

Aktualisierung und Erweiterung einer Feldstudie zur Festlegung der optimalen Suchstreifenbreite für LVS-Geräte

Schreilechner, Marcellus¹ Eck, Markus²; Schober, Michael²
¹Joanneum Research Forschungsgesellschaft mbH, Leoben, Austria
²PIEPS GmbH, Parkring 4, Lebring, Austria

ZUSAMMENFASSUNG. Die Empfangs-Reichweiten von LVS-Geräten sind einerseits von technischen Merkmalen und andererseits von den jeweiligen Koppellagen zum Sendegerät abhängig. Um den Effekt der unterschiedlichen Koppellagen zu korrigieren, werden von den Herstellern verschiedene Anforderungen an den Benutzer gestellt. Diese Anforderungen werden durch die Begriffe drehen, schwenken und rotieren nur schwach und uneinheitlich definiert und von den Benutzern daher selten zielgerecht angewandt. Zusätzlich werden diese Anforderungen in den aufeinander folgenden Suchphasen unterschiedlich eingefordert. Die Suchstreifenbreiten sind daher in den gerätespezifischen Bedienungsanleitungen grundverschieden definiert, wobei an die Benutzer unterschiedliche Forderungen gestellt werden. Daraus kann abgeleitet werden, dass die in den Bedienungsanleitungen publizierten Suchstreifenbreiten bei vielen LVS-Geräteherstellern wesentlich von den persönlichen Arbeitsweisen der Benutzer abhängen. Dies scheint aus der Sicht einer einheitlichen Empfehlung von gerätespezifischen Suchstreifenbreiten sehr problematisch. Die Empfangs-Reichweiten wurden in einer aufwendig angelegten Feldstudie mit verschiedenen Koppellagen und mit allen zurzeit handelsüblichen Mehrantennengeräten (mit letztgültigem Softwarestand) bestimmt. Es wurde ausdrücklich darauf verzichtet mit persönlichen Arbeitsweisen wie drehen, schwenken und rotieren, die Koppellagen zwischen Sender und Empfänger zu verändern. Die von den Geräten durch Entfernungs- und Richtungsanzeigen empfohlenen Suchwege wurden mit Hilfe von Differential-GPS im Subdezimeterbereich erfasst. Damit liegen empirische Empfehlungen von Suchstreifenbreiten vor, die unabhängig von persönlichen Arbeitsweisen sind und sich teilweise deutlich von den Herstellern empfohlenen Suchstreifen abweichen.

1 EINFÜHRUNG

Empfehlungen von Suchstreifenbreiten variieren zwischen Herstellern deutlich. Die von den Herstellern verwendeten unterschiedlichen Methoden zur Bestimmung der Suchstreifenbreiten hängen von verschiedenen Definitionen der Reichweiten und von verschiedenen Gerätetypen von Lawinenschüttelersuchgeräten (LVS) ab. In der Vergangenheit wurden vorwiegend Ein- und Zweiantennengeräte für die Bestimmung der Suchstreifenbreite betrachtet. In dieser Studie wurden jedoch die vier handelsüblichen Dreiantennengeräte (Feb. 2009) zur Festlegung der Suchstreifenbreite herangezogen. Es wurden unterschiedliche Antennenorientierungen zwischen Sender und Empfänger untersucht.

Genswein & Schweizer (2008), Schweizer (2007), Semmel (2007), Schweizer & Krüsi (2003), und Meier (2001) geben einen guten

Überblick über Bestimmung von brauchbaren Reichweiten und die Berechnung der Suchstreifenbreiten.

Diese Studien konzentrierten sich auf statistischen Lösungen zur Bestimmung der Suchstreifenbreite mit einer parallelen/koaxialen Antennenorientierung zwischen Sender und Empfänger unter der Verwendung folgender Gleichung: $w = 1.26 \cdot (\bar{r}_{\max} - 2\sigma_{\max})$

Diese Methode setzt jedoch voraus, dass alle LVS die gleichen Charakteristiken im Empfangsmodus aufweisen.

Durch unsere Feldstudie wird allerdings gezeigt, dass die Empfangscharakteristiken der einzelnen Geräte sich deutlich unterscheiden. Dies ist durch das ungleiche Zusammenwirken der einzelnen Empfangsantennen von Mehrantennengeräten begründet.

In einer früheren Feldstudie (Eck, et al, 2008) wurden bereits alle handelsüblichen Mehrantennengeräte untersucht. Jedoch waren in der Zwischenzeit weitere LVS oder LVS mit neuer Software verfügbar.

Mit der Entwicklung von Dreiantennengeräten muss die Diskussion über die Bestimmung der Reichweiten und die Berechnung von Suchstreifenbreiten weitergeführt werden. Die vorliegende Studie stellt einen Beitrag zur aktuellen Diskussion dar.

Corresponding author address: Marcellus Schreilechner, Joanneum Research Forschungsgesellschaft mbH, Institute of WaterResourcesManagement, Leoben, Austria, tel: +43 316 876 2245; fax: +43 316 876 2232; email: marcellus.schreilechner@joanneum.at

2 HINTERGRUND

Der schlimmste Fall im Zuge einer Lawinenschüttung stellt eine Gesamtverschüttung dar, bei der der Retter beim Start keinen Erstempfang hat. Um einen Erstempfang zu erreichen muss ein Einzelretter das Lawinenfeld in Serpentinaffen absuchen. Falls mehrere Retter zur Verfügung stehen, so können diese um Zeit zu sparen das Lawinenfeld in parallelen Bahnen absuchen (Abb. 1). In beiden Situationen müssen die Retter die Reichweiten ihrer LVS kennen um das Lawinenfeld mit geringstem Zeitaufwand scannen zu können. Weiters müssen zum Teil von den Herstellern empfohlene spezielle Arbeitsweisen mit den LVS berücksichtigt werden.

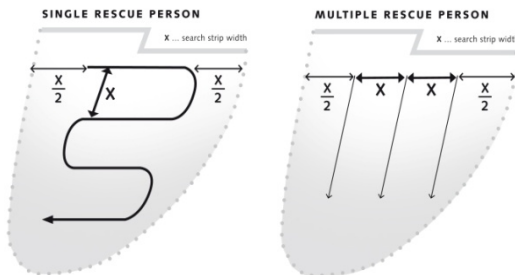


Abb. 1. Szenarien für Einzelretter (links) und für mehrere Retter (rechts) $x \rightarrow$ Suchstreifenbreite

Die Verwendung einer kleinen Suchstreifenbreite vergrößert die Wahrscheinlichkeit das Opfer sicher zu finden, jedoch ist ein großer Zeitaufwand nötig. Bei Vergrößerung der Suchstreifenbreite wird die Suchzeit minimiert, jedoch besteht die Gefahr, das Opfersignal durch Lücken im Suchfeld zu „überhören“.

Theoretisch betrachtet wird die Suchstreifenbreite als die doppelte Reichweite angenommen. Die Reichweite hängt von drei Faktoren ab: Charakteristik des Sendesignals, Empfangscharakteristik des LVS und die Antennenorientierung zwischen Sender und Empfänger.

Erstens bestimmt die Charakteristik des Sender (Amplitude, Frequenz und Pulslänge) das Sendesignal. Zweitens besitzen die unterschiedlichen Gerätetypen (Ein-, Zwei- und Drei-antennengeräte) deutlich verschiedene Empfangscharakteristiken. Drittens beeinflusst die Antennenorientierung der Sender zu den Empfängern die Reichweiten wesentlich. Unter der Annahme, dass der Retter sein LVS korrekt hält (horizontal und mit dem Display nach oben) können drei verschiedene Antennenorientierungen definiert werden.

Als „gute Koppellage“ wird jene Antennenorientierung bezeichnet, bei der die Antenne des Senders mit der Antenne mit der größten Reichweite des Empfängers parallel bzw. koaxial liegt. Bei den meisten Mehrantennengeräten

besitzt eine Antenne deutlich größere Empfangsreichweite. Diese elliptische Empfangscharakteristik ist der Anlass warum einige Hersteller ein Schwenken, Drehen oder Rotieren bis zum empfangen des Erstsignals empfehlen. Jedoch sind diese empfohlenen Arbeitsweisen unscharf definiert und werden daher selten oder meistens von den Rettern nicht richtig angewendet.

Als „schlechte Koppellage“ wird jene Antennenorientierung bezeichnet, bei der die Antenne des Senders im rechten Winkel zur besseren Empfangsantenne liegt.

Bei der „schlechtesten Koppellage“ befindet sich die Sendeantenne in vertikaler Position. Dadurch ist die Signalstärke des Senders sehr gering. In der Praxis wird es sich meist um eine beliebige unbekannt orientierung der Sendeantenne handeln.

3 FELDSTUDIE UND METHODIK

Als Untersuchungsfeld wurde ein quadratisches Schneefeld mit einer Seitenlänge von 50 m abgesteckt. Diese Quadrat wurde in 5 m Streifen unterteilt, wobei der Sender an der linken unteren Ecke mit den Koordinaten ($x=0$ und $y=0$, siehe Abb. 2 - 4) positioniert wurde. Es wurde pro zu untersuchendem LVS je ein Durchlauf mit koaxialer, normaler (im rechten Winkel) und vertikaler Sendeantennenstellung erfasst. Der Retter bewegte sich entlang dieser vordefinierten 5 m Streifen bis zum empfangen des Erstsignals. Ab diesem Punkt wurde nach den Vorgaben der Anzeige der LVS (Richtung und Entfernung) das Sendesignal bis zum Sender ohne Schwenken, Drehen oder Rotieren verfolgt. Der Retter wurde von einer zweiten Person mit einem Differential-GPS Empfänger (DGPS) direkt verfolgt. Dies ermöglichte eine Registrierung der des gesamten Suchweges mit einer Genauigkeit von rund 5cm.

Als DGPS-Registriereinheit wurde ein NovAtel DL-4 DGPS Empfänger mit eingebauter Speicherkarte verwendet. Die Position des Empfängers (Retters) wurde mit Sekundentaktung und Genauigkeit von wenigen Zentimetern aufgenommen. Die aufgenommenen Daten wurden mit einer speziellen Software (Waypoint Graph 7.8) nachträglich bearbeitet. Als Ergebnis steht eine Datenbank mit Sekundentaktung für das Zeichnen der Suchpfade und weitere Berechnungen zur Verfügung.

Die Feldarbeiten wurden im Februar 2009 mit allen handelsüblichen Mehrantennengeräten und ihren aktuellen Softwareversionen durchgeführt. In dieser Studie werden alle Drei-antennengeräte, in den drei oben beschriebenen Koppellagen, dargestellt.

4 DATENERFASSUNG

Die Ergebnisse werden als Karten der erfassten Suchwege in den Abbildungen 2 – 4 dargestellt. Die Achsen der Karten stellen Entfernungen in Meter dar.

Der Sender befindet sich im linken unteren Eck mit den Koordinaten (0,0). Der Retter startete an der oberen Linie (Mindestabstand zum Sender 50 m) und folgte den vordefinierten Suchwegen von oben nach unten, mit einem 5 m Abstand in x-Richtung. Die Ergebnisse der ermittelten Reichweiten mit unterschiedlichen Koppellagen sind in Tab. 1 zusammengefasst.

Bei jeder Abbildung ist die Position des Erstempfanges durch einen Punkt (Rautesymbol) dargestellt. Die Legende rechts der Suchwege jeder Einzelabbildung beschreibt die einzelnen Erstempfangspunkte nach folgenden Kriterien. D – Distanzanzeige, A – Richtungsanzeige, die nebenstehende Zahl gibt den ausgewiesenen Distanzwert wieder. Nach dem Strichpunkt folgt die berechnete direkte Entfernung vom Erstempfangspunkt zum Sender. L steht für einen auftretenden Verlust des Empfangssignals.

4.1 Suchwege in guter Koppellage

Der Sender liegt horizontal und die Antennen des Senders und Empfängers sind koaxial bzw. parallel zueinander orientiert. Koaxial heißt, dass der Sender und der Empfänger in gleicher Richtung ausgerichtet sind.

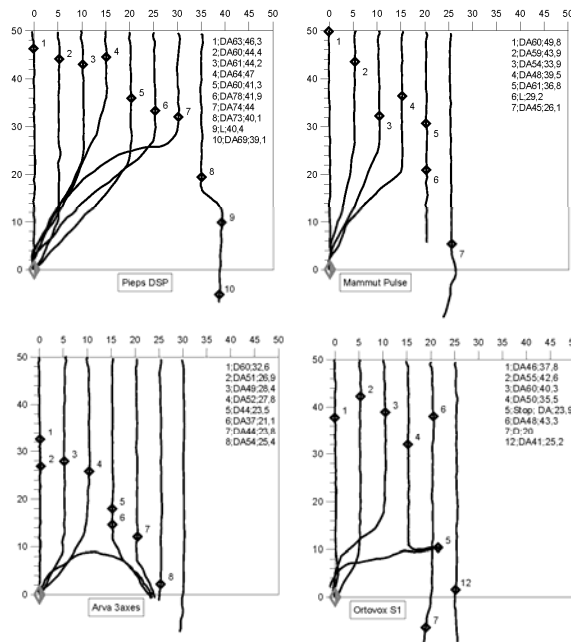


Abb 2. Suchwege von vier verschiedenen Dreiantennengeräten in "guter Koppellage". Die eingezeichneten Punkte stellen die Lage des Erstempfanges dar. Die abgebildeten Legenden beschreiben die an den Empfangsgeräten angezeigten Signale und sind im Text erläutert. Die Reichweite der einzelnen LVS im Uhrzeigersinn von links oben sind 30 m, 15 m, 20 m und 15 m.

4.2 Suchwege in schlechter Koppellage

Der Sender liegt horizontal und die Antennen des Senders und Empfängers stehen im rechten Winkel zueinander.

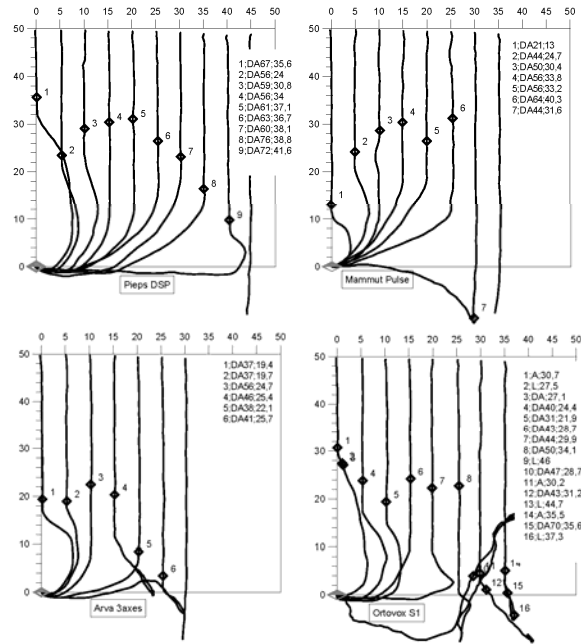


Abb. 3. Suchwege von vier verschiedenen Dreiantennengeräten in "schlechter Koppellage". Die eingezeichneten Punkte stellen die Position des Erstempfanges dar. Die abgebildeten Legenden beschreiben die an den Empfangsgeräten angezeigten Signale und sind im Text erläutert. Die Reichweite der einzelnen LVS im Uhrzeigersinn von links oben sind 40 m, 30 m, 25 m und 25 m.

4.3 Suchwege in schlechtesten Koppellage

Der Sender liegt vertikal und die Antennen des Senders und Empfängers stehen räumlich im rechten Winkel zueinander.

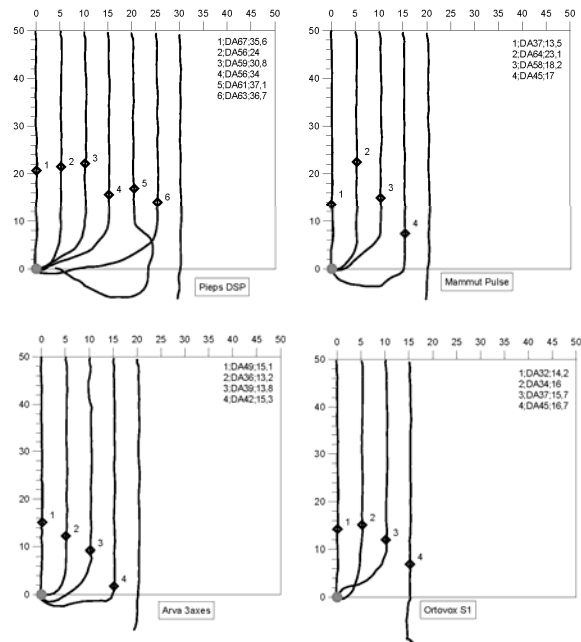


Abb. 3. Suchwege von vier verschiedenen Dreiantennengeräten in "schlechtesten Koppellage – senkrechte Sender". Die eingezeichneten Punkte stellen die Position des Erstempfanges dar. Die abgebildeten Legenden beschreiben die an den Empfangsgeräten angezeigten Signale und sind im Text erläutert. Die Reichweite der einzelnen LVS im Uhrzeigersinn von links oben sind 25 m, 15 m, 15 m und 10 m.

	Pieps DSP	Mammut Pulse	Arva 3axes	Ortovox S1
gc	30	20	20	15
bc	40	30	25	25
vc	25	15	15	10
rs	50	50	40	50
es	50	30	30	20
r_{max}	46.3	49.8	32.6	37.8
w	58.3	62.8	41	47.6

Tab 1. Vergleich der Reichweiten der untersuchten LVS in Meter. Die fettgedruckten Werte zeigen die aus dieser Studie abgeleiteten Suchstreifenbreiten, berechnet als das Doppelte der minimalen Reichweite in vertikaler Koppellage.

gc → gute Koppellage = parallel/koaxial

bc → schlechte Koppellage = rechter Winkel

vc → vertikaler Sender = rechter Winkel im Raum

rs → empfohlene Suchstreifenbreite des Herstellers

es → Suchstreifenbreite abgeleitet aus dieser Studie

r_{max} → Maximale Reichweite in guter Koppellage

w → Suchstreifenbreite nach $w = 1.26 \cdot r_{max}$

5 INTERPRETATION & DISKUSSION

Die Suchstreifenbreite ist meistens als das Doppelte der Reichweite definiert. Jedoch ist die Reichweite von verschiedenen Typen von LVS nicht einheitlich definiert. Die verschiedenen Hersteller verwenden unterschiedliche Methoden um die Reichweiten ihrer Geräte zu bestimmen und daher sind die empfohlenen Suchstreifenbreiten nicht miteinander vergleichbar. Eine Hauptursache ist, dass Dreiantennengeräte unterschiedliche Empfangscharakteristiken der einzelnen Antennen besitzen.

Es ist daher wichtig zu wissen, wie die drei Antennen mit dem internen Prozessor zusammenarbeiten und wie verlässlich die Signalanzeige (Richtung und Entfernung) ist. Die Annahme, dass der schlechteste Fall durch die vertikale Sendeposition theoretisch nicht lösbar ist (Meier, 2001), ist nur für Ein- und Zweiantennengeräte gültig. In der vorliegenden Feldstudie wurde die realistische Suchstreifenbreite bestimmt, in dem alle drei Antennenorientierungen für jedes Dreiantennengerät bestimmt wurden.

Ein statistischer Ansatz hat nur dann eine Gültigkeit, wenn Werte mit derselben Voraussetzung der Datenerfassung verglichen werden. Jedoch verhalten sich die Dreiantennengeräte in ihren Wirkungsweisen der Antennen zueinander deutlich unterschiedlich. Unglücklicherweise wurde in dieser Studie für jedes LVS in der koaxialen Antennenstellung nur ein Messdurchgang durchgeführt. Daher war es nicht möglich eine Standardabweichung (σ_{max}) zu bestimmen um die Suchstreifenbreite nach Meier (2001) zu berechnen. Die vorläufig bestimmten Werte nach Meiers Gleichung (2001) $w = 1.26 \cdot (\bar{r}_{max})$ sind

deutlich höher als die aus den Feldversuchen abgeleiteten. Jedoch wurden die Verlässlichkeit der Entfernungs- und Richtungsanzeigen in der oben erwähnten Studie nicht berücksichtigt. Die Verlässlichkeit der Entfernungs- und Richtungsanzeige ist jedoch ein notwendiges Qualitätskriterium für ein LVS.

6 ERGEBNIS

Die vorliegende Studie beschreibt eine Methode um die Suchstreifenbreite von Dreiantennengeräten zu bestimmen, wobei das Zusammenwirken der drei Antennen miteinander und mit dem internen Prozessor berücksichtigt wird. Weiters wird auch die Verlässlichkeit der Richtungs- und Entfernungsanzeige in die Gesamtbetrachtung mit einbezogen. Die Ergebnisse sollen für die Bestimmung der Suchstreifenbreite weitere Diskussionen provozieren. Seit sich die Empfangscharakteristiken der einzelnen Mehrantennengeräte deutlich unterscheiden erscheint es nicht akzeptabel die Suchstreifenbreite von LVS mit einer einzelnen Gleichung zu berechnen. Es ist daher notwendig verschiedenen Feldstudien mit unterschiedlichen Antennenorientierungen für die Bestimmung der Suchstreifenbreite durchzuführen.

7 DANKSAGUNG

Wir danken Roland Wack (Joanneum Research, Graz) für die Erfassung und Berechnung der DGPS-Daten.

8 LITERATUR

- Eck, M., Schober, M. and Schreilechner, M., 2008. New definition of the useful range using a reliable, accurate, and reproducible test procedure with practical relevance – running a field test tracked by a DGPS. Proceedings ISSW 2008. International Snow Science Workshop, Whistler, BC, Canada.
- Genswein, M. and Schweizer, J., 2008. Numerical stimulation of the survival chance optimized search strip width. Genswein, Meilen, Schweiz and WSL Institute for Snow and Avalanche Research SLF, Davos, Switzerland.
- Meier, F., 2001. Determining the Width of a Search Strip for Avalanche Beacons. Eglisau, Switzerland.
- Schweizer, J., 2007. Determining the search strip width based on range measurements. SLF Davos, Switzerland.
- Schweizer, J. & Krüsi, G., 2003. Testing the performance of avalanche transceivers. Cold Regions Science and Technology 37, 429-438.
- Semmel, C., 2007. Stellungnahme der DAV-Sicherheitsforschung zur Bestimmung der optimalen Suchstreifenbreite.