

Silke Dachbrodt-Saaydeh<sup>1</sup>, Jörg Sellmann<sup>2</sup>, Dietmar Roßberg<sup>1</sup>

## Cluster zur regionalen Erhebung und Analyse der Pflanzenschutzintensität (CEPI) im Ackerbau

Clusters for the regional evaluation and analysis of pesticide use intensity (CEPI) in arable crops

264

### Zusammenfassung

Die Analysen und regionalen Auswertungen der Intensität der Anwendung von Pflanzenschutzmitteln im Ackerbau im „Netz Vergleichsbetriebe Pflanzenschutz“ erfolgten bisher in Deutschland für die Großregionen Norden, Osten, Süden und Westen. Die Grundlage dafür bildeten die Boden-Klima-Räume. Allerdings ließen sich in den Großregionen die regionalen Spezifika oft nur unzureichend erklären. Deswegen wurde ein Vorschlag für eine neue Gebietsgliederung zur Berechnung regionaler Behandlungsindizes auf Grundlage der bestehenden Boden-Klima-Räume erarbeitet. Die Neugruppierung erfolgte anhand der geoklimatischen Hauptfaktoren für die Intensität der Anwendung von Pflanzenschutzmitteln. Mit einer Clusteranalyse wurden diese Faktoren aufgrund ihrer Ähnlichkeit gruppiert. Es entstanden acht Cluster, die hinsichtlich einer sinnvollen Anzahl von Erhebungsbetrieben pro Cluster für die Auswertung zu sechs Clustern für die regionale Erhebung und Analyse der Pflanzenschutzintensität (CEPI) im Ackerbau zusammengefasst wurden. Im Vergleich zu den Großregionen wird mit den CEPI eine bessere Aussagekraft zu regionalen Unterschieden der Behandlungsintensität erreicht. Regionale sowie jahresbedingte Unterschiede treten stärker hervor und ermöglichen somit eine valide wissenschaftliche Interpretation der Erhebungsergebnisse.

**Stichwörter:** Gebietsgliederung, Boden-Klima-Räume, Netz Vergleichsbetriebe Pflanzenschutz, Behandlungsindex, Pflanzenschutz

### Abstract

To date, the analyses and regional evaluation of pesticide use intensity in arable crops in the Reference Farms Network were conducted based on the division of Germany into the large geographic regions, North, East, South and West. The soil-climate-areas formed the initial basis. The large geographic regions often explained only unsatisfactorily the regional specificities in the evaluation results. Hence, a new proposal was developed for a new regional spatial consolidation based on the existing soil-climate-areas. The geo-climatic key factors for pesticide use intensity served as attributes for the new consolidation of the soil-climate-areas. The factors were clustered based on their similarity in a cluster analysis. As a result of the cluster analysis eight clusters emerged and were merged to six clusters for regional evaluation and analysis of pesticide use intensity in arable crops (CEPI) after distributing the number of Reference Farms to the clusters and in order to enable a sound evaluation. The CEPI explain better the regional differences of the treatment index compared to the large geographic regions. Regional and annual differences are revealed more distinctively and enable a better scientific interpretation of the results.

**Key words:** Geographical classification, soil-climate-areas, Reference Farms Network, treatment frequency index, crop protection

### Affiliationen

Julius Kühn-Institut (JKI), Bundesforschungsinstitut für Kulturpflanzen, Institut für Strategien und Folgenabschätzung, Kleinmachnow<sup>1</sup>

Julius Kühn-Institut (JKI), Bundesforschungsinstitut für Kulturpflanzen, Zentrale Datenverarbeitung, Kleinmachnow<sup>2</sup>

### Kontaktanschrift

Silke Dachbrodt-Saaydeh, Julius Kühn-Institut (JKI), Bundesforschungsinstitut für Kulturpflanzen, Institut für Strategien und Folgenabschätzung, Stahnsdorfer Damm 81, 14532 Kleinmachnow, E-Mail: silke.dachbrodt-saaydeh@julius-kuehn.de

### Zur Veröffentlichung angenommen

27. August 2019

## Einleitung

In Deutschland werden seit 2007 im Rahmen des vom Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft (BMEL) geförderten Projektes „Netz Vergleichsbetriebe Pflanzenschutz“ jährlich Daten zur Anwendung von Pflanzenschutzmitteln in Zusammenarbeit mit den amtlichen Pflanzenschutzdiensten der Bundesländer und dem Julius Kühn-Institut erhoben (FREIER et al., 2008, 2009, 2010, 2011, 2012, 2013, 2015, 2016; DACHBRODT-SAADEH et al., 2018). Ziel der Arbeiten des „Netz Vergleichsbetriebe Pflanzenschutz“ ist es, die Intensität der Anwendung von Pflanzenschutzmitteln in den Hauptkulturen und Regionen zu analysieren sowie die Anwendung von Pflanzenschutzmitteln fachlich im Hinblick auf die Einhaltung des notwendigen Maßes zu bewerten (BMELV, 2008; BURTH et al., 2002). Im Ackerbau wurden für die regionale Auswertung die Großregionen Norden, Osten, Süden und Westen (Abb. 1) definiert. Diese Gliederung basiert auf der Gebietsgliederung in Boden-Klima-Räume (ROSSBERG et al., 2007). Die Boden-Klima-Räume (BKR) wurden in einem gemeinsamen Projekt der Biologischen Bundesanstalt und dem Arbeitskreis Sortenversuchswesen der Bundesländer entwickelt. Dazu wurden jeder Gemeinde die für den Ackerbau wesentlichen Einflussfaktoren Boden und Witterung zugeordnet und der Faktor Boden über die Werte der gewichteten mittleren Bodengüte jeder Gemeinde abgebildet. Der Bezug zum Einflussfaktor Witterung wurde durch die klimatologischen Werte `mittlere Monatstemperatur` und `mittlere monatliche Niederschlagssumme` im Zeitraum März bis August der Jahre 1981–2000 hergestellt (ROSSBERG et al., 2007).

Mit Hilfe einer Clusteranalyse erfolgte die Gruppierung der Gemeinden mit ähnlichen Eigenschaften der Parameter Boden, Temperatur und Niederschlag zu Clustern. In weiteren auf Expertenwissen basierenden Schritten fasste man die Cluster zu den 50 Boden-Klima-Räumen zusammen. Für den Zweck der Erhebungen im „Netz Vergleichsbetriebe Pflanzenschutz“ erwies sich die Gebietsgliederung in Boden-Klima-Räume aufgrund der begrenzten Anzahl der teilnehmenden Betriebe als zu kleinteilig. Um dennoch regionale Vergleiche auf der Grundlage solider Stichproben zu ermöglichen, erfolgte die Definition der Großregionen Norden, Osten, Süden und Westen. Der Nachteil der Großregionen war, dass sich die regionalen Spezifika in der Auswertung und Interpretation der Erhebungsergebnisse und damit die Aussagen zur Intensität der Pflanzenschutzmittelanwendung oft nur unzureichend erklären ließen. Die Erarbeitung einer regionalen Neugliederung auf Grundlage der bestehenden Boden-Klima-Räume soll diese bestehenden Defizite ausräumen. Das Ziel der Neugruppierung in Cluster für die regionale Erhebung und Analyse der Pflanzenschutzintensität (CEPI) im Ackerbau ist es, die Boden-Klima-Räume ausschließlich anhand der Hauptfaktoren für die Intensität der Anwendung von Pflanzenschutzmitteln zu gruppieren und die bisherige nachbarschaftliche Gliederung in die Großregionen Norden, Osten, Süden und Westen aufzugeben.

## Material und Methoden

Die 50 Boden-Klima-Räume dienen als Basisdatensatz für die Neugliederung. Die bestehenden Eingangspara-

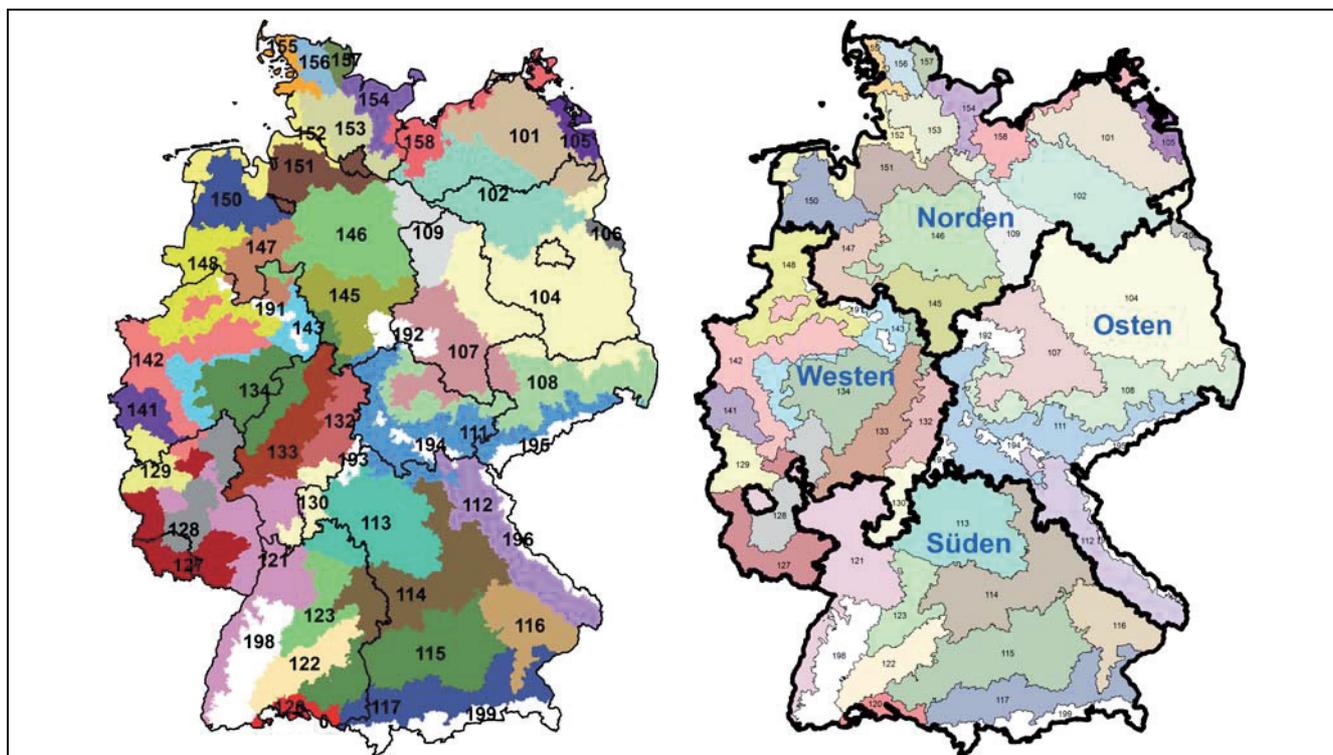


Abb. 1. Boden-Klima-Räume (ROSSBERG et al., 2007) (links), Großregionen Ackerbau (rechts)

meter wurden kritisch hinsichtlich ihrer Eignung zur Abbildung des Einflusses auf die Behandlungsintensität analysiert sowie weitere Parameter (Luftfeuchte, Vegetationsbeginn, Anzahl Tage mit > 9 Stunden Blattnässe sowie unterschiedliche Gewichtungen der Parameter Temperatur und Niederschlag) als Einflussfaktoren hinsichtlich ihres Einflusses auf die Clusterbildung geprüft. Als Ergebnis der Analyse wurden jedem Boden-Klima-Raum folgende Attribute zugeordnet:

- die mittlere Bodenwertzahl (nach ROSSBERG et al., 2007 (unverändert)) und
- die Grid basierten Klimadaten des DWD der Jahre 1990 bis 2018 mit den über die Jahre gemittelten Monatswerten von
  - Temperatur,
  - Niederschlag sowie
  - Anzahl der Tage mit > 9 h Blattnässe im Monat.

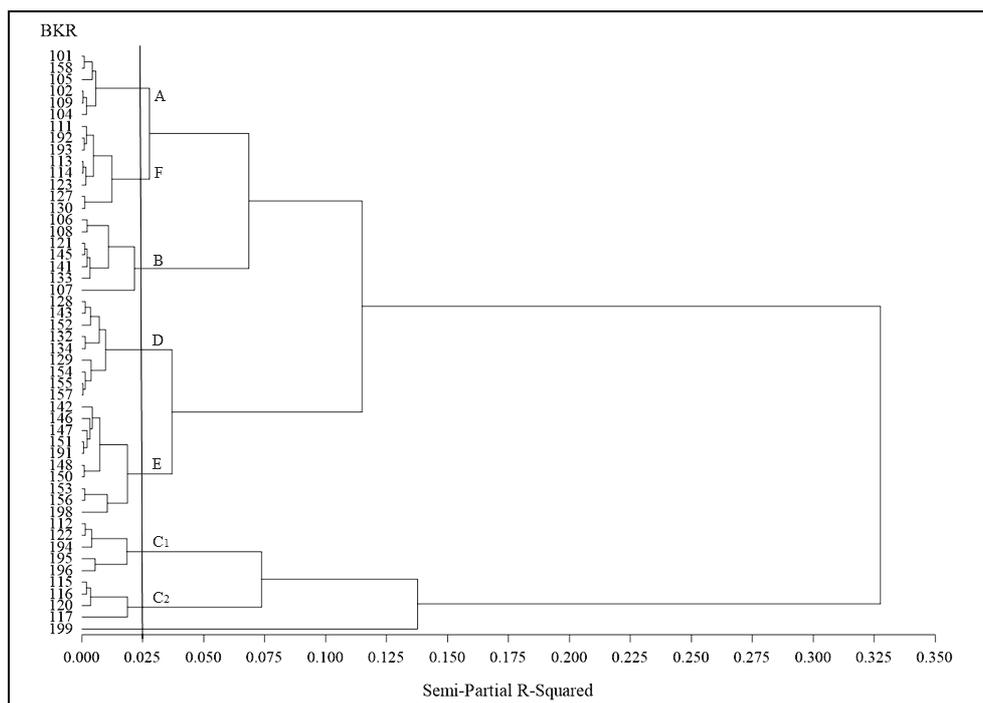
Die Attribute wurden vor der Verrechnung standardisiert, um einen Abgleich der unterschiedlichen Skalierungen sowie eine Gleichgewichtung zu erzielen. Da es sich um Einflussfaktoren auf die Behandlungsintensität handelt, wurden die Klimadaten der Einzelmonate hinsichtlich ihrer Ähnlichkeiten mit der SAS Cluster-Prozedur „Proc varclus“ (SAS®9.4 Version M5) gruppiert. Im Ergebnis konnte zwischen zwei Gruppen, den Monaten April–August und den Monaten September–März, unterschieden werden. Mit Hilfe der SAS-Clusteranalyse proc cluster, Methode „Ward’s Minimum Variance Cluster Analysis“, erfolgte die Gruppierung der BKR anhand der Ähnlichkeit ihrer Attribute.

Das Ward-Verfahren ist das leistungsstärkste agglomerative Cluster-Verfahren (STEIN und VOLLNHALS, 2007). Zu

Beginn des Fusionsprozesses ist dabei jeder Boden-Klima-Raum ein jeweils eigenes Cluster, mit einer maximalen Intra-Homogenität. Im Verlauf der Fusion werden schrittweise BKR anhand der ähnlichen Ausprägungen ihrer Attribute so gruppiert, dass immer die beiden Cluster fusionieren, die die geringste Erhöhung der Varianz im neuen Cluster bewirken. Dadurch entstehen homogene Gruppen. Die Validierung der Cluster wurde mit der Auswertung der Root Mean Square Standard Deviation [RMSSTD] sowie der Prüfung der Signifikanz mit der Statistik-Software R (Version 3.5.2), dem Bootstrapping mit der R-Funktion „clusterboot“ aus dem Package „fpc“, durchgeführt (R CORE TEAM, 2018; HENNING, 2019). Die Clusteranalyse ist ein iteratives Verfahren, bei dem das Ergebnis zielorientiert festgelegt wird. In diesem Fall wurde die Anzahl der zu bildenden Cluster in erster Linie durch die vorgesehene Nutzung der neuen Gebietsgliederung beeinflusst. Es musste sichergestellt werden, dass in jedem Cluster eine ausreichend große Anzahl von Erhebungsbetrieben für die beabsichtigten statistischen Auswertungen verfügbar ist.

### Ergebnisse und Diskussion

Das Ergebnis der SAS-Clusterprozedur ist in Abb. 2 als Dendrogramm dargestellt. Für die Bildung sachlich sinnvoller Regionen wies die Anwendung von RMSSTD mit der Zielvorgabe einer Clusteranzahl kleiner zehn zunächst acht Cluster aus, markiert durch die Linie in Abb. 2. Der BKR 199 (Alpen) ist aufgrund seiner Lage für den Ackerbau nicht relevant, enthält keinen Erhebungsbetrieb und blieb als Cluster unberücksichtigt. Weil die Cluster C1 und C2, einerseits sehr ähnliche Eigenschaften und andererseits



**Abb. 2.** Ergebnis der SAS-Clusteranalyse „Ward’s Minimum Variance Cluster Analysis“ mit der Festlegung von 6 Clustern (Cluster A–F)

in der Einzelbetrachtung nur eine kleine Anzahl Betriebe aufwiesen, wurden diese zusammengefasst. Dementsprechend entstanden unter Berücksichtigung der festgelegten Kriterien 6 Cluster, bezeichnet als Cluster A-F (Abb. 2).

Die Cluster unterscheiden sich in der Ausprägung der verwendeten Klimaattribute sowie den Bodeneigenschaften. Der Cluster B zeichnet sich durch die größten mittleren Bodenwertzahlen (Mittelwert 53) aus, diese nehmen in den Clustern C, D, F ab, und die Cluster A und E (Mittelwerte 34 bzw. 32) sind durch die kleinsten Bodenwertzahlen gekennzeichnet. Die mittleren Niederschlagssummen variieren sehr stark zwischen den BKR und demzufolge auch innerhalb der einzelnen Cluster. Es sind große Unterschiede der mittleren Niederschlagssummen im Vergleich der Cluster A und B, mit den geringsten Niederschlägen, zu den anderen Clustern zu erkennen. Dementsprechend ähnlich verhalten sich die Unterschiede für die Anzahl der Tage mit mehr als 9 Stunden Blattnässe pro Monat. Im Unterschied dazu sind die Cluster A und B durch die höchsten mittleren Temperatursummen, insbesondere in der Vegetationsperiode, gekennzeichnet.

Mit der Definition von sechs Gebieten für die regionale Analyse und Bewertung der Pflanzenschutzintensität im Ackerbau (Abb. 3) werden die Defizite von sehr großflächigen Regionen aufgehoben und über alle Cluster eine gleichmäßige Anzahl Betriebe erzielt (Tab. 1).

Die Tab. 2 gibt die entsprechende Zuordnung der Boden-Klima-Räume zu den Großregionen und den Clustern CEPI 6 an.

In Tab. 3 sind exemplarisch die Ergebnisse der regionalen Auswertungen der Behandlungsindices in Winterraps für das Jahr 2016 in den Clustern CEPI 6 im Vergleich mit der entsprechenden Auswertung in den Großregionen dargestellt.

Die Ergebnisse der Behandlungsintensität aller Pflanzenschutzmittelkategorien (Gesamt-BI) und der Insektizide im Jahr 2016 unterschieden sich in Cluster A signifikant von allen anderen Clustern. Die Cluster B und F wiesen signifikante Unterschiede zu den übrigen Clustern auf. Signifikante Unterschiede zwischen den Gesamt- sowie Insektizid-Behandlungsindices ließen sich auch in den Jahren 2011 und 2017 nachweisen. Die signifikanten Unterschiede insbesondere zwischen den Clustern A und F belegen den Vorteil gegenüber der Aufteilung in Großregionen auch hinsichtlich der Differenzierung der Behandlungsintensität. Die Abb. 4 veranschaulicht in Box-Whisker-Plots beispielhaft die mittleren Behandlungsindices für Fungizide in Winterweizen in den CEPI 6 in den Jahren 2011–2016.

Die Behandlungsintensitäten in den Clustern D und E unterschieden sich über die Jahre 2011–2016 signifikant von den anderen Clustern. Neben signifikanten Unterschieden zwischen den einzelnen Clustern in den betrachteten Jahren, ließen sich in den Jahren 2014 und 2016 insbesondere zwischen den Clustern A und E, den Clustern B und D (2011, 2012, 2015, 2016) sowie zwischen den Clustern B und F (2012, 2014) signifikante Unterschiede feststellen. Die Behandlungsintensität der Insektizide in den Clustern D und E unterschieden sich über die Jahre 2011 bis 2016 ebenfalls signifikant (nicht dargestellt). In der Betrachtung der Einzeljahre waren zwischen den anderen Clustern gleichermaßen signifikante Unterschiede in den verschiedenen Pflanzenschutzmittelkategorien festzustellen, auf die hier nicht

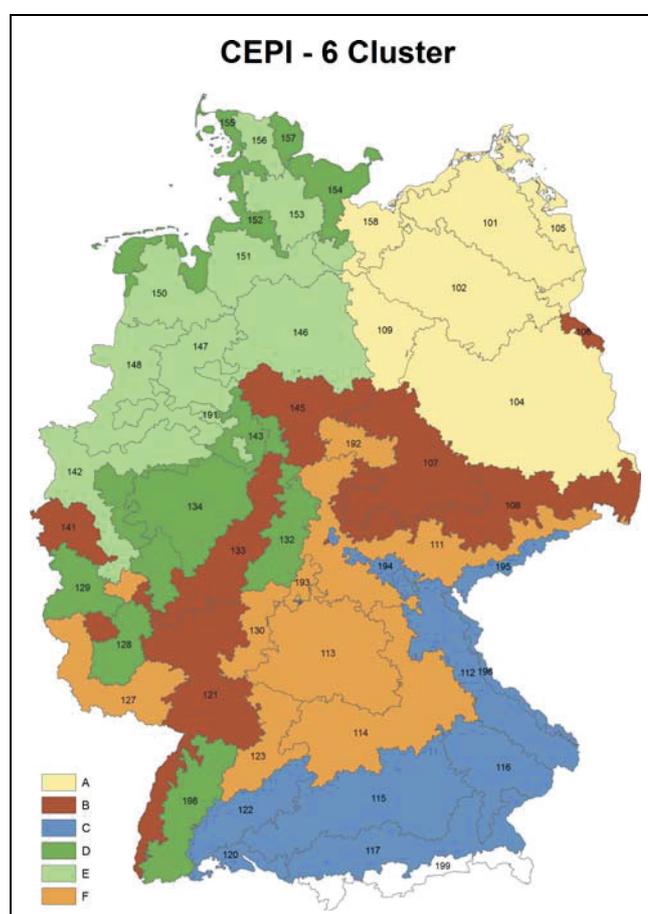


Abb. 3. Cluster zur regionalen Erhebung und Analyse der Pflanzenschutzintensität im Ackerbau (CEPI)

Tab. 1. Anzahl der Betriebe (Schläge) in den Kulturen Winterweizen und Winterraps in den Clustern A–F im Jahr 2016

Cluster	A	B	C	D	E	F
Winterweizen	15 (43)	19 (56)	8 (24)	14 (38)	19 (58)	8 (22)
Winterraps	15 (45)	15 (39)	5 (14)	12 (32)	10 (27)	7 (19)

im Detail eingegangen wird. Insgesamt konnte gezeigt werden, dass mit den CEPI 6 jährlich und regional differenzierte und damit valide Ergebnisse diskutiert werden können.

Zwischen den Großregionen und den CEPI 6 ist ein detaillierter Vergleich der Ergebnisse der Behandlungsindices in den Pflanzenschutzmittelkategorien und den Kulturen nur bedingt möglich, da sich die Gruppierung

**Tab. 2. Zuordnung der Boden-Klima-Räume zu den Großregionen und den Clustern CEPI 6.**

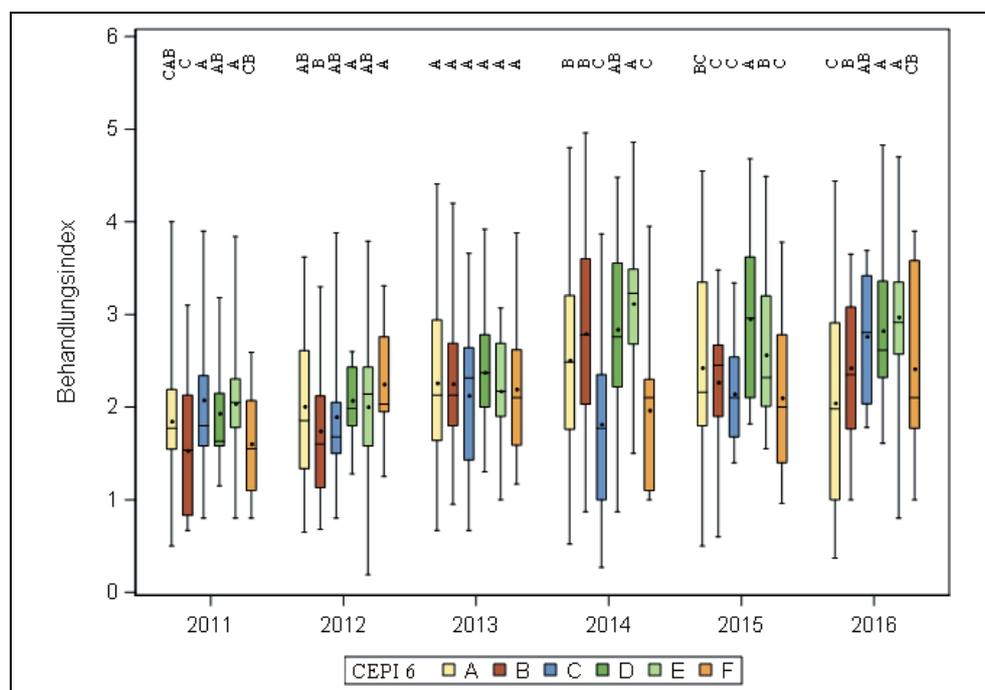
BKR-Nr	BKR-Bezeichnung	Großregion	Cluster
101	mittlere diluviale Böden MV und Uckermark	Norden	A
102	sandige diluviale Böden des nordostdeutschen Binnentieflandes	Norden	A
104	trocken-warme diluviale Böden des ostdeutschen Tieflandes	Osten	A
105	vorpommersche Sandböden im Uecker-Randow-Gebiet	Norden	A
109	diluviale Böden der Altmark und Überlappung nördliches Niedersachsen	Norden	A
158	Nordwest-Mecklenburg/Rügen/Südost-Holstein	Norden	A
106	Oderbruch	Osten	B
107	Lößböden in der Ackerebene (Ost)	Osten	B
108	Lößböden in den Übergangslagen (Ost)	Osten	B
121	Rheinebene und Nebentäler	Süden	B
133	Zentralhessische Ackerbaugebiete, Warburger Börde	Westen	B
141	Lößböden/Köln-Aachener Bucht/Niederungslagen	Westen	B
145	Lehmböden/Südhanover	Norden	B
112	Verwitterungsböden in den Höhenlagen (östliches Bayern)	Osten	C
115	Tertiär-Hügelland Donau-Süd	Süden	C
116	Gäu, Donau- und Inntal	Süden	C
117	Moränen-Hügelland und Voralpenland	Süden	C
120	Hochrhein-Bodensee	Süden	C
122	Schwäbische Alb, Baar	Süden	C
194	Thüringer Wald	Osten	C
195	Erzgebirge	Osten	C
196	Bayrischer Wald	Osten	C
128	Hunsrück, Westerwald	Westen	D
129	sandiger Lehm/Eifel/Höhenlagen	Westen	D
132	Osthessische Mittelgebirgslagen	Westen	D
134	Lehmböden/Sauerland, Briloner Höhen/Höhenlagen	Westen	D
143	Lehmböden/Ost-Westfalen, Haarstrang, Bergisches Land, Voreifel/Übergangslagen	Westen	D
152	Niedersächsische Küsten- und Elbmarsch	Norden	D
154	südliches schleswig-holsteinisches Hügelland	Norden	D
155	Marsch-Nord	Norden	D
157	nördliches schleswig-holsteinisches Hügelland	Norden	D
198	Schwarzwald	Süden	D
142	Lehmböden/oberer Mittelrhein, Niederrhein, südliches Münsterland/Niederungslagen	Westen	E
146	sandige Böden/Lüneburger Heide, nördliches NRW	Norden	E
147	leichtere Lehmböden/mittleres Niedersachsen, nordöstliches NRW	Norden	E
148	Sandböden/südwestliches Weser-Ems-Gebiet, nördliches Münsterland/Niederungslagen	Westen	E
150	nordwestliches Weser-Ems-Gebiet/sandige Böden	Norden	E
151	Elbe-Weser-Dreieck/sandige Böden	Norden	E
153	Geest-Süd	Norden	E
156	Geest-Nord	Norden	E
191	Teutoburger Wald	Westen	E
111	Verwitterungsböden in den Übergangslagen (Ost)	Osten	F
113	Nordwestbayern-Franken	Süden	F
114	Albflächen und Ostbayerisches Hügelland	Süden	F

Tab. 2. Fortsetzung.

BKR-Nr	BKR-Bezeichnung	Großregion	Cluster
123	Oberes Gäu und körnermaisfähige Übergangslagen	Süden	F
127	Mittellagen Rheinland-Pfalz und Saarland	Westen	F
130	Odenwald, Spessart	Westen	F
192	Harz	Osten	F
193	Rhön	Osten	F
199	Alpen	Süden	F

Tab. 3. Gesamt-Behandlungsintensität (BI) und Insektizid-BI in Wintertraps im Jahr 2016 in den Großregionen (N, O, S, W) und den CEPI 6 (A, F, B, C, D, E).

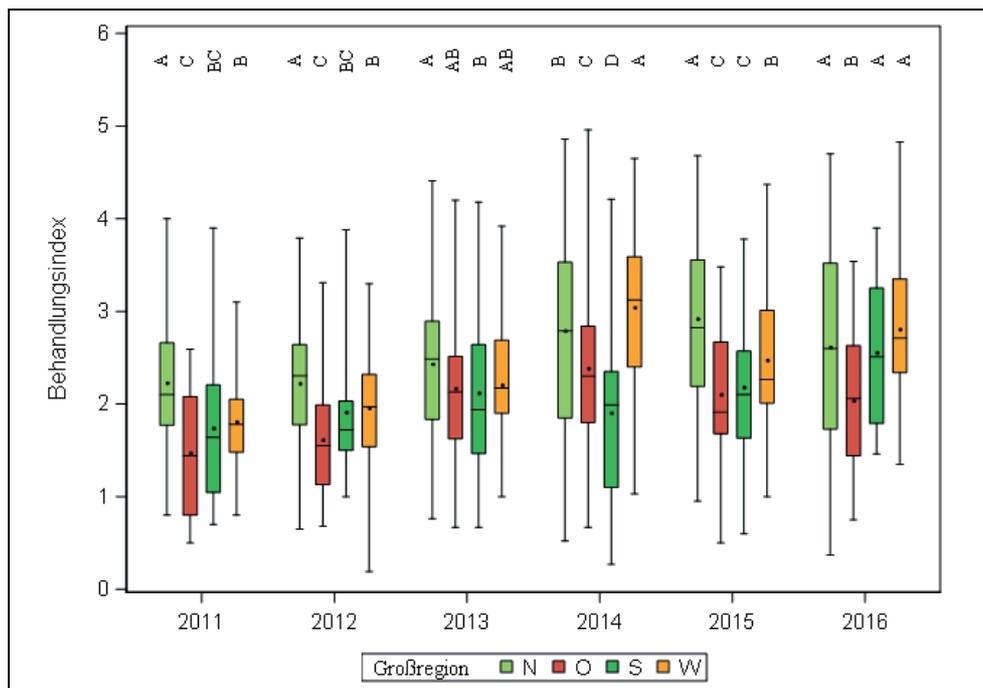
Regionen	N	O	S	W	A	B	C	D	E	F
Gesamt-BI	7,4**	6,9*	5,8	5,9	8,3**	6,6*	5,3	5,7	5,3	7,2*
Insektizid-BI	3,2**	2,3	2,0	1,9*	3,7**	2,0	1,5	1,8	1,8	2,7*

\*  $p < 0,05$ , \*\*  $p < 0,0001$ Abb. 4. Box-Whisker Plots der Behandlungsindices Fungizide in Winterweizen in den CEPI 6 in den Jahren 2011–2016. Verschiedene Buchstaben symbolisieren signifikante Unterschiede ( $p < 0,05$ ) zwischen den Clustern innerhalb des Jahres

der BKR zwischen Großregionen und den CEPI 6 deutlich unterscheidet. Es lässt sich jedoch feststellen, dass die Dominanz einzelner Großregionen hinsichtlich der Behandlungsintensität aufgehoben wird. Deutlich wird diese Tatsache in der Abbildung 5, die exemplarisch die Behandlungsintensitäten der Fungizide im Winterweizen darstellt. Zum Beispiel dominierte die Großregion Norden in den bisherigen Analysen, mit signifikant hohen Behandlungsindices in den Jahren 2011 bis 2015. Die Großregion Norden bestand im Wesentlichen aus Betrieben der neuen Cluster A und E (Abb. 5), deren Behandlungsintensitäten der Fungizide sich in der Gesamtbetrachtung über die Jahre signifikant unterschieden.

### Fazit und Ausblick

Mit der Neugliederung wurde die Zusammenlegung räumlich aneinandergrenzender BKR gänzlich aufgehoben und eine gleichmäßige Verteilung der Betriebe über die Cluster erreicht. Die Dominanz einzelner Großregionen hinsichtlich der Betriebszahlen und der Behandlungsintensität wurde aufgehoben. Regionale sowie annuelle Unterschiede treten in den CEPI stärker hervor. Künftig werden im „Netz Vergleichsbetriebe Pflanzenschutz“ für die Auswertungen zur Intensität der Pflanzenschutzmittelanwendung im Ackerbau die CEPI verwendet. Ab dem Erhebungsjahr 2017/2018 stehen auch die Daten



**Abb. 5.** Box-Whisker Plots der Behandlungsindizes Fungizide in Winterweizen in den Großregionen in den Jahren 2011–2016. Verschiedene Buchstaben symbolisieren signifikante Unterschiede ( $p < 0,05$ ) zwischen den Großregionen innerhalb des Jahres

aus dem „Panel Pflanzenschutzmittel-Anwendungen“ (PAPA) für die regionale Auswertung der Intensität der Anwendung von Pflanzenschutzmitteln zur Verfügung und werden integriert. Die Cluster zur regionalen Erhebung der Pflanzenschutzintensität im Ackerbau ermöglichen dann aufgrund der überarbeiteten Methodik und des umfangreicheren Datensatzes eine noch bessere wissenschaftliche Interpretation und Absicherung der Analyseergebnisse.

### Danksagung

Dank gilt den KollegInnen des Institutes für Strategien und Folgenabschätzung, die diese Arbeit mit konstruktiven Hinweisen unterstützten.

### Literatur

- BMELV, 2008: Nationaler Aktionsplan zur nachhaltigen Anwendung von Pflanzenschutzmitteln. BMELV Bonn, 1-32.
- BURTH, U., V. GUTSCHE, B. FREIER, D. ROßBERG, 2002: Das notwendige Maß bei der Anwendung chemischer Pflanzenschutzmittel. Nachrichtenbl. Deut. Pflanzenschutzd., 54, 297-303.
- FREIER, B., B. PALLUTT, M. JAHN, J. SELLMANN, V. GUTSCHE, W. ZORNACH, 2008: Netz Vergleichsbetriebe Pflanzenschutz – Jahresbericht 2007. Braunschweig, Berichte aus dem Julius Kühn-Institut 144, 53 S.
- FREIER, B., B. PALLUTT, M. JAHN, J. SELLMANN, V. GUTSCHE, W. ZORNACH, 2009: Netz Vergleichsbetriebe Pflanzenschutz – Jahresbericht 2008. Braunschweig, Berichte aus dem Julius Kühn-Institut 149, 64 S.
- FREIER, B., J. SELLMANN, J. SCHWARZ, M. JAHN, E. MOLL, V. GUTSCHE, W. ZORNACH, 2010: Netz Vergleichsbetriebe Pflanzenschutz – Jahresbericht 2009. Braunschweig, Berichte aus dem Julius Kühn-Institut 156, 83 S.
- FREIER, B., J. SELLMANN, J. SCHWARZ, M. JAHN, E. MOLL, V. GUTSCHE, W. ZORNACH, 2011: Netz Vergleichsbetriebe Pflanzenschutz – Jahresbericht 2010. Analyse der Ergebnisse der Jahre 2007–2010. Braunschweig, Berichte aus dem Julius Kühn-Institut 161, 86 S.
- FREIER, B., J. SELLMANN, J. SCHWARZ, B. KLOCKE, E. MOLL, V. GUTSCHE, W. ZORNACH, 2012: Netz Vergleichsbetriebe Pflanzenschutz –

Jahresbericht 2011. Analyse der Ergebnisse der Jahre 2007 bis 2011. Braunschweig, Berichte aus dem Julius Kühn-Institut 166, 104 S.

FREIER, B., J. SELLMANN, J. STRASSEMAYER, J. SCHWARZ, B. KLOCKE, H. KEHLENBECK, W. ZORNACH, 2013: Netz Vergleichsbetriebe Pflanzenschutz – Jahresbericht 2012. Analyse der Ergebnisse der Jahre 2007 bis 2012. Braunschweig, Berichte aus dem Julius Kühn-Institut 172, 111 S.

FREIER, B., J. SELLMANN, J. STRASSEMAYER, J. SCHWARZ, B. KLOCKE, H. KEHLENBECK, W. ZORNACH, 2015: Netz Vergleichsbetriebe Pflanzenschutz – Jahresbericht 2013. Analyse der Ergebnisse der Jahre 2007 bis 2013. Braunschweig, Berichte aus dem Julius Kühn-Institut 178, 103 S.

FREIER, B., J. SELLMANN, J. STRASSEMAYER, J. SCHWARZ, B. KLOCKE, S. DACHBRODT-SAAAYDEH, H. KEHLENBECK, W. ZORNACH, 2016: Netz Vergleichsbetriebe Pflanzenschutz-Jahresbericht 2014 – Analyse der Ergebnisse der Jahre 2007 bis 2014. Braunschweig, Berichte aus dem Julius-Kühn-Institut. Julius Kühn-Institut 182, 106 S.

DACHBRODT-SAAAYDEH, S., J. SELLMANN, J. STRASSEMAYER, J. SCHWARZ, B. KLOCKE, S. KRENGEL, H. KEHLENBECK, 2018: Netz Vergleichsbetriebe Pflanzenschutz – Zwei-Jahresbericht 2015 und 2016. Analyse der Ergebnisse der Jahre 2007 bis 2016. Braunschweig, Berichte aus dem Julius Kühn-Institut 194, 129 S.

HENNING, C., 2019: fpc: Flexible Procedures for Clustering. R package version 2.2-2. <https://CRAN.R-project.org/package=fpc>.

RCORE TEAM, 2018: R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <https://www.R-project.org/>.

ROSSBERG, D., V. MICHEL, R. GRAF, R. NEUKAMPF, 2007: Definition von Boden-Klima-Räumen für die Bundesrepublik Deutschland. Nachrichtenbl. Deut. Pflanzenschutzd., 59 (7), S. 155-161.

STEIN, S., S. VOLLNHALS, 2007: Grundlagen clusteranalytischer Verfahren, URL: [https://www.uni-due.de/imperia/md/content/soziologie/stein/skript\\_clusteranalyse\\_sose2011.pdf](https://www.uni-due.de/imperia/md/content/soziologie/stein/skript_clusteranalyse_sose2011.pdf), Universität Duisburg-Essen, 2011; Zugriff: 01.10.2018.

© Der Autor/Die Autorin 2019.

 Dies ist ein Open-Access-Artikel, der unter den Bedingungen der Creative Commons Namensnennung 4.0 International Lizenz (CC BY 4.0) zur Verfügung gestellt wird (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.de>).

© The Author(s) 2019.

 This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution 4.0 International License (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.en>).