



Hochschule Neubrandenburg
University of Applied Sciences

Bachelorarbeit

Fachbereich Agrarwirtschaft und Landschaftsarchitektur

Vertiefung Pflanzenbau

**„Untersuchung von hellkörnigen Hybridroggenbeständen
der Sorte Hellvus, in Bezug auf Einkreuzung sortenfremder
Roggen.“**

Vorgelegt von:

Stev Austinat

Betreuung:

Prof. Dr. U. Thomè

Dr. L. Doeckel

01. Juni 2010

urn:nbn:de:gbv:519-thesis2010-0072-8

I Inhaltsverzeichnis

| | |
|---|----|
| 1. Einleitung | 9 |
| 1.1. Motivation der Arbeit..... | 11 |
| 1.2. Roggen (secale cereale)..... | 12 |
| 1.3. Methoden zur Bestimmung der Pollenreichweite | 19 |
| 1.4. Spezifische Pollenproduktion des Bestandes..... | 20 |
| 1.5. Pollenverteilung | 22 |
| 1.5.1. Veranschaulichung der Pollenverteilung | 23 |
| 1.5.2. Einkreuzungsmechanismen..... | 26 |
| 2. Material und Methoden | 30 |
| 2.1. Untersuchungsmethode | 30 |
| 2.2. Versuchsstandorte..... | 32 |
| 2.2.1. „Am Walde“, „Sandkuhle“, „Kleine Ecke“ | 33 |
| 2.2.2. „Pelletshalle“, „Muxfeld“ | 36 |
| 2.2.3. „Torfloch“ | 37 |
| 2.3. Auswertung der Proben | 38 |
| 3. Versuchsergebnisse..... | 39 |
| 3.2. Am Walde..... | 39 |
| 3.3. Die Kleine Ecke | 42 |
| 3.3. Sandkuhle | 44 |
| 3.4. Pelletshalle rechts..... | 45 |
| 3.5. Muxfeld | 47 |
| 3.6. Torfloch | 48 |

| | | |
|------|-----------------------------------|----|
| 4. | Diskussion..... | 52 |
| 4.1. | Resüme | 55 |
| 4.1. | Fehlerquellen..... | 56 |
| 5. | Zusammenfassung..... | 58 |
| 6. | Abstract..... | 59 |
| 7. | Literaturverzeichnis/ Anhang..... | 60 |
| 7.1. | Printmedien | 60 |
| 7.2. | Internetquellen..... | 61 |
| 7.3. | Anhang | 62 |

II Abbildungen

| | |
|---|----|
| Abbildung 1: Roggen Gürtel, von der deutschen Tiefebene bis zum Ural..... | 10 |
| Abbildung 2: Staubblatt des Glatthaifers Quelle: Hess (A 1990) S72 | 13 |
| Abbildung 3: Narbe des Glatthaifers Quelle: Heß (A1990) S72..... | 13 |
| Abbildung 4:Samenansatz bei Petkuser Sommerroggen nach Bestäubung mit Pollen, der bei 5°C und 40%, 60% und 95% relativer Luftfeuchtigkeit gelagert wurde. Quelle: D'Souza (1970) S.259 | 14 |
| Abbildung 5: Samenansatz bei Petkus Sommerroggen nach Bestäubung mit Pollen, der bei 20°C und 40%, 60% und 95% relativer Luftfeuchtigkeit gelagert wurde. Quelle: D'Souza (1970) S.260 | 14 |
| Abbildung 6:Samenansatz bei Petkuser Sommerroggen nach Bestäubung mit Pollen, der bei 30°C und 40% und 60% relativer Luftfeuchtigkeit gelagert wurde. Quelle: D'Souza (1970) S.160 | 14 |
| Abbildung 7: Roggenpollen, Elektronenmikroskopische Aufnahme..... | 17 |
| Abbildung 8: Pollen der Drehkiefer (<i>Pinus contorta</i>) mit den beiden Luftsäcken..... | 17 |
| Abbildung 9: Prozentuale Pollenverbreitung in östlicher Richtung. Durchschnitt von 20 Tagen. aus versuchen der Jahre 1956-1958 Quelle: Norup Pedersen (1961 b) | 18 |
| Abbildung 10: Pollenverteilung in östliche Richtung von di- und tetraploiden Petkuser Roggen 1956- 1958. Die Darstellung stellt die durchschnittliche Menge der gefangenen Pollen pro mm ² Pollenfallenoberfläche dar. Die Formen, welche für die Kurven benutzt wurden, sind in der Darstellung mit abgebildet. Quelle: Norup Pedersen (1961 b)S78 | 18 |
| Abbildung 11: Ragweed oder Beifußblättriges Traubenkraut (<i>Ambrosia artemisiifolia</i>) Pollenkonzentration abhängig von der Höhe in 5, 10 und 15 ft (1,52m, 3,04m, 4,57m) in Pollenkörner/ m ³ Nach Raynor und Ogden(1965) Quelle: Levin und Kerster S 157..... | 24 |
| Abbildung 12: Ein vier Himmelsrichtungen erfassendes Muster der Einkreuzung, von einer quadratischen Petkuser Roggen Parzelle mit einer Kantenlänge von 4m in den umliegenden, 15 Reihen starken, hellkörnigen Waringer Roggen. Quelle: Roemer (1931)..... | 25 |
| Abbildung 13: Messung der Pollenausbreitung in acht Himmelsrichtungen. Versuchsjahre 1974 (links) und 1975 (rechts) Quelle: Kutlu (1976)..... | 25 |
| Abbildung 14: Pollenverteilung in diploidem Petkuser Roggen, 15. 06. 1957. Eine typische, ungleiche Verteilung an einem einzelnen Tag, mit nahezu konstanter Windrichtung (südsüdwest, bis südlich). Quelle: Norup Pedersen et al. (1961 a) S. 64 ... | 26 |
| Abbildung 15: Plan der Verteilung der Pollenfallen und Probeentnahmepunkte im Feld. Die äußeren Pollenfallen befinden sich allesamt im Abstand von einem halben Meter | |

| | |
|---|----|
| innerhalb der Feldgrenzen. Die Anordnung der anderen Pollenfallen ist in der Abbildung verzeichnet. Quelle: Norup Pedersen et al. (1961 a) S. 64 | 26 |
| Abbildung 16: Prozentuale Fremdbefruchtung von Waringer Roggen und grünem, schwedischen Roggen in einer zehneihigen Versuchsparzelle, bei einem Pflanzenabstand von 5 cm und einem Reihenabstand von 20 cm, der Donorbestand lag auf der Luvseite, bei gleichem Aufbau. Windrichtung von S zu N. Quelle: Roemer (1931)..... | 27 |
| Abbildung 17: Prozentuale Einkreuzung bei 21 und 28 Reihen, bei dreimaliger Wiederholung. Quelle: Roemer (1931) | 28 |
| Abbildung 18: Prozentuale Fremdbefruchtung bei 40 Reihen Pekuser und Waringer Roggen unter 3 maliger Wiederholung im Beet. Bei schlechten Witterungsverhältnissen und wechselnden Windrichtungen, mit vornehmlich östlichen Winden. Die Besonderheiten sind in der Abbildung verzeichnet. Quelle: Roemer (1931) | 29 |
| Abbildung 19: Probenplan..... | 31 |
| Abbildung 20: Standorte der Betriebe, Quelle Google Earth (Stand 2010)..... | 32 |
| Abb. 21: Die Versuchsstandorte bei Grebs: „Am Walde“ (o. l.), „Sandkuhle“ (u), „Kleine Ecke“ (o. r.), Quelle: Google Earth (Stand 2010)..... | 33 |
| Abbildung 22: Der Versuchsstandort: „Am Walde“ bei Grebs, Quelle: Google earth (Stand 2010)..... | 34 |
| Abbildung 23: Der Versuchsstandort: „Sandkule“ bei Grebs, Quelle: Google earth (Stand 2010)..... | 35 |
| Abbildung 24: Der Versuchsstandort: „Kleine Ecke“, bei Grebs, Quelle: Google earth (Stand 2010) | 36 |
| Abbildung 25: Söllentin, „Muxfeld“ (r) und „hinter der Pelletshalle rechts“ (l) Quelle Google Earth Stand 2010..... | 37 |
| Abbildung 26: Bendelin, Torfloch, Quelle: Google earth (Stand 2010) | 38 |
| Abbildung 27: Durchschnittliche Einkreuzungsrate in " Am Walde", von West nach Ost | 39 |
| Abbildung 28: Darstellung der einzelnen Probepunkte von „Am Walde“, von West nach Ost | 40 |
| Abbildung 29: Durchschnittliche Einkreuzungsrate in " Am Walde", von Nord nach Süd | 41 |
| Abbildung 30: Darstellung der einzelnen Probepunkte von „Am Walde“, von Nord nach Süd | 41 |
| Abbildung 31: Durchschnittliche Einkreuzungsrate in " kleine Ecke", von Nord nach Süd | 42 |
| Abbildung 32: Durchschnittliche Einkreuzungsrate in " Am Walde", von West nach Ost | 43 |
| Abbildung 33: Darstellung der einzelnen Probepunkte von „Kleine Ecke“, mit Nord- Süd- Ausrichtung | 43 |

| | |
|--|----|
| Abbildung 34: Durchschnittliche Einkreuzungsrate in die "Sandkuhle", von Nord nach Süd. | 44 |
| Abbildung 35: Darstellung der einzelnen Probepunkte von der „Sandkuhle“, von Nord nach Süd..... | 45 |
| Abbildung 36: Durchschnittliche Einkreuzungsrate in „Pelletshalle rechts“, von Ost nach West..... | 46 |
| Abbildung 37: Darstellung der einzelnen Probepunkte von „Pelletshalle rechts“, von Ost nach West..... | 46 |
| Abbildung 38: Durchschnittliche Einkreuzungsrate in des „Muxfeld“ von W nach O | 47 |
| Abbildung 39: Darstellung der einzelnen Probepunkte von dem „Muxfeld“ von W nach | 47 |
| Abbildung 40: Durchschnittliche Einkreuzungsrate in das „Torfloch“ von West nach Ost | 48 |
| Abbildung 41: Darstellung der einzelnen Probepunkte von dem „Torfloch“, von West (B) nach Ost (D)..... | 49 |
| Abbildung 42: Durchschnittliche Einkreuzungsrate in das „Torfloch“ von Nord (A;E) nach Süd (C)..... | 50 |
| Abbildung 43: Darstellung der einzelnen Probepunkte von dem „Torfloch“ von Nord nach Süd A..... | 50 |
| Abbildung 44 : Darstellung der einzelnen Probepunkte von dem „Torfloch“ von Nord nach Süd B..... | 51 |

Tabellen

| | |
|---|----|
| Tabelle 1: Relative Zahl der Pollen von 2n und 4n Roggen in Abhängigkeit von der Höhe über dem Boden in Dänemark Quelle: Norup Pedersen et al., (1961a) | 17 |
| Tabelle 2: Pollen/Anthere in diploid und tetraploiden PetkuserRoggen,1958 | 21 |
| Tabelle 3: Anfälligkeit für Mutterkorn nach künstlicher Infektion | 22 |
| Tabelle 4: Entfernungen in Abhängigkeit zur Schrittlänge | 62 |
| Tabelle 5: Prozentuale Fremdbefruchtung von 3 Reihigen Waringer(hellkorn Roggen) in Abhängigkeit von der Entfernung zu dem Pollendonor, einem 2 ha Petkuser Roggenbestand. Quelle: Roemer (1931)..... | 63 |
| Tabelle 6: Kreuzung innerhalb einer Versuchsparzelle, bei unterschiedlichen Ausrichtungen zur Hauptwindrichtung und unter unterschiedlicher Reihenanzahl. Teil 1 | 63 |
| Tabelle 7: Kreuzung innerhalb einer Versuchsparzelle, bei unterschiedlichen Ausrichtungen zur Hauptwindrichtung und unter unterschiedlicher Reihenanzahl. Teil 2 | 64 |

Glossar

| | |
|--------------------|---|
| Antheren | sind die Pollen erzeugenden Organe einer Blüte. |
| Anthocyane | sind wasserlösliche Pflanzenfarbstoffe, die in nahezu allen höheren Pflanzen vorkommen und Blüten wie auch Früchten ihre Farbe geben. |
| Hybridsorten | sind Kreuzungsprodukte aus reinerbigen Elternlinien, deren Leistung durch den Heterosis- Effekt über dem Durchschnitt der Elternlinien liegt. |
| Lee | bezeichnet, im Bezug auf einen Punkt, die Wind abgewandte Seite. |
| Luv | bezeichnet, im Bezug auf einen Punkt, die Wind zugekehrte Seite. |
| Pollendonor | ist eine Pflanze, die den Pollen an den Rezeptor liefert. |
| Pollendruck | bezeichnet das Verhältnis von Pollen in der Luft. |
| Pollenrezeptor | ist eine Pflanze, welche den Pollen vom Pollendonor empfängt. |
| Populationssorten | sind Liniensorten, die sich im genetischen Gleichgewicht befinden. Die Leistung der Tochtergeneration entspricht dem der Parentalgeneration. |
| Synthetische Sorte | ist eine Art Hybridsorte, deren Elter wiederum Hybride sind (Doppelhybride) oder sich aus einer Hybrid und einer Liniensorte zusammensetzen (Dreiwegehybrid). |
| Xenien | bedeutet ursprünglich „Gastgeschenk“ und wird in der Zucht als Ausdruck für augenscheinliche Veränderungen des Samens an rezessiven Mutterpflanzen verwendet, die dementsprechend das Merkmales des Elter zeigen. (z.B. Verfärbung) |

1. Einleitung

Roggen ist eine Kulturart mit langer Tradition. Er stammt, wie auch Weizen, Gerste und Hafer, aus Vorderasien, wo bis heute Wildformen der *Secale* an Wald und Wegesrändern wachsen. Die Gattung *Secale* zählt botanisch gesehen zu den Süßgräsern (*poaceaeale*) und unterteilt sich in 2 Sektionen. Der Sektion *Agrestes Schiem* gehören, dem Kulturroggen fernstehende, einjährige und perennierende Wildgräser an. Hingegen zählt zur Sektion *Cerealialia Schiem* zu der der heute genutzte, einjährige Kulturroggen (*Secale cereale*). Die Pflanze gelangte als Fremdbesatz nach Europa In den Getreidebeständen wurde der Roggen unwillkürlich auf die geforderten Leistungsmerkmale wie z. B. Großkörnigkeit und Spindelfestigkeit mit selektiert. Andere Getreide hinsichtlich, Trockenstress-, Ph -Wert- oder Kälteresistenz übertreffend, Etablierte sich Roggen als eigenständige Kultur. Seit dieser Zeit wird Roggen gezielt, züchterisch bearbeitet.^[1] Die Leistungsfähigkeit von Primitivroggen lag bei 14,9 dt /ha^[2], im Gegensatz dazu erreichten die im Mittelalter selektierten Landsorten schon einen Ertrag von 25 bis 49dt/ha. Mit dem Beginn der planmäßigen Zucht um ca. 1850 steigerte sich die Leistungsfähigkeit von Roggen bis heute auf 89,8 dt/ha. Damit sind die aktuellen Hybridsorten um ein sechsfaches leistungsstärker als Primitivroggen^[3] und die Ertragssteigerung nimmt weiter zu. Miedaner (2007) zeigt bei der Betrachtung des Züchterischen Fortschritts von 1982 bis 2006 einen jährlichen Leistungszuwachs von 0,3 dt/ha bis bei Populations- und 0,51 dt/ha Hybridsorten auf. Da jede Sorte spezielle Vorzüge hat, wurden bis 2008 Deutschlandweit 36 Roggensorten zugelassen, Hybrid- sowie Populationssorten liegen gleichverteilt vor.

Weltweit gesehen ist Roggen mit einer Erntemenge von 14.7 Mio. t im Vergleich zu Weizen mit 611 Mio. t, eine Getreideart mit geringer Bedeutung. Die Produktion konzentriert sich aber mit 64% im Roggengürtel (Abbildung 1) und 26% in Russland^[4], was den Anbau und die Zucht in diesem Teil der Welt wiederum interessant macht.

¹ : Miedaner, 2007

² : Miedaner,2007

³ : Doleschel, 2006; Miedaner, 2007

⁴ : FAOSTAT, stand 2007, 2010

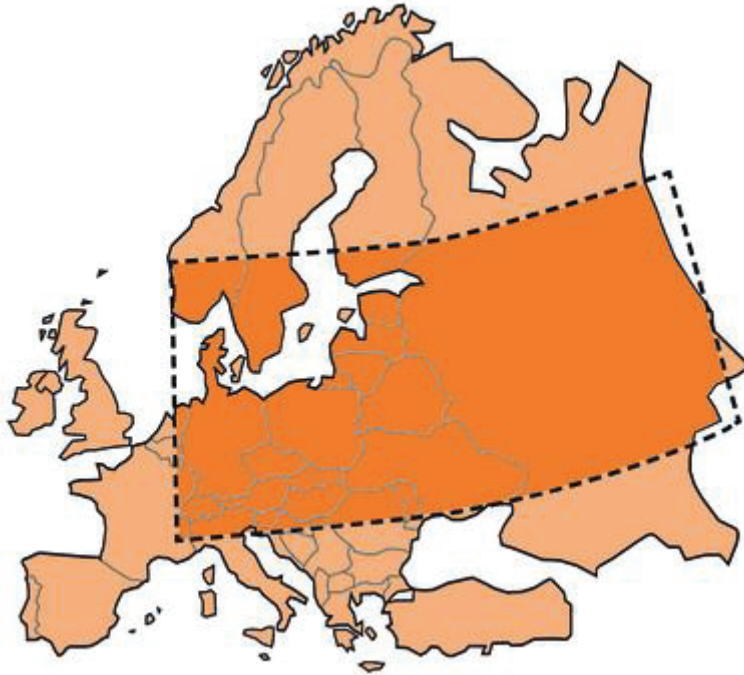


Abbildung 1: Roggen Gürtel, von der deutschen Tiefebene bis zum Ural

Quelle: ryebelt.de (Stand 2010)

In Deutschland erreichte die Produktionsmenge von Roggen im Jahre 2007 ca. $\frac{1}{4}$ der Weizenproduktion. In den vergangenen Jahren hat dabei die Anbaufläche von Roggen erhebliche Schwankungen mitgemacht. Grund hierfür sind, unter anderem, die steigende Leistungsfähigkeit der Kultur und veränderte Rahmenbedingungen in der Agrarpolitik. Die Intervention von Roggen ist aufgehoben, so dass es keine festgesetzte, untere Preisgrenze mehr gibt. Dies hat zur Folge, dass sich die Vermarktungsstrategien wandeln und sich privatwirtschaftliche Unternehmen dahingehend neu strukturieren. Die Anbaufläche stellt sich in Deutschland gegenwärtig auf rund 700 Tausend Hektar, mit einer Erntemenge von ca. 4 Mio. t ein, wobei sich die Nutzung von Roggen nun verstärkt auf die Fütterung und auf den Sektor der erneuerbare Energien richtet. ^[5]

Abgesehen davon werden mit der Sättigung der Agrarmärkte und dem hohen Standard der Agrarprodukte immer neue Wege gesucht die Agrarrohstoffe zu verbessern. Das Ziel der

⁵ : Doleschel, 2006

Bemühungen ist, Marketingtechnisch gesprochen, neue Alleinstellungsmerkmale zu finden, die den Verbrauchern nutzen und im Endeffekt den Absatz fördern.

So kommt es, dass bei der Entwicklung neuer Sorten mitunter rezessive Sorteneigenschaften produziert werden, die sich bei Kreuzbefruchtung bereits in der Parentalgeneration verändern. Das helle Korn der Sorte Hellvus ist so ein Merkmal. Bei sortenreiner Kreuzung bleibt das Korn hell, bei Kreuzbefruchtung mit dunkelkörnigen Roggen hingegen färbt es sich dunkel. Hellvus erlaubt, ohne die farbgebenden Anthocyane im Korn, die Produktion eines hellen Mehles, das wiederum zu helleren Roggenprodukten verarbeitet werden kann. In der Tierfütterung, bei der die Farbe eine untergeordnete Rolle spielt, verursacht die Abwesenheit der Anthocyane bessere Verdaulichkeit und somit einen erweiterten Einsatz. Auf diese Weise können verschiedene Rohstoffqualitäten mit Vorteilen gegenüber vergleichbaren Produkten vermarktet werden.

1.1. Motivation der Arbeit

Die wetterabhängige Landwirtschaft steht damit vor einem neuen, aber nicht gänzlich unbekanntem Problem. Die Kreuzung wird vor allem wegen der Zucht betrachtet und erforscht. In der Praxis richtet sich der Anbau von Konsumgetreide nicht nach der Kreuzung von verschiedenen Sorten auf unterschiedlichen Feldern, sondern nach den Bodenverhältnissen und der Fruchtfolge.

Dementsprechend gab die Firma Diekmann GmbH & Co. KG, die das Sortenrecht an Hellvus besitzt, Anstoß für die vorliegende Untersuchung. Der zuständige Wissenschaftler, Dr. Laurenz Doeckel, ist interessiert an dem Einkreuzungsverhalten in die hellkörnigen Hellvus Bestände unter praxisnahen Bedingungen. Da die Erfahrung zeigte, dass es zu einer Einkreuzung kommt, ist nun interessant wie sich diese Einkreuzung manifestiert. Es wird vermutet, dass der Genaustausch zwischen den Feldern am stärksten an den Feldrändern stattfindet und in Richtung des Zentrums der Bestände abnimmt.

1.2. Roggen (*secale cereale*)

Um die Mechanismen, die das Einkreuzungsverhalten des Roggens beeinflussen, zu verstehen, werden in Folge das Blüh und Befruchtungverhalten der Pflanze, sowie die Einflussfaktoren der Pollenverteilung beschrieben.

Die oben erwähnte stetige, aber langsame Verbesserung der Leistungsfähigkeit liegt unter anderem an der Art der Fortpflanzung von Roggen. Die Pflanze ist ein anemophiler, obligater Fremdbefruchter. Eine gametophytische Selbstinkompatibilität verhindert die Selbstbefruchtung der Pflanzen, erschwert somit die reinerbige Vermehrung von Topvererbern und damit den Zuchtfortschritt. ^[6] Die Pflanze ist also auf den Pollen der Nachbarpflanze angewiesen. Da der Wind unwillkürlich wirkt, schüttet die Pflanze sehr viele Pollen aus, um die Chance der Befruchtung zu erhöhen. Nach Vries (1971) erzeugt eine Roggenähre 4.2 Mio. Pollen, mehr als neunmal so viele wie eine selbstbefruchtende Weizenähre. ^[7] Bei der Blüte der Pflanze öffnen sich die Staubbeutel einige Tage vor den Narben. Diese Vormännlichkeit begünstigt ebenfalls die Fremdbefruchtung. Wie aus dem Beispiel des Glatthafters (Abbildung 2) ersichtlich wird, werden die Pollen von der Familie Poaceae nicht gleich bei der Öffnung der Antheren freigesetzt. Sie lagern sich auf den Kahnartig ausgezogenen Enden der Staubbeutel ab, bis sie von dort durch einen Umweltreiz freigesetzt werden. Erst dann rücken die Pollen aus den schlauchförmigen Antheren nach. Auf diese Art stellen die Roggenbestände während der Blüte eine stetige Pollenquelle dar. Heß (1990) beschreibt dieses Verhalten als „auf Wind warten“ und genauso wie die Pflanzen „auf Wind warten“, um möglichst hohe Befruchtungsraten zu erreichen, sind auch die Narben der Pflanzen entsprechend dieser Aufgabe geprägt. Die Narben sind fiederartig geformt (Abbildung 3), was das Abfangen der vom Wind herangetragenen Pollen erleichtert. ^[8]

⁶ : Miedaner, 2002 S. 32

⁷ Feil & Schmid, 2001, S 14; D´Souza, 1970 Übersicht in Pickett, 1993

⁸ : Heß, 1990, S.72



Abbildung 2: Staubblatt des Glatthafters Quelle: Hess (a 1990) S72

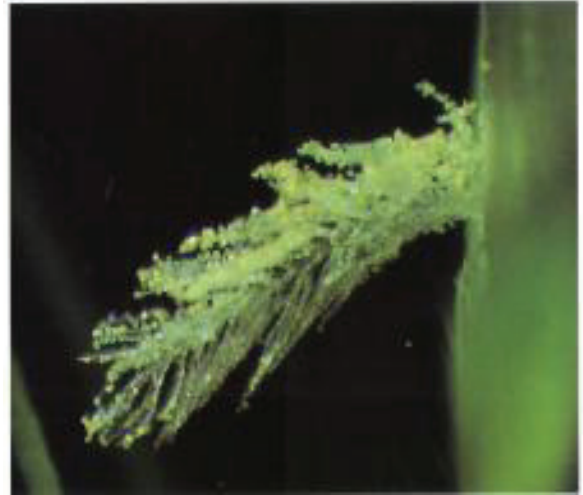


Abbildung 3: Narbe des Glatthafters Quelle: Heß (a 1990) S72

Je nachdem wo der Pollen auf der Narbe auftrifft, richtet sich der Weg, den der Pollenschlauch zur erfolgreichen Befruchtung zurücklegen muss. Die durchschnittliche Länge des Griffels, von der obersten Spitze bis zum Grund, beträgt bei Petkus Roggen 5,3 mm. ^[9] Eine Entfernung, die der Pollenschlauch von frischen Roggenpollen nach etwa einer Stunde erreicht. ^[10] Mit zunehmendem Alter verlangsamt sich die Pollenschlauchausbildung bis zur vollkommenden Sterilität ^[11]. Wie lange die Befruchtungsfähigkeit des Pollens bestehen bleibt, hängt dabei von der relativen Luftfeuchtigkeit und Temperatur ab. ^[12] Unter günstigen Bedingungen können Roggenpollen bis zu 6 Tage fertil bleiben. ^[13] Wie sich die Befruchtungsfähigkeit unter verschiedenen Bedingungen verhält, zeigen die folgenden Abbildung 4;Abbildung 5;Abbildung 6).

⁹ : D'Souza, 1970

¹⁰ : D'Souza, 1970, S. 264

¹¹ : Shivanna et al, 1991, zitiert in Feil & Schmid, 2002 S. 14

¹² : Knowelton, 1922; Pfundt, 1910; Roemer, 1939; Vasil, 1961; Bredemann et al. 1947; Bloquist & Lauer, 1962; Visser, 1955; Linkskens, 1964, 1967; Olmo, 1942; zitiert in D'Souza, 1970

¹³ : D'Souza, 1970

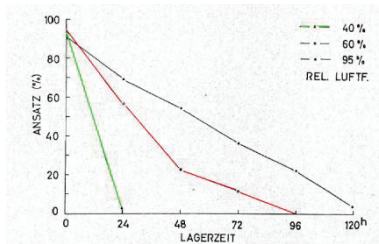


Abbildung 4: Samenansatz bei Petkuser Sommerroggen nach Bestäubung mit Pollen, der bei 5°C und 40%, 60% und 95% relativer Luftfeuchtigkeit gelagert wurde. Quelle: D'Souza (1970) S.259

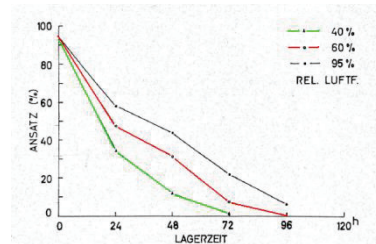


Abbildung 5: Samensatz bei Petkus Sommerroggen nach Bestäubung mit Pollen, der bei 20°C und 40%, 60% und 95% relativer Luftfeuchtigkeit gelagert wurde. Quelle: D'Souza (1970) S.260

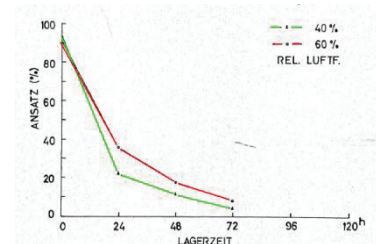


Abbildung 6: Samensatz bei Petkuser Sommerroggen nach Bestäubung mit Pollen, der bei 30°C und 40% und 60% relativer Luftfeuchtigkeit gelagert wurde. Quelle: D'Souza (1970) S.160

Hohe relative Luftfeuchtigkeit, wie aus den vorangegangenen Ergebnissen ersichtlich, beeinflusst die Überlebensdauer des Pollens positiv. Andererseits verschlechtert sich der Pollenflug durch feuchte Witterung, da die Pollen bei Feuchtigkeit anschwellen und sich somit das Gewicht und die Form für den Flug negativ verändert.

Die zentralen Voraussetzungen für die Verteilung der freigesetzten Pollen sind die Höhe und Art der Freisetzung, sowie die Sinkgeschwindigkeit oder Pollen. Der Freisetzungsort der Pollen liegt bei Roggen an der endständigen Ähre, folglich richtet sich der Freisetzungspunkt der Pollen nach der Wuchshöhe der Pflanze und deren Ährenlänge. Die Antheren sind, wie oben beschrieben, eine relativ kontinuierliche Pollenquelle. Die maximale Pollenverteilung liegt innerhalb des Quadrates der Höhe der Pflanze, das Dispositionsmaxima liegt innerhalb des zehnfachen der Pflanzenhöhe. Ab dieser Entfernung verhält sich die Verteilung umgekehrt proportional zum Quadrat der Pflanzenhöhe. Die Schlussfolgerung aus dieser Erkenntnis ist, dass mit zunehmender Höhe auch die Varianz der Verteilung zunimmt und sich der Schwanz der leptokurtischen Verteilungskurve verlängert. Bei einer Vielzahl von Einzelpflanzen ergibt sich das Dispositionsmaxima aus der Summe der Schwänze der leptokurtischen Verteilungskurven. ^[14]

Wie schnell ein Pollen zu Boden fällt oder wie weit er fliegt, ist von der Sinkgeschwindigkeit und der Schwebfähigkeit abhängig. Die Sinkgeschwindigkeit bezeichnet, wie schnell der Pollen ohne Wind zu Boden fällt und richtet sich vornehmlich nach Masse, Größe bzw. Volumen und Oberflächenbeschaffenheit. Wird bei dieser Größe noch der Wind mit

¹⁴ : Green und Lane, 1957, Tauber, 1965, zitiert in Levin und Kerster, 1984

berücksichtigt, spricht man von der Schwebfähigkeit ^[15] und im Allgemeinen gilt, je höher die Sinkgeschwindigkeit, desto geringer die Schwebfähigkeit. Folglich stehen Pollendurchmesser und Schwebfähigkeit in inverser Beziehung zueinander.“ ^{[16][17]}

Nun stellen sich die Fragen, wie Pollenkörner von Roggen strukturiert sind, wie ihr Flugverhalten ist und ob sie sich untereinander unterscheiden? Bei Spermatophyten bewegen sich die Pollendurchmesser zwischen einigen μm bis zu mehreren $100 \mu\text{m}$, wobei sich die Formen genauso abwechslungsreich gestalten wie die Größe. Bei Insekten bestäubenden Arten sind die Pollen abenteuerlich strukturiert und mit einer Art Klebstoff, dem Pollenkitt versehen, so dass sie sich zu größeren Klumpen und an den Insekten verhaken. Pollen der anemophilen Pflanzen hingegen sind vergleichsweise glatt und Pollenkitt fehlt nahezu vollständig. ^[18]

Für eine Einschätzung des Flugverhaltens von Roggenpollen ist ein Exkurs in die Welt der Pollenkörner sinnvoll, denn es gibt offensichtlich verschiedene Gesetzmäßigkeiten, die das Pollenflugverhalten beeinflussen. Wie oben schon angedeutet, wird das Flugverhalten der Pollenkörnern von deren Größe und Oberfläche bestimmt, anders herum betrachtet, bestimmen aber die Pflanze mit ihren Bedürfnissen für die Befruchtung das Flugverhalten der Pollen. Zur Verdeutlichung wird an dieser Stelle, wie bei Heß (1990), die Hasel (*Corylus avellana*) herangezogen. Bei einem Pollendurchmesser von $25\mu\text{m}$, (Volumen $10 \cdot 10^{-9} \text{ cm}^3$, Masse $10 \cdot 10^{-6} \text{ g}$) beträgt die Sinkgeschwindigkeit $23,4 \text{ mm/s}$. Der Kiefernpollen ist mit rund $80 \mu\text{m}$ Durchmesser mehr als das dreifache größer als der Pollen der Hasel, realisiert aber eine 25 prozentige Steigerung der Sinkgeschwindigkeit (Abbildung 8). Das beweist, das ähnliche Bedürfnisse für die Befruchtung, ähnliche Flugeigenschaften der Pollen Zur Folge haben, wobei der Aufbau der Pollen unterschiedlich sein kann. Die Kiefer kann diese guten Pollenflugeigenschaften durch 2 Luftsäcke erreichen, die trotz des großen Volumens, die Masse gering halten.

Der Mais hingegen hat große und schwere Pollen, mit einem Durchmesser von $130\mu\text{m}$ (Volumen: $702 \cdot 10^{-9} \text{ cm}^3$, Gewicht: von $247 \cdot 10^{-9} \text{ g}$). In der Literatur sind Sinkgeschwindigkeiten von 130 bis 300 mm/s aufgeführt. ^[19] Diese schnellen Sinkraten sind jedoch für den Mais kein Problem, denn er ist selbstkompatibel. Die Pollen werden weit über

¹⁵ : Heß, 1990

¹⁶ : Feil & Schmid, 2001

¹⁷ : Mc Cubbin, 1944, zitiert in Levin und Kerster, 1984

¹⁸ : Heß, 1990

¹⁹ : Heß, 1990

den Narben ausgeschüttet und es wird viel Energie geraucht um durch den Griffel zu wachsen. Der Pollen braucht viel Energie, also wird sie ihm mitgegeben und er muss nicht weit fliegen, also hat er die Voraussetzungen nicht. ^[20]Roggen muss hingegen von einem relativ niedrigen Standort, möglichst weit fliegen und aufgrund einer gewissen Selbststerilität relativ lange befruchtungsfähig bleiben, um eine Nachbarpflanze zu bestäuben oder von dieser bestäubt zu werden. So bewegt sich der Durchmesser von Roggenpollen (Abbildung 7) um 41 µm bis 48 µm an der kurzen und 59 µm bis 68 µm an der langen Achse ^[21]. Die Größenunterschiede machen sich, wie es die Regel besagt, auch in den Sinkgeschwindigkeiten bemerkbar. Der Roggenpollen fällt mit einer Geschwindigkeit von 60 mm/s bis 88 mm/s zu Boden. ^[22]

²⁰ : Heß, 1990

²¹ : Roemer,1940; Norup Petersen et al, 1961; Erman, 1944; Feil Schmid 2001

²² . Gregory, 1973, zitiert in Levin und Kerster, 2001



Abbildung 7: Roggenpollen, Elektronenmikroskopische Aufnahme

Quelle: <http://apotheken-umschau.de>

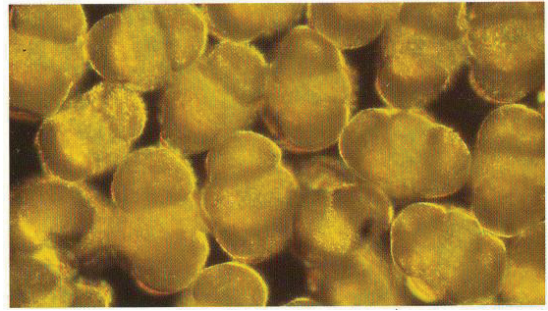


Abbildung 8: Pollen der Drehkiefer (*Pinus contorta*) mit den beiden Luftsäcken.

Quelle: Hess (1990) S126

Nun verhält es sich so, dass die Pollen von diploiden Roggen kleiner sind als die von tetraploiden. Die Frage ist nun, ob sich das Pollenflugverhalten ändert und wenn ja, wie? Das Größenverhältnis von 1:0,57 lässt vermuten, dass Unterschiede im Flugverhalten zu beobachten sind. ^[23] Bei dem Vergleich der relativierten Pollenmengen zeichnet sich allerdings ein überraschendes Ergebnis ab (Tabelle 1). Die Pollenmengen stellen sich in verschiedenen Höhen über dem Feld gleich dar.

Tabelle 1: Relative Zahl der Pollen von 2n und 4n Roggen in Abhängigkeit von der Höhe über dem Boden in Dänemark Quelle: Norup Pedersen et al., (1961a)

| Höhe über Boden in m | diploider Roggenpollen in % | tetraploider Roggenpollen in % |
|----------------------|-----------------------------|--------------------------------|
| 2 | 100 | 100 |
| 4 | 77 | 69 |
| 6 | 51 | 55 |
| Messungen insgesamt | 21 | 20 |

Bei der der Flugweite zeichnet sich ein ähnliches Bild ab (Abbildung 9). Die zur Ausgangspollenkonzentration ins Verhältnis gesetzten Verteilungskurven sind annähernd gleich.

²³ : Norup Pederson et al., 1961 b

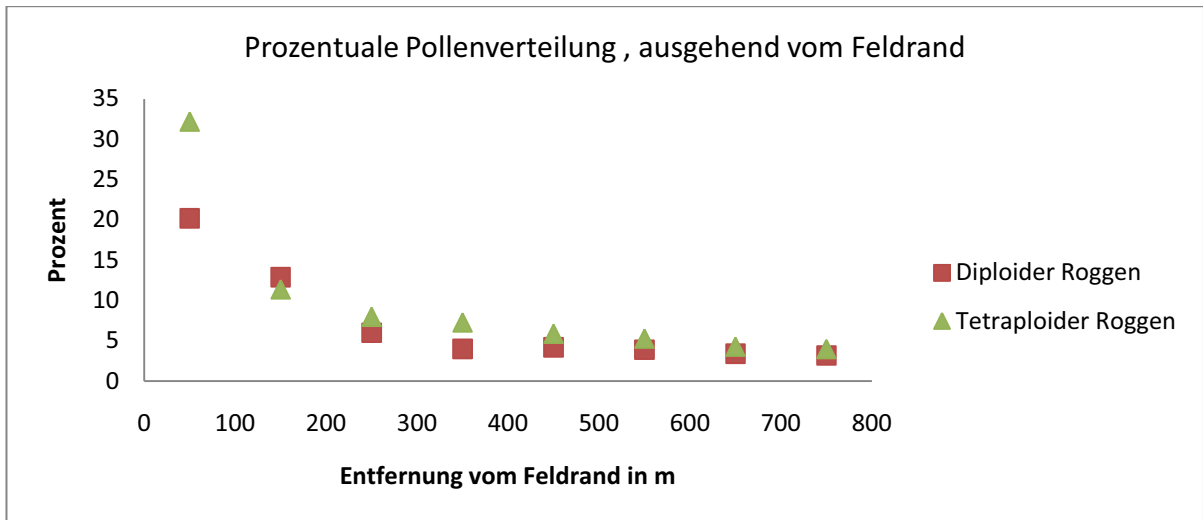


Abbildung 9: Prozentuale Pollenverbreitung in östlicher Richtung. Durchschnitt von 20 Tagen. aus versuchen der Jahre 1956-1958 Quelle: Norup Pedersen (1961 b)

Bei der Betrachtung der absoluten Pollenzahl zeigt sich, dass der diploide Roggen deutlich mehr Pollen verteilt als der Tetraploide (Abbildung 10).

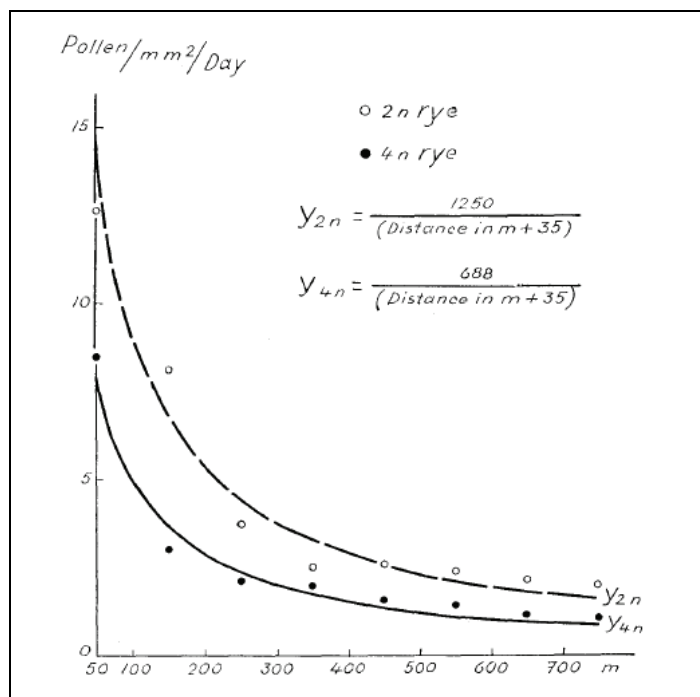


Abbildung 10: Pollenverteilung in östliche Richtung von di- und tetraploiden Petkuser Roggen 1956- 1958. Die Darstellung stellt die durchschnittliche Menge der gefangenen Pollen pro mm² Pollenfallenoberfläche dar. Die Formen, welche für die Kurven benutzt wurden, sind in der Darstellung mit abgebildet. Quelle: Norup Pedersen (1961 b)S78

Die vermuteten Unterschiede der Pollendisposition verschiedener Bestände kommen demzufolge durch unterschiedliche Ausgangspollenkonzentrationen (Kapitel 1.4) zustande und nicht durch ein unterschiedliches Flugverhalten der verschiedenen großen Pollen.

1.3. Methoden zur Bestimmung der Pollenreichweite

Um die Pollenflugweite abzuschätzen ist einen Einblick in die Methoden zur Messung des Pollenflugs sinnvoll. So lässt sich die Aussagekraft von grundlegenden Arbeiten und den hier vorliegenden Ergebnissen abschätzen.

- Die erste Möglichkeit sind Pollenfallen, die im Grunde aus einem klebrigen Zylinder bestehen. Es gibt starre, windgerichtete und rotierende Zylinder. Gemeinsam können diese die Anzahl von Pollen in einer definierten Zeit, an einem Punkt messen. Ein Vorteil dieser Methode ist, dass die Untersuchung zum Zeitpunkt der Blüte erfolgen kann und der Pollenflug gut nachvollziehbar ist. Nachteilig ist der hohe Zeitaufwand für die Auszählung, die Vernachlässigung der Befruchtungsfähigkeit, sowie Problemen bei der Unterscheidung artgleicher Pollen. ^[24]
- Der Nachweis von Pollen durch Selbststerile oder männlich sterile Akzeptorpflanzen bietet unter Berücksichtigung der Befruchtungsfähigkeit einen guten Nachweis über die maximale Auskreuzungsrate, in einem experimentell vertretbaren Rahmen. Die Akzeptorbestände müssen nicht besonders groß sein. Die Nachteile des Systems bestehen in dem ja/ nein Prinzip es können keine Pollenmengen gemessen werden. ^[25]
- Der Nachweis von Kreuzbefruchtung durch Xenien funktioniert im Grunde wie der vorhergehende, mit dem Unterschied das die Pollenreichweite unter Berücksichtigung des Pollenverhältnisses und der Fertilität wiedergegeben wird. Bei Vergrößerung der Felder können somit realistische Einkreuzungsmuster von praxisnahen Beständen beobachtet werden. Ein besonderer Nachteil dieses Verfahrens ist der komplizierte Versuchsaufbau durch die großflächige Etablierung von Donor- und Akzeptorbeständen, sowie der Synchronisation der Blüte. ^[26] Außerdem können nur bestimmte Pflanzenkombinationen verwendet werden.
- Mithilfe einer PCR wird dieser Nachteil wett gemacht, da die fremden Gene in den Samen der Mutterpflanze über den genetischen Code identifiziert werden. Dieses Verfahren ist mit einem gewissen Laboraufwand verbunden. Aber liefert bei den gleichen Voraussetzungen wie oben und genügend großen Rezeptorbeständen aussagekräftige

²⁴ : Norup Pedersen, 1961 b, und Newell, 1946, zitiert in Feil und Schmid, 2001; Norup Pedersen, 1961 b; Kutlu, 1977

²⁵ : Khan et al. zitiert in Feil und Schmid, 2001, Kutlu, 1977

²⁶ : Nielson, 1916, zitiert in Roemer 1931; Roemer, 1932; Jones und Brooks, 1950, zitiert in Feil und Schmid, 2001

Ergebnisse, ohne die Gene zu exprimieren. ^[27] Mithilfe von exprimierten Marker-Genen lässt sich die Auskreuzung bei den Nachkommen durch selektive Behandlung, wie Applikation von Herbiziden, nachweisen. Die Ansprüche an die Versuchsanlage sind wie oben. ^[28]

- Es können auch Methoden wie radioaktive, fluoreszierende oder Farbmarker genutzt werden. ^[29]

Die unterschiedlichen Methoden liefern Ergebnisse mit verschiedenen Schwerpunkten. Dessen Summe gäbe ein genaues Bild über Pollenflug und somit über die Einkreuzungsverhältnisse. Für die Analyse der Flugweite und Intensität eignen sich besonders die Pollenfallen. Indikatorbestände sind in dieser Hinsicht wenig dienlich, sie berücksichtigen bei gleicher Blütezeit allerdings die Fruchtbarkeit der Donorpollen. Für eine konkrete Aussage über Einkreuzung in und durch verschiedene Bestände eignet sich wiederum die genetische Analyse, wie verschiedene Markersysteme und die für diese Arbeit wichtige Xenien- Methode. Die Vorteile der letztgenannten Methode sind vor allem in dem vertretbaren Aufwand in Verbindung mit aussagekräftigen Ergebnissen zu finden. Denn für die Auswertung sind keine Laboranalysen nötig und die Einkreuzungsstärke ist das Produkt aller Einflussfaktoren. ^[30]

1.4. Spezifische Pollenproduktion des Bestandes

Ein Einflussfaktor für die Einkreuzungsstärke ist die produzierte Pollenmenge. Die absolut freigesetzte Pollenmenge pro Flächeneinheit ist das Produkt von Ährentragenden Halmen pro Flächeneinheit und die jeweils ausgeschütteten Pollen pro Ähre. Bei einer Bestandsdichte von 400 ährentragenden Halmen/m² und der oben genannten Pollenproduktion von 4,2 Mio. Pollen pro Ähre würden beispielsweise 1.680 Mio. Pollen pro Quadratmeter ^[31], 1,6 Billionen Pollen auf 10 ha und 8,4 Billion Pollen von einem 50 ha Schlag über die gesamte Blühdauer ausgeschüttet. Diese Beispielrechnung zeigt eindrucksvoll den Einfluss der Feldgröße auf den Pollendruck, mit dem Vorbehalt, dass sie ziemlich ungenau ist. Denn der Vergleich von diploiden (2n) und tetraploiden (4n) Petkuser Roggen macht erhebliche Unterschiede bei der Pollenproduktion deutlich ^[32]. In den

²⁷ : Feil & Schmid, 2001; Wolf, M. 2001

²⁸ : Fischbeck et al., 1998; Pfeilstetter et al., 2000; Feil & Schmid, 2001

²⁹ : vgl. Feil & Schmid. 2001, S.6

³⁰ : Roemer, 1931

³¹ : vgl. Feil & Schmid. 2001, S. 14

³² : vgl. Pedersen, 1961 a, S.60

Antheren von diploiden Petkus Roggen wurden durchschnittlich 28276 ± 2074 , in dem von der tetraploiden Linie hingegen nur 19418 ± 1558 Pollenkörner nachgewiesen, (Tabelle 2) dass ergibt ein Mengenverhältnis von 1,46:1. ^[33]

Tabelle 2: Pollen/Anthere in diploid und tetraploiden Petkuser Roggen, 1958

| Diploid | | | Tetraploid | | |
|---|---------------------------|--------------------------|---------------|---------------------------|--------------------------|
| Sample number | Number of emptied anthers | Pollen grains per anther | Sample number | Number of emptied anthers | Pollen grains per anther |
| | | \bar{x} | | | $S_{\bar{x}}$ |
| 1 | 77 | 14830 ± 1708 | 1 | 9 | 22197 ± 4947 |
| 2 | 78 | 34714 ± 2765 | 2 | 20 | 21585 ± 3915 |
| 3 | 19 | 21029 ± 1986 | 3 | 28 | 18032 ± 3356 |
| 4 | 29 | 35869 ± 3486 | 4 | 12 | 15086 ± 3450 |
| 5 | 57 | 30123 ± 1908 | 5 | 8 | 18083 ± 3565 |
| 6 | 22 | 29394 ± 2875 | 6 | 6 | 16084 ± 4605 |
| 7 | 38 | 33175 ± 2236 | 7 | 9 | 16839 ± 2966 |
| 8 | 27 | 35330 ± 3020 | 8 | 8 | 18278 ± 3821 |
| 9 | 18 | 30559 ± 3075 | 9 | 8 | 24370 ± 5976 |
| 10 | 30 | 20044 ± 3935 | 10 | 12 | 31000 ± 2911 |
| 11 | 48 | 23968 ± 3540 | 11 | 41 | 12040 ± 4098 |
| Average | | 28276 ± 2074 | Average | | 19418 ± 1558 |
| Diploid — tetraploid = $28276 - 19418 = 8858 \pm 2595$. $t = 3.4^{**}$ | | | | | |
| Diploid : tetraploid = $28276 : 19418 = 1.46 : 1$ | | | | | |

Quelle: Pedersen (1961a) S57

Ein weiterer Grund für Unterschiede hinsichtlich der Pollenproduktion könnte der Einsatz von männlich sterilen Mutterpflanzen in der Zucht von Hybridroggen sein. Die so genannte cytoplasmatische Sterilität (CPS) ist eine genetische Mutation und kann nur unvollständig mit Hilfe von Resorgen und Rückkreuzung aufgehoben werden. ^[34] Demnach sind vermutlich verschiedene Mechanismen für unterschiedliche Pollenproduktion verantwortlich.

Einen Anhaltspunkt für die Pollenmengen verschiedener Roggensorten kann an dieser Stelle ein Vergleich leisten. In der vom Bundessortenamt herausgegebenen, beschreibenden Sortenliste sind neben den Leistungsdaten auch Krankheitsneigungen der Pflanzen verzeichnet. Die Anfälligkeit für die Pilzkrankheit *Claviceps purpurea* (Mutterkorn) ist stark von der Pollenkonzentration während der Blüte abhängig und lässt somit einen Vergleich zu. In der Sortenliste ist die Anfälligkeit der reinen Roggensorte auf Datengrundlage „von mehrjährigen und mehrortigen Resistenzprüfungen“ ^[35] verzeichnet und basiert somit auf eine Breite Datengrundlage. Für die Wertung in der Praxis ist zu beachten, dass die

³³ : Pedersen et al., 1961 a

³⁴ : vgl. Miedaner, 2007, S.38

³⁵ : Bundessortenamt, 2008

Hybridsorten zumeist mit einer zehntel Beimischung von Liniensorten verwendet werden, um verminderte Pollenausschüttung wett zu machen.

Tabelle 3: Anfälligkeit für Mutterkorn nach künstlicher Infektion

| Anfälligkeit für Mutterkorn nach künstlicher Infektion | | | | | |
|--|------------|------|------------------------|------------|------|
| Sorten- bezeichnung | Sortentyp* | Note | Sorten- bezeichnung | Sortentyp* | Note |
| Winterroggen | | | | | |
| Agronom | H | - | Kapitän | S | - |
| Amato | H | 6 | Marcelo | P | 3 |
| Amilo | P | 3 | Matador | P | 3 |
| Askari | H | - | Minello | H | - |
| Balistic | H | 4 | Nikita | P | 3 |
| Bellami | H | - | Picasso | H | 4 |
| Boresto | P | 3 | Placido | H | 4 |
| Cantor | S | 5 | Plato | P | 3 |
| Caroass | S | 4 | Rasant | H | 8 |
| Carotop | S | 4 | Recrut | P | 3 |
| Carotrumpf | S | 4 | Visello | H | 3 |
| Conduct | P | 3 | Walet | P | 3 |
| Danko | P | 3 | | | |
| Dankowskie Diament | P | 5 | | | |
| Dukato | P | - | | | |
| Evolu | H | 5 | | | |
| Fernando | H | 4 | | | |
| Festus | H | 6 | | | |
| Fugato | H | 5 | | | |
| Hellvus | H | 5 | | | |

Quelle: Bundessortenamt 2008

In der Tabelle 3 werden Hybrid- (H), Populations- (P) und synthetische Sorten (S) miteinander verglichen. Die Note 1 steht für die geringste, 5 für durchschnittliche und 9 für die höchste Anfälligkeitsneigung. Dementsprechend lassen sich bei umgekehrter Betrachtungsweise der Einstufung, Rückschlüsse auf die Pollenausschüttung ziehen. Es wird deutlich, dass trotz Zuchtfortschritt Hybridroggen den Populationsorten, im Bezug auf Pollenproduktion, unterlegen sind und dass es innerhalb der Sortentypen ebenfalls erhebliche Unterschiede gibt. Hellvus produziert, dieser Einschätzung nach, durchschnittlich viele Pollen.

1.5. Pollenverteilung

Bewegen wir uns nun weg von der Betrachtung der potentiellen Pollenkonzentration durch Pollenausschüttung, hin zur Pollenkonzentration in der Luft, denn diese ist maßgeblich für die Befruchtung der windbestäubenden Roggenblüte. Die Pollenverteilung wird einerseits von der Pflanze selbst und andererseits von den Umweltbedingungen beeinflusst. Bei diesem Zusammenwirken schafft die Pflanze die Grundvoraussetzungen für die Flugweite der Pollen und die Umwelt verstärkt oder schwächt diese ab.

Wind ist die treibende Kraft der Pollenverteilung und die Disposition ist ein Produkt aus Windturbulenzen und Windrichtung. Am Anfang stehen die Turbulenzen mit dessen Hilfe sich die Pollen aus den Antheren mit der Luft vermischen. Weitere Verwirbelungen in der Atmosphäre verteilen die Pollen horizontal und vertikal. Verbunden mit der Hauptwindrichtung werden die Pollen in den Luftströmungen über und in der Vegetation verfrachtet, bis sie durch die Grenzschicht, in der Nähe von Oberflächen treten und in ihr Flug unterbrochen wird. In dieser, Bruchteil von Millimeter, bis einige Millimeter starken Zone gibt es so gut wie keine Turbulenzen mehr, denn sie wird überwiegend von der Luft umströmt. Die Ablagerung der Pollen nimmt mit abnehmender Windgeschwindigkeit und zunehmender Trägheit der Pollen direkt proportional und umgekehrt proportional zur Oberfläche oder deren Projektionsfläche zu. [36] Das bedeutet, dass das Pollengrößenoptimum ein Kompromiss zwischen Flugweite und der Möglichkeit auf Oberflächen „einzuschlagen“ ist. Denn je kleiner und leichter die Pollen sind, desto mehr integrieren sie sich in den Luftstrom und neigen dazu Objekte zu umfließen. Je größer die Pollen sind, desto größer ist deren Fähigkeit sich auf Oberflächen abzulagern und umso mehr Energie kann dem Pollen mit auf den Weg gegeben werden um den Stempel zu durchwachsen.

1.5.1. Veranschaulichung der Pollenverteilung

Man könnte an dieser Stelle die Pollenverteilung mathematisch, einerseits in Form von Stokes' Gesetz, eine Funktion aus Höhe, Sinkgeschwindigkeit und Windgeschwindigkeit^[37] beschreiben. Andererseits könnte man auch die Eddy Verteilung^[38], die die Zerstreuung von Rachwolken beschreibt, anwenden. Detaillierte Ausführungen sind nicht notwendig, da für die vorliegende Arbeit eine vergleichende Veranschaulichung der Pollenverteilung angebracht ist. Das Beispiel von dem Beifußblättrigen Traubenkraut (*Ambrosia artemisiifolia*) stellt einmal die Pollenverteilung bei einer punktuellen Quelle, sowie konstanter Hauptwindrichtung dar (Abbildung 11). Es fällt auf, dass mit zunehmender Höhe die Verlagerung der Pollen entgegen der Windrichtung abnimmt und sich das Maximum der Pollenkonzentration von der Pollenquelle wegbewegt. Zudem wird aus dieser Darstellung ersichtlich, dass sich die Pollen nicht geradlinig von der Pollenquelle entfernen, sondern auch lateral driften.

³⁶ Levin und Kerster 1974 S. 152

³⁷ Schmidt, 1918, zitiert in Levin und Kerster, 1974

³⁸ Sutton, 1932, zitiert in Levin und Kerster, 1974

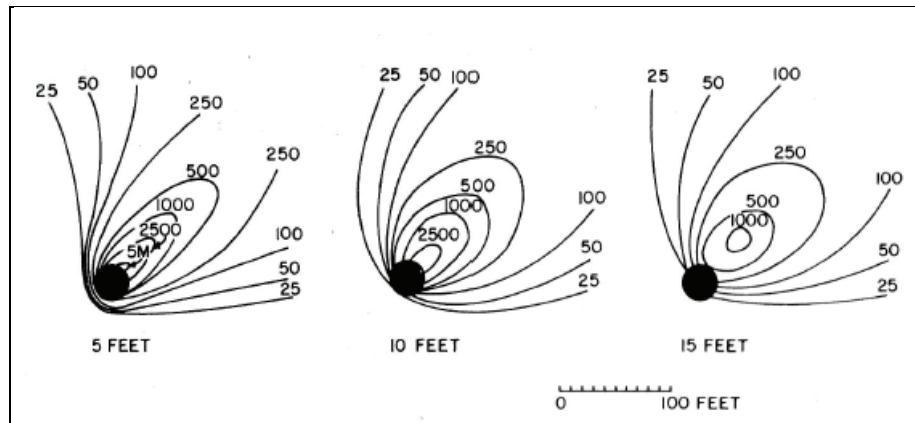


Abbildung 11: Ragweed oder Beifußblättriges Traubenkraut (*Ambrosia artemisiifolia*) Pollenkonzentration abhängig von der Höhe in 5, 10 und 15 ft (1,52m, 3,04m, 4,57m) in Pollenkörner/ m³ Nach Raynor und Ogden(1965) Quelle: Levin und Kerster S 157

Nun ist interessant wie sich die Pollenverteilung bei flächigen Pollenquellen verhält. Eine, mithilfe der Xenienmethode untersuchte, Petkus Roggenparzelle gibt näheren Aufschluss (Abbildung 12). Das Einkreuzungsverhalten in den umliegenden Akzeptor der Parzelle verhält sich etwa so, wie die Pollenverteilung des Breitfußblättrigen Traubenkraute in Bodennähe.

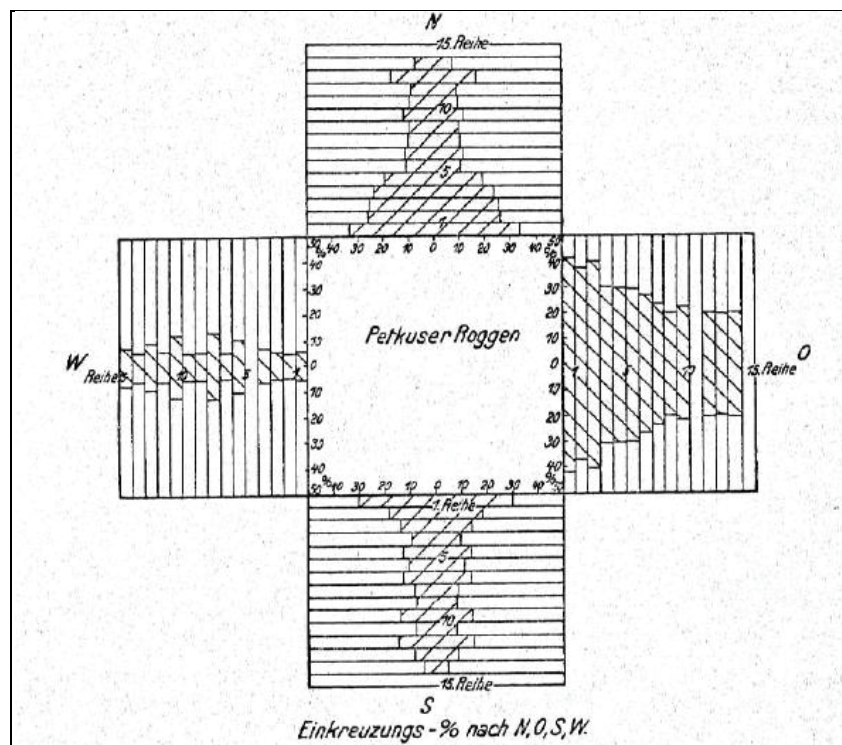


Abbildung 12: Ein vier Himmelsrichtungen erfassendes Muster der Einkreuzung, von einer quadratischen Petkuser Roggen Parzelle mit einer Kantenlänge von 4m in den umliegenden, 15 Reihen starken, hellkörnigen Waringer Roggen. Quelle: Roemer (1931)

In Hauptwindrichtung (O) stellen sich hohen Einkreuzungsraten ein, welche langsam abnehmen. Auf der Luvseite (W) sind niedrige Einkreuzungsraten zu sehen, die unregelmäßig ausgeprägt sind. Lateral zur Hauptwindrichtung zeichnen sich anfangs hohe Einkreuzungsraten ab, die im weiteren Verlauf schnell auf ein niedriges Niveau absinken. Bei den niedrigen Einkreuzungsniveaus im Westen und Osten fällt besonders der schwankende Verlauf auf.

Die von Kutlu (1976) veröffentlichte Untersuchung über Pollenflug stellt den Einfluss der Windrichtung für den Pollenflug dar (Abbildung 13). Bei wechselnden Winden (l.) zeichnet sich ein deutlicher Verlagerungsschwerpunkt um das Feld herum ab. Im Gegensatz dazu verschiebt sich der Verlagerungsschwerpunkt der Pollen bei einseitiger Windrichtung (r.) nach Lee.

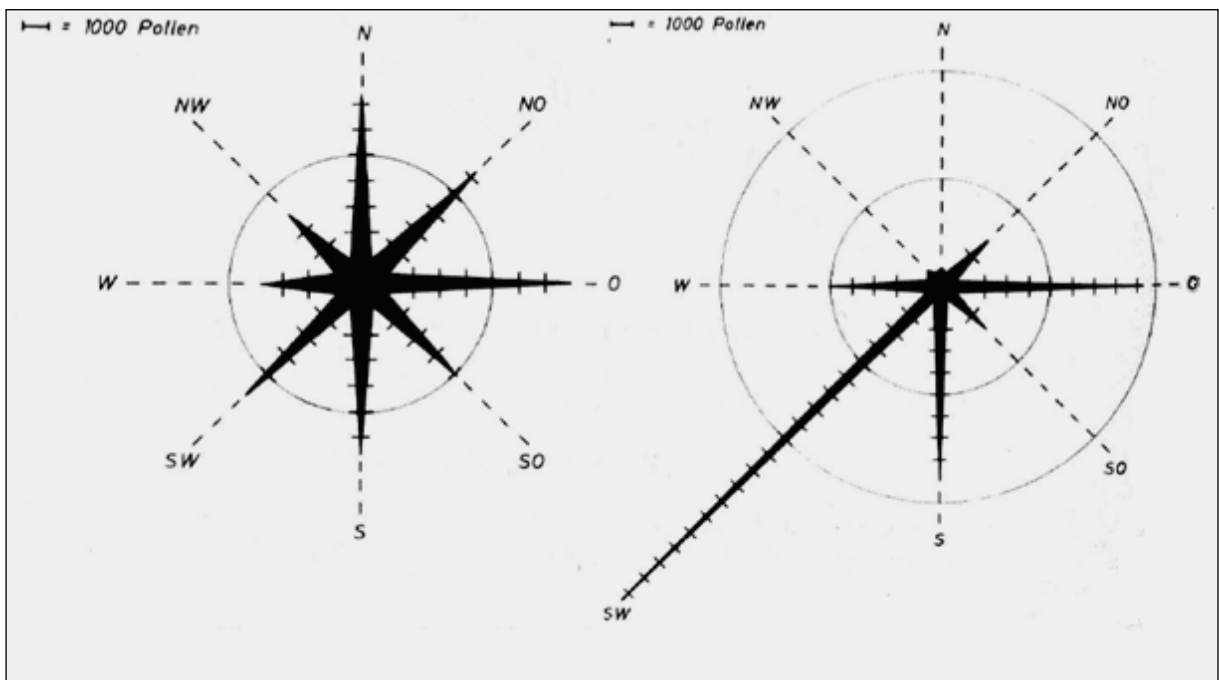


Abbildung 13: Messung der Pollenausbreitung in acht Himmelsrichtungen. Versuchsjahre 1974 (links) und 1975 (rechts) Quelle: Kutlu (1976)

Ferner wird aus der Darstellung ersichtlich, dass die Reichweite der Pollen bei einseitiger Windrichtung zunimmt (Abbildung 13).

Die Pollenverteilung innerhalb von Beständen verhält sich ähnlich wie außerhalb. Aus Abbildung 14 wird ersichtlich, wie sich die Pollen im Bestände, bei nahezu einseitiger

Windrichtung verteilen. Die Abbildung 15 dient an dieser Stelle der Verdeutlichung der Größenverhältnisse. Auf der Wind zugewandten Seite sind die Pollenkonzentrationen deutlich niedriger als auf der Leeseite. Die Pollen von der Luvseite werden in die Mitte des Bestandes befördert, die Pollen aus der Mitte des Bestandes treiben in Richtung Feldrand der windabgewandten Seite und insgesamt werden die Pollen Richtung Lee befördert. Da die Pollenkonzentration auf der Luvseite niedriger ist als im restlichen Bestand und die Pollen wie oben dargelegt vornehmlich in Windrichtung reisen, ist die Annahme naheliegend, dass dieser Bereich für Einkreuzungen anfälliger ist als die übrigen Bereiche des Bestandes.

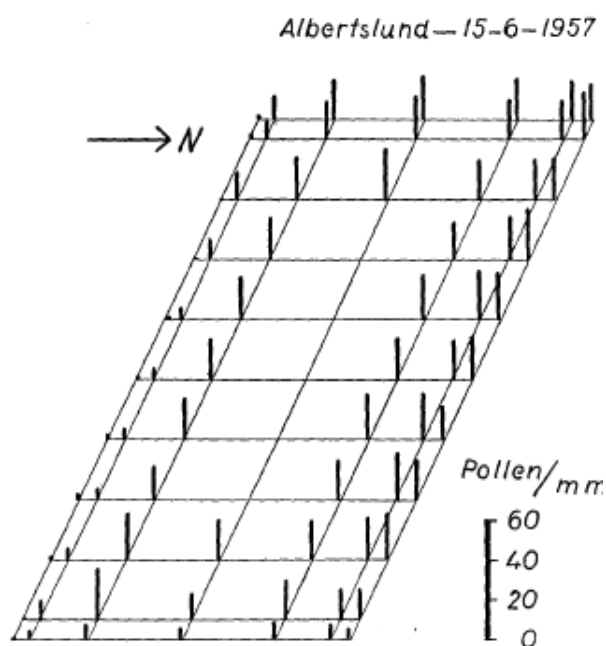


Abbildung 14: Pollenverteilung in diploidem Petkuser Roggen, 15. 06. 1957. Eine typische, ungleiche Verteilung an einem einzelnen Tag, mit nahezu konstanter Windrichtung (südsüdwest, bis südlich). Quelle: Norup Pedersen et al. (1961 a) S. 64

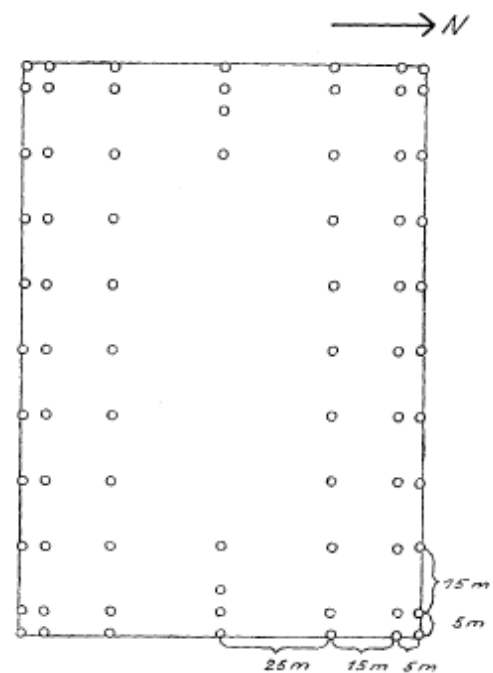


Abbildung 15: Plan der Verteilung der Pollenfallen und Probenentnahmepunkte im Feld. Die äußeren Pollenfallen befinden sich allesamt im Abstand von einem halben Meter innerhalb der Feldgrenzen. Die Anordnung der anderen Pollenfallen ist in der Abbildung verzeichnet. Quelle: Norup Pedersen et al. (1961 a) S. 64

1.5.2. Einkreuzungsmechanismen

Diese Hypothese stellte bereits Roemer (1931) auf und untersuchte die gegenseitige Befruchtung von Roggen in Vermehrungspartellen. Für einen aussagekräftigen Nachweis arbeitet Roemer (1931) mit der Xenien- Methode. Als Kreuzungspartner werden grünkörniger Petkus Winterroggen als Pollenspender und rezessiv gelbkörniger „Wagener Roggen“ als Pollenakzeptor verwendet. Der von Meyer Gmelin in Waringen, Holland, gezüchtete hellkörnige Roggen unterscheidet sich von dem Petkus Winterroggen durch jegliches fehlen

von Anthocyanbildung in der Koleoptile und an Halmknoten. Die auf dieser Grundlage per Hand ausgezählten Körner lieferten, mit einer Abweichung von 0,8% vom wahren Wert, Ergebnisse mit hoher Genauigkeit.

Im Untersuchungsjahr 1924- 1925 stellten sich, bei jeweils 10 Reihen Waringer und Petkuser Roggen, wobei die Hauptwindrichtung von Petkus zu Waringer Roggen verläuft, eine abnehmende Einkreuzungsstärke mit zunehmender Reihenweite ein (Abbildung 16). Ähnliche Werte lieferte ein parallel beprobter Schwedische Roggen, der in den Folgejahren, wegen eines erhöhten Arbeitsaufwandes bei der Auswertung, nicht weiter benutzt wurde. Die erste Reihe zeigt bei dieser Sorte besonders hohe Einkreuzungsraten, was laut Roemer (1931) an der stark ausgeprägten Selbststerilität liegt.

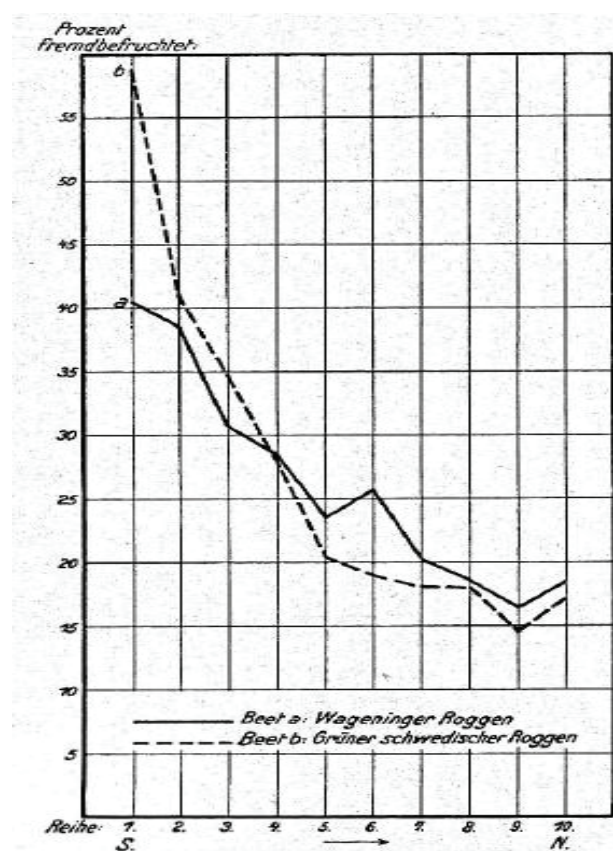


Abbildung 16: Prozentuale Fremdbefruchtung von Waringer Roggen und grünem, schwedischen Roggen in einer zehnstreihigen Versuchspartelle, bei einem Pflanzenabstand von 5 cm und einem Reihenabstand von 20 cm, der Donorbestand lag auf der Luvseite, bei gleichem Aufbau. Windrichtung von S zu N. Quelle: Roemer (1931)

Augenscheinlich nimmt die Einkreuzungsstärke mit zunehmender Entfernung von der Donorparzelle ab. Dieser Zusammenhang wurde so stark nicht erwartet und daraufhin in den Folgejahren intensiver untersucht. Die Parzellen wurden sowohl in Nord- Süd als auch in Ost-West Richtung angelegt und unterscheiden sich im Wesentlichen durch die Anzahl der Reihen

der gleichen Sorte. Die Untersuchung von ein- bis fünfzehnstufigen Beeten ^[39] ergab eine maximale, durchschnittliche Kreuzbefruchtung von 43%. Der Eigene Pollendruck reicht offensichtlich aus, um die Einkreuzungsrate unter 50% zu halten. Zudem zeigen die Versuche, trotz unterschiedlicher Ausrichtung zum Wind ähnliche Einkreuzungsmuster. Der Einfluss lateral driftender Pollen ist in diesen Größenordnungen offensichtlich stark.

Wie stark sich der Einfluss des Randeffektes bei Beeten mit 21 und 28 Reihen auswirkt, geht aus Abbildung 17 hervor. Bei den Varianten mit 21 Reihen nimmt die Einkreuzungsstärke bis in das letzte Drittel der Reihen ab und erfährt in den beiden endständigen Reihen einen Anstieg. Der Versuch mit 28 Reihen weist einen ähnlichen Verlauf der Einkreuzung auf. In der Darstellung besteht nur eine Variante mit 28 Reihen, was laut Roemer (1931) daran liegt, dass die Wiederholung unter dem Einfluss von böigen Winden stand.

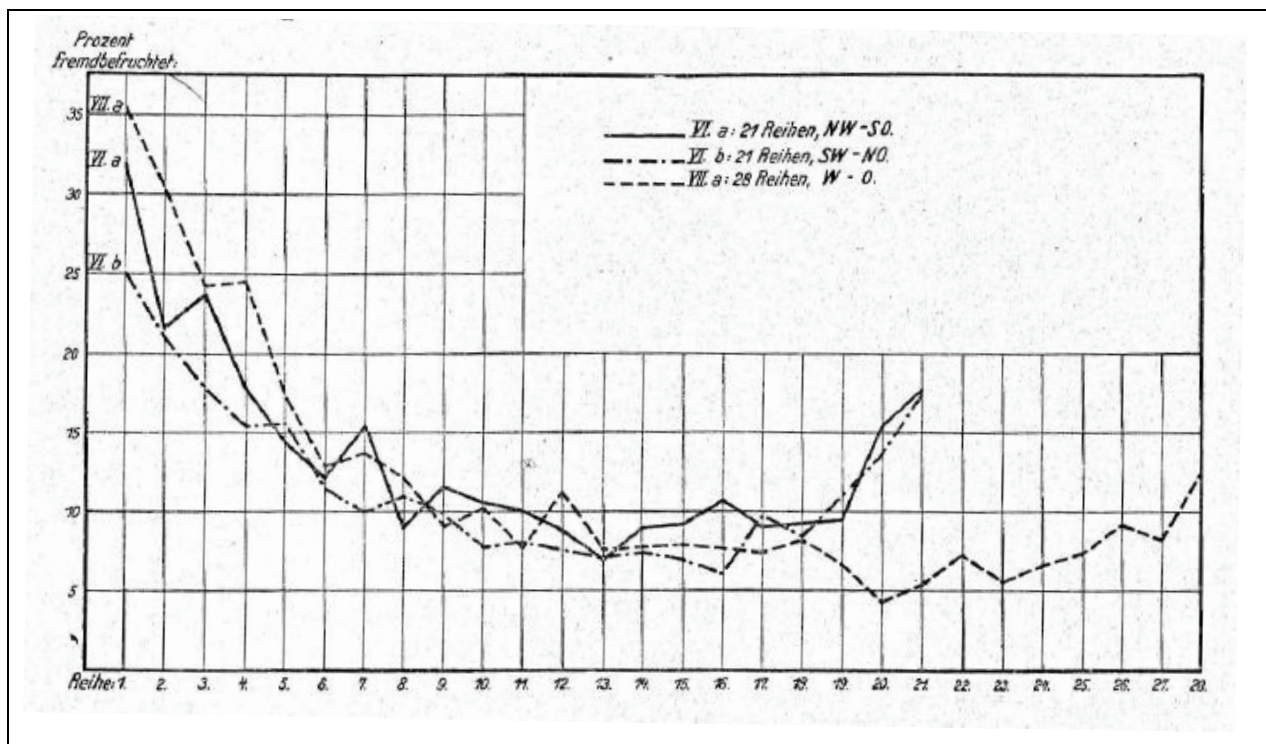


Abbildung 17: Prozentuale Einkreuzung bei 21 und 28 Reihen, bei dreimaliger Wiederholung. Quelle: Roemer (1931)

Ein nahe gelegener Bahndamm verursachte derartig starke Verwirbelungen, dass es zu unregelmäßigen Schwankungen der Einkreuzung kam und die gewonnenen Ergebnisse wegen Mangel an Kongruenz nicht veröffentlicht wurden. Somit wird indirekt ein Beweis geliefert, dass die hier aufgezeigten Ergebnisse nur durch optimale Bedingungen kommen.

³⁹ Siehe Anhang: Tabelle 6; Tabelle 7

Der, in Roemers (1931) Untersuchungen, größte Versuchsaufbau wurde in einem Jahr durchgeführt, in dem während der Roggenblüte wechselnde Witterung und Winde herrschten. Die wechselhafte Witterung hatte laut Roemer (1931) einen negativen Einfluss auf die Blüte (Abbildung 18). Die 40 Reihen starken Akzeptorparzellen wurden unterschiedlich angelegt. Parzelle a. und b. wurden von Donorpflanzen umgeben, während Parzelle C im Osten an eine Wiese mündete. Dementsprechend Die der Parzelle, an deren östlichen Rand kein Petkuser Roggen steht, weist einen stätigen Abfall der Einkreuzungsstärke in diese Richtung auf. Nur in der 22. und 29. Reihe gibt es Abweichungen nach oben. Das Fehlen des Petkuser Roggens an der Ostseite wirkt sich bis weit in die westlichen Reihen aus. Bei den Versuchsfeldern a und b ist die Einkreuzung an den Rändern am höchsten und nimmt zur Mitte hin ab. Das zu beobachtende Paradox, dass in Reihe 40 weniger Einkreuzung zu beobachtet ist als in Reihe 39 liegt laut Roemer (1931) an einen Höhenunterschied von 25 cm von Petkuser zu Wareninger Roggen.

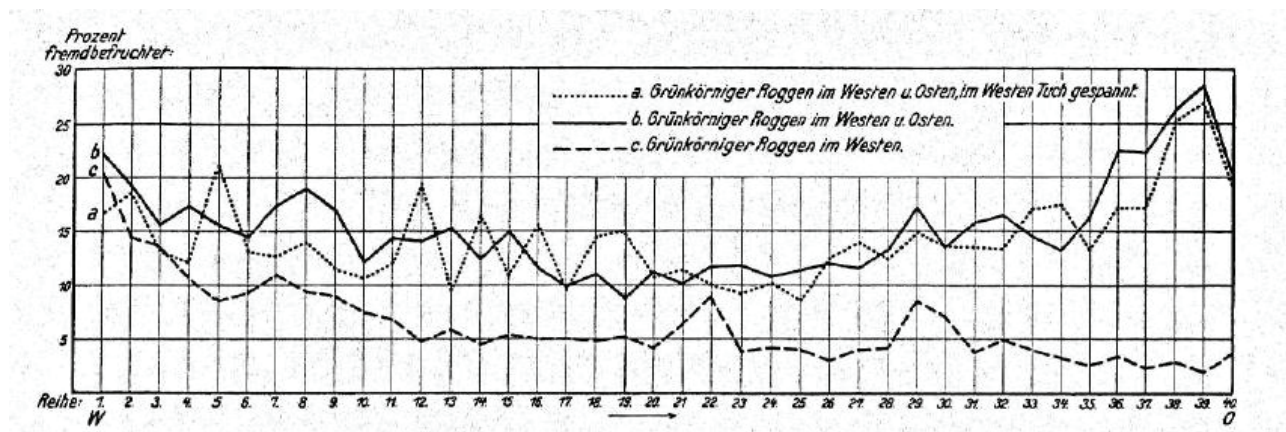


Abbildung 18: Prozentuale Fremdbefruchtung bei 40 Reihen Pekuser und Warenger Roggen unter 3 maliger Wiederholung im Beet. Bei schlechten Witterungsverhältnissen und wechselnden Windrichtungen, mit vornehmlich östlichen Winden. Die Besonderheiten sind in der Abbildung verzeichnet. Quelle: Roemer (1931)

Aus den Vorangegangenen Ergebnissen wird ersichtlich, dass im Kern von Parzellen die Einkreuzung geringer ist als am Rand. Mit zunehmender Breite der Versuchspartellen vergrößert sich auch der Kern mit geringer Einkreuzung. Ferner stellt Roemer (1931) bei seinen Untersuchungen heraus, dass sich die Einkreuzung in Versuchspartellen wirkungsvoller als durch Windbarrieren als durch Vergrößerung von Partellen erreichen lässt.

[40]

⁴⁰ : Roemer, 1931

2. Material und Methoden

Auf Grundlage von Roemers (1931) Beschreibung, von abnehmender Fremdbefruchtung in Kernen von hellkörnigen Roggenparzellen, wird versucht diese Gesetzmäßigkeiten in einem größeren Maßstab wiederzufinden. Roemer (1931) erwähnte bei der Auswertung seiner Ergebnisse, dass die von ihnen beobachteten Mechanismen nicht ohne weiteres in größere Bestände übertragbar seien. Unter Beachtung dieser Aussage und unter Annahme ähnlicher Mechanismen wird vermutet, dass die Einkreuzungen in den ersten Metern der Roggenflächen am stärksten auftreten und sich mit zunehmender Entfernung, unter abnehmender Intensität, verringern. Zusätzlich werden vermutlich davon abweichende Einkreuzungsmuster beobachtet, verursacht durch die, schon von Roemer (1931) beschriebenen, Pollenwolken.

2.1. Untersuchungsmethode

Da die Unterschiede bezüglich der Einkreuzung an den Feldrändern am ausgeprägtesten zu erwarten sind, wird zur Bestandsmitte hin mit zunehmenden Abständen gearbeitet. Für die Untersuchung wird vom Feldrand (grün), in Abständen von 5 +10 +15 +30 +40 Schritt, in den Bestand gemessen. Ein großer Schritt entspricht unter normalen Bedingungen rund 95 cm. Bedingt durch unterschiedliche Bestandsdichten, relativ einheitliche Körpergröße und schwankende Kondition der untersuchenden Personen sind mit Schrittlängen von 85 cm \pm 5 cm zu rechnen ^[41]. Die Probelinien sind in regelmäßigen Abständen an der jeweiligen Feldkante angeordnet, was eine durchgehende Erprobung der verschiedenen Bestände ermöglicht. Im Allgemeinen wird von allen Seiten in die Bestände gemessen, sodass sich ein Schema wie in (Abbildung 19) ergibt. Der Probeplan wird den Feldern ^[42] und Gegebenheiten angepasst, um in den verschiedenen Feldformen aussagekräftige Ergebnisse zu erhalten (siehe 2.2.). An den jeweiligen Probepunkten werden je 10 Ähren entnommen. Bei der Beprobung der Felder wird darauf geachtet keine Selektion vorzunehmen, z.B. nach Größe oder Form. Darüber hinaus wurden keine Proben in Fahrgassen und deren nähere entnommen. Die Stichproben werden in beschrifteten Plastiktüten gepackt und mit einem Knoten verschlossen. Für die Rückverfolgbarkeit der Muster werden die Tüten mit einem Edding beschriftet. Die Beschriftung der Tüten erfolgt nach Seite, Probenbahn und Abstand vom Feldrand, z.B. Seite A, Probelinie 2 Schritt 30 wird zu A 2 30. Die gesamten Proben eines

⁴¹ : siehe Anhang, Tabelle 4: Entfernungen in Abhängigkeit zur Schrittlänge

⁴² : An dieser Stelle ein Dank an die Landwirte, die Ihre Flächen zur Verfügung stellten und sich die Zeit für einige Fragen nahmen.

Standortes werden wiederum in einem blauen Sack verstaub, der mit dem Namen des Standortes und Feldes versehen ist.

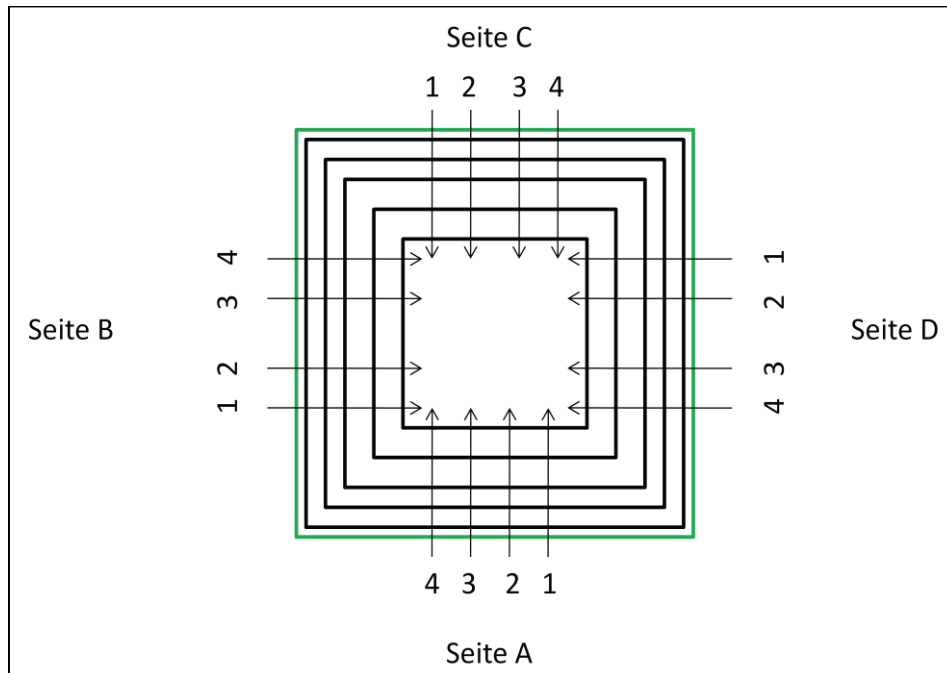


Abbildung 19: Probenplan

2.2. Versuchsstandorte

Die Versuchsstandorte befinden sich geographisch am südwestlichen Rand von Mecklenburg Vorpommern und im Nordwesten von Brandenburg, einem Landstrich der durch leichte Böden und Fröhsommertrockenheit geprägt ist (Abbildung 20).

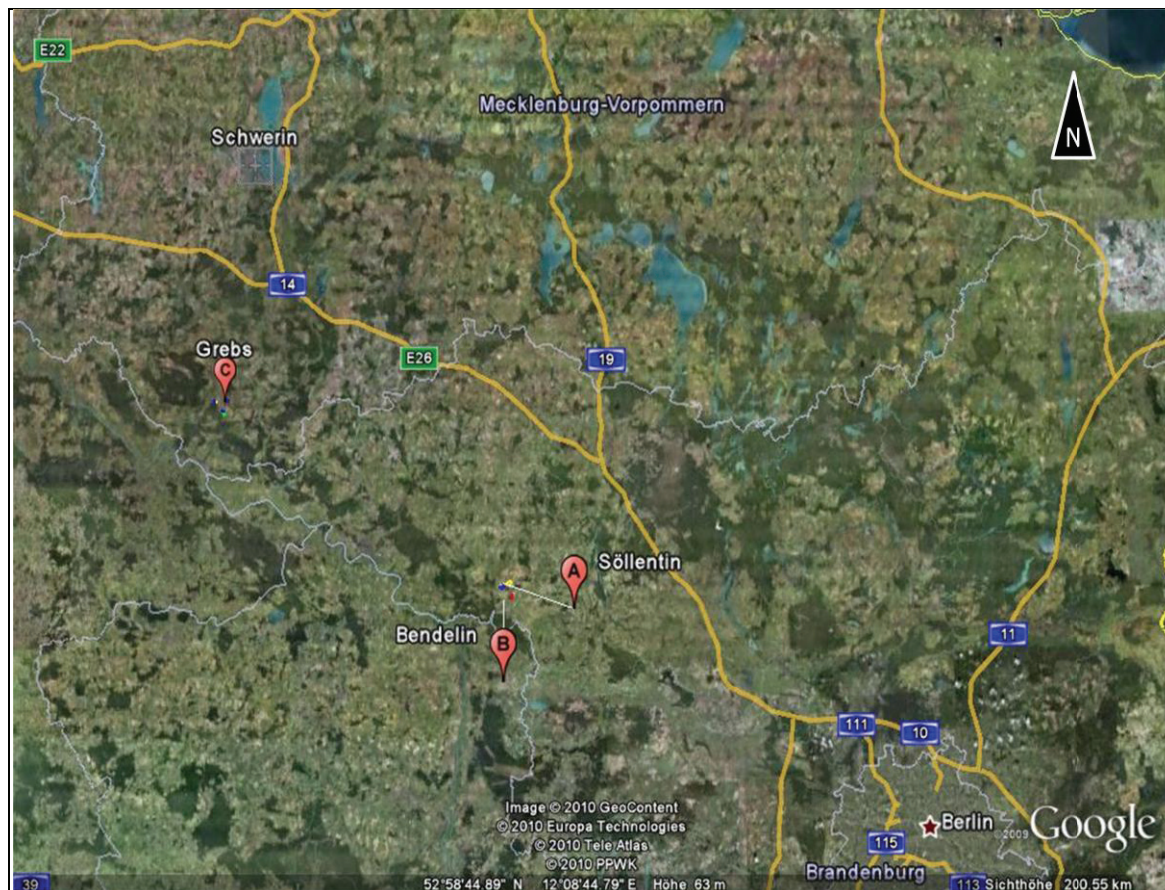


Abbildung 20: Standorte der Betriebe, Quelle Google Earth (Stand 2010)

Durch die topographischen und klimatischen Gegebenheiten ist diese Region ein bevorzugtes Roggenanbaugbiet. Die Untersuchung der Felder beginnt kurz vor der Ernte. Dementsprechend sind die Informationen der Landwirte bezüglich der Entwicklung der Bestände und Witterungsbedingungen während der Blüte, inklusive einer Feldbonitur die sicherste Quelle für die Einschätzung des Blühverlaufes und des Pollendruckes. Die Bestandsentwicklung ist 2009 durch eine ausgeprägte Fröhsommertrockenheit beeinflusst worden, die sich je nach Standort auf die Bestandsdichte auswirkt. Die Hauptwindrichtung in diesem Gebiet verläuft, nach Aussage der Landwirte, von West nach Ost. Während der Blüte herrschen 2009 überwiegend Westwinde, bei relativ kühlen Temperaturen und einigen Niederschlägen.

2.2.1. „Am Walde“, „Sandkuhle“, „Kleine Ecke“

Die Flächen „Am Walde“, „Kleine Ecke“ und „Sandkuhle“ liegen bei Grebs (Abb. 21). Sie unterscheiden sich neben ihrer Größe und Form besonders durch die Ausrichtung zu den Donorbeständen. Die Akzeptorbestände sind, in Verbindung mit der Hauptwindrichtung, zu den Donorbeständen Luvseitig, Leeseitig und lateral gelegenen. Diese Konstellation soll den Einfluss der Feldausrichtung auf die der Einkreuzung widerspiegeln. Die weißen Flächen stellen die Hellvus Bestände dar, die blau umrandeten Flächen die jeweils nächst gelegenen Donorbestände und die grün sowie gelben Flächen bezeichnen Grünland sowie Maisbestände.



Abb. 21: Die Versuchsstandorte bei Grebs: „Am Walde“ (o. l.), „Sandkuhle“ (u), „Kleine Ecke“ (o.r.), Quelle: Google Earth (Stand 2010)

Die Fläche „Am Walde“ ist ca. 6 ha groß, gut und gleichmäßig entwickelt, bei einer hohen Bestandesdichte. Durch die Größe in Verbindung mit der Bestandsentwicklung ist der bestandseigene Pollendruck als stark einzuschätzen. Die Flur liegt Luvseitig in direkter Nachbarschaft zu einem Donorbestand. Diese Konstellation macht das Feld interessant für den Vergleich mit den oben erläuterten Erkenntnissen von Roemer (1931). Dementsprechend genau wird „am Walde“ untersucht (Abbildung 22). Die Flur befindet sich auf ebenem Gelände

und ist durch einen Weg sowie einer mittelgroßen Baureihe voneinander getrennt (ca. 5m). Besonders bemerkenswert sind zwei westlich gelegene Baumgruppen, die eine Art Windschneise bilden können. Im Norden grenzt ein kleines Waldstück an, im Süden befindet sich in einigen hundert Metern ebenfalls ein Wald. Im Osten grenzen weitere Äcker an. Auf dem Nachbarschlag im Osten wird Mais angebaut. Die Pfeile, in den folgenden Abbildungen, stehen für die jeweiligen Probelinien im Feld. Auf Seite C fehlt und B fehlt jeweils eine Probelinie, sie sind offensichtlich ausgelassen worden.



Abbildung 22: Der Versuchsstandort: „Am Walde“ bei Grebs, Quelle: Google earth (Stand 2010)

Der Standort „Sandkuhle“ ist ca. 13 ha groß, gleichmäßig und durchschnittlich gut entwickelt, Bemerkenswert ist, das die Bestandsdichte ist an den Rändern höher ist als in Richtung Zentrum. Durch die Größe in Verbindung mit der Bestandsentwicklung ist der bestandseigene Pollendruck als mittelstark einzuschätzen. Die Fläche grenzt im Norden, lateral zur Hauptwindrichtung, direkt an einen Donorbestand (Abbildung 23). Die Felder sind durch einen Weg und einer mittelgroßen Baumreihe voneinander getrennt (ca. 10m). In dem, nach Südwest abschüssigen, Gelände befindet sich im Westen Wald, im Süden Grünland und Im Osten ein Dorf, das in einem Waldstück mündet. Bei diesem Feld sind, aufgrund der

unregelmäßigen Form, nur von Norden und Süden proben entnommen worden. Die Betrachtung des Feldes soll die Einkreuzungstendenz in lateral gelegene Bestände widerspiegeln.



Abbildung 23: Der Versuchsstandort: „Sandkule“ bei Grebs, Quelle: Google earth (Stand 2010)

Die „Kleine Ecke“ ist ca. 1 ha groß und grenzt im Osten und Norden an verschiedene Donorbestände (Abbildung 24). Der Bestand ist relativ gleichmäßig und weniger gut entwickelt. Durch die Größe in Verbindung mit der Bestandsentwicklung ist der bestandseigene Pollendruck als schwach einzuschätzen. Das Feld ist in diesen beiden Richtungen von einem Weg umgeben, dem im Norden ein Vorfluter und im Osten eine Baumreihe angeschlossen ist. Im Süden und Westen befindet sich ein Dorf. Die geringe Größe erlaubt eine komplette Erprobung der Fläche. Die Probepunkte sind von dem Nord- und Südrand in Abständen von 5; 20; 35; 50 und 65 Schritt gezogen, sodass sich eine schließende Feldbeprobung ergibt. Der Abstand der Probelinien untereinander beträgt rund 14 m. Die geschützte Lage der „Kleinen Ecke“, in Luv- Richtung erlaubt einen Einblick in die Einkreuzungsstärke auf der Windabgewandten Seite von Donorbeständen. Durch die geringe Größe des Feldes ist es als anfällig für Einkreuzung zu betrachten, denn der bestandseigene

Pollendruck ist verhältnismäßig klein gegenüber dem Pollendruck der benachbarten Donorbestände.



Abbildung 24: Der Versuchsstandort: „Kleine Ecke“, bei Grebs, Quelle: Google earth (Stand 2010)

2.2.2. „Pelletshalle“, „Muxfeld“

Bei Söllenthin befinden sich die Schläge „Pelletshalle“ der 10 ha groß ist das „Muxfeld“, mit 15,8 ha (Abbildung 25). Die Fläche „Pelletshalle“ ist sehr gut und sehr gleichmäßig entwickelt, in Verbindung mit der Flurgröße ist der bestandseigene Pollendruck als stark einzuschätzen. Aus „Pelletshalle“ werden drei Probereihen von dem westlichen Feldrand in Richtung Osten gezogen. Bei den Probereihen ist ein zusätzlicher Probepunkt bei 150 Schritt gesetzt worden, um den Einkreuzungsverlauf weiter in den Bestand zu betrachten. Die Untersuchung des Schlages lässt einen Schluss auf den Einkreuzungsverlauf durch einen Nachbarbestand mit hohem Pollendruck zu. Das blau markierte Feld ist das am nächsten gelegene Roggenfeld, das gelb markierte Feld ist ein Maisfeld. Zwischen den beiden Hellvus Beständen befinden sich Wald und landwirtschaftliche Flächen, die mit Weizen, Gerste und Raps bepflanzt sind. Der Donorbestand ist Luvseitig wie ein Zylinder ausgeprägt und „mündet“ mit der breiten Seite in Richtung „Pelletshalle rechts“ In Verlängerung dieser beiden Flächen befindet sich das „Muxfeld“ mithilfe dieser Fläche soll veranschaulicht werden, wie sich das Einkreuzungsverhalten bei zunehmender Entfernung zu Donorbeständen verhält. Das

„Muxfeld“ blüht nach Aussage des Landwirtes, durch Zwiewuchs uneinheitlich ab. Dementsprechend präsentiert es sich mit einem uneinheitlichen Bestandsbild, sowie hoher Mutterkornbelastung. Der insgesamt schlecht entwickelte Bestand ist in Verbindung mit der Größe und der verlängerten Blühdauer im Bezug auf Pollendruck als schwach einzuschätzen. Überdies befindet sich das Feld zu Beginn der Erprobung bereits im Drusch, sodass die ersten Stichproben erst 20 Schritt vom Feldrand gezogen werden können. Demzufolge liegen die Probepunkte 25; 35; 50; 80 und 120 Schritt vom Feldrand entfernt.

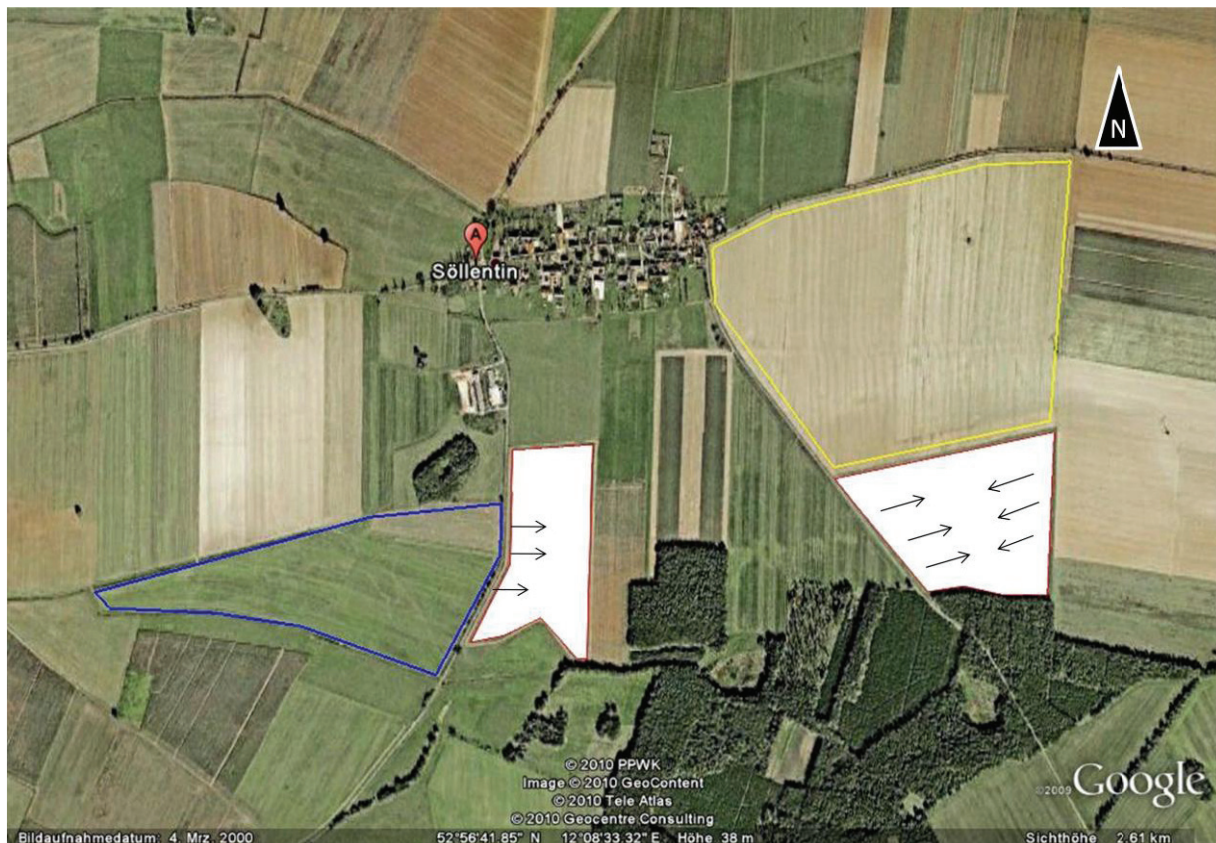


Abbildung 25: Söllentin, „Muxfeld“ (r) und „hinter der Pelletshalle rechts“ (l) Quelle Google Earth (Stand 2010)

2.2.3. „Torfloch“

Bei Bendelin liegt die 19 ha große Fläche „Torfloch“. Der Acker ist, gut und gleichmäßig entwickelt, und nach Aussagen des Landwirtes gleichmäßig abgeblüht. Der Bestandeseigene Pollendruck ist bei diesem Standort als stark einzuschätzen. Die Flur hat eine unregelmäßige Form und ist von allen Seiten beprobt worden (Abbildung 26). Die nächstgelegenen Roggenfelder sind von dem Standort aus nicht zu sehen. Nach Aussage des Landwirtes befindet sich das nächstgelegene Roggenfeld 700 m in östlicher Richtung. Im Süden und Osten ist der Standort von einer Allee und in nördlicher und westlicher Richtung ist von einem

Grünlandgürtel und Wald umgeben. Der Wald ist unregelmäßig geformt und bildet durch einen Grünlandeinschnitt eine Windschneise. Die Erprobung des „Torfloches“ soll einen Einblick in das Einkreuzungsverhalten, von in Hauptwindrichtung geschützten Feldern, liefern.



Abbildung 26: Bendelin, Torfloch, Quelle: Google earth (Stand 2010)

2.3. Auswertung der Proben

Für die Auswertung werden die Proben in ein Schälchen gedroschen und die dunklen Körner ausgezählt. Um die dunklen mit den hellen Körnern in ein Verhältnis zu setzen wird im Anschluss das Tausendkorngewicht (TKG) ermittelt. Um das TKG zu erhalten, wird mithilfe einer Stichprobe von 50 Körnern auf 1000 Körner geschlossen. Für die Wägung wird eine geeichte Waage mit zwei Dezimalstellen benutzt. So ergibt sich aus einer Messung von 2,25 g /50 Körner ein TKG von 45g. Ein Gesamtprobengewicht von 21,69 g entspricht demnach einer Kornzahl von 482. Bei 26 dunklen Körnern in der Probe ergibt sich ein 5,4%tiger Anteil von dunklen Körnern.

3. Versuchsergebnisse

Die Versuchsergebnisse sind im Folgenden von den jeweils gegenüberliegenden Seiten dargestellt. Um einer falschen Interpretation der Ergebnisse vorzubeugen sei an dieser Stelle darauf hingewiesen, dass außer bei „Am Walde“ von West nach Ost und bei der „Kleinen Ecke“ keine durchgehende Erprobung der Bestände erfolgt. Zwischen den Proben befindet sich ein mehr oder weniger stark ausgeprägter Kern, der nicht untersucht ist.

3.2. Am Walde

Bei dem Feld „Am Walde“ zeichnen durchschnittliche Einkreuzungsraten zwischen 4,8 % und 1,4 % ab (Abbildung 1Abbildung 27). Auf der Westseite ist deutlich erkennbar verstärkte Kreuzbefruchtung zu erkennen, die in den ersten 15 Metern gleich stark ausgeprägt bleiben und innerhalb von 100 auf rund 3% absinken. Nach dem Erreichen dieses geringen Levels bleibt das Niveau der Einkreuzung niedrig.

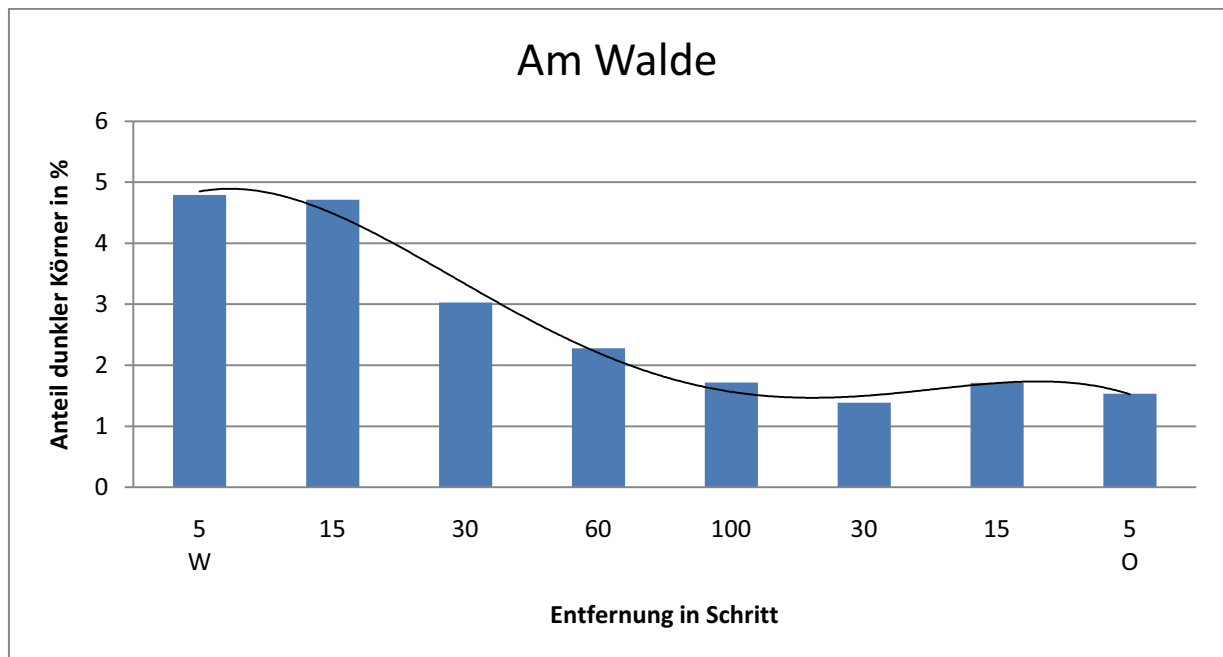


Abbildung 27: Durchschnittliche Einkreuzungsrate in " Am Walde", von West nach Ost

Bei der Betrachtung der Einzelwerte zeigt sich ein insgesamt gleichmäßiges Einkreuzungsbild (Abbildung 28). Von Osten nach Westen nimmt die Einkreuzung gleichmäßig ab, jedoch fallen am nördlichen und südlichen Rand des Feldes die Einkreuzungen geringer aus, als bei den mittleren Probespuren. Der Einzige Punkt, der heraussticht ist R8W60 (Reihe 8 in 60 Schritt Entfernung von dem westlichen Feldrand).

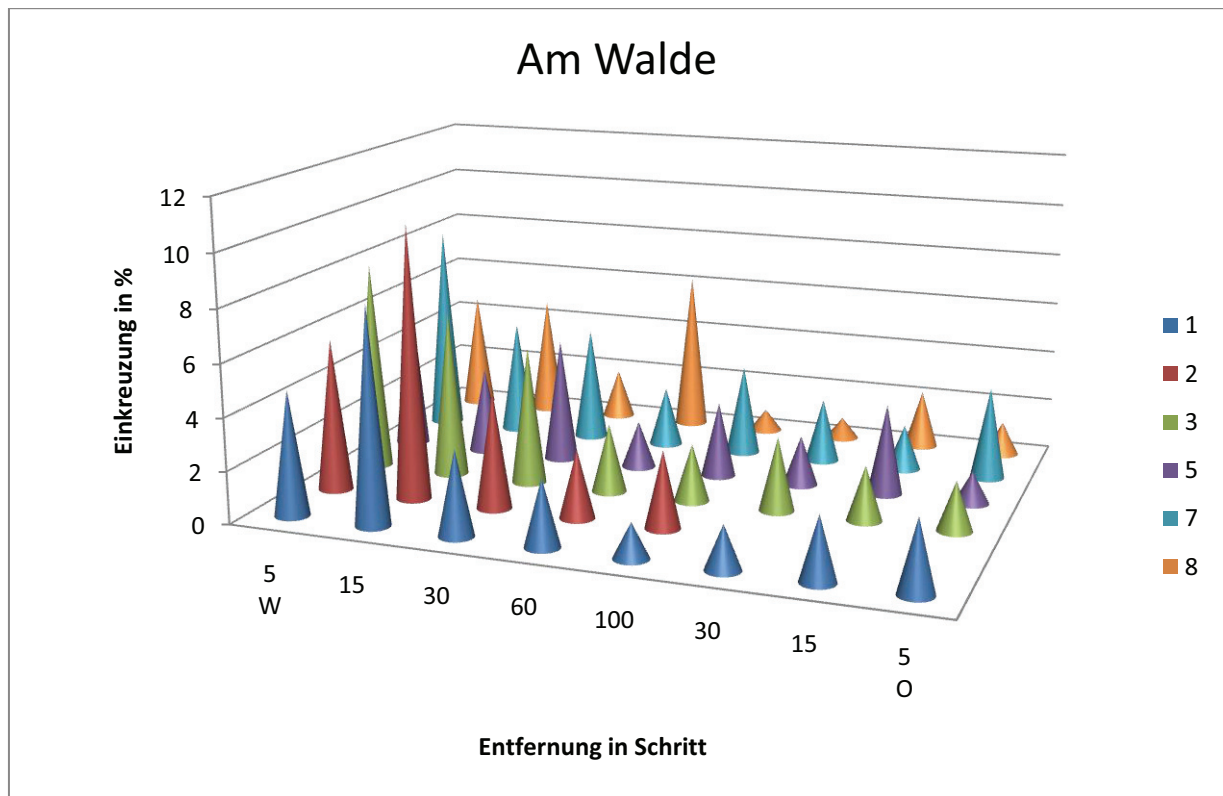


Abbildung 28: Darstellung der einzelnen Probepunkte von „Am Walde“, von West nach Ost

Bei der Betrachtung der nördlich und südlich gelegenen, kurzen Seiten des Bestandes (Abbildung 29) erscheint eine Zunahme der Einkreuzung Richtung Zentrum. Die Einkreuzung ist an den der Nord und Südseite, bei 5 Schritt am geringsten ausgeprägt. Auffällig ist die hohe Einkreuzung bei 15 Schritt von dem Nördlichen Rand.

Die Auswertung der einzelnen Probepunkte (Abbildung 30) präsentiert sich relativ unregelmäßig. Es ist jedoch zu erkennen, dass die Einkreuzung an den nördlichen Probelinien im Allgemeinen höher ist als in den südlichen Probereihen. Im Norden fallen lediglich die Probepunkte in der Linie 2 und 3 auf der Höhe von 15 Schritten aus dem Muster heraus.

Blendet man diese Ausreißer aus, so stellt im Norden eine geringere Einkreuzungsrate ein als im Süden. Über dies sind im Durchschnitt die Einkreuzungsraten von den Feldrändern zur Mitte hin steigend. Es fehlt auf Seite B die erste Datenreihe, die den Vergleich der Seiten wesentlich verbessern würde.

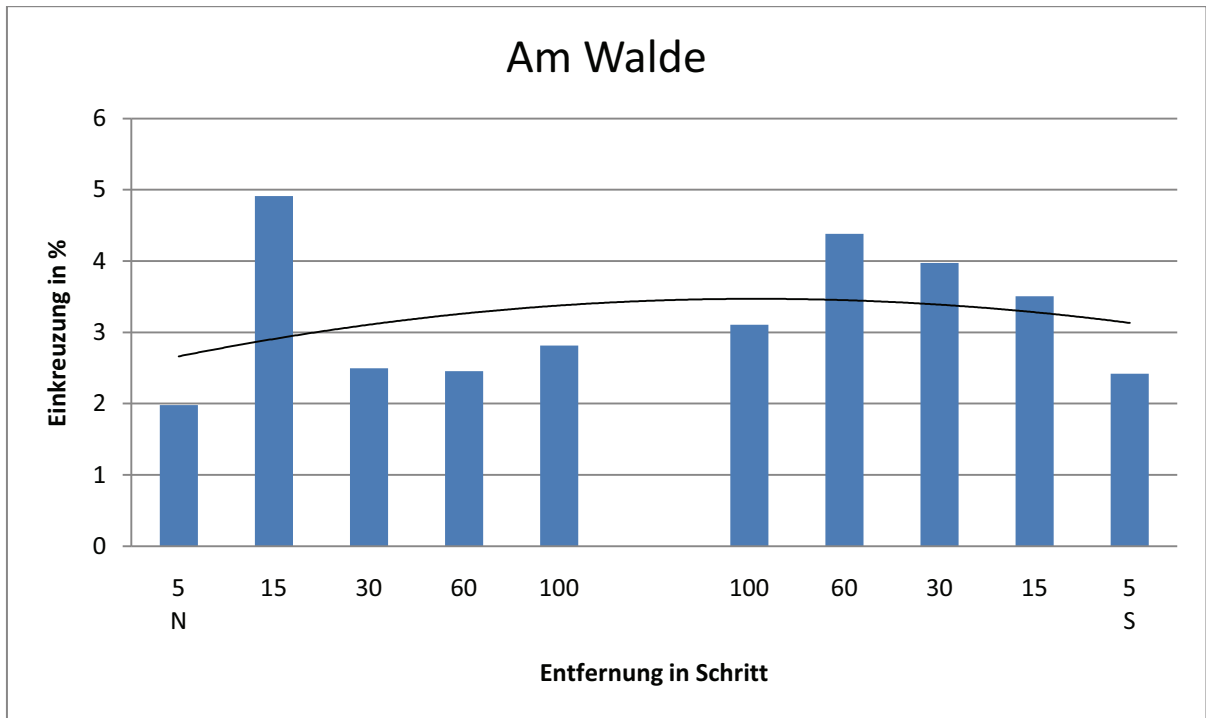


Abbildung 29: Durchschnittliche Einkreuzungsrate in " Am Walde", von Nord nach Süd

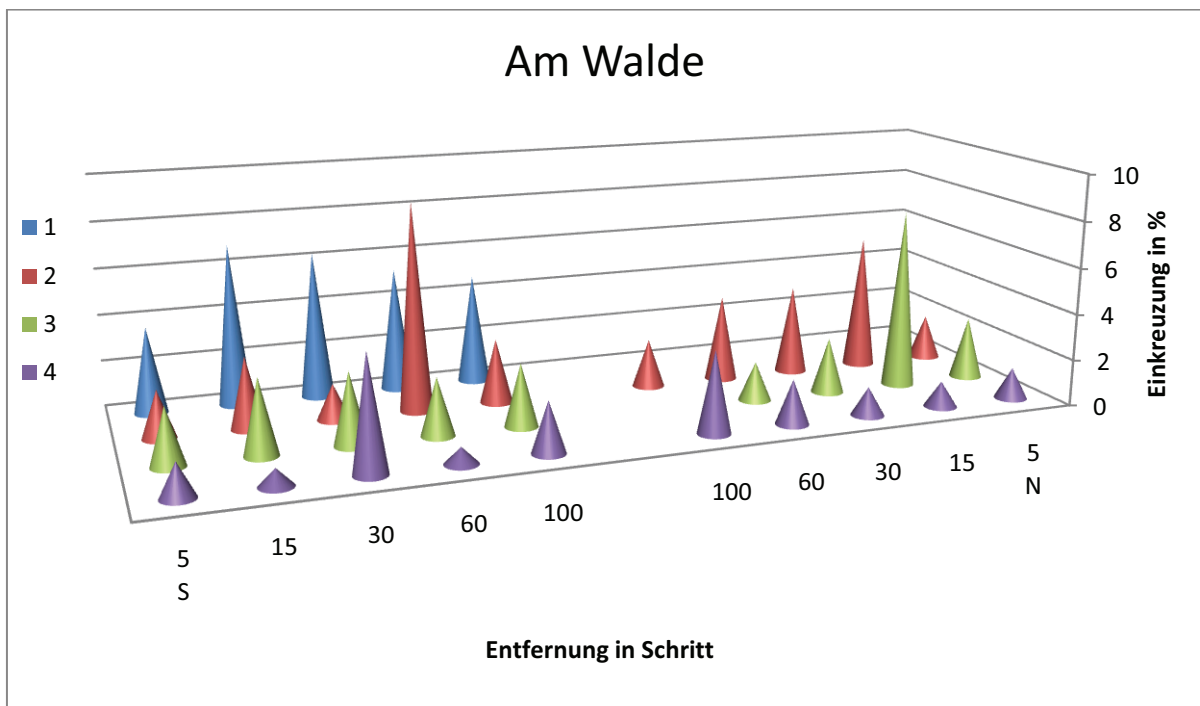


Abbildung 30: Darstellung der einzelnen Probepunkte von „Am Walde“, von Nord nach Süd

3.3. Die Kleine Ecke

Die „Kleine Ecke“ ist durchgehend erprobt worden. Die durchschnittliche Einkreuzung von Nord nach Süd ist relativ stabil und bewegt sich mit einem Schwankungsbereich von 0,9% zwischen 3,3 % und 4,8 % (Abbildung 31). Die nördlichste Probenreihe zeigt einen leichten Abfall der Einkreuzungsstärke. Die Sicht auf die durchschnittlichen Einkreuzungsstärken von West nach Ost eröffnet einen weitaus größere Schwankungsbereich von 3,9 % (Abbildung 32). Die Einkreuzung bewegt sich mit der Hauptwindrichtung zwischen 2,2 % und 6 %. Zunächst nimmt die Kreuzbefruchtung von der östlichen, bis zur vierten Probereihe stark ab. Von der vierten bis zur sechsten Reihe steigt die Einkreuzung erneut an. Von der sechsten Reihe nimmt die Einkreuzung bis zur achten Reihe wieder ab.

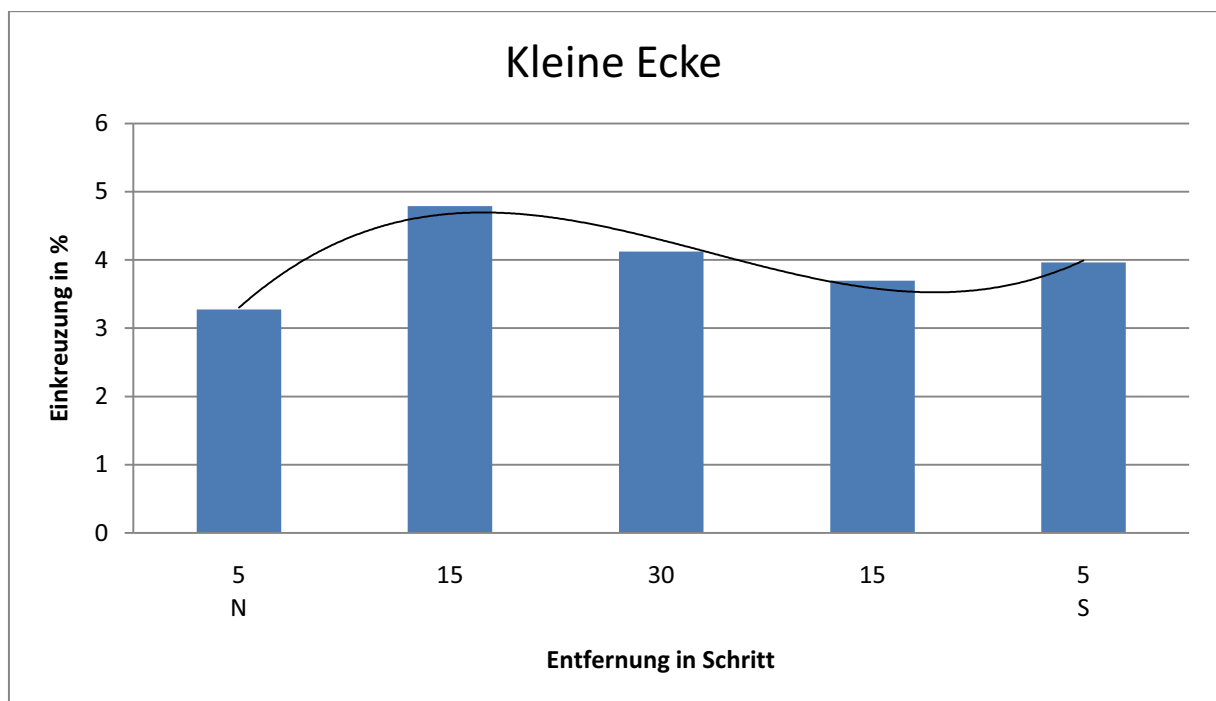


Abbildung 31: Durchschnittliche Einkreuzungsrate in " kleine Ecke", von Nord nach Süd

Die Einzelwerte der „kleinen Ecke“ vermitteln zunächst den Eindruck unregelmäßiger Einkreuzung (Abbildung 33). Bei genauer Betrachtung wird jedoch deutlich, dass die Werte von dem östlichen Rand der Parzelle, bis auf die Punkte R1S15; R2S15 Schritt im Norden, in ihrer Gesamtheit stetig fallen. Im östlichen Abschnitt des Feldes ist die Einkreuzung nicht so eindeutig verteilt. Hier sind eher vereinzelt, hohe große Einkreuzungsraten zu sehen, die zum Teil durch das fehlen von Punkten stark zum tragen kommen wie in Reihe fünf. Des Weiteren sind auf der Westlichen Seite Gruppierungen von hohen Einkreuzungsraten zu sehen, wie z.B. R5N15; R6N15 oder R6S5; R6S15; R7S5; R7S15.

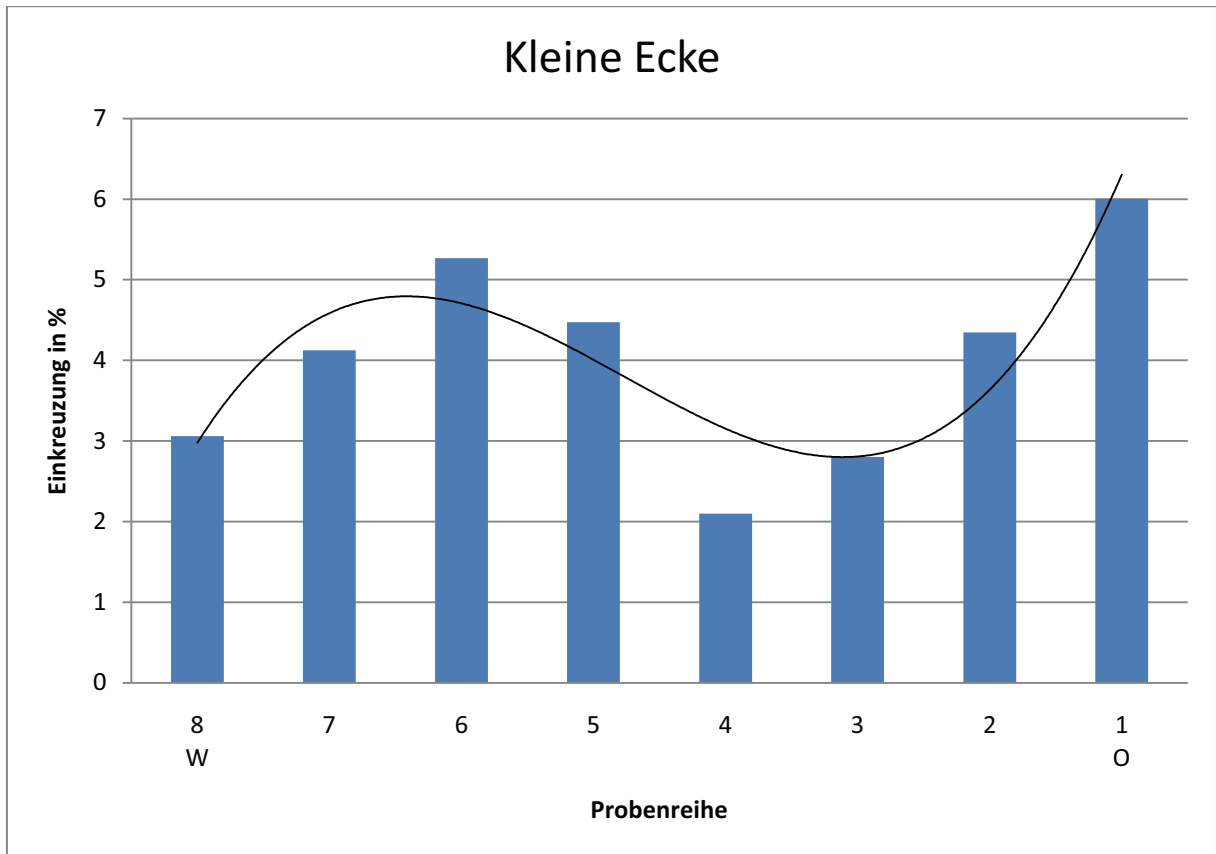


Abbildung 32: Durchschnittliche Einkreuzungsrate in " Am Walde", von West nach Ost

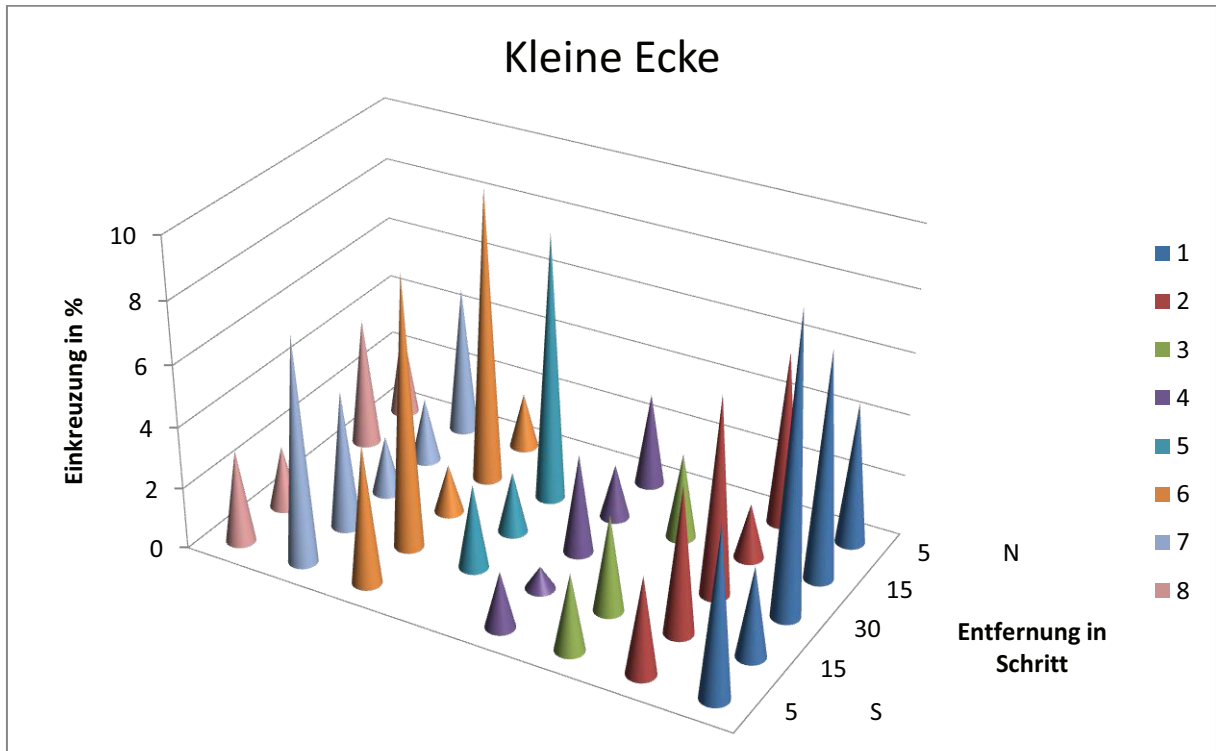


Abbildung 33: Darstellung der einzelnen Probepunkte von „Kleine Ecke“, mit Nord- Süd- Ausrichtung

3.3. Sandkuhle

Die durchschnittlichen Einkreuzungsraten der „Sandkuhle“ von Nord nach Süd variieren zwischen 5,9 und 2,2%. Von Nord nach Süd ist in den ersten 60 m des Bestandes ist eine stetige Abnahme der Einkreuzungsstärke zu sehen, die bei 100 m ihren Tiefpunkt von 2,2% erreicht (Abbildung 34). Dieses Niveau zeichnet sich bei weiterer Betrachtung allerdings nicht auf der anderen Seite des Bestandes ab. Dort werden durchschnittliche Einkreuzungsraten zwischen 4,6 % und 2,5 % verzeichnet. Die Einkreuzungsraten steigen tendenziell zum südlichen Rand des Feldes an, erreichen nicht hohe Niveau des nördlichen Randes.

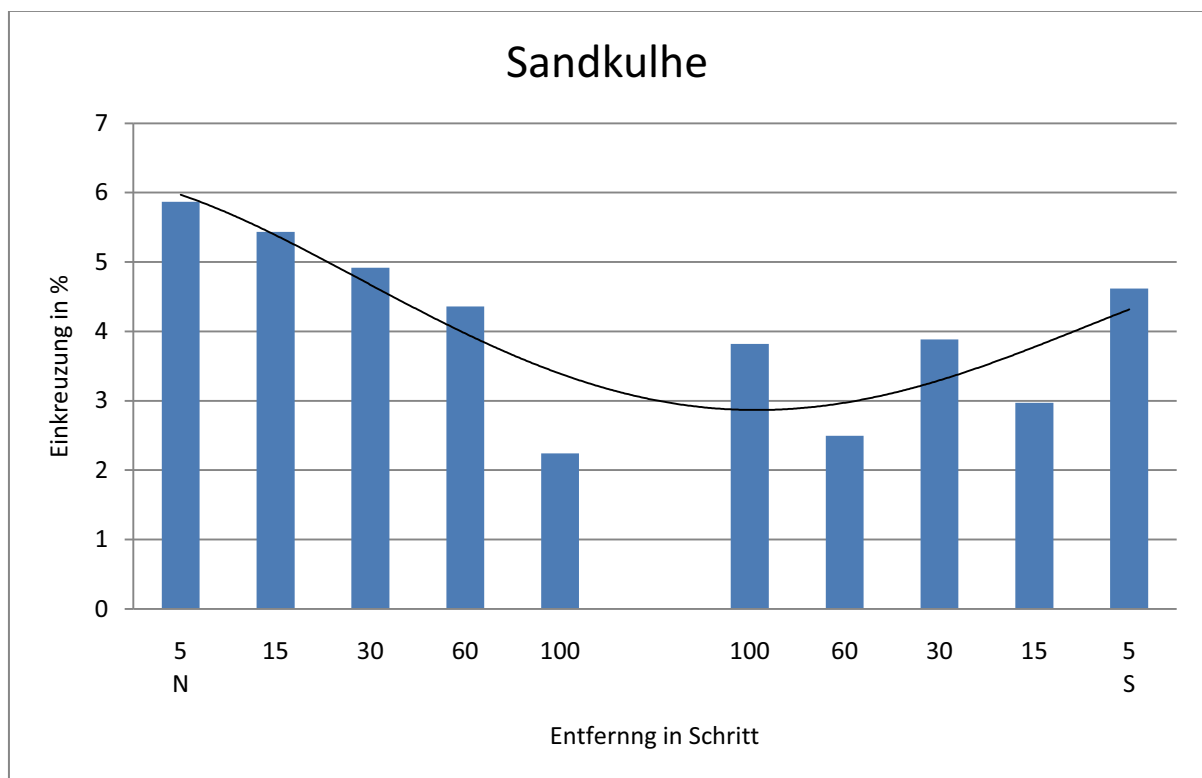


Abbildung 34: Durchschnittliche Einkreuzungsrate in die "Sandkuhle", von Nord nach Süd

Wodurch diese durchschnittliche Einkreuzungsstärke bei der „Sandkule“ zustande kommt wird aus der Übersicht der Einzelwerte ersichtlich (Abbildung 35). Die dem Donorbestand zugewandte Seite verhält sich ähnlich den vorangegangenen Beobachtungen. Die, dem Donorbestand zugewandte, Nordseite ist bis zu Reihe fünf stark von Einkreuzung betroffen und Messwerte sind relativ gleichförmig erhöht. Es fällt auf, dass in Reihe sieben die Einkreuzungsstärke abnimmt und in der Achten Probeline auf einem gleichmäßigen, niedrigen Niveau bleibt. Auf der, dem Donorbestand abgewandten, Südseite ist die Einkreuzung ungleichförmig. Vereinzelt Ausreißer wie Punkt R5N5 und R8S100 sind deutlich zu erkennen. Zudem zeichnen sich Einkreuzungsspuren, wie in Reihe 3 besonders gut zu beobachten ist,

ab. Zunächst ist die Einkreuzung R3S100 gering (1,5 %), steigert sich bis zum Punkt R3S15 auf rund 6,7% und fällt danach wieder auf ein Niveau von 2,5 % ab.

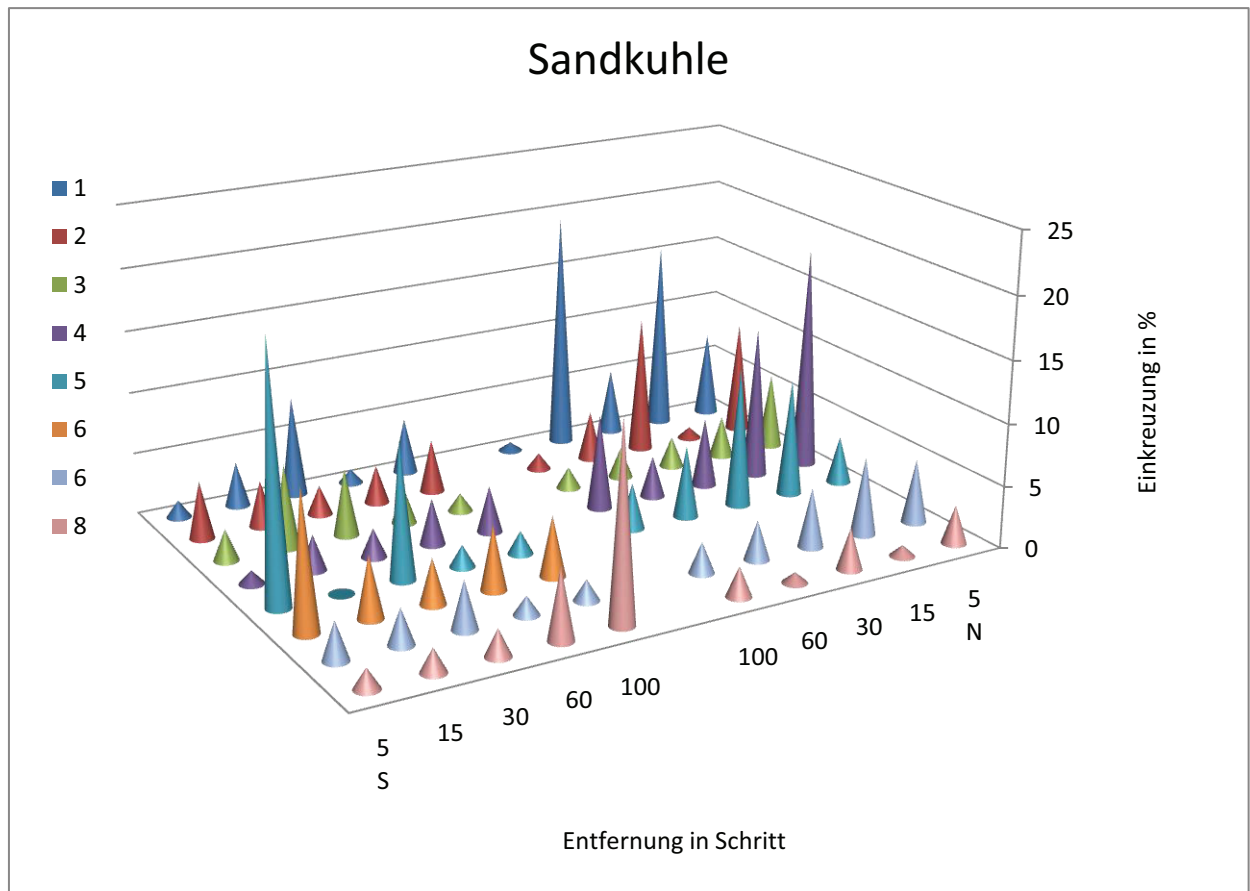


Abbildung 35: Darstellung der einzelnen Probepunkte von der „Sandkuhle“, von Nord nach Süd

3.4. Pelletshalle rechts

Die durchschnittlichen Einkreuzungsraten von dem Schlag „Pelletshalle rechts“ variieren zwischen 10,7 % und 3,2% (Abbildung 36). Dabei zeichnet sich deutlich eine stätige Abnahme der Einkreuzungsintensität ab. Bis zu 30 Schritt unterschreitet die Kreuzbefruchtung die 10% Marke nicht. In den folgenden 70 Schritt sinkt die Einkreuzungsrate auf rund 3,9% ab und verringert sich während weiteren 50 Schritt auf 3,2 %. Die Einzelwerte zeigen, dass in den jeweiligen Probespuren die Einkreuzung nacheinander von einem hohen auf ein niedriges Niveau absinken (Abbildung 37).

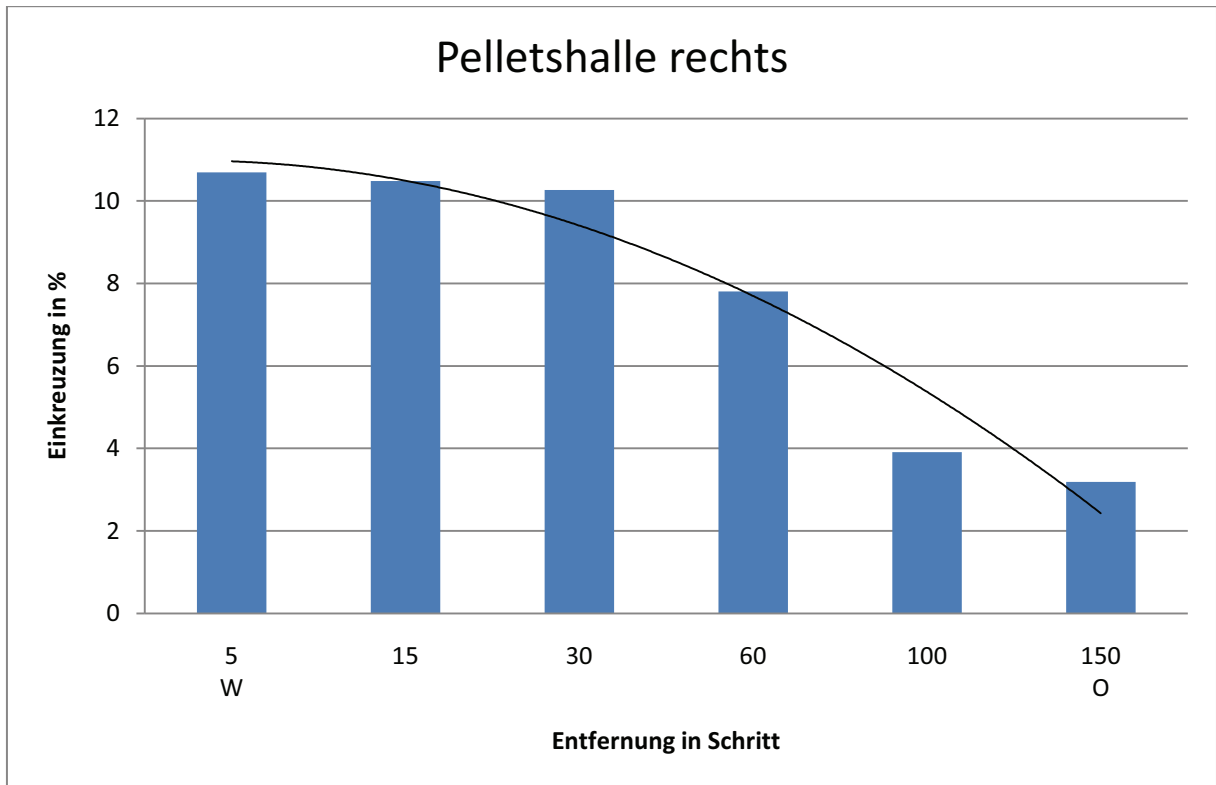


Abbildung 36: Durchschnittliche Einkreuzungsrate in „Pelletshalle rechts“, von Ost nach West

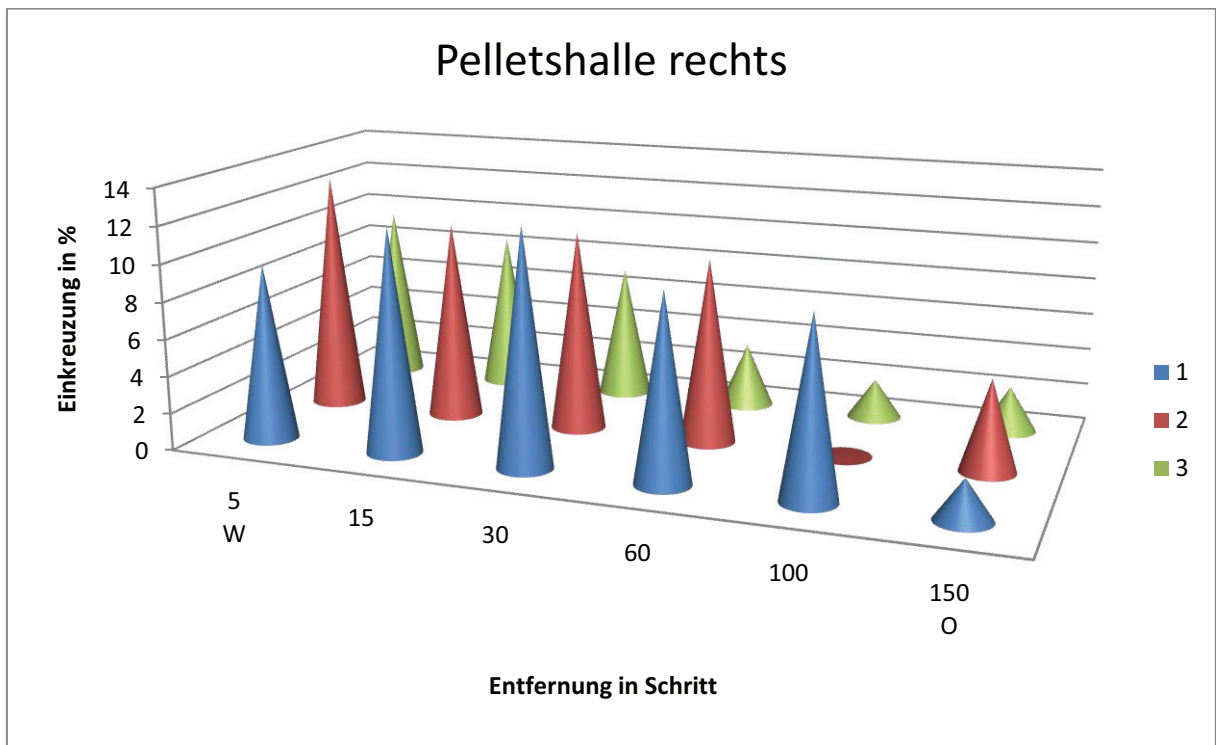


Abbildung 37: Darstellung der einzelnen Probepunkte von „Pelletshalle rechts“, von Ost nach West

3.5. Muxfeld

Die durchschnittlichen Einkreuzungsstärken des „Muxfeldes“ zeigen Schwankungen zwischen 4,6 % und 8,7 % (Abbildung 38), wobei sie keinem ersichtlichen Trend folgen. Im Osten ist die Einkreuzungsstärke leicht erhöht. Das durchgehend stark ausgeprägte Kreuzbefruchtung erreicht das Maximum in 50 Schritt Entfernung vom östlichen Feldrand und nicht am Anfang der Messung. Aus den einzelnen Messwerten des Muxfeldes wird ersichtlich, dass die Höhe der Einkreuzung nicht durch Ausreißer, verursacht wird (Abbildung 39). Die hohe Rate der Kreuzbefruchtung zieht sich durch das Feld.

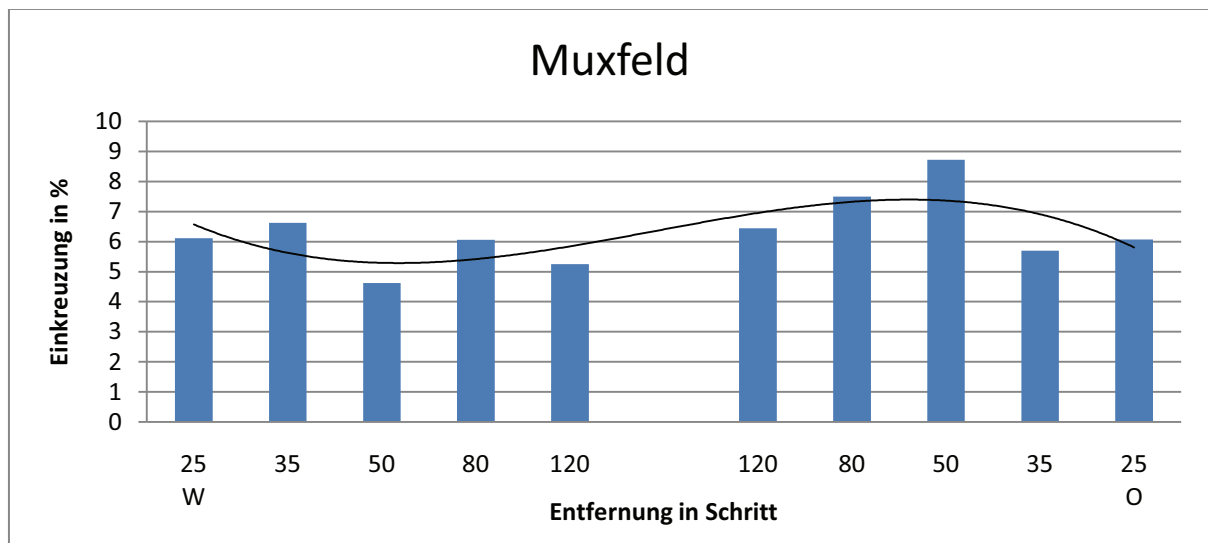


Abbildung 38: Durchschnittliche Einkreuzungsrate in des „Muxfeld“ von W nach O

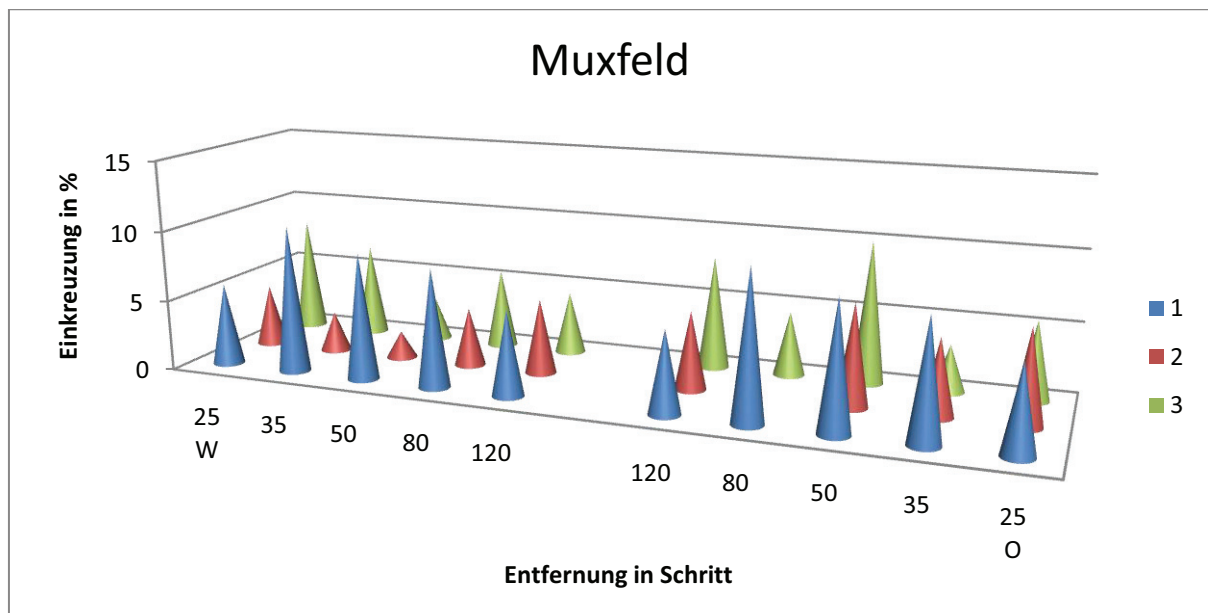


Abbildung 39: Darstellung der einzelnen Probepunkte von dem „Muxfeld“ von W nach

3.6. Torfloch

Die durchschnittlichen Einkreuzungsraten des „Torfloches“ von West nach Ost variieren zwischen 2,3 % und 8,1 % (Abbildung 40). In den westlichen Probereichen stellt sich nach anfänglicher Steigerung der Einkreuzungsrate, von 5,3 % bei 5 Schritt auf 8,1 % bei 15 Schritt, eine fallende Tendenz ein. In den folgenden 45 Schritt sinkt die Einkreuzungsrate weiter auf 2,7 % ab. In den östlichen Probereichen bleibt die niedrige Einkreuzungsstärke zunächst erhalten und erfährt, zum Feldrand hin, einen erneuten Anstieg, überschreiten die 4% Marke jedoch nicht.

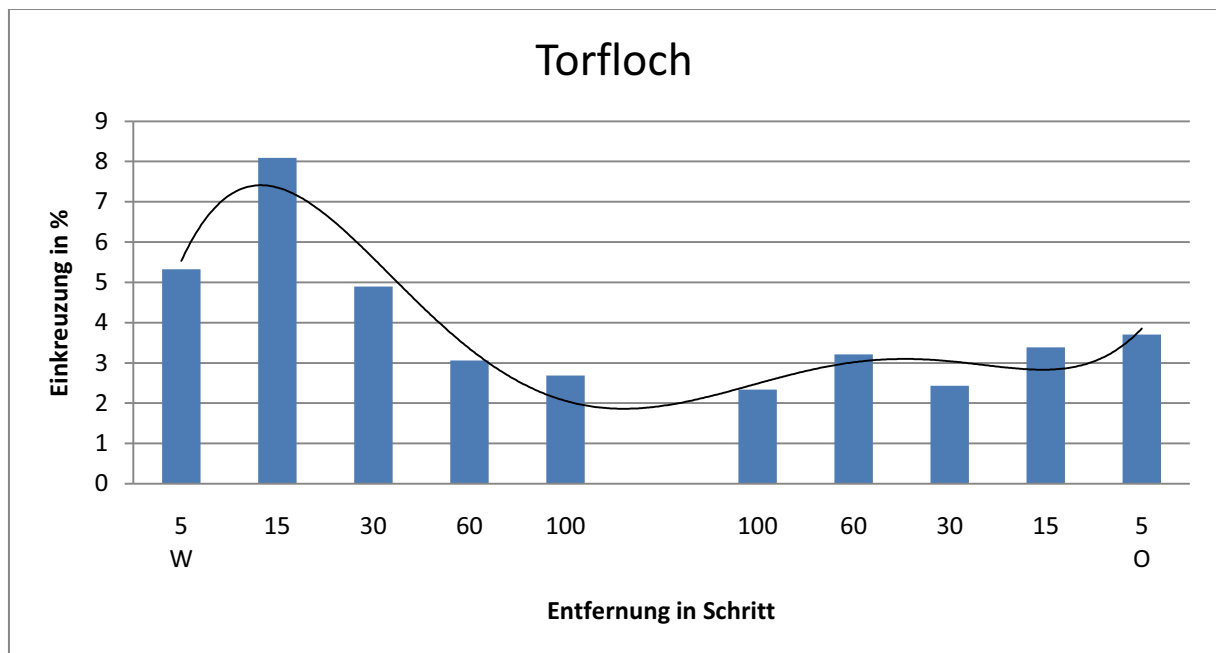


Abbildung 40: Durchschnittliche Einkreuzungsrate in das „Torfloch“ von West nach Ost

Wie die durchschnittliche Einkreuzungsstärke bei dem „Torfloch“ zustande kommt, wird aus der Übersicht der Einzelwerte ersichtlich (Abbildung 41). Auf den ersten Blick fällt ein Ausreißer (R1W15) von 17,9 % auf. Dieser Wert hebt den Durchschnitt der Einkreuzung in der 15 Schritt im Westen stark an. Des Weiteren gestaltet sich die Einkreuzung über die Gesamtheit der Probepunkte ungleichmäßig, was durchaus an der geringen Probenanzahl auf dem großen Feld zusammenhängen liegen kann. Unter Rücksichtnahme dieser Annahme sind Gruppierungen von niedriger (R1O15-30; R2O15-30), erhöhter (R4O15-30; R3O15), sowie hoher (R2W5-60; R1W15; R3W5) Einkreuzung auszumachen. An der östlichen Seite des Bestandes sind die Unterschiede zwischen den Messpunkten nicht so stark ausgeprägt wie an der Westlichen, jedoch noch deutlich erkennbar.

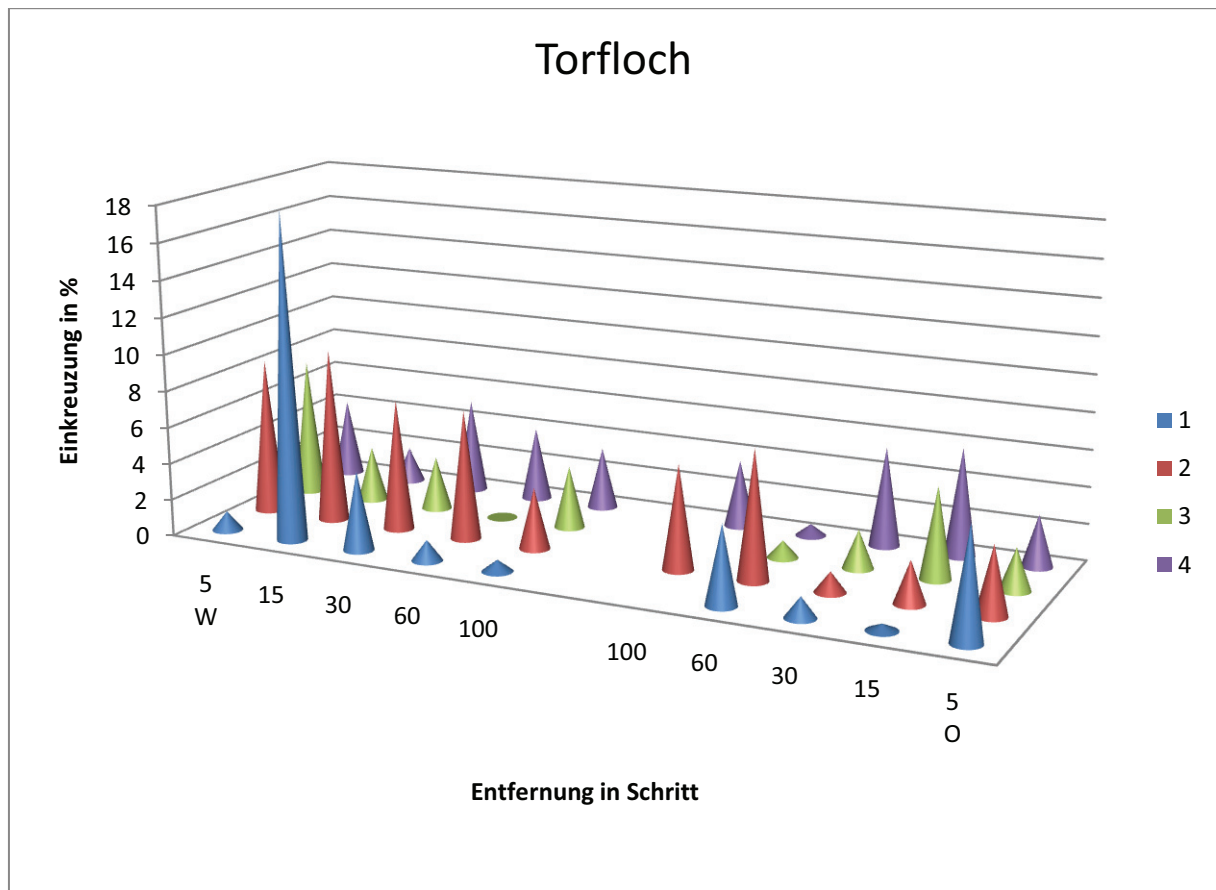


Abbildung 41: Darstellung der einzelnen Probepunkte von dem „Torfloch“, von West (B) nach Ost (D)

Bei der relativen Einkreuzung von Nord nach Süd stellt sich ein Bild ein, das ähnlich wie schon bei „Am Walde“, eine erhöhte Einkreuzung in Richtung Bestandsmitte zeigt (Abbildung 42). Am nördlichen Rand beginnt die Einkreuzung bei rund 5 % und steigert sich langsam auf 8%. Am südlichen Feldrand stellt sich nach einem kurzen Rückgang der Einkreuzung ein Anstieg bis auf 12 % ein.

Die Darstellung der Einzelwerte weichen bei den folgenden Abbildungen von den vorangegangenen ab. Ziel ist die unregelmäßige Feldform des Torfloches zu berücksichtigen und Einkreuzungsmuster besser darzustellen. Von dem nördlichen Feldrand zieht sich, ausgehend von 5-15 Schritt eine Einkreuzungsspur mit starker Ausprägung quer durch alle Reihen (Abbildung 43). Ausgehend von dieser Ansicht erschließen sich die Punkte erhöhter Einkreuzung als verschieden stark ausgeprägte Einkreuzungsbahnen. An der südlichen Kante des Torfloches zeichnet sich ein ähnliches Muster ab (Abbildung 44). Ausgehend von Schritt 30 und 100 sind deutlich Einkreuzungsbahnen zu erkennen. An dem südlichen Feldrand befinden sich darüber hinaus noch zwei Punkte mit hoher Einkreuzung.

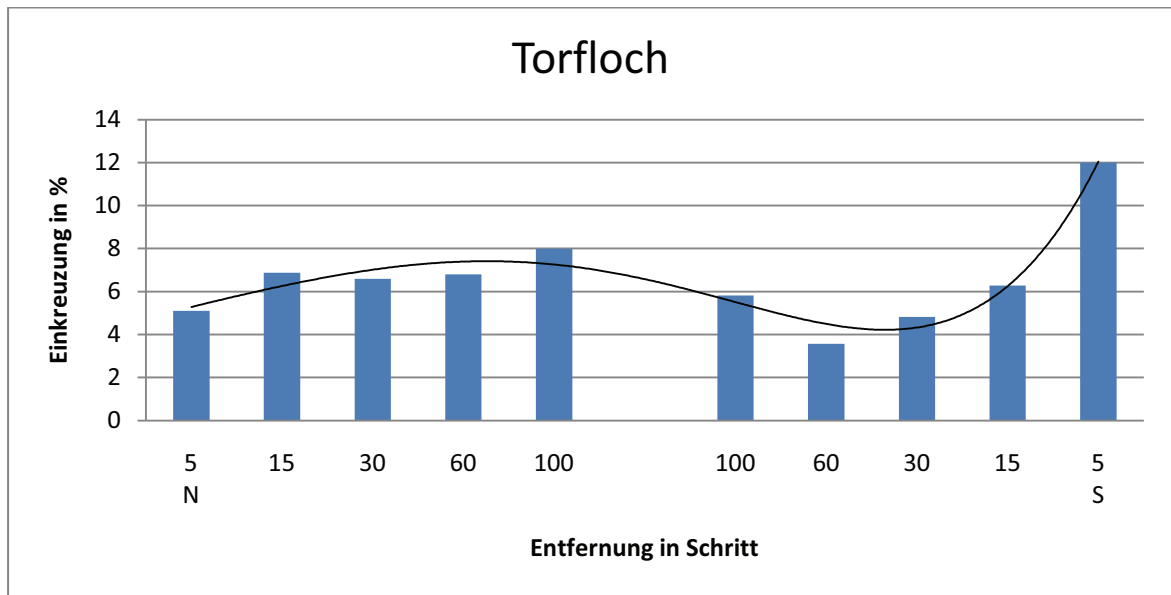


Abbildung 42: Durchschnittliche Einkreuzungsrate in das „Torfloch“ von Nord (A;E) nach Süd (C)

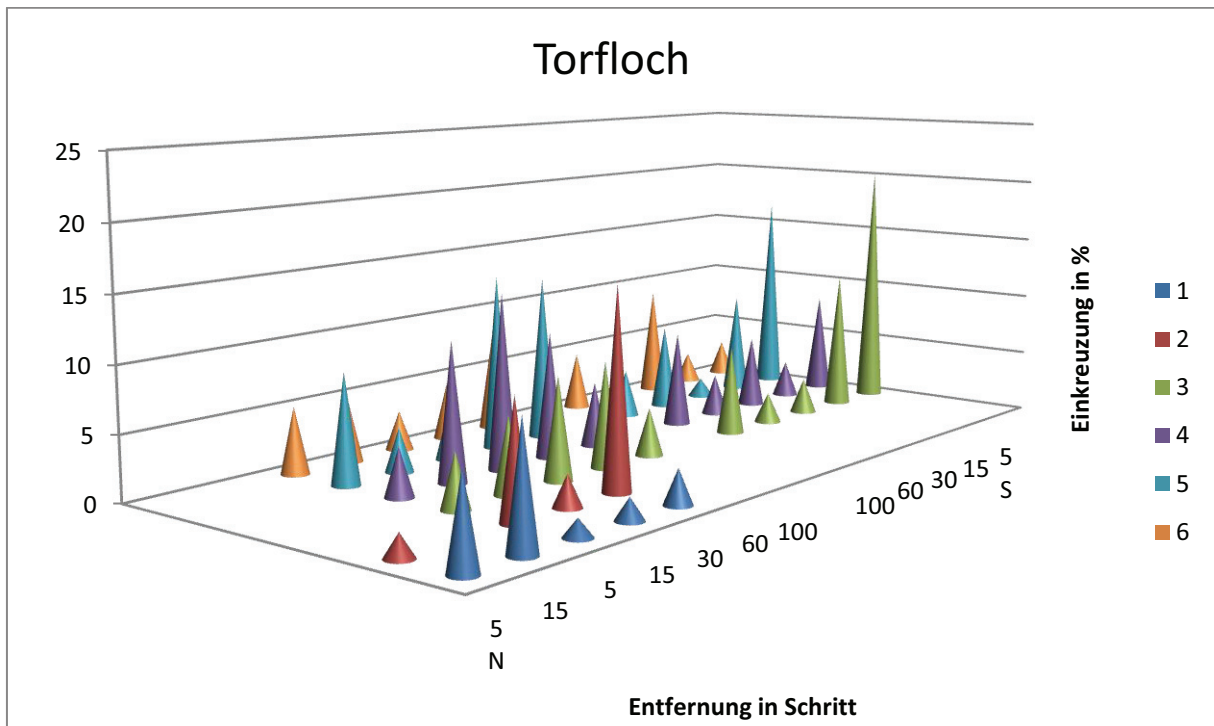


Abbildung 43: Darstellung der einzelnen Probepunkte von dem „Torfloch“ von Nord nach Süd A

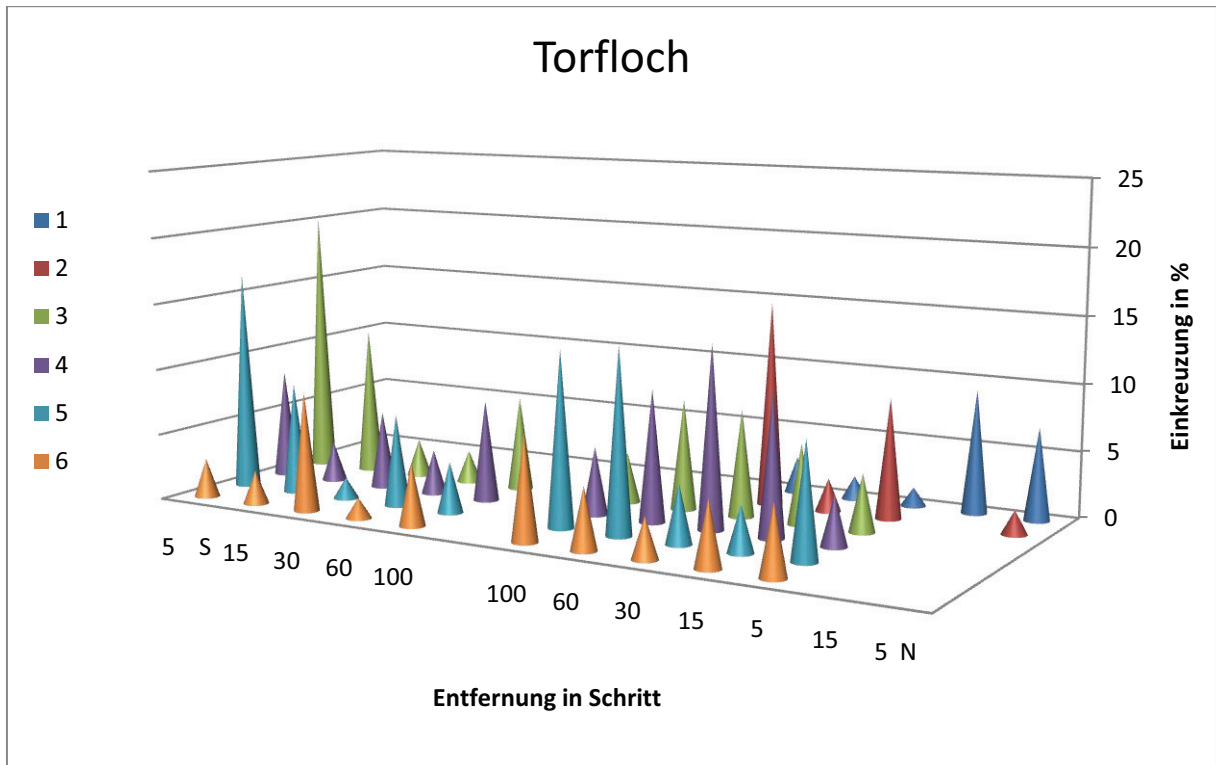


Abbildung 44 : Darstellung der einzelnen Probepunkte von dem „Torfloch“ von Nord nach Süd B

4. Diskussion

Die Bestände „Am Walde“ und „Pelletshalle“ sind Luvseitig zu den Donorbeständen angeordnet. Sie zeigen im Vergleich, mit dem Einkreuzungsverhalten in Versuchspartzen wie es Roemer (1931) beobachtet, deutliche Gemeinsamkeiten. Die Ausbildung des Randeffektes kann bei beiden Schlägen einwandfrei beobachtet werden. Zudem ist ein Effekt von zunehmendem Pollendruck bei dem Bestand „Pelletshalle“ auszumachen. Die Einzelwerte zeigen, dass in den jeweiligen Probestellen der Einkreuzung nicht einheitlich stark, sondern nacheinander von einem hohen auf ein niedriges Niveau, absinken. Da das Feld im Bezug auf Entwicklung homogen ist und zwischen den Feldern eine Straße, ohne Windbarrieren liegt, unterscheiden sich die Probestellen nur durch nördliche und südliche Verschiebung. Das Nachbarfeld liefert aufgrund seiner Trichterform und Größe jedoch unterschiedlich hohe Pollenkonzentrationen an den Akzeptorbestand (Abbildung 25). Die Probestellen zeigen dementsprechend mit zunehmendem Pollendruck abnehmende Intensität im Bezug auf den Rückgang der Einkreuzungsintensität, mit anderen Worten je größer der Pollendruck ist, desto weiter wird in den Bestand eingekreuzt. Interessant ist auch die Beobachtung, dass der Randeffekt bei „Am Walde“ nur auf der Donorbestand zugewandten Seite vorkommt. Die, dem Donorbestand nicht direkt zugewandten Seiten sind überdies weniger von Einkreuzung betroffen als das Zentrum des Feldes. Grund für dieses Einkreuzungsverhalten können die zwei westlich gelegenen Baumgruppen sein. Sie bilden eine Art Windschneise, die genau über den Donorbestand in Richtung südliches Zentrum von „am Walde“ ausgerichtet ist (S. 34). Ein mögliches Szenario wäre dementsprechend, dass durch die beschleunigte Luftströmung mehr Wind und somit auch Pollen durch die Hecke, in das Feld geblasen werden. Als Folge verdrängt der Wind die Akzeptorpollen an dieser Stelle, wie es Norup Pedersen et al. (1961 a) bei der Pollenverteilung in Beständen, unter Einfluss stetiger Winde beobachtet (Abbildung 14) und ersetzt sie durch Donorpollen. Dementsprechend wird das Pollenverhältnis im Zentrum des Feldes zugunsten der Donorpollen und am Rand des Feldes zugunsten der Akzeptorpollen verschoben, was wieder zu der Ausgangssituation dieser Überlegung führt. Die Einkreuzung in der Feldmitte ist höher als an den, zum Donorbestand, lateral und abgewandt gelegenen Seiten.

Die „Sandkule“ veranschaulicht das Einkreuzungsverhalten von lateral zur Hauptwindrichtung angeordneten Feldern. Norup Pedersen (1961), Levin und Kerker (1974) sowie Kutlu (1976) beobachten durchgehend lateral Pollenverlagerung (Abbildung 11;Abbildung 14). Die Pollenverteilung lateral zur Hauptwindrichtung ist weniger stark ausgeprägt als mit dem Wind. Bei der durchschnittlichen Einkreuzung in das Feld ist ein deutlicher Randeffekt zu erkennen (Abbildung 34). Diese Beobachtung bestätigt das, von Roemer (1931) herausgestellte, laterale

Einkreuzungsverhalten in Versuchspartzen (Tabelle 6 Tabelle 7), Bei seinen Untersuchungen treten Randeffekte bei lateral und quer zur Hauptwindrichtung angeordneten Feldern ähnlich stark ausgeprägt auf. Die laterale Einkreuzung in den Bestand „Sandkuhle“ weist bei der Auswertung der einzelnen Probepunkte jedoch erhebliche Unterschiede gegenüber der Einkreuzung der axial gelegenen Bestände auf. Betrachtet man das Einkreuzungsschema von „Am Walde“ mit dem der „Sandkuhle“ wird deutlich, dass ähnlich viele Proben gezogen wurden. Bei gleichem Einkreuzungsverhalten sollte dementsprechend die Sandkuhle ähnlich regelmäßige Einkreuzungsmuster zeigen wie „Am Walde“. Die Einkreuzungsart in die „Sandkuhle“ zeigt jedoch eher unregelmäßige, stark vorspringende Einkreuzungsmuster. Die Einkreuzung setzt sich weniger aus einem großen als vielmehr aus vielen kleinen Einkreuzungsspuren zusammen und je weiter die Proben von dem Donorbestand entfernt sind, desto stärker kommt dieses versprengende Einkreuzungsmuster zur Geltung.

Die Fläche „kleine Ecke“ soll das Einkreuzungsverhalten in Bestände entgegen der Hauptwindrichtung verdeutlichen. Wie die Arbeiten von Levin und Kerster (1974), Roemer (1931) und Kutlu (1976) eindrucksvoll beweisen ist die Pollenverteilung entgegen der Windrichtung gering. Das kleine Feld „kleine Ecke“ unterstreicht diese Tatsache. Die Einkreuzungsraten auf der Westseite weisen, bei hoher Regelmäßigkeit, bis zur Feldmitte eine deutlich fallende Tendenz auf. Ab Reihe fünf wird das Einkreuzungsmuster hingegen sprunghaft. Ab der Feldmitte ist ein unregelmäßiges Einkreuzungsmuster, ähnlich wie das der „Sandkuhle“, zu beobachten. Grund für diese Ausbildung des Einkreuzungsmusters können luvwärts gerichtete und Lateral gerichtete Pollenverteilung, oder technologisch bedingter Fremdbesatz sein. Für die windgesteuerte Einkreuzung sprechen die Ähnlichkeit mit schon besprochenen Einkreuzungsmustern und der geringe Pollendruck des Bestandes. Für einen hohen Einfluss von Fremdbesatz spricht die geringe Größe. Denn bei kleinen Feldern muss bei der Ernte mit den Mährescher öfter gewendet werden, der Gutfluss ist unregelmäßig und damit steigen die Verluste. Die Feldbearbeitung ist mit ähnlichen Schwierigkeiten behaftet. Die Maschinen sind für die Bearbeitung von großen Flächen ausgelegt. Sie leisten besonders an den Vorgewenden schlechtere Arbeitsqualität als auf langen geraden. Durch den großen Anteil von Vorgewenden bei kleinen Feldern sind sie schlechter zu bearbeiten.

Die Felder „Pelletshalle rechts“ und das „Muxfeld“ sollen im Zusammenwirken die Veränderung des Auskreuzungsverhaltens mit zunehmender Pollenverdünnung durch Entfernung verdeutlichen: Da durch den Schlag „Pelletshalle“ das Pollenverhältnis schon zugunsten von *Hellvus* beeinflusst wurde, wäre es interessant, wie sich das auf den Randeffekt auswirkt. Das „Muxfeld“ kann aber, durch den bereits eingesetzten Drusch, nicht

standardisiert beprobt werden. Ungeachtet dessen sind die Daten dieses Feldes interessant. Durch die verzögerte Blüte des Akzeptors stellt sich auf diesem Schlag eine hohe, durchschnittliche Einkreuzung von rund 6% ein. Die Kreuzbefruchtung zeichnet sich weder durch einen Randeffect aus, noch verhält sie sich stabil, es ist nur eine abnehmende Tendenz von West nach Ost zu beobachten. Diese unregelmäßig schwankende Einkreuzungsstärke, mit leicht abnehmender Tendenz verhält sich ähnlich wie die von Roemer (1931) beobachtete Auskreuzung von Petkus in Waringer Roggen. Bei dem Versuch, mit einer 4*4 Meter großen Parzelle, die von hellkörnigen Roggen umgeben war (Abbildung 12). Für die Betrachtung der Einkreuzung in Bestände bedeutet das, dass es eine Art Grundeinkreuzung gibt. Diese Grundeinkreuzung resultiert aus der allgemeinen Donorpollenkonzentration der Luft, in Verbindung mit der Empfindlichkeit gegenüber Einkreuzung. Die Grundeinkreuzung pegelt sich bei dem Muxfeld offensichtlich auf ein hohes Niveau ein. Grund hierfür ist wahrscheinlich die lange Blühdauer des Feldes und die daraus resultierende hohe Empfindlichkeit für Einkreuzung.

Der Bestand „Torfloch“ ist relativ geschützt gelegenes Feld, in dessen Nachbarschaft sich, in einem Umkreis von 700 m, kein Donorbestand befindet. Die relativ geschützte Lage im Zusammenwirken mit der Bestandsgröße lässt niedrige Einkreuzungsraten erwarten, die durch den hohen Pollendruck des gut entwickelten, großen Bestandes am Rande stärker ausgeprägt sein sollten als in der Feldmitte (Abbildung 26). Die Darstellung der Messungen zeigen jedoch Einkreuzungsraten, die in der Ausprägung denen der vorangegangenen Feldern entsprechen. Betrachtet man die durchschnittlichen Werte zeichnen sich von West nach Ost sowie von Nord nach Süd deutliche Randeffecte ab. Jedoch ist im Westen ein Paradox zu beobachten, die äußersten Probepunkte fallen niedriger aus als die Zweiten (Abbildung 40). Ähnliche Beobachtungen macht auch Roemer (1931) (Abbildung 18), der dieses Paradox mit dem Größenunterschied der Sorten begründet. Die Schlussfolgerung daraus ist, dass der Wald, dem im Allgemeinen eine isolierende Wirkung zugeschrieben wird diese nicht erfüllt. Stattdessen ist es naheliegend, dass die Donorpollen über diesen hinweg fliegen, in einiger Entfernung hinter der Windbarriere auf den Boden auftreffen und einkreuzen. Ab diesem Einkreuzungsmaximum sinkt die Verunreinigung wie erwartet ab, bleibt auf einem geringen Niveau und steigt zum Ende hin leicht an. Der Anstieg am östlichen Rand des Bestandes spricht für wechselnde Winde und Pollenverlagerung entgegen der Hauptwindrichtung. Bei der Betrachtung des Waldes fällt eine freie Stelle auf, die mit Grünland versehen ist (Abbildung 26). diese Schneise im Wald ist vermutlich verantwortlich für die verstärkte Einkreuzung an der nordöstlichen Seite des Bestandes (Abbildung 43). Die Einzelwerte lassen deutlich eine Einkreuzungsspur von Nord West nach Osten erkennen. Im

Süden des Bestandes sind wiederum Einkreuzungsspuren zu erkennen, die schräg über die südöstliche Ecke des Bestandes verlaufen (Abbildung 44). Die Punkte R3S5 und R5S5 können, trotz ihrer starken Ausprägung, als typischer Randeffekt gewertet werden, da sie genau am Rand des Feldes zum tragen kommen und beide gleich stark ausgeprägt sind. Der Schlag „Torfloch“ soll einen Einblick in das Einkreuzungsverhalten von geschützt gelegenen, großen Feldern geben. Dieses Ziel wird bei diesem Schlag so nicht erreicht. Vielmehr liefert das Feld einen Eindruck auf das komplexe Zusammenwirken der Einkreuzungsmechanismen, angefangen bei der Grundeinkreuzung, über Randeffekten, Einkreuzung mit, entgegen und lateral zur Hauptwindrichtung bis hin zu den schwer einzuschätzenden Einfluss von Windbarrieren.

4.1. Resüme

Die hier vorliegenden Ergebnisse sind eine Bestätigung des von Norup Pedersen (1961), Levin und Kerster (1974) sowie Kutlu (1976) herausgestellten Pollenflugverhaltens und der von Roemer herausgestellten Mechanismen der Einkreuzung. Bei nebeneinander gelegenen Feldern, welche quer zur Hauptwindrichtung ausgerichtet sind, können besonders deutlich Randeffekte beobachtet werden (Abbildung 18;Abbildung 27Abbildung 36), vorausgesetzt die Windrichtung und Strömung sind gleichmäßig. Weichen die Voraussetzungen in Bezug auf Ausrichtung der Felder zueinander oder die Winde in Bezug auf Beständigkeit und Gleichmäßigkeit ab wird diese Regel hinfällig. In diesem Fall ist die Einkreuzung in die Bestände nicht mehr nur mit Randeffekten zu beschreiben, die vereinfacht gesprochen, wie das ineinanderschieben von Parabeln mit langen Ausläufern funktioniert. Sie werden vielmehr das Ergebnis aus den zufällig, durch die unterschiedlichen Makro und Mikroreliefkonstellation, beeinflussten Winden im Zusammenwirken mit der allgemeinen fertilen Donorpollenkonzentration der Luft und zufällig auftretenden Pollenwolken. Die Folge sind verzögert einsetzende Randeffekte wie Roemer (1931) beobachtet (Abbildung 18) und bei dem Feld „Torfloch“ zu sehen ist (Abbildung 40), weit in den Bestand reichende und stark versprengende Einkreuzungsspuren (Abbildung 35;Abbildung 43). Überdies kommt es in Folge des, zur Blütezeit, latenten vorhandenen Pollendruckes in der Luft zu einer Art Grundeinkreuzung. Die Grundeinkreuzung erhöht sich in Folge von niedrigem Pollendruck und schlechter Bestandsentwicklung wie aus dem Vergleich von dem „Muxfeld“ und der „Kleinen Ecke“ mit den übrigen Beständen ersichtlich wird. Aus der Summe der hier dargestellten Erkenntnissen lässt sich schlussfolgern, dass es in hoch frequentierten Roggenanbaugebieten unvermeidlich zu Kreuzbefruchtung zwischen Beständen kommt, denn sie wird auf die eine oder andere hier erläuterten Art und Weise immer stattfinden. Dennoch können

Voraussetzungen geschaffen werden um die Einkreuzung zu minimieren und möglichst auf den Rand der Felder zu beschränken.

- Die Bestände sollten möglichst groß angelegt sein um einen großen eigenen Pollendruck aufzubauen, der einen gewissen Schutz vor Fremdpollen darstellt.
- Es sollten auf der Luvseite, nach der allgemeinen Hauptwindrichtung, so wenig wie möglich Donorbestände vorhanden sein, um die Wahrscheinlichkeit des Polleneinfalls zu mindern.
- Donorbestände sollten nach Möglichkeit auf der Leeseite platziert werden, sodass deren Pollen vorwiegend von dem Akzeptorbestand weggetragen werden.
- Windbarrieren wie Sträucher oder Wälder ohne Windschneisen bieten unter Umständen einen guten Schutz vor Einkreuzung an den Felldrändern. Deren Wirksamkeit muss aber mit Vorsicht bewertet und durch Erfahrung gewichtet werden.
- Donorbestände sollten zeitversetzt, möglichst nach den Hellvusbeständen blühen, um den Donorpollendruck zur Blüte gering zu halten.

Diese Voraussetzungen für die Minderung der Einkreuzung wurden hier so nicht untersucht, ergeben sich jedoch logisch aus den gelieferten Ergebnissen. Folglich bedürfen sie genauerer Untersuchung, für die diese Arbeit eine Grundlage bieten soll. Zum Beispiel bleibt ungeklärt, ob und wenn ja, welche Windbarrieren effektiven Schutz vor Einkreuzung bieten^[43], wie stark sich Randeffekte bei weit voneinander entfernten Donor und Akzeptorbeständen zeigen^[44], wie stark die Grundeinkreuzung durch zunehmende Entfernung zu mindern ist (Abbildung 9) und wie sich die Einkreuzung im Zentrum von großen Beständen entwickelt.

4.1. Fehlerquellen

Die Untersuchung bietet vielschichtige Fehlerquellen. Eine Fehlerquelle ist der unvermeidliche Fremdbesatz in den Beständen, verursacht durch unreines Saatgut oder Durchwuchs aus dem Samenreservoir des Bodens. Befindet sich eine Donorpflanze in der Nähe eines Messpunktes oder wird sie sogar mit in die Probe aufgenommen, steigert sie entsprechend die Einkreuzung an diesem Probepunkt. Fremdbesatz ist auf der anderen Seite fester Bestandteil des praktischen Anbaus von Roggen und dadurch untrennbar mit der Betrachtung verknüpft. In diesem Sinne wäre es falsch unbelastete Felder zu erproben, denn auf diese Art könnten genauere Erkenntnisse bezüglich des Einkreuzungsverhaltens von Roggen erlangt werden,

⁴³ : Siehe Anhang

⁴⁴ : Abbildung 10

aber es würden falsche Schlüsse für den praktischen Anbau gezogen. Des Weiteren ist die Messung mithilfe von Schrittmaß einer gewissen Ungenauigkeit unterworfen. Schwankungen können durch nachlassende Kondition, unterschiedliche Bestandsdichte und ungleiche körperliche Voraussetzungen auftreten. Für eine zügige und effektive Probenentnahme auf den Feldern ist diese aber kaum zu überbieten. Des Weiteren wurde die Probengröße zugunsten der Probenmenge reduziert, was ebenfalls eine gewisse Ungenauigkeit der Untersuchung nach sich zieht. Viel schwerwiegender ist überdies eine selektive Probenentnahme. Wenn zum Beispiel nur die Ähren der Halme erster Ordnung entnommen werden kann das das Ergebnis schon stark beeinflussen, da diese Halme zum Teil früher abblühen und weiter aus dem Bestand herausragen als Halme niederer Ordnungen.

5. Zusammenfassung

Mit der Entwicklung und Diversifikation der Sorte wurde die rezessive Eigenschaft „helles Korn“ einbezogen. Das helle Korn soll als Alleinstellungsmerkmal die Sorte interessanter für den Kunden machen, unterliegt jedoch einem Xenien-Effekt, bei Kreuzbefruchtung mit anderen Sorten färbt es sich dunkel. Um die besondere Eigenschaft der Sorte für die Praxis nutzbar zu machen, untersucht diese Arbeit das Einkreuzungsschema von Roggen, welches untrennbar mit dem Pollenflug und Befruchtungsverhalten einhergeht. Die Arbeit zeigt, dass die Pollen von Roggen eine potentiell lange Lebensdauer und gute Flugeigenschaften haben. Sie werden entsprechend der Windrichtung verfrachtet und ihre Konzentration nimmt, von einer Quelle aus gesehen, mit zunehmender Entfernung ab. Morphologisch bedingt ist ein Roggenbestand über die Blüte hinweg eine kontinuierliche Pollenquelle. Die Art und Weise der Pollendisposition hängt dementsprechend von der Beständigkeit und Richtung des Windes ab. Je beständiger der Wind, desto kontinuierlicher ist der Pollenflug, je unbeständiger der Wind, desto ungleichmäßiger ist die Menge der verfrachteten Pollen und es kommt vermehrt zur Bildung von Pollenwolken.

In dieser Arbeit wird die hellkörnige Roggensorte Hellvus im Bezug auf Einkreuzung sortenfremder Roggen untersucht. Das helle Korn bildet bei Kreuzbefruchtung Xenien. Aus Erfahrung ist sicher, dass es zu Kreuzung zwischen Beständen kommt, die Frage ist, wie sich diese manifestiert. Thesen bezüglich der Einkreuzung besagen, dass es am Rande von Beständen vermehrt zu Einkreuzung kommt. Im Zentrum der Bestände soll eine Art Grundeinkreuzung zu beobachten sein und Pollenwolken sollen unregelmäßig in die Bestände einkreuzen. Des Weiteren werden Windbarrieren, wie Wälder, als gut isolierend bewertet. Die, im Rahmen der Arbeit, durchgeführten Untersuchungen zeigen, dass Randeffekte auch in großen Beständen zu beobachten sind. Die Ausprägung der Randeffekte hängt jedoch stark von der Ausrichtung des Akzeptor- zum Donorbestand, im Bezug zur Windrichtung, und dem Makrorelief ab. Ein Wald hat z.B. zum verzögerten Einsatz des Randeffektes geführt. Die Grundeinkreuzung in den Beständen wurde bei allen Feldern beobachtet und richtet sich vornehmlich nach der Empfindlichkeit der Felder bezüglich der Einkreuzung. Der Einfluss von Pollenwolken konnte ebenfalls beobachtet werden. Solche Einkreuzungsspuren können besonders bei lateral zur Hauptwindrichtung gelegenen Feldern beobachtet werden. Es können Regeln für die Vermeidung und Lenkung der Einkreuzung abgeleitet werden, denn der Pollendruck und die Empfindlichkeit der Bestände gegenüber Einkreuzung sind von definierten Faktoren abhängig.

6. Abstract

This essay is about Hellvus, a light seed Rye. The light seed variety is affected by the intercrossing of dark variety. It shows so called Xenien. To use the variety characteristic in the commercial agriculture it was interesting how they manifest in commercial fields. The Intercrossing of Rye was analyzed by different scientists, because of diverse reasons. But the results of their experiments just show the effects in small fields and ideal conditions. Out of experience it is known, that intercrossing manifest in big fields. Intercrossing is the result of the amount of Pollen which are produced in the rye field in relation to the amount of fertile alien pollen. Scientists show that disposition rye pollen is affected by wind direction, wind speed and the macro and micro relief. They also show, that the field border is more effected by intercrossing than the inner layer and pollen clouds effect the intercrossing unpredictably. The effect of wind barrier is usually valued well. The work shows that border effects are well pronounced in, close to each other, placed fields. The alignment of fields affects how strong this effect is pronounced. In wind direction the effect show up strong and clear; against wind direction the effect occur less strong but also clear and lateral to wind direction the effect occur inexplicit. All fields manifest a ground level of intercrossing. The ground level is most affected by the sensitivity of intercrossing. This work show in concluding that intercrossing can be improved by different sanction. How good this sanctions work has to be analyzed in following works. This essay should be a good basis.

Intercrossing sensitivity is affected by the size of the field, density and growth of the crop, variety specific pollination and exposition. So called isolation spots, behind a forest fore example, show irregular intercrossing. So this spots have to be judged carefully.

7. Literaturverzeichnis/ Anhang

7.1. Printmedien

- Blumentritt, T. 2007. Entwicklung der Anbauflächen. Roggen. DLG Verlag, Frakfurt am Main S.7-13.
- Bundessortenamt. 2008. Beschreibende Sortenliste. Getreide, Mais, Ölfrüchte, Leguminosen, Hackfrüchte. Deutscher Landwirtschaftsverlag Hannover.
- Doleschel, P. 2006. Roggen, Pflanzliche Erzeugung München, 493-508.
- Feil, B. und Schmid, J.E. 2001. Pollenflug bei Mais, Weizen und Roggen. Schaker
- Heß, D. 1990 a. Die Blüte. Ulmer, Stuttgart S. 70-73
- Heß, D. 1990 b. Die Blüte. Ulmer, Stuttgart S. 124- 135
- Miedaner, T. 2007. Züchtung. Roggen. DLG Verlag, Frakfurt am Main S.27-51
- Roemer, T., 1931. Über die Reichweite des Pollens beim Roggen. Z. Züchtg., A. Pflanzenzüchtung 17, 14-35
- Roemer, T. 1932. Über die Reichweite des Pollens beim Roggen. Z. Pflanzenzüchtg. 17, 14-21
- Wolf, M. 2001. Markergestützte Vererbungsanalyse der Pollenfertilitätsrestauration bei Winterroggen (*Secale cereale* L.) Dissertation Universität Hohenheim
- Levin D. A. und Kerster H. W., 1974. Gene Flow in seed plants. Evolutionary Biol. 7

7.2. Internetquellen

Wikipedia 2010, u.V. Roggen Secale Ceeale, <http://upload.wikimedia.org>, Stand 02.2010

Apotheken Umschau, 2010, u.V. www.apotheken-umschau.de 2010

FAOSTAT, 2007 u.V., <http://faostat.fao.org>, 2010

Ryebelt, u.V., <http://ryebelt.de/startseite/projekt-rye-belt/geografie-des-rye-belt.html>, Stand 02.2010

7.3. Anhang

Verschiedene Oberflächenstrukturen haben unterschiedliche Mindestwindgeschwindigkeiten für die Erzeugung von Turbulenzen. Die für Turbulenzen minimale Windgeschwindigkeit variiert von 0,0001 m/sec bei Wäldern, zu 0,0008 m/sec bei hohem Graß, zu 0,09 m/sec bei Prärie-Graß (was da eine Mischform von Ober- und Untergräsern repräsentiert), bis zu 0,14 m/sec für kurzes Graß.^[45]

Tabelle 4: Entfernungen in Abhängigkeit zur Schrittlänge

| Abstand in Schritt | Schrittlänge in cm | | |
|--------------------|-------------------------------|-------|------|
| | 0,8 | 0,85 | 0,9 |
| | resultierende Entfernung in m | | |
| 5 | 4 | 4,25 | 4,5 |
| 15 | 12 | 12,75 | 13,5 |
| 30 | 24 | 25,5 | 27 |
| 60 | 48 | 51 | 54 |
| 100 | 80 | 85 | 90 |

⁴⁵ : Geiger, 1950, zitiert in Levin und Kerster, 1974

Tabelle 5: Prozentuale Fremdbefruchtung von 3 Reihigen Waringer(hellkorn Roggen) in Abhängigkeit von der Entfernung zu dem Pollendonor, einem 2 ha Petkuser Roggenbestand. Quelle: Roemer (1931)

| Entfernung vom Petkuser Roggen m | % Fremdbefruchtung | Entfernung vom Petkuser Roggen m | % Fremdbefruchtung | Entfernung vom Petkuser Roggen m | % Fremdbefruchtung | Entfernung vom Petkuser Roggen m | % Fremdbefruchtung |
|----------------------------------|--------------------|----------------------------------|--------------------|----------------------------------|--------------------|----------------------------------|--------------------|
| 16 | 5,53 | 78 | 5,51 | 188 | 7,86 | 387 | — |
| 18 | 8,05 | 72 | — | 196 | 7,85 | 402 | — |
| 20 | 6,64 | 78 | — | 204 | 6,45 | 417 | 3,85 |
| 22 | — | 84 | 7,58 | 212 | — | 432 | 3,85 |
| 24 | 7,96 | 90 | 5,24 | 222 | 4,87 | 447 | 5,35 |
| 26 | 6,45 | 96 | — | 232 | 6,90 | 462 | 4,62 |
| 28 | 8,88 | 102 | 5,47 | 242 | 5,06 | 482 | 1,44 |
| 30 | 5,97 | 108 | 7,07 | 252 | 3,15 | 502 | 1,63 |
| 32 | 4,68 | 114 | 5,17 | 262 | 5,62 | 522 | 1,21 |
| 34 | — | 120 | 4,85 | 272 | 4,12 | 542 | 2,60 |
| 36 | 6,78 | 126 | 3,90 | 282 | 5,27 | 562 | — |
| 40 | 7,28 | 132 | 5,00 | 292 | 3,19 | 582 | 3,94 |
| 44 | 3,79 | 140 | — | 302 | 2,71 | 602 | 3,84 |
| 48 | 5,93 | 148 | 3,03 | 312 | 4,00 | 622 | 3,31 |
| 52 | 8,94 | 156 | 7,05 | 327 | — | 642 | 2,02 |
| 56 | 8,63 | 164 | — | 342 | 4,55 | 662 | 2,88 |
| 60 | 7,18 | 172 | — | 357 | 3,41 | | |
| 64 | 6,13 | 180 | 3,78 | 372 | 4,52 | | |

Tabelle 6: Kreuzung innerhalb einer Versuchspazelle, bei unterschiedlichen Ausrichtungen zur Hauptwindrichtung und unter unterschiedlicher Reihenanzahl. Teil 1

| Tabelle 2. | | | | | | |
|---|---------------|-------------|-----|---------------|-------------|-----|
| Reihe | Beetrichtung | Einkreuzung | | Beetrichtung | Einkreuzung | |
| | | % | m | | % | m |
| | | a | | b | | |
| Gruppe 1: Aussaat Reihe um Reihe. | | | | | | |
| 1. | SW ↓ NO | 27,5 | 2,4 | NW ↓ SO | 42,5 | 5,6 |
| Gruppe 2: Aussaat 3 Reihen abwechselnd. | | | | | | |
| 1. | S | 35,5 | 1,3 | W | 37,1 | 0,3 |
| 2. | ↓ | 20,1 | 0,3 | ↓ | 26,9 | 0,1 |
| 3. | N | 28,2 | 0,4 | O | 28,7 | 0,2 |
| Gruppe 3: Aussaat 6 Reihen abwechselnd. | | | | | | |
| 1. | S | 43,0 | 0,4 | W | 38,6 | 0,2 |
| 2. | ↓ | 36,2 | 0,2 | ↓ | 34,6 | 0,3 |
| 3. | ↓ | 25,7 | 0,2 | ↓ | 26,8 | 0,3 |
| 4. | ↓ | 24,0 | 0,1 | ↓ | 26,3 | 0,2 |
| 5. | ↓ | 22,8 | 0,2 | ↓ | 25,6 | 0,2 |
| 6. | N | 27,2 | 0,3 | O | 24,3 | 0,1 |

Quelle: Roemer 1931

Tabelle 7: Kreuzung innerhalb einer Versuchsparzelle, bei unterschiedlichen Ausrichtungen zur Hauptwindrichtung und unter unterschiedlicher Reihenanzahl. Teil 2

| Reihe | Beet-Richtung | Einkreuzung | | Beet-Richtung | Einkreuzung | | Einkreuzungs - % mit Leinenschutz | | |
|--|---------------|-------------|-----|---------------|-------------|-----|--------------------------------------|--------------|--|
| | | % | m | | % | m | 80 cm breit | 130 cm breit | |
| | a | | b | | c | d | | | |
| Gruppe 4: Aussaat 10 Reihen abwechselnd. | | | | | | | | | |
| 1. | NW | 22,8 | 2,9 | SW | 23,8 | — | 16,6 | 12,0 | |
| 2. | | 20,7 | 3,3 | | 19,1 | 1,0 | 8,4 | 9,4 | |
| 3. | | 16,1 | 1,1 | | 14,9 | 4,0 | 3,9 | 2,6 | |
| 4. | | 17,6 | 2,6 | | 10,9 | 2,8 | 3,4 | 2,4 | |
| 5. | | 13,8 | 1,4 | | 18,3 | 4,6 | 4,0 | 7,3 | |
| 6. | | 13,8 | 1,8 | | 13,2 | 0,6 | 4,2 | 3,0 | |
| 7. | | 14,0 | 0,9 | | 11,6 | 1,1 | 3,6 | 2,4 | |
| 8. | ↙ | 10,0 | 0,0 | ↘ | 13,0 | 2,7 | 5,8 | 3,4 | |
| 9. | | 13,6 | 1,8 | | 16,1 | 0,8 | 6,1 | 3,1 | |
| 10. | SO | 13,3 | 0,4 | NO | 21,6 | 3,0 | 18,1 | 5,4 | |
| Gruppe 5: Aussaat 15 Reihen abwechselnd. | | | | | | | | | |
| 1. | SW | 36,2 | 4,9 | NW | 32,5 | 1,8 | 16,4 | 10,6 | |
| 2. | | 29,2 | 2,6 | | 24,5 | 1,9 | 10,3 | 5,9 | |
| 3. | | 21,6 | 2,7 | | 24,5 | 2,3 | 11,7 | 4,3 | |
| 4. | | 20,3 | 1,6 | | 20,7 | 1,9 | 8,3 | 5,5 | |
| 5. | | 20,4 | 4,4 | | 15,3 | 1,3 | 7,1 | 2,6 | |
| 6. | | 16,2 | 1,1 | | 17,2 | 0,7 | 5,4 | 3,6 | |
| 7. | | 13,0 | 0,7 | | 15,1 | 3,3 | 5,5 | 4,4 | |
| 8. | | 14,5 | 1,9 | | 12,3 | 0,7 | 4,5 | 3,6 | |
| 9. | | 13,1 | 3,7 | | 12,0 | 1,0 | 5,3 | 3,7 | |
| 10. | | 10,6 | 1,3 | | 9,1 | 0,2 | 4,4 | 4,9 | |
| 11. | | 12,6 | 1,0 | | 12,1 | 1,3 | 4,6 | 5,3 | |
| 12. | ↙ | 11,0 | 0,7 | ↘ | 12,9 | 3,5 | 5,2 | 5,3 | |
| 13. | | 15,0 | 3,6 | | 10,8 | 0,8 | 3,3 | 4,7 | |
| 14. | | 15,2 | 2,2 | | 12,8 | 1,0 | 15,7 | 9,4 | |
| 15. | NO | 19,2 | 1,9 | SO | 15,4 | 1,6 | 22,5 | 12,1 | |

Quelle: Roemer 1931

Eidesstattliche Erklärung

Hiermit erkläre ich, dass ich die vorliegende Arbeit selbständig und ohne unzulässige Hilfe oder Benutzung anderer als der angegebenen Hilfsmittel angefertigt habe. Ich versichere, dass Dritte von mir weder unmittelbar noch mittelbar geldwerte Leistungen für Arbeiten erhalten haben, die im Zusammenhang mit dem Inhalt der vorgelegten Bachelorarbeit stehen und dass die vorgelegte Arbeit weder im Inland noch im Ausland in gleicher oder ähnlicher Form einer anderen Prüfungsbehörde vorgelegt wurde. Alles aus anderen Quellen und von anderen Personen übernommene Material, das in der Arbeit verwendet wurde oder auf das direkt Bezug genommen wird, wurde als solches kenntlich gemacht. Insbesondere wurden alle Personen genannt, die direkt an der Entstehung der vorliegenden Arbeit beteiligt waren.

Neubrandenburg, den
Ort, Datum

Stev Austinat

Danksagung

Mein Dank gilt Herrn Prof. Dr. Thomè für die Vergabe des Themas aber auch für sein beständiges Interesse am Fortgang der Arbeit und seine hilfreichen Hinweise und Anregungen.

Für die fachliche Betreuung und Unterstützung bei dieser Arbeit gilt mein besonderer Dank Dr. Doekel. Seine stete Hilfsbereitschaft bei den großen und kleinen Problemen sowie seine gute fachliche Unterstützung

Dank gilt auch den Landwirten, für die Bereitstellung der Flächen.

Abschließend möchte ich von ganzem Herzen meiner Schwester, meinen Großeltern, Eltern und meiner gesamten Familie, für die uneingeschränkte liebevolle Unterstützung über die Jahre danken.