

---

## 4 Diskussion und Schlussfolgerungen

---

### 4.1 Witterung und Klima

*(Jörg Hoffmann)*

Nach MASSON-DELMOTTE et al. (2018) wurde bis 2017 eine globale Erwärmung seit 1960 von 1°C (Bereich 0,8 bis 1,2 °C) beobachtet und als ein Schwellwert für die Klimaerwärmung ein Temperaturanstieg von 1,5 °C definiert, der nicht überschritten werden sollte. Ergebnisse bei ROGELJ et al. (2022, S. 2: Abb. 2.3) zeigten einen mittleren globalen Temperaturanstieg von 1,5 °C bereits für das Jahr 2023. SOLOMAN et al. (2007) errechneten Szenarien für einen mittleren globalen Temperaturanstieg von 1,8 °C (Schwankungsbreite 1,1 bis 1,9 °C) bis 4 °C (Schwankungsbreite 2,4 bis 6,4 °C). Nach ROGELJ et al. (2022) ist in den Folgejahren, nach 2022/23, mit weiter rasch ansteigenden Temperaturen unter den gegenwärtigen Wirtschafts- und Entwicklungsbedingungen in der Welt zu rechnen, jedoch sollte die Überschreitung des global beinahe schon erreichten 1,5 °C Temperaturanstieges nach Möglichkeit und zur Vermeidung steigender Risiken für Mensch und Natur unterbunden werden.

Im Pariser Klimaabkommen wurde sich darauf verständigt, die Erderwärmung auf höchstens 1,5 Grad zu begrenzen (WMO 2022, ROGELJ et al. 2022, IPCC 2022), ein Ziel, dem sich auch die Bundesregierung angeschlossen hat (DIE BUNDESREGIERUNG 2022), was jedoch unter der aktuellen Perspektive als wenig realistisch und nicht realisierbar abzeichnet werden könnte. Eher muss mit rasch weiter ansteigenden Temperaturen gerechnet werden, wenn man den Ergebnissen in WMO (2022), ROGELJ et al. (2022) und IPCC (2022) Aufmerksamkeit schenkt und entsprechenden Folgewirkungen (u.a. PÖTTNER et al. 2022) sind zu erwarten sowie wären Anpassungsstrategien zu entwickeln.

Die Analyse der im Untersuchungsraum durchgeführten langjährigen meteorologischen Daten ergab in dem relativ kleinen Zeitfenster der letzten 30 Jahre mit dem festgestellten Anstieg der Jahresmitteltemperatur um 1,8 °C bereits eine deutliche Überschreitung des definierten Schwellwertes „1,5 °C Temperaturerwärmung“ bei MASSON-DELMOTTE et al. (2018), WMO (2022), ROGELJ et al. (2022) und IPCC (2022). Dieser Anstieg entsprach einer Zunahme von 0,6 °C je Jahrzehnt. Würde sich der regional ermittelte Trend der Klimaerwärmung in dieser Weise fortsetzen, dann wäre ein Temperaturanstieg um mehr als 2 °C schon ab etwa 2030 erreicht bzw. überschritten. Und es könnte sich der Erwärmungs- bzw. der Aufheizungsprozess in der Region weiter fortsetzen.

Regionale sowie globale Klimamodelle erlauben bisher kaum Prognosen über die Veränderungen der jährlichen Niederschlagsmengen und Trends sowie noch weniger über die Perspektiven der jahreszeitlichen Niederschlagsverteilung. So wurden bisher die Niederschlagsveränderungen relativ wenig im Rahmen der globalen und regionalen Klimaveränderungen diskutiert, obwohl der Niederschlag ein zentrales Element von Witterung, Klima sowie von Klimaänderung bildet.

Wenn z.B. die Niederschläge nicht in analoger Weise mit dem Temperaturanstieg zunehmen oder deren jahreszeitliche Verteilung sich zudem stark wandelt, dann verändert sich der Landschaftswasserhaushalt sowie die Verfügbarkeit von Bodenwasser für die Vegetation, für die landwirtschaftlichen Nutzungen sowie in Bezug auf Komponenten der Biodiversität. Es ist mit nicht geringen Folgewirkungen des Klimawandels zu rechnen. Aktuell zählten darunter u.a. bereits zunehmender Trockenstress sowie Mindererträge auf Grund von Wassermangel bei fast allen landwirtschaftlichen Anbaukulturen der Region, häufiger Wassermangel und Trockenstress bei der

Ertragsbildung von Maisbeständen während der Hauptwachstumszeit, fehlendes Wasser in Kleingewässern mit Verlandungen und Biotopwandel von aquatischen zu terrestrischen Lebensräumen, teils absterbende Bäume/Sträucher in Flurgehölzen, sehr starkes Risiko der Vertrocknung junger Gehölze bei Flurgehölz-Neuanlagen, vertrocknende Kräuter und Gräser in vielen Saumstrukturen in den Sommermonaten, extreme Feinstaubbildungen während der Ernte und während anderer mechanisierter Arbeitsgänge auf den Feldern, verstärkte Erosion durch Wind bei Trockenheit, aber auch durch Wasser bei Extremereignissen (Starkregenfälle) (Abb. 4.1.1).

Mit den festgestellten Niederschlagsmengen, im Mittel nur wenig über 500 mm im Jahr, zeichneten sich in Verbindung mit der Temperaturerwärmung eine Verschiebung des temperat-gemäßigten (Wald)Klimas in die Richtung eines (beginnenden) Steppenklimas in der Region ab. So können Gebiete mit einem Jahresniederschlag von 450 mm und weniger bereits dem eines Steppenklimas zugehörig sein (<https://eeo.aau.at/eeo.aau.at/indexcaa2.html?title=Steppenklima> 2023), was für Einzeljahre regional bereits jetzt zutreffend war (siehe Abschnitt 3.1.2, Abb. 3.1.2.1).

Unsere Analysen wiesen auf einen tendenziellen Rückgang der Niederschlagssumme in den letzten 30 Jahren hin sowie ergaben sehr ungleichmäßige Jahresniederschlagssummen in den Einzeljahren. Auch variierten die Niederschläge im Vergleich der Jahre im Monatsverlauf sehr stark (siehe Abschnitt 3.1.2). In den Jahreszeiten zeigte sich bei den Winterniederschlägen, die essentiell für die Auffüllung des Bodenwasserspeichers (sowie auch für das Grund- und Schichtenwassers) sind, tendenziell Abnahmen der Niederschlagssumme. Ein negativer Trend der Niederschläge bestand besonders im Frühling (März bis Mai), in der Zeitspanne für die Bestandesbildung und das Hauptwachstums der meisten Ackerkulturen.

Die aus Temperatur, Verdunstung und Evapotranspiration ermittelte klimatische Wasserbilanz (KWB) kann als eine Größe zur Beurteilung des Landschaftswasserhaushaltes herangezogen werden – zur Charakterisierung der „Feuchtigkeit des Klimas“ sowie als eine Maßzahl für „Wassergewinn“ oder „Wasserverlust“ Verwendung finden (HOFFMANN et al. 2020).

Nach HUPFER & KUTTLER (1998) gilt die KWB als „Maß für den maximalen Wasserverlust eines vegetationsbedeckten (Gras)Standortes durch Verdunstung“. Die Verdunstungsbestandteile Evaporation und Transpiration setzen dabei einen theoretisch uneingeschränkten Wasservorrat voraus. Dieser ist in Pflanzenbeständen selten gegeben. Bei Böden liegt die tatsächliche Evaporation meist unter der potenziellen Evaporation. Gleiches gilt für die Transpiration der Pflanzen bei Wassermangel. So wurde z.B. bei Getreide in Berlin-Dahlem für den Zeitraum von März bis August die aktuelle Transpiration zu etwa 70 Prozent der potenziellen ermittelt (HUPFER & KUTTLER 1998). In extremen Trockenstresssituationen, z.B. bei Erreichen des permanenten Welkepunktes, dürfte diese noch deutlich darunter liegen. Dies bedeutet, dass die für die Berechnung der KWB verwendete potenzielle Evapotranspiration (PET) (siehe Abschnitt 2.2.2, Gl. 2.2.2.1 und 2.2.2.2) eine Orientierung für die Höhe der Verdunstung und bei zeitlicher Betrachtung auch für Trendanalysen bilden kann. Sie liefert jedoch keine Realwerte, die (etwas) niedriger liegen würden als die der KWB. Im Resultat der Berechnung der KWB gelten positive Werte der KWB (Monate, Jahreszeiten, Jahre, Trend langjährig) als Zeiten mit „Wassergewinn“, negative als Zeiten mit „Wasserverlusten“ in der Landschaft.

Nach unseren Befunden war über die Jahre die KWB stark negativ, mit verstärkt negativ gerichtetem Trend. Nur im Winter (Dezember, Januar, Februar) zeigte sich die KWA über alle Jahre positiv, war jedoch auch hier im Trend negativ gerichtet. Ähnliche Befunde negativer KWB lagen auch für weitere Teile von Brandenburg vor (LÜTTGER et al. 2011).

Diese Resultate weisen darauf hin, dass sich die Wassermenge für die Auffüllung des Bodenwasserspeichers im Winter systematisch über die zurückliegenden drei Jahrzehnte verringerte, weniger (oder keine) Grundwasserneubildung möglich wurde sowie potenziell unterirdisch laterale Zuflüsse (aus Schichten- oder Grundwasser), z.B. zu Kleingewässern, sich in den Agrarlandschaften verringerten. In diesem Prozess kam es zum Trockenfallen von nahezu 100 Prozent der Kleingewässer in der Agrarlandschaft (HOFFMANN et al. 2020, SCHÖNBROTH & FISCHER 2021; siehe u.a. Abb. 3.2.6.4 und 3.2.6.5), mit entsprechenden Konsequenzen für die aquatischen und die semiaquatischen Tier- und Pflanzenarten dieser Lebensräume.

Die im Frühjahr stark negative sowie auch und im Trend negativ gerichtete KWB wies auf starke Wasserdefizite und Wassermangel während der Hauptwachstumszeit für die Ackerkulturen hin, dies auch, weil die Negativwerte im Frühjahr die Positivwerte des Winters deutlich überstiegen. In der Sommersituation der KWB setzte sich dieser Wassermangel fort, charakterisiert durch einen weiteren Austrocknungsprozess in der Landschaft, der dann durch die im Herbst alternierende KWB nicht ausgeglichen werden konnte (HOFFMANN et al. 2020).

Die Ertragsentwicklung der letzten 30 Jahre zeigte, verbunden mit Nutzungsintensivierungen ab 1991, zunächst einen Anstieg der Erträge, dann jedoch in den letzten Trockenjahren ab 2020ff wieder Rückgänge, vornehmlich als Folge von wassermangelbedingtem Trockenstress und damit verbunden, gemindertem Pflanzenwachstum.

Stark angestiegene Temperaturen, leicht geringere Niederschläge sowie verstärkt und zunehmend negative KWB bei gleichzeitig maximaler Auslastung des pflanzenverfügbaren Bodenwassers für potenziell hohe Ertragsbildungen, führten im Komplex zu einer zunehmenden Austrocknung der Agrarlandschaft.

Deren Effekte, Beispiele siehe Abb. 4.1.1, bilden aktuell in der Agrarlandschaft ernsthafte Signale für eine zunehmend instabilere Nutzbarkeit der Agrarflächen für Intensivbewirtschaftungen unter den vorwiegend leichten Bodenbedingungen (vgl. Abschnitt 3.4). Beobachtete Prozesse, wie das Trockenfallen der Kleingewässer, die enormen Staubbildungen bei der Bewirtschaftung, absterbende Gehölze sowie vorzeitig vertrocknende Kräuter und Gräser in Säumen könnten dabei als Indikatoren und Signale für zunehmend limitierte Wasserressourcen in der Landschaft für Natur und Bewirtschaftung durch abnehmende Wasserverfügbarkeit angesehen werden.

Perspektivisch bliebe die Option (da auf die oben angedeuteten globalen Prozesse anthropogener Klimaänderungen nur mit regionalen Methoden/Maßnahmen eingewirkt werden kann), Ackerflächennutzungen dem sich verändernden Landschaftswasserhaushalt entsprechend anzupassen und Entwässerungen (Drainagen) von Landschaftsteilen zu vermeiden. Die Anbaukulturen sollten, um den Bodenwasserbedarf und die Inanspruchnahme von Bodenwasser zu reduzieren, in Gebieten mit negativer klimatischer Wasserbilanz in der Bestandesdichte extensiviert werden, so dass der Wasserentzug im Boden gemindert wird. Maisanbau wäre zu überdenken und ggf. bei deutlich negativer KWB zu unterlassen. Extensiv beweidete Graslandflächen können weitere Nutzungsoptionen bilden.

Eine Zusatzwasserversorgung aus dem Grundwasserleiter (Abb. 4.1.2) sollte hingegen, auf Grund der begrenzten Grundwasserressourcen, nur in Ausnahmefällen, z.B. bei Gemüseanbau oder für kleine Flächen mit Sonderkulturen, eine Option bilden, nicht aber für den Maisanbau, der dem Zweck für Biogasanlagen dienen soll.



**Abb. 4.1.1:** Keine Klimawirkungsszenarien, sondern aktuelle Realität in der Agrarlandschaft für den in der Region ab 1985 eingesetzten, anthropogen verursachten Klimawandel – Beispiele für erste Folgewirkungen der Klimaerwärmung in den Untersuchungsgebieten: stark zunehmender Trockenstress und Mindererträge auf Grund von Wassermangel (Trockenschäden erkennbar durch „Frühreife“) bei Wintergerste, Gebiet Dahmsdorf, 06.06.2019 (oben links); Wassermangel und extremer Trockenstress bei Mais während der Hauptwachstumszeit, Gebiet zwischen Hasenholz und Ernsthof, 21.08.2020 (oben rechts); ausgetrocknetes Kleingewässer und abgestorbenes Gehölze im Uferbereich, Gebiet Eggersdorf, 09.04.2020 (Mitte links); pulvertrockener Feldweg, teilweise vertrocknete Flora in Saumstruktur und teils absterbende Gehölze in Feldhecke, Gebiet Kunersdorf, 18.07.2019 (Mitte rechts); extreme Feinstaubbildungen während der Maisernte, Gebiet Hasenholz, 30.08.2019 (unten links); starke Bodenerosion bei fehlender Vegetationsdecke während eines Niederschlagsereignisses auf ausgetrocknete Bodenkrume, Gebiet Hasenholz, 25.08.2021 (unten rechts); Fotos: Jörg Hoffmann.



**Abb. 4.1.2:** Maisanbau für Biogasanlagen mit Beregnungsanlage und Förderung des Wassers aus dem Grundwasserleiter; links: Entnahmestelle aus dem Grundwasser mit Anschluss der Beregnungsanlage, rechts: Beregnungsanlage über dem ca. 3 m hohen Maisbestand im Trockenjahr 2020 bei Eggersdorf; Fotos: Jörg Hoffmann, 12.09.2020.

**Kernaussagen sind:**

- Das für den Klimaschutz definierte Ziel der Nichtüberschreitung einer Erwärmung der Lufttemperatur um 1,5 °C wurde in der Untersuchungsregion mit 1,8 °C bereits überschritten. Die Landschaft befindet sich dadurch in einem Prozess des Überganges von einem temporär-gemäßigtem (Waldklima) zu einem Steppenklima.
- Leicht verringerte Niederschläge und deutlich angestiegene Temperaturen haben zu stark negativ gerichteten klimatischen Wasserbilanzen in der Agrarlandschaft in den letzten Jahrzehnten geführt. Der Landschaftswasserhaushalt verschlechterte sich in Folge der Klimaerwärmung und gleichzeitig angestiegener Nutzungsintensitäten.
- Klimafolgewirkungen waren u.a. durch eine Reihe ernsthafter Signale erkennbar wie zunehmende Instabilität von hohen Ertragszielen, häufiger Trockenstress in Kulturpflanzenbeständen und Mindererträge auf Grund von Wassermangel; fehlendes Wasser in Kleingewässern (Austrocknung); teilweise absterbende Bäume/Sträucher; starke Feinstaubbildungen während der Ernte und weiteren Bewirtschaftungen; Erosionswirkungen (Boden) durch Wind/Wasser.
- Regionale Optionen der Ackernutzungen sollten verstärkt in Anpassungen an verminderte Bodenwasserressourcen liegen, u.a. durch Extensivierungen (z.B. geringere Bestandesdichten der Anbaukulturen). Grundwasserentnahmen für Bewässerungen sollten nur eine Ausnahme bilden, da Grundwasser eine endliche Ressource bildet.

## 4.2 Biotoptstrukturen und Landnutzungsveränderungen

*(Jörg Hoffmann)*

Die über das definierte Zeitfenster in diesem Projekt von knapp 30 Jahren von 1992/93 zu 2019/20 hinaus kurz angerissenen, viel weiter zurück gerichteten Blicke auf die topografischen Karten der Urmeßtischblätter vor etwa 180 Jahren sowie später auf die Luftbilder des Jahres 1953 vor knapp 70 Jahren (Abschnitt 3.2.0) weisen auf einen langfristig erfolgten, sehr starken Wandel der Landschafts-, der Landnutzungs- und der Biotopstrukturen hin. So kann mit diesen früheren Veränderungen, in Bezug auf die bei KRETSCHMER et al. (1995) dokumentierten Daten sowie unseren aktuellen Erhebungen, ein über weit mehr als 150 Jahre währendender, tiefgreifender und sehr starker Wandel der Biotop- sowie der Landnutzungen konstatiert werden.