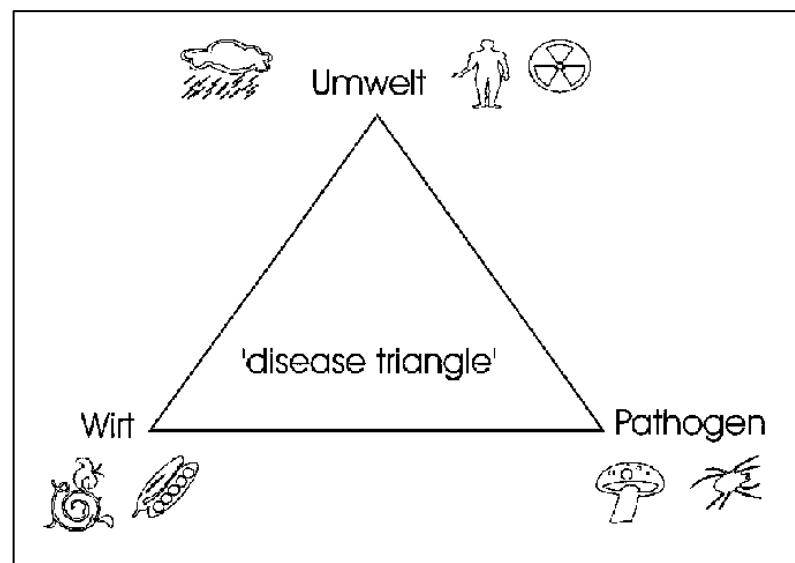


## Resistenzzüchtung

### 1. Das Pathogenitätsdreieck

Abb.1: ‚Disease triangle‘: Im Optimalfall befinden sich die Komponenten Umwelt, Wirt und Pathogen im ökologischen Gleichgewicht. Eine Verschiebung zugunsten einer Komponente führt zum Stabilitätsverlust und im Extremfall zum Zusammenbruch des ökologischen Gleichgewichts.



#### 1.1. Ursachen des Stabilitätsverlustes

- Felderzusammenlegung, Feldgröße
- Stickstoff-Effekt
- genetische Uniformität auf Artenebene ('cash crops')
- genetische Uniformität auf Sortenebene ('boom & bust cycle')
- Spezialisierung, Mechanisierung
- internationaler Saatgutverkehr
- Pflanzenzüchtung

## 1.2. Genetische Grundlagen der Resistenz

1905: BIFFEN: *Puccinia striiformis*: Vererbung entsprechend den Mendel'schen Gesetzen

1942-1956: FLOR: *Melampsora lini* (Leinrost) ? **Gen-für-Gen Hypothese**

z.B.: *Phytophthora megasperma* f.sp. *glycinea*: Wurzel- u. Stengelfäule, Sojabohne

*Erysiphe graminis* f.sp. *tritici*: Weizenmehltau.

1963-1969: VANDERPLANK ? **Vertikale und horizontale Resistenz**

Tabelle 1: Charakteristika von monogenen ('*major gene*') und polygenen Resistenzen

	monogen	oligo- bzw. polygen
Expression	eindeutige Reaktion: vom Keimlingsstadium bis zur Reife exprimiert, oder nur im adulten Stadium	variable Reaktion; nicht unbedingt im Keimlingsstadium exprimiert; Resistenz steigt i.d.R. mit dem Alter der Pflanze
Mechanismus	Immun- oder hypersensitive Reaktion des Wirtes	reduzierte Rate und Ausmaß der Infektion, Entwicklung und/oder Reproduktion des Pathogens
Effizienz	hocheffizient und spezifisch gegen bestimmte Rassen des Pathogens; Möglichkeit der Maskierung extremer Anfälligkeit gegenüber anderen Rassen	variabel, allerdings gegenüber sämtlichen Rassen des Pathogens wirksam
genetische Kontrolle	ein oder wenige Gene mit Haupteffekt	mehrere Gene mit geringen additiven Effekten
Stabilität	instabil; häufig von neuen Rassen des Pathogens durchbrochen	dauerhaft; nicht von Änderungen in den Virulenzgenen des Pathogens betroffen
Synonyme	vertikale -, rassen-spezifische -, Keimlings- (' <i>seedling resistance</i> '), differentielle -, monogene Resistenz	horizontale-, rassen-unspezifische -, Alters- (' <i>adult plant resistance</i> '), Feld- (' <i>field resistance</i> '), uniforme Resistenz

? **Partielle Resistenz ('*partial resistance*')**: Ergebnis einer verlängerten Latenzperiode, reduzierter Infektionsfrequenz und geringerer Sporulationsraten ('*slow rusting*', '*slow mildewing*');  
 ? resultiert aus dem kumulativen Effekt mehrerer Gene mit geringen bis intermediären Effekten; Anzahl der Gene ist in den meisten Fällen eher gering.

? **Dauerhafte Resistenz ('*durable resistance*')**: wirksame Resistenz gegenüber einem Pathogen, welche eine große sortenspezifische Pathogenität besitzen, obwohl die dementsprechende Sorte großflächig in Gebieten, die günstig für den Pathogen ist, kultiviert wird.

## 2. Resistenzzüchtung

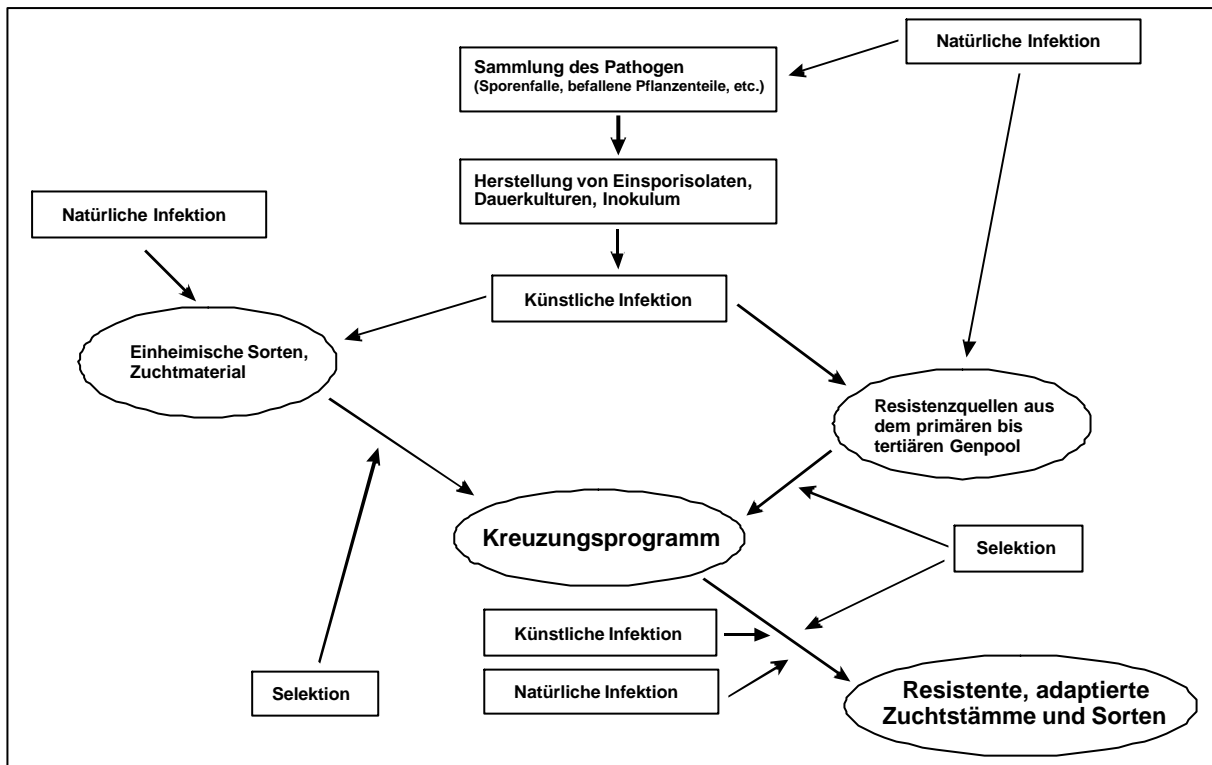


Abb. 2: Schema eines Resistenzzüchtungsprogramms bei Weizen gegenüber pilzlichem Schaderreger

### 2.1. Arbeitsbereich Labor

- \* Inokulum: Herstellung von Einsporisolen; Aufbewahrung des Pathogens (Dauerkulturen), Massenproduktion an Inokulum, Virulenzprüfung verschiedener Stämme/Rassen eines Pathogens etc.
- \* *in vitro* Selektion: Zellsuspensions- und Kalluskulturen, Protoplasten, Keimlinge + Toxin- oder Kulturfiltrate des Pathogens? Keimlingsresistenztests
- \* Klimakammer: künstliche Inokulation, Blattstückchentests (Mehltau, Netzflecken etc.)
- \* Verwendung von Isoenzym- (Bsp. Halmbruch) und DNA-Markergenen (Bsp. Mehltau); ? Einsatz molekularer Marker + Doppelhaploide in Resistenzzüchtungsprogrammen
- \* *embryo rescue* bei weiten (interspezifischen) Kreuzungen zur Übertragung von R-Genen

### 2.2. Arbeitsbereich Glashaus

- \* Resistenztests oft problematisch, da keine bis geringe Korrelation zu Feldresistenz
- \* Kreuzungsprogramm; Transfer von Resistenzgenen aus nahverwandten bzw. Wildarten (z.B. Resistenzzüchtung bei der Sonnenblume gg. *Puccinia helianthi*, *Verticillium dahliae*, *Phomopsis helianthi* und *Plasmopara halstedii* auf der Basis interspezifischer Kreuzungen mit *Helianthus petiolaris* bzw. *H. argophyllus*; Transfer von Resistenzgenen gegenüber *Pseudocercospora herpotrichoides*, *Erysiphe graminis* fsp. *tritici*, *Puccinia* spp. von *Aegilops ventricosa* in Weizen; *Ht3* Resistenzgen gg. *Setosphaeria turcica* (= *Helminthosporium turcicum*) aus *Tripsacum floridanum*)

## 2.3. Arbeitsbereich Feld

\* natürliche oder künstliche Inokulation

\* Problem: häufig große Genotyp-Umwelt Interaktion ? *'shuttle breeding'* über mehrere Jahre  
? gut definierter Standard entscheidend bei screening eines großen Testsortiments

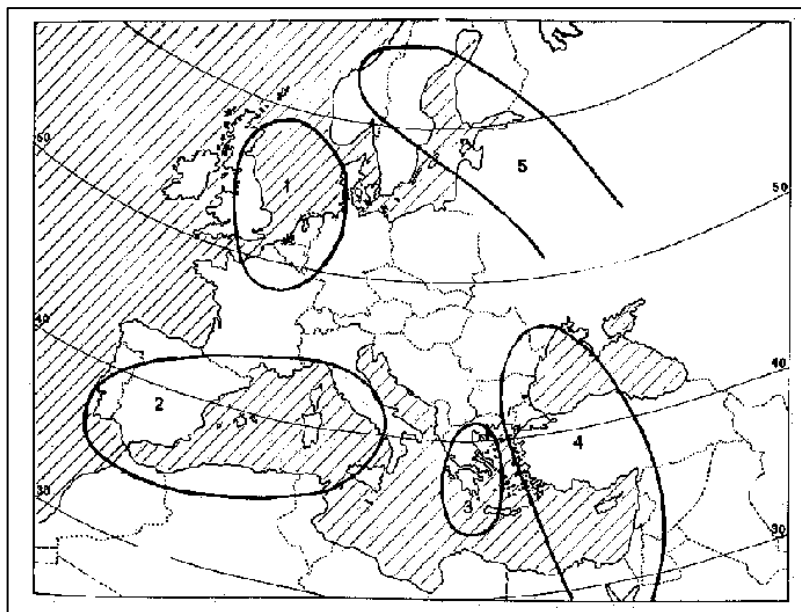


Abb.3: Epidemiehaftes Auftreten verschiedener Gelbrost-Rassen in Europa.

Tabelle 2: *Hot spot* Orte für verschiedene Weizen-Krankheiten die vom CIMMYT (Int. Mais- u. Weizenzüchtungszentrum) für Resistenzprüfungen und *shuttle breeding* verwendet werden.

Ort	Land	Krankheit
Njoro	Kenia	Schwarzrost ( <i>Puccinia graminis</i> )
Quito	Ecuador	Gelbrost ( <i>Puccinia striiformis</i> )
Cd. Obregon	Mexiko	Braunrost ( <i>Puccinia recondita</i> )
Rio Bravo	Mexiko	Braunrost
Poza Rica	Mexiko	<i>Helminthosporium</i> Blattdürre ( <i>H. tritici-repentis</i> )
Holetta	Äthiopien	<i>Septoria</i> Blattdürre ( <i>S. tritici</i> )
Toluca	Mexico	Gerstengelverzweigungsvirus (BYDV)
Nanjing	China	Ährenfusariose ( <i>Fusarium</i> spp.)

## 2.4. Beispiele künstlicher Inokulationsmethoden

- *'spreader plants'* (Bsp. Schwarzrost u.a. Roste bei Getreide), *'spreader strips'* (Zwergrost, *Rhynchosporium*, Netzflecken bei Gerste)
- Bodenproben mit genau definierter Anzahl an Nematodencysten pro cm<sup>3</sup>
- Injektionsmethode, Wattebauschmethode (Ährenfusariose)
- *'cut-spike'*, *'leaf-cutting'*, Blattstückchentest (Ährenfusariose, Mehltau, Roste u.a.)
- Inokulation ganzer oder Teile von Parzellen durch Besprühen mit Inokulum

- Methoden die natürlichen Lebenszyklus des Pathogens nachahmen (Bsp. Ausbringen von verseuchten Pflanzenrückständen)

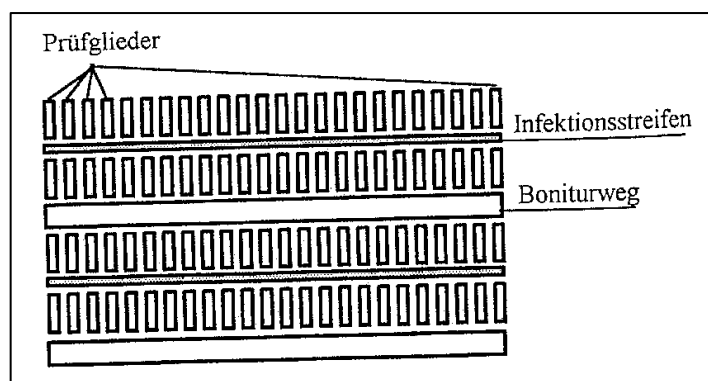


Abb.4: Schema der künstlichen Inokulation mit Hilfe von Infektionsstreifen („spreader strips“) einer hochanfälligen Sorte .

## 2.5. Evaluierung der Krankheit, des Schaderregers

- Rate des Mycelwachstums; Dichte und Größe der Pustel (v.a. bei Roste)
- Sporenproduktionsrate (Keimzählgerät)
- Ermittlung von „Latenzzeit“, Inkubationsperiode etc.
- Visuelle Bewertung der charakteristischen Symptome (% Befall)
- Erfassung epidemiologischer Aspekte: Erstellen einer ‘disease progress curve’ ? ?area under the disease progressing curve’ (AUDPC)
- Erfassung der Ernte- und/oder Qualitätsreduktion durch den Schaderreger
- Menge an pilzlicher Biomasse, ELISA etc.

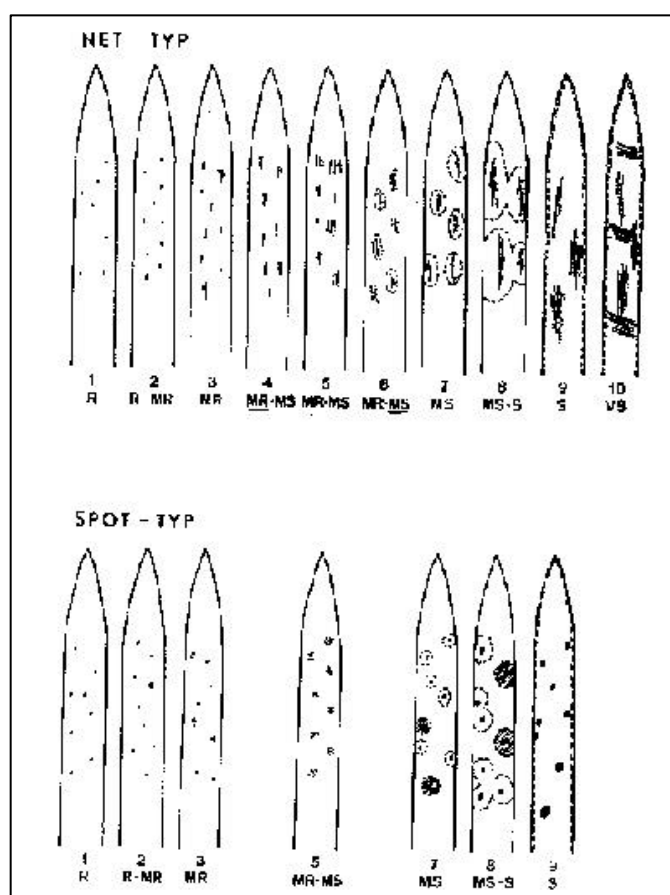
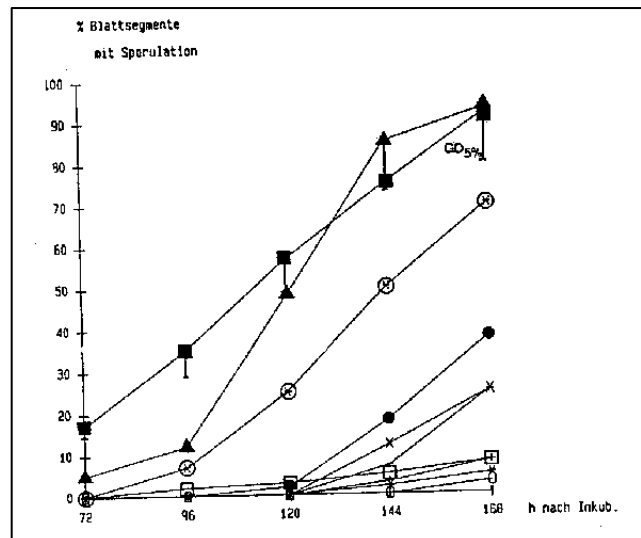


Abb.5: Befallsindex für den *net-* und *spot-*type von *Helminthosporium teres*, dem

Erreger der Netzfleckenkrankheit der Gerste: R, resistent; MR, moderat resistent; MS, moderat anfällig; S, anfällig; VS, hochanfällig.

Abb.6: Sporulationszeiten und -verlauf an verschiedenen Gerstensorten nach Inokulation mit einem *net-type* *H. teres* Isolat.



### 3. Resistenzzüchtung via Gentechnologie

Tab. 3: Beispiele für gentechnologische Resistenzzüchtung gegenüber Schaderregern

Nutzpflanze	Zuchtziele	registrierte Sorten (USA)
Bananen	Pilzresistenz	
Baumwolle	Insektenresistenz	1995 Bollgard, BXN Cotton
Kartoffel	Insektenresistenz	1995 New Leaf
Kartoffel, Tomate	Virusresistenz	
Kohl	Insektenresistenz	
Kürbis	Virusresistenz	1995 Freedom II
Mais	Insektenresistenz	1995 Maximizer
Marille, Zwetschke	Virusresistenz	
Weintraube	Pilzresistenz	