

Wasser & Bewässerung

Folie 2

Mitunter eine der größten Herausforderungen infolge des Klimawandels wird es sein, mit der Verknappung des Wasserangebots umzugehen. Dieser Vortrag soll dazu beitragen, die kostbare Ressource Wasser im Garten sparsam einzusetzen und dadurch einerseits die Versorgung der Pflanzen auch in Trockenperioden sicherzustellen und andererseits wertvolle Trinkwasservorräte einzusparen.

1. Wasser - Zahlen und Fakten

Folie 5

Was macht Wasser so wertvoll? Der Ursprung des Lebens auf der Erde liegt im Wasser. Dort entwickelten sich vor etwa 4 Mrd. Jahren die ersten einzelligen Organismen, die sich über Jahrmillionen hinweg zu den komplexen Tieren und Pflanzen entwickelten, die die Erde heute bevölkern. Mit der Zeit hat die Bedeutung des Wassers nicht im Geringsten abgenommen (FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS 2013): Wir benötigen es nicht nur, um unseren Körper mit Flüssigkeit zu versorgen, zum Kochen oder für die tägliche Hygiene (UMWELTBUNDESAMT 2020) – ohne Wasser wäre auch die Herstellung nahezu aller unserer Konsumgüter unmöglich (FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS 2013).

1.1. Wasservorräte der Erde

Folie 6

Obwohl die Erde als „Blauer Planet“ zu knapp $\frac{3}{4}$ mit Wasser bedeckt ist, heißt das noch lange nicht, dass uns Wasser im Überfluss zur Verfügung steht (EINE WELT LADEN WEIßWASSER). Nur etwa 2,5 % der rund 1,4 Mrd. km³ umfassenden Wasservorräte der Erde sind Süßwasser. Davon sind über zwei Drittel in Schnee und Eis der Polarregionen gebunden, sodass nur knapp $\frac{1}{3}$ zur Nutzung übrigbleibt. Beim Großteil davon handelt es sich um unterirdisches Grundwasser. In Form von Flüssen und Seen, den für den Menschen am einfachsten zugänglichen Süßwasserquellen, sind nur 0,3 % des Süßwassers, also nur 0,008 % des gesamten Wassers der Erde, vorhanden. Jedes Jahr werden weltweit etwa 4000 km³ Frischwasser verbraucht, wobei rund 70 % auf die Landwirtschaft, 20 % auf Industrie inklusive Energieproduktion und 10 % auf private Haushalte entfallen (BUNDESZENTRALE FÜR POLITISCHE BILDUNG 2017).

1.2. Wasserverbrauch im Haushalt

Folie 7

In Deutschland verbraucht jede Person pro Tag rund 123 Liter Trinkwasser im Haushalt, beispielsweise für Trinken, Lebensmittelzubereitung, Reinigung, Körperpflege und Toilettenspülung.

Folie 8

Zu diesem direkten Verbrauch summieren sich allerdings noch weitere 3900 Liter pro Tag und Person, die auf die Erzeugung von Lebensmitteln, Kleidungsstücken und anderen Konsumgütern entfallen. Man spricht bei dem Wasser, das zur Herstellung von Produkten und Gütern benötigt wird, vom virtuellen Wasser (UMWELTBUNDESAMT 2020).

1.3. Wasserknappheit

Folie 9

In Anbetracht der steigenden Wasserentnahme, der zunehmend schwankenden Wasserverfügbarkeit infolge des Klimawandels und der Verschmutzung von Wasser durch menschliche Aktivitäten ist die

Verknappung von Süßwasservorkommen auf der Erde kaum verwunderlich (BUNDESZENTRALE FÜR POLITISCHE BILDUNG 2017). Umso wichtiger ist es, auf den eigenen Wasserverbrauch zu achten, verdeckte Wasserschlucker zu identifizieren und ganz bewusst Maßnahmen zur Einsparung der wertvollen Ressource in den Alltag einzubauen (FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS 2013), insbesondere auch im Hausgarten.

2. Wasserhaushalt: Pflanze – Boden – Klima

2.1. Wasserhaushalt der Pflanze

Folie 11

Bevor wir konkret in den Gartenalltag gehen, werfen wir einen Blick auf einige grundlegende Aspekte des Wasserhaushalts von Pflanzen und Böden und sehen uns an, wie der Klimawandel diese Konstellation beeinflusst.

Wie bereits dargelegt ist Wasser die Grundlage allen Lebens. Für Pflanzen spielt dieser Stoff gleich in mehrerlei Hinsicht eine essenzielle Rolle: Zunächst ist Wasser Bau- und Inhaltsstoff des Pflanzenkörpers (BECK) und gewährleistet den reibungslosen Ablauf von Stoffwechselprozessen wie der Photosynthese (SCHALLER et al. 2012). Außerdem ist die Aufnahme von Nährstoffen aus dem Boden ausschließlich in im Wasser gelöster Form möglich (SCHOPFER & BRENNICKE 2010). Weiterhin trägt Wasser an heißen Tagen im Zuge der Verdunstung zur Kühlung der Pflanze bei (BUNDESANSTALT FÜR LANDWIRTSCHAFT UND ERNÄHRUNG 2018).

Folie 12

So wichtig eine ausreichende Wasserversorgung für Wachstum und Entwicklung der Pflanzen auch ist, ein Überangebot sollte, auch vor dem Hintergrund der effizienten Wassernutzung, dringend vermieden werden. Zwar wird das Wachstum bei langanhaltender Trockenheit eingestellt und eventuell eine Notreife induziert, doch sind Pflanzen tatsächlich oft trockenheitsresistenter als gedacht (BECK 2021). Hinzu kommt, dass ein feuchtes Milieu das Auftreten von pilzlichen oder bakteriellen Krankheitserregern begünstigt. Ist das Wasser aufgrund von schlechter Bodenstruktur über längere Zeit nicht in der Lage zu versickern, entsteht Sauerstoffmangel im Wurzelraum, was zu Wurzelschäden führen kann. Darüber hinaus kann eine Vernässung des Bodens zur Verlagerung oder Auswaschung von Nährstoffen führen (BECK 2014).

2.2. Wasserhaushalt des Bodens

Folie 13

Das hauptsächliche Wasserreservoir für Pflanzen stellt der Boden dar. Schließlich nehmen Pflanzen Wasser fast ausschließlich über die Wurzel auf. Daher können der Wasserhaushalt des Bodens und derjenige von Pflanzen nicht unabhängig voneinander betrachtet werden (BECK 2014). Wie viel Wasser der Boden aufnehmen und pflanzenverfügbar speichern kann, hängt im Wesentlichen von seiner Beschaffenheit hinsichtlich Humusgehalt, Bodenart, Porenverhältnis, Tiefgründigkeit und Verdichtungsgrad ab (BAYERISCHES STAATSMINISTERIUM FÜR UMWELT, GESUNDHEIT UND VERBRAUCHERSCHUTZ).

Folie 14

Beschäftigen wir uns genauer damit, wie sich Größe und Zusammensetzung der Bodenporen, sprich: die Bodenart, auf den Wasserhaushalt des Bodens auswirken. Grobe Poren, wie sie sandige Böden überwiegend aufweisen, sind kaum in der Lage, das Wasser entgegen der Schwerkraft festzuhalten, sodass es rasch in tiefere Schichten bis zum Grundwasser versickert (DEGEN & SCHRADER 2014). Folglich besitzen Sandböden kaum Wasserspeicherkapazität, sodass Pflanzen auf diesen Standorten besonders schnell unter sommerlicher Trockenheit leiden (MINISTERIUM FÜR KLIMASCHUTZ, UMWELT, LANDWIRTSCHAFT, NATUR- UND VERBRAUCHERSCHUTZ DES LANDES NORDRHEIN-WESTFALEN 2011). Mittel- und Feinporen sind

hingegen gute Wasserspeicher und halten das aufgenommene Wasser im Oberboden fest. Dabei ist zu beachten, dass nicht das gesamte, im Boden gespeicherte Wasser für Pflanzen zugänglich ist. Feine Poren halten das Wasser teilweise so fest, dass Pflanzen nicht die notwendige Saugkraft aufbringen können, um sich diese Wasserreserven zu erschließen (BAYERISCHES STAATSMINISTERIUM FÜR UMWELT, GESUNDHEIT UND VERBRAUCHERSCHUTZ). Dieses Phänomen tritt vor allem auf fein gekörnten, lehmigen oder tonigen Böden auf. Ideal für die Wasserversorgung der Pflanze sind Böden mit überwiegend mittlerer Körnung und ausgeglichenem Porenverhältnis. Besonders in den mittelgroßen Poren sammelt sich Wasser, das sich Pflanzen optimal erschließen können (STAHR). Folgerichtig enthalten mittel gekörnte Schluff- und Lehmböden den höchsten Anteil an pflanzenverfügbarem Wasser (BECK 2014).

2.3. Einfluss des Klimawandels auf den Wasserhaushalt

Folie 16

Wie wirkt sich der Klimawandel auf den Wasserhaushalt von Pflanzen und Böden aus? Rufen wir uns nochmal die wesentlichen Merkmale des Klimawandels ins Gedächtnis: Uns erwarten

- Generell trockenere Wachstumsbedingungen während der Vegetationsperiode und ausgedehnte Dürrephasen
- Gleichzeitig häufiger und intensiver auftretende Starkregenereignissen und höhere Niederschlagsmengen im Winter (SCHALLER & WEIGEL 2007)
- Steigende Durchschnittstemperaturen und häufiger auftretende Hitzeperioden (SCHALLER & WEIGEL 2007)

Folie 17

Grundsätzlich stellt der Wasserhaushalt eines Gebietes das Resultat aus Niederschlagsmenge, oberflächlichem Abfluss, Wasserentzug durch Pflanzen und Verdunstung dar (SCHALLER et al. 2012).

Folie 18

Der Klimawandel dürfte diese Gleichung verschiedentlich beeinflussen. Zwar verändert sich die gesamte Niederschlagsmenge im Jahresmittel kaum, doch die Niederschlagsverteilung wird deutlich ungünstiger (SCHALLER et al. 2012). Ausgedehnte Trockenphasen treten bereits im Frühjahr häufiger auf und sorgen dafür, dass die Pflanzen bereits gestresst in die Vegetationsperiode starten. Einen weiteren Niederschlagsmangel im Sommer können sie unter diesen Voraussetzungen nur schlecht bewältigen (BAYERISCHE GARTENAKADEMIE AN DER BAYERISCHEN LANDESANSTALT FÜR WEINBAU UND GARTENBAU 2017)

Besonders ungünstig ist, dass Niederschläge immer seltener, dafür aber umso intensiver auftreten. Ist der Boden nach einer längeren Trockenperiode stark ausgetrocknet und verkrustet, können Niederschläge nur schlecht aufgenommen werden (SCHALLER et al. 2012). Insbesondere bei den künftig häufiger zu erwartenden Starkregenereignissen ist der Boden nicht in der Lage, die auftreffenden Wassermengen aufzunehmen. Stattdessen läuft ein Großteil des Niederschlags oberflächlich ab und kann dabei fruchtbaren Oberboden mit sich reißen, sodass eine verschlammte, verkrustete Bodenoberfläche zurückbleibt (MINISTERIUM FÜR KLIMASCHUTZ, UMWELT, LANDWIRTSCHAFT, NATUR- UND VERBRAUCHERSCHUTZ DES LANDES NORDRHEIN-WESTFALEN 2011).

Auch im Winter könnte künftig mehr Wasser durch oberflächlichen Abfluss verloren gehen, da bereits wassergesättigte Böden die zusätzlich auftreffenden Niederschläge nicht mehr aufnehmen können. Gerade die Tendenz zu mehr Regen statt Schneefall führt dann zu verstärktem Abfluss des Niederschlags in Kanalisation, Flüsse oder Seen (MINISTERIUM FÜR KLIMASCHUTZ, UMWELT, LANDWIRTSCHAFT, NATUR- UND VERBRAUCHERSCHUTZ DES LANDES NORDRHEIN-WESTFALEN 2011).

Folie 19

Neben diesen verstärkten Wasserverlusten durch oberflächlichen Abfluss dürften die steigenden Durchschnittstemperaturen und die ausgedehnte Vegetationsperiode dazu führen, dass Pflanzen dem Boden insgesamt mehr Wasser entziehen (SCHALLER et al. 2012; HANIKA 2020). Darüber hinaus verstärkt die Erwärmung die Wasserverluste durch Verdunstung aus dem Boden (WEIGEL 2011).

In Summe dürften diese Tendenzen die Wasservorräte des Bodens schmälern und pflanzenverfügbares Wasser vor allem in den Sommermonaten zu einem noch knapperen Gut machen. Daher lohnt es sich, sich vorab Gedanken über wassersparende Kulturverfahren und Bewässerungssysteme zu machen.

3. Abschätzung des Wasserbedarfs

Zunächst gilt es abzuschätzen wann und wie viel Wasser Pflanzen eigentlich benötigen.

Folie 21

Dafür gibt es einige Hilfsmittel und Richtwerte, jedoch keinerlei pauschale Empfehlungen. Der konkrete Wasserbedarf richtet sich stets nach Pflanzenart und Wachstumsstadium, Vitalität der Pflanze, Witterungsbedingungen und Bodengegebenheiten. Deshalb gilt es, immer anhand der konkret vorliegenden Situation zu beurteilen, ob die Pflanzen gerade Wasser benötigen oder nicht.

Folie 22

Die wohl simpelste Methode, um den aktuellen Wasserbedarf einer Pflanze festzustellen, ist die Fingerprobe. Dabei wird die Bodenfeuchte einfach mit dem Finger gefühlt. Um im nächsten Schritt aus dem Ergebnis abzuleiten, ob eine Bewässerung notwendig ist, ist jedoch etwas Erfahrung notwendig (BECK 2014). Selbes gilt, wenn man den Wasserbedarf von Pflanzen in Töpfen oder kleinen Kübeln anhand deren Schwere ermitteln möchte. In Rasen- oder Beetflächen lässt sich mit der Spatenprobe prüfen, wie stark und wie tief die Erde noch durchfeuchtet ist (MDR 2018).

Folie 23

Um die Bewässerung exakt an der vorhandenen Bodenfeuchte auszurichten, können als Messgrößen entweder die Wasserspannung oder der Wassergehalt des Bodens herangezogen werden.

Folie 24

Ein besonders zuverlässiges Verfahren zur Abschätzung des Bewässerungsbedarfs stellt die Messung der Wasserspannung mit Hilfe eines Tensiometers dar (BECK 2014). Das Messergebnis wird in der Einheit hpa ausgegeben und gibt darüber Auskunft, mit welcher Kraft die Pflanze saugen muss, um das im Boden gebundene Wasser aufnehmen zu können. Je trockener der Boden, desto stärker wirken die Kräfte, die das Wasser im Boden festhalten, sodass die Pflanze umso stärker saugen muss, um dem Boden das Wasser zu entziehen (HORTIPENDIUM 2017). Bewässert werden sollte, wenn die Wasserspannung im Boden einen kritischen Wert, der sich je nach Kulturgruppe unterscheidet, überschreitet.

Folie 25

Die nachfolgende Tabelle weist den optimalen Bewässerungszeitpunkt für unterschiedliche Kulturgruppen aus (siehe Präsentation).

Folie 26

Neben dem Tensiometer, das Auskunft über die Wasserspannung des Bodens gibt, bietet der Gartenfachhandel auch Messgeräte, mit denen sich der Wassergehalt des Bodens feststellen lässt (BECK 2021). Bei der Wassergehaltsmessung wird die Wassermenge ermittelt, die zu einem

bestimmten Zeitpunkt im Boden vorhanden ist. In der Regel wird der volumetrische Wassergehalt gemessen, der das Verhältnis aus Wasservolumen und Bodenvolumen in Prozent angibt. Zu beachten ist, dass die Messergebnisse stets vor dem Hintergrund der vorliegenden Bodenverhältnisse zu interpretieren sind (UMWELT-GERÄTE-TECHNIK GMBH). Schließlich hängt es maßgeblich von der Bodenbeschaffenheit ab, wie viel Wasser aufgenommen und gespeichert werden kann und wie viel des vorhandenen Wassers tatsächlich pflanzenverfügbar ist. Das Messergebnis gibt also Auskunft über den gesamten Wassergehalt des Bodens, nicht aber darüber, wie viel davon für Pflanzen nutzbar ist (BECK). Um dennoch einen Anhaltspunkt zur Einordnung der Messwerte des Bodenfeuchtesensors zu erhalten, ist es sinnvoll, den eigenen Boden einmal komplett zu durchfeuchten, den Messwert abzulesen und spätere Messwerte damit zu vergleichen (BECK 2021).

Folie 27

Sowohl beim Tensiometer, als auch bei Bodenfeuchtesensoren ist es für zuverlässige Ergebnisse wesentlich, die Messfühler an einem repräsentativen Standort zu platzieren. Dies bedeutet, dass sich der Fühler nicht am Rand, sondern mitten im Bestand befinden sollte. Außerdem ist es wichtig, den Messfühler in etwa in Wurzeltiefe im Boden zu verankern und einen guten Kontakt zwischen Messfühler und Boden sicherzustellen (BECK).

4. Effizientes Gießen

Folie 28

Nachdem der Wasserbedarf nun abgeschätzt werden kann, stellen sich ganz grundsätzliche Fragen zum richtigen Gießen. Wann? Wie? Wie viel? Womit? Darüber wollen wir im folgenden Abschnitt sprechen.

4.1. Zeitpunkt

Folie 29

Soweit irgendwie möglich sollte die Bewässerung in den frühen Morgenstunden stattfinden. Die Wasserverluste durch Verdunstung sind zu dieser noch kühlen Tageszeit weitaus geringer, als in der Mittagshitze. Dadurch verbleibt ein größerer Teil des Wassers da wo es soll, nämlich bei den Pflanzen (BECK 2014).

4.2. Vorgehen

Folie 30

Beim Bewässerungsvorgang selbst empfiehlt es sich, bodennah zu gießen, damit das Wasser direkt zu den Wurzeln gelangt und nicht vorher von anderen befeuchteten Pflanzenteilen verdunstet (MONNING 2020). Ein weiterer Vorteil gegenüber der Überkopf-Bewässerung ist, dass sich das Risiko für Pilzkrankungen, die durch tropfbares Wasser auf der Pflanzenoberfläche gefördert werden, deutlich reduzieren lässt (MDR 2018). Außerdem sollte nicht mit zu viel Druck gegossen werden, denn der Boden kann immer nur eine gewisse Menge Wasser pro Zeiteinheit aufnehmen. Der Überschuss fließt einfach ab, sodass lieber sanfter und dafür länger gegossen werden sollte (GARTEN GNOM 2009).

4.3. Menge

Folie 31

Ein Fehler, der sich in der Praxis hartnäckig etabliert hat, ist, dass zwar häufig, aber jeweils nur in geringen Mengen bewässert wird. Dabei wird lediglich die Bodenoberfläche befeuchtet und das Wasser kann nicht tiefer in den Boden eindringen. Dies hat zur Folge, dass ein großer Teil des ausgebrachten Wassers durch Verdunstung verloren geht. Eine weitere Konsequenz ist, dass das Wurzelwachstum der Pflanzen zur Oberfläche hin gelenkt wird, anstatt in tiefere Bodenschichten

vorzudringen (BECK 2014). Die Pflanzen haben somit weder Zugang zu tiefer liegenden Wasserreserven, noch zu Nährstoffvorräten in tieferen Bodenschichten und kommen in Trockenzeiten weitaus schlechter davon (MDR 2018; BECK 2014). Daraus folgt die Empfehlung lieber seltener, aber dafür durchdringend zu wässern (MDR 2018). Als Faustregel gilt, dass 1 l Wasser pro m² 1 cm tief in den Boden eindringt. Um sicherzustellen, dass die Wurzeln in etwa 10 bis 20 cm Bodentiefe ausreichend mit Wasser versorgt sind, sollte pro Gießvorgang folglich eine Menge von 10 bis 20 l verabreicht werden. Da die meisten Böden diese Ration nicht in einem Zug aufnehmen können, empfiehlt es sich, die Gesamtmenge auf 2-3 Gaben innerhalb einer halben Stunde aufzuteilen (BECK 2014). Die empfohlene Wassermenge von 1-2 Gießkannen pro m² mag zunächst erschreckend viel klingen, doch dafür stellt diese Methode die Wasserversorgung je nach Witterung für 2-4 Tage sicher (BECK 2014).

4.4. Wasserqualität

Folie 32

Welches Wasser ist zum Gießen am besten geeignet?

Die Antwort lautet schon allein aus pflanzenbaulicher Sicht ganz eindeutig Regenwasser, denn durch den niedrigen Kalkgehalt und den geringen Gehalt an Ballastsalzen ist es für Pflanzen besonders gut verträglich. Und natürlich ist es gerade in Zeiten der zunehmenden Wasserknappheit unsere Pflicht, das kostbare Nass nicht einfach in den Kanal zu leiten, sondern für unsere Zwecke zu nutzen. Am besten wird im Garten eine ausreichend groß dimensionierte Zisterne angelegt oder mehrere Regentonnen aufgestellt, in denen Niederschlagswasser aufgefangen und gespeichert werden kann. Beim Einsatz gewisser Bewässerungssysteme kann es allerdings notwendig sein, auf Leitungswasser zurückzugreifen, um einen ausreichenden Druck gewährleisten zu können (BECK 2014).

5. Maßnahmen zur Reduzierung des Wasserbedarfs

Folie 33

Um das verfügbare Wasserangebot möglichst effizient auszunutzen, lässt sich an zwei Stellschrauben drehen: Einerseits sollte dafür gesorgt werden, dass der Boden zugeführtes Wasser möglichst vollständig aufnehmen und gut speichern kann. Andererseits gilt es, die unproduktive Verdunstung von Wasser aus dem Boden zu minimieren (BÖTTCHER & SCHMIDT 2014).

5.1. Aufnahme- bzw. Speichervermögen des Bodens erhöhen

5.1.1. Bodenverbesserung

Folie 35

Einen ersten wichtigen Ansatzpunkt zur Förderung des Wasseraufnahme- und Haltevermögens stellen Maßnahmen zur Bodenverbesserung dar. Während leichte, sandige Böden Wasser zwar gut aufnehmen, aber schlecht speichern können, handelt es sich bei schweren Lehm- oder Tonböden um sehr gute Wasserspeicher, die ihre Vorräte jedoch zu großen Teilen in feinen, für Pflanzen unzugänglichen Poren einlagern. Dieses Wissen gilt es zu nutzen: Zur Verbesserung der Struktur kann in sandige Böden Lehm und in lehmige Böden Sand eingearbeitet werden, um ein ausgeglichenes Porenverhältnis zu erzielen (BAYERISCHER LANDESVERBAND FÜR GARTENBAU UND LANDESPFLEGE E. V. 2006).

Folie 36

Weiterhin spielt der Humusgehalt eines Bodens eine entscheidende Rolle für dessen Wasserhaushalt. Mit dem Gehalt an organischer Substanz steigt die Fähigkeit des Bodens, Wasser aufzunehmen und zu speichern (BAYERISCHE GARTENAKADEMIE AN DER BAYERISCHEN LANDESANSTALT FÜR WEINBAU UND GARTENBAU 2017). Humus kann etwa das drei- bis fünffache seines eigenen Gewichts an Wasser halten (SCHNEIDER 2018). Es empfiehlt sich daher auch aus Sicht des Wasserhaushalts, den Humusaufbau beispielsweise

durch die Zufuhr von Kompost, Gründüngung oder die Einarbeitung von Ernterückständen zu fördern (BAYERISCHER LANDESVERBAND FÜR GARTENBAU UND LANDESPFLEGE E. V. 2006). Näheres dazu im Modul Boden & Düngung!

5.1.2. Bodenbearbeitung

Folie 37

Auch durch die Bodenbearbeitung kann Einfluss auf die Wasseraufnahme- und Speicherfähigkeit des Bodens genommen werden. Ist der Boden verdichtet, können Niederschläge schlechter einsickern und den Pflanzen steht somit ein geringeres Wasserangebot zur Verfügung (BAYERISCHE GARTENAKADEMIE AN DER BAYERISCHEN LANDESANSTALT FÜR WEINBAU UND GARTENBAU 2017). Deshalb sollte der Boden vor der Aussaat oder Pflanzung schonend aufgelockert werden (BODENBÜNDNIS OBERÖSTERREICH).

5.1.3. Bodenfeuchte

Darüber hinaus sollte der Boden zwischen den einzelnen Gießintervallen nicht vollständig austrocknen, denn je trockener der Boden ist, desto schlechter kann er Wasser aufnehmen. Gegossen werden sollte daher, wenn der Boden noch leicht feucht im Untergrund ist (BAYERISCHE GARTENAKADEMIE AN DER BAYERISCHEN LANDESANSTALT FÜR WEINBAU UND GARTENBAU 2017).

Folie 38

Ein kleiner Tipp aus der Praxis: Nach wochenlanger Trockenheit ist die Freude über Regen groß. Doch wenn es sich dabei nur um eine geringe Menge handelt, reicht die Feuchtigkeit für Boden und Pflanze bei Weitem nicht aus. Dennoch ist der Niederschlag positiv zu bewerten, da er den Boden oberflächlich befeuchtet und somit aufnahmefähiger macht. Als aufmerksamer Gärtner kann man diese Gegebenheit nutzen und direkt nach dem leichten Niederschlag wie im Kapitel zum effizienten Gießen beschrieben weiter bewässern. Dadurch lassen sich die Wasserspeicher des Bodens wieder effektiv füllen. Um abschätzen zu können, wie ergiebig ein Niederschlagsereignis tatsächlich war, lohnt sich die Anschaffung eines einfachen Regenschlagers, der im Garten angebracht wird (SIEGLER 2021).

5.2. Wasserverluste durch Verdunstung verringern

Folie 39

Da pro °C Temperaturanstieg ca. 5 % mehr Wasserdampf aus dem Boden verdunstet (WEIGEL 2011), ist es im Hinblick auf den Klimawandel nur umso wichtiger, diese Wasserverluste einzuschränken. Dazu haben sich folgende Maßnahmen bewährt:

5.2.1. Mulchen

Folie 40

An erster Stelle steht die Bedeckung des Bodens mit einer Mulchschicht, z. B. aus organischen Stoffen wie Rasenschnitt, Laub oder gehäckseltem Stroh. Durch diese Auflage wird das Entweichen von Wasserreserven aus dem Boden gehemmt, sodass die Bodenfeuchtigkeit länger erhalten bleibt (BAYERISCHER LANDESVERBAND FÜR GARTENBAU UND LANDESPFLEGE E. V. 2006). Außerdem heizt sich der Boden unter dem Mulchmaterial nicht so sehr auf, was den Antrieb der Verdunstung reduziert (HÖLZER 2017). Darüber hinaus bleibt unter der Mulchschicht eine offenporige, krümelige Bodenoberfläche bestehen, die das Eindringen von Niederschlägen fördert. Das Niederschlagswasser kann dadurch nach und nach vom Boden aufgenommen werden (BAYERISCHE GARTENAKADEMIE AN DER BAYERISCHEN LANDESANSTALT FÜR WEINBAU UND GARTENBAU 2017).

5.2.2. Hacken

Folie 41

Nicht umsonst lautet eine alte Gärtnerregel: „Einmal Hacken spart dreimal Gießen“ (DEGEN & SCHRADER 2014). Unbearbeitete Böden bilden nämlich mit der Zeit oberflächliche Verkrustungen und feine Risse, die bis in tiefe Bodenschichten reichen können. Aus diesen Rissen oder Röhren (=Kapillaren) steigt das Bodenwasser bis zur Oberfläche auf, wo es schließlich durch Verdunstung für Boden und Pflanze verloren geht. An heißen, windigen Tagen kann dieser Wasserverlust bis zu 6 l/m² betragen. Durch oberflächliches Hacken können diese unterirdischen „Wasserleitungen“ unterbrochen und die Verdunstungsverluste effektiv verringert werden (BAYERISCHER LANDESVERBAND FÜR GARTENBAU UND LANDESPFLEGE E. V. 2006). Gehackt werden sollte regelmäßig, doch besonders wichtig ist diese Maßnahme nach Starkniederschlägen, die häufig eine oberflächliche Verschlammung und Verkrustung des Bodens hervorrufen (BECK 2021).

5.2.3. Pflanzenauswahl

Folie 42

Schließlich lässt sich der Bewässerungsaufwand durch überlegte Pflanzenauswahl bereits bei der Gestaltung des Gartens reduzieren. Vor allem im Zierpflanzen-, Stauden- und Gehölzbereich bietet sich eine reiche Auswahl an hitze- und trockenheitsverträglichen Kandidaten, die auch ohne regelmäßige Zusatzbewässerung eine gute Figur machen (CASPER 2020). Auf diese wird im Modul Ziergarten näher eingegangen.

6. Bewässerungsverfahren

Folie 43

Dennoch sollte man sich von der Illusion eines bewässerungsfreien Gartens nicht täuschen lassen. Besonders im Gemüsegarten, auf Terrasse und Balkon, sowie in frisch angelegten Staudenbeeten kommt man um regelmäßige Bewässerung nicht herum. Das Ausbleiben natürlicher Niederschläge über längere Zeiträume, wie es der Klimawandel im Frühjahr und Sommer immer häufiger beschert, verstärkt diese Gegebenheit. Je nach Einsatzgebiet kommen für die Wasserversorgung des Gartens unterschiedliche Verteilsysteme in Frage. Im Folgenden sollen einige bewährte Bewässerungsverfahren, sowie Möglichkeiten zur Automatisierung kurz vorgestellt werden.

6.1. Bewässerung von Hand

Folie 44

Ohne Frage bleiben Gießkanne und Gartenschlauch trotz des wachsenden Angebots an Bewässerungstechnik weiterhin unentbehrliche Hilfsmittel im Garten. Ihr Vorteil liegt darin, dass einzelne Stellen nach Bedarf punktgenau und individuell bewässert werden können. Die Anschaffungskosten sind gering und es fällt kein vorgeschalteter Aufwand für die Verlegung von Schläuchen oder Ähnlichem an. Allerdings kostet die Bewässerung von Hand Zeit, die oftmals knapp ist. Will man keinen Totalausfall riskieren, so ist längere Abwesenheit, wie zum Beispiel für eine Urlaubsreise, nur mit zuverlässiger „Gießvertretung“ möglich (BAYERISCHE GARTENAKADEMIE AN DER BAYERISCHEN LANDESANSTALT FÜR WEINBAU UND GARTENBAU 2017).

6.2. Regner

Folie 45

Besonders zur Bewässerung von Rasenflächen bieten sich Regnersysteme an (BECK 2020). Für die Bewässerung von Gemüse-, Stauden- oder Sommerblumenbeeten sind Regnersysteme weniger geeignet, da mit der Überkopfberegnung wie bereits erläutert einige Nachteile für Pflanzengesundheit und Wasseraufnahme verbunden sind (MDR 2018). Generell fällt der Wasserverbrauch für die

Beregnung vergleichsweise hoch aus. Einerseits ist durch die oberflächliche Ausbringung damit zu rechnen, dass ein erheblicher Anteil der verabreichten Wassermenge durch Verdunstung verloren geht (BAYERISCHE GARTENAKADEMIE AN DER BAYERISCHEN LANDESANSTALT FÜR WEINBAU UND GARTENBAU 2017). Andererseits führt die mangelnde Ausbringgenauigkeit besonders auf kleinen Flächen dazu, dass neben der Zielfläche unnötigerweise auch umliegende Flächen befeuchtet werden. Außerdem können die Wassertropfen durch Wind abgelenkt werden und ihr Ziel verfehlen (BECK 2021).

6.3. Tropfbewässerung

Folie 47

In den letzten Jahren lässt sich ein Trend zu sogenannten Tropfbewässerungssystemen beobachten. Bei fachgerechtem Einsatz ermöglichen diese eine äußerst effiziente und wassersparende Bewässerung (BECK 2020). Wie der Name schon sagt, wird das Wasser bei der Tropfbewässerung tropfenförmig abgegeben (BECK). Die Bewässerung erfolgt bodennah, sodass die Pflanzen oberflächlich nicht befeuchtet werden und kaum Feuchtigkeitsverluste durch Verdunstung zu befürchten sind. Da das Wasser langsam und stetig auf den Boden tropft, besteht keine Gefahr, dass das Wasser durch oberflächlichen Abfluss verloren gehen könnte (BAYERISCHE GARTENAKADEMIE AN DER BAYERISCHEN LANDESANSTALT FÜR WEINBAU UND GARTENBAU 2017). Die Tropfbewässerung ist im Allgemeinen ein sehr sparsames System, das in verschiedensten Anwendungsbereichen eingesetzt werden kann. Die Verlegung ist je nach Ausführung entweder nur oberirdisch oder sowohl oberirdisch, als auch unterirdisch möglich (BECK).

Folie 48

Zu berücksichtigen ist, dass bei der Tropfbewässerung ein 50-70 % geringeres Bodenvolumen befeuchtet wird, als bei flächiger Bewässerung. Dies hat zur Folge, dass sich auch die Wurzelbildung der Pflanzen auf diesen kleineren Bereich beschränkt. Zu beachten ist dies vor allem bei der Düngung: Da die Wurzeln der Pflanzen kaum in die unbefeuchteten Bereiche vordringen und die Nährstoffe darüber hinaus ohne das Vorhandensein von Wasser nicht aufgenommen werden können, sollte der Dünger nicht flächig, sondern nur in der Nähe der Tropfstellen ausgebracht werden.

Folie 49

Wichtig ist auch, dass die Bewässerungsmenge pro Gabe, sprich die Laufzeit, nicht zu groß bzw. lange gewählt wird. Ansonsten können auch bei der Tropfbewässerung unerwünschte Sickerwasserverluste auftreten. Als Faustregel gilt, dass pro Tropfstelle und Bewässerungsvorgang maximal 1 l, besser aber nur 0,5 l Wasser ausgebracht werden sollte. Diese Menge reicht in der Regel aus, um das bewässerte Bodenvolumen bis in 30 cm Tiefe zu durchfeuchten (BECK 2014). Die Bewässerungsdauer ist dabei an den Wasserdurchfluss anzupassen, der je nach Modell in der Regel pro Tropfstelle zwischen 1,6 und 4 l/h liegt. Ein kleines Beispiel: Liegt die Tropferleistung bei 2 l/h, ergibt sich für die Ausbringung von 500 ml eine Bewässerungszeit von 15 min (BECK).

Folie 50

Um die Vorteile der Tropfbewässerung voll ausschöpfen zu können, bietet sich die Automatisierung des Systems an (BECK 2014). Dies kann entweder mit Hilfe von Feuchtesensoren und Bewässerungscomputern realisiert werden oder man greift auf Systeme mit eigenständiger Feuchteregulierung zurück. Beispielhaft für ein System, das vollkommen automatisch und dabei ohne Stromanschluss und Computer arbeitet, steht der sogenannte Tropf-Blumat. Jeder Tropf-Blumat besteht aus einem Ton-Kegel, einem Gießkopf und einer Membrane. Sein Funktionsprinzip basiert auf demjenigen eines Tensiometers. Physikalische Kräfte sorgen dafür, dass die Membrane den Wasserdurchgang nur freigibt, wenn der Boden austrocknet und den Durchgang wieder verschließt, sobald der Boden die gewünschte Feuchte erreicht hat. Dabei kann jeder Tropfer individuell eingestellt

werden (BECK). Somit erfolgt die Bewässerung nur, wenn tatsächlich Bedarf besteht (BAHRS TECHNIK 2011). Mit dem Tropf-Blumat-System können sowohl Balkon-, Ampel- und Kübelpflanzen, als auch kleinere Beete und Kleingewächshäuser wassersparend, vollkommen automatisch und ohne Elektronik bewässert werden (BECK 2014).

7. Möglichkeiten zur Automatisierung

Darüber hinaus gibt es verschiedenste weitere Möglichkeiten, um die Bewässerung komplett oder zum Teil zu automatisieren.

7.1. Bewässerungsuhr

Folie 52

Die einfachste Option, um die Bewässerung zumindest teilweise zu automatisieren, stellt der Einbau einer Bewässerungsuhr dar. Der Wasserhahn muss zwar manuell aufgedreht werden, danach stellt die Bewässerungsuhr die Wasserzufuhr aber nach Ablauf der eingestellten Zeit eigenständig ab (BAYERISCHE GARTENAKADEMIE AN DER BAYERISCHEN LANDESANSTALT FÜR WEINBAU UND GARTENBAU 2017).

7.2. Bewässerungscomputer mit Zeitstart

Folie 53

Einen Schritt hin zu mehr Automatisierung bieten Systeme mit Zeitstart (BECK). Das Steuergerät muss dafür zunächst mit Informationen über die gewünschten Bewässerungstage, die Uhrzeit und die Bewässerungsdauer gefüttert werden. Diese Eingangsdaten sind auf die zu bewässernde Kultur und die Ausbringungsmenge des Regners oder Tropfers abzustimmen und eventuell temperaturbedingt im Laufe der Vegetationsperiode anzupassen (BAYERISCHE GARTENAKADEMIE AN DER BAYERISCHEN LANDESANSTALT FÜR WEINBAU UND GARTENBAU 2017). Damit es bei Regen nicht zu Vernässung kommt, kann der Bewässerungsstart manuell deaktiviert werden. Bei einigen Bauformen besteht darüber hinaus die Möglichkeit, einen externen Regen- oder Bodenfeuchtesensor in das System zu integrieren, der den Zeitstart bei Regen bzw. ausreichender Bodenfeuchte automatisch unterbindet. Als Kritikpunkt ist dabei zu nennen, dass pro Steuergerät in der Regel nur ein Messsensor eingesetzt werden kann, der dann über die Bewässerung sämtlicher angeschlossener Gießkreise entscheidet (BECK).

7.3. Bewässerungscomputer mit Bodenfeuchtesensoren

Folie 54

Eine vollkommen automatische Bewässerung ermöglichen Bewässerungscomputer mit integrierten Bodenfeuchtesensoren (BECK). Dabei ist jeder Gießkreis mit einem eigenen Sensor ausgestattet, der die Bewässerung bei Unterschreitung des eingestellten Sollwerts auslöst. Damit die Bewässerung den Ansprüchen verschiedener Pflanzen gerecht wird, kann der Sollwert für die Bodenfeuchte individuell eingestellt werden (BECK 2020).

7.4. Smarte Bewässerungssteuerung

Folie 55

Ganz im Zeichen von Smart Home bringen aktuell immer mehr Hersteller Bewässerungscomputer auf den Markt, die sich per WLAN und App über das Smart-Phone steuern und kontrollieren lassen. Diese bieten die Möglichkeit, über das Internet öffentlich zugängliche Wetterdaten mit in die Bewässerungssteuerung integrieren. Den Möglichkeiten zur Automatisierung und Optimierung der Bewässerung sind also auch im Hausgarten kaum noch Grenzen gesetzt (BECK 2020).

7.5. Fazit: Bewässerungssteuerung

Folie 56

Zusammenfassend lässt sich festhalten, dass die automatisierte Bewässerung eine Reihe von Vorteilen mit sich bringt. Einerseits entfällt der tägliche Gießaufwand und auch Urlaubsfahrten sind ohne einen engagierten Gießbeauftragten möglich. Darüber hinaus kann mit einer automatisierten Bewässerung insbesondere in Verbindung mit Bodenfeuchtesensoren eine sparsame und gleichzeitig bedarfsgerechte Wasserversorgung der Pflanze realisiert werden (BECK). Um dieses Ziel zu erreichen, ist es jedoch unbedingt notwendig, die eingestellten Sollwerte am Steuergerät im Hinblick auf eine sparsame Bewässerung zu hinterfragen. Bei zu großzügig eingestellten Parametern kann die Automatisierung schnell zu erhöhtem Wasserverbrauch führen. Zu beachten ist, dass sich die Herstellervorgaben bei der Programmierung der Schalt- und Laufzeiten nicht immer bedenkenlos übernehmen lassen. Diese zielen in der Regel auf möglichst üppiges Pflanzenwachstum ab, lassen dabei aber den Aspekt der sparsamen Ressourcennutzung außer Acht. Eine erfolgreiche Kulturführung ist oftmals auch mit kürzeren Laufzeiten und geringeren Wassergaben möglich.

Folie 57

Im Hinterkopf sollte behalten werden, dass die Wasserversorgung maßgeblich darüber entscheidet, wie viel Zuwachs eine Pflanze machen kann. Je nach Gartenbereich werden dabei unterschiedliche Ziele angestrebt: Für üppiges vegetatives Wachstum, wie es beispielsweise im Gemüsegarten für reiche Erträge gewünscht wird, verlangen die Pflanzen nach einer entsprechenden Menge an Wasser. Bei Hecken oder dem Rasen bringt ein zu starkes vegetatives Wachstum jedoch lediglich Pflege- bzw. Schnittaufwand mit sich, sodass die Wasserversorgung durchaus gedrosselt werden kann.

Folie 58

Um die optimalen Sollwert-Einstellungen zu finden, sind die eingestellten Werte besonders in der Anfangsphase immer wieder nachzuzustimmen und sowohl an das Wachstumsstadium der Pflanzen, als auch an die Witterung anzupassen. Und auch nach der Einfeldungsphase gilt: Vertrauen ist gut, Kontrolle ist besser (BECK 2020).

8. Fazit

Folie 60

Welches Fazit lässt sich nun aus den zusammengetragenen Informationen ziehen?

Wasser ist die Grundlage allen Lebens auf der Erde. Ein sparsamer Umgang mit dieser kostbaren Ressource ist unverzichtbar. Da Pflanzen Wasser fast ausschließlich über die Wurzel aufnehmen, ist die Bodenbeschaffenheit ausschlaggebend für ihre Wasserversorgung. Infolge des Klimawandels kommt es v. a. in den Frühjahrs- und Sommermonaten zu einer zunehmenden Verknappung des Wasserangebots. Eine wassersparende Kulturführung wird daher immer wichtiger.

Folie 61

Dazu tragen unter anderem ein effizientes Gießverhalten, sowie Maßnahmen wie Mulchen oder Hacken bei. Darüber hinaus sollte man sich um einen gut strukturierten, humusreichen Boden bemühen. Auch durch sparsame und bedarfsgerechte Bewässerungstechnik, wie sie sich z. B. durch die Installation von Tropfbewässerungssystemen verwirklichen lässt, kann der Wasserverbrauch im Garten deutlich gesenkt werden.

Folie 62

Die Automatisierung der Bewässerung ermöglicht v. a. in Verbindung mit Bodenfeuchtesensoren eine bequeme und bedarfsgerechte Wasserversorgung. Dafür ist es jedoch notwendig, dem Steuergerät bewusst sparsame Schalt- und Laufzeiten vorzugeben. Als Gärtner haben wir nicht nur Verantwortung für unsere Umwelt, sondern auch ganz klar ein eigenes Interesse daran, die Ressource Wasser möglichst sparsam und effizient einzusetzen. Die aufgezeigten Maßnahmen leisten einen wichtigen Beitrag dazu, die Wasserversorgung der Schützlinge im Garten auch in Zeiten des Klimawandels sicherzustellen und gleichzeitig die knapper werdenden Wasservorräte zu schonen.

Literatur

- BAHRS TECHNIK, 2011: Blumat. Vollautomatisches System zur Pflanzenbewässerung. Hellmuth Bahrs GmbH & Co. KG, Brüggen-Bracht.
- BAYERISCHE GARTENAKADEMIE AN DER BAYERISCHEN LANDESANSTALT FÜR WEINBAU UND GARTENBAU, 2017: Bewässerung im Haus- und Kleingarten. Berichte der Bayerischen Gartenakademie 4. Bayerische Landesanstalt für Weinbau und Gartenbau, Veitshöchheim.
- BAYERISCHE LANDESANSTALT FÜR WEINBAU UND GARTENBAU, 2020: Nicht gießen in der Mittagshitze. Gemüseblog, 11.08.2020.
<http://www.lwg.bayern.de/gartenakademie/gartendokumente/gemueseblog/252162/index.php>
p. Zugriff am 08.12.2020.
- BAYERISCHER LANDESVERBAND FÜR GARTENBAU UND LANDESPFLEGE E. V., 2006: Richtiges Gießen im Garten. Merkblatt der Bayerischen Obst- und Gartenbauvereine.
- BAYERISCHES STAATSMINISTERIUM FÜR UMWELT, GESUNDHEIT UND VERBRAUCHERSCHUTZ: Modul D: Die Rolle des Bodens im Wasserkreislauf. Handreichung "Lernort Boden", 201-216.
- BECK, M.: Bewässerung von Tomaten. Vortragsunterlagen, Hochschule Weihenstephan-Triesdorf.
- BECK, M.: Bewässerungsmöglichkeiten für Balkon und Kübel. Möglichkeiten der Automatisierung mit Tropfbewässerung und Dochtsystem. Vortragsunterlagen, Hochschule Weihenstephan-Triesdorf.
- BECK, M.: Grundlagen zur Steuerung der Bewässerung. Klimatische Wasserbilanz und sensorgesteuerte Bewässerung. Forschungsanstalt für Gartenbau an der Fachhochschule Weihenstephan. Veröffentlicht von Ökoplant e. V.
<https://oekoplant-ev.de/images/stories/download/Veranstaltungsberichte/D%C3%BCngung%20und%20Bew%C3%A4sserung/Beitrag%2BDr.%2BMichael%2BBeck.pdf>. Zugriff am 08.01.2021.
- BECK, M., 2014: Pflanzen sparsam und effektiv Bewässern. Der Fachberater (02/2014), 28-33.
- BECK, M., 2020: Beitrag Fachberater. Der Fachberater. Unveröffentlichtes Manuskript.
- BECK, M., 2021: Sparsame Bewässerung im Hausgarten. Email, 07.01.2021.
- BEREGNUNGSPARADIES.DE, 2020: Steuergeräte für Bewässerungsanlagen.
<https://www.beregnungsparadies.de/Bewaesserungssteuerung/bewaesserungssteuerung.html>.
Zugriff am 14.10.2020.
- BODENBÜNDNIS OBERÖSTERREICH: Bodenschutz im Garten. Hrsg.: Klimabündnis Österreich, Wien.
https://www.land-oberoesterreich.gv.at/files/publikationen/us_Bodenschutz_im_Hausgarten.pdf. Zugriff am 15.10.2020.
- BÖTTCHER, F. & M. SCHMIDT, 2014: Die Wirkung einer Mulchbedeckung auf die Evaporation. Deutscher Wetterdienst, Abteilung für Agrarmeteorologie.
https://www.landwirtschaft.sachsen.de/download/Die_Wirkung_einer_Mulchbedeckung_auf_die_Evaporation.pdf. Zugriff am 14.10.2020.
- BUNDESANSTALT FÜR LANDWIRTSCHAFT UND ERNÄHRUNG, 2018: Ein gutes Tröpfchen. Wasser in der Landwirtschaft. Bundesinformationszentrum Landwirtschaft, Bonn.

- BUNDESINFORMATIONSZENTRUM LANDWIRTSCHAFT, 2020: Wie Trockenheit der Landwirtschaft schadet. <https://www.landwirtschaft.de/landwirtschaft-verstehen/wie-funktioniert-landwirtschaft-heute/wie-trockenheit-der-landwirtschaft-schadet>. Zugriff am 15.10.2020.
- BUNDESZENTRALE FÜR POLITISCHE BILDUNG, 2017: Wasser. Zahlen und Fakten - Globalisierung. <https://www.bpb.de/nachschlagen/zahlen-und-fakten/globalisierung/52730/wasserverbrauch>. Zugriff am 15.10.2020.
- CASPER, V., 2020: Wasser sparen im Garten: Tipps von Regentonnen bis Gartenwasserzähler. Redaktionsnetzwerk Deutschland, 17.08.2020.
- DEGEN, M. & K. SCHRADER, 2014: Der Gärtner 1. Grundwissen für Gärtner. Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart, 3. Aufl.
- EINE WELT LADEN WEIBWASSER: Wasser. Rund um das kostbare Nass. Projektmaterialien für die Bildungsarbeit. <https://eineweltladen.info/service/downloads.html>. Zugriff am 15.10.2020.
- FELBERMEIR, T., 2011: Auswirkungen der Klimaänderungen auf Naturalerträge. In: Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft (Hrsg.): Klimaänderungen in Bayern. Antworten des Pflanzenbaus, 7-16.
- FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS, 2013: Wasser Abzeichen der Vereinten Nationen. In: YUNGA Lern- und Aktionsreihe. Unter Mitarbeit von Sida, YUNGA, UN-Water, CBD, WAGGGS, WOSM
- FRÖHLER, L., 2020: Wasserbedarf unterschiedlicher Pflanzen. Mündliche Mitteilung, 20.10.2020.
- GARTEN GNOM, 2009: 13 Tipps zum Wasser-Sparen im Garten. <https://www.gartengnom.net/tipps-wasser-sparen/>. Zugriff am 14.10.2020.
- GÄRTNER PÖTSCHKE: Im Garten richtig gießen - So geht's. <https://www.poetschke.de/beratung/richtig-giessen-so-gehts/>. Zugriff am 14.10.2020.
- HANIKA, J.-C., 2020: Klimaforschung: Warmer Frühling sorgt für Dürre im Sommer. Hrsg.: Bayerischer Rundfunk. <https://www.br.de/nachrichten/wissen/klimaforschung-warmer-fruehling-sorgt-fuer-duerre-im-sommer,S1Q4Kfk>. Zugriff am 15.10.2020.
- HÖLZER, A., 2017: Gärten für die Zukunft. Wie können wir handeln? Hrsg.: Deutsche Umwelthilfe e. V.
- HORTIPENDIUM, 2017: Tensiometer. <http://www.hortipendium.de/Tensiometer>. Zugriff am 15.10.2020.
- MDR, 2018: Gießen und Bewässern im Sommer: Wann, wie oft, wie viel? MDR Garten. <https://www.mdr.de/mdr-garten/pflegen/richtig-giessen-waessern-garten-trocken-100.html>. Zugriff am 13.10.2020.
- MINISTERIUM FÜR KLIMASCHUTZ, UMWELT, LANDWIRTSCHAFT, NATUR- UND VERBRAUCHERSCHUTZ DES LANDES NORDRHEIN-WESTFALEN, 2011: Klimawandel und Boden. Auswirkungen der globalen Erwärmung auf den Boden als Pflanzenstandort, 2. Auflage.
- MONNING, E., 2020: So gießen Sie Ihre Pflanzen richtig. Mein schöner Garten. <https://www.mein-schoener-garten.de/gartenpraxis/pflanzen-richtig-giessen-die-wichtigsten-tipps-23266>. Zugriff am 13.10.2020.
- SCHALLER, M., C. BEIERKUHNEIN, S. RAJMIS, T. SCHMIDT, H. NITSCH, M. LIESS, M. KATTWINKEL & J. SETTELE, 2012: Auswirkungen auf landwirtschaftlich genutzte Lebensräume. In: MOSBRUGGER, V.

- & Brasseur, G., Schaller, M. & Strinbrny, B. (Hrsg.): Klimawandel und Biodiversität - Folgen für Deutschland. WBG, Darmstadt.
- SCHALLER, M. & H.-J. WEIGEL, 2007: Analyse des Sachstands zu Auswirkungen von Klimaveränderungen auf die deutsche Landwirtschaft und Maßnahmen zur Anpassung. FAL, Braunschweig.
- SCHEU-HELGERT, M., 2019: Der Gemüsegarten im Klimawandel. Gartenpraxis (09/2019), 26-29.
- SCHNEIDER, M., 2018: Wasserhaltefähigkeit von Humus. Vortrag im Rahmen der Reterra Vertriebstreffen am 08.11.2018. Organisiert vom Verband der Humus- und Erdenwirtschaft e. V. https://www.vhe.de/fileadmin/vhe/pdfs/Publikationen/Vortraege/2018/2018_11_08_Schneider_Wasserhaltefaehigkeit_Kaltenengers.pdf. Zugriff am 14.10.2020.
- SCHOPFER, P. & A. BRENNICKE, 2010: Pflanzenphysiologie. Spektrum Akademischer Verlag, Heidelberg, 7. Auflage.
- SIEGLER, H., 2021: Praxistipp zur Bewässerung. Mündliche Mitteilung (02.03.2021).
- STAHR, A.: Wasserspeichervermögen. Ahabc.de - Das Magazin für Boden und Garten. www.ahabc.de/bodeneigenschaften/wasserspeichervermoegen/. Zugriff am 08.01.2021.
- UMWELTBUNDESAMT, 2020: Wassernutzung privater Haushalte. <https://www.umweltbundesamt.de/daten/private-haushalte-konsum/wohnen/wassernutzung-privater-haushalte#direkte-und-indirekte-wassernutzung>. Zugriff am 15.10.2020.
- UMWELT-GERÄTE-TECHNIK GMBH: Über Bodenfeuchtesensoren. <https://www.ugt-online.de/produkte/bodenkunde/bodenfeuchtetemperaturleitfaehigkeit/ueber-bodenfeuchtesensoren/>. Zugriff am 08.01.2021.
- VEREINIGUNG DEUTSCHER GEWÄSSERSCHUTZ E. V.: Virtuelles Wasser. Versteckt im Einkaufskorb. http://vdg.durstige-gueter.de/virtuelles_wasser.html. Zugriff am 15.10.2020.
- WEIGEL, H.-J., 2011: Klimawandel - Auswirkungen und Anpassungsmöglichkeiten. In: Neues aus dem Ökologischen Landbau 2011, 9-28.