

# 6. Automatisches Meßnetz des Lawinenwarndienstes Tirol

## Kurzfassung des Referates von Mag. Rudi Mair auf der 23. Internationalen Tagung für Alpine Meteorologie in Lindau

### Abstract

According to a law detailing the technical equipment needed by avalanche warning commissions and specifying community responsibility, a building plan of automatic weather stations has been worked out by the avalanche warning service of the Tyrol. The intention of this plan is to extensively build such stations in meteorologically interesting places. The avalanche warning service is responsible for the technical planning of station equipment. Thus, the installation and adjustment of measuring instruments to the high mountain surroundings and permanent data access for all authorized users is of utmost importance. Currently, another topic of interest is the development of a user-friendly software package for graphical analysis and the statistical processing of data.

### Zusammenfassung

Aufbauend auf ein Gesetz, das den Gemeinden die technische Ausstattung der Lawinenkommissionen vorschreibt, entwarf der Lawinenwarndienst Tirol einen Ausbauplan automatischer Wetterstationen. Ziel dieses Ausbauplanes ist die flächendeckende Errichtung solcher Stationen an jenen Standorten, die meteorologisch und nivologisch besonders geeignet erscheinen. Das technische Konzept für die Ausstattung dieser Meßstationen liefert der Lawinenwarndienst, wobei besonders auf die Hochgebirgstauglichkeit der Meßgeräte sowie auf permanenten Datenzugriff aller berechtigten Nutzer Wert gelegt wird. Einen weiteren Schwerpunkt bildet die Erstellung und laufende Weiterentwicklung einer benutzerfreundlichen Software zur graphischen Auswertung und statistischen Weiterbearbeitung der Daten.

### 1. Einleitung

Tirol als Hochgebirgsland ist im Winter naturgemäß mehr oder weniger permanent von Lawinen bedroht. Einen wesentlichen Beitrag zum Schutz

von Bevölkerung und Siedlungsraum vor Lawinengefahren bieten neben Schutzverbauungen die örtlichen Lawinenkommissionen. In 160 von 279 Tiroler Gemeinden ist die Einrichtung und Ausstattung dieses Expertengremiums daher gesetzlich vorgeschrieben. Die Beurteilung der momentanen Lawinensituation und nachfolgend zu treffende Schutzmaßnahmen ist ein äußerst komplexer Vorgang, der wesentlich auf der langjährigen Erfahrung eines Kommissionsmitgliedes aufbaut. Zur Unterstützung der Entscheidungsfindung liefern aber die Daten einer automatischen Wetterstation einen wertvollen und zunehmend unentbehrlichen Beitrag dieser verantwortungsvollen Tätigkeit.

Für ein besseres Verständnis des Gesamtkonzeptes ist es vorteilhaft, kurz auf Gemeinsamkeiten und Unterschiede in der Tätigkeit von Lawinenwarndiensten, verglichen mit Wetterdiensten, einzugehen:

#### *Gemeinsamkeiten:*

- Interesse an den physikalischen Vorgängen in der Atmosphäre
- Erstellung von Prognosen
- Großes öffentliches Interesse
- Die Wetterprognose bildet eine Grundlage für den Lawinenlagebericht

#### *Unterschiede:*

- Scale (nur einige 10 m)
- Prognosezeitraum (üblicherweise 12 Stunden)
- Die Prognose läuft auf eine reine ja/nein-Entscheidung hinaus
- Rechtliche Verantwortlichkeit (Lawinenkommissionsmitglieder wurden schon verurteilt!)
- Der Wetterdienst ist zentral, der Lawinenwarndienst dezentral organisiert
- Andere Schwerpunkte in der Meßtechnik (kein Druck, dafür Schneehöhe u.a.)

Daraus ergibt sich ein spezifisches Anforderungsprofil für eine „Lawinenwarn-Meßstation“, auf das im folgenden näher eingegangen wird.

## 2. Ausbauplan

Um eine unkontrollierte Errichtung automatischer Stationen zu verhindern, erarbeitete der Landeslawinenwarndienst einen Ausbauplan. In diesem Plan sind großräumig Standorte eingetragen, die meteorologisch und nivologisch besonders geeignet erscheinen. Der genaue Standort einer Station wird dann in der Vor-Ort-Besichtigung von Vertretern des Lawinenwarndienstes und der örtlichen Lawinenkommission festgelegt. Anschließend erfolgt die genaue technische Planung sowie die Ausschreibung der Bauarbeiten. Die Finanzierung obliegt der betreffenden Gemeinde mit Beiträgen eventuell betroffener Liftgesellschaften oder Nachbargemeinden. Eventuell schon vorhandene Stationen anderer Betreiber (z. B. die TAWES-Stationen der Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik) können problemlos in das System integriert werden. Diese Stationen werden dann mit einer Schneehöhenmeßeinrichtung ergänzt.

Der Landeslawinenwarndienst unterstützt die Gemeinden nicht nur bei der Planung, sondern übernimmt auch einen Großteil der anfallenden Wartungskosten. Von insgesamt 30 geplanten Stationen sind derzeit 8 in Betrieb und 3 in Planung bzw. Bau.

## 3. Aufbau einer Station

Die Grundausstattung einer automatischen Wetterstation zusammen mit der Meßmethodik, Aufbereitung und Speicherung der Werte ist aus untenstehender Tabelle zu entnehmen.

Ist eine Stromversorgung vorhanden, sind die Meßgeräte kontinuierlich in Betrieb und werden ab Erreichen von Minustemperaturen geheizt. Ist keine feste Stromversorgung vorhanden, kann die Meßstation auch mit einer Solaranlage versorgt werden. In diesem Fall schaltet sich zwischen den Messungen die komplette Meßanlage ab und wacht nur zu den eingestellten Intervallen zum Messen und Speichern auf. Um die Solaranlage wirtschaftlich zu halten, sind bei Solarversorgung keine Meßgeräte mit Heizung möglich.

Da die Windwerte üblicherweise an einem exponierten Standpunkt (Grat, Gipfel, o.ä.) besonders interessant sind, die Schneehöhe hingegen an einem möglichst windunabhängigen Meßfeld, werden diese zwei Sensoren meist räumlich getrennt (oft mehrere hundert Meter).

Die Erfassung der Daten erfolgt in einem 16-Kanal-Datenlogger. Die analogen Meßeingänge

Meßgröße	Meßmethode/ Art des Gebers	Geber- abfrage	Aufbereitung der Werte	Speicherung der Werte für Zeitintervall 10 min.
Lufttemperatur	Pt 100, belüftet	10 s	1-Minuten-Mittel	Mittelwert der letzten Minute des Intervalls; Extremwerte des Intervalls
Luftfeuchte	kapazitiv	10 s	1-Minuten-Mittel	Mittelwert der letzten Minute
Windrichtung	Ultraschall	2 s	vektorielles Mittel über 1 Minute	vektorielles Mittel über Zeitintervall
Windgeschwindigkeit	Ultraschall	2 s	vektorielles Mittel über 1 Minute	vektorielles Mittel über 1 Minute vektorielles Mittel über Zeitintervall
Böe	Ultraschall	2 s	–	maximaler 2s-Wert der Geschwindigkeit im Intervall und zugehörige Richtung
Globalstrahlung	Sternpyranometer	2 s	1-Minuten-Mittel	Mittel über Zeitintervall
Schneehöhe	Ultraschall	10 s	–	arithmetisches Mittel über Intervall
Schneetemperatur	NTC	3 Std.	–	3-Stunden-Wert

werden nacheinander (multiplex) mit einem integrierenden AD-Wandler gemessen, digitalisiert und auf Plausibilität getestet. Die gültigen Meßwerte werden mit einer eingegebenen Formel auf physikalische Werte umgerechnet und mit Echtzeit in komprimierter Form gespeichert. Der Datenspeicher ist normal als Ringspeicher konfiguriert und hat eine Kapazität von etwa 40.000 Meßwerten. Bei Belegung aller Kanäle und einem Speicherintervall von 10 min. entspricht das einem Speicherzeitraum von etwa 3 Wochen. Im Falle einer Störung wird ein Reset und Neustart ausgelöst, wobei alle Daten und Meßwerte erhalten bleiben. Die Echtzeituhr, Arbeits- und Datenspeicher sind außerdem über eine Batterie gegen Versorgungsfall gesichert.

#### 4. Datenübertragung

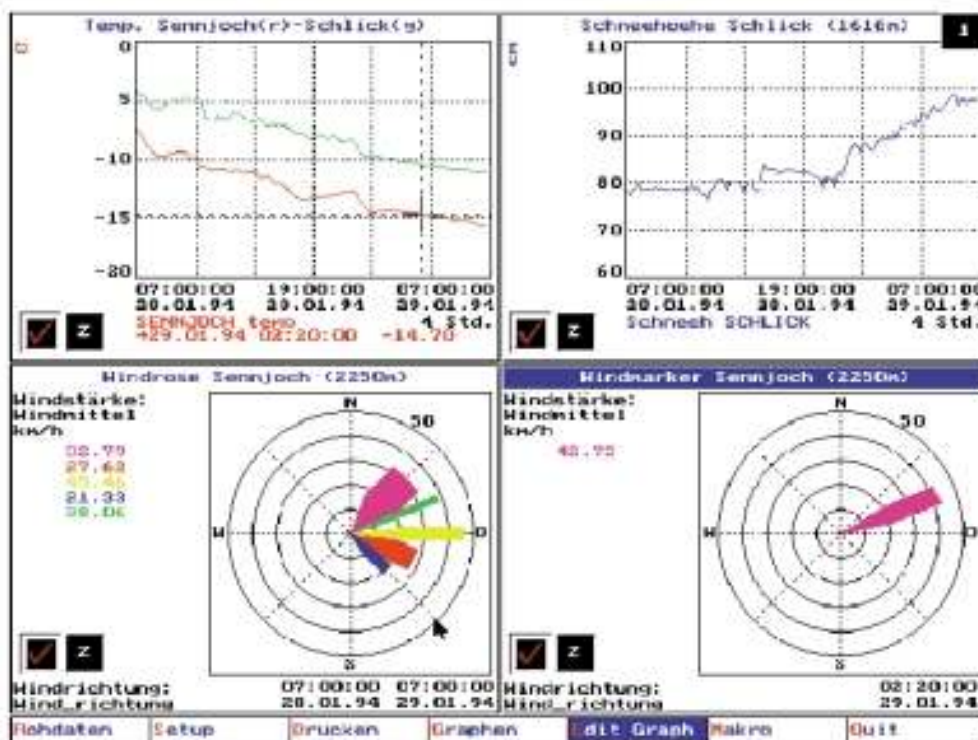
Der Abruf der Daten aus dem Datenlogger erfolgt über eine serielle Schnittstelle. Die weitere Übertragung erfolgt je nach örtlicher Situation über Direktleitung, Modem-Telefon, Modem-Mobiltelefon oder Funkmodem-Funkgerät. Eine Übertragung über Funkstrecken kommt z. B. insbesondere dann in Betracht, falls ein Teil der Station (wie die Schneehöhenmessung) von der übrigen Anlage räumlich getrennt ist. Am Ende der Übertragungskette steht aber immer ein Telefonmodem und das öffentliche Telefonnetz, über das die Daten für berechnete Nutzer jederzeit fernabfragbar sind.

Die Modems verwenden zur Erhöhung der Datensicherheit und des Datendurchsatzes Korrektur- und Kompressionsalgorithmen. Bei der üblichen Übertragungsrate von 2400 bd (1200 bd im Mobilnetz und über Funkstrecken) und 4facher Datenkompression kann daher ein Datendurchsatz von maximal 9600 bd erreicht werden. Da sich Hochgebirgsmeßstationen üblicherweise am Ende der Leitungen befinden und die Verbindungen daher oft sehr schlecht sind, schalten sich die Modems selbständig auf geringere Übertragungsraten zurück.

Der Vorteil dieses Systems liegt darin, daß eine Gemeinde von mehreren Orten aus, z. B.: dem Gemeindeamt und dem Büro des Schiliftunternehmers, auf die Daten zugreifen kann. Zum Vergleich können aber auch die Daten von Nachbarstationen fernabgefragt werden. Sämtliche Stationen stehen natürlich auch dem Landeslawinenwarndienst zur täglichen Abfrage als Grundlage des „Lawinenlageberichtes“ zur Verfügung.

#### 5) Auswertesoftware

Zu Beginn der Arbeiten mit automatischen Wetterstationen zeigte sich, daß vor allem die Praktiker vor Ort (= Mitglieder der Lawinenkommissionen) mit der vorhandenen Standardauswertesoftware Probleme hatten. Einerseits war die Programmbedienung sehr kompliziert, andererseits die graphische Darstellung zu wenig anschaulich.



Der Lawinenwarndienst Tirol entwickelte daher eine Software, die dem Praktiker einfache (Ein-Tasten-) Handhabung, dem zusätzlich interessierten Fachmann aber eine Fülle von weiteren Möglichkeiten bietet. Die Software ist auf jedem IBM-AT-kompatiblen PC unter DOS lauffähig. Für den täglichen Routinebetrieb werden üblicherweise am Morgen die letzten 24 Stunden eingelesen, graphisch ausgewertet und anschließend ausgedruckt. Weitere Interessenten ohne eigene Auswertestation können direkt einen Faxesdruck erhalten: Darüber hinaus besteht eine Schnittstelle zu einem sogenannten „Next-day-Modell“. Dafür benötigte Daten, die nur händisch zu messen sind (z. B.: Einsinktiefen der Rammsonde) oder beobachtet werden (z.B.: Lawinenabgänge), können über Tastatur in den Datensammler eingegeben und damit ebenfalls direkt in das Statistikprogramm übernommen werden.

Mit diesem Programm werden sämtliche Daten des aktuellen Tages samt der drei vorhergehenden Tage (mit unterschiedlicher Wichtung) mit den Daten aller vorhandenen Tage verglichen. Mittels der Methode des nichtlinearen Vektorabstandes zweier Tage werden nun die zehn Tage ausgesucht, die mit dem aktuellen Tag die größte Ähnlichkeit aufweisen. In einem Ausdruck erhält man die gereichte Liste dieser Vergleichstage samt der Lawinentätigkeit an jedem einzelnen. Um die unterschiedliche Charakteristik verschiedener Beobachtungsorte einzubeziehen ist es möglich, jeden Meßwert für jede Station unterschiedlich zu wichten. Neben dieser Vergleichsmethode kann mit diesem Programm aber auch eine graphische Übersicht der meteorologischen und nivologischen Verhältnisse an einer Meßstation samt der Lawinentätigkeit erstellt werden. Damit läßt sich sehr anschaulich die Entwicklung über einen Monat oder den gesamten Winter verfolgen (siehe die Schneeverlauf-Diagramme am Anfang des Winterberichtes).

## **6. Weitere Entwicklung**

Kernpunkt der weiteren Entwicklung ist sicher die Fertigstellung des Ausbaukonzeptes, die Wartung der bestehenden Stationen sowie die laufende Schulung der Lawinenkommissionsmitglieder.

Zur weiteren Verbesserung der Prognosegüte ist die laufende Beobachtung der Fortschritte in der numerischen Wettervorhersage von großer Bedeutung, wobei hier vor allem exaktere Niederschlagsprognosen sehr wertvoll wären. Damit wäre es in der Folge auch möglich, Prognosen über

einen Zeitraum von mehr als 12 Stunden (Wochenende!) zu stellen.

Als weiteres Ziel ist daran gedacht, das verwendete Next-day-Modell an Hand verschiedener, meteorologischer Ausgangslagen und in Hinblick auf die zu erwartende Lawinenaktivität zu überprüfen und die einzelnen Wichtungsfaktoren entsprechend anzupassen.

Daneben wird an der laufenden Verbesserung und Weiterentwicklung von Meßgeräten gearbeitet. Derzeit ist z.B. der Prototyp einer Schneetemperaturmeßanlage in Bau, bei der die einzelnen Fühler nur zu den Meßintervallen ausgefahren und dann wieder in den Meßmast zurückgezogen werden.