



# Abschlussbericht

## Thüringer Pflanzenbau im Klimawandel

*Projekt-Nr.: 94.04*

Langtitel: Thüringer Pflanzenbau im Klimawandel  
Kurztitel: Klimawandel - Pflanzenbau  
Projektleiter: Dipl.-Ing. agr. Christian Guddat

Abteilung: Pflanzenproduktion  
Abteilungsleiter: Dr. Martin Farack (stellvertretend)

Laufzeit: 01/2008 bis 12/2011  
Auftraggeber: Thüringer Ministerium für Landwirtschaft, Forsten, Umwelt und Naturschutz

Bearbeiter: Christian Guddat  
Ines Schwabe

unter Mitarbeit von:  
Dr. Martin Farack  
Reinhard Götz  
Torsten Graf  
Dr. Steffi Knoblauch  
Karin Marschall  
Herbert Michel  
Dr. Arlett Nehring  
Dr. Rainer Paul  
Dr. Walter Peyker  
Dr. Ingrid Pfleger  
Evelin Schreiber  
Christoph Strauß  
Dr. Armin Vetter  
Dr. Wilfried Zorn

Jena, im Juni 2012

Stellv. Präsident  
Dr. Armin Vetter

Stellv. Abteilungsleiter  
Dr. Martin Farack

In der Bearbeitung des Projektes erfolgte im Rahmen der Durchführung und Auswertung von Versuchen zum Teil eine Kooperation mit nachstehend aufgeführten Einrichtungen:

- Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie:  
M. Sacher
- Landesanstalt für Landwirtschaft, Forsten und Gartenbau Sachsen-Anhalt:  
Dr. G. Hartmann
- Landesamt für Ländliche Entwicklung, Landwirtschaft und Flurneuordnung Brandenburg:  
Dr. G. Barthelmes

## Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Einleitung</b> .....	<b>11</b>
<b>2</b>	<b>Literatur</b> .....	<b>12</b>
<b>2.1</b>	<b>Klimaänderungen</b> .....	<b>12</b>
2.1.1	Allgemein .....	12
2.1.2	Deutschland .....	13
2.1.3	Thüringen ( <i>H. Michel</i> ) .....	14
2.1.4	Auswirkungen, Handlungsoptionen und Anpassungsstrategien für die Landwirtschaft.....	27
2.1.4.1	Schäden durch Wetterextreme in den letzten Jahren .....	27
2.1.4.2	Emissionen in der Landwirtschaft.....	27
2.1.4.3	Allgemeine Auswirkungen der Klimaänderungen auf den Pflanzenbau.....	27
2.1.4.4	Einfluss der Temperaturänderungen auf den Pflanzenbau .....	28
2.1.4.5	Einfluss der Niederschlagsänderungen auf den Pflanzenbau .....	29
2.1.4.6	Einfluss der CO <sub>2</sub> -Konzentrationsänderungen auf den Pflanzenbau.....	30
2.1.4.7	Handlungsebenen und Handlungselemente im Pflanzenbau zur Reaktion auf Klimaänderungen .....	31
2.1.4.8	Bodenschutz, Bodenbearbeitung, Bodenfruchtbarkeit.....	31
2.1.4.9	Fruchtfolge, Artenspektrum und Bewirtschaftungssysteme .....	32
2.1.4.10	Züchtung und Sortenwahl.....	33
2.1.4.11	Anbaubedingungen .....	34
2.1.4.12	Düngung.....	34
2.1.4.13	Pflanzenschutz.....	35
<b>3</b>	<b>Situation des Pflanzenbaus in Thüringen</b> .....	<b>36</b>
<b>3.1</b>	<b>Anbauflächen</b> ( <i>Ch. Guddat, M. Farack</i> ).....	<b>36</b>
<b>3.2</b>	<b>Erträge</b> ( <i>Ch. Guddat, M. Farack</i> ) .....	<b>38</b>
<b>4</b>	<b>Anpassungsmöglichkeiten des Pflanzenbaus an den Klimawandel in Thüringen</b> .....	<b>41</b>
<b>4.1</b>	<b>Fruchtfolge sowie Einführung alternativer und neuer Kulturarten</b> ( <i>Ch. Guddat, M. Farack</i> ).....	<b>41</b>
<b>4.2</b>	<b>Etablierte Kulturpflanzen</b> ( <i>Ch. Guddat, M. Farack</i> ).....	<b>42</b>
<b>4.3</b>	<b>Sorten</b> ( <i>Ch. Guddat, M. Farack</i> ).....	<b>46</b>
<b>4.4</b>	<b>Pflanzenbauliche Maßnahmen</b> .....	<b>48</b>
4.4.1	Bodenschutz und Bodenbearbeitung ( <i>K. Marschall, Dr. R. Paul, Dr. P. Gullich</i> )....	49
4.4.2	Optimierung von Aussaatterminen ( <i>Ch. Guddat, I. Schwabe, M. Farack</i> ).....	52
4.4.3	Optimierung von Aussaatstärken ( <i>Ch. Guddat, M. Farack</i> ).....	53
4.4.4	Ausnutzung unterschiedlicher Reifezeiten von Sorten ( <i>Ch. Guddat, M. Farack</i> )....	53
4.4.5	Erweiterung des Energiepflanzenanbaus ( <i>Dr. A. Vetter, T. Graf, Dr. A. Nehring</i> ) ...	53
4.4.6	Wasserhaushalt und Wasserwirtschaft ( <i>Dr. S. Knoblauch</i> ).....	56
4.4.7	Bewässerung ( <i>Dr. I. Pflieger</i> ) .....	57
<b>4.5</b>	<b>Pflanzenschutz</b> ( <i>R. Götz</i> ).....	<b>58</b>
<b>4.6</b>	<b>Düngung</b> ( <i>Dr. W. Zorn</i> ) .....	<b>59</b>

<b>5</b>	<b>Ergebnisse aus neuen und speziell angelegten Versuchen zur Anpassung des Pflanzenbaus an den Klimawandel .....</b>	<b>61</b>
<b>5.1</b>	<b>Prüfung von Winterformen von Kulturarten als Alternative zu etablierten Sommerformen (Ch. Guddat, I. Schwabe, M. Farack).....</b>	<b>61</b>
5.1.1	Winterbraugerste.....	61
5.1.2	Winterdurum.....	63
5.1.3	Winterhafer.....	63
5.1.4	Winterrölein.....	64
5.1.5	Winterackerbohne .....	64
5.1.6	Wintererbse.....	65
<b>5.2</b>	<b>Prüfung neuer Kulturarten (Ch. Guddat, M. Farack).....</b>	<b>66</b>
5.2.1	Sojabohne .....	66
<b>5.3</b>	<b>Prüfung früh reifender Winterweizensorten (Ch. Guddat, M. Farack).....</b>	<b>67</b>
<b>5.4</b>	<b>Anpassung der Aussattermine und Saatstärke bei praxisbedeutsamen Kulturarten (Ch. Guddat, E. Schreiber, I. Schwabe, M. Farack).....</b>	<b>73</b>
5.4.1	Winterweizen.....	73
5.4.2	Wintergerste.....	78
<b>6</b>	<b>Schlussfolgerungen .....</b>	<b>81</b>
<b>7</b>	<b>Literaturverzeichnis.....</b>	<b>83</b>
<b>8</b>	<b>Anlagen .....</b>	<b>85</b>

## Abkürzungsverzeichnis

%	Prozent	m	mittel
°C	Grad Celsius	m <sup>2</sup>	Quadratmeter
A	Qualitätsgruppe Qualitätsweizen	m <sup>3</sup>	Kubikmeter
Abb.	Abbildung	max.	maximal
B	Qualitätsgruppe Brotweizen	Mg	Magnesium
BBodSchG	Bundes-Bodenschutzgesetz	min.	minimal
B-ha	Berechnungshektar	Mio.	Million
BSA	Bundessortenamt	ml	Milliliter
BSL	Beschreibende Sortenliste	mm	Millimeter
BÜK	Bodenübersichtskarte	msp	mittelspät
bzw.	beziehungsweise	mz	mehrzeilig
C	Qualitätsgruppe sonstiger Weizen	N	Stickstoff
ca.	circa	n =	Anzahl
cm	Zentimeter	Nr.	Nummer
CTF	Controlled Traffic Farming	o.g.	oben genannt
d.h.	das heißt	P	Phosphor
dt	Dezitonne	PEV	Primärenergieverbrauch
DTR	Drechslera tritici-repentis	ppm	parts per million
E	Qualitätsgruppe Eliteweizen	Q.	Qualitätsgruppe
etc.	et cetera (und so weiter)	RP	Rohprotein
EU	Europäische Union	s	Sekunde
FACE	Free Air Carbon Dioxide Enrichment	S.	Seite
FIS	Fachinformationssystem	Signif.	Signifikanz
fr	früh	So.	Sommer
g	Gramm	SZF	Sommerzwischenfrucht
GPS	Ganzpflanzensilage	Tab.	Tabelle
ha	Hektar	TJ	Terajoule
hl	Hektoliter	TLL	Thüringer Landesanstalt für Landwirtschaft
IPCC	Intergovernmental Panel on Climate Change	TLUG	Thüringer Landesanstalt für Umwelt und Geologie
K	Kalium	Tmax	maximale Temperatur
kg	Kilogramm	Tmin	minimale Temperatur
K/m <sup>2</sup>	Körner pro Quadratmeter	Tmit	mittlere Temperatur
km	Kilometer	TMLFUN	Thüringer Ministerium für Landwirtschaft, Forsten, Umwelt und Naturschutz
KWB	klimatestische Wasserbilanz	TS	Trockensubstanz
l	Liter	u.a.	und andere
LfULG	Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie	V	Verwitterung
LLFG	Landesanstalt für Landwirtschaft, Forsten und Gartenbau Sachsen-Anhalt	V	Verwitterung
Lö	Löss	v.a.	vor allem
LSV	Landessortenversuch	vergl.	vergleiche
m	Meter	Wi.	Winter
		z.B.	zum Beispiel
		z.T.	zum Teil
		zz	zweizeilig

## Abbildungsverzeichnis

<b>Abbildung 1:</b> Darstellung der Boden-Klimaräume für Thüringen mit den jeweiligen Flächenanteilen und den Versuchsstationen.....	15
<b>Abbildung 2:</b> mittlere Anzahl der Sommertage ( $T_{\max} > 25\text{ °C}$ ) pro Jahr in Thüringen (MICHEL, 2012) .....	18
<b>Abbildung 3:</b> mittlere Anzahl der heißen Tage ( $T_{\max} > 30\text{ °C}$ ) pro Jahr in Thüringen (MICHEL, 2012) .....	19
<b>Abbildung 4:</b> mittlere Anzahl der Frosttage ( $T_{\min} < 0\text{ °C}$ ) pro Jahr in Thüringen (MICHEL, 2012) .....	20
<b>Abbildung 5:</b> mittlere Anzahl der Eistage ( $T_{\max} < 0\text{ °C}$ ) pro Jahr in Thüringen (MICHEL, 2012) .....	21
<b>Abbildung 6:</b> mittleres Datum des Vegetationsbeginns ( $T_{\text{mit}} > 5\text{ °C}$ ) in Thüringen (MICHEL, 2012) .....	22
<b>Abbildung 7:</b> mittleres Datum des Vegetationsendes ( $T_{\text{mit}} < 5\text{ °C}$ ) in Thüringen (MICHEL, 2012) .....	23
<b>Abbildung 8:</b> mittlere Länge der Vegetation (Tage) in Thüringen (MICHEL, 2012).....	24
<b>Abbildung 9:</b> Starkniederschlagstage (Niederschlag $> 10\text{ mm}$ pro Tag) in Thüringen (MICHEL, 2012) .....	25
<b>Abbildung 10:</b> Starkwindtage ( $>8\text{ m/s}$ Tagesmittel) in Thüringen (MICHEL, 2012).....	26
<b>Abbildung 11:</b> Ackerflächenverhältnis 2011 in Thüringen .....	37
<b>Abbildung 12:</b> Anteile an der Getreidefläche 2011 in Thüringen .....	37
<b>Abbildung 13:</b> Relative Ertragsschwankungen zum langjährigen Durchschnittsertrag bei Winterweizen in Thüringen.....	40
<b>Abbildung 14:</b> Relative Ertragsschwankungen zum langjährigen Durchschnittsertrag bei Wintergerste in Thüringen.....	40
<b>Abbildung 15:</b> Relative Ertragsschwankungen zum langjährigen Durchschnittsertrag bei Sommergerste in Thüringen.....	41
<b>Abbildung 16:</b> Relative Ertragsschwankungen zum langjährigen Durchschnittsertrag bei Winterraps in Thüringen .....	41
<b>Abbildung 17:</b> Ertragsentwicklung von Winterweizen in den Landessortenversuchen in Thüringen.....	43
<b>Abbildung 18:</b> Ertragsentwicklung von Wintergerste in den Landessortenversuchen in Thüringen.....	44
<b>Abbildung 19:</b> Ertragsentwicklung von Sommergerste in den Landessortenversuchen in Thüringen.....	45
<b>Abbildung 20:</b> Ertragsentwicklung von Winterraps in den Landessortenversuchen in Thüringen.....	45
<b>Abbildung 21:</b> Prüfung der Winterfestigkeit von Wintergetreidesorten mittels Weihenstephaner Kastenmethode am Standort Dornburg .....	47
<b>Abbildung 22:</b> Einschätzung der Winterfestigkeit aktuell geprüfter Winterweizensorten auf Datenbasis von Freiland- und Provokationsversuchen von 2003 - 2011 mit Intervallen für den paarweisen Vergleich (90 %).....	48
<b>Abbildung 23:</b> Mittelwerte der gemessenen nutzbaren Feldkapazitäten ( $n = 6$ ) in den verschiedenen Bodentiefen der Bodenbearbeitungsvarianten in Buttstedt im Frühjahr 2012.....	51
<b>Abbildung 24:</b> Gravimetrisch ermittelte Wassergehalte an der Bodenoberfläche (0 - 5 cm) und in 5-15 cm Bodentiefe zu verschiedenen Zeitpunkten in den Jahren 2009 - 2012 der verschiedenen Bodenbearbeitungsvarianten des Versuches in Buttstedt; „1“=Pflug, „2“= periodisch gepflügt, „3“= gegrubbert (15 cm), „4“= flach gegrubbert (5 cm) .....	52
<b>Abbildung 25:</b> Abschätzung der Energiepotenziale auf Basis land- und forstwirtschaftlicher Energieträger .....	54
<b>Abbildung 26:</b> Mögliche Anlage eines Agroforstsystems am Beispiel des Standortes Dornburg... 55	55
<b>Abbildung 27:</b> Beispiele für Energiepflanzenfruchtfolgen.....	55
<b>Abbildung 28:</b> Ertragsminderung durch unterlassene P-Düngung im Vergleich zu P-Entzugsdüngung am Standort Dornburg.....	59
<b>Abbildung 29:</b> Mehrertrag durch differenzierte P-Düngung zu Wintergerste (Exleben 2009, sehr niedriger Boden-P-Gehalt).....	60

<b>Abbildung 30:</b> Vergleich der Kornerträge und Rohproteingehalt von Winter- und Sommerbraugerste in den Landessortenversuchen in Thüringen, Sachsen und Sachsen-Anhalt an orthogonalen Standorten 2007 - 2011 .....	62
<b>Abbildung 31:</b> langjährige Kornerträge im Sortenversuch mit Sojabohnen am Standort Dornburg (Sortimentsmittel sowie jeweils ertragsstärkste und ertragsschwächste Sorte) .....	66
<b>Abbildung 32:</b> Ertragsentwicklung bei Sojabohnen am Standort Dornburg von 1991 bis 2011 .....	67
<b>Abbildung 33:</b> Entwicklung der Landesdurchschnittserträge bei Winterweizen von 1990 bis 2011 in Sachsen, Sachsen-Anhalt und Thüringen .....	68
<b>Abbildung 34:</b> Qualitätsanteile nach Sorten in der deutschen Winterweizenernte 2011, geordnet nach Bundesländern (nach LINDHAUER ET AL., 2011) .....	69
<b>Abbildung 35:</b> Vergleich des durchschnittlichen Gelbreifetermins von früh reifenden Winterweizensorten im Mittel der Löss- und Verwitterungsstandorten im dreijährigen Durchschnitt und im Jahr 2011 .....	70
<b>Abbildung 36:</b> Vergleich der relativen Kornerträge von früh reifenden Winterweizensorten im Mittel der Löss- und Verwitterungsstandorten im dreijährigen Durchschnitt.....	71
<b>Abbildung 37:</b> Einschätzung der Winterfestigkeit ausgewählter Winterweizensorten mit Intervallen für den paarweisen Vergleich (90%) nach Ch. Guddat, V. Michel und A. Zenk (Datenbasis 2003 - 2011 auf Grundlage von Wertprüfungen des BSA ab 2003, Landessortenversuchen der ostdeutschen Bundesländer ab 2003, Prüfungen nach Weihenstephaner Kastenmethode ab 2005 und Prüfung in Klimakammer ab 2003) .....	72
<b>Abbildung 38:</b> Einfluss von Saatzeit auf den Termin des Ährenschiebens bei Winterweizensorten mit verschiedener Reifezeiteinstufung (Mittel: Standorte Dornburg und Burkersdorf, Erntejahre 2009 bis 2011) .....	74
<b>Abbildung 39:</b> Einfluss von Saatzeit auf den Termin der Gelbreife bei Winterweizensorten mit verschiedener Reifezeiteinstufung (Mittel: Standorte Dornburg und Burkersdorf, Erntejahre 2009 bis 2011) .....	75
<b>Abbildung 40:</b> Einfluss von Saatzeit, Saatstärke und Sorte auf den Winterweizenertrag (Mittel: Standorte Dornburg und Burkersdorf, Erntejahre 2009 bis 2011) .....	76
<b>Abbildung 41:</b> Einfluss der Saatzeit auf das Ährenschieben von Wintergerstesorten (Mittel: Standorte Dornburg, Großenstein und Burkersdorf, Erntejahre 2010 bis 2011).....	79
<b>Abbildung 42:</b> Einfluss der Saatzeit auf die Gelbreife von Wintergerstesorten (Mittel: Standorte Dornburg, Großenstein und Burkersdorf, Erntejahre 2010 bis 2011).....	80
<b>Abbildung 43:</b> Einfluss der Saatzeit auf den Kornertrag von Wintergerstesorten (Mittel: Standorte Dornburg, Großenstein und Burkersdorf, Erntejahre 2010 bis 2011).....	80
<b>Abbildung A1:</b> Ertragsentwicklung von Wintertriticale in den Landessortenversuchen in Thüringen.....	85
<b>Abbildung A2:</b> Ertragsentwicklung von Winterroggen in den Landessortenversuchen in Thüringen.....	85
<b>Abbildung A3:</b> Ertragsentwicklung von Sommerweizen in den Landessortenversuchen in Thüringen.....	86
<b>Abbildung A4:</b> Ertragsentwicklung von Sommerhafer in den Landessortenversuchen in Thüringen.....	86
<b>Abbildung A5:</b> Ertragsentwicklung von Körnerfuttererbsen in den Landessortenversuchen in Thüringen .....	87
<b>Abbildung A6:</b> Ertragsentwicklung von Ackerbohnen in den Landessortenversuchen in Thüringen.....	87
<b>Abbildung A7:</b> Vergleich des durchschnittlichen Gelbreifetermins von orthogonal geprüften Winterweizensorten in den Landessortenversuchen im Mittel der Löss- und Verwitterungsstandorten der Jahre 2009 bis 2011 .....	88
<b>Abbildung A8:</b> Vergleich der relativen Kornerträge von früh reifenden Winterweizensorten im Mittel der Löss- und Verwitterungsstandorten im Jahr 2011.....	88
<b>Abbildung A9:</b> Krankheitsanfälligkeit früh reifender Winterweizensorten 2010 - 2011 im Mittel aller Standorte in der Stufe ohne Fungizid- und mit reduziertem Wachstumsreglereinsatz .....	89



## Tabellenverzeichnis

<b>Tabelle 1</b> : Temperaturänderung (°C) in verschiedenen Dekaden innerhalb der Boden-Klima-Räume Thüringens (MICHEL, 2012).....	15
<b>Tabelle 2</b> : Änderung des Niederschlages (mm) in verschiedenen Dekaden innerhalb der Boden-Klima-Räume Thüringens (MICHEL, 2012).....	16
<b>Tabelle 3</b> : Durchschnittserträge und Ertragszuwächse in dt/ha bei Ackerkulturen in Thüringen 1991 - 2010 .....	38
<b>Tabelle 4</b> : Berechnungsflächen und berechnete Fruchtarten in Thüringen.....	57
<b>Tabelle 5</b> : Zuchtfortschritt in Ertrag und Qualität bei Winterbraugerste in Ausprägungsstufen (Beschreibende Sortenlisten 2011 - 2012).....	62
<b>Tabelle 6</b> : Erträge der Winterdurmsorte Auradur im Vergleich zu Sommerweizen (Sortenmittel der Landessortenversuche) an zwei Thüringer Versuchsstandorten 2009 - 2011 .....	63
<b>Tabelle 7</b> : Erträge der Winterhaferorte Fleuron an zwei Thüringer Versuchsstandorten 2009 - 2011, in Dornburg im Vergleich zu Sommerhafer (Sortenmittel der Landessortenversuche).....	63
<b>Tabelle 8</b> : Erträge von Winterrölein an zwei Thüringer Versuchsstandorten 2009 - 2011, in Dornburg im Vergleich zu Sommerrölein (Sortenmittel der Landessortenversuche)..	64
<b>Tabelle 9</b> : Erträge der Winterackerbohnsorte Hiverna im Vergleich zu Sommerackerbohnen (Sortenmittel der Landessortenversuche oder Ertrag einer Empfehlungssorte) in Thüringen und Sachsen 2009 - 2011 .....	65
<b>Tabelle 10</b> : Erträge der Wintererbsensorte James im Vergleich zu Sommerkörnerfuttererbsen (Sortenmittel der Landessortenversuche oder Ertrag einer Empfehlungssorte) in Thüringen und Sachsen 2011 .....	65
<b>Tabelle A1</b> : Empfehlungssorten und Sortenwechsel im Winterweizenanbau in Thüringen 2006 - 2011 .....	90
<b>Tabelle A2</b> : Empfehlungssorten und Sortenwechsel im Winterfuttergerstenanbau in Thüringen 2006 - 2011 .....	91
<b>Tabelle A3</b> : Empfehlungssorten und Sortenwechsel im Sommerbraugerstenanbau in Thüringen 2007 - 2012 .....	92
<b>Tabelle A4</b> : Empfehlungssorten und Sortenwechsel im Winterrapsanbau in Thüringen 2006 - 2011 .....	92
<b>Tabelle A5</b> : Empfehlungssorten und Sortenwechsel im Silomaisanbau (mittelfrüh) in Thüringen 2007 - 2012 .....	93
<b>Tabelle A6</b> : Empfehlungssorten und Sortenwechsel im Silomaisanbau (früh) in Thüringen 2007 - 2012 .....	94
<b>Tabelle A7</b> : Beschreibung der Versuchsstandorte in der Prüfung früh reifender Winterweizensorten.....	94
<b>Tabelle A8</b> : Übersicht der Sortimente bei der Prüfung früh reifender Winterweizensorten..	95
<b>Tabelle A9</b> : Qualitätseigenschaften früh reifender Winterweizensorten auf Löss- und Verwitterungsstandorten 2009 bis 2011 .....	95
<b>Tabelle A 10</b> : Kornerträge (dt/ha) und statistische Auswertung (t-Test, $\alpha = 0.05$ ) der Einzelstandorte in der Prüfung früh reifender Winterweizensorten 2009 - 2011 .....	96
<b>Tabelle A11</b> : Faktoren und Stufen in der Prüfung von Saatzeit und Saatstärke von Winterweizen an den Thüringer Standorten Dornburg und Burkersdorf von 2009 bis 2011.....	97
<b>Tabelle A12</b> : Absoluter Ertrag: Korn (dt/ha, 86% TS), mit Fungizid- und optimalem Wachstumsreglereinsatz, Mittel der Standorte Dornburg und Burkersdorf .....	97
<b>Tabelle A13</b> : Relativer Ertrag: Korn (%), mit Fungizid- und optimalem Wachstumsreglereinsatz, Mittel der Standorte Dornburg und Burkersdorf .....	98
<b>Tabelle A14</b> : Ertragskomponenten: Bestandesdichte (Ähren/m <sup>2</sup> ), mit Fungizid- und optimalem Wachstumsreglereinsatz, Mittel der Standorte Dornburg und Burkersdorf ..	98
<b>Tabelle A15</b> : Ertragskomponenten: Kornzahl je Ähre, mit Fungizid- und optimalem Wachstumsreglereinsatz, Mittel der Standorte Dornburg und Burkersdorf .....	99

<b>Tabelle A16:</b> Ertragskomponenten: Tausendkornmasse (g), mit Fungizid- und optimalem Wachstumsreglereinsatz, Mittel der Standorte Dornburg und Burkersdorf .....	99
<b>Tabelle A17:</b> Ertragskomponenten: Einzelährenertrag (g), mit Fungizid- und optimalem Wachstumsreglereinsatz, Mittel der Standorte Dornburg und Burkersdorf .....	100
<b>Tabelle A18:</b> Ertragskomponenten: Bestockungsrate (Ähren/Keimpflanze), mit Fungizid- und optimalem Wachstumsreglereinsatz, Mittel der Standorte Dornburg und Burkersdorf .....	100
<b>Tabelle A19:</b> Entwicklung: Datum Aufgang, mit Fungizid- und optimalem Wachstumsreglereinsatz, Mittel der Standorte Dornburg und Burkersdorf .....	101
<b>Tabelle A20:</b> Entwicklung: Datum Ährenschieben, mit Fungizid- und optimalem Wachstumsreglereinsatz, Mittel der Standorte Dornburg und Burkersdorf .....	101
<b>Tabelle A21:</b> Entwicklung: Datum Gelbreife, mit Fungizid- und optimalem Wachstumsreglereinsatz, Mittel der Standorte Dornburg und Burkersdorf .....	102
<b>Tabelle A22:</b> Entwicklung: Datum Ernte, mit Fungizid- und optimalem Wachstumsreglereinsatz, Mittel der Standorte Dornburg und Burkersdorf .....	102
<b>Tabelle A 23:</b> Kornerträge (dt/ha) und statistische Auswertung (t-Test, $\alpha = 0.05$ ) der Einzelstandorte in der Prüfung von Saatzeit und Saatstärke bei Winterweizen 2009 - 2011 .....	103
<b>Tabelle A24:</b> Einstufung des Ährenschiebens und der Reife der in den Landessortenversuchen 2011 in Thüringen geprüften Winterweizen- und Wintergerstesorten.....	104
<b>Tabelle A25:</b> Faktoren und Stufen in der Prüfung der Saatzeit von Wintergerste an den Thüringer Standorten Dornburg, Großenstein und Burkersdorf von 2010 bis 2011.....	105
<b>Tabelle A26:</b> Absoluter Ertrag: Korn (dt/ha, 86% TS), mit Fungizid- und optimalem Wachstumsreglereinsatz, Mittel der Standorte Dornburg, Großenstein und Burkersdorf .....	105
<b>Tabelle A27:</b> Relativer Ertrag: Korn (%), mit Fungizid- und optimalem Wachstumsreglereinsatz, Mittel der Standorte Dornburg, Großenstein und Burkersdorf .....	106
<b>Tabelle A28:</b> Ertragskomponenten: Bestandesdichte (Ähren/m <sup>2</sup> ), mit Fungizid- und optimalem Wachstumsreglereinsatz, Mittel der Standorte Dornburg, Großenstein und Burkersdorf.....	106
<b>Tabelle A29:</b> Ertragskomponenten: Kornzahl je Ähre, mit Fungizid- und optimalem Wachstumsreglereinsatz, Mittel der Standorte Dornburg, Großenstein und Burkersdorf .....	107
<b>Tabelle A30:</b> Ertragskomponenten: Tausendkornmasse (g), mit Fungizid- und optimalem Wachstumsreglereinsatz, Mittel der Standorte Dornburg, Großenstein und Burkersdorf...	107
<b>Tabelle A31:</b> Ertragskomponenten: Einzelährenertrag (g), mit Fungizid- und optimalem Wachstumsreglereinsatz, Mittel der Standorte Dornburg, Großenstein und Burkersdorf...	108
<b>Tabelle A32:</b> Ertragskomponenten: Bestockungsrate (Ähren/Keimpflanze), mit Fungizid- und optimalem Wachstumsreglereinsatz, Mittel der Standorte Dornburg, Großenstein und Burkersdorf.....	108
<b>Tabelle A33:</b> Entwicklung: Datum Aufgang, mit Fungizid- und optimalem Wachstumsreglereinsatz, Mittel der Standorte Dornburg, Großenstein und Burkersdorf...	109
<b>Tabelle A34:</b> Entwicklung: Datum Ährenschieben, mit Fungizid- und optimalem Wachstumsreglereinsatz, Mittel der Standorte Dornburg, Großenstein und Burkersdorf...	109
<b>Tabelle A35:</b> Entwicklung: Datum Gelbreife, mit Fungizid- und optimalem Wachstumsreglereinsatz, Mittel der Standorte Dornburg, Großenstein und Burkersdorf...	110
<b>Tabelle A36:</b> Entwicklung: Datum Ernte, mit Fungizid- und optimalem Wachstumsreglereinsatz, Mittel der Standorte Dornburg, Großenstein und Burkersdorf.....	110
<b>Tabelle A 37:</b> Kornerträge (dt/ha) und statistische Auswertung (t-Test, $\alpha = 0.05$ ) der Einzelstandorte in der Prüfung der Saatzeit von Wintergerste 2010-2011.....	111

# 1 Einleitung

Die Anpassung der Thüringer Landwirtschaft an sich ändernde Klimabedingungen ist ein wichtiger Beitrag zur Umsetzung des Thüringer Klima- und Anpassungsprogramms (TMLNU, 2009).

Eine landwirtschaftliche Produktion, welche die erwarteten Klimaänderungen berücksichtigt und dabei den Zielen der Thüringer Nachhaltigkeitsstrategie (BEIRAT ZUR NACHHALTIGEN ENTWICKLUNG THÜRINGEN, 2009) Rechnung trägt, gebraucht die natürlichen Faktoren Boden, Wasser und Atmosphäre so, dass die Bodenfunktionen erhalten, das natürliche Wasserangebot sparsam und möglichst ertragswirksam genutzt und dabei, bezogen auf eine Einheit landwirtschaftliches Produkt, möglichst wenig Treibhausgase in die Atmosphäre entlassen werden, oder aufgrund des photosynthetischen Verbrauchs von CO<sub>2</sub> sogar eine bilanzielle Entlastung erfolgt. Kontaminationen von Grund- und Oberflächenwasser müssen weitest möglich vermieden werden.

Die Strategie der EU für eine nachhaltige Entwicklung (RAT DER EUROPÄISCHEN UNION, 2006) benennt als zentrale Handlungsfelder unter anderem Klimaänderung und saubere Energie sowie die Erhaltung und Bewirtschaftung der natürlichen Ressourcen.

Klimawandel bedeutet für den Landwirt in erster Linie, dass sich mittel- und langfristig die natürlichen Produktionsbedingungen ändern werden, unter denen eine solche nachhaltige Flächennutzung von den Landwirten organisiert werden muss.

Eine verminderte Ertragsleistung der landwirtschaftlichen Hauptkulturen durch zu hohe Temperaturen und Einschränkungen in der Wasserversorgung sind mögliche negative Auswirkungen des Klimawandels auf die Landwirtschaft in Thüringen. Die erwartete Zunahme von Wetterextremen kann zu stärkeren Ertragschwankungen führen und erschwert die Anpassung durch geeignete Maßnahmen. Bei einem moderaten Temperaturanstieg und ausreichender Wasserversorgung ist allerdings mit einer Erhöhung des Ertragspotenzials bei vielen Kulturarten zu rechnen.

Die Temperatur ist ein wesentlicher Faktor für die landwirtschaftliche Erzeugung von Agrarprodukten. Sie bestimmt dabei die phänologischen Grunddaten der Kulturarten und beeinflusst unter anderem den Photosyntheseprozess in der Pflanze selbst. Höhere Temperaturen im Winter und weniger Kälteperioden im Frühjahr begünstigen ein frühes und zügiges Wachstum der Pflanzen und begünstigen die Wachstumsdauer durch eine längere Vegetationszeit. Eine höhere Temperatur hat jedoch eine beschleunigte Zersetzung und Mineralisierung organischer Substanzen im Boden zur Folge. Daraus könnte ein Rückgang an Kohlenstoffvorräten und somit ein Verlust an Bodenfruchtbarkeit resultieren. Die Gefahr, die durch Pflanzenschädlinge und Pflanzenkrankheiten ausgeht, welche von höheren Temperaturen profitieren, steigt.

Eine Zunahme der Winterniederschläge wirkt sich auf speicherfähigen Böden positiv auf Pflanzenentwicklung in Phasen von Frühsommertrockenheit aus. Mehr und z.T. intensivere Niederschläge, besonders außerhalb der Vegetationsperiode erhöhen jedoch das Bodenabtragsrisiko. Ausbleibender Bodenfrost und feuchtere Böden bei gleichzeitig früher einsetzender Vegetation bedeuten ein höheres Verdichtungsrisiko.

Für die Photosynthese ist CO<sub>2</sub> Ausgangspunkt aller Stoffwechselprozesse bei höher entwickelten Pflanzen. Die Produktion pflanzlicher Biomasse bindet also ein Treibhausgas – eine gute Voraussetzung, um Landwirtschaft als Senke von Treibhausgasen zu betreiben. Durch die steigende CO<sub>2</sub>-Konzentration in der Atmosphäre wird ein höherer CO<sub>2</sub>-Gehalt bei C-3-Pflanzen zu einer höheren Produktivität führen, sich aber bei C-4-Pflanzen kaum auswirken. Gleichzeitig sinkt der spezifische Wasserverbrauch bei höheren CO<sub>2</sub>-Konzentrationen und kann Ansatzpunkt zur notwendigen Verbesserung der Nutzungseffizienz sein.

Unter diesen Aspekten kann sich bei der Entwicklung effizienter Anpassungsstrategien zu Klimaänderungen für die Landwirtschaft unter den mitteldeutschen Standortbedingungen eine positive Beeinflussung ergeben, die in Ertrags- und Leistungssteigerung bei optimalem Wasserverbrauch mündet. Voraussetzung dabei sind gleichmäßig Klimabedingungen ohne längere Trockenperioden bzw. Überangebot an Niederschlag.

In den genannten Annahmen sind jedoch ohne Anpassungen kritische Faktoren, die erhebliche Verluste bewirken können, bei zukünftigen Ertragsprognosen zu beachten. Zu ihnen zählen die zu erwartende Verminderung der Wasserverfügbarkeit und Wasserbilanz durch eine Abnahme der Niederschläge im Sommer, arider Klimaerscheinungen infolge zeitweilig sehr hoher Temperaturen, eine Zunahme der Klimavariabilität in Form von Schwankungen von Jahr zu Jahr, die Zunahme von Witterungs- und Wetterextremen sowie eine langfristige Erwärmung über das Temperaturoptimum vieler Kulturarten hinaus. Die Zunahme extremer Wetterereignisse wie Starkniederschläge, Hitze- und Trockenperioden, Sturm und Hagel erhöht das Anbauisiko und senkt die Ertragssicherheit der meisten Kulturarten deutlich. Demgegenüber stehen Potenziale aus neuen Anbauverfahren und Kulturarten, die in ihren Anforderungen von den zu erwartenden Klimaänderungen begünstigt werden können. Deshalb ist es notwendig, geeignete Anpassungsstrategien unter den Standort- und Änderungsbedingungen sowie ökonomischen, politischen und marktrelevanten Rahmenbedingungen für die Landwirtschaft zu entwickeln und zu bewerten.

## 2 Literatur

### 2.1 Klimaänderungen

#### 2.1.1 Allgemein

Unter Klima ist laut Definition der Weltorganisation für Meteorologie der mittlere Zustand mit einer charakteristischen Variabilität der meteorologischen Elemente über einen langen Zeitraum zu verstehen (THÜRINGER LANDESANSTALT FÜR UMWELT UND GEOLOGIE, 2004). Klima umfasst physikalische Elemente, wie Strahlung, Temperatur, Windgeschwindigkeit, Niederschlag und chemische Elemente, wie stoffliche Zusammensetzungen von Luft und Niederschlag (WEIGEL, 2004).

Zur Veränderung der chemischen Zusammensetzung der Atmosphäre liegen vielschichtige Informationen vor. So haben die Konzentrationen zahlreicher Spurengase (z.B. CO<sub>2</sub>, O<sub>3</sub>, N<sub>2</sub>O, CH<sub>4</sub>), die sowohl als Treibhausgase als auch auf Pflanzen und Böden wirken, in den letzten 100 Jahren deutlich zugenommen (WEIGEL, 2004; WEIGEL ET AL., 2007). Die Zunahme der CO<sub>2</sub>-Konzentration in der Atmosphäre ist dabei von besonderer Bedeutung, da sie vergleichsweise sicher vorausgesagt werden kann, Veränderungen unausweichlich sind und CO<sub>2</sub> als Substrat der Photosynthese für Wachstum und Entwicklung von Pflanzen eine herausragende Rolle spielt (WEIGEL ET AL., 2007). Die globale CO<sub>2</sub>-Konzentration in der Atmosphäre lag über 100.000 bis 500.000 Jahre bei ca. 280 ppm, bis sie ab Ende des 19. Jahrhunderts rasant anstieg und gegenwärtig bereits über 380 ppm liegt (WEIGEL, 2003; UMWELTBUNDESAMT, 2004; WEIGEL, 2004; WEIGEL ET AL., 2005; MANDERSCHIED ET AL., 2006; WEIGEL ET AL., 2006; MAIER, 2007; WEIGEL ET AL., 2007). Nach derzeitigem Kenntnisstand ist schon im Zeitraum 2050 bis 2060 mit einer CO<sub>2</sub>-Konzentration in der Atmosphäre von ca. 500-600 ppm zu rechnen (WEIGEL ET AL., 2007). Andere Quellen berichten von einer unausweichlichen Zunahme der atmosphärischen CO<sub>2</sub>-Konzentration auf 450-550 ppm, teilweise sogar bis zu 900 ppm in den nächsten 50 bis 100 Jahren (WEIGEL, 2003; WEIGEL, 2004; WEIGEL ET AL., 2005; WEIGEL ET AL., 2006). Die CH<sub>4</sub>- und N<sub>2</sub>O-Konzentration hat sich seit Industrialisierung ebenfalls wesentlich erhöht, was nahezu ausschließlich auf menschliche Aktivitäten zurückzuführen ist (UMWELTBUNDESAMT, 2004).

Langfristige periodische Veränderungen charakterisieren einen Klimawandel, in denen bestimmte einheitliche Trends bei meteorologischen Größen auftreten (THÜRINGER LANDESANSTALT FÜR UMWELT UND GEOLOGIE, 2004). Sie lassen sich auf globaler, regionaler und lokaler Ebene feststellen (WEIGEL, 2004). Klimaänderungen können durch natürliche Faktoren, wie Schwankungen der solaren Einstrahlung und Vulkanaktivität oder aber anthropogene Faktoren, wie Bevölkerungswachstum und Wohlstandsanstieg, verbunden mit zunehmendem Energieverbrauch, hervorgerufen werden (MAIER, 2007).



Die Landwirtschaft ist als Emitter klimawirksamer Gase, als Einflussfaktor auf das Kohlenstoffspeichervermögen des Bodens, als Erzeuger nachwachsender Rohstoffe zur Einsparung fossiler Ressourcen und als wesentlich beeinträchtigter Wirtschaftsbereich maßgeblich mit dem Themenkomplex Klimawandel verbunden (MAIER, 2007).

Besonders seit Beginn der 1980er Jahre hat sich der Temperaturanstieg deutlich beschleunigt und in den 1990er, dem wärmsten Jahrzehnt des 20. Jahrhunderts, weiter verstärkt (UMWELTBUNDESAMT, 2004; MAIER, 2007). Seit dem Beginn der systematischen meteorologischen Wetteraufzeichnungen im Jahr 1861 wurden die 10 wärmsten Jahre alle nach 1989 verzeichnet (UMWELTBUNDESAMT, 2004). Der Meeresspiegel stieg im 20. Jahrhundert um 10 bis 20 cm, in der nördlichen Hemisphäre sank die Schneebedeckung seit 1960 um 10% und die Dauer der Eisbedeckung von Seen und Flüssen verringerte sich um ca. 14 Tage (UMWELTBUNDESAMT, 2004). Schon im 20. Jahrhundert nahm der Niederschlag über mittleren und höheren Breiten der nördlichen Hemisphäre zu und in den subtropischen Breiten ab (UMWELTBUNDESAMT, 2004).

Für das 21. Jahrhundert ist eine Fortsetzung der gravierenden Folgen des Klimawandels zu erwarten, wie z.B. das Abtauen von Gletschern, das Abschmelzen des arktischen Eises um 40 %, das Auftauen von Permafrostböden, das spätere Zufrieren und frühere Aufbrechen von Flussvereisungen, die Verschiebung von Lebensräumen bestimmter Pflanzen nach Norden und in größere Höhen, die Dezimierung von Tierpopulationen, die frühere Blüte von Pflanzen, das Auftauchen invasiver Insektenarten sowie das veränderte Brut- und Zugverhalten bei Vögeln (UMWELTBUNDESAMT, 2004). Neben einer Zunahme von Überschwemmungen mit stärkeren Erosionen ist eine gravierende Veränderung der biologischen Vielfalt wahrscheinlich (IPCC, 2007). Der für die nächsten Dekaden vorausgesagte Klimawandel betrifft Veränderungen mittlerer Klimawerte und der Klimavariabilität sowie Änderungen in Häufigkeit, Dauer und Stärke von Klimaextremen (WEIGEL, 2004; WEIGEL ET AL., 2007). Allerdings gilt die Vorhersage über das zukünftige Auftreten von Klimaextremen (Frost-, Hitze-, Trockenperioden, Starkniederschläge, Hagel, Stürme, Hochwasser, Sturmfluten) als besonders schwierig (WEIGEL, 2004).

### **2.1.2 Deutschland**

Die Zeichen von Klimaänderungen zeigten sich bereits im 20. Jahrhundert in Mitteleuropa und Deutschland durch deutliche Temperaturzunahme, höhere Winter- und geringere Sommerniederschläge, höhere Niederschlagsintensitäten, häufigere und intensivere Hochwasserereignisse, Gletscherschwund in den Alpen, selteneren Schneefall, frühere Blühzeiten, Veränderung mediterraner Insekten, Ansiedlung und Überwinterungsverhalten von Vögeln oder dem Laichverhalten von Fischen (STOCK, 2006; STOCK UND MASTEL, 2006).

Der Temperaturanstieg lässt sich über phänologische Daten nachweisen, so z.B. über den Blühbeginn der Kornelkirsche, die nach Beobachtungen am Standort Weihenstephan im Mittel heute etwa 3 Wochen früher stattfindet als noch vor 40 Jahren (MAIER, 2007). Niederschläge lassen sich im Gegensatz zur Temperatur wegen der Vielzahl unterschiedlicher Niederschlagsarten, der schwierigen messtechnischen Erfassung und der großen räumlichen und zeitlichen Variabilität der Niederschlagshöhe weniger leicht auswerten (MAIER, 2007). Trotzdem waren auch im Niederschlagsaufkommen im 20. Jahrhundert Veränderungen zu verzeichnen, die eine Niederschlagszunahme im Westen und einen Niederschlagsrückgang im Osten Deutschlands erkennen ließen (GERSTENGARBE ET AL., 2003). In der jahreszeitlichen Verteilung nahmen die Winterniederschläge etwas zu und die Sommerniederschläge ab (GERSTENGARBE ET AL., 2003). In Ostdeutschland war in den letzten Jahren eine zunehmende Häufigkeit der Vorsommertrockenheit zu beobachten, während in Westdeutschland die technologischen Mehraufwendungen für Trocknung und Pilzbekämpfung durch die Niederschlagszunahme stiegen (GERSTENGARBE ET AL., 2003). Veränderungen extremer Ereignisse lassen sich nur schwer nachweisen, trotzdem zeigen neuere Untersuchungen, dass z.B. die Häufigkeit extrem hoher Temperaturen bei einem Rückgang extrem niedriger Temperaturen in den vergangenen 30 Jahren stark angestiegen ist (MAIER, 2007). Für Deutschland lässt sich die künftige Veränderung in Hinblick auf die Landwirtschaft mit einer veränderten Niederschlagsverteilung mit mehr Winter- und weniger Sommerniederschlägen und

deutlich trockneren und heißeren Sommern beschreiben (CHRISTEN [B], 2007; LOTZE-CAMPEN, 2007; OTTE, 2007).

Die Wahrscheinlichkeit, dass Niederschlagsereignisse intensiver auftreten als bisher, ist hoch (OTTE, 2007). Für den Pflanzenbau liegt die Bedeutung weniger in der Änderung von Mittelwerten, sondern vor allem im Auftreten von Extremwerten, die die Ertragsrisiken für den Ackerbau verschieben (GERSTENGARBE ET AL., 2003). Vorhersagen über das Auftreten extremer Klimaereignisse in konkreten Räumen und Regionen sind jedoch kaum möglich (ANONYM, 2004).

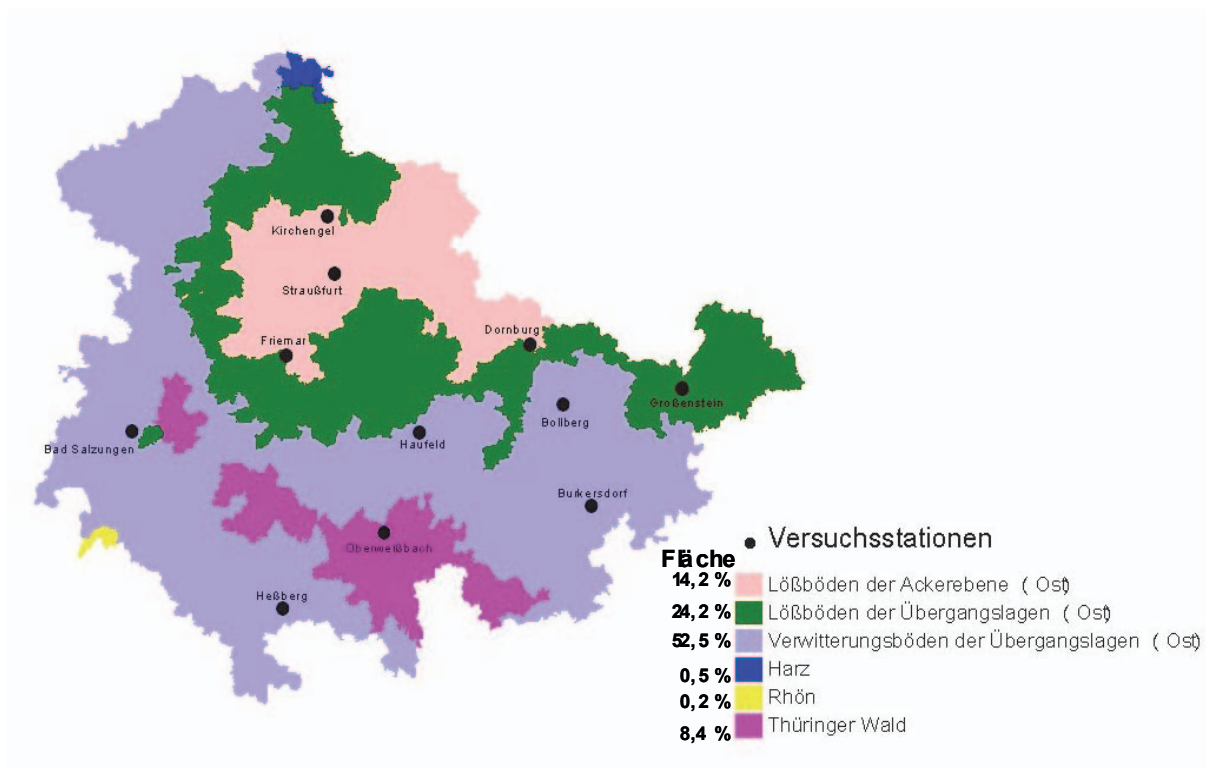
Während in den Küstenregionen in Mecklenburg-Vorpommern, Schleswig-Holstein und Niedersachsen für die nächsten Jahrzehnte eher positive Ertragseffekte zu erwarten sind, ergeben sich vor allem Probleme für die Trockengebiete in Brandenburg, Sachsen, Sachsen-Anhalt und Thüringen (CHRISTEN [B], 2007; LOTZE-CAMPEN, 2007). Im Unterschied zu weiten Regionen Westdeutschlands ist vor allem in den kontinental geprägten Ackerbauregionen in Ostdeutschland mit teilweise dramatischen Rückgängen der Niederschläge zu rechnen (ANONYM, 2004). Zudem werden die Grundwasserneubildung negative Veränderungen erwartet (STOCK, 2006). Die Abnahme der Niederschläge und die Zunahme der Durchschnittstemperaturen wird vor allem in Regionen Ostdeutschlands, wo die knappe Wasserversorgung bereits jetzt ertragslimitierend wirkt, zu einer weiteren Anspannung des Wasserhaushaltes führen (WEIGEL ET AL., 2007). Von Bedeutung ist jedoch der Aspekt, dass sich der prognostizierte Klimawandel nicht langsam und kontinuierlich, sondern vermutlich über viele Jahrzehnte mit extrem schwankenden Bedingungen hinziehen wird, in denen Tropensommer und verregnete Ernten oder frostfreie Winter und strenge Kahlfröste im Wechsel stehen können (CHRISTEN [A], 2007; CHRISTEN [B], 2007).

### **2.1.3 Thüringen (H. Michel)**

Die Auswirkungen der prognostizierten Klimaveränderungen werden mit Hilfe von Modellen ermittelt. Für die nachfolgenden Auswertungen wurde das Statistische Regionalisierungsverfahren WETTREG (basierend auf dem Globalmodell ECHAM5) des Umweltbundesamtes benutzt. Dabei bildet das Szenario A1B die Grundlage für die zukünftige Entwicklung der Klimagrößen. In diesem Szenario wächst die Weltbevölkerung nur mäßig und erreicht 2050 das Maximum. Der Energiebedarf wird durch eine ausgewogene Nutzung aller Energiequellen gedeckt. Maschinen, Geräte und die Energieerzeugung werden deutlich effizienter.

Die Auswirkungen der Klimaänderung müssen auf die Fläche Thüringens bezogen werden. Dazu sind anwendungsorientierte Klimaänderungsregionen zu bilden. Diese sollen Bezug zu den in Thüringen vorhandenen Ergebnissen der landwirtschaftlichen Versuchsstationen besitzen, um deren Ergebnisse in Bezug auf die zu erwartenden Klimaänderungen zu interpretieren. Des Weiteren ist ein Bezug zu den Böden notwendig, da die verschiedenen Böden, auf denen die landwirtschaftliche Produktion stattfindet, unterschiedliche Eigenschaften aufweisen (z.B. Wasserbereitstellungsvermögen). Aus diesen Gründen erfolgte die Bildung der Klimaänderungsregionen auf Grundlage der Boden-Klimaräume (ROßBERG ET AL., 2007). Diese sind zwischen den Anstalten/Ämtern für Landwirtschaft, den Landwirtschaftskammern der Bundesländer und der biologischen Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft auf Basis der Gemeindegrenzen gebildet worden. Die Grundlage sind die Leitbodenarten Deutschlands der BÜK 1000 und die Werte von 401 meteorologischen Stationen, insbesondere Temperatur und Niederschlag. Maßstabsbedingt werden dabei erhebliche bodenhydrologische Unterschiede verdeckt, die bei Betrachtung der konkreten Lokalität beachtet werden müssen.

Nur die vier Boden-Klimaräume mit den größten Flächenanteilen sind für die landwirtschaftlichen Belange von größerem Interesse (Abb. 1). Diese sind durch eine ausreichende Anzahl von Versuchsstationen unterlegt. Der Harz und die Rhön besitzen nur sehr geringe Flächenanteile, und dort findet ohnehin nur wenig landwirtschaftliche Produktion statt.



**Abbildung 1:** Darstellung der Boden-Klimaräume für Thüringen mit den jeweiligen Flächenanteilen und den Versuchsstationen

Quelle: H. Michel, TLL

### Temperaturänderungen

In Tabelle 1 sind die Auswirkungen der projizierten Klimaänderung hinsichtlich der Temperaturen in Bezug zu den Boden-Klimaräumen dargestellt.

**Tabelle 1 :** Temperaturänderung (°C) in verschiedenen Dekaden innerhalb der Boden-Klimaräume Thüringens (MICHEL, 2012)

Boden-Klima-Raum	Dekade 1951 bis 1960 zu 1991 bis 2000					Dekade 1991 bis 2000 zu 2041 bis 2050				
	Frühjahr	Sommer	Herbst	Winter	Jahr	Frühjahr	Sommer	Herbst	Winter	Jahr
<b>Lößböden Ackerebene</b>	0,9	0,7	-0,2	0,7	0,5	0,7	1,8	1,5	2,2	1,7
<b>Lößböden Übergangslagen</b>	1,1	0,8	0,0	0,8	0,7	0,7	1,8	1,6	2,2	1,7
<b>Verwitterungs- böden</b>	1,0	0,7	0,0	0,9	0,6	0,8	1,9	1,6	2,1	1,7
<b>Thüringer Wald</b>	0,8	0,6	-0,1	1,1	0,6	0,8	2,0	1,6	2,0	1,7
<b>Harz</b>	1,0	0,8	-0,2	0,7	0,6	0,4	1,9	1,7	2,3	1,8
<b>Rhön</b>	0,9	1,0	-0,1	0,7	0,6	0,9	2,1	1,8	2,1	1,8

Tabelle 1 zeigt den Vergleich der Dekaden 1951 bis 1960 zu 1991 bis 2000, jeweils für die Jahreszeiten. Es kommt zum Ausdruck, dass innerhalb der historischen Vergleichszeiträume bereits eine Temperaturerhöhung stattgefunden hat. Weiterhin ist der Vergleichszeitraum 1991 bis 2000 zu 2041 bis 2050 aufgezeigt. Hier zeigt sich eine weitere Temperaturerhöhung. Diese ist allerdings nicht in allen Jahreszeiten gleichermaßen. Am höchsten ist sie im Winter gefolgt von Sommer und Herbst. Im Frühjahr fällt die Erhöhung am geringsten aus. Die Unterschiede bezüglich der Erhöhung der Temperaturen in den unterschiedlichen Jahreszeiten fallen dagegen gering aus. Dies trifft auch für das Gesamtjahr zu, wo fast gar keine Unterschiede zwischen den Boden-Klima-Räumen vorkommen. Zu berücksichtigen ist dabei allerdings, dass die absoluten Temperaturen zwischen den Boden-Klima-Räumen auf unterschiedlichem Niveau liegen.

### Niederschlagsänderung

Beim Vergleich der Niederschläge wird in Tabelle 2 ersichtlich, dass diese im Zeitraum 2041 bis 2050 gegenüber 1991 bis 2000 vor allem im Sommer und im geringeren Maße im Herbst mit unterschiedlicher Intensität abnehmen. Im Frühjahr und Winter kommt es zu leichten Abnahmen bis leichten Zunahmen. Im Gesamtjahr sind in allen Boden-Klima-Räumen Abnahmen zu registrieren, die allerdings sehr moderat ausfallen. Und hauptsächlich durch die Abnahmen im Sommer bedingt sind, also dann wenn die Pflanzen das Wasser am nötigsten brauchen.

**Tabelle 2:** Änderung des Niederschlages (mm) in verschiedenen Dekaden innerhalb der Boden-Klima-Räume Thüringens (MICHEL, 2012)

Boden-Klima-Raum	Dekade 1951 bis 1960 zu 1991 bis 2000					Dekade 1991 bis 2000 zu 2041 bis 2050				
	Frühjahr	Sommer	Herbst	Winter	Jahr	Frühjahr	Sommer	Herbst	Winter	Jahr
Lößböden Ackerebene	21,4	-36,6	0,9	12,6	-1,8	-3,6	-19,0	-0,2	1,6	-21,3
Lößböden Übergangslagen	20,8	-27,4	0,9	10,1	4,4	-4,4	-16,6	-1,9	-1,4	-24,3
Verwitterungs- böden	29,2	-23,3	19,2	21,7	46,7	-1,9	-17,1	-6,0	2,7	-22,3
Thüringer Wald	58,9	-5,5	50,4	68,2	172,1	3,4	-30,4	-20,8	15,3	-32,5
Harz	53,9	-73,7	38,2	31,3	49,7	0,8	-29,2	-7,6	8,6	-27,4
Rhön	54,8	33,5	51,6	31,8	171,8	3,5	-31,4	-13,4	11,2	-30,1

### Änderung der Verdunstung und der Klimatischen Wasserbilanz

Im Rechenlauf WETTREG 2006 wurde die Verdunstung berechnet und konnte auf die Boden-Klima-Räume bezogen werden. Die Berechnung der Verdunstung ermöglichte dann die Berechnung der Klimatischen Wasserbilanz (KWB) als Differenz aus Niederschlag und Verdunstung. Im Rechenlauf WETTREG 2010 erfolgte keine Berechnung der Verdunstung mehr, so dass auch keine KWB berechnet werden konnte.

Es muss aber davon ausgegangen werden, dass sich die Verdunstungswerte erhöhen, da sich die Temperaturen ebenfalls erhöhen. In Verbindung mit den geringer werdenden Niederschlägen kommt es dann zwangsläufig zum Ansteigen der negativen Salden der KWB. Besonders drastisch wird dies im Sommer sein, da hier die Temperatur und Verdunstungsanstiege sowie die Niederschlagsrückgänge am größten ausfallen.

Dadurch steht den Pflanzen während der Vegetationszeit weniger Wasser zur Verfügung um eine optimale Ertragsbildung zu gewährleisten. In Abhängigkeit von den Böden wirkt sich



dies unterschiedlich stark aus. Böden mit einem geringen Bodenwasserspeichervermögen werden in Zukunft noch weniger in der Lage sein, den Pflanzen in sommerlichen Trockenperioden ausreichend Wasser zur Verfügung zu stellen. Hochspeicherfähige Standorte können dagegen die Winterniederschläge besser aufnehmen und im Sommer bereitstellen. Hier können Trockenperioden eher ausgeglichen werden. Dies unterstreicht die Notwendigkeit der Verschneidung der klimatischen Parameter mit den örtlichen Bodenverhältnissen in Boden-Klima-Räumen.

Insgesamt sollen die Temperaturen und Verdunstungswerte bis zum Jahr 2050 ansteigen. Die Niederschläge sollen dagegen zurückgehen, und dies vor allem im Sommer. Das bedeutet schlechtere Wasserversorgung der Pflanzen vor allem während der Hauptvegetationszeit. Es wird somit deutlich, dass das Wasser in Zukunft noch mehr als bereits heute zum ertragslimitierenden Faktor wird.

Festzustellen ist jedoch, dass die prognostizierten Klimaänderungen in Thüringen eher moderat ausfallen sollen. Die Temperaturerhöhung bis zum Jahr 2050 im Vergleich zur Dekade 1991 bis 2000 schwankt in Bezug zu den Boden-Klimaräumen zwischen 1,7 °C und 1,8 °C, was noch unter dem erklärtem Ziel von 2 °C liegt. Voraussetzung dafür ist aber, dass die in den Modellen verwendeten Parameter (siehe Szenario A1B) auch eintreffen und die Modelle selbst korrekt sind.

### **Änderungen der Kenntage**

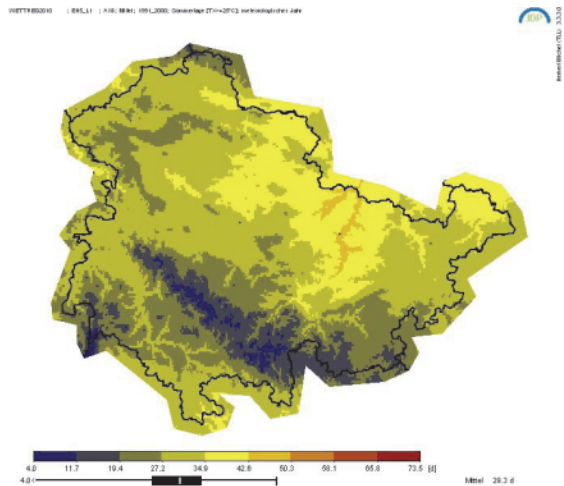
Bei den Auswirkungen des Klimawandels in Bezug zu den jeweiligen meteorologischen Größen, wie Temperatur, Niederschlag u.a., wird immer Bezug auf unterschiedliche Zeiträume genommen, in denen sich diese Größen ändern. Dies sind z.B. die einzelnen Jahreszeiten oder auch das Gesamtjahr. Allen gemein ist, dass es sich um Mittelwerte der Bezugszeiträume handelt. Dabei gehen die Extremwerte verloren, da diese im Mittelwert verrechnet werden. Gerade aber die Extrema sind für die Landwirtschaft von großer Bedeutung. Deshalb wurden diese auch mit dem Modell WETTREG 2010 berechnet und in Form der Kenntage dargestellt.

Es zeigt sich dabei auf Grund der ansteigenden Temperaturen auch die Sommertage (Tage mit Temperaturen >25 °C) und die „heißen“ Tage (Tage mit Temperaturen >30 °C) stark ansteigen. Die Sommertage nehmen im Mittel Thüringens von 2041 bis 2050 im Vergleich zur Dekade 1991 bis 2000 um 21 Tage zu (Abb. 2), wobei die niedrigste Zunahme mit nur 9 im Thüringer Wald und die höchste Zunahme mit bis zu 26 Tagen im Thüringer Becken und der Saaleregion stattfindet. Bei den „heißen“ Tagen beträgt die Zunahme im Mittel Thüringens 8 Tage, mit einer Schwankungsbreite von nur einem Tag im Thüringer Wald bis 12 Tagen im Thüringer Becken, der Saaleregion und dem Altenburger Land (Abb. 3). Das bedeutet, dass die Regionen mit der schon heute höchsten Anzahl beider Tage noch weiter noch weiter mit höheren Temperaturextremen zu rechnen haben. Da die Überschreitung von bestimmten Temperaturen für viele Pflanzen zu Stress führt, wirkt sich dies negativ auf die Pflanzenentwicklung aus.

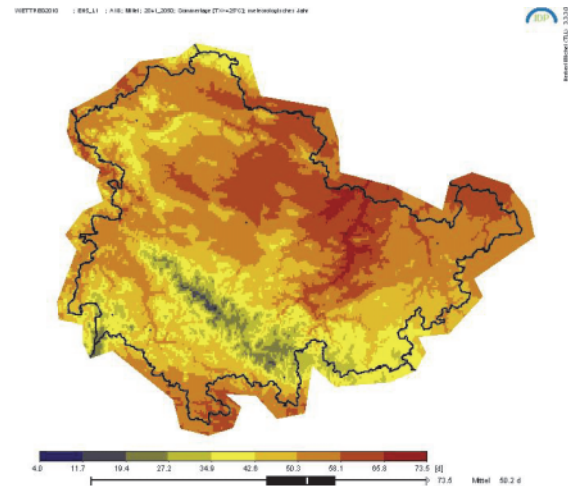
Mit dem allgemeinen Temperaturanstieg geht ein Rückgang der Frosttage (Temperaturminimum <0 °C) und der Eistage (Temperaturmaximum < 0 °C) einher (Abb. 4 und Abb. 5). Die Frosttage nehmen im Mittel Thüringens um 20 Tage ab, wobei der Thüringer Wald bis 27 Tage und bis 14 Tage in einigen Randlagen des Thüringer Beckens beträgt. Auch wenn es weniger kalte Tage geben soll, so bedeutet dies nicht, dass es nicht mehr zu Starkfrösten, Kahlfrösten oder Kälteeinbrüchen im Frühjahr kommen kann. Gerade bei den zu erwartenden wärmeren Wintern mit geringerer Kälteanpassung der Kulturen kann dies zu größeren Schäden führen.

Ebenfalls als Folge der ansteigenden Temperaturen wird sich die Vegetationszeit verlängern (Abb. 6 bis 8). Dies kommt zum Einen durch einen früheren Beginn und zum Anderen durch ein späteres Ende zustande. Insgesamt wird die Vegetationsperiode 25 Tage länger, mit einer Spannweite von 19 Tagen Zunahme im Thüringer Wald und bis 35 Tage in der Saaleregion. Dies ist als positiv zu werten, wenn während der verlängerten Wachstumszeit genügend Wasser zur Verfügung steht.

Bei den Starkniederschlagstagen (>10 mm am Tag) (Abb. 9) und bei den Starkwindtagen (> 8 m/s Tagesmittel) (Abb. 10) ergeben sich aus den Berechnungen mit WETTREG 2010 für die Dekade 2041 bis 2050 keine signifikanten Unterschiede im Vergleich zur Dekade 1991 bis 2000. So wird es auch in Zukunft zu Starkniederschlägen und Stürmen kommen, deren Anzahl sich nach allgemeiner Ansicht erhöhen soll.



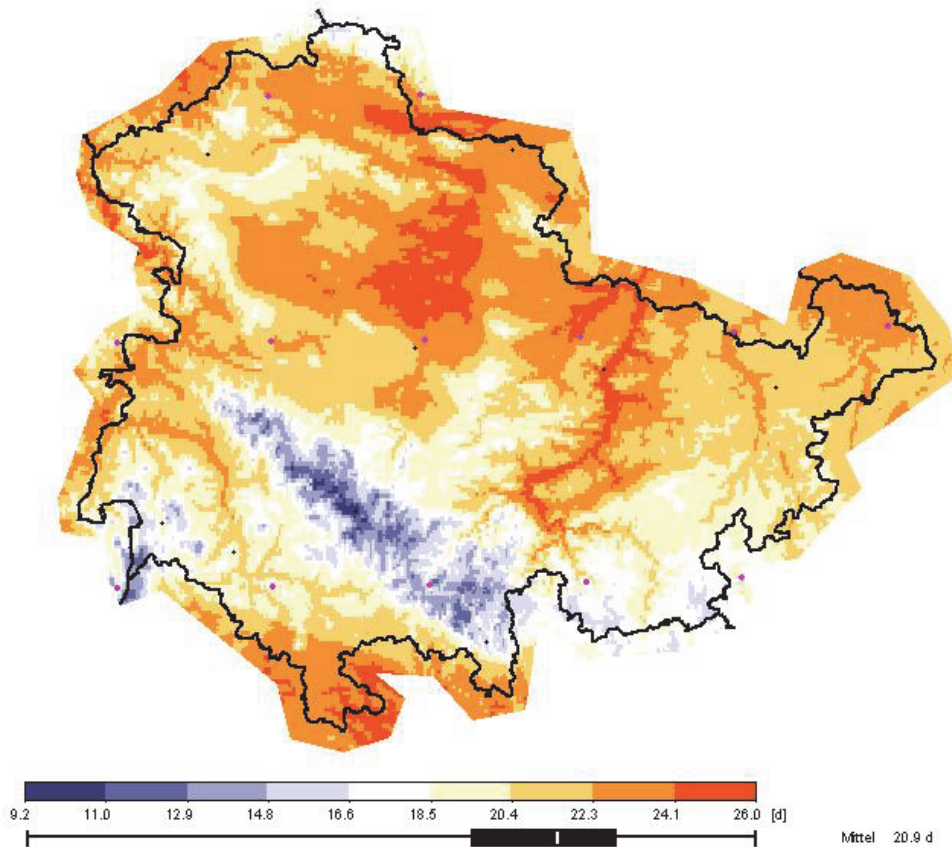
Dekade 1991 bis 2000: 4 bis 47 Tage (Mittel 29 Tage)



Dekade 2041 bis 2050: 13 bis 74 Tage (Mittel 50 Tage)

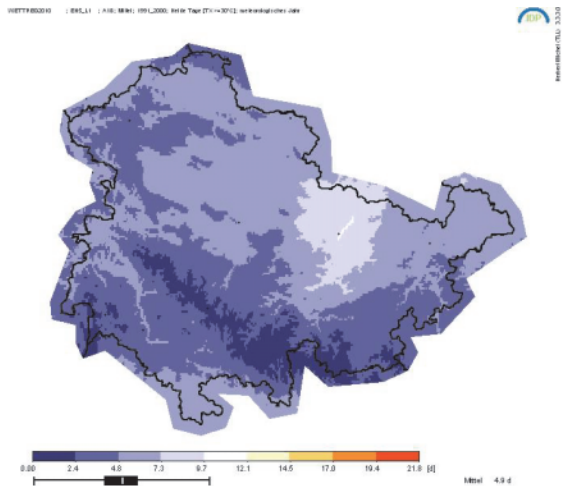
WETTRBG3010 : EHS\_L1 : A18; MIK1; 2041\_2050; Sommerlage (T<sub>max</sub>>25°C); meteorologisches Jahr  
 WETTRBG3010 : EHS\_L1 : A18; MIK1; 1991\_2000;

IDP  
 Referenz: MIK1 (TLU) 3.3.3.0

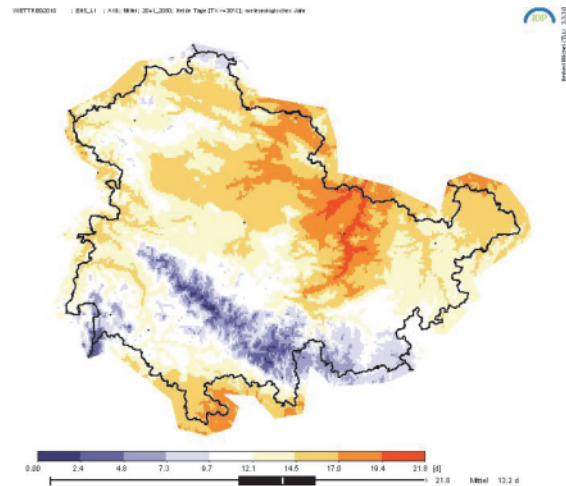


Vergleich der mittleren Anzahl der Sommertage (T<sub>max</sub>>25 °C) pro Jahr zwischen den Dekaden 1991 bis 2000 und 2041 bis 2050: Zunahme von 9 bis 26 (Mittel 21 Tage), niedrigste Zunahme - Thüringer Wald, höchste Zunahme - Thüringer Becken, Saaleregion

**Abbildung 2:** mittlere Anzahl der Sommertage (T<sub>max</sub> > 25 °C) pro Jahr in Thüringen (MICHEL, 2012)

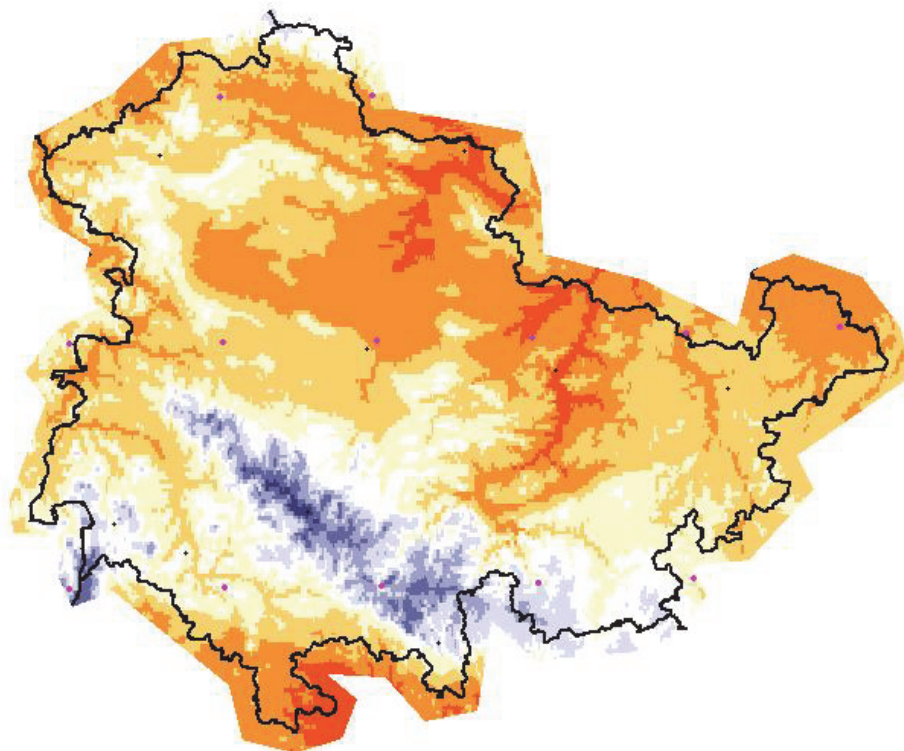


Dekade 1991 bis 2000: 0 bis 9 Tage  
(Mittel 5 Tage)



Dekade 2041 bis 2050: 1 bis 22 Tage  
(Mittel 13 Tage)

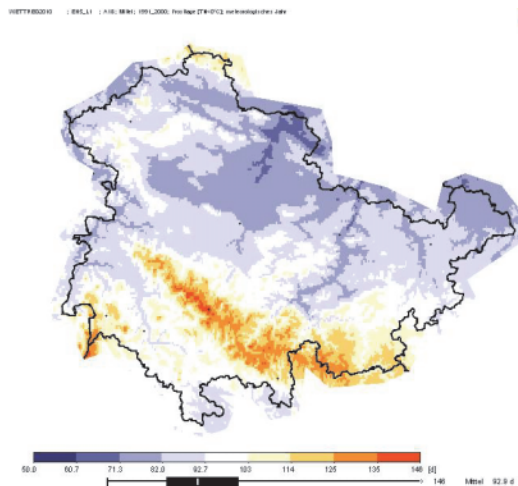
WETTRBG3010 : EHS\_L1 : A18; MIKI: 2041\_2050; Heiße Tage (T<sub>K</sub> >= 30°C); meteorologisches Jahr  
WETTRBG3010 : EHS\_L1 : A18; MIKI: 1991\_2000;



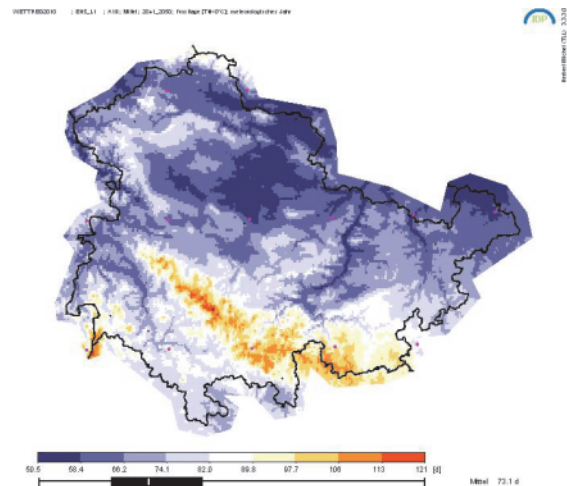
Vergleich der mittleren Anzahl der heißen Tage ( $T_{max} > 30\text{ °C}$ ) pro Jahr zwischen den Dekaden 1991 bis 2000 und 2041 bis 2050: Zunahme von 1 bis 12 (Mittel 8 Tage), Thüringer Wald - leichte Abnahme, höchste Zunahme - Saalregion, Thüringer Becken, Altenburger Land

**Abbildung 3:** mittlere Anzahl der heißen Tage ( $T_{max} > 30\text{ °C}$ ) pro Jahr in Thüringen (MICHEL, 2012)



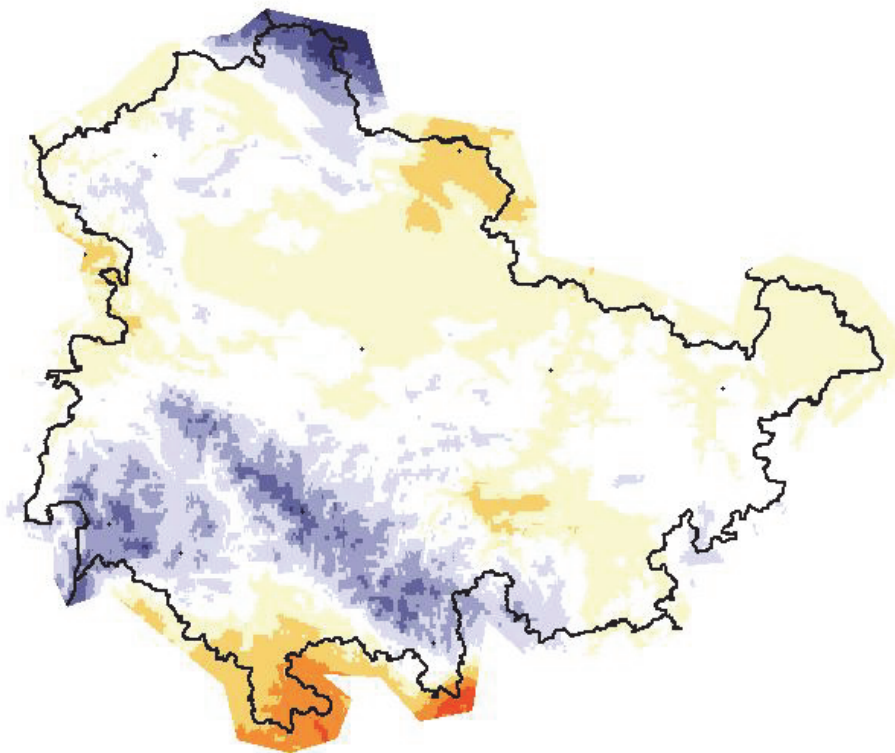


Dekade 1991 bis 2000: 70 bis 146 Tage  
(Mittel 93 Tage)



Dekade 2041 bis 2050: 52 bis 123 Tage  
(Mittel 73 Tage)

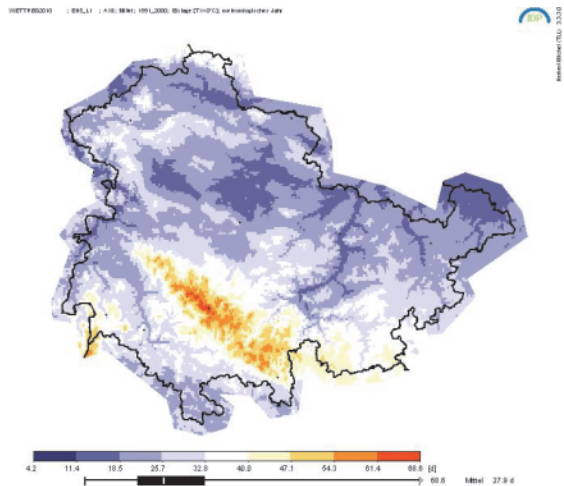
WETTR EG32010 ; EH5\_L1 ; A18; MIKI; 204\_2050; Frosttage [Tmin<0°C]; meteorologisches Jahr  
WETTR EG32010 ; EH5\_L1 ; A18; MIKI; 1991\_2000;



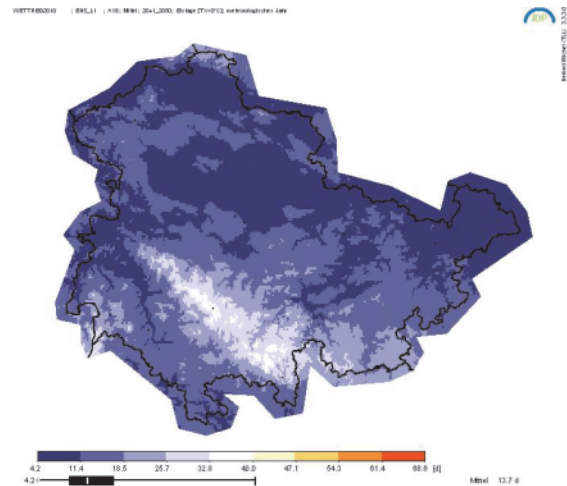
-26.5 -25.0 -23.6 -22.2 -20.8 -19.4 -17.9 -16.5 -15.1 -13.7 [d]  
Mittel -19.8 d

Vergleich der mittleren Anzahl der Frosttage ( $T_{min} < 0\text{ °C}$ ) pro Jahr zwischen den Dekaden 1991 bis 2000 und 2041 bis 2050: Rückgang um 14 bis 27 (Mittel 20 Tage), höchster Rückgang - Thüringer Wald, geringster Rückgang - Randlagen des Thüringer Beckens

**Abbildung 4:** mittlere Anzahl der Frosttage ( $T_{min} < 0\text{ °C}$ ) pro Jahr in Thüringen (MICHEL, 2012)

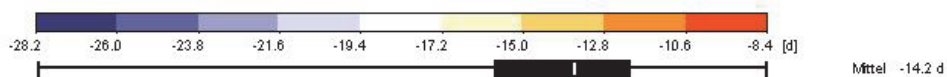
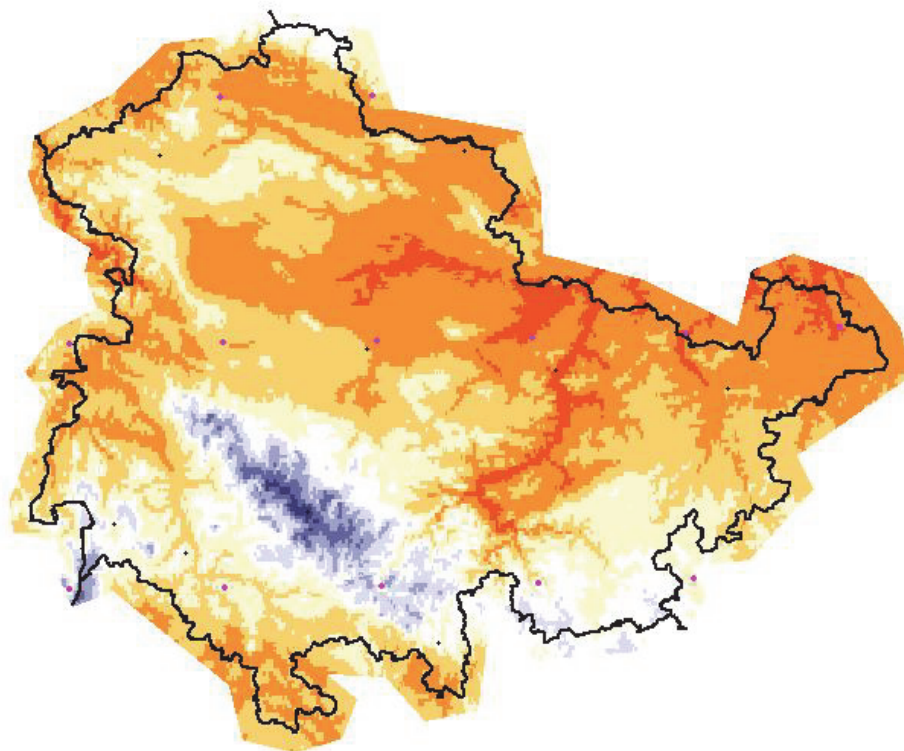


Dekade 1991 bis 2000: 13 bis 69 Tage  
(Mittel 28 Tage)



Dekade 2041 bis 2050: 5 bis 40 Tage  
(Mittel 14 Tage)

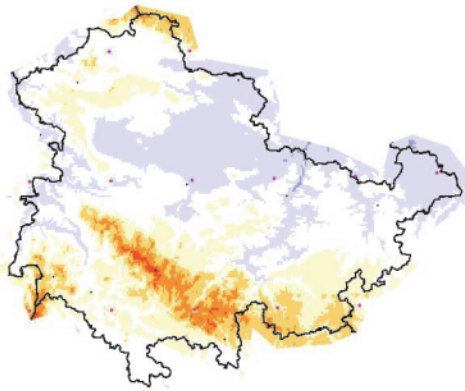
WETTRBG2010 ; ERS\_L1 ; A18; MM; 204\_2050; Eis tage (Tmax<0°C); meteorologisches Jahr  
WETTRBG2010 ; ERS\_L1 ; A18; MM; 191\_2000;



Vergleich der mittleren Anzahl der Eistage ( $T_{max} < 0^{\circ}\text{C}$ ) pro Jahr zwischen den Dekaden 1991 bis 2000 und 2041 bis 2050: Rückgang um 8 bis 28 (Mittel 14 Tage), höchster Rückgang - Thüringer Wald, geringster Rückgang Thüringer Becken, Saaleregion, Altenburger Land

**Abbildung 5:** mittlere Anzahl der Eistage ( $T_{max} < 0^{\circ}\text{C}$ ) pro Jahr in Thüringen (MICHEL, 2012)

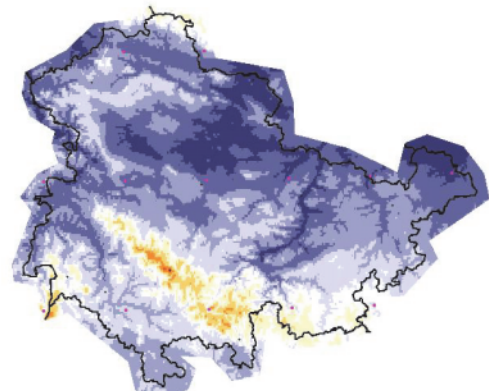
WETTRBG2010 : EHS\_L1 : A18; MI (M); 1991\_2000; mit Res. UnrastMittelstufeCTM : EQ; meteorologisches Jahr



12.02. 19.02. 27.02. 09.03. 14.03. 21.03. 29.03. 05.04. 13.04. 20.04. [d] Mittel 19.03.

Dekade 1991 bis 2000: 05.03. bis 20.04.  
(Mittel 19.03.)

WETTRBG2010 : EHS\_L1 : A18; MI (M); 2041\_2050; mit Res. UnrastMittelstufeCTM : EQ; meteorologisches Jahr



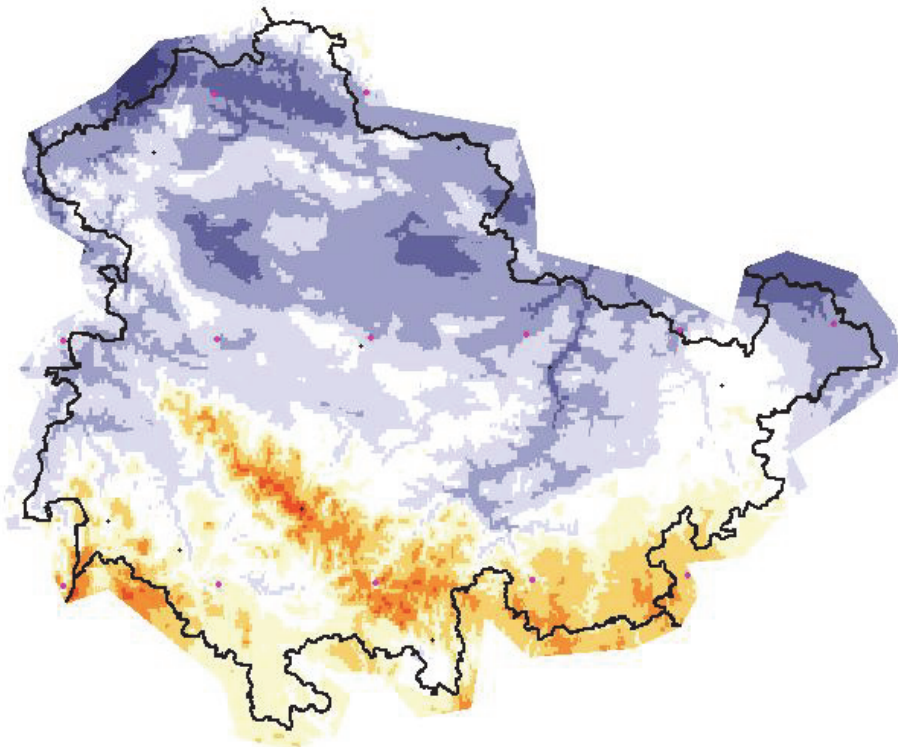
12.02. 19.02. 27.02. 09.03. 14.03. 21.03. 29.03. 05.04. 13.04. 20.04. [d] Mittel 03.04.

Dekade 2041 bis 2050: 13.02. bis 14.04.  
(Mittel 04.03.)

WETTRBG2010 : EHS\_L1 : A18; MI (M); 2041\_2050; mit Res. UnrastMittelstufeCTM : EQ; meteorologisches Jahr  
WETTRBG2010 : EHS\_L1 : A18; MI (M); 1991\_2000;



Reiter/Michel (TL) 33.3.0

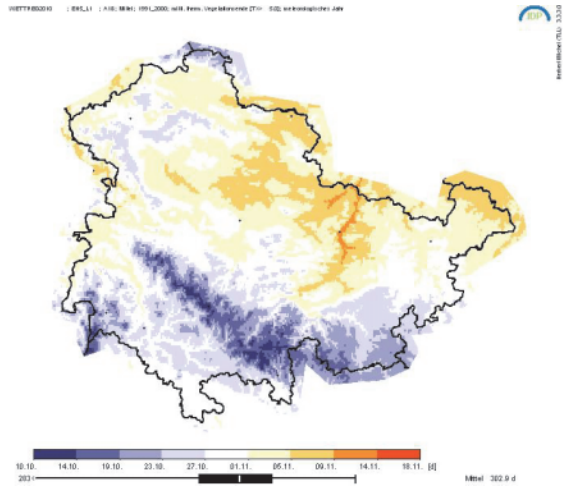


-22.8 -20.9 -19.0 -17.0 -15.1 -13.2 -11.3 -9.4 -7.5 -5.5 [d] Mittel -15.1 d

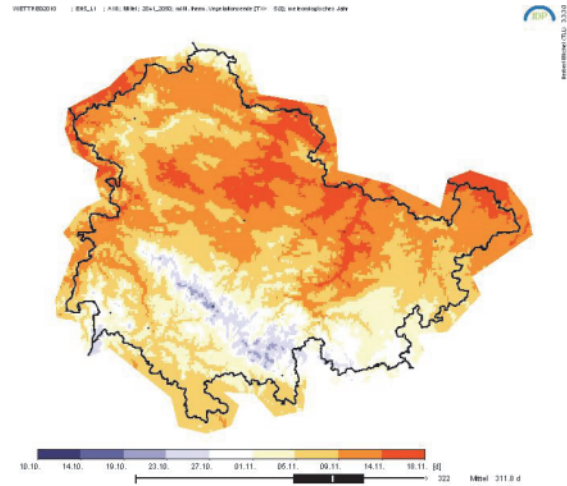
Vergleich des mittleren Vegetationsbeginns (Tage) zwischen den Dekaden 1991 bis 2000 und 2041 bis 2050: Verfrühung um 6 bis 20 Tage (Mittel 15 Tage), im Thüringer Wald 6 bis 10 Tage eher, im Thüringer Becken und Altenburger Land 15 bis 20 Tage eher

**Abbildung 6:** mittleres Datum des Vegetationsbeginns ( $T_{mit} > 5^\circ\text{C}$ ) in Thüringen (MICHEL, 2012)



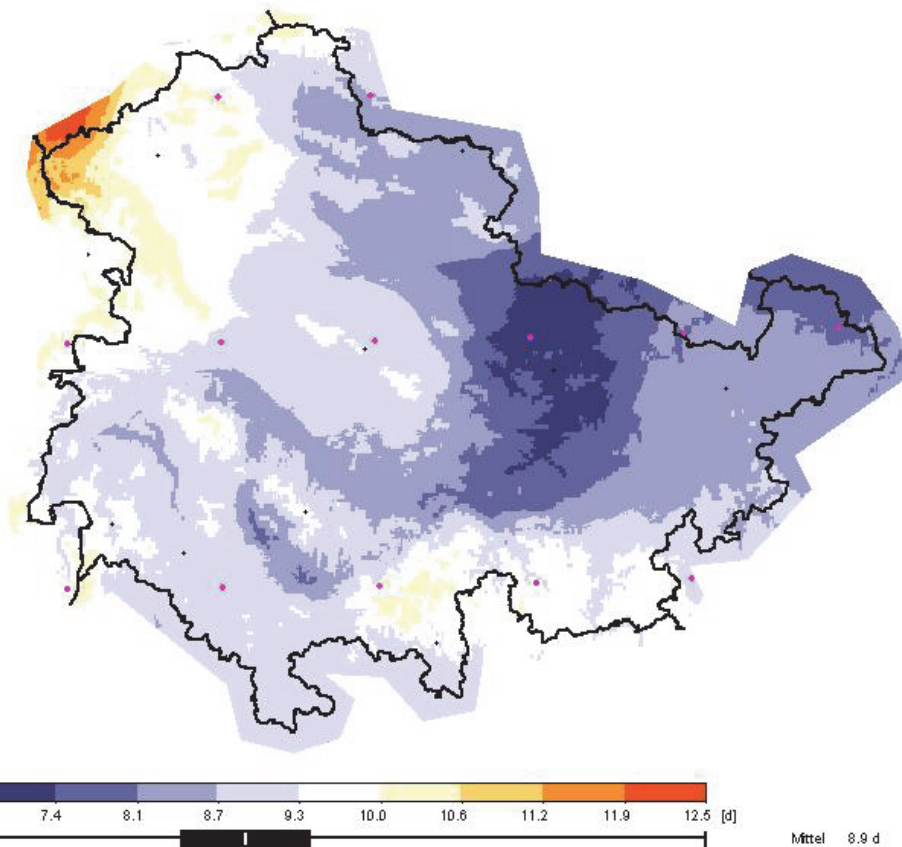


Dekade 1991 bis 2000: 10.10. bis 11.11.  
 (Mittel 30.10.)



Dekade 2041 bis 2050: 19.10. bis 18.11.  
 (Mittel 07.11.)

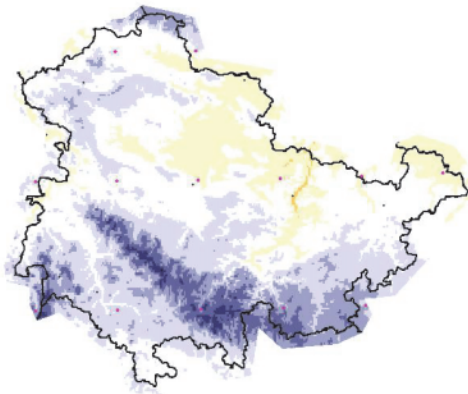
WETTR00210 : ERS\_L1 : A18; MI01; 2041\_2050; mit Res. Vegetationsende (T<5) in ökologisches Jahr  
 WETTR00210 : ERS\_L1 : A18; MI01; 1991\_2000;



Vergleich des mittleren Vegetationsendes (Tage) zwischen den Dekaden 1991 bis 2000 und 2041 bis 2050: Ende später um 7 bis 10 Tage (Mittel 9 Tage), nur geringe Unterschiede innerhalb Thüringens

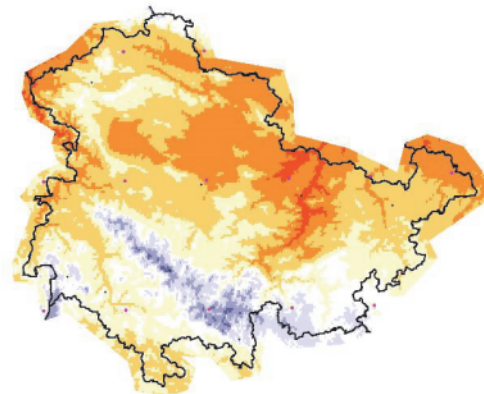
**Abbildung 7:** mittleres Datum des Vegetationsendes ( $T_{mit} < 5 \text{ } ^\circ\text{C}$ ) in Thüringen (MICHEL, 2012)

WETTRBG2010 ; EHS\_L1 ; A18; MIK; 191\_2000; mitl. them. Vegetationsdauer [T<sup>max</sup> 5.0]; meteorologisches Jahr



Dekade 1991 bis 2000: 176 bis 254 Tage  
(Mittel 226 Tage)

WETTRBG2010 ; EHS\_L1 ; A18; MIK; 2041\_2050; mitl. them. Vegetationsdauer [T<sup>max</sup> 5.0]; meteorologisches Jahr

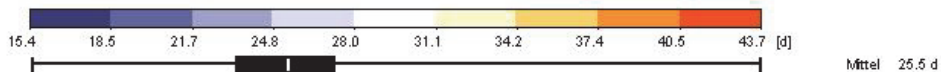
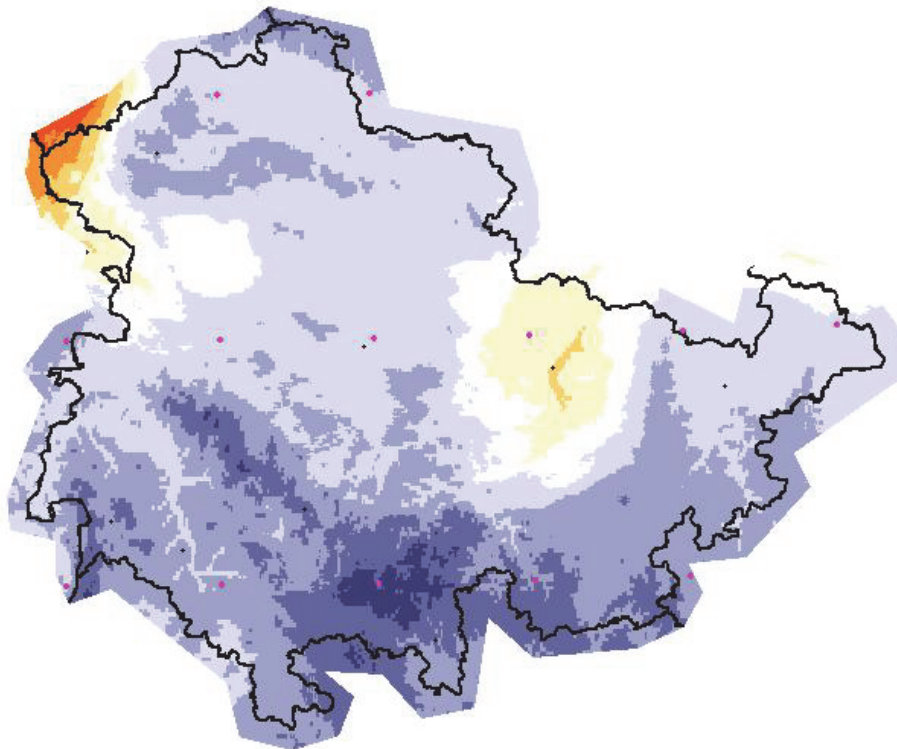


Dekade 2041 bis 2050: 195 bis 293 Tage  
(Mittel 252 Tage)

WETTRBG2010 ; EHS\_L1 ; A18; MIK; 2041\_2050; mitl. them. Vegetationsdauer [T<sup>max</sup> 5.0]; meteorologisches Jahr  
WETTRBG2010 ; EHS\_L1 ; A18; MIK; 1991\_2000;



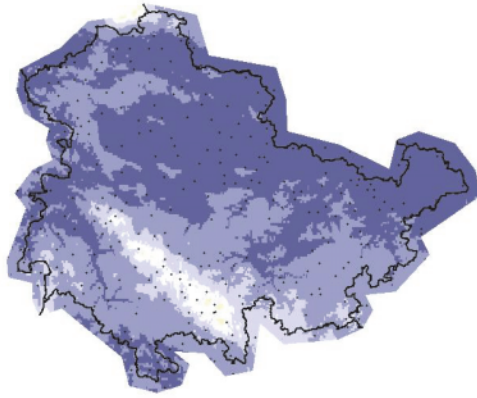
Reber/Michel/TLU 3.3.3.0



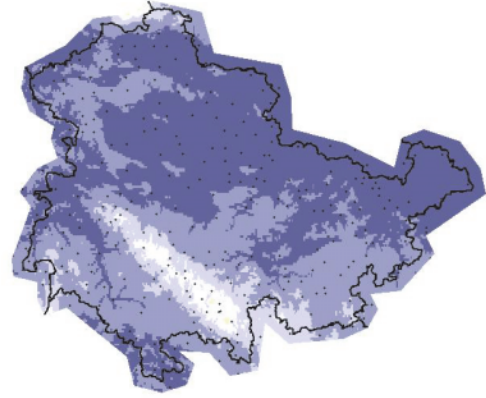
Vergleich der mittleren Vegetationsdauer (Tage) zwischen den Dekaden 1991 bis 2000 und 2041 bis 2050: Verlängerung um 19 bis 35 Tage (Mittel 25 Tage), geringste Zunahme - Thüringer Wald, höchste Zunahme - Saaleregion

**Abbildung 8:** mittlere Länge der Vegetation (Tage) in Thüringen (MICHEL, 2012)



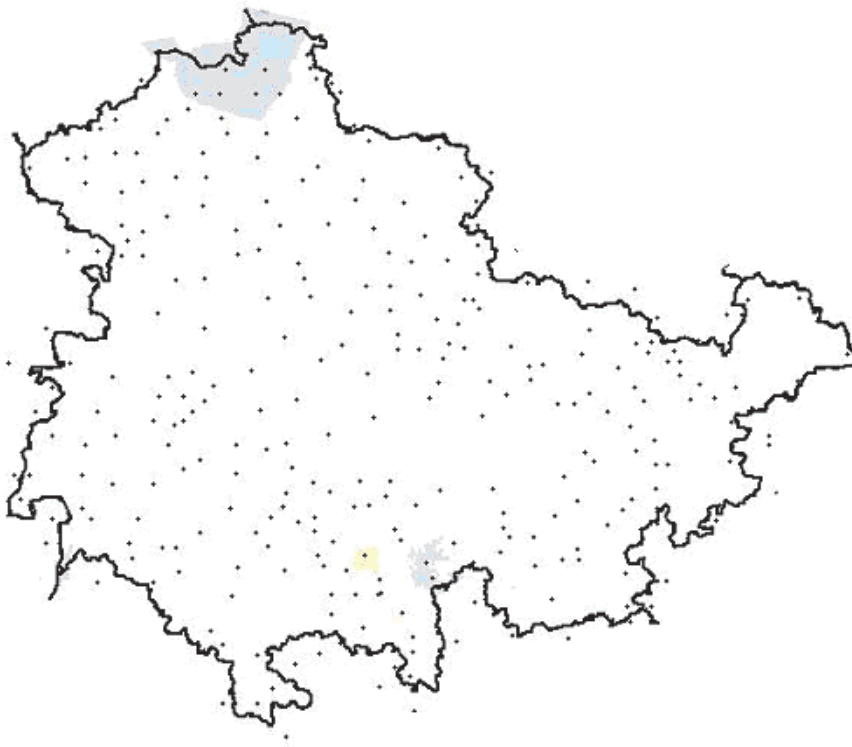


Dekade 1991 bis 2000: 8 bis 44 Tage  
(Mittel 17 Tage)



Dekade 2041 bis 2051: 8 bis 43 Tage  
(Mittel 16 Tage)

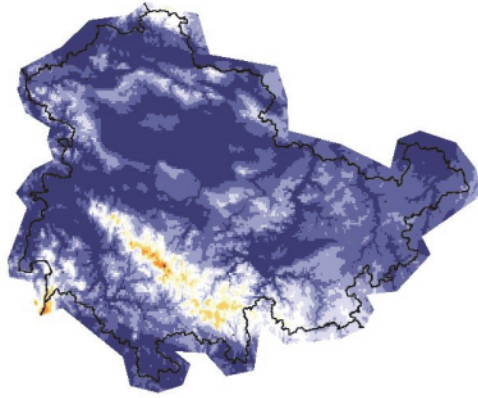
WETTRES010 : EHS\_L1 : A18 : Mittel: 2041\_2050 : Schwelentage (NR> 10) : meteorologisches Jahr  
WETTRES010 : EHS\_L1 : A18 : Mittel: 1991\_2000 :



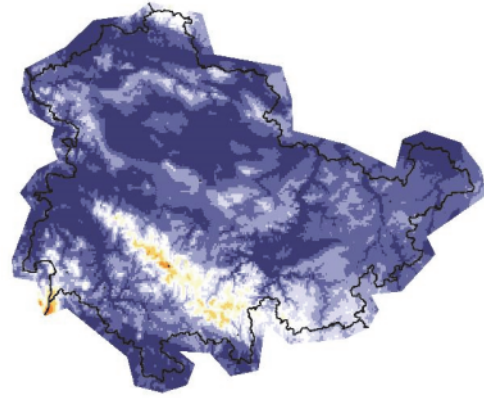
Mittel -1.0 d

Vergleich der Tage mit Niederschlag > 10 mm zw ischen den Dekaden 1991 bis 2000 und 2041 bis 2050: Änderungen zw ischen -15 und +11 Tagen, im Mittel nur ein Tag w eniger

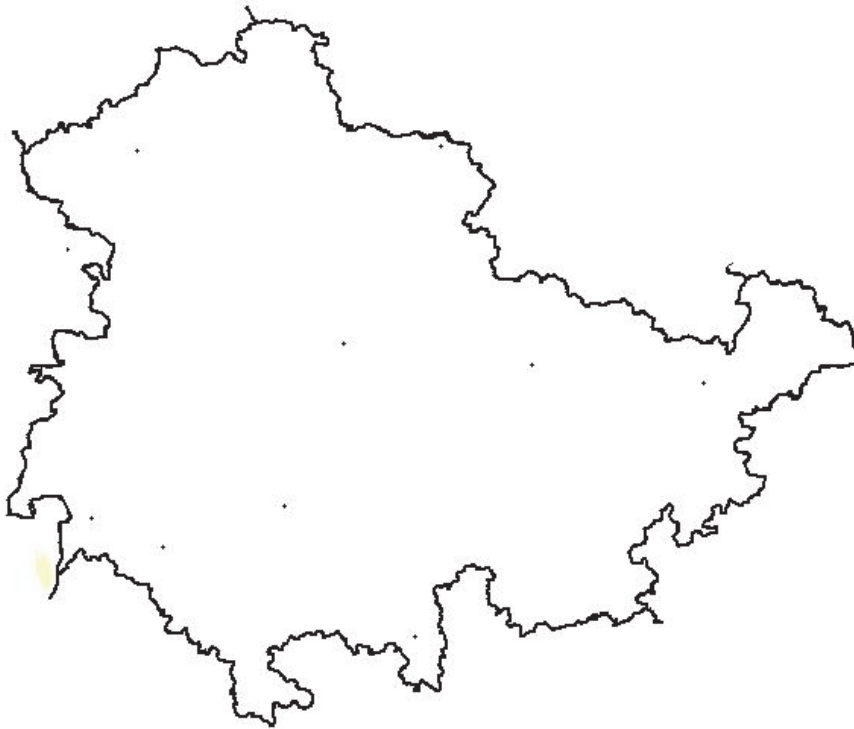
**Abbildung 9:** Starkniederschlagstage (Niederschlag > 10 mm pro Tag) in Thüringen (MICHEL, 2012)



Dekade 1991 bis 2000: 1 bis 77 Tage  
(Mittel 16 Tage)



Dekade 2041 bis 2051: 1 bis 81 Tage  
(Mittel 16 Tage)



Vergleich der Tage mit mittleren Windgeschwindigkeiten > 8 m/s zwischen den Dekaden 1991 bis 2000 und 2041 bis 2050: Änderungen zwischen -1 und +6 Tagen, im Mittel nur ein Tag mehr

**Abbildung 10:** Starkwindtage (> 8 m/s Tagesmittel) in Thüringen (MICHEL, 2012)

## **2.1.4 Auswirkungen, Handlungsoptionen und Anpassungsstrategien für die Landwirtschaft**

### **2.1.4.1 Schäden durch Wetterextreme in den letzten Jahren**

Bei den Schadensereignissen durch Wetterextreme wurde in den vergangenen Jahren eine Zunahme verzeichnet. Bereits in der letzten Dekade des 20. Jahrhunderts hatte sich die Zahl der schweren Stürme und Überflutungen weltweit auf mehr als 80 gegenüber weniger als 10 im Zeitraum zwischen 1950 und 1959 erhöht (BUCHNER, 2004). Eine andere Quelle berichtet, dass sich in den letzten 50 Jahren des 20. Jahrhunderts die Anzahl großer Extremereignisse global vervierfacht hat (GERSTENGARBE ET AL., 2003). In den zurückliegenden Jahren richteten Wetterextreme in Deutschland auch in der Landwirtschaft hohe finanzielle Schäden an. Dazu zählten Fröhsommerdürre 1992, 1993, 1996, 2000 und 2003, Hochwasser 1993, 1995, 1997, 1999, 2000, 2002, 2005, Spätfroste 1991, 2002, 2003 und 2005, Auswinterung 1996, 2003 sowie Sommerdürre 2006, wobei der Nordosten und Osten Deutschlands besonders stark betroffen war (EBNETH, 2003; LINDLOFF, 2003; MAX-PLANCK-INSTITUT FÜR METEOROLOGIE, 2006; CHRISTEN [C], 2007; DÖLGER UND HEUBACH, 2007; LANGNER 2007). Nach Angaben von Versicherungen betragen die Ernteschäden in Deutschland im Zeitraum 1990 bis 2007 fast 8,2 Milliarden Euro, was 455 Millionen Euro im Jahr entspricht und von denen nur 20-25 % über die Hagelversicherung gedeckt waren (LINDLOFF, 2007; LANGNER, 2007; GEHRKE, 2008).

Da für Wetterextreme eine weitere Zunahme zu erwarten ist, steigt auch das Risiko von Ernteschäden durch Extremwetterlagen weiter an (LINDLOFF, 2007; LANGNER, 2007). Bereits in der Dekade ab 2000 nahmen die Ernteschäden gegenüber den vorherigen Dekaden zu (3160,5 Millionen Euro von 2000-2006 gegenüber 2728,0 Millionen Euro von 1990-1999) (LINDLOFF, 2007; LANGNER, 2007). Ein Beispiel dafür, mit welchen klimatischen Bedingungen künftig zu rechnen sein könnte, war der Sommer 2006. Er ging mit dem heißesten Juli seit Beginn der Wetteraufzeichnungen in Verbindung mit erheblicher Trockenheit in die Geschichte ein (LINDLOFF, 2006).

### **2.1.4.2 Emissionen in der Landwirtschaft**

Die Landwirtschaft selbst verursacht 14 % der globalen Emissionen, insbesondere durch Methan und Lachgas aus der Tierproduktion, Biogasanlagen, Reisanbau und Düngemiteleinsetz (CHRISTEN [C], 2007; LOTZE-CAMPEN, 2007). Dazu zählen jedoch auch alle pflanzenbaulichen Arbeitsgänge, bei denen während der Herstellung von Maschinen, Dünge- und Pflanzenschutzmitteln CO<sub>2</sub>-Emissionen verursacht wird. Minderungspotenziale liegen für die heimische Landwirtschaft in der Vermeidung von Überschüssen, z.B. bei der N-Düngung und der Fütterung, in einem variierten Düngereinsatz (biologische N-Fixierung), in einer verbesserten Effizienz in der Tierproduktion (erhöhte Leistung je Einzeltier), in der Lagerung (Abdeckung Güllelager), im Bereich der nachwachsenden Rohstoffe und in der Erhöhung der Humusgehalte der Böden (DÄMMGEN UND DÖHLER, 2007). In welchem Umfang die Landwirtschaft durch die Bindung von Kohlenstoff im Boden und einer Erhöhung des Humusgehaltes dazu beitragen kann, die CO<sub>2</sub>-Anreicherung in der Atmosphäre zu reduzieren, ist nicht vollständig geklärt (DEIKE, 2007; HÜLSBERGEN UND KÜSTERMANN, 2007). Unbestritten sind die Möglichkeiten der Landwirtschaft, den Anstieg des CO<sub>2</sub>-Gehaltes der Atmosphäre durch die Verringerung des Energieeinsatzes und den Ersatz fossiler Energieträger durch landwirtschaftlich erzeugte Biomasse zu vermindern (HÜLSBERGEN UND KÜSTERMANN, 2007; LOTZE-CAMPEN, 2007).

### **2.1.4.3 Allgemeine Auswirkungen der Klimaänderungen auf den Pflanzenbau**

Die Folgen der wesentlichen Effekte der Klimaänderungen in Form von Temperaturanstieg, höherer CO<sub>2</sub>-Konzentration, veränderter Niederschlagsverteilung und Zunahme extremer Wetterereignisse äußern sich für die Landwirtschaft in der Zunahme von Schadereignissen, Erosions- und Hochwassergefahr, Stress für Pflanzen, höherem Schaderregerdruck, längerer Vegetationszeit und Verschiebung von Vegetationszonen mit Auswirkungen auf die Wachstumsbedingungen und Konsequenzen für die Produktionstechnik, wie Arten- und Sortenwahl, Bodenbearbeitung, Düngung, Pflanzenschutz oder Beregnung (STOCK UND MASTEL, 2006; DOLESCHEL [A], 2007; DOLESCHEL [B], 2007). Diese Voraussetzungen ermöglichen besonders in Nordeuropa Ertragsanstiege, begünstigen Winter- gegenüber Sommergetreide,

erlauben höhere Erträge bei C<sub>4</sub>-Pflanzen wie Mais, die aber durch die Wasserverfügbarkeit begrenzt sind, und erhöhen die Risiken, besonders für Hackfrüchte, Futterpflanzen und Sonderkulturen, durch Sturm, Starkregen, Hagel oder Trockenheit wesentlich (DOLESCHEL [A], 2007; DOLESCHEL [B], 2007). Weiterhin beeinflusst der Klimawandel Erosion und Verschlammung, den Umfang der N-Auswaschung und Grundwasserneubildung im Winter sowie die Nährstoffdynamik und Humusbilanz (STOCK UND MASTEL, 2006). Bei zunehmender Gefahr von Wetterextremen wie Dürre, Hitze, Starkregen, Überschwemmung oder Frösten ist die Anpassung der Anbaustrategien in der landwirtschaftlichen Praxis erforderlich. Erhaltung und Steigerung der Bodenfruchtbarkeit, Fruchtfolge, Zwischenfruchtanbau, Bodenbearbeitung, Saatzeit, Arten- und Sortenwahl, Düngung und Pflanzenschutz sind wichtige Ansatzpunkte und Handlungselemente zur Anpassung an den Klimawandel (ANONYM, 2004; DÖLGER UND HEUBACH, 2007; FELGENTREU, 2007; RULAND, 2007). Zu den Folgen der Klimaänderungen auf die Qualität von Getreide und anderen Fruchtarten gibt es bisher nur wenige Erkenntnisse (WEIGEL ET AL., 2007). Erste Hinweise ergab der heiße Sommer des Jahres 2006, der in Deutschland zu veränderten Korn- und Verarbeitungsqualitäten bei Winterweizen führte und sich in Hitzestressmerkmalen wie höheren Protein- und Klebergehalten, weichere Kleber und geringere Wasseraufnahmen der Teige zeigte (WEIGEL ET AL., 2007).

#### **2.1.4.4 Einfluss der Temperaturänderungen auf den Pflanzenbau**

Stoffwechsel und Wachstum von Pflanzen sind durch Optimaltemperaturen gekennzeichnet, die sich je nach Pflanzenart und z.T. auch Sorte, Standort sowie Herkunft stark unterscheiden können (WEIGEL, 2004). Eine Temperaturerhöhung unterhalb des Optimalbereichs einer Pflanzenart führt in der Regel zu einer Leistungssteigerung, eine Temperaturerhöhung oberhalb des Optimalbereichs dagegen zu einer negativen Wirkung (WEIGEL, 2004; WEIGEL ET AL., 2007). Dies ergibt die Möglichkeit einer Photosynthese- und Wachstumssteigerung für Pflanzen bei einem Temperaturanstieg in Regionen, wo die derzeitige Temperatur limitierend wirkt. Dabei muss jedoch beachtet werden, dass über gleichzeitig beschleunigte Dunkelatmung bzw. Photorespiration hohe Anteile des photosynthetisch assimilierten Kohlenstoffs wieder verloren gehen (WEIGEL, 2004). Ein Temperaturanstieg kann daher je nach Ausgangsniveau und Pflanzenart zu Vor- oder Nachteilen in der landwirtschaftlichen Produktion führen (WEIGEL ET AL., 2007). In Kombination mit dem CO<sub>2</sub>-Düngungseffekt können höhere Temperaturen aber auch im Schnitt der Fruchtfolgen zu positiven Ertragseffekten führen (LOTZE-CAMPEN, 2007).

Über Photosynthese- und Wachstumsleistung hinaus betrachtet werden die Auswirkungen eines Temperaturanstiegs in der Verlängerung der Vegetationsperiode, der Verkürzung der Wachstumsdauer bei zu hohen Temperaturen während der Blüte und Abreife, der Förderung der mikrobiellen Aktivität verbunden mit einem Humusabbau bei ausreichender Feuchtigkeit, der exponentiellen Steigerung der Evapotranspiration und dem verstärkten Auftreten wärmeliebender Krankheiten und Schädlinge gesehen (ANONYM, 2004; STOCK UND MASTEL, 2006).

Höhere Temperaturen im Herbst fördern die Bestandesentwicklung, die N-Mineralisation sowie die Verlängerung der Vegetationszeit, aber auch die Ausbreitung von Viruskrankheiten (RULAND, 2007). Eine Temperaturerhöhung um 2 °C bedeutet in etwa eine Verlängerung der Wachstumsperiode um 2 bis 3 Wochen (WEIGEL, 2004). Die Dauer dieser Periode hat sich in den letzten Jahrzehnten bereits verlängert. Dies birgt neben Vorteilen auch Risiken für die landwirtschaftliche Praxis, wenn sie darauf nicht vorbereitet ist. Beispiele dafür sind das Überwachsen von Frühläusern, samenreife Unkräuter im Herbst, frühes und verstärktes Auftreten von Schädlingen, z.B. Blattläuse, Schnecken und Mäuse, und Pilzkrankheiten, wie Fußkrankheiten, Mehltau, Fusarium oder Rost (METZ ET AL., 2004). Für Pflanzenarten, die zur Entwicklung entsprechende Vernalisationsprozesse benötigen, könnten wärmere Temperaturen einen negativen Einfluss ausüben (WEIGEL, 2004). Dagegen wirkt sich die Erwärmung positiv in der Abschwächung der Winterfröste und damit in der Reduktion der Auswinterungsschäden bei Wintergetreide aus (WEIGEL ET AL., 2007). Andererseits birgt eine Verfrühung des Vegetationsbeginns im Frühjahr das Risiko zukünftig zwar seltener, dafür aber umso gefährlicherer Spätfröste (RULAND, 2007).

Die Länge des Zeitraums von der Blüte bis zur Kornreife beeinflusst den Kornertrag der Kulturpflanzen wesentlich (WEIGEL ET AL., 2007). Da die Dauer dieser Phase temperaturabhängig (genetisch fixierte Temperatursumme) ist, verkürzt sie sich bei einer Temperaturerhöhung (WEIGEL ET AL., 2007). Trotz einer teilweisen Kompensation über die Zunahme der



Kornfüllungsrate, bringt ein Temperaturanstieg um 1 °C eine Reduktion des Kornertrages von Getreide um 3 bis 4 % mit sich (WEIGEL ET AL., 2007). Bei Temperaturerhöhungen oberhalb des optimalen Bereiches sind pro 1 °C Ertragsverluste, z.B. durch verkürzte Kornfüllungsphasen, von 5 bis 10 % möglich (ANONYM, 2004). Da bei Getreidearten (z.B. Weizen) durch Extremtemperaturen bzw. Hitzeperioden der Bestäubungsvorgang beeinträchtigt wird, ist bei einem häufigeren Auftreten solcher Ereignisse mit relativ größeren Schäden zu rechnen (WEIGEL, 2004). Negativ wirken sich höhere Temperaturen sowie die bei höheren CO<sub>2</sub>-Gehalten verringerte transpiratorische Kühlleistung der Bestände auf die Temperatur der Pflanzen aus, da obere Temperaturschwellenwerte sensibler Wachstumsprozesse wie der Kornanlage schneller erreicht werden können als bisher (MANDERSCHIED ET AL., 2006). Bei Temperaturen von über 40 °C im Pflanzengewebe droht der Hitzetod (BÖSE, 2004).

#### **2.1.4.5 Einfluss der Niederschlagsänderungen auf den Pflanzenbau**

Neben der Temperatur ist Wasser der entscheidende Wachstums- und Ertragsfaktor.

Die nutzbare Feldkapazität ist von der Bodenart abhängig und bezeichnet den für die Pflanze verfügbaren Wasservorrat (LINDLOFF, 2003). Die unterschiedlichen Wasserversorgungszustände werden in Prozent (%) ausgedrückt, wobei im Regelfall Werte unter 30 % Trockenstress und Werte über 80 % Wasserübersättigung und damit auch Sauerstoffmangel bedeuten (LINDLOFF, 2003). Ab bei einer nutzbaren Feldkapazität von unter 50 % sind Produktivitätseinbußen zu erwarten (CALANCA ET AL., 2005).

Die Ansprüche der verschiedenen Arten an die Wasserversorgung sind spezifisch (SCHUBERT, 2006). Der Wasserbedarf der meisten etablierten Kulturen, wie Getreide, Ölsaaten, Hülsen- und Hackfrüchte, ist in der Wachstumsperiode hoch und beträgt zwischen 400 und 700 mm. Frühsaaten, Fungizid- und Insektizidmaßnahmen sowie optimierte N-Gaben erhöhen prinzipiell die Erträge und damit auch den Wasserverbrauch (METZ ET AL., 2004).

Wassermangel stoppt Stoffwechselprozesse und dadurch das Wachstum und beeinträchtigt zudem die Nährstoffaufnahme (WEIGEL ET AL., 2007). Die Folgen davon sind Ertrags- und Qualitätseinbußen. Eine unzureichende Wasserversorgung während der Schossphase und der Blüte von Getreide, in der die Kornzahl und in den folgenden zwei Wochen die Anzahl der Speicherzellen und damit das Tausendkorngewicht festgelegt wird, wirkt sich besonders negativ auf den Ertrag aus (SCHUBERT, 2006). Die Speicherphase ist dagegen relativ unempfindlich gegenüber Wassermangel (SCHUBERT, 2006).

Acker- und pflanzenbauliche Maßnahmen, wie Frühsaaten, Stressresistenz, Wasser sparende Bodenbearbeitung oder der Anbau von Winter- statt Sommerformen können dem Wassermangel zum Teil entgegenwirken (METZ ET AL., 2004). Die standortangepasste Bodenbearbeitung als Grundlage für sichere Erträge muss eine möglichst hohe Wasseraufnahme in Verbindung mit einem möglichst hohen Wasserhaltevermögen garantieren (CLOOS, 2003). Die Mulchsaat ist in Trockengebieten seit langem ein bewährtes Verfahren, um mit weniger Niederschlägen auszukommen (DÖLGER UND HEUBACH, 2007). Strohmanagement und Mulchbearbeitung sind wichtige Grundlagen des Verdunstungsschutzes (METZ ET AL., 2004). Mit Bodenverbessernden Maßnahmen, wie organischer Düngung, pflugloser Bodenbearbeitung, ausreichender Kalk- und Magnesiumversorgung, kann die natürliche Feldkapazität erhöht werden (FELGENTREU, 2007). Eine ausreichende Infiltration der Böden, die durch reduzierte Bodenbearbeitung begünstigt wird, vermindert bei Starkniederschlägen Verschlammung und Erosion und erhöht den für die Pflanzen nutzbaren Wassergehalt im Boden (LANGBEHN, 2003; DÖLGER UND HEUBACH, 2007). Besonders positiv schneidet in diesem Zusammenhang die Direktsaat ab, wobei jedoch vor allem auf besseren Standorten Pflanzenbauhygiene oder Ertragsfähigkeit negativ beeinflusst werden können (DÖLGER UND HEUBACH, 2007). Von Bedeutung ist die Beseitigung konkurrenzstarker und Wasser zehrender Wildpflanzen, da sie als Wasserkonkurrenten, aber zum Teil auch als Virusvektoren ausgeschaltet werden (METZ ET AL., 2004).

Bei zunehmender sowie lang anhaltender oder extremer Trockenheit ist die Frage der Zusatzbewässerung unter vertretbarem Aufwand zur Vorbeugung von Ernteverlusten zu diskutieren (CALANCA ET AL., 2005). Die Erhaltung installierter Beregnungsanlagen ist daher eine Option zur Anpassung an den Klimawandel in der Landwirtschaft. Fraglich ist jedoch die Realisierbarkeit dieser sehr kostenintensiven Maßnahmen, auch unter dem Aspekt einer sich

verschärfenden Konkurrenzsituation um das Gut Wasser mit anderen Wirtschafts- und Interessensbereichen (CALANCA ET AL., 2005).

#### **2.1.4.6 Einfluss der CO<sub>2</sub>-Konzentrationsänderungen auf den Pflanzenbau**

Einen positiven Effekt auf die Ertragsentwicklung von Kulturpflanzen kann die Erhöhung der CO<sub>2</sub>-Konzentration in der Atmosphäre bewirken. Grundsätzlich reagieren vor allem C<sub>3</sub>-Pflanzen auf höhere CO<sub>2</sub>-Gehalte mit einer gesteigerten Photosyntheseleistung, einer Abnahme der stomatären Leitfähigkeit, einer Zunahme der Wasserausnutzungseffizienz, einer Steigerung der Blattfläche, einer Zunahme des spezifischen Blattgewichtes, einer beschleunigten Alterungsrate, einer früheren Blüte, einer Steigerung der Strahlungseffizienz, einer erhöhten Trockenmasse- und Ertragsbildung und einer geringeren Trockenstressempfindlichkeit (STOCK, 2006; DOLESCHEL [A], 2007; MAIER, 2007). C<sub>4</sub>-Pflanzen reagieren aufgrund eines anderen CO<sub>2</sub>-Fixierungsmechanismus nicht in dieser Weise auf erhöhte CO<sub>2</sub>-Konzentrationen (DOLESCHEL [A], 2007; DOLESCHEL [B], 2007). Die CO<sub>2</sub>-Konzentration in der Atmosphäre ist derzeit für alle C<sub>3</sub>-Pflanzen (die meisten heimischen Kulturpflanzen außer Mais) suboptimal und würde bei einem Anstieg zu einer Stimulation der Photosynthese, einer Förderung des Pflanzenwachstums bzw. der Biomassebildung und Ernteerträge sowie einer Reduktion der Transpiration dieser Pflanzen (einschließlich C<sub>4</sub>-Typ) führen (WEIGEL ET AL., 2001; ANONYM, 2004; WEIGEL, 2004; WEIGEL, 2005; WEIGEL ET AL., 2005; MANDERSCHIED ET AL., 2006; WEIGEL ET AL., 2006; MAIER, 2007; WEIGEL ET AL., 2007). Letzteres entspricht einer verbesserten Wassernutzungseffizienz (WEIGEL, 2003; WEIGEL, 2004; WEIGEL, 2005). Die Höhe von Pflanzenwachstum und Biomassebildung ist stark von der sonstigen Ressourcenverfügbarkeit wie Nährstoffen (vor allem Stickstoff und Phosphor) und Wasser abhängig (WEIGEL, 2005; WEIGEL ET AL., 2006).

Aus Versuchen und Modellrechnungen abgeleitete potenzielle Biomasse- und Ertragszuwächse bei Kulturpflanzen, besonders auch bei Weizen, liegen für die prognostizierte CO<sub>2</sub>-Konzentration des Jahres 2050 bei ca. 20 % (WEIGEL, 2003; WEIGEL ET AL., 2007). Andere Schätzungen halten bei verschiedenen C<sub>3</sub>-Pflanzen bei einer CO<sub>2</sub>-Konzentration von ca. 560 ppm eine mittlere Ertragssteigerung von 33 % für möglich (WEIGEL, 2005; WEIGEL ET AL., 2007).

Untersuchungen der FAL Braunschweig ergaben in einem Freilandbegasungsversuch (Free Air Carbon Dioxide Enrichment = FACE) mit einer auf 550 ppm erhöhten CO<sub>2</sub>-Konzentration und ortsüblicher Stickstoffdüngung im Vergleich zur heutigen CO<sub>2</sub>-Konzentration mittlere Ertragszuwächse von 7,5-16,5 % bei Wintergerste und ca. 16 % bei Winterweizen (WEIGEL ET AL., 2007). Die hierin ermittelten Ertragszuwächse basierten primär auf einer Zunahme der Ähren- und Kornzahl, dagegen waren Änderungen in der Tausendkornmasse von untergeordneter Bedeutung (WEIGEL ET AL., 2001; MANDERSCHIED ET AL., 2006; WEIGEL ET AL., 2007). Der Strohertrag nahm im gleichen Umfang zu wie der Kornertrag (MANDERSCHIED ET AL., 2006; WEIGEL ET AL., 2007). Vorliegende Informationen zur Wirkung einer erhöhten CO<sub>2</sub>-Konzentration auf den Wasserhaushalt von Getreidearten weisen auf einen geringen positiven Effekt hin, der eine Wasserersparnis bedeutet und in den FACE-Versuchen der FAL Braunschweig über die gesamte Vegetationsperiode hinweg ca. 5 % betrug (MANDERSCHIED ET AL., 2006; WEIGEL ET AL., 2007). Gleichzeitig bestätigte sich in einzelnen Experimenten, dass die relative Empfindlichkeit gegenüber Trockenstress unter erhöhten CO<sub>2</sub>-Konzentrationen abnimmt (WEIGEL, 2004; WEIGEL ET AL., 2007).

Im Ergebnis der Braunschweiger FACE-Versuche ist davon auszugehen, dass der positive Effekt hoher CO<sub>2</sub>-Konzentrationen den negativen Effekt erhöhter Temperaturen auf Getreideerträge kompensieren kann, d.h. negative Ertragseffekte aufgrund erhöhter Temperaturen und Trockenheit fallen unter Einbeziehung des CO<sub>2</sub>-Düngeeffektes wesentlich geringer aus oder kehren sich in positive Wirkungen um (WEIGEL, 2004; WEIGEL, 2005; WEIGEL ET AL., 2007). Dabei sind starke artspezifische Unterschiede zu berücksichtigen (WEIGEL, 2004).

Neben dem Einfluss auf den Ertrag der Kulturpflanzen wurde in den Untersuchungen zum CO<sub>2</sub>-Düngeeffekt eine Wirkung der veränderten CO<sub>2</sub>-Konzentration in der chemischen Zusammensetzung des pflanzlichen Gewebes bei Getreide beobachtet, die sich vor allem in der Reduktion des Stickstoffgehaltes in vegetativen (Blatt, Stängel) und generativen (Samen, Körner) Organen äußerte (WEIGEL, 2003; WEIGEL, 2004; WEIGEL, 2005; WEIGEL ET AL., 2005;

MANDERSCHIED ET AL., 2006; WEIGEL ET AL., 2006; WEIGEL ET AL., 2007). Dieser lag unter CO<sub>2</sub>-Konzentrationen von 550-650 ppm in den Versuchen der FAL Braunschweig bei Weizen und Gerste bei 5 bis 15 % im Vergleich zur derzeitigen CO<sub>2</sub>-Konzentration, wobei in der Proteinzusammensetzung eine Verringerung der Proteinkleberfraktion festgestellt wurde (WEIGEL, 2004; WEIGEL, 2005; WEIGEL ET AL., 2005; WEIGEL ET AL., 2007). Das bedeutet, dass eine CO<sub>2</sub>-Erhöhung zu negativen Effekten bei der Qualität von land- und forstwirtschaftlichen Gütern (z.B. Kornqualität von Getreide) führt (WEIGEL, 2004; WEIGEL, 2005). Im Gegensatz zum Getreide ist bei Zuckerrüben die Minderung der löslichen Stickstoffverbindungen positiv zu bewerten, da die Zuckerausbeute ansteigt (MANDERSCHIED ET AL., 2006). Der CO<sub>2</sub>-Effekt erhöhte bei Zuckerrüben den bereinigten Zuckerertrag um 10 bis 11 %, was auf einer Stimulation des Zuckergehaltes und einer Verringerung der Melassebildner beruhte (MANDERSCHIED ET AL., 2006).

#### 2.1.4.7 Handlungsebenen und Handlungselemente im Pflanzenbau zur Reaktion auf Klimaänderungen

Als Systemebenen bei der Abschätzung der pflanzenbaulichen Konsequenzen von Klimaänderungen gelten der Betrieb mit den Parametern Betriebsausrichtung und Viehhaltung, die Fruchtfolge mit den Parametern Kulturartenwahl, Kulturartenfolge und Bodenbearbeitung sowie die Kulturart mit den Parametern Sortenwahl, Saatzeit, Saatstärke, Düngung und Pflanzenschutz (CHRISTEN [C], 2007). Je intensiver und flächenunabhängiger ein Betrieb produziert, umso geringer ist der Witterungseinfluss (CHRISTEN [C], 2007). Auf der Ebene der Kulturart sind tendenziell weniger Arbeitsgänge (z.B. Bodenbearbeitung, Fungizideinsatz) zu erwarten (CHRISTEN [C], 2007). Wasserschonende und Erosionsvermeidende Bodenbearbeitung, vielseitige Fruchtfolgen, angepasste Saattermine und Saatstärken, optimierte Düngungs- und Pflanzenschutzmaßnahmen, angepasste Sortenwahl, Züchtung auf Ertragsstabilität und unter Umständen Bewässerung zählen zu den traditionellen Möglichkeiten der Anpassung an den Klimawandel, aber auch zu den Faktoren der Risikoverteilung (PERETZKI, 2005; Christen [C], 2007). Ertragsmodelle können aufzeigen, welche Fruchtarten künftig am besten mit den Auswirkungen des Klimawandels zurechtkommen. Dabei sind jedoch die Schwächen dieser Modelle zu berücksichtigen, die in der Einschränkung des betrachteten Kulturartenspektrums, der mangelnden Reaktion auf kurzfristige Temperaturextreme, den fehlenden Aussagen zum Einfluss von Krankheiten, Schädlingen, Unkräutern und deren Entwicklung sowie den wenig vorhandenen Aussagen zu veränderten Anbausystemen bestehen (CHRISTEN [C], 2007).

Als Anpassungsmöglichkeiten im Pflanzenbau an Klimaänderungen werden für verschiedene Bereiche folgende Maßnahmen genannt (DOLESCHEL [C], 2005):

Anbaubedingungen	Anpassung der Saattermine
	Wahl alternativer Arten und Sorten
	Einsatz neuer Arten und Sorten
Nutzungssysteme	Änderung der Fruchtfolgegestaltung
	Änderung des Wassermanagements/Bewässerung
	Änderung bei Düngung, Bodenbearbeitung, Korntrocknung etc.
Beherrschung der Ertragsvariabilität	Diversifizierung des Fruchtartenspektrums
	Versicherungssysteme für Ernteauffälle (Vollschutz)
	Anwendung von Ertragsprognosemodellen

#### 2.1.4.8 Bodenschutz, Bodenbearbeitung, Bodenfruchtbarkeit

Generell kommt dem Bodenschutz mit den wichtigen Parametern Bodengefüge, pH-Wert, Humusgehalt, Erosionsschutz und Fruchtfolge bei der Anpassung an Klimaänderungen eine besondere Bedeutung zu (FELGENTREU, 2007; RULAND, 2007).

Die Klimaänderungen beeinflussen den Faktor Boden. Steigende Bodentemperaturen begünstigen die Mineralisierung, Änderungen der Nährstoffdynamik, geringere Grundwasserneubildung und höhere Stoffkonzentrationen sowie geringere Frosttiefe und Frostgare und damit insgesamt Veränderungen des Standortes (PERETZKI, 2005). Höhere Niederschläge im Winterhalbjahr wirken sich hinsichtlich Erosion, Auswaschung, Bodenstruktur, Befahrbarkeit

im Frühjahr, Verschlammung sowie Abflussereignissen und Überschwemmungen negativ aus (PERETZKI, 2005; LOTZE-CAMPEN, 2007; RULAND, 2007).

Ziel einer angepassten Bodenbearbeitung muss ein tragfähiges Bodengefüge, eine ausgeglichene Humuswirtschaft und die Vermeidung von Schadverdichtungen sein, um Wurzelwachstum, Pflanzenentwicklung, Wasser- und Nährstoffverfügbarkeit, Infiltrationskapazität, Puffer- und Filterfunktion des Bodens sowie Lebensbedingungen für Mikroflora und Fauna sicherzustellen (BUCHNER, 2004).

Insbesondere der Vermeidung von Erosionen wird künftig eine Schlüsselrolle zugesprochen (FELGENTREU, 2007). Zu den Maßnahmen zum Erosionsschutz zählen Mulchsaat, Direktsaat, Untersaat, konservierende Bodenbearbeitung, Zwischenfruchtanbau, Boden schonendes Befahren, ausreichende organische Substanz, Verzicht auf erosionskritische Früchte und Anlage Abfluss mindernder Strukturen (DEIKE, 2007; RIPPEL, 2007). So gilt das Direktsaatverfahren mit seinen Vorteilen in Erosionsschutz, Humusgehalt und Bodenwasserhaushalt als Gewinner der Klimaänderungen (WECHSUNG UND LÜTTGER, 2007).

#### **2.1.4.9 Fruchtfolge, Artenspektrum und Bewirtschaftungssysteme**

Die Fruchtfolge ist in Blick auf Risikoverminderung und Risikoverteilung von herausragender Bedeutung, da sie zu einer höheren Ertragsstabilität der einzelnen Kulturen führt und die pflanzenbaulichen und ökonomischen Risiken auf mehrere Kulturen verteilt (CHRISTEN [A], 2007; CHRISTEN [B], 2007; CHRISTEN [C], 2007; DOLESCHEL [A], 2007). Durch eine vielfältige Fruchtfolge, den Wechsel von Winterungen und Sommerungen und die Erhöhung der Anzahl von Kulturarten mit unterschiedlichen Ansprüchen an Temperatur und Niederschlag im Betrieb, nimmt die Wahrscheinlichkeit eines Totalausfalls auch bei schwankenden Wetterbedingungen ab, insbesondere bei langjähriger Betrachtungsweise (BUCHNER, 2004; CHRISTEN [B], 2007). Gleichzeitig lassen sich durch ein vielseitiges Anbauverhältnis bestehende Wirtspflanzenketten unterbrechen (METZ ET AL., 2004). Vielfältigkeit ist zudem Voraussetzung zur weiteren Reduzierung der Bodenbearbeitung (DÖLGER UND HEUBACH, 2007).

Hinsichtlich der Frühsommertrockenheit bietet die Gestaltung der Fruchtfolge die Möglichkeit zur Nutzung der Winterfeuchte und zur Bedeckung des Bodens (DOLESCHEL [A], 2007). Bereits in den letzten Jahren reagierte die landwirtschaftliche Praxis auf die trockeneren Frühjahrs- und Sommermonate mit einem erhöhten Wintergetreideanbau und geringeren Flächen für Sommergetreide und Sommerblatfrüchte (METZ ET AL., 2004). Dies ist jedoch der Ausbreitung wirtspflanzentypischer Schaderreger wie Pilzkrankheiten, Blattläuse, Ackerschnecken und Feldmäusen förderlich (METZ ET AL., 2004). Mit dem Anbau von Zwischenfrüchten kann der Krankheitsdruck verringert werden. Weitere wesentlichen Vorteile des Zwischenfruchtanbaus liegen in verringerter Erosions- und Verschlammungsgefahr, verbesserter Infiltration von Wasser, verbessertem Wasserhaltevermögen, Fixierung von Nährstoffen, verringerter Nährstoffverlagerung, Anreicherung organischer Substanz, Förderung der Schattengare, erhöhter biologischer Aktivität, verbesserter Nährstoffversorgung, Unkrautbekämpfung, Erhaltung von Wurzelkanälen, verringerten Bodenstrukturschäden und positiven ökologischen Effekten hinsichtlich Diversität (FELGENTREU, 2007).

Die Verlängerung der Vegetationsperiode bietet hinsichtlich der regionalen Erweiterung der Anbauwürdigkeit von Fruchtarten neue Möglichkeiten bei der Gestaltung der Fruchtfolge (ANONYM, 2004). Aufgrund der Temperaturerhöhung bietet sich im Anbau von Sommergetreide und Körnermais in den Anbaugebieten eine Verschiebung nach Norden (pro °C Temperaturerhöhung ca. 100-150 km nordwärts) und in größere Höhenlagen pro °C Temperaturerhöhung ca. 100 m) (ANONYM, 2004; WEIGEL, 2004; WEIGEL ET AL., 2007). Mais wird als sogenannter „Klimagewinner“ bezeichnet (WECHSUNG UND LÜTTGER, 2007). Schon in den letzten Jahren verbesserte sich die klimatische Anbauwürdigkeit von Silo- und Körnermais deutschlandweit, so dass die Anforderungen von spät reifenden Silomaisarten oder von Körnermais in bisher auszuschließenden Regionen erfüllt werden konnten (GERSTENGARBE ET AL., 2003). Regional ist die Anbauausdehnung Wärme liebender Kulturen eine Möglichkeit zur Anpassung der Landwirtschaft an den Klimawandel mit trockenen und heißen Bedingungen. So steigt bei höheren Temperaturen z.B. die Attraktivität von Durum, Sonnenblumen, Hirse oder Sojabohnen (CHRISTEN [C], 2007). Die Gefahr eines verregneten Sommers wird ihren Anbau aber weiterhin mit einer gewissen Unsicherheit behaften (CHRISTEN [B], 2007).



Die mittlere Zahl von Frosttagen nahm in den letzten Jahrzehnten ab und auch die Frostperiode verkürzte sich (METZ ET AL., 2004). Die Aussicht auf mildere Winter bringt daher neben der früheren Aussaat auch den Anbau von frostempfindlicheren Fruchtarten wie Winterhafer und Winterleguminosen zur Diskussion, auf die wegen des höheren Auswinterungsrisikos bisher zumindest im ostdeutschen Raum weitgehend verzichtet wurde. Dennoch können sie auch weiterhin von großen Ausfällen betroffen sein (CHRISTEN [B], 2007). Prinzipiell steigt durch den Klimawandel sogar eher die Gefahr von Frostschäden, da die Pflanzen wegen der vom Stadium weiteren Entwicklung empfindlicher sind als bisher (LANGNER, 2007). Wegen der milderen Wintertemperaturen entwickeln sich Getreide und Raps vor allem bei Fröhsaaten üppiger und die frühere Enthärtung der Pflanzen ist wahrscheinlicher (LANGNER, 2007). In solchen Fällen erfrieren die Pflanzen schon bei geringeren Frostereignissen als üblich.

Die Einbeziehung von Energiepflanzen sowie neuen Arten oder alternativer Verwertungsrichtungen ist an die bestehenden Produktions- und Markterfordernisse gebunden (DOLESCHEL [A], 2007). Dazu bietet die Verwendung von Bioenergie Möglichkeiten (DÖLGER UND HEUBACH, 2007). Biomasse gewann in den letzten Jahren als erneuerbare Energie mit hohen heimischen Potenzialen hinsichtlich Versorgungssicherheit, Wettbewerbsfähigkeit, aber auch Klimaschutz an Bedeutung (ARNOLD, 2007). In diesem Zusammenhang ist die Möglichkeit von regional zwei möglichen Ernten pro Jahr zu überdenken. Eine verkürzte Entwicklungsdauer bei den Kulturen würde diese Strategie unterstützen (ANONYM, 2004). Allerdings besteht bei einer durch Bioenergiepflanzenanbau erhöhten Anbauintensität aufgrund begrenzter Wassernachlieferung der Böden und verkürzter Wachstumsphasen zwischen Aussaat und Beerntung ein höheres Ertragsrisiko bei den Einzelkulturen (LANGNER, 2007). Andererseits können wassereffiziente C4-Arten bei sinkendem Wasserangebot zu einer effizienten Nutzung dieses knappen Faktors beitragen (VETTER ET AL., 2009). So könnte in Zukunft Sorghum, dessen gutes Bodenwasseraneignungsvermögen in den vergangenen Jahren nachgewiesen wurde (WAGNER UND KNOBLAUCH, 2012), eine steigende Anbaubedeutung erlangen. Bei hochwüchsigen Kulturen, wie Bioenergiemais und Hirse ist auf die Empfindlichkeit gegenüber Winddruck hinzuweisen (LANGNER, 2007).

#### **2.1.4.10 Züchtung und Sortenwahl**

Einen wesentlichen Beitrag zur Ertragssteigerung und -sicherheit leistet die Pflanzenzüchtung. Die Sortenwahl besitzt bei einer risikoarmen Anbaustrategie eine Schlüsselstellung (CLOOS, 2003; METZ ET AL., 2004). Durch Sortenwahl und Sortenwechsel kann z.B. ein einseitiger Schaderregerbefall einschränkt und das witterungsbedingte Ertrags- und Qualitätsrisiko vermindert werden (METZ ET AL., 2004). Mit der Sortenwahl muss künftig eine Anpassung an Klimaänderungen und an Wetterextreme über die Merkmale Reifezeit, Resistenzen gegenüber Krankheiten, Insekten und Virose, Standfestigkeit sowie Stressresistenzen gegenüber Strahlung, mechanischer Belastung, Trockenheit, Hitze und Frost ermöglicht werden (ANONYM, 2004; CHRISTEN [B], 2007; DOLESCHEL [A], 2007). Die bedeutendste Eigenschaft einer Sorte wird bei zunehmenden Wetterextremen eine hohe Ertragsstabilität und Stresstoleranz sein (CHRISTEN [B], 2007). Sorten müssen verschiedene Stressbedingungen verkraften und günstige Phasen zur Kompensation nutzen können (stresstoleranter Typ) (DÖLGER UND HEUBACH, 2007). Sorteneigenschaften, die die Trockentoleranz von Getreide begünstigen, sind z.B. eine Ertragsstruktur mit ausreichend hoher Korndichte für eine rechtzeitige Ertragsfixierung, eine ausgeprägte Wachsschicht, die Unempfindlichkeit gegen Strahlungs- und Ozonschäden und ein ausgewogener Ernteindex, da weder besonders lange noch kurze Wuchsformen auf Trockenstandorten einen wesentlichen Vorteil im Ertrag aufzeigen (BÖSE, 2004). So berücksichtigen beispielsweise viele Braugerstenzüchter die Klimaänderungen in ihren Zuchtprogrammen bei Merkmalen wie Ertragsstabilität, Trockenresistenz, Hitzeverträglichkeit, Strahlungs- und Salztoleranz, Jugendentwicklung, Wurzelwachstum, Dauer der generativen Entwicklung und Standfestigkeit (BICKERT, 2007). Als charakteristische Merkmale für Trockenheitstoleranz gelten dabei Frühreife, Einzelkorntyp und langer Wuchs (BICKERT, 2007). Genutzt werden dazu kontinentale Trockenstandorte, z.B. in Polen oder Ostösterreich, aber auch heimische Standorte, da sich die Sorten hier schleichend den geänderten Verhältnissen anpassen (BICKERT, 2007). Ohne die Anpassung der Sorten sind bei der erwarteten Erwärmung eine verminderte Assimilation und eine Beschleunigung von Wachstum, Kornfüllung und Abreife anzunehmen (CALANCA ET AL., 2005). Das bedeutet z.B.

für Sommergetreide eine Verkürzung der gesamten Entwicklung bei möglichen Produktionsverlusten von 10 % (CALANCA ET AL., 2005).

Für hohe und sichere Erträge ist die Kombination des Ertragsaufbaus über Bestandesdichte, Kornzahl je Ähre und Tausendkornmasse von Bedeutung (CLOOS, 2003). Die Wahl der Sorte ist den Wasserverhältnissen des Standortes anzupassen (CLOOS, 2003). Bodenbearbeitung, Saatzeit und Saatstärke sind auf die ausgewählte Sorte abzustimmen (CLOOS, 2003).

In Hinsicht auf die Zunahme von Trockenphasen besteht eine wesentliche Anforderung an die Pflanzenzüchtung bei allen Fruchtarten in der Verbesserung der Wassernutzungseffizienz der Pflanzen. Die Wassereffizienz lässt sich auch durch die Sortenwahl steuern. Einige trockenheitsbewährte Sorten sind früher reifend und entgehen dadurch dem zunehmenden Trockenstressrisiko im Sommer (BÖSE, 2004). Ein Schwerpunkt der Weizenzüchtung war zuletzt deshalb das Erreichen eines vergleichsweise frühen Ährenschiebens bei mittlerer oder mittelspäter Reife, da dadurch der Beginn der Kornfüllung vorgezogen wird (BÖSE, 2004).

Neuere Untersuchungsergebnisse belegen, dass moderne Hybridweizensorten unter gleichen Verhältnissen eine höhere Transpiration erreichten als vergleichbare Liniensorten, d.h. ersteren stand vermutlich mehr Wasser zur Verfügung (BÖSE, 2004). Als Ursache dafür wurde die höhere Wurzelsaugkraft der Hybridsorten genannt.

#### **2.1.4.11 Anbaubedingungen**

Mit der Ausdehnung der Vegetationsperiode können sich die Termine für Aussaat und Ernte verändern, wodurch sich auch die Zeitfenster für Bodenbearbeitung und Bestellung ändern werden (Ernteverfrüfung bei Getreide und Raps bedeutet weiteren Zeitraum für schonende Bodenbearbeitung und Zwischenfruchtanbau, längere Standzeit bei Mais und Zuckerrüben erfordert kürzere Bestellphase für Folgekultur) (KREITMAYR UND MAYR, 2007).

In der Praxis fällt die Anbauentscheidung wegen der größeren Ertragsdepressionen bei Frühsommertrockenheit z.T. gegen Sommergetreide und für Wintergetreide aus (LANGBEHN, 2003).

Die Saatzeit für Wintergetreide wird kontrovers diskutiert. Während frühere Saatzeiten wie auch früher reifende Sorten die Ertragssicherheit durch frühzeitige Kornfüllung, insbesondere auf Trockenstandorten, erhöhen und sich die Pflanzen gut bestocken und bewurzeln, steigt der Einfluss von Risikofaktoren, wie Krankheits- und Schädlingsbefall an (LANGBEHN, 2003; BUCHNER, 2004; CHRISTEN [B], 2007; DÖLGER UND HEUBACH, 2007). Bei extrem frühen Saatzeiten von Winterweizen neigen die Bestände zum Überwachsen und sind stärker auswinterungsgefährdet, das Risiko eines frühen und starken Krankheitsbefalls, besonders mit Fußkrankheiten oder DTR, steigt, die Gefahr der Besiedlung mit Virusvektoren nimmt deutlich zu und eine starke Bestockung im Herbst kann zu überzogenen Bestandesdichten im Frühjahr führen, wodurch die Ertragshöhe und Ertragssicherheit in Frage zu stellen ist (CLOOS, 2003). Bei Spätsaaten wiederum trifft die Problematik von Trockenstress im Sommer besonders zu, da sie wegen der späteren Entwicklung und schwächeren Bewurzelung trockenheitsgefährdeter sind (BÖSE, 2004). In diesen Fällen schneiden Wechselweizen gegenüber Winterweizenspätsaaten aufgrund der besseren Anpassungsfähigkeit an kurze Vegetationszeiten zum Teil günstiger ab (BÖSE, 2004). Bei Sommerungen kann die frühere Bestellung hinsichtlich Frühjahrs- oder Frühsommertrockenheit die Ertragssicherheit erhöhen (DÖLGER UND HEUBACH, 2007).

Zur Anpassung an Hitze und Trockenheit ist die Reduzierung der Saatstärke eine weitere Option (LANGBEHN, 2003; ANONYM, 2004; BUCHNER, 2004; CHRISTEN [B], 2007).

#### **2.1.4.12 Düngung**

Die sachgerechte Düngung ist unter veränderten klimatischen Bedingungen Teil der Ertragsstabilisierung (CHRISTEN [B], 2007). Sie muss eine ausgewogene Pflanzenernährung zur Vermeidung von Stress gewährleisten, aber auch die Verminderung von N<sub>2</sub>O-Verlusten durch Applikationstechnik, N-Form und geschützten N ermöglichen (DOLESCHEL [A], 2007).

Veränderte Bedingungen bei Nährstofffreisetzung und Nährstoffbedarf erfordern Anpassungen bei der Düngebedarfsberechnung und eine Optimierung in der Nährstoffapplikation, z.B. durch Blattdüngung und Precision Farming (STOCK UND MASTEL, 2006).

Das gilt auch bei zeitiger und anhaltender Trockenheit sowie Hitze, die eine gezielte N-Düngung erschwert. Eine Anpassung in Zeitpunkt, Menge und Verteilung erlauben neben den oben genannten Verfahren z.B. stabilisierte N-Dünger zu Vegetationsbeginn und nitrat-haltige N-Dünger in der fortgeschrittenen Vegetation (ANONYM, 2004; CHRISTEN [B], 2007; DÖLGER UND HEUBACH, 2007). Stabilisierte N-Dünger sind in Hinsicht auf Wurzelbildung und Ertrag bei Trockenheit positiv zu sehen. Auch unter der Annahme künftig zunehmender Verlustpotenziale bei der Düngerausbringung steigt neben der Anwendung neuer Applikations-technik die Bedeutung des Einsatzes N-stabiler Dünger (WENDLAND ET AL., 2007). In Abhängigkeit von Standort und Jahreswitterung ist eine insgesamt geringere, zur 2. Gabe betonte N-Düngung zu favorisieren, die die Triebzahl erhält und eine zu hohe Blattmasse verhindert (CHRISTEN [B], 2007).

Da Nährstoffmangel in Trockenphasen empfindlicher wirken kann als unmittelbarer Wassermangel, ist besonders die ausreichende Versorgung mit den Grundnährstoffen Kalium und Phosphor vor allem in der Jugendentwicklung von Bedeutung (SCHUBERT, 2006).

Nach witterungsbedingten Mindererträgen verbleibt Stickstoff im Boden, der nach Möglichkeit, z.B. durch Zwischenfruchtanbau, zu binden und vor Verlagerung oder Auswaschung zu schützen ist (WENDLAND ET AL., 2007).

#### **2.1.4.13 Pflanzenschutz**

Ein sachgerechter Pflanzenschutz unterstützt die Verminderung von Ertragsschwankungen und besitzt daher auch zukünftig eine große Bedeutung (CHRISTEN [B], 2007).

Prinzipiell sind alle Bereiche des Ackerbaus empfindlich gegenüber klimatisch bedingten Veränderungen im Auftreten von Krankheiten, Pathogenen und Parasiten (Unkräuter, bakterielle, pilzliche, virose Krankheiten, Insekten, Schädlinge, invasive Arten) (WEIGEL, 2004). Mit den Klimaänderungen ist von einem modifizierten Krankheits- und Schädlingsauftreten auszugehen.

Befallsdruck mit Krankheiten und Schädlingen ist häufig die Folge von Witterungsereignissen (METZ ET AL., 2004). Ohne geeignete Pflanzenschutzmaßnahmen wären bei den derzeitigen Anbauverhältnissen Ertragsdepressionen von 50 % bei Getreide und bis über 80 % bei Blattfrüchten möglich (METZ ET AL., 2004).

Da die verschiedenen Prognoseverfahren nicht ausgereift sind oder langsam reagieren, ist die intensive Beobachtung der Bestände zur richtigen Einschätzung und Ergreifung der Maßnahmen unerlässlich (DÖLGER UND HEUBACH, 2007). Eine konsequente Weiterentwicklung der Pflanzenschutzprognosen und Düngungsmodelle ist in Hinblick auf flexible Entscheidungsinstrumente erforderlich (CHRISTEN [A], 2007).

Bei den Auswirkungen der Klimaänderungen im Pflanzenschutz ist zwischen den Bereichen der Unkräuter, der Krankheiten und der tierischen Schadorganismen zu unterscheiden.

Bei den Unkräutern ist mit der Ausdehnung typischer Herbstkeimer, Wärme liebender Arten, der Zuwanderung neuer Arten, der schlechteren Wirkung von Bodenherbiziden durch Trockenheit und Problemen bei den Blattherbiziden zu rechnen (STOCK UND MASTEL, 2006; DOLESCHEL [A], 2007; WEIGAND UND TISCHNER, 2007).

Bei den Krankheiten können bestimmte Erreger, wie Gelbrost, Braunrost, Zwergrost, Rhizomania, Cercospora-Blattflecken, Blattfleckenkrankheit bei Mais und Alternaria-Dürrfleckenkrankheit der Kartoffel, durch milde Winter bzw. höhere Temperaturen begünstigt werden, feuchtigkeitsbedürftige Erreger, wie Blattdürre des Weizens, Rhynchosporium-Blattflecken, Kraut- und Knollenfäule und Ramularia-Blattflecken, durch Trockenheit gehemmt und die Wirkung von Fungiziden bei hohen Temperaturen wegen der Gefahr des Abdampfens und des schnelleren Abbaus durch UV-Licht vermindert werden (STOCK UND MASTEL, 2006; DOLESCHEL [A], 2007; WEIGAND UND TISCHNER, 2007). Durch milde und feuchte Winter besteht die Gefahr eines frühen und höheren Krankheits- und Schädlingsbefalls (WEIGEL, 2004; LOTZE-CAMPEN, 2007; WEIGEL ET AL., 2007). Dies gilt vor allem bei Fröhsaaten für die Schwarzbeinigkeit (METZ ET AL., 2004). Ein verändertes Feuchtigkeitsregime mit trockenen Phasen ist aber im weiteren Verlauf in Hinblick auf einen reduzierten Krankheitsdruck positiv zu bewerten (WEIGEL ET AL., 2007). Im Gegensatz zu vielen Pilzkrankheiten profitieren jedoch einige Roste von den vorausgesagten klimatischen Veränderungen in den Frühlings- und Sommermonaten. Prognosen gehen in Folge der Klimaverschiebung in Zent-

raleuropa von einem um fünf- bis zwanzigfach stärkeren Auftreten der Getreideroste aus (TATJE ET AL., 2006).

Klimatische Veränderungen stellen nur einen Faktor neben vielen anthropogenen Parametern (z.B. Fruchtfolge, Bodenbearbeitung, Düngung, Pflanzenschutz) dar (KREUTER, 2007). Im Bereich der Schädlinge ist die Zunahme der Generationsfolge, die Erhöhung der Fraßaktivität, die Verringerung der Mortalität im Winter bzw. die Begünstigung frostempfindlicher Arten (Blattläuse, Zikaden, Getreidehalmfliege, Getreidehähnchen, Maiszünsler, Kartoffelkäfer, Feldmaikäfer), die Zuwanderung neuer Arten (Maiswurzelbohrer, Heuschrecken) und wie bei den Fungiziden die verminderte Wirkung von Insektiziden denkbar (STOCK UND MASTEL, 2006; DOLESCHEL [A], 2007; WEIGAND UND TISCHNER, 2007). Im Gegensatz zum Fungizideinsatz ist vermutlich von einer steigenden Bedeutung des Insektizideinsatzes auszugehen (CHRISTEN [B], 2007). Milde und feuchte Winter erhöhen die Gefahr eines frühen und höheren Schädlingsbefalls, vor allem das Auftreten von Ackerschnecken in Verbindung mit engen Fruchtfolgen, Flächenstilllegung und reduzierter Bodenbearbeitung (METZ ET AL., 2004; WEIGEL, 2004; LOTZE-CAMPEN, 2007; WEIGEL ET AL., 2007). Bei den durch Wärme liebenden Insekten übertragenen Viruskrankheiten (Verzwergungsviren in Getreide, Kartoffelviren) ist ebenso wie bei Sekundärerkrankungen nach Insektenbefall (Kolbenfusariosen, Schwärzepilze) mit einer Zunahme zu rechnen (WEIGAND UND TISCHNER, 2007). Der positive Temperaturtrend begünstigt die Aktivität und Überwinterung von Blattläusen, die bereits im Februar schlüpfen und aus ihrer Kältestarre erwachen und anschließend bei zunehmenden Temperaturen als Vektoren Getreidevirosen verbreiten können (METZ ET AL., 2004). Die parallel mit der Temperaturerhöhung in den Sommermonaten verbundene Abnahme der relativen Luftfeuchtigkeit fördert den Blattlausflug zusätzlich und verstärkt dadurch die Ausbreitung des Gelbverzwergungsvirus einerseits und die Erhöhung des Wasserstresses für die Pflanzen durch das Saugen der Blattläuse andererseits (METZ ET AL., 2004). Ebenso profitieren Rapsstängelrüssler, Rapsglanzkäfer, Kohltriebrüssler und Kohlschotenrüssler durch ein frühzeitigeres Auftreten von den gestiegenen Temperaturen (METZ ET AL., 2004). Trockenere Perioden fördern die Vermehrung saugender und minierender Schädlinge, wie z.B. Getreidehähnchen, Getreidewanzen, Blattläuse, Minierfliegen, Miniermotten), aber auch Feldmäusen (METZ ET AL., 2004). Bei weiterer Erwärmung und zunehmender Trockenheit ist von einer Verbreitung der Schaderreger in neue Befallsgebiete auszugehen, wie das Beispiel von Maiszünsler und Maiswurzelbohrer in nördliche Richtungen bereits zeigte (METZ ET AL., 2004; TATJE ET AL., 2006).

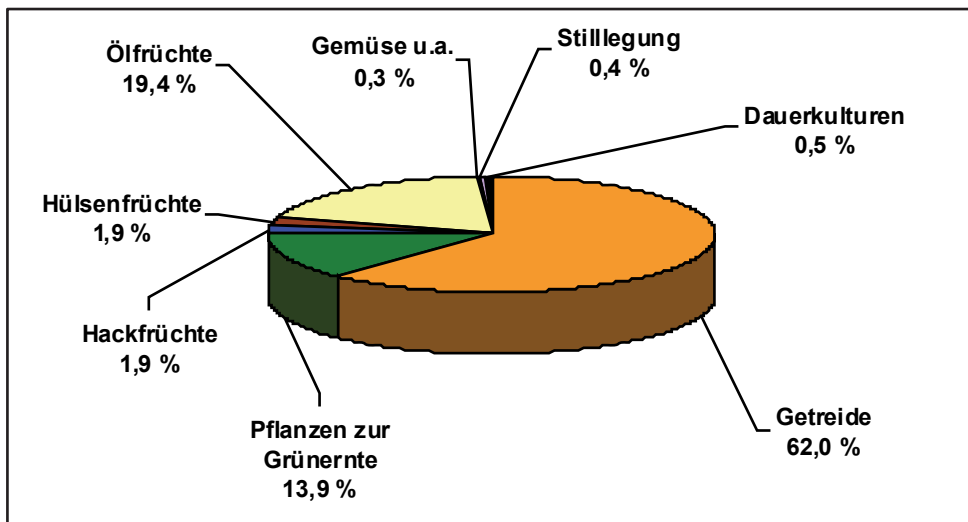
Eine regionale Anpassung des Wachstumsreglereinsatzes an den Klimawandel ist anzunehmen. Vor allem unter trockenen und heißen Verhältnissen ist eine vorsichtige, reduzierte Halmeinkürzung ratsam (CHRISTEN [B], 2007). Der Wachstumsreglereinsatz bei übermäßiger Hitze oder Trockenstress kann phasenweise die Funktion des Phytohormonhaushalts der Pflanzen unterbinden, die Wurzelbildung von Getreide, vor allem in zu hoher Dosierung, hemmen und in Form eines verkleinerten Wurzelsystems mit ungünstigen Effekten auf Wasser- und Nährstoffversorgung sowie Assimilatbildung und -umlagerung reagieren (CLOOS, 2003). Andererseits wird über die Möglichkeit zur Anpassung des Pflanzenbestandes durch Wachstumsregler an eine unzureichende Wasserversorgung diskutiert, da sie durch die Einkürzung den Wasserverbrauch in der vegetativen Phase reduzieren und die Ausbildung feinerer Wurzeln bewirken können (SCHUBERT, 2006).

### **3 Situation des Pflanzenbaus in Thüringen**

#### **3.1 Anbauflächen** (Ch. Guddat, M. Farack)

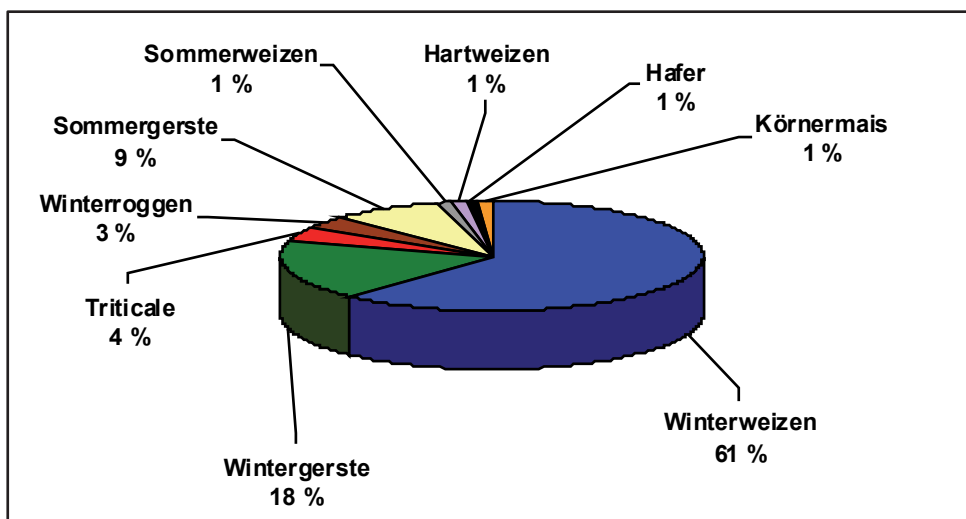
Der Pflanzenbau in Thüringen wird seit Jahren durch einen hohen Getreideanteil an der Ackerfläche bestimmt, der zur Ernte 2011 ca. 62 % betrug. Über einen größeren Flächenumfang verfügten weiterhin Ölfrüchte (vor allem Winterraps) mit einem Anteil von etwa 19 % und Pflanzen zur Grünenernte (vor allem Silomais sowie Feldgras und kleinkörnige Leguminosen) mit ca. 14 % an der Ackerfläche. Hackfrüchte und Hülsenfrüchte mit jeweils unter 2 % sowie Dauerkulturen, Gemüse und Stilllegung mit jeweils unter 1 % nahmen dagegen nur einen geringen Anteil an der Ackerfläche Thüringens ein (Abb. 11).





**Abbildung 11:** Ackerflächenverhältnis 2011 in Thüringen

Innerhalb des Getreideanbaus dominierte Winterweizen als wichtigste Kulturart mit einem Anteil von 61 % an der Getreidefläche und fast 40 % an der Ackerfläche (Abb. 12). Seit 1990 erfuhr der Winterweizenanbau in Thüringen aufgrund der Wirtschaftlichkeit und der guten Vermarktungschancen eine kontinuierliche Ausdehnung von 154.500 ha auf 230.800 ha im Jahr 2011. Damit einher gingen jedoch zwangsläufige Veränderungen im Anbauverfahren. Dies betrifft die Ausbreitung des Winterweizenanbaus bis auf Grenzstandorte, die Umstellung von Fruchtfolgen einschließlich des Anbaus von Winterweizen in Selbstfolge (Stoppelweizen), die Ausdehnung der Saatzeit- und Erntezeitspanne sowie Kompromisse bei der Einhaltung von Applikationsterminen bei Düngung und Pflanzenschutz. Das Produktionsziel ist hauptsächlich die Erzeugung von Elite- und Qualitätsweizen, bestimmt über die eingesetzten Sorten, welche zur Ernte 2011 einen Anteil, einschließlich der EU-Sorten, von fast 97 % an der gesamten Winterweizenfläche für sich beanspruchten.



**Abbildung 12:** Anteile an der Getreidefläche 2011 in Thüringen

Die derzeit zweitwichtigste Kulturart in Thüringen ist Winterweizen. Die Anbaufläche stieg aufgrund von Wirtschaftlichkeit, Vermarktungschancen und Fruchtfolgegestaltung einschließlich Vorfruchtwert von 15.100 ha im Jahr 1990 sehr schnell an und lag in den letzten 6 Jahren, in Abhängigkeit von Aussaatbedingungen und Auswinterungsschäden, zwischen 112.900 und 125.100 ha. Damit erreichte Winterweizen im Durchschnitt die anbautechnische Grenze für die Einhaltung optimaler Anbaupausen. In der Winterweizenherzeugung in Thüringen spielten sowohl Hybrid- als auch Liniensorten eine Rolle. Winterweizen nahm mit 66.900 ha unter den Kulturarten in Thüringen das drittgrößte Flächenareal für sich in Anspruch und verhielt sich

bei Betrachtung der Anbauflächen in den letzten 6 Jahren relativ stabil. Wintergerste wird fast ausschließlich zur Nutzung als Futtergetreide produziert, bisher noch wenig als Brau- oder Energiegetreide (Ganzpflanzensilage, Bioethanol). Von Bedeutung ist die frühzeitige Räumung des Feldes, was Wintergerste als günstige Vorfrucht für Winterraps prädestiniert. Zudem gilt Wintergerste als vergleichsweise ertragsstabile Kulturart, da sie aufgrund der frühzeitigen Entwicklung und den oft ausgeprägten vorsommer- und sommertrockenen Bedingungen in einigen Regionen Thüringens am besten von Winter- und Frühjahrsfeuchtigkeit profitieren kann.

Silomais erfuhr in den letzten 6 Jahren einen Flächenanstieg und wurde zur Ernte 2011 auf 51.800 ha angebaut. Er wird traditionell zur Futter- und aktuell zunehmend zur Bioenergieerzeugung genutzt. Gemeinsam mit Sommergerste ist Silomais die einzige Sommerkulturart mit größerer Anbaubedeutung.

Der Anbau von Sommergerste zur Erzeugung von Braugetreide hat in Thüringen Tradition. Die Anbauflächen in Thüringen waren jedoch von jeher stärkeren Schwankungen ausgesetzt, die sich durch Marktgeschehen und Inanspruchnahme von Flächen durch Winterkulturarten begründeten. In den letzten 6 Jahren war jedoch eine stetige Abnahme der Anbaufläche bei Sommergerste zu verzeichnen, die zur Ernte 2010 mit 34.900 ha den Tiefststand seit 1990 erreichte.

Im Hinblick auf die Anbauflächen besaßen Triticale (14.600 ha), Leguminosen zur Ganzpflanzenernte (14.600 ha), Feldgras (12.000 ha), Roggen einschließlich Wintermenggetreide (11.200 ha), Zuckerrüben (9.400 ha) und Futtererbsen (8.400 ha) zur Ernte 2011 in Thüringen eine mittlere Bedeutung.

Sommerweizen (5.300 ha), Körnermais (5.200 ha), Hafer (4.600 ha), Hartweizen (3.600 ha), Getreide zur Ganzpflanzenernte (3.300 ha) und andere Pflanzen zur Ganzpflanzenernte (3.500 ha), Ackerbohnen (2.600 ha), Kartoffeln (2.100 ha), Sommerraps einschließlich Rübsen (1.700 ha), Sonnenblumen (1.000 ha), Öllein (500 ha), Sommermenggetreide (500 ha), andere Ölfrüchte (400 ha), Süßlupinen (400 ha) und andere Hackfrüchte (300 ha) spielten im Anbau zur Ernte 2011 in Thüringen eine geringere Rolle.

### 3.2 Erträge (Ch. Guddat, M. Farack)

Bei den Druschfrüchten wurden im Durchschnitt der Jahre 1991-2010 bei den Winterungen mit Winterweizen die höchsten Erträge erzielt, gefolgt von Wintergerste, Roggen, Triticale und Winterraps. Bei den Sommerungen nimmt Körnermais in den Erträgen eine Sonderstellung ein, danach bilden Sommerweizen, Sommergerste, Hafer, Ackerbohnen, Futtererbsen, Sonnenblumen, Sommerraps und Rübsen sowie Öllein die weitere Rangfolge. Bei den Hackfrüchten standen Zuckerrüben im Ertrag vor Kartoffeln. Ausgehend vom Jahr 1991 lässt sich bis zur Ernte des Jahres 2010 für die in Thüringen angebauten Kulturarten eine differenzierte Ertragsentwicklung feststellen. Dies betrifft einerseits die Unterschiede im Ertragszuwachs zwischen den Dekaden 1991-2000 und 2001-2010 und andererseits die Unterschiede bei den Ertragsfortschritten zwischen den Kulturarten (Tab. 3).

**Tabelle 3:** Durchschnittserträge und Ertragszuwächse in dt/ha bei Ackerkulturen in Thüringen 1991 - 2010

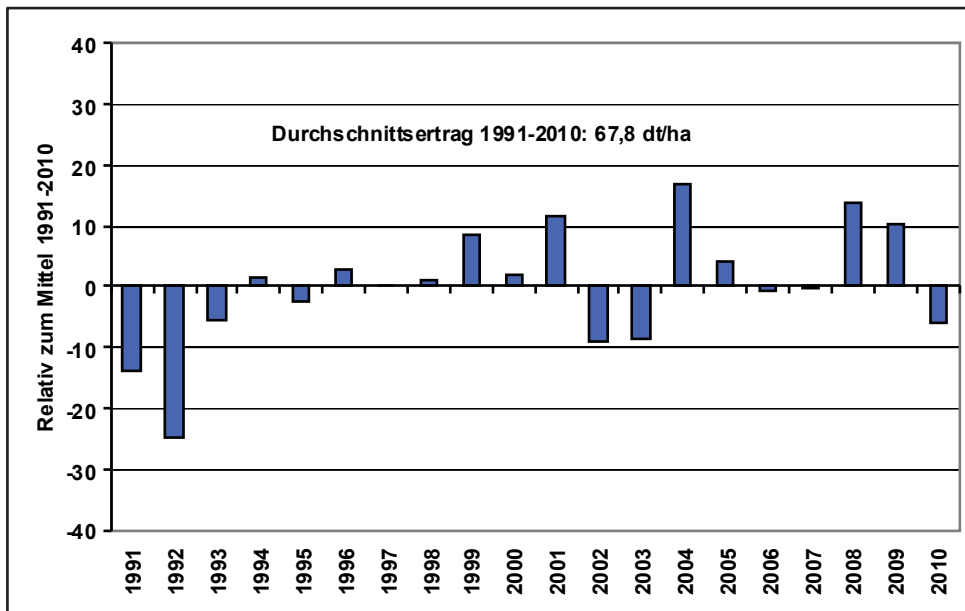
Kulturart	Durchschnittsertrag	Ertragszuwachs je ha und Jahr		
	1991-2010	1991-2010	1991-2000	2001-2010
Winterweizen	67,8	0,54	1,67	0,15
Sommerweizen	54,2	0,10	1,18	0,04
Wintergerste	64,0	0,68	1,12	0,98
Sommergerste	51,4	0,09	0,24	0,05
Roggen	62,6	0,38	1,82	-0,80
Triticale	58,2	0,29	1,89	-0,42
Hafer	48,6	-0,02	1,00	-1,18
Körnermais	80,5	1,23	3,38	1,07
Futtererbsen	32,1	0,34	1,56	-0,22
Ackerbohnen	32,4	-0,09	0,80	-0,46

Kulturart	Durchschnittsertrag	Ertragszuwachs je ha und Jahr		
	1991-2010	1991-2010	1991-2000	2001-2010
Winterraps	34,2	0,48	0,84	0,56
Sommerraps und Rübsen	17,7	0,06	-0,23	0,12
Sonnenblumen	24,5	0,23	-0,16	0,82
Öllein	(15,8)	(0,20)	-0,37	(0,35)
Kartoffeln	367	3,41	9,83	1,43
Zuckerrüben	513	11,79	19,55	12,79
Silomais	425	0,11	9,00	-4,10

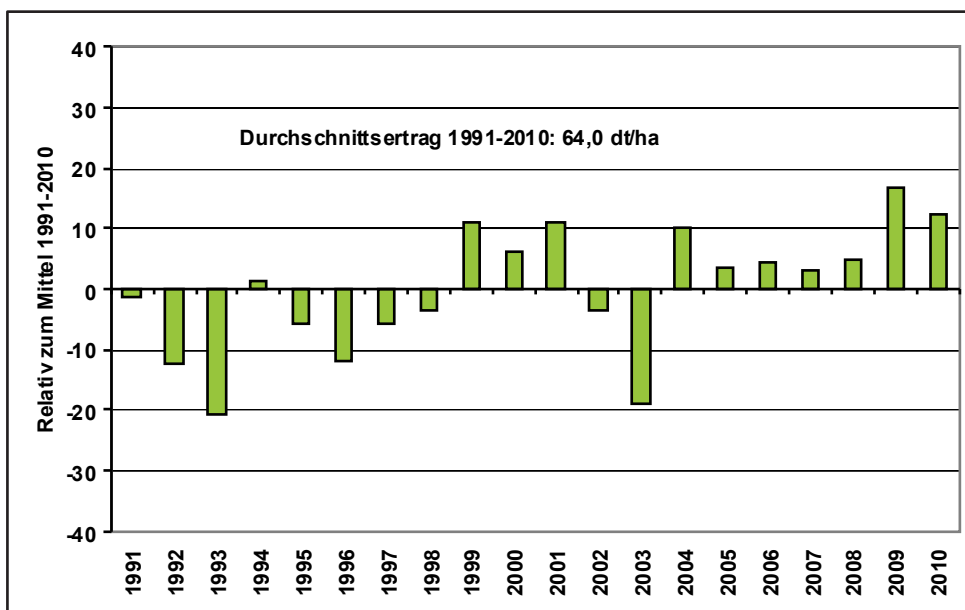
Erwartungsgemäß fällt der absolute jährliche Ertragszuwachs im Zeitraum von 1991 bis 2010 bei den Hackfruchtarten Zuckerrüben und Kartoffeln aufgrund des hohen Ertragsniveaus am höchsten aus. Prinzipiell würde das auch auf Silomais zutreffen. Da jedoch bis einschließlich 2006 die Angabe der Erträge als Frischmasse und ohne Berücksichtigung des Trockensubstanzgehaltes sowie von 2007 bis 2009 mit einem Basis-Trockensubstanzgehalt von 33 % und ab 2010 mit einem Basis-Trockensubstanzgehalt von 35 % erfolgte, ist hier eine realistische Vergleichbarkeit nicht gegeben. Man muss davon ausgehen, dass in den neunziger Jahren mit geringeren Trockensubstanzgehalten geerntet wurde als im folgenden Jahrzehnt. Bei den Druschfruchtarten lag Körnermais beim jährlichen Ertragszuwachs im genannten Zeitraum deutlich an der Spitze. Es folgten Wintergerste, Winterweizen, Winterraps, Roggen, Futtererbsen, Triticale, Sonnenblumen und Öllein. Keine oder nur eine geringe Ertragssteigerung gab es bei Sommerweizen, Sommergerste, Sommerraps, Hafer und Ackerbohnen. Auffällig ist, dass in der ersten Dekade von 1991 bis 2000 bei fast allen Kulturarten ein Ertragszuwachs stattfand, während sich dies in der zweiten Dekade von 2001 bis 2010, wenn auch in meist abgeschwächter Form, nur bei Zuckerrüben, Kartoffeln, Körnermais, Wintergerste, Sonnenblumen und Winterraps fortsetzte. Die Gründe dafür können sehr vielfältig sein. Insbesondere muss bei der Betrachtung von Ertragsentwicklungen, dargestellt durch jährliche Ertragszuwächse, der Einfluss des Niveaus zu Beginn und zu Ende eines Zeitraums beachtet werden. Sind die Erträge am Beginn einer Zeitreihe unterdurchschnittlich und am Ende überdurchschnittlich, so fällt der jährliche Ertragszuwachs in der Regel hoch bzw. positiv aus. Im umgekehrten Fall ist der jährliche Ertragszuwachs eher niedrig bzw. negativ. Dies erklärt den meist positiven Trend beim überwiegenden Teil der Kulturarten im Zeitraum 1991 bis 2010, in dem ein klares Steigerungspotential durch Verbesserungen in den Bereichen Sorten, Saatgut, Pflanzenschutz, Düngung und Technik wirksam wurde. Mögliche Ursachen für die Abschwächung des jährlichen Ertragszuwachses im Zeitraum von 2001 bis 2010 liegen in den Veränderungen der Fruchtfolgen, einer stark zunehmenden Anbaukonzentration, einer Ausdehnung des Anbaus auf Grenzstandorte sowie der dadurch nicht immer möglichen Einhaltung optimaler Termine hinsichtlich Aussaat, Applikationen und Ernte bei Winterweizen und Winterraps. Bei Kulturarten mit geringerer Anbaubedeutung könnte sich eventuell bereits ein dort spürbarer Rückgang der züchterischen Aktivitäten auswirken.

Gemessen daran, wie stark die Erträge in Einzeljahren vom Durchschnittsertrag der Jahre 1991 bis 2010 abwichen, erwiesen sich die in Thüringen sehr bedeutsamen Kulturarten Winterweizen, Wintergerste, Sommergerste und Winterraps in diesem Zeitraum als vergleichsweise ertragsstabil (Abb. 13 bis 16). Auf regionaler oder gar einzelbetrieblicher Ebene fallen Ertragsschwankungen naturgemäß wesentlich höher aus. Im Mittel der Landesdurchschnittserträge Thüringens war bei Winterweizen nur in zwei Jahren ein Minderertrag von mehr als 10 % zu verzeichnen, und zwar gleich zu Beginn der Zeitreihe in den Jahren 1991 (-14 %) und 1992 (-25 %). Innerhalb der letzten zehn Jahre fiel der Minderertrag nur dreimal größer als 5 % aus. Bei Wintergerste betrug der Minderertrag im Zeitraum von 1991 bis 2010 in vier Jahren mehr als 10 %. Das war 1992 (-12 %), 1993 (-21 %), 1996 (-12 %) und 2003 (-19 %) der Fall. Bei Sommergerste wurde lediglich in den Jahren 1992 (-16 %), 2000 (-10 %) und 2002 (-12 %) ein Minderertrag von 10 % oder mehr ermittelt. Die häufigsten und stärksten Ertragsschwankungen innerhalb dieser vier Kulturarten, sowohl mit negativen als auch mit positiven Abweichungen, zeigte in Thüringen Winterraps. In fünf Jahren betrug der Minderertrag mehr als 10 %, nämlich 1991 (-11 %), 1992 (-32 %), 1996 (-24 %), 2002 (-14 %) und 2003 (-13 %). Die Jahre 1996 und 2003 belegen am Beispiel der hinsichtlich der Winter-

festigkeit etw as schwächer zu beurteilenden Kulturarten Wintergerste und Winterraps, dass Auswinterungsschäden neben Vorsommer- und Sommerd Trockenheit sowie Stark- und Dauerniederschlägen eine wichtige Ursache von Ertragsschwankungen in Thüringen darstellen. In diesen beiden Jahren wurden in Thüringen bei Wintergerste und Winterraps die stärksten Auswinterungsschäden im Zeitraum von 1995 bis 2010 verzeichnet.

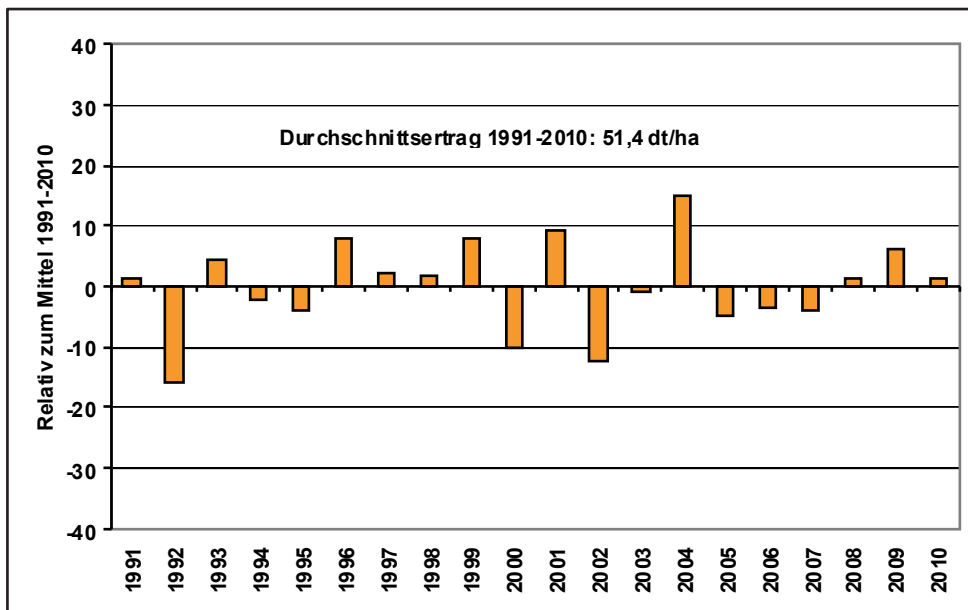


**Abbildung 13:** Relative Ertragsschwankungen zum langjährigen Durchschnittsertrag bei Winterweizen in Thüringen

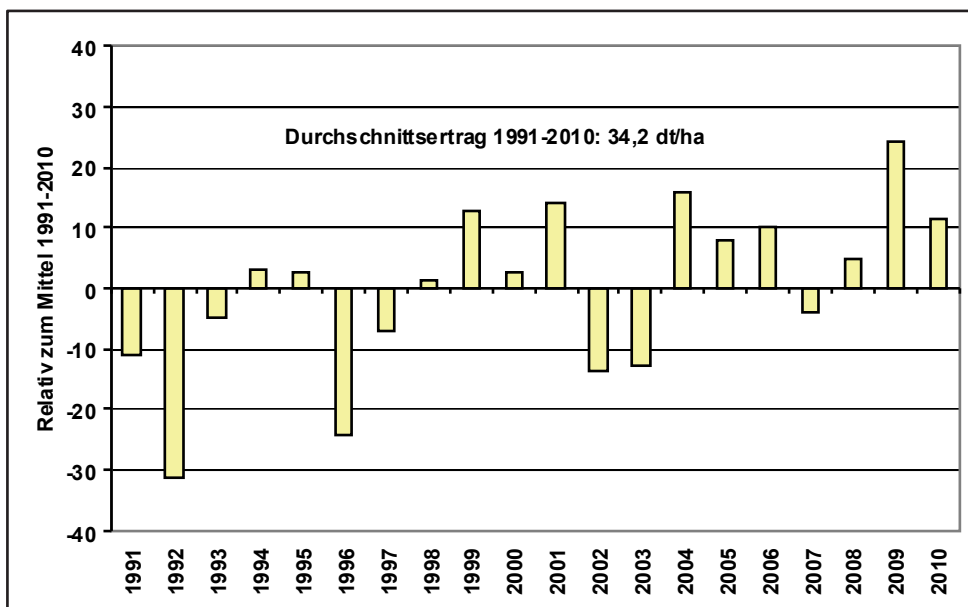


**Abbildung 14:** Relative Ertragsschwankungen zum langjährigen Durchschnittsertrag bei Wintergerste in Thüringen





**Abbildung 15:** Relative Ertragsschwankungen zum langjährigen Durchschnittsertrag bei Sommergerste in Thüringen



**Abbildung 16:** Relative Ertragsschwankungen zum langjährigen Durchschnittsertrag bei Winterraps in Thüringen

## 4 Anpassungsmöglichkeiten des Pflanzenbaus an den Klimawandel in Thüringen

### 4.1 Fruchtfolge sowie Einführung alternativer und neuer Kulturarten (Ch. Guddat, M. Farack)

Durch ein breites Anbauspektrum der Kulturarten anstelle eines begrenzten Spektrums, bestehend aus Winterweizen, Winterraps, Wintergerste, Silomais und eventuell Sommergerste, können die Risiken durch Auswinterung, Trockenheit, Hitze, extreme Wetterereignisse oder Schaderreger verteilt und die Gefahr von Totalverlusten auf Betriebsebene reduziert werden. Voraussetzung ist jedoch, dass für die Verwertung der Kulturarten bereits ein Markt besteht oder geschaffen werden kann. Vielfältige Fruchtfolgen mindern das Auftreten zahlreicher Schaderregergruppen und dienen dem Erhalt von Humus und Bodenfruchtbarkeit.

Vielfältige Fruchtfolgen tragen somit dazu bei, Erträge zu stabilisieren und Risiken durch Klimaextreme und Schädlingsbefall zu begrenzen. Ein Beispiel dafür ist der Verzicht auf den Anbau von Stoppelweizen (Weizen nach Weizen) zugunsten des Anbaus von Weizen nach Blattvorfrüchten wie Körnerleguminosen oder Winterraps. Langjährige Versuchsergebnisse der TLL und LLFG (2001-2010) auf insgesamt drei Standorten in Thüringen und Sachsen-Anhalt ergaben einen Ertragsvorteil von durchschnittlich 18,4 dt/ha (entspricht 22 %) zugunsten des Weizens nach Blattvorfrüchten. Zudem fielen die Ertragsschwankungen zwischen den Jahren im Stoppelweizenanbau mit bis zu 36 dt/ha höher aus als nach Blattvorfrucht.

Kulturarten, die sich als wenig geeignet unter veränderten Klimabedingungen zeigen, sollten gegen besser geeignete Kulturarten ausgetauscht werden. Wärme liebende Fruchtarten mit einer hohen Wassernutzungseffizienz, wie z.B. bestimmte Maissorten oder Hirse, sowie Sojabohnen werden als künftig begünstigte Kulturarten angesehen. Unter den prognostizierten klimatischen Änderungen sind demnach eine Ausdehnung des Anbaus solcher Kulturarten sowie die Winterform von Kulturarten als Alternative zu ihrer Sommerform zu erwägen. Beispiele für neue Winterformen sind Ackerbohnen, Futtererbsen, Öllein, Durum, Braugerste oder Hafer. Schwachpunkt solcher Winterformen war in der Vergangenheit die oft nicht ausreichende Winterfestigkeit. Dieses Manko könnte bei zukünftig milderem Wintern an Bedeutung verlieren. Eine Erprobung dessen ist jedoch im Sinne des Risikomanagements zwingend erforderlich.

Verschwiegen werden darf im Zusammenhang eines breiten Kulturartenspektrums jedoch nicht, dass sich die Züchtung weltweit auf immer weniger Arten konzentriert. Das führt dazu, dass die Ertrags- und Qualitätsunterschiede zwischen züchterisch stark und weniger stark bearbeiteten Arten bzw. alternativen Kulturpflanzen im traditionellen Pflanzenbau (Food and Feed) größer werden und es sogar zur Einstellung des Anbaus von Kulturarten aufgrund der Saatgutverfügbarkeit kommen kann.

## **4.2 Etablierte Kulturpflanzen** (Ch. Guddat, M. Farack)

Mit Winterweizen, Wintergerste, Sommergerste, Winterraps und Silomais nehmen die Kulturarten in Thüringen die höchsten Flächenanteile in Anspruch, die finanziell lukrativ sind bzw. für die Futter- und Energiebereitstellung oder die Fruchtfolge benötigt werden. Für diese Kulturarten besteht ein sehr gutes Beratungsangebot hinsichtlich Sortenwahl, Düngung, Pflanzenschutz und Bestandesführung, was eine wesentliche Basis für deren Ertragsicherheit ist.

Für die meisten Sommerkulturen gilt, dass sie im Vergleich zu Winterkulturen ein deutlich geringeres Ertragsniveau erreichen und sich witterungsabhängige Terminabweichungen im Frühjahr (Bodenbearbeitung, Aussaat) oft stärker auf den Ertrag auswirken als bei Winterkulturen im Herbst. Demgegenüber bieten sie jedoch Vorteile hinsichtlich Fruchtfolge, Pflanzenschutz und Arbeitswirtschaft.

Die Feststellung, welche der derzeit genutzten Kulturarten sich auf die sich ändernden klimatischen Bedingungen am besten einstellen können, ist für eine mittel- bis langfristige Planungssicherheit hinsichtlich des Anbauspektrums in den Betrieben von besonderer Bedeutung. Sie ist derzeit höher zu bewerten als die Prüfung und Einführung alternativer Kulturpflanzen.

Da bereits in den letzten Jahren Änderungen wichtiger meteorologischer Faktoren in Thüringen erkennbar waren (siehe Kapitel 2.1.3), ist die Beurteilung von Datenreihen aus den Landessortenversuchen der TLL eine geeignete Möglichkeit. Hierfür liegen Ergebnisse der Jahre 1994 bis 2011 vor. Im Gegensatz zu den Ergebnissen aus der Landesstatistik (siehe Kapitel 3.2) wird hier die Leistungs- und Anpassungsfähigkeit der Kulturarten im Hinblick auf die klimatischen Bedingungen im Wesentlichen nicht durch Veränderungen im Anbaumanagement (Fruchtfolge, Anbaukonzentration, Anbauausweitung auf Grenzstandorte, acker- und pflanzenbauliche Termine) überlagert. Einfluss in den Ergebnissen der Landessortenversuche nimmt dagegen der Sortenwechsel, das im Sinne der Anpassung durch Züchtung jedoch gewollt. Grundsätzlich werden die jeweils leistungsstärksten, aktuellsten und in der Praxis verbreiteten Sorten geprüft. Einschränkend muss jedoch bemerkt werden, dass sich die Ausführungen lediglich auf das Mittel aller Thüringer Standorte beziehen und so nur einen Trend widerspiegeln können. Die Ursache dafür liegt bei der Bewertung innerhalb einer Kulturart in

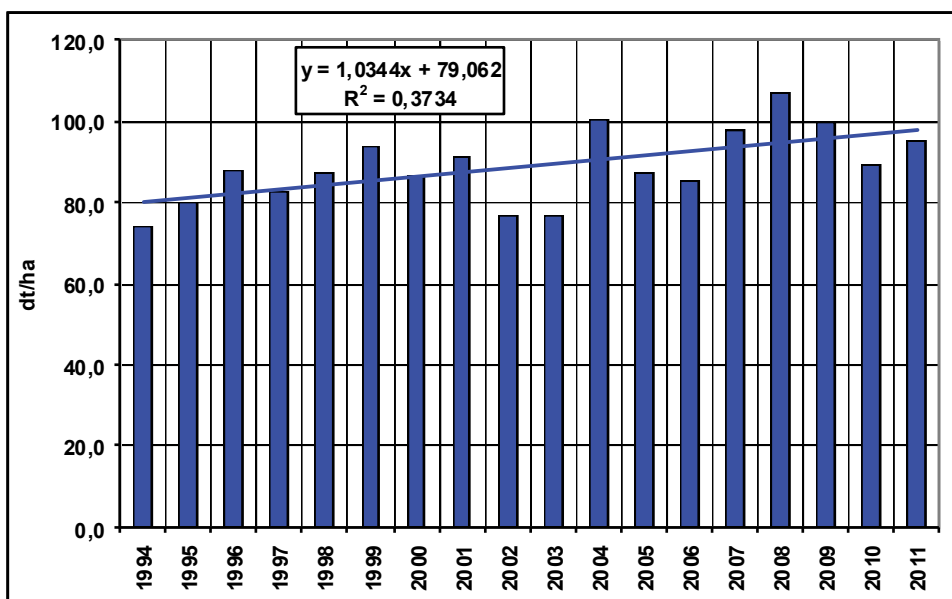
den von Jahr zu Jahr zum Teil wechselnden Standorten. Im Vergleich der Kulturarten untereinander kommt hinzu, dass sie teilweise an verschiedenen Standorten geprüft wurden. Den Ertragsentwicklungen liegt häufig nur ein geringes Bestimmtheitsmaß zu Grunde.

Danach zeichnen sich nach derzeitigem Kenntnisstand anhand der Durchschnittserträge der Landessortenversuche von 1994 bis 2011 in Thüringen vor allem Winterweizen und Wintergerste, aber auch Wintertriticale durch eine sehr gute Anpassungsfähigkeit aus.

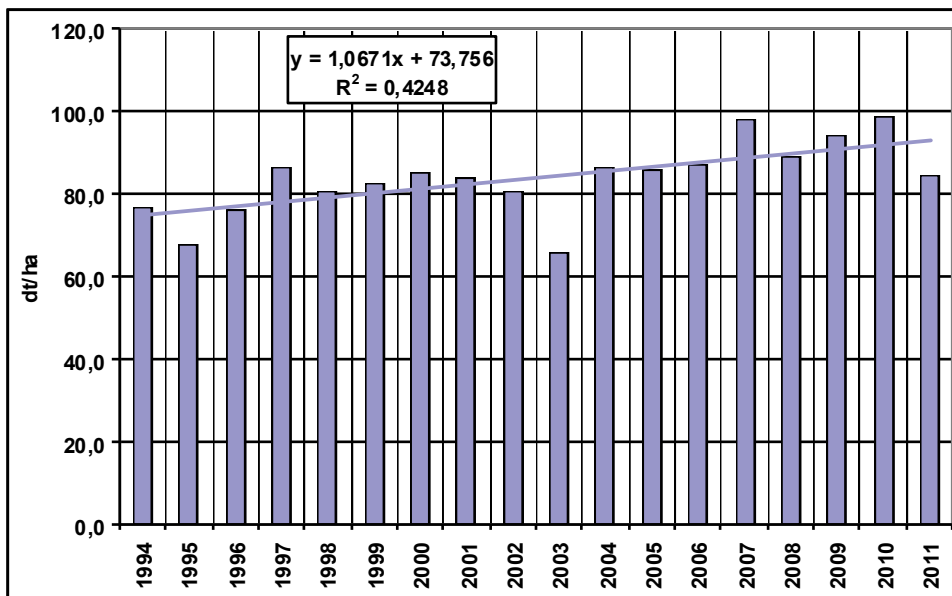
Bei Winterweizen ließ sich für den betrachteten Zeitraum ein Ertragsanstieg von ca. 1,0 dt/ha und Jahr feststellen (Abb. 17). Ertragsschwankungen sind jedoch unverkennbar. So wurden z.B. in den Jahren 2002 und 2003, die von außergewöhnlichen Witterungsbedingungen geprägt waren (Starkniederschläge in der Erntezeit bzw. Auswinterung, Sommerhitze und Trockenheit) die geringsten Erträge erzielt.

Auch bei Wintergerste kann im Betrachtungszeitraum mit etwa 1,1 dt/ha und Jahr ein ähnlich hoher Ertragszuwachs nachgewiesen werden (Abb. 18). Ertragsschwächere Jahre, wie 2003 waren in erster Linie auf Auswinterungsschäden zurückzuführen, da Wintergerste unter den etablierten Wintergetreidearten die geringste Winterfestigkeit besitzt. In Bezug auf sommertrockene Bedingungen ist der Anbau von Wintergerste eher vorteilhaft, da sich die Kulturart zügig entwickelt und in der Lage ist, die Winterfeuchtigkeit auszunutzen. Als Beispiel dafür sind die Jahre 2006 und 2010 anzuführen.

Der Ertragsanstieg bei Wintertriticale betrug zwischen 1994 und 2011 ca. 0,7 dt/ha und Jahr (Abb. A1). Geringere Erträge wurden, ähnlich dem Winterweizen, z.B. in den Jahren 2002 und 2003 mit vergleichsweise extremen Witterungsbedingungen geerntet. In den gleichen Zeitraum fällt aber auch die starke Zunahme des Mehltaubefalls bei vielen Sorten, die deutlich den Ertrag minderte. Da die Züchtung darauf schnell reagierte, befinden sich seit 2004 wieder viele Sorten mit hoher Widerstandsfähigkeit gegenüber Mehltau in den Landessortenversuchen.



**Abbildung 17:** Ertragsentwicklung von Winterweizen in den Landessortenversuchen in Thüringen

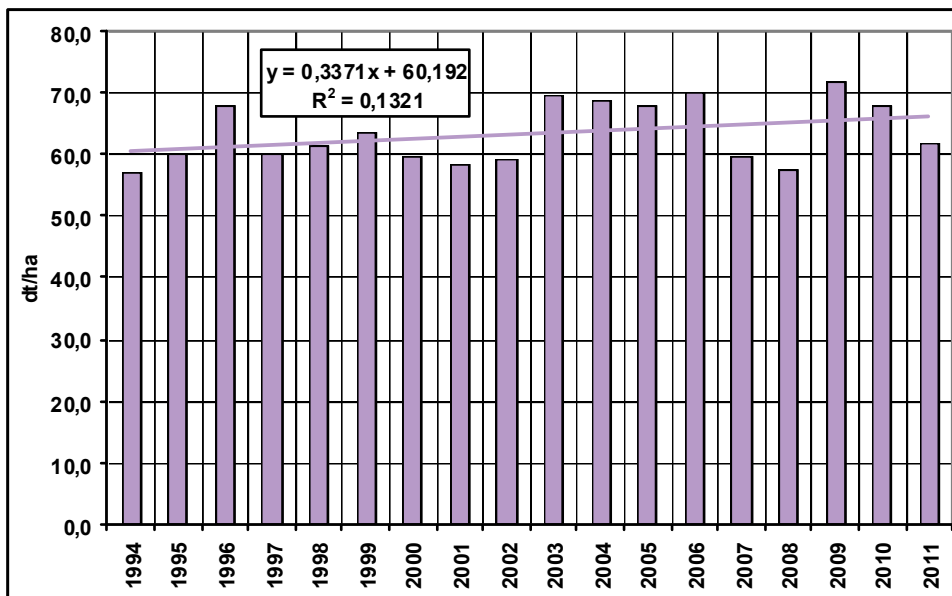


**Abbildung 18:** Ertragsentwicklung von Wintergerste in den Landessortenversuchen in Thüringen

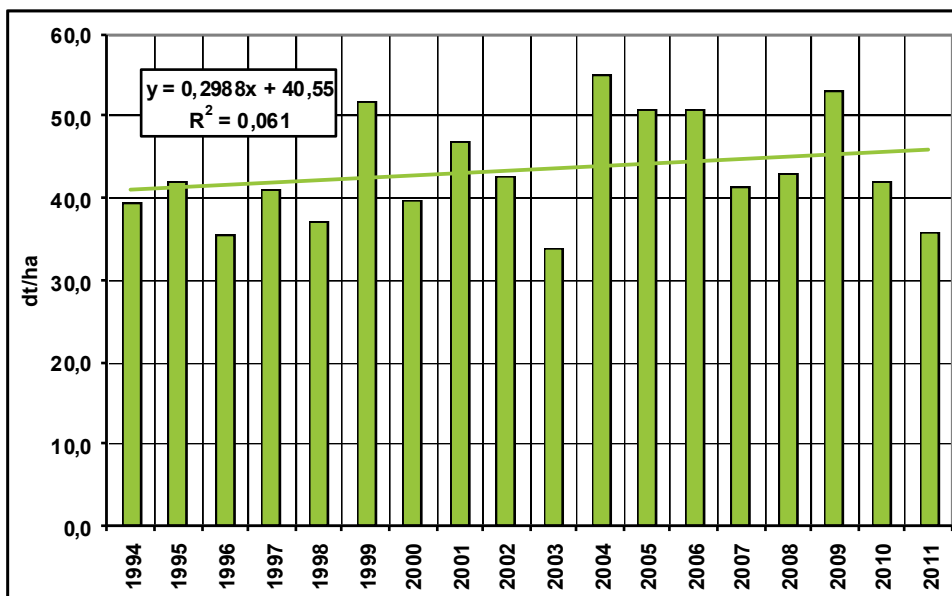
Mit leicht steigendem Ertragstrend zeigen sich zudem Sommerbraugerste und Winterroggen als anpassungsfähig. Dies betrifft in der Gesamtbetrachtung grundsätzlich auch Winterraps. Sommerbraugerste ist die Sommerdruschfrucht, die in Deutschland züchterisch am intensivsten bearbeitet wird. Bei dieser Kulturart konnte im Betrachtungszeitraum dennoch nur ein geringfügiger Ertragsanstieg von ca. 0,3 dt/ha und Jahr festgestellt werden (Abb. 19). Eine wesentliche Ursache dafür ist, dass die Schwerpunkte der Züchtung in den letzten Jahren auf den sehr hohen und vielfältigen Qualitätskriterien lagen.

Bei Winterroggen fiel trotz der Zunahme des Hybridsortenanteils in den Landessortenversuchen der Ertragszuwachs mit etwa 0,3 dt/ha und Jahr geringer aus als bei den anderen Wintergetreidearten (Abb. A2). Die geringsten Erträge innerhalb der letzten Jahre wurden, wie bei den anderen Wintergetreidearten, ebenfalls 2002 und 2003 sowie 2011 erzielt.

Winterraps ist eine der gegenwärtig am intensivsten züchterisch bearbeiteten Kulturarten. Der jährliche Ertragszuwachs betrug in den Landessortenversuchen im Betrachtungszeitraum knapp 0,3 dt/ha (Abb. 20). Allerdings ließ sich in den letzten 10 Jahren im Gegensatz zu den Landesdurchschnittserträgen aus der Praxis kein positiver Ertragstrend feststellen. Allerdings befanden sich die Erträge in den Landessortenversuchen bereits auf einem hohen Niveau, so dass dort Witterungseinflüsse in den letzten Jahren des Betrachtungszeitraums stärkere Ertragseinbußen zur Folge hatten. In der Abbildung werden deutliche Ertragsschwankungen im Winterrapsanbau ersichtlich. Die drastischen Ertragseinbußen in den Jahren 1996 und 2003 zeigen, dass die Ertragssicherheit von Winterraps wie bei Wintergerste weniger von Trockenheit als viel mehr von Auswinterungsschäden beeinflusst wird.



**Abbildung 19:** Ertragsentwicklung von Sommergerste in den Landessortenversuchen in Thüringen



**Abbildung 20:** Ertragsentwicklung von Winterraps in den Landessortenversuchen in Thüringen

Sommerhafer und Ackerbohnen erwiesen sich, ableitend aus dem Ertragstrend der Landessortenversuche, als weniger anpassungsfähig, da in diesem Zeitraum kaum Ertragsfortschritte vorhanden waren.

Bei Sommerhafer wurden in vereinzelt Jahren hohe Erträge erzielt, wie 1999, 2004 und 2009. Insbesondere nach 2001 fällt jedoch auf, dass die Erträge recht häufig unter dem Niveau der 1990er Jahre lagen. Ein Ertragsanstieg im Gesamtbetrachtungszeitraum fand mit 0,0 dt/ha und Jahr nicht statt (Abb. A4).

Eine ähnliche Entwicklung zeigten Ackerbohnen mit einem Ertragszuwachs von ca. 0,1 dt/ha und Jahr (Abb. A6). Dabei fallen enorme Ertragsschwankungen zwischen den Jahren auf, die von 28 dt/ha im Jahr 2010 bis knapp 66 dt/ha im Jahr 2011 reichten. Neben der Empfindlichkeit gegenüber Trockenheit und Hitze zur Blüte und Kornfüllung stellt der Befall mit Schadinsekten bei Ackerbohnen ein erhebliches Ertragsrisiko.

Mit abnehmendem Ertragszuwachs reagierten Körnerfuttererbsen und Sommerweizen in den Landessortenversuchen von 1994/1995 bis 2011 in Thüringen.



Nachdem bei Sommerweizen im Jahr 2004 ein überaus hoher Ertrag erreicht wurde, waren die Jahre 2005 bis 2008 die ertragsschwächsten des gesamten Betrachtungszeitraums. Infolge dessen ergab sich ein negativer Ertragszuwachs von ca. -0,5 dt/ha und Jahr (Abb. 3). Körnerfuttererbsen wiesen im Betrachtungszeitraum hohe Ertragsschwankungen auf, die von 32 dt/ha im Jahr 2007 bis fast 60 dt/ha im Jahr 1999 reichten. Die Ertragsschwankungen nahmen ab den 1990er Jahren zu. Alle Jahre mit unterdurchschnittlichen Erträgen liegen im Zeitraum nach dem Jahr 2000. Der jährliche Ertragszuwachs betrug -0,3 dt/ha (Abb. 5). Winterweizen, Winterraps, Wintergerste und Silomais sind auch mittelfristig aufgrund von Standortansprüchen, Ertragsfähigkeit, Ertragssicherheit, Ertragssteigerung, züchterischer Bearbeitung sowie Vermarktungs- und Verwertungsmöglichkeiten als dominierende Kulturarten im Anbauspektrum in Thüringen zu bewerten. Die Produktion von Braugerste sollte sich vorrangig in darauf spezialisierten Betrieben konzentrieren, mittelfristig sind aufgrund der züchterischen Aktivitäten auch dem Anbau von Winterbraugerste in Thüringen Chancen einzuräumen. Die Erzeugung von Winterroggen und Wintertriticale ist weiterhin eine Alternative, sofern sich Absatzchancen als Brotgetreide (Winterroggen) oder für die energetische Verwertung bieten. Kritisch ist mittelfristig die Aufrechterhaltung des Anbaus von Sommergetreide (außer Braugerste) und Körnerleguminosen zu diskutieren. Aus Sicht von Bodenfruchtbarkeit, Fruchtfolge, Biodiversität oder Risikoverteilung erbringen diese Kulturarten Vorteile für die Pflanzenproduktion. Doch bereits zum jetzigen Zeitpunkt ist die ökonomische Konkurrenzfähigkeit gegenüber den zuvor genannten Kulturarten in der Regel geringer und aufgrund der Ertragsentwicklungen und der züchterischen Aktivitäten ist mittelfristig mit einer weiteren wirtschaftlichen Schwächung von Sommergetreide und Körnerleguminosen zu rechnen. So bleibt nur die Anbauwürdigkeit im Rahmen von Förderprogrammen oder die Lückenbüßerfunktion nach verpasster Herbstbestellung oder Umbrüchen bei Auswinterschäden erhalten. Ein Anbau von Sommeröfrüchten ist schon heute lediglich im begrenzten Umfang und nur im Vertragsanbau wirtschaftlich zu vertreten. Mittel- und langfristige bestehen kaum Möglichkeiten zur Anbauausweitung dieser Kulturarten.

#### **4.3 Sorten** (Ch. Guddat, M. Farack)

Sorten der einzelnen Kulturarten unterscheiden sich hinsichtlich Ausprägung ihrer Eigenschaften und in der Kombination verschiedener Eigenschaften. Sorten, die alle Wert bestimmenden Eigenschaften im Optimum vereinigen, gibt es nicht. Deshalb ist die Nutzung der bestehenden Sortenvielfalt eine wichtige Maßnahme zur Risikoverteilung. Neben einem stabilen Ertrags- und Qualitätsniveau sollten Sorten immer über eine zumindest ausreichende Winterfestigkeit, Standfestigkeit und Widerstandsfähigkeit gegenüber Krankheiten und Schädlingen verfügen und vorzugsweise weniger anfällig für Trockenstress sein. Von Vorteil ist bezüglich der Wirkung meteorologischer Faktoren z.B. der Anbau von Sorten mit gestaffelten Reifezeiten und verschiedener Gewichtung der einzelnen Ertragskomponenten. Die regionale Anbaueignung der Sorten wird für die Anbauggebiete in den Landessortenversuchen geprüft.

Zur Empfehlung kommen nur Sorten, die innerhalb der letzten 2-3 Jahre unter den aktuell herrschenden Klimabedingungen in den Landessortenversuchen der jeweiligen Anbauggebiete überzeugt haben. Bei Verwendung von regional gezüchteten und geprüften Sorten ist deshalb eine stetige Anpassung an das Klima zu erwarten. Die Aufrechterhaltung eines unabhängigen Sortenprüfsystems ist Voraussetzung für den Anbau umweltstabiler und regional angepasster Sorten in der landwirtschaftlichen Praxis.

Mit der heimischen Züchtung und dem bestehenden System der Sortenprüfung aus bundesweiten Wertprüfungen und regionalen Landessortenversuchen wird die Anpassung an die Klimaänderung durch eine gezielte Sortenauswahl bereits praktiziert. Somit ist in Thüringen der Anbau angepasster Sorten durch eine aktuelle Anbauempfehlung auf Basis der Landessortenversuche sowie ein zeitnahe Sortenwechsel gewährleistet (Tabellen A1-A6).

Die Winterfestigkeit von Wintergetreidesorten sollte in Thüringen nach wie vor ein wichtiges Entscheidungskriterium für die Sortenwahl sein, da dieses Merkmal die Ertragssicherheit wesentlich beeinflussen kann. Die Wintermonate 2008/2009, 2009/2010, 2010/2011 und vor allem 2011/2012 zeigten sehr deutlich, dass in Thüringen trotz Klimawandel immer wieder mit strengen Frösten gerechnet werden muss. Möglicherweise steigt durch die im Mittel

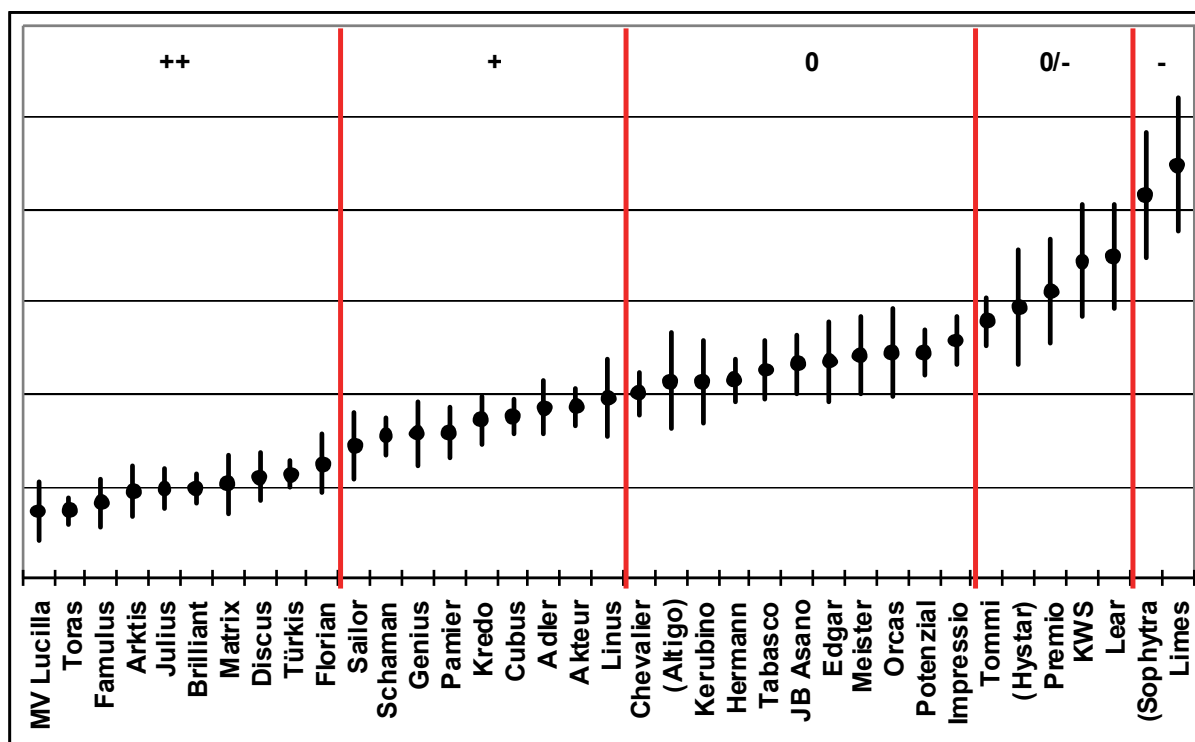
wärmer werdenden Wintermonate sogar die Gefahr von Auswinterungsschäden, da abgehärtetes Getreide bei Unterbrechungen der Vegetationsruhe mit Tagesdurchschnittstemperaturen von über 5 °C wieder an Frosthärte verliert und dann bei Frosteinbrüchen ohne Schneebedeckung auswinterungsgefährdet ist. So geschehen ist dies in Deutschland im Winter 2011/2012.

Recht zuverlässige Informationen zur Winterfestigkeit der Sorten liefern in Jahren mit strengen Frösten ohne Schneedecke Ergebnisse aus Freilandversuchen, wie Landessortenversuche und Wertprüfungen. Deutliche Sortendifferenzierungen in der Winterfestigkeit, wie im Winter 2003, ließen sich an den Standorten der Landessortenversuche in den letzten Jahren aber nur selten feststellen. Ähnliches traf für die Standorte der Wertprüfungen des Bundessortenamtes zu. Für jüngere Sorten mit z.T. beträchtlicher Anbauausdehnung gab es bis 2012 jedoch keine offizielle Einstufung in der Beschreibenden Sortenliste des Bundessortenamtes. Die Folge einer fehlenden Einschätzung der Winterfestigkeit war bisher, dass zum Teil Sorten ohne Kenntnis der Winterfestigkeit empfohlen wurden, unter ihnen auch stärker auswinterungsgefährdete. Deshalb nutzt die TLL in Kooperation mit anderen Landesanstalten, Züchtern und dem Bundessortenamt bei Winterweizen seit 2005 zusätzlich zu den Bonituren aus Feldversuchen die Weihenstephaner Kastenmethode (Abb. 21) und die Prüfung der Frostresistenz in Klimakammern zur Einschätzung der Sorten.



**Abbildung 21:** Prüfung der Winterfestigkeit von Wintergetreidesorten mittels Weihenstephaner Kastenmethode am Standort Dornburg

Die statistische Auswertung und Interpretation der umfangreichen Daten erfolgte durch die Landesforschungsanstalt für Landwirtschaft und Fischerei Mecklenburg-Vorpommern mit der Hohenheim-Gülzower-Serienauswertung. Im Ergebnis wurden gewichtete Sortenmittlerwerte geschätzt, die als bestmögliche Maßzahl für das Freiland gewertet werden können (Abb. 22).



**Abbildung 22:** Einschätzung der Winterfestigkeit aktuell geprüfter Winterweizensorten auf Datenbasis von Freiland- und Provokationsversuchen von 2003 - 2011 mit Intervallen für den paarweisen Vergleich (90%)

Symbolik: ++ = sehr gut; + = gut; 0 = mittel; 0/- = geringer; - = gering; (...) = vorläufige Einschätzung

Anhand dieser Ergebnisse können die wichtigsten, mindestens zweijährig geprüften Sorten mit aktueller Anbaubedeutung in der Winterfestigkeit eingeschätzt werden. Der Anbau von Sorten mit einer hohen bis sehr hohen Winterfestigkeit bietet in Thüringen die größte Sicherheit vor Auswinterungsschäden und führt nur unter extremen Frostbedingungen zu Ausfällen. Ihr Anteil an der betrieblichen Winterweizenfläche sollte mindestens 50 % betragen. Während Sorten mit mittlerer Winterfestigkeit unter Thüringer Bedingungen nur in einzelnen Jahren (typische Auswinterungsjahre) stärker von Auswinterungen betroffen sind, können bei Sorten mit einer geringeren Winterfestigkeit in solchen Jahren starke Auswinterungsschäden, z.T. sogar mit Totalverlusten auftreten. Wegen der Bedeutung weiterer wichtiger Eigenschaften (Ertrag, Qualität, Resistenz) sind immer Kompromisse bei der Sortenwahl erforderlich. Allerdings sollte in Thüringen auf Gesamtbetriebsebene eine kritische Schwelle in der Winterfestigkeit nicht unterschritten werden. Der Anbau von Sorten mit mittlerer bzw. mittlerer bis geringerer Winterfestigkeit ist unter Thüringer Bedingungen zwar gerechtfertigt, wenn sie sich durch andere positive Eigenschaften besonders auszeichnen. Der Anteil dieser Sorten an der betrieblichen Winterweizenfläche sollte jedoch unter 50 % liegen. Sorten mit geringer Winterfestigkeit sind wegen des hohen Auswinterungsrisikos für den Anbau in Thüringen nicht geeignet.

Für die Einschätzung der Winterfestigkeit von Wintertriticale sind die Provokationsversuche und Auswertungsmethode ähnlich gut geeignet wie für Winterweizen. Für Wintergerste muss dagegen weiter nach anderen Möglichkeiten zur Bewertung der Winterfestigkeit der Sorten gesucht werden.

#### 4.4 Pflanzenbauliche Maßnahmen

Zu den pflanzenbaulichen Maßnahmen zur Milderung von Temperatur- und Trockenstresswirkungen zählen bodenschonende und wassersparende Bearbeitungsverfahren, die Optimierung von Aussaatterminen und Saatstärken, die Ausnutzung unterschiedlicher Reifezei-



ten von Sorten, die Nutzung von Zwischenfrüchten sowie die Erweiterung des Energiepflanzenanbaus.

#### **4.4.1 Bodenschutz und Bodenbearbeitung**

*(K. Marschall, Dr. R. Paul, Dr. P. Gullich)*

Die zu erwartenden Klimaänderungen werden Einfluss auf die Bodenfunktionen nehmen. Die Beeinträchtigungen der Bodenfunktionen stehen im Zusammenhang mit

- der Erosionsgefährdung des Bodens
- der Schadverdichtungsgefährdung
- des Humusgehaltes des Bodens
- der biologischen Aktivität im Boden

Damit kann sich der Handlungsbedarf im Bereich der guten fachlichen Praxis zur Vorsorge vor schädlichen Bodenveränderungen gemäß §17 BBodSchG ändern.

##### Vermeidung von Bodenerosion

Der gegenwärtige Anfälligkeitsgrad der Ackerböden gegen Erosion durch Wasser könnte sich durch Zunahme der Starkregen, besonders außerhalb der Vegetationsperiode, ändern: Anbau von Kulturen mit geringer Bodenbedeckungswirkung (v.a. Reihenkulturen wie z.B. Mais, Zuckerrübe) würde dann in stärkerem Maße besondere Vorsorge (wie z. B. Engreihensaat, Ein- und Untersaaten, Mulchsaat) erfordern. Die für Thüringen bereits erarbeitete Gefährdungsanalyse muss um die zu erwartende Niederschlagswirkung (R-Faktor) ergänzt werden.

##### Vermeidung von Bodenschadverdichtung

Bodenschadverdichtung entsteht durch einen gegenüber der Bodenstabilität höheren Bodendruck, der das Porensystem des Bodens so verändert, dass Versorgungsprozesse und die Durchwurzelung nicht mehr in dem Maße möglich sind, wie es für das Pflanzenwachstum erforderlich ist und der Boden sich nicht kurzfristig auf natürliche Weise regenerieren kann. Die Bodenstabilität nimmt mit abnehmender Bodenfeuchte zu.

Die Anfälligkeit der Ackerböden gegen bewirtschaftungsbedingte Verdichtung (siehe Bodenschutzplaner der TLL) kann sich mit dem Klimawandel ändern durch:

- Weniger Frosttage führen zu keiner bzw. selten stattfindenden Frostgare im Boden. Damit ist eine Regeneration des Bodengefüges durch diese natürliche Auflockerungskraft entsprechend seltener zu erwarten.
- Zunahme der Winterniederschläge bedingen einen häufigeren und länger anhaltenden plastischen Bodenzustand im Frühjahr mit einer hohen mechanischen Druckempfindlichkeit
- Ein früherer Beginn der Vegetationsperiode erhöht das Risiko der Bodenbefahrung und -bearbeitung bei druckempfindlichem Bodenzustand im Frühjahr
- Abnehmende Niederschläge im Sommer und Herbst verringern das Verdichtungsrisiko (da durch Befahrung von Erntemaschinen und -transport ein hohes Verdichtungsrisiko ausgeht, ist dieser Umstand positiv zu bewerten).
- Zunahme von Extremereignissen in Form von hohen Niederschlägen und Überschwemmungen zur Erntezeit können das Risiko, dass der Boden bei extrem ungünstigen Bedingungen befahren wird (durch Erntedruck), erhöhen.

Die Beratung ist entsprechend der weiteren Entwicklung des Klimas und der Weiterentwicklung der landwirtschaftlichen Technik und -verfahren (z.B. Raupenlauferke, CTF, Bodenbearbeitungstechnik) laufend auf Grundlage von Forschungsergebnissen anzupassen.

##### Erhaltung des standorttypischen Bodenhumusgehaltes

Durch die Erhöhung der Durchschnittstemperatur kann es möglicherweise zu einem Humusabbau im Boden kommen. Dieser Effekt kann jedoch durch Bewirtschaftungsänderungen aufgrund von Klimaanpassung, Veränderung der Erträge, Mineralisationshemmung durch Trockenperioden oder Bodennässe, erhöhten CO<sub>2</sub>-Konzentrationen in der Luft etc. überdeckt werden. Daher ist es notwendig über Dauerversuche und Bodendauerbeobachtung mögliche

Veränderungen standorttypischer Humusgehalte in Thüringen langfristig zu beobachten und über Modelle die verschiedenen Einflüsse auf Humussabbau und -aufbau abzubilden, um daraus folgend die Beratung entsprechend anzupassen.

#### Erhaltung der biologischen Aktivität im Boden

Die Veränderung der Temperatur und des Niederschlagsgeschehen nimmt direkt Einfluss auf die mikrobielle Aktivität und auf die Lebewesen im Boden. Jedoch ist ein direkter Handlungsbedarf nur schwer ableitbar, da hier noch erheblicher Forschungsbedarf besteht, um die fehlenden Kenntnisse zur biologischen Aktivität im Boden zu erhalten.

#### Mögliche Einflussnahme auf die Auswirkungen des Klimawandels durch die Bodenbearbeitung

Wärmere und trockenere Sommer und insgesamt geringere Niederschlagsmengen im Jahr können zu einem Mangel an pflanzenverfügbarem Wasser in der Vegetationsperiode führen. Daher ist es wichtig die Bodenbearbeitung in Richtung Minimierung der Verdunstungsverluste, Erhaltung eines möglichst hohen Wasserspeichervolumens des Bodens und einer hohen Infiltrabilität sowie einer guten Durchwurzelbarkeit des Bodens zu auszurichten.

Andererseits kann sich das Risiko von Starkregen oder Nässeperioden durch den Klimawandel erhöhen. Erhaltung von stabilen Bodenaggregaten an der Bodenoberfläche sowie Bewahrung oder Schaffung einer guten Wasserleitfähigkeit und Dränfähigkeit sowie einer ausreichenden Luftkapazität des Bodens ist auch aus diesem Gesichtspunkt zu verfolgen.

Als Reaktion auf die Veränderung der Bodenfunktionen durch den Klimawandel wird häufig konservierende Bodenbearbeitung empfohlen.

So vermindert pfluglose Bodenbearbeitung die potentielle Erosionsgefahr des Bodens, jedoch ist eine deutliche Verringerung der Verschlammungs- und Bodenabtragsgefahr erst bei einer verbleibenden Bedeckung des Bodens von mind. 30 % mit Ernteresten gegeben. Um dies zu erreichen, sollte die Intensität der Bodenbearbeitung möglichst gering bleiben. Außerdem nimmt die Verschlammungsneigung der Aggregate an der Bodenoberfläche mit steigender Intensität der Saatbettbereitung zu.

Die Verschlammung der Bodenoberfläche durch Starkniederschläge oder Schadverdichtungen führen zu einer Verminderung der Infiltrationskapazität des Bodens. So kann bei starken Niederschlägen nur ein geringer Anteil des Niederschlagswassers in den Boden infiltrieren.

Eine hohe Oberflächenrauigkeit der Bodenoberfläche über den Winter durch eine raue Pflugfurche oder durch eine dichte Mulchauflage hilft dem Boden wiederum Winterniederschläge aufzufangen.

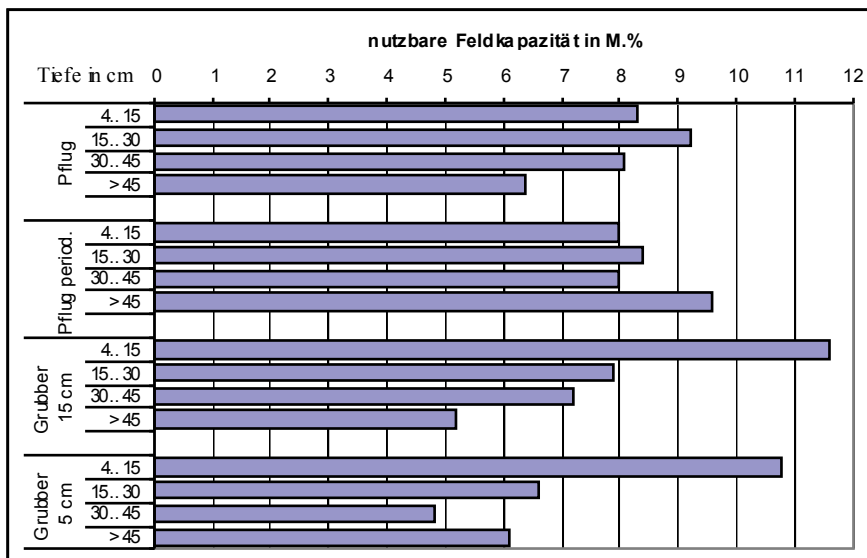
Verdunstungsmindernde Bodenbearbeitung im trockenen Herbst oder Frühjahr zum optimalen Termin verbessert die Ausnutzung sich verringernder Wasserdargebote im Boden. Konservierende Bodenbearbeitung mit nur flacher Bearbeitungstiefe oder geringer Bearbeitungsintensität sowie Direktsaat sind der Pflugarbeit in dieser Hinsicht meist überlegen.

Dauerhaft flache Bodenbearbeitung birgt jedoch die Gefahr, dass sich Verdichtungen in Form von Grubbersohlenverdichtungen und verdichtete „verlassene“ Krumen bilden, welche die Wasserleitfähigkeit und Durchwurzelbarkeit des Bodens vermindern, Grundsätzlich ist es daher ratsam, die Lockerungsbedürftigkeit des Bodens vor der Bearbeitung anhand einer Spatendiagnose zu beurteilen. Verdichtungen sind gegebenenfalls durch krumentiefe Bearbeitung zu lockern und der gelockerte Boden durch eine angepasste Fruchtfolge zu stabilisieren. Die Aggregate selbst – meist scharfkantige dichte Polyeder- verändern sich jedoch hierbei kaum.

Lassen es die Standortbedingungen zu (keine Erosionsgefahr) dann können die verdichteten Aggregate auch mit Hilfe der wendenden Pflugarbeit an die Bodenoberfläche geholt werden, um sie dort der Frostgare auszusetzen.

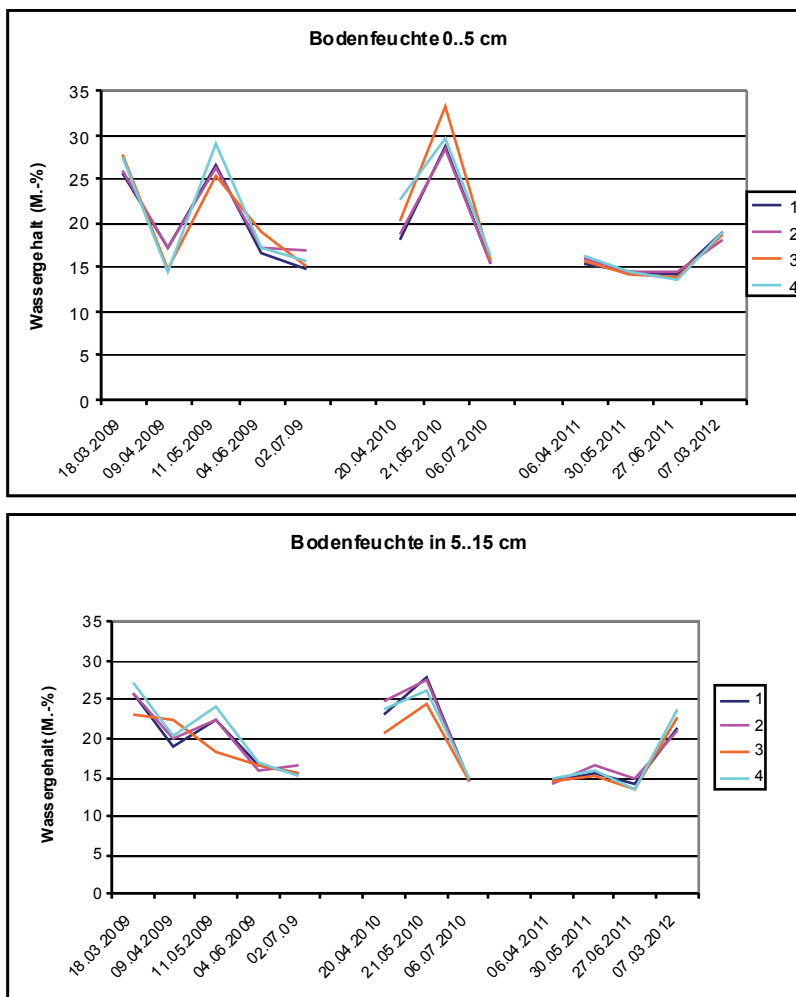
Die Vorzüglichkeit der konservierenden gegenüber konventionellen Bodenbearbeitung hinsichtlich Wasserspeichervermögens des Bodens, dargestellt anhand der nutzbaren Feldkapazität, ist beim Bodenbearbeitungsversuch in Butteltstedt (seit 2008, Schwarzerde aus Löss über Keuper, schluffiger Lehm bis stark schluffiger Ton) über die Tiefe nicht ersichtlich (Abb. 23). Tendenziell führt aber flache Bodenbearbeitung durch Humusanreicherung in der obersten Bodenschicht zu einer Erhöhung des Speichervolumens in dieser Schicht.





**Abbildung 23:** Mittelwerte der gemessenen nutzbaren Feldkapazitäten (n = 6) in den verschiedenen Bodentiefen der Bodenbearbeitungsvarianten in Buttelsstedt im Frühjahr 2012

Dieser Sachverhalt deckt sich mit häufig höheren Wassergehalten an der Bodenoberfläche (0-5 cm Tiefe) bei den konservierend bearbeiteten Varianten in Zeiten hoher Bodenfeuchte im Frühjahr in Buttelsstedt (Abb. 24). In Zeiten geringer Bodenfeuchte sind die Wassergehaltunterschiede jedoch gering oder zeitweilig sind die Wassergehalte bei den gepflügten Varianten sogar höher. Entscheidend könnten jedoch die Wassergehalte der oberen Krume während Trockenperioden im Herbst oder im zeitigen Frühjahr zum Aufgang und zur Bestockung der Kulturen sein. Hierzu liegen leider keine vergleichenden Messwerte vor.



**Abbildung 24:** Gravimetrisch ermittelte Wassergehalte an der Bodenoberfläche (0-5 cm) und in 5-15 cm Bodentiefe zu verschiedenen Zeitpunkten in den Jahren 2009-2012 der verschiedenen Bodenbearbeitungsvarianten des Versuches in Buttelstedt; „1“=Pflug, „2“= periodisch gepflügt, „3“= gegrubbert (15 cm), „4“= flach gegrubbert (5 cm)

#### 4.4.2 Optimierung von Aussaatterminen (Ch. Guddat, I. Schwabe, M. Farack)

Sommerungen können prinzipiell mittel- bis langfristig aufgrund der Temperaturerhöhung früher ausgesät werden. Das ermöglicht die Nutzung einer höheren Bodenfeuchte im Frühjahr, steigert potenziell die Erträge durch Verlängerung der Wachstumsphase und verringert die Gefahr von Wasserstress. Andererseits nimmt das Risiko von Schäden durch Spätfröste zu. Bei der Winterung Winterweizen sind frühere Aussaattermine als bisher üblich zu erwägen, um eine bessere Ausnutzung der Winterfeuchtigkeit im Frühjahr zu erzielen und Hitze- und Trockenstress in sensiblen Entwicklungsabschnitten durch einen Vorsprung in der Vegetation zu umgehen. Des Weiteren wird im Rahmen einer Saatzeitstaffelung auf betrieblicher Ebene in der Regel eine differenzierte Entwicklung innerhalb der Kulturart geschaffen, die zur Minderung bzw. Risikoverteilung bei den Auswirkungen von Wetterextremen beitragen kann. Zu frühe Aussaattermine sind aber auch kritisch zu beurteilen. Sie sollten deshalb vom Umfang her nur bei einem sehr begrenzten Anteil an der Kulturart durchgeführt werden, da die Gefahr des Überwachsens und des Befalls mit insektenübertragbaren Viren sowie Krankheiten, jeweils verbunden mit Möglichkeit deutlicher Ertragsverluste, steigt. Diese Risiken treffen auch für Wintergerste zu, was bei der als am frühesten gesäten Getreideart gegen noch frühere Aussaattermine, sondern vielmehr für spätere Aussaattermine spricht. Bei Winterrapen ist zu empfehlen, die derzeit gültigen optimalen Saatzeitspannen von Mitte August bis Anfang September beizubehalten. Sehr früh gedrillte Saaten neigen zum Überwach-

sen und müssen mit zusätzlichem Pflanzenschutzmittelaufwand gestoppt werden. Anderenfalls steigt die Gefahr von Auswinterungsschäden durch Frostereignisse. Spät gesäte Winterapsbestände sind ebenfalls zu vermeiden, da auch für zu schwach entwickelte Pflanzen, wie zum Beispiel im Jahr 2010/2011, ein erhöhtes Auswinterungsrisiko besteht und sie zudem wegen des geringeren Wurzelwachstums vor Winter stärker unter Frühjahrstrockenheit leiden.

#### **4.4.3 Optimierung von Aussaatstärken** (Ch. Guddat, M. Farack)

Bei einer normalen ortsüblichen Aussaatstärke ist nach warmen Herbstmonaten mit einer üppigen Vorwinterentwicklung zu rechnen. Dies erhöht in solchen Beständen das Risiko von Schäden durch Kahlfrostereignisse. In den Jahren, in denen auch die Wintermonate mild ausfallen, sind zur Vegetation ab Frühjahr überzogene Bestandesdichten zu erwarten. Aufgrund dessen sollte eine standortbezogene und an die Veränderung der klimatischen Bedingungen angepasste Optimierung, d.h. Reduzierung der Saatstärke stattfinden. Bei ausgeprägter Vorsommertrockenheit und damit verbundenem Wassermangel kann zudem bei Getreide mit reduzierter Bestandesdichte eine effizientere Wasserausnutzung erfolgen. Weiterhin sind Lager- und Krankheitsdruck geringer als in dichteren Beständen.

#### **4.4.4 Ausnutzung unterschiedlicher Reifezeiten von Sorten**

(Ch. Guddat, M. Farack)

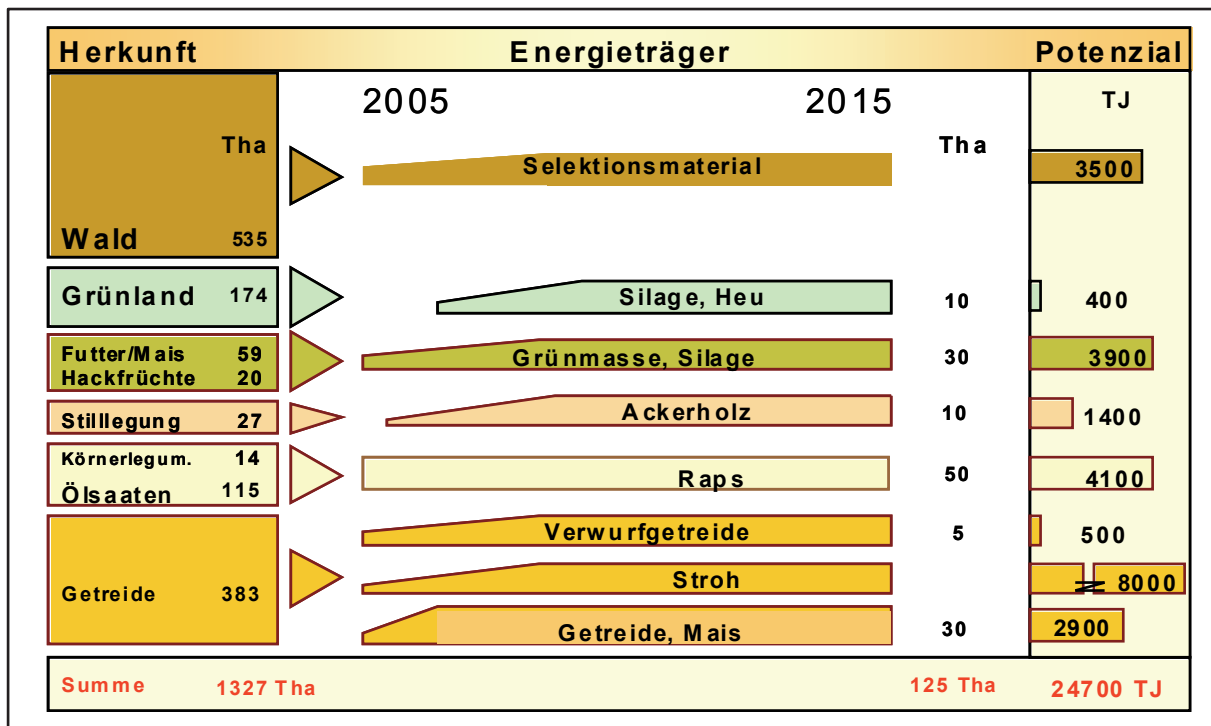
Ob und wann Hitze- und Trockenperioden einsetzen, lässt sich nicht vorhersagen. Mit dem Anbau von Sorten mit unterschiedlicher Reifezeit (früh, mittel, mittelspät) wird das Risiko, von solchen Ereignissen in wichtigen Phasen der Ertragsbildung getroffen zu werden, verteilt und die Auswirkung auf den Gesamtbetriebsertrag abgeschwächt. Bei Wintergetreide sind Sorten, die die phänologischen Entwicklungsabschnitte (Ährenschieben, Blüte, Reife) zeitiger erreichen, in trockenen Sommern am ehesten in der Lage, die vorhandene Winterfeuchtigkeit und die Frühjahrsniederschläge auszunutzen. Zudem trägt der Anbau von Sorten mit unterschiedlicher Reifezeit auf einzelbetrieblicher Ebene zur Entzerrung der Arbeitsspitzen zur Ernte bei. Für die Nutzung von Sorten differenzierter phänologischer Entwicklung stehen im Wintergetreidebereich vor allen bei Winterweizen und Wintergerste Züchtungen in ausreichendem Umfang zur Verfügung (Tab. A24). Sie sollten jedoch über die in den Landesortenversuchen festgestellte Anbaueignung für die jeweilige Region verfügen.

#### **4.4.5 Erweiterung des Energiepflanzenanbaus**

(Dr. A. Vetter, T. Graf, Dr. A. Nehring, Ch. Strauß)

Die Erschließung von regenerativen Energien trägt wesentlich zum Klimaschutz bei. Bis zum Jahr 2020 soll der Anteil der erneuerbaren Energien am PEV auf 25 % erhöht werden. Den Hauptanteil soll dabei die Bioenergie erbringen. Die Erschließung von Abprodukten, z. B. Altholz oder Deponiegas für die energetischen Verwertung ist weitgehend abgeschlossen. Aufgrund einer verstärkten privaten Nachfrage nach Holz für Heizungszwecke und eine verstärkte stoffliche Nutzung dieses Rohstoffs sind seitens der Forstwirtschaft nur noch begrenzte Mobilisierungspotenziale gegeben. Zudem zeichnet sich ab, dass sich „pflanzlicher Kohlenstoff“ in all seinen Bindungsformen (Zucker, Lignin, Stärke, etc.) zu einem stark nachgefragten Produkt weiterentwickelt.

Der Hauptanteil an regenerativen Energieträgern in Form von Biomasse ist daher über Neben- und Hauptprodukte aus der Landwirtschaft zu erbringen (Abb. 25).



**Abbildung 25:** Abschätzung der Energiepotenziale auf Basis land- und forstwirtschaftlicher Energieträger

Entsprechend der Potenzialabschätzung im Rahmen des Thüringer Bioenergieprogramms stehen für die Biomasseproduktion ca. 125.000 ha in Thüringen zur Verfügung. Die projizierte Änderung der Klimabedingungen stellt den Pflanzenbau vor unterschiedliche Herausforderungen. Der Energiepflanzenanbau kann in dem Zusammenhang Bestandteil für eine nachhaltige Anpassungsreaktion von Betrieben sein. Das gilt insbesondere in Marktfruchtregionen und -betrieben mit sehr stark eingegrenztem Anbauspektrum und Konzentration auf Weizen und Raps, wo der Energiepflanzenanbau eine Möglichkeit für eine Risikooptimierung darstellt. Grundlage dessen ist das größere Artenspektrum, auf das zurückgegriffen werden kann. Der Anbau nachwachsender Rohstoffe für die Energieerzeugung trägt einerseits zur Emissionsminderung bei, ist aber auch eine ernsthafte Perspektive für landwirtschaftliche Flächen in Deutschland, die langfristig vermutlich nicht mehr für die Nahrungs- und Futtermittelproduktion benötigt werden. Energiepflanzen dienen vorwiegend als Kohlenstoffquelle für eine energetische Verwertung. Dabei findet eine unterschiedliche starke Intensität der Kohlenstoffnutzung bei den verschiedenen Produktlinien, z. B. hundertprozentig bei der Verbrennung und ca. 50 - 60 % bei der Erzeugung von Biogas statt. Die Verwertungslinie der Energiepflanzen hat somit einen erheblichen Einfluss auf den Humuskreislauf. Durch eine erwartete stärkere energetische Verwertung von Stroh muss der Humusreproduktion, d. h. einer mindestens ausgeglichenen Humusbilanz zukünftig mehr Aufmerksamkeit geschenkt werden. Der Anbau von Getreidekorn und Raps wird in Thüringen für die energetische Verwertung tendenziell zurückgehen. Demgegenüber ist eine Ausdehnung des Anbaus von Pflanzen für die Erzeugung von Biogas zu erwarten. Damit bietet sich die Möglichkeit der Einführung neuer Kulturen (Hirsens, Durchwachsene Silphie) bzw. neuer Anbausysteme (Zweikulturnutzungssystem, Mischkulturanbau). Als Sommerung könnten die C4-Pflanzen Hirse und spezielle Energiemaissorten aufgrund ihres niedrigen Evapotranspirationsquotienten an Bedeutung gewinnen. Des Weiteren ist eine Zunahme des Winterzwischenfruchtanbaus mit Grünschnittroggen, Landsberger Gemenge, etc. bzw. von früh zu erntendem Ganzpflanzengetreide, z. B. Wintergerste zu erwarten (Abb. 27). Diese Kulturarten können die Winterfeuchte sehr gut nutzen und tragen zur Vermeidung von Nährstoffausträgen über Winter in das Oberflächen- und Grundwasser bei. Als Risiken eines steigenden Energiepflanzenanteils sind beispielsweise eine höhere Erosionsgefährdung durch Starkregenereignisse bei steigender Anbaubedeutung von C4-Pflanzen zu nennen. Allerdings bestehen auch Möglichkeiten, Energiepflanzen gezielt als Gewässerschutz- und erosions-

mindernde Elemente anzubauen, so z.B. über eine Berücksichtigung von mehrjährigen Kulturarten wie Ackerfutter oder Durchwachsene Silphie sowie der bereits genannte Zwischenfruchtanbau. Nach aktuellem Erkenntnisstand sind diese Varianten in vielen Fällen derzeit nicht ökonomisch vorzüglich, könnten aber durch in Zukunft durch Anreize, z.B. Einsatzstoffvergütungskategorie II der Biomasseverordnung, zu interessanten Varianten für die praktische Landwirtschaft werden.

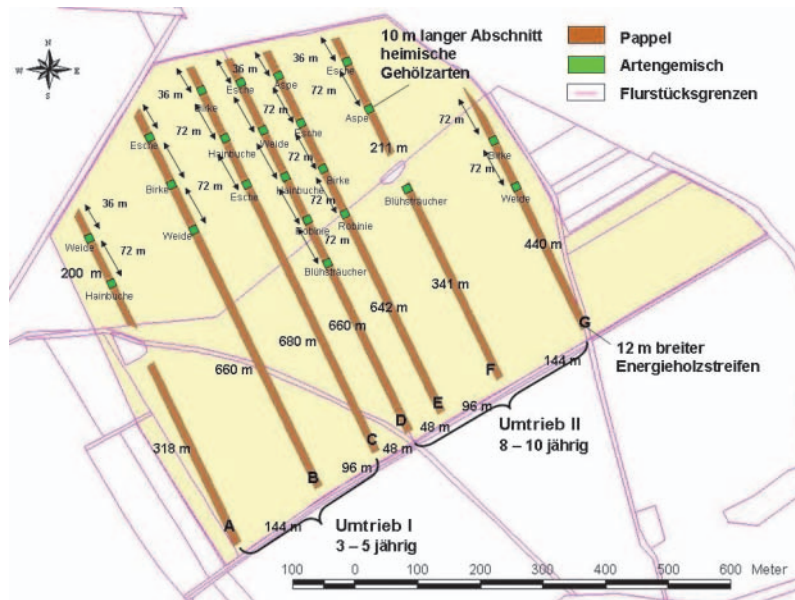


Abbildung 26: Mögliche Anlage eines Agroforstsystems am Beispiel des Standortes Dornburg

Jahre	1	2	3	4		
FF 1	Wintergerste oder Hafer (GPS)	Ölrettich (So.-Zwischenfrucht)	Mais	Wintertriticale (GPS)	Hirse (SZF)	Winterweizen
FF 2	Sorghumhirse	Grünschnittroggen (Wi.-Zwischenfrucht)	Mais (Zweitfrucht)	Wintertriticale (GPS)	Senf (SZF)	Winterweizen
FF 3	Mais	Grünschnittroggen (Wi.-Zwischenfrucht)	Sorghumhirse (Zweitfrucht)	Wintertriticale (GPS)	Weidelgras (SZF)	Winterweizen
FF 4	Durchwachsende Silphie (Dauerkultur, Nutzungsdauer 10 J.)					

Abbildung 27: Beispiele für Energiepflanzenfruchtfolgen

Insgesamt kann die zu erwartende Einengung der Fruchtfolgen im klassischen Pflanzenbau über den Energiepflanzenanbau reduziert werden. Mit der Integration von Agroforstsystemen in die Kulturlandschaft und die landwirtschaftliche Praxis besteht die Möglichkeit mehrere Ziele, d. h. die Produktion von Food- und Non Food auf der gleichen Fläche, die Erhöhung der Biodiversität und die Minderung negativer Folgen des Klimawandels, wie verstärkte Erosion und unproduktive Verdunstung, zu kombinieren. Als Agroforstsystem ist in diesem Fall der streifenweise Anbau von Energieholz, d. h. Pappeln oder Weiden mit möglichst langen Umtriebszeiten (8 bis 10 Jahre) zu verstehen (Abb. 26). Derartige Systeme sollten daher zukünftig einer verstärkten Förderung bei ihrer Einführung unterliegen.

Der Ausbau und die Erzeugung von „Bioerdgas“, Biomass to liquid, Ethanol auf Lignocellulosebasis sowie von Strom und Wärme aus Biogas, Stroh und Holz erfordert eine effiziente und nachhaltige landwirtschaftliche Produktion, um die dafür notwendige Biomasse bereitstellen zu können.



#### **4.4.6 Wasserhaushalt und Wasserwirtschaft (Dr. S. Knoblauch)**

##### Ausgangssituation

In Thüringen mit im Vergleich zum gesamtdeutschen Mittel niedrigen Niederschlägen sind die Abflussspenden als gering bis mittel einzustufen. Für das Ackerland gibt das Wasserhaushaltsmodells GEOFEM im Durchschnitt einen Gesamtabfluss von 295 mm an. Davon speisen etwa 125 mm die Grundwasserneubildung. In den Mittelgebirgslagen mit höheren Niederschlägen bemisst sich der Gesamtabfluss auf 363 mm und die Grundwasserneubildung auf 148 mm. Die Einhaltung niedriger Nitratkonzentrationen des Sickerwassers ist in den Ackerbauregionen schon aufgrund der niedrigen Sickerwassermengen erschwert.

##### Folgen des Klimawandels

Die Produktion pflanzlicher Biomasse in der Landwirtschaft beeinflusst den Wasserhaushalt im Wesentlichen über die Höhe der Evapotranspiration und die Infiltration des Niederschlagswassers in den Boden.

Ein Anstieg der Temperatur in einem für die Kulturpflanzen noch tolerablen Bereich kann über eine Verlängerung der Vegetationszeit zu einer Erhöhung der Evapotranspiration und des Ertrages führen, insofern die Niederschläge dafür ausreichend sind, wie in den Grünlandregionen der Mittelgebirge, oder die Pflanzen in der Lage sind, den höheren Wasserbedarf durch Aufnahme von Bodenwasser zu decken, wie im Thüringer Becken. In beiden Fällen kann es dadurch zu einer Abnahme der Sickerwasserbildung kommen.

Die Zunahme der Temperatur über den tolerablen Bereich hinaus führt zu irreversiblen Wachstumsstörungen mit der Folge reduzierter Verdunstung und Ertragseinbuße. Die Auswirkungen auf die Sickerwasserbildung sind schwer abschätzbar.

Eine Abnahme der Niederschläge während der Hauptwachstumszeit der landwirtschaftlichen Kulturen gibt den Pflanzen Anlass das Bodenwasser stärker in Anspruch zu nehmen. Nach Anbau tiefwurzelnder Kulturen kann deshalb das Bodenfeuchtedefizit größer ausfallen und deshalb die Sickerwassermenge im darauffolgenden Winterhalbjahr geringer.

Allerdings führt eine gleichzeitige Zunahme der CO<sub>2</sub>-Konzentration der Atmosphäre zu höherer Wassernutzungseffizienz. Mit geringerem Wasserangebot können gleich hohe Erträge erzielt werden, der Bodenwasserspeicher wird nicht stärker in Anspruch genommen und die Sickerwassermenge bleibt unverändert.

Extrem-Niederschläge können den Oberflächenabfluss steigern und damit den Bodenwasservorrat für das pflanzliche Wachstum und die Grundwasserneubildung verringern. Alle Klimafaktoren, die zu einer Unsicherheit der Ertragsbildung führen, wie z.B. Hitze- und Trockenperioden, erhöhen das Risiko der N-Auswaschung. Andererseits trägt eine Verringerung der Sickerwassermenge zu einem geringeren N-Verlagerungsrisiko bei. Starkregen und Oberflächenabfluss bergen die Gefahr hoher Nährstoffeinträge in die Oberflächengewässer. Durch Anstieg von Temperatur und Feuchte kann es über eine stärkere Mineralisierung organischer Substanz zu höheren N-Austrägen kommen.

##### Anpassungsstrategien

Häufiger zu erwartende Trockenperioden erfordern die Entwicklung bedarfsgerechterer Düngemittel- und Bewässerungssysteme. Um ausreichend Feuchte im Saatbett für Keimung und Pflanzenaufgang bereitstellen zu können, müssen Bodenbearbeitungsverfahren darauf ausgerichtet werden, Verdunstungsverluste bei der Saatbettbereitung so gering wie möglich zu halten. Durch an die jeweiligen Bodenverhältnisse angepasste Bodenbearbeitungsverfahren und Verfahren der Begrünung/ des Mulchens außerhalb des Hauptpflanzenwachstums ist Sorge zu tragen für eine hohe Infiltrabilität des Bodens. Vermeidung von Schadverdichtung trägt als Maßnahme guter fachlicher Praxis ebenfalls dazu bei. Bei knapper werdendem Niederschlagsangebot ist die Abfolge der Kulturen in der Fruchtfolge in Abhängigkeit von deren Wasserbedarf und Anpassungsvermögen an geringeres Wasserangebot so zu wählen, dass der Faktor Wasser einer hohen Effizienz zugeführt wird. Dazu trägt auch der Anbau von Kulturen und Sorten mit höherer Trockenheits- und Hitzetoleranz bei. Für die Optimierung des Einsatzes von Wasser in der Landwirtschaft bedarf es Wassermanagementsysteme. Eine wesentliche Grundlage dafür ist die Entwicklung von großmaßstäbigen Boden- und Standortinformationen und die Bereitstellung von Planungshilfen für Anpassungen der Landnutzung (Erosion, Verdichtung, Wasserdargebot, kulturartenspezifische Wassernutzungseffizienz, Ertragspotenzial).

#### 4.4.7 Bewässerung (Dr. I. Pflieger)

Größerer Wasserbedarf entsteht aufgrund abnehmender Sommerniederschläge, längerer Vegetationsperiode, Zunahme der Globalstrahlung, wärmerer Sommer.

Ob das zu erwartende größere Wasserdefizit jedoch Bewässerungsmaßnahmen nach sich zieht, ist in erster Linie von der Wirtschaftlichkeit abhängig. Wenn in Thüringen unter veränderten klimatischen Bedingungen die Produktion von Gemüse, Obst, Heil-, Duft- und Gewürzpflanzen, Sonderkulturen (Hopfen) sowie Kartoffeln aufrechterhalten werden soll, wird der Zusatzwassereinsatz unumgänglich sein. Die Bewässerung trägt entscheidend zur Stabilisierung der Erträge und Sicherung der Produktqualität sowie des Marktanteiles bei.

Gegenwärtig gibt es in Thüringen nach Erhebungen der TLL seit 2004 etwa 6.700 ha durch funktionsfähige Berechnungstechnik erschlossene Bewässerungsfläche in rund 40 Betrieben (Tab. 4). Ein Drittel davon wird im Normaljahr genutzt, im klimatisch feuchten Jahr 2007 nur etwa ein Viertel. Hochgerechnet über die Anzahl der Einzelgaben waren es 2008 insgesamt etwa 26.000 Berechnungshektar (B-ha).

**Tabelle 4:** Berechnungsflächen und berechnete Fruchtarten in Thüringen

Zeit	Erschlossene Bewässerungsfläche	Bewässerte Fläche
bis 1989	ca. 90.000 ha	ca. 50.000 ha
Analyse 1994	ca. 15.000 ha	ca. 5.000 ha
Analyse 2008	ca. 6.700 ha	ca. 2.100 ha
	davon Freilandgemüse: 900 ha	
	Obst / Erdbeeren: 550 ha	
	Heil- u. Gewürzpflanzen: 210 ha	
	Kartoffeln: 300 ha	
	Hopfen: 140 ha	

Die Wirtschaftlichkeit von Bewässerungsanlagen wird im Wesentlichen durch die Ertragssicherheit (Vermeidung von Trockenschäden), die Qualität der Erzeugnisse (qualitätsbedingte Erlöseinbußen) und die damit verbundenen Kosten sowie durch die erzielbaren Erzeugerpreise bestimmt.

Zweikultur-Nutzungssysteme könnten unter veränderten wirtschaftlichen Rahmenbedingungen möglicherweise den Zusatzwassereinsatz wirtschaftlich rechtfertigen. Entsprechende Untersuchungen (vorzugsweise im Praxisexperiment) sollten mittelfristig vorbereitet werden. Für die Landwirtschaft sind vorsorgend Wasserrechte zu sichern und Nutzungsgarantien für vorhandene Stau- und Speicheranlagen zu organisieren. Insgesamt bestehen 196 Stauanlagen (TMLFUN, Stand 2007). Nach dem FIS „Wasserbau“ der TLUG (Stand Nov. 2007) gibt es 58 Stauanlagen mit Hauptnutzung „Brauchwasser für Bewässerung“ und 18 Anlagen mit „Nebennutzung für Bewässerung“. Zusammengefasst umfassen die 76 Stauanlagen mit der Nutzungsrichtung Brauchwasser für Bewässerungsmaßnahmen ein Stauvolumen von rund 40 Mio. m<sup>3</sup>. Unter Berücksichtigung, dass der Betriebsraum nur zu 75 % anzusetzen ist, stehen für die Bewässerung in Thüringen etwa 30 Mio. m<sup>3</sup> Wasser zur Verfügung. Bei einem jährlichen Zusatzwassereinsatz von 100 mm wäre die Wassermenge für eine zu bewässernde Anbaufläche von 30.000 ha ausreichend. Klimatische Veränderungen mit länger anhaltenden Trockenperioden könnten den Zusatzwassereinsatz auf 150 mm im Jahr und im Extremfall bis auf 200 mm erhöhen. Auch diesbezüglich könnte noch eine Anbaufläche von 20.000 bzw. 15.000 ha bewässert werden. Die Voraussetzungen für eine Erhöhung des derzeitigen Anbauumfanges mit berechnungswürdigen Kulturen wären folglich nach der Wasserverfügbarkeit aus den o.g. Stauanlagen gegeben.

Weitere Analysen der TLL über vergebene Wasserrechte von den Unteren Wasserbehörden führten nur zu einem unvollständigen Überblick. 4,7 Mio. m<sup>3</sup>/a Wasserrechte für die Feldbewässerung wurden recherchiert, davon 590 Tm<sup>3</sup> aus dem Grundwasser. Diese Menge reicht rein rechnerisch, um den gegenwärtigen Bedarf der landwirtschaftlichen Praxis zu sichern.

Empfehlungen zum effizienten Zusatzwassereinsatz müssen für den Landwirt als Entscheidungshilfe auch künftig verfügbar bleiben. Dazu erstellt die TLL weiterhin einmal wöchentlich in der Vegetationszeit die schlag- und fruchtartenbezogenen Berechnungsempfehlungen auf

der Basis des Berechnungssteuerungsprogramm BEREST, entwickelt vom Forschungszentrum für Bodenfruchtbarkeit Müncheberg. Die Steuerungsparameter des Programms für wichtige Kulturen wurden anhand der in der Lysimeterstation Buttelstedt mit Hilfe der Großlysimeter gemessenen Wasserverbrauchswerte aktualisiert.

#### 4.5 Pflanzenschutz (R. Götz)

Das Auftreten von Schadorganismen an landwirtschaftlichen Kulturpflanzen sowie von Ungräsern und Unkräutern wird von der Witterung erheblich beeinflusst. Auch unter den zukünftig veränderten Witterungsbedingungen sind die Probleme des Pflanzenschutzes grundsätzlich beherrschbar. Voraussetzung dafür sind das Vorhandensein von geeigneten Pflanzenschutzmitteln in ausreichendem Umfang, die rechtzeitige Erarbeitung von effizienten Bekämpfungsstrategien sowie die konsequente Fortentwicklung der Krankheits- und Schädlingsresistenz der Kulturpflanzensorten. Im Einzelnen erscheinen folgende Entwicklungstendenzen als möglich.

Die veränderten Witterungsbedingungen können zu einer Veränderung des Unkrautspektrums führen. Längere Trockenperioden im Frühjahr und Sommer begünstigen Pflanzen mit unterirdischen Speicher- und Überdauerungsorganen (Disteln, Winden). Milde Winter fördern Herbstkeimer (z.B. Acker-Fuchsschwanz, Klettenlabkraut). Wärmeliebende Arten (z.B. Hirsen, Franzosenkraut, Gänsefuß, Saampappel, Ochsenzunge) profitieren vom erhöhten Wärmeangebot im Frühjahr. Außerdem besteht die Möglichkeit der Ansiedlung von schwer bekämpfbaren Unkräutern aus dem Mittelmeerraum (z.B. *Ambrosia*, *Eleusine*, *Cyperus*). Die Feststellung von Veränderungen im Artenspektrum erfordert ein kontinuierliches Monitoring auf den Anbauflächen. In Feldversuchen sollten Erfahrungen bei der Bekämpfung von neuen Unkrautarten gesammelt werden. Der Umfang der Anwendung von Herbiziden dürfte sich jedoch nicht signifikant ändern.

Pflanzenkrankheiten, die durch phytopathogene Pilze hervorgerufen werden, benötigen für die Entwicklung ausreichend Feuchtigkeit. In der Regel sind die Krankheiten auf wiederholte Niederschläge und längere Zeiträume mit hoher Luftfeuchte angewiesen (z.B. Septoria-Blattflecken an Getreide, Krautfäule an Kartoffeln). Mit verringerten Niederschlägen im Frühjahr und Sommer geht die Bedeutung solcher Krankheiten an landwirtschaftlichen Hauptkulturen zurück. Daneben existieren aber auch Pilzkrankheiten, für deren Wachstum kurze Tau- und Feuchteperioden schon ausreichen. Solche Pilze (z.B. Getreideroste, Dürffleckenkrankheit an Kartoffeln) werden sich auch unter den veränderten Witterungsbedingungen behaupten. Tendenziell dürfte sich der Umfang an Maßnahmen zur Bekämpfung von Pilzkrankheiten verringern, größere Schwankungen beim Auftreten pilzlicher Schaderreger sind jedoch möglich. Deshalb ist es weiterhin außerordentlich wichtig, die Resistenzen der Sorten fort zu entwickeln und Prüfungen zu geeigneten Sorten unter den regionalen Bedingungen vorzunehmen.

Bei allen phytopathogenen Insekten, deren Überwinterungsstadien nur bedingt kältetolerant sind oder die mehrere Generationen im Jahr bilden, führt ein zunehmendes Wärmeangebot zu einem verstärkten Auftreten. Mit milderem Wintern steigen die Überlebensraten (z.B. Blattläuse) und mit höheren Frühjahrs- und Sommertemperaturen können sich zusätzliche Generationen entwickeln (z.B. zweite Generation beim Maiszünsler). Ein vermehrtes Wärmeangebot verschiebt auch die Verbreitungsgrenze von Insekten nach Norden und in die Höhenlagen. Dadurch entsteht die Gefahr vermehrter Primär- (Blattfraß, Saugschäden) sowie Sekundärschäden (Übertragung von Viren, Qualitätsverluste). Mit einem verstärkten Insektizideinsatz ist zu rechnen. Es ist erforderlich, Vorhersagen zum Insektenauftreten zu verbessern und vorhandene Prognosemodelle an die neuen Bedingungen anzupassen. Weiterhin besteht die Notwendigkeit, die Methoden der Applikation von Insektiziden (Beizung, Granulate) fort zu entwickeln. Fortschritte bei der Resistenz der Sorten gegenüber Viruskrankheiten werden als sehr wichtig angesehen.

Die ansteigenden Temperaturen bieten auch faunenfremden Insekten optimale Entwicklungsbedingungen und Ausbreitungsmöglichkeiten (z.B. Westlicher Maiswurzelbohrer). In diesen Fällen ist es dringend erforderlich, wirkungsvolle Bekämpfungsstrategien (Fruchtwechsel, Alternativkulturen, geeignete Insektizide) auch unter Einbeziehung der Gentechnik (z.B. Bt-Mais) zu entwickeln.

Bei der Inkulturnahme von neuen Sorten (z.B. Winterbraugerste) oder Alternativkulturen (z.B. Sojabohnen) müssen gänzlich neue und angepasste Pflanzenschutzstrategien erarbeitet werden. Grundsätzlich ist davon auszugehen, dass die Schaderreger ihren Wirtspflanzen folgen.

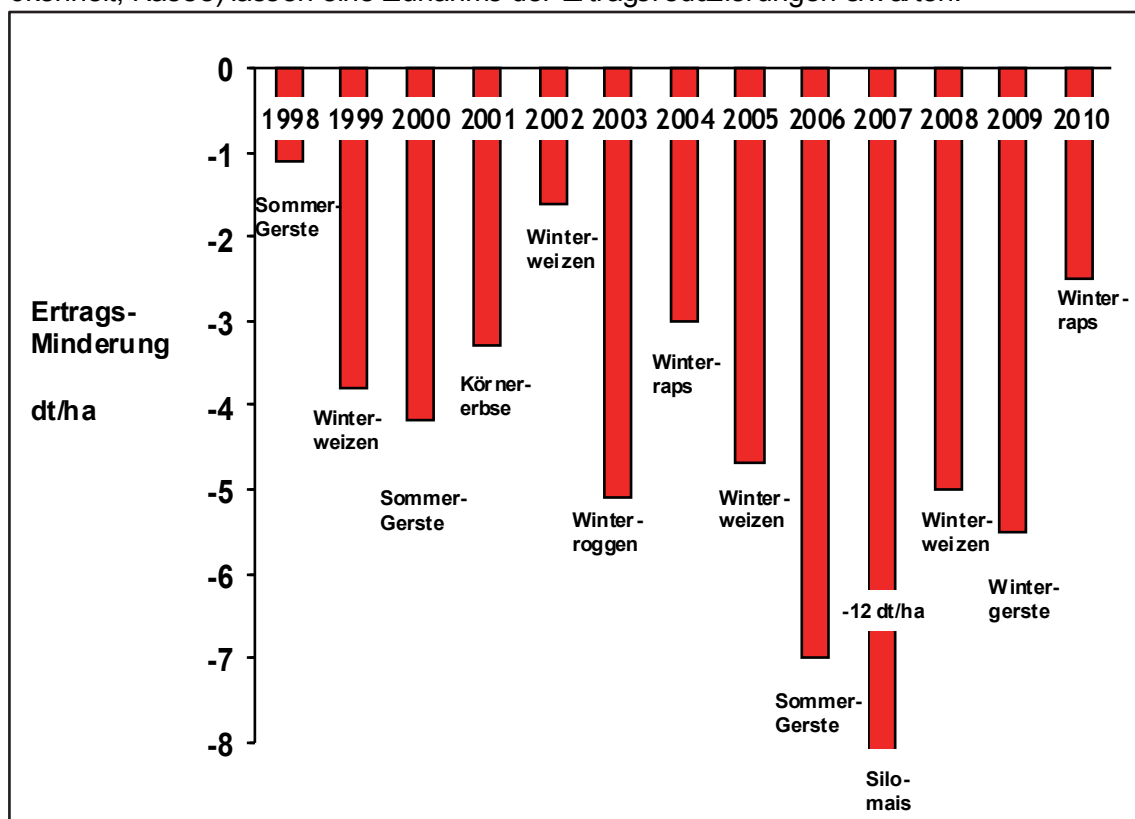
Die Anwendung von Pflanzenschutzmitteln wird zukünftig möglicherweise witterungsbedingt unsicherer. Z.B. führt fehlende Bodenfeuchte zu Wirkungseinschränkungen bei Bodenherbiziden im Frühjahr, verstärkte UV-Strahlung baut Wirkstoffe schneller ab, Witterungsextreme (z.B. Starkregen) verfrachten PSM von den Zielflächen (Wassererosion). Es ist deshalb erforderlich, Versuche zur Optimierung der Anwendung von Pflanzenschutzmitteln (z. B. Kombination von Wirkstoffen/Mitteln, angepasste Spritzhäufigkeiten, Verwendung von Zusatzstoffen, neue Düsen- und Applikationstechnik, Fortschreibung von Bekämpfungsschwellen) fortzuführen.

#### 4.6 Düngung (Dr. W. Zorn)

Die kürzere Winterruhe und der Temperaturanstieg erfordern im Rahmen der Bestandesführung der Kulturen eine Anpassung der N-Düngung an den jahres- und witterungsabhängigen Bedarf der Pflanzen. Düngungszeitpunkte sowie Düngermengen und -formen sind zu optimieren sowie die Düngungskonzepte an die geänderten Klimabedingungen anzupassen.

Die erwarteten geringeren Sommerniederschläge mit häufigeren Trockenphasen stellen höhere Anforderungen an die Düngemittelapplikation, um die Nährstoffe an die Wurzel heranzubringen bzw. direkt über das Blatt den Pflanzen zur Verfügung zu stellen. Geeignete Maßnahmen dazu sind aus gegenwärtiger Sicht unter anderem die Injektionsdüngung, der Einsatz stabilerer N-Dünger in Perioden mit ausreichenden Niederschlägen sowie die N-Blattdüngung.

Die restriktive P- und K-Düngung der Thüringer Landwirte hat zu einer Abnahme der Nährstoffversorgung der Böden und zu verstärkten Ertragsminderungen durch unterlassene P-Düngung geführt (Abb. 28). Die zukünftig größere Häufigkeit von Phasen mit ungünstigen Witterungsbedingungen für das Pflanzenwachstum und die Nährstoffaufnahme durch die Pflanzen (z. B. Trockenheit, Nässe) lassen eine Zunahme der Ertragsreduzierungen erwarten.

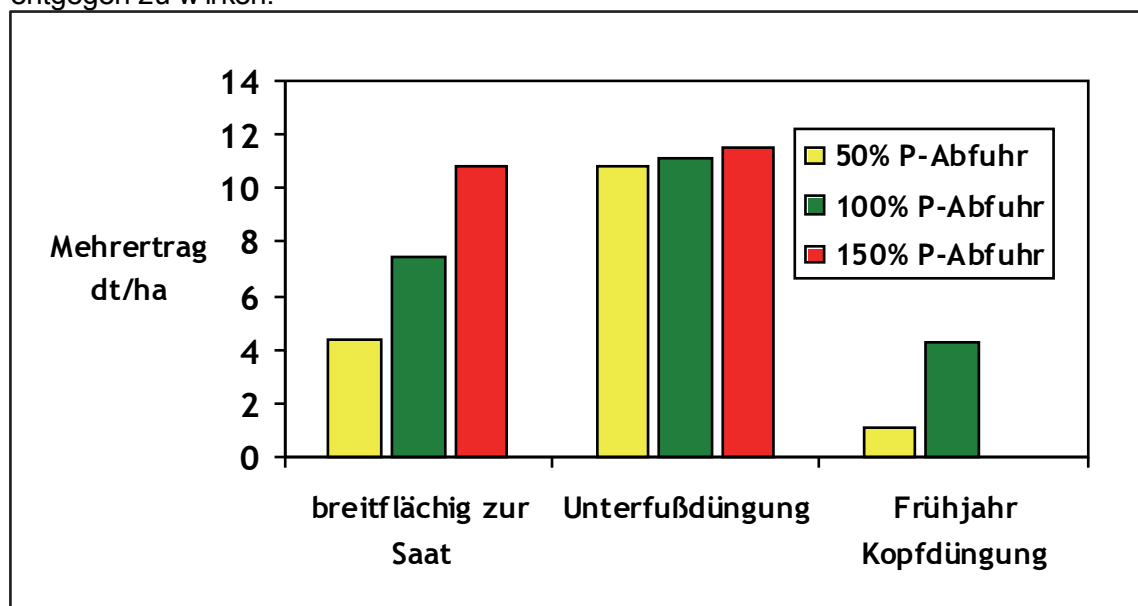


**Abbildung 28:** Ertragsminderung durch unterlassene P-Düngung im Vergleich zu P-Entzugsdüngung am Standort Dornburg

Insbesondere in pfluglosen Ackerbausystemen mit der bekannten Nährstoffverarmung unterhalb des Bearbeitungshorizontes gewinnt die platzierte PK-Düngung auch bei Winterungen an Bedeutung, um eine bedarfsgerechte Ernährung der Pflanzen zu gewährleisten. Bei Trockenheit vermindert sich die Verfügbarkeit von Phosphor, Kalium und Mikronährstoffen infolge der Festlegung im Boden. Geeignete Gegenmaßnahmen stellen die bedarfsgerechte P- und K-Düngung unter Berücksichtigung der Nährstoffversorgung des Bodens sowie die Mikronährstoffblattdüngung dar. Der Optimierung der P- und K-Düngung kommt auch unter Berücksichtigung der stark gesunkenen Nährstoffvorräte Thüringer Böden besondere Bedeutung.

Auf die Potenziale einer sachgerechten platzierten Düngung hinsichtlich Ertragsbildung bei reduziertem P-Düngemittelaufwand weist das Ergebnis eines ersten Feldversuchs zur P-Unterfußdüngung hin (Abb. 29).

Die witterungsbedingte Zunahme des Ertragsrisikos kann die Ausnutzung der N-Düngung vermindern und zu erhöhten Nitratgehalten im Boden im Herbst führen. Daraus resultiert auch unter Berücksichtigung höherer Winterniederschläge ein erhöhtes Nitratauswaschungsrisiko. Diesem Szenario ist durch eine präzise und operative N-Düngebedarfsermittlung unter Berücksichtigung der Ertrags erwartung sowie verstärkte teilflächenbezogene N-Düngung entgegen zu wirken.



**Abbildung 29:** Mehrertrag durch differenzierte P-Düngung zu Wintergerste (Elxleben 2009, sehr niedriger Boden-P-Gehalt)

Zur Optimierung der Düngungskonzepte unter den Bedingungen des Klimawandels und der Einführung klimaangepasster neuer Kulturpflanzenarten und -sorten sind Erkenntnisse aus regionalen Feldversuchen unerlässlich.

Auf Grundlage von Parzellen- und Praxisversuchen sind die Richtwerte für die Düngebedarfsermittlung für N, P, K, Mg und Mikronährstoffe unter Berücksichtigung der Nährstoffversorgung von Boden und Pflanze zu überprüfen und zu präzisieren sowie Ausbringetechnologien für Düngemittel (z. B. Unterfußdüngung, Blattdüngung, Flüssigdüngung) und angepasste Düngerformen (z. B. stabilisierte N-Dünger) zu optimieren.

Die weitere Erwärmung des Bodens führt infolge höherer Mineralisierung zu einem stärkeren Abbau des Humusgehaltes im Boden.

Die prognostizierte Zunahme von Trockenphasen während der Vegetationsperiode erfordert zukünftig eine präzisierete N-Düngebedarfsermittlung, die neben bekannten Verfahren der Pflanzenanalyse und -sensorik die teilflächenbezogene Ertragsbildung in Abhängigkeit von der konkreten Wasserversorgung von Boden und Pflanzenbestand berücksichtigt. Ziel zukünftiger Untersuchungen ist deshalb eine boden- und witterungsabhängige präzisierete N-Düngerbemessung zur Optimierung des Düngemiteleinsatzes und Senkung der N-Emissionen.



## 5 Ergebnisse aus neuen und speziell angelegten Versuchen zur Anpassung des Pflanzenbaus an den Klimawandel

### 5.1 Prüfung von Winterformen von Kulturarten als Alternative zu etablierten Sommerformen (Ch. Guddat, I. Schwabe, M. Farack)

In der Literatur wird der Anbau der Winterform anstelle der jeweiligen Sommerform als Möglichkeit zur Anpassung des Pflanzenbaus an den Klimawandel benannt. Winterformen verfügen in der Regel über ein höheres Ertragspotenzial und können die Winter- und Frühjahrsniederschläge für das Wachstum und die Ausbildung der Ertragskomponenten ausnutzen. Durch das frühere Erreichen der Entwicklungsstadien besteht die Möglichkeit, Hitzeperioden und Trockenheit in den Sommermonaten in ihrer Auswirkung zu mindern. Zudem ist die Ertragsfähigkeit der Sommerformen in hohem Maße vom Saattermin abhängig. Späte Saattermine führen besonders bei Sommerungen zu Ertragseinbußen. Die Einhaltung der optimalen Saattermine im Frühjahr ist jedoch sehr stark boden- und witterungsabhängig und kann kaum beeinflusst werden. Des Weiteren ist bei Sommerformen aufgrund der kürzeren Vegetationsdauer eine stärkere Auswirkung von Witterungsextremen auf den Ertrag zu erwarten als bei Winterungen. Wesentlicher Grund dafür, dass bei einigen Kulturarten bisher auf den Anbau der Winterform verzichtet wurde, ist die geringere Winterfestigkeit und die damit verbundene Gefahr von Auswinterungen. Da für die kommenden Jahrzehnte mildere Winter (weniger Eis- und Frosttage) prognostiziert werden, ist mit einer Abnahme des Anbaurisikos bei den Winterformen dieser Kulturarten zu rechnen. In Feldversuchen wurden die Winterformen von Kulturarten hinsichtlich Ertragspotenzial und Überwinterungsfähigkeit geprüft, von denen bisher nur der Anbau der Sommerform in Thüringen etabliert war. Dazu zählten Winterbraugerste, Winterdurum, Winterhafer, Winteröllein, Winterackerbohne und Wintererbse.

#### 5.1.1 Winterbraugerste

Neben der Ertrags- und Überwinterungsfähigkeit war die Verbesserung der Qualitätseigenschaften von Winterbraugerste durch intensive züchterische Bearbeitung die Grundlage für die Anbauwürdigkeit der Kulturart. Im Zeitraum von 2006 bis 2012 kamen in Deutschland 8 Sorten zur Zulassung (Tab. 5). Hier lassen sich sowohl Verbesserungen im Kornertrag als auch in den Qualitätseigenschaften feststellen.

Seit 2007 wurden Sorten von Winterbraugerste in eigenständigen Landessortenversuchen in Kooperation mit den benachbarten Landeseinrichtungen auf Lössstandorten geprüft. An diesen Standorten wurden auch Landessortenversuche mit Sommerbraugerste durchgeführt, was einen Vergleich der beiden Formen ermöglicht (Abb. 30). Die Ergebnisse zeigen die Ertragsüberlegenheit von Winterbraugerste gegenüber Sommerbraugerste, die im Mittel der Standorte und Sorten zwischen 16 und 27 dt/ha betrug. Nur im Jahr 2010 fiel der Ertragsunterschied mit knapp 5 dt/ha deutlich geringer aus als in den anderen Jahren. Gleichzeitig erreichte Winterbraugerste im wichtigen Qualitätsmerkmal Rohproteingehalt mit Ausnahme des Jahres 2007 (hier erfolgte noch ein anderes Stickstoffdüngungsregime) im Mittel der Standorte und Sorten den in der Vermarktung geforderten Wert von < 11,5 %. In den Jahren 2008 und 2010 lag der Rohproteingehalt bei Winterbraugerste sogar unter dem der Sommerbraugerste. Leistungsfähige Winterbraugerstensorten, wie die in Thüringen aktuell zum Anbau empfohlenen Wintmalt und Malwinta, werden mittlerweile in zunehmendem Maße in ihren Malz- und Braueigenschaften von den Verarbeitern akzeptiert. Aufgrund der Versorgungslücken in den letzten Jahren wird auch Braugerste der Winterform zur Sicherung des Rohstoffbedarfes von Mälzereien genutzt. Darüber hinaus bietet der Anbau von Winterbraugerste Vorteile, die zur Anpassung des Pflanzenbaus an den Klimawandel sowie zur Optimierung des Anbaumanagements im Pflanzenbau genutzt werden können. Dazu zählen neben der höheren Ertragsfähigkeit gegenüber Sommergetreide die bessere Ausnutzung der Winterfeuchtigkeit und Tolerierung von Frühsommertrockenheit, die Brechung von Arbeitsspitzen zur Ernte sowie eine frühere Rohstoffverfügbarkeit und Vermarktungsfähigkeit. Auf-

grund dieser Vorteile sowie der in den Versuchen dokumentierten Ertragsfähigkeit bei ausreichender bis guter Qualität ist der Anbau ein Teiles der Braugerste mit der Winterform insbesondere auf den Standorten der Löss-Ackerebene und der Löss-Übergangslagen in Thüringen zu empfehlen.

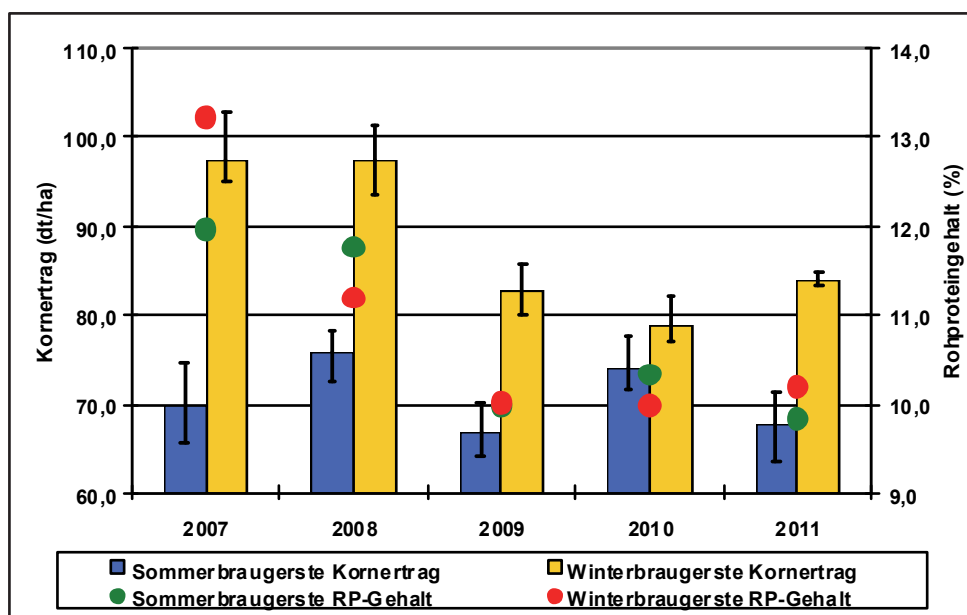
**Tabelle 5:** Zuchtfortschritt in Ertrag und Qualität bei Winterbraugerste in Ausprägungsstufen (Beschreibende Sortenlisten 2011 93

- 2012)

Sorte	Tiffany	Vanessa	Malwinta	Wintmalt	Manureva	Sebrau	KWS Ariane	KWS Joy	KWS Liga	KWS Scala
Zulassungsjahr	1996	2000	2006	2007	2008	2010	2012	2012	2012	2012
Zeiligkeit	zz	zz	zz	zz	zz	mz	zz	zz	zz	zz
Kornertrag, Stufe 2	5	5	6	7	7	5	7	8	7	6
Marktw areanteil	7	7	7	8	7	8	7	7	7	7
Vollgersteanteil	6	6	6	7	6	7	7	6	7	7
Hektolitergew icht	7	6	7	6	6	6	6	6	7	6
Eiw eißgehalt	4	4	4	3	4	4	3	2	2	3
Mälzextraktgehalt	6	6	6	7	6	6	7	8	7	7
Mälzungsschwand	4	4	4	5	4	4	5	5	5	6
Friabilimeterwert	4	2	6	6	3	2	6	5	8	6
Viskosität	7	9	5	4	7	8	4	4	3	4
Eiw eißlösungsgrad	6	5	5	6	5	7	6	5	6	6
Endvergärungsgrad	7	6	7	8	6	6	8	7	8	7

Zeiligkeit: mz = mehrzeilig, zz = zw eizeilig

Bedeutung der Noten für Ausprägung: 1 = sehr niedrig ... 5 = mittel ... 9 = sehr hoch



**Abbildung 30:** Vergleich der Kornerträge und Rohproteingehalt von Winter- und Sommerbraugerste in den Landessortenversuchen in Thüringen, Sachsen und Sachsen-Anhalt an orthogonalen Standorten 2007-2011

## 5.1.2 Winterdurum

Die Winterdurumsorte Auradur wurde in den Jahren 2009 bis 2011 auf dem Lössstandort Dornburg und auf dem Verwitterungsstandort Heßberg in Thüringen hinsichtlich Ertragspotenzial und Überwinterungsfähigkeit geprüft. Da auf beiden Standorten keine Prüfung der Sommerform von Durum erfolgte, ist nur ein Vergleich zu Sommerweichweizen möglich. Die Ergebnisse der Ernte 2011 sind für eine Bewertung des Winterdurums allerdings wenig aussagefähig, da bei der Sorte Auradur bereits vor Beginn des Winters Pflanzenverluste festzustellen waren, was möglicherweise auf eine schlechte Saatgutqualität (Triebkraft) zurückzuführen ist. Während der Winterdurum die Wintermonate auf dem Lössstandort Dornburg in allen Jahren befriedigend bis gut überstand und die Ernte mit mittleren bis hohen Erträgen abschloss, traf dies auf dem Verwitterungsstandort Heßberg nicht zu (Tab. 6). Im Vergleich zum Sommerweichweizen zeigte sich der Winterdurum nur in Dornburg im Jahr 2010 als ertragsstärker. Sorten mit verbesserter Ertragsleistung und ausreichenden Qualitätseigenschaften kommen als Alternative zu Sommerungen für den Anbau in Thüringen in Betracht.

**Tabelle 6:** Erträge der Winterdurumsorte Auradur im Vergleich zu Sommerweichweizen (Sortenmittel der Landessortenversuche) an zwei Thüringer Versuchsstandorten 2009-2011

Fruchtart	Winterdurum (dt/ha)				Sommerweichweizen (dt/ha)				Vergleich Winter- zur Sommerform (%)			
	2009	2010	2011	Mittel	2009	2010	2011	Mittel	2009	2010	2011	Mittel
Dornburg	64,1	98,8	55,6	72,8	83,7	68,3	81,5	77,8	77	145	68	94
Heßberg	21,3	48,2	35,0	34,8	91,3	70,4	38,8	66,8	23	68	90	52

## 5.1.3 Winterhafer

Parallel zu Winterdurumsorte wurde die Winterhafersorte Fleuron von 2009 bis 2011 in Dornburg und Heßberg in Thüringen hinsichtlich Ertragspotenzial und Überwinterungsfähigkeit geprüft. Auf dem Verwitterungsstandort Heßberg fanden keine Landessortenversuche mit Sommerhafer statt, so dass ein Vergleich von Winter- und Sommerform nur auf dem Lössstandort Dornburg möglich war. Fleuron ist neben Charmoise die einzige derzeit in Deutschland vertriebsfähige Winterhafersorte. Im Prüfungszeitraum war nur von Fleuron Saatgut erhältlich. In allen drei Prüfjahren offenbarte die Winterhafersorte die geringe Winterfestigkeit. Sie führte in Heßberg in jedem Jahr zu Totalverlusten. In Dornburg wies Fleuron im Frühjahr jeweils Frostschäden in Form von Blattabfrierungen, Trieb- und Pflanzenverlusten auf, besonders 2011. Allerdings zeigte die Sorte ein hohes Regenerationsvermögen. So war Winterhafer im Kornertrag in Dornburg im Vergleich zu Sommerhafer durchaus konkurrenzfähig (Tab. 7). Nur 2011 waren die Pflanzenverluste durch die Wechselfröste im Februar und März so hoch, dass der Winterhafer recht deutlich unter den Kornerträgen des Sommerhafers blieb. Aufgrund der geringen Winterfestigkeit und der nach wie vor bestehenden Wahrscheinlichkeit von Frostereignissen mit Temperaturen unter minus 8 bis 10 °C ist der Anbau von Winterhafer in Thüringen noch kein geeigneter Ersatz für Sommerhafer.

**Tabelle 7:** Erträge der Winterhafersorte Fleuron an zwei Thüringer Versuchsstandorten 2009-2011, in Dornburg im Vergleich zu Sommerhafer (Sortenmittel der Landessortenversuche)

Fruchtart	Winterhafer (dt/ha)				Sommerhafer (dt/ha)				Vergleich Winter- zur Sommerform (%)			
	2009	2010	2011	Mittel	2009	2010	2011	Mittel	2009	2010	2011	Mittel
Dornburg	80,3	95,8	50,8	75,6	84,1	71,0	73,3	76,1	95	135	69	99
Heßberg	0,0	0,0	0,0	0,0	-	-	-	-	-	-	-	-

### 5.1.4 Winteröllein

Bei Winteröllein wurden in Thüringen auf dem Lössstandort Dornburg und auf dem Verwitterungsstandort Heßberg die Sorte Glacial in den Jahren 2009 und 2011 sowie die Sorte Sideral im Jahr 2010 hinsichtlich Überwinterungsfähigkeit und Ertragspotenzial geprüft. Da auf dem Verwitterungsstandort Heßberg keine Landessortenversuche mit Sommeröllein durchgeführt werden, war nur auf dem Lössstandort Dornburg ein Vergleich von Winter- und Sommerform möglich. Hier zeigte sich Winteröllein im Kornertrag im dreijährigen Durchschnitt dem Sommeröllein ebenbürtig (Tab. 8). Zu berücksichtigen ist jedoch, dass der Winteröllein im Winter bereits auf Temperaturen ab minus 8 °C empfindlich reagierte. Im südthüringischen Heßberg waren die Frostschäden so stark, dass sie Totalverluste verursachten. Demzufolge ist Winteröllein unter den derzeit vorherrschenden und kurzfristig zu erwartenden klimatischen Bedingungen wegen des hohen Auswinterungsrisikos trotz guter Ertragsleistungen noch keine echte Alternative für den Anbau in Thüringen.

**Tabelle 8:** Erträge von Winteröllein an zwei Thüringer Versuchsstandorten 2009 - 2011, in Dornburg im Vergleich zu Sommeröllein (Sortenmittel der Landessortenversuche)

Fruchtart	Winteröllein (dt/ha)				Sommeröllein (dt/ha)				Vergleich Winter- zur Sommerform (%)			
	2009	2010	2011	Mittel	2009	2010	2011	Mittel	2009	2010	2011	Mittel
Dornburg	20,5	25,2	25,2	23,6	29,1	15,8	22,4	22,4	70	159	113	105
Heßberg	0,0	0,0	4,9	1,6	-	-	-	-	-	-	-	-

### 5.1.5 Winterackerbohne

In Deutschland wurde bereits im Jahr 1986 die Winterackerbohnsorte Hiverna beim Bundesortenamt eingetragen. Hiverna wurde in Kooperation von TLL und LfULG Sachsen von 2009 bis 2011 auf mehreren Standorten hinsichtlich Überwinterungsfähigkeit und Ertragsvermögen geprüft. Der Vergleich der Ertragsleistungen mit der Sommerform erfolgte anhand der Landessortenversuche zu Sommerackerbohnen bzw. einer speziell dazu angebauten Empfehlungssorte der Sommerackerbohne (Tab. 9). In den drei Prüffahren zeigte Hiverna eine zumeist mittlere Winterfestigkeit und konnte Blattabfrierungen über Seitenaustriebe kompensieren. Jedoch sind starke Schädigungen durch Frost bis hin zum Totalausfall häufiger als bei den etablierten Winterungen von Getreide und Raps. Dies verdeutlichen besonders die Ergebnisse auf den Verwitterungsstandorten Heßberg 2009 und 2010 bzw. Forchheim 2011. Das Ertragspotenzial der Winterackerbohnsorte Hiverna ist hoch, wenngleich die Kornerträge 2009 und 2011 zumeist geringer ausfielen als bei Sommerackerbohnen. Dabei ist jedoch zu berücksichtigen, dass in diesen beiden Jahren aufgrund der sehr guten Niederschlagsversorgung zur Kornfüllung bei den später reifenden Sommerackerbohnen überdurchschnittlich hohe Kornerträge erzielt wurden. Im Jahr 2010, bei dem bedingt durch Vorsommer- und Sommertrockenheit Wassermangel und hohe Temperaturen zur Blüte und Kornfüllung der Sommerackerbohnen vorherrschten, zeichnete sich die Winterackerbohne, begünstigt durch die frühere Entwicklung, an mehreren Standorten durch höhere Kornerträge aus. Dieser Vorteil bestätigte sich auf dem durch eine schlechtere Wasserversorgung gekennzeichneten Diluvialstandort Baruth auch im Jahr 2011. Hinsichtlich der künftig zu erwartenden klimatischen Bedingungen trägt der Anbau von Winterackerbohnen neben dem Anbau von Sommerackerbohnen zur Verteilung von Produktionsrisiken bei. Ein alleiniger Anbau der Winterform ist wegen des bleibenden Risikos von Auswinterungsschäden derzeit noch nicht zu empfehlen. Mittelfristig ist die Bereitstellung moderner Winterackerbohnsorten mit Verbesserungen bei Winterfestigkeit und Ertragsleistung durch die Pflanzenzüchtung notwendig.

**Tabelle 9:** Erträge der Winterackerbohnsorte Hiverna im Vergleich zu Sommerackerbohnen (Sortenmittel der Landessortenversuche oder Ertrag einer Empfehlungssorte) in Thüringen und Sachsen 2009 - 2011

Fruchtart	Winterackerbohne (dt/ha)				Sommerackerbohne (dt/ha)				Vergleich Winter- zur Sommerform (%)			
	2009	2010	2011	Mittel	2009	2010	2011	Mittel	2009	2010	2011	Mittel
Lössstandorte												
Dornburg	66,5	45,2	52,9	54,9	76,0	34,6	72,0	60,9	88	131	73	90
Friemar	-	-	68,1	-	-	-	78,0	-	-	-	87	-
Nossen	-	46,9	59,0	53,0	-	38,3	52,2	45,3	-	122	113	117
Pommritz	-	52,3	65,8	59,1	-	48,0	75,6	61,8	-	109	87	96
Roda	-	40,2	42,0	51,8	-	63,4	73,2	57,6	-	96	87	90
Salbitz	-	43,9	24,8	-	-	-	46,6	-	-	-	53	-
Verwitterungsstandorte												
Heßberg	0,0	7,7	35,3	14,3	61,5	29,8	62,2	51,2	0	26	57	28
Christgrün	-	34,3	61,2	47,8	-	37,7	71,6	54,7	-	91	85	87
Forchheim	-	37,3	0,0	18,7	-	51,5	82,8	67,2	-	72	0	28
Diluvialstandorte												
Baruth	-	31,0	32,4	31,7	-	24,1	29,7	29,6	-	129	109	118

### 5.1.6 Wintererbse

Im Jahr 2011 wurde erstmalig eine Wintererbse geprüft. Der Versuch mit der Sorte James wurde in Kooperation mit dem LfULG Sachsen auf sieben Standorten in Sachsen und einem Standort in Thüringen durchgeführt. Im Mittelpunkt standen auch hier die Überwinterungsfähigkeit und das Ertragspotenzial der Kulturart. Auf dem Verwitterungsstandort Forchheim und dem Lössstandort Dornburg wurde die Wintererbse durch die Wechselfröste im Februar und März stark geschädigt. Während in Forchheim alle Pflanzen auswinterterten, überlebten in Dornburg einige wenige. Durch den Befall mit Fußkrankheiten starben diese jedoch zur Zeit der Blüte ebenfalls ab. Auf den anderen Standorten fielen die Kornerträge differenziert aus. Sie lagen in Relation zur Sommerform der Körnerfuttererbse zwischen 52 und 131 % (Tab. 10). Zur Erhöhung der Aussagesicherheit über die Anbauwürdigkeit von Wintererbsen sind weitere Versuchsjahre notwendig.

**Tabelle 10:** Erträge der Wintererbsensorte James im Vergleich zu Sommerkörnerfuttererbsen (Sortenmittel der Landessortenversuche oder Ertrag einer Empfehlungssorte) in Thüringen und Sachsen 2011

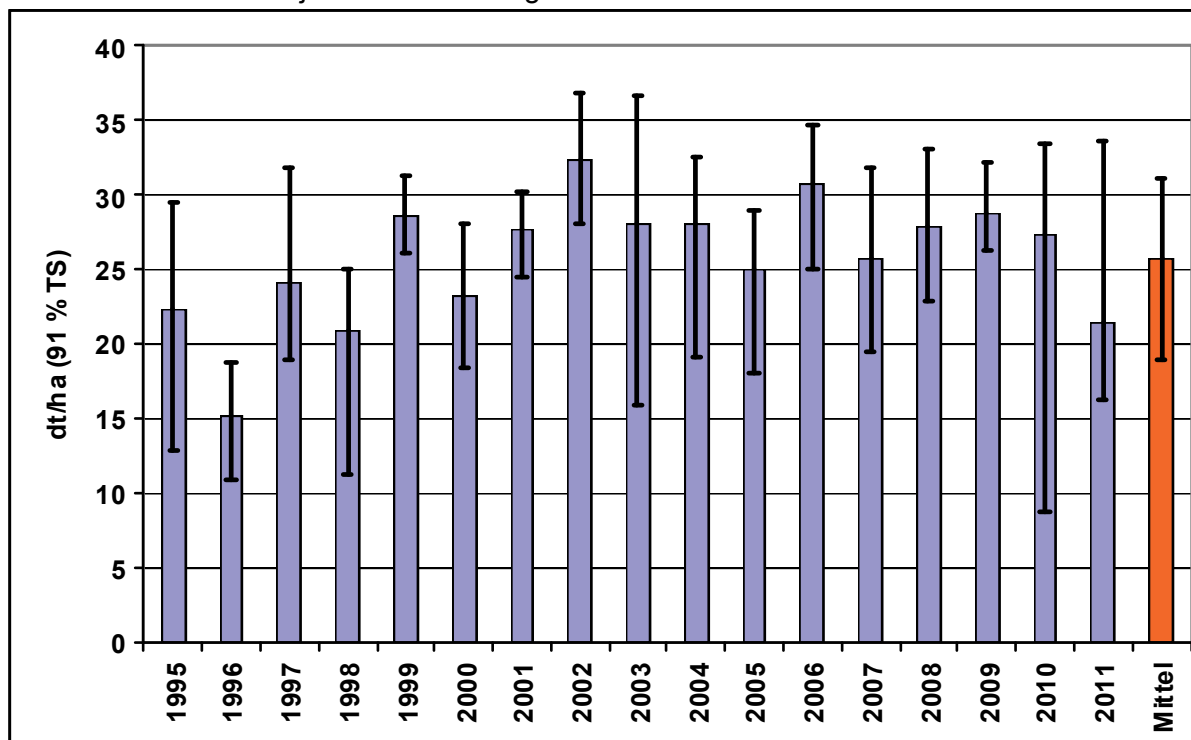
Fruchtart	Wintererbse (dt/ha)	Sommerkörnerfuttererbse (dt/ha)	Vergleich Winter- zur Sommerform (%)
Jahr	2011	2011	2011
Lössstandorte			
Dornburg	0,0	49,3	0
Nossen	70,2	54,1	130
Pommritz	62,1	63,0	99
Roda	26,5	51,0	52
Salbitz	38,7	35,4	109
Verwitterungsstandorte			
Christgrün	55,1	89,5	62
Forchheim	0,0	66,9	0
Diluvialstandorte			
Baruth	44,9	34,2	131



## 5.2 Prüfung neuer Kulturarten (Ch. Guddat, M. Farack)

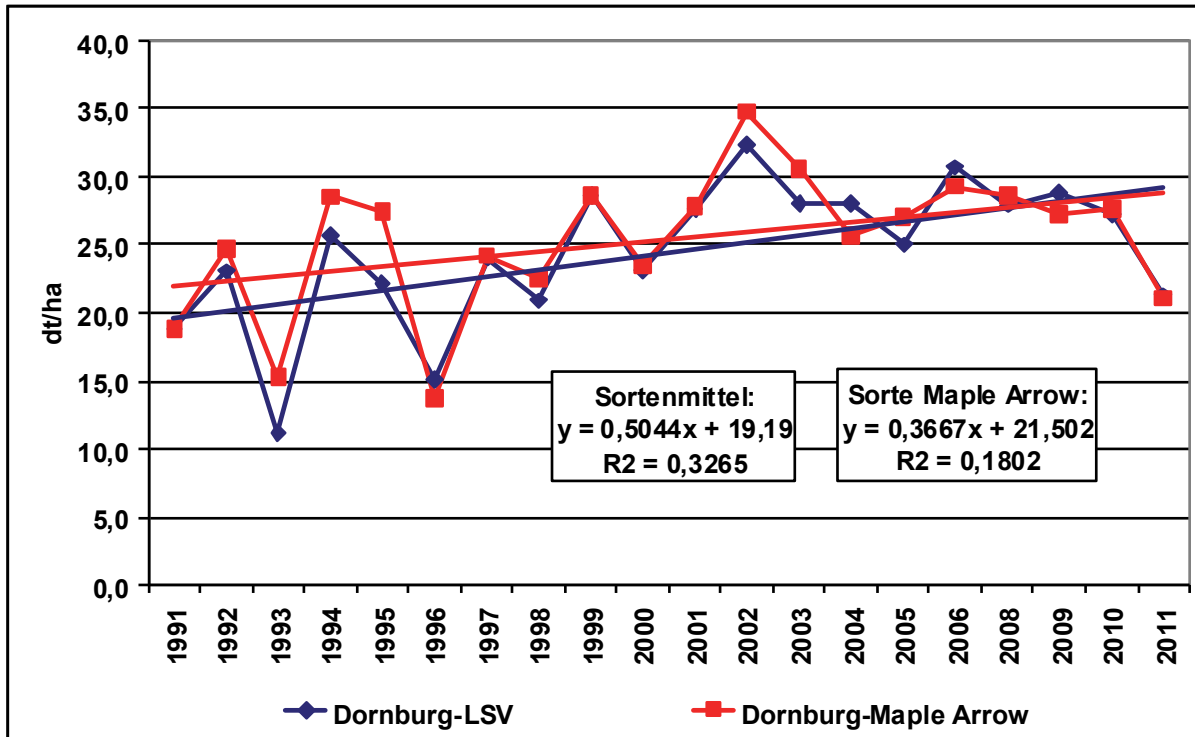
### 5.2.1 Sojabohne

Sojabohnen werden auf dem Lössstandort Dornburg bereits seit 1979 zu Versuchszwecken in Form von Sortenversuchen angebaut. Sie werden zwar in der Flächenerfassung und in der Verwertung zu den Ölpflanzen gezählt. Botanisch gehören sie jedoch zur Familie der Hülsenfrüchtler und zur Unterfamilie der Schmetterlingsblütler und sind damit Leguminosen. Nach wie vor ist der Anbau von Sojabohnen unter den Bedingungen Mitteldeutschland risikobehaftet. Der Sorten- und Standortwahl kommt daher eine besondere Bedeutung zu. Sie sind deshalb sorgfältig zu planen. Im Vergleich zu den einheimischen Körnerleguminosen ist mit höheren Kosten zu kalkulieren, z.B. für Saatgut, Impfung des Saatgutes oder Trocknung des Ernteguts. Die Sojabohne ist ursprünglich eine ausgesprochene Kurztagspflanze und hat relativ hohe Wärmeansprüche, die mit denen von Körnermais vergleichbar sind. Deshalb sind Sorten, die eine geringere Kurztagsreaktion (tagneutral) aufweisen, mit früher bis sehr früher Reife für den mitteldeutschen Raum am ehesten geeignet. Bei der Auswahl der Schläge sollten leicht erwärmbare Böden bevorzugt und Flächen mit Kaltluftsenken oder höherer Spätfrostgefährdung ausgeschlossen werden. Letzteres ist vor allem deshalb von hoher Bedeutung, weil Sojabohnen bereits auf Temperaturen von unter 8 °C mit dem Abwurf von Blüten reagieren. Wegen des hohen Wasserbedarfs in der generativen Entwicklung (Blüte und Kornfüllung) sind wasserspeicherfähige Böden von Vorteil. Standorte mit Steinbesatz sind wegen des tiefen Hülsenansatzes und der damit verbundenen tiefen Schneidwerkstellung bei der Ernte zu vermeiden. Bei unebenen Böden kann sich das Walzen des Saatbetts als günstig erweisen. Der für Sojabohnen optimale pH-Wert liegt mit 6,5 bis 7 im schwach sauren Bereich. Die optimale Keimtemperatur beträgt ca. 10 °C. Deshalb ist eine Aussaat frühestens ab Mitte April möglich. Spätestens Mitte Mai muss die Aussaat erfolgt sein, da sonst im Herbst keine sichere Abreife mehr gewährleistet ist. Die Saatstärke beträgt unter den mitteldeutschen Bedingungen ca. 70 keimfähige Körner pro m<sup>2</sup>. Die Saattiefe variiert je nach Boden- und Witterungsbedingungen zwischen 2 (frühe Aussaat, kalte Böden) und 4 cm (späte Aussaat, warme Böden). Die Ertragsfähigkeit und Ertragsstabilität der Sojabohnen auf Lössstandorten in Thüringen lässt sich anhand der Abbildung 31 einschätzen. Neben der Reifeverfrühung sind Ertrag, Qualität, Standfestigkeit und Höhe des Hülsenansatzes wichtige aktuelle Ziele in der Sojabohnenzüchtung.



**Abbildung 31:** langjährige Kornerträge im Sortenversuch mit Sojabohnen am Standort Dornburg (Sortimentsmittel sowie jeweils ertragsstärkste und ertragsschwächste Sorte)

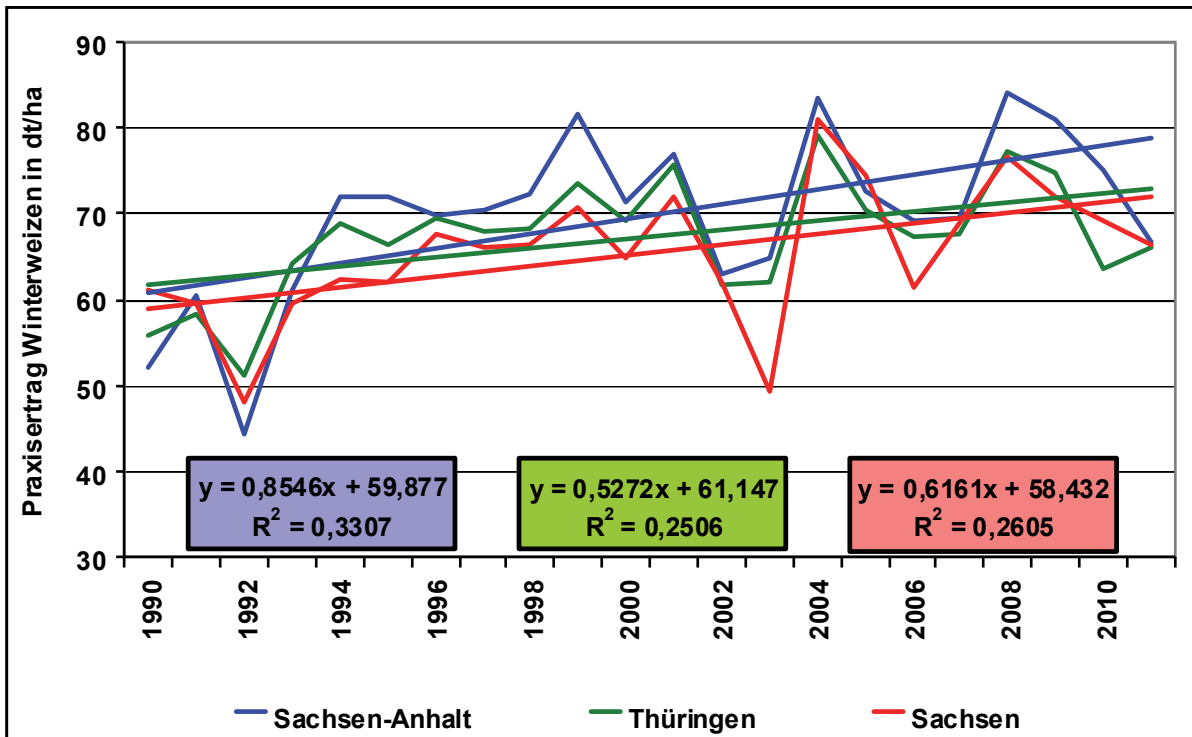
Abbildung 32 zeigt, dass bei Sojabohnen im Mittel des Sortenversuches am Standort Dornburg über die letzten 16 Jahre ein Ertragszuwachs von ca. 0,5 dt/ha und Jahr stattfand, was sowohl auf den züchterischen Fortschritt als auch auf die Verbesserung der klimatischen Anbaubedingungen hinsichtlich der Temperatur (knapp 0,4 dt/ha und Jahr bei der durchgängig geprüften Sorte Maple Arrow) zurückzuführen ist. Das Jahr 2007 konnte in dieser Darstellung nicht berücksichtigt werden, da für die Sorte Maple Arrow keine Ertragsergebnisse vorlagen.



**Abbildung 32:** Ertragsentwicklung bei Sojabohnen am Standort Dornburg von 1991 bis 2011

### 5.3 Prüfung früh reifer Winterweizensorten (Ch. Guddat, M. Farack)

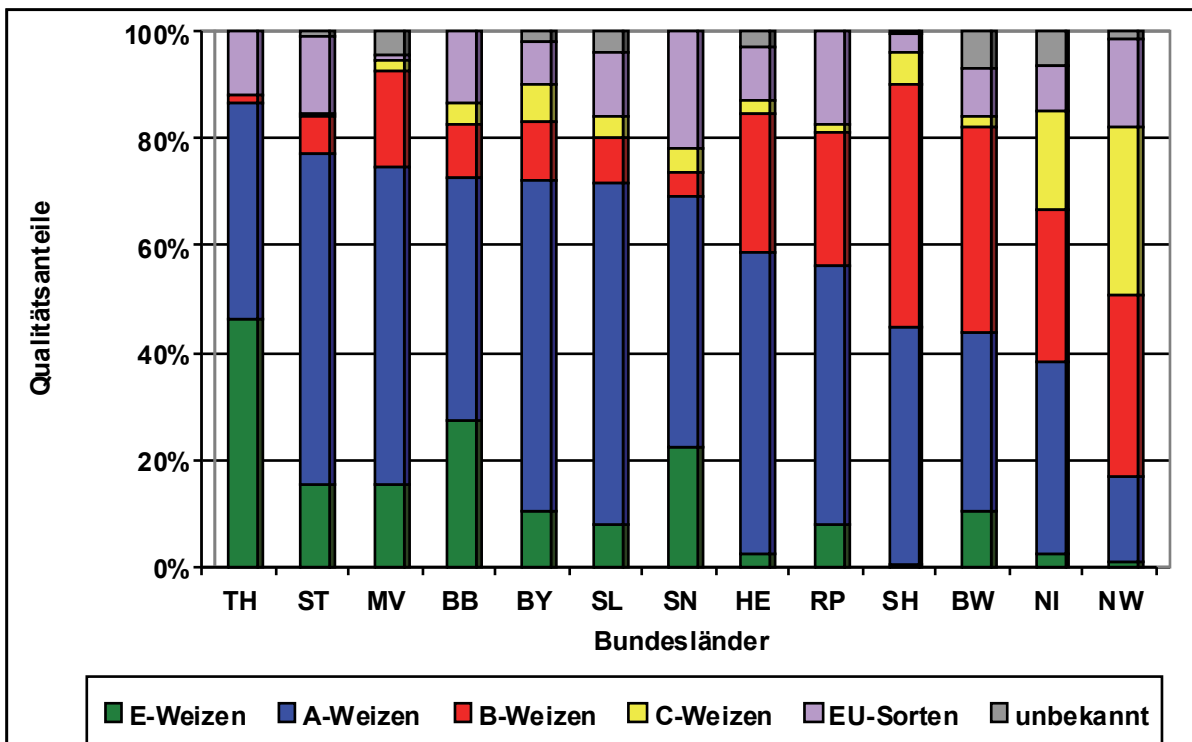
In den mitteldeutschen Bundesländern Thüringen, Sachsen-Anhalt und Sachsen ist Winterweizen die derzeit mit Abstand wichtigste Ackerkultur. Der Anbauumfang nahm seit 1990 kontinuierlich zu und erfuhr bis 2011 eine Erweiterung um ca. 50-60 %. Dies unterstreicht die wirtschaftliche Bedeutung der Fruchtart für die Betriebe in Mitteldeutschland. Verbunden mit der Anbauausdehnung war eine stetige Erhöhung des Winterweizenanteils an der Ackerfläche, der 2011 in Thüringen bei 38 %, in Sachsen-Anhalt bei 33 % und in Sachsen bei 27 % lag. Da dies von einer Reduzierung des Anbauumfangs anderer Ackerkulturen begleitet wurde, führte es zu einer starken Einengung der Fruchtfolge. Die Folgen davon zeigen sich in einem hohem Umfang Winterweizen als Stoppelweizen, der in Thüringen und Sachsen-Anhalt etwa 20-30 % am Gesamtwinterweizenanbau beträgt. Gleichzeitig ging die Fläche früh räumender und als Vorfrucht für den Winterraps geeigneter Fruchtarten wie Winter- und Sommergerste zurück, so dass zunehmend Winterweizen vor Winterraps im Feld stand. Die Entwicklung der Winterweizenerträge in der Praxis zeigte in den drei Bundesländern im Zeitraum von 1990 bis 2011 einen steigenden Trend, der sich in einem jährlichen Ertragszuwachs von 0,5 bis 0,9 dt/ha und Jahr äußert (Abb. 33). Dennoch sind Ertragsschwankungen nicht zu übersehen. So lagen z.B. zuletzt die Erträge in den Jahren 2002 und 2003 in allen drei Bundesländern sowie 2006 in Sachsen, 2010 in Thüringen und 2011 in Sachsen-Anhalt unter dem vieljährigen Durchschnitt.



**Abbildung 33:** Entwicklung der Landesdurchschnittserträge bei Winterweizen von 1990 bis 2011 in Sachsen, Sachsen-Anhalt und Thüringen

Thüringen, Sachsen-Anhalt und Sachsen werden seit Jahren sehr stark durch den Anbau von Winterweizensorten der Qualitätsgruppen E (Eliteweizen) und A (Qualitätsweizen) dominiert, deren Anteile zwischen 70 und 85 % betragen (Abb. 34). Würde man die EU-Winterweizensorten den Qualitätsgruppen zuordnen, so wäre sogar von 80 bis 95 % E- und A-Winterweizensorten auszugehen.

Der mitteldeutsche Raum wird von einem kontinental beeinflussten Klima geprägt. Es ist im Vergleich des Bundesgebietes durch höhere Temperaturen und geringere Niederschläge im Sommerhalbjahr, der Vorsommer- und Sommertrockenheit, sowie durch recht niedrige Temperaturen und geringere Niederschläge im Winterhalbjahr gekennzeichnet. Vor dem Hintergrund des Klimawandels ist bis 2050 in diesem Gebiet nach derzeitigem Kenntnisstand auf Grundlage von Simulationen von steigenden Temperaturen in allen Jahreszeiten und einer Abnahme der Niederschläge im Sommer und Herbst auszugehen. Dies würde bedeuten, dass dem Winterweizen zur Ertragsbildung weniger Wasser zur Verfügung steht.



**Abbildung 34:** Qualitätsanteile nach Sorten in der deutschen Winterweizenernte 2011, geordnet nach Bundesländern (nach LINDHAUER ET AL., 2011)

Die Gesamtheit dieser Situation war für die Länderdienststellen in Thüringen, Sachsen und Sachsen-Anhalt die Veranlassung, in Kooperation die Anbaueignung von früh reifenden Winterweizensorten zu prüfen. Mit dieser Prüfung sollte eine mögliche Anpassungsmaßnahme des Pflanzenbaus an den Klimawandel aufgezeigt und bewertet werden. Im Mittelpunkt stand dabei die Frage der Ertragsstabilität bei Winterweizen vor dem Hintergrund zunehmender Trockenheit und höherer Temperaturen. Die landwirtschaftliche Praxis verbindet ebenfalls Hoffnungen und Erwartungen mit dem Anbau von früh reifenden Winterweizensorten. Diese begründen sich in der Ertragsstabilisierung des Winterweizenanbaus unter den Bedingungen der ausgeprägten Vorsommertrockenheit, der Entzerrung von Arbeitsspitzen bei der Winterweizenernte unter dem Aspekt der hohen betrieblichen Winterweizenanteile an der Ackerfläche, der Möglichkeit des Druschs von Winterweizens vor dem Winterraps und der Nutzung von Winterweizen als sichere Vorfrucht für Winterraps.

Für die Prüfung von früh reifenden Winterweizensorten zur Ertrags- und Qualitätsstabilisierung in Mitteldeutschland wurden folgende Fragen und Zielstellungen formuliert:

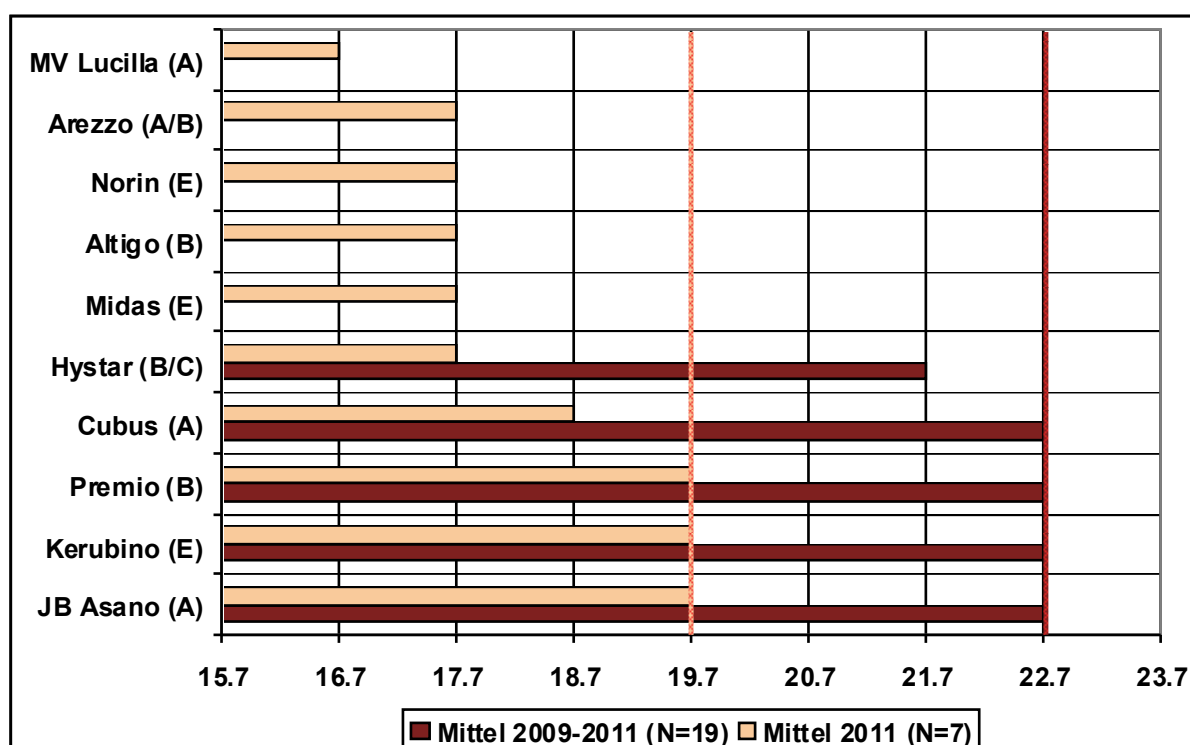
- a) Gibt es Sorten, die unter den mitteldeutschen Bedingungen deutlich früher die Gelbreife erreichen als die Mehrzahl der etablierten bzw. in den Landessortenversuchen geprüften Sorten?
  - Ziel: mindestens Erreichen der Gelbreife wie die bislang in den Landessortenversuchen und der Praxis als früher reifend geltenden Sorten Cubus und JB Asano, besser früher
- b) Lassen sich mit diesen Sorten in Mitteldeutschland hohe und stabile Erträge erzielen?
  - Ziel: hohe ökologische Streubreite, d.h. sichere Erträge unter normalen, trockenen und feuchten Bedingungen (Ertragsstabilität auf hohem Niveau)
- c) Erfüllen solche Sorten die Qualitätsansprüche der landwirtschaftlichen Praxis in Thüringen, Sachsen-Anhalt und Sachsen?
  - Ziel: sicheres Erreichen der geforderten praxisrelevanten Qualitätsparameter für E- bzw. A-Weizen
- d) Welche Winterfestigkeit besitzen diese Sorten?
  - Ziel: für kontinental beeinflusste Anbauggebiete ausreichende, d.h. mittlere bis hohe Winterfestigkeit
- e) Wie sind die Sorten in der Standfestigkeit und im Resistenzniveau einzuschätzen?
  - Ziel: ausreichende Standfestigkeit und breite Feldresistenz (ausgewogene Gesundheit)

Für die Beantwortung der Fragstellungen sollte eine möglichst breite genetische Vielfalt in die Untersuchungen einbezogen werden. Allerdings war das Prüfsortiment aus Kapazitätsgründen auf 10 Plätze beschränkt. Die Versuche wurden nach den Richtlinien des Bundesortenamtes durchgeführt. Die Anlage erfolgte im ersten Jahr (Ernte 2009) als einfaktorielle Prüfung (Faktor Sorte) unter ortsüblichem Intensitätsniveau, d.h. einheitliche Behandlung der Versuche mit Fungiziden und Wachstumsreglern. Ab dem zweiten Prüfljahr (Ernte 2010) wurde den Merkmalen Standfestigkeit und Gesundheit eine höhere Bedeutung zugemessen und die Versuche daher als zweifaktorielle Prüfung (Faktoren Intensität [ohne und mit Fungiziden und Wachstumsreglern] und Sorte) durchgeführt. Die Düngung der Versuche erfolgte mit Grundnährstoffen nach Entzug und mit Stickstoff hinsichtlich der Spätgabe mit dem Ziel E-Weizen zu produzieren. Die Auswertung der Versuche fand getrennt nach Anbaugebieten für Lössstandorte in Mittel- und Ostdeutschland und für Verwitterungsstandorte Südost statt. Die Prüfung fand im Erntejahr 2009 auf drei Löss- und zwei Verwitterungsstandorten statt und wurde in den Erntejahren 2010 und 2011 um jeweils einen weiteren Standort ergänzt (Tab. A7).

Das Prüfsortiment umfasste in allen drei Jahren jeweils 10 Sorten, wovon fünf in jedem Erntejahr vorhanden waren und für die Auswertung die Bezugsbasis bildeten (Tabelle A8).

Die auch in den Landessortenversuchen geprüften Sorten Cubus und JB Asano gelten als in der Praxis etablierte früher reifende und ertragsstarke Sorten. Ihnen kam in der Prüfung früh reifender Winterweizensorten deshalb die Rolle einer Vergleichssorte zu. Im Durchschnitt der Landessortenversuche von 2009 bis 2011 in den Anbaugebieten der Löss-Ackerebene, der Löss-Übergangslagen und der Verwitterungsstandorte erreichte Cubus die Gelbreife ca. drei Tage und JB Asano etwa zwei Tage früher als das Mittel der Sorten das Stadium der Gelbreife. Gegenüber der am spätesten reifenden Sorte war Cubus ca. sechs Tage und JB Asano etwa fünf Tage früher reif (Abb. A7).

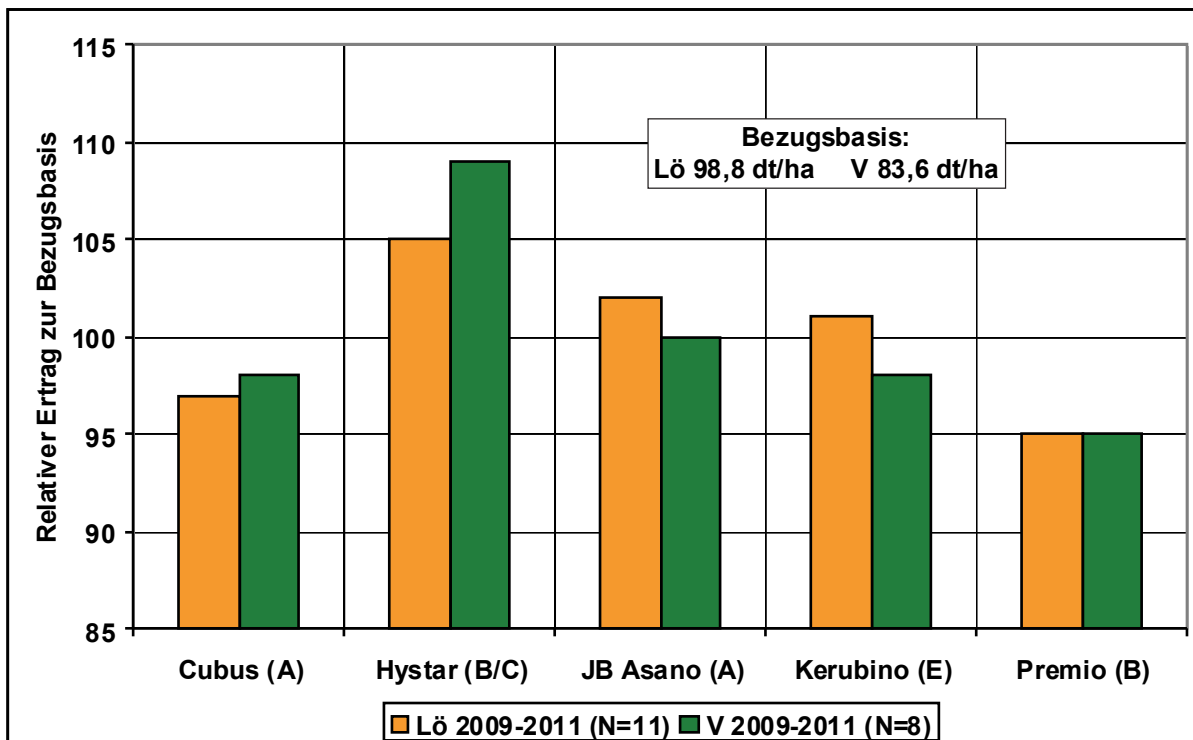
Innerhalb der früh reifenden Sorten gab es mit der Hybridsorte Hystar nur eine Sorte, bei der die Gelbreife im dreijährigen Mittel lediglich einen Tag früher eintrat als bei den Vergleichssorten Cubus und JB Asano (Abb. 35). Im Jahr 2011 waren dagegen fünf Sorten um einen Tag und eine Sorte sogar um zwei Tage früher reif als Cubus. Die andere Vergleichssorte JB Asano reifte 2011 um einen Tag später ab als Cubus.



**Abbildung 35:** Vergleich des durchschnittlichen Gelbreifetermins von früh reifenden Winterweizensorten im Mittel der Löss- und Verwitterungsstandorten im dreijährigen Durchschnitt und im Jahr 2011



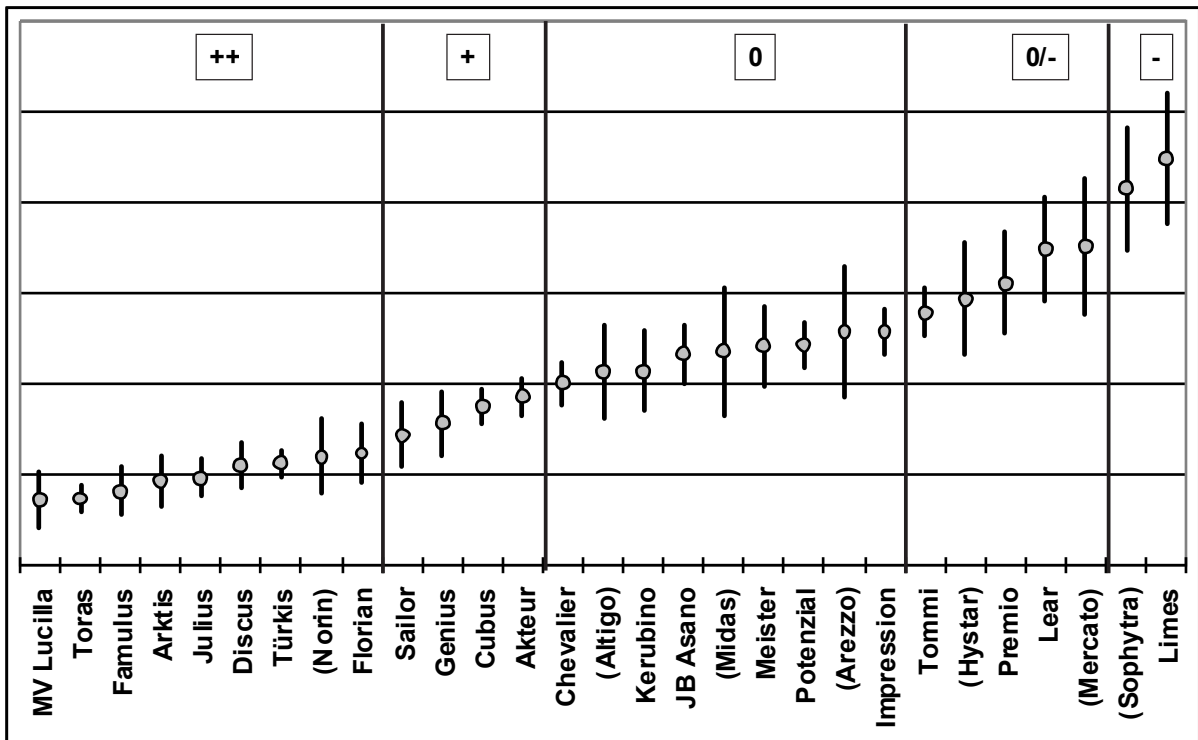
JB Asano erzielte im dreijährigen Mittel auf Lössstandorten einen relativen Kornertrag von 102 % und auf Verwitterungsstandorten von 100 %. Nur die Hybridweizensorte Hystar war mit 105 % auf Lössstandorten bzw. 109 % auf Verwitterungsstandorten ertragsstärker als JB Asano (Abb. 36). Hystar ist jedoch keine Sorte mit A-Qualität wie JB Asano, sondern der Gruppe der B- und C-Weizen zuzuordnen. Auch in der Betrachtung des Einzeljahres 2011 gab es außer Hystar keine weitere Sorte, die sich mit höheren Kornerträgen präsentierte als JB Asano (Abb. A8). Die beiden genannten Sorten waren diejenigen, welche sich in den Einzelorten der Jahre 2009 bis 2011 am häufigsten mit signifikanten Mehrerträgen gegenüber anderen mitgeprüften Sorten hervorhoben (Tab. A10).



**Abbildung 36:** Vergleich der relativen Kornerträge von früh reifenden Winterweizensorten im Mittel der Löss- und Verwitterungsstandorten im dreijährigen Durchschnitt

In der Qualität hoben sich die E-Weizensorte Kerubino und die B-Weizensorte Premio gegenüber Cubus und JB Asano hervor (Tab. A9). Für Premio gilt dies als eine der wenigen Sorten vor allem auch für die hervorragende Fallzahlstabilität, die bei JB Asano als ein Schwachpunkt angeführt werden kann. Günstig schnitt in der Qualität auch die A-Weizensorte MV Lucilla ab, mit Ausnahme der sehr schwachen Fallzahlstabilität.

Zur Winterfestigkeit liegen aus Feldversuchen (Landessortenversuche, Wertprüfungen des Bundessortenamtes, EU-Sortenprüfung, Prüfung von früh reifenden Winterweizensorten) kaum belastbare Ergebnisse vor. Deshalb führen die Länderdienststellen in Kooperation mit Züchtern und dem Bundessortenamt seit 2005/2006 zusätzliche Provokationsversuche durch. Dazu zählen in erster Linie Versuche zur Prüfung der Winterfestigkeit mit der Weihenstephaner Kastenmethode, aber auch die Prüfung der Frosthärte in Klimakammern. In den letzten drei Jahren wurden auch die früh reifenden Winterweizensorten mit diesen zusätzlichen Methoden getestet und können in ihrer Winterfestigkeit zumindest vorläufig eingeschätzt werden. Während die Winterfestigkeit der bewährten Sorte Cubus als hoch und die der Standardsorte JB Asano als mittel beurteilt wird, zeigen sich bei den weiteren früh reifenden Winterweizensorten Unterschiede, die teils in Zusammenhang mit ihrer Herkunft stehen. So erwiesen sich in den bisherigen Prüfungen die aus kontinental beeinflussten Gebieten stammenden Sorten MV Lucilla, Norin, Fidelius und Kerubino als recht winterhart, während die Ergebnisse der Sorten westeuropäischen Ursprungs wie Altigo, Arezzo, Expert, Hystar, Mercato und Premio auf eine nur mittlere oder geringere Winterfestigkeit hinwiesen (Abb. 37).



**Abbildung 37:** Einschätzung der Winterfestigkeit ausgewählter Winterweizensorten mit Intervallen für den paarweisen Vergleich (90%) nach Ch. Guddat, V. Michel und A. Zenk (Datenbasis 2003 - 2011 auf Grundlage von Wertprüfungen des BSA ab 2003, Landessortenversuchen der ostdeutschen Bundesländer ab 2003, Prüfungen nach Weihenstephaner Kastemethode ab 2005 und Prüfung in Klimakammer ab 2003)

Erläuterung:

++ = sehr hohe Winterfestigkeit ... - = geringe Winterfestigkeit, ( ) = geringe Datenbasis

In die Bewertung der Krankheitsanfälligkeit und Lagerneigung wurden nur die Prüffahre 2010 und 2011 einbezogen, da 2009 an allen Versuchsorten eine einheitliche Behandlung der Versuche mit Fungiziden und Wachstumsreglern erfolgte. Dabei zeigten sich zwischen den Sorten Differenzierungen. Allerdings wies keine der hier geprüften Sorten in der Gesamtheit eine besonders hohe oder geringe Krankheitsanfälligkeit auf (Abb. A9). Als insgesamt anfälligste Sorte zeigte sich die etablierte Vergleichssorte Cubus. Den stärksten Befall bei den Krankheiten verursachten in der Prüfung der früh reifenden Sorten, wie bei den meisten Sorten in den Landessortenversuchen auch, Blattseptoria und Braunrost. In der Standfestigkeit fiel die langwüchsige Sorte MV Lucilla mit einer etwas stärkeren Lagerneigung auf.

Zusammenfassend ist nach dreijähriger Prüfung festzustellen:

1. Es gibt Sorten, die Gelbreife so zeitig oder sogar noch früher erreichen als etablierte früh reifende Sorten wie Cubus oder JB Asano. Die Reifeverfrühung fällt mit ein bis zwei Tagen jedoch gering aus. Allerdings bedeutet dies gegenüber den mittel und später reifenden Sorten eine weitere Verfrühung, so dass eine durchschnittliche Reife- und gegebenenfalls auch Ernteentzerrung von sieben bis acht Tagen möglich ist. Die Verwendung früh reifender Sorten neben mittel oder später reifenden Sorten kann auf betrieblicher Ebene in Abhängigkeit von der Witterung zur Reife- und Erntezeit zu einer Qualitätssicherung bzw. zu einer Risikoverteilung hinsichtlich der Fallzahl beitragen. Zudem steigen mit dem Anbau früh reifender Sorten die Chancen, Winterweizen als Vorfrucht für Winterraps bei termingerechter Aussaat zu nutzen.
2. Unter den Vergleichssorten ist vor allem JB Asano aus den Landessortenversuchen in Thüringen, Sachsen und Sachsen-Anhalt als ertragsstarke und ertragsstabile Sorte bekannt. Die meisten der geprüften früh reifenden Sorten zeigten sich in drei Prüffahren aber in dieser Hinsicht nicht besser als JB Asano. Lediglich die Hybridsorte Hystar erwies sich diesbezüglich als besser, erreichte aber nicht die gleichen Qualitätswerte und besitzt eine geringere Winterfestigkeit.

3. Die meisten früh reifenden Sorten westeuropäischen Ursprungs erfüllen nicht die Anforderungen an E- oder A-Weizenqualität. Die Sorte Premio (B-Weizenqualität) präsentierte sich jedoch als sehr qualitätssicher. Früh reifende Sorten aus kontinental beeinflussten Gebieten sind in der Regel in der Lage, die Anforderungen an eine E- oder A-Weizenqualität zu erfüllen.
4. Die Winterfestigkeit von früh reifenden Sorten wird nach derzeitigem Kenntnisstand wesentlich von ihrer Herkunft beeinflusst. Während Sorten aus kontinental beeinflussten Gebieten, wie Österreich, Ungarn oder Teilen Deutschlands, allgemein über eine hohe Winterfestigkeit verfügen, ist sie bei Sorten aus den westeuropäischen Gebieten mittel oder geringer. Dies stellt in Wintern mit Kahlfrösten ein höheres Anbaurisiko dar.
5. Die früh reifenden Winterweizensorten verfügen im Allgemeinen über ein ausgewogenes Resistenzniveau gegenüber Krankheiten eine überwiegend gute bis mittlere Standfestigkeit. Wie bei den etablierten Winterweizensorten gilt auch hier, Schwächen in der Widerstandsfähigkeit gegenüber Krankheiten und in der Standfestigkeit gezielt in der Bestandeführung zu berücksichtigen.

## **5.4 Anpassung der Aussattermine und Saatstärke bei praxisbedeutsamen Kulturarten** (Ch. Guddat, E. Schreiber, I. Schwabe, M. Farack)

### **5.4.1 Winterweizen**

Bei der Produktion von Winterweizen besteht unter den Thüringer Bedingungen die Möglichkeit des Auftretens von Vorsommer- und Sommertrockenheit sowie von Hitzeperioden. In diesem Zeitraum befindet sich Winterweizen, der zu einem normalen Saattermin zwischen Anfang und Mitte Oktober gedreht wurde, häufig in einem für die Ertragsbildung sensiblen Entwicklungsabschnitt. Hitzeperioden mit Temperaturen über 30 °C beeinträchtigen das Wachstum und die Ertragsbildung, da die Netto-CO<sub>2</sub>-Assimilation besonders bei C<sub>3</sub>-Pflanzen durch die Erhöhung der Atmung bei hohen Temperaturen sinkt. Ein durch Trockenheit begrenztes Wasserangebot führt zum Schließen der Spaltöffnungen und hemmt die CO<sub>2</sub>-Assimilation. Bei Kulturarten mit einer früheren Entwicklung, wie Wintergerste, wirken sich Hitze sowie Vorsommer- und Sommertrockenheit häufig nicht so stark auf die Ertragsleistungen aus wie bei Winterweizen. Beim Erreichen der für die Ertragsbildung sensiblen Entwicklungsabschnitte treten Hitzeperioden bei Wintergerste weniger stark auf. Zudem besteht in diesem Zeitraum durch die Ausnutzung der Winterfeuchtigkeit und Frühjahrsniederschläge ein geringeres Risiko von Trockenstress. Mit einer frühen Aussaat in der ersten Septemberhälfte könnten auch bei Winterweizen, ähnlich wie bei Wintergerste, die sensiblen Entwicklungsabschnitte vorgezogen und so eine starke Auswirkung von Hitzeperioden sowie Trockenheit vermindert werden. Gleichzeitig würde eine damit verbundene frühere Reife die Möglichkeit eröffnen, Arbeitsspitzen zur Aussaat und Ernte von Winterweizen in den Betrieben mit hohen Winterweizenanteilen zu entzerren. In der Literatur wurde zudem davon berichtet, dass Bestände mit einer reduzierten Anzahl Ähren tragender Halme Trockenperioden hinsichtlich der Ertragsleistungen besser verkraften als solche mit einer normalen oder hohen Anzahl Ähren tragender Halme.

Bislang wurden Frühsaaten von Winterweizen in Thüringen auch wegen des höheren Auswinterungsrisikos von weit entwickelten Beständen nur selten praktiziert. Mit der prognostizierten Abnahme der Anzahl von Frost- und Eistagen steigt die Sicherheit in der Überwinterung von Frühsaaten. Die Gefahr von Virusinfektionen durch das temperaturabhängige Auftreten von Blattläusen und Zikaden würde bei Frühsaaten von Winterweizen jedoch zunehmen. Die Saatstärke von Winterweizen mit entsprechender Auswirkung auf die Bestandesdichte wurde in der Praxis in Thüringen in den letzten Jahren bereits zunehmend verringert. Allerdings dürfte hier vor allem der Aspekt der Senkung von Saatgutkosten als wichtiger Grund angeführt werden.

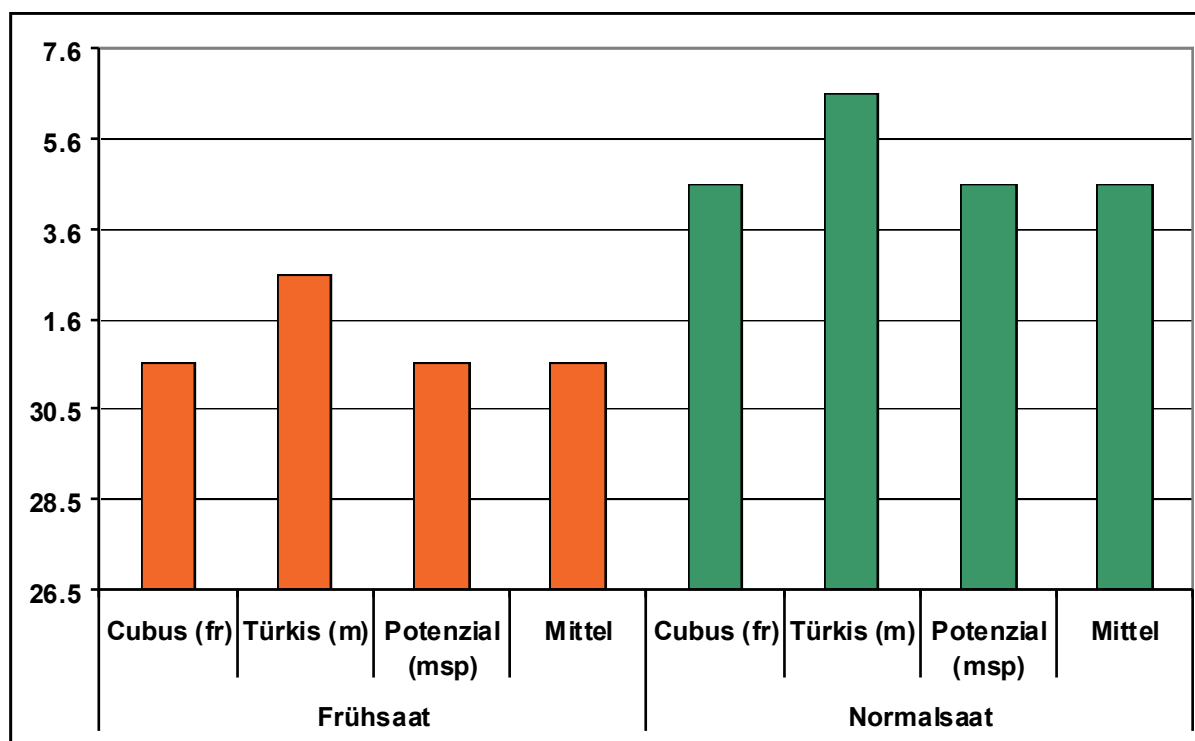
In den seit der Ernte 2009 durchgeführten Versuchen sollte in erster Linie die Frage beantwortet werden, ob unter den sich ändernden Klimabedingungen mit einer Frühsaat in der

ersten Septemberhälfte bei Winterweizen höhere Erträge erreicht werden können als mit einer Normsaat Anfang/Mitte Oktober und wie hoch das Risiko von Ertragsausfällen in Frühsaaten bei Winterweizen zu beurteilen ist. Weiterhin war die Reifeverfrühung, auch unter Nutzung von Qualitätsweizensorten mit unterschiedlicher Reifezeit, ein Aspekt dieser Prüfung. Zusätzlich wurde ein Vergleich von in Abhängigkeit des Saattermins optimaler und reduzierter Saatstärke vorgenommen. Die Versuche standen auf dem Lössstandort Dornburg und auf dem Verwitterungsstandort Burkersdorf in Thüringen. Die Faktoren und Stufen dieser Prüfung sind Tab. A11 zu entnehmen. Alle Pflanzenschutz- und Düngungsmaßnahmen wurden am jeweiligen Standort einheitlich in ortsüblicher Intensität für alle Parzellen durchgeführt, wobei diese zwischen Früh- und Spätsaat termindifferenziert erfolgten.

Die Aussaat erfolgte an beiden Standorten in allen drei Jahren für die verschiedenen Saatzeiten zum vorgegebenen Termin. Die Frühsaat wurde jeweils zwischen dem 02. und 09. September und die Normsaat jeweils zwischen dem 30. September und 08. Oktober geerntet. Die Frühsaaten liefen im dreijährigen Mittel durchschnittlich am 17. September und die Normsaaten durchschnittlich am 19. Oktober auf. Die Differenz zwischen dem Aufgangsdatum der Frühsaaten und der Normsaaten lag in den Einzeljahren im Bereich von 31 bis 34 Tagen (Tab. A19).

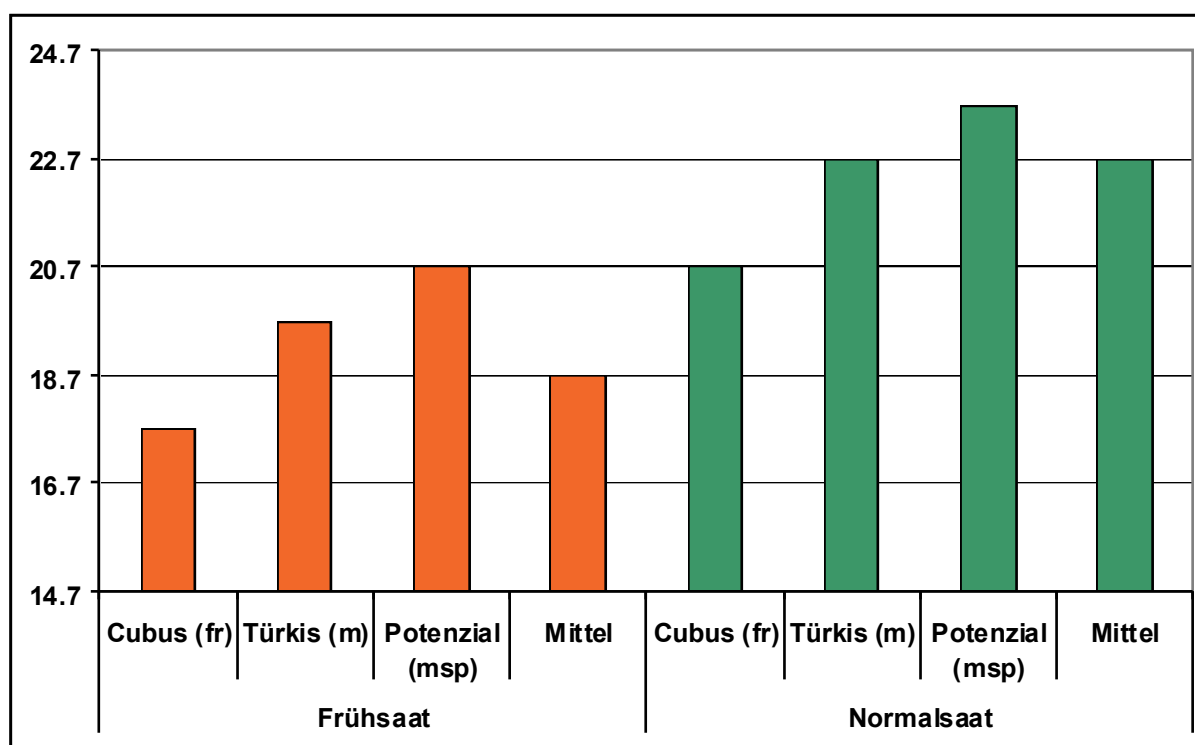
Die Überwinterung verlief in jedem der Jahre problemlos, d.h. ohne Pflanzenverluste durch Auswinterung. Lediglich die Blattabfrierungen waren in der Frühsaat zumeist stärker als in der Normsaat. Diese überwuchsen zu Vegetationsbeginn im Frühjahr jedoch sehr zügig und blieben ohne Auswirkungen auf das weitere Wachstum und die Kornerträge. Zudem blieben Virusinfektionen in den Versuchen aus.

Das Datum des Ährenschiebens trat bei den Frühsaaten im Mittel am 31. Mai ein, während die Normsaaten dieses Entwicklungsstadium durchschnittlich am 04. Juni erreichten. Bei Betrachtung der Einzeljahre hatten die Frühsaaten gegenüber den Normsaaten zum Ährenschieben einen Vegetationsvorsprung von zwei bis sechs Tagen (Tab. A20). Die Differenzierung innerhalb der Sorten war zu beiden Saatzeiten gleich (Abb. 38). Die Sorte Türkis erreichte jeweils zwei Tage später das Ährenschieben als die Sorten Cubus und Potenzial.



**Abbildung 38:** Einfluss von Saatzeit auf den Termin des Ährenschiebens bei Winterweizensorten mit verschiedener Reifezeiteinstufung (Mittel: Standorte Dornburg und Burkersdorf, Erntejahre 2009 bis 2011)

Der Eintritt der Gelbreife variierte in Abhängigkeit von der Jahreswitterung und weniger abhängig von der Saatzeit recht deutlich. Der Vegetationsvorsprung der Fröhsaaten gegenüber den Normalsaaten zum Zeitpunkt des Ährenschiebens hatte zur Gelbreife weiterhin Bestand. Dementsprechend ließ sich ein Einfluss der Saatzeit auf die Dauer der Kornfüllungsphase nicht feststellen. Die Fröhsaaten reiften im Mittel am 18. Juli und die Normalsaaten am 22. Juli. In den einzelnen Jahren betrug die Reifezeitunterschiede zwischen beiden Saatzeiten zwei bis vier Tage (Tab. A21). In der Bewertung der Sorten fand sich in beiden Saatzeiten und in allen Jahren die aufgrund der Einstufung erwartete Differenzierung wieder. Die frühreifende Sorte Cubus erreichte jeweils zuerst die Gelbreife, dann folgte die mittelreifende Sorte Türkis und zuletzt die mittel bis spätreifende Sorte Potenzial (Abb. 39). Bezüglich der Frage der Ernteentzerrung durch verschiedene Saatzeiten und die Nutzung von Sorten mit unterschiedlicher Reifezeiteinstufung, ließ sich im Mittel von drei Prüfwahren und zwei Standorten ein maximaler Unterschied von durchschnittlich sechs Tagen erzielen. Bei der frühreifenden Sorte Cubus trat die Gelbreife in der Fröhsaat im Mittel am 17. Juli ein und bei der mittel bis spätreifenden Sorte Potenzial in der Normalsaat am 23. Juli.



**Abbildung 39:** Einfluss von Saatzeit auf den Termin der Gelbreife bei Winterweizensorten mit verschiedener Reifezeiteinstufung (Mittel: Standorte Dornburg und Burkersdorf, Erntejahre 2009 bis 2011)

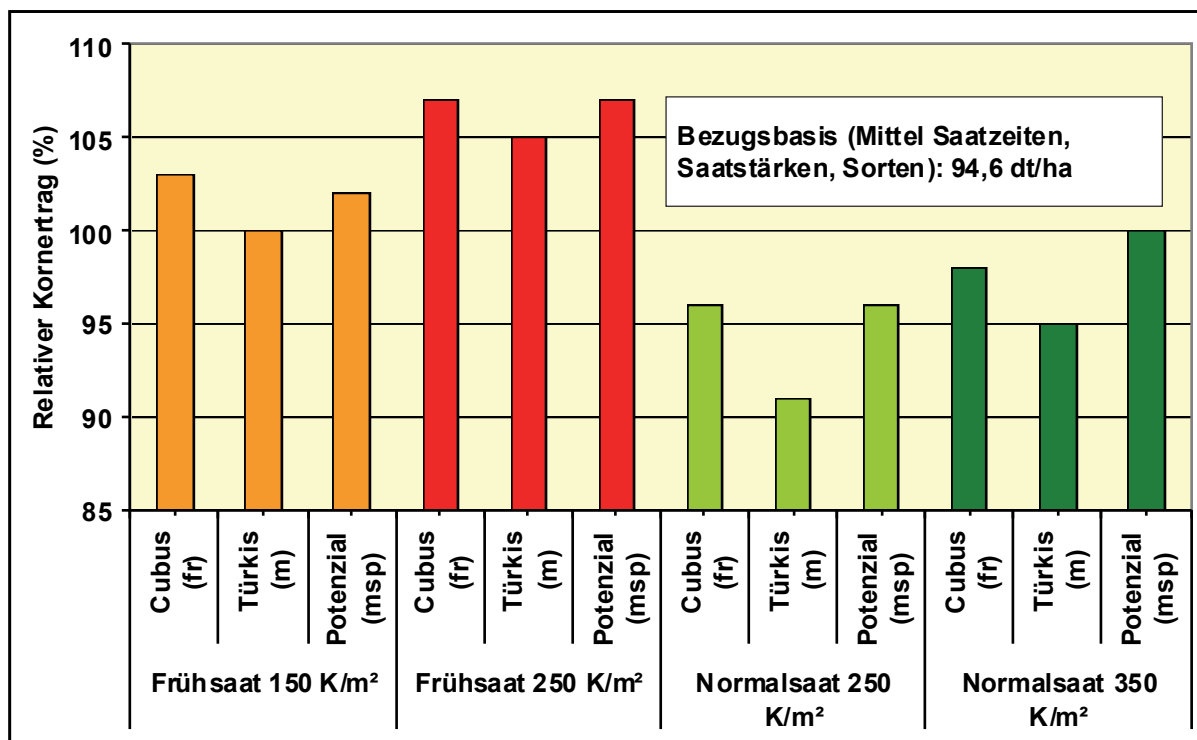
Aufgrund der früheren Reife von Fröhsaaten ist in Abhängigkeit von der Witterung auch eine frühere Ernte möglich als bei Normalsaaten. In den Versuchen wurden die Fröhsaaten im Mittel am 03. August geerntet, die Normalsaaten dagegen im Mittel am 13. August (Tab. A22). Während die Ernte der Fröhsaaten im Jahr 2009 acht Tage früher und im Jahr 2011 sieben Tage früher erfolgte, betrug die Ernteverfröhung durch Fröhsaaten im Jahr 2010 sogar 16 Tage. Ursache dafür war die in diesem Jahr ab der Reife der Normalsaaten eingesezte und lang anhaltende Regenperiode. Zeitig geernteter Winterweizen erreichte in der Praxis im Jahr 2010 noch hohe bis ausreichende Fallzahlen, was eine Vermarktung als Qualitätsweizen ermöglichte. Winterweizen, der 2010 in der Praxis in Thüringen erst ab Mitte August geerntet werden konnte, wies sehr niedrige Fallzahlen auf und musste überwiegend als Futterweizen verkauft werden.

Trotz der einheitlichen Behandlung mit Wachstumsregulatoren, die sich zwischen den Saatzeiten nur im entwicklungsabhängigen Anwendungstermin unterschied, wurden die Pflanzen in der Fröhsaat im Mittel der Standorte und Sorten in allen drei Jahren länger als in der Nor-



malsaat. Im dreijährigen Durchschnitt blieben die Normalsaaten etwa 7 cm kürzer als die Fröhsaaten. Besonders ausgeprägt war dies 2010 mit einer Differenz von durchschnittlich 12 cm, da sich Trockenheit und Hitze in den Normalsaaten stärker auswirkten als in den Fröhsaaten.

Die Kornerträge waren in den Jahren 2009, 2010 und 2011 an beiden Standorten, bei allen Sorten und in beiden Saatstärken in den Fröhsaaten höher als in den Normalsaaten (Tab. A12 und A23). Insgesamt erzielten die Fröhsaaten einen um 8-%-Punkte höheren Kornertrag als die Normalsaaten (Tab. A13 und Abb. 40). Sie fielen zudem, mit Ausnahme der Sorte Cubus in der Fröhsaat 2010 in Dornburg, unabhängig von der Saatzeit bei normaler Saatstärke etw as höher aus als mit reduzierter Saatstärke (Tab. A13 und Abb. 40). Dabei wurden in der vier Versuchen bei der Normalsaat und in zwei Versuchen bei der Fröhsaat signifikante Mehrerträge erzielt (Tab. A23). Dennoch sind auch die Kornerträge mit einer reduzierten Saatstärke aufgrund der Deutlichkeit der Saatstärkenreduzierung (jeweils 100 Körner/m<sup>2</sup> weniger) als hoch zu bewerten.



**Abbildung 40:** Einfluss von Saatzeit, Saatstärke und Sorte auf den Winterweizenertrag (Mittel: Standorte Dornburg und Burkersdorf, Erntejahre 2009 bis 2011)

Die Versuchsergebnisse der Jahre 2009 bis 2011 belegen zum Einen die hohe Bestockungsfähigkeit des Winterweizens im Allgemeinen und die besonders hohe Bestockungsfähigkeit der Fröhsaaten im Speziellen (Tab. A18). Sie ergibt sich aus der Anzahl Ähren tragender Halme (Bestandesdichte) (Tab. A14) und der Anzahl der Keimpflanzen (Keimdichte) (Tab. A18). Bei reduzierter Saatstärke war die Bestockungsrate im Mittel beider Saatzeiten Durchschnitt um 1,0 Ähren/Keimpflanze höher als bei normaler Saatstärke. In den Fröhsaaten wurden durchschnittlich 1,2 Ähren/Keimpflanze mehr ausgebildet in Normalsaaten.

Die Fröhsaaten bildeten im Mittel ca. 3,5 Körner mehr je Ähre aus als die Normalsaaten. Beim Vergleich der Saatstärken war die Kornzahl in der Fröhsaat bei reduzierter und normaler Saatstärke etw a gleich hoch. Auch in der Normalsaat hatten die Ähren bei reduzierter Saatstärke lediglich ca. 1,1 Körnern je Ähre mehr als bei normaler Saatstärke (Tab. A15).

Bei der Tausendkorntmasse traten zwischen den Saatzeiten mit durchschnittlich 0,9 g und zwischen den Saatstärken mit durchschnittlich 0,6 g keine deutlichen Unterschiede hervor (Tab. A16). Hier war der Einfluss von Standort und Sorte am größten.

Die Beantwortung der Versuchsfragen muss mit den Ergebnissen weiterer Jahre präzisiert werden. Beachtet werden muss nach den bisherigen Versuchsjahren ferner, dass von 2009 bis 2011 die Problematik der Virosen bei Fröhsaaten nicht zum Tragen kam.

Zusammenfassend ist nach dreijähriger Prüfung festzustellen:

1. Fröhsaaten von Winterweizen in der ersten Septemberhälfte tragen neben einer Winterweizenaussaat zum normalen Termin von Ende September bis Mitte Oktober zur Entzerrung von Arbeitsspitzen zur Bestellung bei.
2. Mit Fröhsaaten wurden unter Thüringer Bedingungen hohe Kornerträge erzielt, die meist über den von Winterweizen mit Aussaat von Ende September bis Mitte Oktober lagen.
3. Fröhsaaten von Winterweizen in der ersten Septemberhälfte erreichten im Mittel etwa fünf Tage eher das Stadium des Ährenschiebens als mit Normalsaaten. Das ermöglichte einen früheren Beginn der für die Ertragsbildung maßgeblichen Kornfüllungsphase.
4. Da mit Fröhsaaten auch das Stadium der Gelbreife um ca. vier Tage früher eintrat als bei Normalsaaten, hatte der Saatzeitpunkt keinen Einfluss auf die Dauer der Kornfüllungsphase.
5. Aufgrund der früheren Reife ist mit in Abhängigkeit von der Witterung eine um durchschnittlich zehn Tage frühere Ernte möglich. Dies kann in einzelnen Jahren von Vorteil für die Sicherung der Weizenqualität sein. Gleichzeitig gewährleistet dies eine deutliche Entzerrung der Winterweizenernte. Bei Nutzung von Sorten mit unterschiedlicher Reifezeiteinstufung lässt sich die Erntezeit noch stärker ausdehnen.
6. Das hohe Risiko von stärkeren Virusinfektionen in Fröhsaaten von Winterweizen in der ersten Septemberhälfte trat im Versuchszeitraum ebenso nicht hervor wie die Gefahr des Überwachsens und der damit verbundenen stärkeren Auswinterungsgefahr. Sie können jedoch gravierende Ertragseinbußen verursachen und sind in ihrem Auftreten nur schwer zu vermeiden.
7. Ein Anbau von Fröhsaaten kann aufgrund der Vorteile in Thüringen empfohlen werden. Der Anteil an der betrieblichen Gesamtwinterweizenfläche ist jedoch aufgrund der genannten Risiken auf unter 25 % zu begrenzen.
8. Orts- und saatzeitübliche Saatstärken brachten um durchschnittlich 4 % höhere Kornerträge als reduzierte Saatstärken. Aufgrund der deutlichen Saatstärkenreduzierung waren die Kornerträge dennoch als hoch zu bewerten. Winterweizen stellte dabei sein Kompensationsvermögen in Form der hohen Bestockungsfähigkeit unter Beweis, so dass die Bestandesdichte der Ähren tragenden Halme in der Normalsaat lediglich 4 % und in der Fröhsaat nur 7 % geringer war als mit normaler Saatstärke.
9. Eine Reduzierung der Saatstärke um 100 Körner/m<sup>2</sup> ist in Abhängigkeit von der Saatzeit zwar nicht zwangsläufig zu empfehlen, aber in Hinsicht auf die Senkung der Saatgutkosten möglich.

Die Prüfung bestätigt damit die Ergebnisse früherer Untersuchungen, welche in Thüringen unter einem anderen Versuchsziel und mit heute nicht mehr verbreiteten Sorten durchgeführt wurden (FARACK UND SCHWABE, 2007).

## 5.4.2 Wintergerste

Wintergerste benötigt im Herbst ca. 50 bis 55 Tage, um mit vier bis sechs Trieben zur Vegetationsruhe im Winter bestockt, optimale Voraussetzungen für die Ertragsbildung zu erreichen. Unter den Thüringer Anbaubedingungen variiert der als günstigster Aussaattermin geltende Zeitpunkt je nach Bodenart, Höhenlage und Temperatur zwischen dem 05. und 25. September.

Unter den sich ändernden Klimabedingungen, insbesondere einer wärmeren Herbst- und zum Teil auch Winterwitterung, besteht die Möglichkeit, dass die notwendigen Vegetationstage bis zur Vegetationsruhe auch bei einem späteren Aussaattermin erreicht werden. Daraus ergäbe sich zum Einen die Gelegenheit, Fröhsaaten von Winterweizen vor der Wintergerste zu platzieren, ein Überwachsen der Wintergerste und damit ein erhöhtes Auswinterungsrisiko zu umgehen sowie die Gefahr von Virusschäden durch die bei höheren Temperaturen aktiveren Virusvektoren zu mindern. Allerdings würden die zu erwartenden Klimaänderungen im Frühsommer auch bei Wintergerste zu Beeinträchtigungen der Wasserversorgung in der Kornfüllungsphase führen, was letztlich eher für Früh- oder Normalsaaten spräche. Diese Fragestellungen sind nur mit regionalen, mehrjährigen Versuchen zu beantworten.

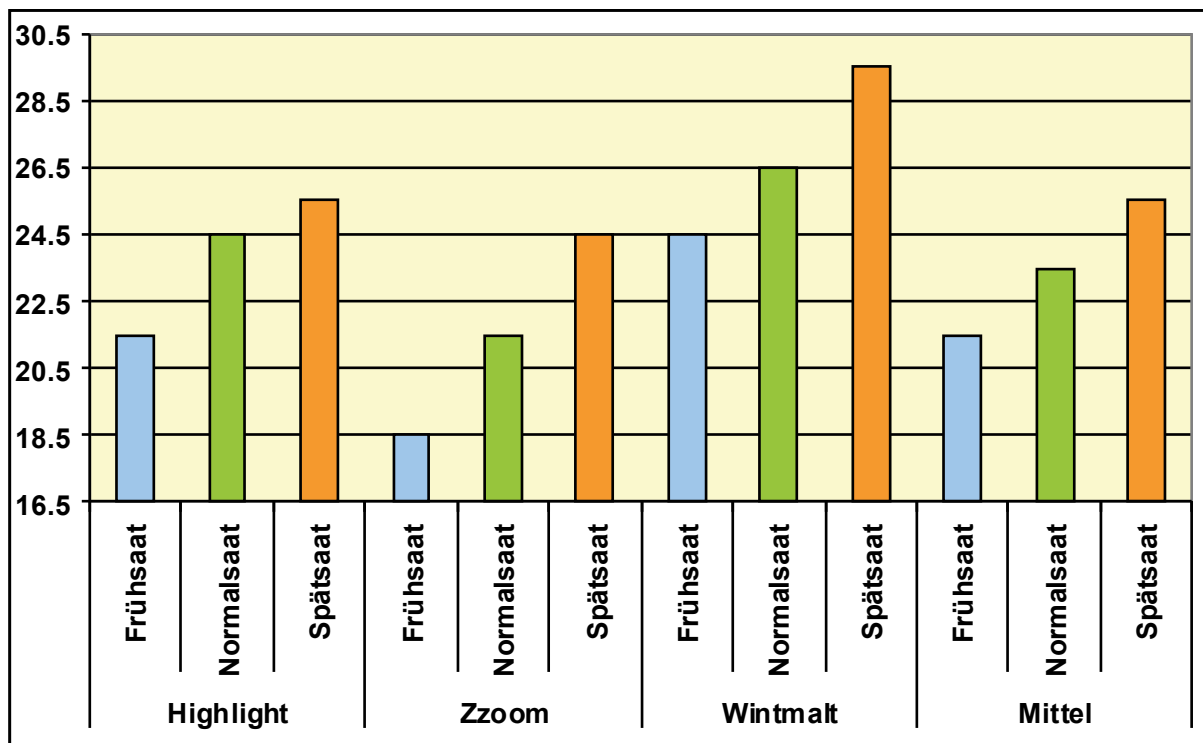
Im Herbst 2009 wurden auf den zwei Lössstandorten Dornburg und Großenstein sowie auf dem Witterungsstandort Burkertsdorf in Thüringen entsprechende Feldversuche angelegt. In der Prüfung standen mit der Linienart Highlight und der Hybridart Zzoom zwei mehrzeilige Sorten zur Erzeugung von Futtergerste sowie die zweizeilige Sorte Wintmalt zur Erzeugung von Braugerste. Diese drei Sorten wurden jeweils zu einem frühen (02.09.-15.09.), einem normalen (16.09.-22.09.) und einem späten Termin (01.10.-05.10.) gesät (Tab. A25). Die Saatstärken entsprachen dem standortüblichen Niveau der jeweiligen Sortentypen und wurden je nach Saatzeit variiert (Fröhsaat minus 15 % und Spätsaat plus 15 % der üblichen Aussaatmenge zur Normalsaatzeit). Während die Pflanzenschutzmaßnahmen in Abhängigkeit der Saatzeit bei allen Sorten identisch waren, erfolgte eine an das jeweilige Produktionsverfahren (Futter-/Braugerste, Linien-/Hybridart) angepasste Stickstoffdüngung.

Der Aufgang der Versuche wurde erwartungsgemäß von der Saatzeit bestimmt. Im Mittel der drei Standorte und zwei Prüfungsjahre liefen die Fröhsaaten am 19. September, die Normalsaaten am 30. September und die Spätsaaten am 17. Oktober auf (Tab. A33). Die Spanne zwischen Aussaat und Aufgang, die durch Temperatur und Feuchtigkeit beeinflusst wird, währte zumeist bei den Spätsaaten am längsten. Nur im Herbst 2010 benötigte die Fröhsaat in Dornburg am längsten für den Aufgang.

Die Anzahl der ausgebildeten Bestockungstrieb war im Mittel der Prüfungsjahre, Standorte und Sorten bei den Fröhsaaten am höchsten und bei den Spätsaaten am niedrigsten. Sie variierte im Versuchsmittel zwischen 3,4 und 2,1 Ähren tragenden Halmen je Keimpflanze. Die geringste Bestockungsrate wies die Sorte Highlight auf (Tab. A32). In der Bestandesdichte (Ähren tragende Halme pro m<sup>2</sup>) zeigten sich deutliche Unterschiede zwischen den Standorten, Prüfungsjahren und Sorten (Tab. A28). Im Erntejahr 2010 mit späterem Eintritt der Vegetationsruhe vor Winter (10. Dezember) wurde in Großenstein und Burkertsdorf eine deutlich höhere Bestandesdichte erzielt als im Erntejahr 2011 mit einem zeitigen Eintritt der Vegetationsruhe vor Winter (20. November). Eine Erklärung für die Abweichungen in Dornburg im Erntejahr 2010 liegt nicht auf der Hand, da im Landessortenversuch in unmittelbarer Nähe deutlich mehr Ähren tragende Halme gebildet wurden als in den Saatzeitversuchen.

Virusschäden infolge des Befalls mit Virusvektoren und ertragsrelevante Auswinterungsschäden waren in beiden Prüfungsjahren nicht zu beobachten. Lediglich in Großenstein traten im Erntejahr 2010 geringe bis mittlere Blattabfrierungen in der Fröhsaat aller drei Sorten auf, die sich jedoch mit Vegetationsbeginn im Frühjahr wieder rasch überwuchsen.

Im Datum des Ährenschiebens traten vergleichsweise geringe Unterschiede zwischen den Saatzeiten auf (Abb. 41). Sie betragen im Mittel der Prüfungsjahre, Standorte und Jahre etwa zwei Tage (Tab. A34). Die größte Differenz zeigte sich am Standort Dornburg mit sechs Tagen zwischen dem Datum des Ährenschiebens in der Fröhsaat und in der Spätsaat. Die Sorte, welche in allen Saatzeiten am frühesten die Ähren schob, war Zzoom. Es folgt Highlight vor Wintmalt. Dieses Verhältnis entspricht auch der Einstufung des Ährenschiebens in der Beschreibenden Sortenliste des Bundessortenamtes, Stand 2011.



**Abbildung 41:** Einfluss der Saatzeit auf das Ährenschieben von Wintergerstesorten (Mittel: Standorte Dornburg, Großenstein und Burkersdorf, Erntejahre 2010 bis 2011)

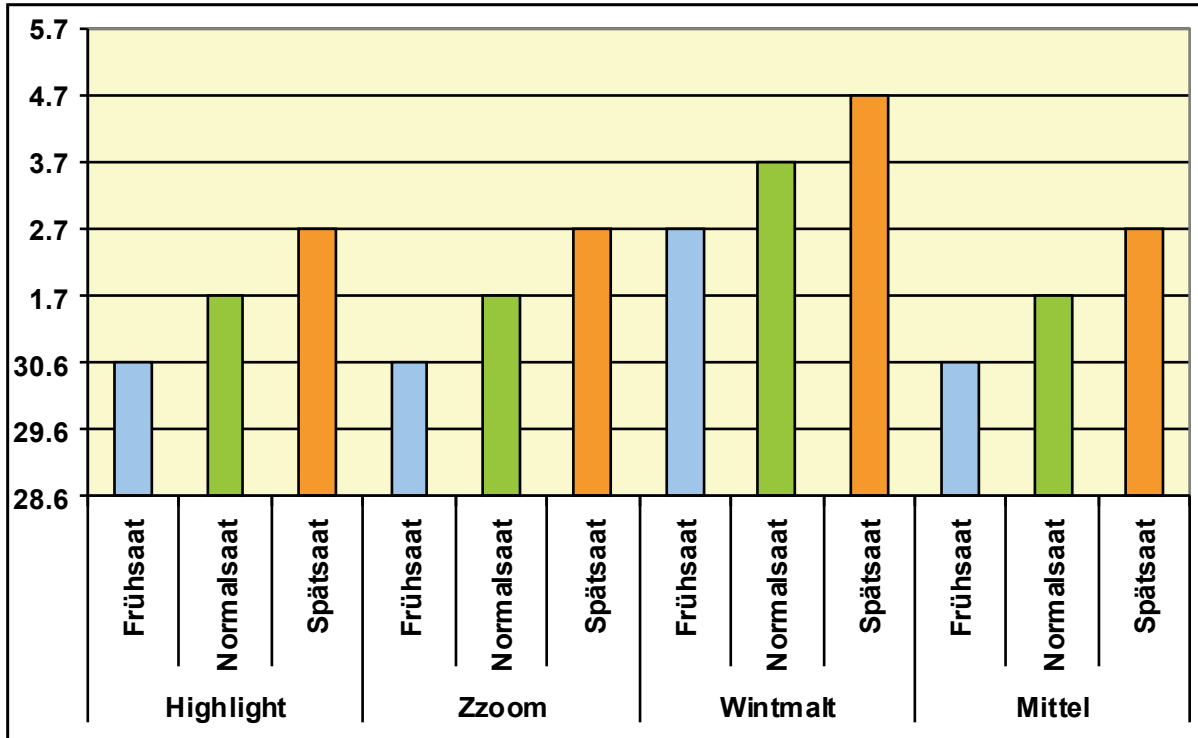
Bis zum Erreichen der Gelbreife verkürzte sich Entwicklungsvorsprung innerhalb der Saatzeiten bei allen Sorten auf durchschnittlich jeweils einen Tag (Abb. 42). Eine sinnvolle Reifezeit- und damit Erntezeitstafelung gelingt demzufolge nur in der Kombination von FrühSaat und früh reifender Sorte auf der einen sowie Spätsaat und spät reifender Sorte auf der anderen Seite. Der maximale Reifezeitunterschied betrug in der Versuchsserie zwei Tage zwischen FrühSaaten und Spätsaaten (Tab. A35). Für gewöhnlich wirken sich diese Differenzen nur bei häufigen Niederschlägen in der Erntezeit auf den Druschtermin aus. In der Versuchsserie lagen zwischen den Ernteterminen der Saatzeiten zwei bis drei Tage (Tab. A36).

In der Mehrzahl der Versuche standen den FrühSaaten gegenüber den Spätsaaten ca. zwei Tage mehr für die Kornfüllung zur Verfügung, was letztlich Ursache für die höheren Kornerträge und Hektolitergewichte in den FrühSaaten sein dürfte. Die Tausendkornmasse war in den geringer bestockten Spätsaaten im Jahr 2011, als im Juni ausreichend Wasser zur Verfügung stand, höher als in den stärker bestockten früheren Saatzeiten (Tab. A30). Im Jahr 2010, als im Juni Wassermangel herrschte, war dies nicht der Fall, obwohl auch hier die Spätsaaten die geringste Bestockungsraten aufwiesen. Dort waren FrühSaaten aufgrund ihres Entwicklungsvorsprungs im Vorteil, da sie die Frühjahrsniederschläge noch besser nutzen konnten. Die Kornzahl je Ähre und der Einzelährenertrag wurden maßgeblich vom Sortentyp und zum Teil von den Jahresbedingungen, aber wenig von der Saatzeit beeinflusst (Tab. A29 und A31).

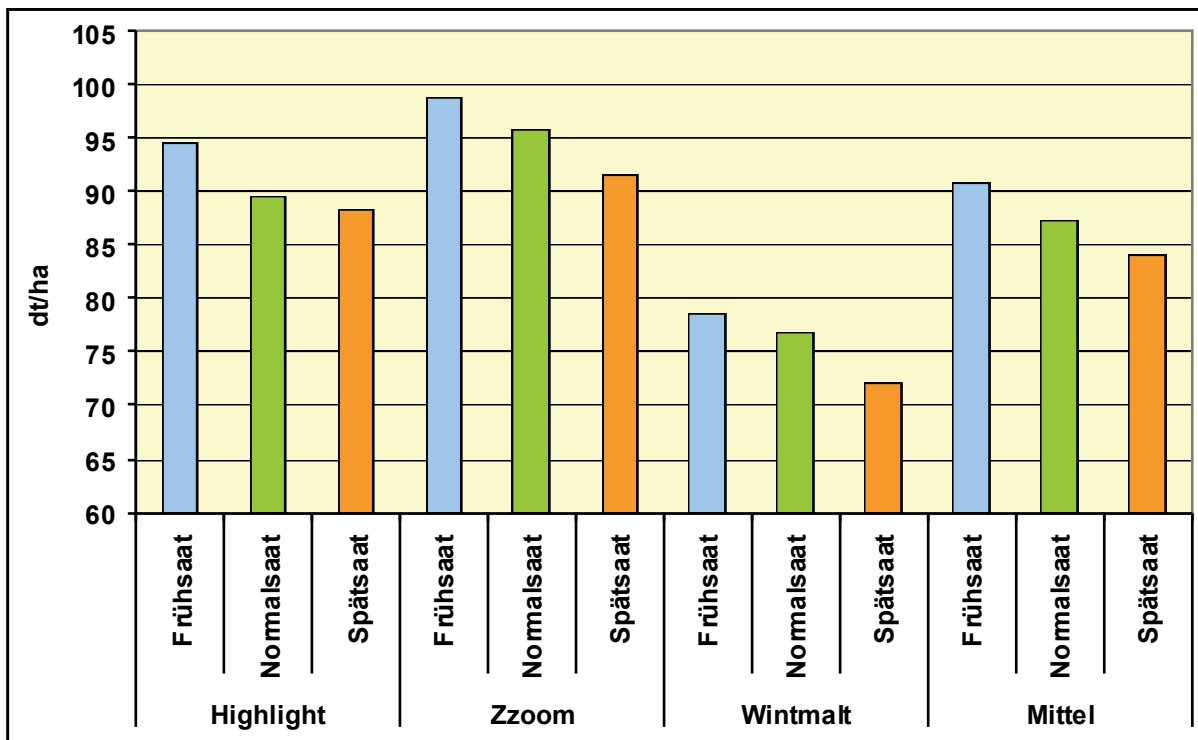
Während in der Pflanzenlänge eine deutliche Beziehung zur Saatzeit besteht und früh gesäte Bestände am längsten wurden, zeigte sich im Krankheits- und Schädlingsbefall nur vereinzelt eine Wechselbeziehung. So wurde die FrühSaat 2010 in Dornburg stärker von Fritfliegen befallen als die nachfolgend gedrillten Saaten, während Mehltau in der Spätsaat am stärksten auftrat. Der Befall mit *Rhynchosporium* wies in drei der sechs Datenerhebungen von den FrühSaaten zu den Spätsaaten eine abnehmende Tendenz auf. Stärkeres Lager ließ sich nur in der Normalsaat am Standort Burkersdorf 2010 feststellen. Die Ursache dafür lässt sich im Vergleich zu den anderen Saatzeiten schwer erklären.

Im Mittel aller Versuche wurden mit FrühSaaten bei allen Sorten die höchsten Kornerträge erzielt (Abb. 43). Dies war in beiden Prüfjahren der Fall (Tab. A26). Auch in der Betrachtung der Einzelversuche war die FrühSaat in fünf von sechs Prüfungen die ertragsstärkste Saatzeit, wobei in fünf Versuchen signifikante Mehrerträge gegenüber der Spätsaat und in drei Versuchen signifikante Mehrerträge gegenüber der Normalsaat erzielt wurden (Tab. A37). Im

Jahr 2010 wurden Fröhsaaten gegenüber späteren Saatzeiten durch die extreme Trockenheit und Hitze im Juni begünstigt. Nur die Fröhsaaten wurden bis zur Reife ausreichend mit Wasser versorgt, während besonders bei den Spätsaaten die Wasserversorgung vor Eintritt der Reife nicht mehr optimal war. Im Jahr 2011 ist als Ursache für das günstige Abschneiden der Fröhsaaten die frühe Vegetationsruhe vor Winter anzuföhren, die den Spätsaaten dagegen keine ausreichende Vorwnterentwicklung ermöglichte. Allerdings profitierten insbesondere die Spätsaaten in der Ertragsbildung noch von den Juniniederschlägen 2011.



**Abbildung 42:** Einfluss der Saatzeit auf die Gelbreife von Wintergerstesorten (Mittel: Standorte Dornburg, Groöenstein und Burkersdorf, Erntejahre 2010 bis 2011)



**Abbildung 43:** Einfluss der Saatzeit auf den Kornertrag von Wintergerstesorten (Mittel: Standorte Dornburg, Groöenstein und Burkersdorf, Erntejahre 2010 bis 2011)



Die Ertragsdifferenz fiel im Durchschnitt der Prüffahre, Standorte und Sorten mit 4 % zugunsten der Frühsaaten gegenüber den Normalsaaten aus, während die Spätsaaten 8 % weniger Ertrag brachten als die Frühsaaten (Tab. A27). In Dornburg und Großenstein folgten alle Sorten in beiden Jahren diesem Schema, während in Burkensdorf im Jahr 2011 die Normalsaat am ertragsstärksten war.

Trotz der Unterschiede im Ertragsniveau sind die Ergebnisse in allen Saatzeiten insgesamt als gut zu bewerten, so dass sie hinsichtlich einer Reife- und Erntezeitstaffelung genutzt werden können. Welche Saatzeit im Mittel der Jahre das Optimum darstellt, wie hoch die Risiken der einzelnen Saatzeiten sind und welchen Flächenanteil eine Saatzeit am Gesamtwintergerstenanbau auf betrieblicher Ebene in Anspruch nehmen sollte, ist durch weitere Versuchsjahre zu klären.

Zusammenfassend ist nach zunächst zweijähriger Prüfung festzustellen:

1. Früh-, Normal- und Spätsaaten von Wintergerste verfügen unter den Thüringer Anbaubedingungen über ein gutes Ertragsniveau.
2. Die höchsten Erträge erreichten Frühsaaten, gefolgt von Normalsaaten. Zu berücksichtigen ist der bislang kurze Versuchszeitraum, in dem die Risiken der Virusinfektion und des Überwachsens und der damit verbundenen stärkeren Auswinterungsgefahr nicht in Erscheinung traten.
3. Mit Frühsaaten können Frühjahrsniederschläge besser genutzt und die Auswirkungen von Trockenheit und Hitze im Frühsommer gemindert werden.
4. Spätsaaten von Wintergerste ermöglichen auf betrieblicher Ebene die Durchführung von Frühsaaten bei Winterweizen und in der Fruchtfolge die Stellung nach Silomais, was den Durchwuchs von Winterweizen in der Wintergerste verhindert.
5. Die Reife- und Erntezeitunterschiede zwischen Früh-, Normal- und Spätsaaten sind mit jeweils ein bis zwei Tagen vergleichsweise gering. Für eine gezielte Erntestaffelung ist deshalb zusätzlich die Nutzung von Sorten mit unterschiedlicher Reifezeiteinstufung notwendig.
6. In der Intensität des Krankheitsbefalls wurden in zwei Prüffahren bei keiner Saatzeit deutliche Vorteile ersichtlich.
7. Über eine Empfehlung zum Anbau von Früh- oder Spätsaaten, abweichend von der ortsüblichen normalen Saatzeit, und ihren Anteilen an der betrieblichen Gesamtgerstenfläche kann erst nach weiteren Prüffahren befunden werden.

## 6 Schlussfolgerungen

Thüringen ist vom Klimawandel in vielfältiger Weise betroffen. Dazu zählen die Erhöhung der Temperatur, die Abnahme und zeitliche Verschiebung der Niederschläge, der Anstieg der negativen Salden der klimatischen Wasserbilanz, die Erhöhung des CO<sub>2</sub>-Gehaltes in der Atmosphäre, die Zunahme der Sommertage und heißen Tage, die Abnahme der Frost- und Eistage und die Verlängerung der Vegetationsdauer. Es ist davon auszugehen, dass sich die im zurückliegenden Jahrzehnt bereits feststellbaren Trends weiter verstärken werden. Die prognostizierten Veränderungen beinhalten für den Pflanzenbau Risiken, aber auch Chancen.

Durch den steigenden CO<sub>2</sub>-Gehalt in der Atmosphäre und die längere Vegetationszeit sowie den wissenschaftlich-technischen Fortschritt im Bereich des Pflanzenbaus könnten die negativen Folgen der Temperatur- und Niederschlagsänderungen zumindest bei den derzeit etablierten Kulturarten Winterweizen, Wintergerste, Sommergerste, Winterweizen und Mais kompensiert werden. Die Risiken bestehen jedoch im Auftreten extremer Wetterereignisse, wie Hitze- und Trockenperioden, Starkniederschlägen, Stürmen und Hagel, plötzlichen Frosteinbrüchen oder Schaderregerepidemien.

Einschränkungen bzw. Einseitigkeit in Fruchtfolge, Kulturartenspektrum, Sortenspektrum oder agrotechnischen Maßnahmen (Saatzeit, Bodenbearbeitung, Pflanzenschutz, Düngung) erhöhen die Gefahr des Auftretens von Ertrags- und Qualitätsverlusten und damit finanzieller Einbußen auf Gesamtbetriebsebene aufgrund extremer Wetterereignisse. Vielfältigkeit und Risikoverteilung haben deshalb im Pflanzenbau insbesondere bei den nicht kalkulierbaren und vorhersagbaren Wetterextremen höchste Prämisse. Unter Berücksichtigung der jeweiligen

gen wirtschaftlichen Rahmenbedingungen und Marktchancen für landwirtschaftliche Erzeugnisse werden auf Basis der Arbeiten des vorliegenden Projektes im Sinne der Vielfältigkeit und Risikoverteilung folgende Empfehlungen zur Anpassung des Pflanzenbaus in Thüringen an den Klimawandel gegeben:

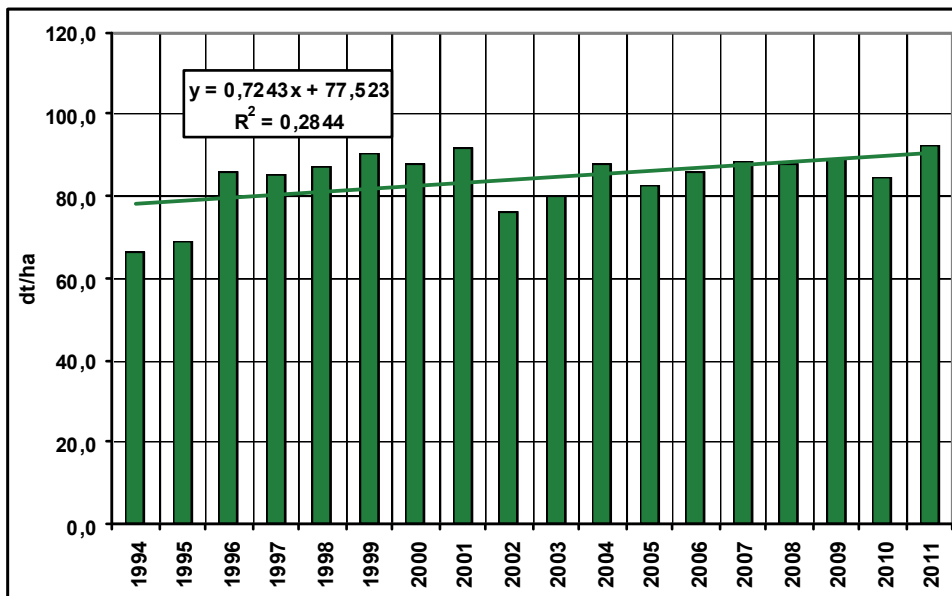
1. Anbau der in Thüringen etablierten und wirtschaftlich tragfähigen Kulturarten Winterweizen, Wintergerste, Sommergerste, Winterraps und Silomais, möglichst unter Einhaltung der kulturartspezifisch optimalen Anbaupausen innerhalb der Fruchtfolge.
2. Anbau neuer bzw. alternativer Kulturarten auf zunächst, wegen vorhandener Risiken, im Flächenumfang begrenzten Rahmen im Sinne eines Probeanbaus. Dazu zählen derzeit z.B. Pflanzen zur Energiegewinnung, Winterbaugerste oder Sojabohnen. Voraussetzung sind jedoch Standorteignung und Vermarktungssicherheit.
3. Nutzung der vor allem bei den etablierten Kulturarten vorhandenen Sortenvielfalt im Sinne einer an mögliche Wetterextreme angepasste Risikoverteilung. Sie ist notwendig, da es bei keiner Kulturart eine Sorte gibt, welche alle Eigenschaften in ausschließlich positiver Ausprägung vereint. Im Vordergrund stehen bei der Sortenwahl die Winterfestigkeit bei Winterungen, die Standfestigkeit, die Qualitätsstabilität, die Ertragsicherheit in feuchten wie in trockenen Jahren und bei Krankheiten des Getreides in erster Linie die Anfälligkeit gegenüber Fusarium. Empfehlungen werden auf Basis der Ergebnisse der Landessortenversuche auf Ebene der Anbaugebiete ausgesprochen.
4. Einhaltung von fruchtartspezifischen Anpausen innerhalb der Fruchtfolge zur Vermeidung von Ertragsdepressionen, zur Minderung des kulturartbezogenen Schaderregerspektrums und zur Gewährleistung der optimalen Aussaatzeit der Kulturarten.
5. Ausrichtung der Bodenbearbeitung auf regionale und betriebliche Gegebenheiten. Hierzu zählt vor dem Hintergrund des Erosionsschutzes und der Wasserverfügbarkeit der Verzicht auf wendende Bodenbearbeitung, sofern es Fruchtfolge und Standortbedingungen zulassen. Gleichzeitig sind Optionen zur Reaktion an aktuelle Situationen aufrechtzuerhalten, wie Pflugeinsatz zur Reduzierung von Krankheitserregern, Feldmäusen oder Ungräsern und Unkräutern.
6. Anpassung der Saatzeit an veränderte klimatische Bedingungen bzw. an die Anbaukonzentration einer Kulturart auf Betriebsebene. Mit Frühsaaten lassen sich bei Wintergetreide wegen der zeitigen Entwicklung und teilweise längerer Wachstumsdauer häufig höhere Kornerträge realisieren als mit Normal- oder gar Spätsaaten. Teilweise muss aufgrund der hohen Anbaukonzentrationen ein Teil des Wintergetreides abweichend von der optimalen Saateitenspanne gesät werden. Frühsaaten sind jedoch wegen der höheren Gefahr von Virusinfektionen, Krankheitsbefall und Auswinterungsschäden risikobehaftet und können von hohen Ertragsausfällen werden. Mit den prognostizierten klimatischen Veränderungen steigen diese Risiken. Deshalb sollte der Anteil von Frühsaaten höchstens bis zu 20 % der Gesamtfläche einer Kulturart im Betrieb einnehmen. Zudem sind Bekämpfungen der Virusvektoren mittels Insektiziden jahres- und witterungsabhängig notwendig und deshalb einzuplanen. Extrem frühe Saateitenspunkte sind zu vermeiden.
7. Anpassung der Saatstärke an den Saateitenspunkt. Bei frühen Saateiten ist die Saatstärke zu reduzieren, um ein Überwachsen der Bestände, erhöhten Krankheitsbefall und lagernde Bestände vor der Ernte zu vermeiden. In Frühsaaten gelingt eine ausreichende Bestandesdichte mit reduzierter Saatstärke über eine höhere Bestockungsrate. Zudem sind Bestände mit einer nicht zu hohen Ährenanzahl vor allem unter trockenen Bedingungen besser in der Lage, die Körner noch mit ausreichend Wasser zu versorgen und somit die Tausendkornmasse abzusichern. In Spätsaaten ist die Saatstärke gegenüber der Normalsaat zu erhöhen, da die Bestockung geringer ist.
8. Optimale Nährstoffversorgung und ausreichende Düngung nach dem Prinzip des Pflanzenentzuges und Nutzung der verfügbaren Möglichkeiten zur Vermeidung der Witterungsabhängigkeit. Hierzu zählen Unterfußdüngung und Einsatz stabilerer Dünger.
9. Nutzung der Empfehlungen zum Einsatz der verfügbaren Pflanzenschutzmittel und der Vorhersagen über Prognosemodelle zum Schaderregerauftreten sowie der bestehenden Möglichkeiten über die Gestaltung der Fruchtfolge und der vorhandenen genetisch bedingten Resistenzen der Sorten.

## 7 Literaturverzeichnis

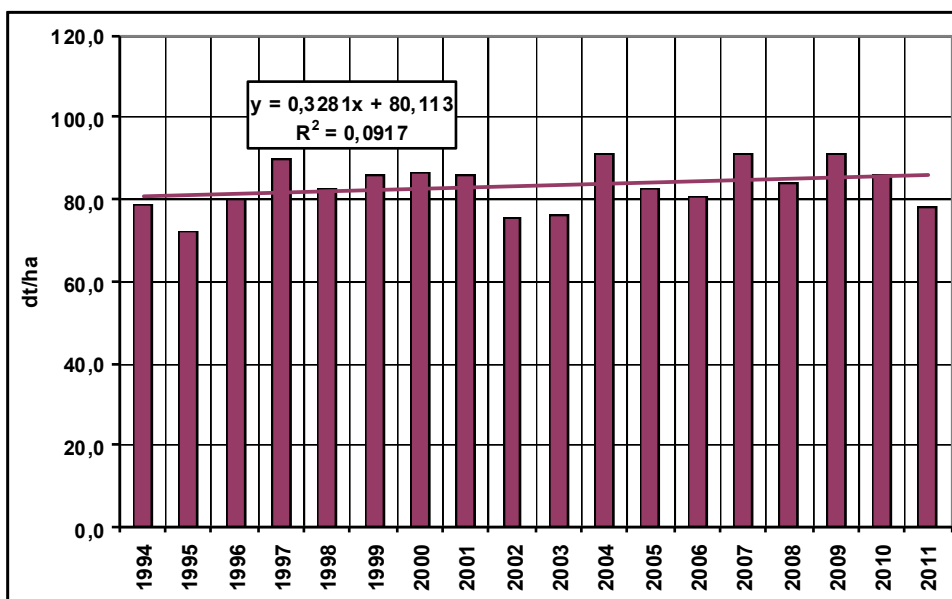
Anonym: Klimawandel oder Wetterkapriolen?; dlz 08/2004, S. 20-24
Arnold, K.: Chancen und Risiken aus der Bereitstellung Nachwachsender Rohstoffe; Vortrag Tagung Klimawandel – Landwirtschaft am 12.10.2007 in Düsseldorf, Quelle: Internet, Link: <a href="http://www.umwelt.nrw.de/landwirtschaft/pdf/LANUV_12Okt07.pdf">http://www.umwelt.nrw.de/landwirtschaft/pdf/LANUV_12Okt07.pdf</a>
Beirat zur Nachhaltigen Entwicklung Thüringen: Entwurf der Thüringer Nachhaltigkeitsstrategie als Grundlage für den beginnenden Konsultationsprozess mit den Akteuren in Thüringen, Arbeitsstand 15. Mai 2009; Quelle: Internet, Link: <a href="http://www.nachhaltigkeitsbeirat-thueringen.de/files/veroeffentlichungen/Nachhaltigkeitsstrategie_Thueringen.pdf">http://www.nachhaltigkeitsbeirat-thueringen.de/files/veroeffentlichungen/Nachhaltigkeitsstrategie_Thueringen.pdf</a>
Bickert, C.: Reaktionen auf den Klimawandel; DLG-Saatgut-Magazin Winter 2007, S. 22-23
Böse, S.: Weizenanbau im Klimawandel; Neue Landwirtschaft 05/2004, S. 32-34
Buchner, W.: Schäden vorbeugen; DLG-Mitteilungen 10/2004, S. 68-71
Bundessortenamt (BSA): Beschreibende Sortenliste Getreide, Mais, Öl- und Faserpflanzen, Leguminosen, Rüben, Zwischenfrüchte 2011; Hannover, 2011
Calanca, P., Fuhrer, J., Jasper, K., Torriani, D., Keller, F., Dueri, S.: Klimawandel und landwirtschaftliche Produktion; AgrarForschung 12 (9), 2005, S. 392-397
Christen, O. [a]: Auf den Klimawandel einstellen; DLG-Mitteilungen 02/2007, S. 5
Christen, O. [b]: Getreideanbau wie in Südeuropa; DLG-Mitteilungen 09/2007, S. 18-19
Christen, O. [c]: Herausforderung Klimawandel, Auswirkungen auf die Landwirtschaft in Mitteleuropa - Lösungsansätze; DLG-Ausschuss für Pflanzenzüchtung und Saatgut, DLG-Wintertagung, 2007
Cloos, R.: Das Ertragsrisiko verringern; DLG-Mitteilungen 12/2003, S. 28-29
Dämmgen, U., Döhler, H.: Minderung von Spurengasemissionen aus der Landwirtschaft - Möglichkeiten, Wechselwirkungen, Grenzen; Vortrag Tagung Klimawandel - Landwirtschaft am 12.10.2007 in Düsseldorf, Quelle: Internet, Link: <a href="http://www.umwelt.nrw.de/landwirtschaft/pdf/Duesseldorf_07_10_UD.pdf">http://www.umwelt.nrw.de/landwirtschaft/pdf/Duesseldorf_07_10_UD.pdf</a>
Deike, S.: Landwirte als CO <sub>2</sub> -Händler; DLG-Mitteilungen 11/2007, S. 62-63
Doleschel, P. [a]: Auswirkungen des Klimawandels auf die Pflanzenproduktion; Vortrag 7. Hochschultagung des WZW am 29.06.2007, Quelle: Internet, Link: <a href="http://www.lfl.bayern.de/ipz/pflanzenbauforschung/26853/linkurl_0_2.pdf">http://www.lfl.bayern.de/ipz/pflanzenbauforschung/26853/linkurl_0_2.pdf</a>
Doleschel, P. [b]: Klimawandel und Landwirtschaft - Anpassungsmöglichkeiten in Ackerbau und Tierhaltung; Vortrag Symposium Klimawandel, Nürnberg, 12. April 2007
Doleschel, P. [c]: Die möglichen Folgen des Klimawandels für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung; Vortrag LfL Bayern, IPZ, Freising, 2005, Quelle: Internet, Link: <a href="http://www.lfl.bayern.de/ipz/pflanzenbauforschung/11619/klimawandel_ipz.pdf">http://www.lfl.bayern.de/ipz/pflanzenbauforschung/11619/klimawandel_ipz.pdf</a>
Dölger, D., Heubach, M.: So können Sie reagieren; DLG-Mitteilungen 09/2007, S. 12-17
Ebneth, O.: Dem Ausland nahefeiern?; DLG-Mitteilungen 12/2003, S. 20-24
Farack, M., Schwabe, I.: Stabilisierung von Winterweizeneträgen bei Frühsaaten in Thüringen; Thüringer Landesanstalt für Landwirtschaft, Eigenverlag, Jena, 2007
Felgentreu, C.: Vogel-Strauß-Taktik funktioniert nicht; Neue Landwirtschaft 03/2007, S. 36-38
Gehrke, T.: Risikomanagement bei verändertem Klima; Neue Landwirtschaft 08/2008, S. 16-19
Gerstengarbe, F.-W., Wechsung, F., Wemer, P. C.: Mehr Risiken für Ihren Betrieb; DLG-Mitteilungen 12/2003, S. 12-15
Hülsbergen, K.-J., Küstermann, B.: Überzogene Erwartungen; DLG-Mitteilungen 11/2007, S. 58-61
Intergovernmental Panel on Climate Change IPCC: Vierter Sachstandsbericht (AR4) des IPCC (2007) über Klimaveränderungen
Kreitmayer, J., Mayr, K.: Auswirkungen und Strategien für Landwirtschaft und Umwelt - aus der Sicht der Bodenbearbeitung; Vortrag 6. Kulturlandschaftstag der LfL am 19.11.2007 in Freising
Kreuter, T.: Auswirkungen und Strategien für Landwirtschaft und Umwelt - aus der Sicht der Agrarfauna; Vortrag 6. Kulturlandschaftstag der LfL am 19.11.2007 in Freising
Langbehn, L.: Vorsorge für Extreme treffen?; DLG-Mitteilungen 09/2003, S. 56-59
Langner, R.: Klimawandel und Anbauintensität erfordern neue Deckungskonzepte; Rationalisierungskuratorium für Landwirtschaft (RKL), Sonderdruck aus der Kartei für Rationalisierung 4.0, 2007
Lindhauer, M., Münzing, K., Schwake-Anduschus, C.: Die Qualität der deutschen Weizenernte 2011; Mühle + Mischfutter, 148. Jahrgang, Heft 20, 20. Oktober 2011; S. 674-685
Lindloff, V.: Dürresommer 2003 - Fatale Verluste für die Bauern!; Neue Landwirtschaft 08/2003, S. 20-24
Lindloff, V.: Gluthitze im Juli, Staunässe im August; Neue Landwirtschaft 11/2006, S. 27-29
Lindloff, V.: Risiken besser beherrschen; Neue Landwirtschaft 12/2007, S. 92-93
Lotze-Campen, H.: Schneller, früher, stärker; DLG-Mitteilungen 09/2007, S. 23-25
Maier, H.: Klimaprognose 2050; Vortrag 6. Kulturlandschaftstag der LfL am 19.11.2007 in Freising
Manderscheid, R., Burkart, S., Weigel, H.-J.: Mehr CO <sub>2</sub> in der Atmosphäre: Wie reagieren Getreide und Zuckerrüben?; Bayer Cropscience-Kurier 02/2006, S. 20-23

Max-Planck-Institut für Meteorologie: Künftige Klimaänderungen in Deutschland – Regionale Projektionen für das 21. Jahrhundert; Hintergrundpapier, Umweltbundesamt, April 2006, aktualisiert September 2006, Quelle: Internet, Link: <a href="http://www.ikzm-d.de/infos/pdfs/45_k_nftige_Klima_nderungen.pdf">http://www.ikzm-d.de/infos/pdfs/45_k_nftige_Klima_nderungen.pdf</a>
Metz, R., Chmielewski, F.-M., Günther, R., Hentschel, K.-D.: Das große Krabbeln; Neue Landwirtschaft 06/2004, S. 36-40
Michel, H., Thüringer Landesanstalt für Landwirtschaft, 2012: Persönliche Bereitstellung der Daten und des Kartenmaterials; erstellt auf Basis des Interaktiven Diagnose- und Präsentationstools IDP (erarbeitet vom Frank Kreienkamp und Ame Spekat, Climate & Environment Consulting Potsdam GmbH, 2008, im Auftrag verschiedener Bundesländer)
Otte, U.: Bisheriger Klimawandel in Deutschland und mögliche Perspektiven für die Zukunft; Vortrag Tagung Klimawandel - Landwirtschaft am 12.10.2007 in Düsseldorf, Quelle: Internet, Link: <a href="http://www.umwelt.nrw.de/landwirtschaft/pdf/vortrag-dus-121007.pdf">http://www.umwelt.nrw.de/landwirtschaft/pdf/vortrag-dus-121007.pdf</a>
Perezki: Ursachen der Klimaänderung und Auswirkungen auf die Agrarökologie; Vortrag Kolloquienreihe der Institute für Agrarökologie, Ökologischen Landbau und Bodenschutz, für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung sowie für Pflanzenschutz am 15.02.2005 in Freising, Quelle: Internet, Link: <a href="http://www.lfl.bayern.de/ipz/pflanzenbauforschung/11619/klimawandel_jab.pdf">http://www.lfl.bayern.de/ipz/pflanzenbauforschung/11619/klimawandel_jab.pdf</a>
Rat der Europäischen Union: Die erneuerte EU-Strategie für nachhaltige Entwicklung, 2006; Quelle: Internet, Link: <a href="http://www.bmu.de/files/europa_und_umwelt/eu-nachhaltigkeitsstrategie/application/pdf/eu_nachhaltigkeitsstrategie_neu.pdf">http://www.bmu.de/files/europa_und_umwelt/eu-nachhaltigkeitsstrategie/application/pdf/eu_nachhaltigkeitsstrategie_neu.pdf</a>
Rippel, R.: Auswirkungen und Strategien für Landwirtschaft und Umwelt – aus der Sicht des Erosionsschutzes; Vortrag 6. Kulturlandschaftstag der LfL am 19.11.2007 in Freising
Roßberg, D., V. Michel, R. Graf und R. Neukampf: Definition von Boden-Klima-Räumen für die Bundesrepublik Deutschland. Nachrichtenblatt des Deutschen Pflanzenschutzdienstes 2007, 59(7), 155-161,
Ruland, W.: Konsequenzen des Klimawandels für die Landwirtschaft; Vortrag Tagung Klimawandel - Landwirtschaft am 12.10.2007 in Düsseldorf, Quelle: Internet, Link: <a href="http://www.umwelt.nrw.de/landwirtschaft/pdf/VortragKlimawandelLandwirtschaft1007.pdf">http://www.umwelt.nrw.de/landwirtschaft/pdf/VortragKlimawandelLandwirtschaft1007.pdf</a>
Schubert, S.: Strategien gegen Trockenstress; DLG-Mitteilungen 03/2006, S. 64-67
Stock, M., Mastel, K.: Klimawandel in Baden-Württemberg in der Vergangenheit (1950-2000) und in der Zukunft (2001-2055) – Auswirkungen auf die Landwirtschaft; Vortrag Fortbildung Pflanzenproduktionsberater am 25.01.2006 in Schwäbisch-Gmünd, Quelle: Internet
Stock, M.: Klimawandel und mögliche Auswirkungen auf die Landwirtschaft; Vortrag Landesbauernverband Brandenburg am 10.08.2006 in Rathenow, Quelle: Internet
Tatje, A., Lüders, W., Niklas, S.: Können wir die Welt ernähren?; DLG-Mitteilungen 12/2006, S. 20-24
Thüringer Landesanstalt für Umwelt und Geologie: Klimawandel in Thüringen - eine Herausforderung in unserer Zeit; 2004
Thüringer Ministerium für Landwirtschaft, Naturschutz und Umwelt (TMLNU): Thüringer Klima- und Anpassungsprogramm; 2009
Umweltbundesamt: Globaler Klimawandel - Klimaschutz 2004; Informationsbroschüre, 2004
Vetter, A., Heiemann, M., Toews, T.: Anbausysteme für Energiepflanzen - Optimierte Fruchtfolgen und effiziente Lösungen, DLG-Verlag, Frankfurt/Main, 2009
Wagner, M., Knoblauch, S. in: Energiepflanzen für Biogasanlagen – Thüringen, Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V. (FNR), 2012, S. 25
Wechsung, F., Lüttger, A.: Weltweiter Klimawandel - Auswirkungen auf den Agrarstandort Deutschland; Vortrag DLG-Pflanzenbautagung 2007 am 20.06.2007 in Bernburg, Quelle: Internet
Weigand, S., Tischner, H.: Auswirkungen und Strategien für Landwirtschaft und Umwelt – aus der Sicht des Pflanzenschutzes; Vortrag 6. Kulturlandschaftstag der LfL am 19.11.2007 in Freising
Weigel, H.-J., Dämmgen, U., Frühauf, C., Burkart, S., Manderscheid, R.: Zwischen Himmel und Erde: Dem Kohlenstoff aus der Atmosphäre auf der Spur; Forschungsreport Verbraucherschutz, Ernährung, Landwirtschaft (2001)1, S. 14-18
Weigel, H.-J., Manderscheid, R., Schaller, M.: Mögliche Auswirkungen des Klimawandels auf Ertrag und Qualität von Getreide; Getreidetechnologie 61 (2007) 3, S. 142-149
Weigel, H.-J., Pacholski, A., Burkart, S., Jansen, G.: Mehr CO <sub>2</sub> in der Atmosphäre: Prima Klima für die Landwirtschaft?; ForschungsReport 01/2005, S.14-17
Weigel, H.-J., Pacholski, A., Waloszczyk, K., Frühauf, C. et al.: Zur Wirkung erhöhter atmosphärischer CO <sub>2</sub> -Konzentrationen auf Wintergerste, Zuckerrübe und Winterweizen in einer Fruchtfolge: Beispiele aus dem Braunschweiger Kohlenstoffprojekt; Landbauforschung Völknerode, 56(2006)3-4, S. 101-115
Weigel, H.-J.: Auswirkungen von Klimaveränderungen auf die landwirtschaftliche Pflanzenproduktion; Landbauforschung Völknerode, Sonderheft 258, S. 17-18 (2003)
Weigel, H.-J.: Der CO <sub>2</sub> -Anstieg in der Atmosphäre: Folgen für Vegetation und Böden; Landbauforschung Völknerode, Sonderheft 280 (2005)
Weigel, H.-J.: Fluch oder Segen - Wie verändert der Klimawandel die Pflanzenproduktion global und hierzulande?; Landbauforschung Völknerode, Sonderheft 274 (2004)
Wendland, M., Diepolder, M., Offenberger, K., Raschbacher, S.: Auswirkungen und Strategien für Landwirtschaft und Umwelt – aus der Sicht der Pflanzenernährung und Gewässerschutz; Vortrag 6. Kulturlandschaftstag der LfL am 19.11.2007 in Freising

## 8 Anlagen

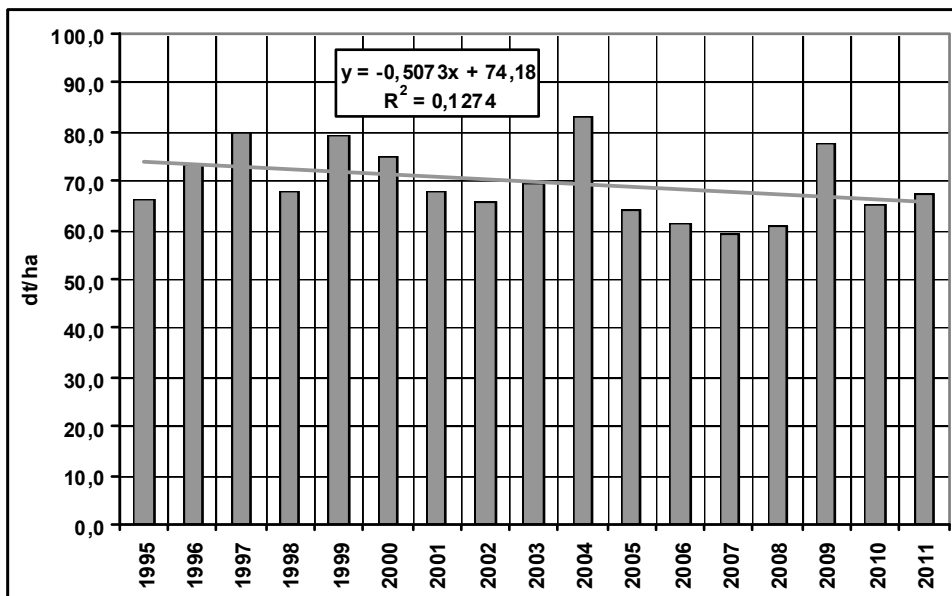


**Abbildung A1:** Ertragsentwicklung von Wintertriticale in den Landessortenversuchen in Thüringen

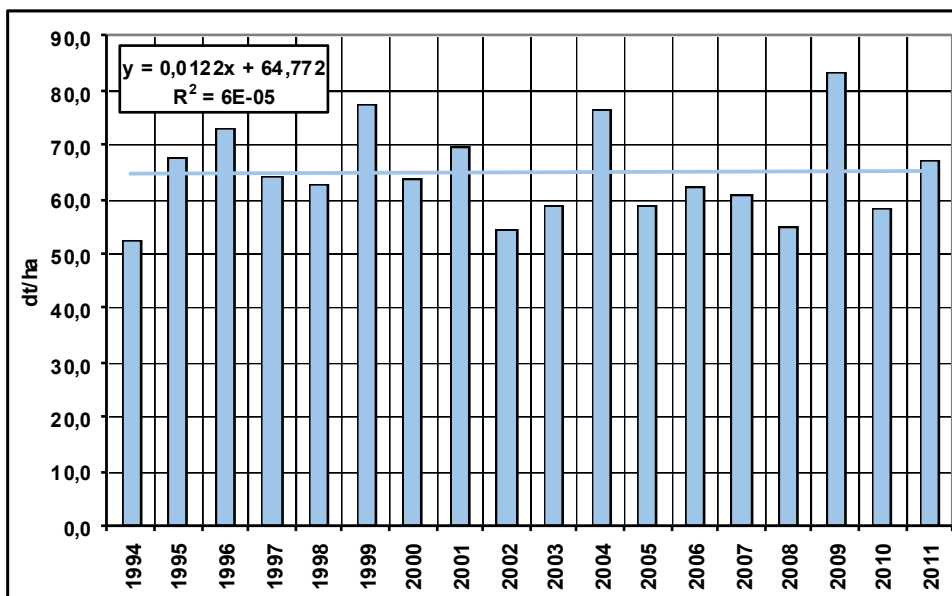


**Abbildung A2:** Ertragsentwicklung von Winterroggen in den Landessortenversuchen in Thüringen

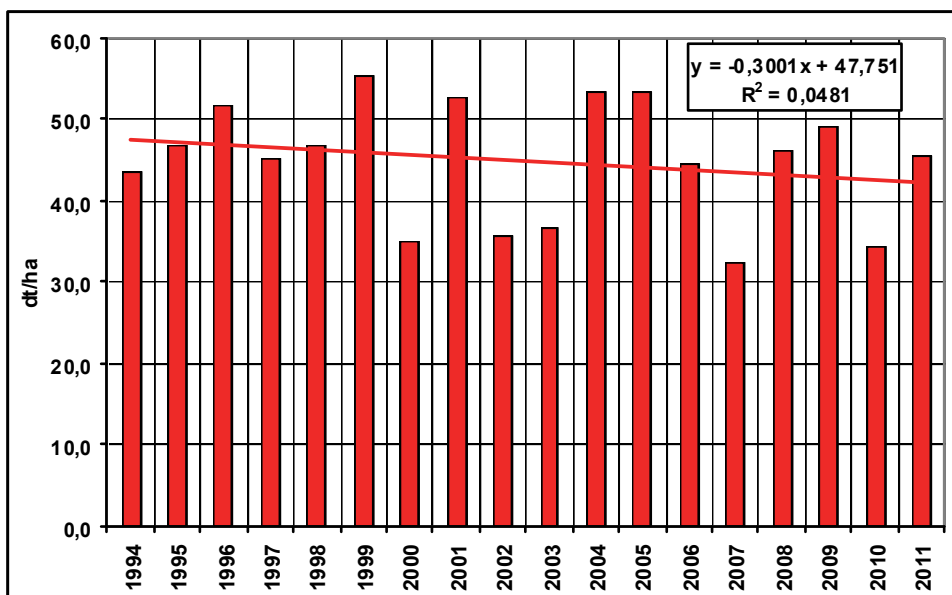




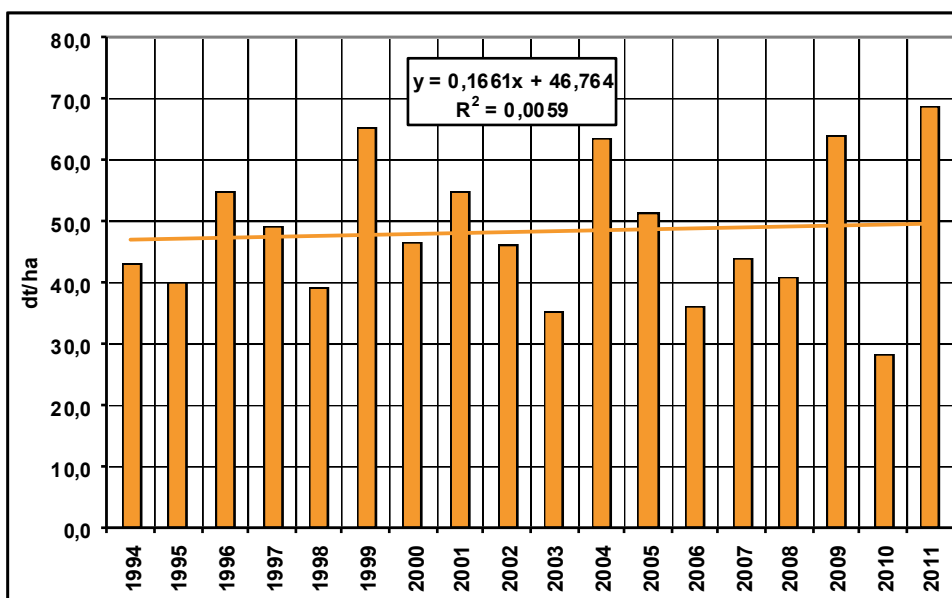
**Abbildung A3:** Ertragsentwicklung von Sommerweizen in den Landessortenversuchen in Thüringen



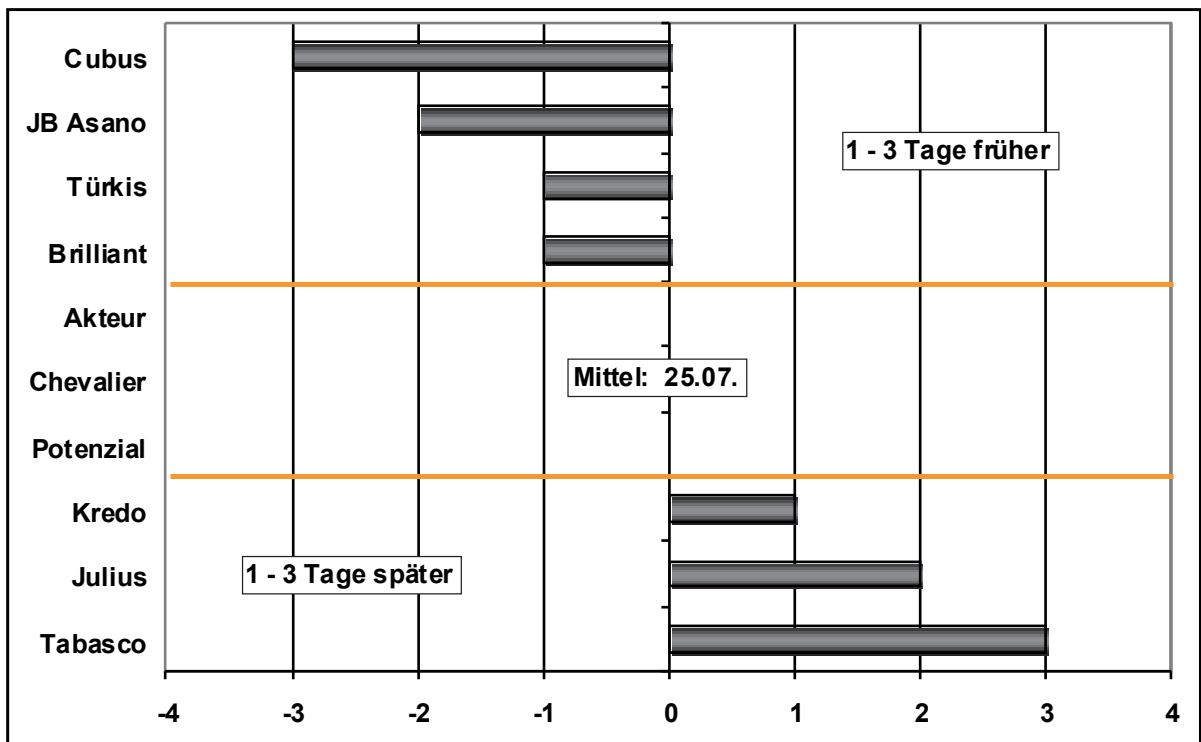
**Abbildung A4:** Ertragsentwicklung von Sommerhafer in den Landessortenversuchen in Thüringen



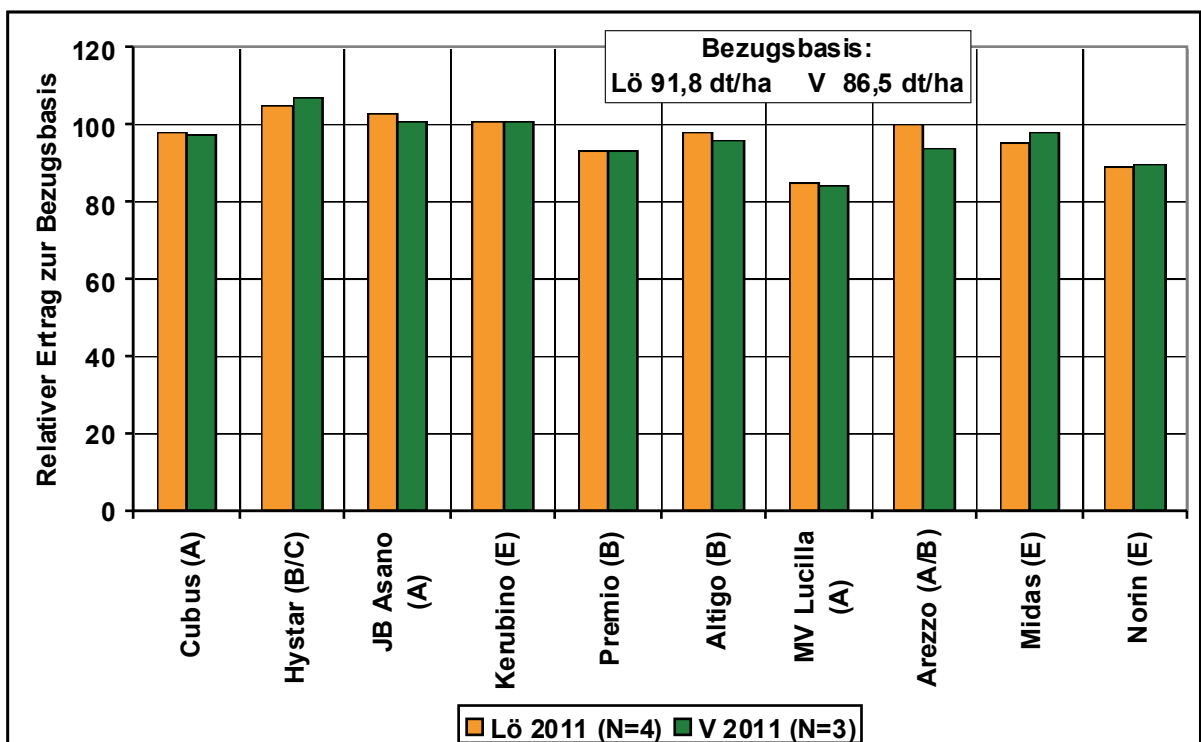
**Abbildung A5:** Ertragsentwicklung von Körnerfuttererbsen in den Landessortenversuchen in Thüringen



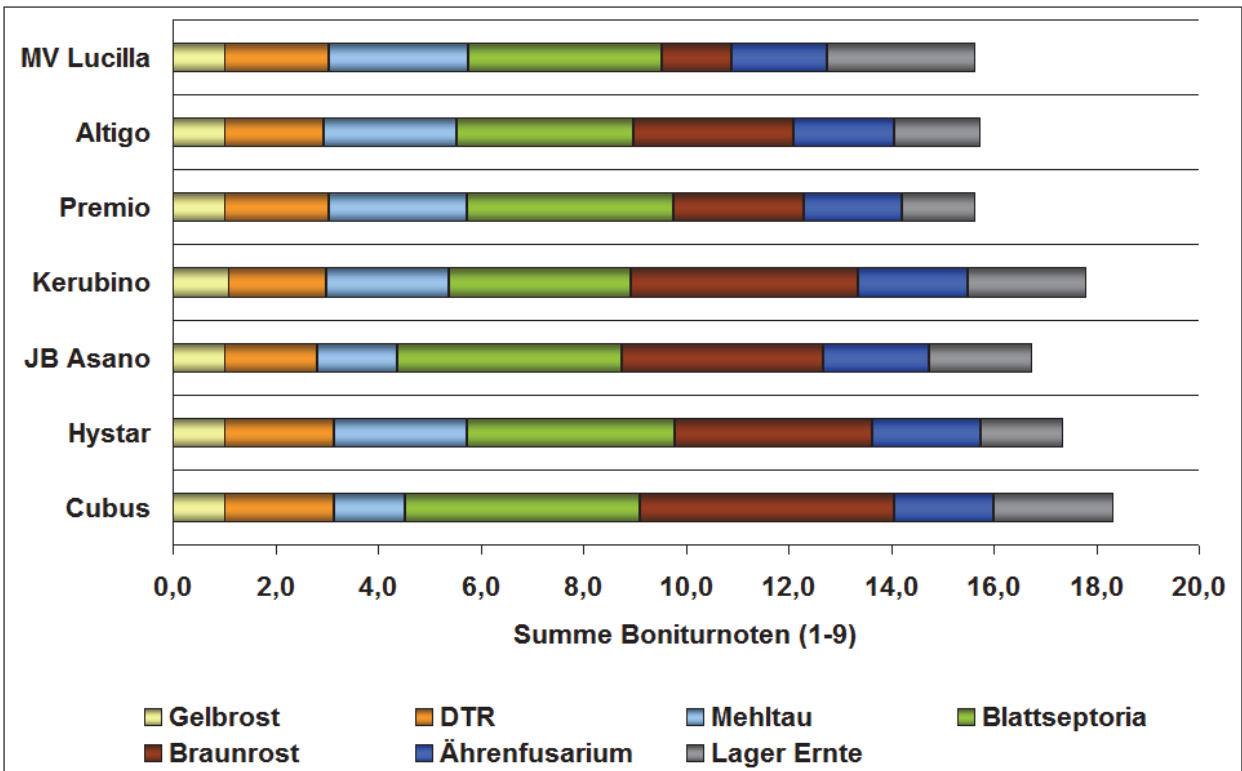
**Abbildung A6:** Ertragsentwicklung von Ackerbohnen in den Landessortenversuchen in Thüringen



**Abbildung A7:** Vergleich des durchschnittlichen Gelbreifetermins von orthogonal geprüften Winterweizensorten in den Landessortenversuchen im Mittel der Löss- und Verwitterungsstandorten der Jahre 2009 bis 2011



**Abbildung A8:** Vergleich der relativen Kornerträge von früh reifenden Winterweizensorten im Mittel der Löss- und Verwitterungsstandorten im Jahr 2011



**Abbildung A9:** Krankheitsanfälligkeit früh reifender Winterweizensorten 2010-2011 im Mittel aller Standorte in der Stufe ohne Fungizid- und mit reduziertem Wachstumsreglereinsatz

**Tabelle A1:** Empfehlungssorten und Sortenwechsell im Winterweizenanbau in Thüringen  
2006 - 2011

Q.	2006	2007	2008	2009	2010	2011	Jahr Zulassung
E	Aron	Aron					1992
	Akteur	Akteur	Akteur	Akteur	Akteur	Akteur	2003
	Privileg						2004
						<b>Kerubino</b>	2004 (EU)
	<b>Magister</b>	Magister	Magister	Magister			2005
			<b>Skagen</b>	Skagen			2006
					<b>Adler</b>		2008
						<b>Arktis</b> <b>Florian</b> <b>Genius</b>	2010 2010 2010
A	Tiger						2001
	Tommi	Tommi	Tommi				2002
	Ellvis						2002
	SWTataros						2002 (EU)
	Cubus	Cubus	Cubus	Cubus	Cubus	Cubus	2002
	<b>Toras</b>	Toras	Toras	Toras	Toras	Toras	2004
	Türkis	Türkis	Türkis	Türkis	Türkis	Türkis	2004
	Akratos	Akratos	Akratos	Akratos			2004
	<b>Lahertis</b>	Lahertis					2004
	<b>Brilliant</b>	Brilliant	Brilliant	Brilliant	Brilliant		2005
	<b>Leiffer</b>						2005
	<b>Boomer</b>	Boomer	Boomer	Boomer			2005
	<b>Schamane</b>	Schamane	Schamane	Schamane	Schamane		2005
		<b>Impression</b>	Impression	Impression	Impression	Impression	2005
		<b>Chevalier</b>	Chevalier	Chevalier	Chevalier	Chevalier	2005 (EU)
		<b>Potenzial</b>	Potenzial	Potenzial	Potenzial	Potenzial	2006
			<b>Kranich</b>	Kranich			2007
			<b>Format</b>	Format			2007
		<b>Jenga</b>	Jenga			2007	
		<b>Esket</b>	Esket			2007	
			<b>JB Asano</b>	JB Asano	JB Asano	2008	
			<b>Pamier</b>	Pamier	Pamier	2008	
			<b>Julius</b>	Julius	Julius	2008	
					<b>Meister</b>	2010	
B	Dekan	Dekan	Dekan	Dekan			1999
	Hybred	Hybred	Hybred				2003
	Campari						2003
	Buteo	Buteo	Buteo				2004
	Solitär						2004
		<b>Anthus</b>					2005
		<b>Mulan</b>	Mulan	Mulan	Mulan		2006
		<b>Carenius</b>					2006
			<b>Manager</b>	Manager			2006
				<b>Kredo</b>	Kredo	2009	
C	<b>Hermann</b>	Hermann	Hermann	Hermann	Hermann	Hermann	2004
			<b>Skalmeje</b>	Skalmeje			2006
				<b>Tabasco</b>	Tabasco	Tabasco	2008



**Tabelle A2:** Empfehlungssorten und Sortenwechsel im Winterfuttergerstenanbau in Thüringen 2006 - 2011

Typ	2006	2007	2008	2009	2010	2011	Jahr Zulassung
mz	Franziska	Franziska					2000
	Lomerit	Lomerit	Lomerit	Lomerit	Lomerit	Lomerit	2001
	Traminer	Traminer					2002
	Caprima						2002
	Merlot	Merlot					2002
	Naomie	Naomie	Naomie				2003
	Action	Action					2004
	Laverda	Laverda	Laverda	Laverda			2005
					<b>Pelican</b>	Pelican	2005 (EU)
		<b>Alinghi</b>	Alinghi	Alinghi	Alinghi		2006
		<b>Fridericus</b>	Fridericus	Fridericus			2006
			Highlight	Highlight	Highlight	Highlight	2007
			<b>Leibniz</b>	Leibniz			2007
				<b>Zzoom</b>	Zzoom	Zzoom	2008
				<b>Christa</b>			2008
					<b>Souleyka</b>	Souleyka	2009
					<b>Semper</b>	Semper	2009
					<b>Kathleen</b>	Kathleen	2009
					<b>Hobbit</b>	2010	
zz	Reni	Reni					2001
	Passion	Passion					2002
	Verticale						2003
	Jessica						2003
	Spectrum	Spectrum					2004
	Campanile	Campanile	Campanile	Campanile	Campanile		2005
	Jorinde						2005
		<b>Cantare</b>	Cantare	Cantare			2006
		<b>Emily</b>	Emily	Emily			2006
		<b>Finesse</b>	Finesse				2006
			<b>Sabine</b>				2007
				<b>Metaxa</b>	Metaxa		2008
				<b>MHFirenzza</b>			2008
					<b>Anisette</b>	Anisette	2009
					<b>Canberra</b>	Canberra	2009
				<b>Zephyr</b>	Zephyr	2009	
					<b>Famosa</b>	2010	

**Tabelle A3:** Empfehlungsorten und Sortenwechsel im Sommerbraugerstenanbau in Thüringen 2007 - 2012

2007	2008	2009	2010	2011	2012	Jahr Zulassung
Barke						1996
Pasadena	Pasadena	Pasadena				1998
Auriga						2002
<b>Belana</b>	Belana					2003
	<b>Marthe</b>	Marthe	Marthe	Marthe	Marthe	2005
		<b>Quench</b>	Quench	Quench	Quench	2006
			<b>Grace</b>	Grace	Grace	2008

**Tabelle A4:** Empfehlungsorten und Sortenwechsel im Winterrapsanbau in Thüringen 2006 - 2011

Typ	2006	2007	2008	2009	2010	2011	Jahr Zulassung
Linienorten	Allure	Allure					2002
	Viking	Viking					2002
	<b>Aragon</b>	Aragon	Aragon				2004
	<b>NK Fair</b>	NK Fair	NK Fair				2004
	Oase	Oase					2004
	<b>Verona</b>	Verona					2004
		<b>Ladoga</b>	Ladoga	Ladoga	Ladoga	Ladoga	2005
			<b>NK Nemax</b>	NK Nemax	NK Nemax	NK Nemax	2005
		<b>Lorenz</b>	Lorenz	Lorenz	Lorenz		2005
				<b>Celebration</b>			2005
		<b>NK Bravour</b>	NK Bravour	NK Bravour			2005
			<b>Billy</b>				2005
			<b>Lilian</b>				2005
				<b>Adriana</b>	Adriana	Adriana	2007
				<b>Vision</b>	Vision	Vision	2007
	Hybridsorten						<b>Galileo</b>
						<b>Amillia</b>	2010
Baldur		Baldur	Baldur				2001 (EU)
Elektra		Elektra	Elektra	Elektra	Elektra		2002
Titan		Titan					2002
Mika		Mika					2003
<b>Taurus</b>		Taurus	Taurus				2004
				<b>NK Petrol</b>			2006 (EU)
					<b>PR46W15</b>	PR46W15	2007
				<b>Visby</b>	Visby	Visby	2007
			<b>Fangio</b>				2007
				<b>Dimension</b>	Dimension	Dimension	2008
					<b>PR46W20</b>	PR46W20	2008
				<b>Hammer</b>			2008
				<b>Compass</b>	Compass	2009	
					<b>Sherpa</b>	2010	

**Tabelle A5:** Empfehlungsorten und Sortenwechsel im Silomaisanbau (mittelfrüh) in Thüringen 2007 - 2012

Typ	2007	2008	2009	2010	2011	2012	Jahr Zulassung
mittelfrüh	LG 3226	LG 3226	LG 3226	LG 3226	LG 3226		2001
	Topper						2001
	Lacta						2002
	Milagro						2002
	PR 39 B 50						2002
	<b>PR 39 R 86</b>						2002 (EU)
	Sileno	Sileno	Sileno				2003
	Positive	Positive					2003
	<b>Agro Max</b>	Agro Max	Agro Max				2004
	DKC 2949	DKC 2949	DKC 2949				2004
	<b>ES Limes</b>	ES Limes	ES Limes				2004
	<b>Goldosse</b>	Goldosse	Goldosse				2004
	Nathan	Nathan					2004
	<b>PR 39 A 98</b>	PR 39 A 98					2004
	<b>Aventura</b>	Aventura	Aventura	Aventura	Aventura		2005
		<b>Clemente</b>	Clemente	Clemente			2005
		<b>Phantom</b>	Phantom	Phantom			2005
		<b>Asteri CS</b>	Asteri CS	Asteri CS	Asteri CS		2006
		<b>DKC 2960</b>	DKC 2960	DKC 2960	DKC 2960		2006
		<b>PR 39 T 13</b>	PR 39 T 13	PR 39 T 13	PR 39 T 13		2006
					<b>Filippo</b>	Filippo	2007
				<b>LG 3220</b>	LG 3220	LG 3220	2007
				<b>Maritimo</b>	Maritimo	Maritimo	2007
				<b>NK Nekta</b>	NK Nekta	NK Nekta	2007
					<b>NK Perform</b>	NK Perform	2007 (EU)
				<b>Torres</b>	Torres	Torres	2007
				<b>Alumic</b>	Alumic	Alumic	2008
				<b>LG 3234</b>	LG 3234	LG 3234	2008
					<b>NK Famous</b>	NK Famous	2008
				<b>Ricardinio</b>	Ricardinio	Ricardinio	2008
					<b>Agro Yoko</b>	Agro Yoko	2009
					<b>Fernandez</b>	Fernandez	2009
					<b>NK Top</b>		2009
					<b>P 8000</b>		2009
				<b>Amaretto</b>		2010	
				<b>Barros</b>		2010	
				<b>Grosso</b>		2010	

**Tabelle A6:** Empfehlungsorten und Sortenwechsel im Silomaisanbau (früh) in Thüringen 2007 - 2012

Typ	2007	2008	2009	2010	2011	2012	Jahr Zulassung	
früh	Nescio						1999 (EU)	
	Icebear						2002	
	Delitop	Delitop	Delitop	Delitop			2003	
	Aurelia	Aurelia					2003	
	Constantino	Constantino					2003	
	Fauna	Fauna					2003	
	Rosalie	Rosalie					2003	
	Amadeo	Amadeo	Amadeo	Amadeo	Amadeo	Amadeo	Amadeo	2004
	Salgado	Salgado	Salgado	Salgado	Salgado	Salgado	Salgado	2004
	<b>Silas</b>	Silas	Silas					2004
	Spezi	Spezi	Spezi					2004
		<b>Amatus</b>	Amatus	Amatus				2005
		<b>Patrick</b>	Patrick	Patrick				2005
		<b>Saludo</b>	Saludo	Saludo				2005
			<b>PR39B56</b>	PR39B56	PR39B56			2006
			<b>Xxira</b>	Xxira	Xxira			2006
				<b>Kalvin</b>	Kalvin	Kalvin		2007
			<b>LG 3211</b>	LG 3211	LG 3211	LG 3211		2007
			<b>NK Falkone</b>	NK Falkone	NK Falkone	NK Falkone		2007
						<b>Ayrro</b>		2008 (EU)
					<b>Aaposito</b>	Aaposito		2009
						<b>Ambrosini</b>		2009
						<b>Fabregas</b>		2009
						<b>Könixx</b>		2009
						<b>LG 30211</b>		2010
						<b>LG 30222</b>		2010

**Tabelle A7:** Beschreibung der Versuchsstandorte in der Prüfung früh reifender Winterweizensorten

Ort	Land	Anbaugesamt	Bodenart	Ackerzahl	Höhenlage (m)	mittlere Temperatur (°C)	mittlere Niederschläge (mm)
Bernburg	Sachsen-Anhalt	Lö	Lehm	96-100	80	8,9	483
Dornburg	Thüringen	Lö	Schluff	46-80	260	8,3	584
Friemar	Thüringen	Lö	Lehm	96	284	8,0	541
Salbitz	Sachsen	Lö	Lehm	86	126	8,8	596
Burkersdorf	Thüringen	V	sandiger Lehm	36	440	7,1	623
Forchheim	Sachsen	V	sandiger Lehm	33	565	6,5	879
Hayn	Sachsen-Anhalt	V	Lehm	35-45	441	6,5	618

**Tabelle A8:** Übersicht der Sortimente bei der Prüfung früh reifender Winterweizensorten

Sorte	Qualitätsgruppe	2009	2010	2011
Cubus	A	x	x	x
Hystar	(B/C)	x	x	x
JB Asano	A	x	x	x
Kerubino	(E)	x	x	x
Premio	(B)	x	x	x
Altigo	(B)	-	x	x
MV Lucilla	(A)	-	x	x
Arezzo	(A/B)	-	-	x
Midas	(E)	-	-	x
Norin	E	-	-	x
Mercato	(B)	x	x	-
Expert	(C)	-	x	-
Fidelius	(A)	-	x	-
Agil	(A)	x	-	-
IS Karpatia	(A)	x	-	-
Mulan	B	x	-	-
Türkis	A	x	-	-
<b>Prüfgliedanzahl</b>		<b>10</b>	<b>10</b>	<b>10</b>

**Tabelle A9:** Qualitätseigenschaften früh reifender Winterweizensorten auf Löss- und Verwitterungsstandorten 2009 bis 2011

Sorte (Qualitäts- gruppe)	Rohproteingehalt (%, 100 % TS)			Sedimentations- wert (ml)			Fallzahl (s)			Hektolitergewicht (kg/hl)		
	2009 (n = 5)	2010 (n = 7)	2011 (n = 7)	2009 (n = 5)	2010 (n = 7)	2011 (n = 7)	2009 (n = 5)	2010 (n = 7)	2011 (n = 7)	2009 (n = 5)	2010 (n = 7)	2011 (n = 7)
Cubus (A)	12,6	13,6	14,2	53	54	58	438	251	376	79,2	75,4	80,1
Hystar (B/C)	11,7	12,7	12,3	24	35	27	332	245	215	78,4	73,3	78,9
JB Asano (A)	12,7	13,5	14,3	41	42	47	422	244	338	79,9	75,6	81,2
Kerubino (E)	13,1	14,0	14,1	47	54	60	378	285	326	80,1	75,5	80,3
Premio (B)	13,2	13,7	13,9	48	47	51	412	349	337	76,2	74,6	79,4
Altigo (B)		13,2	13,6		45	45		214	268		74,4	78,4
MV Lucilla (A)		14,0	14,9		52	69		200	145		74,5	79,2
Arezzo (A/B)			13,5			51			354			81,8
Midas (E)			14,9			66			348			81,5
Norin (E)			14,3			56			319			80,1
Mercato (B)	12,5	13,2		51	42		360	336		76,0	73,3	
Expert (C)		13,2			52			293			73,4	
Fidelius (A)		13,1			46			303			76,0	
Agil (A)	12,9			38			428			79,8		
IS Karpatia (A)	14,0			56			389			81,1		
Mulan (B)	12,4			35			292			79,5		
Türkis (A)	12,9			40			405			80,2		
<b>Sortenmittel</b>	<b>12,8</b>	<b>13,4</b>	<b>14,0</b>	<b>43</b>	<b>47</b>	<b>53</b>	<b>386</b>	<b>272</b>	<b>303</b>	<b>79,0</b>	<b>74,6</b>	<b>80,1</b>



**Tabelle A 10:** Kornerträge (dt/ha) und statistische Auswertung (t-Test,  $\alpha = 0.05$ ) der Einzelstandorte in der Prüfung früh reifender Winterweizensorten 2009 - 2011

Sorte	Bernburg		Dornburg		Friemar		Salbitz		Burkersdorf		Forchheim		Hayn	
	Ertrag	Signif.	Ertrag	Signif.	Ertrag	Signif.	Ertrag	Signif.	Ertrag	Signif.	Ertrag	Signif.	Ertrag	Signif.
<b>2009</b>														
Cubus (a)	111,9	bcd	103,3	cde	89,4	c			91,9	cde			67,0	de
Hystar (b)	121,4	a	115,8	a	105,4	a			107,0	a			87,6	a
Agil (c)	114,4	bc	103,4	cde	95,8	b			91,6	cde			64,9	de
Kerubino (d)	110,7	cd	112,0	a	103,5	a			92,9	cde			67,1	de
Mercato (e)	108,1	d	99,6	e	82,8	d			85,6	f			70,1	cd
Premio (f)	114,6	bc	102,7	de	89,4	c			88,5	ef			63,7	e
JB Asano (g)	120,6	a	113,8	a	89,3	c			98,1	b			66,4	de
IS Karpatia (h)	99,4	e	90,5	f	67,0	e			85,5	f			49,3	f
Türkis (i)	115,4	b	104,3	cd	91,5	c			92,2	cde			68,5	de
Mulan (i)	111,4	cd	107,3	bc	90,7	c			95,2	bc			75,4	b
<b>Mittel</b>	<b>112,8</b>		<b>105,2</b>		<b>90,5</b>				<b>92,8</b>				<b>68,0</b>	
<b>Grenzdifferenz</b>	<b>3,9</b>		<b>4,0</b>		<b>4,2</b>				<b>4,6</b>				<b>5,2</b>	
<b>2010</b>														
Cubus (a)	98,3	bcd	115,3	de	73,2	cde	100,0	bc	73,3	a	96,4	ab	73,2	abc
Hystar (b)	104,3	b	121,6	bc	85,2	a	97,4	c	76,6	a	98,1	a	79,9	a
Kerubino (c)	104,2	b	113,2	de	80,8	ab	101,9	bc	73,5	a	91,4	bc	71,1	c
Mercato (d)	91,8	d	111,4	e	76,2	bcd	104,7	ab	73,7	a	90,4	cd	72,1	bc
Premio (e)	97,6	bcd	117,4	bcd	71,1	de	105,0	ab	74,5	a	90,6	bc	73,7	abc
JB Asano (f)	102,0	b	122,2	ab	75,0	bcd	109,2	a	75,3	a	91,9	bc	76,6	abc
MV Lucilla (g)	113,1	a	115,8	de	67,9	e	97,1	c	81,6	a	81,1	e	73,2	abc
Altigo (h)	100,4	bc	114,1	de	72,0	de	101,6	bc	79,3	a	96,2	abc	78,7	ab
Expert (i)	99,5	bc	118,6	bcd	79,2	bc	90,3	d	74,6	a	94,7	abc	74,0	abc
Fidelius (i)	94,5	cd	113,2	de	70,8	de	103,1	abc	72,7	a	98,5	a	73,5	abc
<b>Mittel</b>	<b>100,6</b>		<b>116,3</b>		<b>75,1</b>		<b>101,0</b>		<b>75,5</b>		<b>92,9</b>		<b>74,6</b>	
<b>Grenzdifferenz</b>	<b>6,9</b>		<b>5,7</b>		<b>5,9</b>		<b>6,6</b>		<b>9,2</b>		<b>5,8</b>		<b>6,7</b>	
<b>2011</b>														
Cubus (a)	95,6	abc	107,7	bc	77,7	b	80,4	cde	86,3	bc	105,3	bc	61,2	c
Hystar (b9)	95,1	abc	116,1	a	89,0	a	87,2	ab	93,3	a	109,4	a	76,0	a
JB Asano (c)	100,3	a	113,7	ab	75,8	b	88,4	a	88,0	ab	107,2	ab	67,8	abc
Kerubino (d)	99,3	ab	105,6	cd	80,1	ab	85,2	abc	88,5	ab	98,9	de	74,4	ab
Premio (e)	91,1	bc	97,6	e	75,3	b	76,2	ef	81,3	cd	96,0	e	64,1	bc
Altigo (f)	89,6	cd	104,5	cde	80,8	ab	85,2	abc	82,9	bcd	101,3	cd	65,7	abc
MV Lucilla (g)	87,2	cd	85,8	f	62,4	d	75,2	f	71,9	f	88,5	f	56,4	c
Arezzo (h)	99,6	ab	108,2	abc	81,6	ab	79,4	def	81,3	cd	96,0	e	65,7	abc
Midas (i)	91,6	abc	101,2	cde	75,5	b	80,7	cde	79,1	de	100,9	d	73,9	ab
Norin (i)	81,4	d	98,0	de	65,5	cd	82,5	bcd	74,0	ef	95,9	e	64,9	abc
<b>Mittel</b>	<b>93,1</b>		<b>103,8</b>		<b>76,3</b>		<b>82,0</b>		<b>82,6</b>		<b>99,9</b>		<b>67,0</b>	
<b>Grenzdifferenz</b>	<b>9,1</b>		<b>7,9</b>		<b>9,7</b>		<b>4,8</b>		<b>6,3</b>		<b>3,9</b>		<b>11,8</b>	

**Tabelle A11:** Faktoren und Stufen in der Prüfung von Saatzeit und Saatstärke von Winterweizen an den Thüringer Standorten Dornburg und Burkersdorf von 2009 bis 2011

Prüffaktor	Stufe 1	Stufe 2	Stufe 3
<b>A: Saatzeit</b>	Frühsaat: 1. Septemberdekade	Normalsaat: Ende September / Anfang Oktober	-
<b>B: Saatstärke</b>	reduziert: 150 Körner/m <sup>2</sup> in Frühsaat 250 Körner/m <sup>2</sup> in Normalsaat	normal: 250 Körner/m <sup>2</sup> in Frühsaat 350 Körner/m <sup>2</sup> in Normalsaat	-
<b>C: Sorte</b>	A-Weizen Cubus: früher reifend	A-Weizen Türkis: mittel reifend	A-Weizen Potenzial: mittel bis spät reifend

**Tabelle A12:** Absoluter Ertrag: Korn (dt/ha, 86% TS), mit Fungizid- und optimalem Wachstumsreglereinsatz, Mittel der Standorte Dornburg und Burkersdorf

Sorte	Saatstärke	2009		2010		2011		Mittel 2009-2011	
		Frühsaat	Nomalsaat	Frühsaat	Nomalsaat	Frühsaat	Nomalsaat	Frühsaat	Nomalsaat
Cubus	reduziert	97,1	93,8	92,7	80,5	103,7	97,3	<b>97,8</b>	<b>90,5</b>
	normal	101,8	96,9	92,0	82,9	108,4	99,5	<b>100,7</b>	<b>93,1</b>
	Mittel	99,4	95,4	92,4	81,7	106,0	98,4	<b>99,3</b>	<b>91,8</b>
Türkis	reduziert	99,5	93,8	87,8	75,1	95,0	89,8	<b>94,1</b>	<b>86,2</b>
	normal	105,6	96,8	90,1	80,7	101,1	91,8	<b>98,9</b>	<b>89,7</b>
	Mittel	102,5	95,3	88,9	77,9	98,1	90,8	<b>96,5</b>	<b>88,0</b>
Potenzial	reduziert	99,6	94,4	88,3	84,7	101,8	93,7	<b>96,6</b>	<b>90,9</b>
	normal	105,8	99,0	91,4	87,5	106,5	97,8	<b>101,2</b>	<b>94,8</b>
	Mittel	102,7	96,7	89,9	86,1	104,1	95,8	<b>98,9</b>	<b>92,9</b>
<b>Mittel</b>	<b>reduziert</b>	<b>98,8</b>	<b>94,0</b>	<b>89,6</b>	<b>80,1</b>	<b>100,1</b>	<b>93,6</b>	<b>96,2</b>	<b>89,2</b>
	<b>normal</b>	<b>104,4</b>	<b>97,6</b>	<b>91,2</b>	<b>83,7</b>	<b>105,3</b>	<b>96,4</b>	<b>100,3</b>	<b>92,6</b>
	<b>Mittel</b>	<b>101,6</b>	<b>95,8</b>	<b>90,4</b>	<b>81,9</b>	<b>102,7</b>	<b>95,0</b>	<b>98,2</b>	<b>90,9</b>

Saatstärke reduziert: 1. Saatzeit 150 K/m<sup>2</sup>, 2. Saatzeit 250 K/m<sup>2</sup>

Saatstärke normal: 1. Saatzeit 250 K/m<sup>2</sup>, 2. Saatzeit 350 K/m<sup>2</sup>

Frühsaat: 02.-09. September

Normalsaat: 30. September - 08. Oktober

**Tabelle A13:** Relativer Ertrag: Korn (%), mit Fungizid- und optimalem Wachstumsreglereinsatz, Mittel der Standorte Dornburg und Burkersdorf

Sorte	Saatstärke	2009		2010		2011		Mittel 2009-2011	
		Früh-saat	Nomal-saat	Früh-saat	Nomal-saat	Früh-saat	Nomal-saat	Früh-saat	Nomal-saat
Cubus	reduziert	98	95	108	93	105	98	103	96
	normal	103	98	107	96	110	101	107	98
	Mittel	101	97	107	95	107	100	105	97
Türkis	reduziert	101	95	102	87	96	91	100	91
	normal	107	98	105	94	102	93	105	95
	Mittel	104	97	103	90	99	92	102	93
Potenzial	reduziert	101	96	103	98	103	95	102	96
	normal	107	100	106	102	108	99	107	100
	Mittel	104	98	104	100	105	97	105	98
<b>Mittel</b>	<b>reduziert</b>	<b>100</b>	<b>95</b>	<b>104</b>	<b>93</b>	<b>101</b>	<b>95</b>	<b>102</b>	<b>94</b>
	<b>normal</b>	<b>106</b>	<b>99</b>	<b>106</b>	<b>97</b>	<b>107</b>	<b>97</b>	<b>106</b>	<b>98</b>
	<b>Mittel</b>	<b>103</b>	<b>97</b>	<b>105</b>	<b>95</b>	<b>104</b>	<b>96</b>	<b>104</b>	<b>96</b>
<b>Bezugsbasis in dt/ha</b>		<b>98,7</b>		<b>86,1</b>		<b>98,9</b>		<b>94,6</b>	

Saatstärke reduziert: 1. Saatzeit 150 K/m<sup>2</sup>, 2. Saatzeit 250 K/m<sup>2</sup>

Saatstärke normal: 1. Saatzeit 250 K/m<sup>2</sup>, 2. Saatzeit 350 K/m<sup>2</sup>

Frühsaat: 02.-09. September

Normalsaat: 30. September - 08. Oktober

Bezugsbasis (Mittel der Saatzeiten, Saatstärken und Sorten)

**Tabelle A14:** Ertragskomponenten: Bestandesdichte (Ähren/m<sup>2</sup>), mit Fungizid- und optimalem Wachstumsreglereinsatz, Mittel der Standorte Dornburg und Burkersdorf

Sorte	Saatstärke	2009		2010		2011		Mittel 2009-2011	
		Früh-saat	Nomal-saat	Früh-saat	Nomal-saat	Früh-saat	Nomal-saat	Früh-saat	Nomal-saat
Cubus	reduziert	591	544	500	628	503	509	<b>531</b>	<b>560</b>
	normal	585	647	677	628	576	517	<b>613</b>	<b>597</b>
	Mittel	588	596	588	628	539	513	<b>572</b>	<b>579</b>
Türkis	reduziert	597	577	558	577	407	430	<b>521</b>	<b>528</b>
	normal	540	589	594	580	484	465	<b>539</b>	<b>545</b>
	Mittel	569	583	576	578	445	447	<b>530</b>	<b>536</b>
Potenzial	reduziert	622	647	746	709	492	526	<b>620</b>	<b>627</b>
	normal	676	717	713	769	566	542	<b>652</b>	<b>676</b>
	Mittel	649	682	729	739	529	534	<b>636</b>	<b>652</b>
<b>Mittel</b>	<b>reduziert</b>	<b>603</b>	<b>589</b>	<b>601</b>	<b>638</b>	<b>467</b>	<b>488</b>	<b>557</b>	<b>572</b>
	<b>normal</b>	<b>601</b>	<b>651</b>	<b>661</b>	<b>659</b>	<b>542</b>	<b>508</b>	<b>601</b>	<b>606</b>
	<b>Mittel</b>	<b>602</b>	<b>620</b>	<b>631</b>	<b>648</b>	<b>504</b>	<b>498</b>	<b>579</b>	<b>589</b>

Saatstärke reduziert: 1. Saatzeit 150 K/m<sup>2</sup>, 2. Saatzeit 250 K/m<sup>2</sup>

Saatstärke normal: 1. Saatzeit 250 K/m<sup>2</sup>, 2. Saatzeit 350 K/m<sup>2</sup>

Frühsaat: 02.-09. September

Normalsaat: 30. September - 08. Oktober

**Tabelle A15:** Ertragskomponenten: Kornzahl je Ähre, mit Fungizid- und optimalem Wachstumsreglereinsatz, Mittel der Standorte Dornburg und Burkersdorf

Sorte	Saatstärke	2009		2010		2011		Mittel 2009-2011	
		Früh-saat	Nomal-saat	Früh-saat	Nomal-saat	Früh-saat	Nomal-saat	Früh-saat	Nomal-saat
Cubus	reduziert	36,4	38,6	46,2	33,7	41,2	41,1	41,3	37,8
	normal	39,1	33,6	37,8	35,3	37,8	40,6	38,2	36,5
	Mittel	37,7	36,1	42,0	34,5	39,5	40,8	39,8	37,1
Türkis	reduziert	35,2	36,8	39,2	33,7	47,5	41,5	40,6	37,3
	normal	42,7	37,2	43,0	35,2	42,7	38,5	42,8	37,0
	Mittel	38,9	37,0	41,1	34,4	45,1	40,0	41,7	37,2
Potenzial	reduziert	36,7	34,9	30,6	32,0	44,2	38,6	37,2	35,2
	normal	37,3	31,6	36,3	29,4	40,9	40,1	38,1	33,7
	Mittel	37,0	33,2	33,4	30,7	42,5	39,3	37,7	34,4
<b>Mittel</b>	<b>reduziert</b>	<b>36,1</b>	<b>36,8</b>	<b>38,7</b>	<b>33,2</b>	<b>44,3</b>	<b>40,4</b>	<b>39,7</b>	<b>36,8</b>
	<b>normal</b>	<b>39,7</b>	<b>34,1</b>	<b>39,0</b>	<b>33,3</b>	<b>40,4</b>	<b>39,7</b>	<b>39,7</b>	<b>35,7</b>
	<b>Mittel</b>	<b>37,9</b>	<b>35,4</b>	<b>38,8</b>	<b>33,2</b>	<b>42,4</b>	<b>40,0</b>	<b>39,7</b>	<b>36,2</b>

Saatstärke reduziert: 1. Saatzeit 150 K/m<sup>2</sup>, 2. Saatzeit 250 K/m<sup>2</sup>

Saatstärke normal: 1. Saatzeit 250 K/m<sup>2</sup>, 2. Saatzeit 350 K/m<sup>2</sup>

Frühsaat: 02.-09. September

Normalsaat: 30. September - 08. Oktober

**Tabelle A16:** Ertragskomponenten: Tausendkornmasse (g), mit Fungizid- und optimalem Wachstumsreglereinsatz, Mittel der Standorte Dornburg und Burkersdorf

Sorte	Saatstärke	2009		2010		2011		Mittel 2009-2011	
		Früh-saat	Nomal-saat	Früh-saat	Nomal-saat	Früh-saat	Nomal-saat	Früh-saat	Nomal-saat
Cubus	reduziert	46,5	46,2	41,3	38,4	51,5	48,9	46,4	44,5
	normal	46,6	46,2	40,2	38,4	50,3	48,8	45,7	44,5
	Mittel	46,5	46,2	40,7	38,4	50,9	48,8	46,1	44,5
Türkis	reduziert	47,9	45,5	40,6	39,2	52,4	52,6	47,0	45,7
	normal	46,8	45,5	40,2	40,0	51,5	52,2	46,2	45,9
	Mittel	47,4	45,5	40,4	39,6	51,9	52,4	46,6	45,8
Potenzial	reduziert	44,6	44,3	40,8	38,7	47,9	47,9	44,4	43,6
	normal	43,1	44,8	41,1	39,6	47,6	47,3	43,9	43,9
	Mittel	43,8	44,5	41,0	39,2	47,8	47,6	44,2	43,8
<b>Mittel</b>	<b>reduziert</b>	<b>46,3</b>	<b>45,3</b>	<b>40,9</b>	<b>38,8</b>	<b>50,6</b>	<b>49,8</b>	<b>45,9</b>	<b>44,6</b>
	<b>normal</b>	<b>45,5</b>	<b>45,5</b>	<b>40,5</b>	<b>39,3</b>	<b>49,8</b>	<b>49,4</b>	<b>45,3</b>	<b>44,8</b>
	<b>Mittel</b>	<b>45,9</b>	<b>45,4</b>	<b>40,7</b>	<b>39,1</b>	<b>50,2</b>	<b>49,6</b>	<b>45,6</b>	<b>44,7</b>

Saatstärke reduziert: 1. Saatzeit 150 K/m<sup>2</sup>, 2. Saatzeit 250 K/m<sup>2</sup>

Saatstärke normal: 1. Saatzeit 250 K/m<sup>2</sup>, 2. Saatzeit 350 K/m<sup>2</sup>

Frühsaat: 02.-09. September

Normalsaat: 30. September - 08. Oktober

**Tabelle A17:** Ertragskomponenten: Einzelährenertrag (g), mit Fungizid- und optimalem Wachstumsreglereinsatz, Mittel der Standorte Dornburg und Burkersdorf

Sorte	Saatstärke	2009		2010		2011		Mittel 2009-2011	
		Früh-saat	Nomal-saat	Früh-saat	Nomal-saat	Früh-saat	Nomal-saat	Früh-saat	Nomal-saat
Cubus	reduziert	1,7	1,8	1,9	1,3	2,1	2,0	1,9	1,7
	normal	1,8	1,5	1,6	1,4	1,9	2,0	1,8	1,6
	Mittel	1,7	1,6	1,7	1,4	2,0	2,0	1,8	1,7
Türkis	reduziert	1,7	1,7	1,6	1,3	2,5	2,2	1,9	1,7
	normal	2,0	1,7	1,8	1,4	2,2	2,0	2,0	1,7
	Mittel	1,8	1,7	1,7	1,4	2,3	2,1	2,0	1,7
Potenzial	reduziert	1,6	1,5	1,3	1,2	2,1	1,8	1,7	1,5
	normal	1,6	1,4	1,5	1,2	1,9	1,9	1,7	1,5
	Mittel	1,6	1,5	1,4	1,2	2,0	1,8	1,7	1,5
<b>Mittel</b>	<b>reduziert</b>	<b>1,7</b>	<b>1,7</b>	<b>1,6</b>	<b>1,3</b>	<b>2,2</b>	<b>2,0</b>	<b>1,8</b>	<b>1,6</b>
	<b>normal</b>	<b>1,8</b>	<b>1,5</b>	<b>1,6</b>	<b>1,3</b>	<b>2,0</b>	<b>1,9</b>	<b>1,8</b>	<b>1,6</b>
	<b>Mittel</b>	<b>1,7</b>	<b>1,6</b>	<b>1,6</b>	<b>1,3</b>	<b>2,1</b>	<b>2,0</b>	<b>1,8</b>	<b>1,6</b>

Saatstärke reduziert: 1. Saatzeit 150 K/m<sup>2</sup>, 2. Saatzeit 250 K/m<sup>2</sup>

Saatstärke normal: 1. Saatzeit 250 K/m<sup>2</sup>, 2. Saatzeit 350 K/m<sup>2</sup>

Frühsaat: 02.-09. September

Normalsaat: 30. September - 08. Oktober

**Tabelle A18:** Ertragskomponenten: Bestockungsrate (Ähren/Keimpflanze), mit Fungizid- und optimalem Wachstumsreglereinsatz, Mittel der Standorte Dornburg und Burkersdorf

Sorte	Saatstärke	2009		2010		2011		Mittel 2009-2011	
		Früh-saat	Nomal-saat	Früh-saat	Nomal-saat	Früh-saat	Nomal-saat	Früh-saat	Nomal-saat
Cubus	reduziert	4,2	3,0	3,8	2,8	2,9	2,3	3,7	2,7
	normal	3,2	2,1	2,9	1,9	2,5	1,8	2,9	1,9
	Mittel	3,7	2,5	3,4	2,4	2,7	2,1	3,3	2,3
Türkis	reduziert	3,8	2,4	3,9	2,4	3,1	1,9	3,6	2,2
	normal	2,7	1,7	2,6	1,6	2,1	1,5	2,5	1,6
	Mittel	3,3	2,0	3,2	2,0	2,6	1,7	3,0	1,9
Potenzial	reduziert	4,7	3,6	5,7	2,6	3,6	2,2	4,7	2,8
	normal	3,6	2,3	3,2	2,2	2,5	1,7	3,1	2,1
	Mittel	4,1	2,9	4,4	2,4	3,1	2,0	3,9	2,4
<b>Mittel</b>	<b>reduziert</b>	<b>4,2</b>	<b>3,0</b>	<b>4,5</b>	<b>2,6</b>	<b>3,2</b>	<b>2,1</b>	<b>4,0</b>	<b>2,6</b>
	<b>normal</b>	<b>3,2</b>	<b>2,0</b>	<b>2,9</b>	<b>1,9</b>	<b>2,4</b>	<b>1,7</b>	<b>2,8</b>	<b>1,9</b>
	<b>Mittel</b>	<b>3,7</b>	<b>2,5</b>	<b>3,7</b>	<b>2,2</b>	<b>2,8</b>	<b>1,9</b>	<b>3,4</b>	<b>2,2</b>

Saatstärke reduziert: 1. Saatzeit 150 K/m<sup>2</sup>, 2. Saatzeit 250 K/m<sup>2</sup>

Saatstärke normal: 1. Saatzeit 250 K/m<sup>2</sup>, 2. Saatzeit 350 K/m<sup>2</sup>

Frühsaat: 02.-09. September

Normalsaat: 30. September - 08. Oktober



**Tabelle A19:** Entwicklung: Datum Aufgang, mit Fungizid- und optimalem Wachstumsreglereinsatz, Mittel der Standorte Dornburg und Burkersdorf

Sorte	Saatstärke	2009		2010		2011		Mittel 2009-2011	
		Früh-saat	Nomal-saat	Früh-saat	Nomal-saat	Früh-saat	Nomal-saat	Früh-saat	Nomal-saat
Cubus	reduziert	18.9	18.10	13.9	17.10	20.9	23.10	17.9	19.10
	normal	17.9	18.10	13.9	17.10	20.9	23.10	17.9	19.10
	Mittel	17.9	18.10	13.9	17.10	20.9	23.10	17.9	19.10
Türkis	reduziert	17.9	17.10	13.9	17.10	22.9	23.10	17.9	19.10
	normal	16.9	17.10	13.9	17.10	22.9	23.10	17.9	19.10
	Mittel	16.9	17.10	13.9	17.10	22.9	23.10	17.9	19.10
Potenzial	reduziert	19.9	19.10	14.9	17.10	23.9	24.10	18.9	20.10
	normal	19.9	19.10	14.9	17.10	23.9	23.10	18.9	19.10
	Mittel	19.9	19.10	14.9	17.10	23.9	23.10	18.9	19.10
<b>Mittel</b>	<b>reduziert</b>	<b>18.9</b>	<b>18.10</b>	<b>13.9</b>	<b>17.10</b>	<b>21.9</b>	<b>23.10</b>	<b>17.9</b>	<b>19.10</b>
	<b>normal</b>	<b>17.9</b>	<b>18.10</b>	<b>13.9</b>	<b>17.10</b>	<b>21.9</b>	<b>23.10</b>	<b>17.9</b>	<b>19.10</b>
	<b>Mittel</b>	<b>17.9</b>	<b>18.10</b>	<b>13.9</b>	<b>17.10</b>	<b>21.9</b>	<b>23.10</b>	<b>17.9</b>	<b>19.10</b>

Saatstärke reduziert: 1. Saatzeit 150 K/m<sup>2</sup>, 2. Saatzeit 250 K/m<sup>2</sup>

Saatstärke normal: 1. Saatzeit 250 K/m<sup>2</sup>, 2. Saatzeit 350 K/m<sup>2</sup>

Frühsaat: 02.-09. September

Normalsaat: 30. September - 08. Oktober

**Tabelle A20:** Entwicklung: Datum Ährenschieben, mit Fungizid- und optimalem Wachstumsreglereinsatz, Mittel der Standorte Dornburg und Burkersdorf

Sorte	Saatstärke	2009		2010		2011		Mittel 2009-2011	
		Früh-saat	Nomal-saat	Früh-saat	Nomal-saat	Früh-saat	Nomal-saat	Früh-saat	Nomal-saat
Cubus	reduziert	27.5	2.6	7.6	9.6	27.5	2.6	31.5	4.6
	normal	27.5	1.6	7.6	9.6	27.5	2.6	31.5	4.6
	Mittel	27.5	1.6	7.6	9.6	27.5	2.6	31.5	4.6
Türkis	reduziert	29.5	5.6	10.6	12.6	29.5	3.6	2.6	6.6
	normal	29.5	4.6	10.6	12.6	29.5	2.6	2.6	6.6
	Mittel	29.5	4.6	10.6	12.6	29.5	2.6	2.6	6.6
Potenzial	reduziert	28.5	4.6	7.6	10.6	28.5	30.5	31.5	4.6
	normal	28.5	4.6	7.6	10.6	28.5	30.5	31.5	4.6
	Mittel	28.5	4.6	7.6	10.6	28.5	30.5	31.5	4.6
<b>Mittel</b>	<b>reduziert</b>	<b>28.5</b>	<b>3.6</b>	<b>8.6</b>	<b>10.6</b>	<b>28.5</b>	<b>1.6</b>	<b>31.5</b>	<b>4.6</b>
	<b>normal</b>	<b>28.5</b>	<b>3.6</b>	<b>8.6</b>	<b>10.6</b>	<b>28.5</b>	<b>1.6</b>	<b>31.5</b>	<b>4.6</b>
	<b>Mittel</b>	<b>28.5</b>	<b>3.6</b>	<b>8.6</b>	<b>10.6</b>	<b>28.5</b>	<b>1.6</b>	<b>31.5</b>	<b>4.6</b>

Saatstärke reduziert: 1. Saatzeit 150 K/m<sup>2</sup>, 2. Saatzeit 250 K/m<sup>2</sup>

Saatstärke normal: 1. Saatzeit 250 K/m<sup>2</sup>, 2. Saatzeit 350 K/m<sup>2</sup>

Frühsaat: 02.-09. September

Normalsaat: 30. September - 08. Oktober

**Tabelle A21:** Entwicklung: Datum Gelbreife, mit Fungizid- und optimalem Wachstumsreglereinsatz, Mittel der Standorte Dornburg und Burkersdorf

Sorte	Saatstärke	2009		2010		2011		Mittel 2009-2011	
		Früh-saat	Nomal-saat	Früh-saat	Nomal-saat	Früh-saat	Nomal-saat	Früh-saat	Nomal-saat
Cubus	reduziert	22.7	26.7	17.7	20.7	13.7	16.7	17.7	20.7
	normal	21.7	26.7	17.7	20.7	13.7	16.7	17.7	20.7
	Mittel	22.7	26.7	17.7	20.7	13.7	16.7	17.7	20.7
Türkis	reduziert	24.7	28.7	20.7	21.7	13.7	18.7	19.7	22.7
	normal	24.7	28.7	20.7	21.7	15.7	17.7	19.7	22.7
	Mittel	24.7	28.7	20.7	21.7	14.7	17.7	19.7	22.7
Potenzial	reduziert	25.7	29.7	20.7	22.7	14.7	19.7	20.7	23.7
	normal	25.7	29.7	20.7	22.7	15.7	19.7	20.7	23.7
	Mittel	25.7	29.7	20.7	22.7	14.7	19.7	20.7	23.7
<b>Mittel</b>	<b>reduziert</b>	<b>24.7</b>	<b>27.7</b>	<b>19.7</b>	<b>21.7</b>	<b>13.7</b>	<b>17.7</b>	<b>18.7</b>	<b>22.7</b>
	<b>normal</b>	<b>23.7</b>	<b>27.7</b>	<b>19.7</b>	<b>21.7</b>	<b>14.7</b>	<b>17.7</b>	<b>18.7</b>	<b>22.7</b>
	<b>Mittel</b>	<b>23.7</b>	<b>27.7</b>	<b>19.7</b>	<b>21.7</b>	<b>14.7</b>	<b>17.7</b>	<b>18.7</b>	<b>22.7</b>

Saatstärke reduziert: 1. Saatzeit 150 K/m<sup>2</sup>, 2. Saatzeit 250 K/m<sup>2</sup>

Saatstärke normal: 1. Saatzeit 250 K/m<sup>2</sup>, 2. Saatzeit 350 K/m<sup>2</sup>

Frühsaat: 02.-09. September

Normalsaat: 30. September - 08. Oktober

**Tabelle A22:** Entwicklung: Datum Ernte, mit Fungizid- und optimalem Wachstumsreglereinsatz, Mittel der Standorte Dornburg und Burkersdorf

Sorte	Saatstärke	2009		2010		2011		Mittel 2009-2011	
		Früh-saat	Nomal-saat	Früh-saat	Nomal-saat	Früh-saat	Nomal-saat	Früh-saat	Nomal-saat
Cubus	reduziert	2.8	10.8	5.8	21.8	3.8	10.8	3.8	13.8
	normal	2.8	10.8	5.8	21.8	3.8	10.8	3.8	13.8
	Mittel	2.8	10.8	5.8	21.8	3.8	10.8	3.8	13.8
Türkis	reduziert	2.8	10.8	5.8	21.8	3.8	10.8	3.8	13.8
	normal	2.8	10.8	5.8	21.8	3.8	10.8	3.8	13.8
	Mittel	2.8	10.8	5.8	21.8	3.8	10.8	3.8	13.8
Potenzial	reduziert	2.8	10.8	5.8	21.8	3.8	10.8	3.8	13.8
	normal	2.8	10.8	5.8	21.8	3.8	10.8	3.8	13.8
	Mittel	2.8	10.8	5.8	21.8	3.8	10.8	3.8	13.8
<b>Mittel</b>	<b>reduziert</b>	<b>2.8</b>	<b>10.8</b>	<b>5.8</b>	<b>21.8</b>	<b>3.8</b>	<b>10.8</b>	<b>3.8</b>	<b>13.8</b>
	<b>normal</b>	<b>2.8</b>	<b>10.8</b>	<b>5.8</b>	<b>21.8</b>	<b>3.8</b>	<b>10.8</b>	<b>3.8</b>	<b>13.8</b>
	<b>Mittel</b>	<b>2.8</b>	<b>10.8</b>	<b>5.8</b>	<b>21.8</b>	<b>3.8</b>	<b>10.8</b>	<b>3.8</b>	<b>13.8</b>

Saatstärke reduziert: 1. Saatzeit 150 K/m<sup>2</sup>, 2. Saatzeit 250 K/m<sup>2</sup>

Saatstärke normal: 1. Saatzeit 250 K/m<sup>2</sup>, 2. Saatzeit 350 K/m<sup>2</sup>

Frühsaat: 02.-09. September

Normalsaat: 30. September - 08. Oktober

**Tabelle A 23:** Kornerträge (dt/ha) und statistische Auswertung (t-Test,  $\alpha = 0.05$ ) der Einzelstandorte in der Prüfung von Saatzeit und Saatstärke bei Winterweizen 2009 - 2011

Sorte	Frühsaat				Normalsaat			
	Dornburg		Burkersdorf		Dornburg		Burkersdorf	
	Ertrag	Signif.	Ertrag	Signif.	Ertrag	Signif.	Ertrag	Signif.
<b>2009</b>								
Cubus	104,8	a	94,1	b	98,9	b	91,8	a
Türkis	106,0	a	99,1	a	99,3	b	91,3	a
Potenzial	107,2	a	98,2	a	101,8	a	91,6	a
<b>Sortenvergleich, Grenzdifferenz</b>	<b>3,8</b>		<b>2,0</b>		<b>1,8</b>		<b>2,3</b>	
Cubus, reduzierte Saatstärke	103,6	a	90,7	b	97,0	b	90,6	a
Cubus, normale Saatstärke	106,1	a	97,5	a	100,9	a	93,0	a
<b>Saatstärkenvergleich Cubus, Grenzdifferenz</b>	<b>5,3</b>		<b>2,8</b>		<b>2,6</b>		<b>3,3</b>	
Türkis, reduzierte Saatstärke	103,4	a	95,7	b	97,5	b	90,0	a
Türkis, normale Saatstärke	108,6	a	102,5	a	101,0	a	92,6	a
<b>Saatstärkenvergleich Türkis, Grenzdifferenz</b>	<b>5,3</b>		<b>2,8</b>		<b>2,6</b>		<b>3,3</b>	
Potenzial, reduzierte Saatstärke	104,1	b	95,1	b	99,4	b	89,4	b
Potenzial, normale Saatstärke	110,3	a	101,4	a	104,3	a	93,8	a
<b>Saatstärkenvergleich Potenzial, Grenzdifferenz</b>	<b>5,3</b>		<b>2,8</b>		<b>2,6</b>		<b>3,3</b>	
<b>Saatstärken- und Sortenvergleich, Grenzdifferenz</b>	<b>5,3</b>		<b>2,8</b>		<b>2,6</b>		<b>3,3</b>	
reduzierte Saatstärke	103,7	b	93,8	b	98,0	b	90,0	b
normale Saatstärke	108,3	a	100,5	a	102,1	a	93,1	a
<b>Saatstärkenvergleich, Grenzdifferenz</b>	<b>3,1</b>		<b>1,6</b>		<b>1,5</b>		<b>1,9</b>	
<b>2010</b>								
Cubus	104,5	a	80,2	a	95,4	b	68,0	b
Türkis	105,2	a	72,7	b	92,5	b	63,2	c
Potenzial	103,7	a	76,1	b	100,6	a	71,7	a
<b>Sortenvergleich, Grenzdifferenz</b>	<b>2,2</b>		<b>3,6</b>		<b>2,9</b>		<b>2,8</b>	
Cubus, reduzierte Saatstärke	105,5	a	79,9	a	94,3	a	66,6	a
Cubus, normale Saatstärke	103,6	a	80,5	a	96,5	a	69,4	a
<b>Saatstärkenvergleich Cubus, Grenzdifferenz</b>	<b>3,7</b>		<b>6,2</b>		<b>4,2</b>		<b>3,9</b>	
Türkis, reduzierte Saatstärke	103,6	a	71,9	a	90,0	b	60,2	b
Türkis, normale Saatstärke	106,9	a	73,4	a	95,0	a	66,3	a
<b>Saatstärkenvergleich Türkis, Grenzdifferenz</b>	<b>3,7</b>		<b>6,2</b>		<b>4,2</b>		<b>3,9</b>	
Potenzial, reduzierte Saatstärke	103,5	a	73,2	a	99,4	a	70,0	a
Potenzial, normale Saatstärke	103,9	a	79,0	a	101,8	a	73,3	a
<b>Saatstärkenvergleich Potenzial, Grenzdifferenz</b>	<b>3,7</b>		<b>6,2</b>		<b>4,2</b>		<b>3,9</b>	
<b>Saatstärken- und Sortenvergleich, Grenzdifferenz</b>	<b>3,7</b>		<b>6,2</b>		<b>4,2</b>		<b>3,9</b>	
reduzierte Saatstärke	104,2	a	75,0	a	94,6	b	65,6	b
normale Saatstärke	104,8	a	77,6	a	97,8	a	69,7	a
<b>Saatstärkenvergleich, Grenzdifferenz</b>	<b>2,6</b>		<b>4,4</b>		<b>2,4</b>		<b>2,3</b>	
<b>2011</b>								
Cubus	112,5	a	99,5	a	110,3	a	86,5	a
Türkis	104,9	b	91,2	b	103,2	b	78,5	b
Potenzial	112,3	a	96,0	a	108,0	a	83,6	a
<b>Sortenvergleich, Grenzdifferenz</b>	<b>3,4</b>		<b>4,6</b>		<b>3,0</b>		<b>3,0</b>	
Cubus, reduzierte Saatstärke	112,3	a	95,0	b	109,8	a	84,8	a
Cubus, normale Saatstärke	112,8	a	104,0	a	110,8	a	88,3	a
<b>Saatstärkenvergleich Cubus, Grenzdifferenz</b>	<b>4,9</b>		<b>6,4</b>		<b>4,3</b>		<b>4,2</b>	
Türkis, reduzierte Saatstärke	102,2	b	87,8	b	101,8	a	77,9	a
Türkis, normale Saatstärke	107,6	a	94,6	a	104,6	a	79,0	a
<b>Saatstärkenvergleich Türkis, Grenzdifferenz</b>	<b>4,9</b>		<b>6,4</b>		<b>4,3</b>		<b>4,2</b>	
Potenzial, reduzierte Saatstärke	111,1	a	92,4	b	106,1	a	81,4	b
Potenzial, normale Saatstärke	113,5	a	99,5	a	109,8	a	85,8	a
<b>Saatstärkenvergleich Potenzial, Grenzdifferenz</b>	<b>4,9</b>		<b>6,4</b>		<b>4,3</b>		<b>4,2</b>	
<b>Saatstärken- und Sortenvergleich, Grenzdifferenz</b>	<b>4,9</b>		<b>6,4</b>		<b>4,3</b>		<b>4,2</b>	
reduzierte Saatstärke	108,5	a	91,7	b	105,9	a	81,3	b
normale Saatstärke	111,3	a	99,3	a	108,4	a	84,4	a
<b>Saatstärkenvergleich, Grenzdifferenz</b>	<b>2,8</b>		<b>3,7</b>		<b>2,5</b>		<b>2,4</b>	

**Tabelle A24:** Einstufung des Ährenschiebens und der Reife der in den Landessortenversuchen 2011 in Thüringen geprüften Winterweizen- und Wintergerstesorten

Winterweizen	BSA-Note		Wintergerste	BSA-Note	
	Ährenschieben	Reife		Ährenschieben	Reife
Adler	5	5	Malwinta	6	5
Akteur	6	6	Nickela	5	6
Arktis	5	5	Wintmalt	6	6
Famulus	5	5	Sebrau	6	5
Florian	5	6	Fridericus	5	5
Genius	4	5	Highlight	6	6
Kerubino	4	5	Kathleen	5	5
Nelson	4	5	Lomerit	4	5
Norin	3	4	Pelican	5	6
Brilliant	5	5	Semper	4	6
Chevalier	5	6	Souleyka	5	6
Cubus	4	4	Yoole	4	5
Impression	5	6	Zzoom	4	5
JB Asano	4	4	Amrai	4	5
Julius	5	6	Hobbit	5	5
Pamier	5	5	Amelie	4	5
Potenzial	5	6	Henriette	4	5
Schamane	5	5	KWS Meridian	5	5
Toras	5	6	KWS Tenor	5	6
Türkis	5	5	Roseval	3	5
Linus	5	6	Anisette	5	5
Meister	5	6	Campanile	5	5
Sailor	5	5	Canberra	6	6
KWS Pius	5	6	Metaxa	4	5
Kometus	5	5	Zephyr	6	6
Opal	6	6	Famosa	6	6
Kredo	5	6	Sandra	4	5
Edgar	5	6	Augusta	4	5
Premio	4	4	Matros	6	6
Orcas	4	5			
Colonia	5	5			
Hermann	5	6			
Tabasco	6	7			
Lear	6	7			

Quelle: Beschreibende Sortenliste des Bundessortenamtes 2011

3 = früh; 4 = früh bis mittel; 5 = mittel; 6 = mittel bis spät; 7 = spät

**Tabelle A25:** Faktoren und Stufen in der Prüfung der Saatzeit von Wintergerste an den Thüringer Standorten Dornburg, Großenstein und Burkersdorf von 2010 bis 2011

Prüffaktor	Stufe 1	Stufe 2	Stufe 3
<b>A: Saatzeit</b>	Frühsaat: 02.-13. September	Normalsaat: 16.-22. September	Spätsaat: 01.-05. Oktober
<b>B: Sorte</b>	Highlight	Zzoom	Wintmalt

**Tabelle A26:** Absoluter Ertrag: Korn (dt/ha, 86% TS), mit Fungizid- und optimalem Wachstumsreglereinsatz, Mittel der Standorte Dornburg, Großenstein und Burkersdorf

Sorte	Saatzeit	2010	2011	Mittel 2010-2011
Highlight	Frühsaat	100,1	89,3	<b>94,7</b>
	Normalsaat	96,7	82,6	<b>89,7</b>
	Spätsaat	94,6	82,3	<b>88,5</b>
	Mittel	97,1	84,7	<b>90,9</b>
Zzoom	Frühsaat	107,5	90,3	<b>98,9</b>
	Normalsaat	103,6	88,0	<b>95,8</b>
	Spätsaat	99,8	83,3	<b>91,6</b>
	Mittel	103,6	87,2	<b>95,4</b>
Wintmalt	Frühsaat	89,4	68,1	<b>78,7</b>
	Normalsaat	82,8	71,2	<b>76,9</b>
	Spätsaat	81,3	63,0	<b>72,2</b>
	Mittel	84,5	67,4	<b>75,9</b>
<b>Mittel</b>	<b>Frühsaat</b>	<b>99,0</b>	<b>82,5</b>	<b>90,8</b>
	<b>Normalsaat</b>	<b>94,3</b>	<b>80,6</b>	<b>87,5</b>
	<b>Spätsaat</b>	<b>91,9</b>	<b>76,2</b>	<b>84,1</b>
	<b>Mittel</b>	<b>95,1</b>	<b>79,8</b>	<b>87,4</b>



**Tabelle A27:** Relativer Ertrag: Korn (%), mit Fungizid- und optimalem Wachstumsreglereinsatz, Mittel der Standorte Dornburg, Großenstein und Burkersdorf

Sorte	Saatzeit	2010	2011	Mittel 2010-2011
Highlight	Frühsaat	103	105	<b>104</b>
	Normalsaat	100	98	<b>99</b>
	Spätsaat	97	97	<b>97</b>
	Mittel (B)	97,1	84,7	<b>90,9</b>
Zzoom	Frühsaat	104	104	<b>104</b>
	Normalsaat	100	101	<b>100</b>
	Spätsaat	96	96	<b>96</b>
	Mittel (B)	103,6	87,2	<b>95,4</b>
Wintmalt	Frühsaat	106	101	<b>104</b>
	Normalsaat	98	106	<b>101</b>
	Spätsaat	96	93	<b>95</b>
	Mittel (B)	84,5	67,4	<b>75,9</b>
<b>Mittel</b>	<b>Frühsaat</b>	<b>104</b>	<b>103</b>	<b>104</b>
	<b>Normalsaat</b>	<b>99</b>	<b>101</b>	<b>100</b>
	<b>Spätsaat</b>	<b>97</b>	<b>96</b>	<b>96</b>
	<b>Mittel (B)</b>	<b>95,1</b>	<b>79,8</b>	<b>87,4</b>

B = Bezugsbasis (Mittel der Saatzeiten je Sorte)

**Tabelle A28:** Ertragskomponenten: Bestandesdichte (Ähren/m<sup>2</sup>), mit Fungizid- und optimalem Wachstumsreglereinsatz, Mittel der Standorte Dornburg, Großenstein und Burkersdorf

Sorte	Saatzeit	2010	2011	Mittel 2010-2011
Highlight	Frühsaat	597	429	<b>513</b>
	Normalsaat	545	394	<b>470</b>
	Spätsaat	561	362	<b>461</b>
	Mittel	568	395	<b>481</b>
Zzoom	Frühsaat	681	574	<b>627</b>
	Normalsaat	722	502	<b>612</b>
	Spätsaat	684	482	<b>583</b>
	Mittel	695	519	<b>607</b>
Wintmalt	Frühsaat	1093	900	<b>996</b>
	Normalsaat	1012	860	<b>936</b>
	Spätsaat	855	791	<b>823</b>
	Mittel	987	850	<b>918</b>
<b>Mittel</b>	<b>Frühsaat</b>	<b>790</b>	<b>634</b>	<b>712</b>
	<b>Normalsaat</b>	<b>760</b>	<b>585</b>	<b>672</b>
	<b>Spätsaat</b>	<b>700</b>	<b>545</b>	<b>622</b>
	<b>Mittel</b>	<b>750</b>	<b>588</b>	<b>669</b>

**Tabelle A29:** Ertragskomponenten: Kornzahl je Ähre, mit Fungizid- und optimalem Wachstumsreglereinsatz, Mittel der Standorte Dornburg, Großenstein und Burkersdorf

Sorte	Saatzeit	2010	2011	Mittel 2010-2011
Highlight	Frühsaat	31,2	38,0	<b>34,6</b>
	Normalsaat	30,8	37,4	<b>34,1</b>
	Spätsaat	32,3	40,2	<b>36,2</b>
	Mittel	31,4	38,5	<b>35,0</b>
Zzoom	Frühsaat	33,7	34,5	<b>34,1</b>
	Normalsaat	31,4	37,1	<b>34,3</b>
	Spätsaat	32,2	34,9	<b>33,5</b>
	Mittel	32,4	35,5	<b>34,0</b>
Wintmalt	Frühsaat	16,7	14,2	<b>15,4</b>
	Normalsaat	15,8	16,1	<b>16,0</b>
	Spätsaat	19,0	14,8	<b>16,9</b>
	Mittel	17,2	15,1	<b>16,1</b>
<b>Mittel</b>	<b>Frühsaat</b>	<b>27,2</b>	<b>28,9</b>	<b>28,1</b>
	<b>Normalsaat</b>	<b>26,0</b>	<b>30,2</b>	<b>28,1</b>
	<b>Spätsaat</b>	<b>27,8</b>	<b>30,0</b>	<b>28,9</b>
	<b>Mittel</b>	<b>27,0</b>	<b>29,7</b>	<b>28,4</b>

**Tabelle A30:** Ertragskomponenten: Tausendkornmasse (g), mit Fungizid- und optimalem Wachstumsreglereinsatz, Mittel der Standorte Dornburg, Großenstein und Burkersdorf

Sorte	Saatzeit	2010	2011	Mittel 2010-2011
Highlight	Frühsaat	57,3	55,2	<b>56,3</b>
	Normalsaat	59,0	56,5	<b>57,7</b>
	Spätsaat	59,5	57,7	<b>58,6</b>
	Mittel	58,6	56,5	<b>57,5</b>
Zzoom	Frühsaat	49,0	47,5	<b>48,2</b>
	Normalsaat	48,5	47,8	<b>48,1</b>
	Spätsaat	47,5	49,6	<b>48,6</b>
	Mittel	48,3	48,3	<b>48,3</b>
Wintmalt	Frühsaat	54,6	53,5	<b>54,0</b>
	Normalsaat	55,2	53,3	<b>54,3</b>
	Spätsaat	53,5	54,0	<b>53,8</b>
	Mittel	54,4	53,6	<b>54,0</b>
<b>Mittel</b>	<b>Frühsaat</b>	<b>53,6</b>	<b>52,0</b>	<b>52,8</b>
	<b>Normalsaat</b>	<b>54,2</b>	<b>52,5</b>	<b>53,4</b>
	<b>Spätsaat</b>	<b>53,5</b>	<b>53,7</b>	<b>53,6</b>
	<b>Mittel</b>	<b>53,8</b>	<b>52,8</b>	<b>53,3</b>

**Tabelle A31:** Ertragskomponenten: Einzelährenertrag (g), mit Fungizid- und optimalem Wachstumsreglereinsatz, Mittel der Standorte Dornburg, Großenstein und Burkersdorf

Sorte	Saatzeit	2010	2011	Mittel 2010-2011
Highlight	Frühsaat	1,8	2,1	2,0
	Normalsaat	1,8	2,1	2,0
	Spätsaat	1,9	2,3	2,1
	Mittel	1,8	2,2	2,0
Zzoom	Frühsaat	1,6	1,6	1,6
	Normalsaat	1,5	1,8	1,6
	Spätsaat	1,6	1,8	1,6
	Mittel	1,6	1,7	1,6
Wintmalt	Frühsaat	0,9	0,8	0,9
	Normalsaat	0,9	0,9	0,9
	Spätsaat	1,0	0,8	0,9
	Mittel	1,0	0,8	0,9
<b>Mittel</b>	<b>Frühsaat</b>	<b>1,5</b>	<b>1,5</b>	<b>1,5</b>
	<b>Normalsaat</b>	<b>1,4</b>	<b>1,6</b>	<b>1,5</b>
	<b>Spätsaat</b>	<b>1,5</b>	<b>1,6</b>	<b>1,6</b>
	<b>Mittel</b>	<b>1,5</b>	<b>1,6</b>	<b>1,5</b>

**Tabelle A32:** Ertragskomponenten: Bestockungsrate (Ähren/Keimpflanze), mit Fungizid- und optimalem Wachstumsreglereinsatz, Mittel der Standorte Dornburg, Großenstein und Burkersdorf

Sorte	Saatzeit	2010	2011	Mittel 2010-2011
Highlight	Frühsaat	2,4	2,2	2,3
	Normalsaat	1,8	1,7	1,7
	Spätsaat	1,8	1,1	1,4
	Mittel	2,0	1,7	1,8
Zzoom	Frühsaat	4,1	3,4	3,7
	Normalsaat	3,0	2,6	2,8
	Spätsaat	2,9	1,5	2,0
	Mittel	3,4	2,5	2,9
Wintmalt	Frühsaat	4,9	3,3	4,1
	Normalsaat	4,5	2,7	3,6
	Spätsaat	3,7	2,2	2,8
	Mittel	4,4	2,7	3,5
<b>Mittel</b>	<b>Frühsaat</b>	<b>3,8</b>	<b>2,9</b>	<b>3,4</b>
	<b>Normalsaat</b>	<b>3,1</b>	<b>2,3</b>	<b>2,7</b>
	<b>Spätsaat</b>	<b>2,8</b>	<b>1,6</b>	<b>2,1</b>
	<b>Mittel</b>	<b>3,3</b>	<b>2,3</b>	<b>2,8</b>

**Tabelle A33:** Entwicklung: Datum Aufgang, mit Fungizid- und optimalem Wachstumsreglereinsatz, Mittel der Standorte Dornburg, Großenstein und Burkersdorf

Sorte	Saatzeit	2010	2011	Mittel 2010-2011
Highlight	Frühsaat	15.9	23.9	<b>19.9</b>
	Normalsaat	29.9	2.10	<b>30.9</b>
	Spätsaat	15.10	20.10	<b>17.10</b>
	Mittel	30.9	5.10	<b>2.10</b>
Zzoom	Frühsaat	16.9	23.9	<b>19.9</b>
	Normalsaat	29.9	3.10	<b>1.10</b>
	Spätsaat	15.10	20.10	<b>18.10</b>
	Mittel	30.9	5.10	<b>2.10</b>
Wintmalt	Frühsaat	15.9	22.9	<b>19.9</b>
	Normalsaat	28.9	2.10	<b>30.9</b>
	Spätsaat	15.10	18.10	<b>16.10</b>
	Mittel	29.9	4.10	<b>2.10</b>
<b>Mittel</b>	<b>Frühsaat</b>	<b>15.9</b>	<b>23.9</b>	<b>19.9</b>
	<b>Normalsaat</b>	<b>29.9</b>	<b>2.10</b>	<b>30.9</b>
	<b>Spätsaat</b>	<b>15.10</b>	<b>19.10</b>	<b>17.10</b>
	<b>Mittel</b>	<b>30.9</b>	<b>5.10</b>	<b>2.10</b>

**Tabelle A34:** Entwicklung: Datum Ährenschieben, mit Fungizid- und optimalem Wachstumsreglereinsatz, Mittel der Standorte Dornburg, Großenstein und Burkersdorf

Sorte	Saatzeit	2010	2011	Mittel 2010-2011
Highlight	Frühsaat	27.5	16.5	<b>21.5</b>
	Normalsaat	29.5	19.5	<b>24.5</b>
	Spätsaat	31.5	20.5	<b>25.5</b>
	Mittel	29.5	18.5	<b>23.5</b>
Zzoom	Frühsaat	23.5	13.5	<b>18.5</b>
	Normalsaat	26.5	16.5	<b>21.5</b>
	Spätsaat	28.5	19.5	<b>24.5</b>
	Mittel	26.5	16.5	<b>21.5</b>
Wintmalt	Frühsaat	29.5	20.5	<b>24.5</b>
	Normalsaat	31.5	21.5	<b>26.5</b>
	Spätsaat	3.6	23.5	<b>29.5</b>
	Mittel	31.5	21.5	<b>26.5</b>
<b>Mittel</b>	<b>Frühsaat</b>	<b>26.5</b>	<b>16.5</b>	<b>21.5</b>
	<b>Normalsaat</b>	<b>28.5</b>	<b>18.5</b>	<b>23.5</b>
	<b>Spätsaat</b>	<b>31.5</b>	<b>21.5</b>	<b>25.5</b>
	<b>Mittel</b>	<b>28.5</b>	<b>19.5</b>	<b>23.5</b>

**Tabelle A35:** Entwicklung: Datum Gelbreife, mit Fungizid- und optimalem Wachstumsreglereinsatz, Mittel der Standorte Dornburg, Großenstein und Burkersdorf

Sorte	Saatzeit	2010	2011	Mittel 2010-2011
Highlight	Frühsaat	7.7	24.6	<b>30.6</b>
	Normalsaat	8.7	25.6	<b>1.7</b>
	Spätsaat	8.7	26.6	<b>2.7</b>
	Mittel	7.7	25.6	<b>1.7</b>
Zzoom	Frühsaat	6.7	23.6	<b>30.6</b>
	Normalsaat	7.7	26.6	<b>1.7</b>
	Spätsaat	8.7	26.6	<b>2.7</b>
	Mittel	7.7	25.6	<b>1.7</b>
Wintmalt	Frühsaat	8.7	26.6	<b>2.7</b>
	Normalsaat	9.7	27.6	<b>3.7</b>
	Spätsaat	10.7	28.6	<b>4.7</b>
	Mittel	9.7	27.6	<b>3.7</b>
<b>Mittel</b>	<b>Frühsaat</b>	<b>7.7</b>	<b>24.6</b>	<b>30.6</b>
	<b>Normalsaat</b>	<b>8.7</b>	<b>26.6</b>	<b>1.7</b>
	<b>Spätsaat</b>	<b>9.7</b>	<b>26.6</b>	<b>2.7</b>
	<b>Mittel</b>	<b>8.7</b>	<b>25.6</b>	<b>1.7</b>

**Tabelle A36:** Entwicklung: Datum Ernte, mit Fungizid- und optimalem Wachstumsreglereinsatz, Mittel der Standorte Dornburg, Großenstein und Burkersdorf

Sorte	Saatzeit	2010	2011	Mittel 2010-2011
Highlight	Frühsaat	15.7	13.7	<b>14.7</b>
	Normalsaat	17.7	18.7	<b>17.7</b>
	Spätsaat	20.7	18.7	<b>19.7</b>
	Mittel	17.7	16.7	<b>17.7</b>
Zzoom	Frühsaat	15.7	13.7	<b>14.7</b>
	Normalsaat	17.7	18.7	<b>17.7</b>
	Spätsaat	20.7	18.7	<b>19.7</b>
	Mittel	17.7	16.7	<b>17.7</b>
Wintmalt	Frühsaat	15.7	13.7	<b>14.7</b>
	Normalsaat	17.7	18.7	<b>17.7</b>
	Spätsaat	20.7	18.7	<b>19.7</b>
	Mittel	17.7	16.7	<b>17.7</b>
<b>Mittel</b>	<b>Frühsaat</b>	<b>15.7</b>	<b>13.7</b>	<b>14.7</b>
	<b>Normalsaat</b>	<b>17.7</b>	<b>18.7</b>	<b>17.7</b>
	<b>Spätsaat</b>	<b>20.7</b>	<b>18.7</b>	<b>19.7</b>
	<b>Mittel</b>	<b>17.7</b>	<b>16.7</b>	<b>17.7</b>

**Tabelle A 37:** Kornerträge (dt/ha) und statistische Auswertung (t-Test,  $\alpha=0.05$ ) der Einzelstandorte in der Prüfung der Saatzeit von Wintergerste 2010-2011

Sorte	2010						2011					
	Dornburg		Großenstein		Burkersdorf		Dornburg		Großenstein		Burkersdorf	
	Ertrag	Signif.	Ertrag	Signif.	Ertrag	Signif.	Ertrag	Signif.	Ertrag	Signif.	Ertrag	Signif.
Highlight	89,1	b	116,0	a	86,4	b	93,2	b	98,3	b	62,7	a
Zzoom	97,4	a	119,6	a	94,0	a	98,2	a	102,9	a	60,4	a
Wintmalt	78,3	a	93,3	b	82,0	c	73,1	c	83,3	c	45,8	b
<b>Sortenvergleich, Grenzdifferenz</b>	<b>2,6</b>		<b>3,9</b>		<b>3,6</b>		<b>2,8</b>		<b>3,7</b>		<b>3,6</b>	
Highlight, Frühsaat	89,9	b	122,3	a	88,2	b	95,3	b	109,6	a	62,9	a
Zzoom, Frühsaat	100,7	a	122,1	a	99,8	a	103,9	a	108,8	a	58,1	a
Wintmalt, Frühsaat	82,8	c	97,8	b	87,5	b	73,3	c	87,4	c	43,6	b
<b>Sortenvergleich Frühsaat, Grenzdifferenz</b>	<b>4,5</b>		<b>6,7</b>		<b>6,3</b>		<b>4,9</b>		<b>6,4</b>		<b>6,3</b>	
Highlight, Normalsaat	91,5	b	117,3	a	81,3	b	93,6	a	90,2	b	64,1	a
Zzoom, Normalsaat	101,2	a	118,5	a	91,0	a	97,8	a	102,8	a	63,5	a
Wintmalt, Normalsaat	76,9	c	90,2	b	81,2	b	79,4	b	87,3	b	46,8	b
<b>Sortenvergleich Normalsaat, Grenzdifferenz</b>	<b>4,5</b>		<b>6,7</b>		<b>6,3</b>		<b>4,9</b>		<b>6,4</b>		<b>6,3</b>	
Highlight, Spätsaat	85,8	a	108,4	b	89,6	a	90,8	a	95,2	a	61,0	a
Zzoom, Spätsaat	90,1	a	118,2	a	91,3	a	93,0	a	97,2	a	59,7	a
Wintmalt, Spätsaat	75,0	b	91,9	c	77,2	b	66,8	b	75,1	b	47,1	b
<b>Sortenvergleich Spätsaat, Grenzdifferenz</b>	<b>4,5</b>		<b>6,7</b>		<b>6,3</b>		<b>4,9</b>		<b>6,4</b>		<b>6,3</b>	
Frühsaat, Highlight	89,9	ab	122,3	a	88,2	a	95,3	a	109,6	a	62,9	a
Normalsaat, Highlight	91,5	a	117,3	a	81,3	b	93,6	a	90,2	b	64,1	a
Spätsaat, Highlight	85,8	b	108,4	b	89,6	a	90,8	a	95,2	b	61,0	a
<b>Saatzeitvergleich Highlight, Grenzdifferenz</b>	<b>4,5</b>		<b>6,7</b>		<b>6,3</b>		<b>4,9</b>		<b>6,4</b>		<b>6,3</b>	
Frühsaat, Zzoom	100,7	a	122,1	a	99,8	a	103,9	a	108,8	a	58,1	a
Normalsaat, Zzoom	101,2	a	118,5	a	91,0	b	97,8	b	102,8	ab	63,5	a
Spätsaat, Zzoom	90,1	b	118,2	a	91,3	b	93,0	b	97,2	b	59,7	a
<b>Saatzeitvergleich Zzoom, Grenzdifferenz</b>	<b>4,5</b>		<b>6,7</b>		<b>6,3</b>		<b>4,9</b>		<b>6,4</b>		<b>6,3</b>	
Frühsaat, Wintmalt	82,8	a	97,8	a	87,5	a	73,3	b	87,4	a	43,6	a
Normalsaat, Wintmalt	76,9	b	90,2	ab	81,2	ab	79,4	a	87,3	a	46,8	a
Spätsaat, Wintmalt	75,0	b	91,9	b	77,2	b	66,8	c	75,1	b	47,1	a
<b>Saatzeitvergleich Wintmalt, Grenzdifferenz</b>	<b>4,5</b>		<b>6,7</b>		<b>6,3</b>		<b>4,9</b>		<b>6,4</b>		<b>6,3</b>	
<b>Saatzeit- und Sortenvergleich, Grenzdifferenz</b>	<b>4,5</b>		<b>6,7</b>		<b>6,3</b>		<b>4,9</b>		<b>6,4</b>		<b>6,3</b>	
Frühsaat	91,2	a	114,0	a	91,8	a	90,8	a	101,9	a	54,9	a
Normalsaat	89,9	a	108,7	b	84,5	b	90,3	a	93,5	b	58,1	a
Spätsaat	83,6	b	106,1	b	86,0	b	83,5	b	89,2	c	56,0	a
<b>Saatzeitvergleich, Grenzdifferenz</b>	<b>2,6</b>		<b>3,9</b>		<b>3,6</b>		<b>2,8</b>		<b>3,7</b>		<b>3,6</b>	