

Master Thesis  
im Rahmen des  
Universitätslehrganges „Geographical Information Science & Systems“  
(UNIGIS MSc) am Zentrum für GeoInformatik (Z\_GIS)  
der Paris Lodron-Universität Salzburg

zum Thema

# „Teilautomatisches System zur zeitnahen Abschätzung von Hagelschäden in der Landwirtschaft“

eingereicht von

**Mag. Holger Starke**

Teilnehmerkennzahl U1411, UNIGIS MSc Jahrgang 2007

Zur Erlangung des Grades  
„Master of Science (Geographical Information Science & Systems) – MSc(GIS)“

Gutachter: Ao. Univ. Prof. Dr. Josef Strobl

# **Danksagung**

Mein Dank gilt der Österreichischen Hagelversicherung die mich unterstützt sowie meinen Kollegen des UNIGIS-Lehrgangs die mir oft weiter geholfen haben.

# **Erklärung der eigenständigen Abfassung der Arbeit**

Ich versichere, diese Master Thesis ohne fremde Hilfe und ohne Verwendung anderer als der angeführten Quellen angefertigt zu haben, und dass die Arbeit in gleicher oder ähnlicher Form noch keiner anderen Prüfungsbehörde vorgelegen hat. Alle Ausführungen der Arbeit die wörtlich oder sinngemäß übernommen wurden, sind entsprechend gekennzeichnet.

**Wien, den 28.11.2010 Holger Starke**

## **Inhaltsverzeichnis**

Danksagung.....	2
Erklärung der eigenständigen Abfassung der Arbeit.....	3
Abbildungsverzeichnis.....	6
Tabellenverzeichnis.....	7
Zusammenfassung.....	8
Abstract.....	9
1 Einleitung.....	10
1.1 Motivation.....	10
1.2 Zielsetzung.....	12
2 Grundlagen.....	14
2.1 Landwirtschaft in Österreich.....	14
2.2 Hagelklimatologie.....	15
2.3 Hagelversicherung.....	17
2.4 Kulturen.....	19
2.5 Entwicklungsstadien.....	22
2.6 Literaturübersicht.....	23
2.6.1 Entwicklungsstadien.....	23
2.6.2 Hagelempfindlichkeit und Schadenserhebung.....	24
3 Methodischer Ansatz.....	26
3.1 Datenerhebung.....	26
3.2 Quotenzuordnungen.....	27
3.2.1 Allgemeiner Ansatz.....	27
3.2.2 Probleme und Lösungsansätze.....	29
3.2.2.1 Korrektur des Schadendatums.....	29
3.2.2.1.1 Regionale Zuordnung.....	30
3.2.2.1.2 Neues Datum zuweisen.....	31
3.2.3 Nachbarschaftsproblem.....	32
3.2.4 Quotengewichtung.....	33
3.2.5 Einzelne Quoten.....	33
3.2.6 Statistische Berechnungen.....	34
3.2.7 Ergebnisse.....	36

## Inhaltsverzeichnis

---

3.2.7.1 Getreide.....	36
3.2.7.2 Herbstkulturen.....	41
3.2.7.3 Allgemeine Durchschnittsquote.....	44
3.3 Berechnungsmethode.....	45
3.4 Schwächen.....	45
4 Verifikation .....	47
4.1 Methode der Verifikation.....	47
4.2 Ergebnisse.....	48
4.2.1 Erstes Beispiel.....	48
4.2.2 Zweites Beispiel.....	51
4.2.3 Drittes Beispiel.....	54
5 Schlussfolgerungen.....	56
6 Ausblick und technische Umsetzung.....	57
7 Literaturverzeichnis.....	58
8 Anhang.....	60
8.1 Anhang A.....	60

# Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Anbauflächen im Ackerbau (Quelle: Agrarmarkt Austria, 2010).....	13
Abbildung 2: Grünlandflächen in Österreich (Quelle: Agrarmarkt Austria, 2010).....	14
Abbildung 3: Wein-, Obst- und Gartenbauflächen (Quelle: Agrarmarkt Austria, 2010).	15
Abbildung 4: Hagelschäden 2009.....	18
Abbildung 5: Hagelschäden 2010.....	18
Abbildung 6: Zeitpunkt der Gelbreife von Winterweizen 2009.....	20
Abbildung 7: Zeitpunkte der Physiologischen Reife bei Mais, 2009.....	21
Abbildung 8: Zeitpunkt der Physiologischen Reife bei Sonnenblumen, 2009.....	21
Abbildung 9: Zeitpunkt an dem 70% der Sojabülsen reif sind, 2009.....	22
Abbildung 10: Beispiel einer Hagelregion, erzeugt durch sich vereinigende Pufferzonen im Abstand von 1 km um jede Schadfläche.....	30
Abbildung 11: Beispiel für die Rasterung der Schadensflächen.....	32
Abbildung 12: Streudiagramm, Winterweizen-Sommergeste, erste Phase.....	35
Abbildung 13: Streudiagramm, Winterweizen-Sommergeste, zweite Phase.....	35
Abbildung 14: Streudiagramm, Winterweizen-Sommergeste, dritte Phase.....	36
Abbildung 15: Streudiagramm, Winterweizen-Sommerweizen, erste Phase.....	36
Abbildung 16: Streudiagramm, Winterweizen-Sommerweizen, zweite Phase.....	37
Abbildung 17: Streudiagramm, Winterweizen-Sommerweizen, dritte Phase.....	37
Abbildung 18: Streudiagramm, Winterweizen-Wintergeste, erste Phase.....	38
Abbildung 19: Streudiagramm, Winterweizen-Wintergeste, zweite Phase.....	38
Abbildung 20: Streudiagramm, Winterweizen-Wintergeste, dritte Phase.....	39
Abbildung 21: Streudiagramm, Mais und Sonnenblumen, erste Phase.....	40
Abbildung 22: Streudiagramm, Mais und Sonnenblumen, zweite Phase.....	41
Abbildung 23: Streudiagramm, Mais und Sojabohnen, erste Phase.....	41
Abbildung 24: Streudiagramm, Mais und Sojabohnen, zweite Phase.....	42
Abbildung 25: Verifikationsereignisse, östliches Weinviertel (25.5.2010), westliches Weinviertel und Waldviertel (15.7.2010), Steiermark (23.7.2010).....	45
Abbildung 26: Hagelgebiete vom 25.5. 2010, die blauen Punkte stellen höhere erhobene Schadensquoten dar.....	47
Abbildung 27: Hagelgebiete vom 15.7. 2010, die roten Punkte stellen höhere erhobene Schadensquoten dar.....	49
Abbildung 28: Hagelgebiete vom 23.7. 2010, die dunklen Punkte stellen höhere erhobene Schadensquoten dar.....	52

## **Tabellenverzeichnis**

Tabelle 1: PTU-Grenzen der Entwicklungsphasen.....	29
Tabelle 2: Überblick Regressionen.....	36
Tabelle 3: Regressionsgleichungen Getreide.....	41
Tabelle 4: Regressionsgleichungen Herbstkulturen.....	45
Tabelle 5: Quoten des 1.Hagelgebiets am 25.5. 2010.....	49
Tabelle 6: Quoten des 2.Hagelgebiets am 25.5. 2010.....	50
Tabelle 7: Abweichungen der Rechenergebnisse von den tatsächlichen Schadenssummen für den 25.5. 2010.....	50
Tabelle 8: Quoten des 1. Hagelgebiets am 15.7. 2010.....	52
Tabelle 9: Quoten des 2. Hagelgebiets am 15.7. 2010.....	52
Tabelle 10: Quoten des 3. Hagelgebiets am 15.7. 2010.....	53
Tabelle 11: Abweichungen der Rechenergebnisse von den tatsächlichen Schadenssummen für den 15.7. 2010.....	53
Tabelle 12: Quoten des 1. Hagelgebiets am 23.7. 2010.....	54
Tabelle 13: Quoten des 2. Hagelgebiets am 23.7. 2010.....	55
Tabelle 14: Abweichungen der Rechenergebnisse von den tatsächlichen Schadenssummen für den 23.7. 2010.....	55

## Zusammenfassung

In dieser soll eine praxistaugliche GIS-basierte Methode zur Abschätzung von Hagelschäden bei landwirtschaftlichen Kulturen vorgestellt werden. Durch die zeitnahe Digitalisierung von Gebieten in denen Hagelschäden auftraten und Verschneidung dieser mit den versicherten Feldstücken soll die Schadenshöhe nach einem Hagelereignis nach wenigen Stunden bezifferbar sein. Das Hauptproblem dieser Vorgehensweise liegt in der Quantifizierung der Schadensintensitäten der einzelnen Kulturen an den einzelnen Standorten. Dazu werden zwei Ansätze vorgestellt und ob ihrer Tauglichkeit überprüft. Der erste Ansatz verwendet Regressionsgleichungen die von einer Leitkultur deren Quote vor Ort erhoben und den Positionen innerhalb der digitalisierten Hagelgebiete zugeordnet werden muss auf die Quoten einer anderen, korrelierenden Kultur zu schließen. Diese Regressionsgleichungen werden in dieser Arbeit aus historischen Schadensdaten auf der Basis von räumlicher und zeitlicher Nähe evaluiert. Der zweite Ansatz verwendet für alle geschädigten Positionen einen allgemeine Durchschnittsquote die aus allen Schadflächen aller beteiligter Kulturen berechnet wurde. Anhand von drei Beispiel-Ereignissen wurden die unterschiedlichen Methoden mit den tatsächlichen Werten verglichen. Es wurden dabei die Kulturen Winterweizen, Wintergerste, Sommerweizen, Sommergerste, Mais, Sonnenblumen, Sojabohnen sowie Obst und Wein verwendet. Als Ergebnis lässt sich sagen, dass die Methode der Digitalisierung von Hagelgebieten zusammen mit der Verwendung der allgemeinen Durchschnittsquote brauchbare Ergebnisse liefert die einen guten Erstüberblick über die Schadenshöhen liefern können. Die Quotenermittlung über Regressionsgeraden lieferte hingegen nur unzureichende Werte.

## **Abstract**

Within this report, a method of assessing hail damage to crops after a hail storm is presented. Through the digitalization of areas where hail damage occurred and the aggregation of the damage sums of each field within these areas the amount of damage should be determined after a few hours. The main problem of this issue is to determine an approach for the quantification of damage intensities of each crop in each location. Therefore two different approaches were tested. The first uses regression equations to get the damage rates of other crops based on the damage rate of a single main crop. These regression equations were determined by running a regression analysis based on historical damage data of the years 2007 to 2010. The other approach to get damage intensities is to determine a historical average over all crop damage intensities in this report used. Based on three sample hail events, the different methods were compared with actual values. The examined crops have been winter wheat, winter barley, spring wheat, spring barley, maize, sunflower, soybean, fruit and wine. As a result, it is found that the method of digitization of hail areas together with the use of the average damage rate provides a good assessment over the damages occurred. The rate determination of regression equations provides only poor assessments.

# 1 Einleitung

## *1.1 Motivation*

Jährlich richten Unwetter, unter anderem auch Hagelschläge, Millionenschäden an landwirtschaftlichen Kulturen, Häusern sowie Autos an. Aus diesem Grund sind Schäden dieser Art bereits seit über 100 Jahren bei entsprechenden Versicherungsanstalten versicherbar. Da der Versicherer in Schadensfällen nicht nur für interne Zwecke eine Erstabschätzung benötigt, werden Schätzungen stets rasch vorgenommen. Meist sind diese aber reine Gefühlssache, da vor allem bei Hagelschäden, im Gegensatz zu Überschwemmungen, große räumliche Unterschiede auftreten. Die Österreichische Hagelversicherung versichert hauptsächlich Hagelschäden an landwirtschaftlichen Kulturen und hat daher ein großes Interesse die Genauigkeit der Schadens-Erstabschätzungen nach einem Hagelereignis zu erhöhen. Schadensabschätzungen (Schadensprognosen) werden innerhalb der Österreichischen Hagelversicherung bereits seit einigen Jahren vorgenommen, wobei es teilweise gute Übereinstimmungen mit den tatsächlichen Schadensausmaßen gab, es aber auch häufig zu größeren Abweichungen von der Realität gekommen ist. Zudem wurde von Außendienstmitarbeitern, die diese Abschätzungen durchführen müssen der Wunsch geäußert eine leicht bedienbare und klarere Methode zu finden. Da diese Abschätzungen auch in vielen Bereichen des Unternehmens Einfluss haben soll in dieser Arbeit Methoden und Möglichkeiten beschrieben werden eine Verbesserung zukünftiger Prognosen zu erzielen. Einige der Empfänger von Schadensprognosen sollen hier angeführt werden:

### **Interne Information**

Nach einem größeren Unwetter, beispielsweise einem intensiven Hagelzug, liegt das Interesse eines Versicherers zuerst bei der Frage wie hoch die Kosten dieses Schadensereignisses liegen werden. Zudem müssen bei Extremereignissen innerbetriebliche Maßnahmen getroffen, beispielsweise zusätzliche Sachverständige hinzugezogen werden. Dies muss rechtzeitig geschehen, weshalb auch hier die Zeitkomponente eine Rolle spielt. Auf der finanziellen Seite müssen die abgeschätzten

Beträge zur Auszahlung bereitgestellt werden. Da der Großteil der Rücklagen einer Versicherung in verschiedenen Formen veranlagt sind, muss der dafür Verantwortliche möglichst genau über die voraussichtlichen Auszahlungen informiert sein um möglichst ohne größere Verluste die erforderlichen Barmittel zur Verfügung stellen zu können.

### **Presse**

Unwetterschäden sind in der Öffentlichkeit zunehmend von Interesse, vor allem in Zeiten des Klimawandels fordern Medien aller Art immer mehr detaillierte Informationen über Schadensausmaß und –summen nach wetterbedingten Naturkatastrophen. Da besonders die Landwirtschaft häufig und meist als erstes von Wetterschäden direkt betroffen ist und hier die wirtschaftlichen Auswirkungen mitunter sehr groß sein können ist dieser Bereich für Zeitung, Funk und Fernsehen von besonderem Interesse. Aus diesen Gründen werden von Seiten der Medienlandschaft nicht nur immer genauere Schadensprognosen eingefordert, es sollen diese Zahlen auch möglichst kurz nach dem entsprechenden Ereignis vorliegen. Der Zeitraum zwischen einem Unwetterereignis und einer ersten Abschätzung sollte bei wenigen Stunden liegen. Das Interesse und somit auch die Notwendigkeit zeitnah verfügbarer und exakter Prognosen steigt mit Größe und Intensität eines Ereignisses, weshalb Pressemitteilungen nur bei Schäden über 1 Mio. Euro ausgegeben werden, kleinere Ereignisse sind für die Öffentlichkeit weniger von Interesse. Im Gegensatz dazu werden bei größeren Schäden häufig entweder Pressekonferenzen und/oder Interviews in den Landesstellen oder der Zentrale gegeben, auch hier ist der geschätzte Schaden in Euro die interessanteste Information.

### **Rückversicherung**

Aktuelle Schadensprognosen haben in Bezug auf Rückversicherungsverträge eine besondere Bedeutung. Bei einer Stop-Loss Rückversicherung übernimmt ab einem vereinbarten Schadensverlauf (Schadensauszahlung/Prämienvolumen) der Rückversicherer alle weiteren auftretenden Schäden [Hess et Schmidt, 2006]. Der jährliche Schadensverlauf steigt ab dem 1.1. streng monoton, kann somit nur größer werden. Die Entwicklung des Schadensverlaufs ist im Jahresverlauf also ständig zu beobachten und lässt im Vergleich mit anderen Jahren eine Abschätzung des Gesamtergebnisses zu. Bei Annäherung oder Überschreitung der mit dem

Rückversicherer vereinbarten Grenze hat der Erstversicherer die Pflicht den Rückversicherer zu informieren. Da es aber vor allem bei großen Schadensereignissen einige Wochen, teilweise sogar Monate dauern kann bis die tatsächliche Schadenssumme feststeht, muss der Rückversicherungsverantwortliche auf die Schadensprognosen zurückgreifen. Hier werden die Schadensprognosen also dazu verwendet um eine Hochrechnung des Schadensverlaufs zu erhalten, die dem Rückversicherer mitgeteilt wird. Im Allgemeinen soll hier nicht unerwähnt bleiben, dass der Rückversicherer meist von sich aus mit dem Kunden, in diesem Fall der Erstversicherer, Kontakt aufnimmt um sich nach dem voraussichtlichen Schaden zu erkundigen.

### ***1.2 Zielsetzung***

In dieser Arbeit soll die Möglichkeit eines mit geoinformatischen Methoden unterstützten teilautomatischen Systems aufgezeigt werden um die laufenden Schadensprognosen verbessern. Dabei wird dem Teilaspekt der Ermittlung der Schadensquoten der einzelnen landwirtschaftlichen Kulturen besonderes Augenmerk geschenkt. Die Ermittlung der Quoten soll auf zwei unterschiedlichen Wegen mit unterschiedlichen statistischen Ansätzen erfolgen. Die Verifikation der Ergebnisse wird anhand dreier Beispielergebnisse aus dem Jahr 2010 vorgenommen. Die technische Umsetzung eines solchen Systems soll angesprochen aber nicht konkret beschrieben werden, da es hierfür ein Vielzahl an Möglichkeiten geben dürfte. Durch natürliche und organisatorische Rahmenbedingungen sind bei der Konzeption eines solchen Systems einige Anforderungen und Beschränkungen zu berücksichtigen. Die konkreten Anforderungen kommen von den Außendienstmitarbeitern (Regionalleitern), die Gebiete und Daten zur Schadensprognose vor Ort erheben müssen:

- *Geografische Gebietseingrenzung*: Eine schwierige Aufgabe ist die räumliche Eingrenzung von Hagelgebieten. Die Auswahl von ganzen Gemeinden oder gar Bezirken ist zu grob, da meist nur Teile von Gemeinden betroffen sind. Es sollen die Hagelgebiete daher als Polygone digitalisiert werden.
- *Leichte Bedienbarkeit*: Die Außendienstmitarbeiter (Regionalleiter) sind mehr oder weniger technisch versiert, es kann aber nicht davon ausgegangen werden, dass der

## 1 Einleitung

---

Umgang mit GIS-Software beherrscht wird. Zudem wird das System nur einige Male im Jahr verwendet, weshalb auf eine intuitive und schnelle Bedienbarkeit Wert gelegt werden muss.

- *Genauigkeit:* Die Ergebnisse der Schadensprognosen sollen eine Abweichung vom realen Wert von unter 10 % aufweisen.
- *Flexibilität:* Im Kartenfenster indem die Hagelgebiete gezeichnet werden, sollen auch andere geografische Daten wie Gemeindegrenzen, Feldstücke, Radarbilder und ähnliches darstellbar sein.
- *Verfügbarkeit:* Das System soll offline arbeiten, da in ländlichen Gebieten eine leistungsfähige Internetverbindung nicht immer gegeben ist.

## 2 Grundlagen

### 2.1 Landwirtschaft in Österreich

Die Struktur der österreichischen Landwirtschaft kann als kleinräumig und naturnah bezeichnet werden. Nach Daten der Agrarstrukturerhebung 2007 bewirtschafteten land- und forstwirtschaftliche Betriebe insgesamt eine Fläche von 7.559.000 ha. Der landwirtschaftlich genutzte Teil betrug 3.191.000 ha und der forstwirtschaftliche 3.341.000 ha. Von der Landwirtschaftsfläche teilt sich die Fläche in 1.731.000 ha Dauergrünland und 1.389.000 ha Ackerland, Obst- und Weinbau sowie Gemüsekulturen. Genauere und aktuelle Informationen sind dem Grünen Bericht [Grüner Bericht 2010] der jährlich vom BMLFUW (Bundesministerium f. Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft) erstellt wird zu entnehmen. In dieser Arbeit werden allerdings aufgrund der Datenverfügbarkeit nur die versicherten Flächen der häufigsten Kulturen verwendet. Im Jahr 2010 waren 1,2 Mio. ha landwirtschaftliche Fläche gegen Hagel versichert. Der Bereich Ackerbau hat mit 900.000 ha den größten Anteil (Abbildung 1).

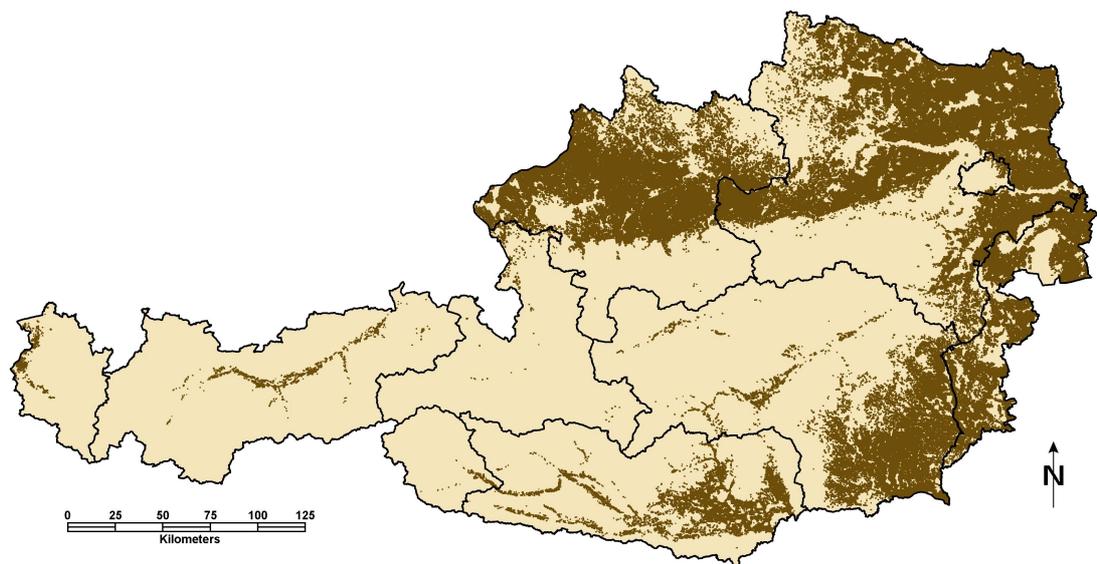
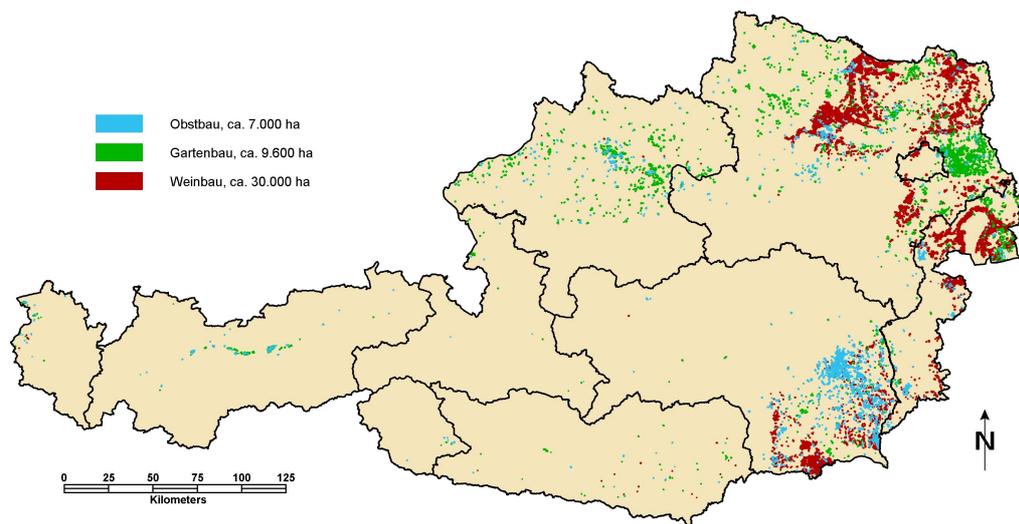


Abbildung 1: Anbauflächen im Ackerbau (Quelle: Agrarmarkt Austria, 2010)

## 2 Grundlagen

---

In diesen Bereich fallen alle Getreidearten wie Weizen, Gerste, Roggen oder Triticale, Ölfrüchte wie Sonnenblumen, Raps oder Kürbis, Hackfrüchte wie Zuckerrüben oder Kartoffeln sowie Feldfutterpflanzen wie Körner- und Silomais. Den zweitgrößten Bereich bildet mit 260.000 ha das Grünland (Abbildung 3).



*Abbildung 2: Wein-, Obst- und Gartenbauflächen (Quelle: Agrarmarkt Austria, 2010)*

Die weiteren großen Bereiche sind der Weinbau mit 30.000 ha, der Gartenbau mit 10.000 ha und der Obstbau mit ca. 7.000 (Abbildung 2).

### **2.2 Hagelklimatologie**

Als Hagel wird im Allgemeinen Niederschlag in fester Form, bestehend aus Eiskörnern (Schlossen) mit einem Durchmesser zwischen 0,5 und 5 cm, selten auch größer, bezeichnet. Er entsteht fast ausschließlich innerhalb von Gewitterzellen im Sommerhalbjahr, vor allem in den Monaten Mai bis August. Dabei frieren Wolkentropfen die vom Aufwind in höhere Schichten transportiert werden, fallen als Eis wieder in tiefere Schichten und werden dort erneut von Aufwinden erfasst, sodass in der Höhe wieder neue Tropfen aneisen. Dieser Prozess kann sich viele Male wiederholen bis die Eiskörner (Hagelschlossen) schließlich zu schwer für den Aufwind werden. Die Größe der Hagelschlossen hängt somit unter anderem von der Stärke des Aufwindes innerhalb des Gewitters ab. Genaue Erklärungen zur Entstehung von Gewittern und

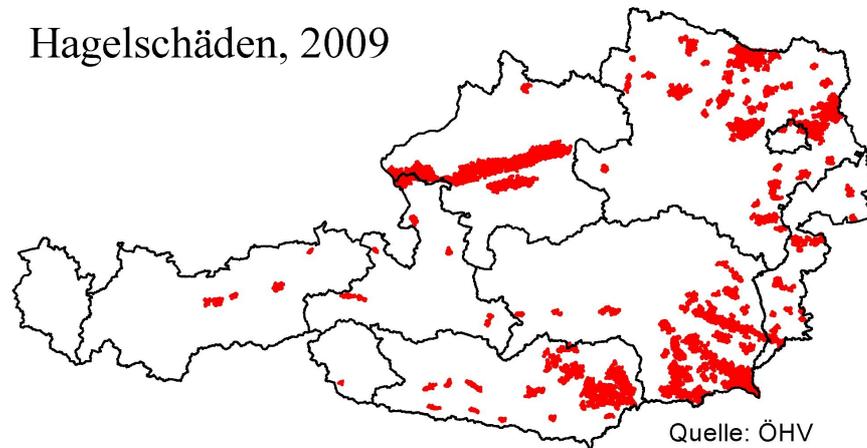
Hagel findet sich in [Stull,1990]. Österreich liegt, weltweit gesehen, in einer relativ hagelaktiven Region, innerhalb des Landes ist die Hagelhäufigkeit aber unterschiedlich hoch. Die Orographie Österreichs beeinflusst die Risikoverteilung maßgeblich, so sind die Regionen der südöstlichen Steiermark, das Tullner Becken sowie das oberösterreichische Alpenvorland die gefährdetsten Gebiete, aber auch im westlichen Pinzgau sind Hagelschläge relativ häufig, allerdings sind dort die versicherten Werte eher gering. Zudem kommt der Einfluss der Hangneigung sowie die Richtung der Linien in der beispielsweise Weinreben oder Obstbäume angebaut sind. Ein Hang der in die Richtung des Hagels geneigt liegt kann erheblich höhere Schäden aufweisen als eine ebene Anbaufläche. Auch kann ein Hagel der quer zu den Weinreihen auf den Weingarten trifft weniger Schäden anrichten, da die ersten Reihen die hinteren schützen können. Dies hängt auch von der Windstärke ab, die ebenfalls erheblichen Einfluss auf die Hagelschäden haben kann, wenn auch kleinere Hagelschlossen umso schneller auf die Pflanzen treffen.

Hagel ist für die Messtechnik trotz seiner physikalischen Auswirkungen auf Gegenstände wie Autos und Pflanzen ein sehr schwieriger Parameter, da die Ausdehnungen von Hagelzügen sehr begrenzt sind und auch zeitliche Unregelmäßigkeiten auftreten, was eine Messung an einer Station sinnlos macht. Hagelschläge stellen in klimatologischen Maßstäben punktuelle Ereignisse dar, die mit Punktmessungen von Klimastationen nicht aussagekräftig zu erfassen sind. Abhilfe schaffen hier Wetter-Radarstationen die Regentropfen und Hagelkörner erkennen können. Allerdings ist es äußerst schwierig starke Schauerniederschläge von tatsächlichem Hagelschlag zu unterscheiden, weshalb man von den Radardaten nicht auf Schädigungen schließen kann. Hier bedarf es noch weiterer Forschung und einer Weiterentwicklung der Radartechnik. Dennoch können aktuelle Radarbilder als Unterstützung im Aufspüren von wahrscheinlichen Hagelzügen dienen, die geschieht beispielsweise in den Unwetterwarnzentralen nationaler und privater Wetterdienste. Für das hier beschriebene System zur Abschätzung von Hagelschäden können solche Analysen aus Radardaten unterstützend für die Abgrenzung der Hagelgebiete herangezogen werden [Waldvogel, A., Federer, B. u. P. Grimm, 1979], in dieser Arbeit wird aber nicht näher auf diese Technik eingegangen.

### ***2.3 Hagelversicherung***

In Österreich sind 1,2 Mio ha landwirtschaftliche Fläche gegen Hagel versichert, wobei die Durchversicherung regional sehr unterschiedlich ist. Auch die Verteilung der vorherrschenden Kulturen und deren Versicherungssummen ist regional unterschiedlich (siehe Abbildung 2). Es sind auch die versicherten Werte je nach Kultur sehr unterschiedlich. Beispielsweise liegt die Versicherungssumme bei Grünland bei durchschnittlich 300 €/ha, bei Getreide bei ca. 900 €/ha, bei Wein bei 14000 €/ha und bei Baumschulen (Äpfel, Marillen, usw.) bei einigen 10.000 €/ha. Totalschäden bei Glashäusern können über eine Million Euro kosten, also den selben Betrag den über 1000 ha komplett zerstörtes Getreide kosten würde. Nach einem Hagelereignis und den darauf begründeten Schadensmeldungen schätzt ein Sachverständiger vor Ort den Schaden und legt die Schadensquote fest. Die Quote ist die pflanzenbauliche Bewertung des Schadens an einem Feld, also die Ertragseinbuße. Dabei bedeutet eine Quote von 100% einen Totalschaden und der Versicherungsnehmer erhält die volle Versicherungssumme, bei einem 50% Schaden die halbe Versicherungssumme, jeweils abzüglich eines Selbstbehalts der je nach Versicherungsprodukt verschieden hoch sein kann. Beispielsweise erhält der Versicherungsnehmer bei einer erhobenen Quote von 60% und einem Selbstbehalt von 8% somit 52% der Versicherungssumme. In Spezialfällen gibt es für bestimmte Kulturen sogenannte Sockel-Regelungen, was bedeutet, dass eine bestimmte Mindestschadensquote erreicht werden muss damit überhaupt Anspruch auf eine Versicherungsleistung entsteht. Diese Regelungen müssen in einem System zur Schadensabschätzung berücksichtigt werden, da es in dieser Arbeit aber hauptsächlich um Methoden der Erhebung und der Prognose von Quoten geht wurden die versicherungstechnischen Details hier nicht zur Gänze berücksichtigt. Der jährliche Schaden der durch Hagel an landwirtschaftlichen Kulturen auftritt ist stark schwankend. In einem Jahr mit vielen schweren Hagelzügen wie beispielsweise 2009 (Abbildung 4)

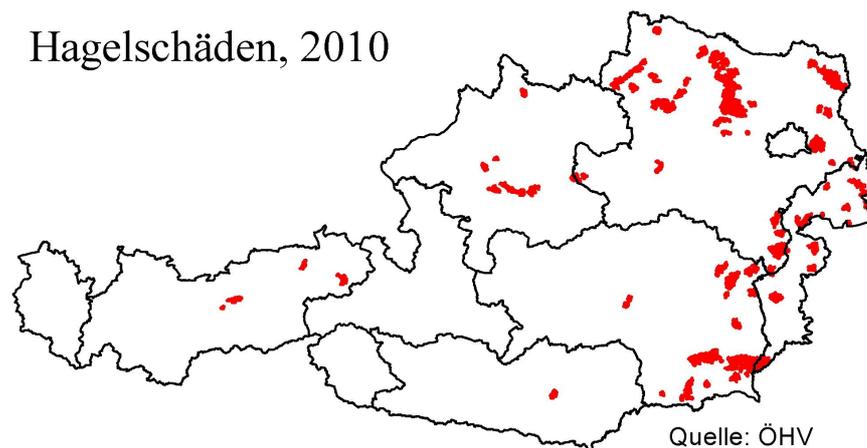
### Hagelschäden, 2009



*Abbildung 4: Hagelschäden 2009*

kann der versicherte Schaden bei über 80 Mio. € liegen, der Gesamtschaden für die Landwirtschaft bei weit über 100 Mio €. Es treten aber auch Jahre mit deutlich weniger Hagelzügen auf (Abbildung 5), aber auch hier erreichen die Schäden über das Jahr stets die 20 Mio. € Grenze.

### Hagelschäden, 2010



*Abbildung 5: Hagelschäden 2010*

### **2.4 Kulturen**

Da es in dieser Arbeit um Schäden an landwirtschaftlichen Kulturen geht soll im Folgenden ein Überblick über die häufigsten Hauptkulturen und deren Eigenschaften gegeben werden. Insgesamt sind in Österreich über 100 verschiedene Kulturen gegen Hagel versichert, zur besseren Übersicht werden in der vorliegenden Arbeit allerdings nur 9 Kulturen berücksichtigt, diese stellen aber den größten Teil der versicherten Fläche und der Versicherungssumme. Es wurden die Getreidearten Winterweizen, Wintergerste, Sommerweizen und Sommergerste sowie Körner- und Silomais, Sonnenblumen, Sojabohnen, Obstkulturen und Wein in die Berechnungen einbezogen. Das Grünland wurde aufgrund der geringen Versicherungssumme sowie der Möglichkeit der Mehrfachernte genauso wie die Gemüsekulturen hier nicht berücksichtigt.

#### **Getreidearten**

Gerste und Weizen sind die wichtigsten Getreidearten weltweit [Berger, 1984] und gehören zu der Familie der Echten Gräser und hier zur Klasse der einkeimblättrigen Pflanzen. Weizen und Gerste werden jeweils entweder als Sommer oder Winterkultur angebaut, wobei aber Winterweizen am häufigsten angebaut wird [Berger, 1984]. Alle vier hier betrachteten Getreidearten entwickeln im Frühjahr die Sprossen (Bestockung) bevor das Längenwachstum (Schossen) einsetzt. Nach dem Schossen bilden sich die Ähren und es setzt die Blüte ein bevor sich die Körner zu bilden beginnen, nach der Gelbreife wird das Getreide gedroschen. In Österreich wird die Gelbreife beispielsweise bei Winterweizen je nach Region zwischen Ende Juli und Ende August erreicht, die Kalenderwochen der Erreichung der Gelbreife bei Winterweizen im Jahr 2009 zeigt Abbildung 6.

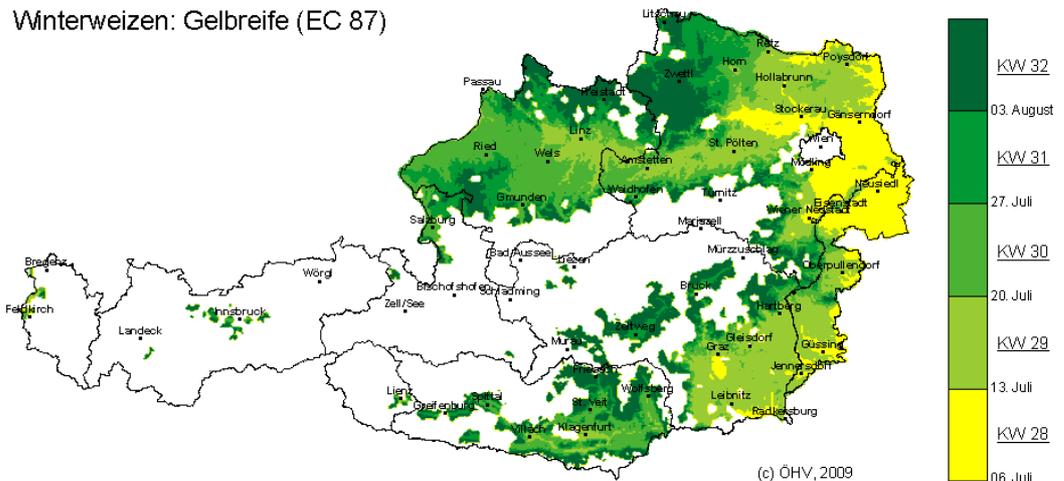


Abbildung 6: Zeitpunkt der Gelbreife von Winterweizen 2009

Die Sommervarianten haben durch den Anbau im Frühjahr eine deutlich kürzere Vegetationszeit, die Zeitpunkte der Gelbreife unterscheiden sich zu den Winterkulturen nur wenig. Da es hier um Hagelschäden geht die zwischen Mai und August auftreten sind diese Unterschiede hier nicht maßgeblich.

### **Mais**

Auch der Mais zählt zur Familie der Echten Gräser und ist eine getrennt geschlechtliche, einhäusige und einjährige Pflanze. Die Hauptnutzungsformen sind Körner- und Silomais, wobei beim Körnermais das Korn voll ausreift. Die Silomaispflanze wird erheblich früher, nämlich im Stadium der Teigreife geerntet. Im Allgemeinen erreicht die Pflanze nach der Blatentwicklung das Längenwachstum (Schossen) und später die Blüte. Silomais wird im Stadium der Teigreife, Körnermais nach der Todreife geerntet. Die Kalenderwochen der Erreichung der Physiologischen Reife (EC 87, Körnermais) zeigt Abbildung 7.

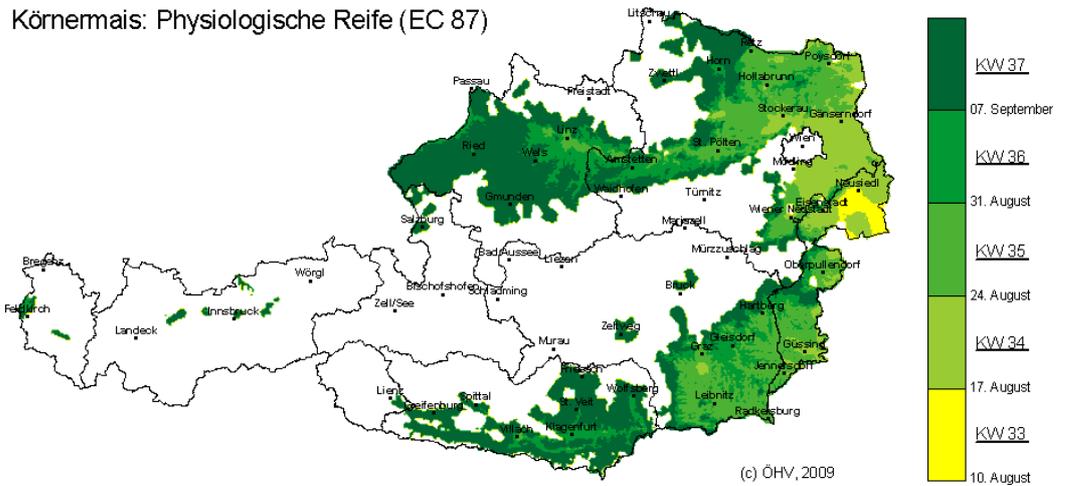


Abbildung 7: Zeitpunkte der Physiologischen Reife bei Mais, 2009

### Sonnenblumen

Die Sonnenblume ist eine Ölpflanze die zur Familie der Korbblütler (Kompositen) zu zählen ist, sie sind einjährig, einstengelig mit einem endstengeligen Blütenkorb [Berger, 1984]. Bei dieser Pflanze beginnt nach dem Auflaufen die Blattentwicklung, das Längenwachstum und Blüte bis schließlich die Reifestadien erreicht werden. Die Kalenderwochen in denen die Physiologische Reife erreicht wird sind in Abbildung 8 dargestellt.

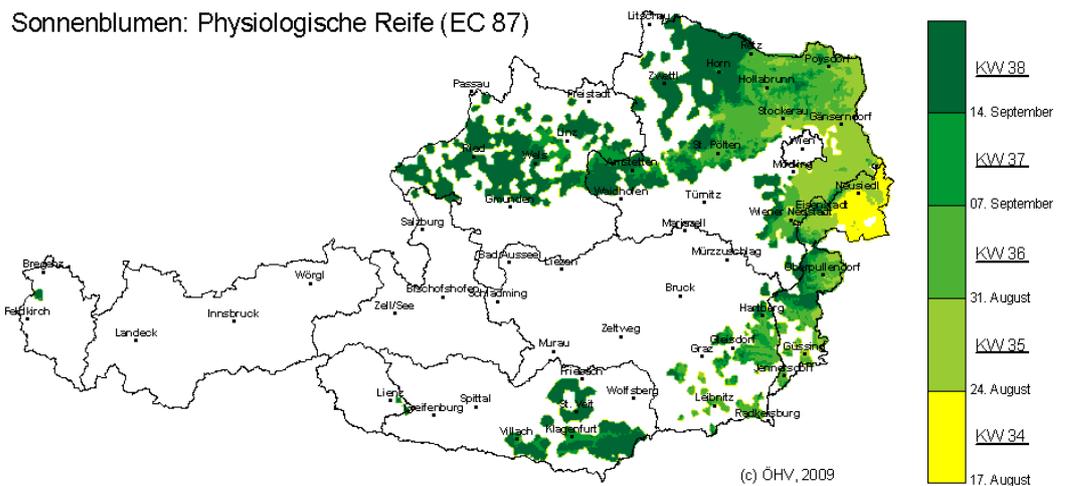


Abbildung 8: Zeitpunkt der Physiologischen Reife bei Sonnenblumen, 2009

### Sojabohnen

Die Sojabohne gehört zu der Familie der Leguminosen und ist wie die Sonnenblume eine Ölpflanze. Die Abfolge der Entwicklungsstadien ist hier analog zur der der Sonnenblume und des Mais [Berger, 1984]. Die Kalenderwochen in denen die Physiologische Reife erreicht wird sind in Abbildung 9 dargestellt.

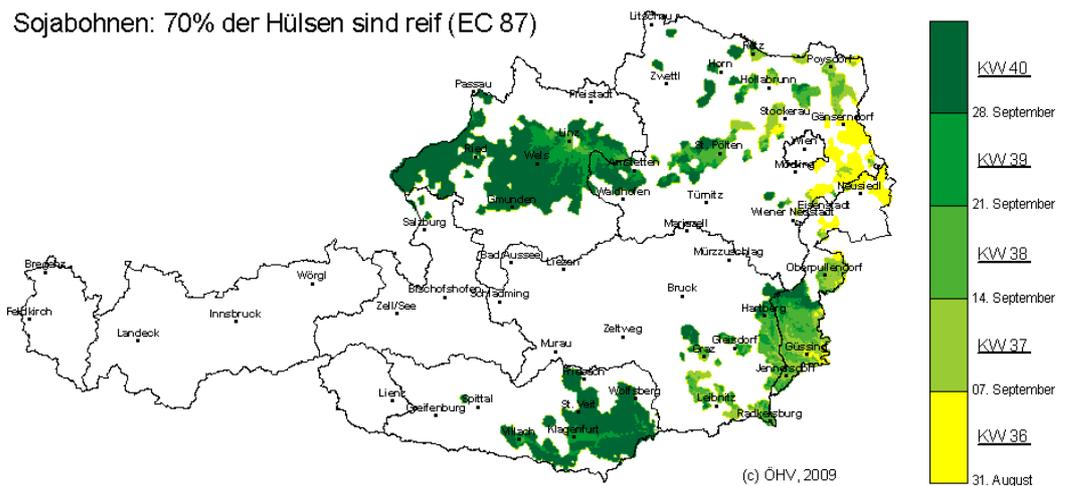


Abbildung 9: Zeitpunkt an dem 70% der Sojahülsen reif sind, 2009

### Obst

Obst wird in Stein- Beeren- und Kernobst unterteilt. Äpfel und Birnen sind Beispiele für Kernobst, Marillen und Pfirsiche welche für Steinobst. Zu den Beerenobstarten zählen beispielsweise Himbeeren, Preiselbeeren oder Brombeeren und Erdbeeren.

### 2.5 Entwicklungsstadien

Die unterschiedlichen Kulturen weisen sowohl untereinander als auch im Vegetationsverlauf teilweise starke Schwankungen ihrer Empfindlichkeit gegenüber Hagel auf, was die Quotenzuordnungen von einer Leitkultur auf andere Kulturen beeinflusst. Die einzelnen Entwicklungsstadien werden nach dem BBCH-Code [Biologische Bundesanstalt für Land und Forstwirtschaft, 2001] eingeteilt. Um die aktuellen Entwicklungsstadien je Kultur unabhängig bestimmen zu können wird ein Verfahren benötigt um den Entwicklungsfortschritt zu beziffern. Im Allgemeinen hängt der Entwicklungsfortschritt von der herrschenden Witterung ab, vor allem von der

Temperatur und der Sonneneinstrahlung [Oehmichen, 1983]. Diese Parameter werden in den **Photothermal Units** [Nuttonson, 1948] berücksichtigt die wie folgt berechnet:

$$PTU = (T - 5) * S$$

$T$  ... Tagesmitteltemperatur °C  
 $S$  ... astronomisch mögliche Sonnenscheindauer Stunden

Von der Tagesmitteltemperatur werden dabei 5 °C abgezogen da bei einer Tagesmitteltemperatur von unter 5 °C die Pflanze kein Wachstum aufweist [Geisler, 1983]. In dieser Arbeit werden die PTU Summen vom 1.3. des jeweiligen Jahres bis zum Schadenstag gebildet und den Feldstücken anhand ihrer Position und Datum zugeordnet. Zur Ermittlung der PTU Summen müssen die Tagesmitteltemperatur und die astronomisch mögliche Sonnenscheindauer bekannt sein. Letztere lässt sich mit der Gleichung aus [Raffler, 2005] für jeden Tag des Jahres und der geografischen Breite berechnen:

$$t(x, \beta) = \left\{ \arcsin \left[ \tan \left( \sin \left( \frac{360 * (x - a)}{365} \right) * \varepsilon \right) * \tan(\beta) \right] + 90 \right\} * \left( \frac{24}{180} \right)$$

$x$  ... Tag des Jahres  
 $\beta$  ... geografische Breite (Dezimalgrad)  
 $a$  ... Tage des Frühlingsbeginns  
 $t$  ... Tageslichtlänge (Stunden)

Die Tagesmitteltemperatur wird dem Analysemodell INCA (Integrated Nowcasting Analysis) [Haiden, 2006] entnommen das an der Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik (ZAMG) entwickelt wurde. Es hat eine räumliche Auflösung von 1x1 km und liegt seit Jänner 2006 vor.

## **2.6 Literaturübersicht**

### **2.6.1 Entwicklungsstadien**

Das Standardwerk über die Entwicklungsstadien bildet die sogenannte BBCH-Skala als Codierung der morphologischen Entwicklungsstadien einer Pflanze. Zur Entwicklung dieses Skala steht im Dokument: „Die erweiterte BBCH-Skala zur einheitlichen Codierung der phänologischen Entwicklungsstadien mono- und dikotyler Pflanzen ist eine Gemeinschaftsarbeit der Biologischen Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft

(BBA), des Bundessortenamtes (BSA), des Industrieverbandes Agrar (IVA) und des Instituts für Gemüse und Zierpflanzenbau Grossbeeren/Erfurt., [Biologische Bundesanstalt für Land und Forstwirtschaft, 2001]. Auf die Definitionen der einzelnen Stadien der jeweiligen Kulturen wurde auch in der vorliegenden Arbeit zurückgegriffen. Was die Bewertung der Stadien durch die Verwendung von PTU-Summen angeht, ist in der einschlägigen Pflanzenbau-Literatur meist von Wärmesummen die Rede ([Kaspar Grünig, 2006], [Hertwig]), allerdings bleibt der Einfluss der Sonnenstrahlung damit unbeachtet. Einige Autoren ([Stenitzer, 1988], [Karnataka, 2007], [Peterson, 1965]) haben die Verwendung der PTU-Summen aber vorgezogen um realistischere Werte zu erhalten. Zwar sind auch andere Parameter wie Bodenbeschaffenheit und Kulturführung von Bedeutung, diese sind aber nur schwer zu beziffern weshalb die Näherung mit PTU-Summe hier Verwendung findet.

### **2.6.2 Hagelempfindlichkeit und Schadenserhebung**

Bisher wurde meist versucht Hagelschäden in der Landwirtschaft durch Satelliten oder Radardaten abzuschätzen. Diesbezügliche Arbeiten liegen hauptsächlich aus Australien vor [Chandler, 2004]. Hier wurde versucht mittels Satellitendaten die Schädigungen an Hirse und Mais zu ermitteln. Eine Schwierigkeit lag bei diesen Versuchen in der schwankenden Empfindlichkeit der Pflanzen gegenüber Hagel. Im Allgemeinen wird hier versucht durch den NDVI (Normalized Differenced Vegetation Index) [Kidwell, 1997] Schäden abzuschätzen [Silleos, 2002]. Zur manuellen Abschätzung liegen zum Teil sehr alte Richtlinien [Scharf, 1906] von Privatpersonen und Versicherungsunternehmen, teilweise unveröffentlicht vor. Beschreibungen zu den einzelnen Kulturen, vor allen deren Vegetationsablauf und Empfindlichkeiten gegenüber Hagel und anderen extremen Wetterumständen werden in den Leitfäden der Vereinigten Hagel, der Hagelversicherung in Deutschland beschrieben. Auch die schweizerische Hagelversicherungsgesellschaft liefert hierfür Anleitungen und Beschreibungen [Schweizerische Hagel-Versicherungs-Gesellschaft, 1957]. Arbeiten zur Hagelempfindlichkeit von Mais aus Vereinigten Staaten [Vorst, 2002] zeigen eine besonders hohe Ernteeinbußen bei wetterbedingten Beeinträchtigungen zur Zeit der Blüte, dies wird auch durch die Leitfäden der verschiedenen Versicherungsanstalten bestätigt. Innerhalb der Österreichischen Hagelversicherung wurde für die Abschätzung

der Schäden bislang ein System in Form eines Excel-sheet verwendet, dem nicht veröffentlichte Tabellen von Hagelempfindlichkeiten zugrunde liegen. Diese wurden aus Erfahrungswerten zusammengestellt deren Findung nicht dokumentiert ist weshalb diese Daten in der vorliegenden Arbeit keine Verwendung finden. Dieses bestehende System basierte auf den Versicherungswerten pro Gemeinde, es müssen dabei die betroffenen Gemeinden ausgewählt und der Grad der Schädigung sowie der Anteil der betroffenen Fläche an der Gesamtfläche eingegeben werden. Die Hauptnachteile dieses Systems bestanden vor allem in der aufwendigen Wartung sowie in der langwierigen Bedienung, zudem konnten Häufungen von geschädigten Positionen innerhalb einer Gemeinde nicht explizit aus-, beziehungsweise eingeschlossen werden. Zudem traten manchmal deutliche Abweichungen der Ergebnisse von der Realität auf. Aus diesen Gründen kam die Anforderung in diesen Punkten Abhilfe zu schaffen.

## **3 Methodischer Ansatz**

Es sollen die Summe der geschädigten Flächen sowie der finanzielle Schaden eines Hagelereignisses ermittelt werden. Dazu müssen zunächst Informationen über Lage, Ausdehnung und Intensität eines Hagelzuges ermittelt und digitalisiert werden. Anschließend werden den innerhalb der geschädigten Gebiete liegenden Positionen je nach Kultur und Entwicklungsfortschritt Schadensquoten zugeordnet, und zusammen mit der für jede Position bekannten Versicherungssumme die Entschädigungen berechnet und aufsummiert. Als Ergebnis sollen Schadensflächen und Entschädigungen für jede Kulturart vorliegen. Nachfolgend werden die einzelnen Schritte genauer betrachtet wobei die Quotenermittlung besonders betrachtet wird. Bisher sei nur festgehalten, dass zwei unterschiedliche Quotenermittlungen verwendet wurden und dass lediglich bei einer Leitkulturquoten vom Außendienstmitarbeiter digitalisiert werden müssen. Zudem wird die Summierung der Flächen nicht weiter betrachtet, da hier keine besondere Quotenzuordnung vonnöten ist. Zu beachten sind die Rahmenbedingungen und Anforderungen von Kapitel 1.2, die hier auch Berücksichtigung finden.

### ***3.1 Datenerhebung***

Um nach einem Hagelereignis eine Abschätzung des Schadensausmaßes berechnen zu können muss zuerst der Ort des Ereignisses bestimmt werden, genauer gesagt handelt es sich in solchen Fällen um mehr oder weniger ausgedehnte Gebiete. Zudem ist der Hagelschlag innerhalb eines betroffenen Gebiets nicht gleich intensiv, es kommen Bereiche mit höheren und welche mit niedrigeren Schadensausmaßen vor. Diese Gebiete mit ihren Hagelintensitäten zu erheben ist die Aufgabe der Regionalleiter vor Ort. Die Informationen über die Schadenssituation und -ausmaß sowie deren Ausdehnung werden durch Befahren der betroffenen Regionen und Schadensschilderungen von Sachverständigen via Telefon und E-Mail erhoben. Dieser wichtige Arbeitsschritt stellt eine große Fehlerquelle dar, die der Regionalleiter durch Erfahrung und Kenntnis seines Gebietes gering halten muss. Dabei besteht die größte Schwierigkeit darin einen repräsentativen Durchschnitt der Schädigungen zu ermitteln, weshalb hier auf zwei Wegen versucht werden soll diese qualitative

Schadensabschätzung zu automatisieren, beziehungsweise zu vereinfachen und zu verbessern. Aufgrund der erhobenen Informationen und der dadurch gewonnenen räumlichen und qualitativen Daten werden in einem Desktop-GIS Hagelgebiets-Polygone eingezeichnet und mit repräsentativen Schadensquoten einiger Leitkulturen als Attribut versehen. Größere Fehler in der nachfolgenden Berechnung können entstehen wenn einzelne Positionen mit hohen Versicherungssummen wie beispielsweise Baumschulen, Erdbeerbelder oder Weingärten (nicht) in Gebieten liegen die als geschädigt markiert wurden, weshalb hier noch vom Regionalleiter genauer zu recherchieren ist. Damit er dies aber auch erkennt müssen die Positionen thematisch nach Höhe der Versicherungssumme im Desktop-GIS angezeigt werden, damit beispielsweise versicherte Großbetriebe, oder hoch versicherte Feldstücke erkannt werden und extra erhoben werden. Um zusätzliche Informationen über den Hagelzug zu erhalten und einfließen zu lassen sollten Niederschlagsradarbilder oder spezielle Hagelanalysen ebenfalls als Layer im Desktop-GIS angezeigt werden um dem Regionalleiter bei der Eingrenzung der Schadensgebiete zu unterstützen. Dies kann aber auch irreführend sein da die Hagelintensität auch in kleinräumigen Bereichen sehr unterschiedlich sein kann, beziehungsweise auch von der Windrichtung beeinflusst werden kann.

## ***3.2 Quotenzuordnungen***

### **3.2.1 Allgemeiner Ansatz**

Der wesentliche Bestandteil der gesamten Berechnungsmethode ist die Quotenermittlung für die verschiedenen Kulturen. Diese soll auf zwei unterschiedlichen Wegen erfolgen, zum Einen durch einfaches einsetzen einer allgemeinen Durchschnittsquote und zum Anderen anhand mehrerer Leitkultur-Quoten und des Entwicklungsstadiums, repräsentiert durch die PTU-Summe. Der erste Fall, die Verwendung einer allgemeinen Durchschnittsquote hat einige Vorteile. Zum Einen muss lediglich **ein** Schadensgebiet digitalisiert werden und zum Anderen müssen auch keine Leitkulturquoten ermittelt werden. Diese Methode sollte vor allem bei großräumigen Hagelzügen gute Ergebnisse liefern, allerdings würden möglicherweise stark geschädigte Gebiete in der Schadenssumme weit unterschätzt, sodass die Gesamtsumme

allgemein zu nieder ausfällt. Die zweite Methode mittels Regressionen von wenigen Leitkulturquoten auf viele andere Kulturquoten zu schließen sieht auf den ersten Blick plausibel aus. Auf den zweiten Blick tauchen hier allerdings Unsicherheiten auf, wie beispielsweise die für jede Kultur und Entwicklungsstadium variierende Empfindlichkeit gegenüber Hagel, und die räumliche und zeitliche Variabilität von Hagelintensitäten. Obwohl gerade diese Variabilität des Hagels durch die ortsbezogene Berechnung der Quote jeder einzelnen Position Rechnung getragen werden soll bleibt das Problem der unterschiedlichen Empfindlichkeiten jeder Kultur und jeden Stadiums bestehen. Diesem Problem soll mit Hilfe der in Kapitel 2.5 besprochenen PTU-Summen begegnet werden, allerdings sind auch mit den PTU-Summen nicht alle Entwicklungsstadien zeitlich auflösbar weshalb die Kulturen in jeweils drei Entwicklungszeiträume eingeteilt werden. Es wird bei Getreide zwischen Bestockung (Zeitraum zwischen EC 17 und EC 65), Schossen (Zeitraum zwischen EC 65 und EC 87) und Reife (Zeitraum ab EC 87) unterschieden. Die zugehörigen PTU-Summen-Grenzen nach [Stenitzer, 1988] sind:

Kulturen	Erste PTU-Grenze	Zweite PTU-Grenze	Dritte PTU-Grenze
Wintergerste	2700 (EC 31)	7000 (EC 65)	14300 (EC 87)
Sommergerste	5800 (EC 31)	11400 (EC 65)	18300 (EC 87)
Sommerweizen	5800 (EC 31)	11400 (EC 65)	18300 (EC 87)
Sonnenblumen	9000 (EC 17)	18500 (EC 65)	31600 (EC 87)
Sojabohnen	8200 (EC 12)	17900 (EC 69)	33500 (EC 87)

*Tabelle 1: PTU-Grenzen der Entwicklungsphasen*

Als weiterer Nachteil der Methode der Regressionen soll nicht unerwähnt bleiben, dass deren Ermittlung für jede Kultur sehr aufwendig ist da sie für jedes Leitkultur-Kultur-Paar berechnet werden muss, weshalb nur die in Kapitel 2.4 beschriebenen Kulturen betrachtet wurden. Die Berechnung der einzelnen Quotenzuordnung soll durch Regressionsgleichungen erfolgen deren Koeffizienten aus historischen Schadensdaten mittels Regressionsanalysen [Schönwiese, 2006] benachbarter Feldstücke ermittelt werden. Als Datenbasis dienen wie bereits angesprochen historische Daten aus denen auch die allgemeine Durchschnittsquote ermittelt werden soll, weshalb die folgenden

Betrachtungen für beide Methoden gelten. Als Ausgangsdaten stehen Schadensdaten der Österreichischen Hagelversicherung mit Geometrien aus den Jahren 2007 bis 2010 auf Feldstücksebene für ganz Österreich zur Verfügung. Dabei handelt es sich um eine Mischung aus INVEKOS (Integriertes Verwaltungs- und Kontrollsystem) [BMLFUW, 2010] und Grundstücksdaten aus dem Grundstückskataster. Als Attribute liegen die Fläche, die Versicherungssumme, Kultur, Schadensdatum und Erhebungsquote vor, wobei nur Feldstücke verwendet wurden deren Erhebungsquote über 0% lag. Die PTU-Summen liegen für jeden Tag seit Jänner 2007 im 1 km Raster vor.

#### **3.2.2 Probleme und Lösungsansätze**

Es treten bei den zu Grunde liegenden Daten einige Probleme auf die sich negativ auf die gewünschten Ergebnisse auswirken können. Teilweise sind diese Unschärfen der Daten menschlich, teilweise aber auch natürlich bedingt. Das korrekte Datum eines Schadens ist zum Vergleich der Daten ebenso wichtig wie eine sinnvolle Definition des Begriffs „Nachbarschaft“ in Bezug auf „benachbarte“ Feldstücke. In diesem Zusammenhang muss auch Augenmerk auf den Begriff „Schadensquote“ gelenkt werden, da unterschiedliche Quoten einer Kultur zusammengefasst werden müssen sofern sie „benachbart“ sind. Hierbei ist auch zu bedenken, dass Hagelzüge wie bereits angesprochen räumlich stark variieren können, was sich nicht nur auf die Eingrenzung von Hagelgebieten sondern auch auf die auftretenden Schädigungen innerhalb weniger Hektar auswirkt.

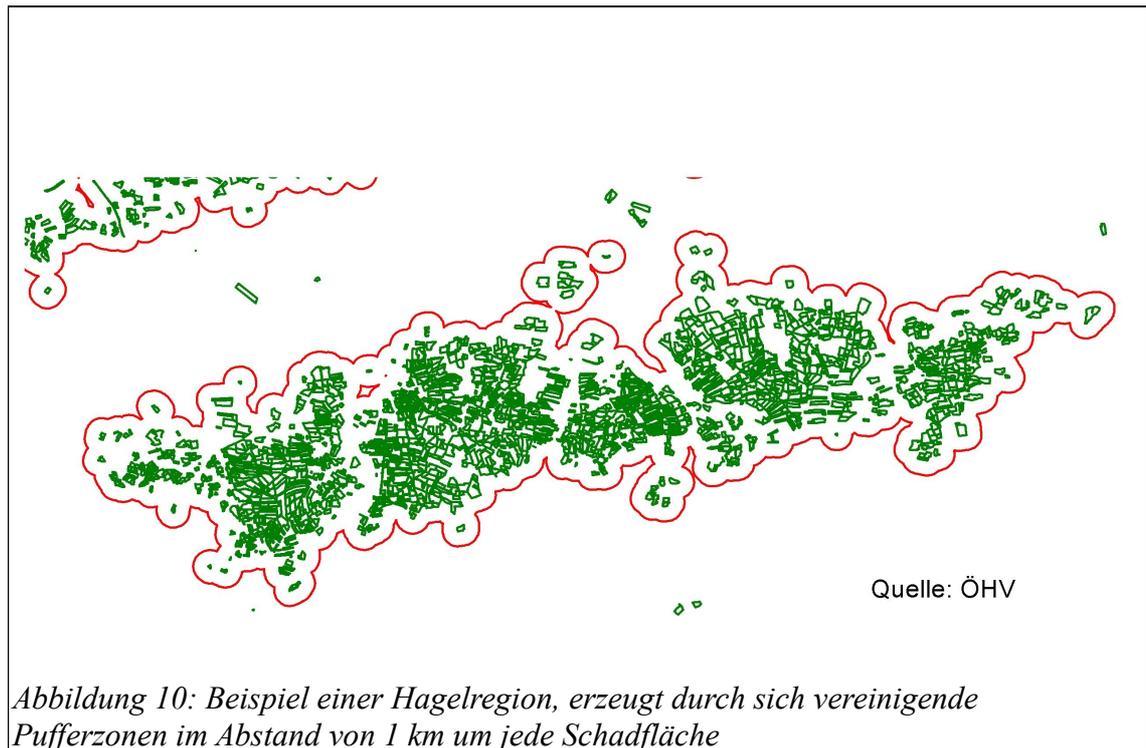
##### **3.2.2.1 Korrektur des Schadendatums**

Das Schadensdatum wird vom Versicherungsnehmer im Rahmen der Schadensmeldung angegeben. In vielen Fällen, vor allem bei Ereignissen die später am Abend oder in der Nacht auftreten ist das Schadensdatum nicht einheitlich, oft ist es um 1- 3 Tage verschoben. Auf der anderen Seite können Feldstücke auch mehr als einmal vom Hagel betroffen sein. Beispielsweise findet sich in Oberösterreich im Gebiet des Hagels vom 23.7.2009 als Schadensdatum der 22.7. genauso wie der 24. der 25. und der 26.Juli obwohl es in diesem Zeitraum und Gebiet nur am 23.7. gehagelt hat, allerdings waren einige Feldstücke auch bereits am 7.Juli vom Hagel betroffen, der dort auch an diesem Tag tatsächlich auftrat. Um nun die Datensätze der einzelnen Positionen vergleichbar zu

machen ist es notwendig das Datum des Schadens auf das tatsächliche zu vereinheitlichen ohne weitere tatsächliche Hagelereignisse zu eliminieren was ebenfalls zu einer verfälschten Ergebnissen führen würde, da unterschiedliche Ereignisse unterschiedliche Hagelintensitäten haben und sich auch die Empfindlichkeiten der Kulturen ändern. Für die Lösung dieses Problems wurden einige Bearbeitungsschritte durchgeführt.

#### ***3.2.2.1.1 Regionale Zuordnung***

Bevor ein automatischer Algorithmus, der die fehlerhaften Termine korrigiert zur Anwendung kommt müssen die Feldstücke in Regionen gruppiert werden. Dieser Schritt ist notwendig um zu verhindern, dass ein weit entferntes Schadensereignis das beispielsweise einen Tag nach einem anderen stattfand später eliminiert wird. Dass hingegen eine Region zweimal hintereinander vom Hagel betroffen ist kommt sehr selten vor, sodass diese Möglichkeit hier ausgeschlossen wurde. Um diese Regionalisierung durchzuführen wurden den Feldstücken Regionen, die jeweils ein Hagelgebiet repräsentieren sollen zugeordnet, dies wurde erreicht indem um alle einzelnen Feldstücke Puffer mit einem Radius von 1 km generiert wurden die sich im Fall der Überschneidung vereinigen. So wurden neue Regionsgeometrien (siehe Abbildung 10), mit mindestens 50 Feldstücken, erzeugt deren ID den Feldstücken anschließend wiederum zugeordnet wurden.



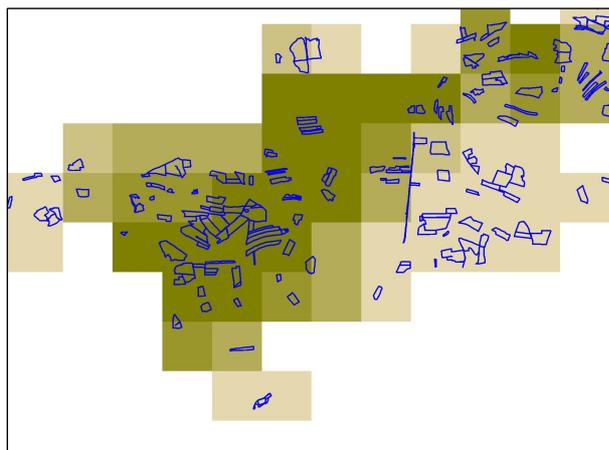
Als Ergebnis wurde die Attributtabelle der Feldstücke mit Regions-ID als Test-Datei zur Weiterverarbeitung exportiert. Dieser Arbeitsschritt wurde für die Jahre 2007 bis 2010 durchgeführt.

#### **3.2.2.1.2 Neues Datum zuweisen**

Als zweiter Schritt wurde ein Algorithmus entwickelt um innerhalb einer Regions-ID falsche Schadenstermine aufzuspüren und durch korrekte Werte zu ersetzen. Dabei musste berücksichtigt werden, dass innerhalb einer Region mehrere Hagelereignisse stattgefunden haben können. Die Möglichkeit, dass sogar einzelne Feldstücke innerhalb eines Jahres mehrmals geschädigt sein konnten wurde hingegen ausgeschlossen, da eine Zweitschädigung Quoten erzeugen die mit den Quoten einer Erstschädigung nicht mehr vergleichbar wären. Bei zwei oder mehr Schadensterminen auf einem Feldstück wurde somit lediglich die früheste Quote verwendet. Für jedes vorkommende Schadensdatum wird überprüft ob und wie häufig ein anders Datum jeweils bis zu drei Tage früher oder später vorkommt. Sollte ein anderes Datum das in diesen 6 Tagen liegt mehr als 3 Mal häufiger vorkommen wird das ursprüngliche Datum mit diesem überschrieben (siehe: Anhang A). Anschließend wird das korrigierte Datum den Schadenspositionen wieder zugewiesen.

#### 3.2.3 Nachbarschaftsproblem

Da die Intensität eines Hagelschlags zeitlich und räumlich sehr begrenzt sein kann ist es nur sinnvoll Quoten benachbarter Feldstücke miteinander in Beziehung zu stellen. Je weiter zwei Feldstücke auseinander liegen, desto unwahrscheinlicher ist es, dass dieselbe Hagelintensität an beiden Standorten auftrat. Zur Lösung dieses Problems sind verschiedene Ansätze denkbar. Nur Feldstücke zu vergleichen die direkt aneinander grenzen, sich also berühren erwies sich als keine gute Lösung, da häufig Wege, Bäche, kleine Waldstreifen oder ähnliches zwischen des Feldern liegen, sodass die Menge der vergleichbaren Feldstücke zu gering gewesen wäre. Ein Puffer um die Feldstücke einer bestimmten Leitkultur (z.B.: Mais) könnte hier Abhilfe schaffen. Bei dieser Methode wird allerdings lediglich ein einziges Feldstück der Leitkultur mit dem Durchschnitt der umliegenden Feldstücke einer anderen Kultur verglichen, wobei die Gefahr besteht, dass diese einzelnen Leitkulturfelder durch orografische Besonderheiten aus dem Rahmen fallen. Dies könnte die Ergebnisse ebenfalls ungewollt beeinflussen, da es ja darum geht, die Quotenverteilung bei ausgedehnten Hagelereignissen abzuschätzen. In dieser Arbeit werden Rasterzellen mit einer Seitenlänge von 1 km und die Durchschnittsquoten aller diese Zellen berührenden Feldstücke je Kultur verwendet (siehe Abbildung 11).



*Abbildung 11: Beispiel für die Rasterung der Schadensflächen*

Dadurch erhält man einen repräsentativen Wert für die Schädigung pro Kultur und Quadratkilometer, wodurch der räumliche Vergleich eindeutig und einheitlich wird. Ein weiterer Vorteil liegt darin, dass dasselbe Raster verwendet wird indem auch die PTU-Summen vorliegen, wodurch auch in die Zuteilung derselben zu den Schadensquoten einfach und eindeutig wird.

#### **3.2.4 Quotengewichtung**

Die einen Quadratkilometer berührenden Felder deren Durchschnittsquote je Kultur berechnet werden muss haben im Normalfall unterschiedliche Ausdehnungen. Dadurch stellte sich die Frage ob eine flächengewichtete Durchschnittsquote berechnet werden soll, da ein größeres Feldstück auch eine größere Fläche mit einer bestimmten Quote bedeutet. Es ist eine Flächengewichtung für die Quotenermittlung allerdings nicht erheblich, weil eine Quote auf einem beispielsweise 1 ha großen Feldstück im Bezug auf die Hagelintensität dasselbe bedeutet wie auf einer 5 ha großen Fläche. Zudem kann es vorkommen, dass ein Feld mit 5 ha nur zum Teil (z.B: 2,5 ha) zu 100% der Rest aber nur zu 50% geschädigt ist, insgesamt liegt dann dieses Feld mit einer Quote von 75% vor. Im Nachhinein ist nicht mehr feststellbar ob ein Feldstück gleichmäßig stark geschädigt war oder nicht, in der Realität dürfte das allerdings nur selten vorkommen. Da ein größeres Feldstück ohnehin mehr Einfluss hat, da bei einem großen Feldstück rein räumlich die Wahrscheinlichkeit höher ist mehr als eine Rasterzelle zu berühren, wird hier das arithmetische Mittel der Quoten ohne jede Gewichtung verwendet.

#### **3.2.5 Einzelne Quoten**

Jede der betrachteten Rasterzellen beinhaltet eine unterschiedliche Anzahl an geschädigten Feldstücken. Bei Zellen in denen nur wenige oder lediglich ein einziges Feldstück liegen kann es leichter vorkommen, dass sich diese wenigen Felder sehr weit voneinander entfernt befinden, sodass die Gefahr besteht nicht repräsentative Ergebnisse zu erhalten. Auf der anderen Seite liegen auch Rasterzellen die nur ein einziges Feld berühren in einer Hagelregion mit mindestens 50 geschädigten Feldern weshalb alle Zellen unabhängig von der Zahl der berührenden Felder für die Berechnungen verwendet werden.

### 3.2.6 Statistische Berechnungen

Es liegen nun für jede Kultur Tabellen vor die neben der Kultur selbst, die Raster-ID, die Durchschnittsquote der Kultur in diesem Raster, das Schadensdatum, die PTU-Summe, die Regions-ID, sowie das korrigierte Schadensdatum beinhalten. Nun werden die Durchschnittsquoten jeweils zweier Kulturen verglichen die dieselbe Raster-ID (räumliche Zuordnung) aufweisen und Regressionsanalysen durchgeführt. Dabei werden hier folgende Zuordnungen vorgenommen und Regressionen gerechnet: Winterweizen ist die erste Leitkultur die mit Wintergerste, Sommerweizen und Sommergerste in Beziehung gesetzt wird. Später soll also die Quote für Winterweizen eingegeben und daraus die Quoten für die drei anderen Getreidesorten ermittelt werden. Die zweite Leitkultur ist Mais, dessen Quote später angegeben werden soll um daraus die Quoten für Sonnenblumen und Sojabohnen zu erhalten. Um nach unterschiedlichen Entwicklungsstadien zu trennen werden die Regressionen für jenen Entwicklungszeitraum separat durchgeführt.

Bei der Berechnung handelt es sich um einfache lineare Regressionen die mit der Software Excel erstellt werden. Es wird jeweils ein Streudiagramm erzeugt in das eine Regressionsgerade eingezeichnet wird. Als Ergebnis erhält man die Regressionsgleichungen für jeden Zusammenhang und das Bestimmtheitsmaß [Schönwiese, 2006]. Folgende Regressionen werden durchgeführt:

Leitkultur	Korrelierende Kultur	Entwicklungszeitraum	Anzahl der Raster
Winterweizen	Wintergerste	(Stadium EC 31 bis EC 65)	33
Winterweizen	Wintergerste	(Stadium EC 65 bis EC 87)	636
Winterweizen	Wintergerste	(nach Stadium EC 87)	655
Winterweizen	Sommergerste	(Stadium EC 31 bis EC 65)	260
Winterweizen	Sommergerste	(Stadium EC 65 bis EC 87)	1358
Winterweizen	Sommergerste	(nach Stadium EC 87)	477
Winterweizen	Sommerweizen	(Stadium EC 31 bis EC 65)	59
Winterweizen	Sommerweizen	(Stadium EC 65 bis EC 87)	396
Winterweizen	Sommerweizen	(nach Stadium EC 87)	98
Mais	Sonnenblumen	(Stadium EC 17 bis EC 65)	323
Mais	Sonnenblumen	(Stadium EC 65 bis EC 87)	319
Mais	Sonnenblumen	(nach Stadium EC 87)	3
Mais	Sojabohnen	(Stadium EC 12 bis EC 69)	468
Mais	Sojabohnen	(Stadium EC 69 bis EC 87)	511
Mais	Sojabohnen	(nach Stadium EC 87)	0

*Tabelle 2: Überblick Regressionen*

### 3.2.7 Ergebnisse

#### 3.2.7.1 Getreide

Die Ergebnisse der Regressionen von Winterweizen und den anderen Getreidearten für die jeweiligen Entwicklungszeiträume sind in den Abbildungen 12 bis 20 zu sehen. Am Bestimmungsmaß ( $r^2$ ) kann man deutlich erkennen, dass die Abhängigkeit der Quoten von Sommergerste, Sommerweizen und Wintergerste nur sehr schwach von der des Winterweizen abhängt. Am ehesten kann ein Zusammenhang beim Sommerweizen in der Reifephase (nach EC 87, Abbildung 17) angenommen werden, dennoch ist auch hier die Korrelation nur sehr schwach, sodass nur bedingt von einem Zusammenhang gesprochen werden kann.

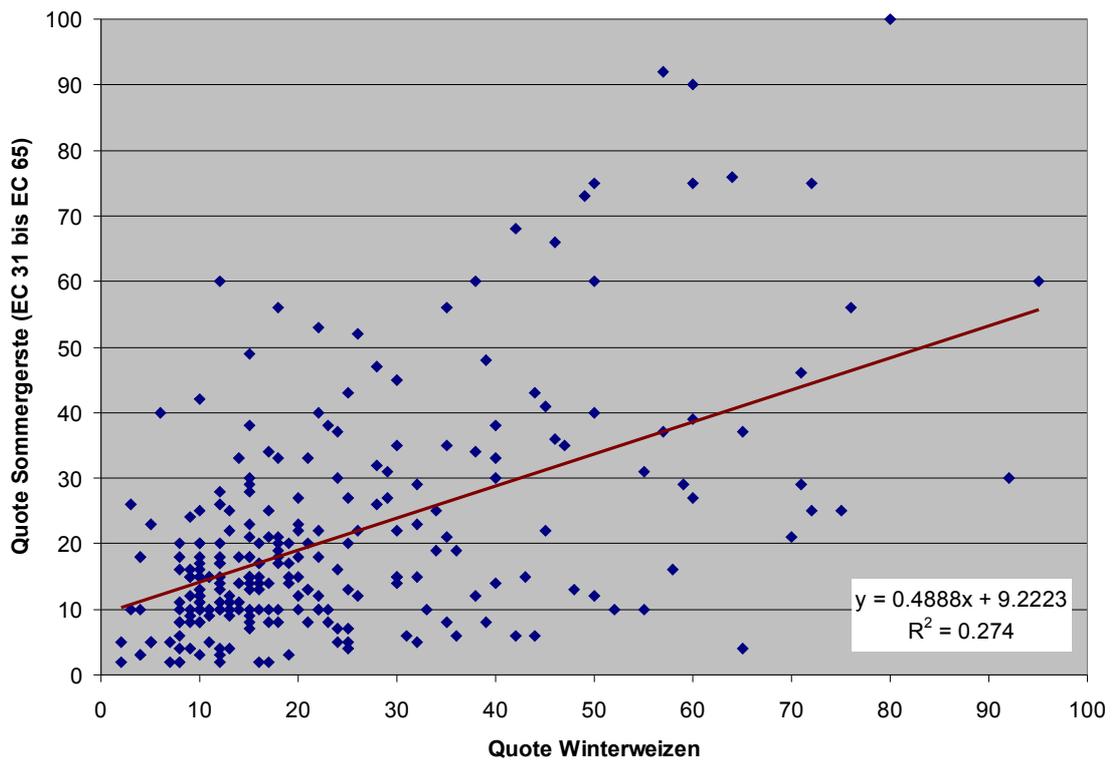


Abbildung 12: Streudiagramm, Winterweizen-Sommergerste, erste Phase

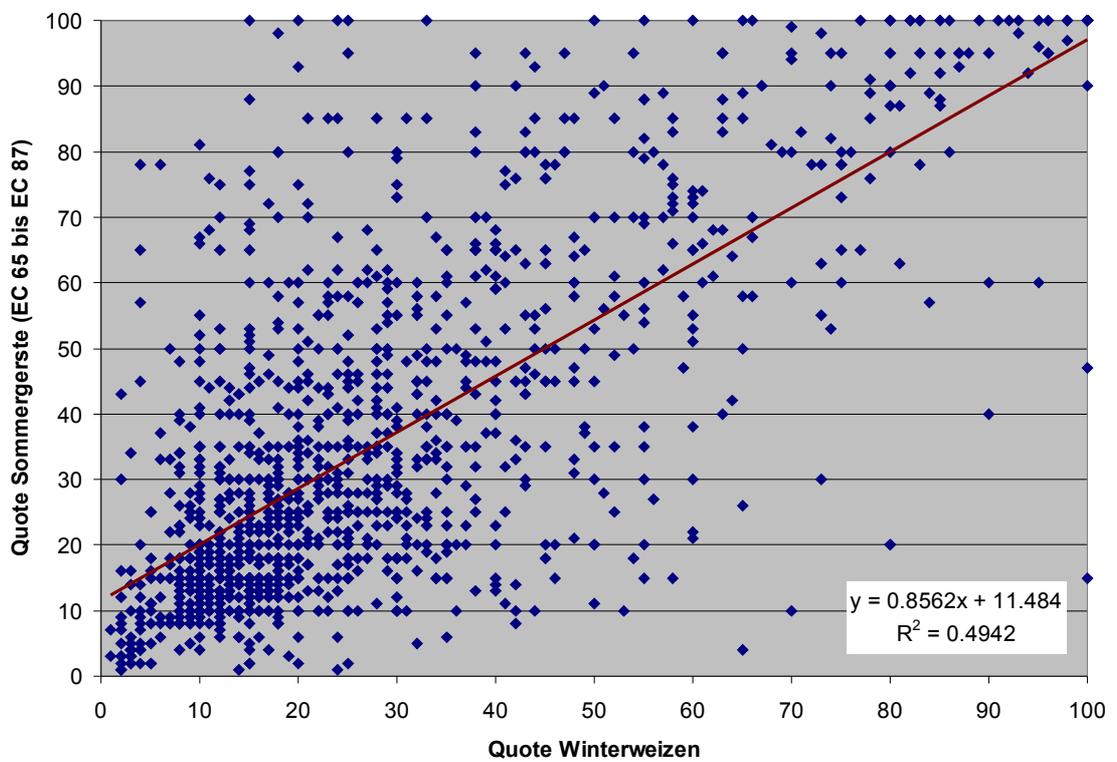


Abbildung 13: Streudiagramm, Winterweizen-Sommergerste, zweite Phase

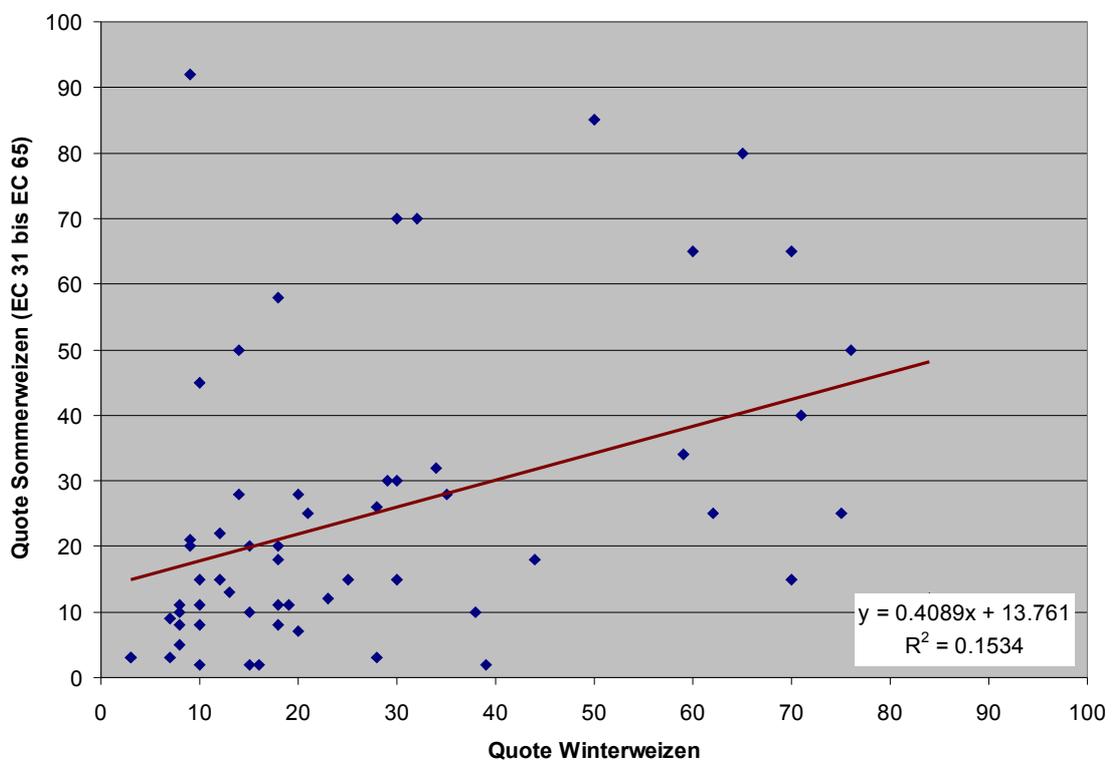
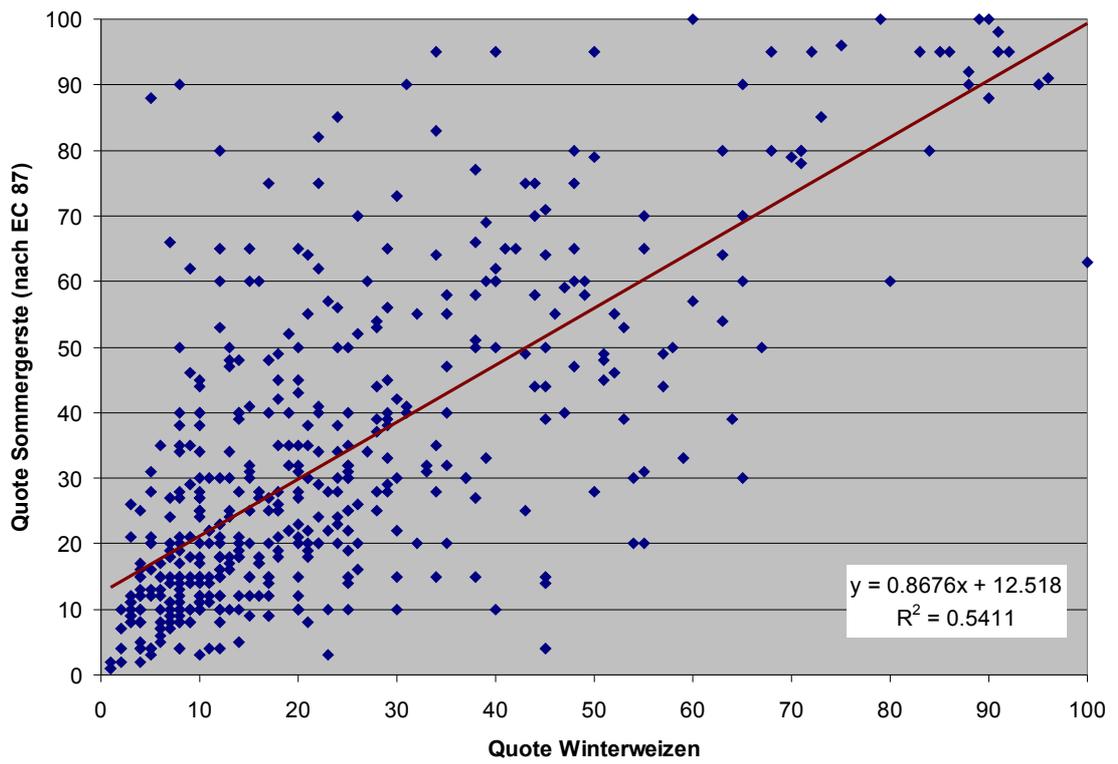


Abbildung 15: Streudiagramm, Winterweizen-Sommerweizen, erste Phase

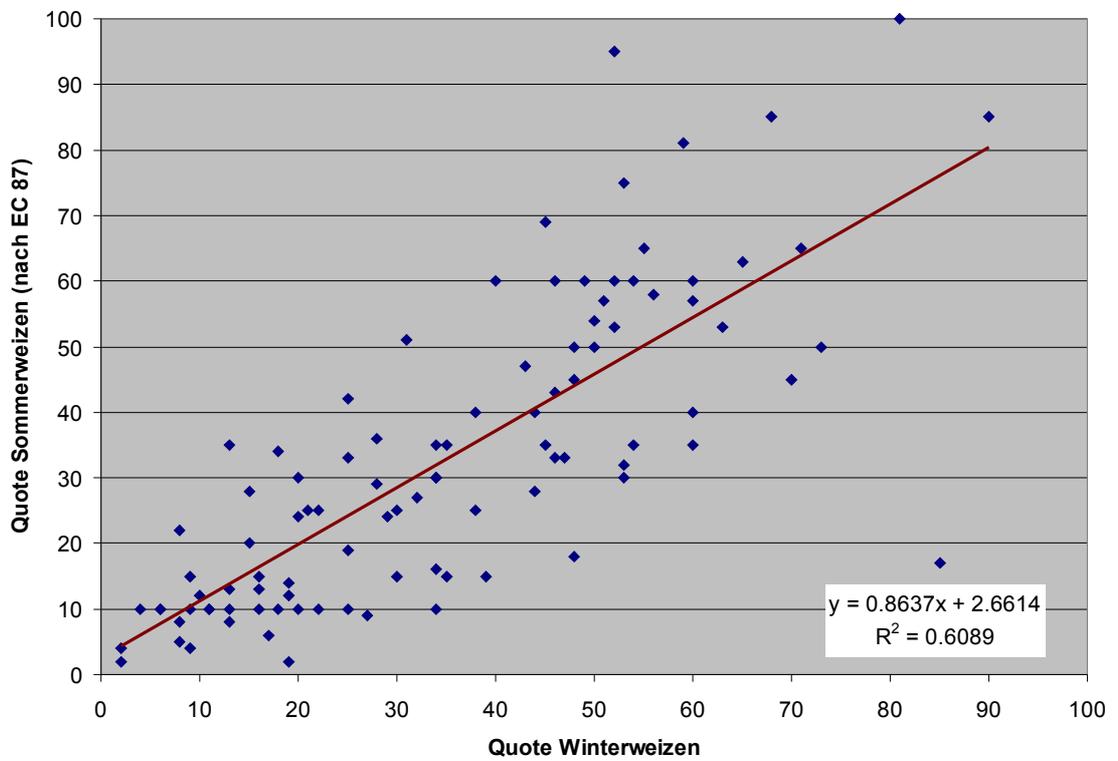
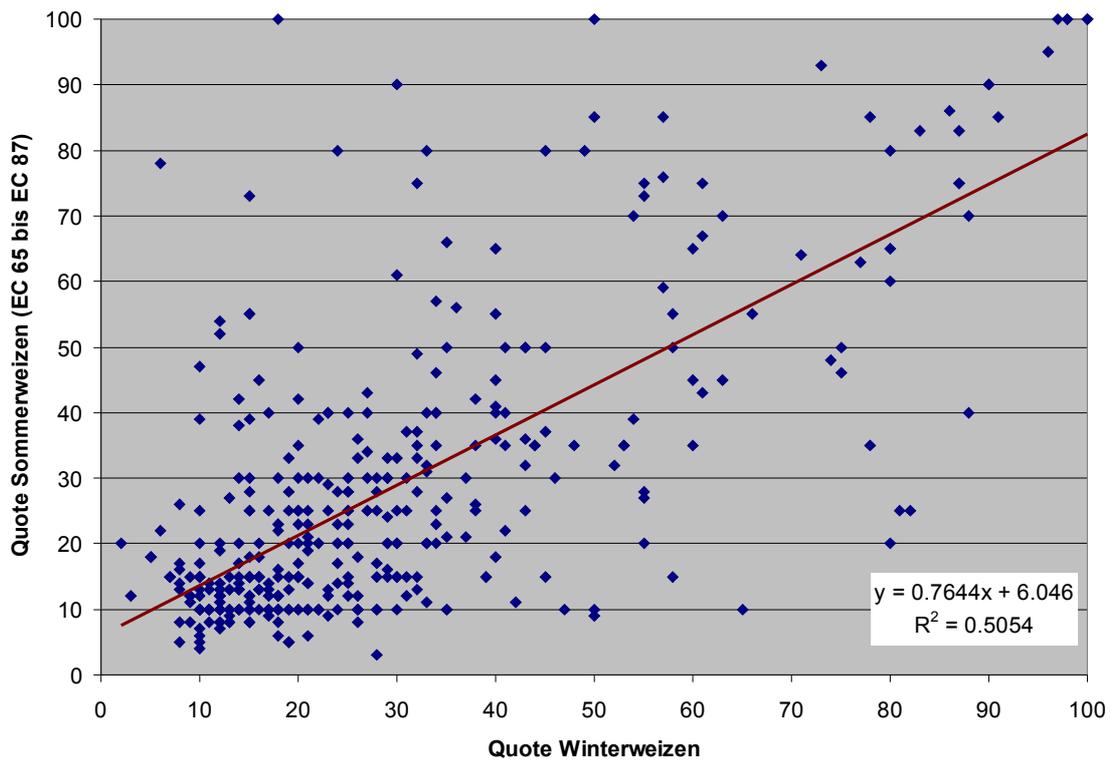


Abbildung 17: Streudiagramm, Winterweizen-Sommerweizen, dritte Phase

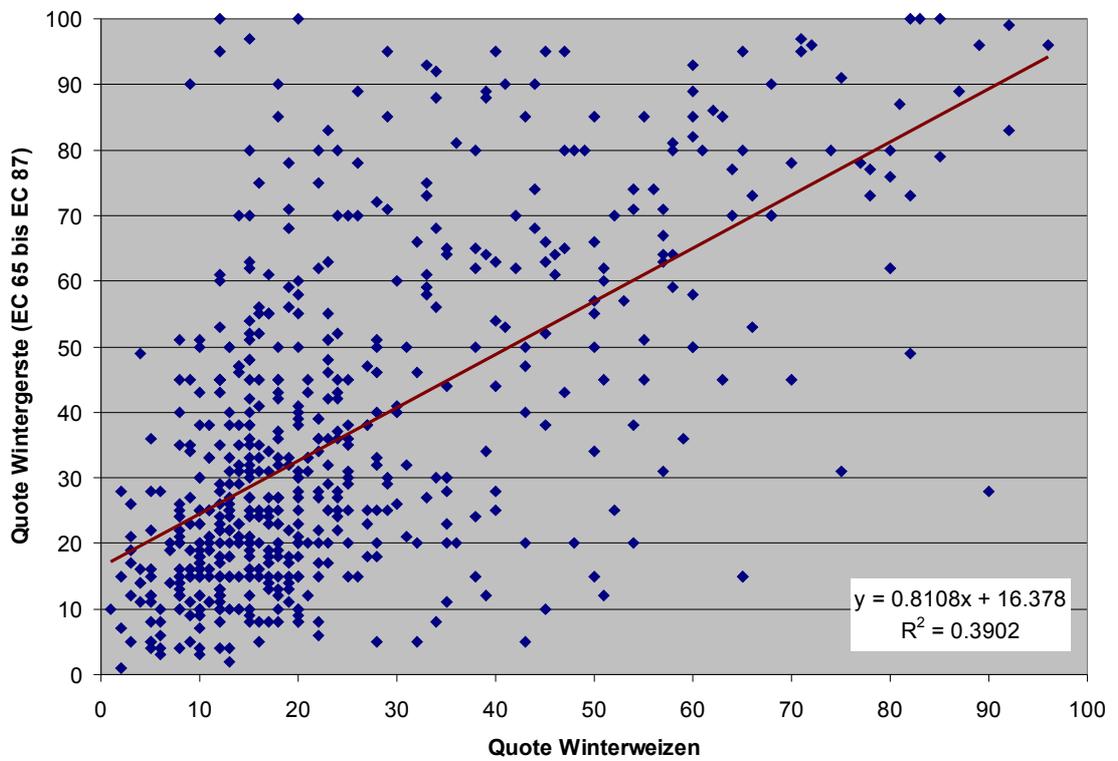
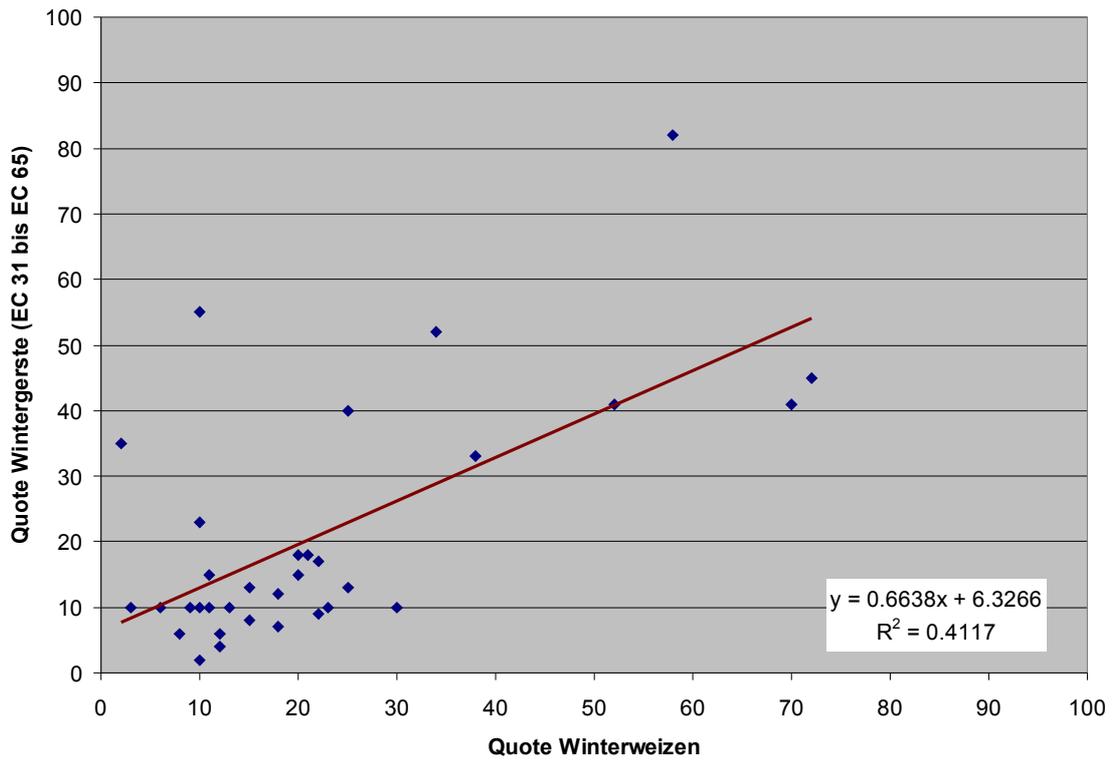
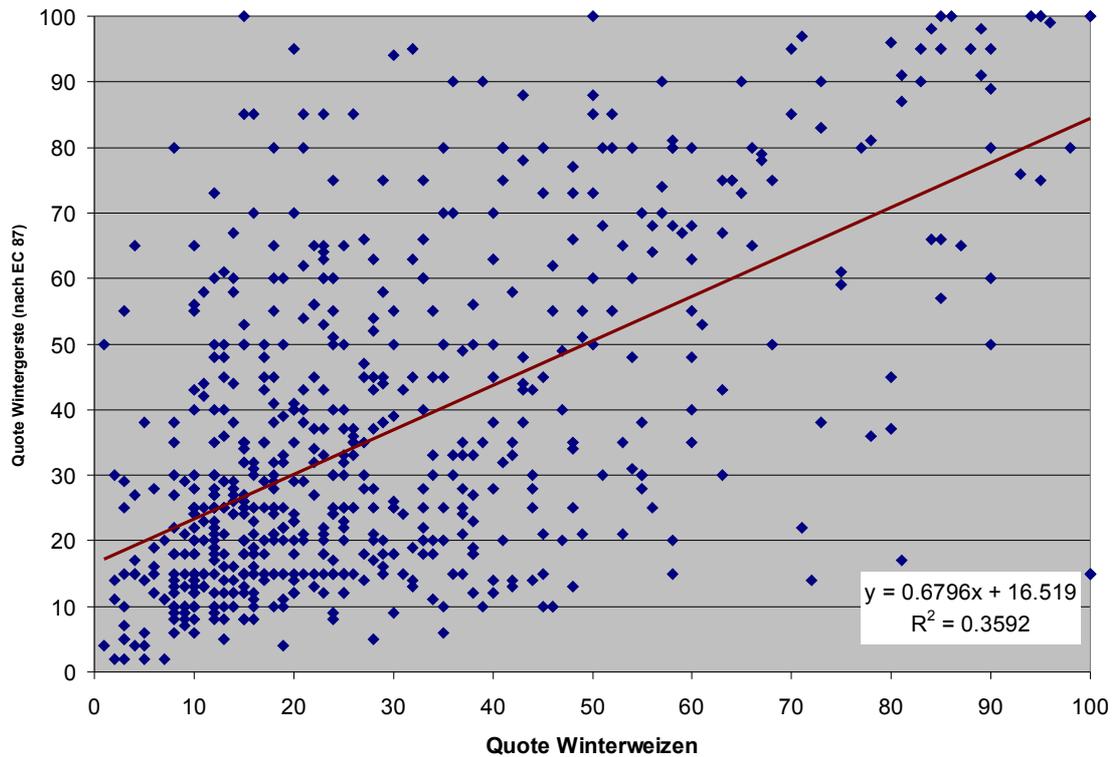


Abbildung 19: Streudiagramm, Winterweizen-Wintergerste, zweite Phase



Die Ergebnisse werden in folgender Tabelle noch einmal zusammengefasst:

Leitkultur	Korrelierende Kultur	Gleichung der Regressionsgeraden	Wachstumsphase	r <sup>2</sup>
Winterweizen	Wintergerste	Y=0,6638x+6,3266	1	0,41
Winterweizen	Wintergerste	Y=0,8108x+16,378	2	0,39
Winterweizen	Wintergerste	Y=0,6796x+16,519	3	0,36
Winterweizen	Sommergerste	Y=0,4888x+9,2223	1	0,27
Winterweizen	Sommergerste	Y=0,8562x+11,484	2	0,49
Winterweizen	Sommergerste	Y=0,8676x+12,518	3	0,54
Winterweizen	Sommerweizen	Y=0,4089x+13,761	1	0,15
Winterweizen	Sommerweizen	Y=0,7644x+6,046	2	0,51
Winterweizen	Sommerweizen	Y=0,8637x+2,6614	3	0,61

Tabelle 3: Regressionsgleichungen Getreide

Im Fall der Sommergerste in der ersten Phase kann der fehlende Zusammenhang auch

auf die geringe Zahl der Datenpaare zurückgeführt werden, allerdings sind auch bei der Wintergerste nur wenige Datenpaare vorhanden. Es fällt auf, dass die Steigungen der Geraden überall unter 1 liegen, die Quote der korrelierenden Kultur also immer langsamer steigt als die des Winterweizen. Es liegt also nahe anzunehmen, dass der Winterweizen empfindlicher als die anderen Kulturen auf Hagel reagiert. Die Konstanten im zweiten Teil der Gleichungen sind allerdings stets positiv, sodass bei niedrigen Winterweizen-Quoten eine höhere korrelierende Quote herauskommt. Insgesamt muss diese Methode der Quotenfindung in Frage gestellt werden.

#### 3.2.7.2 Herbstkulturen

Auch für die Zuordnungen der Herbstkulturen sind in den Abbildungen 21 bis 24 die Ergebnisse der Regressionen anhand von Streudiagrammen, den Regressionsgleichungen und den Bestimmtheitsmaßen ( $r^2$ ) zu sehen. Die Zuordnungen der dritten Wachstumsphase wurden vernachlässigt da die Anzahl der Daten zu gering war, im Falle der Sojabohnen gab es gar keine vergleichbaren Daten. Auch hier kann nur bedingt von einem Zusammenhang gesprochen werden. Der „beste“ Zusammenhang besteht zwischen Mais und Sojabohnen in der dritten Wachstumsphase mit einem Bestimmtheitsmaß ( $r^2$ ) von 0.59, Abbildung 24.

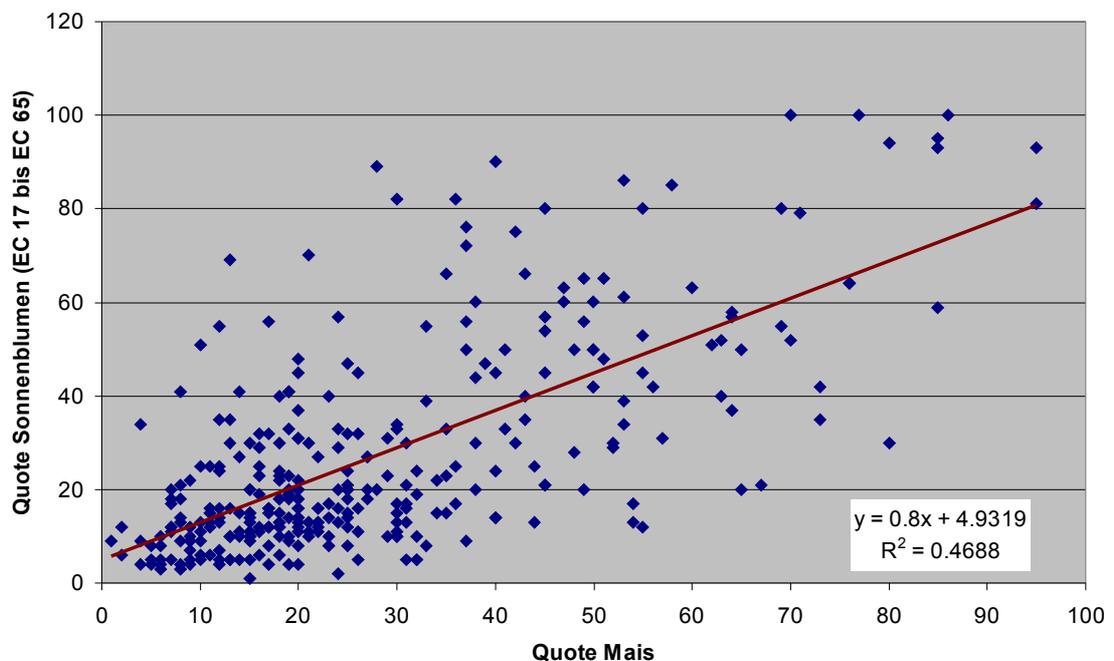


Abbildung 21: Streudiagramm, Mais und Sonnenblumen, erste Phase

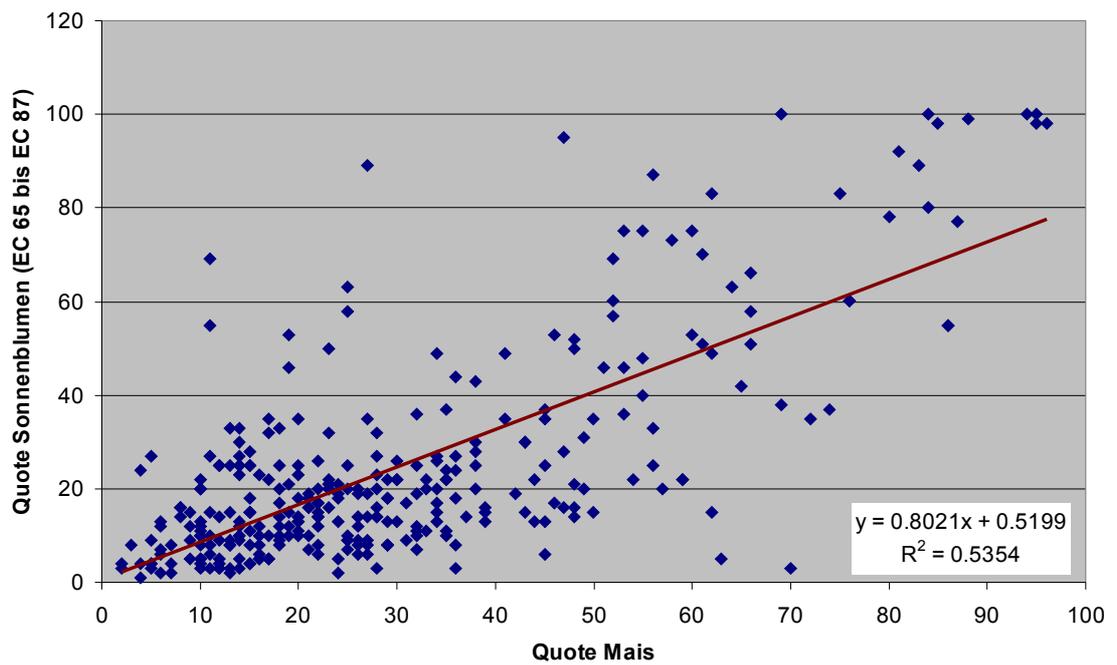


Abbildung 22: Streudiagramm, Mais und Sonnenblumen, zweite Phase

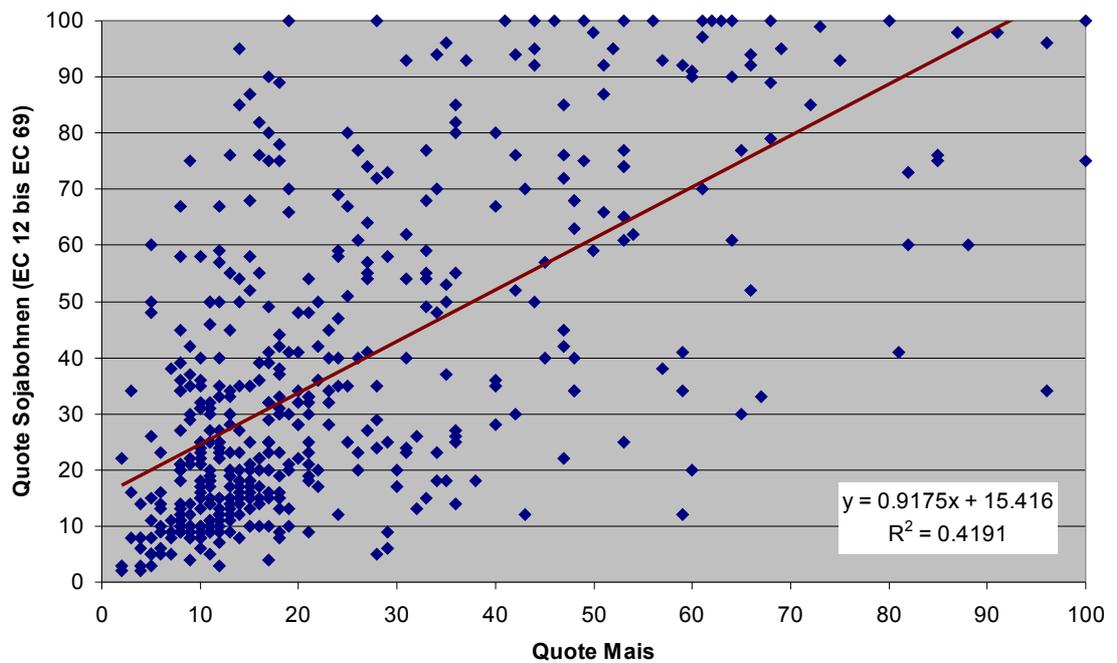


Abbildung 23: Streudiagramm, Mais und Sojabohnen, erste Phase

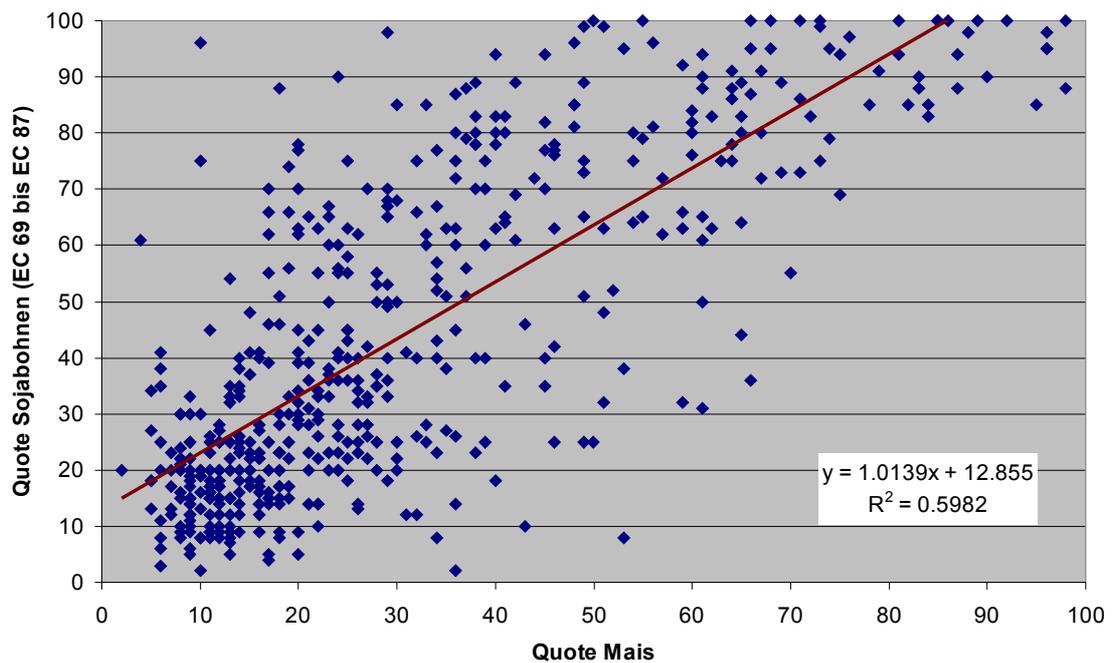


Abbildung 24: Streudiagramm, Mais und Sojabohnen, zweite Phase

Die zusammenfassende Tabelle der Ergebnisse:

Leitkultur	Korrelierende Kultur	Wachstumsphase	Gleichung der Regressionsgeraden	$r^2$
Mais	Sonnenblumen	1	$Y=0,8x+4,9319$	0,47
Mais	Sonnenblumen	2	$Y=0,8021x+0.5199$	0,54
Mais	Sojabohnen	1	$Y=0,9175x+15,416$	0,42
Mais	Sojabohnen	2	$Y=1,0139x+12,855$	0,60

Tabelle 4: Regressionsgleichungen Herbstkulturen

Auch aufgrund der Ergebnisse der Herbstkulturen muss die Methode hinterfragt werden. Bei diesen Kulturen sind die Steigungen deutlich höher als beim Getreide, was eine ähnliche Hagelempfindlichkeit nahe legt, allerdings sind die Wert des Bestimmungsmaßes ( $r^2$ ) zu gering um dies als Tatsache anzusehen.

### 3.2.7.3 Allgemeine Durchschnittsquote

Der zweite Ansatz benötigt lediglich die gesamte Durchschnittsquote aller Kulturen, dieser liegt bei 31%, bei 2622 Rasterdaten. Der Unterschied zur Anzahl der Datenpaare bei den Regressionen (5596) kommt durch das bis zu dreifache Mitzählen der Hauptkultur-Raster. Es wurde das einfach arithmetische Mittel berechnet.

### 3.3 Berechnungsmethode

Nachdem die Gebiete der Hagelschädigung erhoben und mit der Quote der Leitkulturen sowie der aktuellen PTU-Summe als Attribute digitalisiert wurden beginnt die Berechnung der Quote und in weiterer Folge der Schadenssumme für jede Position innerhalb der Hagelregion. Zuerst werden aus der Gesamtheit der versicherten Positionen (Feldstücke) mittels einer räumlichen Abfrage jene ermittelt die innerhalb der Hagelgebiete liegen. Im Falle der Quotenzuordnungen durch die Regressionsgleichungen werden diesen Feldern die digitalisierten Attribute zugeordnet wobei bei Feldern die in zwei Hagelgebieten liegen diejenigen Attribute zugeteilt werden welche den höheren Wert des Attributs „Quote\_wv“ aufweisen. Anschließend werden den einzelnen Positionen anhand der erhobenen Attribute „Quote\_Leitkultur“ (Winterweizen, Mais, Wein und Obst) und „PTU-Summe“ mittels den entsprechenden Regressionsgleichungen Schadensquoten für die Kulturen Sommergerste, Sommerweizen, Wintergerste, Sonnenblumen und Sojabohnen zugeordnet. Im Fall der konstanten Durchschnittsquote entfällt dieser Schritt, da alle Quoten (immer die Durchschnittsquote) bereits der versicherten Position zugeteilt wurden. Jede Position hat nun die Attribute „Fläche“, „Versicherungssumme“, „Kultur“, „Gemeinde“ und noch zusätzlich die Quoten. Der Schaden kann damit durch Multiplikation der Versicherungssummen mit der Quoten berechnet werden. Als Schadensfläche wird unabhängig von der Quote die „Fläche“ verwendet. Nun werden die voraussichtlichen Schadenssummen und -flächen für jede Kultur summiert und die Gesamtfläche und der Gesamtschaden berechnet.

In einem operationellen System müssen zudem auch Quoten von anderen, hier nicht beschriebenen Kulturen sowie vor allem auch Schadenshöhen von Glashäusern mitberücksichtigt werden. Ebenso müssen bei Hagelereignissen in Gebieten mit vielen Gemüseanbauflächen wie beispielsweise im Marchfeld diese Positionen näher

betrachtet werden da für viele Gemüsebetriebe keine Geometrien vorliegen.

#### ***3.4 Schwächen***

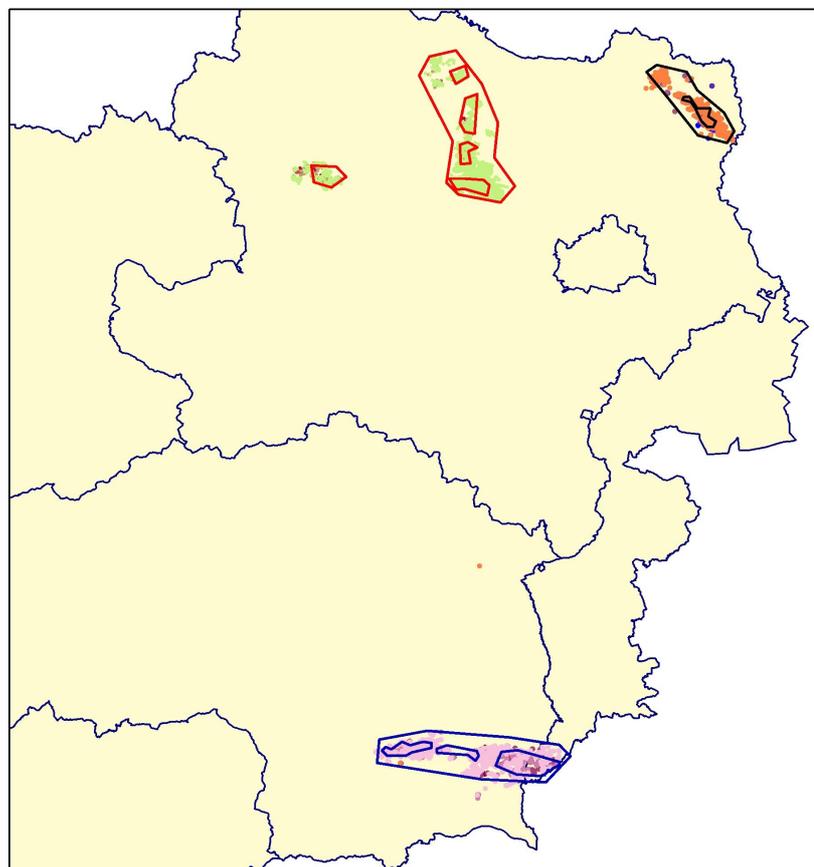
Neben den Vorteilen der räumlichen Datenerhebung durch digitalisieren und der Berechnung der Schadenssummen auf Positionsebene gibt es hierbei auch Nachteile. Zum Einen liegen für ca. 10% der versicherten Flächen keine Geometrien vor, die in diesem System nicht mitgerechnet werden können. Dies gilt vor allem für Betriebe mit hohen Versicherungssummen wie Gemüsebauern oder Gärtnereien. Wird also eine Hagelereignis abgeschätzt ist damit zu rechnen, dass die geschätzte Schadenssumme zu niedrig sein kann, vor allem wenn Glashäuser betroffen sind. Ein anderes Problem betrifft die Datenaktualität, die Versicherungsdaten für das aktuelle Jahr stehen meist erst Anfang Juni zur Verfügung, sodass bis dahin mit Daten aus dem Vorjahr gerechnet werden muss. Das muss nicht aber kann ein Problem darstellen, vor allem wenn von einem Jahr auf das nächste Produkte deutlich geändert wurden oder sich Durchversicherung je Region stark geändert hat.

Ein weiterer Nachteil bildet die Anforderung den Offline Betriebes, da bei einer Änderung des Systems diese auf vielen Rechnern separat durchgeführt werden muss, durch die Beschränkung auf 10 Regionalleiter sollte das aber mit überschaubarem Aufwand machbar sein.

## 4 Verifikation

### *4.1 Methode der Verifikation*

Um die Methode der Schadensabschätzung und die ermittelten Quotenberechnungen in der Praxis zu testen wurden drei Hagelereignisse aus dem Jahr 2010 (25.5., 15.7., und 23.7.) herangezogen, einen Überblick der räumlichen Verteilung der Szenarien zeigt Abbildung 25.



*Abbildung 25: Verifikationsereignisse, östliches Weinviertel (25.5.2010), westliches Weinviertel und Waldviertel (15.7.2010), Steiermark (23.7.2010)*

Die Gebietsabgrenzung fand dabei allerdings nicht unter realistischen Voraussetzungen statt, da die Quoten in den betreffenden Regionen bereits genau bekannt waren. Diese

Vorgehensweise scheint zunächst nicht für eine Verifikation geeignet, da eine große Fehlerquelle in der Schadensabschätzung in der ungenauen Gebietsabgrenzung liegt, allerdings sollen hier die Berechnungsmethoden geprüft werden, weshalb es sogar notwendig war den Gebietsabgrenzungsfehler weitgehend zu eliminieren.

Es wurden jeweils zwei bis drei Gebiete unterschiedlicher Hagelintensität gezeichnet und mit den Quoten der Leitkulturen versehen, anschließend wurde die aktuelle PTU-Summe hinzugefügt. Nachdem mittels einer Räumlichen Zuordnung (Spatial Join) den geschädigten Feldstücken aufgrund ihrer Lage die eingetragenen Werte für die Quoten von Winterweizen, Mais, Obst sowie Wein zu geordnet wurden konnte die Berechnung der Schadenshöhe vorgenommen werden. Aus dem Wert für den Winterweizen wurden nun als erstes mittels der oben ermittelten Regressionsgleichungen die Quoten von Wintergerste, Sommergerste und des Sommerweizen sowie aus der Maisquote jene der Sonnenblume und der Sojabohnen berechnet. Als zweiter Schritt wurde die Schadenssumme mit Hilfe der allgemeinen Durchschnittsquote (31%) für alle Kulturen berechnet. Die Summierung der einzelnen Schädigungen ergab den Gesamtschaden, der dem tatsächlichen Schadenshöhe gegenübergestellt wurde.

### ***4.2 Ergebnisse***

Um beim Wesentlichen zu bleiben wurde von einer genauen meteorologischen Analyse zur Entstehung und Entwicklung der betrachteten Unwetter abgesehen, da dies zwar interessant aber für die hier durchgeführte Schadensabschätzung nicht von Belang ist. Die Digitalisierung der Hagelgebiete zeigte zwar ein hohes Fehlerpotential da die Schädigungen sehr heterogen verteilt waren, dennoch ist dies eine gute Möglichkeit die räumliche Verteilungen von Hagel zu beschreiben. Im Folgenden werden die Ergebnisse, insbesondere in Bezug auf die beiden Quotenermittlungsverfahren gegenübergestellt.

#### **4.2.1 Erstes Beispiel**

Als erstes Ereignis wurde der Hagelzug vom 25.5.2010 im Weinviertel herangezogen. Dieses Hagelereignis brachte im östlichen Weinviertel Schäden vor allem im Acker- und Weinbau in einem eher frühen Zeitpunkt im Jahr. Einen Überblick über die Region und die erhobenen (nicht berechneten!) Quoten bietet Abbildung 26.

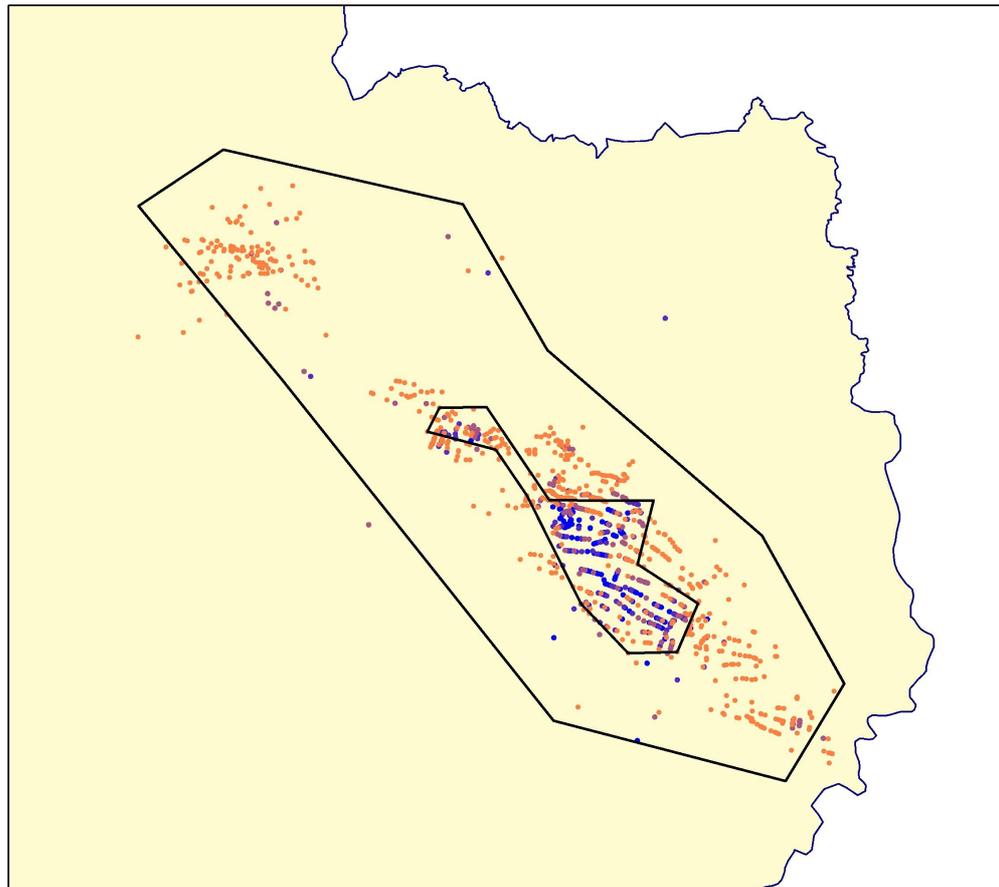


Abbildung 26: Hagelgebiete vom 25.5. 2010, die blauen Punkte stellen höhere erhobene Schadensquoten dar.

Zudem sind in dieser Karte die manuell digitalisierten Gebiete abgebildet, die äußere Begrenzung wurde mit folgenden Quoten Bewertet:

Leitkultur	Quote	Kultur	Phase	Gleichung	Quote
Winterweizen	25%	Wintergerste	1	$y=0.6638x+6.3266$	22,90%
		Sommergerste	1	$y=0,4888x+9,2223$	21,40%
		Sommerweizen	1	$y=0.4089x+13.761$	23,90%
Mais	0%	Sonnenblumen	1	$y=0.8x+4.9319$	4,90%
		Sojabohnen	1	$y=0.9175x+15.416$	15,40%
Obst	0%				0,00%
Wein	25%				25,00%

Tabelle 5: Quoten des 1.Hagelgebiets am 25.5. 2010

Das innere Hagelgebiet mit höherer Intensität wurde folgendermaßen bewertet:

Leitkultur	Quote	Kultur	Phase	Gleichung	Quote
Winterweizen	70%	Wintergerste	1	$y=0.6638x+6.3266$	52,70%
		Sommergerste	1	$y=0,4888x+9,2223$	43,40%
		Sommerweizen	1	$y=0.4089x+13.761$	42,30%
Mais	30%	Sonnenblumen	1	$y=0.8x+4.9319$	28,90%
		Sojabohnen	1	$y=0.9175x+15.416$	42,90%
Obst	30%				30,00%
Wein	70%				70,00%

*Tabelle 6: Quoten des 2.Hagelgebiets am 25.5. 2010*

Kultur	Anzahl Positionen	Abweichung der Schadenssumme vom tatsächlichen Wert (Regressionen)	Abweichung der Schadenssumme vom tatsächlichen Wert (Durchschnittsquote)
Winterweizen	501	25%	-20%
Sommerweizen	16	4%	-17%
Sommergerste	153	26%	6%
Wintergerste	39	-25%	-57%
Mais	2	-57%	-57%
Sonnenblumen	34	-96%	-12%
Sojabohnen	0	0%	0%
Obst	0	0%	0%
Wein	251	20%	2%
Gesamt	999	19%	-12%

*Tabelle 7: Abweichungen der Rechenergebnisse von den tatsächlichen Schadenssummen für den 25.5. 2010*

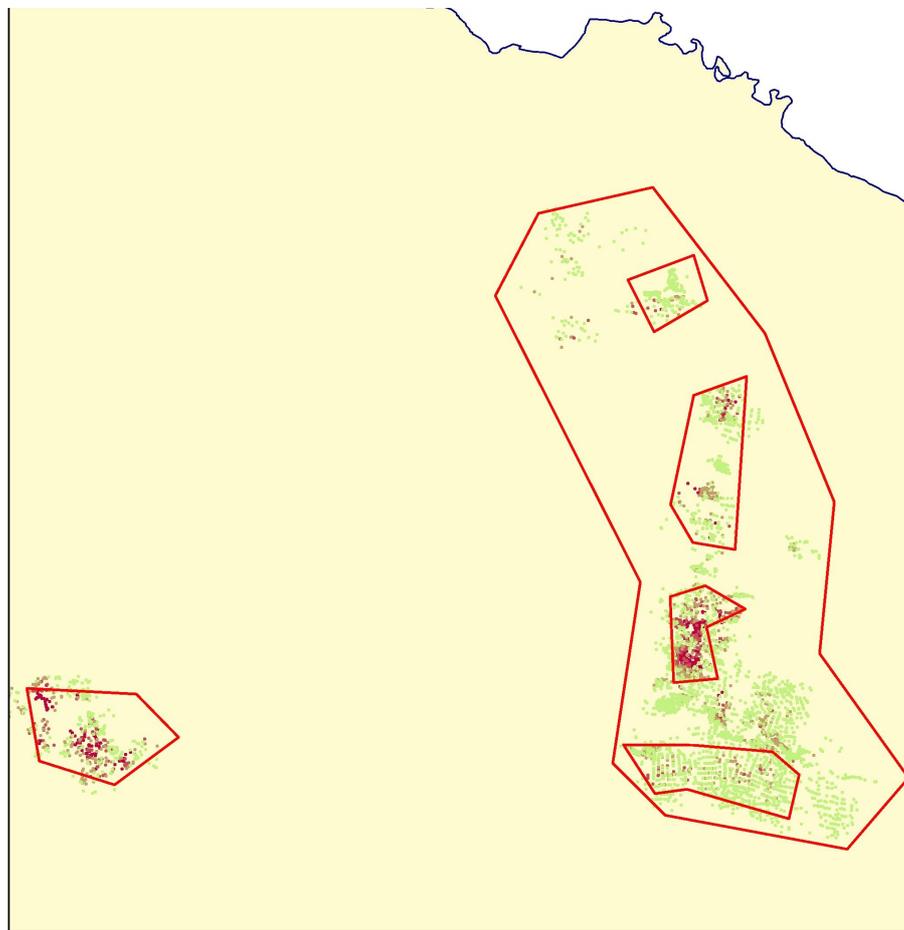
Im Vergleich der Ergebnisse der Schadensabschätzungen auf Basis der Regressionsgeraden beziehungsweise mittels der allgemeinen Durchschnittsquote mit dem tatsächlichen Schaden aufgeschlüsselt nach Kultur wird deutlich was bereit zu

vermuten war. Je größer die Menge an Positionen einer Kultur ist, desto näher liegt der Wert der mittels der Durchschnittsquote berechnet wurde an der Realität. Bei wenigen Feldern einer Kultur gibt es hingegen große Abweichungen.

### 4.2.2 Zweites Beispiel

Als zweites Ereignis wurde der Hagelzug vom 15.7.2010 im westlichen Weinviertel und östlichen Waldviertel herangezogen. Dieses Hagelereignis brachte vor allem Schäden im Acker- und Weinbau, es handelt sich hier um das größte Ereignis im Jahr 2010.

Einen Überblick über die Region und die erhobenen (nicht berechneten!) Quoten bietet Abbildung 27.



*Abbildung 27: Hagelgebiete vom 15.7. 2010, die roten Punkte stellen höhere erhobene Schadensquoten dar.*

Zudem sind in dieser Karte die manuell digitalisierten Gebiete abgebildet, wobei hier 3 Gebiete festgelegt und Bewertet wurden. Die äußerste Begrenzung wurde mit folgenden

#### 4 Verifikation

---

Quoten Bewertet:

Leitkultur	Quote	Kultur	Phase	Gleichung	Quote
Winterweizen	25%	Wintergerste	1	$y=0.6796x+16.519$	30,10%
		Sommergerste	2	$y=0.8562x+11.484$	28,60%
		Sommerweizen	2	$y=0.7644x+6.046$	21,30%
Mais	0%	Sonnenblumen	1	$y=0.8x+4.9319$	21,00%
		Sojabohnen	2	$y=1.0139x+12.855$	33,10%
Obst	0%				0
Wein	25%				25,00%

*Tabelle 8: Quoten des 1. Hagelgebiets am 15.7. 2010*

Das zweite Hagelgebiet mit höherer Intensität wurde folgendermaßen bewertet:

Leitkultur	Quote	Kultur	Phase	Gleichung	Quote
Winterweizen	40%	Wintergerste	1	$y=0.6796x+16.519$	43,70%
		Sommergerste	2	$y=0.8562x+11.484$	45,70%
		Sommerweizen	2	$y=0.7644x+6.046$	36,60%
Mais	40%	Sonnenblumen	1	$y=0.8x+4.9319$	36,90%
		Sojabohnen	2	$y=1.0139x+12.855$	53,40%
Obst	10%				
Wein	20%				

*Tabelle 9: Quoten des 2. Hagelgebiets am 15.7. 2010*

Das dritte, kleinste Hagelgebiet mit der höchsten Intensität wurde folgendermaßen bewertet:

#### 4 Verifikation

Leitkultur	Quote	Kultur	Phase	Gleichung	Quote
Winterweizen	70%	Wintergerste	1	$y=0.6796x+16.519$	64,10%
		Sommergerste	2	$y=0.8562x+11.484$	71,40%
		Sommerweizen	2	$y=0.7644x+6.046$	59,50%
Mais	80%	Sonnenblumen	1	$y=0.8x+4.9319$	68,90%
		Sojabohnen	2	$y=1.0139x+12.855$	93,90%
Obst	80%				80,00%
Wein	75%				75,00%

*Tabelle 10: Quoten des 3. Hagelgebiets am 15.7. 2010*

Die Abweichungen der unterschiedlichen Berechnungsmethoden:

Kultur	Anzahl Positionen	Abweichung der Schadenssumme vom tatsächlichen Wert (Regressionen)	Abweichung der Schadenssumme vom tatsächlichen Wert (Durchschnittsquote)
Winterweizen	1047	61%	59%
Sommerweizen	10	44%	49%
Sommergerste	650	-3%	-25%
Wintergerste	31	-10%	-12%
Mais	661	32%	15%
Sonnenblumen	115	54%	46%
Sojabohnen	29	35%	19%
Obst	22	-82%	-47%
Wein	3051	-18%	-8%
Gesamt	5624	13%	9%

*Tabelle 11: Abweichungen der Rechenergebnisse von den tatsächlichen Schadenssummen für den 15.7. 2010*

In diesem Beispiel gibt es allgemein große Abweichungen, die relativ gute Näherung beider Verfahren beim Wein, der hohe Versicherungssummen aufweist führt hier einem respektablem Ergebnis. Allerdings scheint hier die Durchschnittsquote für Winterweizen deutlich zu hoch zu sein.

### 4.2.3 Drittes Beispiel

Als drittes Ereignis wurde der Hagelzug vom 23.7.2010 in der Steiermark betrachtet. Dieses Hagelereignis brachte vor allem Schäden im Acker- und Weinbau. Einen Überblick über die Region und die erhobenen (nicht berechneten!) Quoten bietet

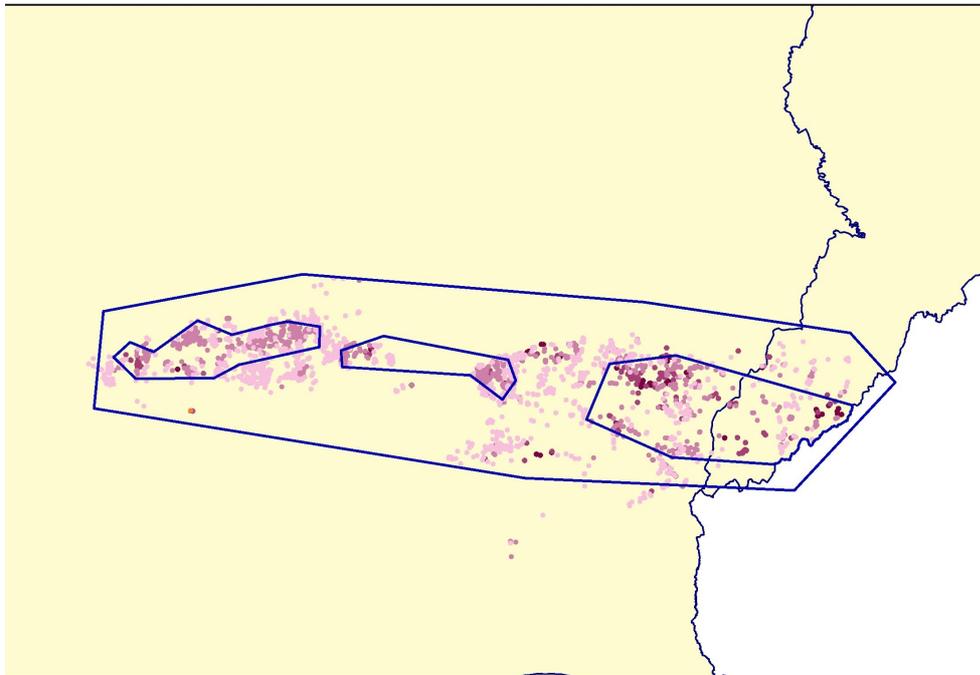


Abbildung 28: Hagelgebiete vom 23.7. 2010, die dunklen Punkte stellen höhere erhobene Schadensquoten dar.

Auch in dieser Karte sind die manuell digitalisierten Gebiete abgebildet, die äußere Begrenzung wurde mit folgenden Quoten Bewertet:

Leitkultur	Quote	Kultur	Phase	Gleichung	Quote
Winterweizen	20%	Wintergerste	3	$0.6796x+16.519$	30,10%
		Sommergerste	3	$0.8676x+12.518$	29,90%
		Sommerweizen	3	$y=0.8637x+2.6614$	19,90%
Mais	20%	Sonnenblumen	2	$y=0.8021x+0.5199$	16,60%
		Sojabohnen	2	$y=0.0139x+12.855$	33,10%
Obst	20%				20,00%
Wein	20%				20,00%

Tabelle 12: Quoten des 1. Hagelgebiets am 23.7. 2010

Das innere Hagelgebiet mit höherer Intensität wurde folgendermaßen bewertet:

Leitkultur	Quote	Kultur	Phase	Gleichung	Quote
Winterweizen	70%	Wintergerste	3	$0.6796x+16.519$	64,00%
		Sommergerste	3	$0.8676x+12.518$	73,20%
		Sommerweizen	3	$y=0.8637x+2.6614$	63,10%
Mais	70%	Sonnenblumen	2	$y=0.8021x+0.5199$	56,70%
		Sojabohnen	2	$y=0.0139x+12.855$	83,80%
Obst	70%				70,00%
Wein	60%				60,00%

*Tabelle 13: Quoten des 2. Hagelgebiets am 23.7. 2010*

Die Abweichungen der unterschiedlichen Berechnungsmethoden:

Kultur	Anzahl Positionen	Abweichung der Schadenssumme vom tatsächlichen Wert (Regressionen)	Abweichung der Schadenssumme vom tatsächlichen Wert (Durchschnittsquote)
Winterweizen	42	36%	21%
Sommerweizen	11	43%	6%
Sommergerste	4	7%	-38%
Wintergerste	1	37%	37%
Mais	1838	40%	21%
Sonnenblumen	0	0%	0%
Sojabohnen	51	43%	-31%
Obst	85	-80%	-80%
Wein	296	2%	-29%
Gesamt	2328	21%	-2%

*Tabelle 14: Abweichungen der Rechenergebnisse von den tatsächlichen Schadenssummen für den 23.7. 2010*

Auch im dritte Szenario sind große Abweichungen bei den einzelnen Kulturen zu sehen. Am Ende ergibt die Berechnung mittels der Durchschnittsquote aber zum dritten Mal ein besseres Ergebnis.

## 5 Schlussfolgerungen

Grundsätzlich zeigt sich die hier beschriebene Vorgehensweise zur Abschätzung von Hagelschäden als praxistauglich. Die Digitalisierung der Hagelgebiete erfordert sicher einiges an Übung und Kenntnisse der Regionen und der versicherten Positionen. Der Personenkreis dem diese Aufgabe obliegt bringt aber diese Voraussetzungen mit weshalb dieser Weg der räumlichen Bestimmung von Schäden tauglich ist um realistische Ergebnisse zu erhalten. Als einziges könnte der für die meisten Regionalleiter neue Umgang mit Karten und Polygonen problematisch sein, hier werden sicher Schulungen vonnöten sein.

Was die Quotenzuordnungen von einigen Leitkulturen auf andere Kulturen angeht ist dieser Weg nicht anzuraten. Die Regressionen brachten nur schwache Zusammenhänge zwischen den Quoten, was die Annahme nahe legt, dass andere Parameter einen ebenfalls hohen Einfluss haben. Die zeitliche und räumlichen Verteilungen sowie orographische Besonderheiten scheinen hier eine bedeutende Rolle zu spielen. Dies zeigen auch die Ergebnisse der Beispielszenarien in der Verifikation. Eine Verbesserung dieser Zuordnungen scheint kaum möglich, da zu viele Unbekannte, beziehungsweise unberechenbare Effekte auftreten.

Die Verwendung einer allgemeinen Durchschnittsquote für alle Positionen eines digitalisierten Hagelgebiets brachten indes recht gute Ergebnisse obwohl die Quoten für eine bestimmte Kultur einmal unter- und das andere Mal wieder überschätzt wurden. Es hat sich gezeigt, dass bei größeren Mengen an Feldern einer Kultur tendenziell besser Ergebnisse vorliegen. Die Vorteile dieser Methode der Durchschnittsquote liegen aber nicht nur in den genaueren Ergebnissen, sondern auch in der einfacheren Handhabung, da keine aufwendigen Regressionsgleichungen ermittelt werden müssen. Es müssen auch keine Leitkulturquoten erhoben und eingetragen werden. Zudem muss auch nur ein Hagelgebiet digitalisiert werden, was die Arbeit der Regionalleiter erleichtert und eine große Fehlerquelle minimiert.

## 6 Ausblick und technische Umsetzung

In dieser Arbeit wurden zwei Möglichkeiten beschrieben um die kurz nach einem Hagelereignis unbekanntes Quoten der betroffenen Feldstücke zu beziffern. Die beschriebene Ermittlung über Leitkulturen und Regressionsgeraden hat sich, zumindest in dieser Form als weniger brauchbar erwiesen, die einfachere Einsetzung einer allgemeinen Durchschnittsschädigung brachte bessere Resultate. In der Zukunft sollten noch andere Möglichkeiten ausgelotet werden dieses Verfahren zu verbessern.

Beispielsweise könnten Durchschnittsquoten pro Kultur, und auch pro Entwicklungsphase berechnet und in weiterer Folge verwendet werden. Eine Weiterentwicklung von zu sehr ins Detail gehenden statistischen Methoden wie nichtlineare (multiple) Regressionen scheint aufgrund der stark gestreuten Quotenverteilung unterschiedlicher Positionen in unmittelbarer Nähe zu einander nicht sinnvoll. Hier überwiegen kaum oder nicht berechenbare Effekte wie Orographie oder ungenaue Kenntnis der Entwicklungsstadien der Kulturen.

Um das beschriebene System in der Praxis um zu setzen bedarf es noch einiger Überlegungen in Bezug auf die zu verwendende Technik. Eine Anforderung ist die einfache Bedienbarkeit weshalb hier keine größeren Desktop-GIS Lösungen angewendet werden sollten. Da eine weitere Anforderung die Notwendigkeit ist offline arbeiten zu können scheiden auch Web-Gis Lösungen weitgehend aus, diese könnten lediglich dann eingesetzt werden, wenn die Anforderung der Offline-Anwendung dahingehend gelockert wird, dass lediglich das Digitalisieren offline, die Berechnungen aber nach einem upload der Polygone auf einer zentralen Datenbank stattfindet.

Nachdem die Berechnungen allerdings keine Datenmengen unzumutbarer Größe erfordern und die einzigen technischen Neuerungen auf den PCs der Regionalleiter die GIS-Komponenten darstellen, soll die Anforderung offline zu arbeiten zur Gänze erfüllt werden. Eine kostengünstige Lösung wäre ein kleines Open-Source Desktop-GIS auf den PCs der Regionalleiter das auf die Funktionalität der Anzeige von geografischer Information, die Digitalisierung von Polygonen sowie auf die Funktion einer räumlichen Zuordnung (spatial join) reduziert wird. Dieses Programm sollte aber auch in der Lage sein über WMS Karten einzubinden, um unterstützendes Kartenmaterial, wie aktuelle Radaranalysen oder ähnliches herunterladen und einbinden zu können.

## 7 Literaturverzeichnis

Klaus Th. Hess, Klaus D. Schmidt (2006): Risikoteilung und Rückversicherung

Grüner Bericht, 2010

Stull, Roland B. (2000): Meteorology for Scientists and Engineers, Second Edition, Pacific Grove: Brooks/Cole

Waldvogel, A., Federer, B. u. P. Grimm (): Criteria for the detection of hail cells.

Berger, Gruber, Huber, Panzenböck, Rehm, Schnabl (1984): Pflanzenbau 2, Leopold Stocker Verlag, Graz

Biologische Bundesanstalt für Land und Forstwirtschaft (2001): Entwicklungsstadien mono- und dikotyler Pflanzen,

Jobst Oehmichen (1983): Pflanzenproduktion, Band1: Grundlagen, Paul Parey

Nuttonson, M.Y. (1948): Some preliminary observations of phenological data as a tool in the study of photoperiod and thermal requirements of various plant materials

Gerhard Geisler (1983): Ertragsphysiologie von Kulturarten des gemäßigten Klimas, Paul Parey

Thomas Raffler, Das Problem der täglichen Sonnenscheindauer, 2005

Haiden, T., Kann, A., Stadlbacher, K., Steinheimer, M. u. Wittmann, C. (2006): Integrated Nowcasting through Comprehensive Analysis (INCA) - System overview.

Kaspar Grünig (2006): Die Abreife heuer genau überwachen

Dr. Frank Hertwig, Dr. R. Schuppenies (unbekannt): Steigende Temperaturen und Ausreife von Silomais

E. Stenitzer (1988): SIMWASER, Ein numerisches Modell zur Simulation des Bodenwassshaushaltes und des Pflanzenertrags eines Standortes

Karnataka J. (2007): Growing Degree Days and Photo Thermal Units Accumulation of Wheat (*Triticum aestivum* L. and *T.durum* Desf.) Genotypes as Influenced by Dates of Sowing

Peterson, R.F. (1965): Wheat botany, cultivation, and utilization

F. R. Young, O. Chandler, and A. Apan (2004): Crop Hail Damage: Insurance Loss Assessment Using Remote Sensing

K. B. Kidwell (1997): NOAA Global Vegetation Index User's Guide

Silleos N., Perakis K. and Petsanis G. (2002): Assessment of crop damage using space remote sensing and GIS

Edmund Scharf (1906): Der Hagel, 1906, Selbstverlag

Schweizerische Hagel-Versicherungs-Gesellschaft (1957): Anleitung für die Abschätzung von Hagelschäden,

James V. Vorst (2002): Assessing Hail Damage to Corn

Schönwiese, Christian-Dietrich (2006): Praktische Statistik für Meteorologen und Geowissenschaftler, Borntraeger

## 8 Anhang

### 8.1 Anhang A

```
#!/usr/local/bin/perl
close all;
# Programm zur Richtigstellung der Schadenstermine zur berechnung der
Korrelationstabellen
# im Rahmen der MT
# Input: Tabellen mit Feldstücken mit Schadensdatum und Regions-ID
# Output: Korrigiertes Datum für jedes Feldstück
# Muss für jedes Jahr gemacht werden
# =====

# Autor: Holger Starke
# Datum: 21. 10. 2010

use diagnostics;
use POSIX;
use Unique;

# ---- eliminiert Mehrfacheinträge innerhab eines Arrays ----

#tie @one_var, 'Array::Unique';
tie @one, 'Array::Unique';

# ---- Verzeichnis und Filnamen ----

$dir = '\..\Probefiles/'; # das output file
$file = "datumsbeispiel.txt";
$outfile = "datumsbeispiel_out.txt";
```

```
open(SPALTEN, "<$dir$file") || die "Das File $dir$file kann nicht geoeffnet werden\n";
    # ein Jahresfile wird geoeffnet
open(OUT, ">$dir$outfile") || die "Das File $dir$outfile kann nicht geoeffnet werden\n";

# ---- Ermittlung der Häufigkeiten der einzelnen Schadenstermine ----

while(<SPALTEN>){
    @termine = split(/\t/, $_);          # die Spalten sind durch einn tabulator
getrennt
    chomp(@termine);
    next if $termine[0] =~ /GIS/;
    # --- $.
    # $t[1]=1;
    # $t[$.]=$termine[2];
    if ($termine[2]==$t[$.-1]){
        # $r=$.-2;

        print "Hurra!\n";}
    # --- if($termine[2]=){ der ganze Zinober}
    push(@arr_term,$termine[1]);
    push(@gisid,$termine[0]);
    push(@regid,$termine[2]);
}
close(SPALTEN);
exit;

# ---- weist dem @one indem jedes Datum nur 1 mal vorkommt alle Termine im
arr_term zu ----

@one=@arr_term;
```

# ---- zählt wie häufig jedes einzelne Datum vorkommt ----

```
for($a=0;$a<=scalar(@one)-1;$a++){
    for($b=0;$b<=scalar(@arr_term)-1;$b++){
        if($one[$a]==$arr_term[$b]){
            $z++;
        }
    }
    $zahl[$a]=$z;
    $z=0;
}
```

# ---- ordnet jedem FS die Anzahl seiner Termine zu ----

```
for($i=0;$i<=scalar(@arr_term)-1;$i++){
    for($j=0;$j<=scalar(@one)-1;$j++){
        if($arr_term[$i] == $one[$j]){ $zahl_arr_term[$i]=$zahl[$j];
        }
    }
}
```

# ---- Vergleich der Datum-Werte und dere Häufigkeiten ----

```
for($i=0;$i<=scalar(@arr_term)-1;$i++){
    for($j=0;$j<=scalar(@one)-1;$j++){

        if($arr_term[$i]!=$one[$j] && $arr_term[$i]>=$one[$j]-3 &&
        $arr_term[$i]<=$one[$j]+3 && $zahl_arr_term[$i]<=$zahl[$j]*0.2){
            $arr_term[$i]=$one[$j];
        }
    }
}
```

```
    print OUT "$gclid[$i]\t$regid[$i]\t$sarr_term[$i]\n";  
}
```