



Universität für Bodenkultur

¹Institut für Meteorologie und Physik

²Bundesamt für Agrarbiologie

Endbericht des Projektes:

Die Sprenkelkrankheit auf der Gerste: Untersuchung der meteorologischen Ursachen der Krankheit insbesondere der Entwicklung des Pilzes *Ramularia collo-cygni*.

¹ Mag. Dr. Herbert Formayer

² Dr. Herbert Huss

¹ DI. Sabine Eckhardt

¹ Thomas Gerersdorfer

¹ o.Univ. Prof. Dr. Helga Kromp-Kolb

Forschungsprojekt Nr. 1223

Im Auftrag des Bundesministeriums für

Land- und Forstwirtschaft

Umwelt und Wasserwirtschaft

Dezember 2001

Überarbeitet Februar 2002

Inhaltsverzeichnis

Inhaltsverzeichnis	1
I: Einleitung	2
II: Grundlagen	4
III: EU-Projekt „SPOTEX“	6
IV: Monitoring der Krankheitsdynamik	7
4.1 Experimente mit Aufnahmen im infraroten und sichtbaren Wellenlängenbereich.....	7
4.2 Monitoring- und Auswerteverfahren.....	10
4.3 Vergleich des Auswertergebnisses mit der klassischen Bonitur	13
V: Witterungsverlauf während der Feldversuche	15
5.1 Charakterisierung der Witterung während der Vegetationsperioden 2000/2001	15
5.2 Unterschiede zwischen den Standorten Lambach – Groß-Enzersdorf.....	18
5.3 Unterschiede zwischen In situ und Standardmessungen.....	21
5.4 Witterungsverlauf während der Intensivphasen der Ramulariaentwicklung	23
5.5: Messung der Sporenbefalles von Ramularia c.c.	27
VI: Krankheitsverlauf während der Feldversuche	27
VII: Folientunnelversuch	38
VIII: Kartierung der Ramulariaverbreitung in Österreich	43
IX: Schlussfolgerungen und Ausblick	45
X: Zusammenfassung/Summary	47
10.1 Zusammenfassung.....	47
10.2 Summary	48
XI: Literatur	53

I: Einleitung

Die Sprenkelkrankheit zählt in Mittel- und Nordwesteuropa zu den wirtschaftlich bedeutendsten Gerstenkrankheiten, trotzdem ist über deren Erreger *Ramularia collo-cygni* fast nichts bekannt. Dies liegt einerseits daran, dass dieser Pilz in seiner Bedeutung lange Zeit verkannt wurde und er andererseits in Großbritannien, Norwegen und in Südwestdeutschland erst in den letzten Jahren so massiv aufgetreten ist.

Die österreichweiten Kartierungen der Sprenkelkrankheit durch Dr. Huss zeigen ein klar abgegrenztes Auftreten dieser Krankheit. Dies dürfte auf die lokalklimatischen Unterschiede dieser Gebiete zurückzuführen sein. Auch Arbeiten aus Bayern weisen auf meteorologische Ursachen bei der Sprenkelkrankheit hin, wobei man dort von abiotischen Ursachen ausgeht. Nach Dr. Obst (OBST et. al. 1995) wird die Sprenkelkrankheit durch die Globalstrahlung verursacht. In Österreich geht man aufgrund der Arbeiten von Dr. Huss seit Mitte der 80er Jahre (HUSS et. al. 1987) davon aus, dass der Pilz *Ramularia collo cygni* (R.c.c.) der Verursacher dieser Krankheit ist.

Durch mikrometeorologische Messungen und gleichzeitiges Monitoring der Krankheitsentwicklung durch ein objektives Bildauswerteverfahren werden die meteorologischen Bedingungen der Krankheitsentwicklung untersucht. Um die Entwicklung der Sprenkelkrankheit möglichst ungestört untersuchen zu können, beschränkt sich die Analyse auf die Wintergerste und hier auf die beiden Sorten „Virgo“ und „Dido“. Bei diesen beiden Wintergerstensorten kann die Sprenkelkrankheit meist als einzige Krankheit beobachtet werden (mit vereinzeltm Auftreten von Netzflecken), wo hingegen bei anderen Gerstensorten eine Überlagerung mit anderen Krankheiten erfolgt. Bei der Sommergerste findet oft ein gemeinsames Vorkommen von Sprenkelkrankheit und Zwergrost statt. Da beide Krankheiten ein ähnliches Erscheinungsbild haben ist eine Zuordnung mittels Bildauswertung nicht einfach.

Da im weiteren nur noch auf die beiden Sorten Virgo und Dido eingegangen wird, die Resistenzeigenschaften verschiedener Gerstensorten für die Züchtung resistenter Sorten jedoch sehr wichtig ist, wird bereits hier in Tabelle 1.1 eine Zusammenstellung der

Resistenzigenschaften verschiedenen Gerstensorten bezüglich *Ramularia* widergegeben. Die Bonitur erfolgte durch Dr. Huss am 30. Mai 2000. Die Wintergerste war zu dem Zeitpunkt im phänologischen Stadium der mittleren Milchreife.

Tabelle 1.1: Abschätzung der Resistenzeigenschaften verschiedener Wintergerstensorten in Stadl-Paura im Mai 2000. Die Boniturstufe 1 bedeutet keinen Befall, 9 sehr starken Befall.

ABED 41197	6
AC 89/92/4	7
Astrid	7
Balaki	7
BR 2963 A 72	7
Camera	6
Carola	5
Dido	7
ENG 430/88/3	7
ENG 466/86/7B	6
F 10272	7
Holli	6
Lorena	6
Ludmilla	6
Montana	6
NS 1926	8
NS 97/9091	6
P 6568	6
P 7216	6
Petra	7
Reni	6
Sarafina	6
SE 2419	7
SL 115/86-7A	6
SL 137/91-9	7
SL 44/91-8	7
SL 45/91/3	6
SL 8/91-9	8
Virac	7
Virginia	7
Virgo	7

Da im Zuge dieses österreichischen Projektes nur die meteorologischen bzw. klimatologischen Bedingungen für die Krankheitsentwicklung untersucht werden, diese Entwicklung jedoch ein komplexes Zusammenspiel von Pflanze, Pilz und Umweltfaktoren ist, wurde innerhalb dieses Projektes versucht ein interdisziplinäres EU-Forschungsprojekt zu initiieren.

II: Grundlagen

Die Ramularia-Blattflecken - oder Sprenkelkrankheit tritt nach dem Ährenschieben der Gerste in Form kleiner, braunschwarzer Flecken in Erscheinung. Betroffen sind zunächst die Blätter, beginnend bei den unteren Blattetagen, zum Schluss folgen die Grannen und Halme, somit sämtliche assimilierenden Organe der Gerste. Der Krankheitsverlauf ist mitunter dramatisch. Binnen 10 Tagen kann es zum Absterben des gesamten Blattapparates kommen (HUSS und SACHS, 1998).

Obwohl die Sprenkel- oder Ramularia-Blattfleckenkrankheit in Mittel- und Nordwesteuropa zu den wirtschaftlich bedeutendsten Gerstenkrankheiten zu zählen ist, ist über deren Erreger *Ramularia collo-cygni*, verglichen mit den anderen bedeutenden Getreidepathogenen, fast nichts bekannt (BURKE et. al. 2000, HUSS 2000, SALAMATI 2001). Dies liegt einerseits daran, dass dieser Pilz trotz der Arbeiten von Huss (HUSS et al. 1987, 1992, 1995, 1998) in seiner Bedeutung lange Zeit verkannt wurde und er andererseits in Großbritannien, Norwegen, Tschechien und in Südwestdeutschland erst in den letzten Jahren so massiv aufgetreten ist, dass er dort für die Landwirtschaft zu einem ernstzunehmenden Problem geworden ist.

R. c.-c. ist nach HUSS und SACHS (1998) ein Pilz, dessen Konidienträgerbüschel erst nach Absterben von Gewebepartien des Gerstenblattes in Erscheinung treten. Dies bedeutet, dass der Pilz während der Ausprägung der charakteristischen „Sprenkelsymptome“ auf der Blattoberfläche lichtmikroskopisch meist noch nicht nachweisbar ist. Dieser Umstand führte OBST et. al. (1995) zur Annahme, dass es sich bei *R. c.-c.* um keinen Parasiten, sondern lediglich um einen Saprophyten, also einen Sekundärbesiedler, handelt. Sie machen die Sonnenstrahlung für die Sprenkelkrankheit verantwortlich und sprechen von „nichtparasitären Blattverbräunungen“. Nach OBST et. al. (1998) ist für das Auftreten der Sprenkelkrankheit nach dem phänologischen Stadium „Ährenschieben“ eine Schlechtwetterperiode mit verminderter Globalstrahlung notwendig, in der die Strahlungsresistenz der Pflanze reduziert wird. Tritt danach eine Schönwetterperiode auf, kommt es zur Ausbildung der Symptome. Obwohl durch Infektionsversuche *R. c.-c.* als Verursacher der Sprenkelsymptome der Gerste belegt ist (HUSS & SACHS, 1998), ist die „Sonnentheorie“ insbesondere in Bayern weit

verbreitet. Die agrarmeteorologischen Studien während dieses Projektes liefern auch einen Beitrag zur Klärung dieses Widerspruch.

Die Kartierungen der Befallsgebiete von Dr. Huss (Huss et al., 1992) zeigen klar abgegrenzte Regionen. Dies legt die Vermutung nahe, dass hier lokalklimatische Unterschiede eine Rolle spielen. Es zeigt sich, dass die Trockengebiete im Osten und Nordosten nicht befallen sind, und auch die trockeneren inneralpinen Täler verschont bleiben. Über die Entwicklung von *Ramularia collo-cyngi* auf der Gerste gibt es jedoch noch keine meteorologischen Untersuchungen.

Von anderen Pilzkrankungen (z. B. Griffiths, 1994) ist bekannt, dass meteorologische Parameter wie Temperatur und Feuchtigkeit, aber auch die Dauer der Blattbenetzung durch Tau und Niederschlag eine große Rolle spielen können. Generell muß man aber davon ausgehen, dass mehrere Umweltfaktoren, wie phänologische Entwicklungsphase und meteorologische Bedingungen, zusammenfallen müssen (Wilcox et al., 1994).

Durch die genaue Kenntnis des Einflusses der meteorologischen Bedingungen auf den Krankheitsverlauf ist es möglich, den Einsatz von Pflanzenschutzmitteln zu optimieren und dadurch die Umweltbelastung aber auch die Kosten für den Pflanzenschutz zu verringern (WMO, 1988).

Ein wichtiger Faktor für die Ertragsschädigung durch *R. c. - c.* ist der Zeitpunkt des Einsetzens der raschen Krankheitsentwicklung (HUSS & SACHS, 1998). Findet diese in einem frühen phänologischen Stadium statt, sind die Ertragsverluste ausgeprägter, da mehr assimilierende Pflanzenteile geschädigt werden. Da der Krankheitsverlauf extrem rasch stattfindet, sind hierzu sehr aufwendige manuelle Bonitierungen notwendig. Diese Bonitierungen sind aufgrund des Krankheitsbildes; kleine braune Flecken; sehr schwierig, da die befallene Blattfläche nur ungenau geschätzt werden kann. Durch ein objektives Bonitierungsverfahren, basierend auf Techniken der Bildauswertung, kann ein einheitliches Monitoring der Pilzentwicklung gewährleistet werden, welches die Vergleichbarkeit verschiedener Studien erleichtert.

III: EU-Projekt „SPOTEX“

Das es sich bei der Sprengelkrankheit nicht nur um ein österreichisches Problem handelt wurde bereits erwähnt. Um dieses Projekt in einen internationalen Kontext zu stellen, wurde ein EU-Projekt ausgearbeitet und eingereicht. Dies war schon deswegen notwendig, weil es sich bei der Sprengelkrankheit um ein sehr komplexes Problem handelt, in dem sehr viele Faktoren wie Pflanzen- und Pilzpathologie und Physiologie eine Rolle spielen und dieses Projekt hauptsächlich die meteorologischen Aspekte dieser Krankheit untersucht.

Innerhalb dieses Forschungsprojektes war auch die Anbahnung eines EU-Projektes im Rahmen des Aufrufes 5.1.1 „Nachhaltige Landwirtschaft“ der Europäischen Kommission mit Stichtag 11. Oktober 2000 inkludiert. Da das Institut für Meteorologie und Physik (IMP) hierbei als Projektkoordinator auftrat, waren umfangreiche Aktivitäten notwendig.

Als erster Schritt wurde mittels eines nationalen Workshops Ende Juni in Wien versucht, alle österreichischen Institutionen die sich mit der Sprengelkrankheit beschäftigen, mit der Möglichkeit eines EU-Projektes vertraut zu machen.

Anfang Juli 2000 beteiligten sich Frau Prof. Kromp-Kolb und Dr. Huss am „Barley Spot Meeting“ in Dublin, um die notwendigen internationalen Kooperationspartner für unser Projekt zu gewinnen. Bei diesem Meeting wurde unsere Idee begeistert aufgenommen und ein internationaler Workshop zur genaueren Planung Anfang August in Wien vereinbart. Innerhalb dieses Workshops konnte ein grober Projektplan für das Projekt „SPOTEX“ (Barley Spots - A New Disease Complex in Europe) erarbeitet werden. Für die weitere Kommunikation zwischen den beteiligten Institutionen wurde am IMP eine Projekthomepage eingerichtet und gewartet.

Für die endgültige Ausarbeitung und Kostenplanung war Mitte September ein weiteres internationaler Workshop in Edinburg notwendig. Dank der intensiven Mitarbeit aller

beteiligten Partner konnte der EU-Antrag fristgerecht eingereicht werden. Dem BMLFUW wurde ein Exemplar des Antrages im Oktober 2000 als Teil des Zwischenberichtes zugesandt.

Leider kam durch die EU keine Finanzierung unseres Projektes zustande. In der wissenschaftlichen Begutachtung wurde unser Projekt jedoch als „ambitioniert“ eingestuft und wir wurden explizite aufgefordert unser Projekt bei einem anderen „Aufruf“ erneut einzureichen.

Während des „Barley Spot Meeting“ im Juli 2001 in Freising (Bayern) wurde die Wiedereinreichung des SPOTEX-Antrages ausführlich mit allen beteiligten Partnern diskutiert, und fristgerecht wurde der überarbeitete SPOTEX-Antrag Mitte Oktober 2001 erneut eingereicht. Dem Auftraggeber wird mit diesem Endbericht auch eine digitale Version und ein gebundenes Exemplar des Antrages 2001 übergeben.

Auf dem Meeting in Freising wurden auch erste Ergebnisse dieses Projektes vorgestellt und mit großem Interesse aufgenommen. Vom 11. bis 12. Dezember findet in Cambridge ein weiteres Treffen der „Barley Spot Group“ statt, bei dem die Endergebnisse dieses Projektes präsentiert werden.

IV: Monitoring der Krankheitsdynamik

4.1 Experimente mit Aufnahmen im infraroten und sichtbaren Wellenlängenbereich

Ein wichtiger Aspekt bei der Sprenkelkrankheit ist deren dynamische Entwicklung. Um diese quantitativ beschreiben zu können, wurden während der Vegetationsperiode 2000 umfangreiche Experimente mittels Kameras sowohl im infraroten als auch im sichtbaren Spektralbereich durchgeführt. Hierfür wurde zusammen mit der Arbeitsgruppe „Thermographie“ der Universität Wien, eine hochauflösende Infrarotkamera im thermischen Bereich (Wellenlänge 8 – 14 μm) verwendet. Ziel war es, ein flächiges Monitoring von Pflanzenbeständen zu ermöglichen.

Erste Versuche vor Ort zeigten jedoch die Schwierigkeiten dieses Vorhabens. Die Aufnahmen mit den Kameras sollten mitten im Bestand durchgeführt werden, da man ansonsten mit

unerwünschten Randeffekten rechnen muß. In Abbildung 4.1 ist eine solche Aufnahme im sichtbaren- und in Abbildung 4.2 im infraroten Wellenlängenbereich dargestellt. Man erkennt sehr deutlich, dass von oben hauptsächlich die Ähren und die Grannen zu sehen sind. Wie in Kapitel 2 beschrieben und in Kapitel 6 dokumentiert, entwickeln sich die Blattflecken zuerst auf den unteren Blättern, wandern danach die Blattetagen hinauf und erst zum Schluß werden auch die Ähren und Grannen befallen. Da die Aufgabe des Monitorings die Dokumentation der Krankheitsentwicklung ist, von oben jedoch hauptsächlich jene Pflanzenteile gesehen werden die zuletzt Symptome entwickeln, zerstörte dies unsere Hoffnungen auf ein flächiges Monitoring im Felde.



Abb. 4.1: Aufnahme eines Gerstenfeldes von oben mit optischer Digitalkamera. Die Blätter werden großteils durch die Ähren und Grannen verdeckt.

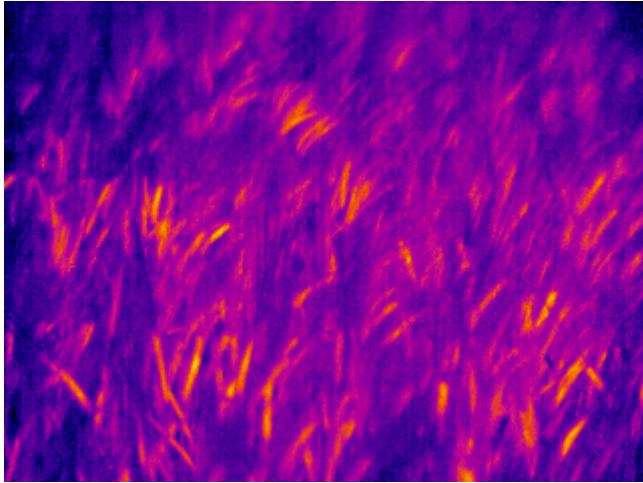


Abb. 4.2: Aufnahme eines Gerstenfeldes von oben mit Infrarotkamera (Wellenlänge 8-14 μm).

Als nächstes untersuchten wir Aufnahmen mit einzelnen Blättern. In Abbildung 4.3 ist eine Aufnahme in Infrarot dargestellt. Zwar erkennt man auch in dieser Aufnahme unterschiedlich temperierte Bereiche, die auch Flecken zugeordnet werden können, die Auflösung ist jedoch wesentlich schlechter als im sichtbaren Bereich (siehe Abbildungen 4.4 bis 4.7).

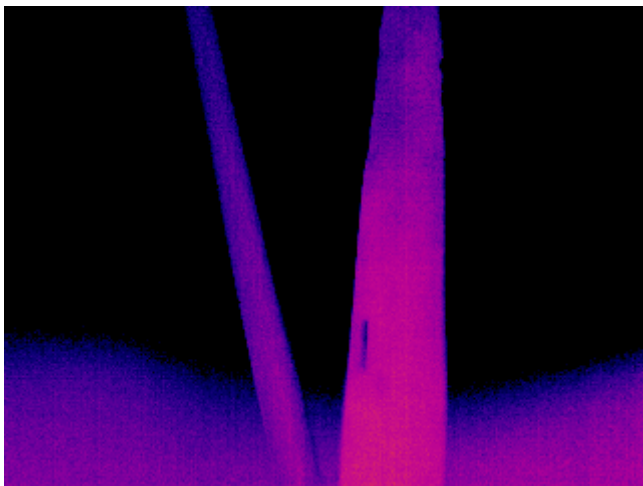


Abb. 4.3: Detailaufnahme eines Gerstenblattes im Infrarot.

Durch die unbefriedigenden Ergebnisse der Infrarotaufnahmen im thermischen Bereich, die Notwendigkeit des Monitorings von einzelnen Blättern und den ausgezeichneten Ergebnissen hierbei im sichtbaren Bereich, wurde auf weitere Tests mit Kameras im nahen Infrarot verzichtet.

4.2 Monitoring- und Auswerteverfahren

Das Monitoring des Krankheitsverlaufes erfolgt durch digitale Bildaufnahme von Blättern. Mittels digitaler Bildbearbeitung mit dem geographischen Informationssystemen „ArcInfo“ und „ArcView“ kann aus diesen Bildern sowohl die Blattfläche als auch die Fläche der Flecken quantitativ bestimmt werden. Hierzu wird als erster Schritt eine Aufnahme von Blättern mit verschieden starken Ramulariabefall gemacht (siehe Abbildung 4.4). Danach werden verschiedene Farbbereiche als Gruppen definiert. Dabei werden folgende Einteilungen getroffen:

- **Hintergrund**
- **Grüne Blattfläche**
- **Gelbe Blattfläche**
- **Flecken**

Wichtig für diese Auswertung ist, dass bei den Aufnahmen immer die gleichen Belichtungsverhältnisse herrschen. Dies wird am besten durch die Verwendung eines Scanners erreicht. Sind die Farbbereiche definiert, werden diese auf alle weiteren Bilder angewandt. In den Abbildungen 4.5 bis 4.7 sind Ergebnisse des Auswerteverfahrens für Blätter mit verschiedenen Ramulariabefall dargestellt. Flächen die vom Modell als grüne Blattfläche erkannt werden sind grün punktiert, die gelben Blattflächen gelb punktiert und die als Flecken identifizierte Flächen sind rot umrandet. Die Ergebnisse sind durchaus zufriedenstellend und ermöglichen eine objektive quantitative Bestimmung der befallenen Blattfläche. Wichtig hierbei ist, dass das Auswerteverfahren die Flecken nur aufgrund der Farbe, jedoch nicht nach der Form erkennt. Bei der Auswahl der zu scannenden Blätter muß daher sichergestellt werden, dass nur Ramulariaflecken auf den Blättern vorhanden sind. Da jedoch auf Blättern immer wieder auch einzelne Netzflecken vorkommen (speziell auf den unteren Blattetagen), wird der Anteil der Flecken durch das Verfahren etwas überschätzt, wobei diese Überschätzung maximal 5 Prozent beträgt.

Während der Vegetationsperioden 2000/2001 wurden kontinuierlich rund alle 2 bis 3 Tage Pflanzenproben von zwei Gerstensorten (sowohl unbehandelt als auch mit Fungiziden behandelt) entnommen und gepresst. Diese wurden später nach Blattetagen sortiert gescannt (Oberseite des Blattes) und mit dem Auswerteverfahren analysiert. Dadurch bekommt man einen kontinuierlichen Verlauf der befallenen Blattfläche in den verschiedenen Blattetagen.

Da hierbei einige hundert Aufnahmen analysiert werden mußten, war es unbedingt notwendig, das Auswerteverfahren zu automatisieren.



Abbildung 4.4: Aufnahme von Gerstenblättern mit verschieden starken Ramulariabefall für die Definition der verschiedenen Farbgruppen.



Abbildung 4.5: Ergebnis des Auswerteverfahren bei noch relativ grünen Gerstenblättern.

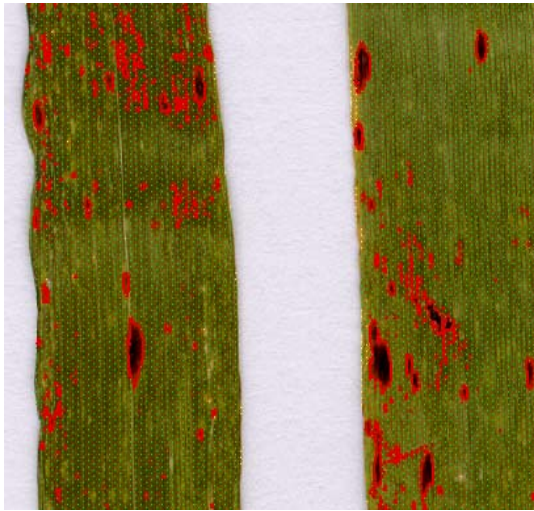


Abbildung 4.6: Detailausschnitt aus Abbildung 4.5.

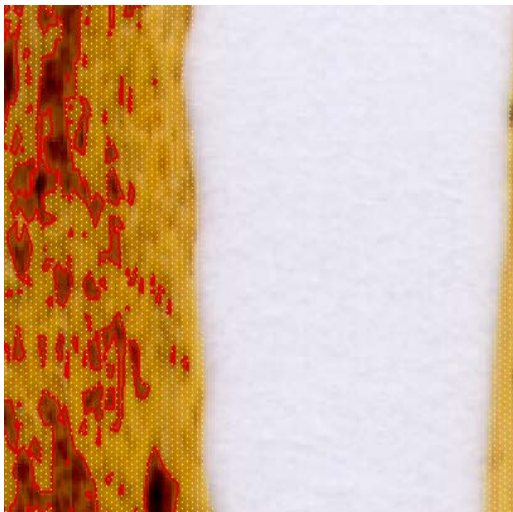


Abbildung 4.7: Ergebnis des Auswerteverfahrens bei bereits gelben Gerstenblättern.

4.3 Vergleich des Auswertergebnisses mit der klassischen Bonitur

Ein wesentlicher Unterschied zwischen unserem Auswertverfahren und der klassischen Bonitur ist, dass bei der klassischen Bonitur durch einen Beobachter die ganze Pflanze beurteilt wird, in unserem Verfahren hingegen Informationen aus einzelnen Blatttagen gewonnen wird. Trotzdem ist es wichtig sicherzustellen, dass zwischen den beiden Verfahren eine hohe Korrelation besteht und zumindest eine grobe Umrechnung der Ergebnisse möglich ist.

In den Abbildungen 4.8 bis 4.10 sind die Ergebnisse des Auswertverfahrens für die Sorte Virgo im Jahre 2001 für das Fahnenblatt und die Blatttagen F-1 und F-2 und die Ergebnisse der klassischen Bonitur (Boniturstufen 1 bis 10) dargestellt. Man erkennt, dass an den beiden obersten Blatttagen bis zum 28. Mai noch keine Symptome auftreten, obwohl durch die Bonitur bereits die Stufe 4 angegeben wird. Betrachtet man zusätzlich das Blattniveau F-2, sieht man, dass während dieser Zeit der grüne Blattflächenanteil von über 80 Prozent auf rund 20 Prozent reduziert wird. Bis zum 31. Mai steigt die Bonitur auf Stufe 5, verbunden mit einem starken Absterben auf der Ebene F-1 und dem totalen Absterben von F-2. Der weitere Anstieg der Bonitur auf Stufe 8 bis zum 7. Juni geht einher mit dem vollständigen Absterben von F-1 und der starken Reduktion der grünen Blattfläche am Fahnenblatt auf unter 20 Prozent.

Dies zeigt, dass die Ergebnisse des objektiven Auswertverfahrens durchaus mit den Ergebnissen der klassischen Bonitur verglichen werden können. Dabei müssen jedoch die Ergebnisse der obersten drei Blatttagen verwendet werden. Um eine Umrechnungsfunktion angeben zu können, müssten mehrere Jahre an gleichzeitiger Bewertung vorhanden sein. Grob kann man davon ausgehen, dass bis zu einer Boniturstufe 3 bis 4 die obersten beiden Blatttagen noch nicht betroffen sind, sondern sich die Symptome auf der Ebene F-2 manifestieren. Ab der Stufe 4 bis 5 zeigt auch die Ebene F-1 Befallserscheinungen und ab Stufe 6 ist auch das Fahnenblatt betroffen. In den Darstellungen erkennt man auch, wie rasch die Entwicklung der Krankheit vor sich geht und wie oft bonitiert werden muß um ein klares Bild des Krankheitsverlaufes zu bekommen.

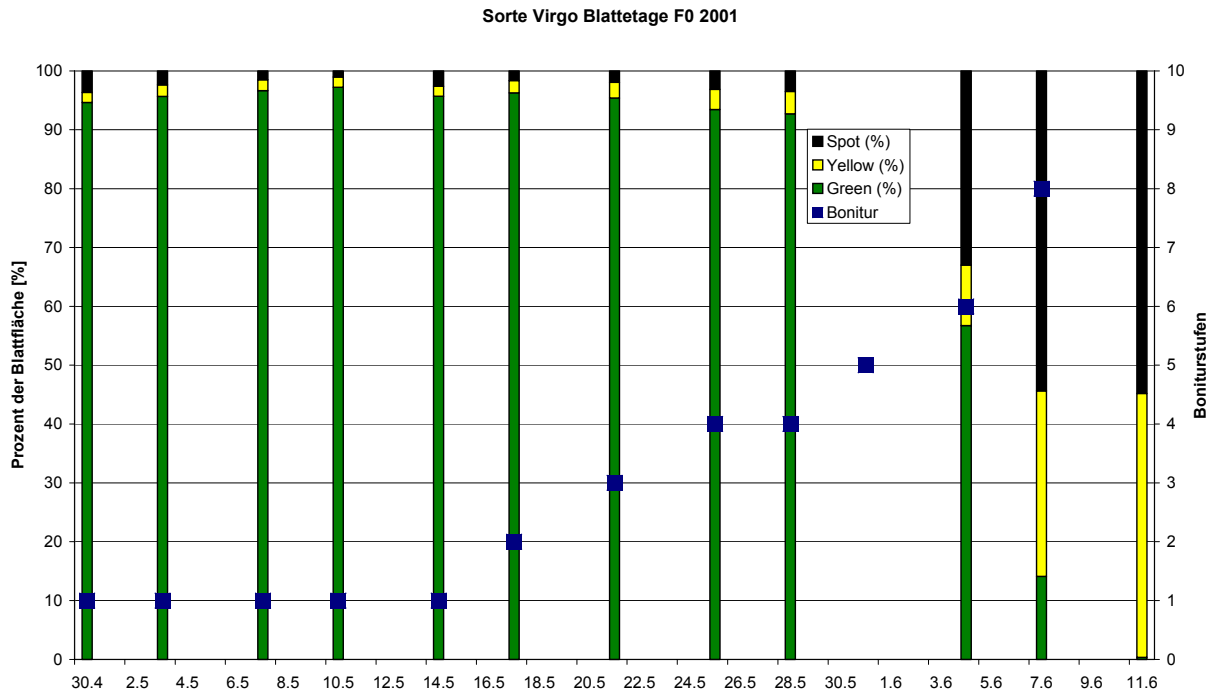


Abb. 4.8: Vergleich der Ergebnisse des objektiven Auswerteverfahrens mit der klassischen Bonitur für die Sorte Virgo (Fahnenblatt) im Jahre 2001.

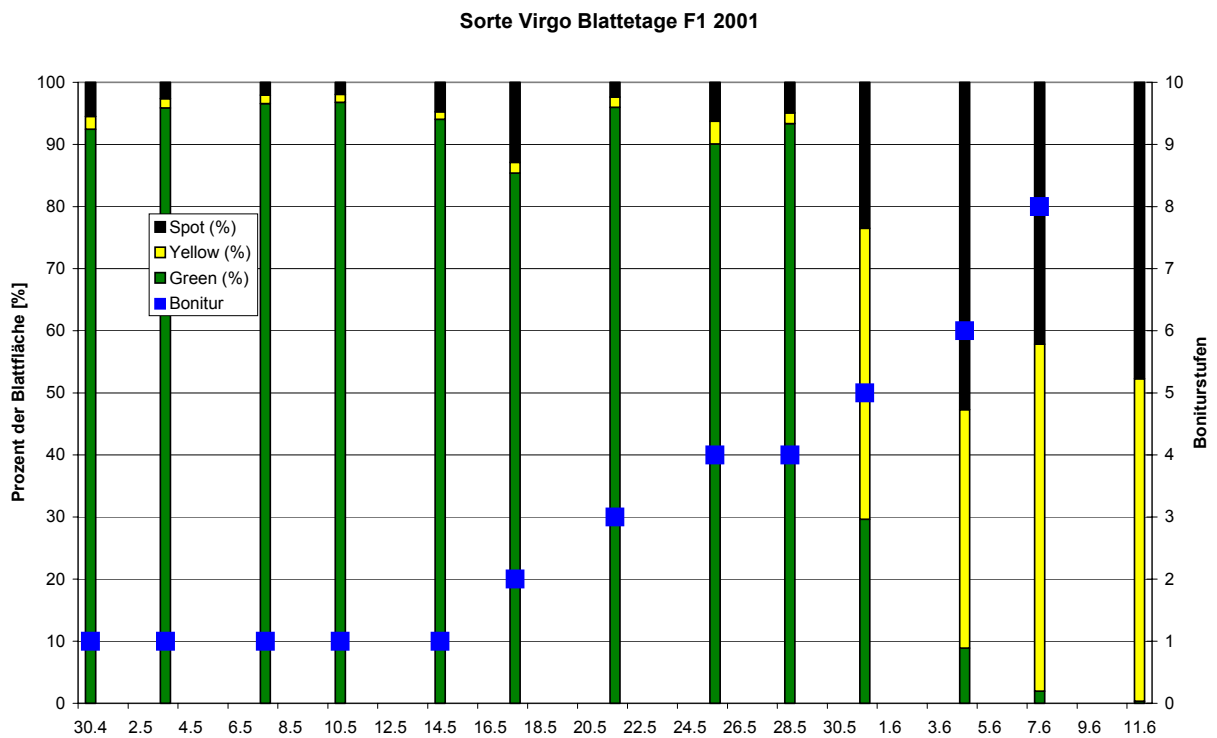


Abb. 4.9: Vergleich der Ergebnisse des objektiven Auswerteverfahrens mit der klassischen Bonitur für die Sorte Virgo (Blattetage F-1) im Jahre 2001.

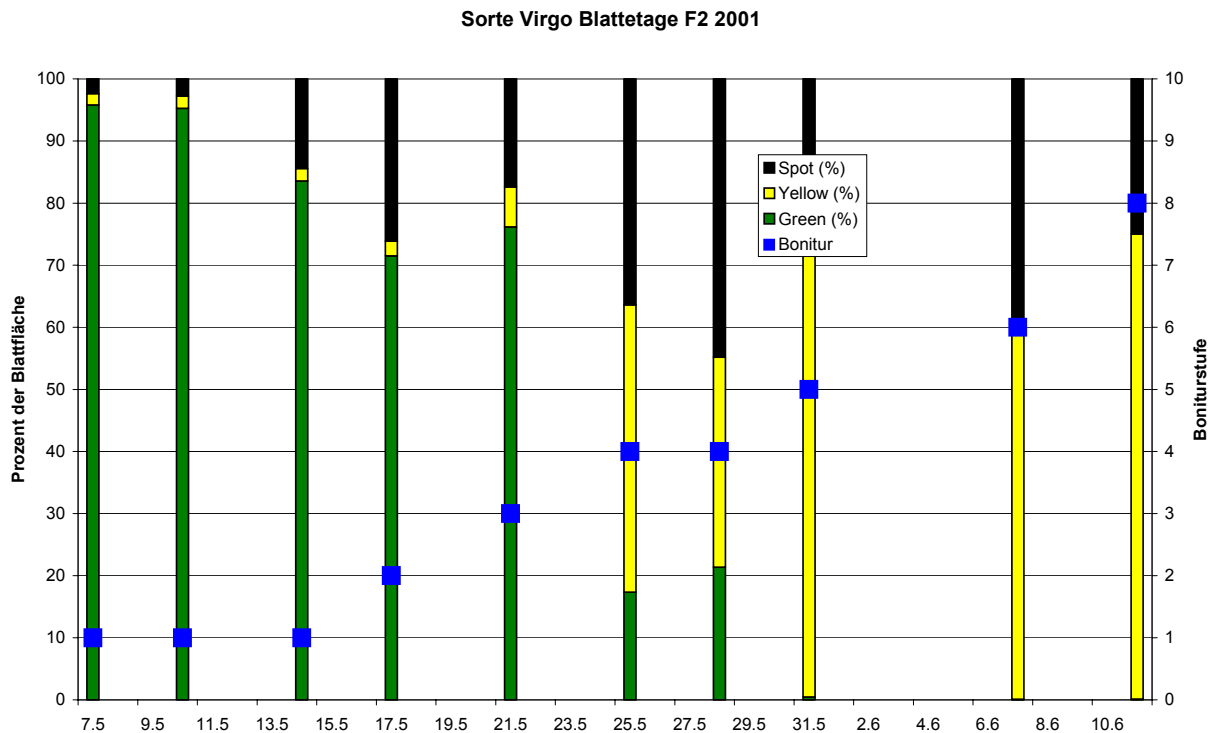


Abb. 4.10: Vergleich der Ergebnisse des objektiven Auswerteverfahrens mit der klassischen Bonitur für die Sorte Virgo (Blatttete F-2) im Jahre 2001.

V: Witterungsverlauf während der Feldversuche

5.1 Charakterisierung der Witterung während der Vegetationsperioden 2000/2001

In den beiden Versuchsjahren 2000 und 2001 hat es im ersten Halbjahr durchaus unterschiedliche klimatische Bedingungen gegeben. In Abbildung 5.1 und 5.2 sind die Monatsmitteltemperatur und die Niederschlagssumme von Jänner bis Juli für die Jahre 2000 und 2001 und das 30jährige Mittel in Lambach dargestellt. Zwar waren insgesamt beide Halbjahre wärmer als im Mittel, bei den für die Wintergerste besonders wichtigen Monaten April bis Juni treten jedoch große Unterschiede auf. So war im Jahre 2001 der April und der Juni normal temperiert und nur der Mai zu warm, im Jahr 2000 hingegen waren sowohl der April als auch der Mai viel zu warm, was zu einer sehr raschen Entwicklung der Wintergerste führte.

Im Jahr 2000 fiel im April und im Juni viel zu wenig Niederschlag. Dies dürfte auf die Entwicklung der Wintergerste jedoch kaum einen Einfluß gehabt haben, da im April der

Boden noch vom Winter her gut mit Wasser versorgt war und im Juni war das vegetative Wachstum bereits abgeschlossen. Die zu geringen Niederschläge im Mai 2000 dürften jedoch einen Einfluß auf die Entwicklung gehabt haben. Die sehr sonnigen, warmen und niederschlagsarmen Maitage ab der zweiten Maiwoche (siehe auch Abbildung 5.10) führten zu einer sehr raschen Entwicklung der Wintergerste ab diesem Zeitpunkt.

In der Tabelle 5.1 ist die phänologische Entwicklung der beiden Sorten Virgo und Dido für die beiden Versuchsjahre zusammengestellt. Zusätzlich zum „Ährenschieben“ werden für die Sorte Virgo auch die Stadien 73 (Frühe Milchreife) und 75 (Mittlere Milchreife) angegeben. Aus den Angaben erkennt man, dass die Sorte Dido um rund 5 Tage früher das Stadium Ährenschieben erreicht als die Sorte Virgo. Wie schon oben besprochen führte der zu warme April im Jahre 2000 zu einer um rund 9 Tage rascheren Entwicklung bei der Wintergerste bis zu Ährenschieben. Der sehr schöne Mai 2001 führte jedoch wieder zu einem Abbau dieses Entwicklungsvorsprunges, sodass bei der Sorte Virgo die mittlere Milchreife in beiden Jahren zeitgleich Ende Mai stattfand.

Tabelle 5.1 Phänologische Entwicklung der Sorten Virgo und Dido

Sorte	Jahr	Ährenschieben	Frühe Milchreife	Mittlere Milchreife
Virgo	2000	4. Mai	22. Mai	31. Mai
Dido	2000	30. April		
Virgo	2001	13. Mai	25. Mai	31. Mai
Dido	2001	8. Mai		

Temperaturverlauf Jänner bis Juli 2000/2001 und im 30 jährigen Mittel in Lambach

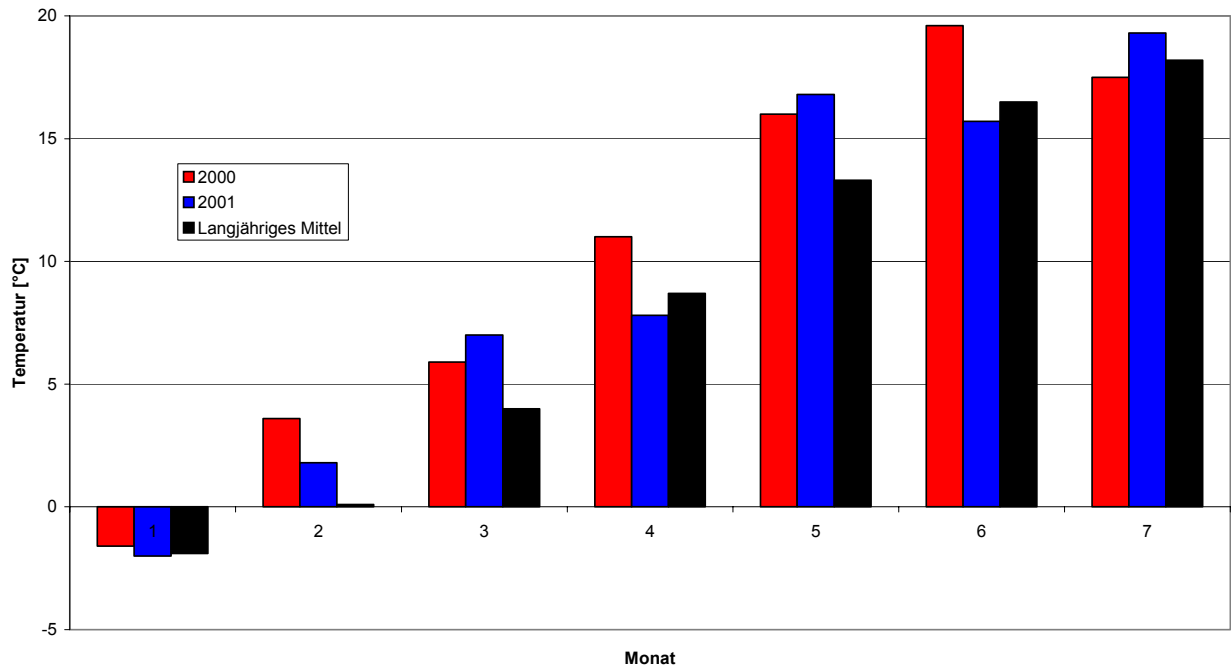


Abb. 5.1: Verlauf der Temperatur (Jänner bis Juli) 2000/2001 und Vergleich mit dem 30 jährigen Mittel in Lambach. Speziell der viel zu warme April im Jahr 2000 führte zu einer rascheren Entwicklung der Wintergerste im Vergleich zu 2001.

Niederschlagverlauf Jänner bis Juli 2000/2001 und im 30 jährigen Mittel in Lambach

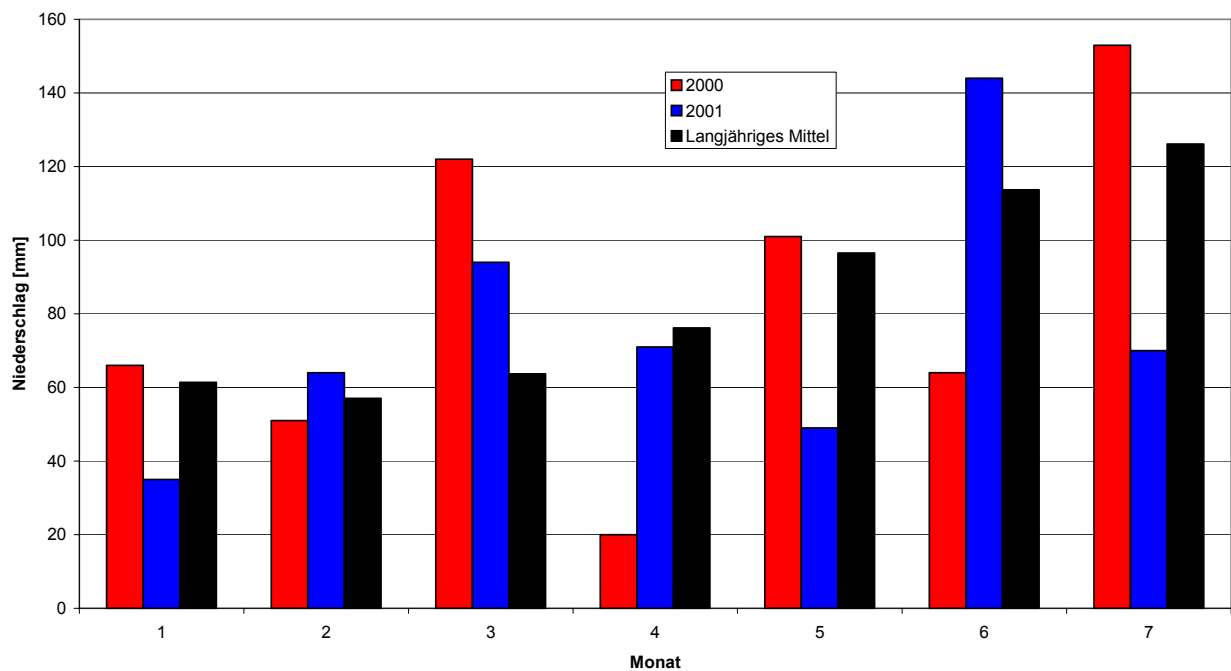


Abb. 5.2: Verlauf des Niederschlags (Jänner bis Juli) 2000/2001 und Vergleich mit dem 30 jährigen Mittel in Lambach. Der Mai 2001 war außergewöhnlich trocken.

5.2 Unterschiede zwischen den Standorten Lambach – Groß-Enzersdorf

Im Jahre 2000 wurden auf einem mit *Ramularia* befallenen Feld (Lambach) und einem unbefallenen Feld (Groß-Enzersdorf) je eine agrarmeteorologische Station aufgebaut, welche alle relevanten Parameter sowohl im als auch über dem Bestand erfassen. Im Jahre 2001 wurde auf eine Messung in Groß-Enzersdorf verzichtet, da die Messungen dort hauptsächlich dazu dienten sicherzustellen, dass die Differenz zwischen Bestandesmessungen und Standardmessungen der meteorologischen Parameter in Groß-Enzersdorf und Lambach gleich sind. Aus diesen Messungen im Jahre 2000 wurden auch die wichtigsten meteorologischen Unterschiede dieser beiden Standorte ermittelt.

Bei der Temperatur (Tagesmittel) zeigt sich für diesen Zeitraum nur der relativ geringe Unterschied von 0.6 Grad (siehe Abbildung 5.3). Der Verlauf der Temperaturen ist sehr hoch korreliert, das heißt wenn es in Lambach warm ist, ist es dies auch in Groß-Enzersdorf. Das selbe gilt für die Globalstrahlung (Abbildung 5.4). Für die Globalstrahlung (Tagessumme) fallen die Maxima in Lambach meist geringer aus als in Groß-Enzersdorf, da es in Lambach durch die Nähe zu den Alpen selbst bei Schönwetterbedingungen bedingt durch die konvektive Bewölkung zu leichter Abschattung am Nachmittag kommt.

Beim Tagesmittel der Luftfeuchtigkeit weist Lambach durchschnittlich ein höheres Niveau von rund 6 Prozent auf als Groß-Enzersdorf (Abbildung 5.5). Speziell die Anzahl der Tage mit einem Mittel um 80 Prozent ist wesentlich höher als in Groß-Enzersdorf. Dies wird sofort verständlich, wenn man sich in Abbildung 5.6 die Darstellung des Niederschlagsverhaltens an den beiden Orten ansieht. Hier erkennt man den stärksten Unterschied zwischen den beiden Regionen. In Lambach gibt es in der Periode vom 20. April bis 30. Juni 29 Tage mit Niederschlag (also fast jeder zweite Tag), hingegen in Groß-Enzersdorf nur 13 Tage. Der akkumulierte Niederschlag beträgt in Lambach 168 mm und in Groß-Enzersdorf nur 42 mm. Dies scheint die Vermutung zu bestätigen, dass für die Entwicklung der Sprenkelkrankheit die Feuchtigkeit- und/oder die Blattnässeverhältnisse von großer Bedeutung sind. Diese Ergebnisse werden auch durch die Darstellungen der langjährigen Mittel für Niederschlagssummen und Tage mit Niederschlag der ZAMG (siehe Abbildungen 8.2 und 8.3) bestätigt.

Vergleich der Tagesmitteltemperaturen zwischen Lambach und Groß-Enzersdorf im Frühjahr 2000

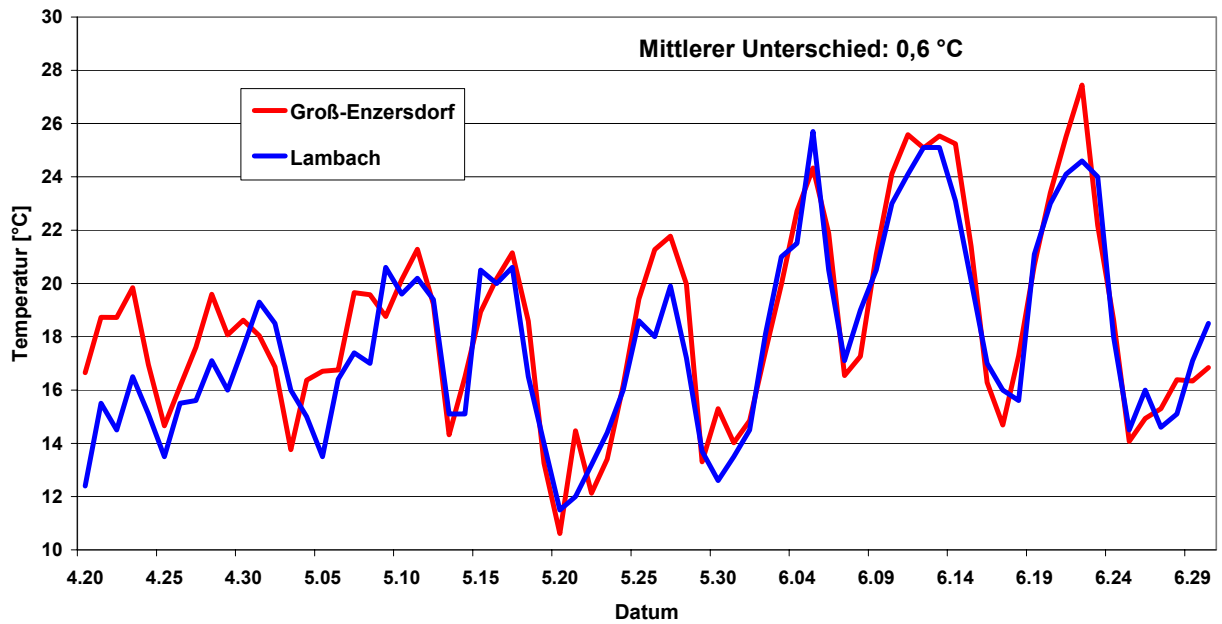


Abb. 5.3: Vergleich der Tagesmitteltemperaturen während der Periode 20. April bis 30. Juni 2000 in Lambach und Groß-Enzersdorf.

Vergleich der Tagessumme der Globalstrahlung zwischen Lambach und Groß-Enzersdorf im Frühjahr 2000

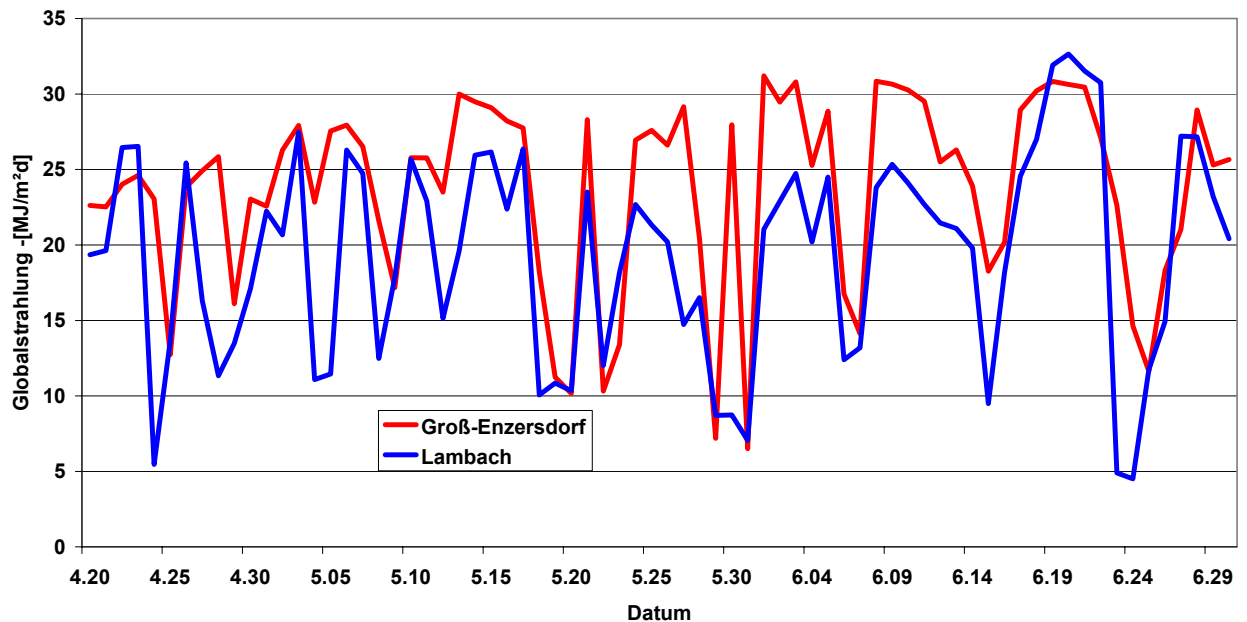


Abb. 5.4: Vergleich der Tagesmittel der Globalstrahlung während der Periode 20. April bis 30. Juni 2000 in Lambach und Groß-Enzersdorf.

Vergleich der Tagesmittel der Luftfeuchte zwischen Lambach und Groß-Enzersdorf im Frühjahr 2000

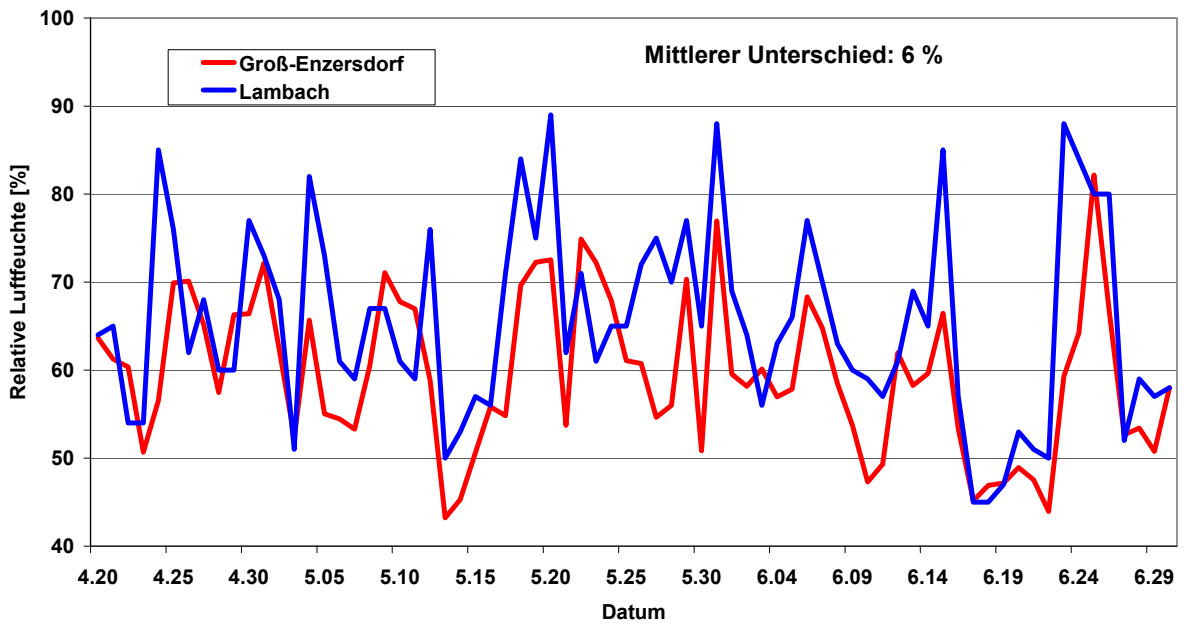


Abb. 5.5: Vergleich des Tagesmittels der Luftfeuchtigkeit während der Periode 20. April bis 30. Juni 2000 in Lambach und Groß-Enzersdorf.

Vergleich des Niederschlages zwischen Lambach und Groß-Enzersdorf im Frühjahr 2000

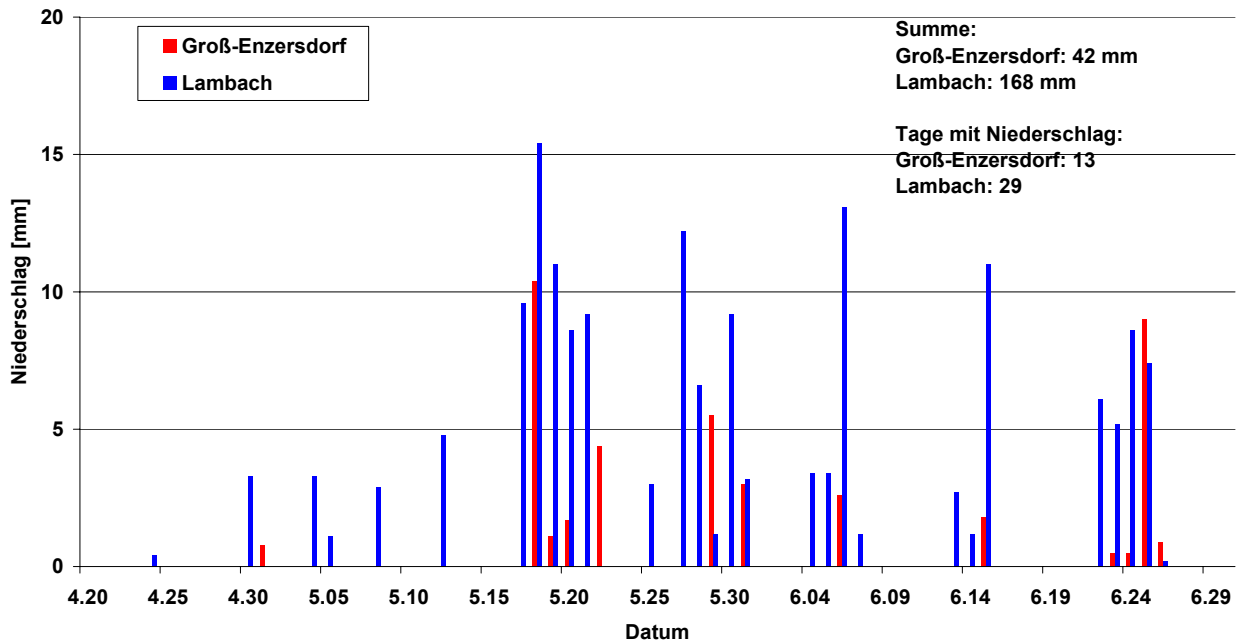


Abb. 5.6: Vergleich der Niederschlagsverhältnisse während der Periode 20. April bis 30. Juni 2000 in Lambach und Groß-Enzersdorf.

5.3 Unterschiede zwischen In situ und Standardmessungen

Die Temperatur und Feuchte wurde in zwei Niveaus gemessen, über dem Bestand in 2 m Höhe und im Bestand. Durch die Messungen über dem Bestand kann eine Anknüpfung der Feldmessung an die Routinemessungen der Klimastationen erfolgen. Dadurch können nachträglich die Bedingungen in den Pflanzenbeständen anhand der Klimastationen rekonstruiert werden. Die Unterschiede zwischen In-situ und Standardmessungen waren an beiden Standorten Groß-Enzersdorf und Lambach gleich. Die größten Unterschiede zwischen Bestandes- und Standardmessungen treten bei wolkenlosen Bedingungen (sowohl bei Tag als auch in der Nacht) auf. Bei bedecktem Himmel und besonders bei Niederschlag treten keine nennenswerten Unterschiede auf. Die ausgewählten Darstellungen repräsentieren daher die maximale Differenz.

In den Abbildungen 5.7 und 5.8 sind exemplarisch der Temperatur- und Feuchteverlauf während einer Schönwetterperiode in Groß-Enzersdorf in den beiden Niveaus im Bestand und der Standardmessung durch die ZAMG dargestellt. Bei der Temperatur zeigt sich eine gute Übereinstimmung zwischen der Bestandesmessung in 2m Höhe und der Standardmessung (siehe Abbildung 5.7). Nur während der Nacht ist es über dem Bestand um rund 1 bis 1.5 Grad kühler. Im Bestand selbst (20 cm) herrschen hingegen etwas extremere Bedingungen. Während des Tages überhitzt der Bestand durch die Absorption der Sonnenstrahlung bis zu 5 Grad während er in der Nacht bei wolkenlosen Bedingungen um den selben Betrag unterkühlt.

Bei der Luftfeuchtigkeit zeigt sich ein größerer Unterschied zwischen den Bestandesmessungen und der Standardmessung (siehe Abbildung 5.8). Hier ist in 2 m Höhe im Bestand die Luftfeuchte um rund 10% höher als bei der Standardmessung. Im Bestand selbst sind die Minima um rund 15 % höher als bei der Standardmessung und der Tagesgang zeigt einen leichten Unterschied zu den beiden anderen Messungen. Die relative Luftfeuchte ist direkt an den Temperaturgang geknüpft. Das heißt das Minimum der Luftfeuchte wird zum Maximum der Lufttemperatur, also um rund 15 Uhr, erreicht. Der Verlauf im Bestand selbst ist jedoch mehr an den Sonnenstand orientiert. Man erkennt dies auch beim Temperaturverlauf in Abbildung 5.7. Das Maximum der Temperatur im Bestand und damit auch das Minimum der Feuchte werden direkt bzw. nur kurz nach Sonnenhöchststand erreicht. Dies erklärt sich dadurch, dass je höher die Sonne steht, desto mehr Strahlung kann in den Bestand eindringen. Bei schrägem Strahlungseinfall kommen nur mehr die obersten

Bestandesteile in den Genuss der Strahlung.

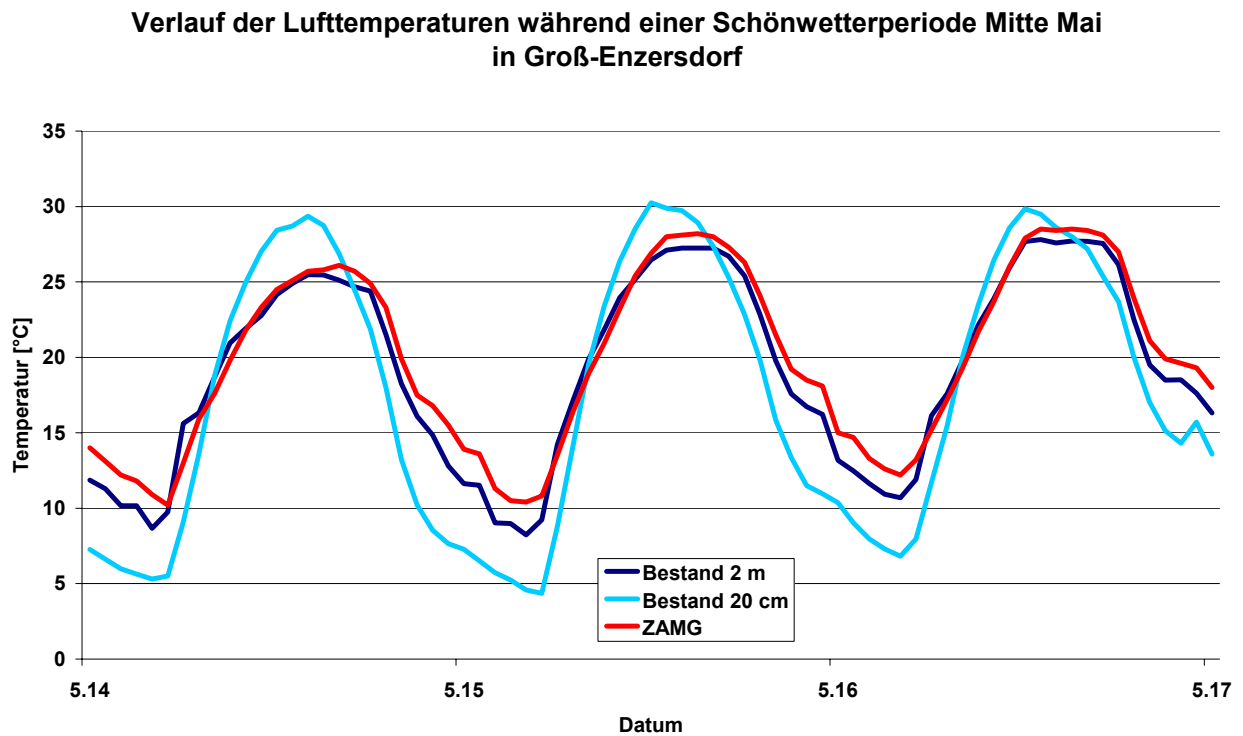


Abb.5.7: Verlauf der Lufttemperatur im Gerstenbestand, über dem Bestand und in einer Wetterhütte während einer Schönwetterperiode Mitte Mai in Groß-Enzersdorf.

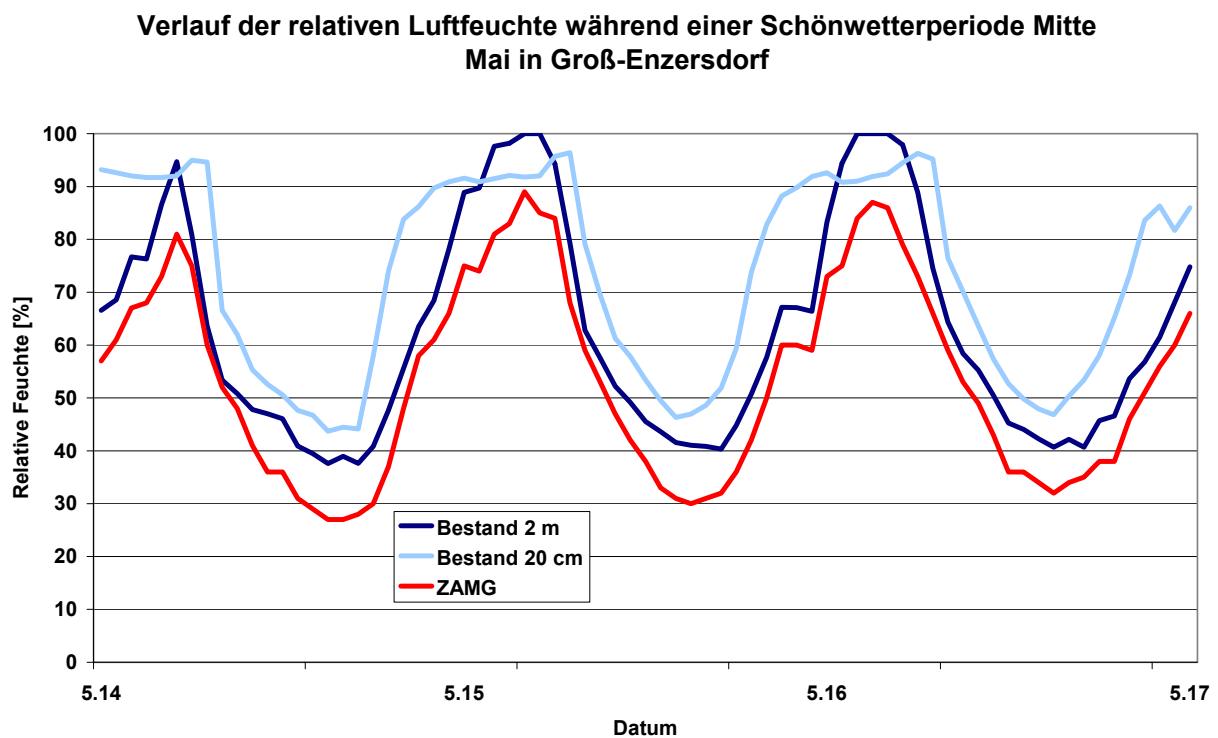


Abb. 5.8: Verlauf der Luftfeuchtigkeit im Gerstenbestand, über dem Bestand und in einer Wetterhütte während einer Schönwetterperiode Mitte Mai in Groß-Enzersdorf.

5.4 Witterungsverlauf während der Intensivphasen der Ramulariaentwicklung

Die meteorologischen Bedingungen während der Intensivphase der Ramulariaentwicklung waren in den Jahren 2000 und 2001 sehr unterschiedlich. Die explosionsartige Entwicklung der Krankheit fand im Jahre 2000 vom 18. bis 28. Mai und im Jahre 2001 vom 28. Mai bis 7. Juni statt.

Im Jahr 2000 waren die Tage um den Entwicklungsbeginn regnerisch und eher kühl (siehe Abbildung 5.9) danach herrschte sonniges und zunehmend wärmeres Wetter. Erst ab dem 27. Mai beginnt wieder eine regnerische Phase die bis Ende des Monats andauert. Der Witterungsverlauf im Jahre 2000 wäre also durchaus geeignet, die Lichttheorie von Dr. Obst zu unterstützen.

Im Jahre 2001 hingegen war der Verlauf sehr unterschiedlich. Ab Mitte Mai herrschte sonniges und zunehmend warmes und trockenes Wetter, das bis zum 30. Mai andauerte (siehe Abbildung 5.10). Danach gab es eine kühlere Periode bis einschließlich 7. Juni wobei die Tage um den Monatswechsel auch regnerisch waren.

In den Abbildungen 5.12 und 5.13 ist der Witterungsverlauf vom 29. Mai bis 3. Juni zeitlich hochaufgelöst dargestellt, wobei neben der Temperatur, Luftfeuchte, Strahlung und Niederschlag auch die Blattnässe dargestellt ist. Der Blattnässesensor wurde 2001 zusätzlich in Lambach installiert. Dieser Sensor kennt zwei Zustände; benetzt und unbenetzt. Die Ablesung erfolgt alle 10 Sekunden und alle 10 Minuten wurde der prozentuelle Anteil während der Sensor benetzt war abgespeichert. Die Meldung 100 % bedeutet dass der Sensor die gesamten 10 Minuten benetzt war. In Abbildung 5.11 ist exemplarisch das Messergebnis für zwei Schönwettertage dargestellt und zeigt, dass der Sensor gut in der Lage ist die Taubenetzung zu reproduzieren.

Beim 29. und 30. Mai handelt es sich um ausgesprochene Schönwettertage mit nahezu ungestörter Einstrahlung und Maximaltemperaturen um 25 °C. Es ist recht trocken, sodass die Luftfeuchtigkeit selbst während der Nacht nicht über 80 % steigt und vom 29. auf den 30. kein Tau fällt. Am 31. Mai ziehen bereits Wolkenfelder durch und es gibt erste Schauer, die Temperatur steigt jedoch noch über 22 °C. Der 1. Juni ist ein klassischer Regentag wobei der Niederschlag am Nachmittag sogar intensiv ist und das Temperaturniveau sinkt auf knapp

über 10 °C. Der 2. Juni beginnt bewölkt aber trocken und die Temperaturen steigen zu Mittag auf 15 °C. Gegen Abend kommt es jedoch wieder zu Niederschlägen die auch am nächsten Tag anhalten aber nicht besonders intensiv sind. Das Temperaturniveau sinkt wieder auf 10°C.

Dieser Witterungsablauf ist nahezu komplementär zu der Strahlungstheorie von Dr. Obst mit nahezu ungetrübten Sonnenschein zu Beginn der Intensivphase und eher kühlem und regnerischem Wetter gegen Schluss.

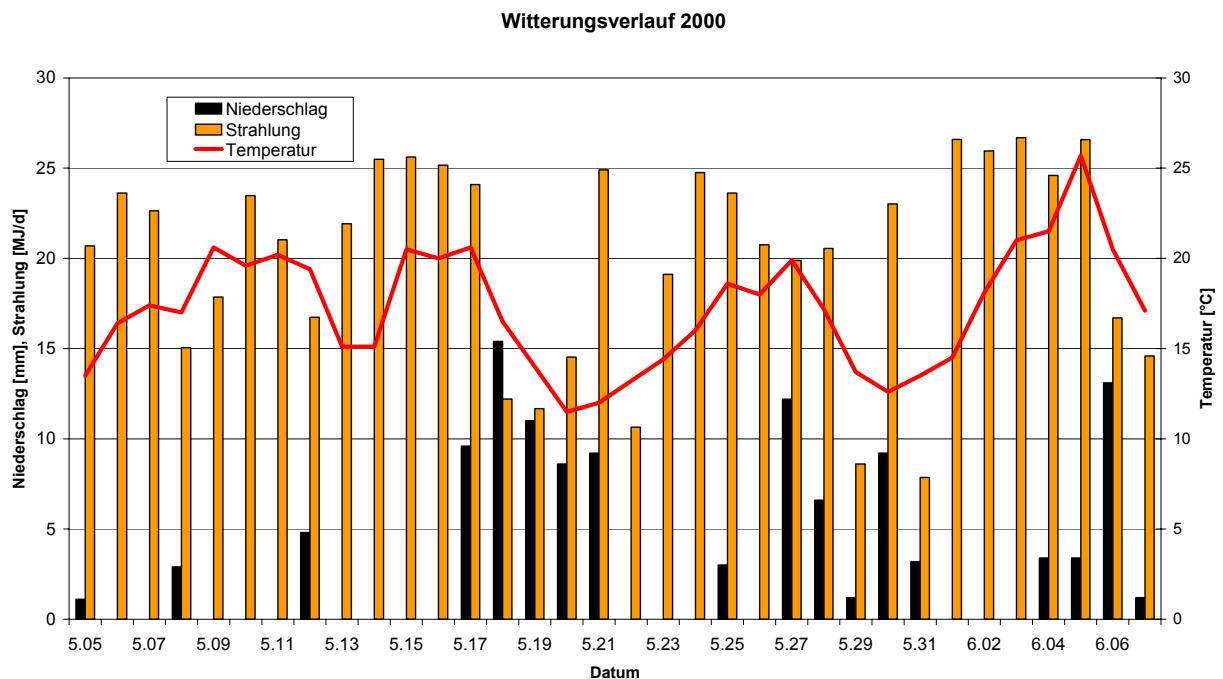


Abb. 5.9: Verlauf der Witterung in Lambach während der Ramulariaentwicklung im Jahre 2000. Die intensivste Blätterzerstörung erfolgte zwischen 18. und 28. Mai.

Witterungsverlauf 2001

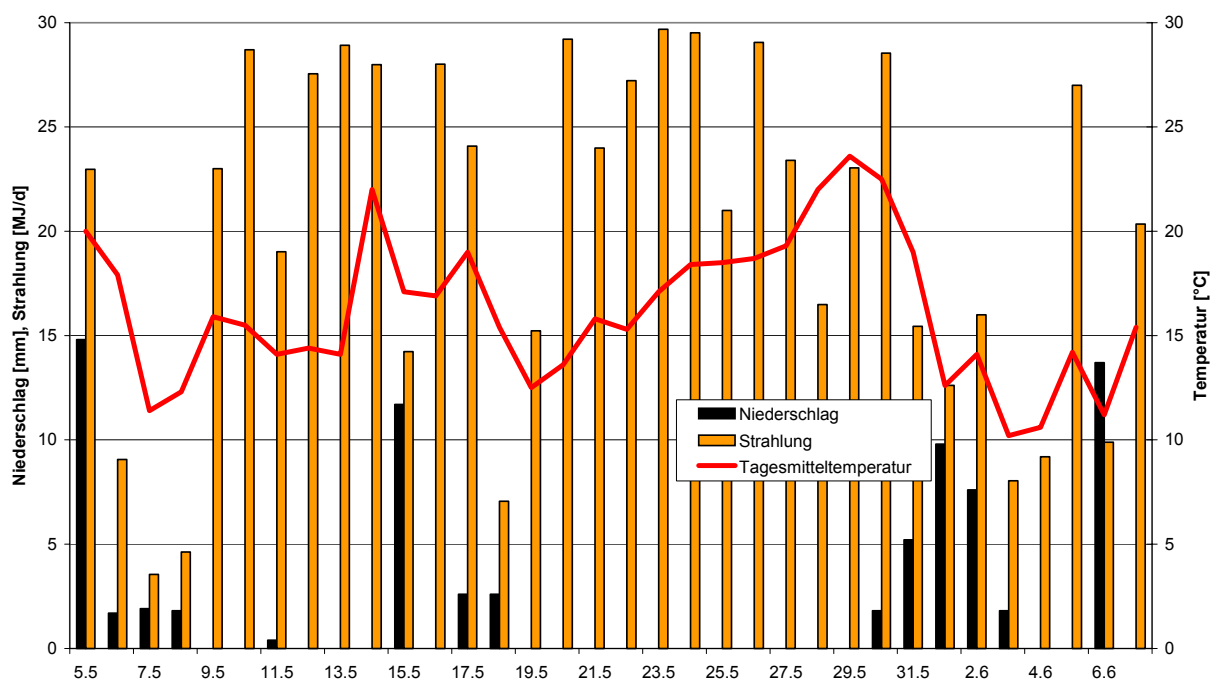


Abb. 5.10: Verlauf der Witterung in Lambach während der Ramulariaentwicklung im Jahre 2001. Die intensivste Blätterzerstörung erfolgte zwischen 28. Mai und 7. Juni.

Verlauf der Blattnässe an einem Schönwettertag in Lambach

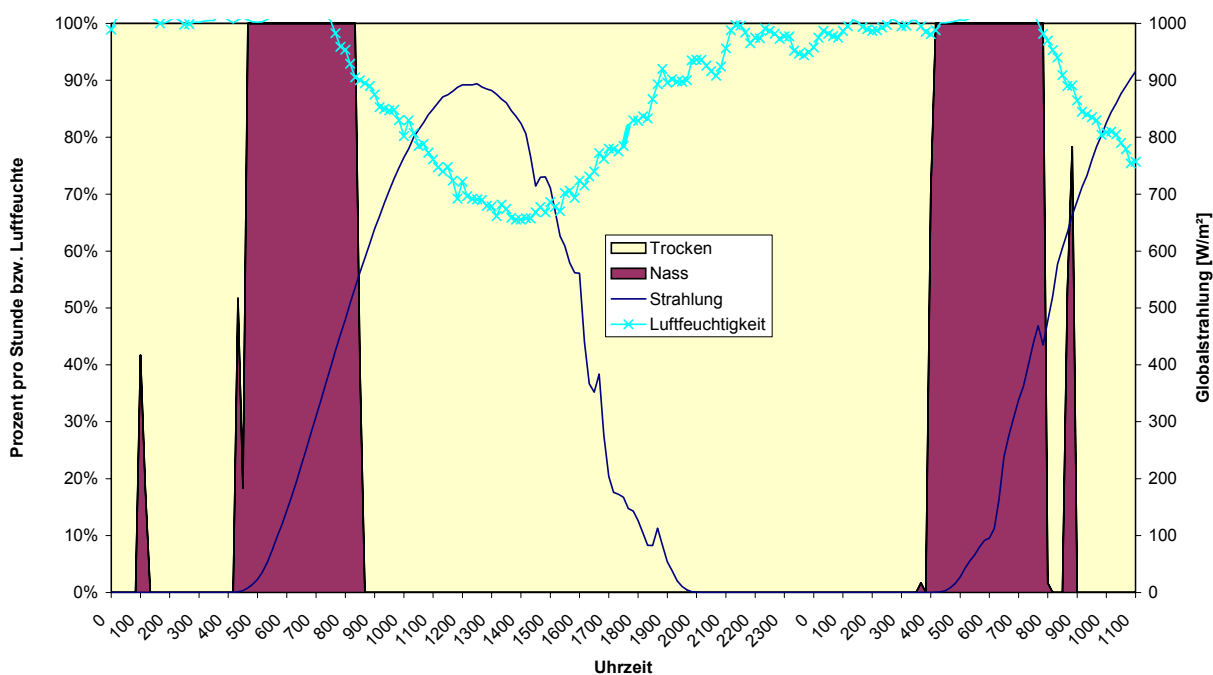


Abb. 5.11. Verlauf der Blattnässe an einem Schönwettertag in Lambach. Der Blattfeuchtesensor gibt die Prozent der Messperiode (10 Minuten) die er benetzt war an. 100 Prozent bedeuten, dass er die ganze Zeit benetzt war.

Verlauf von Temperatur, Luftfeuchte und Blattnässe vom 28. Mai bis 3. Juni 2001

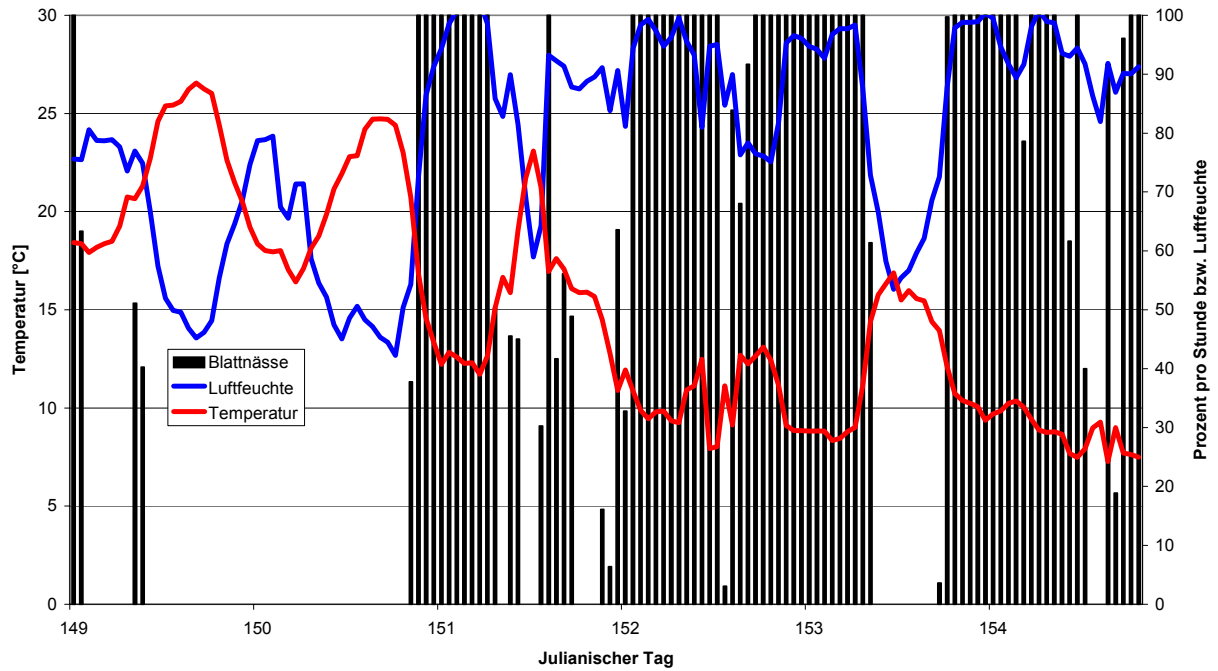


Abb. 5.12 Verlauf von Temperatur, Luftfeuchte und der Blattnässe vom 28. Mai bis 3. Juni 2001.

Verlauf der Strahlung und des Niederschlages vom 28. Mai bis 3. Juni 2001

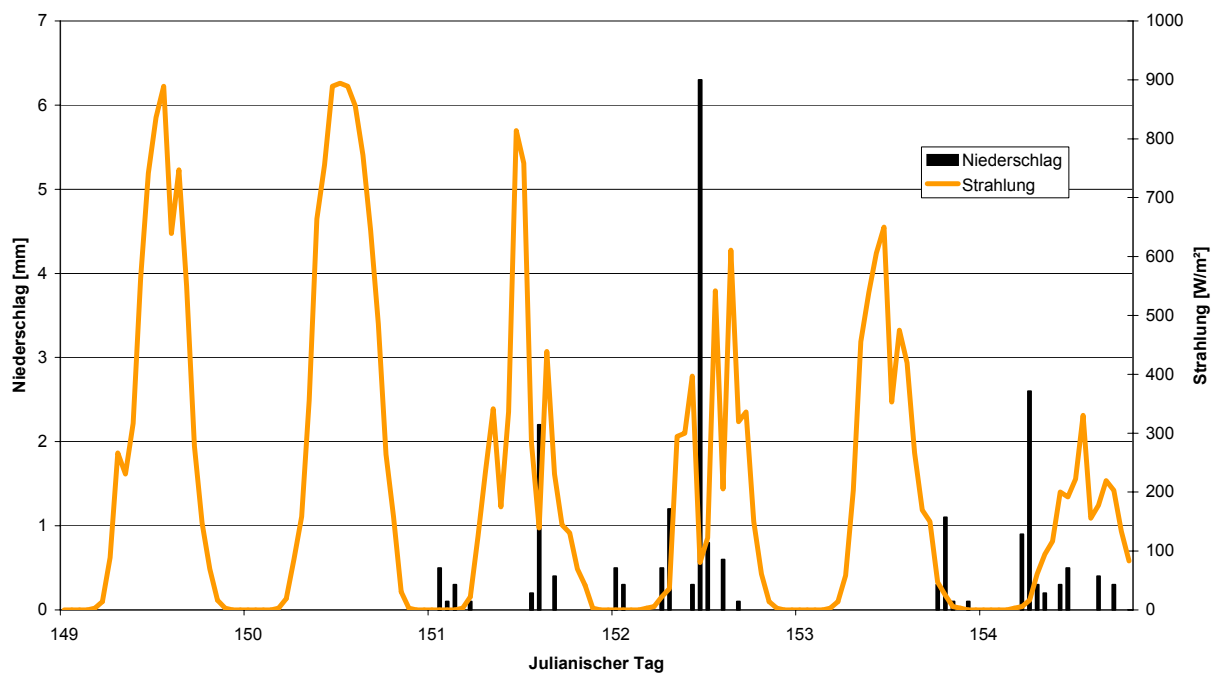
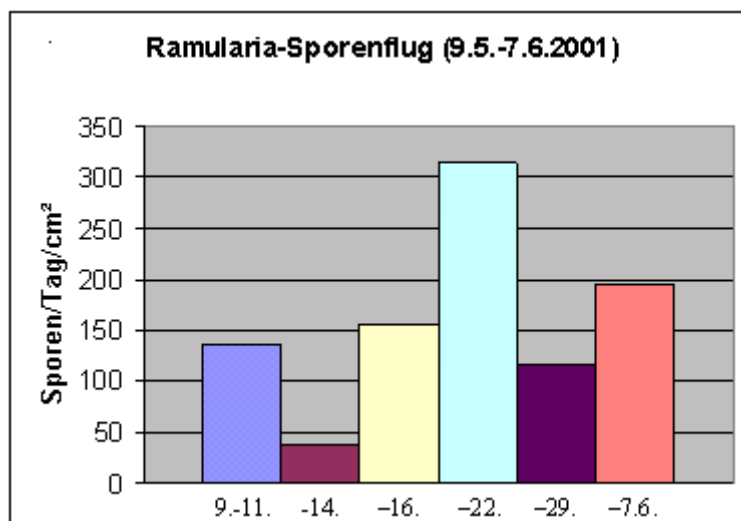


Abb. 5.13: Verlauf der Globalstrahlung und des Niederschlages vom 28. Mai bis 3. Juni 2001.

5.5: Messung der Sporenbefalles von *Ramularia c.c.*

Während des Versuchsjahres 2001 wurden nicht nur meteorologische Feldmessungen in Lambach durchgeführt, sondern auch Untersuchungen des Sporenbefalles durch *Ramulariasporen*. Die Ermittlung der Sporenflugdichte erfolgte durch zwei Sporenfallen (nach Strebl, 2000). Je Objektträger wurden 200 Bildausschnitte (je 0,196 mm²) bei 400-facher Vergrößerung ausgezählt. Für den Untersuchungszeitraum von 9.5. bis 7.6.2001 waren dies insgesamt 4800 Bildausschnitte. Die *Ramularia*-Sporen wurden mit Lactophenolblau angefärbt.

In Abbildung 5.14 sind die Ergebnisse zusammengefasst. Man erkennt sehr gut die unglaubliche Dichte an *Ramulariasporen* im Raume Lambach. Selbst während der geringsten Ausfallraten wurden rund 40 *Ramulariasporen* pro Tag und cm² deponiert und kurzfristig wurden sogar Depositionsraten von über 300 erreicht.



5.14: Auswertung der Sporenfallenuntersuchungen im Jahre 2001 in Lambach

VI: Krankheitsverlauf während der Feldversuche

Für die Dokumentation des Krankheitsverlaufes werden die Ergebnisse des objektiven Auswerteverfahrens für die Blattetagen F0 und F-1 verwendet. Die Krankheitssymptome treten in tieferen Blattetagen schon früher auf (F-2 rund eine Woche) werden aber zwecks Übersichtlichkeit hier nicht gezeigt. Bei tieferen Blattetagen ist auch ein häufigeres Auftreten von anderen Krankheiten wie Netzflecken zu beobachten, was die Ergebnisse der Auswertung verschlechtert.

In den Abbildungen 6.1 bis 6.4 sind die Ergebnisse der Sorten Virgo und Dido für das Jahr 2000 dargestellt. Am Fahnenblatt verläuft die Entwicklung auf beiden Sorten trotz unterschiedlicher phänologischer Reife fast parallel. Am 20. Mai beträgt die grüne Blattfläche noch rund 80 Prozent und bis zum 28. Mai sinkt sie nahezu linear auf unter 20 Prozent. Am Blattniveau F-1 zeigen sich hingegen deutliche Unterschiede zwischen den Sorten. Bei Virgo ist der Verlauf auf F-1 sehr ähnlich dem auf dem Fahnenblatt nur sind bereits am 26. Mai 90 Prozent des Blattes zerstört. Bei Dido hingegen erfolgt bereits vom 16. auf den 18. Mai eine Reduktion der grünen Blattfläche auf rund 20 Prozent, bleibt danach bis 22. Mai ziemlich konstant und sinkt ab 24. Mai unter 10 Prozent. Dieses frühere Absterben passt gut mit der früheren phänologischen Entwicklung zusammen.

In den Abbildungen 6.5 bis 6.8 sind die Ergebnisse des Jahres 2001 dargestellt. Am Fahnenblatt beginnt die Reduktion der grünen Blattfläche bei beiden Sorten am 28. Mai und sinkt bei Virgo bis zum 7. Juni und bei Dido bis zum 4. Juni unter 20 Prozent. Auf dem Niveau F-1 ist in diesem Jahr der Verlauf bei beiden Sorten ähnlich. Bei Virgo beginnt die Reduktion am 28. Mai sehr rasch, sodass am 31. Mai nur noch 30 Prozent vorhanden ist und am 4. Juni nur noch 10 Prozent beträgt. Bei Dido beginnt zwar schon ab dem 21. Mai ein langsamer Rückgang an grüner Blattfläche, aber am 28. Mai sind noch immer 80 Prozent vorhanden. Danach sinkt dieser sehr rasch bis 4. Juni auf unter 20 Prozent.

In den Abbildungen 6.9 und 6.10 ist die Intensivphase am Fahnenblatt der Sorte Virgo in den beiden Versuchsjahren dargestellt. Auffallend ist, dass im Jahre 2000 die Blattzerstörung am 28. Mai bereits fast abgeschlossen ist, im Jahre 2001 hingegen beginnt sie gerade. Da bei der Witterung in diesen beiden Jahren keine große Ähnlichkeit zu finden ist (vgl. Kapitel 5) müssen andere Ursachen für diesen unterschiedlichen Eintrittszeitpunkt gefunden werden. Ein möglicher Faktor scheint das phänologische Stadium zu sein. In den Abbildungen 6.11 und 6.12 ist noch einmal die selbe Darstellung wie in den Abbildungen 6.9 und 6.10 wiedergegeben, nur ist hier als X-Achse nicht das Datum verwendet worden, sondern die Tage nach dem Ährenschieben. Es scheint als würde am Fahnenblatt in beiden Jahren rund zweieinhalb Wochen nach dem Ährenschieben die ersten Symptome auftreten. Die ebenfalls eingetragenen Stadien der Milchreife hingegen scheinen keinen wesentlichen Einfluß mehr zu haben. In den Abbildungen 6.13 und 6.14 ist dasselbe für die Sorte Dido dargestellt. Bei dieser Sorte scheint es eher drei Wochen zu dauern bis sich Symptome am Fahnenblatt

zeigen. Es hat sich aber schon bei den vorherigen Untersuchungen gezeigt, dass sich bei der Sorte Dido der frühere Ausbruch der *Ramularia* aufgrund der früheren phänologischen Entwicklung nicht am Fahnenblatt sondern nur auf den darunter liegenden Blattetagen zeigt.

In den Abbildungen 6.15 und 6.16 ist der Effekt von Fungizidversuchen bei der Sorte Virgo im Jahre 2000 dargestellt. Am Fahnenblatt gibt es mit Fungizidbehandlung am 1. Juni noch 80 Prozent grüne Blattfläche und auch auf F-1 ist bis 30. Mai 60 Prozent vorhanden (vergleiche mit Abbildung 6.1 und 6.3). Dies bedeutet, dass bei den mit Fungizid behandelten Pflanzen rund 9 Tage lang 60 Prozent mehr grüne Blattfläche vorhanden war als bei den unbehandelten Pflanzen.

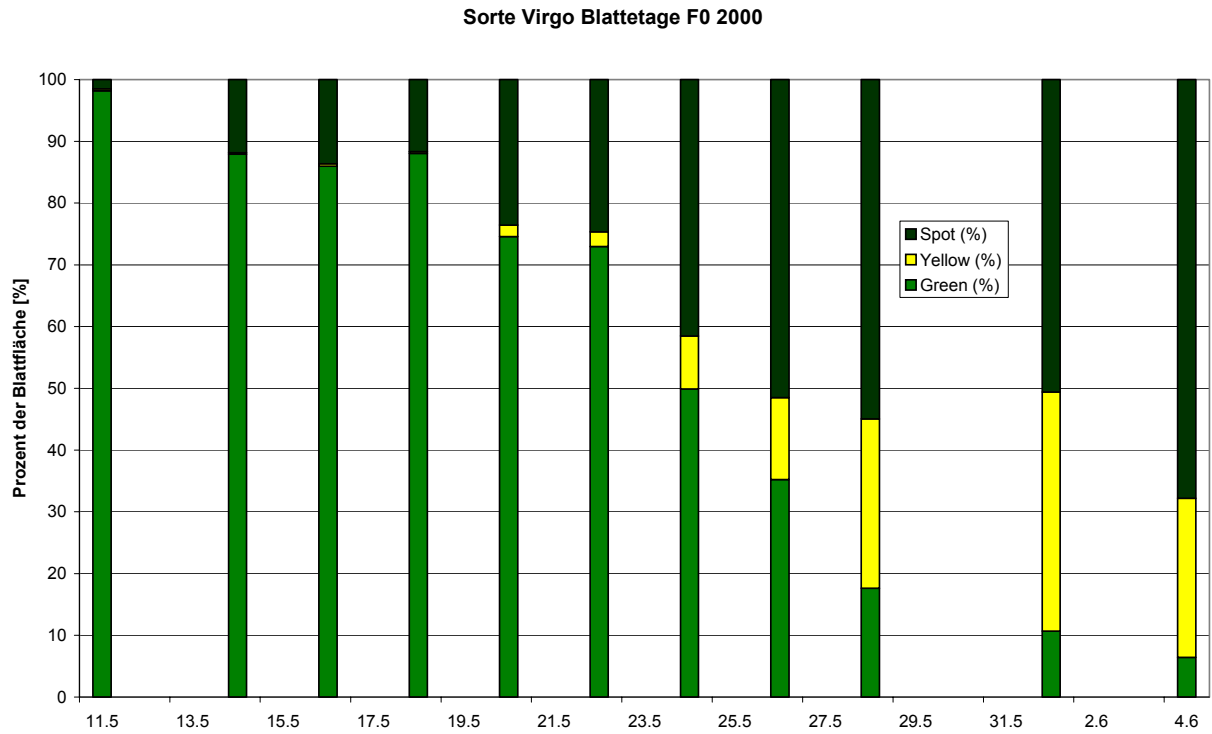


Abb. 6.1: Verlauf der Sprengelkrankheit am Fahnenblatt der Sorte Virgo im Jahre 2000

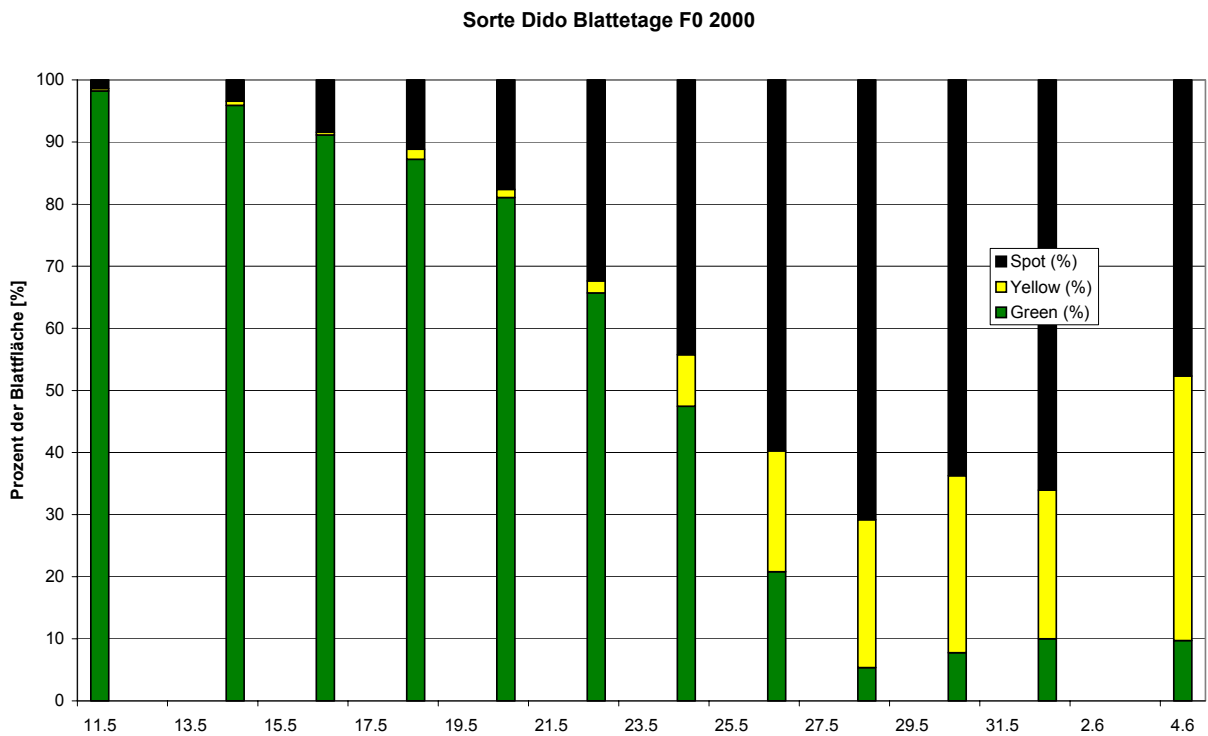


Abb. 6.2: Verlauf der Sprengelkrankheit am Fahnenblatt der Sorte Dido im Jahre 2000

Sorte Virgo Blatttage F1 2000

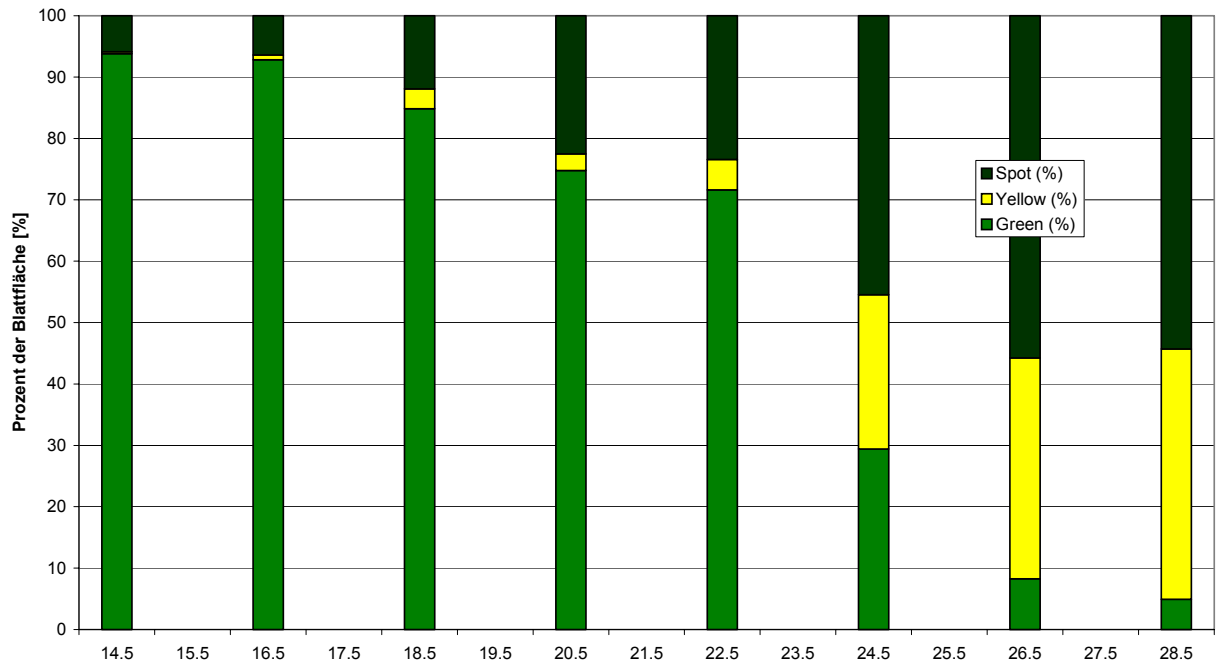


Abb. 6.3: Verlauf der Sprenkelkrankheit auf der Blatttage F-1 der Sorte Virgo im Jahre 2000

Sorte Dido Blatttage F1 2000

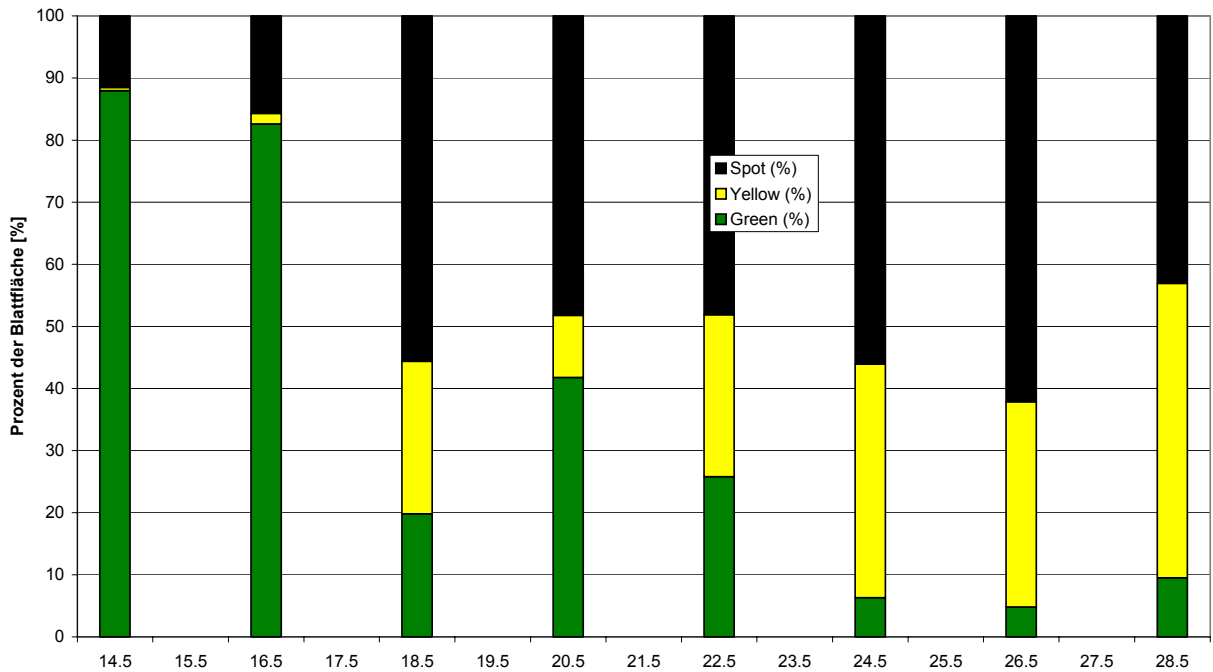


Abb. 6.4: Verlauf der Sprenkelkrankheit auf der Blatttage F-1 der Sorte Dido im Jahre 2000

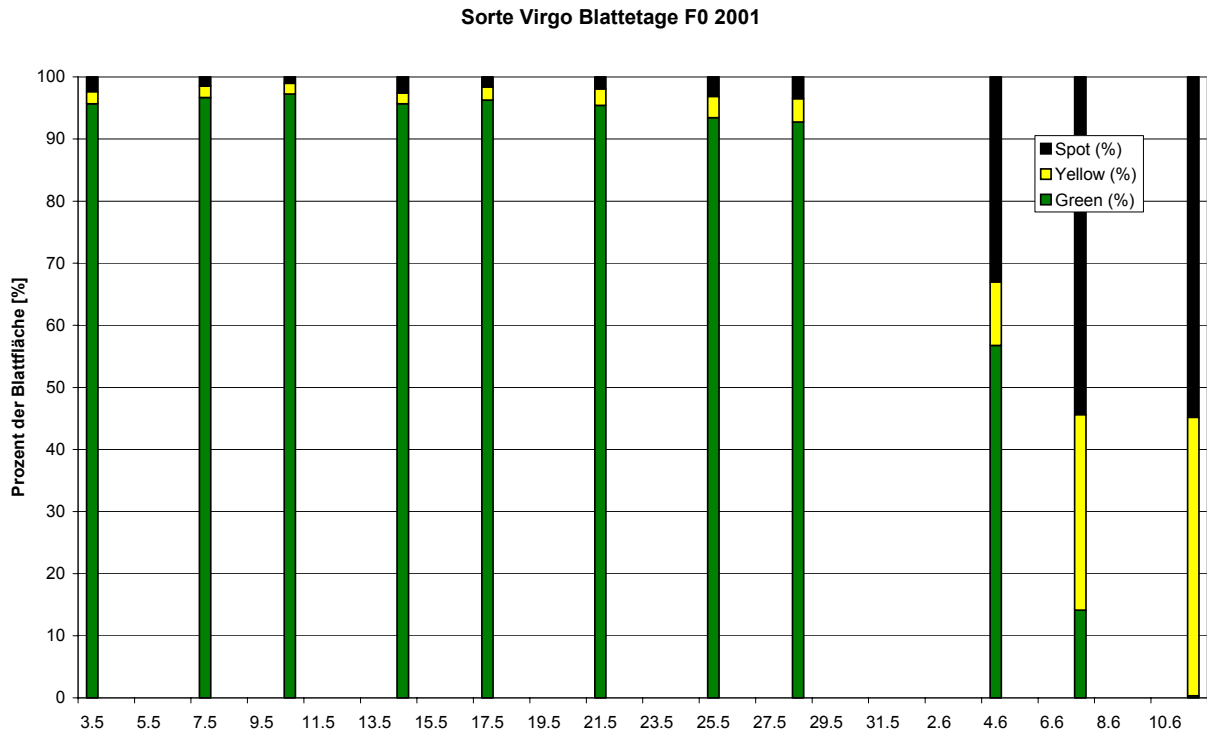


Abb. 6.5: Verlauf der Sprengelkrankheit am Fahnenblatt der Sorte Virgo im Jahre 2001

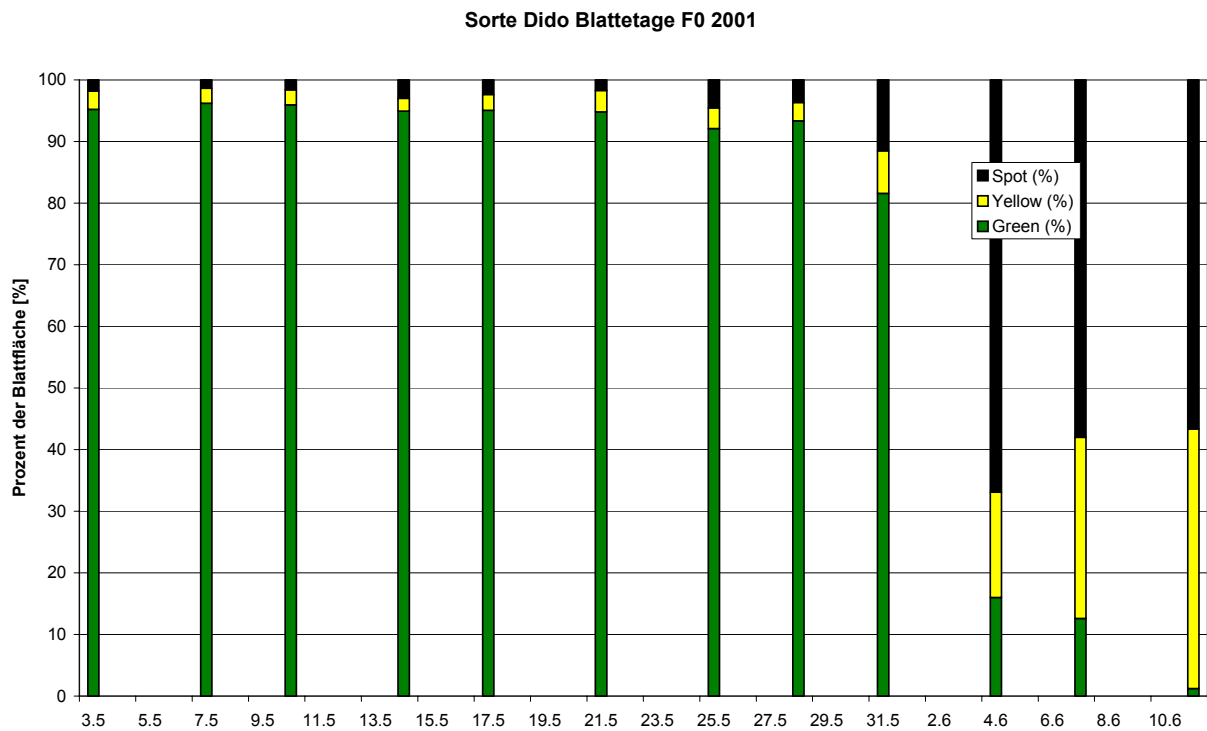


Abb. 6.6: Verlauf der Sprengelkrankheit am Fahnenblatt der Sorte Dido im Jahre 2001

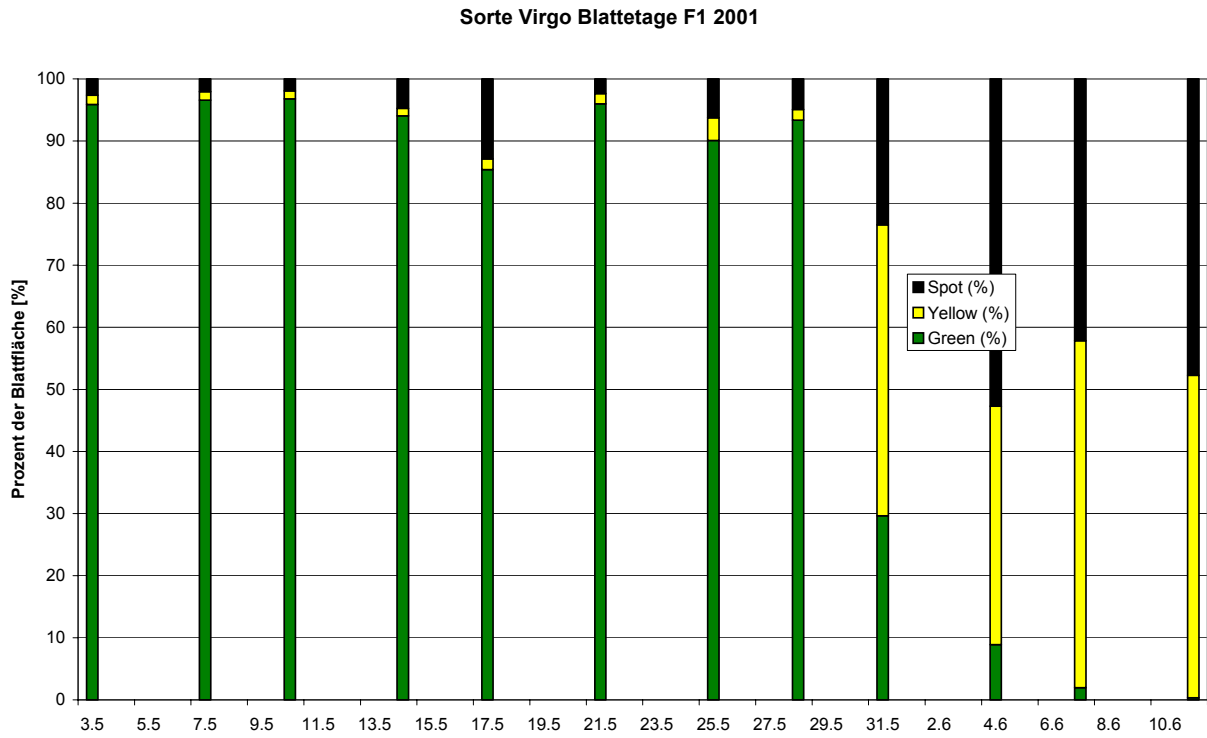


Abb. 6.7: Verlauf der Sprenkelkrankheit auf der Blatttage F-1 der Sorte Virgo im Jahre 2001

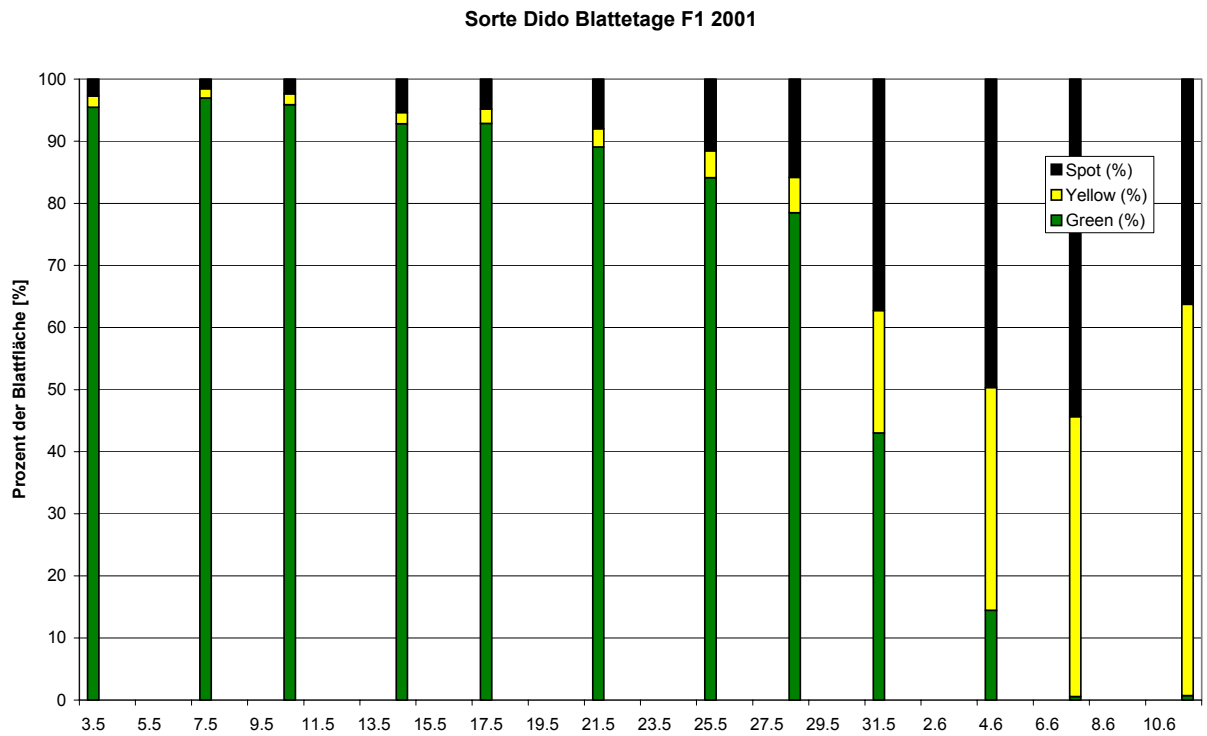


Abb. 6.8: Verlauf der Sprenkelkrankheit auf der Blatttage F-1 der Sorte Dido im Jahre 2001

Sorte Virgo Blatttage F0 2000

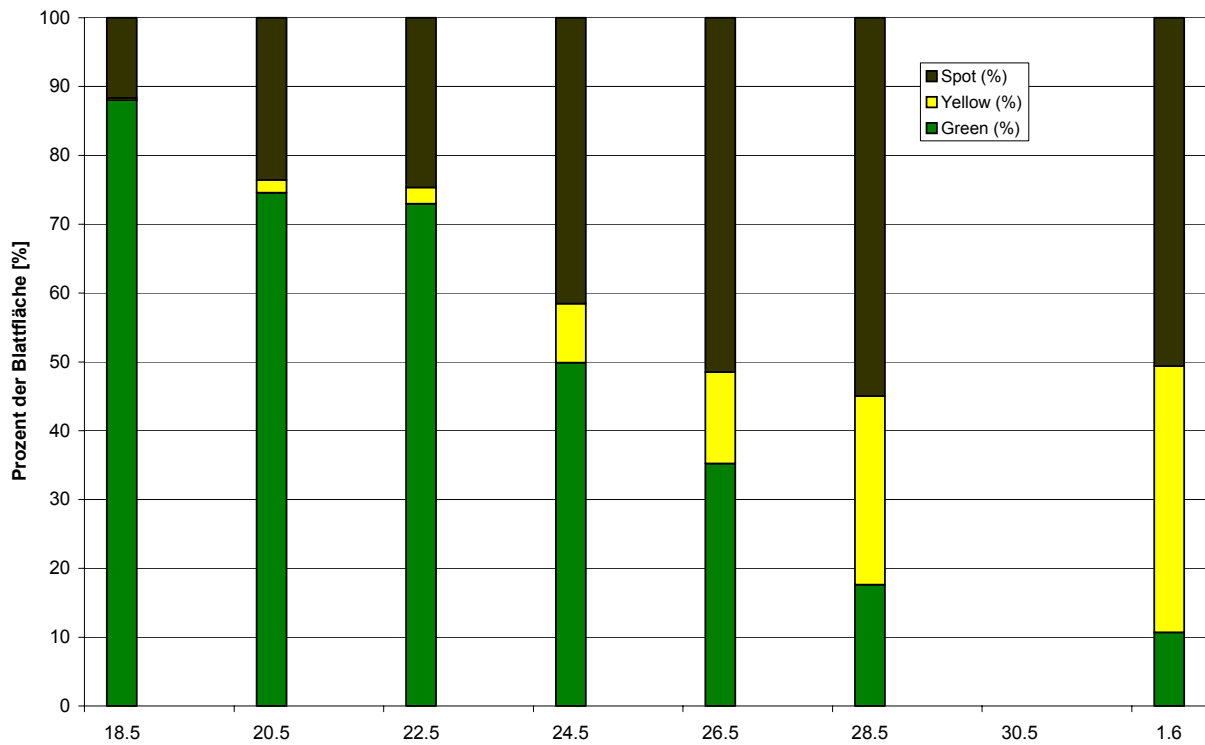


Abb. 6.9: Intensivphase der Sprenkelkrankheit am Fahnenblatt der Sorte Virgo im Jahre 2000. Die stärkste Reduktion an grüner Blattfläche erfolgt zwischen 22. und 28. Mai

Sorte Virgo Blatttage F0 2001

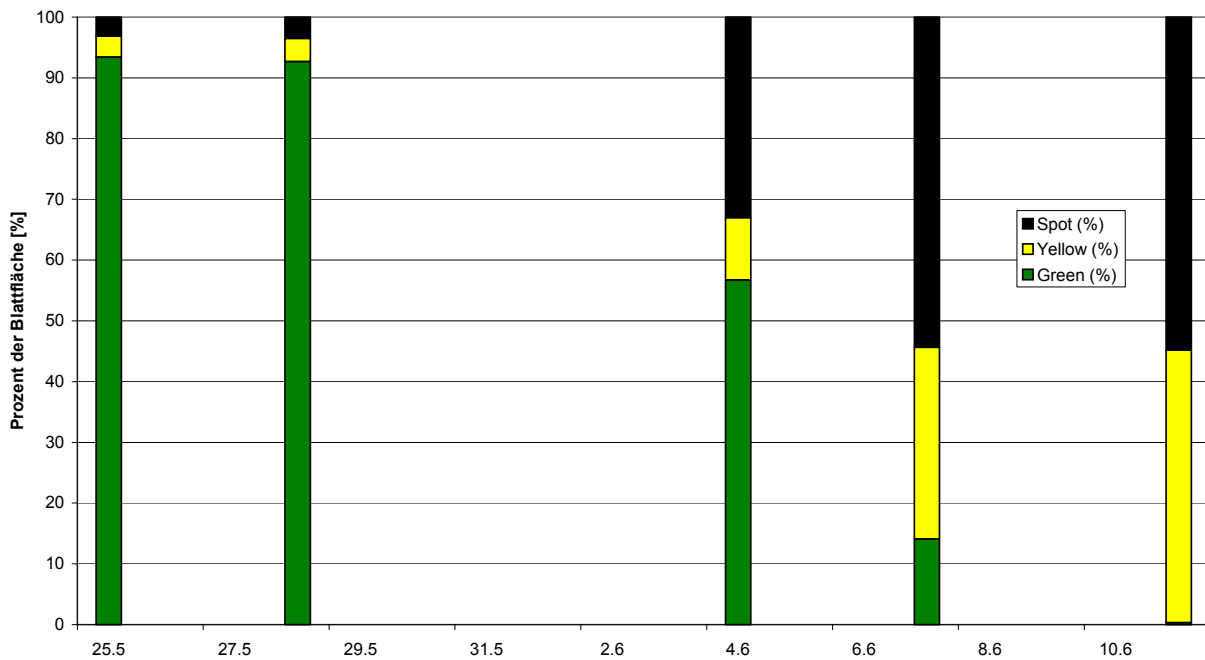


Abb. 6.10: Intensivphase der Sprenkelkrankheit am Fahnenblatt der Sorte Virgo im Jahre 2001. Die stärkste Reduktion an grüner Blattfläche erfolgt zwischen 28. Mai und 7. Juni

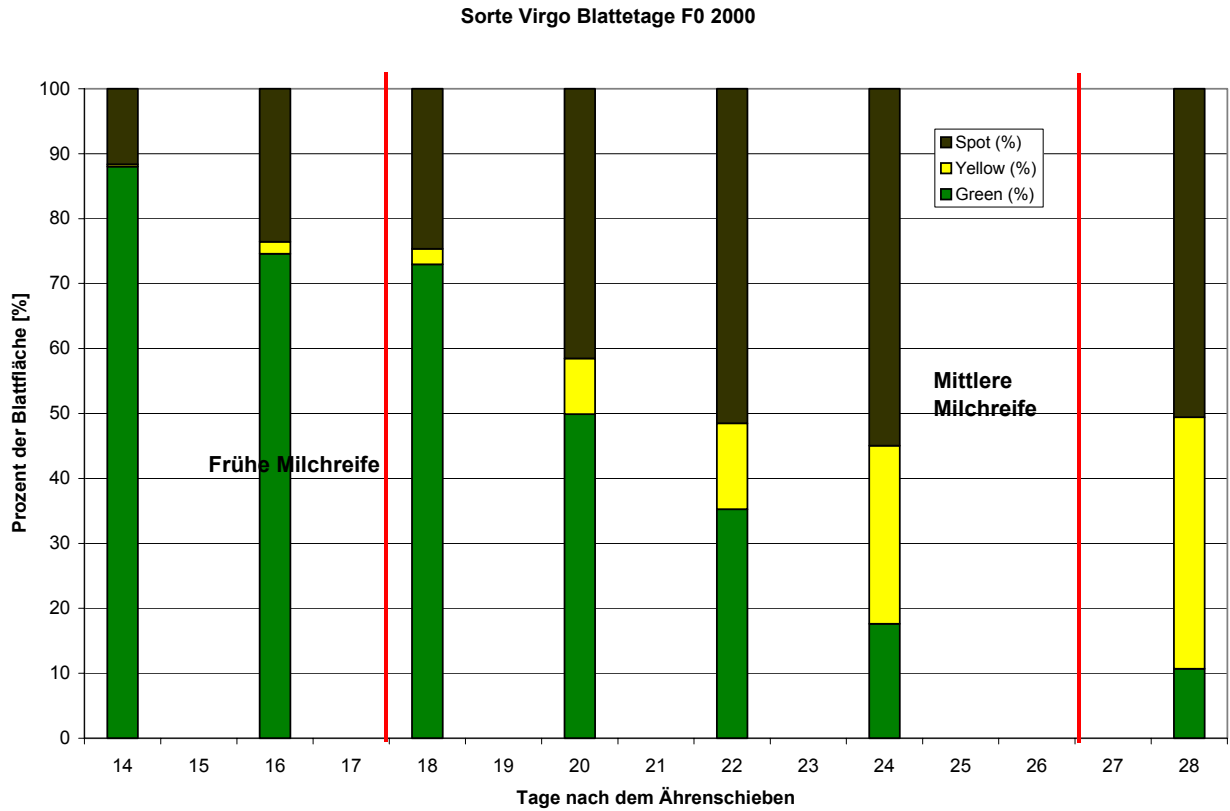


Abb. 6.11: Intensivphase der Sprenkelkrankheit am Fahnenblatt der Sorte Virgo im Jahre 2000 in Abhängigkeit zur phänologischen Entwicklung .

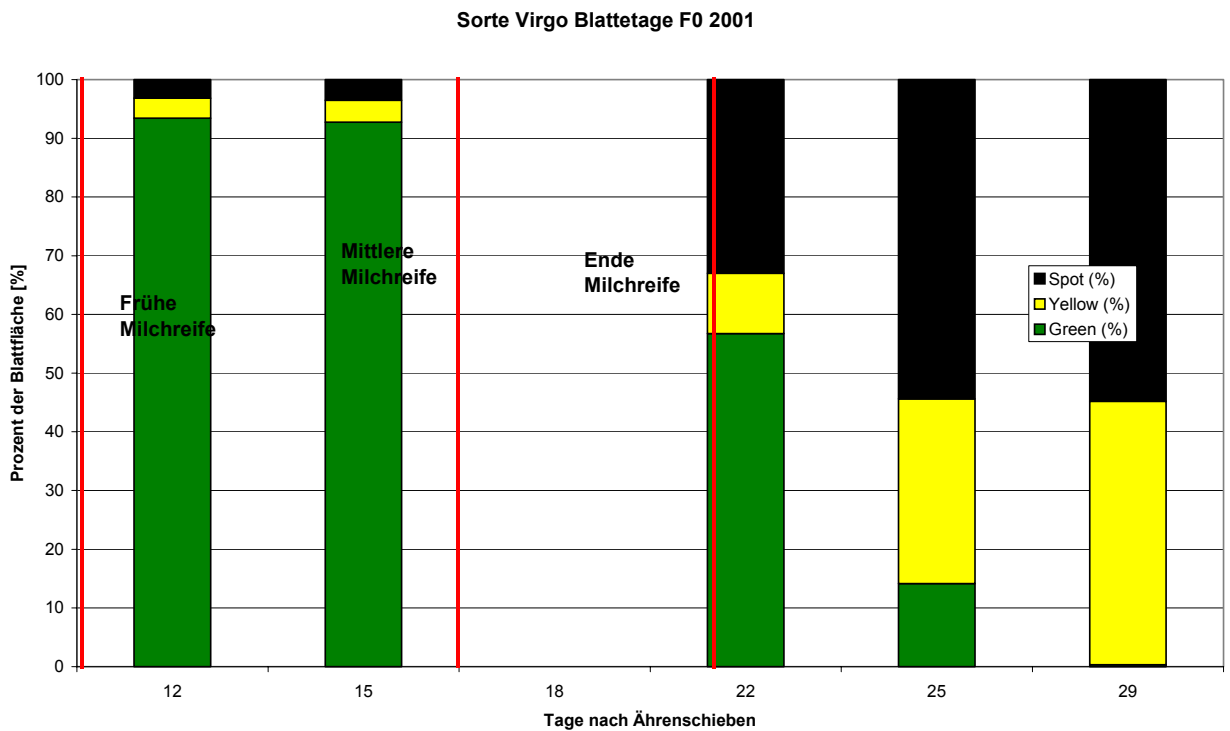


Abb. 6.12: Intensivphase der Sprenkelkrankheit am Fahnenblatt der Sorte Virgo im Jahre 2001 in Abhängigkeit zur phänologischen Entwicklung

Sorte Dido Blatttage F0 2000

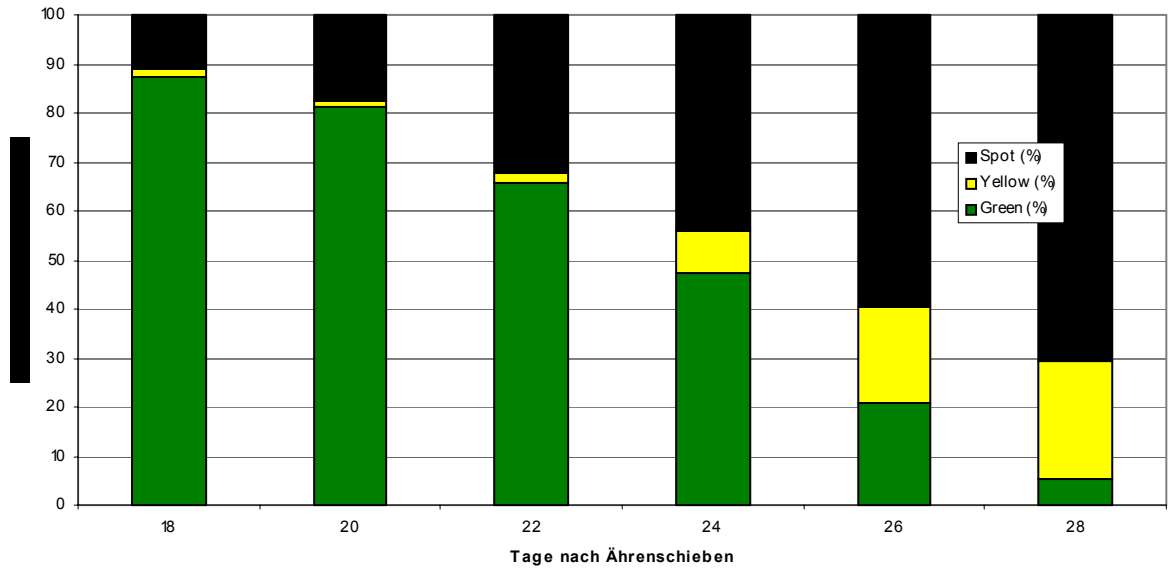


Abb. 6.13: Intensivphase der Sprengelkrankheit am Fahnenblatt der Sorte Dido im Jahre 2000 in Abhängigkeit zur phänologischen Entwicklung

Sorte Dido Blatttage F0 2001

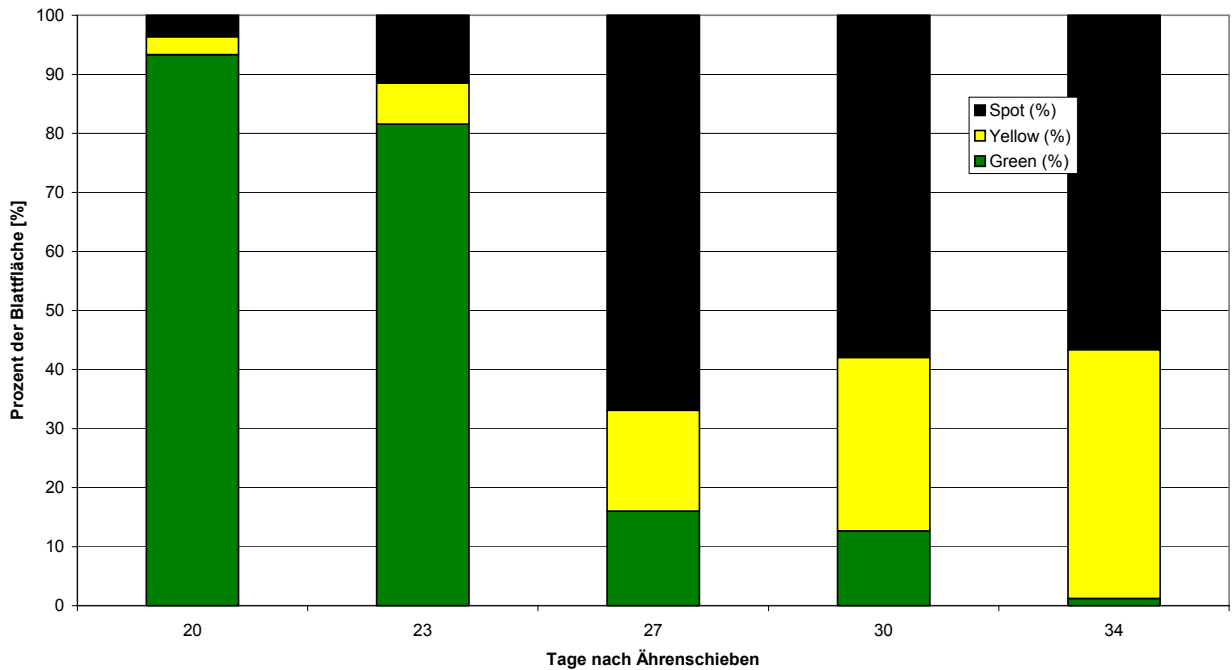


Abb. 6.14: Intensivphase der Sprengelkrankheit am Fahnenblatt der Sorte Dido im Jahre 2001 in Abhängigkeit zur phänologischen Entwicklung

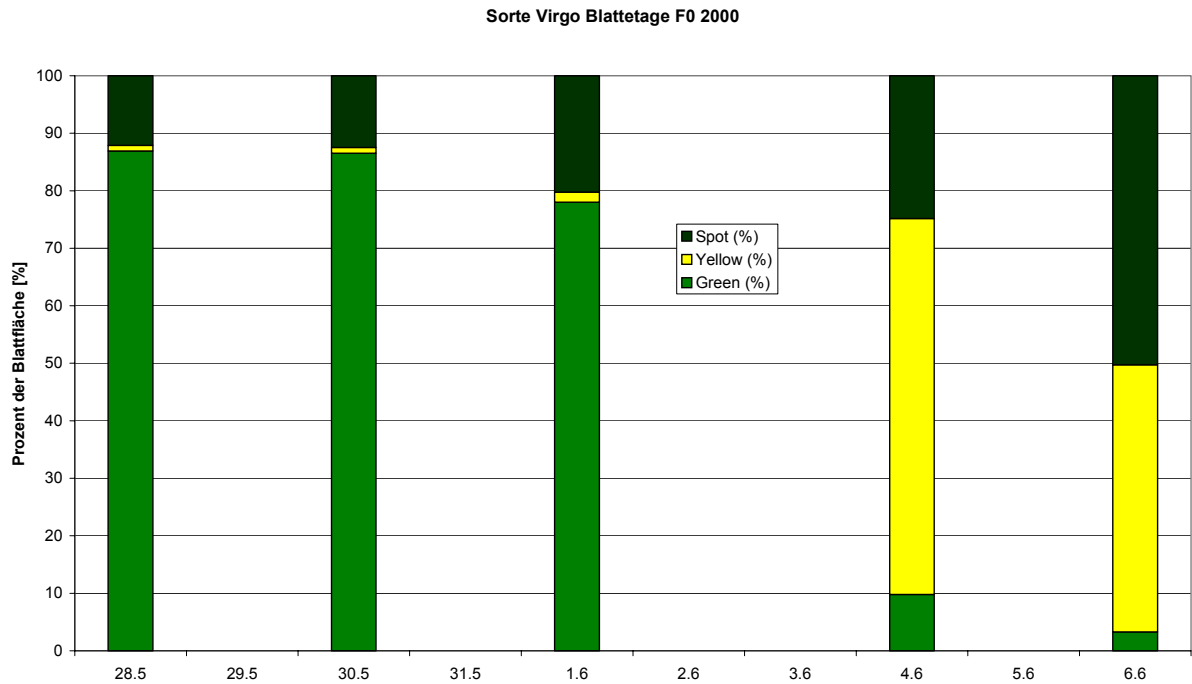


Abb. 6.15: Verlauf der Spenkelkrankheit auf der mit Fungizid behandelten Sorte Virgo am Fahnenblatt im Jahre 2000.

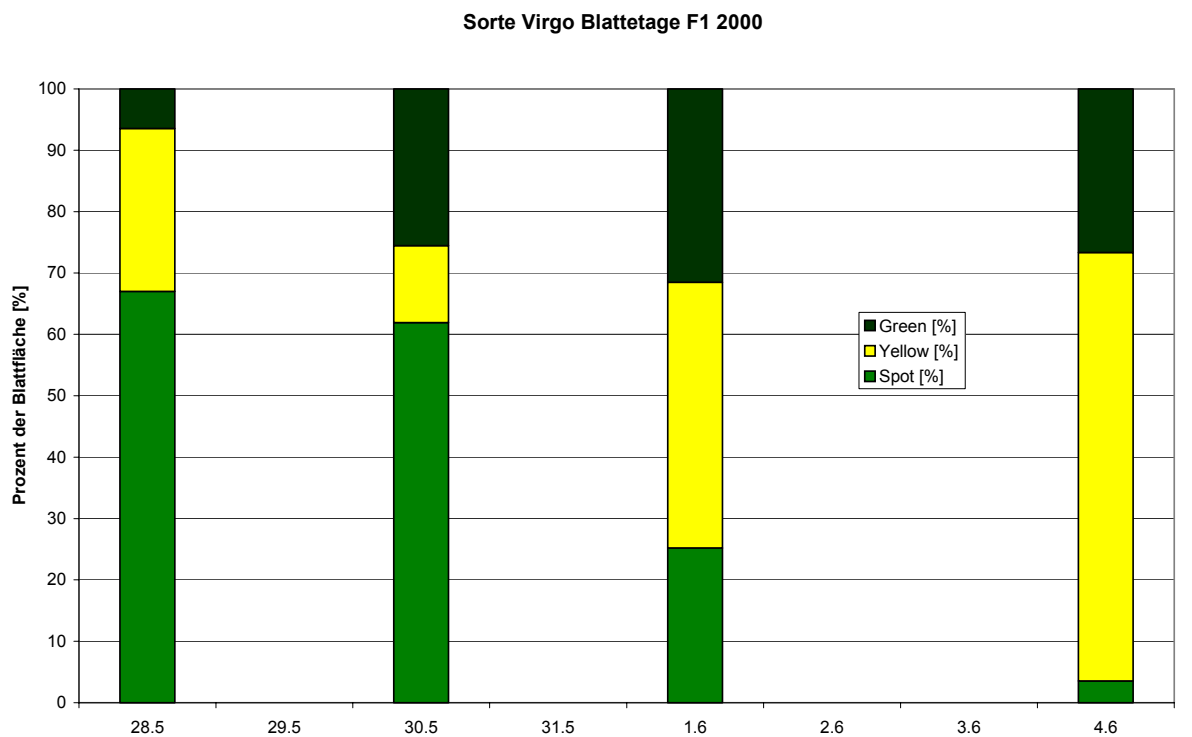


Abb. 6.15: Verlauf der Spenkelkrankheit auf der mit Fungizid behandelten Sorte Virgo auf der Blatttage F-1 im Jahre 2000.

VII: Folientunnelversuch

Die Ergebnisse aus dem ersten Versuchsjahr haben zu den Vermutungen geführt, dass weniger die Strahlung, sondern viel mehr die Feuchtigkeit und Blattnässe wichtige meteorologische Rahmenbedingungen für die Entwicklung der Sprenkelkrankheit sind. Um diese Hypothese zu festigen, wurde im Versuchsjahr 2001 ein Folientunnelversuch durchgeführt. Hierbei wurden in einem Folientunnel mit einer Breite von rund 5 m und einer Höhe von rund 2 m (siehe Abbildung 7.1) Pflanztöpfe mit der Gerstensorte Virgo aufgestellt. Der Tunnel war parallel zur Hauptwindrichtung ausgerichtet (ungefähr Ost/West), damit eine gute Durchlüftung und damit auch *Ramulariasporeneintrag* gewährleistet war.

Bereits im ersten Versuchsjahr wurden Untersuchungen über den Sporenflug von *Ramularia collo-cygni* in einem offenen Folientunnel und außerhalb des Tunnels in einem Sommergerstenbestand in der Zeit von 15.6. – 2.7. 2000 angestellt. Dabei wurden in den Sporenfallen im Tunnel 144 Sporen/Tag/cm² gezählt, außerhalb des Tunnels waren es 188 Sporen/Tag/cm². Die Sporenmenge im Tunnel war somit bei weitem ausreichend, um eine Infektion zu setzen.

Ein Teil der Töpfe aus dem Tunnel wurden jeden Abend in einen geschlossenen Raum untergebracht und am Morgen wieder in den Tunnel gestellt um Taubenetzung vollständig auszuschliessen. Die Pflanzen in den Töpfen wurden händisch bewässert.

Durch diesen Versuch sollten mehrere Faktoren untersucht werden. Einmal sollte die Strahlungstheorie von Dr. Obst überprüft werden. Durch die Kunststoffolie wird die direkte Sonnenbestrahlung reduziert. In Abbildung 7.2 und 7.3 sieht man, dass durch die Folie nur rund 50 Prozent der Freilandstrahlung eindringen. Nur am Morgen und am Abend wurden bedingt durch die Ost/West Orientierung bis zu 70 Prozent erreicht. Durch die geringe Strahlungsintensität während dieser Tageszeit sollte es aber auch dabei zu keinen Strahlungsschäden kommen können. Die Maxima der Globalstrahlung im Folientunnel erreichten rund 400 W/m². Durch diese geringe Strahlungsintensität sollten eigentlich keine Strahlungsschäden auf der Gerste beobachtet werden können.



Abb. 7.1: Aufbau des Folientunnelversuches im Jahre 2001

Weiters sollte abgeklärt werden, ob die Blattnässe ein Mitfaktor für die Ausbildung der Sprenkelkrankheit ist, und welche Rolle dabei der Niederschlag und welche der Tau spielt. Alle Töpfe im Folientunnel waren im Gegensatz zu den Pflanzen im Freiland keinem Niederschlag ausgesetzt. Die Pflanzen in den Töpfen die über Nacht in den geschlossenen Raum gestellt wurden, waren zusätzlich keinem Taufall ausgesetzt also es kam zu keiner Blattnässe. In Abbildung 7.4 ist ein Vergleich der Luftfeuchtigkeit im Folientunnel und im Freiland dargestellt. Zwar ist die Feuchtigkeit im Tunnel um rund 5 Prozent gegenüber dem Freiland reduziert, trotzdem übersteigt sie in der Nacht 90 Prozent und es konnte Taubildung auch im Tunnel beobachtet werden.

Verlauf der Globalstrahlung im Freiland und im Folientunnel

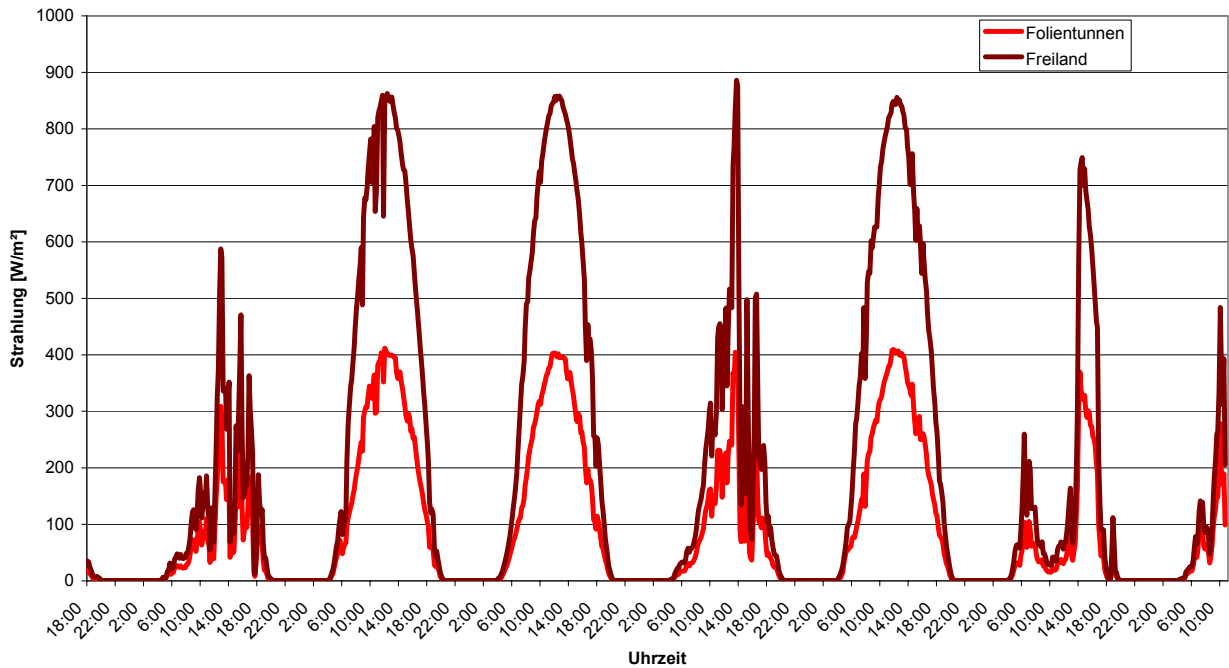


Abb. 7.2: Verlauf der Globalstrahlung im Freiland und im Folientunnel. Besonders die direkte Sonnenstrahlung wird stark abgeschwächt.

Prozent der Freilandstrahlung im Folientunnel

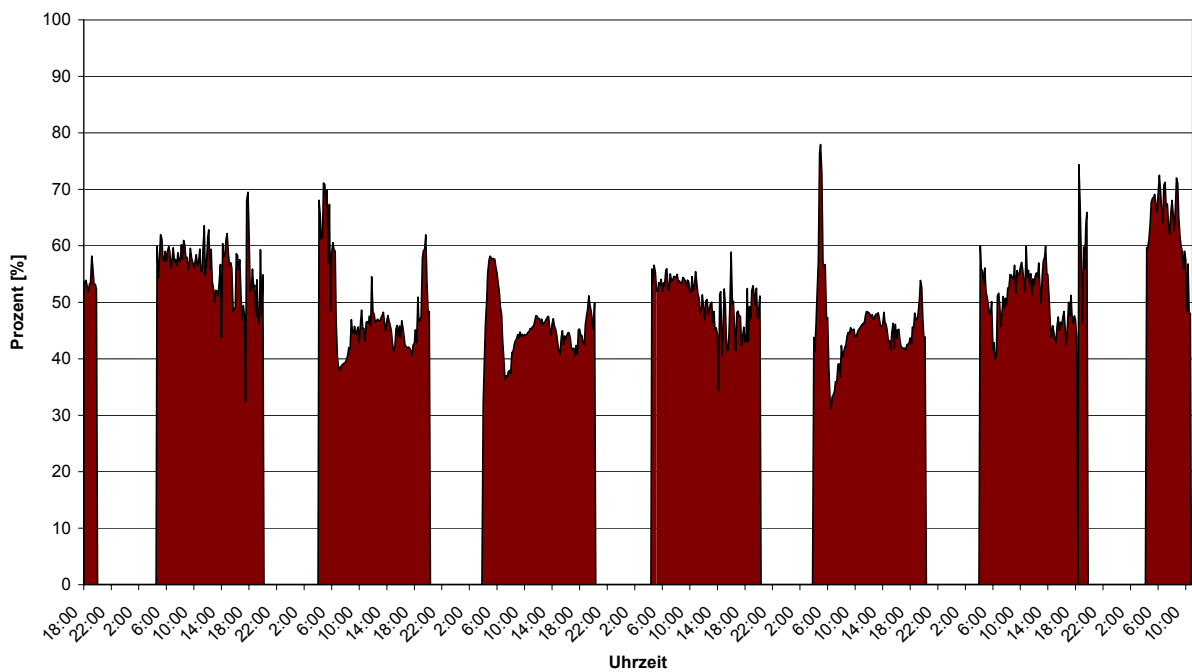


Abb. 7.3: Prozentueller Anteil der Strahlung im Folientunnel zur Globalstrahlung im Freiland. Die Abschwächung beträgt rund 50 Prozent.

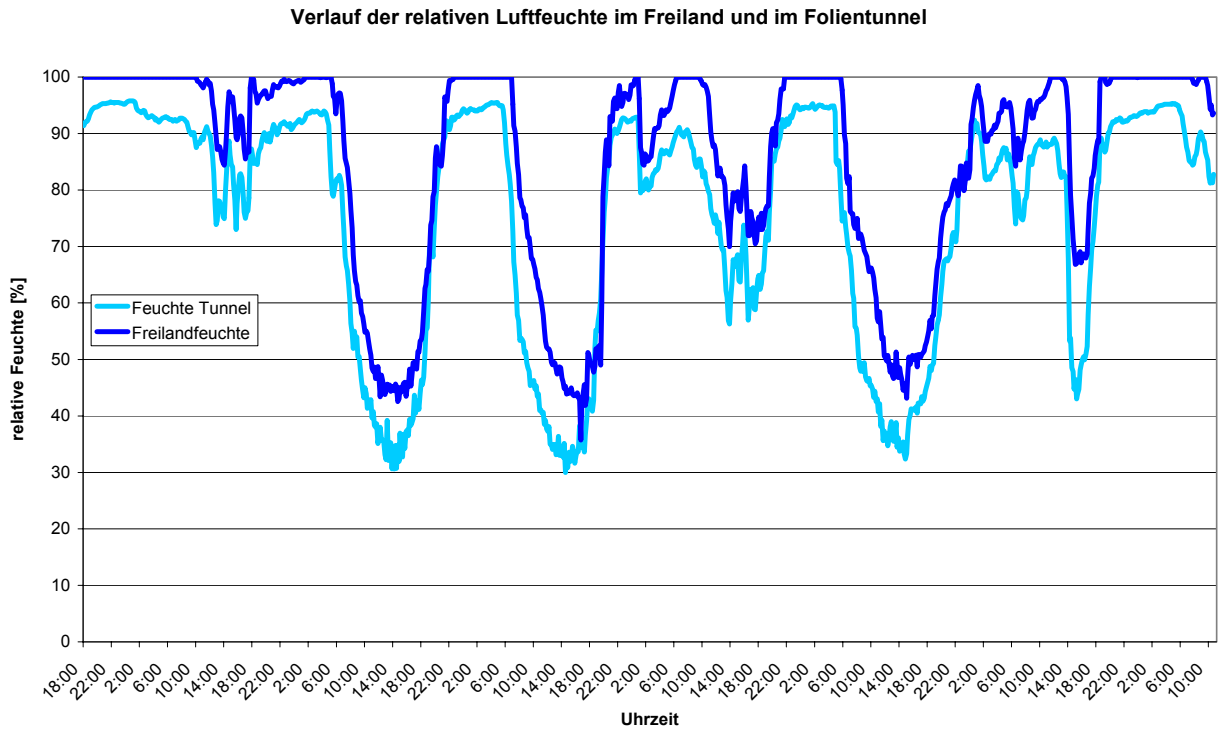


Abb. 7.4: Verlauf der relativen Luftfeuchte im Freiland und im Folientunnel. Im Tunnel ist die Luft um rund 5 Prozent trockener.

Die Ergebnisse dieses Versuches sind beeindruckend. Wie in Abbildung 7.5 zu sehen, entwickelten jene Pflanzen, welche die ganze Zeit im Folientunnel verbrachten, die klassischen Symptome der Sprenkelkrankheit mit gleichzeitigem Auftreten von *Ramularia c.c.*. Jene Pflanzen die keinem Tau ausgesetzt waren, blieben vollkommen gesund (siehe Abbildung 7.6) und *Ramularia c. c.* konnte nicht nachgewiesen werden. Daraus kann man schließen, dass die Strahlung (zumindest hohe Strahlungsintensitäten) auf die Sprenkelkrankheit keinen Einfluß hat. Die Blattnäse hingegen ist der Schlüsselparameter für diese Krankheit. Bei den anscheinend für diese Krankheit besonders günstigen Umweltbedingungen (Luftfeuchtigkeit, Temperaturniveau und Sporenangebot) in Lambach, scheint die Blattnäse verursacht durch Tau bereits auszureichen. Tritt keinerlei Blattnäse auf, nützen sogar diese günstigen Umweltbedingungen nichts und die Krankheit kann nicht ausbrechen.



Abb. 7.5: Ramulariabefall auf Virgo im Folientunnel.



Abb. 7.6: Kein Ramulariabefall bei den Pflanzen aus dem Folientunnel, welche über Nacht in einem geschlossenen Raum aufbewahrt werden.

VIII: Kartierung der Ramulariaverbreitung in Österreich

Dr. Huss dokumentiert schon seit Mitte der 80er Jahre das Auftreten von Ramularia in ganz Österreich. In der Abbildung 8.1 sind die Ergebnisse zusammengefasst. Die Karte zeigt das digitale Höhenmodell von Österreich (Höhenstufen von 100 m, alle Flächen über 900 m Seehöhe sind grau dargestellt, da dort kein Gerstenanbau stattfindet). Die schwarzen Punkte kennzeichnen Gebiete in denen mittlerer bis starker Ramulariabefall beobachtet werden konnte. Es ist auffallend, dass in den östlichen und nordöstlichen Trockengebieten kein Ramulariabefall auftritt. Auch in den inneralpinen Trockentälern wie Salzach- und Inntal konnte keine Ramularia beobachtet werden. In Abbildung 8.2 und 8.3 sind die jährliche Niederschlagssumme und die Anzahl der Tage mit Niederschlag dargestellt. Diese sollen den Zusammenhang von Niederschlag und Ramulariabefall veranschaulichen. Aufgrund der

Ergebnisse dieses Projektes müsste auch die Taufallhäufigkeit in den Monaten Mai und Juni eine Rolle spielen, dazu gibt es jedoch noch keine österreichweiten Untersuchungen.

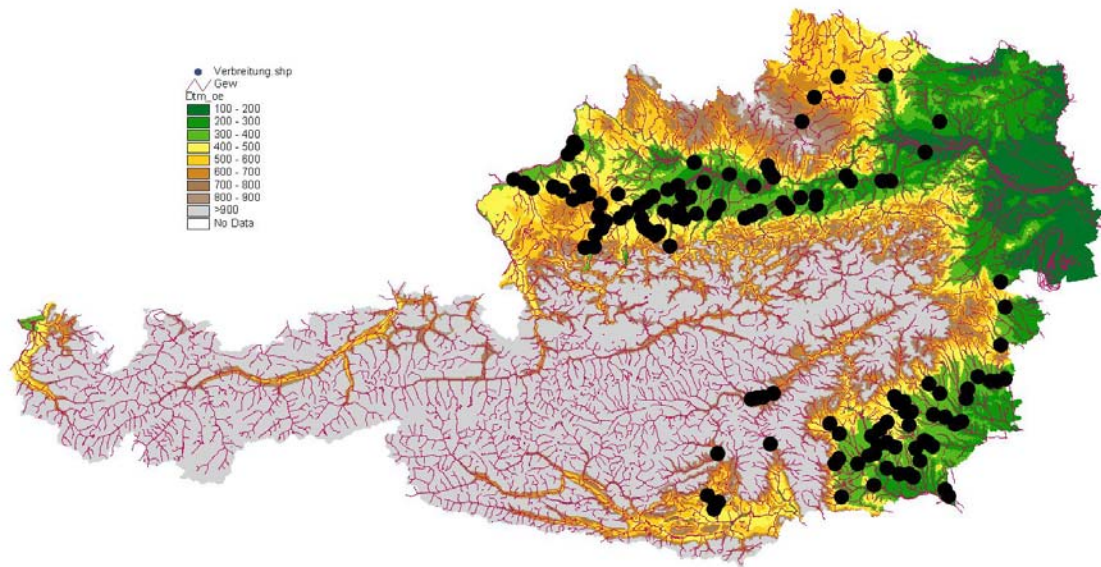


Abb. 8.1: Dokumentiertes Auftreten von *Ramularia c. c.* in Österreich.

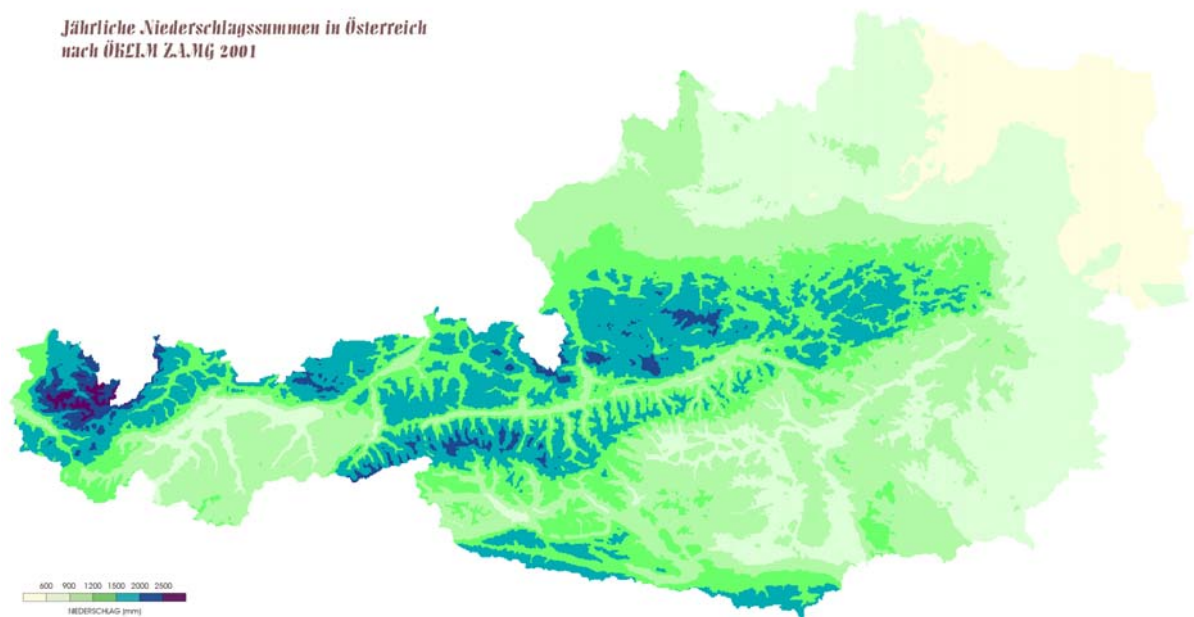


Abb. 8.2: Jährliche Niederschlagssummen in Österreich. Quelle: ÖKLIM ZAMG 2001-12-03

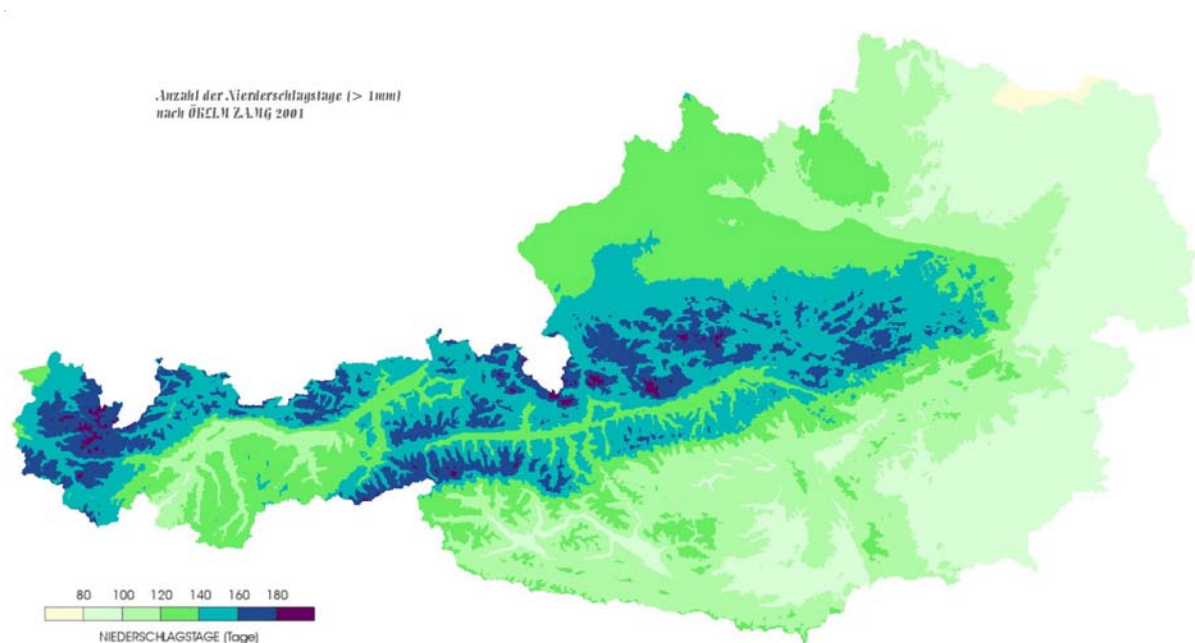


Abb. 8.3 : Anzahl der Tage mit Niederschlag größer als 1 mm. Quelle: ÖKLIM ZAMG 2001

IX: Schlussfolgerungen und Ausblick

Der, durch die Verbreitungsuntersuchungen der Sprenkelkrankheit von Dr. Huss (und erstmals in dieser Arbeit publizierten österreichweiten Ergebnisse), vermutete Zusammenhang zwischen Niederschlag und Sprenkelkrankheit konnte bestätigt werden. Bereits die Parallelmessungen in Lambach und Groß-Enzersdorf im Jahre 2000 zeigten, dass der Hauptunterschied dieser beiden Gebiete, während der Vegetationsperiode im Frühjahr, in der Niederschlagsmenge und Niederschlagshäufigkeit liegt.

Durch das entwickelte automatische Auswerteverfahren und die zeitlich hochaufgelösten Probenahmen während der beiden Versuchsjahre konnte ein gutes Monitoring der Dynamik dieser Krankheit erfolgen. Bei der Analyse der Ergebnisse konnte kein direkter Zusammenhang zwischen Krankheitsauftreten und deren Verlauf und der Witterung nachgewiesen werden, obwohl in den beiden Versuchsjahren durchaus verschiedene Witterungsabläufe auftraten. Dies lässt vermuten, dass während dieser beiden Jahre keine etwaigen Schwellenwerte meteorologischer Parameter unter bzw. überschritten wurden. Die Strahlungstheorie von Dr. Obst mit klarem Witterungsablauf für die Entwicklung der Sprenkelkrankheit konnte aufgrund des Witterungsablaufes im Jahre 2001 nicht bestätigt werden. Vielmehr zeigte sich ein direkter Zusammenhang zwischen phänologischer Entwicklung und Auftreten der Krankheit. In beiden Jahren wurden die ersten Symptome der

Krankheit auf den obersten beiden Blättagen rund zweieinhalb Wochen nach dem Ährenschieben sichtbar.

Durch den Folientunnelversuch im Jahre 2001 konnte eindeutig nachgewiesen werden, dass die Strahlungsintensität keinen Einfluß auf die Sprenkelkrankheit hat. Vielmehr war die Blattnässe der Schlüsselfaktor für diese Krankheit. In der Umgebung von Lambach reicht schon die Blattnässe verursacht durch Tau aus, um diese Krankheit ausbrechen zu lassen. Ohne Blattnässe (und ansonsten gleichen Bedingungen) kommt keine Infektion zu Stande.

Dieses Projekt kann natürlich nicht alle offenen Fragen bezüglich Sprenkelkrankheit bzw. *Ramularia c.c.* beantworten, dennoch wurden erste Hinweise gefunden, in welche Richtung die Forschung weitergehen muß, zudem wurden Methoden für das Monitoring der Krankheit entwickelt. Durch die Initiierung der EU-Projektes „SPOTEX“ wurde die Basis für eine interdisziplinäre europaweite Untersuchung dieses Problems gelegt. Innerhalb dieses Projektes sollen möglichst viele offenen Fragen beantwortet werden. Aus meteorologischer Sicht ist besonders die Bearbeitung folgender Punkte wichtig:

- Ableitung von Schwellenwerten meteorologischer Parameter
- Pollenvorkommen und Ausbreitung
- Überwinterung der *Ramularia*

X: Zusammenfassung/Summary

10.1 Zusammenfassung

Ziel dieses Projektes war es erste Informationen über die meteorologischen Bedingungen bei der Entwicklung und dem Verlauf der Sprenkelkrankheit auf der Gerste zu gewinnen. Untersuchungen von Dr. Huss über die Verbreitung der Krankheit in Österreich (Abb. 10.1) zeigen klar abgegrenzte Gebiete des Auftretens, wobei der trockene Osten und Nordosten Österreichs nicht betroffen sind.

Durch den sehr raschen Verlauf dieser Krankheit (innerhalb von rund 10 Tagen kann die gesamte grüne Blattfläche zerstört werden) musste ein Monitoringsystem zur Dokumentation des Krankheitsverlaufes entwickelt werden. Da sich ein direktes Monitoring innerhalb des Bestandes, sowohl im sichtbaren- als auch im infraroten Wellenlängenbereich als unmöglich herausstellte, wurde ein Verfahren entwickelt, indem einzelne Blätter gescannt werden. Diese digitalen Bilder werden mittels einer eigens entwickelten Bildanalysesoftware untersucht (siehe Abb. 10.2) und als Ergebnis wird der prozentuelle Anteil an grüner, brauner und mit Flecken bedeckter Blattfläche ausgegeben.

In beiden Versuchsjahren konnte in Lambach ein starkes Auftreten der Sprenkelkrankheit beobachtet werden (Abb. 10.3), wobei der Ausbruch der Krankheit im Jahre 2000 rund 10 Tage früher beobachtet wurde als im Jahre 2001. Hierbei konnte kein Zusammenhang mit den meteorologischen Bedingungen während der Symptomentwicklung nachgewiesen werden, da der Witterungsablauf in den beiden Jahren sehr verschieden war. Vielmehr zeigte sich ein deutlicher Zusammenhang mit der phänologischen Entwicklung der Gerste. In beiden Jahren konnte das Auftreten der Flecken in den beiden obersten Blattetagen rund zweieinhalb Wochen nach dem Ährenschieben beobachtet werden.

Ein weiteres Ziel dieses Projektes war die Untersuchung der Ursachen für die Sprenkelkrankheit. In Bayern vertritt man die Ansicht, dass es sich bei der Sprenkelkrankheit um abiotische Flecken, verursacht durch die Sonnenstrahlung handelt. Dr. Huss, aber auch andere Forscher vermuten den Pilz *Ramularia collo cygni* als Verursacher dieser Krankheit. Der Witterungsverlauf speziell im Jahre 2001 spricht eindeutig gegen die bayrische „Strahlungstheorie“ und auch die Verteilungskarte der Krankheit in Österreich (Abb. 10.1)

weist eher auf einen Zusammenhang mit der Feuchtigkeit hin. Zur Überprüfung der beiden Theorien wurde im Jahre 2001 ein Folientunnelversuch durchgeführt. In dem Folientunnel wurden Pflanzentöpfe aufgestellt. Ein Teil dieser Töpfe wurde über Nacht in einen geschlossenen Raum gebracht, damit die Pflanzen nicht durch Tau benetzt werden. Innerhalb des Tunnels war die Globalstrahlung um rund 50 Prozent reduziert. Dadurch kann eine Schädigung der Pflanzen verursacht durch die Strahlungsintensität ausgeschlossen werden. Das Ergebnis dieses Versuches (Abb. 10.4 und 10.5) war, dass die Pflanzen welche immer im Folientunnel standen die klassischen Symptome der Sprenkelkrankheit entwickelten. Die Pflanzen, die keiner Taubenetzung ausgesetzt waren blieben hingegen gesund. Durch diesen Versuch konnte gezeigt werden, dass die Strahlungsintensität der Sonne keinen Einfluss auf die Entwicklung der Sprenkelkrankheit hatte, vielmehr war die Blattnässe der Schlüsselfaktor für diese Krankheit was für die Verursachung durch den Pilz *Ramularia* spricht.

Innerhalb dieses Projektes wurde ein EU-Projekt namens „SPOTEX“ initiiert in dem interdisziplinär die komplexen Zusammenhänge dieser Krankheit untersucht werden sollen. Das Projekt wurde am 18. Oktober 2001 eingereicht.

10.2 Summary

Aim of this project was to gather first information about the meteorological conditions during the developing phase of the barley spot disease “Sprenkelkrankheit”. Investigations about the distribution of this disease in Austria by Dr. Huss (Fig. 10.1) show clear separation between infected and non infected areas. Especially the dry areas in the east and northeast of Austria show no infection.

Due to the quick development of this disease, within 10 days the whole green leaf area can be destroyed, a monitoring system to document the development of this disease has to be established. First trials in monitoring the disease within the field using visible and infrared cameras failed, so we developed a method by scanning single leaves. The digital pictures of the leaves were analysed with a special developed software (Fig. 10.2), delivering the percentage of green, brown and spotted leaf area.

In both field trial years a strong infection of the barley with spots could be observed (Fig. 10.3). In the year 2000 the starting of the disease occurred 10 days earlier than in the year

2001. This could not be related to the meteorological conditions during the symptom developing phase because the weather was quite different within these two years. But there is a strong relation to the developing stage. In both years roughly two and a half weeks after the stage “head emergence” the spots occurred on the top two leaf layers.

A further aim of this project was to investigate the causes of this disease. In Bavaria they support the theory, that these spots are abiotic and are caused by the solar radiation. Dr. Huss and other researchers believe that the disease is caused by the fungi *Ramularia collo cygni*. The weather conditions during the year 2001 strongly disfavoured the “radiation theory” and also the distribution map of Austria shows a correlation with wetness and not with radiation. To prove these two theories a folio tunnel experiment was established in 2001. Within this tunnel plant pots with barley were put. Within this folio tunnel the global radiation was reduced by about 50 percent, therefore no spots could be produced by high radiation level. Additionally one part of the plant pots were put into a closed room during the night, so no leaf wetting caused by dewfall was possible. The results of this experiment (Fig. 10.4 and 10.5) was, that the plants which were within the tunnel the whole time showed the typical spotting of this disease and the plants with no leaf wetting showed no spots. The conclusion of this experiment is, that the radiation intensity has no effect on the “Sprenkelkrankheit”. The key factor of this disease is the leaf wetness and this is typical for a fungi disease.

Additionally within this project a interdisciplinary EC-project named “SPOTEX” was initiated and the proposal was submitted at the call from the 18. Oktober 2001.

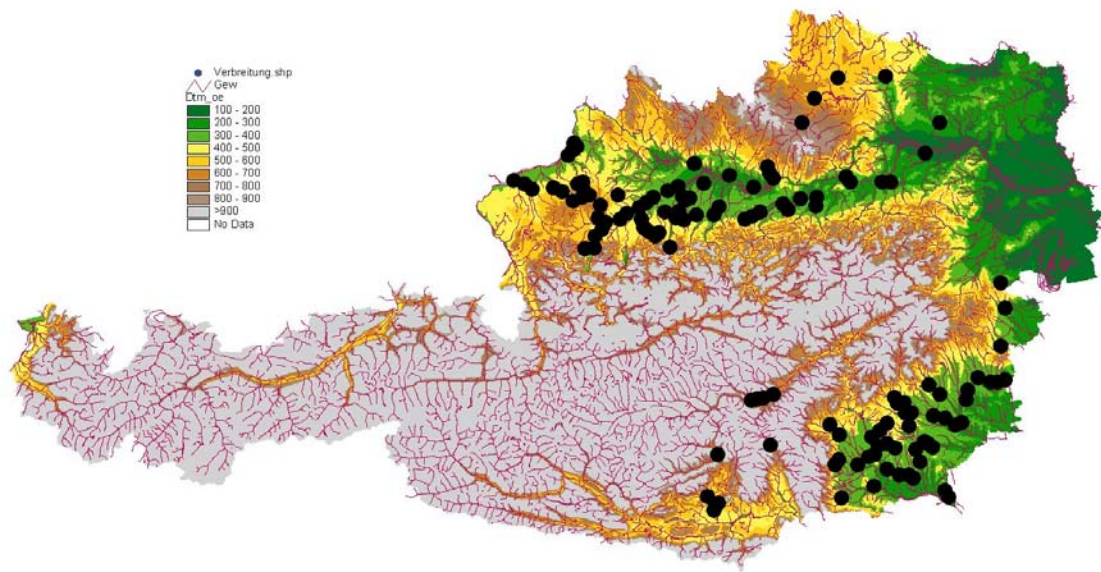


Abb. 10.1: Dokumentiertes Auftreten von *Ramularia c. c.* in Österreich.

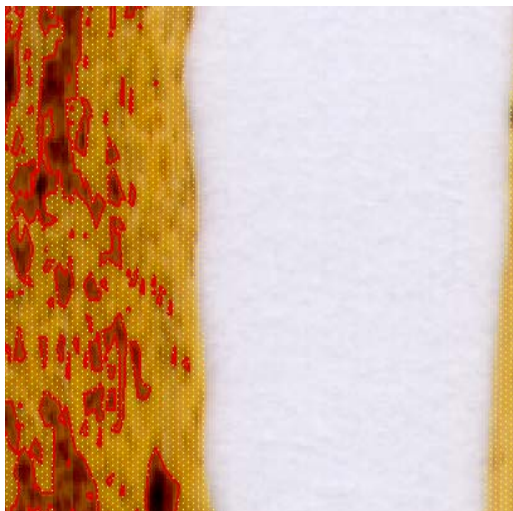
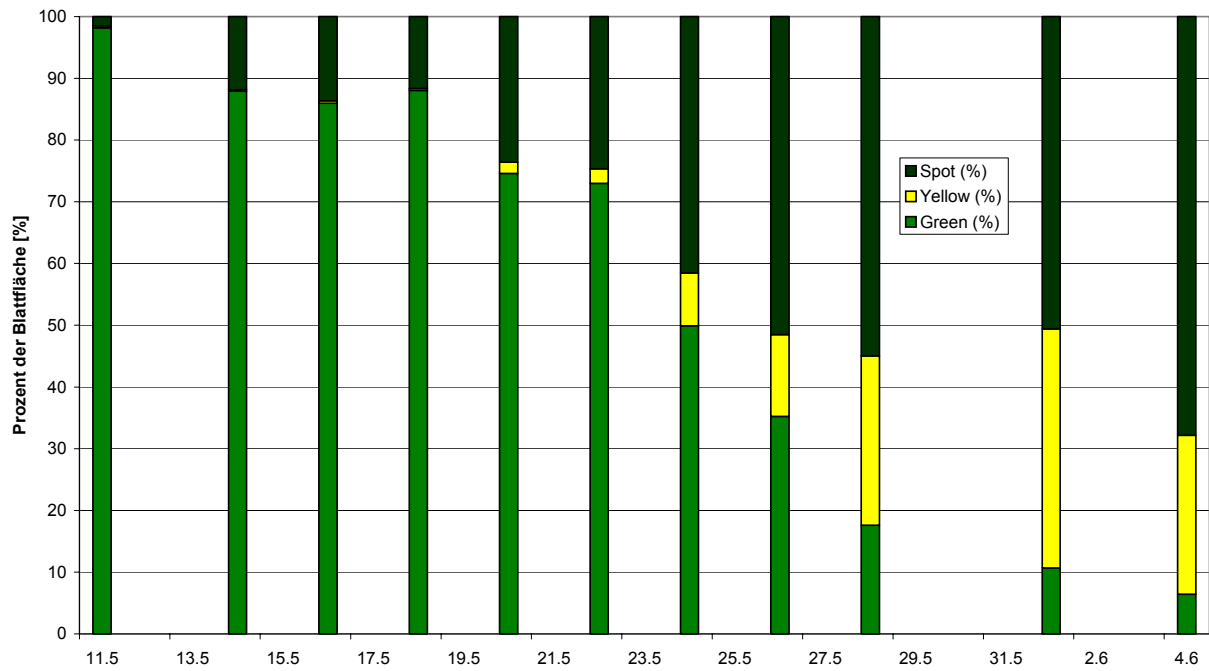


Abbildung 10.2: Ergebnis des Auswerteverfahrens bei bereits gelben Gerstenblättern.

Sorte Virgo Blatttage F0 2000



10.3: Verlauf der Sprenkelkrankheit am Fahnenblatt auf der Sorte Virgo im Jahre 2000.



Abbildung 10.4: Ramulariabefall auf Virgo im Folientunnel.

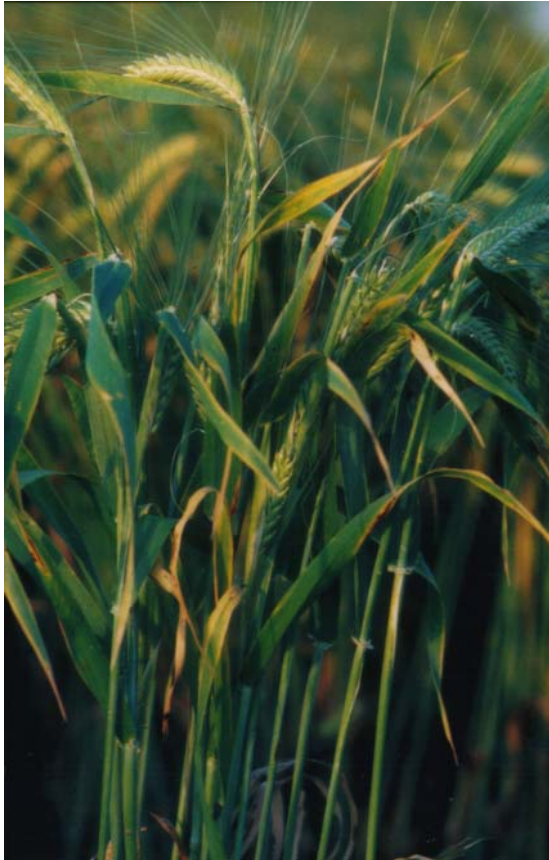


Abbildung 10.5: Kein Ramulariabefall bei den Pflanzen aus dem Folientunnel, welche über Nacht in einem geschlossenen Raum aufbewahrt werden.

XI: Literatur

BURKE, J.I., O'REILLY, B., & THOMAS, T.M. (2000): Overcoming the Spotting Disorder and Fungicide use in Spring Barley. – TEAGASC – National Tillage Conference 2000 Program. – pp. 7.

GRIFFITHS; J: F (1994): Handbook of Agricultural Meteorology. Oxford University Press pp 203-210.

HUSS, H., MAYRHOFER, H. & WETSCHNIG, W.(1987): *Ophiocladium hordei* CAV. (Fungi imperfecti), ein für Österreich neuer parasitischer Pilz der Gerste. Der Pflanzenarzt 40:167-169.

HUSS,H., MAYRHOFER, H. & INGOLIC, E. (1992): *Ramularia collo-cygni* SUTTON & WALLER (Fungi imperfecti), ein wirtschaftlich bedeutender Parasit der Gerste in der Steiermark.- Mitt. Naturwiss. Ver. Steiermark 122: 87-95.

HUSS, H. & NEUHOLD, G. (1995): *Ramularia collo-cygni* (Fungi imperfecti) - Der Erreger der Sprengelkrankheit der Gerste.- Berichte der Arbeitstagung der Arbeitsgemeinschaft der Saatzuchtleiter im Rahmen der Vereinigung österr. Pflanzenzüchter in Gumpenstein: 197-199.

HUSS, H. & SACHS, E. (1998): *Ramularia*-Blattflecken-oder Sprengelkrankheit der Gerste.- Der Pflanzenarzt 51(11-12): pp 15-18.

KIEWNICK, L., ZIMMERMANN, H., (1995): Die häufigste Blattflecke bei Gerste. Der Pflanzenarzt 48,pp 19-26

OBST, A., BAUMER, M. (1998): Nichtparasitär bedingte Blattverbräunungen an Gerste und anderen Getreidearten – Ursachen und Abwehrmaßnahmen. –Getreide Magazin 4, 56-61.

SALAMATI, S. (2001): Spraglefleck på bygg. – GRØNN FORSKNING 17: 1-9.

STREBL (2000): Orale Präsentation auf dem Fachsymposium: „Ährenfusariosen und deren Konsequenzen“. Bundesamt und Forschungszentrum für Landwirtschaft

WILCOX, W. F., Seem, R. C., (1994). Relationship between Strawberry Gray Mold Incidence, Environmental Variables, and Fungicide Application during different Periods of the Fruiting Season. Phytopathology 1994, vol. 84, No. 3, pp 264-270.

WORLD METEOROLOGICAL ORGANIZATION (WMO) (1988): Agrometeorological aspects of operational crop protection. WMO Tech. Note No. 192.