



Fachhochschule Nordwestschweiz
Hochschule für Wirtschaft

Studierendenprojekt

Bachelor Thesis

2013

Smart homes responding to weather events using cloud services
Hail Events

Author Dominik Vonlanthen
Betreuer Prof. Dr. Holger Wache, FHNW Olten
Auftraggeber Miguel Rodriguez, Aigo AG

Smart homes responding to weather events using cloud services

Hail Events

Author

Dominik Vonlanthen
Route des Acacias 2
CH-1700 Fribourg FR

Tel 079 409 29 23
Mail d.vonlanthen@bluewin.ch

Betreuer

Prof. Dr. Holger Wache
Fachhochschule Nordwestschweiz
Hochschule für Wirtschaft
Riggenbachstrasse 16 CH-4600 Olten SO

Tel 062 286 01 71
Mail holger.wache@fhnw.ch

Auftraggeber

Miguel Rodriguez
Aizo AG
Brandstrasse 33
CH-8952 Schlieren-Zürich ZH

Tel 044 445 99 00
Mail miguel.rodriguez@aizo.com

Olten, Februar 2013

Ehrenwörtliche Erklärung

„Ich versichere, dass ich die vorliegende Arbeit selbstständig und ohne Benutzung anderer als der im Literaturverzeichnis angegebenen Quellen und Hilfsmittel angefertigt habe. Die wörtlich oder inhaltlich den im Literaturverzeichnis aufgeführten Quellen und Hilfsmitteln entnommenen Stellen sind in der Arbeit als Zitat bzw. Paraphrase kenntlich gemacht. Diese Studienarbeit / Projektarbeit / Bachelor Thesis / Master Thesis [je nach Arbeit] ist noch nicht veröffentlicht worden. Sie ist somit weder anderen Interessierten zugänglich gemacht noch einer anderen Prüfungsbehörde vorgelegt worden.“

Name Dominik Vonlanthen

Datum 22. Februar 2013

Unterschrift

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'D. Vonlanthen', written in a cursive style.

Vorwort

Der Author schliesst mit dieser Arbeit eine intensive, aber dennoch positive Ausbildungszeit ab. Es soll hiermit nochmals aufgezeigt werden, was in den letzten Jahren gelernt wurde. Dies wäre allerdings nicht möglich gewesen, ohne die Unterstützung einiger Personen. Deshalb möchte ich mich hiermit bei ihnen Bedanken.

Mein Auftraggeber und somit direkte Ansprechperson Herrn Miguel Rodriguez von Aizo AG, der mir immer zur Seite stand. Cornel Durrer und Volker Decker ebenfalls von Aizo AG, die mir bei technischen Problemen mit dem Developer Kit immer zu Hilfe eilten. Die Herren Markus Aebischer, Jacques Ambuehl und Marco Gaia von MeteoSchweiz, die mir eine Einsicht die Meteorologie verschafften. Und natürlich meinem Betreuer Prof. Dr. Holger Wache von der FHNW Olten, der sich von vertraglichen Wirren nicht beirren liess.

Vielen Dank

Management Summary

Auftrag

Mit diesem Auftrag sollte gezeigt werden, ob mit der Auswertung von meteorologischen Daten die Rollläden und Markisen eines Hauses vor Hagelschäden geschützt werden können. Um so etwas umzusetzen zu können, braucht es zuerst einmal zentral gesteuerte Hauseinrichtung. Genau dies ist die Kompetenz des Auftraggebers, die Firma Aizo AG. Sie ist Entwickler und Hersteller der Technologie die hinter digitalSTROM steckt, die eine einfache Vernetzung unterschiedlichster Elektrogeräte in einem Haus ermöglicht. Des weiteren sind aktuelle Wetterdaten nötig. Diese wurden von der MeteoSchweiz, dem nationalen Wetterdienst der Schweiz geliefert.

Vorgehen

Das Vorgehen war in zwei Themen aufgeteilt. Zuerst wurden die Wetterdaten analysiert, wie sie für unseren Zweck verarbeitet werden können. MeteoSchweiz bietet mehrere Produkte an, die Aufschluss über das aktuelle Wetter geben und somit für dieses Projekt verwendbar sind. Zum einen sind das die Probability of Hail Bilder, welche über die lokalen Wahrscheinlichkeiten Auskunft gibt, wo es gerade Niederschlag in Form von Hagel gibt. Zum anderen sind die Warnungen, die pro Region zu den unterschiedlichsten Gefahren wie Glätte oder Gewitter ausgegeben werden. Das zweite Thema war, wie anschliessend die Komponenten von digitalSTROM angesteuert werden können, um rechtzeitig auf Hagel reagieren zu können.

Ergebnisse

Mit dieser Arbeit kommen wir zum Schluss, dass die technische Realisierung möglich ist. Es konnte aber nicht abschliessend geprüft werden, wie ein potentieller Nutzer diesen Dienst aufnimmt und einsetzt. Der Grund liegt darin, dass keine Tests unter realen Bedingungen durchgeführt werden konnten. Der Grund liegt darin, dass das Projekt während der Wintermonate lief. Es ist sicher nicht vollkommen auszuschliessen, dass auch im Winter Hagel auftreten kann. Dennoch dürfte dies wohl eher eine Seltenheit sein. Im Allgemeinen ist eh davon auszugehen,

dass sich Tests schwierig gestalten. Hagel ist ein lokal auftretendes Wetterereignis, welches nicht lange im Voraus prognostiziert werden kann. Dennoch sollte in Anbetracht der jährlichen Kosten, die Hagel verursacht, diese Thema weiterverfolgt werden.

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	1
1.1	Motivation	1
1.2	Auftraggeber	2
1.3	Problemstellung	2
1.4	Zielsetzung	3
2	digitalSTROM	4
2.1	Die digitalSTROM Komponenten	5
2.1.1	Die Klemmen	5
2.1.2	Der digitalSTROM Meter (dSM)	5
2.1.3	Der digitalSTROM Server (dSS)	6
3	Hagel	7
3.1	Charakterisierung	7
3.2	Entstehung	8
3.3	MeteoSchweiz	8
3.3.1	Radar	9
3.3.2	Probabilty of Hail	9
3.3.3	Gefahren	12
4	Use Cases	17
4.1	Anmelden	17
4.2	Hagelwarnung auslösen	18
4.3	Abmelden	18
5	Anforderungen	19
5.1	Funktionale Anforderungen	19
5.2	Nicht-funktionale Anforderungen	20
5.2.1	Warnmeldungen in der Nacht	20

6	System	21
6.1	Abläufe	21
6.1.1	Registrierung	21
6.2	Hagelwarnung auslösen	23
6.3	Abmelden	23
7	Software Architektur	26
7.1	Physischer Kontext	26
7.2	Bausteinschicht Hagel Service	27
7.3	Web Registrierung	28
8	Zusammenfassung	31
9	Literaturverzeichnis	33

1 Einleitung

1.1 Motivation

Klimawandel ist in aller Munde. Meistens wird in diesem Zusammenhang die Temperaturerhöhung genannt, die zur Gletscherschmelze und Veränderungen des Permafrosts führt. Aber auch bei den sogenannten Wetterextreme sind Änderungen zu erwarten. So kann davon ausgegangen werden, dass die Häufigkeit des Starkniederschlags in Zukunft steigen wird. Die wärmere Luft, welche mehr Feuchtigkeit aufnimmt, führt zu mehr Niederschlägen. Allerdings können dabei keine Aussagen über die Häufigkeit von Hagelereignissen gemacht werden. Da dieses Wetterphänomen zu kleinräumig auftritt, lassen sich nur schwer Vorhersagen erstellen (vgl. Bader 2012, S.51 ff.).

Unabhängig vom Klimawandel lässt sich in der Architektur die Tendenz zu neuen Gebäuden mit grossen Glasfassaden erkennen. Man betrachte nur das neue Gebäude der Fachhochschule Nordwestschweiz in Olten an der Von Rollstrasse. Die Glasfassaden ermöglichen einen gute Lichtdurchflutung der Räume, müssen aber wiederum bei direkter Sonneneinstrahlung beschattet werden.

Die Vereinigung der Kantonalen Feuerversicherungen, welche auch für Gebäudeversicherungen zuständig sind, haben berechnet, dass sich die durchschnittlichen Kosten pro Jahr an Hagelschäden auf 53 Mio. CHF belaufen (vgl. Christen et al. 2008, S.5). Dies ist aber nur ein Durchschnitt über alle kantonalen Gebäudeversicherungen. Am 23. Juli 2009 hat ein einzelnes Hagelgewitter in den Kantonen Waadt, Freiburg, Bern und Luzern zu Schaden in der Höhe von 254 Mio. CHF geführt (vgl. Imhof und Choffet 2012). Also kann davon ausgegangen werden, dass ein gewisses Interesse daran besteht, präventiv Gebäudestrukturen von Elementarereignissen zu schützen.

1.2 Auftraggeber

Die Firma Aizo wurde 2004 gegründet. 2008 wurde sie als Aktiengesellschaft im Handelsregister eingetragen. Heute arbeiten am Standort Schlieren bei Zürich ca. 20 Personen. Es gibt eine weitere Aizo GmbH in Wetzlar in Deutschland, wo weitere 20 Angestellte arbeiten.

Aizo entwickelt und vertreibt Komponenten zur Gebäudesteuerung die auf dem digitalSTROM Technologie basieren. Welche Gebäudeteile damit gesteuert werden, ist vollkommen offen. Von Jalousien über Licht bis hin zu Küchengeräten können zentral gesteuert werden.

Auf ihrer Webseite ist unter Strategie folgendes zu lesen:

„Wie lässt sich in der heutigen Zeit eine grundlegende Entwicklung wie digitalSTROM in ausreichender Vielfalt weltweit etablieren? Die Antwort ist einfach! aizo schützt ein kleines Stück Silizium patentrechtlich, den dSID-Chip, und moderiert nach dem Vorbild von LINUX eine öffentliche Diskussion im Internet um seine vielfältigen Anwendungen. Zu diesem Zweck wurde 2007 unter der Schirmherrschaft der ETH Zürich die digitalSTROM Allianz als Non-Profit-Organisation gegründet (Open Source).“

1.3 Problemstellung

Um Gebäudeteile vor Hagel schützen zu können, müssen diese früh genug eingefahren werden. Es reicht nicht aus, den Hagel im Moment des Eintreffens zu detektieren und dann zu reagieren. Denn gerade Markisen benötigen mehrere Sekunden, um in eine geschützte Position zu fahren. Wird der Hagel erst festgestellt, wenn er auf dem Gebäude aufschlägt, kann es bereits zu spät sein. Schon der erste Treffer kann einen Schaden erzeugen.

Wetterstation aus dem Handel oder andere Sensoren genügen nicht, um eine Hagelvorhersage zu machen. Es braucht dazu teures Equipment und einiges an Rechenkapazität um eine Vorhersage zu erstellen, die Adäquat ist. Über die nötigen Ressourcen verfügen nur professionelle Wetterdienste. Wo nicht nur die nötige Technik vorhanden ist, sondern auch die Erfahrung, um Wettergeschehnisse zu deuten.

1.4 Zielsetzung

Ziel dieser Arbeit ist, einen Machbarkeitsnachweis zu erbringen. Und zwar soll gezeigt werden, dass mit Wetterdaten, hier in diesem Fall von MeteoSchweiz, elektronisch gesteuerte Hauskomponenten rechtzeitig in eine geschützte Position zu bringen, um sie vor Schäden zu schützen.

2 digitalSTROM

Zuerst sollte zwischen Hausautomatisation und Smart Home unterschieden werden. Hausautomatisation bedeutet, dass Gebäudeteile elektronisch gesteuert werden können. Dies kann einerseits durch Intervention eines Menschen sein, oder auch automatisch durch eine Zeitsteuerung.

Smart Homes hingegen agieren oder reagieren selbstständig auf äusserliche Einflüsse, ohne das Zutun von Menschen. Licht schaltet sich aus, wenn sich niemand mehr in einem Raum befindet. Oder Jalousien fahren ein, bevor sie durch Umwelteinflüsse beschädigt werden.

Unter digitalSTROM werden Komponenten entwickelt und vertrieben, die zur Hausautomatisation nötig sind. Diese sollen hier kurz vorgestellt werden.

Die zwei Hauptmerkmale von digitalSTROM sind, dass die Kommunikation zwischen den Komponenten nicht über eine separate Verkablung hergestellt wird und dass das kompakte Hardwaredesign kleine Komponenten ermöglicht. Die Kommunikation erfolgt direkt über das Stromkabel. Dies führt zu Ersparnissen, da die Kosten für Material und Installation eingespart werden können. Zudem vereinfacht es, den nachträglichen Einbau in ein schon bestehendes Haus.

Es gibt viele Anwendungsbereiche für digitalSTROM. Es kann zur Steuerung von Geräten über Schalter eingesetzt werden. Zur Strommessung und somit auch fürs Energie sparen.

Die Technologie wurde in den Jahren vor 2005 von Wilfried Beck und Ludger Hovestadt an der ETH Zürich entwickelt. 2008 folgte die Gründung der digitalSTROM Allianz, einer Non-Profit-Organisation mit dem Ziel, dieses Übertragungsverfahren als Standard zu etablieren. Aus diesem Grund wurde u.a. die Software des digitalSTROM Servers, der zentralen Steuereinheit, als Open Source veröffentlicht.

2.1 Die digitalSTROM Komponenten

2.1.1 Die Klemmen



Abbildung 2.1: digitalSTROM Klemmen deren Funktion mittels ihrer Farbe erkannt werden kann.

Die Abbildung 2.1 zeigt eine Übersicht über die Klemmen, die am Stromkabel vor die Geräte geschaltet werden. Da die Klemmen für die verschiedenen Geräte unterschiedliche Funktionen zur Verfügung stellen, sind sie Farbcodiert. Als Beispiel ist die gelbe Klemme für Licht zu nennen. Mit ihr ist es möglich Lampen zu Dimmen. Eine Funktion die z.B. bei Beschattungen nicht von Nutzen ist.

Tabelle 2.1: Farbcodierung der Klemmen (Quelle: Aizo)

Farbe	Gruppe	Geräte	Funktionen
Magenta	Video	Fernseher, Video	play/pause, laut/leise
Rot	Sicherheit	Brand-, Einbruchsmelder	ein/aus, kommen/gehen
Grün	Zugang	Türöffner, Klingel	auf/zu
Gelb	Licht	Lampen	ein/aus, hell/dunkel
Grau	Schatten	Rollladen, Jalousien	oben/unten, hell/dunkel
Blau	Klima	Heizung, Lüftung	ein/aus, warm/kalt
Cyan	Audio	Hi-Fi Geräte	play/pause, laut/leise
Schwarz	Joker	konfigurierbar	

2.1.2 Der digitalSTROM Meter (dSM)

Der dSM ist das Gegenstück zu den Klemmen. Der Baustein wird im Sicherungskasten eingebaut und stellt die Datenübertragung mit den Klemmen sicher.

2.1.3 Der digitalSTROM Server (dSS)

Mit dem dSS kann eine digitalSTROM Installation konfiguriert und gesteuert werden. Es kann per Webbrowser darauf zugegriffen werden, um z.B. den aktuellen Stromverbrauch zu überprüfen, Geräte ein- und auszuschalten oder auch Regeln festzulegen, wie Komponenten auf einen Taster (Schalter) reagieren sollen. Der dSM wird ebenfalls im Sicherungskasten eingebaut.

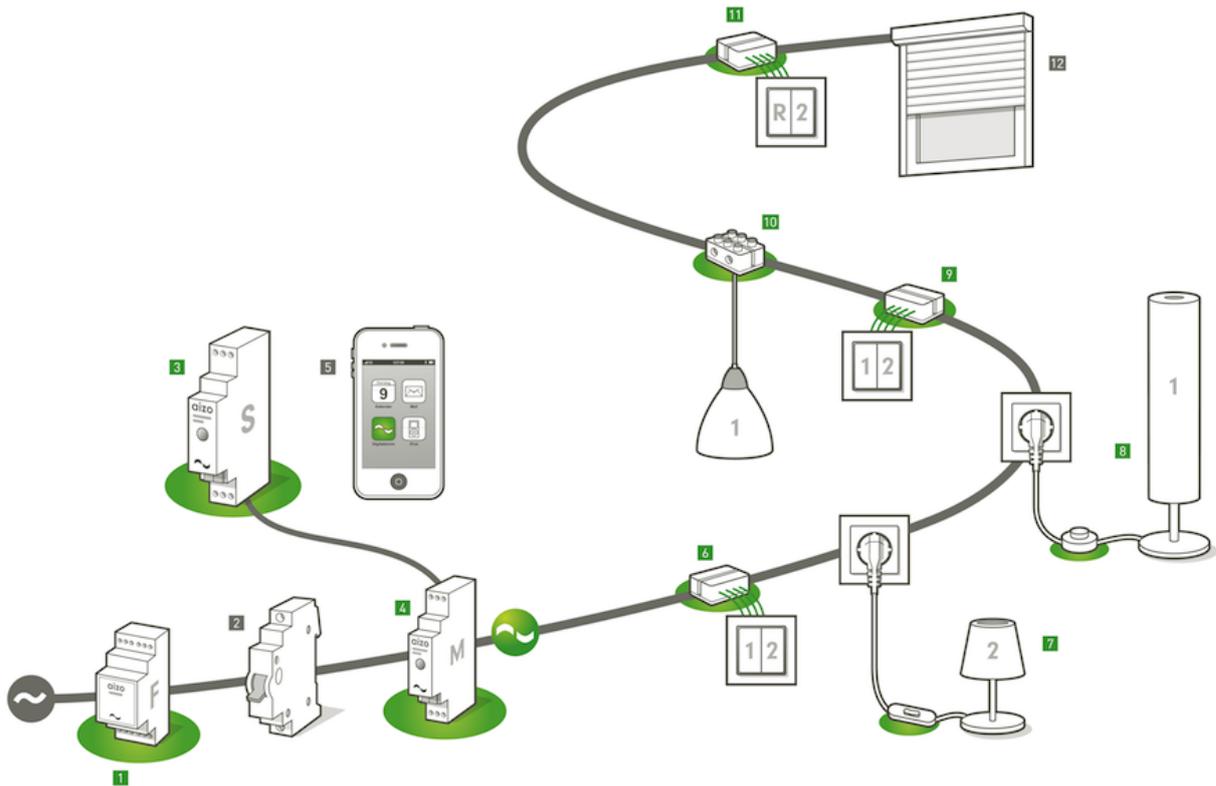


Abbildung 2.2: Ein Beispiel für eine digitalSTROM Installation

Die Abbildung 2.2 zeigt eine mögliche Installation. Die Lampen 7 und 8 haben die Klemmen in Lichtschalter eingebaut. Die Tasterklemmen 6, 9 und 11 sind mit Druckschaltern verbunden. Werden die Schalter gedrückt, sendet die Klemme ein Signal den dSM, der anschliessend die zum Schalter programmierte Funktion auslöst. Wird z.B. bei der Klemme 12 die Taste R gedrückt, fährt der Rollladen entweder hoch oder runter.

3 Hagel

3.1 Charakterisierung

Als Hagel wird gefrorenes Wasser bezeichnet, welches ein Minstdurchmesser von 0.5 cm aufweist. Wobei erst bei einem Durchmesser von 2 cm von Hagel gesprochen wird, der Schäden anrichten kann. Die Definition stammt aus den USA und besagt, dass dies die kleinste Hagel Grösse ist, die noch einen signifikanten Schaden an einem Flugzeug mit Reisegeschwindigkeit zwischen 320 und 480 km/h verursachen kann (vgl. Betschart und Hering 2012, S.5).



Abbildung 3.1: Karte der Hagelgefährdung in der Schweiz (Quelle: Vereinigung Kantonalen Feuerversicherungen)

Die Abbildung 3.1 zeigt die Gebiete, die in den letzten 50 Jahren immer wieder von Hagel betroffen waren. Im Norden und der Innerschweiz treten häufiger Hagelereignisse auf mit Hagelkörnern mit einem Durchmesser bis zu 3cm, als im Rest der Schweiz.

3.2 Entstehung

Hagel trifft immer nur im Zusammenhang mit einem Gewitter auf. Dabei werden zwei Arten unterschieden. Wärmegewitter durch feuchte Luft, welche durch Sonneneinstrahlung stark erwärmt wird und somit in höhere, kältere Luftschichten aufsteigt. Die Luft kühlt dabei ab und die Feuchtigkeit kondensiert zu Wassertröpfchen, die als Wolken sichtbar werden. Bei Kaltfrontgewitter treffen feuchte Warmluft und eine Kaltfront aufeinander. Auch hier kondensiert die Feuchtigkeit zu Wassertröpfchen, da sich die feuchte Luft stark abkühlt. Hagel entsteht, wenn die Wassertröpfchen durch Aufwinde in den Wolken in Höhen hinauf gelangen, wo Temperaturen unter Null Grad herrschen. Die Tröpfchen gefrieren und fallen Richtung Erde. In tieferen Luftschichten können die gefrorenen Tröpfchen wieder auf Aufwinde treffen, die stark genug sind, um sie wieder in Höhe zu führen. Dabei können sie weitere Wassertröpfchen aufnehmen. Je häufiger das Auf- und Absteigen eines Hagelkorns auftritt, desto grösser wird es am Schluss sein (vgl. Jubiläumsschrift der Hagel-Versicherungs-Gesellschaft, 2005).

3.3 MeteoSchweiz

Das Bundesamt für Meteorologie und Klimatologie, besser bekannt unter dem Namen MeteoSchweiz, ist der nationale Wetter- und Klimadienst. Ihr Auftrag (Service Public) ist, die Grundversorgung mit Wetterinformationen in der Schweiz sicher zu stellen. Bodenmessstationen, Wetterradars und Satelliten versorgen komplexe Computeralgorithmen mit Daten, die der Berechnung von Wettervorhersagen für den Alpenraum dienen. Vorhersagen sind allerdings sehr komplex und es gibt noch kein Algorithmus, der mit den vorhandenen Daten ein absolut zuverlässige Prognose erstellen kann. Daher sind das Fachwissen und die Erfahrungen der Mitarbeiter der MeteoSchweiz immer noch entscheidend, um eine gute Prognose zu erstellen. 2011 haben u.a. an den Standorten Zürich, Genf und Locarno 342 Angestellte ihre Arbeit getan.

3.3.1 Radar

MeteoSchweiz betreibt drei Radarstationen in der Schweiz. Auf dem Albis bei Zürich, auf La Dôle bei Genf und auf dem Monte Lema bei Lugano. Mit den Daten der Stationen wird alle 2,5 Minuten ein aktualisiertes Bild über die Wettergeschehnisse erzeugt. Die eingesetzte Radartechnik erkennt kleinste Regentropfen und ist sogar im Stand zwischen Regen, Hagel oder Schnee zu unterscheiden. Dies ermöglicht MeteoSchweiz kurzfristige Vorhersagen von Gewittern zu erstellen (vgl. Typische Wetterlagen im Alpenraum 2012).

3.3.2 Probability of Hail

Probability of Hail (POH) ist ein Produkt der MeteoSchweiz. Ein Algorithmus errechnet mittels der Radardaten eine Schätzung, wo Hagel auftreten wird. Die Grösse der Hagelkörner wird von POH allerdings nicht berücksichtigt (vgl. Betschart und Hering 2012). Die Informationen werden als Radarbilder geliefert. Sie zeigen an Hand von unterschiedlichen Farben die Wahrscheinlichkeit an. Die Abbildung 3.2 zeigt eine topographische Karte der Schweiz überlagert mit einem Radarbild.

Die Radarbilder als GIF (Graphics Interchange Format) Dateien abgespeichert. Dieses Grafikformat eignet sich gut für die elektronische Auswertung der Hagelwahrscheinlichkeiten. Der GIF Standard legt fest, dass die Farben, die angezeigt werden sollen, in einer Tabelle, der sog. Palette, abgespeichert werden. Die einzelnen Pixel des Bildes verfügen nun nicht über eine Farbinformation sondern eine Referenz auf einen Index in der Palette. So wird die eigentliche Farbinformation für jede Farbe nur einmal gespeichert. Der Standard legt fest, dass nur 256 Farben in die Palette gespeichert werden können. Für die POH werden nur 12 Einträge in der Palette verwendet, da die Wahrscheinlichkeiten in Intervalle von 10 % gegliedert sind.

Zur Echtzeitverarbeitung liefert MeteoSchweiz die Bilder ohne die topografische Karte aus. Zur Auswertung sind diese Karteninformationen nicht notwendig. Die Pixel geben schon Auskunft über den Ort. Daher werden an den Stellen, wo sich kein Hagel befindet nur die Farbe grau ausgegeben. Alles was ausserhalb der Reichweite des Radar liegt, ist schwarz (vgl. Abbildung 3.3).

Die Bilder kommen im Format 710 zu 640 Pixel. Dabei entsprechen die Pixel des Bilder dem Raster, welches durch die Schweizer Landeskoordinaten (LV03) festgelegt wird, mit einer Kantenlänge von einem Kilometer. Die Schweizer Landeskoordinaten werden in Metern angegeben und in eine Ost- und eine Nordachse aufgeteilt. Der Fundamentalpunk wurde auf die ehemaligen

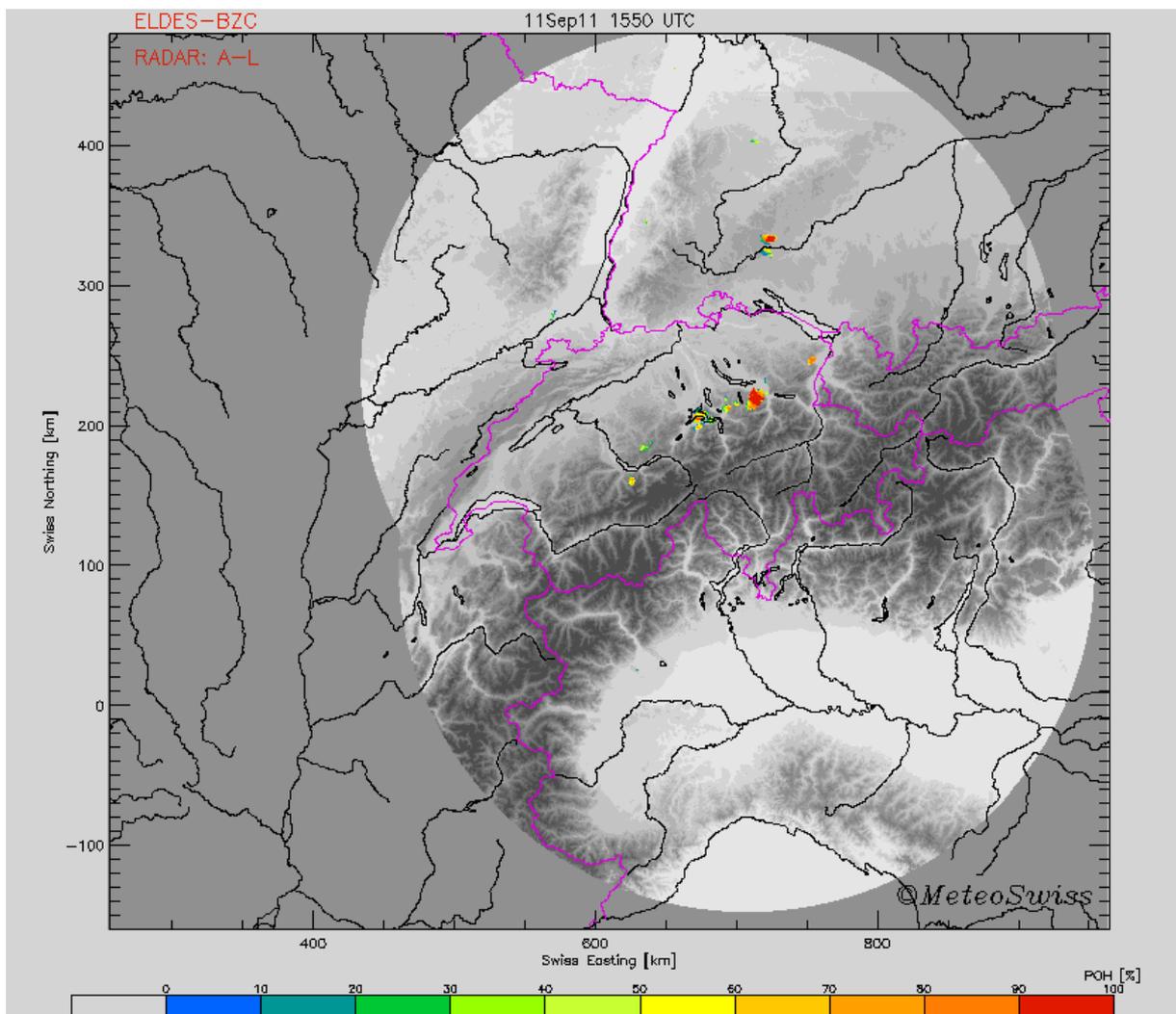
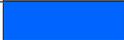
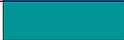


Abbildung 3.2: POH Radarbild vom 11. September 2011 mit einer Hagelzelle über der Innerschweiz. Zur Orientierung wurde eine topografischen Karte unterlegt. Rote und orange Farben bedeuten hohe Wahrscheinlichkeiten bis zu 100%. Grüne und blaue Farben zeigen tiefe Wahrscheinlichkeiten zwischen 0 und 50%. (Quelle: MeteoSchweiz)

Sternwarte in Bern gelegt, mit den Koordinaten 600000/200000. Die Abbildung ?? zeigt den Koordinatenursprung für die Pixel des Bildes und für die Landeskoordinaten, die hier in Kilometern angegeben wurden.

Es stellt sich natürlich die Frage, wie zuverlässig die POH Daten sind. MeteoSchweiz hat nachgewiesene Hagelereignisse zwischen 2009 und 2011 auswerten lassen und mit den POH Daten verglichen. Daraus entstanden zwei Kennzahlen. Probability of Detection (POD) gibt an,

Tabelle 3.1: POH GIF Palette: Index 0 (grau) bedeutet keinen Hagel gemessen. Index 11 (grün) bedeutet keine Messung vorhanden. Index 12 (schwarz) ausserhalb der Radarreichweite.

Index	Farbe	RGB Farbcode	Wahrscheinlichkeit
0		100, 100, 100	no data
1		0, 100, 255	1 – 10 %
2		0, 150, 150	11 – 20 %
3		0, 200, 50	21 – 30 %
4		150, 255, 0	31 – 40 %
5		200, 255, 0	41 – 50 %
6		255, 255, 0	51 – 60 %
7		255, 200, 0	61 – 70 %
8		255, 160, 0	71 – 80 %
9		255, 125, 0	81 – 90 %
10		255, 25, 0	91 – 100 %
11		0, 254, 0	no data
12		0, 0, 0	no echo

wie viele eingetretene Ereignisse wurden erkannt. False Alarme Rate (FAR) gibt an, wie viele Ereignisse wurden prognostiziert, die aber nicht eingetroffen sind.

Tabelle 3.2: Probability of Detection (POD) und False Alarme Rate (FAR) für die Jahre 2009 bis 2011. Für 2011 gab es nicht genügend Messungen für die Berechnung des FAR. (Quelle: Betschart und Hering 2012, S.35 ff.)

Jahr	POD	FAR
2009	97 %	19 %
2010	95 %	19 %
2011	94 %	n.a.

Die Kennzahlen in der Tabelle 3.2 der Jahre 2009 und 2010 zeigen, dass bei nahe sämtliche Hagelereignisse erkannt wurden. Währenddessen man bei einer Warnung mit einer Wahrscheinlichkeit von 20 % rechnen muss, dass es ein Fehlalarm ist. Ein hoher POD und ein tiefer FAR sind positiv zu Bewerten und zeigen, dass die POH Daten eine gewisse Zuverlässigkeit bieten.

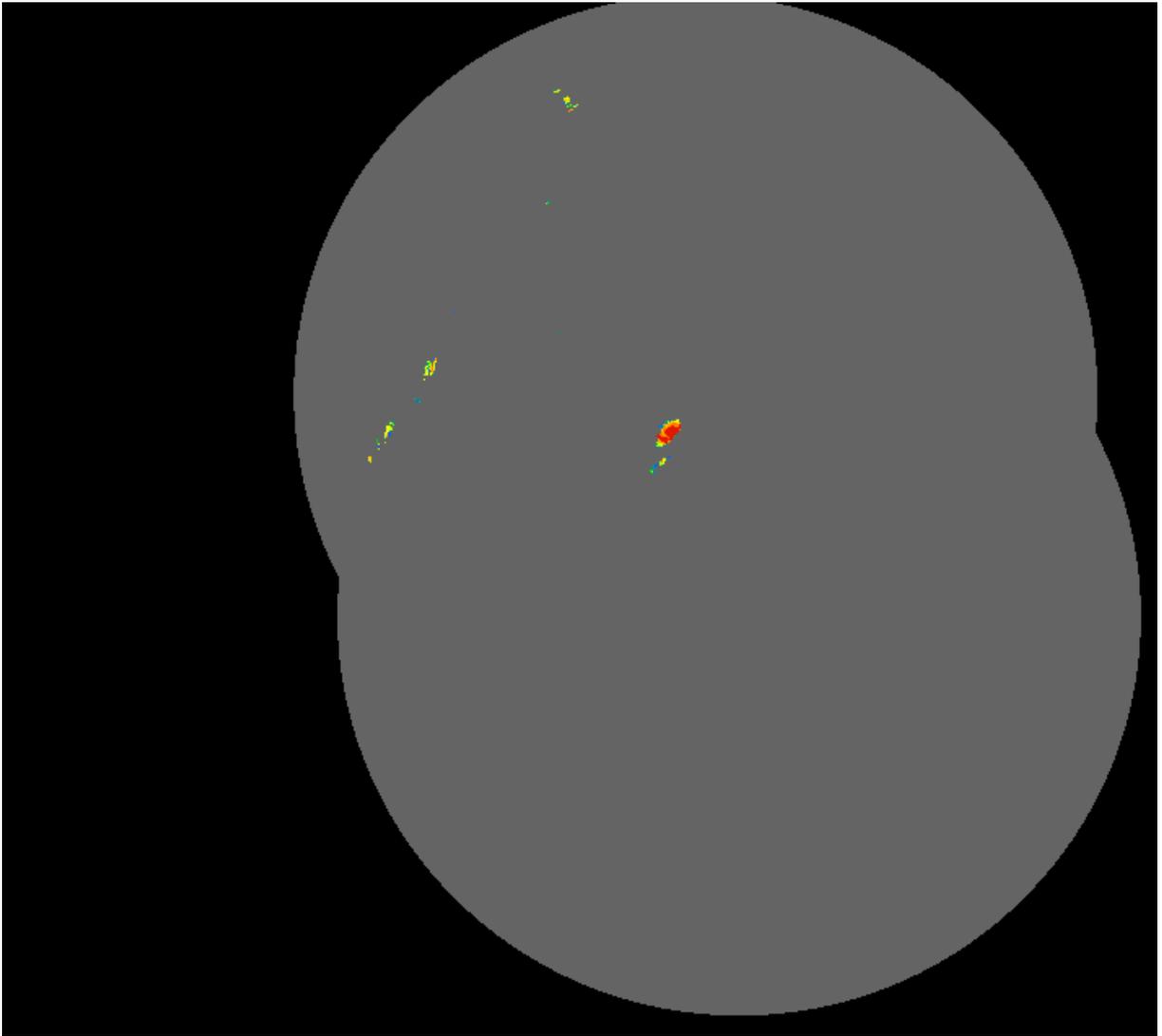


Abbildung 3.3: POH Radarbild mit einer Hagelzelle. Die Zelle streckt sich über eine Fläche von mehreren Quadratkilometern aus. In dieser Form werden die POH Bilder angeliefert. (Quelle: MeteoSchweiz)

3.3.3 Gefahren

Ein weiteres Produkt der MeteoSchweiz sind die Gefahrenwarnungen. Hierbei handelt es sich allerdings nicht um eigentliche Hagelwarnungen. Sondern es sind allgemeinere Warnungen zu den Kategorien Wind, Gewitter, Regen, Schneefall, Strassenglätte, Hitzewelle und Frost. Die Intensität der Gefahr wird in fünf Stufen angegeben.

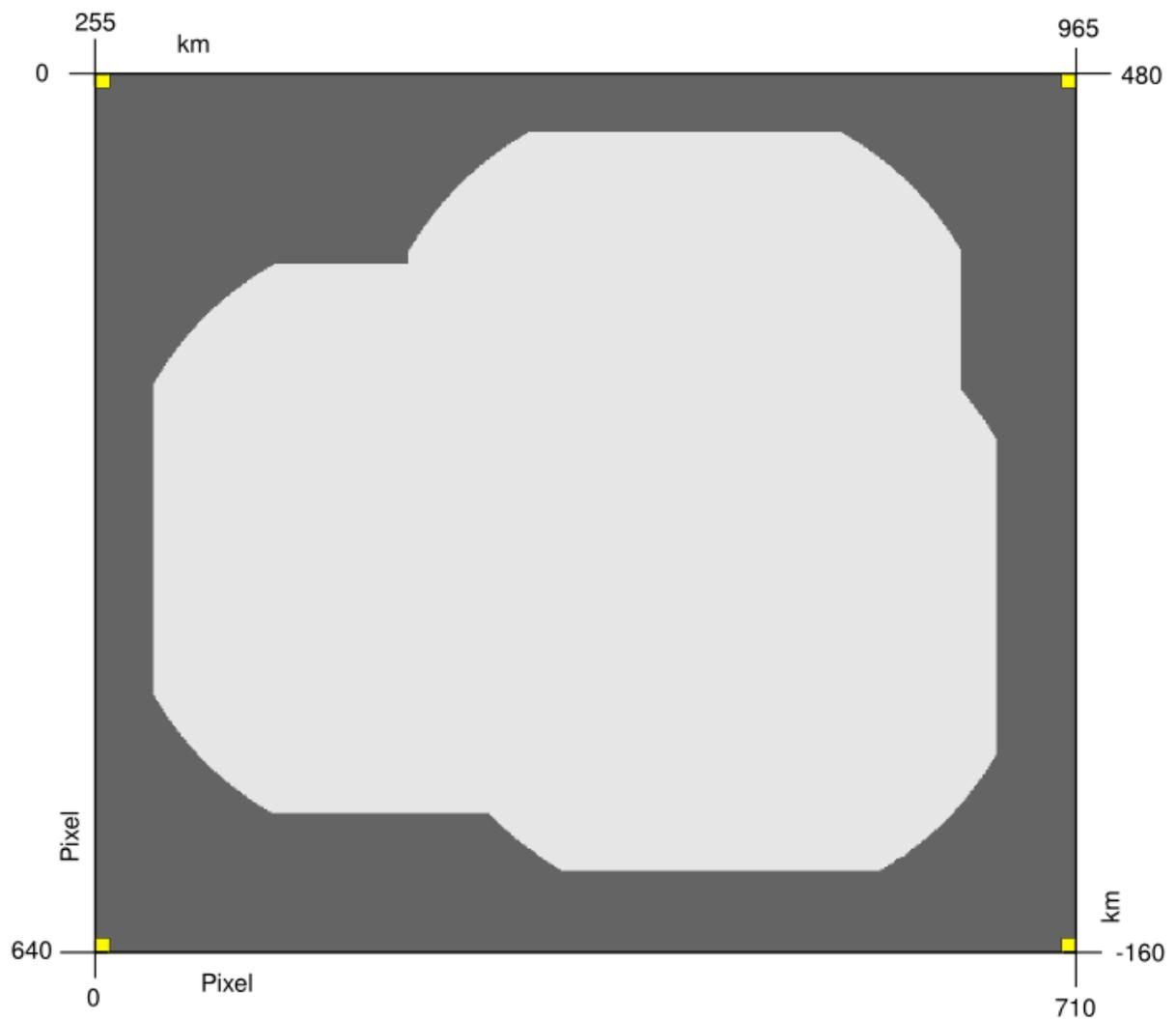


Abbildung 3.4: Pixelraster mit den entsprechenden LV03 Koordinaten. Der Koordinatenursprung für das Pixelraster des GIF Bildes befindet sich oben links. Der Ursprung der LV03 Koordinaten befinden sich unten links. (Quelle: MeteoSchweiz)

Eine Hagelwarnung in diesem Sinne gibt es bei den Gefahrenwarnungen nicht. Hagel kann bei Gewitterwarnungen der Stufe 3 und 4 vorkommen. Bei Stufe 3 ist mit Hagel von einer Grösse von zwei bis vier Zentimeter zu rechnen. Zudem mit sind Windgeschwindigkeiten bis zu 120 km/h und 50 Milliliter Regen pro Quadratmeter und Stunde zu erwarten. Bei Stufe 4 können die Hagelkörner grösser als 4 Zentimeter werden. Die Windgeschwindigkeiten können über 120 km/h betragen und die Niederschlagsäule über 55 mm/h. Des weiteren werden zwischen zwei Arten von Gewitterwarnungen unterschieden. Bei „Heftige Gewitter möglich“ werden Warnungen nur

Tabelle 3.3: Die fünf Gefahrenstufen der MeteoSchweiz (Quelle: MeteoSchweiz)

1	keine oder geringe Gefahr	Die Wetterentwicklung bleibt innerhalb des für die Jahreszeit üblichen Rahmens. Auch wenn kein Gefahrenhinweis vorliegt, können lokal trotzdem gefährliche Wettersituationen auftreten.
2	Mässige Gefahr	Es wird eine gefährliche Wetterentwicklung erwartet mit Wettererscheinungen, die aber innerhalb des für die Jahreszeit üblichen Intensitätsbereiches liegen.
3	Erhebliche Gefahr	Es wird eine gefährliche Wetterentwicklung erwartet mit Wettererscheinungen, die am Rand des für die Jahreszeit üblichen Intensitätsbereiches liegen.
4	Grosse Gefahr	Es wird eine gefährliche Wetterentwicklung erwartet mit Wettererscheinungen von ungewöhnlicher Stärke.
5	Sehr grosse Gefahr	Es wird eine gefährliche Wetterentwicklung erwartet mit Wettererscheinungen von ausserordentlich grosser Intensität.

für grössere Regionen ausgegeben, die erst in mehreren Stunden zu erwarten sind. „Heftige stationäre oder vorbeiziehende Gewitter“ werden kurzfristig ausgegeben, wenn eine genaue Lokalisierung möglich ist (vgl. Beschreibungen zu den Gefahrenstufen 2012).

Die Art der Gefahr zusammen mit der Stufe wird jeweils für ein Region ausgegeben. Es gibt aktuell insgesamt 152, die nach meteorologischen Kriterien erstellt wurden und nicht zwingend mit Gemeinde- oder Kantons Grenzen zusammen fallen. Die Abbildung 3.5 zeigt die aktuelle Karte der Warnregionen. Die Einteilung kann gegebenenfalls durch MeteoSchweiz geändert werden.

Auf der Webseite von MeteoSchweiz werden die aktuellen Warnungen der ganzen Schweiz angezeigt. Zusätzlich können Privatnutzer die Warnungen für ein bestimmtes Gebiet auch abonnieren. Der Abonnent erhält auf Wunsch entweder eine SMS oder ein E-Mail zugestellt.

Für den Geschäftsbereich stellt MeteoSchweiz die Warnungen für alle Regionen der Schweiz als XML Datei zur Verfügung.

Die XML Datei im Codeblock 3.1 zeigt eine Warnung für Strassenglätte in den Niederungen für



Abbildung 3.5: Diese Karte zeigt die 152 Regionen, für die MeteoSchweiz Wetterwarnungen herausgibt.

vier Regionen im Graubünden, drei in Uri und je eine in Glarus und St.Gallen. Das Element „*cms : situation*“ enthält die ID der Gefahr und die Stufe. Das Element „*cms : region*“ die ID der Region.

Listing 3.1: Das ist das XML

```
1 <?xml version="1.0" encoding="ISO-8859-1"?>
2 <cms:warning creation-time="2012-12-07T12:26:08.835Z" issue-time="2012-12-07T07:15:00.000Z" creating-authority="MeteoSchweiz
  ↳Zuerich">
3 <cms:situation awareness-id="402" awareness-level="yellow" awareness-type="SN" sender="ZUE" warn-type="WW" start-time="
  2012-12-07T10:00:00.000Z" end-time="2012-12-08T09:00:00.000Z" isRevoc="false" priority="34">
4 <cms:information lang="de">
5 <cms:title>Schneefall (Niederungen)</cms:title>
6 <cms:warnText>Strassenglaette durch Schneefall in den Niederungen mit 5 bis 10 cm</cms:warnText>
7 <cms:auxText/>
8 <cms:smsText>Strassenglaette, Schneefall (Niederungen), 5-10 cm</cms:smsText>
9 </cms:information>
10 <cms:regions>
11 <cms:region id="179"/>
12 <cms:region id="169"/>
13 <cms:region id="159"/>
14 <cms:region id="177"/>
15 <cms:region id="178"/>
16 <cms:region id="181"/>
17 <cms:region id="158"/>
18 <cms:region id="167"/>
19 <cms:region id="149"/>
20 </cms:regions>
21 </cms:situation>
22 </cms:warning>
23 </cms:warning>
```

4 Use Cases

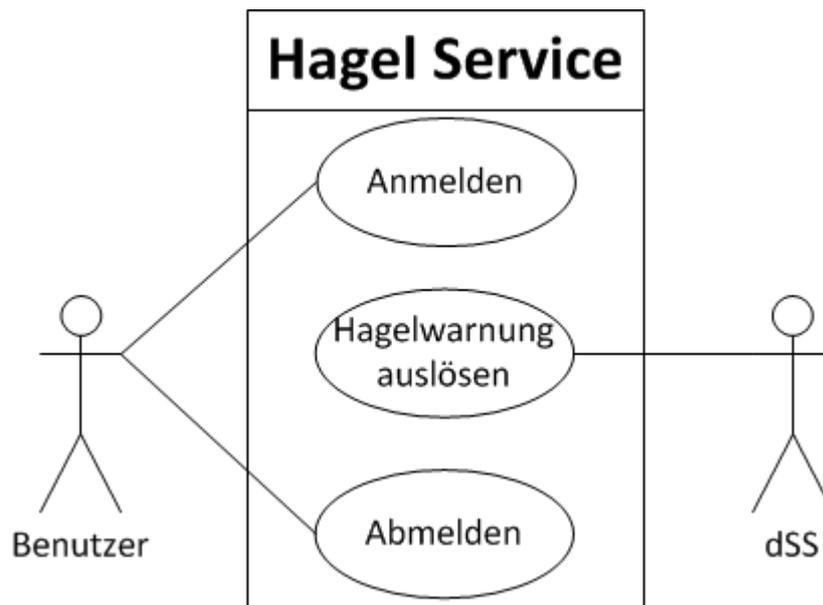


Abbildung 4.1: Anwendungsfall

4.1 Anmelden

Beim Anmelden registriert der Benutzer seine digitalSTROM Installation beim Hagel Service. Die Voraussetzungen sind, dass ein dSS vorhanden ist und dass der Standort konfiguriert wurde. Zur Sicherheit wird der Benutzer aufgefordert, den Standort zu kontrollieren. Das erwartete Ergebnis ist, dass der Standort des dSS dem Hagel Service bekannt ist und dass das ein Kommunikationspfad hergestellt wurde.

4.2 Hagelwarnung auslösen

Der Hagel Service schickt an die angemeldeten dSS, ob Hagel bevorsteht oder ob es vorbei ist. Voraussetzung für den Anwendungsfall Hagel ist, dass die Anmeldung erfolgreich durchgeführt wurde und dass entsprechende Wetterdaten vorliegen. Das erwartete Ergebnis ist, dass bei einem betroffenen Haus entweder die Rollläden hochgefahren werden, wenn Hagel bevorsteht, oder dass sie nach einem Hagelereignis wieder heruntergefahren werden.

4.3 Abmelden

Falls der Benutzer keinen Bedarf mehr für den Hagel Service hat, kann er sich abmelden. Dass der Kommunikationspfad zwischen dem dSS und dem Hagel Service gelöscht wurde.

5 Anforderungen

In diesem Kapitel sollen kurz einige Anforderungen an das zu entwickelnde System skizziert werden. Die Anforderungen werden in beiden Bereiche Funktionale Anforderungen und Nicht-funktionale Anforderungen aufgeteilt. Die Funktionalen Anforderungen sollen festlegen, was das System leisten können muss. Währenddessen die Nicht-funktionalen Anforderungen zur Darlegung dienen, wie gut das System die Leistungen erbringen muss (vgl. Böhm und Fuchs 2002, S. 139 f.).

5.1 Funktionale Anforderungen

Registrierung

Der Benutzer muss die Möglichkeit haben, die Hagel Dienstleistung zu abonnieren. Dazu muss eine Registrierung der eindeutigen MAC Adresse des digitalSTROM Servers möglich sein. Ohne die Registrierung ist eine Kommunikation zwischen dem Dienst und dem dSS nicht möglich.

Setzen der Koordinaten

Während der Registrierung muss die Möglichkeit bestehen, die genauen Koordinaten des dSS festzulegen. Ohne die genaue Lokalisierung würde der dSS Warnmeldungen von einer anderen Regionen erhalten.

Setzen eines Schwellenwertes bei POH

Der Benutzer kann selber festlegen, ab welcher POH Wahrscheinlichkeit das System eine Meldung ausgibt. Wird dieser Schwellenwert bei einer niedrigen Wahrscheinlichkeit festgelegt, z.B. 20 %, dann ist vermehrt damit zu rechnen, dass die Rollläden eingefahren werden, obwohl kein Hagelereignis eintritt. Umgekehrt, bei Festlegen eines hohen Schwellenwerts, ist damit davon auszugehen, dass bei einem Hagelereignis die Rollläden und Markisen nicht eingefahren werden.

Warnvorlauf

Wenn sich der Benutzer im Haus aufhält, wird dieser zuerst darüber informiert, dass bevor der

dSS auf eine Warnung reagiert. Somit kann sich der Benutzer einen Überblick über die lokal vorherrschenden Wetterverhältnisse verschaffen. Sollten keine Anzeichen für Hagel vorhanden sein, kann das unnötige Einfahren der Beschattung verhindert werden. Sollte sich niemand im Haus befinden, kann der dSS auf die Warnung reagieren. Da dadurch niemand beeinträchtigt wird.

5.2 Nicht-funktionale Anforderungen

5.2.1 Warnmeldungen in der Nacht

Um die nächtliche Ruhe des Benutzers nicht unnötig zu stören, sollte zumindest im Schlafzimmer die Rollläden bei einer Warnung nicht hochgefahren werden. Da allerdings zur Entstehung von Hagel die Erwärmung feuchter Luftmassen durch die Sonne nötig ist, wird dies bei POH Daten nie der Fall sein. Hingegen bei den Gefahrenwarnungen könnte dies schon auftreten. Eine Gewitterwarnung der Stufe drei oder vier ist auch in der Nacht möglich.

6 System

Es war eine Vorgabe von Aizo, dass ein zentraler Server für den Hagel Service eingesetzt wird. Seine Funktion besteht darin, die dSS im frühzeitig von einem Hagelereignis zu warnen und danach auch wieder zu entwarnen. Es war anzunehmen, dass für die Verarbeitung von Wetterdaten gewisse Rechnerkapazitäten vorhanden sein müssen, die ein dSS nicht hat. Zudem müsste bei einer dezentralen Lösung jeder einzelne dSS in Intervallen Wetterdaten aus dem Internet abrufen. Daher erschien es praktikabler eine Server einzurichten, der die Kalkulationen übernimmt und nur dann die dSS warnt, wenn sie davon betroffen sind.

Die Abbildung 6.1 zeigt die nötige Architektur, um den Hagel Service umzusetzen. Neben dem zentralen Server, dem digitalSTROM Hub (dSH), wird noch ein Kommunikationskanal zwischen dem dSH und dem dSS benötigt. Dazu wird der YalerTunnel eingesetzt. Die Software wird auf dem dSS installiert und öffnet einen Kanal zum Yaler Relay. Der dSH kann nun den dSS per HTTPS über den Relay ansprechen. Somit entfällt die Konfiguration eines offenen Ports auf dem Internet Router oder Firewall. In einer zukünftigen Version des dSS soll der YalerTunnel vorkonfiguriert sein. Eine Installation durch den Benutzer entfällt somit.

6.1 Abläufe

6.1.1 Registrierung

Es gibt zwei Möglichkeiten, wie die Registrierung vonstatten gehen kann. Einerseits über ein Add-On direkt auf dem dSS oder andererseits über eine Webseite auf dem dSH. Aizo verfolgt zur Zeit die Einführung des digitalSTROM Konfigurators. Damit werden die Einstellungen lokal vom dSS in die Cloud verlegt. Aus diesem Grund wurde die Lösung über ein Add-On nicht weiterverfolgt. Die nachfolgenden Abläufe beziehen sich somit auf die Lösung mit der Webseite auf dem dSH.

In Abbildung 6.2 ist der Ablauf der Registrierung dargestellt. Der Benutzer trägt seine Anmelde-

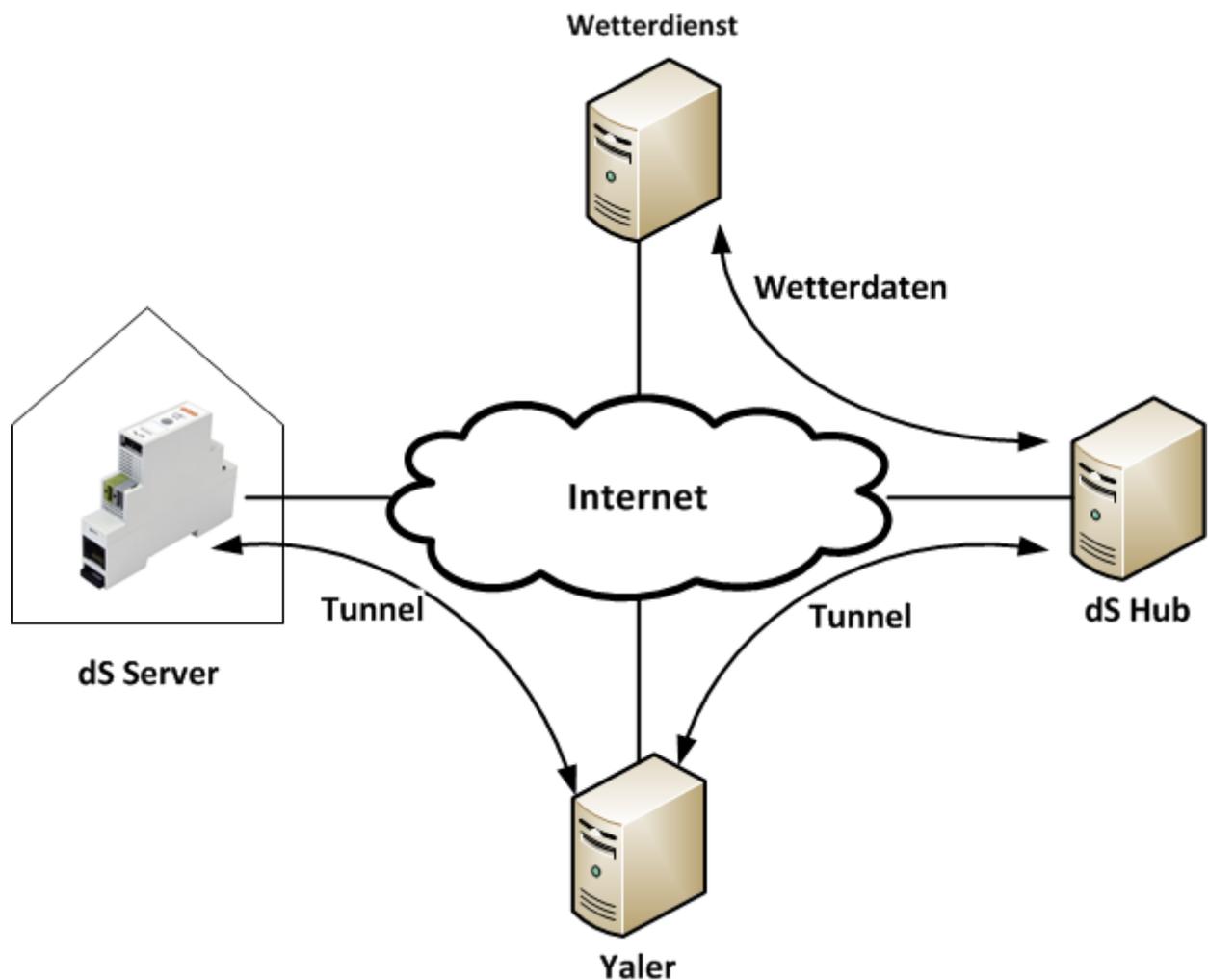


Abbildung 6.1: Architektur

daten des dSS ein und die MAC Adresse, welche das Gerät eindeutig identifiziert. Der Webserver kann mit diesen Angaben sich am dSS anmelden und die gespeicherten Koordinaten auslesen. Sollten diese nicht korrekt sein, hat der Benutzer die Möglichkeit diese zu korrigieren und auf dem dSS wieder abzuspeichern. Sind die Koordinaten korrekt, werden sie umgerechnet. In unserem Fall entweder zu den Pixel Koordinaten für die POH Bilder oder eine Warnregion für die Gefahrenwarnungen. Anschliessen werden sie beide Koordinaten auf dem dSH abgespeichert.

Hier ist wichtig zu erwähnen, dass weitere Dienste des dSS von den Koordinaten abhängen, die nicht sofort aktualisiert werden. Im schlimmsten Fall dauert es bis zu 24 Stunden, bis die Dienste die Änderung übernehmen. Hier sollte für die Zukunft vorgesehen werden, dass die

Aktualisierung in kürzeren Intervallen erfolgen sollte.

6.2 Hagelwarnung auslösen

Der Wetterdienst liefert die aktuellen Wetterdaten an den dSH. Dort werden sie ausgewertet und anschliessend die Koordinaten aller gespeicherten dSS abgerufen und abgeglichen. Liegt ein dSS in einer Hagelregion, hat aber noch keine Hagelwarnung erhalten (Status ist noHail), so wird nun der neue Status „Hail“ übergeben. Der dSS fährt die Rollläden hoch. Im anderen Fall, wenn der Status „Hail“ gespeichert ist und der dSS befindet sich nicht mehr in einer Hagelregion, so wird „noHail“ aufgerufen. In den zwei anderen Fällen wird nichts unternommen.

6.3 Abmelden

Hier wird auf eine Ausführliche Beschreibung des Ablaufs verzichtet. Um einen dSS abzumelden, muss nur der Eintrag auf dem dSH gelöscht werden.

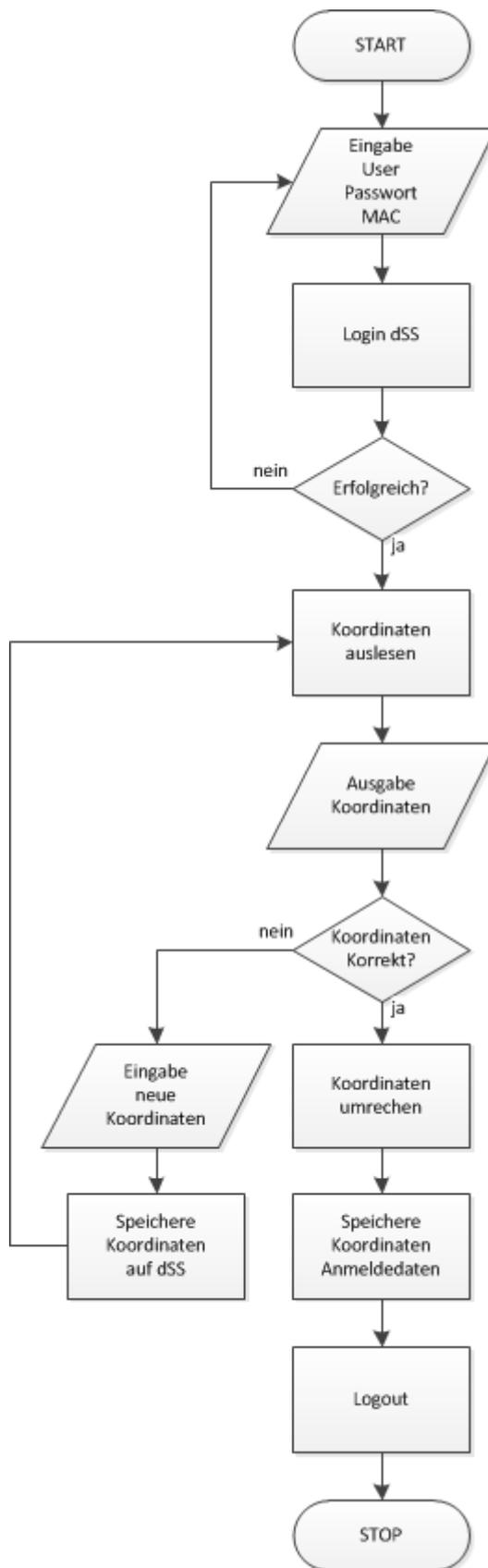


Abbildung 6.2: Ablauf der Registrierung am Hagel Service

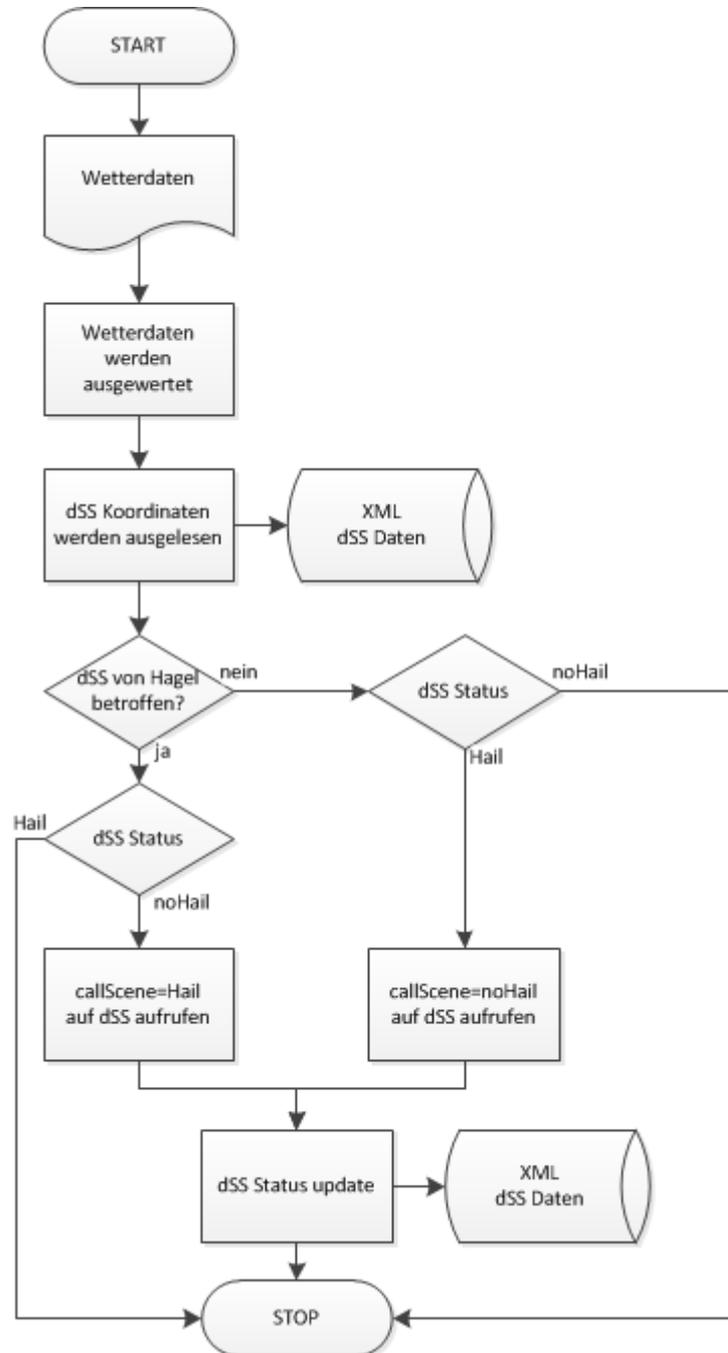


Abbildung 6.3: Ablauf zur Auslösung eines Hagelereignis

7 Software Architektur

7.1 Physischer Kontext

Die Abbildung 7.1 zeigt die technischen Systeme um den Hagel Service. Das Diagramm zeigt ausserdem die Kommunikationsarten (XML / HTTPS).

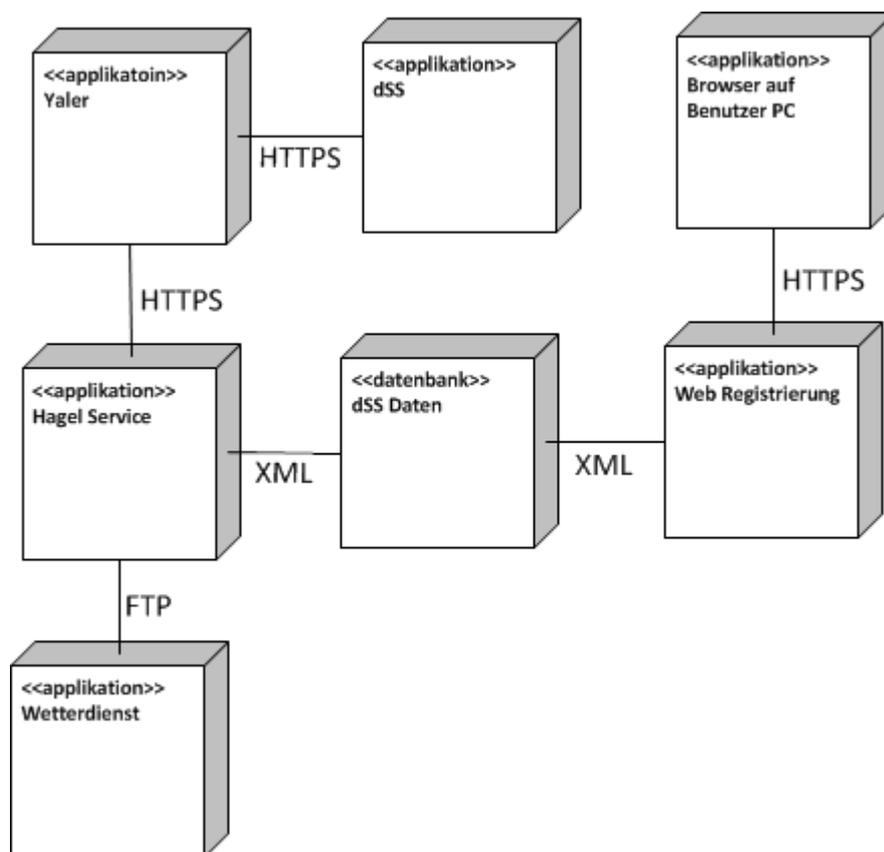


Abbildung 7.1: Verteilung der Systeme und Kommunikationsarten

Der Benutzer greift per Browser auf das Interface der Web Registrierung zu und trägt seinen dSS mit Anmeldedaten, MAC Adresse und Koordinaten ein. Die Web Registrierung rechnet die Koordinaten um und schreibt sie in die XML Datei.

Erhält nun der Web Service Wetterdaten vom Wetterdienst per FTP, gleicht er diese mit den Angaben in der XML Datei ab und schickt, wenn nötig, einen Steuerbefehl an den dSS über den YalerTunnel.

7.2 Bausteinschicht Hagel Service

Die Abbildung 7.2 zeigt die Bausteine des Hagel Service und deren Abhängigkeiten (Schnittstelle).

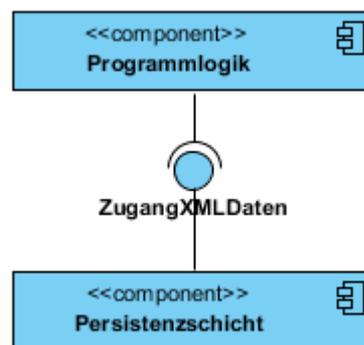


Abbildung 7.2: Schichten des HagelService

Der Hagel Service wird in die zwei Schichten Programmlogikschicht und Persistenzschicht aufgeteilt. Die Aufteilung realisiert eine klare Trennung der folgenden Hauptaufgaben / Verantwortlichkeiten:

1. Die fachliche Logik, welche die Wetterdaten auswertet und mit den dSS Daten abgleicht.
2. Funktionalität zur Speicherung und dem Laden der dSS Daten.

Für die Kommunikation zwischen den Schichten bietet die Persistenzschicht der Programmlogikschicht eine Schnittstelle an. Dies fördert eine lose Koppelung der Schichten und bietet somit folgende Vorteile:

- Unabhängige Entwicklung der Schichten wird vereinfacht bzw. ermöglicht.
- Änderungen an den Schichten ist weniger aufwändig.
- Austauschbarkeit der einzelnen Schichten wird möglich bzw. vereinfacht.

Für diesen Machbarkeitsnachweis wurde für die Persistenzschicht keine Datenbank gewählt, sondern die Speicherung in einer XML Datei. Da nur wenige Daten pro dSS gespeichert wurde, erschien dieses Vorgehen am Praktikabelsten. Es ist keine weitere Applikation nötig. Aktuelle Programmiersprachen bringen Bibliotheken mit, die der Zugriff auf XML Dateien unterstützen. Dennoch sollten über den Einsatz einer Datenbank weiter nachgedacht werden. Vor allem wenn der Dienst produktiv gehen sollte. Mit Zunahme an dSS Einträgen, könnte allenfalls eine Datenbank bessere Performanz bringen. Durch die Trennung der Persistenz und der Programmlogik ist der Austausch der XML Datei durch eine andere Lösung einfach zu bewerkstelligen.

Für die Programmlogik wurde die Skriptsprache Python eingesetzt. Da auf dem dSH die Linux Distribution Ubuntu, welche Python standardmässig mitliefert. Ein weitere Vorteil war, das kein vorgängiges Kompilieren des Programmcodes nötig war. Aber auch hier sollten für einen Produktiveinsatz weitere Überlegungen gemacht werden. Vielleicht zeigt es sich, dass mit einer anderen Programmiersprache eine schnellere Ausführung möglich ist. Durch die Trennung der Programmlogik von der Persistenz ist auch hier ein der Austausch der Schicht einfach.

Die Programmlogik ist einfach gestaltet. Wird die Lösung mit den POH Daten umgesetzt, können mit dem Python Package *Image* die Daten einfach aus dem Bild ausgelesen werden. Man erhält ein Array mit den Indices der Farbpalette pro Pixel. Ein Einzelner Index kann mit den xy-Koordinaten, die vorgängig im XML gespeichert wurden, auslesen. Ist der Index grösser oder gleich als der Schwellenwert für Hagel, z.B. 6 für Hagelwahrscheinlichkeiten ab 50 %, dann wird der Status „Hail “ an den dSS weitergegeben.

Wird die Lösung mit den Gefahrenmeldungen eingesetzt, wird der Status geändert, wenn sich der dSS in einer gefährdeten Region befindet. In diesem Fall gibt es kein Schwellenwert. Entweder gibt es eine Gewitterwarnung der Stufe drei oder vier in der entsprechenden Region oder nicht.

7.3 Web Registrierung

Die Abbildung 7.2 zeigt die Bausteine des Hagel Service und deren Abhängigkeiten (Schnittstelle).

Die Web Registrierung ist in die drei Schichten Präsentationsschicht, Programmlogikschicht und Persistenzschicht aufgeteilt. Die Aufteilung realisiert eine klare Trennung der folgenden Hauptaufgaben / Verantwortlichkeiten:

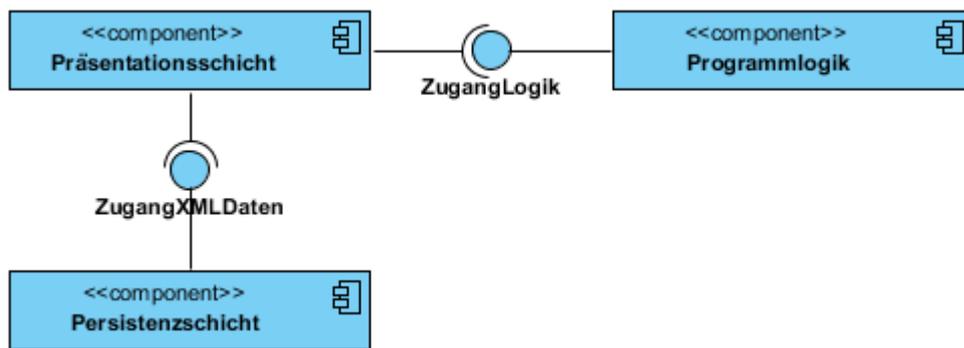


Abbildung 7.3: Schichten der Web Registrierung

1. Bereitstellung einer Benutzeroberfläche für die Bedienung durch den Benutzer des Systems bzw. für die Darstellung von Daten und Reaktion auf Benutzereingaben.
2. Die fachliche Logik, welche die Koordinaten umrechnet und die Kommunikation zum dSS herstellt.
3. Funktionalität zur Speicherung und dem Laden der dSS Daten.

Für die Kommunikation zwischen den Schichten bietet die Persistenzschicht und die Programmlogikschicht je eine Schnittstelle der Präsentationsschicht an. Dies fördert eine lose Koppelung der Schichten und bietet somit folgende Vorteile:

- Unabhängige Entwicklung der Schichten wird vereinfacht bzw. ermöglicht.
- Änderungen an den Schichten ist weniger aufwändig.
- Austauschbarkeit der einzelnen Schichten wird möglich bzw. vereinfacht.

Es wird hier nur noch auf die Programmlogikschicht eingegangen, da vor allem hier komplexere Algorithmen eingesetzt werden.

Werden vom Wetterdienst POH Daten angeliefert, muss von der Programmlogik mittels der WGS84 Koordinaten, die der dSS gespeichert hat, die entsprechenden Pixel Koordinaten errechnet werden. Dies erfolgt in zwei Schritten. Der erste Schritt ist die Umrechnung in die Schweiz Landeskoordinaten (LV03). Die Formel zur Umrechnung liefert Swisstopo, das Bundesamt

für Landestopographie (vgl. Formeln und Konstanten für die Berechnung der Schweizerischen schiefachsigen Zylinderprojektion und der Transformation zwischen Koordinatensystemen 2001). Allerdings wurde die Formel nicht selbst programmiert. Swisstopo stellt auf ihrer Webseite bereits fertige Programme in unterschiedlichen Programmiersprachen zur Verfügung. Für diesen Machbarkeitsnachweis wurde die Javascript Version eingesetzt. Die Berechnung erfolgt somit direkt im Browser des Benutzer.

Die Umsetzung für Gefahrenwarnungen ist ungleich komplexer als für die POH Daten. Die Problematik liegt darin, festzustellen, in welcher Warnregion der dSS liegt. In der Literatur für Algorithmen und Datenstrukturen wird dieses Problem als "Point Location Problem", bezeichnet (vgl. Skiena 1998, S. 367 ff.). Im Verlaufe des Projekts wurde beschlossen, diesen Weg vorläufig nicht weiterzuverfolgen. Die Anforderungen an eine Programmierer, dies umzusetzen, ist hoch und würde den Rahmen einer Bachelor Thesis in der Wirtschaftsinformatik übersteigen.

8 Zusammenfassung

Im Laufe dieses Projekts, konnte gezeigt werden, dass die technische Umsetzung des Hagel Service möglich ist. Der entscheidender Faktor für den Erfolg sind allerdings die Wetterdaten. Die genaueren POH Daten werden voraussichtlich dafür nicht eingesetzt werden können. Denn es ist mit einer Verzögerung bis zu fünf Minuten zu rechnen, bis eine Warnmeldung beim dSS ankommt. Vom Moment da ein Radar Hagel detektiert, durchlaufen diese Daten mehrere Schritte. Zuerst müssen sie vom Wetterdienst zu einem Radarbild aufbereitet werden. Anschliessend wird das Bild übers Internet an den Hagel Service weitergeleitet, der wiederum das Bild auswerten muss. Bis zu dem Zeitpunkt, wo der dSS die Warnung erhält, hagelt es vermutlich schon.

Vielversprechender sehen da schon die Gefahrenwarnungen aus. Da es sich hierbei um eine Vorhersage handelt, ist eine Verzögerung weniger tragisch. Da es sich hierbei aber nicht um eine spezifische Hagelwarnung handelt, wird die Akzeptanz des Benutzer gegenüber der Dienstleistung über den Erfolg entscheiden. Es werden bei dieser Lösung mehr Falschmeldungen auftreten. Zwar sind die kurzfristigen Vorhersagen einigermaßen akkurat, aber eine Gewitterwarnung heisst noch nicht, dass es auch hageln wird. Falls es viele Falschmeldungen geben sollte, dürfte die Frustrationsgrenze des Benutzers schnell erreicht sein und er wird den Bezug der Dienstleistung wieder künden.

So oder so wird bei der Weiterführung des Projekts ausgiebige Tests gemacht werden müssen. Da der Teil meiner Arbeit während den Wintermonaten ausgeführt wurde, hatten wir keine Möglichkeit unter realen Bedingungen zu testen. Auch wenn eine Testphase im Sommer durchgeführt wird, muss mit Schwierigkeiten gerechnet werden. Hagel ist ein lokal auftretendes Wetterereignis, welches nur schwer im Voraus prognostiziert werden kann. Und falls doch mal Hageln sollte, kann man von Glück sprechen, wenn sich ein dSS einer Testperson genau in dieser Region befindet.

Dennoch empfehle ich das Projekt weiter zu führen. Wenn man sich die Schadenszahlen der Versicherungen ansieht, muss man zum Schluss gelangen, dass hier ein gewisses Potential liegt. In Zusammenarbeit mit einem Wetterdienst, wie der MeteoSchweiz, liesse sich sicher ein Produkt entwickeln, das Erfolg haben könnte. Würde man dazu auch noch die Versicherungen dazu holen,

würde man zusätzlich über einen grossen Vermarktungskanal verfügen. Ob das Produkt am Ende auch von Aizo zur Verfügung gestellt wird, sei dahin gestellt. Wie Herr Martin Vesper, CEO der Aizo, in einer Sitzung festgestellt hat, könnte die Umsetzung auch eine Drittfirma übernehmen.

9 Literaturverzeichnis

Formeln und Konstanten für die Berechnung der Schweizerischen schiefachsigen Zylinderprojektion und der Transformation zwischen Koordinatensystemen. Bundesamt für Landestopographie, 2001.

Jubiläumsschrift zum 125jährigen bestehen der Schweizerischen hagel-Versicherungs- Gesellschaft shvg 2005, 2005. URL www.hagel.ch.

Typische Wetterlagen im Alpenraum. Bundesamt für Meteorologie und Klimatologie, Meteoschweiz, 2012.

Betschart, M und Hering, A. Automatic Hail Detection at MeteoSwiss – Verification of the radar-based hail detection algorithms POH, MESHS and HAIL. Bundesamt für Meteorologie und Klimatologie, MeteoSchweiz, 84, 2012.

Böhm, Rolf und Fuchs, Emmerich. System-Entwicklung in der Wirtschaftsinformatik. vdf Hochschulverlag AG an der ETH Zürich, 2002.

Beschreibungen zu den Gefahrenstufen. Bundesamt für Meteorologie und Klimatologie, Meteoschweiz, 2012.

Peter et al. Christen. Veränderung des Klimas und der Gebäudeverletzlichkeit in der Schweiz bis 2050. Interkantonaler Rückversicherungsverband IRV, 2008.

Dr. Bader, Stephan et al. Klimabericht Kanton Graubünden 2012. Technical Report 242, Bundesamt für Meteorologie und Klimatologie, Meteoschweiz, 2012.

[Skiena(1998)] Skiena Steven S. The Algorithm Design Manual. Springer Science+Business Media, LLC, 1998.

Abbildungsverzeichnis

2.1	digitalSTROM Klemmen	5
2.2	digitalSTROM Installation	6
3.1	Hagelgefährdung in der Schweiz	7
3.2	POH Radarbild mit topografischer Karte	10
3.3	POH Radarbild	12
3.4	Pixelraster	13
3.5	Karte der MeteoSchweiz Warngebiete	15
4.1	Anwendungsfall	17
6.1	Architektur	22
6.2	Ablauf der Registrierung	24
6.3	Ablauf zur Auslösung eines Hagelereignis	25
7.1	Verteilung der Systeme und Kommunikationsarten	26
7.2	Schichten des Hagel Service	27
7.3	Schichten der Web Registrierung	29

Tabellenverzeichnis

2.1	Farbcodierung der Klemmen	5
3.1	POH GIF Palette	11
3.2	POD/FAR 2009–2011	11
3.3	Gefahrenstufen	14