

Nematodenvermehrung bei Zuckerrübensorten mit unterschiedlicher Resistenz und Toleranz

S. Liesenfeld¹, H. Bauer², K. Müller³, Chr. Lang¹

¹ Verband der Hessisch-Pfälzischen Zuckerrübenanbauer e.V., Rathenaustraße 10, 67547 Worms, Deutschland

² Arbeitsgemeinschaft für Versuchswesen und Beratung im Zuckerrübenanbau, Rathenaustraße 10, 67547 Worms, Deutschland

³ Dienstleistungszentrum Ländlicher Raum Rheinhessen-Nahe-Hunsrück, Rudesheimerstraße 60-68, 55545 Bad Kreuznach, Deutschland

Hintergrund

Rübenzystennematoden (*Heterodera schachtii*) sind in den typischen Zuckerrübenanbaugebieten ein zentrales Problem. Die Nematoden verursachen zum Teil erhebliche Ertragsseinbußen, können als Zysten über Jahre hinweg überdauern und somit dauerhaft den Ertrag gefährden. Besonders Flächen mit enger Fruchtfolge sind davon stark betroffen. Durch die Einführung nematodentoleranter und –resistenter Zuckerrübensorten besteht eine Option zur Ertragsicherung unter Nematodenbefall. Allerdings ist wenig darüber bekannt, welchen Einfluss diese Sortentypen auf die Populationsentwicklung von *H. schachtii* nehmen. Ergebnisse dazu soll eine 2010 gestartete mehrjährige Versuchsserie liefern.

Versuchsanlage

- 5 Standorte mit Nematodenbefall in Rheinland-Pfalz und Baden-Württemberg
- Randomisierte Blockanlage mit 4 Wiederholungen und einer Parzellengröße von je 10 m²
- Anbau von 1 anfälligen, 2 nematodentoleranten (Adrianna KWS, Pauletta) und 2 nematodenresistenten (Nemata, Sanetta) Sorten
- Beprobung aller Parzellen in 0-30 cm und zum Teil in 30-60 cm Tiefe, jeweils nach der Aussaat (Pi) und nach der Ernte (Pf)
- 12 Einstiche pro Parzelle und Tiefe → Herstellung einer Mischprobe je Parzelle
- Analyse mittels Acetox-Verfahren (Schlupftest) und Auszählung sowie parallel semiquantitativer PCR



Abb. 1+2: Versuchsanlage nach dem Auflaufen und nach der Ernte

Ergebnisse

- **Anfällige Sorte:** deutliche Vermehrung der Nematoden auf allen Standorten und in beiden Bodenschichten, wobei die Vermehrungsraten vom Ausgangsbesatz abhängig waren
- **Resistente Sorten:** deutliche Reduzierung von *H. schachtii* auf allen Standorten und in beiden Bodenschichten. Allerdings zeigten beide Sorten ein sehr schlechtes Ertragspotenzial. Der Anbau von resistenten Sorten bleibt deshalb weiterhin unrentabel.
- **Tolerante Sorten:** Bei hohem Ausgangsbesatz zeigten beide Sorten keine bzw. geringe Vermehrungseigenschaften. Bei sehr geringem Ausgangsbesatz waren sie jedoch in der Lage, die Nematodenpopulation zu erhöhen.

Ergebnisse

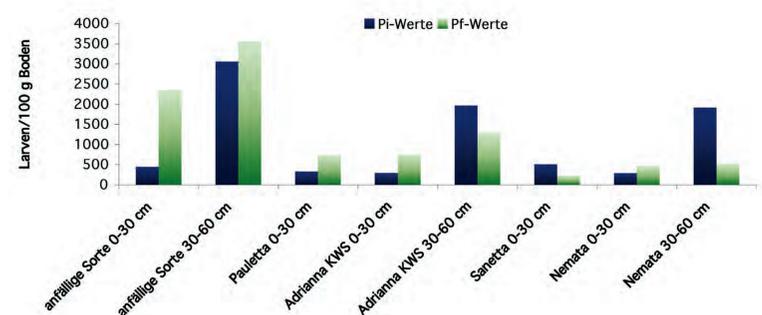


Abb. 3: Population von *H. schachtii* nach der Aussaat und nach der Ernte am Standort Monsheim 2010 mit einem geringen Ausgangsbesatz in 0-30 cm (Ø 370 Larven/100 g Boden) und einem hohen Ausgangsbesatz in 30-60 cm (Ø 2300 Larven/100 g Boden).

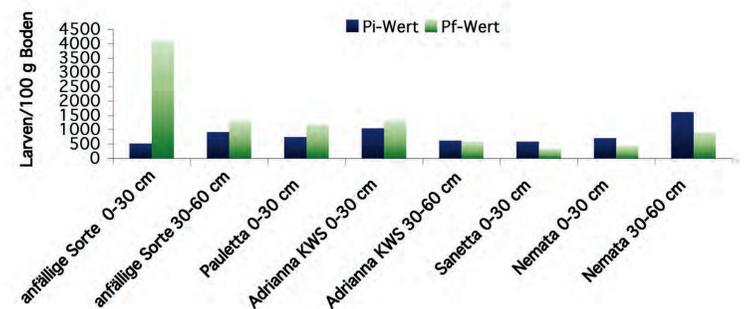


Abb. 4: Population von *H. schachtii* nach der Aussaat und nach der Ernte am Standort Ingersheim 2010 mit einem mittleren Ausgangsbesatz von 830 Larven/100 g Boden.

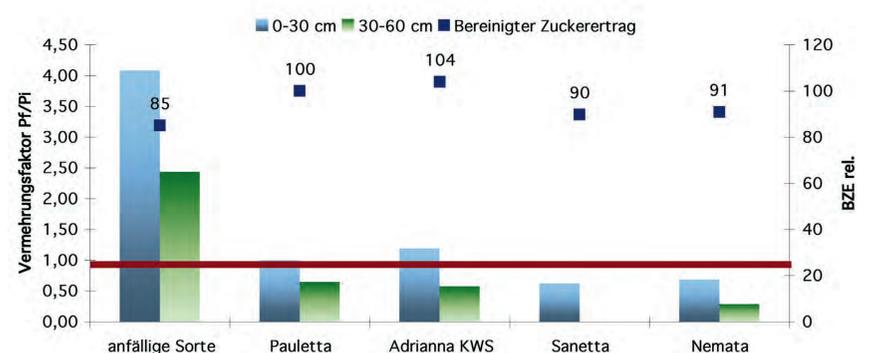


Abb. 5: Durchschnittliche Vermehrungsrate (Pf/Pi) von *H. schachtii* für die Versuchsjahre 2010 und 2011 der fünf getesteten Sorten in 0-30 cm und 30-60 cm Tiefe. Zusätzlich ist der durchschnittliche bereinigte Zuckerertrag aus 2010 und 2011 als Maß für die Ertragsleistung der einzelnen Sorten abgebildet.

Fazit

- Tolerante Sorten reduzieren die Nematodenpopulation nur bei hohem Ausgangsbesatz, haben aber sehr gute Ertragsleistungen unter Befallsbedingungen.
- Nematoden müssen weiter in der Fruchtfolge bekämpft werden; dabei ist das Unkrautmanagement von entscheidender Bedeutung.
- Die Reduzierung von *H. schachtii* durch resistente Sorten ist möglich, aber es bestehen sehr schlechte Ertragsleistungen und die höhere Gefahr der Resistenzbrechung.
- Anfällige Sorten sollten nur auf nicht befallenen Standorten angebaut werden, da gerade bei geringem Ausgangsbesatz enorme Vermehrungsraten zu erwarten sind.
- Schwellenwerte, die sich nur auf den Oberboden beziehen, sind ungeeignet für die Sortenwahl.
- Die quantitative Untersuchung des Unterbodens ist bei Versuchsfragen betreffend der Populationsdynamik oder Sortenwirkung unerlässlich.
- Unterschiede bei der Wirkung auf die Nematodenpopulation zwischen den toleranten Sorten sind bisher als zufällig zu beurteilen. Weitere Untersuchungen mit verschiedenen Genotypen sollten durchgeführt werden.

Der Einfluss von Winterraps auf die Vermehrung von *Heterodera schachtii*

S. Liesenfeld¹, B. Augustin², K. Müller², Chr. Lang¹

¹ Verband der Hessisch-Pfälzischen Zuckerrübenanbauer e.V., Rathenaustraße 10, 67547 Worms, Deutschland

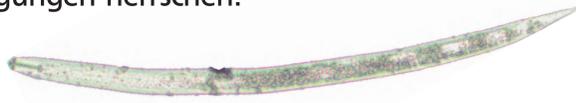
² Dienstleistungszentrum Ländlicher Raum Rheinhessen-Nahe-Hunsrück, Rudesheimerstraße 60-68, 55545 Bad Kreuznach, Deutschland

Hintergrund:

Energiepflanzen sind auf dem Vormarsch – und das mittlerweile auch in typischen Rübenanbaugebieten. Dies liegt vor allem daran, dass die Betriebe nach der Zuckermarktordnungsreform versuchen, die Einbußen durch die Aufnahme rentabler Ackerfrüchte auszugleichen. Vor allem Raps erfährt flächenmäßig eine immer stärkere Ausdehnung. Aus wirtschaftlicher Sicht wäre eine Integration von Raps in Rübenfruchtfolgen durchaus sinnvoll. Aber...

Das Problem:

...Raps gilt als sehr gute Wirtspflanze für den Rübenzystennematoden (*Heterodera schachtii*). Dabei scheint nicht der Kulturraps das eigentliche Problem darzustellen, sondern der unvermeidbare Ausfallraps. Er dient den Nematoden als eine sehr gute Nahrungsquelle, während für sie optimale Entwicklungsbedingungen herrschen.



Der Ansatz...

Anhand einer Felderhebung auf Praxisflächen in Rheinland-Pfalz und Hessen sollte überprüft werden, ob durch eine gezielte Ausfallrapsbekämpfung eine Vermehrung von *Heterodera schachtii* verhindert werden kann. Die Beprobung der Flächen erfolgte 2009/10 nach der Rapsaussaat, nach der Rapsernte und nach der Ausfallrapsbekämpfung, vor Erreichen einer Temperatursumme von 250 °C (mittlere, tägliche Bodentemperatur > 8 °C).

...und seine Durchführung:

- Beprobung von Praxisflächen mit einer Raps-Rüben-Fruchtfolge um einen GPS-markierten Punkt im Radius von 10 m
- Beprobung von 23 Praxisschlägen nach der Rapsaussaat (Pi)
- Beprobung von 14 Flächen mit Nematodenbesatz nach der Ernte (Pf₁) und nach der Ausfallrapsbekämpfung (Pf₂)
- Mischprobe aus 20-30 Einstichen pro Standort in 0-30 cm Tiefe
- Analyse mittels Acetox-Verfahren (Schlupftest) und Auszählen sowie semiquantitativer PCR



Abb. 1-5: Beprobung, Aufbereitung, Inkubieren und Analyse der gezogenen Bodenproben

Das Ergebnis:

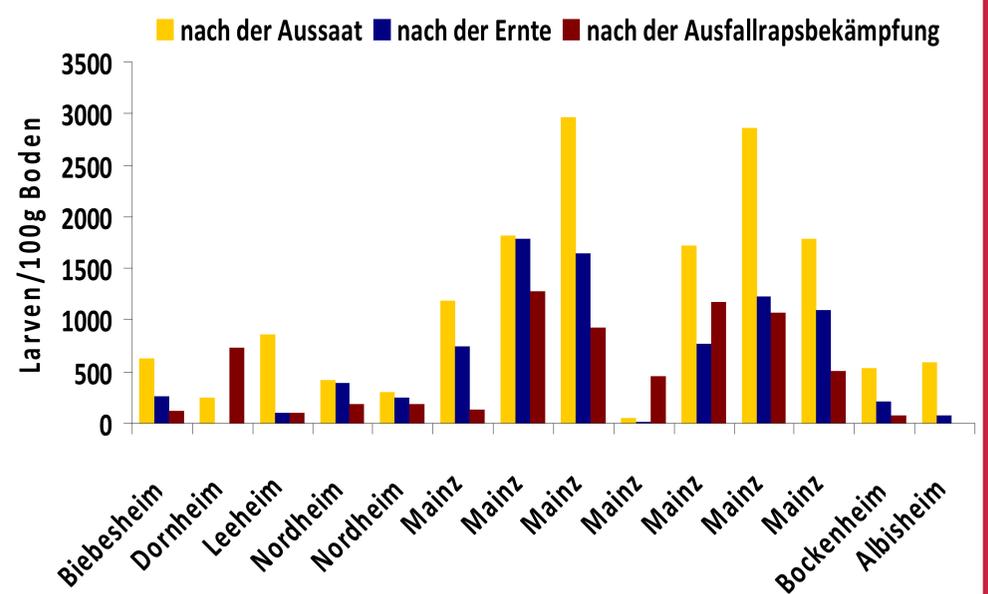


Abb. 6: Entwicklung von *H. schachtii* nach Winterrapsanbau auf Praxisschlägen 2009/10

- Eine Erhöhung des Besatzes mit *H. schachtii* durch Kulturraps wurde nicht beobachtet.
- Mehr oder weniger starker Rückgang der Population war feststellbar.
- Bei termingerechter Ausfallrapsbekämpfung (Temperatursumme ≤ 250 °C) wurden die Nematoden weiter reduziert.
- Bei verzögerter Ausfallrapsbekämpfung war eine starke Vermehrung möglich.
- Die Vermehrungsrate war umso größer, je geringer der Ausgangsbesatz mit Nematoden war.

Raps und Rüben passen zusammen - Aber auf den richtigen Zeitpunkt kommt es an!

- Integration von Winterraps in Rübenfruchtfolgen ist praktikabel.
- Voraussetzung ist eine termingerechte, an der Temperatursumme von 250 °C orientierte, Ausfallrapsbekämpfung (mechanisch oder chemisch) auf der Rapsstoppel und eine konsequente Unkrautbekämpfung in den Folgekulturen.
- Rapsaufschlag im Wintergetreide ist bei Auflaufen im Herbst wie Kulturraps zu betrachten und daher für die Populationsentwicklung der Nematoden ohne Bedeutung.
- In Trockengebieten könnte Winterraps, als kostengünstiger und wassersparender Ersatz für nematodenresistente Zwischenfrüchte genutzt werden.
- Clearfield-Raps passt nicht in Raps-Rübenfruchtfolgen, da er die Ausfallrapsbekämpfung in Rüben und anderen Kulturen erheblich erschwert und somit eine Vermehrung von *H. schachtii* zu erwarten ist. Deshalb ist der Clearfield-Rapsanbau in aktuellen Branchenvereinbarungen der Zuckerindustrie mit den Anbauverbänden untersagt.



Ergebnisse und Konsequenzen des Nematodenmonitorings in Südwestdeutschland

E. Hartmann¹, Chr. Wendel¹, Chr. Lang¹

¹ Verband der Hessisch-Pfälzischen Zuckerrübenanbauer e.V., Rathenastr. 10, 67547 Worms, Deutschland

Nematodenproblematik auch bei uns?

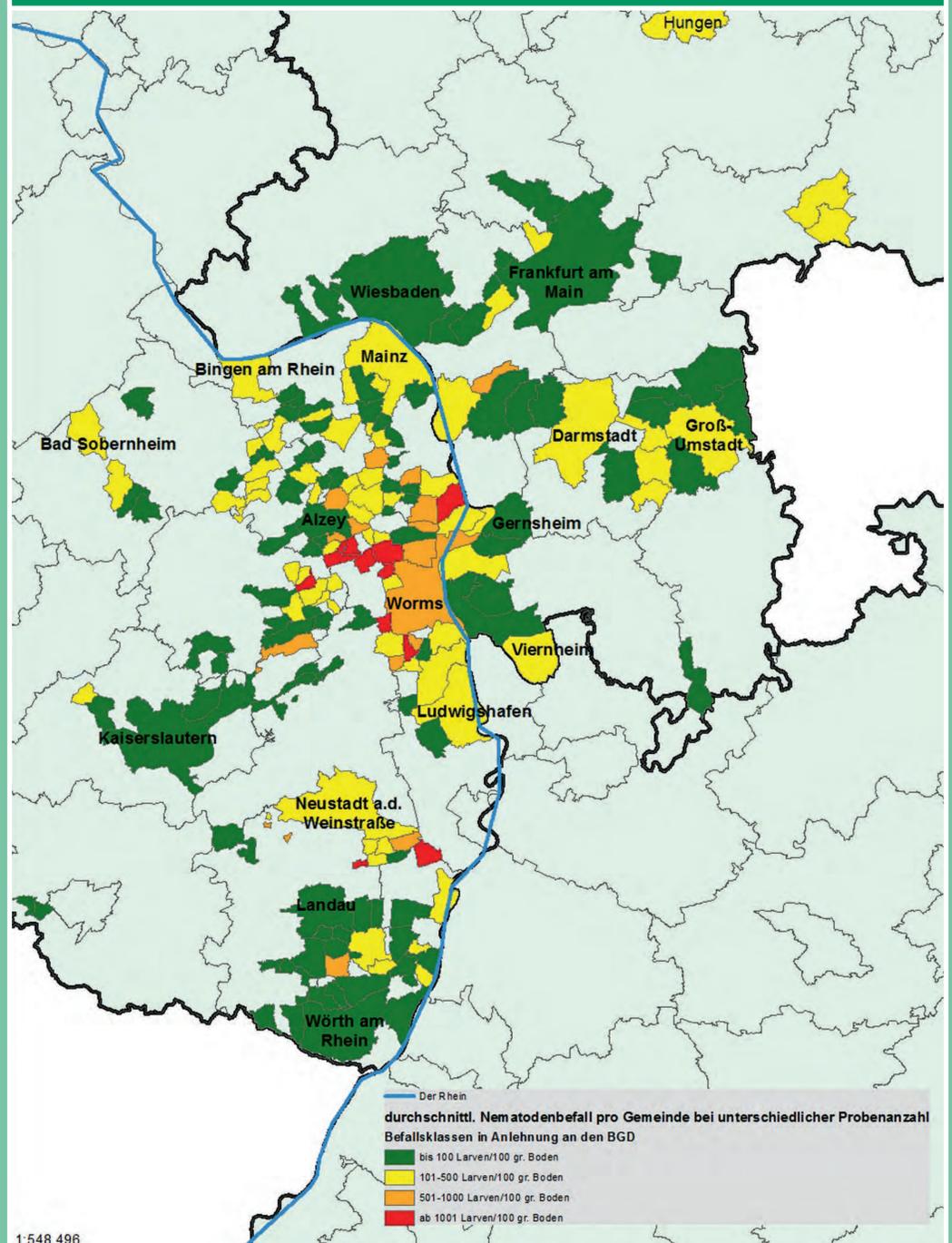
Rübenzystennematoden (*Heterodera schachtii*) sind im Verbandsgebiet ein zentrales Problem und mit verantwortlich für Ertragseinbußen und wirtschaftliche Schäden. Das Gemeinschaftsprojekt zukunftsfähiger Zuckerrübenanbau (2009-2012) legt seinen Schwerpunkt auf die Erforschung und Untersuchung dieses Schädling. Im Januar 2011 wurde ein umfassendes Nematodenmonitoring im Gebiet des Hessisch-Pfälzischen Zuckerrübenanbauerverbandes e.V. gestartet, um die Verbreitung und mögliche Schwerpunktgebiete von *H. schachtii* zu analysieren, sowie um Handlungsempfehlungen für Zuckerrübenanbauer in Rheinland-Pfalz und Südhessen abzuleiten. Parallel durchgeführte Exaktversuche ermöglichen die Ableitung von Beratungsempfehlungen.

Was war die Idee und wie wurde vorgegangen?

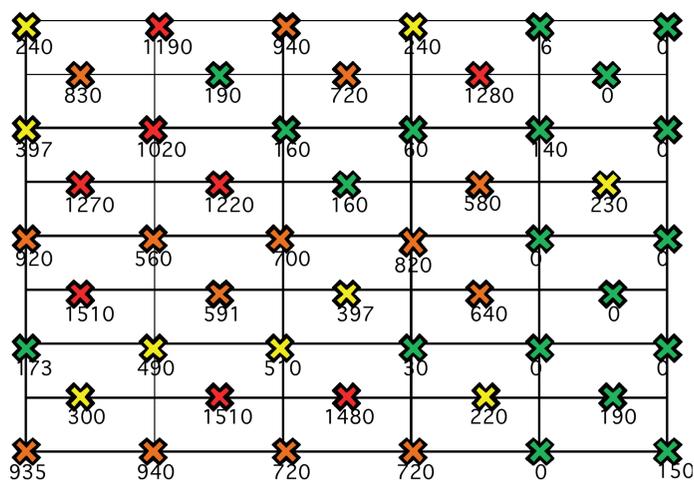
- In Voruntersuchungen auf einzelnen Schlägen in der Pfalz wurde die Verteilung der Nematoden untersucht, um daraus die Probenahme in der Hauptuntersuchung abzuleiten (Abb. rechts).
- Abwicklung der Bodenprobenahme über die Vertrauensmänner (diese betreuen sogenannte Agenturen, die mehrere Gemeinden umfassen) im Januar 2011.
- Ziehen von 9 Bodenproben in 3 Gemeinden pro Agentur.
- Einsammeln aller Proben im Verbandsgebiet (ca. 600 Proben) und Weitergabe an das Labor des Bodengesundheitsdienstes (BGD) im Mai 2011.
- Analyse der Bodenproben auf *H. schachtii* mittels Acetoxmethode und PCR (semi-quantitativ).
- Aufbereitung und Darstellung der Ergebnisse mittels Geoinformationssysteme (GIS) sowie Herausgabe einer Informationsbroschüre an alle Zuckerrübenanbauer des Verbandes der Hessisch-Pfälzischen Zuckerrübenanbauer e.V.



... und wie ist das Vorkommen von *Heterodera schachtii* in Rheinland-Pfalz und Südhessen? (Untersuchung 2011)



... wie sah es auf dem Einzelschlag aus?



Verteilung der *H. schachtii* Larven pro 100 gr Boden auf einem 50 x 50 m Schlag in der Pfalz. Farbwahl wie in der Abbildung rechts.

... und welche Ergebnisse & Konsequenzen ergeben sich daraus?

- Es gibt vermutlich nur noch sehr wenige Gemeinden im Verbandsgebiet Hessen-Pfalz ohne Befall.
- Entlang des Rheingrabens und der Zuckerfabrik Offstein bzw. der Gebiete mit langjährigem Rübenanbau ist ein erhöhter Schädlingsdruck feststellbar.
- Für den Landwirt gilt die Einzelfallentscheidung, da die einzelnen Gemeinden z.T. sehr unterschiedliche Probenzahlen und Ergebnisse vorweisen.
- Neuorientierung bei der Sortenbestellung, da die Auswahl der richtigen Zuckerrübensorte einen erheblichen Einfluss auf den Unternehmensgewinn hat.
- Nur in befallsfreien Gebieten ist ein Einsatz einer Normsorte noch sinnvoll.
- Aus den Ergebnissen des Monitorings wurde für Beratungszwecke eine Empfehlungskarte unter Einbeziehung von Ergebnissen und Erfahrungen der Arbeitsgemeinschaft Zuckerrübe Südwest entwickelt.

Mögliche Auswirkungen des Klimawandels auf die Zuckerrübenenerträge in Rheinhessen und der Pfalz

P. Kremer¹, H.-J. Fuchs¹, Chr. Lang²

¹ Geographisches Institut, Johannes Gutenberg-Universität, 55099 Mainz

² Verband der Hessisch-Pfälzischen Zuckerrübenanbauer e.V. Rathenastr.10, 67547 Worms

Forschungsfrage: Beeinflusst der Klimawandel die regionale Ertragsentwicklung?

Die Zuckerrübenenerträge weisen eine starke interannuelle Variabilität auf (vgl. Abb. 1). Diese ist auf die unterschiedlichen Witterungsverhältnisse während der Vegetationsperiode zurückzuführen. Die Witterung beeinflusst somit maßgeblich den erzielten Ertrag. Schwerpunkt der Untersuchung war die Analyse der ertragsbeeinflussenden Witterungsfaktoren und deren etwaige Veränderung im Zuge des Klimawandels sowie die daraus resultierenden Auswirkungen auf die Ertragsentwicklung. Zweiter Arbeitsschwerpunkt war die Untersuchung möglicher zukünftiger Entwicklungstendenzen auf Basis von Klimamodellen.

Material und Methoden

Datengrundlage:

- Ertragsdaten (t/ha) auf Landkreisebene 1949-2006: Mainz, Worms, Frankenthal
- DWD-Tageswertdatenreihen der Klimaelemente Niederschlag und Temperatur: Mainz (1961-2000); Worms (1951-2003)
- Projizierte Klimadaten: Klimamodelle WETTREG_2006 (2001-2100) & STAR_II (2001-2060); Modellläufe ‚normal‘ und ‚trocken‘ mit zugrunde gelegtem SRES-Emissionsszenario A1B

Methoden:

- Korrelationsanalytische Bestimmung des Zusammenhangs zwischen real erzielt sowie züchtungsfortschrittsbereinigtem Ertrag und der Jahreswitterung
- Züchtungsfortschrittsbereinigung (eigene Methode): Bereinigung der Ertragsdatenreihen vom Faktor Züchtung mit folgender Formel:

$$E_z = E * (1 - 0,9/100)^n$$

$$E_z = \text{züchtungsfortschrittsbereinigter Ertrag}; E = \text{real erzielter Durchschnittsertrag}; n = \text{Anzahl der Jahre ausgehend vom Indexjahr der Züchtungsfortschrittsbereinigung}$$

$$0,9\% \text{ Züchtungsfortschritt nach Loel et. al (2011)}$$
- Regressionsanalytische Untersuchung der Entwicklung der Witterungsparameter und der züchtungsbereinigten Erträge
- Untersuchung der projizierten Eintrittshäufigkeit potentiell ertragschwacher Jahre (zweifaktorieller Fingerabdruck: Niederschlagssumme Juni-August < 110 mm; Temperatursumme Juli + August > 1200 K)

Untersuchungsergebnisse

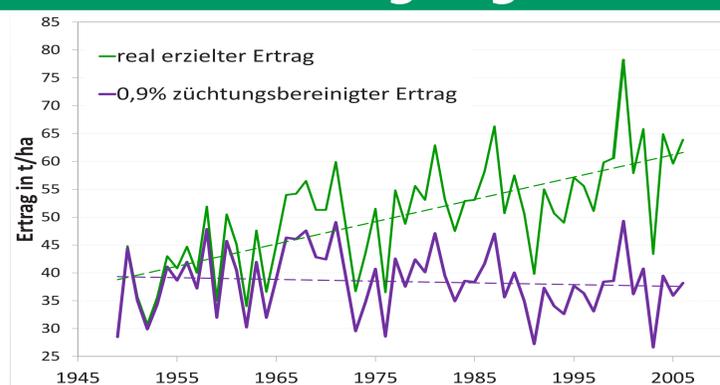


Abb. 1: Entwicklung real erzielter Ertrag und 0,9% züchtungsbereinigter Ertrag in Mainz 1949-2006.

	Mainz		Worms		Frankenthal	
	Ertrag	0,9% bereinigt	Ertrag	0,9% bereinigt	Ertrag	0,9% bereinigt
NS = Niederschlags-summe						
TS = Temperatur-summe						
NS Juni-September	0,65	0,76	0,35	0,59	0,22	0,53
NS Juni-August	0,56	0,75	0,37	0,62	0,24	0,56
NS Juli+August	0,57	0,70	0,51	0,73	0,35	0,65
TS Juni-August	-0,20	-0,48	-0,04	-0,50	0,14	-0,38
TS Juli+August	-0,19	-0,47	-0,05	-0,50	0,10	-0,41
TS_max Juni-August	-0,27	-0,52	-0,17	-0,54	0,03	-0,38
TS_max Juli+August	-0,27	-0,54	-0,18	-0,56	0,01	-0,44

Tab. 1: Korrelationskoeffizienten der Witterungsparameter mit dem real erzielten und dem 0,9% züchtungsbereinigten Ertrag. Grün: hoher Zusammenhang ($0,7 < r \leq 1,0$); gelb: mittlerer Zusammenhang ($0,4 < r \leq 0,7$); orange: niedriger Zusammenhang ($0 < r \leq 0,4$).

Abb. 2: Mainz - Korrelationsdiagramm mit Regressionsgerade: 0,9% züchtungsbereinigter Ertrag (t/ha) und Niederschlagssumme (mm) der Monate Juni bis August (1961-2000).

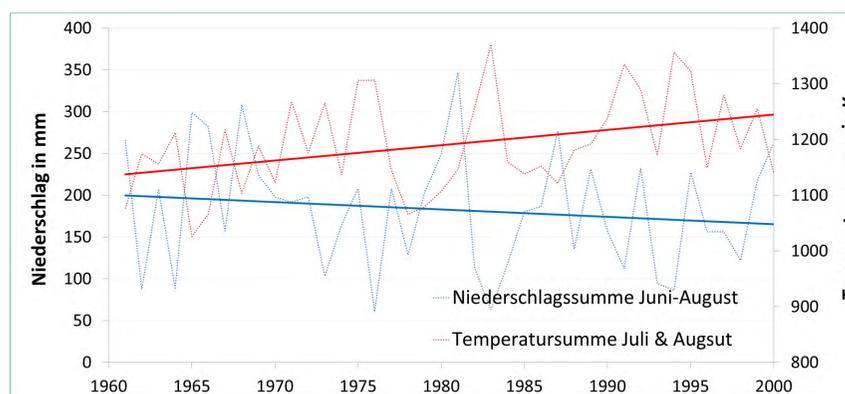
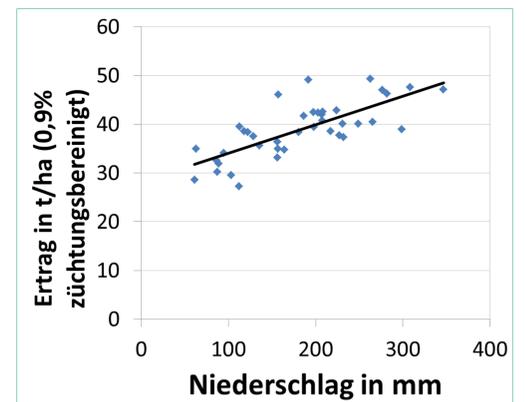


Abb. 3: Entwicklung der Niederschlagssumme Juni-August und der Temperatursumme Juli & August in Mainz 1961-2000.

Diskussion der Ergebnisse

- Die Ausprägung der Witterungsparameter der Monate Juni bis August hat den größten Einfluss auf die erzielten Erträge (Tab. 1 & Abb. 2). Die Niederschlagsparameter korrelieren positiv, die Temperaturparameter negativ mit den Erträgen.
- Tendenziell abnehmende Niederschlagssummen im Untersuchungsgebiet in Kombination mit tendenziell zunehmenden Temperatursummen (die Klimatische Wasserbilanz wird dadurch negativer) während der Hauptwachstumsphase wirken sich regional negativ auf die Erträge aus (vgl. Abb. 3). Dies zeigt sich im tendenziellen Rückgang um 0,9 % züchtungsfortschrittsbereinigten Ertrages am Beispiel Mainz (vgl. Abb. 1).
- Für die Zukunft wird durch die verwendeten Klimamodelle eine Fortsetzung der Vergangenheitstrends projiziert. Daraus ergibt sich relativ zum Referenzzeitraum (Mainz: Erfüllungshäufigkeit bezogen auf 100 (60) Jahre: 13 (7,8)Jahre) möglicherweise eine deutliche Häufigkeitszunahme potentiell ertragschwacher Jahre.
- Getreidearten reagieren aufgrund der spezifischen Temperaturansprüche sowie der temperaturgesteuerten Abreife ggf. mit noch stärker negativen Ertragsentwicklungen. Dies könnte in vergleichbarer Weise analysiert werden und würde Rückschlüsse auf zukünftige Anbaurisiken erlauben.
- Die real erzielten Erträge konnten in den letzten Jahrzehnten deutlich gesteigert werden – mit unverändert steigender Tendenz. Dies lässt sich überwiegend auf Anbautechnik und Züchtung zurückführen. Verfrühung der Saat und eine Verlängerung der Wachstumsphase in den Herbst wirken ebenfalls ertragserhöhend. Eine Übertragbarkeit von Untersuchungen aus Regionen ohne relevanten Trockenstress bzw. ohne eine Überschreitung des Temperaturoptimums der Zuckerrübe erscheint nicht möglich, da sich das klimatische Geschehen kleinräumig ändert und sich sog. Klimatope bilden. Dies begründet die Notwendigkeit, regionale Versuche zur Quantifizierung der Faktoren für den Ertragsfortschritt durchzuführen und ermöglicht eine spezifische Reaktion auf den Klimawandel.