

Indikator-Factsheet: Ertragsschwankungen

Verfasser*innen:	Bosch & Partner GmbH (Konstanze Schönthaler) i. A. des Umweltbundesamtes / KomPass, FKZ 3711 41 106 Überarbeitet i. A. des Umweltbundesamtes / KomPass, FKZ 3720 48 101 0	
Mitwirkung	Thünen-Institut (TI) für Ländliche Räume (Dr. Horst Gömann) Ludwig-Maximilian-Universität München, Fakultät für Mathematik, Informatik und Statistik, Institut für Statistik, Statistisches Beratungslabor (Prof Dr. Helmut Küchenhoff) Für 2023: Johann Heinrich von Thünen-Institut (TI), Stabsstelle Klima (Dr. Mareike Söder)	
Letzte Aktualisierung:	29.01.2014	Bosch & Partner GmbH (Konstanze Schönthaler)
	10.12.2014	Bosch & Partner GmbH (Konstanze Schönthaler)
	07.06.2018	UBA I 1.6 Petra van Rùth
	09.11.2021	Bosch & Partner GmbH (Konstanze Schönthaler): Ergänzung um Indikator-Teil B zu den Ertragsschwankungen beim Silomais
	01.06.2022	Bosch & Partner GmbH (Konstanze Schönthaler): Ergänzung der Indikator-Teile C und D zur absoluten Ertragsentwicklung
	16.06.2022	Bosch & Partner GmbH (Konstanze Schönthaler): Einarbeitung von Ergänzungen Stabsstelle Klima des TI
	06.11.2023	Bosch & Partner GmbH (Konstanze Schönthaler): Aktualisierung der Links
Nächste Fortschreibung:	ab sofort	<p>Perspektivisch ist eine regionale Differenzierung des Indikators unbedingt sinnvoll, da die räumliche Aggregation der Ertragsdaten einen erheblichen Teil der Wetter- bzw. Klimawirkungen auf die Ertragsvariabilität kaschiert.</p> <p>Bei den Ländern liegen Ertragsdaten i. d. R. mehr oder weniger vollständig und in mehr oder weniger langen Zeitreihen für die Landkreise vor. Landkreisdaten würden eine Zusammenfassung nach landwirtschaftlichen Anbauregionen (Agrarregionen) ermöglichen. Allerdings können sich aufgrund der Veränderung von Landkreisgrenzen (insbesondere nach 1990) Zuordnungsprobleme ergeben (Sterzel 2007 hat auf Probleme der Datenverfügbarkeit und -verarbeitung hingewiesen).</p> <p>Durch die räumliche Aggregation der Ertragsdaten wird das Ausmaß der Wetter/Klimawirkungen auf die regionale Ertragsvariabilität nicht deutlich. Für die Darstellung von Auswirkungen und Anpassung an den Klimawandel sollten zudem Entwicklungen/Trends über (oder Vergleiche zwischen) längeren Zeitscheiben gewählt werden. Vor diesem Hintergrund soll das Factsheet zur Ertragsvariabilität in Zukunft (ergänzend) eine kartografische Darstellung der Entwicklung der Ertragsschwankungen auf Kreisebene enthalten. Basis kann eine geplante Datenpublikation des Thünen-Instituts zu konsolidierten Landkreisertragsdaten für eine lange Zeitreihe sein. Neue Jahre sind über Destatis verfügbar und der Indikator ist daher mit geringem Aufwand aktualisierbar. Für den weiterentwickelten Indikator müssen ein geeignetes Maß zur Ertragsvariabilität (z. B. Variationskoeffizient) und Berechnungsvorschriften (insbesondere zur Länge der Zeitscheiben und zum Detrending) beschrieben werden.</p>

I Beschreibung

Interne Nr. LW-I-2	Titel: Ertragsschwankungen
<p>Einheit:</p> <p><u>Teil A:</u> %</p> <p><u>Teil B:</u> %</p> <p><u>Teil C:</u> dt/ha</p> <p><u>Teil D:</u> dt/ha</p> <p><u>Zusatz:</u> %</p>	<p>Kurzbeschreibung des Indikators:</p> <p><u>Teil A:</u> Mittlere Abweichung der Weizenerträge in Deutschland gegenüber dem Durchschnitt der vorangegangenen sechs Jahre</p> <p><u>Teil B:</u> Mittlere Abweichung der Silomaiserträge in Deutschland gegenüber dem Durchschnitt der vorangegangenen sechs Jahre</p> <p><u>Teil C:</u> Durchschnittliche Ertragshöhe des Weizens (6-jähriges gleitendes Mittel)</p> <p><u>Teil D:</u> Durchschnittliche Ertragshöhe von Silomais (6-jähriges gleitendes Mittel)</p> <p><u>Zusatz:</u> Mittlere Abweichung der Weizenerträge gegenüber dem Durchschnitt der vorangegangenen sechs Jahre differenziert in die Regionen Süd, Ost, Mitte und Nord</p>
	<p>Berechnungsvorschrift:</p> <p><u>Teil A:</u> Abweichung von den Vorjahren = $[\text{Ertragsmenge für Winterweizen } t_0 * 100 / (\text{Ertragsmenge } t_1 + \text{Ertragsmenge } t_2 + \text{Ertragsmenge } t_3 + \text{Ertragsmenge } t_4 + \text{Ertragsmenge } t_5 + \text{Ertragsmenge } t_6) / 6] - 100$ Dabei ist: t_0 = das jeweils aktuelle Jahr</p> <p><u>Teil B:</u> Abweichung von den Vorjahren = $[\text{Ertragsmenge für Silomais } t_0 * 100 / (\text{Ertragsmenge } t_1 + \text{Ertragsmenge } t_2 + \text{Ertragsmenge } t_3 + \text{Ertragsmenge } t_4 + \text{Ertragsmenge } t_5 + \text{Ertragsmenge } t_6) / 6] - 100$ Dabei ist: t_0 = das jeweils aktuelle Jahr</p> <p><u>Teil C:</u> Mittlere Weizenerträge 1985 = mittlerer Weizenertrag 1980 + mittlerer Weizenertrag 1981 + mittlerer Weizenertrag 1982 + mittlerer Weizenertrag 1983 + mittlerer Weizenertrag 1984 + mittlerer Weizenertrag 1985)/6 analog für alle anderen Jahre</p> <p><u>Teil D:</u> Mittlere Silomaiserträge 1985 = mittlerer Silomaisertrag 1980 + mittlerer Silomaisertrag 1981 + mittlerer Silomaisertrag 1982 + mittlerer Silomaisertrag 1983 + mittlerer Silomaisertrag 1984 + mittlerer Silomaisertrag 1985)/6 analog für alle anderen Jahre</p> <p><u>Zusatz:</u> Abweichung von den Vorjahren für die Region Süd = Ertragsabweichung in Baden-Württemberg * Gewichtungsfaktor LF für Baden-Württemberg + Ertragsabweichung in Bayern * Gewichtungsfaktor LF für Bayern Abweichung von den Vorjahren für die Region Ost = Ertragsabweichung in Brandenburg * Gewichtungsfaktor LF für Brandenburg + Ertragsabweichung in Sachsen * Gewichtungsfaktor LF für Sachsen + Ertragsabweichung in Sachsen-Anhalt * Gewichtungsfaktor LF für Sachsen-Anhalt + Ertragsabweichung in Thüringen * Gewichtungsfaktor LF für Thüringen Analog für die Regionen Mitte und Nord Dabei ist: LF = Landwirtschaftlich genutzte Fläche</p>

	<p>Dabei errechnen sich:</p> <p>Ertragsabweichung in BW = $[\text{Ertragsmenge für Winterweizen in BW } t_0 * 100 / (\text{Ertragsmenge in BW } t_1 + \text{Ertragsmenge in BW } t_2 + \text{Ertragsmenge in BW } t_3 + \text{Ertragsmenge in BW } t_4 + \text{Ertragsmenge in BW } t_5 + \text{Ertragsmenge in BW } t_6) / 6] - 100$</p> <p>Analog für die anderen Bundesländer</p> <p>Gewichtungsfaktor LF für BW (jeweils für das aktuelle Jahr) = $\text{LF in BW} * 100 / (\text{LF in BW} + \text{LF in BY}) / 100$</p> <p>Gewichtungsfaktor LF für BB = $\text{LF in BB} * 100 / (\text{LF in BB} + \text{LF in SN} + \text{LF in ST}) / 100$</p> <p>Analog für die anderen Bundesländer immer im Zusammenhang mit der Region, der sie zugeordnet sind.</p> <p>Für die Regionen wurden folgende Bundesländer zusammengefasst:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Region Süd: Baden-Württemberg (BW), Bayern (BY) • Region Ost: Brandenburg (BB), Sachsen (SN), Sachsen-Anhalt (ST), Thüringen (TH) • Region Mitte: Hessen, Rheinland-Pfalz, Saarland • Region Nord: Mecklenburg-Vorpommern, Niedersachsen, Nordrhein-Westfalen, Schleswig-Holstein <p>Zur Ermittlung der Regionen s. VIII Anhang.</p>
Interpretation des Indikatorwerts:	<p>Teile A, B und Zusatz: Je höher der Indikatorwert ist, desto größer ist die (positive oder negative) Abweichung der Erträge vom Ertragsmittel der vorangegangenen sechs Jahre.</p> <p>Teile C und D: Je höher der Indikatorwert ist, desto größer ist der durchschnittliche und über 6 Jahre gemittelte Hektarertrag</p>

II Einordnung

Handlungsfeld:	Landwirtschaft
Themenfeld:	Ertrag und Qualität der Ernteprodukte
Thematischer Teilaspekt:	Veränderung der Ertragsstabilität
DPSIR :	Impact

III Herleitung und Begründung

Referenzen auf andere Indikatorenssysteme:	<p>Klimafolgen- und Anpassungsmonitoring NRW: Indikator 8.3 Ertragsschwankungen</p> <p>Klimafolgen- und Anpassungsmonitoring Thüringen: I-LW-3 Ertragsschwankungen</p> <p>Monitoringbericht 2020 zur Anpassungsstrategie an den Klimawandel in Baden-Württemberg Baden-Württemberg: I-LW-2 Ertragsschwankungen</p> <p>Monitoringbericht 2020 zum Integrierten Klimaschutzplan Hessen 2025: Indikator 17: Ertragsschwankungen</p>
Begründung:	<p>Das Klima bzw. die Witterungssituation gehören zu den wichtigsten produktionsbestimmenden Größen in der Landwirtschaft. Verlängerte Vegetationsperioden und höhere Temperatursummen verbunden mit CO₂-Düngeeffekten können die Ertragssteigerung befördern. Dem stehen Ertragsdepressionen u.a.</p>

	<p>durch Trockenstress oder Extremereignisse (Sturm, Starkregen, Hagel, Überschwemmungen) gegenüber.</p> <p>Der züchterische und technische Fortschritt haben in den letzten fünfzig Jahren die landwirtschaftlichen Erträge bei den wichtigen Kulturarten in Deutschland ansteigen lassen. Die Züchtung brachte neue Sorten mit verbesserten Eigenschaften hinsichtlich Ertragshöhe und -stabilität, Qualität, Ressourceneffizienz, Stresstoleranz und Krankheitsresistenz hervor. Auch bei den Aussaat-, Pflege- und Erntetechniken sowie bei der Düngung und beim Pflanzenschutz gab es Verbesserungen (u. a. Hafner 2003 in Zebisch et al. 2005: 71). Allerdings ist die Ertragshöhe darüber hinaus noch von zahlreichen anderen Faktoren abhängig.</p> <p>Ob und in welchem Ausmaß der Klimawandel zur bisherigen Entwicklung der Erträge beigetragen hat, ist derzeit nicht quantifizierbar. Vermutlich war der Beitrag aber gering und wurde von anderen Faktoren insbesondere aus dem ökonomischen und technologischen Umfeld überlagert. Allerdings ist auch zu konstatieren, dass seit Mitte der 1990er Jahre im sektoralen Durchschnitt kaum mehr steigende Trends beim Weizenertrag zu beobachten waren. Hinter dieser aggregierten Entwicklung verbergen sich vielfältige Ursachen und Effekte, die noch genauer untersucht werden müssen. Zu den Faktoren gehören beispielsweise die Aufhebung der Flächenstilllegung, wodurch vermutlich wieder schlechtere Standorte in die Nutzung zurückgekommen sind, oder eine Anpassung der speziellen Intensität, d. h. der eingesetzten Menge an ertragssteigernden oder ertragssichernden Betriebsmitteln je ha, infolge einer Verschlechterung der Produktpreis-Faktorpreisrelation durch die Agrarreform von 1992. Für die Zukunft wird diskutiert, dass zumindest regional die klimatischen Grenzen für eine weitere Ertragssteigerung erreicht werden und sich Ertragsstagnationen oder gar Ertragsrückgänge dann durchaus mit dem Klimawandel in Zusammenhang bringen lassen (u. a. Doleschel 2007).</p> <p>Grundsätzlich geht man davon aus, dass Wetter- oder Witterungsschwankungen in Zukunft die Landwirtschaft vor größere Herausforderungen stellen als die langfristigen Klimatrends. Dies liegt insbesondere darin begründet, dass eine Anpassung an stark wechselnde Witterungsbedingungen deutlich schwieriger zu realisieren ist als eine allmähliche Umstellung der Betriebsführung und der Produktionstechniken (wie z. B. Saat- und Pflanzzeitpunkte und Sortenwahl) (USF 2005). Von zurückgehender Ertragsstabilität sind allerdings nicht alle Standorte gleichermaßen betroffen. So haben detailliertere Untersuchungen für Sachsen beispielsweise gezeigt, dass Ertragsschwankungen besonders die leichten Böden betreffen, während sich die feuchten und kühlen Mittelgebirgsregionen vermutlich auch künftig durch vergleichsweise stabile Erträge auszeichnen werden (SMUL 2009).</p> <p>Betrachtet man für die letzten rund fünf Jahrzehnte bundesweit die Unterschiede der Erträge zwischen den Jahren (trendbereinigt), bildet sich die Klima- einwirkung deutlicher ab als bei Betrachtung der „reinen“ Ertragstrends. Insbesondere Klimaextreme mit langen Trockenperioden wie z. B. in den Jahren 1964/65, 1972, 1992 oder 2003 führten immer wieder zu deutlichen Ertragseinbußen. So lag im Trockenjahr 2003 der sektorale Weizenertrag rund 12 bis 13 % unter dem erwarteten Trendertrag des Jahres. Allerdings fielen die Ertragseinbußen regional sehr unterschiedlich aus (u. a. Zebisch et al. 2005).</p> <p>Interannuelle Ernteschwankungen reflektieren daher vermutlich am direktesten die Zusammenhänge zwischen Klima und Erträgen. Es kann davon ausgegangen werden, dass Ertragsschwankungen von Jahr zu Jahr im Wesentlichen klima- bzw. witterungsbedingt sind, denn die Produktionsprogramme der Landwirte und Strukturveränderungen vollziehen sich in längeren Zeiträumen.</p> <p>Die Erhöhung der Ertragsvariabilität führt zu einem höheren Produktionsrisiko für die Landwirte. Der Indikator Ertragsschwankungen wird vielfach als der noch am besten geeignete Indikator zur Abbildung von Wirkungen von Wetter-</p>
--	---

	<p>und Klimaveränderungen auf die Ertragsentwicklung in der Landwirtschaft gesehen.</p> <p><u>Teil A:</u> Weizen ist (derzeit) die wichtigste Kulturart in Deutschland und steht daher im besonderen Fokus von Ertragsbetrachtungen.</p> <p><u>Teil B:</u> Die Betrachtung des Silomais ergänzt den Indikator um eine Sommerkultur, für die aufgrund der späteren Aussaat und Ernte teilweise andere Witterungsbedingungen als günstig bzw. ungünstig gelten. Silomais wurde bundesweit im Jahr 2020 auf 19,7 % der Ackerfläche angebaut. Vor allem lange Kälte während der Keimung und Aufwuchsphase im Frühjahr sowie extreme Trockenheit und Hitze im Sommer (ab Juni) bringen Ertragseinbußen. Vor allem die Maisblüte im Juni gilt als sensible Phase. Hohe Tagestemperaturen führen dann zu Befruchtungsproblemen und zu einer unvollständigen Kolbenfüllung. Zu hohe Temperaturen und Trockenheit im Juli und August können eine Notreife auslösen und zur frühzeitigen Ernte zwingen. Die Silierfähigkeit wird infolge eines zu hohen Anteils an dünnen Pflanzenteilen herabgesetzt.</p> <p><u>Teile C und D:</u> Die Indikatoranteile werden (ab 2023) im Indikator mit abgebildet. Die kurz- und mittelfristige Ertragstrends sind zwar wie oben bereits erwähnt nicht in direktem Zusammenhang mit dem Klimawandel und seine Folgen zu interpretieren, langfristig könnte sich aber doch Folgen in Form von stagnierenden oder möglicherweise rückläufigen Ertragshöhen in der Zeitreihe niederschlagen.</p> <p><u>Zusatz:</u> Der Indikator wird in einem Zusatz differenziert für vier Regionen in Deutschland, die Zusammenfassungen von Bundesländern darstellen, berechnet. Die Zusammenfassung erfolgte datengeleitet, basierend auf den länderspezifischen Daten zu interannuellen Ertragsschwankungen und einer statistischen Clusteranalyse (s. XI Anhang). Damit lassen sich die z. T. deutlichen regionalen Unterschiede zumindest textlich im Indikatorenbericht beschreiben.</p>
Einschränkungen:	<p>Ertragsschwankungen zwischen den Jahren können sehr unterschiedliche witterungsbedingte Ursachen haben wie z. B. Kahlfröste im Winter, Dürre im Frühjahr oder Sommer, zu hohe Feuchtigkeit oder Überschwemmungen während der Reifephase oder der Erntezeit.</p> <p>Auch wenn kurzfristige Ertragsschwankungen i. d. R. im Wesentlichen klimabzw. witterungsbedingte Ursache haben, gibt es immer wieder einzelne Jahre, in denen auch andere Rahmenbedingungen für die Ertragshöhen entscheiden sein können. So können beispielweise Vorleistungspreise (z. B. für Düngemittel oder seltener auch Saatgut) in einzelnen Jahren extrem hoch sein (wie z. B. Dünger in 2007 und 2008), weswegen Landwirte dann nach wirtschaftlicher Betrachtung entsprechende Anpassungen in den Düngeregimen vornehmen.</p> <p>Die Ertragerfassung bei Mais ist besonders schwierig und daher mit Unsicherheiten behaftet.</p> <p>Das Ertragsverhalten der landwirtschaftlichen Kulturen kann innerhalb Deutschlands und der Regionen sehr unterschiedlich sein. Selbst bei einer Differenzierung in die vier Hauptregionen (Nord, Ost, Süd und Mitte) erfolgen Mittelungen, die regional- und lokalspezifische Entwicklungen überdecken können.</p>
Rechtsgrundlagen, Strategien:	<p>Deutsche Anpassungsstrategie an den Klimawandel 2008 (DAS)</p>
In der DAS beschriebene Klimawandelfolgen:	<p>DAS, Kap. 3.2.6.: Obwohl eine höhere atmosphärische CO₂-Konzentration das Pflanzenwachstum qualitativ und quantitativ steigern kann, darf dieser CO₂-Düngeeffekt nicht überbewertet werden, denn maßgeblich begrenzend für den Ertrag dürfte v. a. der zunehmende Wassermangel sein.</p> <p>Weiterhin könnten zunehmende Witterungsextreme die Ertragssicherheit gefährden. Bei vermehrtem Stress durch Hitze, Kälte, Trockenheit oder Nässe,</p>

	starkem Regen sowie Wind und Sturm ist mit erheblichen Ertragsausfällen zu rechnen, insbesondere, wenn der Stress bereits während empfindlicher Wachstumsphasen der Pflanzen auftritt, etwa bei der Blattbildung, beim Blühen oder der Fruchtbildung und Abreife. Frühjahrstrockenheit kann daher gravierendere Folgen haben als Sommerhitze.
Ziele:	keine
Berichtspflichten:	keine

IV Technische Informationen

Datenquelle:	BMELV: Ernte- und Betriebsberichterstattung (EBE), Besondere Ernte- und Qualitätsermittlung (BEE)	
Räumliche Auflösung:	flächenhaft	NUTS 0 Zusatz: Statistische Zusammenfassung der Bundesländer zu vier Regionen
Geographische Abdeckung:	ganz Deutschland <u>Zusatz:</u> vier datengeleitet ermittelte Regionen (ohne Stadtstaaten): Region Süd: Baden-Württemberg, Bayern Region Ost: Brandenburg, Sachsen, Sachsen-Anhalt, Thüringen Region Mitte: Hessen, Rheinland-Pfalz, Saarland Region Nord: Mecklenburg-Vorpommer, Niedersachsen, Nordrhein-Westfalen, Schleswig-Holstein	
Zeitliche Auflösung:	<u>Teil A:</u> jährlich ab 1986 <u>Teil B:</u> jährlich ab 1990 <u>Teil C:</u> jährlich ab 1985 <u>Teil D:</u> jährlich ab 1989	
Beschränkungen:	Für Sachsen-Anhalt liegen Erntedaten erst ab 1985 vor, der Vergleich mit dem Durchschnitt der vorangegangenen sechs Jahre lässt sich daher erst ab dem Jahr 1991 ermitteln. Das Cluster Ost setzt sich daher vor 1991 nur aus den drei Ländern Brandenburg, Sachsen und Thüringen zusammen.	
Verweis auf Daten-Factsheet:	LW-I-2_Daten_Ertragschwankungen.xlsx	

V Zusatz-Informationen

Glossar:	-
Weiterführende Informationen:	<p>Christen O. 2008: Langfristige Trends und Anpassung der Anbausysteme an den Klimawandel. In: Tiedemann A. v, Heitefuss R., Feldmann F.: Pflanzenproduktion im Wandel – Wandel im Pflanzenschutz, Deutsche Phytomedizinische Gesellschaft, Braunschweig: 57-64.</p> <p>Doleschel P. 2007: Klimawandel und Landwirtschaft – Anpassungsmöglichkeiten in Ackerbau und Tierhaltung. Vortrag auf der 7. Hochschultagung des WZW am 29.06.2007.</p> <p>Flaig H. 2009: Der Klimawandel und seine Auswirkungen auf die baden-württembergische Landwirtschaft. Landinfo 7/2009: 21-28.</p> <p>Gröbmaier J. 2009: Auswirkungen des Klimawandels auf die Ertragsvariabilität. In: Bill R., Korduan P., Theuvsen L., Morgenstern M. (eds.): Anforderungen an die Agrarinformatik durch Globalisierung und Klimaveränderung. Gesellschaft für Informatik, Bonn, Vol. 142: 49-52. (für Mühldorf und Rosenheim)</p>

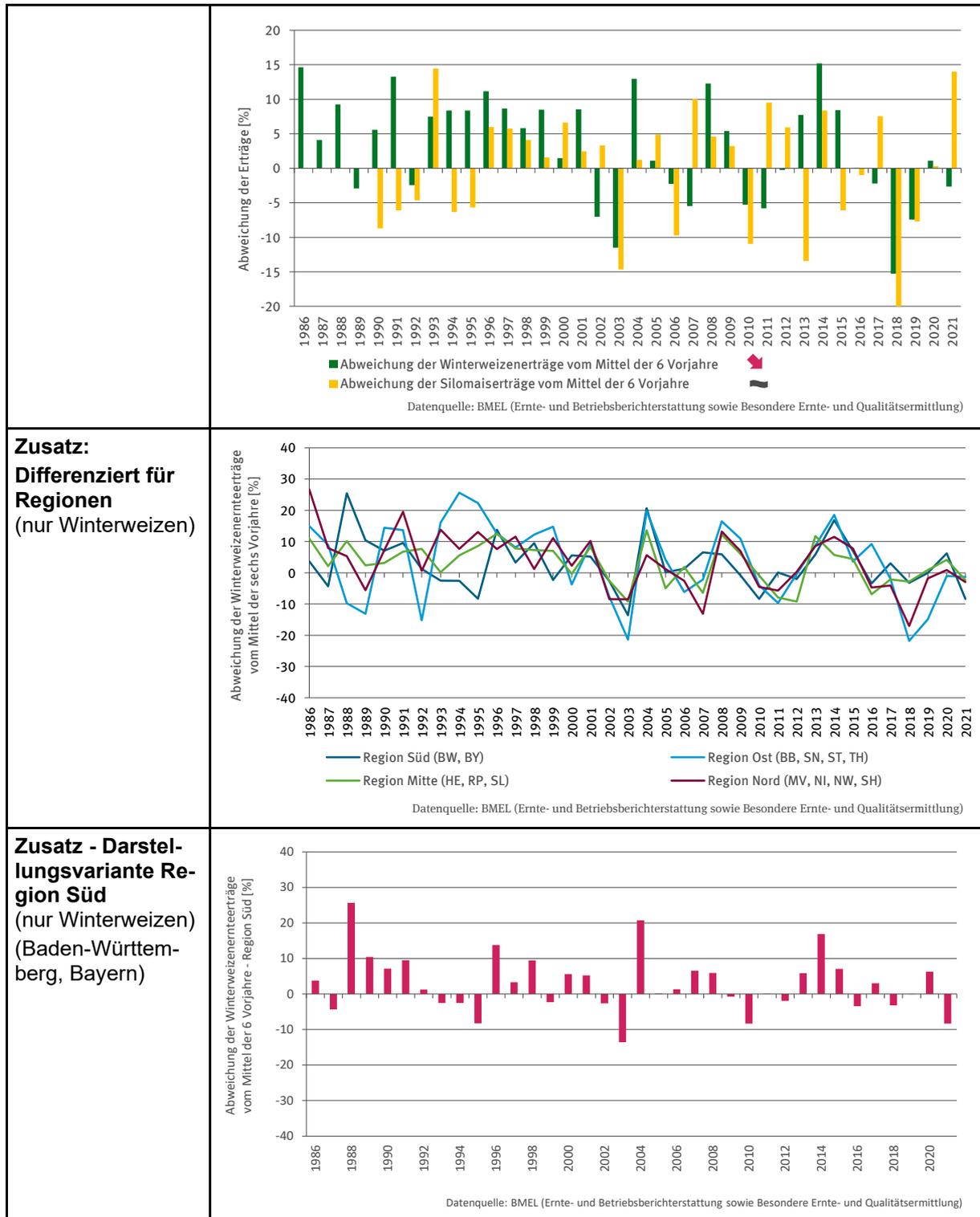
	<p>Kersebaum K.C. & Eitzinger J. 2009: Auswirkungen auf die Land- und Forstwirtschaft. In: Eitzinger J., Kersebaum K.C., Formayer H.: Landwirtschaft im Klimawandel – Auswirkungen und Anpassungsstrategie für die Land- und Forstwirtschaft in Mitteleuropa. Wien: Kap. 2.2.1.5 Erträge und Wachstum, 159 ff.</p> <p>Kropp J., Holsten A., Lissner T., Roithmeier O., Hattermann F., Huang S., Rock J., Wechsung F., Lüttger A., Pompe S., Kühn I., Costa L., Steinhäuser M., Walther C., Klaus M., Ritchie S., Metzger M. 2009: Klimawandel in Nordrhein-Westfalen – Regionale Abschätzung der Anfälligkeit ausgewählter Sektoren. Abschlussbericht des Potsdam-Instituts für Klimafolgenforschung (PIK) für das Ministerium für Umwelt und Naturschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz Nordrhein-Westfalen (MUNLV) : 33 ff.</p> <p>OcCC – Beratendes Organ für Fragen der Klimaänderung / ProClim 2007: Klimaänderung und die Schweiz 2050 – Erwartete Auswirkungen auf Umwelt, Gesellschaft und Wirtschaft. Bern, 172 S. www.occc.ch/pdf/291.pdf</p> <p>Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie (SMUL) (Hg.) 2009: Klimawandel und Landwirtschaft – Fachliche Grundlage für die Strategie zur Anpassung der sächsischen Landwirtschaft an den Klimawandel. Dresden, 151 S. https://publikationen.sachsen.de/bdb/artikel/11581</p> <p>Schaller M. & Weigel H.-J. 2007: Analyse des Sachstands zu Auswirkungen von Klimaveränderungen auf die deutsche Landwirtschaft und Maßnahmen zur Anpassung, Johann Heinrich von Thünen-Institut (vTI). Sonderheft 316 der Landbau-forschung Völknerode – FAL (Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft), Braunschweig: 84 ff.</p> <p>Soja G. & Soja A.M. 2003: Dokumentation von Auswirkungen extremer Wetterereignisse auf die landwirtschaftliche Produktion. ARC Seibersdorf Research, 2003. (im Rahmen von StartClim.3b (Österreich): Dokumentation von Auswirkungen extremer Wetterereignisse auf die landwirtschaftliche Produktion)</p> <p>Sterzel T. 2007: Correlation analysis of climate variables and wheat yield data on various aggregation levels in Germany and the EU-15 using GIS and statistical methods, with a focus on heat wave years. PIK-Report No. 108, Potsdam, 122 S. (für Baden-Württemberg auf Landkreisebene)</p> <p>Wissenschaftliches Zentrums für Umweltsystemforschung (USF) der Universität Kassel 2005: Klimawandel und Landwirtschaft in Hessen: Mögliche Auswirkungen des Klimawandels auf landwirtschaftliche Erträge. Abschlussbericht zum INKLIM Baustein 2, Kassel, 22 S. www.hlug.de/static/klimawandel/in-klim/dokumente/endberichte/landwirtschaft.pdf</p> <p>Zebisch M., Grothmann T., Schröter D., Hasse C., Fritsch U., Cramer W. 2005: Klimawandel in Deutschland – Vulnerabilität und Anpassungsstrategien klimasensitiver Systeme. Forschungsbericht 201 41 253, UBA-Texte 08/05, Dessau, 203 S.</p>
--	---

VI Umsetzung – Aufwand und Verantwortlichkeiten

Aufwandsschätzung:	Datenbeschaffung:	1	nur eine datenhaltende Institution
	Datenverarbeitung:	2	Vor der Zusammenführung der Daten zur Darstellung des Indikators sind Nebenrechnungen erforderlich, bestehende Formeln können aber direkt übernommen werden.
	<u>Erläuterung:</u> Der Aufwand für die Fortschreibung des Indikators beträgt ca. 6 Stunden.		
Datenkosten:	keine		
Zuständigkeit:	Koordinationsstelle		

	<p>Erläuterung: Die Möglichkeiten einer zukünftigen Ausweitung des Indikators auf mehrere Hauptkulturen sollte im Blick behalten werden.</p>
--	--

VII Darstellungsvorschlag



<p>Zusatz - Darstellungsvariante Region Ost (nur Winterweizen) (Brandenburg, Sachsen, Sachsen-Anhalt, Thüringen)</p>	<p>Abweichung der Winterweizenernteerträge vom Mittel der 6 Vorjahre - Region Ost [%]</p> <p>Datenquelle: BMEL (Ernte- und Betriebsberichterstattung sowie Besondere Ernte- und Qualitätsermittlung)</p>
<p>Zusatz - Darstellungsvariante Region Mitte (nur Winterweizen) (Hessen, Rheinland-Pfalz, Saarland)</p>	<p>Abweichung der Winterweizenernteerträge vom Mittel der 6 Vorjahre - Region Mitte [%]</p> <p>Datenquelle: BMEL (Ernte- und Betriebsberichterstattung sowie Besondere Ernte- und Qualitätsermittlung)</p>
<p>Zusatz - Darstellungsvariante Region Nord (nur Winterweizen) (Mecklenburg-Vorpommern, Niedersachsen, Nordrhein-Westfalen, Schleswig-Holstein)</p>	<p>Abweichung der Winterweizenernteerträge vom Mittel der 6 Vorjahre - Region Nord [%]</p> <p>Datenquelle: BMEL (Ernte- und Betriebsberichterstattung sowie Besondere Ernte- und Qualitätsermittlung)</p>

VIII Anlage

Statistische Ermittlung der Regionen

(in Zusammenarbeit mit Statistischem Beratungslabor der LMU München, Prof. Dr. Helmut Küchenhoff, Stand: 10.12.2014)

Zur Berechnung der Cluster wurden zwei verschiedene Methoden, das k-means-Clustering und ein hierarchisches agglomeratives Verfahren, verwendet.

Beim k-means-Clustering wird zuerst die Clusteranzahl k gewählt. Hier sollen die Bundesländer in vier Gruppen eingeteilt werden, darum ist $k = 4$. Der k-means-Algorithmus wählt zu Beginn zufällig k Clusterschwerpunkte und ordnet danach jedes Bundesland dem nächstgelegenen Schwerpunkt zu (Schritt 1). Anhand der dadurch entstandenen Cluster werden die Clusterschwerpunkte neu berechnet (Schritt 2). Nun folgt wieder Schritt 1, die erneute Zuteilung der Bundesländer zu den neu berechneten Clustern. Die Schritte 1 und 2 werden bis zur Konvergenz wiederholt, das heißt sie werden so oft wiederholt, bis sich keine Veränderungen mehr ergeben.

Da die Clusterschwerpunkte zu Beginn zufällig gewählt werden, wiederholt man das gesamte Vorgehen mehrere Male. Dadurch wird verhindert, dass das berechnete Ergebnis zu stark vom Zufall abhängt. Hier wurde der k-means-Algorithmus mit 1000 verschiedenen Startwerten berechnet.

Daraus ergeben sich die folgenden vier Cluster zur Einteilung der Bundesländer:

[1] = Süd (Bayern und Baden-Württemberg)

[2] = Ost (Brandenburg, Sachsen, Sachsen-Anhalt und Thüringen)

[3] = Mitte (Hessen, Rheinland-Pfalz und Saarland)

[4] = Nord (Mecklenburg-Vorpommern, Niedersachsen, Nordrhein-Westfalen und Schleswig-Holstein)

Das zweite verwendete Clusterverfahren ist ein hierarchisches agglomeratives Verfahren. Bei einem agglomerativen Verfahren stellt zu Beginn jedes Bundesland ein eigenes Cluster dar. Im Folgenden werden in jedem Schritt jeweils die beiden Cluster zusammengefasst, die den geringsten maximalen Abstand (Complete-Linkage) zueinander haben. Der Abstand zweier Elemente wurde mit Hilfe der euklidischen Distanz berechnet.

Aus dem nachstehenden Dendogramm lassen sich die einzelnen Schritte nachvollziehen und die Einteilung der Bundesländer in vier Cluster ablesen.

Aus diesem Verfahren resultieren die folgenden vier Cluster:

[1] = Süd (Bayern, Baden-Württemberg, Hessen und Rheinland-Pfalz)

[2] = West (Saarland)

[3] = Ost (Brandenburg, Sachsen, Sachsen-Anhalt und Thüringen)

[4] = Nord (Mecklenburg-Vorpommern, Niedersachsen, Nordrhein-Westfalen und Schleswig-Holstein)

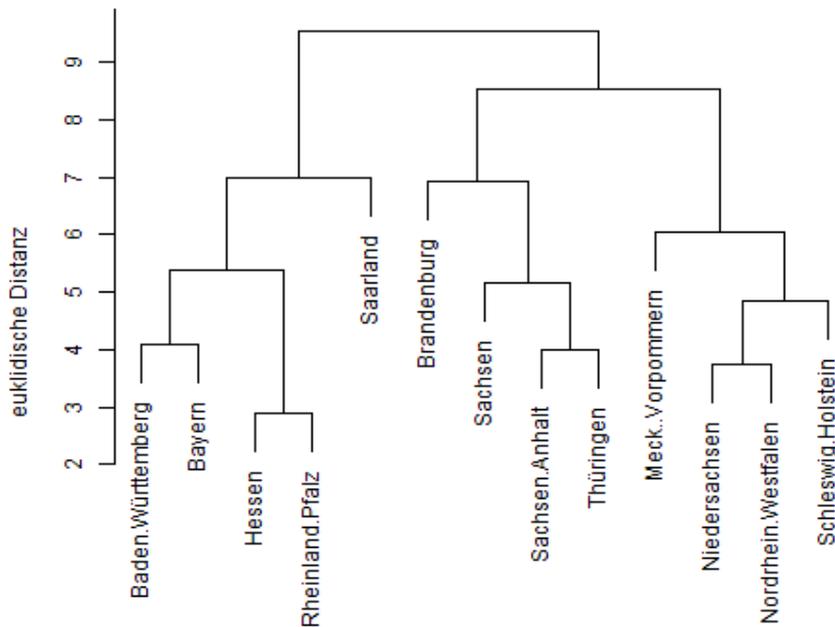


Abb. 1: Dendrogramm der Clustering nach dem hierarchisch agglomerativen Verfahren

Die Einteilung unterscheidet sich nicht wesentlich von den Clustern die mit dem k-means-Algorithmus berechnet wurden. Die Einteilung nach dem k-means-Verfahren erscheint aber als die plausible Clustering, für die sich außerdem eine bessere Gleichverteilung der Bundesländer auf die vier Cluster ergibt.

Die rein grafische Zusammenschau der Länderdaten in den jeweiligen Clustern nach dem k-means-Verfahren ergibt die nachstehenden Bilder:

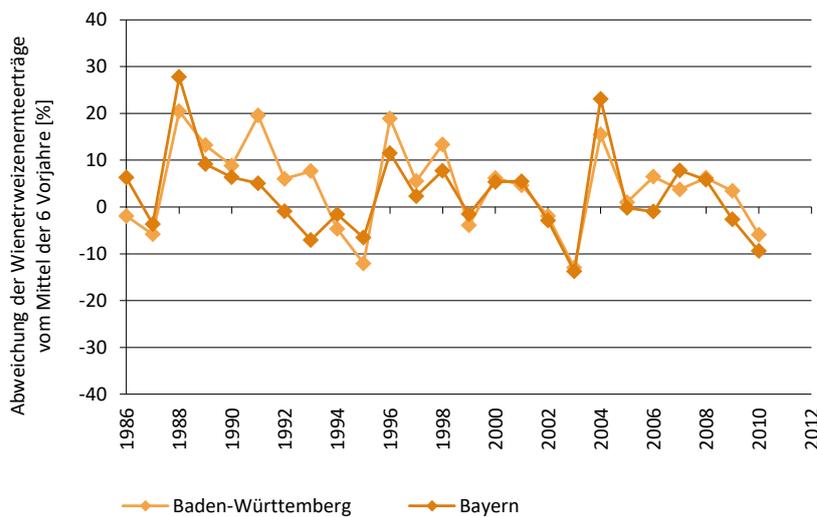


Abb. 2: Datenreihen für das Cluster Süd (BW und BY)

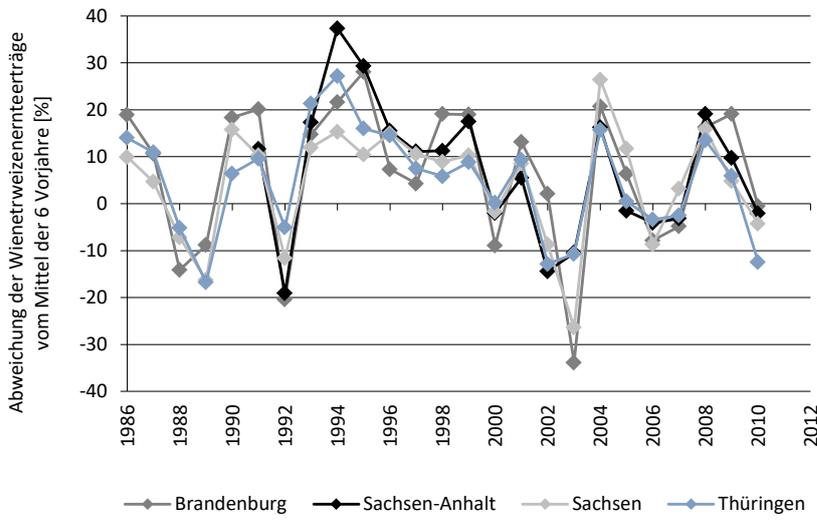


Abb. 3: Datenreihen für das Cluster Ost (BB, SN, ST und TH)

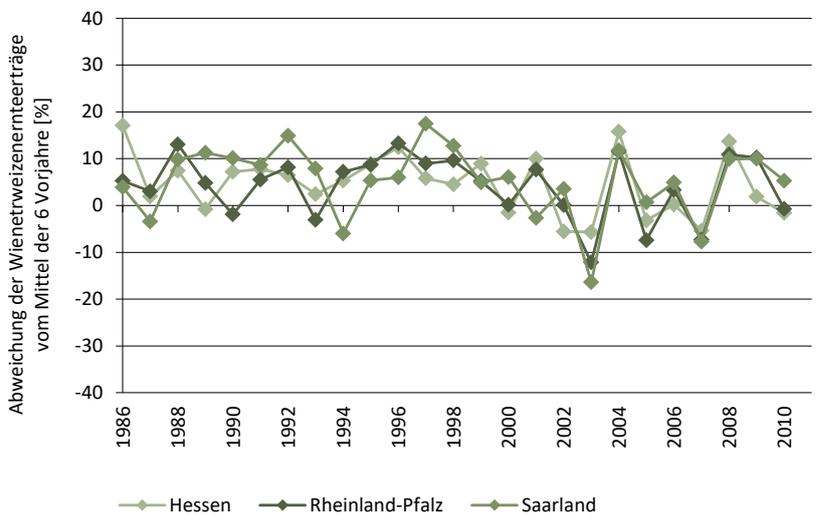


Abb. 4: Datenreihen für das Cluster Mitte (HE, RP und SL)

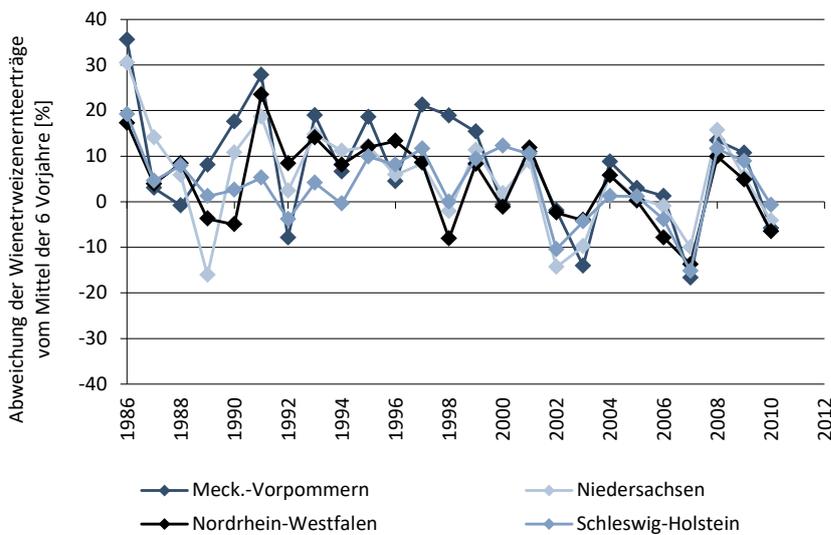


Abb. 5: Datenreihen für das Cluster Nord (MV, NI, NW und SH)