Zwischen Regen und Verdunstung

Nutzung der klimatischen Wasserbilanz

Für die Beurteilung der Wasserversorgung landwirtschaftlicher Kulturen ist neben dem Niederschlag auch die Verdunstung entscheidend. Die klimatische Wasserbilanz (KWB) stellt Niederschlag und potenzielle Verdunstung gegenüber und beschreibt damit die Wasserversorgung eines Standortes unter Berücksichtigung der klimatischen Bedingungen. Sie kann als Grundlage für die längerfristige Abschätzung des Zusatzwasserbedarfs dienen.



In den Jahren 2023, 2025 und 2026 sind deutliche Defizite bei der klimatischen Wasserbilanz zu verzeichnen. Besonders 2026 fällt durch eine deutlich negative Bilanz auf.
Foto: Becker

Auch viele Bewässerungsmodelle nutzen die berechnete Verdunstung, berücksichtigen darüber hinaus jedoch unter anderem den Bodenwasservorrat und die Entwicklung der Kultur. Die KWB allein liefert deshalb keine konkrete Bewässerungsempfehlung. Der folgende Beitrag erläutert ihre Aussagekraft und Grenzen und veranschaulicht anhand hessischer Wetterstationsdaten, wie sich die Bilanzen zwischen Jahren, Jahreszeiten und Standorten unterscheiden können.

Die klimatische Wasserbilanz

Niederschlag und Verdunstung sind zwei Hauptkomponenten des globalen Wasserkreislaufes. Während Niederschlag dem Boden Wasser zuführt, gelangt es durch Verdunstung von der Bodenoberfläche (Evaporation) und durch die Wasserabgabe der Pflanzen (Transpiration) zurück in die Atmosphäre. Zusammen werden diese Prozesse als Evapotranspiration bezeichnet. Die potenzielle Verdunstung (ETpot) beschreibt die Evapotranspiration, die bei ausreichender Wasserversorgung unter den gegebenen Wetterbedingungen möglich wäre.

Die KWB stellt die Differenz zwischen Niederschlag und potenzieller Verdunstung in einem bestimmten Gebiet und Zeitraum dar:

Übersteigt der Niederschlag den Wasserverlust durch potenzielle Verdunstung, ist die Bilanz positiv. Bleibt er dahinter zurück, ergibt sich eine negative Bilanz. Die KWB zeigt, ob ein Standort oder eine Region über einen bestimmten Zeitraum eher durch trockene oder feuchte Bedingungen geprägt ist, und ermöglicht den Vergleich verschiedener Standorte und Zeiträume.

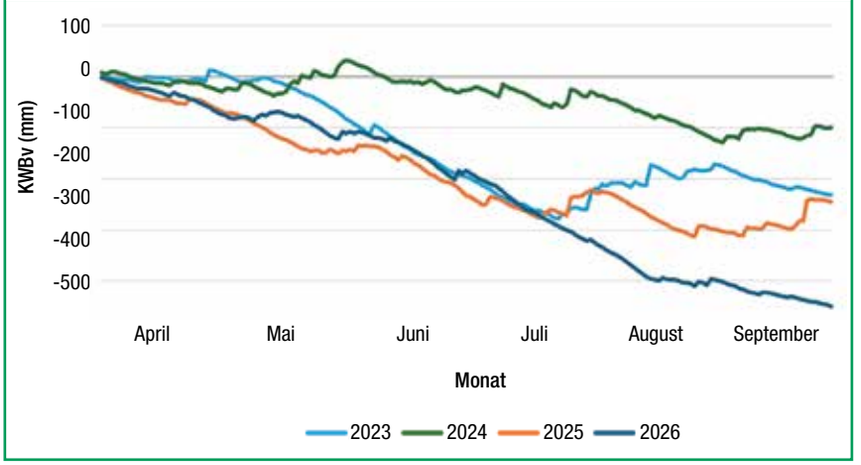
Für die Landwirtschaft und den Gartenbau ist besonders die klimatische Wasserbilanz der Vegetationsperiode (KWBv; April bis September) von Interesse. Basierend auf der 30-jährigen Klimareferenzperiode von 1991 bis 2020 lassen sich deutschlandweit insgesamt acht Klassen der KWBv ableiten (s. Tabelle 1 „Einteilung der Klimaräume...“ S. 19). Diese wiederum können laut Deutschem Wetterdienst (DWD, 2026) zur Ermittlung der Zusatzwasserbedarfe von landwirtschaftlichen und gartenbaulichen Kulturen verwendet werden.

Was die KWB nicht berücksichtigt

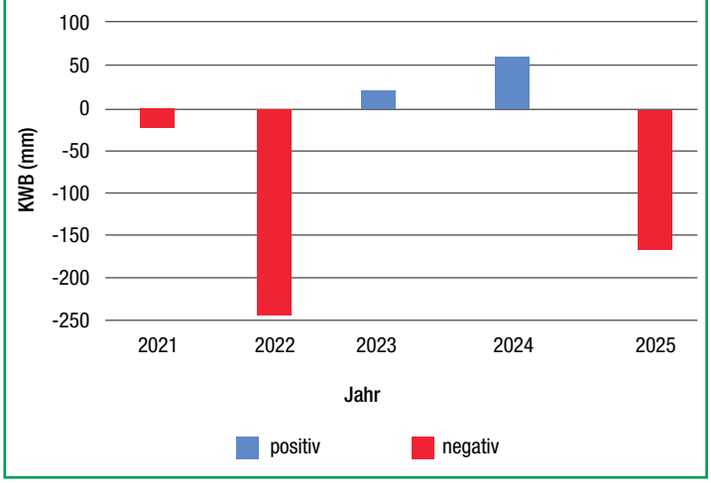
Für die klimatische Wasserbilanz wird die Grasreferenzverdunstung (ET_0) als Maß für die potenzielle Verdunstung verwendet. Sie wird mithilfe der standardisierten FAO-Penman-Monteith-Gleichung aus meteorologischen Größen wie Temperatur, Luftfeuchtigkeit, Windgeschwindigkeit und Strahlung berechnet. Als Referenz dient ein hypothetischer, gleichmäßig bewachsener Grasbestand von 12 cm Höhe mit ausreichender Wasserversorgung und festgelegten Oberflächeneigenschaften. ET_0 beschreibt somit die Verdunstung dieser Referenzfläche und nicht zwangsläufig die tatsächliche Verdunstung eines landwirtschaftlichen Pflanzenbestandes.

Um die Evapotranspiration einer spezifischen Kulturpflanze bei ausrei-

Grafik 1: Klimatische Wasserbilanz der Vegetationsperiode April bis September 2023 - 2026, Standort Riedstadt-Leeheim



Grafik 2: Jährliche klimatische Wasserbilanz (KWB) 2021 bis 2025 am Standort Riedstadt-Leeheim



chender Wasserversorgung abzuschätzen, werden in der Landwirtschaft und im Gartenbau zusätzlich sogenannte Pflanzenkoeffizienten (Kc-Werte) als Korrekturfaktoren verwendet. Diese beispielsweise in Lysimeterversuchen ermittelten Werte berücksichtigen die biologischen Eigenschaften und das jeweilige Entwicklungsstadium der Kulturpflanze und passen die Grasreferenzverdunstung an die jeweilige Kultur an.

Außerdem lässt die Grasreferenzverdunstung den tatsächlichen Bodenwassergehalt außer Acht. Bei Wassermangel wird jedoch die Transpiration eingeschränkt, sodass die tatsächliche Evapotranspiration geringer ausfallen kann als die für einen ausreichend mit Wasser versorgten Bestand berechnete. Diese Einschränkung muss für die Abschätzung des tatsächlichen Wasserverbrauchs berücksichtigt werden.

Aufgrund dieser und weiterer komplexer Zusammenhänge ist die reine KWB auch für Aussagen zur Grundwasserneubildung nur eingeschränkt geeignet. Ob und wie viel Wasser tatsächlich zur Grundwasserneubildung beiträgt, hängt neben dem atmosphärischen Verdunstungsanspruch zusätzlich von Faktoren wie den Bodeneigenschaften, der Vegetation, dem Oberflächenabfluss und der jahreszeitlichen Wasserverteilung ab.

Unterschiede zwischen den Jahren

Der Landesbetrieb Landwirtschaft Hessen (LLH) betreibt ein eigenes meteorologisches Messnetz von rund 30 Wetterstationen, die über ganz Hessen verteilt sind. Dazu gehört die Wetterstation Riedstadt am Versuchsstandort Leeheim im Hessischen Ried. Die nachfolgenden Auswertungen zeigen die klimatische Wasserbilanz dieser Station auf 87 m über NHN.

Grafik 1 zeigt die klimatische Wasserbilanz in Leeheim für die letzten vier Sommerhalbjahre von April bis September (KWBv). Während die Bilanz 2024 bis Anfang Juni um null schwankt und zeitweise positive Werte erreicht, entwickelt sie sich anschließend zunehmend in den negativen Bereich. In den Jahren 2023, 2025 und 2026 sind deutliche Defizite zu verzeichnen. Besonders 2026 fällt durch eine zunehmend negative Bilanz auf.

Negativen klimatischen Wasserbilanzen im Sommer stehen häufig positive Bilanzen im Winter gegenüber. Ob diese Überschüsse ausreichen, um die sommerlichen Defizite rechnerisch auszugleichen, lässt sich anhand der KWB über das gesamte Kalenderjahr beurteilen (Grafik 2). Da hierbei auch die Monate außerhalb des Sommerhalbjahres berücksichtigt werden, unterscheiden sich die Jahreswerte von den Werten der KWBv in Grafik 1. Für direkte Vergleiche zwischen Jahren und Standorten sind deshalb einheitliche Betrachtungszeiträume und Berechnungsverfahren erforderlich.

Für Riedstadt-Leeheim ergeben sich bei der jährlichen Betrachtung deutlich negative Bilanzen für die Jahre 2022 und 2025. Das Jahr 2021 zeigt hingegen nur eine leicht negative Bilanz, während die Jahre 2023 und 2024 eine positive Wasserbilanz aufweisen.

Um zu beurteilen, in welchen Monaten Wasserdefizite beziehungsweise Wasserüberschüsse auftreten, lohnt sich ein Blick auf die monatlichen klimatischen Wasserbilanzen. Grafik 3 zeigt diese beispielhaft für die Jahre 2024 bis 2026. Für 2024 und 2025 sind alle zwölf Monate dargestellt, für das noch laufende Jahr 2026 liegen Auswertungen bis September vor.

2026 liegt im tiefroten Bereich

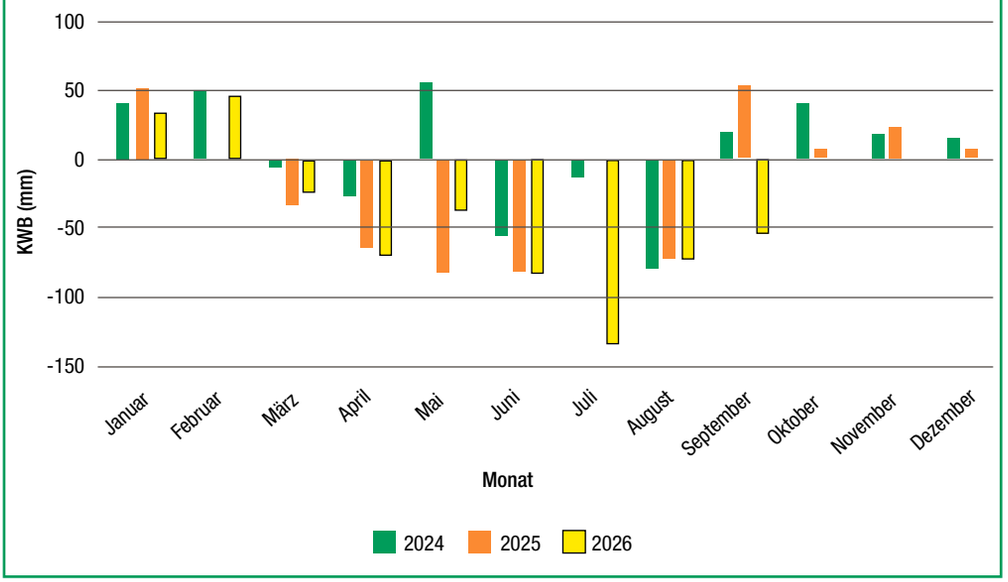
Im Vergleich der Jahre fallen insbesondere die deutlich negativeren Werte von Juli und Sep-

Tabelle: Einteilung der Klimaräume nach klimatischer Wasserbilanz der Vegetationsperiode (KWBv)

Klimaraum (8 Klassen)	KWBv (mm)
A	> 50
B	> 0 bis 50
C	> -50 bis 0
D	> -100 bis -50
E	> -150 bis -100
F	> -200 bis -150
G	> -250 bis -200
H	< -250

April bis September 1991-2020 — Quelle: DWD, 2026

Grafik 3: Monatliche klimatische Wasserbilanz (KWB) 2024 bis 2026 am Standort Riedstadt-Leeheim



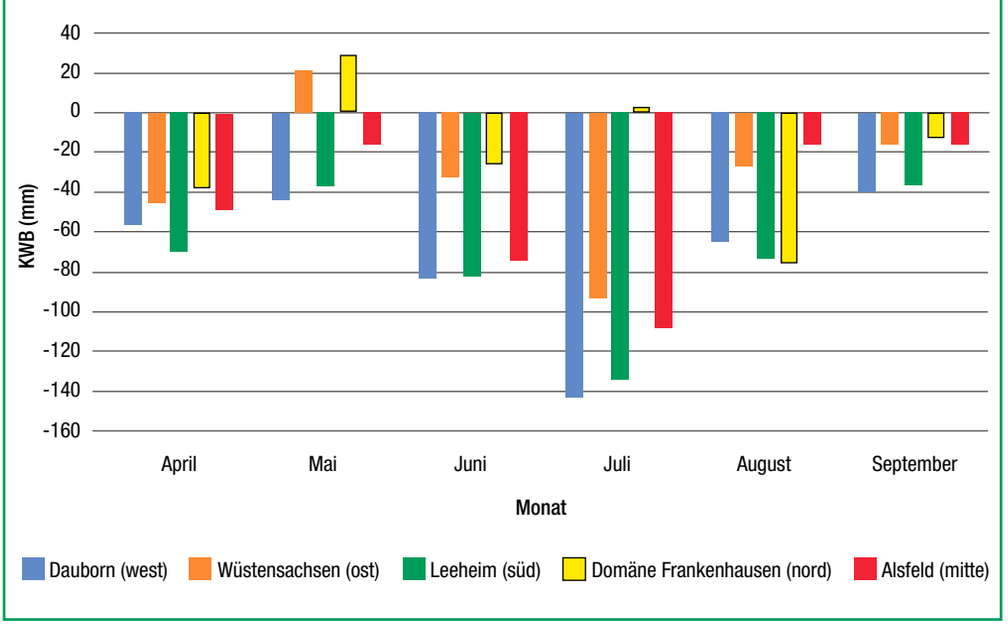
tember 2026 auf. Im Juli 2026 erreicht die KWB den niedrigsten Wert in diesem Vergleich, während sie im Juli 2024 und 2025 nahezu ausgeglichen ist. Im September 2024 und 2025 ist die KWB wieder positiv, während sie 2026 weiterhin im negativen Bereich liegt. Auch im August ist die KWB in allen drei Jahren deutlich negativ, wobei sich die Werte zwischen den Jahren nur wenig unterscheiden. In dem feuchteren Jahr 2024 erreicht die KWB im Mai positive Werte und fällt im weiteren Jahresverlauf, mit Ausnahme des Augusts, weniger stark in den negativen Bereich als in den Sommermonaten 2025 und 2026. In den Jahren 2025 und 2026 fallen die dargestellten sommerlichen Defizite zudem stärker aus als die Überschüsse der dargestellten Wintermonate.

Unterschiede zwischen den Standorten

Die KWB ermöglicht außerdem einen Vergleich der räumlichen Unterschiede zwischen verschiedenen Standorten. Grafik 4 zeigt die monatliche KWB für das Sommerhalbjahr 2026 an fünf LLH-Wetterstationen in verschiedenen Regionen Hessens.

Besonders negativ ist die monatliche KWB im Süden Hessens am Standort Leeheim und im Westen am Standort Dauborn. Weniger negativ ist die Bilanz im Osten Hessens in Wüstensachsen (Rhön, 670 m ü. NHN) sowie im Norden an der Domäne Frankenhausen in der Gemeinde Grebenstein. Trotz der insgesamt weniger negativen Bilanz ist an der Domäne Frankenhausen der August 2026 durch eine stark negative KWB geprägt. In Alsfeld fällt die KWB weniger negativ als im Süden und Westen aus, aber sie liegt meistens unterhalb der Werte aus dem Osten und dem Norden.

Grafik 4: Monatliche klimatische Wasserbilanz von April bis September 2026 an fünf ausgewählten Standorten in Hessen



Datenquellen und eigene Berechnung

Der DWD stellt Übersichtskarten zur klimatischen Wasserbilanz für Deutschland unter folgendem link bereit: *https://kurzlinks.de/9e7q*.

Über die Seite *https://kurzlinks.de/nvaz* kann man sich die langjährig gemittelte KWBv für den eigenen Standort berechnen lassen.

Das DWD-Portal ISABEL bietet standortbezogene agrarmeteorologische Informationen, darunter Vorhersagen zur KWB und zur potenziellen Verdunstung für die kommenden sieben Tage. Landwirtschaftliche Betriebe in Hessen können das Angebot über die LLH-Website nutzen: *https://llh.hessen.de/pflanze/wetter/isabel/*

Wer eigene Wetterdaten auswerten möchte, kann die Grasreferenzverdunstung nach der FAO-Penman-Monteith-Methode und daraus die KWB mit der Excel-Vorlage des LLH berechnen:

https://kurzlinks.de/7gdy (zum Herunterladen auswählen „Datei“ ➡ „Eine Kopie erstellen“ ➡ „Eine Kopie herunterladen“)

Benötigt werden tägliche Werte der mittleren relativen Luftfeuchtigkeit, der Höchst- und Tiefsttemperatur, der mittleren Windgeschwindigkeit in 2 m Höhe sowie die Tagessummen von Globalstrahlung und Niederschlag. Hinzu kommen der Breitengrad und die Höhenlage der Wetterstation. Geeignet sind beispielsweise Daten der LLH-Wetterstationen.

Fazit: Möglichkeiten und Grenzen der KWB

Die klimatische Wasserbilanz zeigt, wie Niederschlag und potenzielle Verdunstung über einen bestimmten Zeitraum zusammenwirken. Die Beispiele aus Hessen verdeutlichen, dass dabei sowohl der Standort als auch der betrachtete Zeitraum eine wichtige Rolle spielen.

Für die Bewässerungssteuerung ist insbesondere die berechnete Verdunstung von Bedeutung. Viele Bewässerungsmodelle nutzen sie, um den Wasserbedarf der Kultur abzuschätzen. Zusammen mit Niederschlag, Bodenwasservorrat und Entwicklungsstadium lassen sich daraus Empfehlungen zum Zeitpunkt und zur Menge der Bewässerung ableiten. Die KWB allein liefert diese Empfehlungen nicht, hilft aber, die klimatischen Bedingungen und das Grundprinzip solcher Modelle zu verstehen.

Anna Keppler, Julian Veit, Pierre Klüber, Fachinformation Pflanzenbau, Landesbetrieb Landwirtschaft Hessen



Während der langanhaltenden Dürrephase in diesem Sommer haben viele Grünlandnarben gelitten und Trockenschäden davongetragen. *Fotos: Kivelitz*

Im Spätherbst nach dem Grünland sehen

Herbstmanagement auf Wiesen und Weiden

Der Sommer 2026 ging als historisch in die Geschichte ein und stellte sowohl bei der Anzahl von Hitzetagen ab 30 °C als auch bei den sehr heißen Tagen ab 35 °C neue Rekorde auf. Wie man dennoch ein solides Fundament für guten Ertrag und Futterqualität in der nächsten Vegetationsperiode legt, erläutern Hubert Kivelitz und Martin Hoppe von der Landwirtschaftskammer NRW.

Extreme Dürre- und Hitze-Perioden bedeuten massiven physiologischen Stress für das Wirtschaftsgrünland. Die Pflanzen reagieren zunächst mit akuten Schutzmechanismen: Sie schließen ihre Spaltöffnungen, rollen die Blätter ein und stoppen das Wachstum. Hält die Trockenheit an, gehen die Gräser in eine Sommerruhe, auch Dormanz genannt, über. Dabei sterben ältere Blätter ab, während Reservestoffe in die Bestockungsknoten an der Triebbasis eingelagert werden, um ein späteres Wiederaustreiben zu sichern.

Dauert die Dürre zu lange oder kommen intensiver Verbiss oder ein zu tiefer Schnitt hinzu, sterben auch diese Bestockungsknoten der Gräser ab und der Wiederaustrieb unterbleibt. Nach dem Ende der Dürre droht dann eine starke Verunkrautung. Denn lückenhafte Bestände werden schnell von tiefwurzelnden Unkräutern wie Stumpfblättriger Ampfer und Disteln oder minderwertigen, dürreresistenten Ungräsern, zum Beispiel Gemeine Quecke oder Trespenarten, besiedelt. Das Grünland verliert dadurch drastisch an Futterwert und Ertragspotenzial.

Die Nachsaat ist eine Schlüsselmaßnahme

Obwohl die Schäden durch Dürrestress oder Mäusefraß regional variieren, entsteht nach Trockenphasen generell ein erhöhter Nachsaatbedarf. Dies gilt auch für das Schließen von Lücken nach einer Bekämpfung der Gemeinen Rispe. Beträgt der Lückenanteil mehr als 20 Prozent, reicht das natürliche Regenerationspotenzial der Leistungsgräser nicht mehr aus. Offene Bodenstellen bieten dann ein ideales Keimbett für unerwünschte Pflanzen, die sich bei zurückkehrender Feuchtigkeit rasch ausbreiten.

Die Nachsaat mit konkurrenzstarken Futtergräsern – allen voran dem Deutschen Weidelgras – besetzt diese Lücken sofort. Optimal terminierte Nachsaaten drängen den Unkrautdruck zurück und sichern die Ertragsfähigkeit sowie Futterqualität für die Folgejahre.

Der optimale Nachsaattermin liegt im Spätsommer oder Frühherbst bis Ende September. Zwar verleiten trockene Jahre oft dazu, auf den Oktoberregen zu warten, doch späte Saaten bergen Risiken: Insbesondere in Mittelgebirgslagen können Kahlfröste im November und Dezember die noch unbestockten, zarten Keimlinge zerstören.

Mitte Oktober gilt daher selbst für Gunstlagen als Deadline. Zeichnet sich zu diesem Zeitpunkt ab, dass die Böden bereits mit unter 8 °C stark auskühlen oder anhaltende Nässe das Befahren verhindert, sollte die Nachsaat auf das zeitige Frühjahr, sprich März/April, verschoben werden.

Gülle-Einsatz bei jungen Nachsaaten

Junge Gräser im Keim- oder frühen Blattstadium besitzen noch keine schützende Wachsschicht, auch Kutikula genannt. Die in der Gülle enthaltenen aggressiven Stoffe – insbesondere das freie Ammoniak (NH_3) und hohe Salzkonzentrationen wie zum Beispiel Kaliumsalze – verätzen die feinen Blätt-



Sind nach der Dürre oder bedingt durch Mäuse Schäden entstanden, sollten die Lücken unbedingt im Frühherbst nachgesät werden, um eine zunehmende Verunkrautung und Verungrasung zu vermeiden.

chen und Wurzeln der Sämlinge. Die junge Nachsaat kann dann flächig absterben, noch bevor sie sich etablieren kann.

Der in der Gülle enthaltene, schnell verfügbare Stickstoffanteil treibt andererseits die jungen Gräser im Spähthebst zu einem starken, mastigen Längenwachstum an. Das Gewebe wird dadurch weich und wasserreich. Die Pflanze schafft es vor dem Winter nicht mehr, Zucker in der Triebbasis einzulagern, was zu einem Mangel an Winterhärte führt. Beim ersten Frost frieren diese „gemästeten" Triebe sofort zurück, was zu starken Auswinterungsschäden führen kann.

Bei einer Nachsaat müssen die jungen Sämlinge ohnehin mit den verbliebenen, alten Pflanzen der Altnarbe konkurrieren. Düngt man im Herbst nach der letzten Nutzung mit Gülle, nimmt die tief verwurzelte Altnarbe den Stickstoff auf und wächst in die Höhe. Die alten Pflanzen überwachsen und beschatten die ohnehin schwache Nachsaat, wodurch diese schlicht an Lichtmangel abstirbt. Bei frühen Nachsaaten führt eine späte Beweidung im Herbst zu einer intensiveren Bestock der jungen Gräser und fördert so deutlich die Winterhärte und Narbendichte.

Zu später Herbizideinsatz kann die Nachsaat schädigen

Der Frühherbst im September und Anfang Oktober bietet aus physiologischer Sicht den idealen Zeitpunkt für die chemische Bekämpfung ausdauernder Wurzelunkräuter im Grünland. Zu dieser Jahreszeit verlagern die Unkräuter ihre im Sommer gebildeten Nährstoffreserven aktiv aus den Blättern nach unten in die Pfahlwurzeln oder Rhizome.

Wird nun ein systemisches Herbizid, beispielsweise mit den Wirkstoffen Fluroxypyr, Triclopyr oder Aminopyralid appliziert, transportiert dieser abwärtsgerichtete Saftstrom den Wirkstoff bis tief in die Wurzelspitzen. Das führt zu einer deutlich nachhaltigeren Wirkung als im Frühjahr. Zudem nehmen die Unkräuter die Wirkstoffe nach einer Dürre optimal auf, sobald sie durch den ersten Herbstregen wieder ausreichend vitale Blattmasse gebildet haben.

Richtung Spätherbst, ab Mitte oder Ende Oktober, sinkt die Wirkung chemischer Maßnahmen deutlich. Für eine sichere Wirkung werden wüchsiges Wetter und dauerhafte Tagestemperaturen von über 10 bis 12 °C benötigt, da die Pflanzen bei Kälte ihren Stoffwechsel herunterfahren. Droht in den Nächten nach der Behandlung Frost unter -2 °C, bleibt die Anwendung wir-

Kostenfreie App zur Pflanzenschutz-Dokumentation

JKI stellt neue praxisnahe Lösung zur Verfügung

Mit DiPAgE stellt das Julius Kühn-Institut (JKI) eine kostenfreie Web-Anwendung zur Verfügung, mit der berufliche Anwender von Pflanzenschutzmitteln (PSM) ihre Anwendungen digital und maschinenlesbar dokumentieren können. Die „App" wurde entwickelt, um die ab 2027 geltenden neuen gesetzlichen Anforderungen an die elektronische Dokumentation von Pflanzenschutzmittel-Anwendungen einfach in die betriebliche Praxis zu übertragen. Das Kürzel DiPAgE steht dabei für Digitale Pflanzenschutz-Anwendungsdaten-Erfassung.

Mit der Durchführungsverordnung (EU) 2023/564 wurden die Anforderungen an die Dokumentation von Pflanzenschutzmittel-Anwendungen erweitert. Die entsprechenden Aufzeichnungen müssen ab dem 1. Januar 2027 elektronisch und maschinenlesbar vorliegen. Für land-, forst- und weinwirtschaftliche Betriebe sowie Gartenbau und Baumschulen bedeutet dies eine Umstellung bisheriger Dokumentationsabläufe.

Daten bleiben beim Anwender

Ein zentraler Grundsatz bei der App-Entwicklung war die Datenhoheit der Betriebe zu gewährleisten. DiPAgE kann deshalb direkt über den Browser und ohne vorherige Registrierung oder Anmeldung verwendet werden. Die dokumentierten Pflanzenschutzmittel-Anwendungsdaten werden nicht zentral beim JKI gespeichert. Die Datensätze verbleiben auf dem Endgerät der Anwender und können dort gespeichert, weiterbearbeitet und in den vorgesehenen Formaten ausgegeben werden

Eine Grundlage von DiPAgE ist der am JKI entwickelte IT-Datenstandard für Pflanzenschutzmittel-Anwendungsdaten. Der Standard ist offen angelegt. Damit kann er auch von Anbietern bestehender Farmmanagement-, Ackerschlagkartei- und Dokumentationssysteme umgesetzt werden. Betriebe werden dadurch nicht auf eine bestimmte Softwarelösung festgelegt.

Gemeinsam mit der Praxis weiterentwickelt

Bereits während der Entwicklung wurde DiPAgE mit Anwendern aus der Praxis erprobt. Die dabei gewonnenen Rückmeldungen zur Bedienung und praktischen Umsetzung flossen in die Weiterentwicklung ein. Solche Meldungen aus der Praxis werden auch nach der Veröffentlichung von DiPAgE noch erfasst, um das Tool fachlich und technisch weiterzuentwickeln.

Bereits jetzt führt die Web-App die Nutzenden durch die Erfassung der erforderlichen Angaben und unterstützt sie mit hinterlegten Fach- und Verwaltungsinformationen. Ziel ist es, Eingaben möglichst eindeutig zu gestalten, unnötige Mehrfacheingaben zu vermeiden und am Ende einen strukturierten Datensatz zu erzeugen. Zu finden ist die Anwendung auf der DiPAgE-Webseite https://dipage.julius-kuehn.de/de. *pm, LW*

