

ZAMG¹, Simplebytes e.U.²

Das Trusted Spotter Network Austria und wettermelden.at – Crowdsourcing von menschlichen Wetter- und Impact-Meldungen

T. Krennert¹, R. Kaltenberger¹, T. Spitaler², A. Schaffhauser¹

1 Motivation

Das Messnetz der ZAMG mit seinen mehr als 280 teilautomatischen Wetterstationen (TAWES) kann meteorologische Parameter wie Temperatur, Wind oder Niederschlag mit hoher Präzision und zeitlicher Auflösung erfassen. Kleinräumige (Un-)Wetterphänomene wie beispielsweise Gewitter werden aufgrund des durchschnittlichen Abstandes der Stationen im TAWES Netz von etwa 20 km messtechnisch nicht immer erfasst. Außerdem können Wetterstationsdaten die direkten Auswirkungen eines bestimmten Wetterphänomens auf die lokale Umgebung (Ground Truth) nicht widergeben (**Abbildung 1**). Im Speziellen sind das Phänomene, die eine signifikante Auswirkung auf unseren Alltag haben, wie zum Beispiel Sturzfluten, Sturmböen, großer Hagel, dichter Nebel, Glatteis, Schneeverwehungen, Raureif und andere. Selbst der Phasenwechsel des Niederschlags zwischen Regen, Schnee, Eisregen oder Eiskörner kann mit aktuellen technischen Standards der me-

teorologischen Messinstrumente ohne ergänzende menschliche Beobachtung nicht zuverlässig erfasst werden. Die Automatisierung von Wetterstationsnetzen und die deutlich reduzierte Anzahl hauptberuflicher Wetterbeobachter¹ hinterlassen einen Mangel an Ground Truth-Informationen. Es gibt daher mehrere Gründe Daten automatischer Wetterstationen mit Informationen von nicht professionellen, menschlichen Beobachtern zu ergänzen, um vollständigeres Wissen über das aktuelle Wettergeschehen und seinen „Impact“ zu erhalten.

Neben der Verbesserung der klimatologischen Bewertung wetterbedingter Risiken und deren Auswirkungen dienen diese Beobachtungen auch als Grundlage für die Verifikation und anschließende Kalibrierung von Unwetterwarnungen. Sind verlässliche Meldungen über Extremwetter und dessen Auswirkungen in Echtzeit verfügbar, ermöglichen sie einen instantanen Feedback-Loop für den diensthabenden Warnmeteorologen, aktive Wetterwarnungen zeitnah zu

¹ Gendererklärung: Zur besseren Lesbarkeit werden personenbezogene Begriffe gegebenenfalls in der männlichen Form angeführt, der Gleichheitsgrundsatz gilt für alle Geschlechter.

modifizieren.

In Österreich sind Amateur-Wetterbeobachter und Sturmjäger unter anderen im gemeinnützigen Verein *SKYWARN Austria* organisiert². Die ZAMG erkannte die Bedeutung von Unwetterberichten freiwilliger Beobachter in kritischen Wettersituationen bereits kurz nach der Jahrtausendwende und entwickelte die nötige Infrastruktur, um diese Informationen im Vorhersagedienst möglichst zeitnah verfügbar zu haben. Um die Zuverlässigkeit dieser Berichte zu erhöhen, wurde für freiwillige Beobachter ein Schulungsprogramm eingerichtet. Das *European Severe Storms Laboratory ESSL*³ wurde als Kooperationspartner in diese Zusammenarbeit einbezogen, um die Unwetterberichte in die Unwetterdatenbank *European Severe Weather Database ESWD*⁴ zu melden. Damit konnten die Qualitätsmechanismen und Meldekriterien der ESWD auch für freiwillige Wetterbeobachter in Österreich übernommen werden.



Abb. 1: Schäden aufgrund von Extremwetter, die nicht von Wetterstationen erfasst werden.

Diese Zusammenarbeit zwischen SKYWARN Austria, dem ESSL und der ZAMG ist nachhaltig auch heute für alle Beteiligten von

Vorteil, wurde von der Europäischen Meteorologischen Gesellschaft⁵ als „Best Practice“ ausgezeichnet und wird auch von anderen Wetterdiensten mit hohem Interesse verfolgt.

2 Das „Trusted Spotter Network“ von Skywarn Austria: Beobachtertraining im Gegenzug für zuverlässige Wetter- und Impact-Meldungen

In Zeiten zunehmender Digitalisierung konnten Wetterenthusiasten ihrer Leidenschaft besser nachkommen und sich in Echtzeit auf sozialen Medien oder in einschlägigen Foren austauschen. Als Ergebnis der zunehmenden Vernetzung unter Amateur-Wetterbegeisterten in ganz Österreich wurde SKYWARN Austria im Jahr 2003 als gemeinnütziger Verein gegründet, mit dem Ziel zeitnah Informationen über gefährliche Wetterereignisse zu sammeln und die Öffentlichkeit darüber zu informieren. Ein Vereinsziel ist es dadurch Unwetterschäden an Mensch und Gut entgegenzuwirken sowie mit Wetterdiensten und Medien zu kooperieren. Aktive Vereinsmitglieder erhalten durch den Verein eine Basisausbildung mit Informationen über physikalische Grundlagen zum Wetter allgemein und zu Gewittern im Speziellen. Mit diesem Grundlagentraining werden sie auf ihre Aktivität als Spotter oder Chaser vorbereitet.

Seit der Gründung von SKYWARN Austria stieg die Anzahl der Mitglieder stetig an und zeitgleich mit dem Beginn öffentlicher Wetterwarnungen erkannte auch die ZAMG das große Potential wetterbegeisterter Laien. In der bald darauffolgenden gemeinsamen Kooperation bekamen Enthusiasmus und Aktivitäten der beteiligten Spotter und Chaser

² <https://www.skywarn.at/>

³ <https://www.essl.org/>

⁴ <https://www.eswd.eu/>

⁵ <https://www.emetsoc.org/resources/best-practice/outreach-and-communication/>

neue Bedeutung und zusätzliche Motivation. Bis heute stellt diese Zusammenarbeit einen Gewinn für beide Seiten dar. Vorhersagemeteorologen begannen die Unwetterberichte der Vereinsmitglieder für die Verbesserung von Wetterwarnungen und Prognosen zu nutzen, SKYWARN Österreich erhöhte durch die Kooperation seine öffentliche Wahrnehmung und das Bewusstsein, durch die Meldungen und Beobachtungen einen Teil zu öffentlichen Wetterwarnungen beizutragen.

Zum aktuellen Zeitpunkt verfügt SKYWARN Austria über mehr als 100 aktive Mitglieder, die nicht nur ortsfeste Wetterbeobachtungen durchführen (*Spotter*), sondern auch über etwa zwei Dutzend „Sturmjäger“ (*Storm Chaser*), die teils weite Strecken zurücklegen, um Gewitter oder gar Unwetter aus unmittelbarer Nähe mit zu erleben und zu dokumentieren.

Ein Meilenstein in der Intensivierung und Formalisierung dieser Zusammenarbeit wurde im Jahre 2010 mit der Begründung des *Trusted Spotter Network Austria* (TSN) gesetzt. Das Konzept dieser neuen Kooperation bestand in der zusätzlichen Ausbildung freiwilliger Spotter und Chaser, um das Bewusstsein um die Bedeutung sowie die Qualität ihrer Beobachtungen weiter zu verbessern. Die Teilnahme an diesem erweiterten Ausbildungsprogramm setzt den Status eines „aktiven“ Spotters mit abgeschlossenem Basistraining voraus. Das Trainingskonzept der ZAMG besteht aus zwei Komponenten:

Erstere ist die Teilnahme an einem eintägigen Workshop zu interessanten Themen und fachlichen Fragestellungen. Die Workshops beinhalten regelmäßig praktische Übungen, eigene Beiträge der Teilnehmer sowie Vorträge von hauptberuflichen Meteorologen und Fachexperten. Ein wichtiger Bestandteil sind die regen Diskussionen mit für beide Seiten gewinnbringen-

dem Erfahrungsaustausch zwischen Enthusiasten und Profis. Jedes Jahr werden drei Workshops in den regionalen Kundenservicestellen der ZAMG in Wien, Graz und Salzburg angeboten. Mittlerweile wurde im Zuge der weltweiten COVID-Krise auch der erste TSN Workshop erfolgreich online durchgeführt. Um Interessierte in Zukunft noch besser zu erreichen und das Bildungsangebot der ZAMG zu erweitern, soll sich zukünftig eine Mischform zwischen örtlicher Beteiligung und einer Online-Teilnahme bei den Workshops institutionalisieren (siehe **Abbildung 2**, rechts).



Abb. 2: Trainingsaktivitäten an der ZAMG im Rahmen des TSN

Die zweite Säule stellt das individuelle Training der angehenden Trusted Spotter dar. Diese Form ist als etwa zweistündige Besuchseinheit („Job Shadowing“) bei diensthabenden Meteorologen an allen regionalen Kundenservicestellen der ZAMG (Innsbruck, Klagenfurt, Salzburg, Graz und Wien) möglich. Seit Kurzem steht dieser Teil des Trainings auch online zur Verfügung. Diese Form der Ausbildung ermöglicht das persönliche Kennenlernen und so den Aufbau einer Vertrauensbasis zwischen freiwilligen Beobachtern und Vorhersagemeteorologen. Nach einmaligem Durchlaufen beider Trainingskomponenten wird ein SKY-

WARN Austria-Mitglied zum Trusted Spotter. Dieser genießt mit abgeschlossenem Training ein höheres Maß an Glaubwürdigkeit und hat damit Zugang zu einem speziellen Web-Portal mit meteorologischen Daten der ZAMG, die ihn bei seiner Aktivität unterstützen sollen (siehe **Abbildung 2**, links).

Das abwechslungsreiche und stets auf aktuelle Wetter- und Extremwetterereignisse bezugnehmende Programm erhält die Attraktivität der Workshops und individuellen Besuche an der ZAMG. Damit wird dieses Angebot auch von vielen bereits ausgebildeten Trusted Spotters öfter oder auch regelmäßig angenommen, obwohl für die Lizenzierung nur eine einfache Teilnahme erforderlich wäre. Die Begeisterung der Laien und professionellen Meteorologen spiegelt sich in den zahlreichen, für alle gleichermaßen interessanten und wissenschaftlich hochwertigen Beiträgen wider. Neben der fachlichen Komponente bieten die Workshops auch Gelegenheit zum persönlichen Kennenlernen und der weiteren Vernetzung innerhalb der Spotter-Community.

Zusammen mit der Einrichtung der TSN-Trainingsaktivität bildet auch die Standardisierung der Meldekriterien- und Parameter für Unwetterphänomene sowie ein Qualitätsmanagementsystem die Basis für den Vertrauensvorsprung eines Trusted Spotters im Vergleich zu Meldungen aus anderen Quellen. Insbesondere im zeitkritischen Kontext von Unwetterwarnungen ist die hohe Verlässlichkeit der Information über Unwetterauswirkungen für den Entscheidungsablauf des Warnmeteorologen unverzichtbar (**Abbildung 3**, Echtzeitinformation direkt vom Ort des Geschehens).

Für die Kooperation zwischen den ursprünglichen drei Partnern war der Beitrag des ESSL essentiell für die Zusammenarbeit. Die Spotter von SKYWARN Austria ha-

ben die strengen Meldekriterien und die bewährte Qualitätskontrolle der ESWD für ihre Beobachtungen übernommen, im Gegenzug wurden ihre Beobachtungen direkt zeitnah in die ESWD gespeichert und gemäß des Ausbildungsgrades der Spotter in ihrer Qualitätseinstufung unterscheidbar gemacht.



Abb. 3: Trusted Spotter und Chaser während Beobachtungen auf freiem Feld

Seit dem Jahr 2013 besteht eine weitere Kooperation zwischen Skywarn Österreich und dem Österreichischen Versuchssender Verband ÖVSV⁶ (Amateurfunke Österreichs). Damit wurde die Gemeinschaft der österreichischen Amateurfunke in das Trusted Spotter Netzwerk integriert. Auch hier erlangen Mitglieder des ÖVSV nach einem Basis-Training, welches zahlreiche Amateurfunke bislang absolviert haben, ähnlich jenem von SKYWARN, den Status des *Amateur Radio Spotters* ARS. Insbesondere die so genannten Notfunk-Netze des ÖVSV bieten im Falle von Extremwetter eine ausfallsichere Form der Kommunikation und damit die Möglichkeit für die Beobachtung und Meldung wetterbedingter Schäden auch in Krisensituationen.

⁶ <https://www.oevsv.at/oevsv/skywarn/>

3 Die ESWD-Qualitätskriterien und ihre Anwendung im TSN

Nachdem es einige Versuche in der Community europäischer Gewitterforscher gegeben hat, Unwetterberichte an zentraler Stelle zu sammeln, wurde schließlich 2006 die zentrale europäische Unwetterdatenbank ESWD von ESSL aufgebaut, um Information über Extremwetterereignisse dem Ereignistyp nach zu kategorisieren. Europaweit werden disruptive Unwetterarten und deren Schäden (wie großer Hagel, kräftige Windböen, Tornados, intensiver Regen oder Schneefall, gefrierender Regen und andere) in ein international standardisiertes und prozessierbares Format gespeichert (*Dotzek et al., 2009*). Eine vollständige Erfassung sowohl aktueller als auch historischer Extremwetterereignisse und deren Schäden wird in der ESWD Datenbank angestrebt.

Die Kriterien und Schwellen für diese Ereignisse sind klar definiert, und es werden nur Wetterereignisse gespeichert, deren Schadensausmaß direkt beobachtet wurde oder anhand der beobachteten meteorologischen Parameter als sehr wahrscheinlich eingestuft werden kann (zum Beispiel Hagelschlossen größer als 2 cm, Windböen stärker als 25 m/s oder Niederschlagsraten oberhalb definierter Schwellwerte). Detaillierte Informationen zu den ESWD Schwellwerten und Meldekriterien sind im entsprechenden Dokument einzusehen (*ESSL, 2014*).

Informationen zu Unwetterereignissen in der ESWD stammen von Augenzeugen, Medienberichten, Einsatzkräften und vielen anderen Quellen. Grundsätzlich kann jeder über ein Web-Formular direkt in die ESWD melden, in den einzelnen Fällen wird sich aber die Expertise der meldenden Personen zur korrekten Erfassung der Wetterphänomene und deren Schäden unterscheiden.

Daraus hat das ESSL das bewährte Qualitätsmanagement für die ESWD entwickelt:

1. QC0: „wie eingegangen“. Die niedrigste Qualitätsklasse ist das Sammelbecken für alle Beobachtungen von unbekannt Personen oder Quellen. Jeder QC0-Bericht wird von ESSL-Mitarbeitern möglichst zeitnah geprüft und entweder auf eine höhere Qualitätsklasse angehoben oder gelöscht.
2. QC0+: „Plausibilität geprüft“. Diese Qualitätsklasse repräsentiert Meldungen von Personen, deren Identität bekannt ist, aber ohne erweiterte meteorologische Ausbildung. Hierzu gehören auch Meldungen aus glaubwürdigen Quellen, jedoch ohne vollständige Prüfung, beispielsweise eine von einer zuverlässigen Quelle weitergeleitete Information von Meldungen Dritter.
3. QC1: „bestätigt“. QC1 ist die Qualitätsklasse für Meldungen, welche direkt von vollständig ausgebildeten Beobachtern abgegeben werden, vertrauenswürdigen Medienberichten oder Meldungen von Einsatzkräften oder Behörden. Dazu ist auch das Vorhandensein von entsprechendem Foto- oder Videomaterial nötig.
4. QC2: „vollständig verifiziert“. Die höchste Qualitätsklasse wird eher selten vergeben und gilt für abgeschlossene forensische Untersuchungen vor Ort sowie für ausführliche oder wissenschaftliche Fallstudien.

Mit dem Anwenden der ESWD Qualitätskriterien auf die Meldungen von österreichischen SKYWARN Mitgliedern wurde das oben beschriebene Qualitätsmanagement auch im Trusted Spotter Network Austria formalisiert. Über die öffentliche Meldeplattform von SKYWARN können ebenfalls Beobachtungen an die ESWD gemeldet werden. Unbekannte Personen melden mit der geringsten Qualitätsstufe QC0, aktive Mitglie-

der von SKYWARN und ARS mit Basistraining melden mit QC0+. TSN-Mitglieder sind nach absolviertem Training befähigt, Meldungen mit der Qualitätsklasse QC1 abzugeben. Diese unterschiedlichen Qualitätsklassen ermöglichen so den Nutzern der ESWD eine bedarfsorientierte Datenfilterung, sei es für klimatologische Anwendungen oder im Vorhersagebereich.

4 Ein mögliches Vorbild für andere Länder und europaweite Perspektive

Die Zusammenarbeit zwischen ZAMG, SKYWARN Austria, dem ÖVSV und ESSL ist für alle Beteiligten von Vorteil. In Europa ist es die in dieser Form am weitesten fortgeschrittene Kooperation. Eine Umfrage unter europäischen nationalen Wetterdiensten zeigt einen stark zunehmenden Trend zu Öffentlichkeitsarbeit im Bereich Bürgerwissenschaften (*Citizen Science*) aber auch bei der verstärkten Verwendung alternativer Datenquellen (*Crowdsourcing*) im operativen Vorhersage- und Warnbetrieb und für die Forschung (*Krennert et al., 2018b*). Einen großen Anteil an Crowdsourcing-Daten haben private Wetterstationen, die auf öffentlichen Plattformen dargestellt werden (zum Beispiel die internationale *Weather-On-the-Web*-Kooperation des britischen Wetterdienstes, ein virtuelles Netzwerk mit tausenden privaten Stationen weltweit, <https://www.metoffice.gov.uk/> oder beispielsweise <https://www.meteo.be/>). Weitere Quellen für meteorologische Crowdsourcing Daten sind Messdaten von Fahrzeugen aller Art, Kombinationen unterschiedlicher Sensoren (IoT), das automatische Erfassen von bestimmten Schlagworten in sozialen Medien (z.B. *Semantic Text Mining*, *Web-oder Screen-Scraping*, *Web-Harvesting*) oder auch Kooperationen mit Einsatzkräften, deren wetterbezogene Einsatzdaten in Echtzeit verfügbar gemacht werden. Informationen

über Extremwetterereignisse von freiwilligen menschlichen Beobachtern werden von einer überwiegenden Mehrheit europäischer Wetterdienste aktiv erfasst, zumeist über mobile Applikationen und Web-Plattformen mit entsprechenden Meldefunktionen.

Bei den meisten der oben genannten, automatischen Datenquellen bestehen Vorbehalte gegenüber ihrer Qualität. Vielfältige Verfahren zur Qualitätskontrolle bedingen jedoch ein Verwerfen verfügbarer Information, zumeist kann nur ein kleiner Teil der gesammelten Datensätze sinnvoll verwendet werden. Auch bei menschlichen Meldungen besteht diese Unsicherheit gegenüber der Qualität eingegangener Information. Viele Wetterdienste betrachten diese Meldungen als Teil ihrer Öffentlichkeitsarbeit, nur wenige verwenden die eingegangenen Meldungen verbindlich für die Wettervorhersage und Warnungen. Jedoch werden menschliche Beobachtungen häufig auch als Unterstützung bei Analysen und Fallstudien von Extremwetterereignissen herangezogen. Insbesondere die ESWD gilt in diesem Zusammenhang aufgrund des beschriebenen Qualitätsmanagements als verlässliche Datenquelle und als wissenschaftlicher Standard.

Mit dem TSN und der entsprechenden Kombination von standardisiertem Training und Qualitätsmanagement haben die ZAMG und ihre Kooperationspartner ein Alleinstellungsmerkmal innerhalb Europas. Um diese Kooperation und das TSN-Netzwerk aufrecht zu erhalten, betreibt die ZAMG sowie andere Wetterdienste einen entsprechenden personellen und finanziellen Aufwand. Ein logischer Schritt ist daher eine Angleichung, im besten Falle eine Standardisierung, und der Austausch aller europäischen menschlichen Unwetterbeobachtungen.

Indes hat sich nach mehr als einem Jahrzehnt Trainingstätigkeit an der ZAMG her-

ausgestellt, dass die sehr strengen Kriterien der ESWD zu Unsicherheiten bei den Trusted Spotttern geführt haben und der Motivation Meldungen abzuschicken im Zweifelsfall hinderlich waren. Dieses Problem erkennend, veröffentlichte das ESSL Anfang 2017 den *European Weather OBServer* EWOB als native App für Mobiltelefone⁷, als eine neue, vereinfachte Möglichkeit nicht nur extreme Wetterereignisse, sondern eine wesentlich größere Anzahl von Wetter- und Impact-Parametern zu melden. Damit vergrößerte sich die Zielgruppe der Melder signifikant, eine spezifische Ausbildung und eine gute Kenntnis komplexer Meldekriterien war keine Voraussetzung mehr. Der Übergang von Extremwetter zu allen möglichen Arten von Wetter verringerte den Aufwand für das Melden und wurde auch außerhalb der einschlägigen Vereine für Interessierte attraktiv.

Die Vielzahl von Berichten und Beobachtungen in den sozialen Medien zeigt das sehr große Interesse an Wetter allgemein und an Unwettern im Speziellen (*Keul et al. 2019*). Dennoch wird nur eine kleine Anzahl an Wetterbegeisterten einem Spotter-Verein beitreten wollen und die Mühen der erweiterten Ausbildung auf sich nehmen. EWOB bietet hier die sehr einfache Möglichkeit mit Hilfe einer leicht verständlichen Oberfläche und einer raschen Darstellung der Meldung durch ansprechende Grafik ein Erfolgserlebnis für Melder in Gemeinschaft mit zahlreichen anderen aktiven Beobachtern zu schaffen. Im Gegensatz zur limitierten Anzahl der Meldungen von ausgebildeten Trusted Spotttern liegt das Nutzungspotential von EWOB in der Quantität und schnellen Durchführbarkeit der Meldungen.

Damit stammt die Mehrheit aller Meldungen in der EWOB Datenbank von untrainierten Beobachtern ohne Qualitätskontrolle, deren potentiell zeitliche und räumliche

hohe Dichte insbesondere bei schwierigen Situationen im Vorhersagebereich von hohem Wert ist. Als gutes Beispiel lässt sich im Alpenraum die Wetterlage mit unterschiedlichen Niederschlagsarten wie Schneefall, Schneeregen oder Regen und deren unterschiedlichen Auswirkungen auf gefrorenen oder nassen Boden beschreiben. Entsprechende Information kann daher nicht nur im Falle von Wetter mit hohem Impact interessant sein, sondern vor allem auch in dessen Vorfeld.

EWOB Meldungen, die den strengen ESWD Kriterien entsprechen, werden nach entsprechenden Prüfverfahren zu einem späteren Zeitpunkt in die ESWD Datenbank übernommen. Damit hält die Möglichkeit möglichst viele Wetter- und Impact-Parameter zu melden ein großes Potential, eine breite Öffentlichkeit mit der Wettervorhersage und Wetterwarnungen in Kontakt zu bringen.

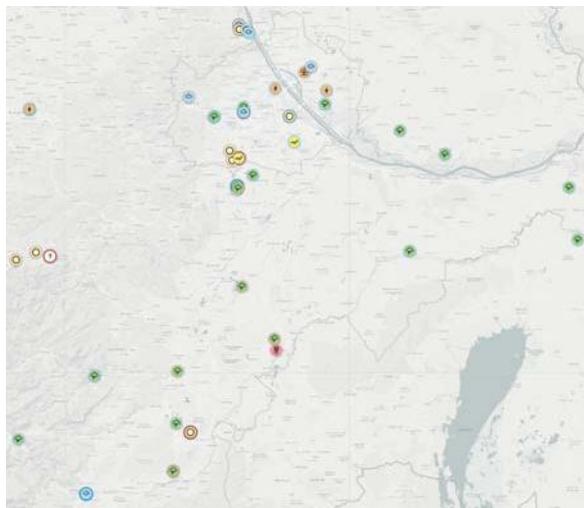


Abb. 4: Meldungen aus *wettermelden.at* vom Nachmittag des 3. Juni 2020, den Tornado von Pottendorf beinhaltend, der ursprünglich als Staubteufel gemeldet wurde.

Insbesondere ist die Motivation sich über das Wetter auszutauschen bei außergewöhnlichen oder gefährlichen Wetterlagen

⁷ <https://www.essl.org/ewob/>

besonders hoch (Keul et al., 2019).

5 Die Integration des TSN in das EWOB

Konzept: *wettermelden.at*

Während der letzten Jahre konnte die Idee zur Kombination beider Konzepte in Österreich an der ZAMG weiterentwickelt und deren Realisierung schließlich begonnen werden. Eine Umfrage durch Kaltenberger et al. (2020) ergab, dass mit 97% die weit überwiegende Mehrheit der operationellen Abteilungen der europäischen Wetterdienste, trotz der Vielzahl aller verfügbaren Mess- und Rotesensing-Daten, nach wie vor starken Bedarf an Echtzeit-Information über die Ground Truth hat, also über das „was da draußen gerade tatsächlich passiert“. Damit wurde das *wettermelden.at*-Konzept mit starkem Focus auf die Anwendung im operationellen Bereich und auf Echtzeit Information über Impacts entwickelt. Nach einer Empfehlung der WMO für die Implementierung auswirkungsorientierter Wettervorhersagen und Warnungen (WMO, 2015) wird bei europäischen Wetterdiensten der Umstieg auf Auswirkungs- oder Impact-orientierte Services vorangetrieben. Deren operationelle Umsetzung erfordert im Idealfall einen instantanen Feedback Loop um veröffentlichte Warnungen für Wetter und Impacts in Echtzeit zu verifizieren. Die sekundenschnelle Verfügbarkeit der menschlichen Meldungen ermöglicht eine unmittelbare Adaption von Wetterwarnungen, beispielsweise die Erhöhung der Warnstufe aufgrund von Information über sehr großen Hagel im Bereich einer Superzelle. Angesichts der minutenlangen zeitlichen Verzögerungen gegenüber der physikalischen Realität selbst von RADAR- oder Satellitendaten am Vorhersagearbeitsplatz macht den Wert verlässlicher Beobachtungen der Ground Truth innert von Sekunden offenbar. Um diesen hohen Grad an

Verlässlichkeit für die Wetter- und Impact-Meldungen zu erreichen, bewährt sich das Ausbildungskonzept des TSN innerhalb eines solchen Meldesystems (siehe **Abbildung 4**).

Die ZAMG konnte mit dem TSN während der letzten Jahre mannigfaltige Erfahrungen zur Optimierung der Öffentlichkeitsarbeit sammeln. Eine Erkenntnis leitet sich aus der hohen personellen Fluktuation bei den einschlägigen Spotter-Vereinen ab. So behält die erlangte TSN-Lizenz auch für Personen außerhalb der Vereine ihre Gültigkeit. Zusätzlich zum klassischen Basistraining der Kooperationspartner SKYWARN und ÖVSV bietet die ZAMG einen Online Trainingslehrgang mit Fokus auf die aktuellen Meldeparameter in *wettermelden.at* sowie weiterführender Fachinformation an. In Anlehnung an das TSN-Ausbildungskonzept und die ESWD-Qualitätslevel wurden in Zusammenarbeit mit dem ESSL, anderen europäischen Wetterdiensten und Spotter-Organisationen (ESWD User Meeting, Wiener Neustadt im März 2018) drei neue Kompetenzlevel für die Meldungen definiert. Anonyme Personen ohne Ausbildung melden weiterhin mit RL0 (Reliability Level, entspricht ESWD QC0). Personen mit Basis- oder Online-Training sind zumindest über eine Emailadresse bekannt und melden mit RL1 (QC0+). Trusted Spotter melden bei gleichem, persönlichen Ausbildungsschema mit RL2 (QC1).

Ebenso wurde in diesem Zusammenhang eine Erweiterung der Liste der möglichen EWOB Meldeparameter beschlossen. Nunmehr können 14 Wetter- und Impact-Hauptkategorien inklusive der Unterkategorien und Intensitätsklassen via *wettermelden.at* übersendet werden:

1. Bewölkungsgrad, optische Phänomene und Temperatur
2. Regen und Schneefall
3. Hagel

4. Geschlossene Hageldecke
5. Gesamtschneehöhe
6. Vereisung, Raureif und Schneelast
7. Überschwemmung, Überflutung
8. Wind
9. Wirbelwind
10. Blitz
11. Eingeschränkte Sicht
12. Lawine, Erdbeben
13. Waldbrand
14. Erdbodenzustände

Als Eingabewerkzeug für die Wetter- und Impact-Meldungen hat die ZAMG eine plattformunabhängige Web-App entwickelt, damit entfällt auch die Hürde mit Download und Installation einer nativen App. *wettermelden.at* ist nach Aktivierung der mobilen Datenverbindung sowie der automatischen Lokalisierung einfach über einen Browser mit allen Funktionen wie Foto, Archiv und Usermanagement verfügbar. Nur registrierte User melden auch mit einem gegebenenfalls verfügbaren, höheren Kompetenzlevel (RL). In der App werden alle einzelnen Meldeparameter anhand ihres Impacts in Stichworten beschrieben und sind so auch für Wetter-Laien ohne Training intuitiv im Zusammenhang zur vorherrschenden Wettersituation und ihren Auswirkungen wählbar.

Zentraler Bestandteil des neuen *wettermelden.at*-Systems (Abbildung 5) ist die österreichische Wetter- und Impact-Meldungs-Datenbank. Hier werden alle Komponenten des Qualitätsmanagements sowie Datenprüfung und die Erfüllung der Datenschutzbestimmungen im Sinne der DSGVO und das Usermanagement mit den jeweils zugeordneten Kompetenzebenen verknüpft. Die Datenbank ermöglicht als Archiv vielfältige, wissenschaftliche und analytische Anwendungen, die Qualitätskriterien ermöglichen des weiteren potentielle Anwendungen bei der Datenassimilation für numerische Vorhersagemodelle und der

Impact-Modellierung.

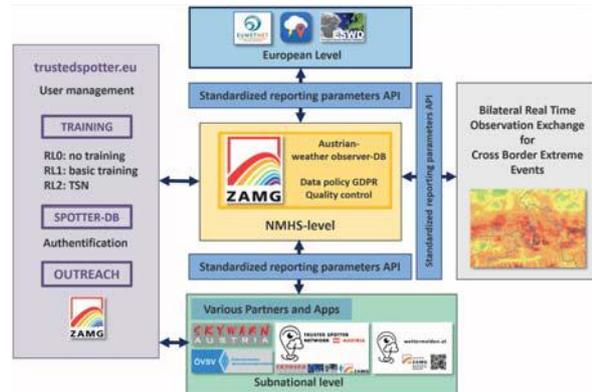


Abb. 5: Das Schema des *wettermelden.at*-Systems der ZAMG

Als erweiterte Komponente des Qualitätsmanagements dient eine automatische Bilderkennung mit Hilfe eines neuronalen Netzwerkes zur Prüfung des über die App eingelangten Bildmaterials (Abbildung 6, Hagelsteine und das *wettermelden.at*-Kunststoffkärtchen mit Zentimeterskala).



Abb. 6: Wettermelden mit Hilfe wasserfester Kärtchen mit Zentimeterskala

Die Architektur des *wettermelden.at*-Systems ermöglicht einen Austausch von Meldungen über standardisierte Programmierschnittstellen (*Application Programming Interface* API) mit Kooperationspartnern in Echtzeit. Diese können von Partnern

auf eigenen Plattformen oder Apps integriert und in der jeweiligen eigenen Community genutzt werden, ohne eine fremde App bewerben zu müssen. Auf diese Weise fungieren Kooperationspartner bei der Generierung von Wettermeldungen als Multiplikatoren. Mit der Benützung des Online Trainings ist für diese Communities auch eine fachliche Vertiefung leicht zugänglich. Die Architektur des *wettermelden.at*-Systems ermöglicht der ZAMG ebenfalls alle verfügbaren Funktionen für Kooperationspartner als Services zur Verfügung zu stellen.

6 Ausblick

Das *wettermelden.at*-System wird bereits jetzt am Vorhersagearbeitsplatz an der ZAMG verwendet. Damit wird der instantane Feedback Loop für veröffentlichte, auswirkungsorientierte Wetterprognosen und Warnungen in Echtzeit umgesetzt. Die menschlichen Beobachtungen werden dabei mit anderen alternativen externen Da-

tenquellen, wie zum Beispiel Einsatzdaten, kombiniert. Damit sind die Wetter- und Impact-Meldungen integrativer Bestandteil der Wetterwarnungen der ZAMG und werden auch zukünftig immer öfter die Grundlage für forensische Auswertungen aufgetretener Schäden bilden.

Da Extremwetterereignisse naturgemäß nicht an Ländergrenzen enden, wird in vielen Wettersituationen mit großräumigem, hohem Impact der Mangel an internationalem, zumindest bilateralem Datenaustausch über die Ground-Truth evident. Dieser Austausch setzt aber klare Normen bei Meldeparametern, Beobachter-Training sowie der Qualitätskontrolle und bei Datenprotokollen voraus. Die ZAMG engagiert sich daher auch für eine solche europäische Standardisierung im Rahmen von EUMETNET und unterstützt die gemeinschaftliche wissenschaftliche und technische Weiterentwicklung für menschliche Wetter- und Impact-Meldungen unter Berücksichtigung existierender Methoden und Systeme.

Literatur

- ▷ ESSL, 2014: ESWD Event reporting criteria, Revision: May 10, 2014, https://www.eswd.eu/docs/ESWD_criteria_en.pdf
- ▷ Dotzek, N., Groenemeijer, P., Feuerstein, B., and Holzer, A. M., 2009: Overview of ESSL's severe convective storms research using the European Severe Weather Database ESWD. *Atmos. Res.*, **93**, 575–586, <https://doi.org/10.1016/j.atmosres.2008.10.020>.
- ▷ Kaltenberger, R., Schaffhauser, A., and Staudinger, M., 2020: „What the weather will do“ – results of a survey on impact-oriented and impact-based warnings in European NMHSs. *Adv. Sci. Res.*, **17**, 29–38, <https://doi.org/10.5194/asr-17-29-2020>.
- ▷ Keul, A., Krennert, T., Kaltenberger, R., 2019: Wetterbegeisterung - Umfragen unter Profis, Amateuren und Allgemeinbevölkerung in Österreich. *ÖGM Bulletin* 2019/2, S. 11ff.
- ▷ Krennert, T., Kaltenberger, R., Pistotnik, G., Holzer, A. M., Zeiler, F., and Stampfl, M., 2018a: Trusted Spotter Network Austria – a new standard to utilize crowdsourced weather and impact observations. *Adv. Sci. Res.*, **15**, 77–80, <https://doi.org/10.5194/asr-15-77-2018>.
- ▷ Krennert, T., Pistotnik, G., Kaltenberger, R., and Csekits, C., 2018b: Crowdsourcing of weather observations at national meteorological and hydrological services in Europe. *Adv. Sci. Res.*, **15**, 71–76, <https://doi.org/10.5194/asr-15-71-2018>.
- ▷ WMO, 2015: WMO Guidelines on Multi-hazard Impact-based Forecast and Warning Services. WMO-No. 1150, ISBN 978 - 92 - 63 -1115 0 - 0.

Letzter Zugriff auf alle angeführten Web-Links: 20.5.2020

Die Autoren erlauben sich, an dieser Stelle an eine große Anzahl von Personen Dank auszusprechen. Dieser gilt allen individuellen und institutionellen Partnern im TSN für ihre Unterstützung, ihren Enthusiasmus und Einsatz, allen Autoren und Reviewern, allen Testern der Trainingsmaterialien und Anwendungen, allen für ihre Beiträge zu den Workshops, allen Verantwortlichen an der ZAMG für die Unterstützung, dieses Projekt umzusetzen und weiterzuentwickeln sowie allen vergangenen und zukünftigen Wettermelderinnen und Wettermeldern! Es gilt: Wettermelden, Warnen helfen, Gefahr vermeiden!