeutung der Wetterlage stellte er die LVS-Geräte, Sonden und Schaufeln der Firma Pieps vor (Abb. 31). Dabei verwies er vor allem auf die technische Weiterentwicklung und vereinfachte Handhabung der neuen Geräte.



Abbildung 31: Vorstellung der Geräte von Pieps

Weiters wurde auf die physikalische Arbeitsweise der LVS-Geräte eingegangen. Wie in Abbildung 32 zu sehen ist, wurde mit Hilfe einer Musterplane die Ausbreitung und Wirkungsweise der vom LVS-Gerät ausgestrahlten elektromagnetischen Wellen simuliert. Dabei beschrieb Herr Rust auch die Unzulänglichkeit von älteren Geräten, wie es besonders bei analogen beziehungsweise auch digitalen Ein-Antennen und Zwei-Antennen LVS-Geräten der Fall ist.

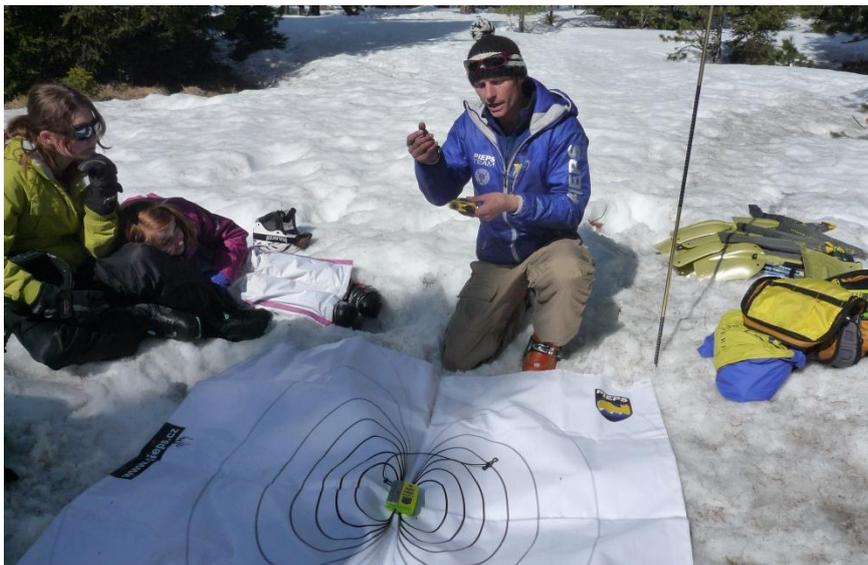


Abbildung 32: Erklärung des EM-Feldes

Anschließend demonstrierte der geübte Bergführer, welche Maßnahmen im Falle eines Lawinunglücks bei der Suche und der Bergung der Lawinopfer zu beachten sind. Dabei thematisierte er den Unterschied zwischen Grob- und Feinsuche und auch den richtigen Umgang mit der Sonde sowie der Lawinenschaufel (Abb. 33).



Abbildung 33: Grob- und Feinsuche

Als nächstes konnten die SchülerInnen selbstständig mit den LVS-Geräten arbeiten. Dazu wurden Zweierteams gebildet und bestimmt, wer zuerst das Lawinenverschüttetensuchgerät in der näheren Umgebung versteckt. Nun musste der Suchende mit Hilfe seines eigenen LVS-Gerätes, einer Sonde und einer Schaufel schnellstmöglich das LVS-Gerät seines Partners finden (Abb. 34).



Abbildung 34: Selbstständiges LVS-Training der SchülerInnen

Nachdem alle SchülerInnen ausreichend Zeit hatten, um Erfahrung im Umgang mit einer Lawinenbergung zu sammeln, trafen sich nochmals alle bei Herrn Rust, um ein weiteres

Problem bei der Bergung eines Lawinenopfers, nämlich den Abtransport, zu besprechen. Hierzu erläuterte der Bergführer eine Bergungstechnik mit Hilfe eines Biwaksacks (Abb. 35).



Abbildung 35: Abtransport mit Biwaksack

Zum Abschluss bauten alle gemeinsam noch ein kleines Iglu, welches als Notlösung die Überlebenschancen für eine unausweichliche Übernachtung am Berg beträchtlich erhöhen kann (Abb. 36).



Abbildung 36: Bau eines Iglus

5.4.2 Feedback der SchülerInnen zum Outdoorstag

Im Folgenden sind zwei Feedbacks von den SchülerInnen der 4a zum Outdoorstag mit dem LVS-Training der Firma Pieps angeführt:

- „Unser Guide (Bergführer) hat uns über das allgemeine Lawinenrisiko, sowie über Grob- und Feinsuche im Fall einer Verschüttung aufgeklärt. Besonders spannend war

die moderne Technik, die in den Geräten steckt. Die Erklärungen waren präzise und leicht zu verstehen, außerdem waren die Pieps-Geräte leicht zu bedienen.“

- *„Es hat Spaß gemacht, die anderen Pieps Geräte zu suchen, obwohl man beim Suchen ständig eingebrochen ist. Wir haben grob- und feingesucht, mit der Lawinensonde sondiert, mit der Lawinenschaufel gegraben und alle „verschütteten“ Geräte gefunden. Zum Abschluss haben wir noch ein Iglu gebaut, in dem zwei Personen übernachten hätten können.“*

5.5 Projekttag zum Thema Lawinenverschüttetensuche

5.5.1 Vorarbeit der Lehramtsstudierenden zum Projekttag

Im Zuge der universitären Lehrveranstaltung Schulpraktisches Seminar 2 unter der Leitung von Gerhard Rath, Physiklehrer am BRG Kepler und Lehrbeauftragter für Fachdidaktik Physik an der Karl-Franzens-Universität Graz, wurde den Lehramtsstudierenden ermöglicht, am BRG Kepler einen Projekttag zum Thema Lawinenverschüttetensuche mit der Klasse 4a zu entwerfen und gemeinsam mit den SchülerInnen am 21.05.2012 umzusetzen. Im Seminar wurden die Grundlagen des Themas erarbeitet. Zu den verschiedenen Aspekten organisierten sich die Studierenden in Teams, welchen wiederum Gruppen von SchülerInnen zugeordnet werden. Zur Realisierung dieses Vorhabens gab es einige Tage vor dem eigentlichen Projekttag eine eigene Physikstunde, in welcher die Studierenden, als VertreterInnen ihrer jeweiligen Gruppen, sich und ihr Vorhaben vorstellen konnten. Dann erfolgte die Wahl durch die SchülerInnen selbst. Um eine möglichst gleichmäßige Verteilung der Gruppengrößen zu erreichen, musste bei einigen Gruppen die Mitgliederzahl noch verändert werden, da je zwei Gruppen zu groß beziehungsweise zu klein waren. Dies ließ sich mit freiwilligen und gelosten Ausgleichsbewegungen lösen. Die fünf Bereiche Schnee und Lawinen, Anwendung, Technik, Entwicklung und Marketing sollten von den SchülerInnen in Kleingruppen zu fünf bis sechs Mitgliedern behandelt werden. Die Lehramtsstudierenden fertigten jeweils zu dritt beziehungsweise zu viert eine Arbeitsunterlage für die verschiedenen Gruppen an. Die erarbeiteten Unterlagen sind im Anhang A.1 bis A.5 ersichtlich.

5.5.2 Unterstützung seitens der Firma Pieps

Der Projekttag wurde erneut von der Firma Pieps unterstützt, indem diese einen Materialpool zur Verfügung stellte. Dieser beinhaltete sowohl aktuelle funktionsfähige Geräte als auch nicht mehr funktionsfähige Geräte, welche in ihre Einzelteile zerlegt und untersucht werden konnten. Darüber hinaus wurden auch ältere Modelle bereitgestellt, um Unterschiede in Funktion und Anwendung zu verdeutlichen. Die SchülerInnen konnten so auch die Entwicklung der LVS-Geräte nachverfolgen. Weiters durfte die Klasse eine Ausrüstung benutzen, welche bei der LVS-Suche benötigt wird (Abb. 37).



Abbildung 37: Materialien Pieps (Pieps, 2011)

5.5.3 Arbeitsphase

Am Montag, 21.05.2012, versammelten sich alle SchülerInnen der 4a des BRG Kepler und auch die zur Betreuung miteingebundenen Lehramtsstudierenden der KF-Universität in der ersten Unterrichtsstunde im Physiksaal des Gymnasiums. Ziel dieses Projekttages war es, eine Präsentation für das am Ende des Schuljahres stattfindende Schulfest vorzubereiten.

Der zeitliche Rahmen wurde auf sechs Unterrichtsstunden festgelegt, in denen die verschiedenen Aspekte der Lawinenverschüttetensuche, unter Berücksichtigung der fünf geplanten Themenbereiche, zu erarbeiten waren.

Unter der Leitung von Herrn Rath teilten sich die SchülerInnen in die am Tag zuvor vereinbarten Gruppen Lawine und Schnee, Anwendung, Technik, Entwicklung sowie Marketing auf (Abb. 38).

Technik	Entwicklung	Schnee	Anwendung	Marketing
Alex Hannus Bene Stefan Felix	Magda Victoria Doris Theresa Alisia Gerät (un) ↑	Nadia * Viki ♥ Chriss Ju Dhruv Nina	Lukas Dominik Florian Markus Antonio Vanessa	Marco Andreas Nicolas Peter Maxim Fabio

Abbildung 38: Gruppeneinteilung

Die Studierenden hatten die Aufgabe, den jeweiligen Gruppen die vorgefertigten Arbeitsaufträge zu unterbreiten, die benötigten Materialien und Unterlagen auszuteilen und eine Einführung in das ausgewählte Thema zu geben. Die Arbeitsaufträge der StudentInnen wurden in manchen Gruppen theoretisch, zum Beispiel durch Internetrecherchen oder eigene Ideenvielfalt, in anderen Gruppen praktisch, durch das Einsetzen von und Experimentieren mit den LVS-Geräten, bewältigt.

a) Gruppe Schnee & Lawine

In dieser Gruppe hatten die SchülerInnen sowohl einen theoretischen als auch einen praktischen Teil zu absolvieren. Dabei wurden in der Theorie über Lawinenstatistik, auftretende physikalische Gesetze, Lawinenverbauung, Schnee und seine Entstehung, Arten von Schnee und den Einfluss der örtlichen Wetterlage gesprochen. Im praktischen Teil untersuchten die SchülerInnen gemeinsam mit den StudentInnen den Zusammenhang eines Lawinenabgangs in Bezug zur Hangneigung. Dazu wurde eine Seite eines Tischtennistisches als bewegliche Unterlage verwendet und die Neigung der Platte solange erhöht, bis es zum Abrutschen des darauf liegenden Schnees kam. Dieses Experiment wurde dann mit verschiedenen Bodenstrukturen (dargestellt mit Karton und Schleifpapier) sowie mit Erde anstatt Schnee wiederholt, um weitere Erkenntnisse über die Eigenschaften von Lawinenabgängen zu erhalten.



Abbildung 39: Gruppe Schnee & Lawine

b) Gruppe Anwendung

Ziel dieser Gruppe war es, das vom LVS-Gerät abgestrahlte Feld in Form von Feldlinien zu visualisieren und optisch darzustellen. Des Weiteren sollten mögliche Beeinflussungen auf das elektromagnetische Feld des strahlenden LVS-Gerätes durch Abschirmen mit einem Wasser-, Metall- oder Kunststoffeimer untersucht werden. Die Messergebnisse mussten anschließend in Form eines Diagrammes veranschaulicht werden.



Abbildung 40: Gruppe Anwendung

c) Gruppe Entwicklung

Die Gruppe Entwicklung teilte ihre Arbeitszeit zu gleichen Teilen auf drei Bereiche auf: Einen Feldversuch mit den LVS-Geräten im Freien, eine Internetrecherche und ein Brainstorming über die möglichen Weiterentwicklungen der Materialien für die Zukunft.

Beim Feldversuch wurden die von der Firma Pieps zur Verfügung gestellten alten und neuen Geräte hinsichtlich der Suchdauer und der Handhabung miteinander verglichen. Die qualitativen Ergebnisse wurden später im Plenum vorgestellt. Die Internetrecherche bezog sich vor allem auf die aus physikalischer Sicht sehr unterschiedlichen Funktionsweisen von Pieps- und GPS-Geräten und den historischen Rückblick auf die Entwicklung der LVS-Geräte. Beim Brainstorming wurde die Frage gestellt, wie die Technologie von Pieps wohl in hundert Jahren ausschauen könnte und welche Möglichkeiten es gäbe, den Umgang mit den LVS-Geräten noch zu vereinfachen.



Abbildung 41: Gruppe Entwicklung

d) Gruppe Technik

Die Gruppe der Techniker versuchte zu Beginn des Projekts, allgemeine technische Daten der LVS-Geräte mit Hilfe von Onlinedaten und Bedienungsanleitungen zu sammeln. Anschließend wurde ein Datenblatt (in digitaler Form) erstellt.

Die nächste Aufgabe bestand darin, drei themenbezogene Fragestellungen zu lösen. Dabei galt es als erstes herauszufinden, welche Bauteile die wichtigsten in den LVS-Geräten sind und wozu diese dienen. Die zweite Frage bezog sich auf die Beschreibung des Antennensystems im LVS-Gerät und schlussendlich musste noch beantwortet werden, wie die elektromagnetischen Wellen in ein digitales Signal umgewandelt werden können.

Nachdem die einzelnen Punkte abgearbeitet waren, sollte die Gruppe ein Explosionsbild des LVS-Gerätes anfertigen, bei dem die wichtigsten Bestandteile des Gerätes auf einem großen Pappkarton aufgeklebt und beschrieben werden.

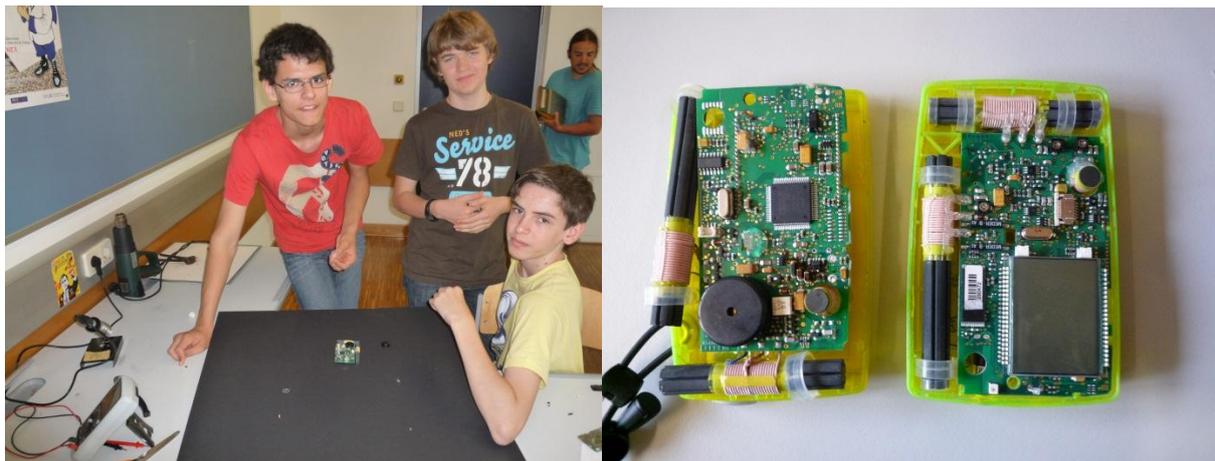


Abbildung 42: Gruppe Technik

e) Gruppe Marketing

In dieser Gruppe wurden mehrere Teilbereiche erarbeitet. Im Pieps-Logo spielt die Fledermaus eine wesentliche Rolle. Deshalb wurde die Funktionsweise der Pieps-Geräte mit dem Orientierungssystem der Fledermäuse verglichen, um Ähnlichkeiten und Unterschiede zu erkennen. Darüber hinaus wurden die Gefahren von Strahlung thematisiert.

Beim Erstellen eines Protokollblattes wurden einzelne Ausrüstungsgegenstände, welche bei LVS-Einsätzen unbedingt mitgeführt werden sollten, abgewogen und protokolliert. Um herauszufinden, wie ein Rucksack gepackt werden muss, um im Ernstfall so schnell wie möglich suchbereit zu sein, wurde die Zeit der SchülerInnen für das Auspacken des Rucksacks, bei verschiedenen Einpackvarianten, gestoppt und aufgeschrieben. Die

Ergebnisse wurden in der Gruppe diskutiert und es wurde versucht, eine ideale Art der Unterbringung für alle Sachen im Rucksack zu finden.

Im nächsten Schritt teilten die Studierenden die SchülerInnen in zwei Gruppen auf, um mit Hilfe von Internetrecherche ein neues Logo sowie einen passenden Slogan für die Firma Pieps zu finden und damit ein Werbeplakat anzufertigen.



Abbildung 43: Gruppe Marketing

5.5.4 Präsentation

Zum Abschluss des Projekttagess mussten die in der Arbeitsphase erzielten Erkenntnisse von den jeweiligen Gruppen visualisiert und in Form einer kurzen Präsentation vor der restlichen Klasse dargeboten werden. Die SchülerInnen nahmen dabei neben der Erstellung von Plakaten auch PowerPoint-Präsentationen und dokumentierte Fotostrecken zur Hilfe. Die Gruppe Anwendung produzierte sogar ein LVS-Tutorial-Video¹¹ und stellte dieses zur öffentlichen Nutzung auf die Internetplattform YouTube.

Die Abbildungen 44 bis 48 zeigen die fünf Gruppen beim Vorführen ihrer entworfenen Präsentationen.

¹¹ Zu finden unter dem Link: <http://www.youtube.com/watch?v=6SuYIF1M-1w&list=UUZhXdrIm3aZHkoN1eww-ZmA&index=1&feature=plcp>

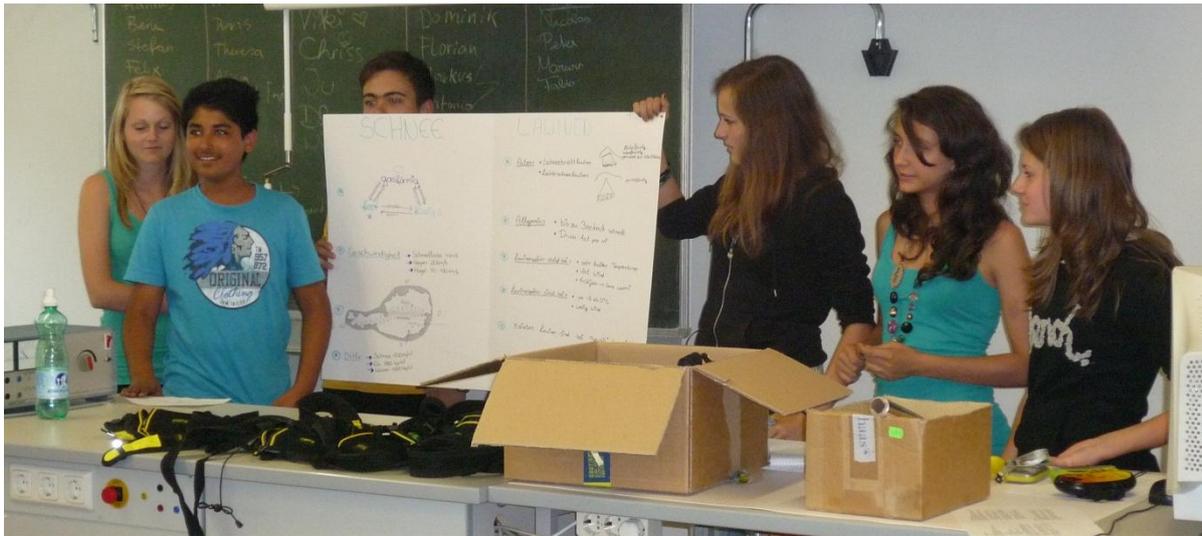


Abbildung 44: Gruppe Schnee & Lawine – Plakat



Abbildung 45: Gruppe Anwendung - Photodokumentation und Plakat



Abbildung 46: Gruppe Entwicklung - PowerPoint und Plakat

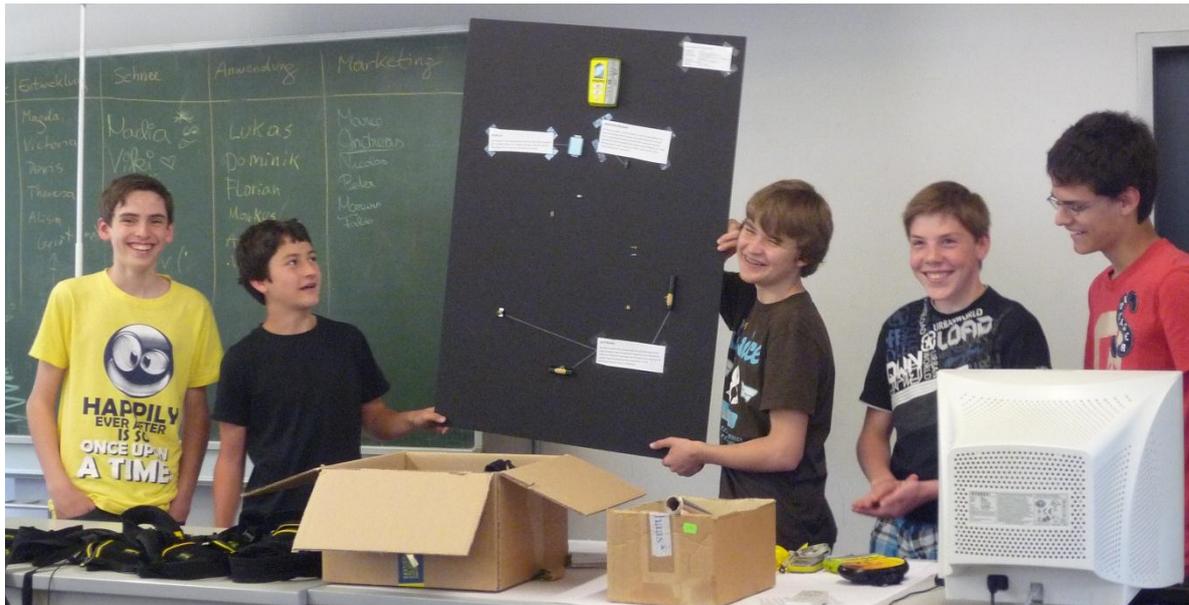


Abbildung 47: Gruppe Technik - LVS-Gerät Nachbau



Abbildung 48: Gruppe Marketing – Plakat

5.5.5 Feedback der SchülerInnen zum Projekttag

In der ersten Physikstunde nach dem Projekttag forderte Herr Rath ein Feedback zum Projekt Lawinenverschüttetensuche von seinen SchülerInnen ein. Als Methode wurde ein Feedbackbogen, welcher schriftlich ausgefüllt werden musste, gewählt. Ein Musterexemplar befindet sich im Anhang A.6. Durch die anonymisierte Rückmeldung der SchülerInnen sollte ein Eindruck über die Zusammenarbeit der einzelnen Gruppenmitglieder, die Betreuung durch die Studierenden und den Lerneffekt des Projekts entstehen. Eine wichtige Entscheidung zum weiteren Verlauf des Projekts wurde allerdings nicht durch das schriftliche

Feedback sondern im Gespräch mit den SchülerInnen gefasst: Die im Vorfeld entstandene Idee, beim abschließenden Schulfest der Klasse die im Projekttag erarbeiteten Ergebnisse zu präsentieren, wurde nach einer weiteren Rücksprache innerhalb der Klassengemeinschaft wieder verworfen, da mehrheitlich die Meinung vertreten wurde, das Thema Lawinenschüttelversuch würde bei einer Schulveranstaltung im Sommer kaum auf große Resonanz seitens des Publikums stoßen. So wurde abgestimmt, als Abschluss des Projekts einen Ausflug zur Produktionsstätte der Pieps LVS-Geräte zu organisieren.

Analyse des Feedbacks

Bei der Analyse der Feedbacks fielen sofort die überwiegend positiven Rückmeldungen der SchülerInnen auf. Bei der Frage zur Zusammenarbeit in der Gruppe wurden Antworten wie *„Positiv fand ich: ...dass wir gut zusammen arbeiten; ...dass wir gut miteinander reden konnten; ...dass mir nie fad wurde; ...dass wir Spaß hatten; ...Teamwork; ...dass jeder etwas getan hat“* gegeben. Vereinzelt Rückmeldungen zu weniger positiven Aspekten bezogen sich vor allem auf die Arbeitszeit und das Engagement einzelner Gruppenmitglieder.

Die Frage zur Betreuung durch die Studierenden wurde durchwegs positiv beantwortet. *„Positiv fand ich: ...dass sie sehr nett waren!; ...die Studenten, die uns betreut haben waren super!!!!; ...dass wir auch Pausen hatten; ...dass wir selber entscheiden durften was wir machen; ...dass sie uns, wenn nötig, geholfen haben“*

Negative Rückmeldungen zu den Studierenden gab es keine.

Die dritte Frage diente der Abschätzung über den inhaltlichen Lerneffekt des Projekts. Die sehr überzeugenden Rückmeldungen der SchülerInnen lassen darauf schließen, dass das Projekt auch auf dieser Ebene erfolgreich war. Darüber hinaus wurde erkannt, dass Teamwork sowohl Herausforderung *„Dass man die Präsentation gut auf die Teammitglieder aufteilen muss, weil sonst die Präsentation eine Katastrophe wird“* als auch Erleichterung *„Teamwork – so geht alles leichter“* sein kann.

5.5.6 Am Projekttag erworbene Handlungskompetenzen

Vorab soll eine Definition des Kompetenzbegriffes gegeben werden. Im deutschen Sprachraum hat sich als Definition für „Kompetenzen“ jene von Weinert durchgesetzt. Auf dieser bauen auch die österreichischen Bildungsstandards auf. Weinert definiert Kompetenz als *„[...] die bei Individuen verfügbaren oder durch sie erlernbaren kognitiven Fähigkeiten und Fertigkeiten, um bestimmte Probleme zu lösen, sowie die damit verbundenen motivationalen, volitionalen und sozialen Bereitschaften und Fähigkeiten, um die Problemlösungen in variablen Situationen erfolgreich und verantwortungsvoll nutzen zu können.“* (Weinert, 2001)

Unter Berücksichtigung dieser Definition wurde eine Kompetenzdefinition für den naturwissenschaftlichen Bereich formuliert. *„Kompetenzen sind verfügbare und situationsbezogene erweiterbare Fähigkeiten und Fertigkeiten, bestimmte Aufgabenstellungen erfolgreich zu bearbeiten, und die Motivation und die Bereitschaft, die gewonnenen Erkenntnisse in unterschiedlichen Situationen verantwortungsvoll zu nutzen.“* (bifie Salzburg, 2007)

Der im Jahr 2006/2007 gefasste Beschluss des Bundesministeriums für Bildung, Kunst und Kultur zur Einführung von Bildungsstandards und kompetenzorientiertem Unterricht auch in naturwissenschaftlichen Fächern, wurde vom Bundesinstitut für Bildungsforschung, Innovation und Entwicklung des österreichischen Schulwesens (BIFIE), unter der Leitung von LSI Mag. Günther Vormayr, umgesetzt. (bifie Wien, 2011)

Wie in Abbildung 49 zu sehen ist, wurde in Zusammenarbeit mit Fachdidaktikern und Lehrkräften ein dreidimensionales Kompetenzmodell erstellt, wobei die drei Achsen die inhaltliche Dimension, die Handlungsdimension und das Anforderungsniveau des Unterrichts repräsentieren. Die Entwicklung des Kompetenzmodells wird in der Diplomarbeit von Kathrin Thaler (2009) detailliert beschrieben. Des Weiteren befinden sich auf der Homepage des Bundesinstituts für Bildungsforschung, Innovation und Entwicklung des österreichischen Schulwesens der vorläufige Endbericht zum naturwissenschaftlichen Kompetenzmodell. (e-bifie, 2011)

.

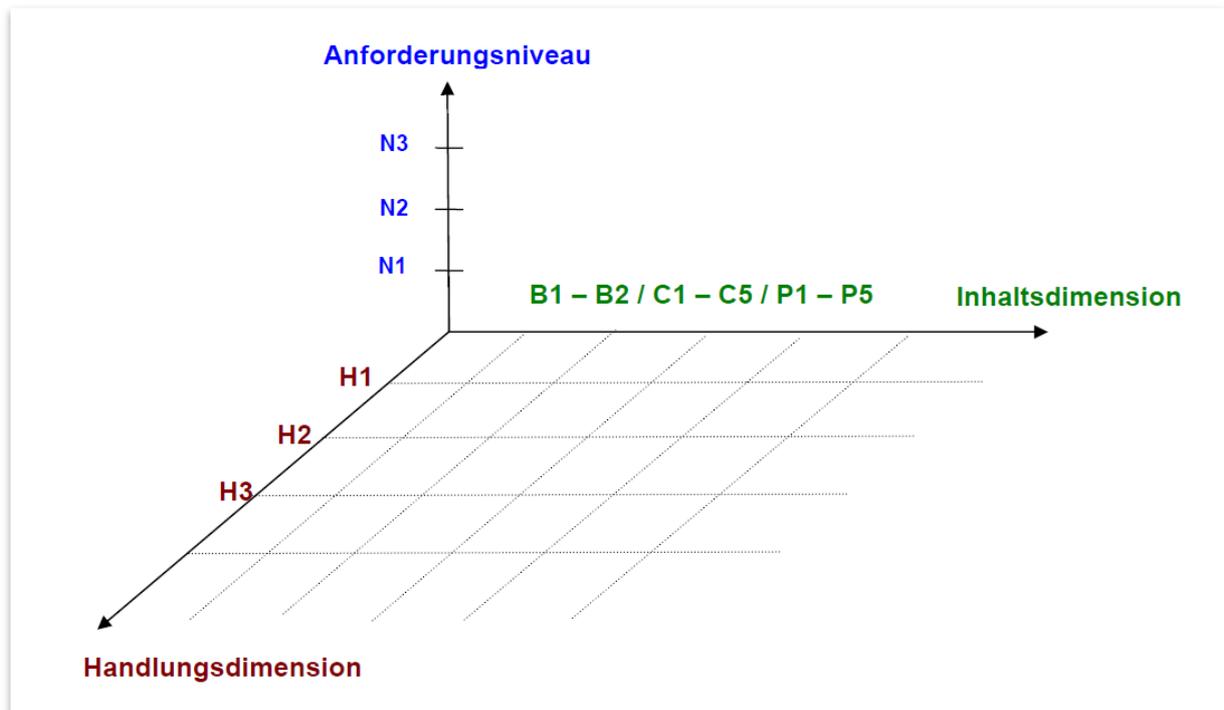


Abbildung 49: Kompetenzmodell (bifie Salzburg, 2007)

Im nachfolgenden Kapitel dieser Arbeit wird der Vergleich zwischen den Einschätzungen der StudentInnen und dem Feedback der SchülerInnen, bezüglich der im Projekt erworbenen Handlungskompetenzen, dargestellt und analysiert. Wie in Abbildung 49 zu erkennen ist, besteht die Handlungsdimension aus den drei Kompetenzbereichen H1, H2 und H3. Diese Kompetenzbereiche wurden, zum Zweck der leichteren Orientierung, formal in die Bereiche W, E und S umbenannt. Jede der drei Kategorien der Handlungsdimension enthalten nochmals vier Unterkategorien (W1 - W4, E1 - E4, S1 - S4), welche die Kompetenzen für den naturwissenschaftlichen Arbeitsbereich genau beschreiben:

- „W“ ... **W**issen organisieren – Aneignen, Darstellen und Kommunizieren

„Ich kann einzeln oder im Team ...

W 1 ... Vorgänge und Phänomene in Natur, Umwelt und Technik beschreiben und benennen.

W 2 ... aus unterschiedlichen Medien und Quellen fachspezifische Informationen entnehmen.

W 3 ...Vorgänge und Phänomene in Natur, Umwelt und Technik in verschiedenen Formen (Grafik, Tabelle, Diagramm...) darstellen, erklären und adressatengerecht kommunizieren.

W 4 ... die Auswirkungen von Vorgängen in Natur, Umwelt und Technik auf die Umwelt und Lebenswelt erfassen und beschreiben.“ (e-bifie, 2011)

- „E“ ... Erkenntnisse gewinnen - Fragen, Untersuchen, Interpretieren

„Ich kann einzeln oder im Team ...

E 1 ... zu Vorgängen und Phänomenen in Natur, Umwelt und Technik Beobachtungen machen oder Messungen durchführen und diese beschreiben.

E 2 ... zu Vorgängen und Phänomenen in Natur, Umwelt und Technik Fragen stellen und Vermutungen aufstellen.

E 3 ... zu Fragestellungen eine passende Untersuchung oder ein Experiment planen, durchführen und protokollieren.

E 4 ... Daten und Ergebnisse von Untersuchungen analysieren (ordnen, vergleichen, Abhängigkeiten feststellen) und interpretieren.“ (e-bifie, 2011)

- „S“ ... Schlüsse ziehen - Bewerten, Entscheiden, Handeln

„Ich kann einzeln oder im Team ...

S 1 ... Daten, Fakten und Ergebnisse aus verschiedenen Quellen aus naturwissenschaftlicher Sicht bewerten und Schlüsse daraus ziehen.

S 2 ... Bedeutung, Chancen und Risiken der Anwendungen von naturwissenschaftlichen Erkenntnissen für mich persönlich und für die Gesellschaft erkennen, um verantwortungsbewusst zu handeln.

S 3 ... die Bedeutung von Naturwissenschaft und Technik für verschiedene Berufsfelder erfassen, um diese Kenntnis bei der Wahl meines weiteren Bildungsweges zu verwenden.

S 4 ... fachlich korrekt und folgerichtig argumentieren und naturwissenschaftliche von nicht-naturwissenschaftlichen Argumentationen/Fragestellungen unterscheiden.“ (e-bifie, 2011)

Das Anforderungsniveau und die inhaltliche Dimension des naturwissenschaftlichen Kompetenzmodells, welche in Abbildung 49 die verbleibenden zwei Achsen darstellen, werden im weiteren Verlauf dieser Arbeit nicht berücksichtigt.

5.5.7 Darstellung und Interpretation der Ergebnisse

Im Folgenden wird eine Gegenüberstellung der Einschätzungen der StudentInnen mit dem Feedback der SchülerInnen bezüglich der im Projekt erworbenen Handlungskompetenzen durchgeführt. Die StudentInnen mussten die Bewertungen anhand ihrer ausgearbeiteten Arbeitsaufträge bereits vor der Arbeitsphase abgeben. Die Rückmeldung der SchülerInnen erfolgte nach dem Projekttag im Zuge des Feedbacks. Die Markierungen (x) sollen kennzeichnen, welche Kompetenzen während des Projektes erworben werden sollten beziehungsweise erworben wurden. Die Anzahl der Markierungen deutet auf die Häufigkeit der genannten Kompetenz hin. Die Betreuer der Gruppe Marketing haben es leider

versäumt, ihre Bewertungen rechtzeitig abzugeben, weshalb diese Gruppe bei der weiteren Analyse nicht berücksichtigt werden konnte.

Tabelle 2: Schnee&Lawine - Kompetenzen

Gruppe: Schnee & Lawine				
	W1	W2	W3	W4
Studenten	x	x	x	x
SchülerInnen	xx	x		
	E1	E2	E3	E4
Studenten	x	xx	x	xx
SchülerInnen	xx	x	xx	xx
	S1	S2	S3	S4
Studenten	x	x		
SchülerInnen	x			xx

Interpretation zur Gruppe Schnee und Lawine

Wie in Tabelle 2 der Gruppe Schnee und Lawine zu sehen ist, wollten die Studierenden mit ihren Arbeitsaufträgen den SchülerInnen die Kompetenzen W3 und W4 näher bringen. Diese hingegen hatten laut Feedback nicht das Gefühl, Darstellungen, Erklärungen und adressatengerechte Kommunikation sowie das Erfassen und Beschreiben der Auswirkungen von Vorgängen in der Natur, Umwelt und Technik praktiziert zu haben. Der Grund dafür kann möglicherweise der Einsatz einer falschen didaktischen Methode durch die Studierenden sein. Die SchülerInnen sind jedenfalls nicht der Auffassung, ihr Wissen auf diese Art und Weise organisiert zu haben. Beim Block „E“, welcher den Gewinn von Erkenntnissen betrifft, waren sich Studierende und SchülerInnen hingegen relativ einig und so zeigte sich auch eine mehrheitliche Übereinstimmung. Auffällig dabei ist, dass sowohl die Studierenden als auch die SchülerInnen diese Kompetenz sehr häufig ankreuzten, was bedeutet, dass diese Handlungskompetenz für die Gruppe wohl sehr wichtig sein musste. Beim Bewerten, Entscheiden und Handeln ergab sich eine durchaus differenzierte Sicht der SchülerInnen gegenüber der Meinung der StudentInnen bezüglich des folgerichtigen Unterscheidens von

naturwissenschaftlichen und nicht naturwissenschaftlichen Argumentationen. Diese Uneinigkeit lässt sich vielleicht damit erklären, dass während des Projektes unerwartete Probleme entstanden und über mögliche Lösungen diskutiert werden musste, welche die Studierenden bei ihrer Planung nicht berücksichtigt hatten. Diese Situation ist exemplarisch für einen projektorientierten Unterricht, in dem nicht immer alle Entwicklungen vorausgesehen werden können.

Tabelle 3: Anwendung - Kompetenzen

Gruppe: Anwendung				
	W1	W2	W3	W4
Studenten	xx		x	
SchülerInnen	x		xx	
	E1	E2	E3	E4
Studenten	x	x	xx	xxx
SchülerInnen	xx	x	xx	x
	S1	S2	S3	S4
Studenten	x	x		x
SchülerInnen		x		

Interpretation zur Gruppe Anwendung

Bei der Gruppe Anwendung stimmten die Vorstellungen der Studierenden mit dem Feedback der SchülerInnen in den Bereichen der Organisation von Wissen und dem Gewinn von Erkenntnis weitgehend überein. Allein bei E4, also dem Analysieren und Interpretieren von Daten und Ergebnissen, waren die StudentInnen der Überzeugung, dass ihr Arbeitsauftrag diese Kompetenz öfters fordern würde. Da die Gruppe zwar mehrere Datensätze verarbeitete, aber im Endeffekt alle Ergebnisse in nur einem Diagramm veranschaulicht wurden, kamen hier wahrscheinlich diese unterschiedlichen Einschätzungen zustande. Obwohl die Mitglieder der Gruppe Anwendung in ihrer Präsentation der Ergebnisse schlüssige und fachlich korrekte Daten und Fakten darboten, waren die SchülerInnen nicht der Meinung, dass sie im Bereich *Schlüsse ziehen: Bewerten, Entscheiden, Handeln* mehr als

nur die Kompetenz S2 erlernt hätten. Dies kann eventuell daran liegen, dass die SchülerInnen mit dem bearbeiteten Stoff leicht überfordert wurden und sie deshalb die Präsentation zwar ergebnisorientiert entworfen haben, ohne jedoch die wirklichen Zusammenhänge der Ergebnisse zu verstehen.

Tabelle 4: Entwicklung - Kompetenzen

Gruppe: Entwicklung				
	W1	W2	W3	W4
Studenten		x		
SchülerInnen	xx	xx	x	x
	E1	E2	E3	E4
Studenten	x			x
SchülerInnen	xx	xx	x	xx
	S1	S2	S3	S4
Studenten	x			x
SchülerInnen	x	x	x	xx

Interpretation zur Gruppe Entwicklung

In dieser Gruppe konnte man in allen Bereichen eine relativ starke Abweichung des von den StudentInnen gewünschten und von den SchülerInnen erlebten Kompetenzgewinnes erkennen. Dabei ist das Feedback der SchülerInnen mit Vorsicht zu genießen, da diese ihrer Meinung nach jede einzelne Kompetenz, welche zur Handlungsdimension gehört, erlernt hätten. Da diese Tatsache in Anbetracht eines halbtägigen Projektes sehr schwierig zu bewerkstelligen ist, lässt sich der Schluss ziehen, dass die Mitglieder der Entwicklergruppe hier wohl eine recht optimistische Beurteilung abgegeben haben. Allerdings ist auch anzumerken, dass die Studierenden im Gegensatz dazu sehr wenige Markierungen bei der Beurteilung setzten.

Tabelle 5: Technik - Kompetenzen

Gruppe: Technik				
	W1	W2	W3	W4
Studenten	x	xx	xx	
SchülerInnen	x	xx	x	
	E1	E2	E3	E4
Studenten		x	x	
SchülerInnen	xx		x	
	S1	S2	S3	S4
Studenten	xx			x
SchülerInnen	x		x	

Interpretation zur Gruppe Technik

In der Gruppe der Techniker, welche ausschließlich aus Burschen bestand, offenbarten sich im Bereich *Erkenntnisgewinn* vor allem in den Dimensionen E1 bis E3 größere Abweichungen. Die Schüler waren der Meinung, dass sich ihre Tätigkeit hauptsächlich auf das Beobachten und Durchführen von Messungen beschränkt hätte und nicht darauf, Fragen und Vermutungen aufzustellen, wie es von Seiten der Studierenden geplant war. Diese Diskrepanz lässt vielleicht darauf schließen, dass die Aufgabenstellung in den Arbeitsunterlagen unklar gestellt, beziehungsweise von den Gruppenmitgliedern nicht richtig verstanden wurde und zusätzlich auch die Kommunikation zwischen SchülerInnen und StudentInnen nicht ausreichend war. Auch im dritten Bereich der Handlungsdimension kommt es zu unterschiedlichen Auffassungen, welche sich unter Umständen folgendermaßen erklären lassen können: Die Markierung der SchülerInnen bei S3 lässt erwarten, dass die Mitglieder dieser Gruppe sehr an der ausgewählten Thematik interessiert sind und sich auch in Zukunft mit ähnlichen Themen beschäftigen wollen. Natürlich ist eine solche Einschätzung seitens der Studierenden im Vorhinein sehr schwierig zu treffen, da diese bis zu diesem Projekttag nicht mit den Schülern gearbeitet haben und so auch nicht deren Interessen und Vorlieben kennen konnten. Daher wurde dieser Punkt bei der Zielsetzung der Studierenden auch nicht angeführt.

5.6 Exkursion zur Firma Seidel Elektronik

Als Abschluss des Projektes organisierten die Lehrkräfte am 21.06.2012 eine Exkursion zur Firma Seidel Elektronik. Mit dabei war auch die Studentin Katharina Kocher, deren Ausführungen Grundlage des folgenden Berichts wurden.

Mit rund 350 Mitarbeitern und einer Produktionsfläche von 7.200 m² am Standort Deutschlandsberg ist Seidel Elektronik das Kompetenzzentrum für elektronische und mechanische Baugruppenfertigung, sowie für Komplettgeräte-Montage. (SeidelElektronik) Da die Firma Pieps ein Tochterunternehmen der Seidel Elektronik Group ist, werden die LVS-Geräte auch an diesem Standort produziert. Für die SchülerInnen ergab sich innerhalb des themenbezogenen Projektes zu den LVS-Geräten der Firma Pieps die Chance, Einblicke in die Arbeitsweise des Industriebetriebes und den Produktionsprozess technischer Geräte zu gewinnen.



Abbildung 50: Klasse 4a bei Seidel Elektronik

In einer einführenden Firmenpräsentation wurden der Aufbau der Seidel Elektronik Group mit Standorten in Österreich, Ungarn, der Slowakei und Slowenien sowie die Produktpalette, die Umsatzgrößen und die Absatzmärkte der Firma vorgestellt. So konnten sich die SchülerInnen einen ersten Überblick über die vielschichtigen Arbeitsaufgaben eines industriellen Betriebes, welche von der Büroarbeit über die verschiedenen Produktionsschritte bis hin zum fertigen Produkt reichen, schaffen.



Abbildung 51: Firmenpräsentation Seidel Elektronik

Anschließend wurde die Klasse in drei Gruppen geteilt, welche dann jeweils von einem fachkundigen Mitarbeiter durch die Produktionsräume geführt wurden. Einen besonderen Eindruck hinterließ die Tatsache, dass man die Produktion nur mit einem ESD-Schutzmantel betreten darf, der zum Schutz vor elektrostatischen Entladungen dient. Weiters misst ein Sensor am Eingang der Produktionshalle, ob man elektrisch korrekt geschützt ist, indem die Erdung des eigenen Körpers überprüft wird. Im Produktions- und Lagergebäude war es den SchülerInnen erlaubt, den TechnikerInnen bei ihrer täglichen Arbeit über die Schulter zu schauen. Ausgeklügelte Produktionsmechanismen und der Einsatz von vollautomatischen Fertigungsmaschinen unterstützen die tägliche Routine. Allerdings konnten die Jugendlichen auch gut erkennen, dass der Faktor Mensch eine entscheidende Rolle in solch einem Industriebetrieb spielt, da gewisse Produktionsschritte maschinell einfach nicht durchgeführt werden können. Abschließend konnten die verschiedenen Gruppen noch die riesige Ausliefer- und Lagerhalle besichtigen und bekamen so eine Idee davon, welche komplexen logistischen Herausforderungen in diesem Bereich zu bewältigen sind.

5.7 Nachhaltigkeit des Projektes

Das übergeordnete Ziel der Regionalen Produktanalyse ist, Schüler und vor allem Schülerinnen für naturwissenschaftliche und technische Berufsfelder nachhaltig zu begeistern. Im Zuge dieser Diplomarbeit sollte nun die Nachhaltigkeit des Projektes LVS-Gerät der Firma Pieps im BRG Kepler evaluiert werden. Die durchwegs positiven Feedbacks der SchülerInnen während der Projektphase haben im Sinne der Zielerreichung auf ein erfolgreiches Projekt schließen lassen. Nun stellte sich natürlich die Frage, welchen Eindruck die Initiative der Regionalen Produktanalyse auf die SchülerInnen sechs Monate nach der Projektphase hinterlassen hat. Um ein aussagekräftiges Feedback erhalten zu können, wurde eine repräsentative Auswahl an SchülerInnen, welche am Projekt teilgenommen haben, in Form eines Interviews zum Projekt befragt. Drei Teams mit je zwei Jugendlichen wurden aus den Freiwilligen ausgewählt und absolvierten unabhängig voneinander das Interview. Zur Befragung wurden vier Burschen und zwei Mädchen herangezogen. Um zu prüfen, ob die Nachhaltigkeit eines solchen Projektes mit der individuellen Leistungsfähigkeit der jeweiligen SchülerInnen verknüpft ist, unterschieden sich die einzelnen Teams auch durch deren Leistungsniveau, bezogen auf die Schulnote im Fach Physik. So werden Team 1 und Team 2 mit sehr gut bis gut beurteilt und Team 3 mit befriedigend bis genügend. Mittels dieser Auswahlkriterien wurden schlussendlich drei Interviews durchgeführt, deren Ergebnisse nachfolgend dargestellt werden. Um nachvollziehen zu können, wie viel die TeilnehmerInnen bei der Befragung im Einzelnen gesprochen haben, werden die Befragten anonymisiert in TeilnehmerIn 1 (TN1) und TeilnehmerIn (TN2) unterteilt.

5.7.1 Interview

1. *Kannst du dich noch an das Projekt zum Thema Lawinenverschüttetensuch-Gerät erinnern? Welche Eindrücke hat das Projekt auf dich hinterlassen?*

Die Frage, ob sich die SchülerInnen noch an das Projekt zum Thema Lawinenverschüttetensuch-Geräte erinnern können, beantworteten alle Interviewten mit Ja.

Team 1:

TN1: „Positiv war, dass wir ganz viel über Lawinen gelernt haben, damit man weiß, wie man damit umgehen muss, wenn etwas passiert oder wie LVS-Geräte funktionieren. Wie man helfen kann oder wie man richtig hilft, wenn was passiert. Dass es sinnvoll ist, wenn man im Gelände unterwegs ist, dass man so ein Gerät mit hat.“

TN2: „Ich hab es besonders toll gefunden, dass wir es im Schnee haben ausprobieren können und auch dann der Projekttag, wo wir verschiedene Spezialthemen zum Thema Lawinen oder LVS-Geräte gemacht haben, den hab ich toll gefunden.“

Team 2:

TN1: „Ich habe das Projekt sehr interessant gefunden, da ich selbst mit meiner Familie Skitouren gehe und wir auch die LVS-Geräte benutzen und verwenden und da man dann auch zwischenzeitlich mal wen sucht, obwohl man das hoffentlich nicht braucht, aber dass man das mal auffrischt und so sehen kann, wie die eigentlich funktionieren.“

TN2: „Interessant war, dass wir die Geräte haben ausprobieren können... normal, wenn man sich ein LVS-Gerät so um 200 Euro kaufen muss, kann man es vorher nicht richtig testen.“

Team 3:

TN1: „Es hat Spaß gemacht. Messungen und Sachen, die wir während dem Projekt gemacht haben.“

TN2: „Praktische Sachen waren besser als die theoretische.“

TN1: „Generell, das Testen vom Gerät, technische Daten sammeln...“

TN2: „Wir sind die Linien abgegangen und habe sie dann gezeichnet. Im Schnee war auch lustig, aber ein bisschen zu warm war halt.“

2. *Welche inhaltlichen Schwerpunkte wurden beim gesamten Projekt gesetzt?*

Team 1:

TN1: „In Physik eben sehr stark, ob elektromagnetische Felder und GPS,...“

TN2: „Also was kann man außer elektromagnetische Felder verwenden. Dann überhaupt elektromagnetische Felder in Physik.“

TN1: „In Geographie eben über Lawinen, die Beschaffenheit von Bergen und wie es so funktioniert, wann was für welche Lawinen entstehen und solche Sachen.“

TN2: „Das war was wir im Unterricht gemacht haben.“

Team 2:

TN1: „Gruppeneinteilung, zum Beispiel Entwicklung, da haben wir halt die älteren Geräte ausgetestet wie gut die noch funktionieren und wie schnell man damit noch alles findet.“

TN2: „Ja also durch diese Gruppen, die wir da in der Schule gehabt haben, da war ich auch beim Ausprobieren, welchen Weg sich das Gerät sucht und wie gut das Signal durch verschiedene Materialien, Wasser und Schnee und so durchgeht. Dann eben der Praxistag am Kreischberg oben und dann waren wir noch bei der Firma Pieps in der Steiermark unten und haben uns dort die Produktion und so angeschaut.“

Team 3:

TN2: „Elektromagnetische Feldlinien.“ (Lange Nachdenkphase)

TN1: „Wie man das Gerät benutzt im Notfall und so.“

TN2: „Und dass unterschiedliche Materialien das Gerät beeinflussen können, z.B. Wasser und Eisen.“

TN1: „Wir haben auch Marketing gemacht... war aber eigentlich nicht so interessant, irgendwas mit der USA, dass sie da eine Gemeinschaft haben und Marktanteile verkaufen und zusammenarbeiten. Mehr hab ich mir da nicht gemerkt.“

3. Was war deiner Meinung nach das Ziel des Projektes?

Team 1:

TN2: „Damit nicht so viele Lawinenunglücke passieren, jährlich. Damit sich Kinder echt besinnen, dass sie ein Pieps Gerät verwenden.“

TN1: „Vielleicht damit man sieht, wie in so einer Firma entwickelt wird, wie die Produktion funktioniert, wie das generell funktioniert, technisch gesehen.“

TN2: „Gut angebrachte Werbung.“ „Gefahrensituationen einschätzen können und sich dann auch richtig verhalten.“

Team 2:

TN2: „Na, als Erstes einmal damit einem die Sicherheit bewusst wird, wie viel Unfälle da eigentlich passieren und wie man sich dagegen schützen kann und es ist interessant, man lernt halt was Neues.“

TN1: „Mal was Anderes als der Schulalltag. Auch, da wir älter werden, von den beruflichen Sachen, dass man anfängt dort, da wir auch viel über die Firma raussuchen haben müssen, was die dort wirklich machen.“

TN2: „Dass man vielleicht interessiert wird, wie man das weiterentwickeln könnte, wir haben uns halt genau überlegt, wie man das noch verbessern könnte, das Gerät. Dass man sich auch selber überlegt, ob man damit später vielleicht etwas zu tun haben will, so entwickeln oder so.“

Team 3:

TN1: „Weil es wichtig ist in Österreich, weil Österreich wintersportverrückt ist, es generell wichtig sein könnte in der Anwendung im späteren Leben. Es hat auch in den Jahresstoff für Physik rein gepasst, mit den Feldlinien.“

Nach einer längeren Pause ohne weitere Kommentare wurde vom Interviewer gefragt, ob man möglicherweise mit solch einem Projekt die Absicht hat, die breite Palette technischer Berufsfelder in der Schule zu demonstrieren.

TN2: „Ja schon, aber es war eigentlich allgemein das Ziel des Projektes, dass man vom Marketing, vom physikalischen und Allem etwas mit bekommt.“

TN1: „Ja so Marketing und Anwendung, dass man weiß, wann man es benutzen soll und wo.“

TN2: „Das auch mit der Sonde, wie man graben soll und mit der Schaufel, ja so ungefähr.“

4. *Hat das Projekt deine weitere Berufswahl/Ausbildungsrichtung beeinflusst? Wenn Ja, in welcher Art und Weise?*

Team 1:

TN1: „Nicht unbedingt.“

TN2: „Ich kann mir vorstellen, dass es für manche so ein Anstoß ist, aber bei mir speziell nicht so.“

Team 2:

TN1: „Ich habe das Projekt sehr interessant gefunden, aber ich habe eigentlich schon Ideen, was ich später machen will und das fällt nicht so ganz hinein.“ (Medizin und Augenärztin oder Jus)

TN2: „So Richtung Technik, könnte ich mir schon vorstellen... so entwickeln und so. Ich wollte vorher schon etwas mit Informatik und Technik oder so, hab aber nicht genau gewusst und jetzt ist schon ein bisschen genauer die Richtung.“

Team 3:

TN2: „Das man sich dann mehr fürs Technische interessiert? Ja vielleicht... fürs Technische hätte man aber an die HTL wechseln sollen wenn man das irgendwie verfolgen möchte. Man kann aber auch die AHS fertig machen und dann das College machen oder an die TU gehen.“

TN1: „Nachdem wir eh recht wenig Technik an der Schule machen, passt es aber auch hier.“

Interpretation

Im Interview konnte man erkennen, dass die SchülerInnen generell sehr zufrieden mit dem Ablauf des Projektes waren. Vor allem das praktische Arbeiten mit dem LVS-Gerät, sowohl beim Projekttag in der Schule als auch bei der Übung zum Suchen und Finden im Gelände, ist stark in Erinnerung geblieben.

Bei der Frage nach den inhaltlichen Zielen des Projektes kamen die Schlüsselwörter elektromagnetische Felder (Feldlinien) und Lawinen am häufigsten vor. Auffällig ist, dass sich die drei Teams bei der Beantwortung der Frage hauptsächlich auf den Projekttag in der Schule und die Inhalte ihrer eigenen Projektgruppe (bis auf das Team 3 konnten alle recht gut ihre erarbeiteten Themen wiedergeben) beziehen. Die Verknüpfung zu den anderen thematischen Schwerpunkten, welche die Klassenkameraden in der Projektphase an der Schule erarbeitet haben, scheint aber nicht gegeben zu sein. Die zwei Mitglieder des Teams 2 haben darüber hinaus auch die beiden Projektstage (Kreischberg und Exkursion zur Firma Seidl) als Schwerpunkte angegeben.

Das übergeordnete Ziel dieses Projektes war laut den Antworten beim Interview ganz klar der sicherheitstheoretische Aspekt der LVS-Geräte bei einer Lawinenverschüttung. Sowohl die Schulung der eigenen Fähigkeiten als auch das Bewusstmachen der Gefahren und somit die Prävention von Lawinenunfällen im offenen Gelände wurden von allen drei Teams formuliert. Team 1 und Team 2 gaben weiters an, dass man durch dieses Projekt auch Einblicke in das Berufsfeld von technischen Berufen erlangen kann und sich vielleicht überlegt, ob man sich im späteren Berufsleben eventuell mit der Entwicklung und Produktion von technischen Geräten beschäftigen will. Für das Team 3 stellte diese Möglichkeit nicht wirklich ein Ziel des Projektes dar. Auch auf eine dahingehende konkrete Nachfrage durch den Moderator wurde von den SchülerInnen darauf verwiesen, dass das Ziel des Projektes eher allgemein gehalten war und es darum ging, wie man die LVS-Geräte für sich selbst richtig einsetzt. Erwähnenswert erscheint zudem das Statement von Team 1, welches eine gut platzierte Werbungsmöglichkeit der Firma Pieps als Antwort angab. Die letzte Frage des Interviews bezog sich auf den Einfluss des Projektes hinsichtlich der Berufswahl nach der Schulausbildung. Sowohl Team 1 als auch Team 3 entgegneten, dass es vielleicht für manche Klassenkameraden der Fall sei, sie selbst aber nicht beeinflusst worden sind. Das Team 3 war auch der Meinung, dass der Schultyp BRG nicht der richtige ist, wenn man sich sehr für technische Arbeiten interessiert. Im Team 2 war man geteilter Meinung zu dieser Frage. Da ein Teilnehmer schon sehr konkrete Vorstellungen zu seinem weiteren Ausbildungs- und Berufsweg hatte, verneinte er die Antwort. Der zweite Interviewpartner teilte jedoch mit, dass er sich aufgrund des Projektes ein deutlich besseres Bild über sein mögliches zukünftiges Berufsfeld machen kann.

Durch das Interview kann man erkennen, dass die Zielerreichung und die Nachhaltigkeit eines Projektes in der Schule differenziert betrachtet werden muss. Sowohl das individuelle Interesse als auch die Leistungsfähigkeit der SchülerInnen spielen dabei eine große Rolle. Die Einzelinterviews lassen nicht eindeutig darauf schließen, ob durch das Projekt ein Berufswunsch im technischen Bereich geweckt wurde. Hier könnten langfristig angesetzte Beobachtungen und Befragungen konkretere Ergebnisse bringen.

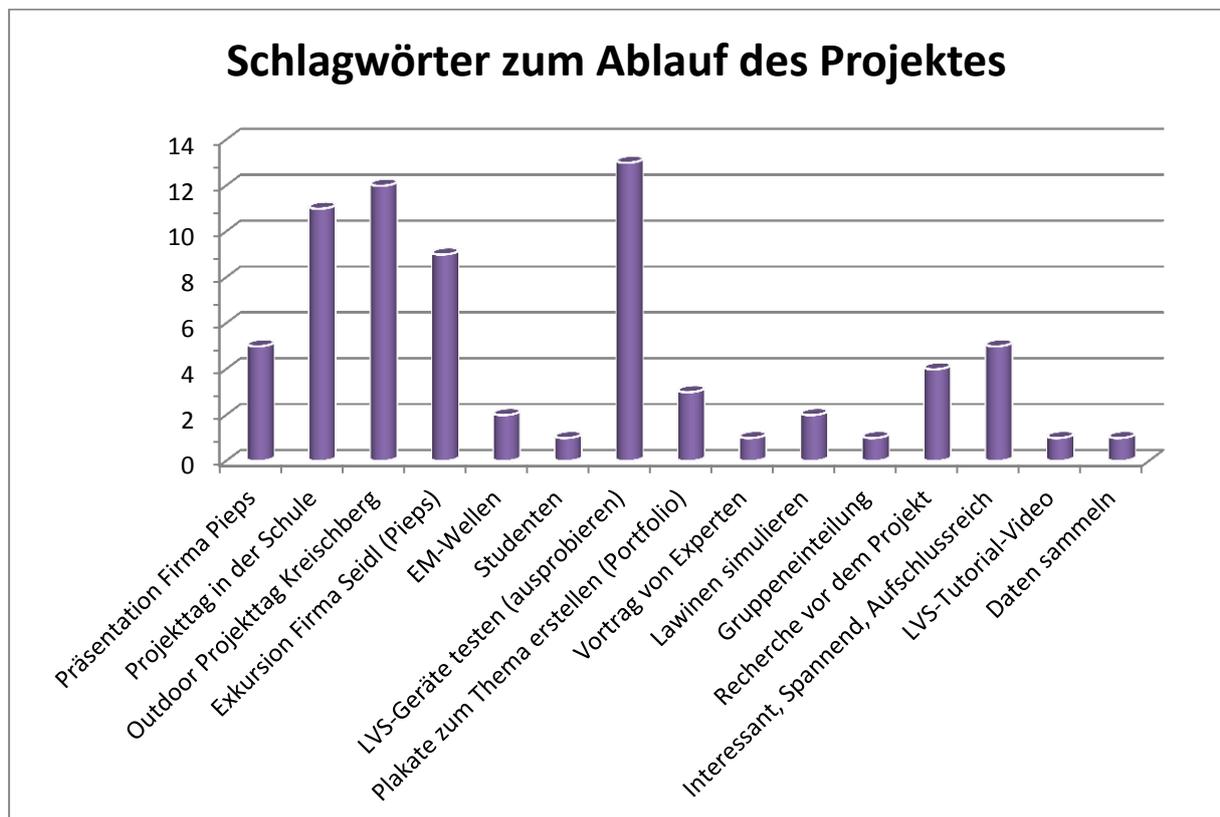
Positiv zu bewerten ist, dass die Jugendlichen ein Verständnis für die Gefahren im ungesicherten alpinen Gelände gewonnen haben und dass zumindest ein Jugendlicher aus der Interviewgruppe seine Berufsvorstellungen im Zuge der Projektphasen konkretisieren konnte.

5.7.2 Feedbackbogen

Ergänzend zum Interview wurde durch einen Feedbackbogen (siehe Anhang A.7) die gesamte Klasse zum Projekt befragt. Dabei hatten die Jugendlichen die Aufgabe, drei bis fünf Schlagwörter zur jeweiligen Fragestellung zu notieren. Durch diese Methode kann man einen breitgefächerten Überblick über ein spezielles Thema erhalten. Dies dürfte in weiterer Folge auch für die Firma Pieps interessant sein, da man schnell die Assoziationen der SchülerInnen zur Marke erkennen kann. Die Rückmeldung könnte die Firma eventuell zur Unterstützung weiterer Projekte motivieren.

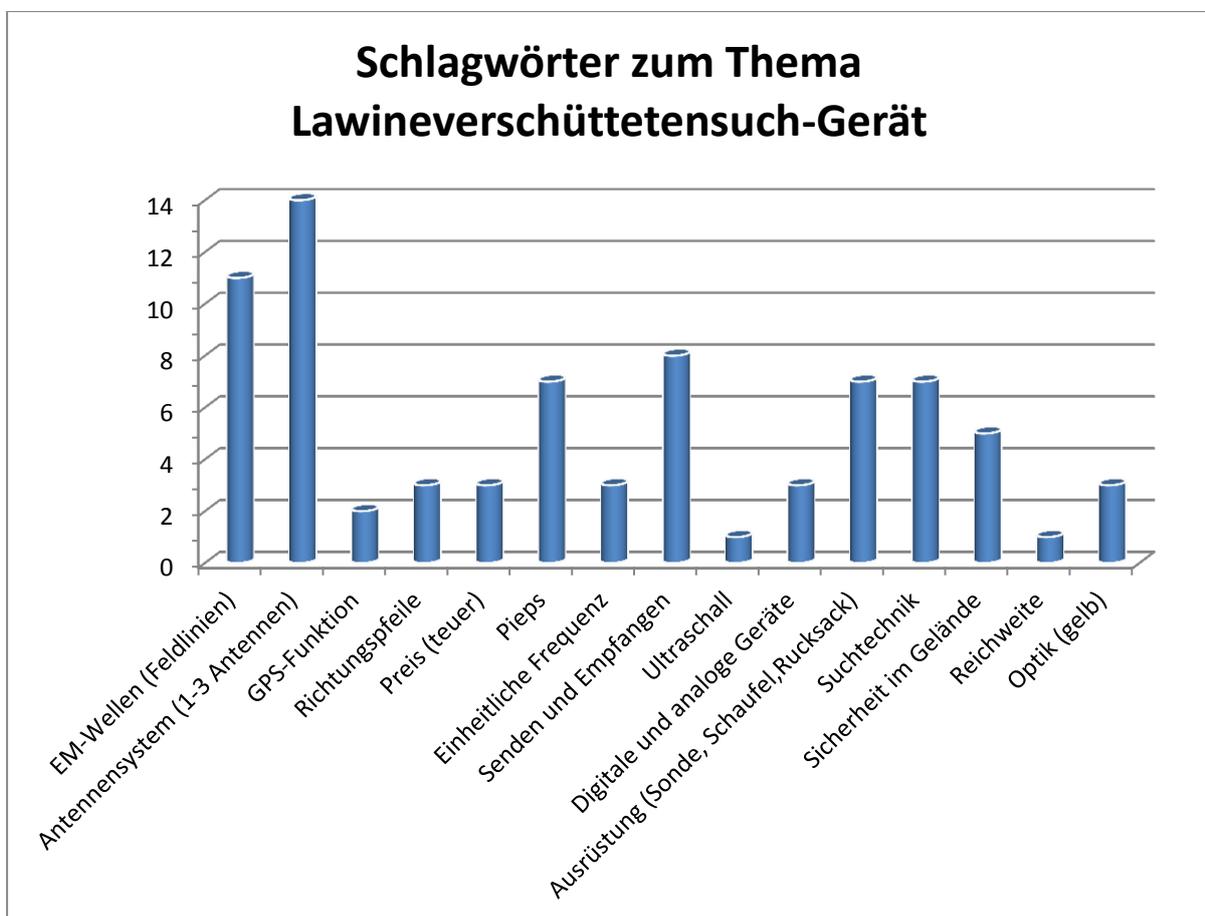
In Tabelle 6 kann man die Visualisierung der Ergebnisse zur ersten Aufgabe des Feedbackbogens „Notiere 3 bis 5 Schlagwörter zum Ablauf des Projektes“ erkennen. Die Zahlen auf der vertikalen Achse geben die Häufigkeit der Schlagwörter an. Es ist deutlich zu erkennen, dass der Projekttag in der Schule, der Outdoor Projekttag am Kreischberg, die Exkursion zur Firma Seidl und das Testen und Ausprobieren des LVS-Gerätes am stärksten mit dem Projekt Lawinenverschüttetensuch-Geräte assoziiert werden. Diese Auswertung deckt sich auch mit dem Eindruck aus dem Interview.

Tabelle 6: Ablauf des Projektes



Bei der Aufgabe „Notiere 3 bis 5 Schlagwörter zum Thema Lawinerverschüttetensuch-Gerät“ heben sich, wie in Tabelle 7 zu sehen ist, vor allem die Schlagwörter EM-Wellen/Feldlinien (elektromagnetische Wellen) und Antennensysteme (ein bis drei Antennen) deutlich vom Rest ab. Ebenfalls recht häufig werden die Marke Pieps, das Senden und Empfangen, verschiedene Ausrüstungsgegenstände und die Suchtechniken mit dem Thema LVS-Gerät assoziiert. Sehr interessant ist, dass vor allem die verschiedenen Antennensysteme der LVS-Geräte stark in Erinnerung geblieben sind. Dies lässt sich vielleicht dadurch erklären, dass sowohl der Bergführer am Kreischberg als auch die SchülerInnen beim Projekttag die enormen Vorteile von LVS-Geräten mit drei Antennen gegenüber jenen mit einer Antenne aufzeigen beziehungsweise erforschen konnten. Da die technische Arbeitsweise der LVS-Geräte ein so großes Interesse bei der Klasse ausgelöst hat, kann man begründeter Weise und mit gutem Gewissen behaupten, dass das Ziel des Projektes, also das Erkennen und Verstehen der technischen Funktionsweise eines Alltagsgegenstandes, durchaus erreicht wurde.

Tabelle 7: LVS-Gerät



In Tabelle 8 kann man erkennen, dass die Antworthäufigkeiten bezüglich der Aufgabe „Notiere 3 bis 5 Schlagwörter zur Marke Pieps“ relativ breit gefächert sind. Besonders das Logo (die Fledermaus), die Stellung als Marktführer und das Lawinenverschüttetensuchgerät werden stark mit der Marke Pieps verknüpft. Weiters ist die Markenfarbe Gelb, der weltweite Bekanntheitsgrad der österreichischen Firma, die ständige Neuentwicklung von verschiedenen LVS-Geräten und weiteren Ausrüstungsgegenständen wie Schaufel, Sonde und Rucksack und die ausgelagerte Produktion in der Firma Seidel in den Köpfen der Jugendlichen geblieben. An dieser Stelle kann man durchaus festhalten, dass sich das Engagement und die Unterstützung dieses Projektes durch die Firma Pieps auch auf der Marketingebene bezahlt macht. Der Werbeeffect, welcher durch solch eine Initiative geschaffen werden kann, ist nicht zu unterschätzen und eine weitere Zusammenarbeit von industriellen und technischen Firmen mit der Schule ist sicherlich erstrebenswert und von Vorteil für beide Seiten.

Tabelle 8: Marke Pieps



5.8 Resümee

Meiner Meinung nach ist das Projekt zum Thema Lawinenverschüttetensuche im BRG Kepler Graz als sehr positiv zu bewerten. Die einzelnen Projektphasen, angefangen mit dem Kick-Off und dem darauffolgenden Outdoor-Tag am Kreischberg, welcher zusammen mit der von Faszination Technik ausgehenden Eigeninitiative, Regionale Produktanalyse, und der Firma Pieps veranstaltet wurde, waren eine eindrucksvolle Erfahrung für die SchülerInnen. Durch das große Interesse und die fleißige Mitarbeit der Jugendlichen eröffnete sich eine großartige Gelegenheit, die Arbeitsweise der LVS-Geräte im praxisnahen Einsatz kennen zu lernen. Beim Projekttag in der Schule konnte man erkennen, dass die unterschiedlichen Arbeitsgruppen engagiert arbeiteten und so die Qualität der einzelnen Vorträge, sowohl hinsichtlich der Darstellung als auch des Inhaltes, sehr ansprechend waren. Beeindruckt waren die SchülerInnen auch von der Exkursion zum Industriebetrieb der Firma Seidl Electronics. Zu erleben, welche Abläufe notwendig sind, bis ein Gerät wie das Lawinenverschüttetensuch-Gerät entstehen kann, war eine lehrreiche Erfahrung für die Jugendlichen. Ich denke, alle TeilnehmerInnen konnten im Laufe des Projektes erkennen, wieviel Know-How wirklich hinter einem Industrieprodukt steckt. Die Klasse hat die Arbeitsweisen technischer Berufsfelder kennen gelernt und so die Möglichkeit erhalten, ihre eigenen Berufsvorstellungen zu konkretisieren. Zusätzlich kam es zu einer Verbesserung des Sicherheitskonzeptes im alpinen Gelände, weshalb das Projekt, meiner Einschätzung zufolge, zusammenfassend als durchaus wertvoll zu beurteilen ist.

6 Zusammenfassung

Diese Diplomarbeit zeigt einen Weg, wie man das Thema LVS-Gerät in einem technischen Projektunterricht in der Schule umsetzen kann. Um zu verstehen, wie ein LVS-Gerät prinzipiell funktioniert, wurden die Grundlagen zur elektromagnetischen Feldtheorie beschrieben sowie erklärt, nach welchen physikalischen Prinzipien die LVS-Geräte aufgebaut sind und nach welchen Funktionsweisen sie arbeiten. Mit einer detaillierten Beschreibung des Ablaufs einer Lawinenverschüttetensuche sollte zudem ein grundlegendes Wissen über die Anwendung von LVS-Geräten geschaffen werden. Im weiteren Verlauf dieser Diplomarbeit wurden das Thema „Technik im Physikunterricht“ behandelt und aktuelle Konzepte erläutert. Dabei stellte sich heraus, dass es ein sehr ansprechendes Konzept gibt, welches sich an der Arbeitsmethode von Ingenieuren orientiert und LehrerInnen trotzdem genügend Freiraum lässt, um individuell gestaltete Unterrichtseinheiten zu realisieren. Mit dem mehrphasigen Projekt Lawinenverschüttetensuch-Gerät am BG/BRG Kepler, welches in Zusammenarbeit mit Faszination Technik, der Regionalen Produktanalyse und der Firma Pieps durchgeführt wurde, wird gezeigt, wie ein technisches Gerät als Ausgangspunkt für einen projektorientierten Physikunterricht eingesetzt werden kann. Durch Unterstützung seitens der Firma Pieps hatten die SchülerInnen der 4a die Möglichkeit, das LVS-Gerät sowohl in Theorie und Praxis kennen zu lernen, als auch zu erfahren, welche Schritte bei der Herstellung eines LVS-Gerätes, von der Entstehung der Idee bis hin zum fertigen Produkt, notwendig sind. Wie bereits erwähnt, ist das Ziel der Regionalen Produktanalyse, vor allem bei Jugendlichen das Wissen um die Bedeutung der Industrie für die steirische Wirtschaft zu verbessern und durch institutionenübergreifende Projekte die jungen Erwachsenen für Technik zu begeistern. Die Evaluation des Projektes bezüglich dieser Zielsetzung wurde ein halbes Jahr nach dem Projekt mittels Feedbackbogen und Interview durchgeführt. Die Ergebnisse des Feedbackbogens zeigen zwar, dass die Firma Pieps, als heimischer Hersteller für LVS-Geräte, auch mehrere Monate nach Projektabschluss noch immer sehr präsent in den Köpfen der SchülerInnen ist, allerdings lassen die zusätzlich durchgeführte Einzelinterviews nicht eindeutig darauf schließen, ob durch das Projekt der Wunsch nach einem technischen Beruf geweckt wurde. Um dieser Fragestellung näher zu kommen, müsste über einen längeren Zeitraum beobachtet werden, ob einzelne SchülerInnen in dieser Branche tätig werden und sie rückblickend einen positiven Einfluss des Projektes auf ihre Entscheidung bestätigen würden. Die Regionale Produktanalyse führt jedenfalls weiterhin

Projekte mit Schulen durch und schloss auch seit Beginn dieser Diplomarbeit weitere Kooperationen mit Unternehmen, um die Erzielung langfristiger Erfolge sicherzustellen. Weiterführende wissenschaftliche Untersuchungen und Evaluierungen, in Zusammenarbeit mit Universitäten und Hochschulen, zu den Aktivitäten der Regionalen Produktanalyse könnten zusätzliche wertvolle Anregungen für die Planung und Durchführung zukünftiger Projekte und Kooperationen liefern.

7 Literaturverzeichnis

Achelis S. B. (2013). www.beaconreviews.com. Abgerufen am 02. April 2013 von:

<http://beaconreviews.com/transceivers/Searching.asp>

Bergrettung (2011). *Wissen, wie das LVS-Gerät funktioniert.* Nummer 301-AB (Nov) Seite 11.

bifie Salzburg (2007). *Entwicklung von Standards Naturwissenschaften 8 Schulstufe.*

Linz: bifie.

bifie Wien (2011). Kompetenzmodell Naturwissenschaften 8 Schulstufe - Vorläufige

Endversion. Wien: Zentrum für Innovation & Qualitätsentwicklung.

Bmukk (2010). Bundesministerium für Unterricht, Kunst und Kultur

Abgerufen am 12. 06. 2013 von

http://www.bmukk.gv.at/medienpool/11862/lp_neu_ahs_10.pdf

Brandt S., Dahmen H. D. (2005). *Elektrodynamik - Eine Einführung in Experimente und*

Theorie. Berlin: Springer Verlag.

Brugger, Falk, Buse, & Tschirky (1997). Der Einfluss des LawinenVerschüttetenSuchgerätes

(LVS) auf die Letalität bei Lawinenverschüttung. In: *Der Notarzt*, 13, S.143-146

Thiemen Verlag.

Brugger H., Durrer B., Adler-Kastner L., Falk M., Tschirky F. (2001). *Field management of*

avalanche victims. International Commission for Alpine Emergency Medicine.

In: *Resucitation.* Band 51. Ausgabe 1. Oktober 2001. Seite 7-15

Demtröder W. (2008). *Experimentalphysik 2 - Elektrizität und Optik.*

Kaiserslautern: Springer Verlag.

Detlefsen J., Siart U. (2006). *Grundlagen der Hochfrequenztechnik.*

München: Oldenbourg Verlag.

DieIndustrie. www.dieindustrie.at. Abgerufen am 05. 11 2012 von:

<http://www.dieindustrie.at/uber-uns/>

- e-bifie (2011).** *www.bifie.at (Bundesinstitut für Innovation und Entwicklung des österreichischen Schulwesens)* Abgerufen am 22. April 2013 von:
https://www.bifie.at/system/files/dl/bist_nawi_kompetenzmodell-8_2011-10-21.pdf
- Edgerly B., Hereford J.** *Digital Transceiving Systems: The next generation of avalanche beacons.* Proceedings at the International Snow Science Workshop (ISSW) 1998.
Verfügbar online unter: <http://www.backcountryaccess.com/education-research/avi-research-and-papers/>
- ETS.** *www.ETSI.org. (European Telekommunikation Standard) (März 1997).*
Abgerufen am 11. März 2013 von:
http://www.etsi.org/deliver/etsi_i_ets/300700_300799/300718/01_20_105/ets_300718e01c.pdf
- FaszinationTechnik.** *www.faszination-technik.at.* Abgerufen am 05. 11 2012 von:
www.faszination-technik.at/about.html
- Firma Pieps.** *LVS-Hintergrundwissen.* Lebring: Pieps GmbH. Abgerufen am 13.06.2013 von:
http://www.pieps.com/dmdocuments/LVS/LVS_HG-Wissen_DE_100dpi.pdf
- Freyer U. (2009).** *Nachrichten-Übertragungstechnik: Grundlagen, Komponenten, Verfahren und Systeme der Telekommunikationstechnik.* München: Hanser Verlag.
- Haider G.** ASE- Arbeitskreis Schule Energie. Bregenz.
- Henke H. (2011).** *Elektromagnetische Felder - Theorie und Anwendung*
Berlin: Springer-Verlag.
- Hereford E. (2000).** *457 kHz Electromagnetism and the future of avalanche transceivers.*
Montana: Proceedings of the 2000 International Snow Science Workshop (ISSW).
- Herter E., Lörcher W. (2004).** *Nachrichtentechnik: Übertragung-Vermittlung-Verarbeitung.*
München: Carl Hanser Verlag.

Hock A., Tscharmi A. (1995). *Antennenpraxis - Eine Einführung in die Welt der Antennen.*
Renningen-Malmsheim: Expert-Verlag.

Kimpfbeck T. (2008). *www.magnet-ferritantennen.de.* Abgerufen am 21. März 2013 von:
<http://www.magnet-ferritantennen.de/assets/plugindata/poola/funkamateur092008.pdf>

Krenn G. (Jänner 2012). *LVS-Basiswissen.* Naturfreund - Magazin. Seite 13-18

Meyer L., Schmidt G. D. (2008). *Physik - Gymnasiale Oberstufe.* Duden Schulbuch Verlag.

Meyer M. (2009). *Signalverarbeitung: Analoge und digitale Signale, Systeme und Filter.*
Vieweg Teubner Verlag.

Ortovox (2010). *Signalanalyse und Smart Antenna Technologie. Eine Einführung in den Stand der Technik.* Ortovox. Abgerufen am 13.06.2013 von:
http://www.ortovox.com/xfiles_a6/1289985750_124.pdf

Ortovox-Website. *www.ortovox.de.* Abgerufen am 03. April 2013 von:
<http://www.ortovox.de/lvs-geraete/drei-plus>

Österreichisches Kuratorium für Alpine Sicherheit. *www.alpinesicherheit.at*
Abgerufen am 08. April 2013 von: <http://www.alpinesicherheit.at/index.php>

Pieps. (2011). *Pieps Unternehmenspräsentation* am 22.03.2013 in Graz (BG/BRG Kepler).
Private Mitteilung durch den Geschäftsführer der Pieps GmbH, Herrn DI Michael Schober

Pieps-Manual. (2012). *Pieps Vektor Manual.* Premium Alpine Performance.

Pinies P., Tardos J. (2006). *Fast localization of avalanche victims using Sum of Gaussians.*
Proceedings 2006 on IEEE International Conference. Veröffentlicht in: Robotics and Automation, 2006. Seite 3989 - 3994.

RegionaleProduktanalyse. *www.faszination-technik.at.* Abgerufen am 05. 11 2012 von:
www.faszination-technik.at/produktanalyse.html

- Rust M. (2012).** *Experten Meinung.* Persönliches Gespräch.
- Sachs B. (2001).** *Legitimation und Strukturen von Technikunterricht.* In: E. Traebert, R. Spiegel, Technik als Schulfach. Bd. 4. Seite 51-69 Düsseldorf: VDI-Verlag.
- Schmutzer E. (2005).** *Grundlagen der theoretischen Physik.* Jena: Wiley-VCH Verlag.
- Schreiner J. (2002).** *Physik 3.* Wien: öbv-hpt VerlagsgmbH.
- Schröder D. (2010).** *Lawinenverschüttetensuchgeräte (Facharbeit).* Maria-Theresia-Gymnasium München.
- Seidel Elektronik.** www.seidel.at. (Seidel Elektronik) Abgerufen am 15. 11 2012 von: www.seidel.at/de/
- Spiegel R. (2008/1).** *Der Technikbezug im Physikunterricht im Wandel der Geschichte.*
In: *Praxis der Naturwissenschaften - Physik in der Schule* (Heft 4/57), Seite 36-40.
Köln und Leipzig: Aulis Verlag Deubner.
- Spiegel R. (2008/2).** *Vorstellungen und Wünsche von Schülern und Physiklehrkräften zur Einbeziehung technischer Inhalte in den Physikunterricht.*
In: *Praxis der Naturwissenschaften - Physik in der Schule* (Heft 4/57), Seite 14-20.
Köln und Leipzig: Aulis Verlag Deubner.
- Thaler K. (2009).** *Bildungsstandards im Physikunterricht - Korsett oder Katalysator?*
Diplomarbeit. Universität-Graz.
- Tipler A. P., Mosca G. (2007).** *Physik - Für Wissenschaftler und Ingenieure.*
Spektrum Akademischer Verlag.
- Wagner W. (2004).** *Technik im naturwissenschaftlichen Unterricht.*
In: *Schulpraxis (MNU 57/8)*, Seite 478-487. Troisdorf: Bildungsverlag Eins-Dümmler.
- Weinert F. E. (2001).** *Leistungsmessung in der Schule.* Weinheim und Basel: Beltz Verlag.
- Würtl W., Mair P., Zörer W., Mayr R., Schäfer G., Suman G. (2011).** *Lawinenfibel.7. Auflage.*
Österreichisches Kuratorium für Alpine Sicherheit.

8 Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Schwingkreis (Demtröder, 2008, S. 173)	6
Abbildung 2: Offener Schwingkreis (Meyer & Schmidt, 2008, S. 360)	7
Abbildung 3: EM-Strahlung (Tipler & Mosca, 2007, S. 973).....	8
Abbildung 4: Erklärung zu Gleichung 2.1 (Demtröder, 2008, S. 183)	9
Abbildung 5: Hertzscher Dipol (Demtröder, 2008, S. 183)	10
Abbildung 6: Signal Modulation (ETS, 1997, S. 17)	16
Abbildung 7: Signalüberlagerung (Ortovox, S. 3)	17
Abbildung 8: Überlagerungsfeld des Signals zweier LVS-Geräte (Ortovox, S. 4).....	18
Abbildung 9: Empfangsreichweite (Ortovox, S. 6)	20
Abbildung 10: Feldlinien Ein-Antennen LVS-Gerät (Firma Pieps)	22
Abbildung 11: Feldlinienverlauf (Haider, S. 6)	23
Abbildung 12: Kreuzsuche (Schröder, 2010, S. 13)	24
Abbildung 13: Antennenanordnung (Schröder, 2010, S. 14).....	26
Abbildung 14: Feldstärkevektor (Schröder, 2010, S. 14)	26
Abbildung 15: Empfangsbereich von Zwei-Antennen-LVS-Geräten (Firma Pieps, S. 7)	28
Abbildung 16: Punktortung (Achelis, 2013)	29
Abbildung 17: Mehrfachmaxima schräg (Firma Pieps, S. 5)	30
Abbildung 18: Mehrfachmaxima waagrecht (Firma Pieps, S. 5).....	30
Abbildung 19: Mehrfachmaxima senkrecht (Firma Pieps, S. 5).....	30
Abbildung 20: Smart Antenna Technologie (Ortovox, S. 7)	32
Abbildung 21: Pieps-Vektor Display (Pieps-Manual, 2012, S. 4)	34
Abbildung 22: Überlebenskurve (Würtl et al, 2011, S. 107)	36
Abbildung 23: Primär Suchraum (Würtl et al, 2011, S. 93)	37
Abbildung 24: Suchstreifenbreite (Würtl et al, 2011, S. 96)	38
Abbildung 25: Grobsuche (Würtl et al, 2011, S. 98)	39
Abbildung 26: Punktortung (Würtl et al, 2011, S. 101).....	40
Abbildung 27: Schaufeltechniken (Würtl et al, 2011, S. 105)	41
Abbildung 28: Ablauf technischen Handelns (Wagner, 2004, S. 479)	45
Abbildung 29: Anforderungsstufen verschiedener Methoden technischen Unterrichts.....	48
Abbildung 30: Theorievortrag	54
Abbildung 31: Vorstellung der Geräte von Pieps	55

Abbildung 32: Erklärung des EM-Feldes	55
Abbildung 33: Grob- und Feinsuche.....	56
Abbildung 34: Selbstständiges LVS-Training der SchülerInnen.....	56
Abbildung 35: Abtransport mit Biwaksack.....	57
Abbildung 36: Bau eines Iglus	57
Abbildung 37: Materialien Pieps (Pieps, 2011)	59
Abbildung 38: Gruppeneinteilung.....	60
Abbildung 39: Gruppe Schnee & Lawine.....	61
Abbildung 40: Gruppe Anwendung.....	62
Abbildung 41: Gruppe Entwicklung.....	62
Abbildung 42: Gruppe Technik.....	63
Abbildung 43: Gruppe Marketing.....	64
Abbildung 44: Gruppe Schnee & Lawine – Plakat.....	65
Abbildung 45: Gruppe Anwendung - Photodokumentation und Plakat.....	65
Abbildung 46: Gruppe Entwicklung - PowerPoint und Plakat.....	65
Abbildung 47: Gruppe Technik - LVS-Gerät Nachbau	66
Abbildung 48: Gruppe Marketing – Plakat.....	66
Abbildung 49: Kompetenzmodell (bifie Salzburg, 2007).....	69
Abbildung 50: Klasse 4b bei Seidel Elektronik.....	75
Abbildung 51: Firmenpräsentation Seidel Elektronik	76

9 Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Phasen des technischen Unterrichts mit fachlichen und didaktischen Ziele (Wagner, 2004, S. 481).....	47
Tabelle 2: Schnee&Lawine - Kompetenzen.....	71
Tabelle 3: Anwendung - Kompetenzen	72
Tabelle 4: Entwicklung - Kompetenzen	73
Tabelle 5: Technik - Kompetenzen	74
Tabelle 6: Ablauf des Projektes	82
Tabelle 7: LVS-Gerät	83
Tabelle 8: Marke Pieps	84

10 Anhang

A.1 Gruppe: Schnee und Lawinen

A.1.1. Konzept

Gruppe: Schnee & Lawinen

Zeit	Inhalte	Methoden	Lernziel	Kompetenzen
3h	<p>Theorieteil:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Lawinen <ul style="list-style-type: none"> ○ Statistiken ○ Was für physikalische Gesetze spielen eine Rolle ○ Lawinenverbauung (Katastrophe in Galtür) ○ Warum sehen die Verbauungen so aus? • Schnee <ul style="list-style-type: none"> ○ Wie entsteht Schnee ○ Arten von Schnee (Physik dahinter) ○ Umwandlung von Schnee und dessen Auswirkung 	<ul style="list-style-type: none"> • Input von den Studenten • Videos • Apps • Bilder 	<ul style="list-style-type: none"> • Kenntnis über die Entstehung von Schnee bekommen • Kenntnis über Lawinen und die Physik dahinter bekommen • Ein Gespür über die Gefahren von Lawinen bekommen 	W1 W2 W4 E2 S2
2h	<p>Praxisteil:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Schnee/Erde/andere Materialien auf Tisch, den Tisch kippen und Protokoll führen bei welcher Neigung das Material/der Gegenstand zu rutschen beginnt • Alternative Messung der Hangneigung (Schistecken, App) • Lawinenverbauung selber basteln (innovative Ideen) 	Mit echtem Schnee und Erde am Tischtennistisch Hangneigung simulieren	<ul style="list-style-type: none"> • Mit einfachen Mitteln ein Naturereignis modellieren lernen • Kreativität fördern 	E1 E2 E3 E4
1h	Präsentation			W3 E4 S1

A.1.3. Arbeitsblatt zum Thema Schnee

Arbeitsblatt Schnee

- 1.) Wie schnell fällt eine Schneeflocke?

- 2.) Wie lange braucht eine Schneeflocke von einer Wolke in 2000m bis zum Boden?

- 3.) Warum ändert sich die Fallgeschwindigkeit nicht wesentlich, wenn die Flocke größer ist?

- 4.) Warum kann es auch bei Plusgraden schneien?

- 5.) Wie könnte man die Dichte von Schnee bestimmen?
 - Wie hoch ist die Dichte von Schnee?

 - Wie hoch ist die Dichte von Wasser?

 - Wie hoch ist die Dichte von Erde?

A.2 Gruppe: Marketing

A.2.1. Konzept

Gruppe: Marketing

Inhalt	Methode	Zeit	Kompetenzen
Fragenkatalog	<ul style="list-style-type: none"> Die Schüler versuchen mit Hilfe des Internets die gestellten <u>Fragen</u> zu beantworten. Danach werden sie gemeinsam besprochen. Im Anschluss daran wird es eine kurze Pause geben. 	<p>ungefähr 1h</p> <p>ungefähr 10-15 min</p> <p>ungefähr 10min</p>	W2, W3, S2
Protokollblatt	Die Schüler bearbeiten das <u>Protokollblatt</u> , wobei wir ihnen dabei helfen.	20 – 30 min	E3, E4
Marketing	Durch Internetrecherche oder Co. Versuchen die Schüler, welche in zwei Gruppen geteilt sind, ein neues Logo und einen neuen Slogan zu finden. Danach wird das Ergebnis kurz vorgestellt und von der anderen Gruppe bewertet.	30 min <i>(hier können sie selbstständig eine Pause einplanen)</i>	W2
Equipment	Die Schüler sollen sich überlegen, wie das Equipment verbessert werden könnte bzw. was laut ihnen im Sortiment noch fehlt.	Ungefähr 10-15 min 30 min	S4
Plakat	Erstellen eines Plakats für das Schulfest. Darauf sollen die wichtigsten Erkenntnisse aus der Beantwortung der Fragen zusammengefasst werden. Dies wird gemeinsam in der Gruppe erstellt, wobei jeder seine Ideen und Vorschläge einbringen soll. Danach soll auch noch kurz diskutiert werden, wie man es im Anschluss den Mitschülern präsentieren kann bzw. was genau noch am Schulfest geplant ist.	1h <i>(hier können sie selbstständig eine Pause einplanen)</i> 10 – 15 min	S4

A.2.2. Arbeitsauftrag

Arbeitsauftrag

Beantwortet die Fragen mit Hilfe des Internets.

Der Erste Teil bezieht sich auf das Thema „Fledermäuse“, der zweite zum Thema „Gefahren von Strahlung“.

Im Anschluss daran, werden wir sie gemeinsam vergleichen und (vielleicht) aufgetretene Fragen klären.

Erster Teil - Fledermäuse:

Wie orientiert sich die Fledermaus? Beschreibe ihre Methode und gehe dabei auf folgende Begriffe ein:

- Frequenz
- Erzeugung, Verstärkung
- Ohren und Aufnahme
- Echo

Was ist der Dopplereffekt und warum ist er für Fledermäuse wichtig?

Vergleiche nun mit Pieps: was ist bei Fledermäusen gleich, was anders?

Tipp: Schallwellen vs. EM-Wellen

Findest du, dass das Logo von Pieps (eine Fledermaus) gut gewählt wurde?

Begründe deine Antwort auch kurz!

Zweiter Teil – Gefahren von elektromagnetischer Strahlung:

Wieso kann von Strahlung eine Gefahr ausgehen?

Welche Arten von Strahlungen kennst du, die gefährlich sein können?

Von welchen Geräten, die wir im Alltag benutzen, geht Strahlung aus?

Ist sie (deiner Meinung nach) gefährlich? Wenn ja, welche und warum?

Begründe deine Antworten!

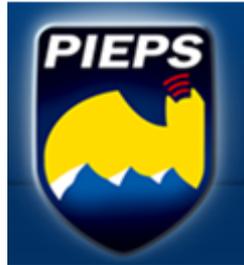
Vergleiche die Strahlung von Pieps mit denen von Handy, W-LAN und Co.:

Was kannst du für die Gefährlichkeit von Pieps daraus ableiten?

Tipp: Zusammenhang zwischen Wellenlänge, Frequenz und Energie.

A.2.3. Marketing-Plan

Marketing



Die Firma Pieps bittet euch, als Spezialisten im Bereich *Marketing*, ein neues Konzept zur Vermarktung aufzustellen.

Euer Auftrag:

- Findet ein neues Logo, welches laut euch die Firma und dessen Produkte gut repräsentiert und begründet auch, warum ihr das so seht!
- Überlegt euch einen passenden Werbeslogan und fertigt auf einem DIN A4 Blatt ein „Werbeplakat“ an.
- Die jeweils andere Gruppe stellt euch dann Fragen zu eurem Vorschlag und bewertet euren Entwurf.

A.2.4. Arbeitsblatt

Arbeitsblatt

Erster Teil:

Fülle die Tabelle aus und vergleiche die gefundenen Werte mit Gegenständen, die du im Alltag benutzt (z.B. Handy, iPod, Federschachtel, ...)

Was?	Masse [kg]	ca. Gleich schwer wie...
<i>Pieps</i>		
<i>Lawinsonde</i>		
<i>Schaufel</i>		
<i>Rucksack (leer)</i>		
<i>Rucksack (für Skifahrt gepackt)</i>		
<i>Schultasche (für normalen Schultag gepackt)</i>		

Was kannst du Freunden und Bekannten entgegenbringen, wenn sie behaupten, dass die Ausrüstung viel zu schwer ist und sie sie deshalb nicht mitnehmen wollen?

Antwort:

Zweiter Teil:

Versuche nun den Rucksack auf verschiedene Arten zu packen. Wie ist man schnell suchbereit? Was kostet beim Auspacken viel Zeit? Versucht die ideale Art der Unterbringung für alle Sachen zu finde!

Stoppt eure Zeiten bei den verschiedenen Möglichkeiten, den Rucksack zu bepacken!

Was sollt ihr alles unterbringen?

- *Lawinsonde, Schaufel, Handy, Trinkflasche, Jause, Jacke oder Weste, ... (also alles, was ihr auf einen Skiausflug mitnehmen würdet)*

Fertigt eine Tabelle mit allen relevanten Daten an!

A.3 Gruppe: Entwicklung

A.3.1. Konzept

Gruppe: Entwicklung

	Inhalt/Methode	Zeitbudget	Kompetenzen
Experimenteller Vergleich von PIEPS alt & neu, GPS	Alte und neue Geräte von PIEPS werden in einem Experiment, in dem die Genauigkeit und die Dauer des „Personenauffindens“ gemessen wird, verglichen.	2 h	E1, E4, N1, P2 Ich kann im Team zu Vorgängen und Phänomenen in Natur, Umwelt und Technik Beobachtungen machen oder Messungen durchführen und diese beschreiben. Ich kann im Team Daten und Ergebnisse von Untersuchungen analysieren (ordnen, vergleichen, Abhängigkeiten feststellen) und interpretieren.
Theorie: PIEPS und GPS	Internetrecherche zur Physik von PIEPS und GPS, Vergleich der Technologien.	2 h	W2, N2, P2 Ich kann im Team aus unterschiedlichen Medien und Quellen fachspezifische Informationen entnehmen.
Zukunftsentwicklung	Kreativarbeit zur Frage, wie die Geräte / die Technologie in 100 Jahren aussehen wird.	1 h	S1, S4, N1, P2 Ich kann im Team Daten, Fakten und Ergebnisse aus verschiedenen Quellen aus naturwissenschaftlicher Sicht bewerten und Schlüsse daraus ziehen. Ich kann im Team fachlich korrekt und folgerichtig argumentieren und naturwissenschaftliche von nichtnaturwissenschaftlichen Argumentationen und Fragestellungen unterscheiden.

A.4 Gruppe: Anwendung

A.4.1. Konzept

Gruppe: Anwendung

Inhalt	Methode	Kompetenz
Analyse der Feldlinienstruktur	<p>Ein PIEPS Gerät wird im Hof (asphaltiert) hingelegt und die SchülerInnen teilen sich in zwei Gruppen auf, wobei jede Gruppe eine Seite des Gerätes auf die Feldlinienstruktur überprüft und diese dann mit Bodenkreiden nachzeichnet. Die „entstehenden“ Feldlinien werden mit Fotos dokumentiert.</p> <p>Die SchülerInnen sollen herausfinden, wie das PIEPS Gerät reagiert (Entfernungsanzeige am Display) wenn es mit verschiedenen Materialien wie Kunststoff, Metall und Wasser verdeckt wird (dazu werden passende Eimer verwendet). Die Ergebnisse sollen in einem Diagramm festgehalten werden.</p>	<p>W1, S4: Ich kann Vorgänge und Phänomene in der Technik beschreiben und benennen; Ich kann fachliche korrekt und folgerichtig argumentieren und naturwissenschaftliche von nicht-naturwissenschaftlichen Argumentationen unterscheiden.</p> <p>W3, E2, E3, E4: Ich kann Vorgänge und Phänomene der Technik in verschiedenen Formen darstellen, erklären und adressatengerecht kommunizieren; Ich kann zu Vorgängen in der Technik Fragen stellen und Vermutungen aufstellen; Ich kann zu Fragestellungen eine passende Untersuchung oder ein Experiment planen, durchführen und protokollieren; Ich kann Daten und Ergebnisse von Untersuchungen analysieren und interpretieren.</p>
Suche/Finden	<p>Es soll die Frage beantwortet werden, in welchen Zusammenhang der (Maßband-) Abstand von Sucher und Verschlüßten zur benötigten Suchzeit steht. Messpunkte werden von den SchülerInnen selbst bestimmt und anschließend besprochen.</p> <p>Die SchülerInnen sollen sich mit dem PIEPS Gerät auseinandersetzen und mögliche Fragestellungen und Problem sollen diskutiert werden.</p>	<p>W1, E1, E3, E4: Ich kann Vorgänge und Phänomene in Natur, Umwelt und Technik beschreiben und benennen; Ich kann zu Vorgängen und Phänomenen in Natur, Umwelt und Technik Beobachtungen machen oder Messungen durchführen und diese beschreiben, zu Fragestellungen eine passende Untersuchung oder ein Experiment planen, durchführen und protokollieren und Daten und Ergebnisse von Untersuchungen analysieren (ordnen, vergleichen, Abhängigkeiten feststellen) und interpretieren.</p> <p>S1, S2: Ich kann Daten, Fakten und Ergebnisse aus verschiedenen Quellen aus naturwissenschaftlicher Sicht bewerten und Schlüsse daraus ziehen und die Bedeutung, Chancen und Risiken der Anwendungen von naturwissenschaftlichen Erkenntnissen für mich persönlich und für die Gesellschaft erkennen, um Verantwortungsbewusst zu handeln.</p>
Handling	<p>Die SchülerInnen sollen ein Instruktionsvideo auf Basis der einzelnen Projektphasen drehen; dabei sollen die fachlichen Begriffe richtig verwendet werden und die Erkenntnisse des Tages nochmals zusammengefasst werden.</p>	<p>E4: Ich kann Daten und Ergebnisse von Untersuchungen analysieren und interpretieren.</p>

A.5 Gruppe: Technik

A.5.1. Konzept

Gruppe: Technik

	Inhalt/Methode	Zeitbudget	Kompetenzen
Allgemeine technische Daten	In der Gruppe sind allgemeine technische Daten unter Verwendung von Computern, Bedienungsanleitungen... zu erarbeiten. Damit ist ein Datenblatt (digital) zu erstellen.	1,5 h	Die Schüler sollen passend zur Aufgabenstellung einzeln und im Team unterschiedlichen Quellen fachspezifische Informationen entnehmen, und diese in versch. Formen darstellen/protokollieren. W2, W3, E3, S1, N1
Physik	3 Fragenstellungen sollen gelöst werden, entweder in kleineren Teams oder gemeinsam in der Gruppe. Jede Lösung zur Fragestellung ist auf einer A4 Seite festzuhalten. Die Informationen können im Internet, in Beschreibungen zum Gerät,... gefunden werden.	2 h	Die Schüler sollen Vorgänge und Phänomene aus der Technik beschreiben und benennen. Einzelnd od. im Team sollen die Informationen durch den Gebrauch von spez. Quellen gefunden u. dar - gestellt werden. Auch Fragen, Vermutungen, Ideen können aufgestellt und untersucht werden. Die einzelnen Sachverhalte sollen vom Allgemeinen auf einzelne Elemente übertragen werden. W1, W2, W3, E2, S1, N2
Praxis	Die Schüler sollen das Gerät mit einfachen Materialien nachbauen (basteln), sodass ein Art Puzzle entsteht.	2 h	Die Schüler sollen ihr erworbenes Wissen in ihren praktischen Teil einfließen lassen und diesen alltagweltlich darstellen. N1, N2

A.5.2. **Arbeitsauftrag**

Arbeitsauftrag

A) Allgemeine technische Daten

In eurer Forschungsgruppe bildet ihr 2-3 kleinere Teams.

Als erstes solltet ihr verschiedene technische Daten des Lawinensuchgerätes erfassen.

Dazu gehören folgende:

- Bezeichnung
- Gewicht
- Abmessung (lxbxh)
- Stromversorgung/Batterielebensdauer
- Sendefrequenz
- Suchstreifenbreite
- Belastbarkeit: Temperaturbereich, Wasser, ...
- Max. Reichweite

Teilt euch ein welches Team welche Daten erarbeitet. Ihr könnt die Informationen im Internet (Homepage PIEPS) oder in den Bedienungsanleitungen finden. Aber ihr könnt auch Messungen an dem Gerät durchführen (Gewicht, Größe).

Findet ihr außer den angegebenen Daten noch Zusätzliche könnt ihr sie natürlich auch aufschreiben.

Vereinbart in eurer Forschungsgruppe einen Zeitpunkt zu dem ihr euch wieder trifft. Dann teilt ihr den anderen Teams in einer kleinen Konferenz mit, welche Informationen ihr herausgefunden habt. Dies sollte allerdings nur 5 dauern.

Schließlich solltet ihr mit all den gesammelten Daten ein Datenblatt am Computer erstellen, ausdrucken und evtl. folieren.

Damit ihr euch vorstellen könnt wie so etwas ausschauen sollte, haben euch die Gruppenleiter eines mitgebracht.

B) Funktion/Zerlegung

Bleibt wie bei A) in den Teams zusammen.

Jedes Team zieht eine Fragestellung in denen es darum geht wie das Gerät denn jetzt eigentlich funktioniert. Das heißt ihr wollt herausfinden, welche die wichtigsten Bauteile im Gerät sind.

Wichtig sind auch die Antennen, doch was machen sie genau?

Und wie kommt es, dass eine elektromagnetische Welle, die ja nicht sichtbar ist, auf einmal digitale Signale anzeigt?

- 1) Finde heraus welche die wichtigsten Bauteile in dem Gerät sind.
Beschreibe sie kurz allgemein, und gehe dann darauf ein wozu sie in diesem Gerät dienen.
Zur Orientierung haben die Gruppenleiter einen Schaltplan mit. Sonst findest du sicher im Internet noch hilfreiche Informationen.
- 2) Beschreibe das Antennensystem im LVS - Gerät. Wie funktioniert eine Antenne, worauf reagiert sie, was wird durch sie am Gerät angezeigt?
Erkläre den Unterschied zwischen 2 – und 3 – Antennensystem? Gibt es Vor – und/oder Nachteile? Sage deine Meinung.
- 3) Wie werden elektromagnetische Wellen in ein digitales Signal umgewandelt?
Erkläre allgemein.
Versuchen nun mit deinem Wissen herauszufinden, wie der Weg der elektromagnetischen Welle durch das Gerät und seine Bauteile bis zur Anzeigentafel ausschauen könnte.

C) Nachbau

Damit die technikbegeisterten Besucher beim Schulfest unser Gerät näher kennen lernen, wollen wir es mit Karton nachbauen, sodass ein Puzzle entsteht.

Nehmt dazu die vorliegenden Materialien und bastelt das Gerät samt seiner wichtigen Bauteile nach.

Überlegt euch wie man die Beschreibung der einzelnen Geräte die bei B) unter erstens erarbeitet wurde auf die Rückseite der Bauteile aufgebracht werden sollen.

Damit eine Art Puzzle entsteh, das die Besucher selbst zusammenbauen können, muss an jedem Bauteil und am Schaltplan ein Klettverschluss angebracht werden.

Beachtet, dass am Schaltplan in echt an der Vorder – und Rückseite Bauteile angebracht sind.

A.6 Feedbackbogen zum Projekttag

Feedback zum Projekttag

Gruppe: _____

1.) Wie war die Zusammenarbeit in deiner Gruppe?

Positiv fand ich,...

Nicht so positiv fand ich,...

2.) Wie war die Betreuung durch die Studierenden?

Positiv fand ich,...

Nicht so positiv fand ich,...

3.) Was hast du durch das Projekt gelernt?

Inhaltlich (über PIEPS, Technik, Schnee...)

Methodisch (wie arbeite man, Präsentieren, Forschen,...)

