

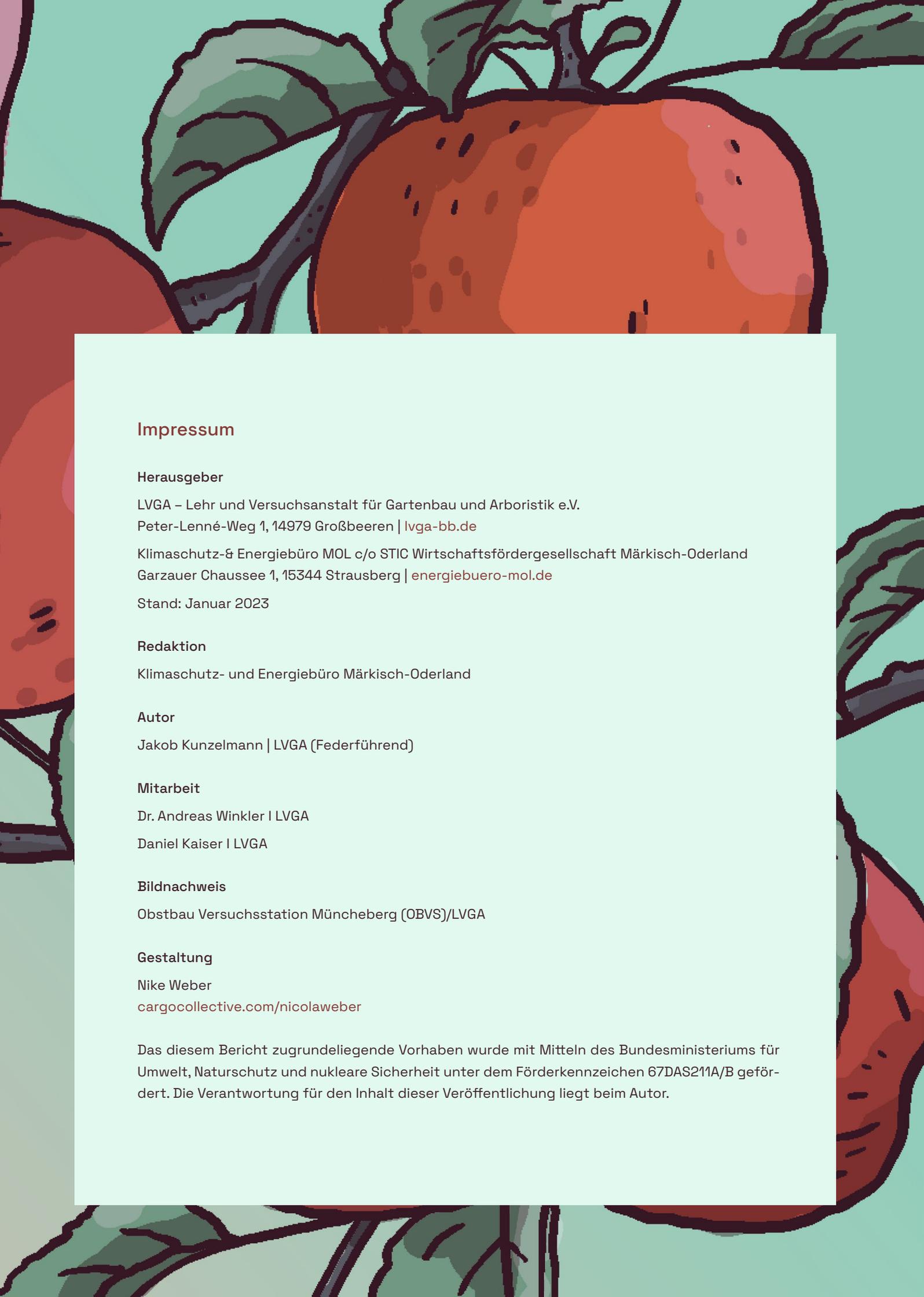


branko

Brandenburger Netzwerk für Klimaanpassung im Obstbau

Leitfaden

Klimaanpassung im
Brandenburger Obstbau



Impressum

Herausgeber

LVGA – Lehr und Versuchsanstalt für Gartenbau und Arboristik e.V.
Peter-Lenné-Weg 1, 14979 Großbeeren | lvga-bb.de

Klimaschutz- & Energiebüro MOL c/o STIC Wirtschaftsfördergesellschaft Märkisch-Oderland
Garzauer Chaussee 1, 15344 Strausberg | energiebuero-mol.de

Stand: Januar 2023

Redaktion

Klimaschutz- und Energiebüro Märkisch-Oderland

Autor

Jakob Kunzelmann | LVGA (Federführend)

Mitarbeit

Dr. Andreas Winkler | LVGA

Daniel Kaiser | LVGA

Bildnachweis

Obstbau Versuchsstation Müncheberg (OBVS)/LVGA

Gestaltung

Nike Weber

cargocollective.com/nicolaweber

Das diesem Bericht zugrundeliegende Vorhaben wurde mit Mitteln des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit unter dem Förderkennzeichen 67DAS211A/B gefördert. Die Verantwortung für den Inhalt dieser Veröffentlichung liegt beim Autor.

1. Vorwort

Auch wenn Brandenburg nicht zu den größten Obstanbaugebieten in Deutschland zählt, spielt der Obstbau eine bedeutende Rolle für die Region. Bei einer Gesamtoflanbaufläche von 1.380 ha, entfällt über die Hälfte auf den Anbau des Apfels. Durchschnittlich werden 23.605 Tonnen Äpfel auf 888 ha (2013-2022) produziert. Die am meisten angebaute Sorte ist Elstar (17 % der Apfelproduktion), gefolgt von Gala (13 %), Pinova (12 %) und Jonagold (9 %). Der Anbau von Pflaumen (929 t auf 84 ha) und Süßkirschen (712 t auf 381 ha) spielt ebenfalls eine relevante Rolle. Darüber hinaus wurden durchschnittlich (2013-2021) 2.264 t Strauchbeeren auf 914 ha in Brandenburg geerntet. (Destatis, 2022)

Der Brandenburger Obstanbau profitiert vor allem von den regionalen Absatzstrukturen. Mit Berlin und Potsdam liegen zwei große Absatzmärkte in direkter Nähe. Aufgrund der zunehmenden Bedeutung von regional erzeugten Lebensmitteln bestehen gute Chancen, Brandenburger Obst dort abzusetzen. Um die Direktvermarktung zu fördern, können Obstbauern ihren Betrieb bei regional-klimaneutral.info eintragen. Interessierte finden dort Obsthöfe und Direktvermarkter in ihrer Umgebung.

Doch die klimatischen Bedingungen sind im Wandel, mit unmittelbaren Folgen für den Brandenburger Obstanbau (Abb. 1). Milde Temperaturen im Winter führen zu verfrühter Blüte. In Folge mehren sich Spätfrostschäden, welche ohne geeignete Gegenmaßnahmen zu erheblichen Ernteaufällen führen werden. Extremwetterereignisse wie Starkregen, Hagel oder Dürren machen Bäumen und Früchten zusätzlich zu schaffen. Heimische Schädlinge können vermehrt auftreten und invasive Arten haben höhere Chancen sich zu etablieren. Diese Veränderungen in Verbindung mit den sandigen Brandenburger Böden und geringen Niederschlägen erfordern umfassende Klimaanpassungsmaßnahmen, um Ernteaufällen entgegenzuwirken. Nur so kann auch in Zukunft erfolgreich Obstanbau in Brandenburg betrieben werden.

Hier setzte das Projekt „Brandenburger Netzwerk für Klimaanpassung im Obstanbau“ (branko) an. Das vom Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit geförderte Projekt hatte das Ziel, einen Expertenverbund aufzubauen. So sollen dem Obstanbau in Brandenburg Handlungsstrategien bezüglich des Klimawandels mit an die Hand geben werden. Zentrale Forschungsergebnisse wurden gesammelt und aufbereitet. Die Ergebnisse werden in der eigens eingerichteten Klimadatenbank (branko-bb.de/klimadatenbank) zur Verfügung gestellt. Daneben wurde eine Seminarreihe angeboten, die neueste Erkenntnisse zu Klimafolgenanpassungen im Obstanbau vermittelte.

Berichte über die Vorträge aus dieser Reihe finden Sie auf der Projektwebsite (branko-bb.de/seminare). Abgerundet wird das Projekt durch diesen Leitfaden, der einen Überblick über die klimatischen Veränderungen, den daraus folgenden Konsequenzen sowie möglichen Maßnahmen für den Obstbau gibt.

Im Folgenden werden mit Hilfe von Klimaszenarien die zukünftigen Veränderungen für Brandenburg skizziert. Darauf aufbauend werden die Auswirkungen auf den Brandenburger Obstbau beschrieben. Diese sind umfassend und stellen die Produktion von großen Herausforderungen. Daher werden spezifische Maßnahmen erläutert und Lösungsansätze dargestellt, welche eine Hilfestellung für die erfolgreiche Obstproduktion geben.

Wir bedanken uns bei unserer Projektpartnerin, der STIC-Wirtschaftsfördergesellschaft Märkisch-Oderland sowie unseren Kooperationspartnerinnen und Partnern für ihr Mitwirken und Engagement.

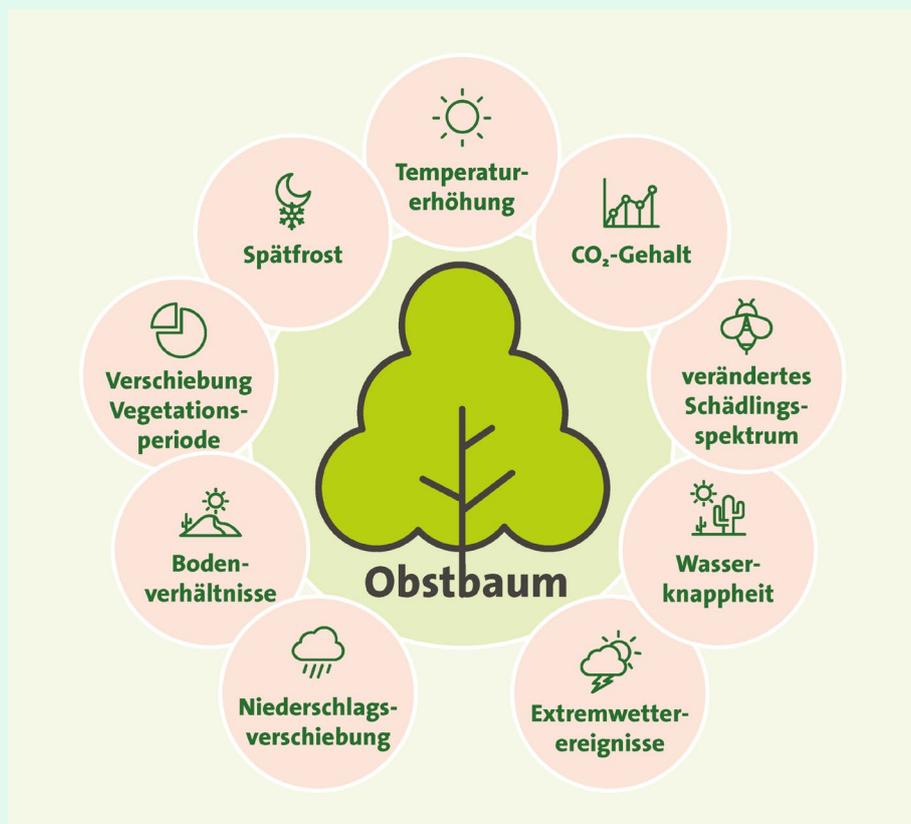


Abb. 01. Hauptinflussfaktoren des Klimawandels auf die Obstproduktion.

Inhaltsverzeichnis

1. Vorwort	1
2. Aktueller Status und Prognose	4
2.1. Klima	4
2.2. Bodenverhältnisse	7
2.3. Phänologie	8
2.4. Dormanz/Kältebedürfnis	11
3. Konsequenzen für den Obstbau in Brandenburg	12
3.1. Gefahr von Spätfrösten	12
3.2. Trockenheit	12
3.3. Staunässe	13
3.4. Hitzewellen	13
3.5. Sonnenbrand	14
3.6. Pflanzenschutz	14
3.7. Ausdünnung	16
3.8. CO ₂	17
4. Maßnahmen zur Reduzierung der Klimafolgen	18
4.1. Frostschutz	18
4.2. Bewässerung und Wasserspeicher	21
4.3. Staunässe	22
4.4. Hitze	22
4.5. Schutz vor Sonnenbrand	23
4.6. Pflanzenschutz	23
4.7. Boden	25
4.8. Bestäubung	26
4.9. Dormanz	26
5. Zusammenfassung - Kernaussagen	27
Literatur	28
Über das Projekt	33

2. Aktueller Status und Prognose

2.1. Klima

Klimaszenarien

Um in die Zukunft zu blicken, werden so genannte Klimaszenarien betrachtet. Natürlich kann die Zukunft nicht genau beschrieben werden. Es sind aber Annahmen über einen wahrscheinlichen Verlauf möglich. Aktuell werden die Repräsentativen Konzentrationspfade (RCP: representative concentration pathways) genutzt. Hier werden vier Szenarien unterschieden: RCP2.6, RCP4.5, RCP6.0 und RCP8.5. Die Grundlage dieser Szenarien ist der Strahlungsantrieb. Dieser gibt an wie sich die Energiebilanz der Erde und ihrer Atmosphäre verändern wird. Einflussfaktoren sind unter anderem Treibhausgase und Aerosole, die das Gleichgewicht zwischen Sonneneinstrahlung und Infrarotabstrahlung der Erde verschieben können. Wenn dies geschieht, hat das Klima einen „Antrieb“ die Temperatur zu ändern. Der Strahlungsantrieb ist also die Änderung der Energie pro Fläche und wird in W/m^2 angegeben (DWD, 2022; ecodesignkit, 2023).

Im Folgenden wird sich hauptsächlich auf die beiden Szenarien RCP2.6 (Klimaschutz-Szenario) und RCP8.5 (Weiter-Wie-Bisher-Szenario/Worst-Case-Szenario) bezogen. Bis zum Ende des Jahrhunderts wird im RCP2.6 in Brandenburg eine Temperaturerhöhung um ca. $1,1^\circ\text{C}$ erwartet. Im RCP8.5 werden voraussichtlich $3,9^\circ\text{C}$ Temperaturerhöhung (bezogen auf die Klimanormalperiode 1971-2000) erreicht. Diese Szenarien prognostizieren bis zum Jahr 2100 eine Zunahme des Energieeintrages von 2,6 bzw. $8,5 \text{ W/m}^2$. Die Veränderungen erscheinen mit 0,8 bis 2,5 % gering. Um diese Werte einordnen zu können muss beachtet werden, dass die Sonnenenergie in den letzten 7.000 Jahren weltweit nur um maximal 2 W/m^2 ($340,5\text{--}342,5 \text{ W/m}^2$) schwankte (Chimani et al., 2019). Selbst im Klimaschutz-Szenario wird es zu einer signifikanten Veränderung des Klimas kommen.

Temperatur

Um die lokalen Auswirkungen des Klimawandels in Brandenburg zu verstehen, ist es wichtig die bisherige Klimaentwicklung zu kennen. Im Westen Brandenburgs herrscht ein kühlfeuchtes, maritimes, wintermildes Klima vor. Im Osten hingegen wird zunehmend der Einfluss des Kontinentalklimas, mit kalten Wintern und trockenen Sommern, spürbar. (Drastig et al., 2010)

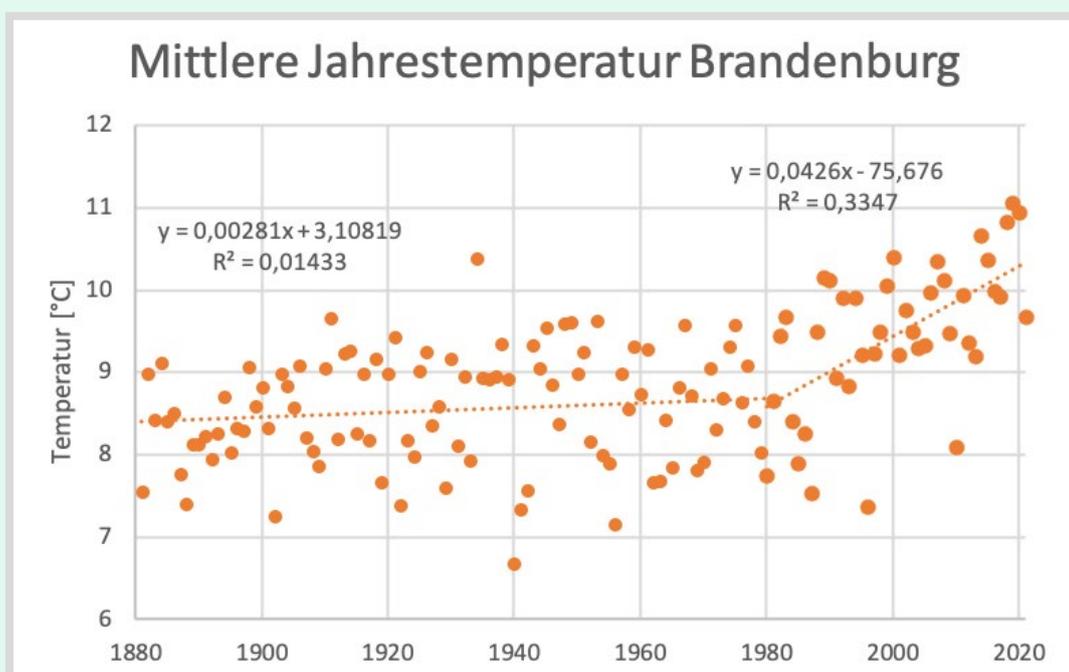


Abb. 02. Mittelwerte der Jahresmitteltemperaturen in Brandenburg. Erstellt aus Daten des DWD [04/2022]

Zwischen 1881 und 1980 ist die Temperatur nur sehr moderat angestiegen. Vor allem seit den 1980er Jahren steigen die vorher relativ konstanten Temperaturwerte stark an (Abb. 02). Vom Zeitraum 1881-1910 (8,4 °C) zum aktuellen 30-Jahre-Mittelwert (Klimaperiode) 1992-2021 (9,7 °C) ist die Temperatur im Jahresmittelwert in Brandenburg um 1,35 °C angestiegen. In den letzten 10 Jahren lag die Durchschnittstemperatur bei 10,2 °C. Der höchste Jahresmittelwert wurde 2019 mit 11,1 °C erfasst. Die Winter sind generell milder geworden. Die Anzahl der Frost- (Tagesniedrigsttemperatur < 0 °C) und Eistage (Tageshöchsttemperatur < 0 °C) sind zurückgegangen und die Zahl der Sommertage (Tageshöchsttemperatur ≥ 25 °C) ist gestiegen. (Wechsung et al., 2009; DWD, 2019)

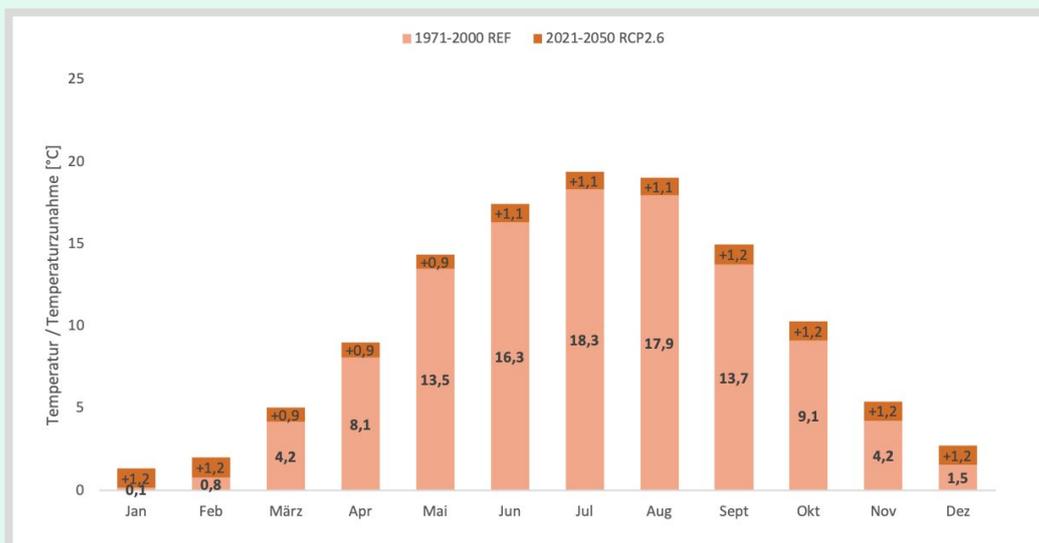


Abb. 03. Monatsdurchschnittstemperaturen Brandenburg (Referenz 1971-2000) und Temperaturzunahme im RCP2.6 bis 2050 (bis 2100 ±0,2 K – nicht dargestellt). Erstellt aus Daten des DWD [10/2022].

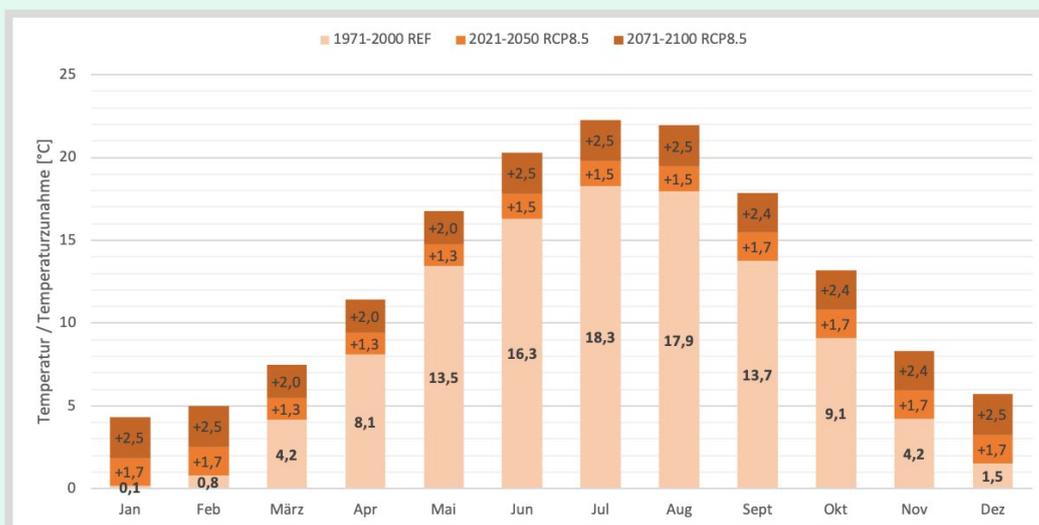


Abb. 04. Monatsdurchschnittstemperaturen Brandenburg (Referenz 1971-2000) und Temperaturzunahme im RCP8.5 bis 2050 und bis 2100. Erstellt aus Daten des DWD [10/2022].

Mithilfe von Prognosemodellen werden die zukünftigen klimatischen Entwicklungen dargestellt. Damit diese vergleichbar sind, müssen Betrachtungs- und Referenzzeiträume festgelegt werden. Der Deutsche Wetterdienst (DWD) unterscheidet zwischen kurzfristigem (2021-2050) und langfristigem (2071-2100) Planungshorizont. Die klimatologische Referenzperiode, früher auch Klimanormalperiode genannt, umfasst die Jahre 1971 bis 2000. Das Klimaschutz-Szenario (RCP2.6) prognostiziert für Brandenburg kurz- und langfristig eine weitere Erwärmung von etwa 1,1 °C (Abb. 03). Das Weiter-wie-bisher-Szenario (RCP8.5) prognostiziert eine kurzfristige Erwärmung von ca. 1,5 °C und eine langfristige Erwärmung von ca. 3,9 °C (Abb. 04).

Die beiden mittleren Szenarien RCP4.5 und RCP6.5 werden hier nicht weiter betrachtet. Allen gemein ist, dass Extreme in Richtung niedrige Temperaturen abnehmen, während Extreme in Richtung hoher Temperaturen zunehmen werden. Die Häufigkeit und Intensität von warmen und heißen Tagen, Hitzewellen sowie Warmperioden wird steigen und es wird weniger Frost- und Eistage geben. (Gömann et al., 2015; DWD, 2019)

Niederschlag

Brandenburg zählt mit unter 600 mm durchschnittlicher Jahresniederschlagssumme (max. 789 mm im Jahr 2007; min. 390 mm im Jahr 2018) (DWD, 2019) zu den trockensten Gebieten in Deutschland und Europa (Stock & Lahmer, 2011; Köstner et al., 2007). Dabei ist der Nordosten mit unter 500 mm durchschnittlichem Jahresniederschlag am trockensten (Gerstengarbe et al., 2003).

Anders als die relativ gesicherten Prognosedaten der Temperaturmodelle sind Niederschläge schwerer vorherzusagen. Somit sind höhere Schwankungsbreiten bei den Prognosen vorhanden. Die Niederschlagssummen werden relativ konstant bleiben, sich aber eher in Richtung Winter verlagern (DWD, 2019; Wechsung et al., 2009). Dies wurde in Potsdam bereits im Zeitraum 1901 bis 2000 beobachtet. Bei konstanten Jahresniederschlagssummen verlagerte sich der Niederschlag von den Sommermonaten in die Winterzeit (Gerstengarbe et al., 2003). Dieser Trend setzen sich voraussichtlich auch in Zukunft fort (Tervooren, 2015). Steigende Temperaturen führen zu höherer Verdunstung und somit zu geringeren Versickerungsraten. 1 °C Temperaturanstieg bewirkt eine Erhöhung der Verdunstungsrate um 5 % (Brasseur et al., 2017; Herbst, 2021). In Folge erhöhter Verdunstung und oberirdischer Abflüsse verschlechtert sich die Gesamtwasserbilanz in Brandenburg (Wechsung et al., 2009). Hiervon sind niederschlagsarme Gebiete wie Brandenburg besonders betroffen und es kommt vermehrt zu Grundwasserniedrigständen (Rüth et al., 2019). Der Grundwasserspiegel ist seit den 1970er Jahren um 1,5 m bis 2 m gesunken und nimmt auf 75 % der Fläche Brandenburgs ab (Hupfer & Nixdorf, 2011). Vor allem im Sommerhalbjahr ist die Wasserbilanz negativ (teilweise bis zu -300 mm) und Brandenburg wird als „wasserhaushaltliche Problemregion“ bezeichnet (Grünewald, 2010).

Extremwetterereignisse

Die Dauer und Intensität von Extremwetterereignissen wie Hagel, Starkregen oder Hitzewellen, wird zunehmen. Relativ geringe Häufigkeit und lokale Begrenzungen führen zu höheren Unsicherheiten bei der Vorhersage. Global haben sich Extremwetterereignisse seit der zweiten Hälfte des 20. Jahrhunderts mehr als vervierfacht (Münchener Rück, 2000 in Gerstengarbe et al., 2003). Die Intensität und Häufigkeit von Starkregenereignissen in Europa haben zugenommen. Dies betrifft auch Gegenden in denen die Gesamtniederschlagssummen abnehmen (Hov et al., 2013). In Zukunft werden Extremwetterereignisse wie Dürren und Hagelereignisse häufiger auftreten. Selbst in Obstbaugebiete die bisher nur sehr selten mit Hagelschäden zu tun hatten, können sich Hagelereignisse häufen (IPCC, 2021). Im Referenzzeitraum 1971-2000 waren ca. zwei Monate im Jahr als Dürremonate ausgewiesen. Bei einer Erwärmung von 3 °C werden es ca. drei Monate sein. Dürren werden dann eher als Normalzustand deklariert und nicht mehr als ein Extremwetterereignis angesehen (Thober et al., 2020). (Extrem-)Wetterlagen werden zudem in Zukunft länger andauern. Exemplarisch kann dies am Jahr 2017 mit lang andauernden Niederschlagsphasen und dem darauffolgenden Jahr 2018 mit langanhaltenden Trockenperioden veranschaulicht werden. (Herbst, 1. Branko-Seminar, 2021)

CO₂

Der CO₂-Gehalt im vorindustriellen Zeitalter betrug 275-284 ppm (Etheridge et al., 1996). Bis 2019 ist er auf 409 ppm angestiegen (Lindsey, 2020). Im „Klimaschutz-Szenario“ wird die CO₂-Konzentration bis 2050 auf 440 ppm ansteigen und anschließend bis 2300 auf das heutige Niveau absinken. Im Weiter-wie-bisher-Szenario steigt die CO₂-Konzentration bis zum Jahr 2100

auf 1000 ppm an (Meinshausen et al., 2011). Im Bereich zwischen 1000-2000 ppm CO₂ in der Atemluft sind erste Auswirkungen auf die menschliche Gesundheit beobachtet worden (Fromme et al., 2008).

2.2 Bodenverhältnisse

Die Art des Bodens sowie die Bodeneigenschaften sind durch den Standort festgelegt und können nur in geringem Maße verändert werden. Der Boden ist für die Speicherung und Anlieferung von Wasser und Nährstoffen an die Wurzel zuständig. Eine ausreichende Versorgung mit Wasser und Nährstoffen ist für das Wachstum von Obstgehölzen sowie deren Früchte notwendig.

Neben Braunerde gibt es in Brandenburg eine Vielzahl anderer Böden: Regosol, Fahlerde, Podsol, Gley, Moorboden, Salzboden und Fuchserde (LfU, 2023). Ihre Körnungen reicht von schwach lehmig-schluffigen Sanden bis zu reinen Sanden (Kühn et al., 2015). Die Produktionsbedingungen in Brandenburg sind herausfordernd. Die sprichwörtliche „Brandenburger Streusandbüchse“ mit durchschnittlich 33 Bodenpunkten, schneidet im Vergleich zu anderen Bundesländern schlecht ab. Brandenburg ist eine der am stärksten vom Klimawandel betroffenen Regionen in Deutschland. Niederschlagsausfälle im Frühjahr und Sommer führen zu Trockenheits- und Hitzeextremen. In Verbindung mit generell sehr niedriger Wasserspeicherfähigkeit der Böden, wird ein umsichtiger Umgang mit der Ressource Boden immer herausfordernder. (Landesbauernverband Brandenburg, 2020)

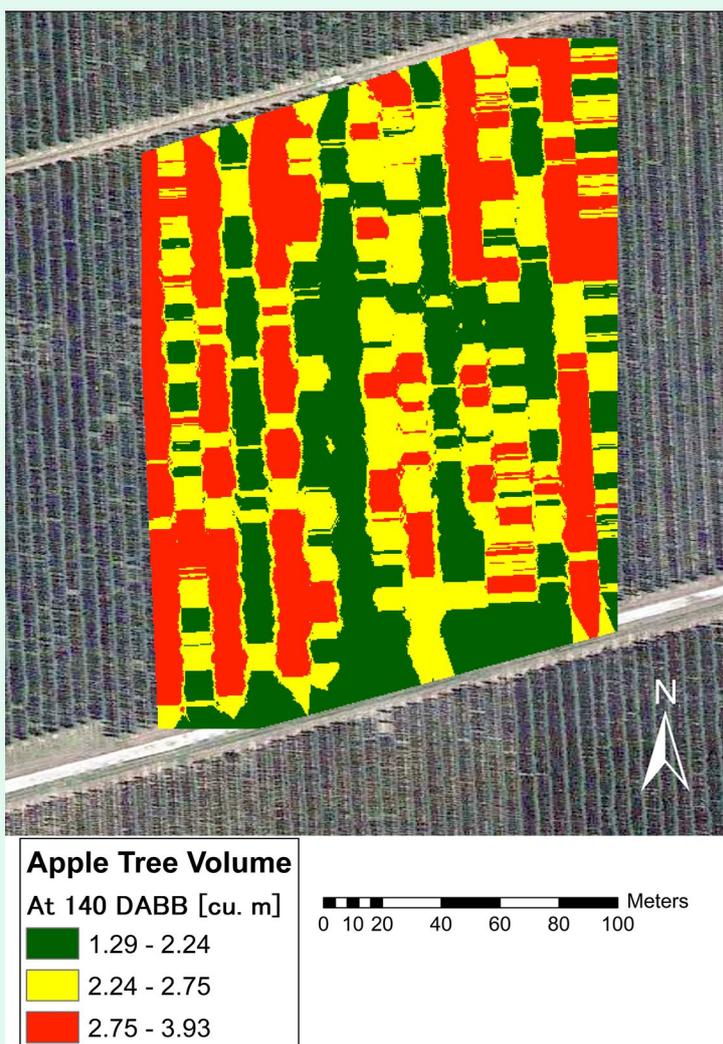


Abb. 05. ECa-Bodenkarte einer Brandenburger Obstanlage

Trotz des vorherrschenden Sandbodens sind die Brandenburger Böden sehr variabel aufgebaut. Im Folgenden soll diese Variabilität dargestellt werden um aufzuzeigen, dass eine differenzierte Bewirtschaftung von Teilflächen sinnvoll sein kann. Ausführliche Informationen zu Bodeneigenschaften und Auswirkungen auf den Obstbau finden Sie unter branko-bb.de/BodenundTriebwachstum.



Variabilität der Brandenburger Böden

Mithilfe geoelektrischer Verfahren können Informationen über den Boden gewonnen werden. Die scheinbare elektrische Leitfähigkeit (ECa) wird erfasst. Damit kann die räumliche Variabilität von Bodeneigenschaften, vor allem Unterschiede in der Textur und im Wassergehalt, dargestellt werden. In einem vorausgegangenen Versuch am Leibniz-Institut für Agrartechnik und

Bioökonomie (ATB) Potsdam wurde eine positive Korrelation der gemessenen ECa-Werte mit Blüten- und Fruchtansatz sowie Fruchtgröße festgestellt. Fünf- und sechsjährige Pflaumen der Sorte Tophit plus auf der Unterlage Wavit wurden in den phänologischen Stadien 6, 7 und 8 erfasst (Käthner & Zude-Sasse, 2015).

Ähnlich wie vorher beschriebenen wurden für weitere Flächen in Brandenburg ECa-Bodenkarten erstellt. Je höher die ECa-Werte liegen, desto höher ist der Lehmgehalt im Boden. Umgekehrt ist der Sandgehalt höher, je niedriger der ECa-Wert liegt. Die Karte (Abb. 05) zeigt deutlich die Inhomogenität der Bodenverhältnisse. Die hier aufgezeigte Bodenvariabilität soll die Relevanz des Bodens hervorheben. So können inhomogene Böden dazu führen, dass Bestände ungleichmäßig wachsen. Das kann wiederum zu Problemen beim Schnitt oder der Ausdünnung führen.

Einfluss des Bodens auf das Triebwachstum

Die Art des Bodens hat Auswirkungen auf das Wachstum. Wie zuvor beschrieben, wurden Bodenkarten (ECa) einiger Obstbaulflächen in Brandenburg vermessen. Mittels LiDAR-Laserscanner-Messungen (Abb. 06) wurden zudem die Baumvolumina erfasst und ein 3D-Punktemodell erstellt. Durch mehrmalige Erfassung kann das Triebwachstum ermittelt werden. Werden die Daten kombiniert, kann das Wachstum in Abhängigkeit des Bodens dargestellt werden.



Abb. 06. Erfassung der Baumvolumina mit Laserscanner nach Pflanzung

2.3 Phänologie

Die Phänologie beschreibt periodisch wiederkehrende Entwicklungs- und Wachstumsprozesse der Pflanzen (DWD, 2023). Für den Obstbau sind vor allem die Länge der Wachstumsphase und der Blühzeitpunkt einzelner Kulturen von Bedeutung. Im Zeitraum 1961-1990 betrug die Vegetationsperiode in Deutschland durchschnittlich 202 Tage. Sie hat sich im Vergleich zu heute (1992-2021) um 10 Tage auf 212 Tage verlängert (UBA, 2022a). Dieser Trend wird sich in Zukunft fortsetzen. Dabei ist diese Verlängerung primär auf einen früheren Beginn zurückzuführen. Das Ende der Wachstumsphase neigt ebenfalls zu leichter Verzögerung, fällt aber

vergleichsweise sehr viel geringer aus (Chmielewski & Rötzer, 2001). Für den Zeitraum 1969-1998 begann die Wachstumsphase durchschnittlich am 24. April (Blattaustreib). Die Vegetationsperiode betrug durchschnittlich 188 Tage und endete am 29. Oktober. Zwischen 1961 und 2005 verfrühte sich die Blüte von Frühblühern wie Aprikose und Pfirsich im europäischen Mittel um mindestens 15 Tage (Chmielewski 2012 in Chmielewski et al., 2012). Im gleichen Zeitraum verfrühte sich der Blühbeginn bei Apfel um 12 Tage (Chmielewski, 2007). Allein im Jahrzehnt 1990-2000 ist die mittlere Temperatur von Februar bis April um 0,8 °C gestiegen. Dies führte zu einer Verfrühung des Beginns der Vegetationsperiode um acht Tage (Chmielewski & Rötzer, 2002).

Es gibt allerdings sortenspezifische und regionale Unterschiede. Im Alten Land verfrüht sich 'Boskoop' um etwa eine Woche je Jahrzehnt, während die Spätfrostzeiten konstant geblieben sind (Hahn, 2022). An der Prüfstation Wurzen des Bundessortenamts wurde der Blühbeginn für die Apfelsorten Golden Delicious und Idared seit 1976 erfasst (siehe Abb. 07 & Abb. 08). Dabei hat sich die Blüte (10-Jahre-Mittelwert, 1976-1985 zu 2012-2021) von 'Golden Delicious' um 14,7 Tage und die von 'Idared' um 14 Tage verfrüht (Eschke & Lebe, 2021).

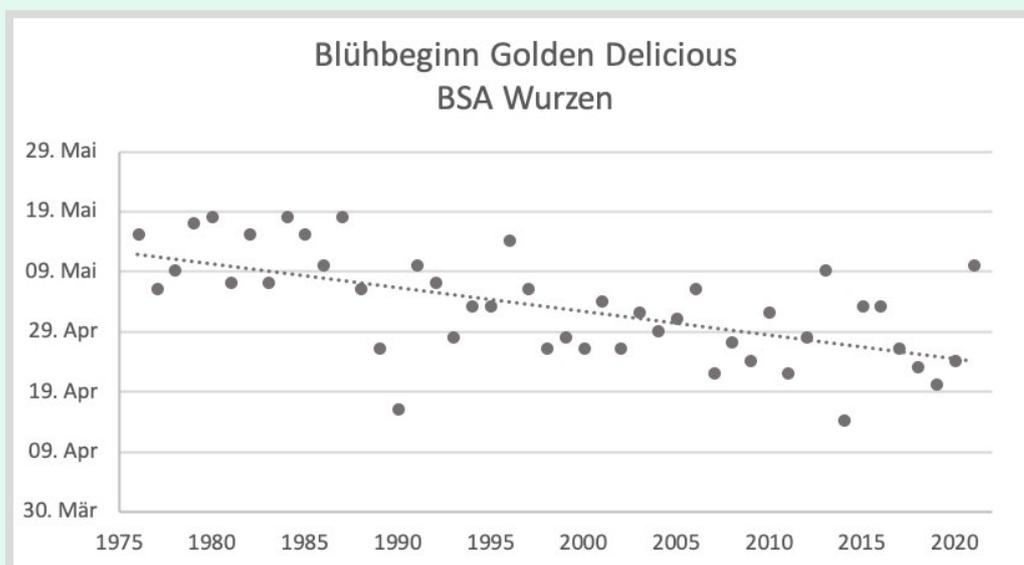


Abb. 07. Jährliches Mittel des Blühbeginns von 'Golden Delicious' in Wurzen von 1976-2021.

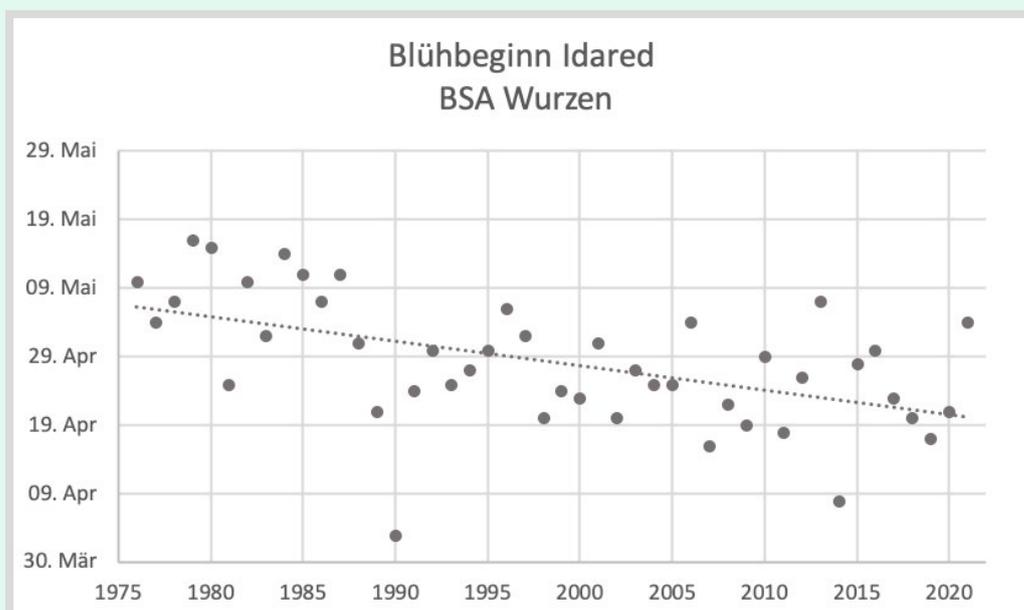


Abb. 08. Jährliches Mittel des Blühbeginns von 'Idared' in Wurzen von 1976-2021.

Blüte, Bestäubung und Befruchtung

Eine ausreichend hohe Bestäubung ist Grundvoraussetzung für eine erfolgreiche Befruchtung und ein Ansetzen von Früchten. Die meisten Obstarten sind auf eine Bestäubung durch Insekten angewiesen. Hauptsächlich geschieht dies durch Honigbienen, Wildbienen und Hummeln. Dabei ist es gängige Praxis in Apfelanlagen Honigbienenstöcke zur Bestäubung aufzustellen. Unter bienenwanderung.de kann sich über die benötigte Anzahl von Bienenvölkern, Hummeln oder Wildbienen informiert werden. Außerdem finden sich dort Erwerbsimkereien, kleinere Imkereien und Bezugsquellen für Wildbienen oder Hummeln. Die Seite bietet die Möglichkeit Kontakt aufzunehmen und Bestäubungsleistungen zu verabreden. (Wenzel, 2021)

Blüht in der Nachbarschaft von Obstanlagen der Raps, so bevorzugen Honigbienen die nektarreichen Rapsblüten. In diesem Fall wird die Bestäubung meist von Wildbienen und Hummeln übernommen, die ansonsten von den Honigbienen verdrängt werden. Die Zahl der Wildbienen steigt mit abnehmender Zahl an Honigbienen. (Osterman et al., 2021; Pflanzenforschung.de, 2021)

Zu den Wildbienen gehören auch die Mauerbienen *Osmia bicornis* und *Osmia cornuta*. Sie werden in verschiedenen Obstbaugebieten in Deutschland als Bestäuber eingesetzt. Ihre Eignung wurde belegt und im Vergleich zur Honigbiene fliegen die Mauerbienen auch bei niedrigen Temperaturen. Während Honigbienen recht gezielt Pollen sammeln, verteilen die Mauerbienen ihren Sammelflug weitläufiger und erreichen damit mehr unterschiedliche Sorten. Das hat eine bessere Pollenübertragung zwischen den Sorten zur Folge und kann den Fruchtansatz verbessern. Auf intensiv bewirtschafteten Obstanlagen stehen allerdings meist nicht genügend Ressourcen zur Verfügung, um eine natürliche Mauerbienenpopulation in ausreichender Größe aufzubauen (Schindler & Peters, 2011).

Eine erfolgreiche Bestäubung führt allerdings noch nicht zu einer erfolgreichen Befruchtung. Dafür muss der Pollenschlauch durch den Griffel bis in den Fruchtknoten und in die Samenanlage wachsen, um dort die Samenzelle mit der Eizelle zu verschmelzen (Kadereit et al., 2014). Die Samenanlagen sind nur begrenzt lebensfähig und der Prozess des Pollenschlauchwachstums benötigt einige Tage. Somit ist die Periode, während der eine Bestäubung zu einer Befruchtung führen kann, kürzer als die Lebensdauer der Blüte. Diese Periode wird auch als effektive Bestäubungsperiode bezeichnet und liegt in der Regel zwischen drei und fünf Tagen (Mantinger, 2000; Sanzol & Herrera, 2001). Ebenfalls ist der Prozess des Pollenschlauchwachstums temperaturabhängig. In der Apfelblüte benötigt dieser Prozess bei 8 °C neun Tage, bei 15 °C hingegen nur zwei Tage (Mantinger, 2000). Untersuchungen im Meckenheimer Obstanbaugebiet zeigen, dass sich in den letzten zehn Jahren die Blühdauer bei der Hälfte der untersuchten Apfelsorten halbiert hat. Die Dauer der Blüte hat sich in diesem Zeitraum um etwa vier Tage von 12-15 Tage auf 8-10 Tage verkürzt. Der Beginn der Blüte setzt außerdem durchschnittlich zehn Tage früher ein. Wärmere Frühjahre führen zu kürzeren Blühzeiträumen. Für eine erfolgreiche Befruchtung muss daher sichergestellt werden, dass die Blüten während dieser kurzen effektiven Bestäubungsperiode erfolgreich bestäubt werden. Im Meckenheimer Obstgebiet ist die Temperatur um 1,4 °C von 1958 (8,8 °C) bis 2007 (10,2 °C) gestiegen. Dies ist mit der Veränderung der mittleren Temperatur in Müncheberg 1971-2000 (8,7 °C) auf den prognostizierten Wert von 2021-2050 (RCP8.5 mit 10,2 °C) vergleichbar. (Blanke & Kunz, 2009)

Für einen Vollertrag müssen sich ca. 7-10% der Apfelblüten zu Früchten entwickeln. Bei Süßkirsche sind es ca. 40-60% der Blüten. Um im Kirschanbau also auf einen Baumertrag von 15 kg zu kommen, müssen 1.500 ('Giorgia', 10 g durchschnittliches Fruchtgewicht) bzw. 1.250 ('Regina', 12 g durchschnittliches Fruchtgewicht) Blüten befruchtet werden. Der Junifruchtfall und das Röteln wurden bei dieser Rechnung nicht berücksichtigt. Damit wird ungefähr die doppelte Anzahl an bestäubten Blüten notwendig. (Lorenz, 2021)

Die Blüte für das Folgejahr wird bei Kernobst bereits kurz nach der Blüte (Mai-Juni) angelegt und ist ein hochkomplexer Prozess (Milyaev et al., 2021). Ein zu hoher Besatz an Früchtchen hemmt die Anlage von Blütenknospen. Grund dafür ist vermutlich der Export von Gibberellinsäuren aus den Samen der jungen Früchtchen (Dennis & Neilsen, 1999). Die Wetterbedingungen im Zeitraum der Blütenanlage sind ebenfalls relevant. Bei Apfel wirken sich die Bedingungen des Vorjahres, wie Trockenheit, Hitze oder Blattverlust negativ auf die Blüte im kommenden Jahr aus. Die Blütenbildung dauert sehr lange, weshalb nach der Blüte bereits die Blüte des nächsten Jahres im Blick behalten werden sollte. Trockenes Wetter im Juni kann zu kurzzeitiger Wachstumsruhe führen. Das hat positive Auswirkungen auf den Blütenansatz. Wüchsige Bedingungen wie ausreichend Bodenfeuchte und ein hohes Nährstoffangebot hingegen hemmen die Blütenbildung. Nach der Blüteninduktion sind jedoch genau diese wüchsigen Bedingungen erwünscht. (Lorenz, 2021)

2.4 Dormanz/Kältebedürfnis

Um im Frühjahr auszutreiben benötigen Apfelbäume eine gewisse Anzahl an Kältestunden zwischen 0 und 7,2 °C (Flachowsky, 2020). Wird das Kältebedürfnis nicht erfüllt, findet der Austrieb nicht statt oder es kommt im Frühjahr zu verspäteten, nicht synchronen Knospenaufbrüchen.

Tabelle 01.

Kältebedürfnis einiger Apfelsorten in Stunden (Flachowsky, 2020).

Sorten	Kältebedürfnis (h)
Elstar; Boskoop; Bramley's Seedling	800-1.000
Pinova; Golden Delicious; Braeburn; Honeycrisp; Idared	600-800
Granny Smith; Fuji; Gala; Pink Lady	400-600
Anna; Dorsett Golden	<300

Der Winter 2019/2020 war einer der wärmsten Winter überhaupt (DWD, 2020). Von Dezember 2019 bis März 2020 gab es 2.047 Kältestunden (DWD, 2022). Um festzustellen ob die Kältestunden auch in Zukunft ausreichen, wurden die Temperaturen von 0-7,2 °C dieses warmen Winters mit den prognostizierten Temperaturerhöhungen (DWD, 2019) addiert. Aus Abb. 9 kann entnommen werden, dass bis Ende des Jahrhunderts kaum 1.000 Kältestunden unterschritten werden. Lediglich einige Sorten wie Elstar und Boskoop benötigen 800-1.000 Kältestunden (Siehe Tab. 01). Ein Nichterfüllen des Kältebedürfnisses bei Apfel, ist in diesem Jahrhundert sehr unwahrscheinlich.

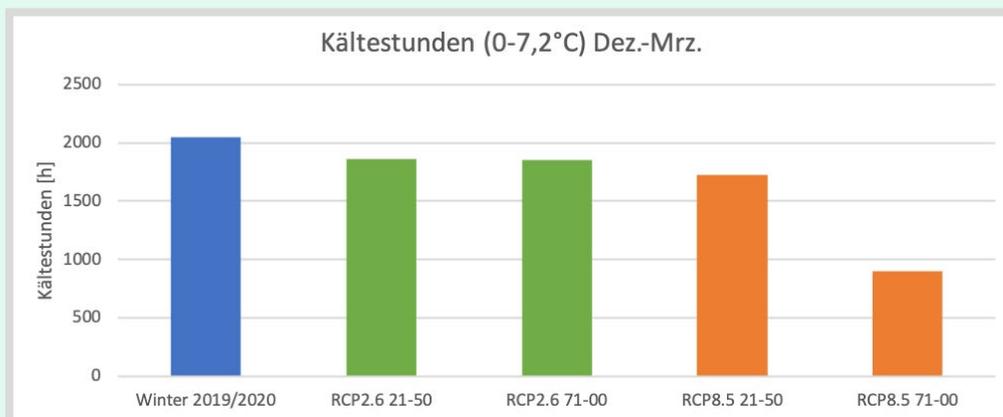


Abb. 09. Kältestunden (Dez.-Mrz.) zwischen 0-7,2 °C für „warmen Winter“ 2019/2000 und Hochrechnung für RCP2.6 und RCP8.5 (aus Daten des DWD, CDC; DWD, 2019)

Die Dormanz wird durch abnehmende Tageslängen und/oder Temperatur eingeläutet. Durch den Klimawandel erhöht sich die Durchschnittstemperatur. Die Tageslängen hingegen bleiben unverändert. Auch bei der Dormanz spielen sortenabhängige Unterschiede eine Rolle (siehe Tab. 01). Sie ist bisher wenig erforscht und hängt von einer Reihe von Umweltfaktoren ab. Dadurch kann die Dormanz von Jahr zu Jahr unterschiedlich ausfallen. Warme Temperaturen im Herbst führen zu einem intensiveren Zustand der Dormanz, sodass mehr Kältestunden erforderlich sind. (Flachowsky, 2020)

3. Konsequenzen für den Obstbau in Brandenburg

Die beschriebenen Klimaveränderungen haben konkrete Konsequenzen für den Obstbau in Brandenburg. Durch frühere Blühzeitpunkte steigt die Gefahr von Spätfrostschäden. Weniger Niederschlag in den Sommermonaten bei erhöhter Transpiration (Verdunstung) führt zu Dürren und Trockenstress. Starkregenereignisse können zu Staunässe führen. Besonders gefährlich sind häufiger auftretende Hagelereignisse (siehe Abb. 10). In Deutschland prognostizieren Forscher vom Karlsruher Institut für Technologie eine Zunahme der Hagelwahrscheinlichkeit um 10 - 40 % in den nächsten 30 Jahren (Reichert, 2022). Hitzewellen führen zu einer Einschränkung des Wachstums und der Knospenentwicklung für das Folgejahr. Hohe Temperaturen und/oder hohe Sonneneinstrahlung können zu Sonnenbrand auf Früchten führen. Neue Schaderreger treten auf und/oder bereits existierende Schaderreger können eine weitere Generation pro Jahr ausbilden.



Abb. 10. Hagelschaden an Apfel, 2021. Erster Hagelschaden seit 26 Jahren (Burkhard Hein) in Heuchlingen.

3.1 Gefahr von Spätfrosten

Auch wenn die Winter in Folge des Klimawandels milder werden, so ist die Spätfrostgefahr weiterhin vorhanden. Durch die immer früheren Blühtermine steigt das Risiko von Spätfrostschäden sogar an. Dabei wird zwischen Strahlungsfrost und Windfrost unterschieden. Bei Strahlungsfrost ist der Himmel klar und es herrscht Windstille, Schutzmaßnahmen können ergriffen werden (siehe Kapitel: 4.1 Frostschutz). Windfrost, Frost in Kombination mit Wind über 10 km/h, stellt ein höheres Risiko für den Obstbau

dar. Die bisher seltenen Windfrostereignisse häufen sich und führen zu Blütenfrostschäden, da Gegenmaßnahmen unwirksam oder sogar schädlich sind. Neben einem Teil- oder Totalausfall der Blüte können auch Schäden an Trieben oder am Holz entstehen. (Wurm, 2021)

3.2 Trockenheit

Bis 2050 wird ein Rückgang der Grundwasserneubildung von bis zu 40 % erwartet (Bannick et al., 2008). Andauernde Dürren während der Vegetationsphase führen zu starkem Trockenstress. Abgesehen von den direkten Folgen des Wassermangels kann langanhaltende Trockenheit zu geminderter Assimilateinlagerung ins Holz führen. Dies kann zur Folge haben, dass die Winterfrosthärte vermindert ist und es zu Ertragseinbußen im Folgejahr kommt. Weiterhin kann die Wirkung von Bodenherbiziden durch zu geringen Bodenwassergehalt gemindert werden. (Gömann et al., 2015)

3.3 Staunässe

Länger anhaltende Starkregeneignisse können zu Überschwemmungen und Schäden durch Staunässe in der Anlage führen. Ein ähnlicher Effekt ist bei längerem Einsatz der Frostschutzberegnung auf schweren Böden möglich. Die Folgen von Staunässe im Apfelanbau können eine verringerte Anzahl an Früchten, gestörte Abreife, kleinere Früchte oder vorzeitiger Fruchtfall sein (Gömann et al., 2015). Länger andauernde Staunässe bewirkt Sauerstoffmangel an den Wurzeln. Damit ist eine geminderte Aufnahme von Wasser und Nährstoffen gegeben. Die Konsequenz ist eine Reduktion der Photosyntheseleistung und des Wachstums, Wurzeln können absterben und verfaulen (Schaffer et al., 1992). Ebenfalls führt Staunässe in der Fahrgasse dazu, dass diese nicht befahrbar ist. In Folge können dringende Maßnahmen wie Pflanzenschutz nicht durchgeführt werden oder es entstehen starke Schäden bei Befahren der Fahrgassen.

3.4 Hitzewellen

Wenn die Temperaturen über 30 °C steigen und die Luftfeuchte unter 30 % sinkt, können die physiologischen Prozesse von Obstbäumen unterdrückt werden. Dies kann zu Sonnenbrand, Wasserdefizit, eingeschränktem Wachstum, eingeschränkter Differenzierung von Blütenknospen und in deren Folge auch zu kleineren Fruchtgrößen und weniger Ertrag führen. Bei Hitze steigt auch die Wahrscheinlichkeit von Fraßschäden durch Vögel, die nach Wasser suchen (Gömann et al., 2015). Falls Pflanzenschutzmittel und Flüssigdünger bei zu hohen Temperaturen ausgebracht werden, können Verbrennungen entstehen (Gömann et al., 2015).

In einem Versuch mit Pfirsichbäumen bei Temperaturen über 40 °C sank die CO₂-Assimilation unter 50 %. Dies war selbst bei optimal gewässerten Bäumen der Fall (Koumanov, 2002). Generell kann festgehalten werden, dass Temperaturen über 35 °C die Physiologie der Obstbäume negativ beeinträchtigt. Ähnliche Ergebnisse wurden für Sauerkirschen (Sams & Flore, 1982), Himbeeren (Fernandez & Pritts, 1994) und Äpfel (Seeley & Kammereck, 1977; Lakso & Seeley, 1978) erzielt. Trocken- und Hitzestress können bei Sauerkirschen, welche bevorzugt auf leichten Böden angebaut werden, zu Notreifung und Ertragsreduktion führen (Matzneller, 2016).

3.5 Sonnenbrand

In den letzten Jahren hat Sonnenbrand an Früchten stark zugenommen. Sonnenbrand tritt am häufigsten bei Äpfeln, aber auch bei Birnen und Beeren auf. Es werden drei verschiedene Sonnenbrand-Arten unterschieden: Sonnenbrand-Nekrose (Abb. 11), Sonnenbrand-Verbräunung und Photooxidation. Sonnenbrand-Nekrosen treten auf, wenn durch eine intensive Sonneneinstrahlung für mindestens zehn Minuten eine Oberflächentemperatur von 52 °C erreicht wird. Hierbei wird das Fruchtgewebe unter der Oberfläche unwiderruflich geschädigt

und es kommt zur Bildung von Nekrosen. Häufig treten in diesem Bereich auch Risse auf, die Fruchtfäule begünstigen. (Thalheimer et al., 2019)

Bereits ab einer Oberflächentemperatur von 46 °C in Verbindung mit erhöhter Sonneneinstrahlung können Sonnenbrand-Verbräunungen entstehen. Sie ähneln den Nekrosen, führen aber „nur“ zu gelben bis bräunlichen Verfärbungen der Fruchtschale. Diese können während der Lagerung in das Innere des Fruchtfleisches vordringen. Einige Sorten wie Holsteiner Cox sind sehr anfällig gegenüber Sonnenbrand. Andere Sorten, wie Boskoop sind generell weniger anfällig. (Wiebusch, 2. Branko-Seminar, 2022)

Die Photooxidation wird nur durch Einstrahlung, bzw. einer raschen Erhöhung der Strahlung hervorgerufen und ist temperaturunabhängig. So kann auch bei Temperaturen unter 25 °C Sonnenbrand entstehen. Durch Entblätterung, Ausdünnung oder einem frühen Pflückdurchgang können vorher schattierte Früchte einer höheren Strahlung ausgesetzt werden. Ein Wetterumschwung nach längerer Regenphase und anschließender hoher Einstrahlung kann einen ähnlichen Effekt haben. In Folge entstehen anfangs bleiche Stellen, welche sich nach ein paar Tagen bräunlich verfärben. Besonders der Einsatz von Schwefelpräparaten wirkt sich negativ aus. Weitere Versuche zeigten eine Tendenz zur Zunahme von Schäden nach dem Einsatz von Insektiziden oder Blattdünger-Applikationen. (Wiebusch, 2019)



Abb. 11. Sonnenbrandnekrose (OBVS Müncheberg, 2022)

3.6 Pflanzenschutz

Der Klimawandel schafft Voraussetzungen für eine Veränderung des Schaderregerspektrums. Schäden durch Insekten, wärmetolerante Beikräuter und Krankheitserreger werden tendenziell mit zunehmenden Temperaturen begünstigt und neue invasive Schaderreger können sich etablieren.

Das Wirkungsspektrum chemischer Pflanzenschutzmittel wird sich verschieben und die Anforderungen an die Applikationstechnik sowie an deren Timing steigen. Eine Anpassung der Ausbringungszeiten könnte notwendig werden, um z.B. zu intensive Strahlung oder Hitze zu umgehen. Durch erhöhte Temperaturen können einzelne Wirkstoffe schneller abgebaut werden und somit die Wirkung der Pflanzenschutzmittel reduzieren. Prognosemodelle für Schädlingsaufkommen müssen angepasst und erweitert werden. (Krengel-Horney et al., 2021)

Die Phänologie und die Abwehrmechanismen von Kulturpflanzen werden ebenfalls vom wärmeren Klima beeinflusst. Auch das Spektrum, die Häufigkeit des Auftretens und die Konkurrenzwirkung einzelner Unkrautarten sind betroffen. Im biologischen Anbau kann es durch die Einflüsse von Extremwetterereignissen zu einer Störung des biologischen Gleichgewichts von Schädling und Antagonist kommen. Die natürlichen Abwehrmechanismen der Kulturpflanzen können ebenfalls durch extreme Ereignisse wie Hitze und Dürre herabgesetzt werden und die durch wärmere Temperaturen begünstigten Fraßinsekten können sich massiv vermehren. Auf der anderen Seite können trockene und warme Sommer die Resistenz der Pflanzen stärken und Pilzkrankheiten reduzieren. (Chmielewski, 2007). (Krengel-Horney et al., 2021)

Eine mehr und mehr globalisierte Welt trägt zur Verbreitung von Schadorganismen bei. Durch erhöhte Temperaturen kann es zur Etablierung eingeschleppter Schädlinge kommen. Bereits etablierte Schaderreger werden durch den Klimawandel in ihrer Populationsdynamik beeinflusst. Bei Insekten zeigt sich je nach Art eine verminderte Wintermortalität, früheres Auftreten im Frühjahr, Verschiebung von Reproduktionszeiträumen sowie eine schnellere Generationenabfolge und/oder Ausbildung einer zusätzlichen Generation. Nach milden Wintern werden Pflanzen früher von Blattläusen besiedelt, welche mehr Viren in sich tragen. Neben der Schädlingspopulation verändert sich auch die Nützlingspopulation. (Krengel-Horney et al., 2021) Veränderte klimatische Bedingungen begünstigen neue Schaderreger wie die Kirschessigfliege (*Drosophila suzukii*) oder die San-José-Schildlaus (*Quadraspidiotus perniciosus*). Höhere Temperaturen fördern die Vermehrungsrate von Schädlingen wie z.B. der Nördlichen Gelben Austernschildlaus, San-José-Schildlaus, Kirschfruchtfliege und der Gemeinen Spinnmilbe, welche eine schnellere Generationenfolge aufweisen. Ein Befall, z.B. mit Spinnmilben kann schnell überhandnehmen. Eine rückstandsfreie Bekämpfung mit Rapsölpräparaten ist dann nicht mehr möglich. Wenn dann ein chemisches Insektizid eingesetzt wird, führt dies zu Rückständen auf dem Erntegut. Selbst bei Einhaltung der gesetzlichen Höchstmenge, kann es zu Absatzproblemen beim Verkauf an den Lebensmitteleinzelhandel kommen. Erschwerend kommt hinzu, dass immer weniger Pflanzenschutzmittel zur Bekämpfung zugelassen sind. Oft stehen keine Wirkstoffe mehr zu Verfügung. Zum Beispiel ist es möglich, dass nicht mehr zugelassene Mittel Calypso gegen Blattläuse durch Teppeki zu ersetzen. Da es aber im Gegensatz zu Calypso, nicht gegen Käfer wirksam ist, kann es zu Grünrüssler-Befall kommen. (Maring, 2021)

Im Folgenden wird auf einige invasive Arten eingegangen, welche vom Klimawandel begünstigt werden. Weitere Informationen finden Sie unter: branko-bb.de/klimadatenbank/.



Kirschessigfliegen

Die aus Asien stammende Kirschessigfliege (KEF, siehe Abb. 12) breitet sich seit 2008 in Europa und Amerika aus. Sie wurde 2012 erstmals in Brandenburg beobachtet. 2020 war das bisher befallsstärkste Jahr, während 2021 aufgrund von stark ausgeprägtem Winterfrost und einem kühlen Mai weniger KEF vorhanden waren (Holz, 2022). In einigen süddeutschen Befallsgebieten verursachte die KEF 50-80 % Ernteauffälle. Das Wirtsspektrum der KEF umfasst alle weichen Obst- und Wildfruchtarten. Spät reifende Sorten werden meist stärker geschädigt als frühreife Sorten. Ein Befall kann zu vorzeitigem Fruchtfall führen. (Pflanzenschutzamt Berlin, 2017)



Abb. 12. Kirschessigfliege

Wanzen

Am Landwirtschaftlichen Technologiezentrums Augustenberg (LTZ) wurden im Jahr 2021 sehr hohe Aufkommen der Marmorierten Baumwanze (*Halyomorpha halys*) in schwarzen und roten Johannisbeeren und Kirschen festgestellt. Funde an Himbeeren, Brombeeren, Aprikosen, Nektarinen, Pfirsichen, Äpfeln und Birnen folgten. Während Johannisbeeren keine sichtbaren Schäden aufwiesen, waren die Kirschen stark deformiert und nicht mehr vermarktungsfähig. Gegen die Marmorierte Baumwanze sind chemisch-synthetische Mittel teilweise unzureichend. Insektenschutznetze verhindern, bei hohen Populationsdichten, nicht das Eindringen in die Anlagen. Wanzenschäden wurden an späten Sorten von Pfirsich und Nektarine verzeichnet. Auch an Brombeeren waren Schadbilder vorhanden, welche aber keiner Wanzenart eindeutig zuordbar sind. Die Schadbilder der Marmorierten Baumwanze unterscheiden sich sehr von Art zu Art. Bei Birnen können die Saugstellen zu deutlichen Deformierungen führen. Im Apfelanbau können Wanzenschäden zum Absterben der Gewebeschicht unter der Schale führen und Symptome auslösen, die ähnlich wie Stippe aussehen. (Köppler et al., 2021)

Schwarzer Rindenbrand

Der Schwarze Rindenbrand ist eine Pflanzenkrankheit, die durch verschiedene Vertreter der Gattung *Diplodia* hervorgerufen wird. Die Pilze sind Schwächeparasiten, welche durch Trockenstress und Hitze begünstigt werden. Diese Bedingungen waren im Jahr 2003 gegeben. In Hessen sind viele Apfelbäume ausgefallen. Seit dem Jahr 2018, welches ebenfalls trocken war und viele Hitzeperioden aufwies, mehren sich erneut Meldungen vom Baumsterben durch den Schwarzen Rindenbrand. Vor allem Streu- und Kelterobstanlagen sind betroffen. Aber auch im ökologischen Intensiv-Obstbau und teilweise in konventionell bewirtschafteten Anlagen traten Schäden auf. Im Zuge des Klimawandels wird der Schwarze Rindenbrand wohl häufiger auftreten. (Storch, 2021)

3.7 Ausdünnung

Um einen qualitativ hochwertigen und stetigen Ertrag zu erhalten, soll sich, abhängig von der jeweiligen Art, nur ein geringer Teil der Blüten zu Früchten entwickeln. Ein zu hoher Fruchtansatz führt zu schlecht vermarktungsfähigen und zu kleinen Früchten. Zusätzlich kommt es im Folgejahr möglicherweise zur Alternanz (Damerow et al., 2007). Daher wird im Obstbau ausgedünnt. Zur Ausdünnung werden verschiedene Methoden oder eine Kombination der folgenden Methoden genutzt:

- 1) chemische Ausdünnung
- 2) mechanische Ausdünnung
- 3) Handausdünnung

Die Ausdünnung kann chemisch oder mechanisch, maschinell oder von Hand erfolgen. Viele Mittel, die für die chemische Ausdünnung verwendet werden, sind photo- und/oder temperatursensitiv. Bereits heute ist auf die Ausbringungsbedingungen zu achten und hinsichtlich steigender Temperaturen wird eine gute Planung immer wichtiger. Der Zeitpunkt der Ausdünnung ist abhängig von der gewählten Methode und vom Präparat (Tab. 02). Lokale Zulassungssituation und Erfahrungen sind zu beachten, weitere Informationen unter:

branko-bb.de/2022/05/17/4-branko-seminar-pflanzenschutz-im-klimawandel-ein-bericht. (Kröling, 4. Branko-Seminar, 2022)



Tabelle 02.

Präparate/Methoden zur Ausdünnung, Ausbringungszeitpunkt und Bedingungen

(Kröling, 4. Branko-Seminar, 2022)

Methode/Präparat	Zeitpunkt	Optimale Bedingungen
Mechanisch	Blüte	
ATS	Blüte	rF >70 % (100 %), 1000 L Wasser je ha
Etephon	Blüte (bis Ballon)	<24 °C
NAA	kurz nach Blüte	<15 °C, rF >70 %, pH 4 (<7), wolkig
6-BA	Bis 8-10 mm Fruchtgröße	<18 °C, nach Ausbringung <30 °C, Fruchtgröße <10 mm, Kombination mit NAA
Metamitron	Bis 24 mm Fruchtgröße	>10 °C Nachtausbringung, danach wolkig, auf Sorte achten

ATS = Ammoniumthiosulfat; NAA = Naphthyllessigsäure; BA = Benzyladenin; rF = relative Feuchte

3.8 CO₂

Unter trockenen Bedingungen kann ein erhöhter CO₂-Gehalt die Photosyntheseleistung und die Wassernutzungseffizienz steigern (Andre & Du Cloux, 1993; Foulkes et al., 2001 in Manderscheid & Weige, 2007). Zum Beispiel erhöht sich die netto-Photosyntheserate von Sauerkirschen mit steigendem CO₂-Gehalt (Sams & Flore, 1982). Aber nicht nur das Wasserhaltevermögen, die Wassernutzungseffizienz und die Photosyntheseleistung werden durch einen erhöhten CO₂-Gehalt beeinflusst. In einem Langzeitexperiment über 17 Jahre, mit einer um 300 ppm (75 %) erhöhten CO₂-Konzentration an Pomeranzen (*Citrus aurantium L.*), wurde eine 80 % Erhöhung der Biomasseproduktion festgestellt. Es wurden mehr Früchte reif bei gleichbleibenden Fruchtgrößen. Außerdem wurde ein geringerer Blattstickstoffgehalt festgestellt. Dieser Mangel kann mit höheren Stickstoffgaben ausgeglichen werden. Bei einer 3,6-fachen Erhöhung des CO₂-Gehaltes stieg der Vitamin C-Gehalt um 15 % an. (Idso & Idso, 2001; Idso et al., 2002; Kimball et al., 2007)

4. Maßnahmen zur Reduzierung der Klimafolgen

Um Ertragssicherheit zu gewährleisten und eine wirtschaftliche Produktion weiterhin zu ermöglichen sollten Schutzmaßnahmen zur Anpassung an den Klimawandel ergriffen werden. Im Brandenburger Obstbau sind aktuell weder genug Schutz vor Hagel noch ausreichend Möglichkeiten zur Frostschutzberechnung vorhanden (Bröcker, Brandenburger Obstbautag, 2022). Neuanlagen sollten mit Hagelnetzen oder anderen Schutzvorrichtungen (z.B. Agri-PV oder Folie) angelegt werden (siehe Abb. 13). Schwarze Hagelnetznetze beeinflussen das Landschaftsbild weniger und haben eine längere Lebensdauer. Weiße Netze bewirken geringeren Lichtverlust und keine oder nur geringe Verzögerung der Ernte (Widmer, 2005). Nach der Ernte sollten die Hagelnetze wieder geöffnet werden, um die Sonneneinstrahlung zu nutzen und die Blütenknospenqualität für das nächste Jahr zu fördern. Ebenfalls werden Schäden durch frühen Schneefall vermieden (Schmid, 2016).



Abb. 13. Neuanlage mit geöffnetem Hagelnetz (Ringversuch, OBVS)

4.1 Frostschutz

Standortwahl

Eine umsichtige Standortwahl ist unumgänglich. Insbesondere frostanfällige Arten und Sorten sollten möglichst nicht in Senken angepflanzt werden. Hanglagen sind flachen Lagen vorzuziehen, da bei Strahlungsfrost die Kaltluft abfließen kann. Bei Windfrost kann eine Windschutzanlage (z.B. Hecke) in Nord-Ost-Lage hilfreich sein. Generell sind Windschutzpflanzungen in Hanglagen oberhalb der Bestände und niemals unterhalb zu verorten (Funk, 6. Branko-Seminar, 2022)

Frostschutzberechnung

Durch frühere Blüte werden Maßnahmen zur Vermeidung oder Verminderung von Spätfrostschäden immer wichtiger. Die besten Frostschutzmaßnahmen sind jedoch nutzlos, wenn

der richtige Zeitpunkt der Anwendung nicht bekannt ist. Hierfür ist eine Frostwarnstation, z.B. in Form einer Wetterstation, welche unter anderem für Schorfprognosen verwendet werden kann notwendig. Elementare Parameter sind die Feucht- und Trockentemperatur sowie die Windgeschwindigkeit. Diese müssen mit hoher Genauigkeit erfasst werden ($\pm 0,3 \text{ }^\circ\text{C}$). Die Station sollte am kältesten Ort der Anlage stehen und eine eng getaktete Datenübermittlung gewährleisten. Eine sichere Stromversorgung sowie eine zuverlässige Benachrichtigung im Fall von Frostereignissen müssen gegeben sein. Die Feuchttemperatur ist ausschlaggebend für den Zeitpunkt, an dem die jeweilige Maßnahme erforderlich ist. Dabei sind sowohl Daten aus der Literatur (ab welchen Temperaturen entstehen Schäden an der jeweiligen Kultur) als auch eigene Erfahrung wichtig. So kann z.B. ein hoher Vorjahresertrag einen negativen Einfluss auf die Blütenknospenqualität und damit auf die Frosthärte haben.

Die Versorgung mit Nährstoffen, vor allem Kalium, spielt ebenfalls eine Rolle. Bei schlechter Versorgung muss die Beregnung früher eingeschaltet werden. Die Frostgefahr ist bei wolkenfreiem Himmel am höchsten. Außerdem spielt der Boden, welcher die am Tag aufgenommene Wärme in der Nacht wieder abgibt, eine Rolle. Leichte Böden und Bewuchs wirken isolierend und behindern die Wärmeabgabe. Je höher die Differenz zwischen Trocken- und Feuchttemperatur ist, desto höher ist das Sättigungsdefizit der Luft und damit auch der potenzielle Wärmeverlust. Auch die Windgeschwindigkeit muss berücksichtigt werden. Ab 3 m/s sollte auf eine Beregnung verzichtet werden. Falls es am Folgetag, bei Temperaturen über $0 \text{ }^\circ\text{C}$ nicht abtaut, muss den ganzen Tag weiter beregnet werden. Das ist oft der Fall, wenn es tagsüber bewölkt ist. Die Eislast nimmt dann immer weiter zu und es muss darauf geachtet werden, dass es nicht zu Bruchschäden an den Pflanzen oder am Gerüst kommt. Zu geringe Wassermengen oder zu hohe Windgeschwindigkeiten können zu Lufteinschlüssen im Eis führen, die es milchig aussehen lassen. Eine verminderte Schutzwirkung ist die Folge. (Köpcke, 2021)



Abb. 14. Überkronenmikrosprinkler für Frostschutz und klimatisierende Beregnung.

Bei der Anschaffung einer Beregnungsanlage sollte darauf geachtet werden, dass eine ausreichende Pumpenleistung, eine gleichmäßige Verteilung und eine hohe Umlaufgeschwindigkeit von Kreisregnern ($< 60\text{s}$) erreicht werden. Wassereinsparungen von bis zu 65% können mit einer Mikrosprinkler-Anlage erzielt werden (siehe Abb. 14). Allerdings sind diese sehr windanfällig und

müssen bereits bei Plusgraden angeschaltet werden, damit die Düsen nicht zufrieren. Dies kann unter Umständen auch zu einem Mehrverbrauch an Wasser führen. Sobald die Feuchttemperatur die kritische Pflanzentemperatur langfristig überschreitet, kann die Beregnung beendet werden. Die hohen Wassermengen, die während der Beregnung ausgebracht werden, können zu Staunässe führen. Sortenabhängig kann es nach einer Beregnung bei Kirschen und Birnen verstärkt zu *Pseudomonas*-Befall kommen. Auch die Wasserqualität ist zu beachten, da enthaltene Salze oder Eisen pflanzenschädlich sein können. (Köpcke, 2021)

Sortenwahl

Die Frostempfindlichkeit von Blüten nimmt generell mit der Entwicklung zu. Sie unterscheidet sich dabei zwischen den Arten. Die Empfindlichkeit der Knospen ist in frühen Stadien der Entwicklung von Äpfeln und Kirschen deutlich höher als die von Aprikosen (Snyder & Melo-Abreu, 2005). Hierbei gibt es Sortenunterschiede. Die Aprikosensorte Goldrich ist bis zur Blüte sehr spätfrostempfindlich, nach der Blüte hingegen nur noch durchschnittlich empfindlich. Ein Beispiel wie einflussreich verschiedene Frostarten sind zeigt die Aprikosensorte Vertige. Diese ist gegenüber Strahlungsfrost robust, aber mindestens durchschnittlich anfällig für Windfrost. (Wurm, 2021)

Es wird die Pflanzung spätblühender Sorten in späten Hanglagen empfohlen. Laut Dr. Wurm ist diese Art der natürliche Blühverzögerung künftig unverzichtbar. Das schließt natürlich gewisse Sorten und Lagen aus. Bei der Sortenwahl ist vor allem auf die genetische Widerstandsfähigkeit, die Fruchtbarkeit und die Blühzeit zu achten (Wurm, 2021).

Normalerweise werden spätblühende, fruchtbare Sorten weniger geschädigt. Dies ist allerdings auch sortenabhängig. Die Aprikose 'Pricia' blüht zwar früh, ist aber sehr widerstandsfähig. Die mittelspät blühende Süßkirsche 'Kordia' ist hingegen sehr anfällig und friert oft schon in der Knospe ab. 'Jonagold' und andere triploide Äpfel sind eher spätfrostempfindlich. Vielversprechend ist die Apfelsorte Mammut. Sie ist frosthart in der Blütezeit, hat eine gute Lagerfähigkeit und bildet Blatt-, aber keinen Fruchtschorf (Zeiser, 2021). Während 'Jonagold' und 'Boskoop' 73 % bzw. 84 % Frostschäden im Jahr 2021 hatten (in Weinsberg), ist bei 'Mammut' kein Schaden entstanden (König, 2. Branko-Seminar, 2022).

Die Fruchtbarkeit ist sehr sortenabhängig und hängt von der Blütenzahl pro Fruchtrieb, der Fruchtriendlänge, der Alternanzempfindlichkeit, den Verhältnissen der Befruchtung, dem Fruchtansatzverhalten und der Fruchtfallneigung ab. So setzen Massenträgersorten (z.B. Aprikose 'Kioto', Zwetsche 'Cacaks Fruchtbare') mehr Blütenknospen an als z.B. 'Ungarische Beste' oder Sorten vom Typ Hauszwetsche. Falls bei diesen Sorten kein Frost aufgetreten ist, muss stark ausgedünnt werden (bei Aprikosen kann mit Eclairvale- oder Ericius-Geräten gearbeitet werden). Die Aprikose 'Koolgat' oder die Süßkirsche 'Techlovan' blühen zwar stark, haben aber weniger Fruchtansatz. Während 'Elstar' stark alterniert, ist das bei 'Pinova' kaum der Fall. Selbstfruchtende Sorten sind aufgrund reicheren Fruchtansatzes und geringerem Fruchtfall vorteilhaft. Die Aprikose 'Goldrich' und auch viele Süßkirschen setzten viele Früchte an, haben aber einen ausgeprägten Fruchtfall. Erstrebenswert sind gut gepflegte, physiologisch ausgeglichene Obstbäume. Das kann Frostschutzmaßnahmen zwar nicht ersetzen, führt aber generell zu weniger Knospenschäden und höherer Blütenzahl pro Fruchtrieb. (Wurm, 2021)

Weiterer Schutz vor Spätfrost

Neben Standort- und Sortenwahl können weitere vorbeugende Maßnahmen ergriffen werden. Begrünte (> 50 %) Baumstreifen sollten drei bis vier Wochen vor der Blüte freigemacht werden. Bewuchsfreie Böden können tagsüber mehr Wärme aufnehmen und in der Nacht wieder abgeben (Schmid, 2016). Die Beregnung ist weiterhin die effektivste Direktmaßnahme

gegen Spätfröste. Frostöfen oder Heißgasgeräte wie Frostbuster oder Frostguard können im Süßkirschenanbau oder in Gebieten mit Wassermangel eine Alternative darstellen. Bei Anschaffung und Anwendung ist vor allem auf die Wärmeverteilung in der Anlage zu achten. Weiterhin kommt es auf Brenndauer, Füllmaterial, Aufstellhöhe und Arbeitskraftstunden zur Bestückung an. (Maußner, 2. Branko-Seminar, 2022)

Eine weitere Möglichkeit zur Minderung von Spätfrostschäden ist die Erzeugung von Luftströmen durch eine Windmaschine. Aus höheren Luftschichten wird wärmere Luft angesaugt und verdrängt damit die kälteren Luftschichten in Bodennähe. So kann eine Temperaturerhöhung im Bestand von ungefähr 3 °C erreicht werden (mündliche Information von Zoltán Szabó, 2022). Die stationären Maschinen gibt es in unterschiedlichen Ausfertigungen. In Österreich (Kraml, 2018) und Frankreich (Steinbauer, 2017) sind solche Anlagen bereits im Einsatz. In Ungarn (Plattensee) wurden im Frühjahr zwei Windmaschinen errichtet, um eine Aprikosenanlage zu schützen. Das Modell mit 180 PS und einer Höhe von 10,5 m, funktioniert vollautomatisch und unterstützt die Steuerung und Überwachung mit einer App. (mündliche Informationen von Zoltán Szabó, 2022)

4.2 Bewässerung und Wasserspeicher

In Zeiten von zunehmenden Trockenphasen und Hitzewellen ist eine ausreichende Wasserversorgung und -vorhaltung für den Obstbau elementar. Zunehmende Trockenjahre und Starkregenereignisse führen zu Handlungsbedarf. In Deutschland ist generell genug Wasser vorhanden. Die Verteilung sollte aber effektiver erfolgen. Speicheranlagen werden hier eine zentrale Rolle spielen. (Urbanietz, 2021)

Regenwasser sollte aufgefangen und Wasserspeicherungsmöglichkeiten geschaffen werden. Für eine Frostschutzberegnung werden ca. 35 m³ pro Hektar und Stunde Überkrone und 45 m³ pro Hektar und Stunde Unterkrone benötigt. Ein Beregnungsteich sollte Wassermengen für drei aufeinanderfolgende Frostnächte bevorraten. Falls ein Brunnen zu geringe Pumpkapazität oder zu schlechte Wasserqualität aufweist, kann ein Vorratsteich helfen. Wenn z.B. der Eisengehalt (3-4 mg/l) zu hoch ist, ist es möglich einen Teich zur Ausfällung (Belüftung) zu nutzen. (Hahn, 2022)

Die Wasserbilanz in Brandenburg verschlechtert sich im Zuge des Klimawandels. Eine Konkurrenz zwischen Trinkwasserversorgung und Bewässerung kann in Zukunft möglich sein. Die Optimierung der Bewässerung sollte zeitnah ins Auge gefasst werden (Herbst, 1. Branko-Seminar, 2021). Viele Bewässerungssysteme führen der Pflanze nur 25-30 % des ausgebrachten Wassers zu. Mit einer Tropfbewässerung steigt dieser Wert auf 75-90 % (Lotze-Campen, 2006). Generell ist bei Neuanlagen eine wassersparende Tropfbewässerung zu empfehlen. Wenn keine anderen Frostschutzmaßnahmen (Luftverwirbelung, Frostbuster/-guard, Fackeln, Kerzen) ergriffen werden, sollte auch eine Überkronebewässerung mit eingeplant werden.

Windschutzbepflanzungen können die Evapotranspiration senken. Elementarer Einflussfaktor ist die Höhe der Bepflanzung. Hinter einer Schutzpflanzung (bis zu 5-facher Abstand zur Höhe) liegt die potentielle Evapotranspiration bei nur 86 %. Dies entspricht einer verminderten Verdunstung von 118 mm/Jahr (Mittelwert der Jahre 1991-2021, Standort Müncheberg). Die PET nimmt mit zunehmender Entfernung zum Schutzelement zu. Bis zu einem Abstand vom 25-fachen der Höhe hat die Schutzpflanzung einen merklichen Effekt, der in Trockenjahren besonders ausgeprägt ist. (Funk, 6. Branko-Seminar, 2022)

Neben operativen Anpassungen ist eine politische Interessensarbeit angeraten. Die Bewässerung landwirtschaftlicher Kulturen steht zunehmend in Konkurrenz zu Industrie, Bergbau und der öffentlichen Wasserversorgung (UBA, 2022b). Die Entnahme von Grund- und Oberflächenwasser ist in den Wasserhaushaltsgesetzen und den entsprechenden Verordnungen der Länder gesetzlich geregelt. Die Landeswasserbehörden setzen die Bestimmungen um (Gömann et al., 2015). Das Umweltbundesamt fordert eine Priorisierung der Wasserverteilung bei langanhaltenden Trockenlagen (UBA, 2022b). Daher ist es sinnvoll, sich ausreichende Entnahmerechte für Bewässerung und Frostschutz zu sichern (Geidel et al., 2021). Eine Zusammenarbeit und Abstimmung mit den umliegenden Obstproduzenten kann einen effektiven Umgang mit der begrenzten Ressource fördern und Knappheiten vorbeugen. Durch Zusammenschluss kann den eigenen Interessen zudem mehr Gewicht verliehen werden.

4.3 Staunässe

Schwerere Böden sind anfällig für Staunässe. Auf diesen Standorten ist das Ziehen von Drainagen oder der Anbau auf Dämmen nötig, um weiterhin eine Durchlüftung des Wurzelraumes zu gewährleisten (Hilbers, 2021). Es ist außerdem empfehlenswert, an solchen Standorten tolerante Arten anzubauen. Die Toleranz bzw. Anfälligkeit gegenüber Staunässe ist artenabhängig. Die Quitte kann sehr gut mit Staunässe zurechtkommen. Birnen sind ebenfalls sehr tolerant. Äpfel und Pflaumen weisen eine moderate Toleranz auf. Sehr empfindlich hingegen sind Kirschen. Pfirsiche und Aprikosen reagieren extrem empfindlich auf Staunässe. (Schaffer et al., 1992)

Unterlagen haben ebenfalls einen großen Einfluss darauf, wie die Bäume mit den Umweltbedingungen zurechtkommen. Auf der Züchtungsstation der Krim (Jahresmitteltemperatur 12 °C, Niederschlag 477 mm; climatecharts.net, 2022) herrschen Bedingungen, die im RCP8.5 für den Zeitraum 2071-2100 prognostiziert werden (Jahresmitteltemperatur 12,6 °C, Niederschlag 566 mm). Die mittelwüchsigen Unterlagen Eureka 99 und Kuban 86 (für Pflaumen, Aprikosen und Pfirsiche) und die Unterlage VSL-2 (für Kirschen) wurden auf Qualität und Quantität getestet. Sie sind resistent gegenüber schlechten Bodenbedingungen wie Staunässe. (Aysanov et al., 2019)

4.4 Hitze

Um das Erntegut vor hohen Temperaturen zu schützen, sollte es möglichst schnell gekühlt werden. Die Qualität kann mittels Hydrocooling gesteigert werden. Dabei wird das Erntegut möglichst kurz nach der Ernte mit kaltem Wasser behandelt. Nach 10-minütigem Hydrocooling mit 0,9 °C kaltem Wasser wurde bei Kirschen ('Kordia' und 'Regina') eine höhere Festigkeit und weniger Gewichtsverlust nach anschließender Kühllagerung festgestellt (Ristić et al., 2021). Kann das Erntegut nicht sofort ins Lager gebracht werden sollten die Kisten oder Behältnisse im Schatten (kurz) zwischengelagert werden. Allgemein tragen kurze Wege ins Lager dazu bei, Qualität zu erhalten und Arbeitsaufwand zu reduzieren. Das EU-Projekt FOX vom Deutschen Institut für Lebensmitteltechnik e.V. (DIL) entwickelt und testet den Einsatz von kleinskalierten mobilen Verarbeitungseinheiten für Obst und Gemüse. Diese ermöglichen die Verarbeitung direkt vor Ort. In mobilen, modularen Verarbeitungseinheiten wird das Erntegut zu Saft gepresst, getrocknet oder aufbereitet und verpackt. Damit sollen die Haltbarkeit und die Wertschöpfung erhöht werden. Gerade bei hohen Temperaturen und Einstrahlung während der Erntezeit können so Verluste durch Verderb reduziert werden. (Pasch et al., 2022)

4.5 Schutz vor Sonnenbrand

Hagelnetze werden zum Schutz vor Hagelschlag installiert. Bei hohen Strahlungen schützt es aber auch vor Sonnenbrandschäden. In strahlungsärmeren Jahren kann sich ein Hagelnetz jedoch negativ auf die Ausfärbung auswirken (Hoflatscher, 2022). Schwarze Hagelnetze schützen besser vor Sonnenbrand (Widmer, 2005).

Früchte können sensibel reagieren, wenn nach längerer Bewölkung strahlungsreiche Wetterlagen folgen. Bei so einem Wetterumschwung sollte auf einen Sommerschnitt verzichtet werden, um Sonnenbrandschäden zu vermeiden. An der Versuchsstation ESTEBURG wurde ein Sommerschnitt vor einem Wetterumschwung durchgeführt, mit der Folge, dass 10,5 % der Früchte Sonnenbrand aufwiesen. In einer Kontrollanlage ohne Schnittmaßnahmen entstanden keine Schäden. Eine Kaolin-Applikation nach dem Sommerschnitt schützt die Früchte vor Einstrahlung. Hier waren nur 3,2 % der Früchte von Sonnenbrand betroffen. Das Kaolin hinterlässt allerdings Spritzflecken, die bei trockener Witterung bis zur Ernte bestehen bleiben können. Um den Einfluss von Wind zu untersuchen wurde in einem weiteren Versuch ein Axial-Gebläse vom Sprüngerät zur Luftstromerzeugung von 1-1,5 m/s verwendet. Damit konnte die Oberflächentemperatur um bis zu 5 °C gesenkt werden. (Wiebusch, 2019)

Die effektivste Methode gegen Sonnenbrand vorzugehen ist die Beregnung. Damit kann die Temperatur um über 10 °C gesenkt werden. Es muss allerdings genug Wasser in guter Qualität zur Verfügung stehen (Wiebusch, 2019). Eine Tropfbewässerung hingegen hat keine ausreichende Wirkung auf das Mikroklima und ist nicht geeignet die Temperatur zu senken oder die Luftfeuchte zu erhöhen (Koumanov, 2002). Wenn ausreichend Wasser vorhanden ist, können Mikrosprinkler (40 L/h) 30 cm über den Kronen installiert werden. Durch die Beregnung und dem damit einhergehenden Kühlungseffekt konnten die sichtbaren Sonnenbrandsymptome bei 'Jonagold' (5-jährig auf M26) um 15,8 % (1991) und 9,4 % (1992) reduziert werden. Die Oberflächentemperatur der Früchte wurde von 45,6 °C um 8,1 °C reduziert. Die Kühlung hatte keinen Einfluss auf die Größe, Festigkeit oder Ausfärbung der Früchte, allerdings konnte eine Minderung der löslichen Trockensubstanz und eine Erhöhung des Säuregehaltes festgestellt werden. Die Lagerfähigkeit wurde im ersten Jahr nicht beeinflusst. Im zweiten Jahr gab es 6 % weniger Lagerverluste. (Parchomchuk & Meheriuk, 1996)

4.6 Pflanzenschutz

Durch den globalisierten Handel werden immer häufiger exotische Schaderreger eingeschleppt. Pflanzmaterial und andere Waren sollten gründlich und fachkundig kontrolliert werden. Mildere Winter verringern die Mortalität der Schädlinge und eine Etablierung ist wahrscheinlicher. Außerdem können Extremwetterlagen, wie anhaltende Trockenheit, Schadinsekten begünstigen. Gegenspieler müssen dann möglicherweise in weit höheren Zahlen ausgebracht werden. Hier wird die Resistenzzüchtung eine besondere Rolle spielen, um weiterhin stabile Erträge zu erwirtschaften. (Krengel-Horney et al., 2021)

Im Folgenden werden einige Maßnahmen zur Vermeidung und Bekämpfung invasiver Arten erläutert. Dabei wurden exemplarisch Beispiele ausgewählt. Weitere Informationen finden Sie unter: branko-bb.de/klimadatenbank/.



Kirschessigfliegen

Das Modell SIMKEF (ISIP) stellt die Populationsdynamik der Kirschessigfliege (KEF) grafisch dar. Die Phänologie der Wirtspflanze (Brombeere, Himbeere und Kirsche), die Lufttemperatur und die Populationsdynamik der Kirschessigfliege fließen in die Berechnung des SIMKEF-Index ein.

Dieser berechnet die Wahrscheinlichkeit der Eiablage. Das System ist noch nicht besonders ausgereift und zeigt die ganze Saison potenzielle Eiablagen an, kann aber ein gutes Hilfsmittel für die Planung von Gegenmaßnahmen sein. (Hornauer, 4. Branko-Seminar, 2022)

In Styria (Niederösterreich) wurden auf drei Holunderanlagen alternative Bekämpfungsmethoden gegen die KEF getestet. Kombinationen von Kieselgur, Paraffinöl, *Gummi arabicum*, Ca(OH)_2 und Maltodextrin mit Netzmitteln wurden mit herkömmlichen Insektiziden (Spinosad, Lambda-Cyhalothrin, Acetamip) verglichen. Die Netzmittel basieren auf Orangenöl/Alkoholethoxylat, Polyetherdimethylsiloxane und Terpen-Oligomeren. Von Befallsbeginn bis zur Ernte wurden drei bis fünf Behandlungen gefahren. Eiablage, Larvenentwicklung und der allgemeine Zustand der Dolden wurden untersucht. Kieselgur mit Netzmittel hatte den besten Effekt. Die Eiablage wurde signifikant reduziert. Ebenso war die Anzahl der Larven in den Früchten geringer und der Zustand der Dolden war in allen Testjahren besser als in der Kontrollgruppe. *Gummi arabicum* und Ca(OH)_2 kombiniert mit Polyetherdimethylsiloxane führten ebenfalls zu einer reduzierten Eiablage. (Krutzler et al., 2022)

Zur Bekämpfung der Kirschessigfliege stehen nur wenige Mittel zur Verfügung. Oft ist eine kostenintensive Einnetzung der Obstbestände die einzige Möglichkeit die Früchte zu schützen. Zur Kostenkalkulation für eine Einnetzung der Anlage gibt es das Kalkulationstool „Netzrechner“ vom Julius Kühn-Institut (JKI). Die Kosten für eine neue oder ergänzende Einnetzung sowie laufende Kosten und Arbeitsstunden werden überschlagen. (Eberhardt, 2021)

Wanzen

Gegen die Marmorierte Baumwanze (*Halyomorpha halys*) sind chemisch-synthetische Mittel teilweise unzureichend. Auch Insektenschutznetze verhindern, bei hohen Populationsdichten, nicht das Eindringen in die Anlagen. Gegenspielerin ist vor allem die Samurai-Wespe (*Trissolcus japonicus*). In betroffenen Regionen Norditaliens wurde sie, zur effizienten Parasitierung der Eigelege, bereits freigesetzt. *T. japonicus* ist geeignet, um die Wanzenpopulation zu kontrollieren. Auch die heimische Erzwespe (*Anastatus bifasciatus*) und die exotische *T. mitsukuri* parasitieren die Eigelege der Marmorierten Baumwanze. Die natürliche Parasitierung liegt insgesamt bei ca. 20 %. *A. bifasciatus* parasitiert sowohl invasive als auch einheimische Eigelege zu 3-10 % und ist damit eine Generalistin. Andere parasitoide Arten gehören zu den Gattungen *Trissolcus* und *Telenomus*. Neben der marmorierten Baumwanze spielen die Grüne Stinkwanze (*Palomena prasina*), die Grüne Reiskwanze (*Nezara viridula*), die Beerenwanze (*Dolycoris baccarum*) und die Graue Feldwanze (*Rhaphigaster nebulosa*) eine Rolle. (Falagiarda et al., 2021)

Schwarzer Rindenbrand

Vorbeugende Maßnahmen können helfen das *Diplodia*-Infektionsrisiko zu reduzieren und die Symptome von Schwarzen Rindenbrand einzuschränken. Die größte Rolle spielt die Wasserversorgung der Bäume. Frostlagen sollten ebenso wie Südhang-Lagen vermieden werden. Weißeln der Stämme kann Frostschäden vorbeugen. Darüber hinaus sollten Verletzungen am Baum beispielsweise durch Wildverbiss oder Wühlmäuse verhindert werden. Freihalten der Baumreihe von Beikräutern und der richtige Schnitt können die Vitalität der Bäume stärken und so zur Abwehr gegen die Schadpilze beitragen. Befallene Teile der Bäume sollten entfernt werden. Ist der Befall bereits fortgeschritten, bleibt nur eine Entfernung des betroffenen Baumes. (Storch, 2021)

4.7 Boden

Umfassendes Wissen über den Standort und dessen Bodenbeschaffenheit ist essentiell. Auf Basis dieses Wissens wird über den Anbau der passenden Kultur entschieden. Auf sandigen Stellen können unter Umständen andere Kulturen angebaut werden. Hier wäre beispielsweise für sehr sandige Böden, die Aprikose zu nennen. Sie ist sehr Trockenheitsverträglich und relativ Salztolerant, aber anfällig für Staunässe. Außerdem ist sie eine gute Ergänzung für die Direktvermarktung (Sharma et al., 2003). Eine Teilflächenbewirtschaftung ist denkbar. Wenn technisch und ökonomisch machbar, kann auf sandigeren Böden die Bewässerung in kleineren und kontinuierlicheren Gaben erfolgen oder Maßnahmen zur Bodenverbesserung gezielter durchgeführt werden. So muss sich bei einem festen Standort nicht gänzlich mit den Gegebenheiten abgefunden werden. Der Boden kann beispielsweise durch den Einsatz von Mulchmaterialien oder Bodenzuschlagsstoffen und Humusaufbau aufgewertet werden.

Humusaufbau

Humus bezeichnet den gesamten Gehalt an fein zersetzter organischer Substanz des Bodens. Er kann das Drei- bis Fünffache des Eigengewichtes an Wasser speichern (Scheffer & Schachtschabel, 2010). Je nach Klima und Bodenart werden 50-140 Tonnen Kohlenstoff pro Hektar (Landesbauernverband Brandenburg, 2020) sowie eine große Menge Stickstoff fixiert. Das Verhältnis von Kohlenstoff zu Stickstoff liegt idealerweise unter 15, da die organische Substanz ansonsten zu schnell abgebaut wird. Humus fördert weiterhin das Bodenleben und die Durchlüftung des Bodens. Der Gehalt an organischer Substanz im Boden (Humusgehalt) in Brandenburg liegt standortabhängig meist zwischen 1 und 2 % (UBA, 2022c). Es werden jährlich etwa 2-3 % des organischen Stickstoffs umgesetzt und somit pflanzenverfügbar (bioaktuell.ch, 2013). Die genaue Menge sowie der Zeitpunkt der Prozesse hängen von Boden und Klima ab. Der Aufbau von Humus spielt eine besondere Rolle für die Bodenverbesserung.

Mulchmaterialien und Bodenzuschlagstoffe

Zur Bodenverbesserung, insbesondere zur Verbesserung des Wasserhaltevermögens und Reduktion der Evapotranspirationsrate, können Mulchmaterialien und Bodenzuschlagsstoffe verwendet werden. An der LWG in Thüngersheim, Hochschule Weihenstephan-Triesdorf (HWST), Kompetenzzentrum Obstbau Bodensee (KOB) und bei Agroscope (CH) werden Versuche mit unterschiedlichen Zuschlagstoffen und Mulchabdeckungen durchgeführt. Diese sollen zur Verbesserung der Wassernutzungseffektivität und -haltevermögen beitragen. Am besten mit den Brandenburger Verhältnissen ist der Standort Thüngersheim vergleichbar. Sowohl die durchschnittlichen Jahresniederschläge (ca. 500-640 mm), als auch die Gegebenheiten bezüglich des Bodens (30 Bodenpunkte, hoher Sandanteil) sind ähnlich (mündliche Information von Alexander Zimmermann, LWG, 2021). Die zu testenden Zuschlagstoffe sind Kompost, Humintech1, Humintech2, AminoTerra Substrat (Pflanzenkohle), Be-Grow Boost L, Leonardit, Novovit Frutta, Perlhumus, Stockosorb und ZEP 70 (Gesteinsmehl). Diese wurden vor der Pflanzung einer 'Pinova'- Neuanlage beigemischt. Zusätzlich werden die Zuschlagstoffe unter ganzjähriger Überdachung ohne jegliche Bewässerung getestet, um extremen Trockenstress zu simulieren. Dabei wurde lediglich zum Anwachsen 120 l/ha bis Mitte März gewässert. Mit der Variante ZEP70 wurde der meiste Triebzuwachs erzielt (Cäsar, 1. Branko-Seminar, 2021). Als Mulchmaterial werden Hackschnitzel, Grassilage, Lebendmulch/Untersaat und ein aufsprühbarer Mulch (von Technologie- und Förderzentrum Straubing) getestet. Die Variante mit Grassilage schneidet hier, nach den ersten Messungen, am besten ab (Cäsar, 1. Branko-Seminar, 2021). Ähnliche (vorab-)Ergebnisse wurden an der KOB erzielt (Haug, 2021). (Killer et al., 2021)

Am Leibniz-Zentrum für Agrarlandschaftsforschung (ZALF) e. V. in Müncheberg wird aktuell an einer Möglichkeit geforscht, das Wasserhaltevermögen der Böden und die Verfügbarkeit von

Nährstoffen mit amorphen Silikaten zu steigern. Amorphes Silikat ist eine Siliziumverbindung die auch als Abfallprodukt in der Industrie anfällt. Ein großer Teil der Phosphordüngung bindet sich fest an Bodenpartikel und ist damit nicht für die Pflanze verfügbar. Amorphes Silikat löst den Phosphor und macht ihn für die Pflanze verfügbar. Der endliche Rohstoff Phosphor kann damit reduziert ausgebracht werden. Bei einem einprozentigen Anstieg des Silikatgehaltes in den oberen 20 cm des Bodens kann 40 % mehr pflanzenverfügbares Wasser gespeichert werden. Dabei ist eine überhöhte Silikatgabe zu vermeiden, da es sonst zu Auswaschung kommen kann. In natürlichen Böden sind bis zu 7 % amorphes Silikat enthalten. Durch die Ernte auf Nutzflächen verringert sich dieses Vorkommen auf oft weniger als 1 %. Silikate im Boden können außerdem für stabilere Pflanzen sorgen, welche weniger anfällig für Schädlinge sind. Amorphe Silikate bieten die Chance in Zukunft die Folgen von Dürren abzumildern und Rohstoffe bei der Düngung einzusparen. Mit ersten Anwendungen kann allerdings erst in fünf Jahren (Stand 10/2021) gerechnet werden. (Schneider & Schaller 2021)

4.8 Bestäubung

Bienen können abwandern oder bei Wind und Regen nicht fliegen. Um die Befruchtung zu fördern, sollten neben anderen Biodiversitätsmaßnahmen ausreichend Nisthilfen wie Insektenhotels geschaffen werden (Osterman et al., 2021; pflanzenforschung.de, 2021). Im Intensivobstbau wird zudem im Frühjahr die Ausbringung von 600 bis 1.000 *Osmia*-Weibchen pro Hektar aus Züchtungen empfohlen (Schindler & Peters, 2011). Es empfiehlt sich eine Kombination von Honigbienen, Hummeln und Mauerbienen zur Bestäubung einzusetzen, da sie unterschiedliche Aktivitätsvorlieben haben. Während Honigbienen erst ab ca. 8 °C ihren Stock verlassen und effektive Bestäubungsflüge erst ab ca. 12 °C durchführen, fliegen Hummeln bereits bei ca. 6 °C aus. (Lorenz, 2021)

4.9 Dormanz

Auch wenn die Erfüllung der Dormanz im Freiland nicht gefährdet ist, muss im geschützten Anbau besonders auf die benötigten Temperatursummen geachtet werden. Die Temperaturen in einem Folientunnel, Gewächshaus oder unter einem Dach sind meist höher als im Freiland. Beim Anbau mehrjähriger Kulturen im Tunnel ist darauf zu achten, diesen nicht vor Ende Dezember zu schließen, sondern eher bis Mitte/Ende Januar zu warten. Bei Kulturen mit einem höheren Kältebedürfnis sollte der Tunnel noch später geschlossen werden. Wird das Kältebedürfnis von Erdbeeren nicht erfüllt, treten verkürzte Blüten- und Blattstiele, eine verringerte Blattfläche, verkümmerte Blüten, geringere Fruchtqualität und Ertrag auf. Bei Gewächshauskulturen kann die Brechung der Dormanz durch den Einsatz von Störlichtern (Unterbrechung der Dunkelphase) erreicht werden. (Krüger, 3. Branko-Seminar, 2022)

5. Zusammenfassung - Kernaussagen

Der Klimawandel und seine Auswirkungen auf den Obstbau sind komplex. Einerseits sind Anpassungsmaßnahmen für eine mögliche, nicht sichere Zukunft schwer zu planen. Auf der anderen Seite sind Maßnahmen dringend notwendig, um eine sichere Obstproduktion zu gewährleisten. Zentrale Auswirkungen und Anpassungsmaßnahmen werden im Folgenden kompakt dargestellt:

Die Temperatur steigt an und wird auch weiterhin steigen. Bis Ende des Jahrhunderts wird es Temperaturzunahmen von 1- 4 °C geben. Die Niederschlagssummen bleiben überwiegend konstant. Es wird voraussichtlich Niederschlagsverschiebungen von den Sommermonaten in den Winter geben.

Extremwetterereignisse wie Hagel, Starkregen und Dürre werden häufiger auftreten und teilweise länger andauern. Schutzmaßnahmen wie beispielsweise Hagelnetze, Wasserspeicher, Überdachung und klimatisierende Beregnung sollten vor allem bei Neuanlagen ergriffen werden. Neben einer sparsamen Tropfbewässerung, sollte eine zusätzliche Überkronenbewässerung zur klimatisierenden Beregnung und für Frostschutzmaßnahmen installiert werden.

Die Vegetationsphase verlängert sich. Das ist vor allem ihrem früheren Beginn geschuldet und begünstigt spätreifende Sorten. Durch frühere Blüte ist auf eine ausreichende Bestäubung zu achten. Es empfiehlt sich Biodiversitätsmaßnahmen zur Förderung von Wildbienen zu schaffen. Bis Ende des Jahrhunderts wird es ausreichend Kältestunden geben, um die Dormanz zu erfüllen. Durch die frühere Blüte bleibt die Spätfrostgefahr bestehen oder steigt sogar. Es ist auf die Blütenfrostdoleranz zu achten. Spätblühende Sorten sind zu bevorzugen. Empfehlenswert ist eine gut überlegte Standortwahl. So können unter Anderem Kaltluftansammlungen vermieden werden. Es empfiehlt sich eine Überkronenbewässerung für Frostschutz zu installieren.

Ein erhöhter CO₂-Gehalt kann zu Ertrags- und Qualitätssteigerung sowie einer erhöhten Wassernutzungseffizienz führen. Dabei ist auf eine Stickstoff-Ausgleichsdüngung zu achten. Die erhöhte Wassernutzungseffizienz kann nicht den erhöhten Wasserbedarf in trockener werdenden Vegetationsperioden ausgleichen.

Die Brandenburger Böden sind sehr variabel. Viele Faktoren hängen von Standortbedingungen und Bodeneigenschaften ab. Maßnahmen wie z.B. angepasste Bewässerung, Bodenverbesserung, Humusaufbau, Mulchen oder angepasste Sorten-/Artenwahl können die Produktionsbedingungen positiv beeinflussen. Eine Verbesserung der Bodeneigenschaften geht oft mit einem besseren Wasserhaltevermögen einher. Zusätzlich sollten Wasserspeicher angelegt, Regenwasser aufgefangen und Entnahmerechte gesichert werden. Eine Tropfbewässerung kann den Wasserbedarf senken.

Heimische Schaderreger können massenhaft und früher im Jahr auftreten. Mildere Winter begünstigen das Etablieren von invasiven Arten, die meist durch Warenverkehr eingeführt werden. Pflanzmaterial und andere Waren sind ordentlich zu kontrollieren. Bei Neuanlagen sollten resistente und robuste Pflanzen verwendet werden. Informieren Sie sich rechtzeitig über Flugzeiten sowie Auftreten von Schädlingen und ergreifen Sie vorbeugende und bekämpfende Maßnahmen rechtzeitig.

Weitere Informationen finden Sie unter branko-bb.de.

Literatur

- Andaré, M., & Du Cloux, H.** (1993). Interaction of CO₂ enrichment and water limitations on photosynthesis and water efficiency in wheat. *Plant physiology and biochemistry (Paris)*, 31(1), 103-112. In Manderscheid & Weige, 2007: Manderscheid, R., & Weigel, H. J. (2007). Drought stress effects on wheat are mitigated by atmospheric CO₂ enrichment. *Agronomy for sustainable development*, 27(2), 79-87.
- Aysanov, T. S., Romanenko, E. S., Selivanova, M. V., Esaulko, N. A., Mironova, E. A., & German, M. S.** (2019, August). Improving the technology of obtaining clonal root stocks of stone fruit crops. In *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* (Vol. 315, No. 2, p. 022017). IOP Publishing.
- Bannick, C., Engelmann, B., Fendler, R., Frauenstein, J., Ginzky, H., Hornemann, C., Ilvonen, O., Kirschbaum, B., Penn-Bressel, G., Rechenberg, J., Richter, S., Roy, L., Wolter, R.** (2008). Grundwasser in Deutschland. Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU). <https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/publikation/long/3642.pdf> [01.12.2022]
- bb-viewer.geobasis-bb.de** [02.12.2022]
- Bienenwanderung.de.** <https://www.bienenwanderung.de> [14.04.2021]
- bioaktuell.ch.** (2013). Stickstoffnachlieferung aus der organischen Bodensubstanz. <https://www.bioaktuell.ch/pflanzenbau/pflanzenbau-allgemein/naehrstoffversorgung/stickstoffduengung/bodensubstanz-nachlieferung>
- Blanke, M., & Kunz, A.** (2009). Einfluss rezenter Klimaveränderungen auf die Phänologie bei Kernobst am Standort Klein-Altendorf – anhand 50-jähriger Aufzeichnungen. *Erwerbs-Obstbau*, 51(3), 101-114.
- Brasseur, G. P., Jacob, D., & Schuck-Zöller, S.** (2017). *Klimawandel in Deutschland: Entwicklung, Folgen, Risiken und Perspektiven* (Gömann et al., S. 183-191). Springer Nature.
- Bröcker, T.** (2022). Eröffnung und Begrüßung: Wasser, Risikominimierung, Mindestlohn - Herausforderungen 2022. Vortrag auf dem Brandenburger Obstbautag, 26.01.2022
- Cäsar, H.** (2021). Wassermanagement im Obstbau: Entwicklung präventiver Maßnahmen für einen nachhaltigeren Umgang mit der endlichen Ressource Wasser. LWG. Vortrag auf der Mitgliederversammlung des Versuchs- und Kontrollring (1. Branko-Seminar). Leibniz-Institut für Agrartechnik und Bioökonomie (ATB) in Potsdam. 04.11.2021.
- Chimani, B., Matulla, C., Eitzinger, J., Hiebl, J., Hofstätter, M., Kubu, G., ... & Thaler, S.** (2019). Guideline zur Nutzung der ÖKS15-Klimawandelsimulationen sowie der entsprechenden gegitterten Beobachtungsdatensätze. *CCCA Data Centre*, 450. https://ccca.ac.at/fileadmin/00_DokumenteHauptmenue/02_Klimawissen/Guideline_STARC_Impact_2018.pdf [01.12.2022]
- Chmielewski, F. M.** (2007). Folgen des klimawandels für land-und forstwirtschaft.
- Chmielewski, F. M., & Rötzer, T.** (2001). Response of tree phenology to climate change across Europe. *Agricultural and Forest Meteorology*, 108(2), 101-112.
- Chmielewski, F. M., & Rötzer, T.** (2002). Annual and spatial variability of the beginning of growing season in Europe in relation to air temperature changes. *Climate research*, 19(3), 257-264.
- Chmielewski, F. M., Blümel, K., & Pálesová, I.** (2012). Climate change and shifts in dormancy release for deciduous fruit crops in Germany. *Climate research*, 54(3), 209-219. In Chmielewski et al., 2012: Chmielewski FM (2012) Phenology in agriculture and horticulture. In: Schwarz M (ed) Phenology: an integrative environmental science, 2nd edn. Kluwer, Dordrecht (inpress)
- Climatecharts.net.** (2022). <https://climatecharts.net> [2022]
- Damerow, L., Kunz, A., & Blanke, M.** (2007). Regulation of fruit set by mechanical flower thinning. *Erwerbs-Obstbau*, 49(1), 1-9.
- Dennis, F. G., & Neilsen, J. C.** (1999). Physiological factors affecting biennial bearing in tree fruit: the role of seeds in apple. *HortTechnology*, 9(3), 317-322. <https://doi.org/10.21273/HORTTECH.9.3.317>.
- Drastig, K., Brunsch, R., & Prochnow, A.** (2010). Wassermanagement in der Landwirtschaft. Berlin: Berlin-Brandenburgische Akademie der Wissenschaften. <https://docplayer.org/33650402-Wassermanagement-in-der-landwirtschaft-katrin-drastig-annette-prochnow-und-reiner-brunsch.html> [01.12.2022]
- DWD.** (2019). Klimareport Brandenburg. 1. Auflage, Deutscher Wetterdienst, Offenbach am Main, Deutschland. https://www.dwd.de/DE/leistungen/klimareport_bb/klimareport_bb_2019_download.html [01.12.2022]
- DWD.** (2020). https://www.dwd.de/DE/presse/pressemittelungen/DE/2020/20200228_deutschlandwetter_winter2019_2020_news.html [05.12.2022]
- DWD.** (2022). Klimaszenarien (Zukunft) https://www.dwd.de/DE/klimaumwelt/klimawandel/klimaszenarien/klimaszenarien_homenode.html [01.12.2022]
- DWD.** (2023). https://www.dwd.de/DE/klimaumwelt/klimaueberwachung/phaenologie/phaenologie_node.html

- DWD. CDC.** https://opendata.dwd.de/climate_environment/CDC/ [2021/2022]
- Eberhardt.** (2021). „Wenn sie da ist, ist sie da, und ohne Schutz ist sie immer da“. Obstbau: Das Fachmagazin. 343-347.
- Ecodesignkit** (2023). <https://ecodesignkit.de/glossar> [04.01.2023]
- Eschke, S., & Lebe, R.** (2021). Blühdaten-Apfel-Wurzen-ab1976. Bundessortenamt Wurzen (BSA).
- Etheridge, D. M., Steele, L. P., Langenfelds, R. L., Francey, R. J., Barnola, J. M., & Morgan, V. I.** (1996). Natural and anthropogenic changes in atmospheric CO₂ over the last 1000 years from air in Antarctic ice and firn. *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*, 101(D2), 4115-4128.
- Falagiarda, M., Schmidt, S., Wolf, M.** (2021). Die Marmorierte Baumwanze im Fokus: Die natürlichen Gegenspieler und Möglichkeiten der biologischen Bekämpfung. Obstbau: Das Fachmagazin. 08/2021. 456-458.
- Fernandez, G., & Pritts, M.** (1994). Growth, Carbon Acquisition, and Source-Sink Relationships in Titan'Red Raspberry. *HortScience*, 29(4), 248b-248.
- Fink, M., Kläring, H. P., & George, E.** (2009). Gartenbau und Klimawandel in Deutschland. *Landbauforschung SH*, 328, 1-9.
- Flachowsky, H.,** (2020). Fit für den Klimawandel. Obstbau: Das Fachmagazin. 11/2020. 647-650.
- Foulkes, M. J., Scott, R. K., & Sylvester-Bradley, R.** (2002). The ability of wheat cultivars to withstand drought in UK conditions: formation of grain yield. *The Journal of Agricultural Science*, 138(2), 153-169. In Manderscheid & Weige, 2007: Manderscheid, R., & Weigel, H. J. (2007). Drought stress effects on wheat are mitigated by atmospheric CO₂ enrichment. *Agronomy for sustainable development*, 27(2), 79-87.
- Fromme, H., Heitmann, D., Dietrich, S., Schierl, R., Körner, W., Kiranoglu, M., ... & Twardella, D.** (2008). Raumluftqualität in Schulen-Belastung von Klassenräumen mit Kohlendioxid (CO₂), flüchtigen organischen Verbindungen (VOC), Aldehyden, Endotoxinen und Katzenallergenen. *Das Gesundheitswesen*, 70(02), 88-97.
- Funk, R.** (2022). Der Einfluss von Hecken auf Wind und Mikroklima. ZALF. Vortrag 6. Branko-Seminar am 17.08.2022
- Geidel, T., Dworak, T., Schmidt, G., Rogger, M., Matauschek, C., Völker, J., Borchardt, D.,** (2021). Ausgewählte Fachinformationen zur Nationalen Wasserstrategie. Abschlussbericht. Umweltbundesamt
- Gerstengarbe, F. W., Badeck, F., Hattermann, F., Krysanova, V., Lahmer, W., Lasch, P., ... & Werner, P. C.** (2003). Studie zur klimatischen Entwicklung im Land Brandenburg bis 2055 und deren Auswirkungen auf den Wasserhaushalt, die Forst- und Landwirtschaft sowie die Ableitung erster Perspektiven. *PIK report*, 83, 1-77.
- Gömann, H., Bender, A., Bolte, A., Dirksmeyer, W., Englert, H., Feil, J. H., ... & Strohm, K.** (2015). Agrarrelevante Extremwetterlagen und Möglichkeiten von Risikomanagementsystemen: Studie im Auftrag des Bundesministeriums für Ernährung und Landwirtschaft (BMEL) (No. 30). Thünen Report.
- Grünewald, U.** (2010). Wasserbilanzen der Region Berlin-Brandenburg.
- Hahn, A.** (2022). Wasserbereitstellung in Obstanlagen. Obstbau: Das Fachmagazin, 04/2022. 198-203.
- Haug, A-L.** (2021). Wassermanagement. <https://www.kob-bavendorf.de/projekt-archiv/projekt-praeventives-wassermanagement-im-obstbau.html> [05.12.2022]
- Herbst, M.** (2021). - Wird das Wasser knapp? Wasserbedarf und -verfügbarkeit heute und in Zukunft. DWD. Vortrag auf der Mitgliederversammlung des Versuchs- und Kontrollring (1. Branko-Seminar). Leibniz-Institut für Agrartechnik und Bioökonomie (ATB) in Potsdam. 04.11.2021
- Hilbers, J.** (2021). Klimawandel trifft Obstbau. Online-Vortrag am 24.11.2021. <https://www.pflanzenforschung.de/de/pflanzenwissen/journal/klimawandel-trifft-obstbau> [05.12.2022]
- Hoflatscher, S.** (2022). Obst anbauen in Zeiten des Klimawandels – Welche Zukunft hat unser Obst? ZukunftGARTENBAU. Vortrag auf der LAGA Beelitz am 09.11.2022
- Holz, U.** (2022). Gekommen um zu bleiben: Kirschessigfliege, Kirschfruchtfliege und Co. - Behandlungsmöglichkeiten und deren Grenzen. Vortrag Brandenburger Beerenobsttag am 17.02.2022.
- Hornauer, M.** (2022). Prognosemodelle für den Pflanzenschutz. LELF. Vortrag 4. Branko-Seminar am 11.05.2022.
- Hov, Ø., Cubasch, U., Fischer, E., Höppe, P., Iversen, T., Gunnar Kvamstø, N., ... & Ulbrich, U.** (2013). Extreme weather events in Europe: preparing for climate change adaptation. Norwegian Meteorological Institute.
- Hupfer, M., & Nixdorf, B.** (2011). Zustand und Entwicklung von Seen in Berlin und Brandenburg. Zustand und Entwicklung von Seen in Berlin und Brandenburg [02.12.2022]
- Idso, K. E., Hooper, J. K., Idso, S. B., Wall, G. W., & Kimball, B. A.** (2002). Atmospheric CO₂ enrichment influences the synthesis and mobilization of putative vacuolar storage proteins in sour orange tree leaves. *Environmental and experimental botany*, 48(3), 199-211.

- Idso, S. B., & Idso, K. E. (2001). Effects of atmospheric CO₂ enrichment on plant constituents related to animal and human health. *Environmental and experimental botany*, 45(2), 179-199.
- IPCC**, (2021). Summary for Policymakers. In: *Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Masson-Delmotte, V., P. Zhai, A. Pirani, S. L. Connors, C. Péan, S. Berger, N. Caud, Y. Chen, L. Goldfarb, M. I. Gomis, M. Huang, K. Leitzell, E. Lonnoy, J.B.R. Matthews, T. K. Maycock, T. Waterfield, O. Yelekçi, R. Yu and B. Zhou (eds.)]. Cambridge University Press. In Press.
- Kadereit, J. W., Körner, C., Kost, B., & Sonnewald, U.** (2014). *Strasburger- Lehrbuch der Pflanzenwissenschaften*. Springer-Verlag. <https://doi.org/10.1007/978-3-642-54435-4>.
- Käthner, J., & Zude-Sasse, M.** (2015). Interaction of 3D soil electrical conductivity and generative growth in *Prunus domestica* L. *European Journal of Horticultural Science*, 80(5), 231-239.
- Killer, A., Kitemann, D., Zimmermann, A.** (2021). Wassermanagement im Obstbau. Landesanstalt für Weinbau und Gartenbau (LWG). <https://www.lwg.bayern.de/gartenbau/obstbau/264700/index.php> [26.08.2021]
- Kimball, B. A., Idso, S. B., Johnson, S., & Rillig, M. C.** (2007). Seventeen years of carbon dioxide enrichment of sour orange trees: final results. *Global Change Biology*, 13(10), 2171-2183.
- König, C.** (2022). Strategie des Züchtungsprogramms an der LVWO Weinsberg in Hinblick auf Spätfrostgefahr und Klimawandelanpassung beim Apfel. LVWO. Vortrag auf dem Brandenburger Obstbautag 2022 (2. Branko-Seminar). 26.01.2022.
- Köpcke, D.** (2021). Erfolgreicher Einsatz der Frostschutzberegnung. *Obstbau: Das Fachmagazin*. 04/2021. 204-209.
- Köppler, K., Wittmann, M-S., Meschenmoser, H., Fried, A., Schell, E., Bauer, W., Braun, V.** (2021). Augustenberger Obstversuchsführung. *Obstbau: Das Fachmagazin*. 10/2021. 590-591.
- Köstner, B., Surke, M., & Bernhofer, C.** (2007). Klimadiagnose der Region Berlin/Barnim/Uckermark/UEcker-Randow für den Zeitraum 1951 bis 2006. https://www.researchgate.net/publication/44175675_Klimadiagnose_der_Region_Berlin_Barnim_Uckermark_Uecker-Randow_fur_den_Zeitraum_1951_bis_2006
- Koumanov, K. S.** (2002). Drought mitigation effects of microirrigation in orchards. In ICID International Conference on „*Drought Mitigation and Prevention of Land Desertification, Bled, Slovenia* (Vol. 20, p. 26). https://fruitgrowinginstitute.com/UserFiles/HTMLEditor/Koumanov/Koumanov_2002b.pdf [05.12.2022]
- Kraml, B.** (2018). Obstbau: Windmaschine gegen Spätfrost. *Top agrar*. <https://www.topagrar.at/management-und-politik/news/obstbau-windmaschine-gegen-spaetfrost-10277419.html>
- Krengel-Horney, S., Adler, C., Berger, B., Feike, T., Flath, K., Hausmann, J., ... & Kehlenbeck, H.** (2021). Klimawandel und mögliche Herausforderungen für den Pflanzenschutz-Gestern, heute, morgen. *Journal für Kulturpflanzen*, 73 (7-8).
- Kröling, C.** (2022). Chemische Ausdünnung. LfULG. Vortrag 4. Branko-Seminar am 11.05.2022.
- Krüger, E.** (2022). Dormanz bei Beerenobst - welche Rolle spielt hierbei der Klimawandel? Vortrag auf dem Brandenburger Beerenobsttag 2022 (3. Branko-Seminar, 2022). 17.02.2022.
- Krutzler, M., Brader, G., Madercic, M., & Riedle-Bauer, M.** (2022). Efficacy evaluation of alternative pest control products against *Drosophila suzukii* in Austrian elderberry orchards. *Journal of Plant Diseases and Protection*, 1-16.
- Kühn, D., Bauriegel, A., Mueller, H., & Roskopf, M.** (2015). Charakterisierung der Böden Brandenburg hinsichtlich ihrer Verbreitung, Eigenschaften und Potenziale mit einer Präsentation gemittelter analytischer Untersuchungsergebnisse einschließlich von Hintergrundwerten (Korngrößenzusammensetzung, Bodenphysik, Bodenchemie)(Characterisation of the soils of Brandenburg with regard to their distribution, properties and potentials with a presentation of averaged analytical results including background values (particle size composition, soil physics, soil chemistry)). *Brandenburger Geowissenschaftliche Beiträge*, 22, 5-135.
- Lakso, A. N., & Seeley, E. J.** (1978). Environmentally Induced Responses of Apple Tree Photosynthesis1. *HortScience*, 13(6), 646-650.
- Landesbauernverband Brandenburg e.V..** (2020). *Der neue Brandenburger Weg – Zukunftsperspektiven für die Landwirtschaft 2030*.
- LfU. Landesamt für Umwelt.** (2023). <https://lfu.brandenburg.de/lfu/de/aufgaben/boden> [10.01.2023]
- Lindsey, R.** (2020). Climate change: atmospheric carbon dioxide. *National Oceanic and Atmospheric Administration: Copenhagen, Denmark*.
- Lorenz, J.** (2021). Blütenqualität als Schlüssel zum Erfolg. *Obstbau: Das Fachmagazin*. 04/2021. 218-221.
- Lotze-Campen, H.** (2006). Wasserknappheit und Ernährungssicherung. *Aus Politik und Zeitgeschichte*, 25, 8-13. <https://www.bpb.de/apuz/29693/wasserknappheit-und-ernaehrungssicherung?p=2> [18.10.2021]
- Manderscheid, R., & Weigel, H. J.** (2007). Drought stress effects on wheat are mitigated by

atmospheric CO₂ enrichment. *Agronomy for sustainable development*, 27(2), 79-87.

Mantinger, H. (2000). Hochwertige Fruchterträge durch optimale Befruchtung im Apfelanbau. *Schweizer Zeitschrift für Obst- und Weinbau*, 136(10), 209-212.

Maring, E. (2021). Herausforderungen für die Produktion gesunder Kirschen. *Obstbau: Das Fachmagazin*. 07/2021. 402-408.

Matzner, P. (2016). Klimawandel und Sauerkirschanbau. *Humboldt-Universität zu Berlin*.

Maußner, C. (2022). Frostschutz im Obstbau - Ein Überblick. LWG. Vortrag auf dem Brandenburger Obstbautag 2022 (2. Branko-Seminar). 26.01.2022.

Meinshausen, M., Smith, S. J., Calvin, K., Daniel, J. S., Kainuma, M. L., Lamarque, J. F., ... & Van Vuuren, D. P. P. (2011). *The RCP greenhouse gas concentrations and their extensions from 1765 to 2300. Climatic change*, 109(1), 213-241.

Milyaev, A., Kofler, J., Klaiber, I., Czermel, S., Pfannstiel, J., Flachowsky, H., ... & Wünsche, J. N. (2021). Toward systematic understanding of flower bud induction in apple: a multi-omics approach. *Frontiers in Plant Science*, 12, 604810. <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fpls.2021.604810/full> [02.12.2022]

Münchener Rück, (2000). „topics 2000, Naturkatastrophen - Stand der Dinge“, Sonderheft Millennium, München. in Gerstengarbe et al., 2003 In Gerstengarbe et al., 2003: Gerstengarbe, F. W., Badeck, F., Hattermann, F., Krysanova, V., Lahmer, W., Lasch, P., ... & Werner, P. C. (2003). Studie zur klimatischen Entwicklung im Land Brandenburg bis 2055 und deren Auswirkungen auf den Wasserhaushalt, die Forst- und Landwirtschaft sowie die Ableitung erster Perspektiven. *PIK report*, 83, 1-77.

Osterman, J., Theodorou, P., Radzevičiūtė, R., Schnitker, P., & Paxton, R. J. (2021). Apple pollination is ensured by wild bees when honey bees are drawn away from orchards by a mass co-flowering crop, oilseed rape. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 315, 107383.

Parchomchuk, P., & Meheriuk, M. (1996). Orchard Cooling with Pulsed Overtree Irrigation to Prevent Solar Injury and Improve Fruit Quality of Jonathan Apples. *HortScience*, 31(5), 802-804.

Pasch, K., Zdravkovic, M., Grunert, K., Prof. (2022). FOX-EU-Projekt - Innovative Obstverarbeitung im kleinskalierten Maßstab. Vortrag auf der Fruchtwelt Bodensee am 18.02.2022. <https://www.farming.plus/de/c/fox-eu-projekt-innovative-obstverarbeitung-im-kleinskalierten-massstab.20649> [04.03.2022]

Pflanzenforschung.de, Redaktion. (2021). Schon gewusst? – Raps schlägt Apfel. <https://www.pflanzenforschung.de/de/pflanzenwissen/journal/schon-gewusst-raps-schlaegt-apfel> [24.11.2021]

Pflanzenschutzamt Berlin. Das Pflanzenschutzamt Berlin informiert (2017). https://www.berlin.de/pflanzenschutzamt/_assets/service/merkblaetter-ratgeber-und-broschueren/kirschessigfliege.pdf [27.04.2022]

Reichert, I., (2022). Das erwartet unseren Apfelbaum in der Klimakrise. <https://www.quarks.de/umwelt/landwirtschaft/das-erwartet-unseren-apfelbaum-in-der-klimakrise/>

Ristić, Z., Stanivuković, S., Pašalić, B., & Đurić, G. (2021). Cooling sweet cherry fruits prolongs their use value: Хлађење плодова трешње продужује њихову употребну вриједност. *АГРОЗНАЊЕ*, 22(2).

Rüth, Petra van, Schönthaler, K., Andrian-Werburg, S. von, Buth, M. (2019). Monitoringbericht 2019 zur Deutschen Anpassungsstrategie an den Klimawandel, Bericht der Interministeriellen Arbeitsgruppe Anpassungsstrategie der Bundesregierung. *Umweltbundesamt*. https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/1410/publikationen/das_monitoringbericht_2019_barrierefrei.pdf [02.12.2022]

Sams, C. E., & Flore, J. A. (1982). The Influence of Age, Position, and Environmental Variables on Net Photosynthetic Rate of Sour Cherry Leaves1. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 107(2), 339-344.

Sanzol, J., & Herrero, M. (2001). The “effective pollination period” in fruit trees. *Scientia Horticulturae*, 90(1-2), 1-17.

Schaffer, B., Andersen, P. C., & Ploetz, R. C. (1992). Responses of fruit crops to flooding. *Horticultural reviews*, 13, 257-313.

Scheffer/Schachtschabel. (2010). Lehrbuch der Bodenkunde. 16. Auflage.

Schindler, M., & Peters, B. (2011). Eignen sich die Mauerbienen *Osmia bicornis* und *Osmia cornuta* als Bestäuber im Obstbau?. *erwerbs-Obstbau*, 52(3), 111-116.

Schmid, M. (2016). Arbeiten in Obstkulturen. *Schweizer Zeitschrift für Obst- und Weinbau*. 04/16.

Schmid, M. (2016). Arbeiten in Obstkulturen. *Schweizer Zeitschrift für Obst- und Weinbau*. 18/16.

Schneider, H. & Schaller, J. (2021). Mit Silizium gegen die Dürre. *Pressemitteilung ZALF*.

Seeley, E. J., & Kammereck, R. (1977). Carbon Flux in Apple Trees: The Effects of Temperature and Light Intensity on Photosynthetic Rates1. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 102(6), 731-733.

Sharma, D. P., Sharma, N., Bawa, R., & Kaler, R. (2003, October). Potential of apricot growing in the arid-cold desert region of north western Himalayas. In *VII International Symposium on Temperate Zone*

Fruits in the Tropics and Subtropics-Part Two 696 (pp. 61-63). [10.17660/ActaHortic.2005.696.9](https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2005.696.9)

Snyder, R. L., & Melo-Abreu, J. D. (2005). *Frost protection: fundamentals, practice and economics*. Volume 1. *Frost protection: fundamentals, practice and economics*, 1, 1-240. <http://hdl.handle.net/10400.5/4727>

Statistisches Bundesamt (Destatis). 2022. <https://www-genesis.destatis.de/genesis/online?operation=previous&levelindex=2&step=2&titel=Ergebnis&levelid=1669296417870&acceptscookies=false#abreadcrumb> [01.12.2022]

Steinbauer, L. (2017). Wirksame Methoden zur Abwehr von Spätfrostschäden. Technik Plattform der Fachgruppe Technik. <https://obstwein-technik.eu/Core?aktiveNavigationsID=879&fachbetaegelID=61>

Stock, M., & Lahmer, W. (2004). Brandenburg: eine Region im Klimawandel – Seenreichtum und drohender Wassermangel. Lozan, J.L., Graßl, H., Hupfer, P., Menzel, L., Schönwiese, C.D. (2004) (Hrsg.); „Warnsignal Klima: Genug Wasser für alle. https://www.climate-service-center.de/imperia/md/content/csc/warnsignalklima/Warnsignal_Klima_Kap3.1_3.1.10_Stock.pdf [01.12.2022]

Storch, T. 2021. Diplodia – der Schwarze Rindenbrand. Landesbetrieb Landwirtschaft Hessen. <https://lh.hessen.de/pflanze/obstbau/diplodia-der-schwarze-rindenbrand/> [12.01.2022]

Tervooren, S. (2015). Potenziale von Grünvolumen und Entsiegelung zur Klimaanpassung am Beispiel der Landeshauptstadt Potsdam. *AGIT Journal Angew. Geoinformatik*, 1, 258-269. https://gispoint.de/fileadmin/user_upload/paper_gis_open/537557037.pdf [01.12.2022]

Thalheimer, M., Martinelli, J., Ebner, I., Paoli, N. (2019). Sonnenbrand bei Äpfeln: Entstehung und Gegenmaßnahmen. *Obstbau Weinbau* 5, 21-24.

Thober, S., Marx, A., & Boeing, F. (2020). Auswirkungen der globalen Erwärmung auf hydrologische und agrarische Dürren und Hochwasser in Deutschland – Ergebnisse aus dem Projekt HOKLIM: Hochaufgelöste Klimaindikatoren bei einer Erderwärmung von 1.5 Grad. Leipzig (2018).

UBA. Umweltbundesamt. (2022a). Veränderung der jahreszeitlichen Entwicklungsphasen bei Pflanzen. <https://www.umweltbundesamt.de/daten/klima/veraenderung-der-jahreszeitlichen#pflanzen-als-indikatoren-fur-klimaveranderungen> [02.12.2022]

UBA. Umweltbundesamt. (2022b). Trockenheit in Deutschland – Fragen und Antworten. <https://www.umweltbundesamt.de/themen/trockenheit-in-deutschland-fragen-antworten> [05.12.2022]

UBA. Umweltbundesamt. (2022c). Humusstatus der Böden. <https://www.umweltbundesamt.de/daten/flaeche-boden-land-oekosysteme/>

boden/humusstatus-der-boeden#humusgehalte-in-deutschland [05.12.2022]

Urbanietz, A. (2021). Intelligente Lösungen zur Wasserverteilung. *Obstbau: Das Fachmagazin*. 10/2021. 554-555.

Wechsung, F., Gerstengarbe, F-W., Lasch, P., Lüttger, A. (2009). Die Ertragsfähigkeit ostdeutscher Ackerflächen unter Klimawandel. *PIK report*, 112. <https://www.pik-potsdam.de/en/output/publications/pikreports/.files/pr112.pdf> [01.12.2022]

Wenzel, R. (2021). Vermittler zwischen Obstbauern und Imkern. *Obstbau: Das Fachmagazin*. 04/2021. 247.

Widmer, A. (2005). Apfelanbau unter Hagelnetzen. *Obstbau Weinbau*. 01/2005. 6-8.

Wiebusch, J-H. (2019). Sonnenbrand an Äpfeln. *Mitteilungen des Obstbauversuchsringes des Alten Landes e.V. am ESTEBURG - Obstbauzentrum Jork*. 74, 165-169

Wiebusch, J-H. (2022). Maßnahmen zur Vermeidung von Sonnenbrand an Äpfeln. Esteburg. Vortrag auf dem Brandenburger Obstbautag (2. Branko-Seminar). 26.01.2022

Wurm, L. (2021). Die Spätfrostgefahr im Obstbau nimmt zu. *Obstbau: Das Fachmagazin*. 03/2021. 171-176.

Zeiser, A-S. (2021). Sortenneuentwicklungen schorfresistenter Apfelsorten. *Öko-Obstbau*. 3. 26 – 29.

Zude-Sasse, M. (2021). Entwicklung eines internetgestützten Informations- und Beratungssystems zur Erhöhung der Wassernutzungseffizienz im Obstbau [AQUA C+]. ATB. Vortrag auf der Mitgliederversammlung des Versuchs und Kontrollring (1. Branko-Seminar). Leibniz-Institut für Agrartechnik und Bioökonomie (ATB) in Potsdam. 04.11.2021

Über das Projekt

Brandenburger Netzwerk für Klimaanpassung im Obstbau (branko)

Laufzeit 1. Januar 2021 - 28. Februar 2023

Förderkennzeichen 67DAS211A/B

Förderung von Maßnahmen zur Anpassung an den Klimawandel des BMUB

Förderschwerpunkt 3 - Kommunale Leuchtturmvorhaben sowie Aufbau von lokalen und regionalen Kooperationen

Projektpartner



STIC Wirtschaftsfördergesellschaft
Märkisch-Oderland mbH
stic.de



Lehr- und Versuchsanstalt
für Gartenbau und Arboristik e.V. /
Obstbau-Versuchsstation Müncheberg
lvga-bb.de

Kooperationspartner



Gartenbauverband
Berlin-Brandenburg e.V.
gartenbau-bb.de



ATB – Leibniz-Institut für
Agrartechnik und Bioökonomie e.V.
atb-potsdam.de/de



Ministerium für Landwirtschaft,
Umwelt und Klimaschutz
mluk.brandenburg.de/mluk/de



Landkreis Märkisch-Oderland
maerkisch-oderland.de

Gefördert durch:



Bundesministerium
für Umwelt, Naturschutz
und nukleare Sicherheit

aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit

[bmu.de/themen/klimaschutz-anpassung/klimaanpassung](https://www.bmu.de/themen/klimaschutz-anpassung/klimaanpassung)

Projekträgerin: Die Zukunft- Umwelt – Gesellschaft (ZUG) gGmbH

[z-u-g.org/aufgaben/foerderung-von-massnahmen-zur-anpassung-an-die-folgen-des-klimawandels/](https://www.z-u-g.org/aufgaben/foerderung-von-massnahmen-zur-anpassung-an-die-folgen-des-klimawandels/)

