

Plattform Hagelabwehr Steiermark

Technisch-wissenschaftliche Begleitung (Koordiniertes Hagelprojekt)

Bericht 2021

(für den Zeitraum 1/2021 bis 12/2021)

Technische Universität Graz

Institut für Hochfrequenztechnik

Arbeitsgruppe Radartechnik und Mikrowellenausbreitung

Inhalt

1. Projektziele.....	2
2. Durchgeführte Tätigkeiten und Ergebnisse.....	2
2.1. Netz-Anbindung des Wetterradars Reicherhöhe (+ Zirbitzkogel)	2
2.2. Ausstattung der Hagelabwehrflugzeuge	3
2.3. Archivierung der vorhandenen Daten	5
2.4. Datenanalyse	7

1. Projektziele

(Basierend auf Kostenplan, Fassung 3, 20.12.2006ra)

- (A) Ausstattung der Hagelabwehrflugzeuge mit einheitlichen GPS-Wegdatenerfassungen und mobilen Wetterradar-Terminals (samt Positionseinblendung)
- (B) Netz-Anbindung des Wetterradars Reicherhöhe
- (C) Definition und Einrichtung eines gemeinsamen Hageldatenarchivs
- (D) Laufende Führung und Verwaltung des Hageldatenarchivs
- (E) Laufende Datenanalyse

2. Durchgeführte Tätigkeiten und Ergebnisse

2.1. Netz-Anbindung des Wetterradars Reicherhöhe (+ Zirbitzkogel)

Ziel dieser Aktivität ist:

- On-line-Verfügbarkeit der Radardaten und Bilder vom Wetterradar Reicherhöhe über Internet (für berechnigte Nutzer)
- Bereitstellung der Radardaten vom Wetterradar Zirbitzkogel für berechnigte Nutzer

Tätigkeiten:

- Laufende Kontrolle und Optimierung der Datenübertragung
- Die Datenübertragung vom Radar wurde seitens der TU Graz regelmäßig kontrolliert und bei auftretenden Fehlern korrigiert.

Umbau des Wetterradar Reicherhöhe

Das Wetterradar Reicherhöhe wurde vom Radarhersteller GVD zu Beginn des Jahres 2021 generalüberholt und mit neuer Radarelektronik und Radarsoftware ausgestattet. Durch die Aufrüstung mit neuer digitaler Signalverarbeitungshard- und Software ist das Radar wieder auf dem Stand der Technik.

Im Zuge dieser Erneuerung ist es auch zu einer Umstellung der Datenformate und der Datenübertragung durch den Hersteller gekommen. Es war daher notwendig, die bisher verwendete Software an die neuen Gegebenheiten anzupassen. Die entsprechenden Softwareanpassungen wurden ebenfalls vor Beginn der Hagelabwehrsaison durchgeführt, bzw. erfolgten weitere Optimierungen während der Saison 2021.

2.2. Ausstattung der Hagelabwehrflugzeuge

Hagelabwehrflugzeuge wurden mit einheitlichen GPS-Wegdatenerfassungen und mobilen Wetterradar-Terminals ausgestattet.

Ziel dieser Aktivität ist:

- Rückmeldung der momentanen Flugzeugposition zum Einsatzzentrum am Boden
- On-line-Verfügbarkeit der Wetterradarbilder in den Flugzeugen
- Anzeige der Flugzeugpositionen in den Wetterradarbildern (oder in Landkarten)
- Aufzeichnung der Flugrouten mit Zeitangaben und Seeding-Aktivitäten

Tätigkeiten:

- Laufende Kontrolle und Optimierung der Datenübertragung, Erneuerung der UMTS Modems (Ersatz durch neue LTE Modems), Wartung der mobilen Radarterminals (Tablet-PCs) und Tausch defekter Komponenten, Software Erweiterung zur Unterstützung der Kommunikation mit der Einsatzleitung.

Erneuerung der Tablet PC's



Abbildung 1: Das neue Tablet-PC Anzeigesystem

Ein neuer Tablet-PC wurde zunächst in einem Flugzeug während des Hagelabwehrbetriebs 2020 installiert. Der neue Tablet-PC bietet eine 50% größere

Anzeigefläche für die Piloten im Vergleich zum alten Tablet-PC. Im Jahr 2021 wurden vier weitere Tablet PC's in den Flugzeugen erneuert.

Für die neuen Tablet PC's wurde auch die Anzeigesoftware aktualisiert. Die neue Version bietet eine optimierte Datenübertragung mit Positionsupdates alle 5 Sekunden und eine neue Eingabemöglichkeit für den Piloten, mit dem dieser das Vorhandensein von Aufwindzonen mitteilen kann.

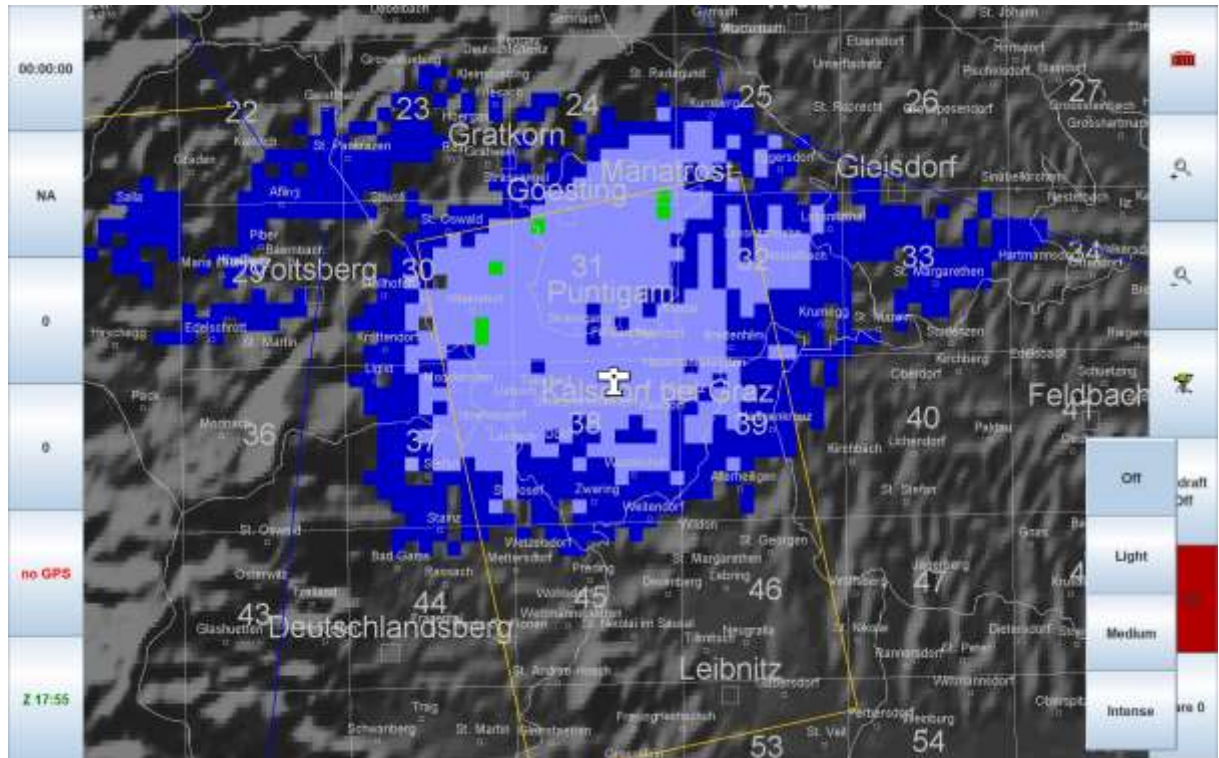


Abbildung 2: Das neue Tablet-PC Anzeigesystem mit Eingabe der Aufwindinformation

Für die Aufwindzonen wurden vier Kategorien definiert, die der Pilot aus einem Popup-Menu auswählen kann (Off – Kein Aufwind, Light – Leichter Aufwind, Medium – Mittlerer Aufwind, Intense – Starker Aufwind). Diese Information können dem Einsatzleiter für die Optimierung der Einsatzflüge helfen.

Aktualisierung der Einsatzgebiete

Die Karte des Einsatzgebietes zur Hagelbekämpfung wurde im Software-System des Wetterbildinformationssystems (WIIS) und auch auf dem Tablet-PCs in den Flugzeugen aktualisiert. Die aktuellen Einsatzgebiete der Steirische Hagelabwehr Genossenschaft und der Südflug GmbH sind in Abbildung 3 dargestellt.

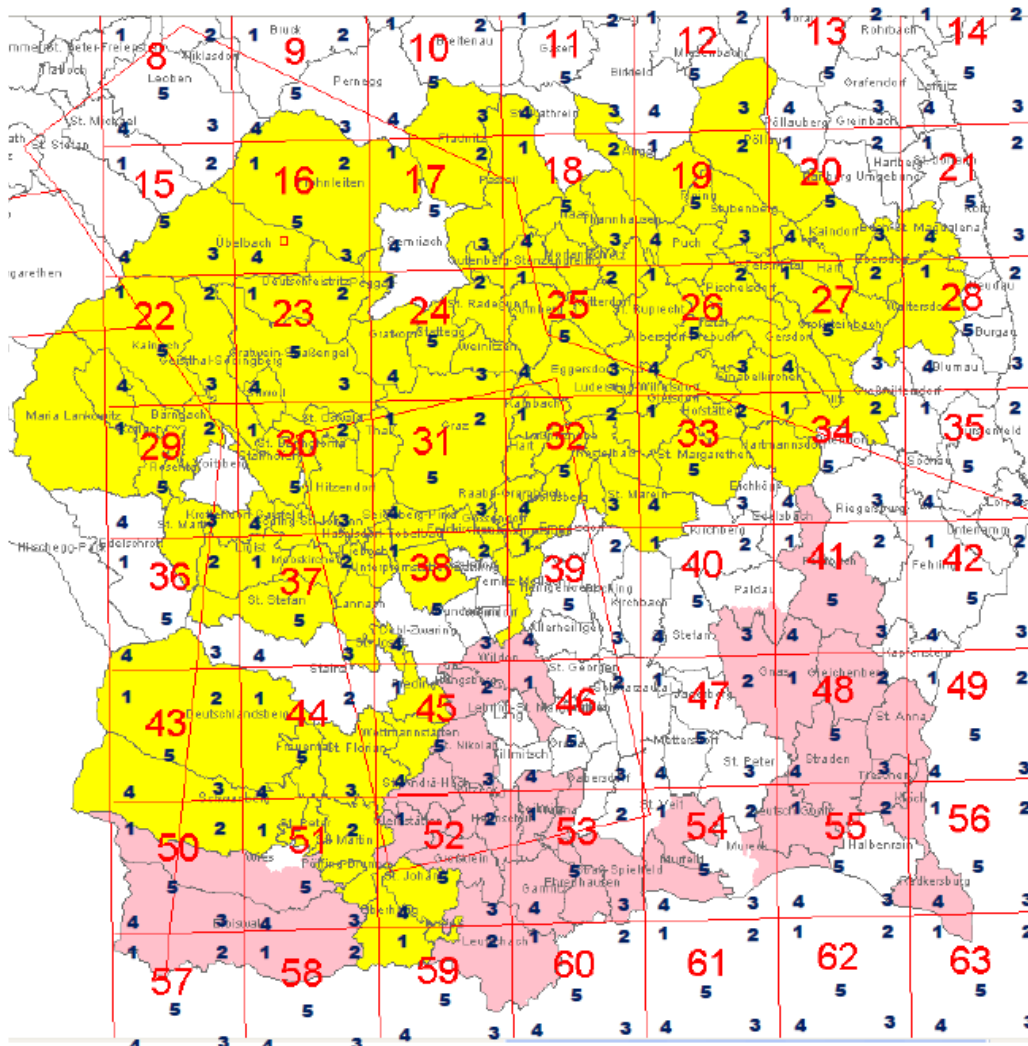


Abbildung 3: Einsatzgebiete der Hagelabwehr Gen. (gelb) und der Südflug (rot)

2.3. Archivierung der vorhandenen Daten

Ziel dieser Aktivität ist:

Das Archiv soll alle Datenbestände zum Thema Hagel in der Steiermark zusammenfassen, nämlich:

- Wetterradardaten der Anlagen Reicherhöhe und Zirbitzkogel
- Meteosat-Bilder
- Wetterlagen und Hagelprognosen der ZAMG
- Seeding-Daten (GPS Tracks der Hagelflugzeuge + Seeding Information)
- Hagelplatten-Auswertungen und Meldekarten
- Hagel- und Schadensmeldungen (Gemeinden, Presse/Medien, Versicherung).

Tätigkeiten:**- Sammlung, Speicherung und Sicherung der Daten**

Folgende Daten werden aktuell am Archiv-Server gespeichert und können bei Bedarf abgerufen werden:

- Wetterradardaten Zirbitzkogel 2D + 3D
- Wetterradardaten Reicherhöhe PPI + RHI
- Meteosat-Bilder
- Wetterlagen und Hagelprognosen der ZAMG
- Seeding Daten
- Hageltestplatten-Auswertungen
- Hagel- und Schadensmeldungen der österreichischen Hagelversicherung
- Hagelmeldungen aus HeDi Projekt

- Erstellung einer gemeinsamen Datenbank

Im Rahmen einer Diplomarbeit wurden bereits im Jahr 2011 die Voraussetzungen für diese Datenbank geschaffen **Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden..** Seither wird diese Datenbank operationell auf einem Server der TU Graz betrieben.

Folgende Tabellen sind in der Datenbank enthalten (Details siehe **Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.**):

- PRODUCTDESCRIPTION (Beschreibung der Radarprodukte)
- RADAR (Radardaten Reicherhöhe und Zirbitzkogel 2D)
- RADAR3D (Radardaten Zirbitzkogel 3D)
- GPHAGEL (Seeding-Daten)
- HAILPAD (Hageltestplatten der ZAMG, Dr. Svabik)
- HAILDAMAGE (Schadensmeldungen der österreichischen Hagelversicherung)
- HAILFORECAST (Wetterlagen und Hagelprognosen der ZAMG)
- HAILREPORT (Hagelmeldekarten des Hageltestplattennetzes - zur Verfügung gestellt von der ZAMG, Dr. Svabik)
- MUNICIPALITIES (Verzeichnis der Steirischen Gemeinden)
- METEOSAT (IR Satellitenbilder)
- ESSL_HAILDATABASE (ESWD, European Severe Weather Database, Hagelereignis Daten)
- HEDI_HAILDATABASE (Hedi, Hagelereignis Dateninterface, Hagelereignis Daten)

Die Datenbank enthält derzeit Daten im Zeitraum von 2009 bis 2021 und wird laufend, größtenteils automatisch, erweitert. Die Größe der Datenbank beträgt momentan ca. 35

Gigabyte, wobei der Großteil der Datenmenge durch die Radardaten gegeben ist. Die gespeicherten Flugzeugpositionen umfassen insgesamt 1,2 Mio. Einzelpositionen, die in zusammengezählt 1850 Einsatztage aller Flugzeuge seit 2009 aufgezeichnet wurden. Für das Jahr 2021 wurden Positionsdaten an 66 Tagen mit einer Gesamtdauer von ca. 320 Stunden aufgezeichnet.

- **Automatische Konvertierung der Daten in die Datenbank**

Ein weiteres Thema der oben genannten Diplomarbeit war die Erstellung von Programmen für die automatische Konvertierung der Rohdaten in die Datenbank. Nach Fertigstellung der Diplomarbeit wurden diese Programme auf dem TU Graz Server in Betrieb genommen und garantieren somit die ständige Aktualisierung der Datenbank. Folgende Programme sind derzeit in Verwendung:

- gphagel2sql (Konvertierung der Seeding-Daten, 1x täglich, automatisch)
- haildamage2sql (Konvertierung der Schadensmeldungen der ÖHV, 1x pro Jahr, händisch)
- hailforecast2sql (Konvertierung der ZAMG Wetterlagen und -prognosen, 1x täglich, automatisch, manuelle Kontrolle)
- hailpad2sql (Konvertierung der Testplattendaten, bei Bedarf, händisch)
- arch2sql (Konvertierung der Wetterradardaten, laufend, automatisch)

- **Laufende Kontrolle und Überwachung der Datenarchivierung**

Die Konvertierung und Archivierung der Daten wurde stichprobenartig überwacht, um die Qualität der Daten zu überprüfen. Des Weiteren wurden Software-Anpassungen vorgenommen um Änderungen im Datenformat bei Wetterlagen und Prognosen Rechnung zu tragen

- **Projekt HeDi**

Das im Jahr 2018 vorgestellte Projekt HeDi (**H**agel**e**reignis **D**aten**i**nterface, <https://hedi.tugraz.at>) zur Erfassung von Hagelereignissen mit Hilfe der Bevölkerung wurde weitergeführt und 2019 auf ganz Österreich erweitert. Für 2021 liegen 40 Hagelmeldungen vor, davon 28 aus der Steiermark.

2.4. Datenanalyse

In dieser Aktivität erfolgt die laufende Betreuung der Abwehrmaßnahmen sowie die Analyse und Bewertung hinsichtlich ihrer Wirksamkeit. Vorgesehen ist eine Analyse des Verhältnisses zwischen Auftreten von Hagel und prognostizierter Trächtigkeit (aus Wetterradar und kleinräumigen Modellrechnungen), mit Unterscheidung der geimpften und ungeimpften Gebiete unter Berücksichtigung der Dynamik (Zuggeschwindigkeit und Richtung) der Hagelzellen und der Bekämpfungsmaßnahmen.

Tätigkeiten:

Analyse von ausgewählten Hagelzellen im Jahre 2021

Im Jahr 2021 sind steiermarkweit 5088 Hagelschadensmeldungen von der Österreichischen Hagelversicherung verzeichnet worden. Diese Zahl ist im Vergleich zum Vorjahr stark angestiegen, liegt aber noch deutlich unter den Werten der Jahre 2009 und 2012. Wie schon im Vorjahr gabe es die meisten Schäden im Juni, wo für den den 25.6. und 30.6.2021 30% aller Meldungen verzeichnet wurden.

Im Folgenden werden mehrere Fallbeispiele aus dem Jahr 2021 gezeigt.

Fallbeispiel vom 23.Juli 2021

In diesem Fallbeispiel wird eine Hagelzelle gezeigt, welche nördlich von Graz entstanden ist und in südöstliche Richtung gezogen ist. Im zeitlichen Verlauf bildeten sich weitere Zellen, die sich östlich von Graz zu einer großen Zelle verbanden, während sich im Westen weitere Zellen bildeten. Die Bewegungen und Entwicklungen der Gewitterzellen sowie die Hagelflieger-Routen sind in der Zeit zwischen 12:15 und 15:00 in Abbildung 4 dargestellt.

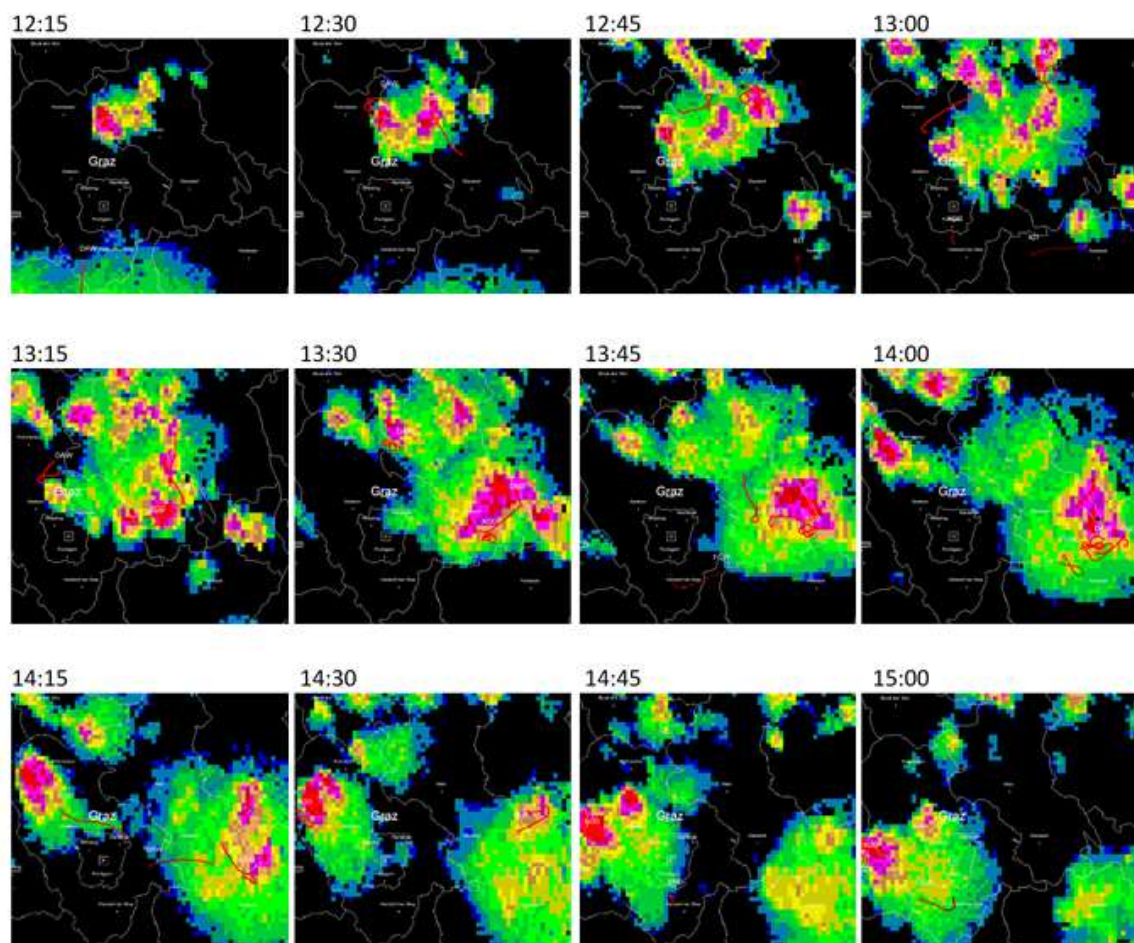


Abbildung 4: Wetterradarbild und Hagelflieger-Routen während des Impfpzesses

Die Zellen wurden zwischen 12:30 und 15:00 zuerst von zwei, später von bis zu vier Hagelfliegern gleichzeitig geimpft. In Abbildung 5 sind die aufgezeichneten Flugrouten für den ganzen Tag im HAILSYS Analyseprogramm dargestellt. Das Bild zeigt darüber hinaus die aus den Radardaten berechnete kinetische Hagelenergie (KE), ein Maß für die Schadensträchtigkeit am Boden. Es zeigt sich, dass in den geimpften Gebieten zwar mittlere KE Werte bis 300 J/m², aber keine hohen KE Werte über 500 J/m² aufgetreten sind. Diese Beobachtung wird auch dadurch unterstützt, dass für dieses Ereignis nur eine relativ geringe Anzahl an Schadensmeldungen verzeichnet wurde.

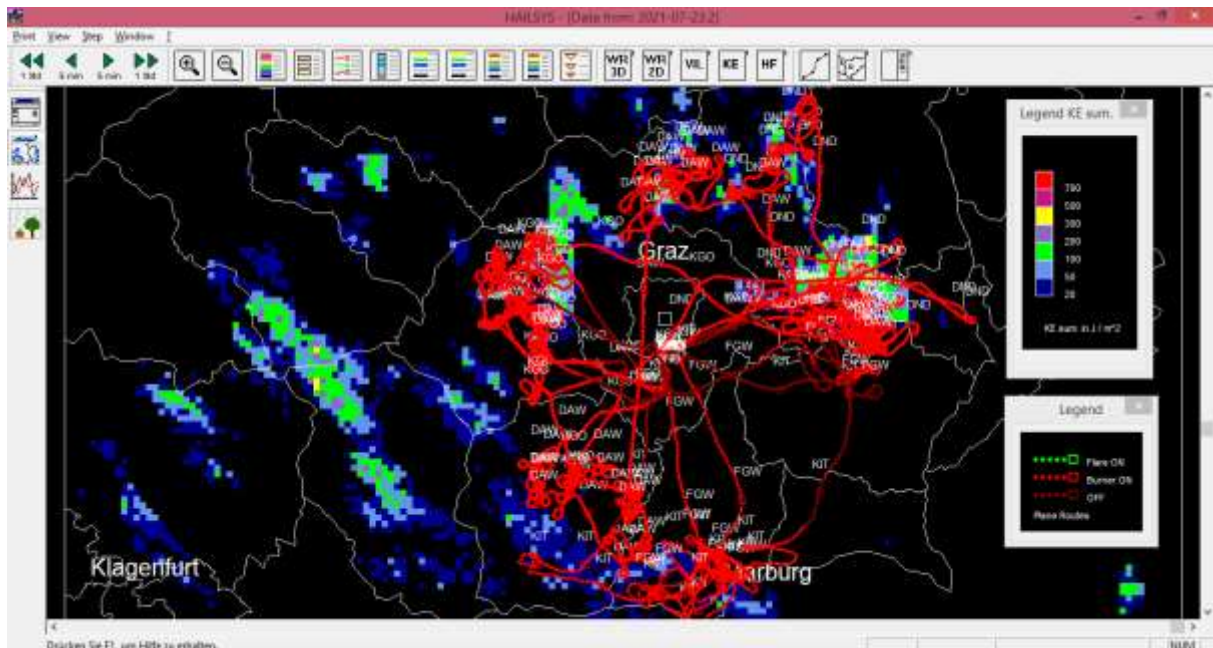


Abbildung 5: HAILSYS Anzeige von KE und Hagelflieger-Routen am 23.7.2021

Fallbeispiel vom 16.05.2021

Die Gewitterzelle entstand im Bezirk Graz-Umgebung und Leibnitz und zog langsam weiter in südöstliche Richtung. Die Bewegung der Zelle sowie die Hagelflieger-Routen sind für den Zeitraum von 12:05 Uhr bis 13:20 Uhr in der Abbildung 1 dargestellt. Die Hagelzelle wurde ab 12:05 Uhr von einem Hagelflieger geimpft, zwei weitere Hagelflieger kamen ab 12:20 Uhr dazu. Aus den Bildern (j-p) der Abbildung 1 ist erkennbar, dass sich die Radar-Reflektivität im geimpften Bereich verringerte.

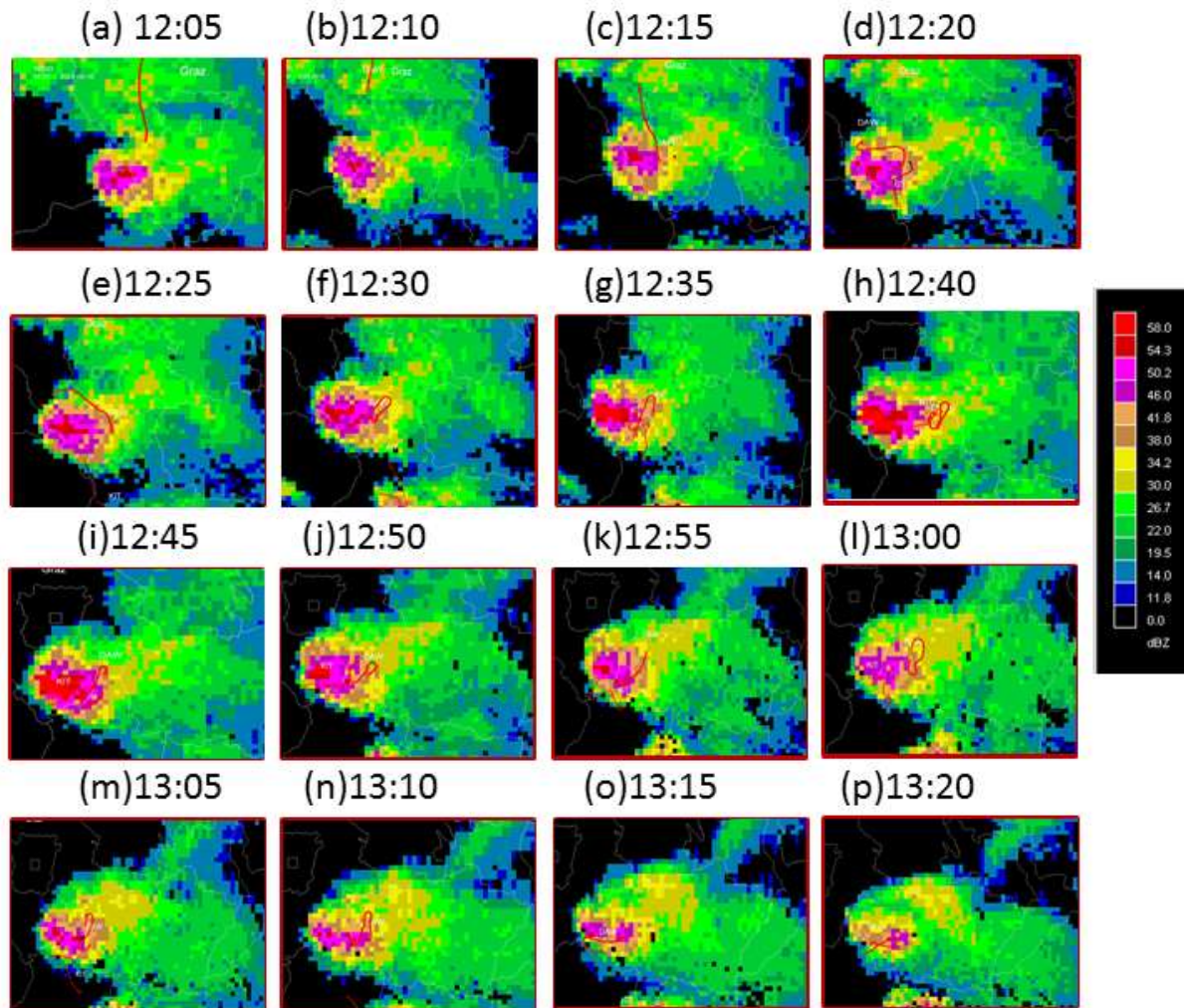


Abbildung 6: Wetterradarbild und Hagelflieger-Routen während des Impfprozesses

Fallbeispiel vom 25.06.2021

In diesem Fallbeispiel wurde eine Hagelzelle analysiert, welche in den Bezirken Graz und Graz-Umgebung entstanden ist und weiter in östliche Richtung zog. Die Zelle wurde zwischen 12:30 Uhr und 14:05 Uhr zuerst mit einem und dann mit zwei Hagelfliegern geimpft. Der Verlauf der berechneten kinetischen Energie KE von 12:30 bis 14:05 wird in der Abbildung 7 dargestellt. Die Summierung von KE über diesen Zeitraum zeigt in Abbildung 8, dass in den von der Gewitterzelle betroffenen Gebieten mittlere KE Werte bis 300 J/m^2 auftreten.

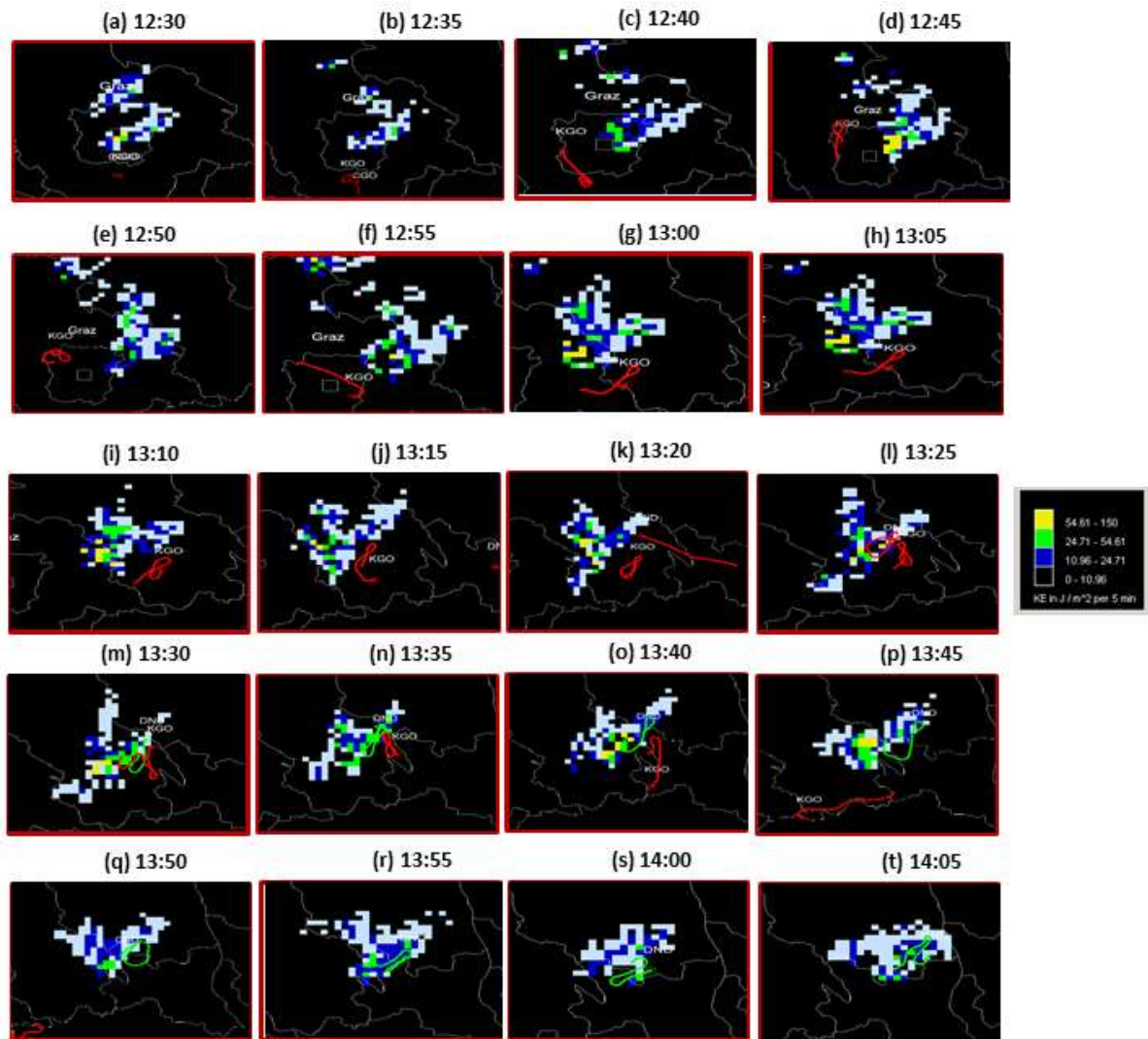


Abbildung 7: Kinetischer Energiefluss mit Hagelflieger-Routen

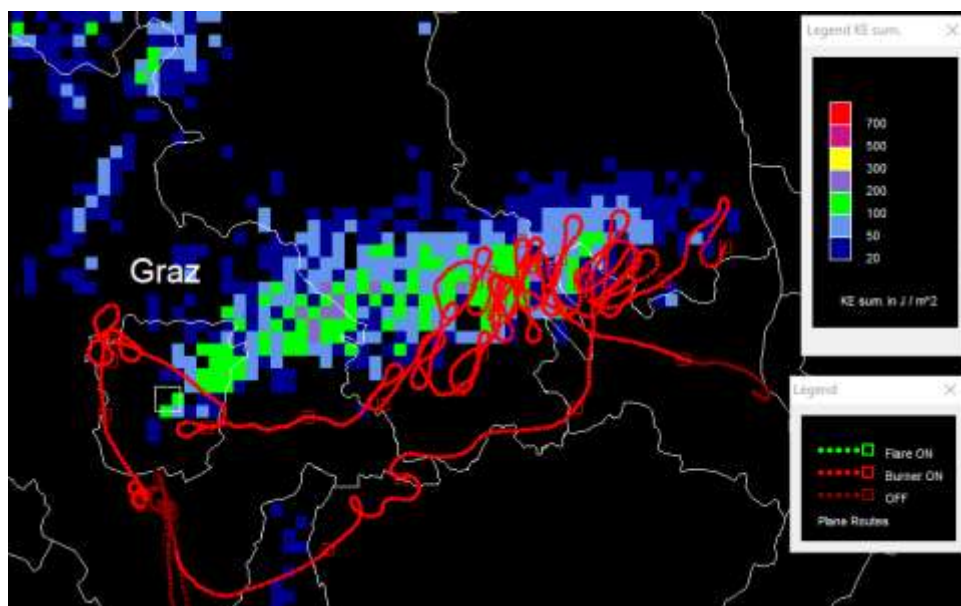


Abbildung 8: Summierter kinetischer Energiefluss am 23.7.2021 von 12:30 Uhr bis 14:05 Uhr mit Hagelflieger-Routen

Auswertung der Hagel-Schadensmeldungen

Tabelle 1 enthält die Anzahl der an die österreichische Hagelversicherung gemeldeten Schäden der Jahre 2009 bis 2021, zusammengefasst nach Bezirken.

Tabelle 1: Hagelschadensmeldungen 2009-2021 nach Bezirken.

Bezirk	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
Bruck-Mürzzuschlag	39	11	76	60	21	2	34	21	30	25	20	2	24
Deutschlandsberg	763	111	244	556	36	76	378	270	538	379	538	281	87
Graz Stadt	73	16	11	22	12	15	28	13	21	37	13	28	35
Graz-Umgebung	1003	210	125	566	134	383	287	760	191	576	429	351	449
Hartberg-Fürstenfeld	697	653	543	1310	457	239	793	1094	973	880	721	617	1285
Leibnitz	880	375	617	809	34	460	251	813	394	456	857	327	591
Leoben	13	28	44	59	29	0	42	13	38	42	22	6	18
Liezen	32	22	0	32	63	0	13	5	45	2	32	53	114
Murau	124	27	60	60	10	6	60	54	65	50	7	56	98
Murtal	106	56	16	410	52	8	221	102	266	100	199	72	139
Südoststeiermark	1925	715	1242	709	202	548	899	383	843	432	1127	1707	787
Voitsberg	79	18	36	367	6	42	119	280	32	197	58	204	116
Weiz	1227	410	544	1023	1072	551	687	701	781	1316	605	657	1212
Steiermark gesamt	6961	2652	3558	5983	2128	2330	3812	4509	4217	4492	4628	3361	5088

In Tabelle 2 sind die Schadensmeldungen der Bezirke nach den einzelnen Tagen aufgeschlüsselt, wobei hier nur die 15 größten Häufigkeiten in der Tabelle enthalten sind.

Tabelle 2: Hagelschäden 2021 nach Datum / Bezirke

Bezirk	Datum	Hagelschäden
Hartberg-Fürstenfeld	30.06.2021	503
Weiz	25.06.2021	275
Weiz	30.06.2021	272
Südoststeiermark	25.06.2021	257
Leibnitz	15.08.2021	252
Hartberg-Fürstenfeld	09.07.2021	147
Hartberg-Fürstenfeld	21.06.2021	117
Hartberg-Fürstenfeld	16.08.2021	116
Südoststeiermark	27.05.2021	106
Hartberg-Fürstenfeld	25.06.2021	104
Südoststeiermark	14.07.2021	103
Weiz	13.08.2021	103
Graz-Umgebung	27.05.2021	102
Leibnitz	27.05.2021	97
Graz-Umgebung	16.05.2021	96

In Tabelle 3 sind die Schadensmeldungen für das Jahr 2021 nach Gemeinden aufgeschlüsselt, wobei nur die 15 Gemeinden mit der höchsten Anzahl an Meldungen aufgeführt sind.

Tabelle 3: Hagelschäden 2021 / Gemeinde

Gemeinde	Hagelschäden
Sankt Ruprecht an der Raab	211
Pöllau	113
Hartl	101
Hartberg Umgebung	98
Kaindorf	97
Ilztal	94
Leutschach an der Weinstraße	94
Wundschuh	85
Pischelsdorf am Kulm	79
Puch bei Weiz	77
Gnas	73
Klöch	72
Gamlitz	72
Markt Hartmannsdorf	72
Bad Waltersdorf	71

Tabelle 4 zeigt die Schadensmeldungen für das Jahr 2021 nach einzelnen Tagen und Gemeinden aufgeschlüsselt, wobei ebenfalls nur die Tage mit der höchsten Anzahl an Meldungen aufgeführt sind.

Tabelle 4: Hagelschäden 2021 / Gemeinde / Tag

Gemeinde	Datum	Hagelschäden
Sankt Ruprecht an der Raab	25.06.2021	84
Hartl	30.06.2021	69
Sankt Ruprecht an der Raab	30.06.2021	64
Gnas	25.06.2021	60
Kaindorf	30.06.2021	58
Gamlitz	15.08.2021	57
Ilztal	25.06.2021	55
Schwarzaual	27.05.2021	51
Bad Waltersdorf	30.06.2021	51
Leutschach an der Weinstraße	15.08.2021	47
Grafendorf bei Hartberg	09.07.2021	46
Pischelsdorf am Kulm	30.06.2021	46
Pöllau	21.06.2021	46
Fehring	25.06.2021	44
Feistritzal	30.06.2021	42

Tabelle 5: Hagelschäden nach Datum

Datum	Hagelschäden
30.06.2021	823
25.06.2021	742
15.08.2021	496
27.05.2021	334
30.07.2021	297
16.05.2021	233
09.07.2021	209
21.06.2021	198
14.07.2021	190
16.08.2021	181
13.08.2021	151
23.06.2021	105
01.07.2021	97
03.08.2021	89
08.08.2021	74

Tabelle 5 zeigt die tageweise zusammengefassten Schadensmeldungen, nach Häufigkeit sortiert. Es ist deutlich erkennbar, dass sich der Großteil der gemeldeten Hagelschäden auf einige wenige Tage konzentriert. Für den 25.6. und 30.6. wurden über 30% der Schadensmeldungen verzeichnet. Mehr als die Hälfte der Meldungen (2692 von 5088) werden mit den fünf schadensträchtigsten Tagen erreicht. Zählt man die zehn schadensträchtigsten Tage zusammen, so ergeben sich 3703 von 5088 oder ca. 72% der Meldungen.

Die folgenden Abbildungen stellen die Verteilung der Hagelschäden der Jahre 2009 bis 2021 grafisch dar.

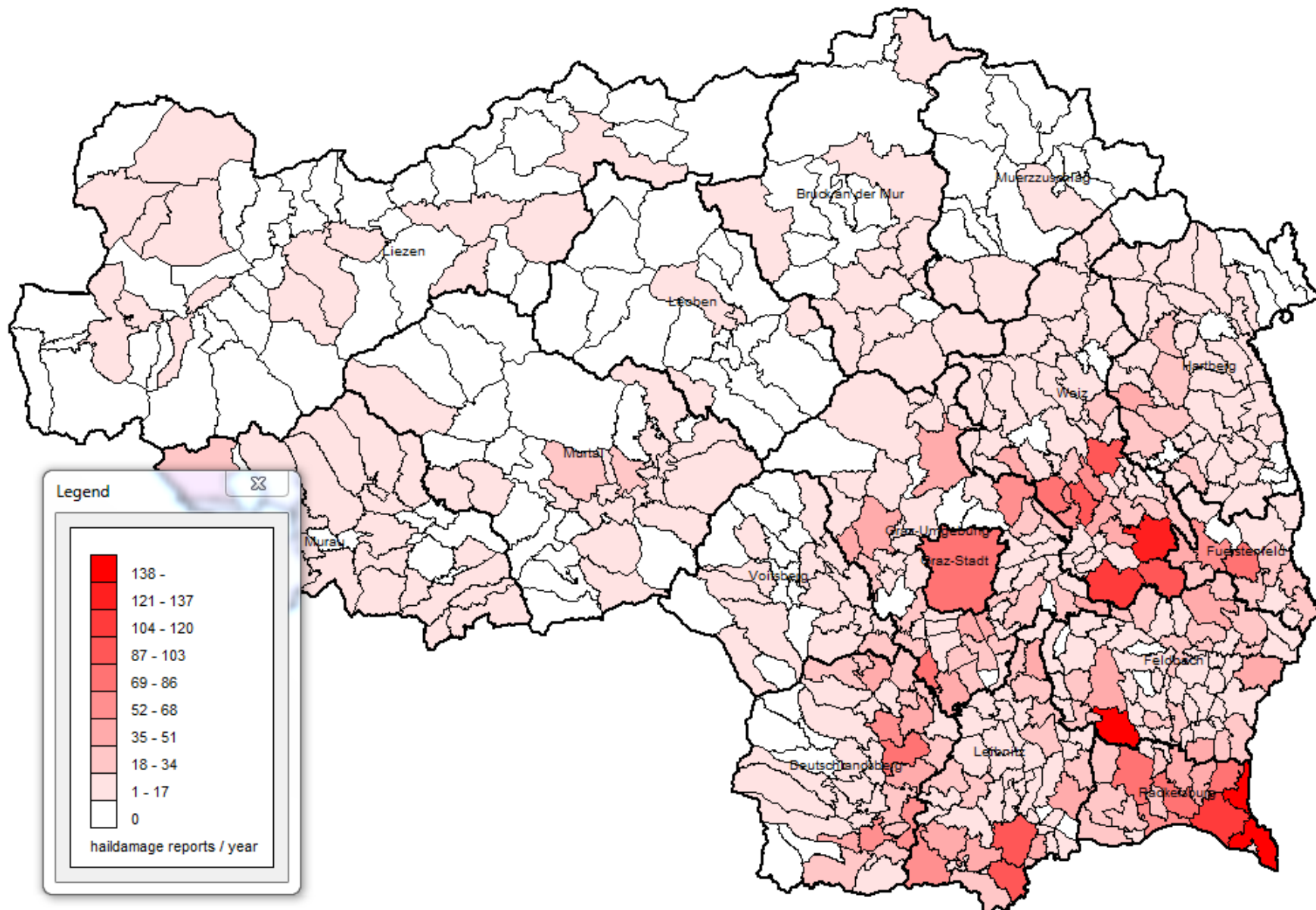


Abbildung 10: Gemeldete Hagelschäden in der Steiermark 2009 (Graphik erstellt mit HAILSYS)

Quelle Kartenmaterial: GIS-Steiermark

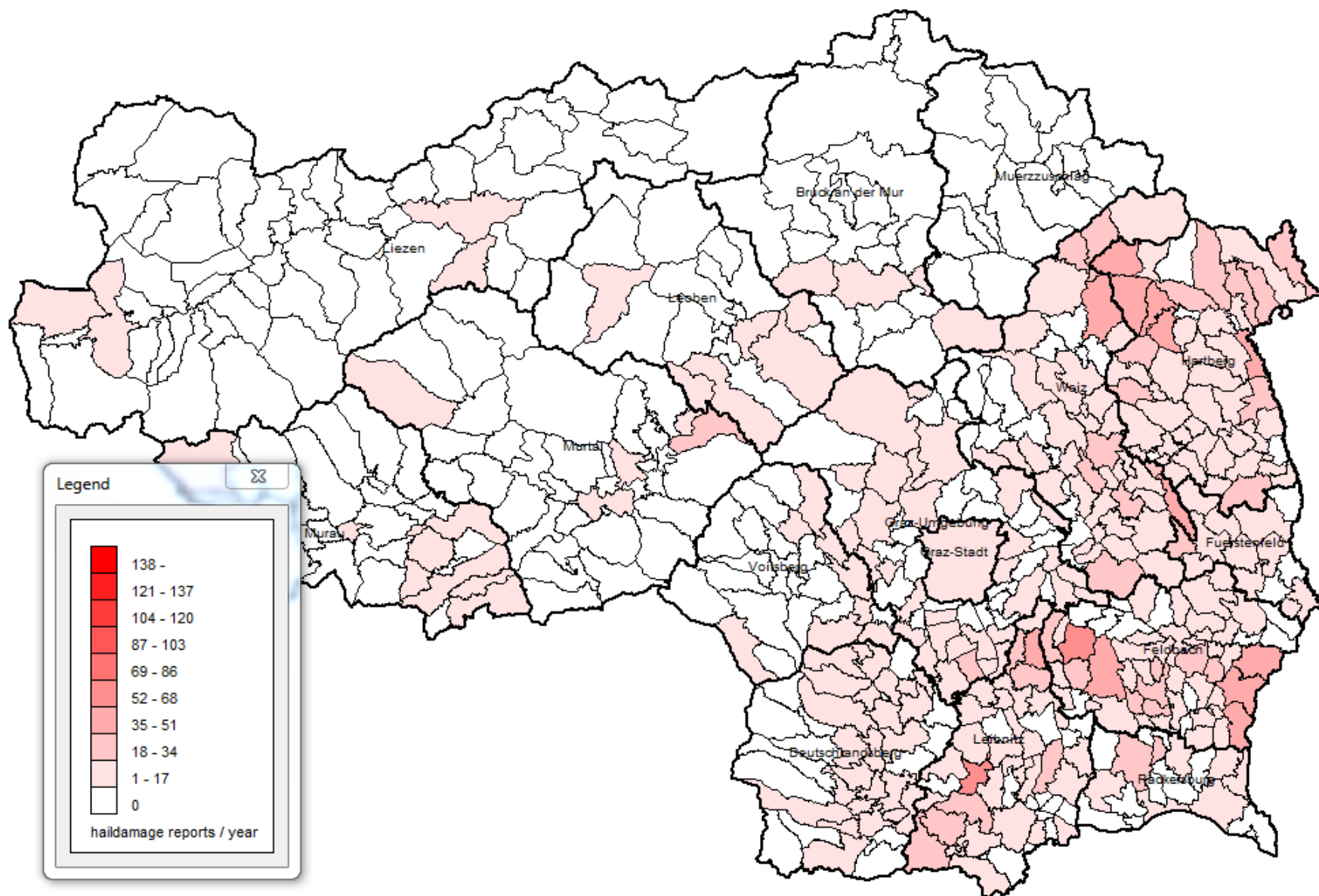


Abbildung 11: Gemeldete Hagelschäden in der Steiermark 2010 (Graphik erstellt mit HAILSYS)

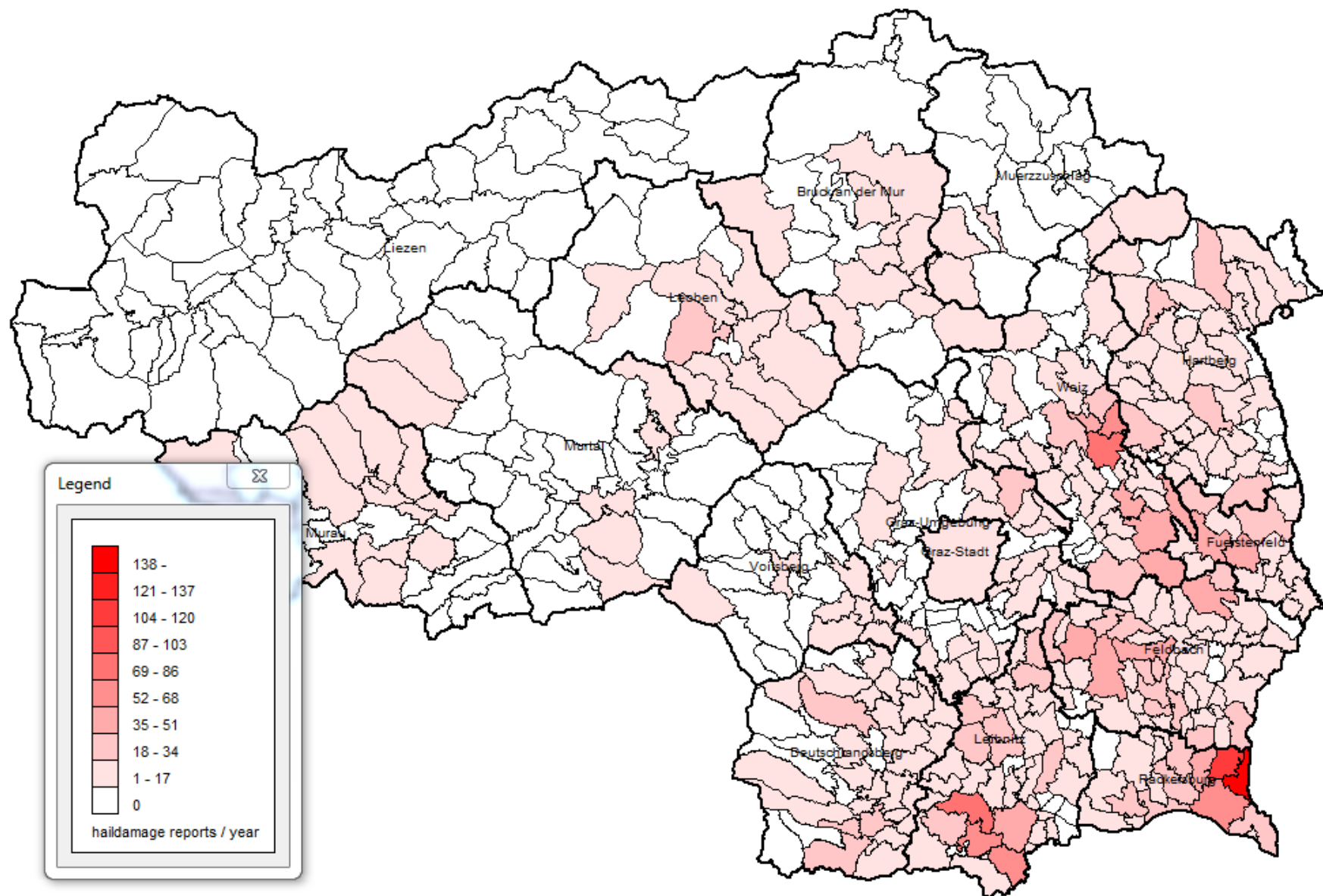


Abbildung 12: Gemeldete Hagelschäden in der Steiermark 2011 (Graphik erstellt mit HAILSYS)

Quelle Kartenmaterial: GIS-Steiermark

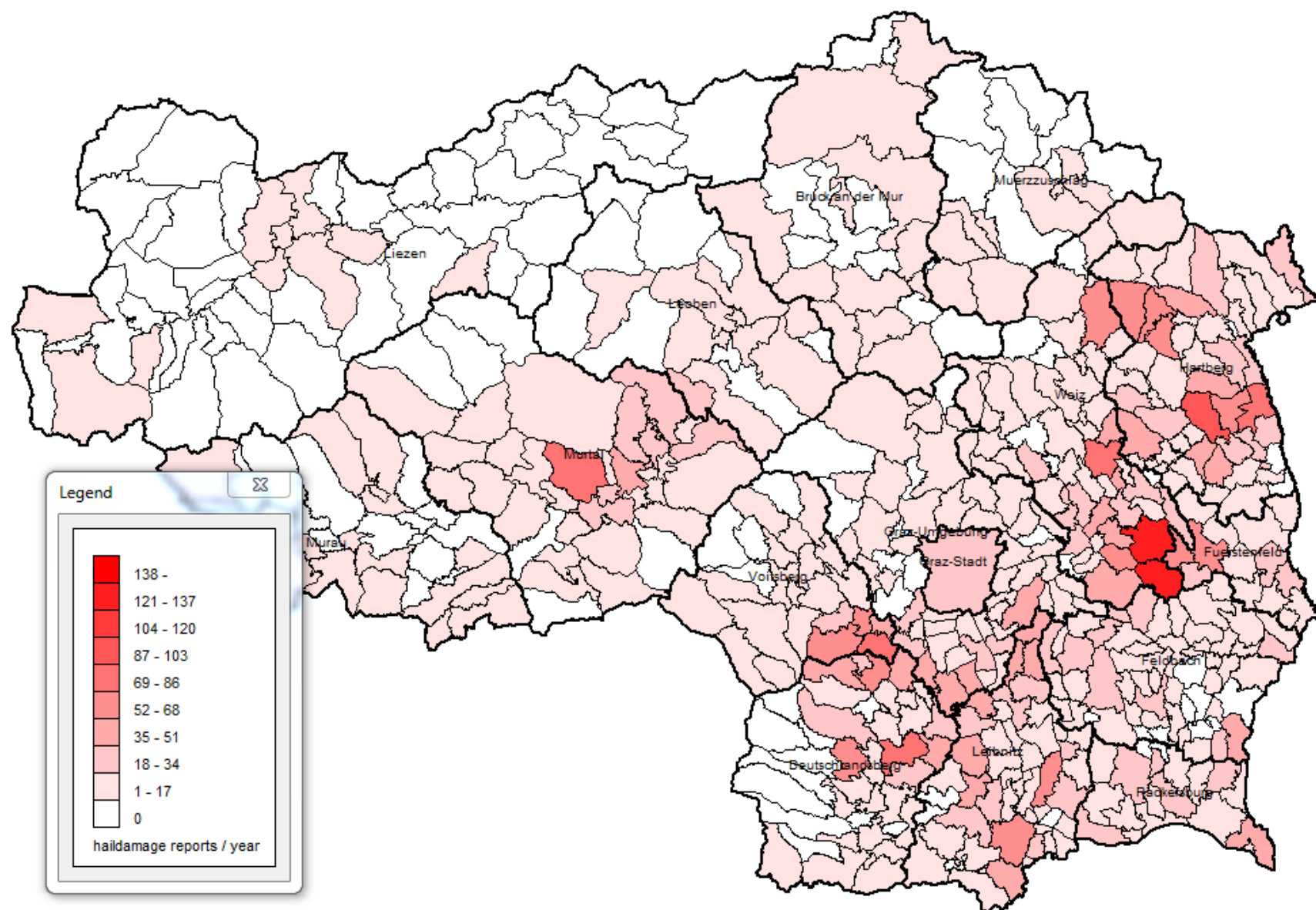


Abbildung 13: Gemeldete Hagelschäden in der Steiermark 2012 (Graphik erstellt mit HAILSYS)

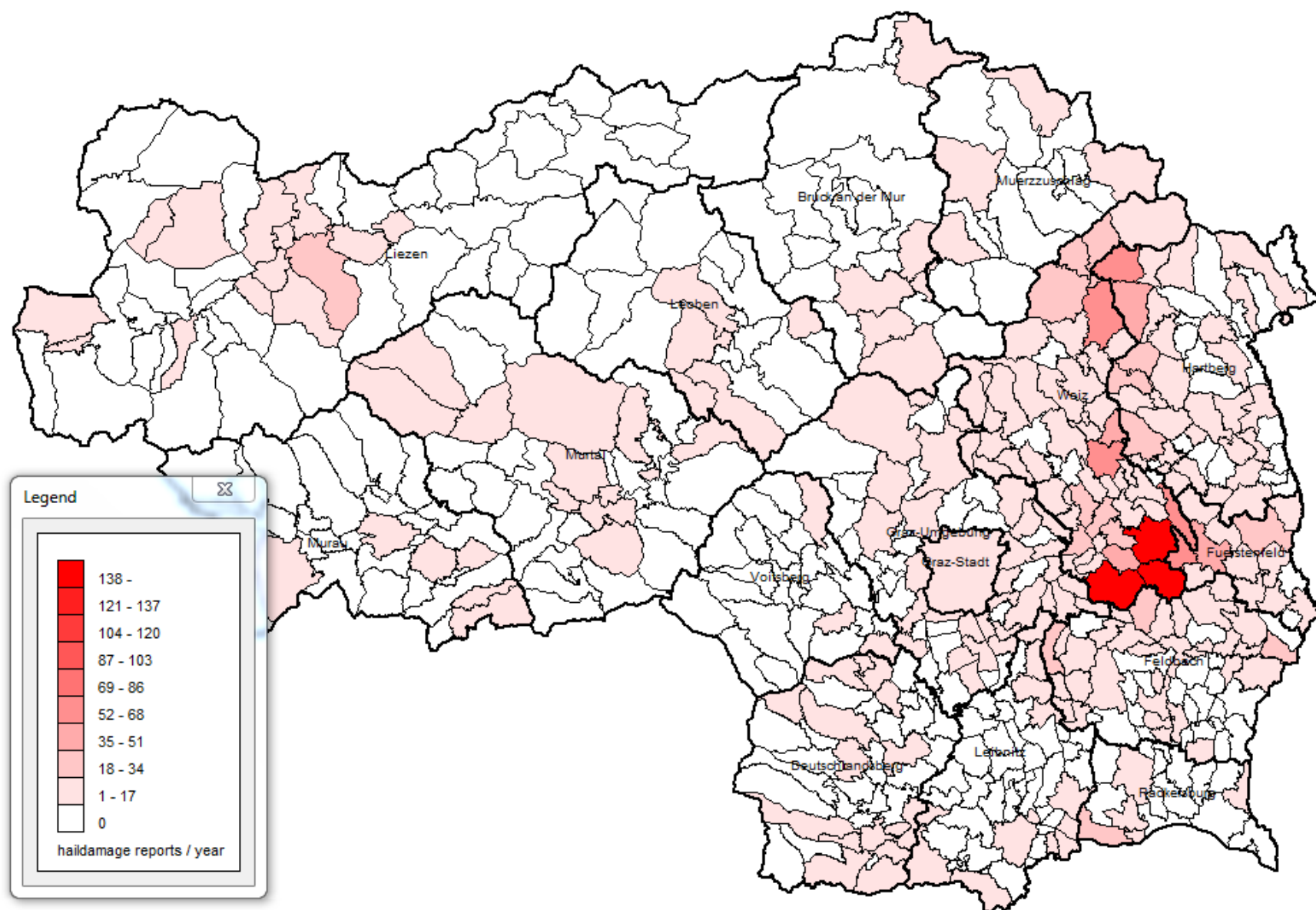


Abbildung 14: Gemeldete Hagelschäden in der Steiermark 2013 (Graphik erstellt mit HAILSYS)

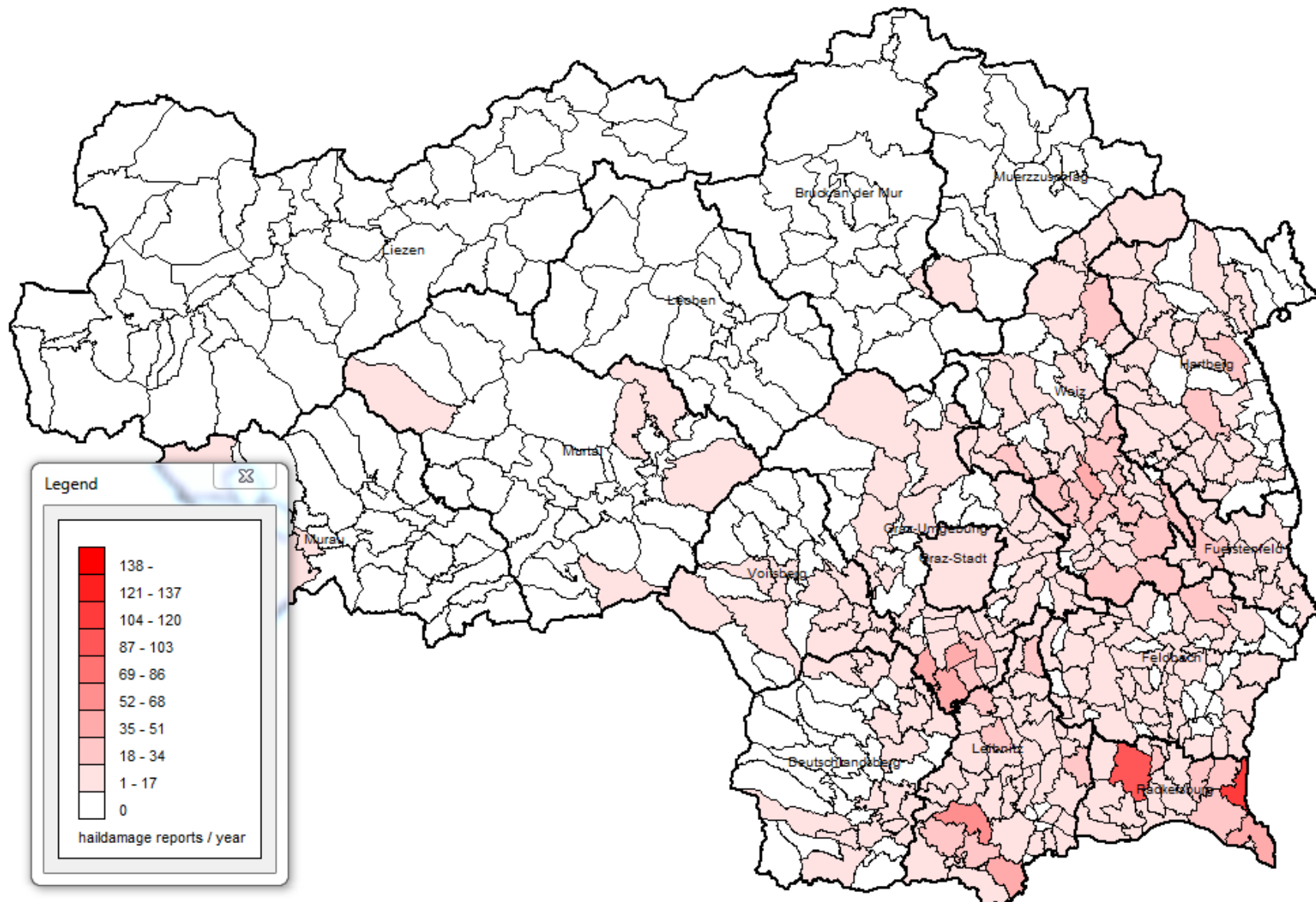


Abbildung 15: Gemeldete Hagelschäden in der Steiermark 2014 (Graphik erstellt mit HAILSYS)

Quelle Kartenmaterial: GIS-Steiermark

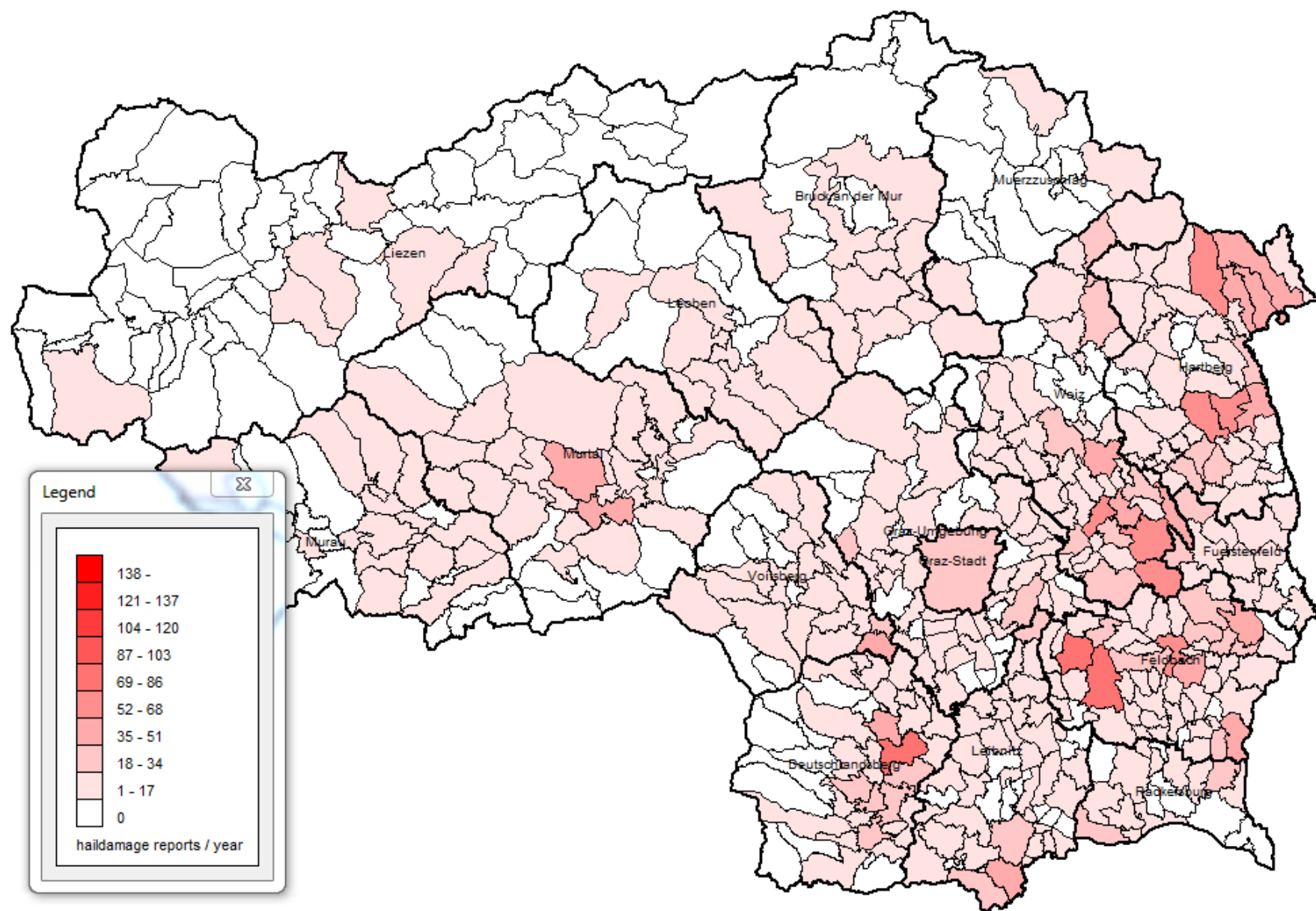


Abbildung 16: Gemeldete Hagelschäden in der Steiermark 2015 (Graphik erstellt mit HAILSYS)

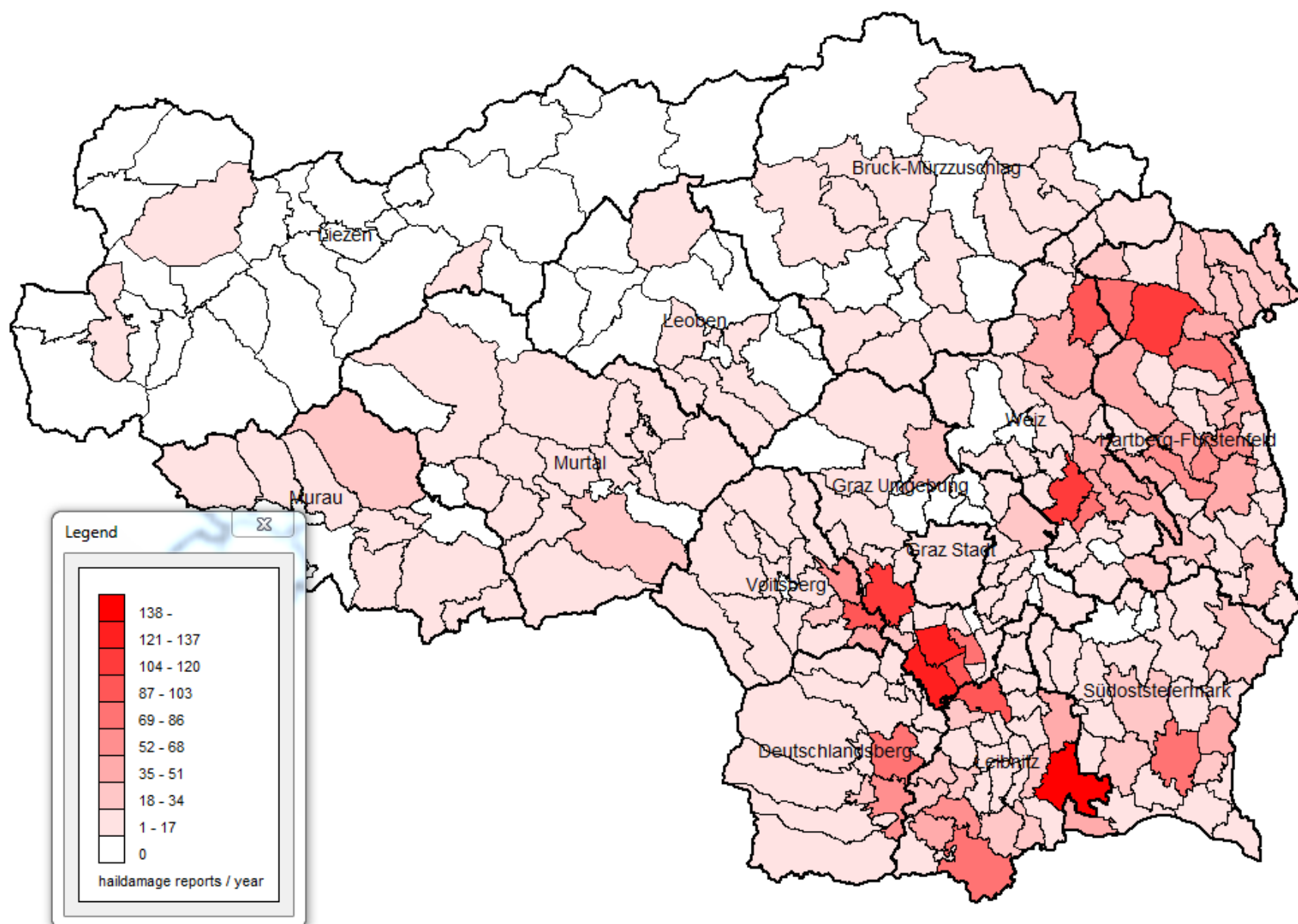


Abbildung 17: Gemeldete Hagelschäden in der Steiermark 2016 (Graphik erstellt mit HAILSYS)

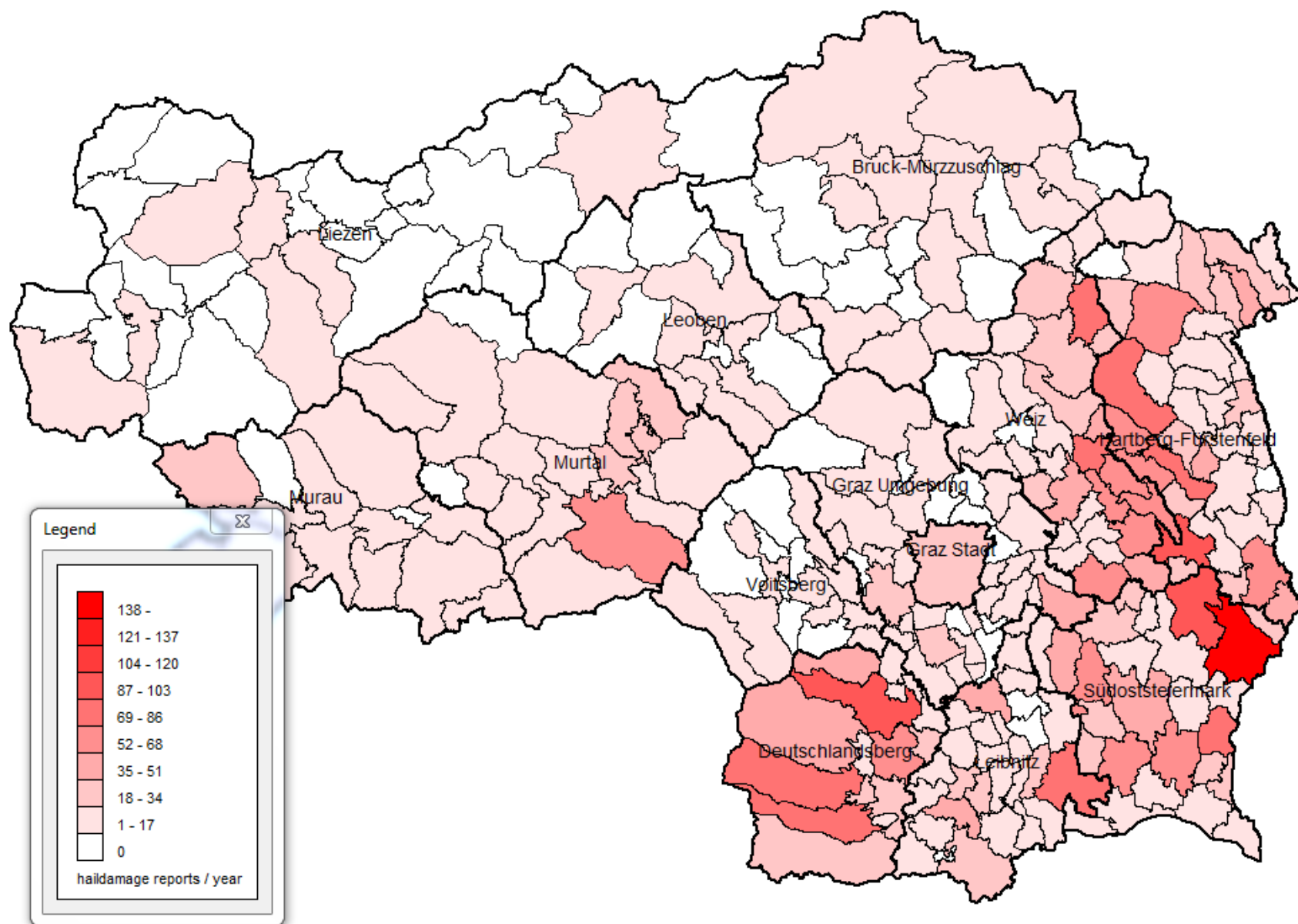


Abbildung 18: Gemeldete Hagelschäden in der Steiermark 2017 (Graphik erstellt mit HAILSYS)

Quelle Kartenmaterial: GIS-Steiermark

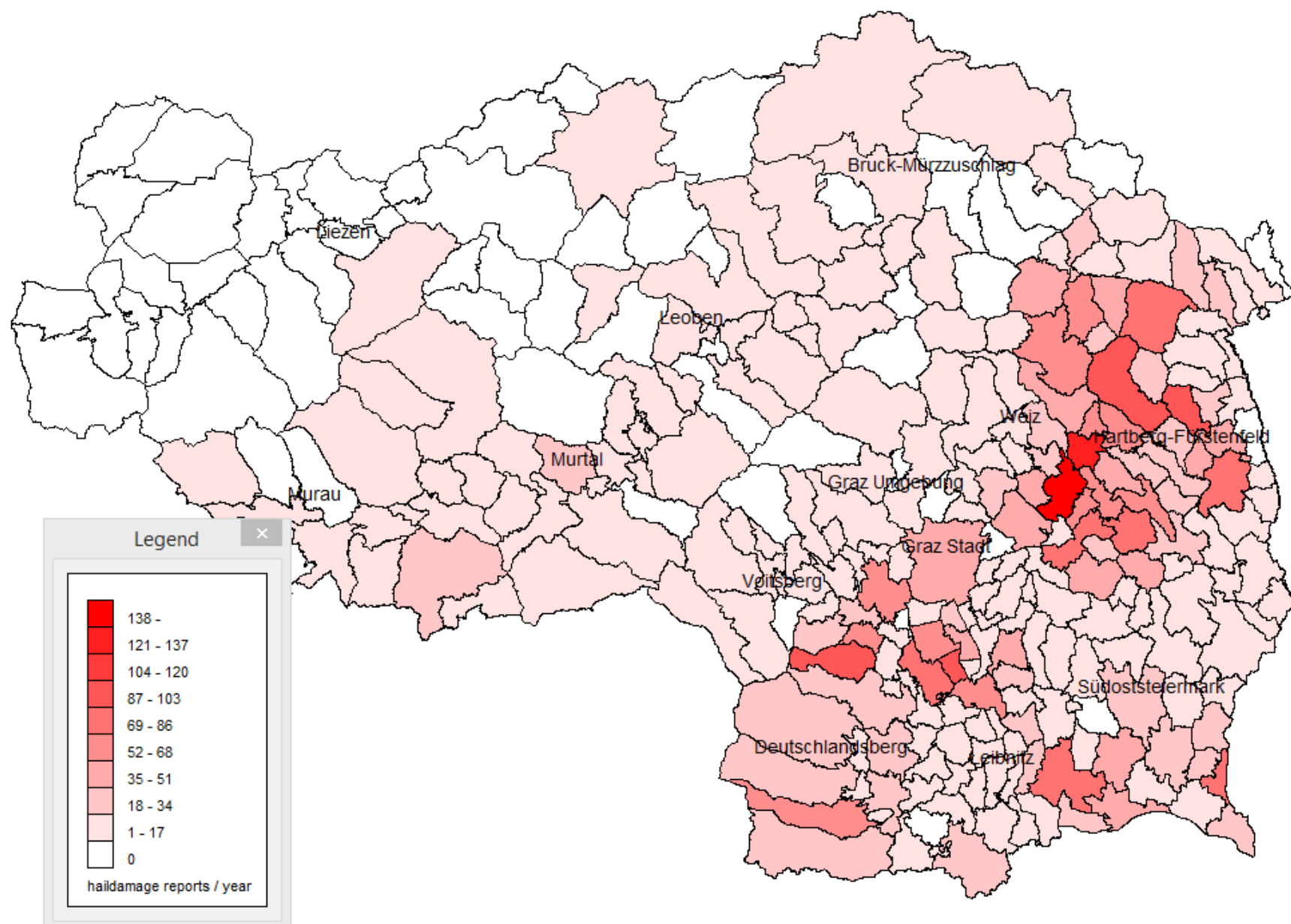


Abbildung 19: Gemeldete Hagelschäden in der Steiermark 2018 (Graphik erstellt mit HAILSYS)

Quelle Kartenmaterial: GIS-Steiermark

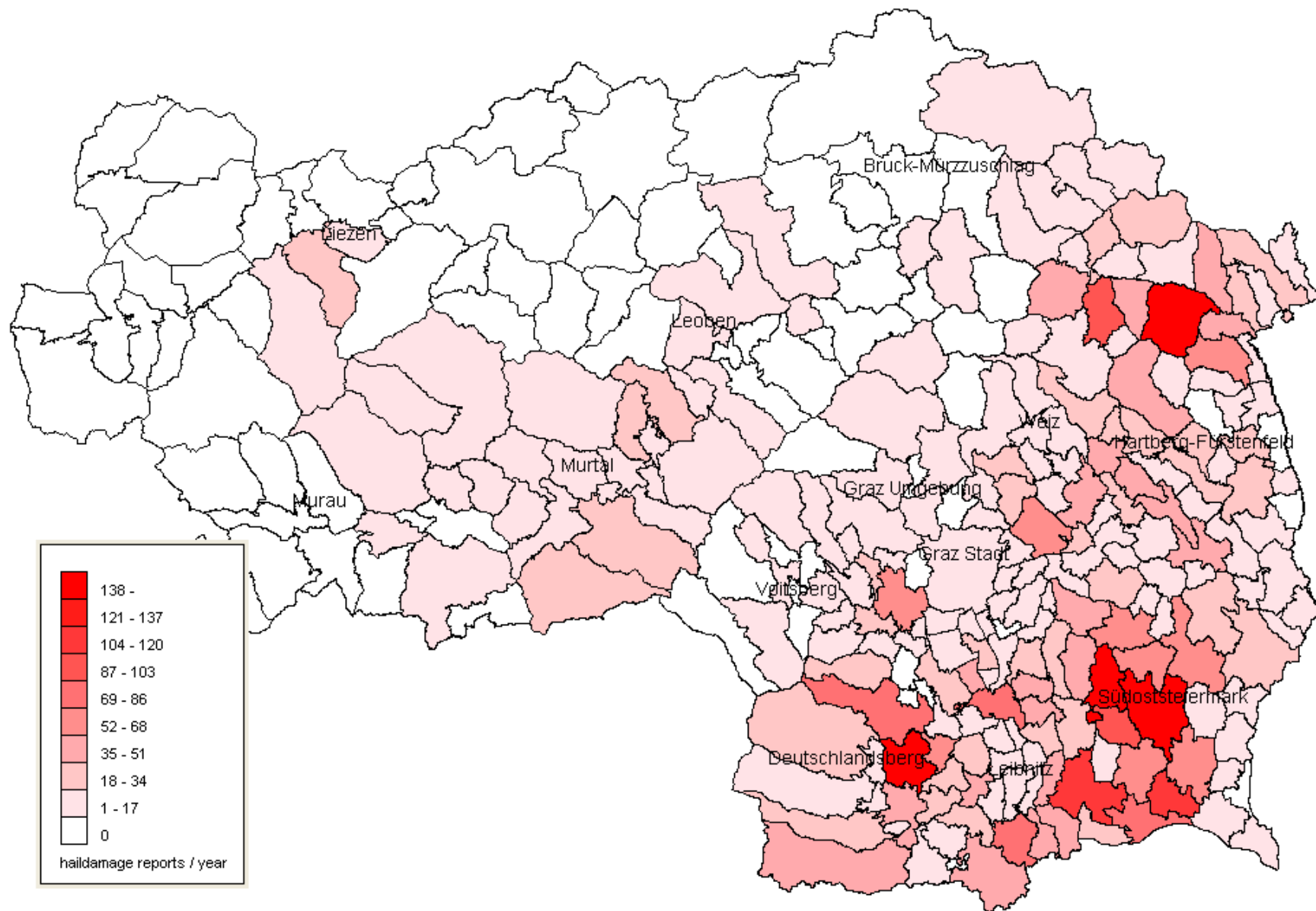


Abbildung 20: Gemeldete Hagelschäden in der Steiermark 2019 (Graphik erstellt mit HAILSYS)

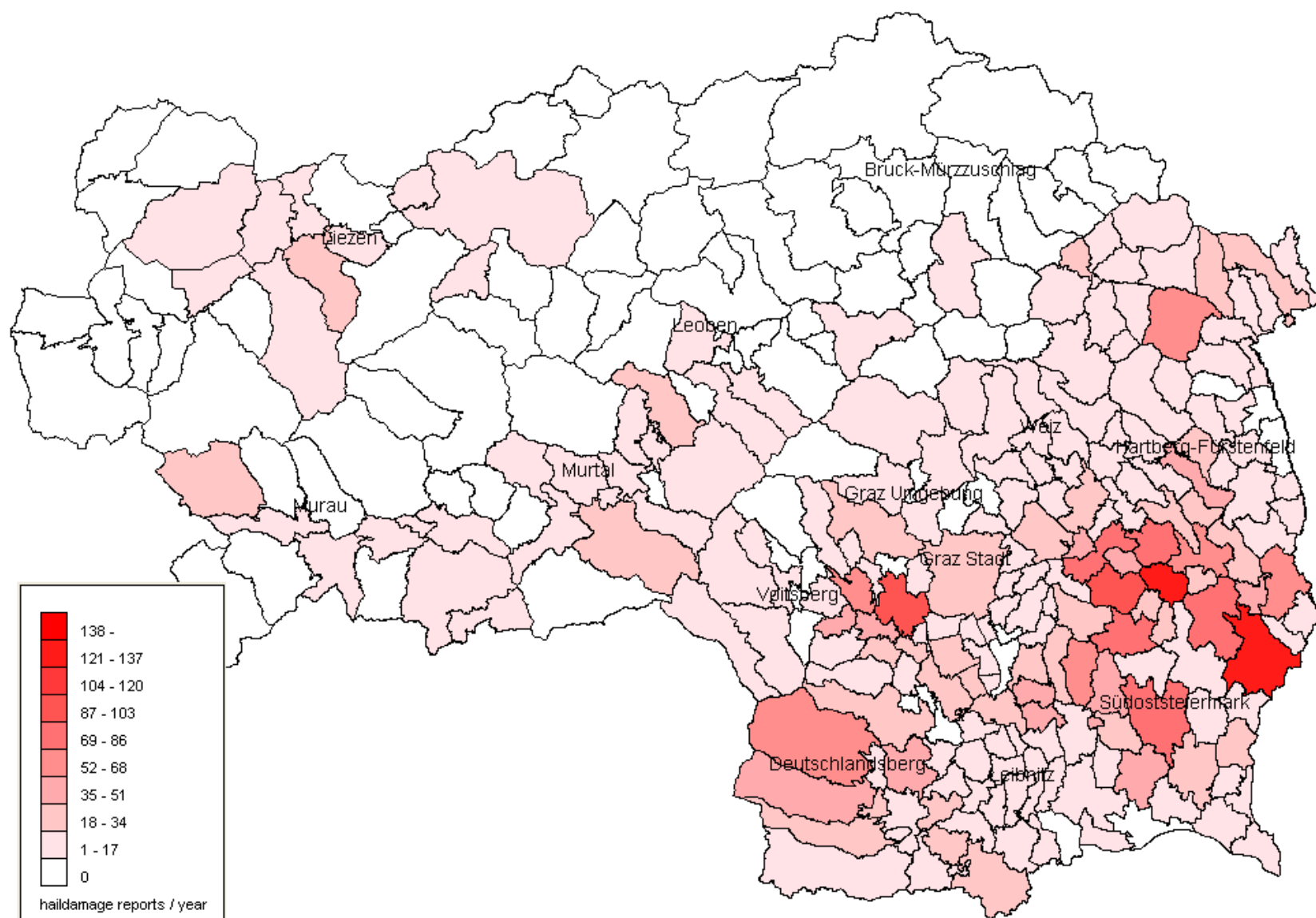


Abbildung 21: Gemeldete Hagelschäden in der Steiermark 2020 (Graphik erstellt mit HAILSYS)

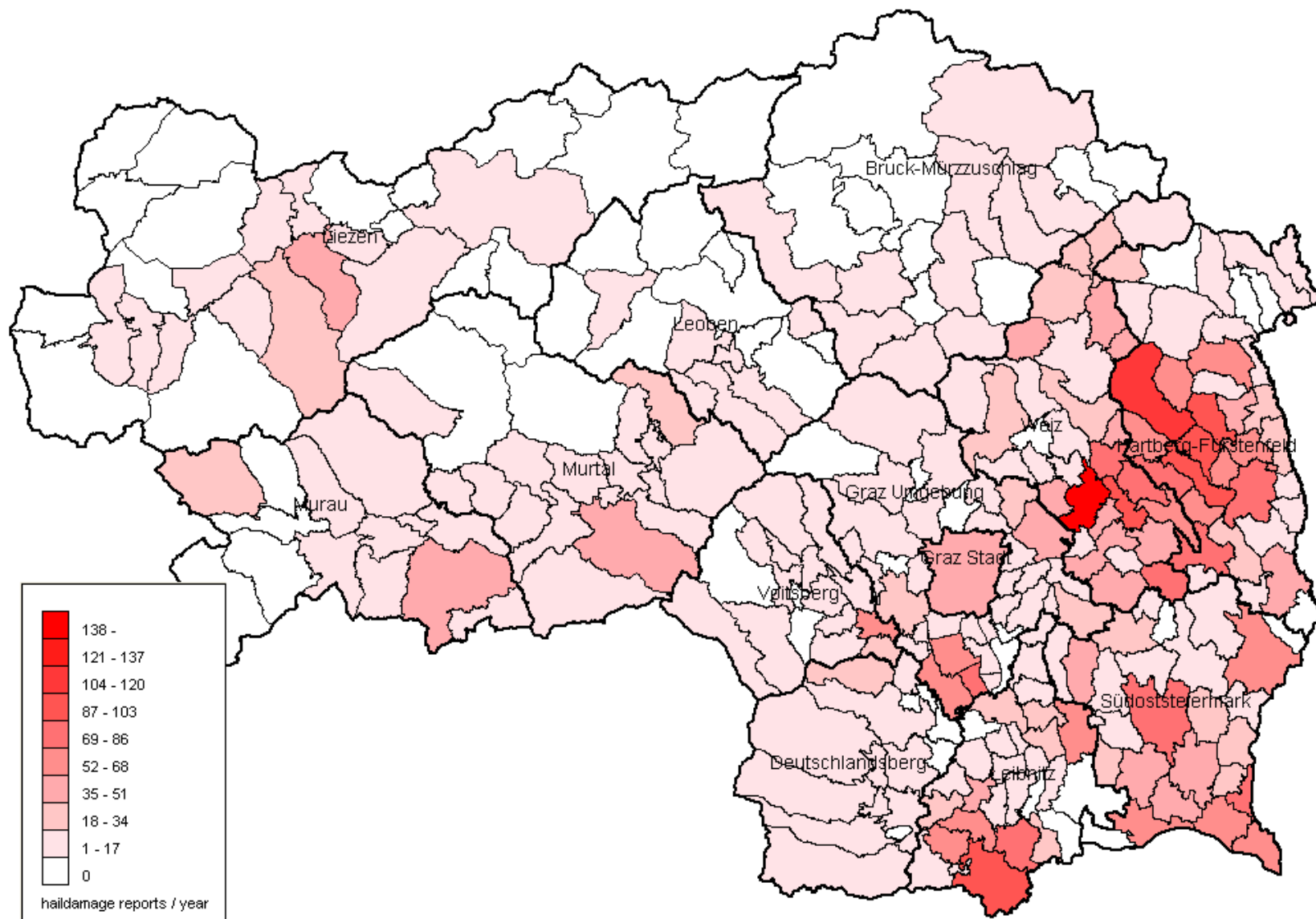


Abbildung 22: Gemeldete Hagelschäden in der Steiermark 2021 (Graphik erstellt mit HAILSYS)

Quelle Kartenmaterial: GIS-Steiermark