

Leibniz-Zentrum für Agrarlandschaftsforschung (ZALF) e. V.



Auswirkungen von klimatischen Veränderungen und Wassermanagement auf den Wasserhaushalt eines Feuchtgrünland-Standortes

Dr.-Ing. Ottfried Dietrich

Datum: 08.07.2025

1

Inhalt



- 1. Einleitung
- 2. Wasserhaushalt grundwassernaher Standorte und Messung von Wasserbilanzgrößen mit wägbaren Grundwasser-Lysimetern
- 3. Wassermanagement grundwassernaher Standorte
- 4. Klimatische Veränderungen 1961/1990 vs. 1991/2020
- 5. Auswirkungen klimatischer Veränderungen auf die Verdunstung eines Feuchtgrünland-Standorts im Spreewald
- 6. Auswirkungen unterschiedlicher Grundwassersteuerregime auf die Wasserbilanzgrößen – Flächenwasserspeicher, Verdunstung, Zu-/Abfluss
- 7. Zusammenfassung

3

3

Inhalt



- 1. Einleitung
- 2. Wasserhaushalt grundwassernaher Standorte und Messung von Wasserbilanzgrößen mit wägbaren Grundwasser-Lysimetern
- 3. Wassermanagement grundwassernaher Standorte
- 4. Klimatische Veränderungen 1961/1990 vs. 1991/2020
- 5. Auswirkungen klimatischer Veränderungen auf die Verdunstung eines Feuchtgrünland-Standorts im Spreewald
- 6. Auswirkungen unterschiedlicher Grundwassersteuerregime auf die Wasserbilanzgrößen – Flächenwasserspeicher, Verdunstung, Zu-/Abfluss
- 7. Zusammenfassung

2

2

Einleitung



- Feuchtgebiete und Gewässer sind in Brandenburg auf die Nachbarschaft von versickerungsbestimmten Sandstandorten angewiesen (Quast, J., 1997)
- Wasserhaushalt von Feuchtgebieten vielfach von Veränderungen betroffen:
 - Langjährige Entwässerung für die land- und forstwirtschaftliche Nutzung
 - Klima (Veränderungen im Niederschlag, Anstieg der potenziellen Verdunstung)
 - Wasserhaushalt und Wasserbewirtschaftung im Einzugsgebiet (Abnahme der GW-Neubildung, sinkende GW-Stände, abnehmende Zuflüsse, Bergbau)
 - Wasserbedarf im Feuchtgebiet (z. B. Änderung der Bewirtschaftung, zunehmende Verdunstung)
- Können wir die Veränderungen der Wasserhaushaltsgrößen quantifizieren?
- Wieviel kann ein verbesserter Wasserrückhalt zur Minderung beitragen?

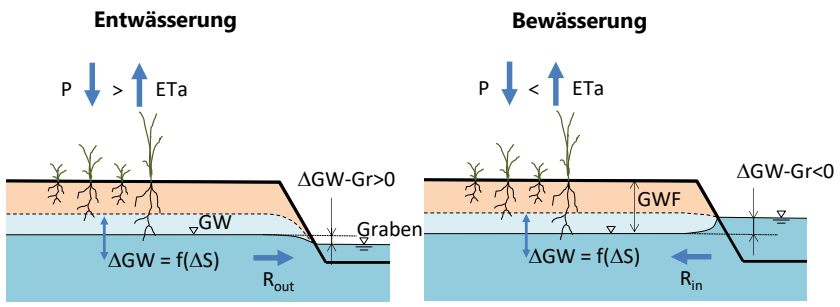
4

4

Inhalt

- 1. Einleitung
- 2. Wasserhaushalt grundwassernaher Standorte und Messung von Wasserbilanzgrößen mit wägbaren Grundwasser-Lysimetern
- 3. Wassermanagement grundwassernaher Standorte
- 4. Klimatische Veränderungen 1961/1990 vs. 1991/2020
- 5. Auswirkungen klimatischer Veränderungen auf die Verdunstung eines Feuchtgrünland-Standorts im Spreewald
- 6. Auswirkungen unterschiedlicher Grundwassersteuerregime auf die Wasserbilanzgrößen – Flächenwasserspeicher, Verdunstung, Zu-/Abfluss
- 7. Zusammenfassung

Wasserhaushalt eines grundwassernahen Standortes



Wasserhaushalt eines grundwassernahen Standortes bei Entwässerung (links) und Bewässerung (rechts), P – Niederschlag, ETa – tatsächliche Verdunstung, GW – Grundwasserstand, ΔS – Speicheränderung, Rout – Abfluss, Rin – Zufluss

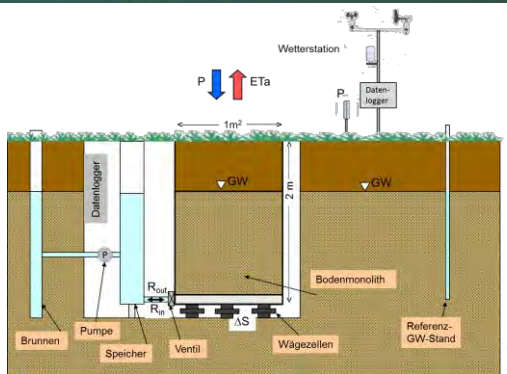
Wasserbilanz

$$\Delta S = P - ET_a + R_{inu} - R_{outu} + \overset{0}{R_{ino}} + \overset{0}{R_{outo}}$$
$$\Delta GW = f(\text{Boden, Relief})$$

Wie können wir die einzelnen Wasserbilanzgrößen quantifizieren?

- Messen → Wägbares Grundwasser-Lysimeter
- Modellieren

Messung von Wasserbilanzgrößen im wägbaren Grundwasser-Lysimeter



$$\Delta S = P - ET_a + R_{inu} - R_{outu}$$
$$ET_a = P - \Delta S + R_{inu} - R_{outu}$$

Prinzipische Skizze der verwendeten Grundwasser-Lysimeter

Quelle: Dietrich, O., Fahl, M., Seyfarth, M., 2016. Behavior of water balance components at sites with shallow groundwater tables: Possibilities and limitations of their simulation using different types of groundwater lysimeters. Agricultural Water Management 163, 75-89, DOI: 10.1016/j.agwat.2015.09.005

Bau der Grundwasser-Lysimeter Anlage im Spreewald



10

9

Bau der Grundwasser-Lysimeter Anlage im Spreewald



10

10

Bau der Grundwasser-Lysimeter Anlage im Spreewald



10

11

Bau der Grundwasser-Lysimeter Anlage im Spreewald



10

12

Bau der Grundwasser-Lysimeter Anlage im Spreewald



10

13

Bau der Grundwasser-Lysimeter Anlage im Spreewald



10

14

Grundwasser-Lysimeter-Anlage im Spreewald



11

15

Grundwasser-Lysimeter-Anlage im Spreewald



11

16

Grundwasser-Lysimeter-Anlage im Spreewald



11

17

Messtechnik Lysimeter-Station im Spreewald



Wägezellen zur Messung der Masseänderung



Ausgleichsbehälter zur Steuerung der Grundwasserstände und Messung der Zu- oder Abflüsse

18

Messtechnik Lysimeter-Station im Spreewald



Lysimeter-Behälter mit Sensoren für Messungen in verschiedenen Tiefen und Datenlogger zur Aufzeichnung der Messwerte

19

19

Inhalt



- 1. Einleitung
- 2. Wasserhaushalt grundwassernaher Standorte und Messung von Wasserbilanzgrößen mit wägbaren Grundwasser-Lysimetern
- 3. Wassermanagement grundwassernaher Standorte
- 4. Klimatische Veränderungen 1961/1990 vs. 1991/2020
- 5. Auswirkungen klimatischer Veränderungen auf die Verdunstung eines Feuchtgrünland-Standorts im Spreewald
- 6. Auswirkungen unterschiedlicher Grundwassersteuerregime auf die Wasserbilanzgrößen – Flächenwasserspeicher, Verdunstung, Zu-/Abfluss
- 7. Zusammenfassung

20

20

Wasserbewirtschaftung auf grundwassernahen Standorten

Leibniz

zalf

1988

J. QUAST, H. SCHWARTZ, R. DANNOWSKI

1. GWR-Abchnitt, in denen durch Variation der Wasserspiegellage der Einstaugraben über die Strecke „Drän – Grundwasserleiter“ der Grundwasserstand und damit die Feuchteverteilung im Boden gesteuert werden können. Stellglieder für die Wasserstandsteuerung der Einstaugraben sind die Einlauf- und die Auslaufstau.

2. Wasserzuleitungs- bzw. -ableitungsgewässern, über die das Bewässerungswasser nach Entnahme aus dem übergeordneten regionalen Wassersystem den einzelnen GWR-Abchnitten zugeleitet und in diese verteilt wird bzw. im Entwässerungsfall aus den GWR-Abchnitten abgeleitet wird. Stellglieder für den Zuleitungsgaben sind das Haupteinlaßwehr, Stau im Graben und die Einlaufstau der Einstaugraben; für den Entwässerungsgraben sind es die Auslaufstau, Stau im Graben und das Schöpfwerk.

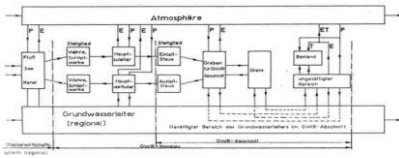


Abb. 1: Hydrologisches Schema für einen großflächigen GWR-Komplex (P – Niederschlag, E – Evaporation, ET – Evapotranspiration, T – Transpiration)

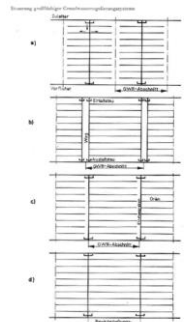


Abb. 2: Technische Zeichnung von GWR-Abchnitten

Quast, J., Schwartz, H., Dannowski, R., 1978: Zur Steuerung großflächiger Grundwasserregulierungssysteme. Tagungsbeitrag AdL.

TGL 42812

11

Wasserbewirtschaftung auf grundwassernahen Standorten

Leibniz

zalf

Ziele und Aufgaben der Wasserbewirtschaftung können sich mit Veränderung gesellschaftlicher Zielstellungen ändern und in jedem Gebiet andere sein:

- Sicherung der Ernährung, Maximierung des landwirtschaftlichen Ertrages
- Renaturierung von Niedermooren
- Verbesserung des Wasserrückhalts in der Landschaft
- Sicherung des Hochwasserschutzes
- ...

Instrumente der Wasserbewirtschaftung auf grundwassernahen Standorten:

- Regulierung der Graben- und Grundwasserstände über Stauanlagen, Pump- und Schöpfwerke nach abgestimmten Zielvorgaben (Kompromisslösung)
- Steuerung der Verteilung der verfügbaren Zuflüsse im Gebiet
- Ableitung der Abflüsse aus dem Gebiet

Steuerung des Flächenwasserhaushalts über die Regulierung der Grabenwasserstände

22

22

Wasserbewirtschaftung auf grundwassernahen Standorten

Leibniz

zalf

Ent- und Bewässerungsanlagen in Feuchtgebieten

23

Wasserbewirtschaftung auf grundwassernahen Standorten

Leibniz

zalf

Ent- und Bewässerungsanlagen in Feuchtgebieten

24

Wasserbewirtschaftung auf grundwassernahen Standorten



Ent- und Bewässerungsanlagen in Feuchtgebieten

25

Wasserbewirtschaftung auf grundwassernahen Standorten



Ent- und Bewässerungsanlagen in Feuchtgebieten

26

Inhalt



1. Einleitung
2. Wasserhaushalt grundwassernaher Standorte und Messung von Wasserbilanzgrößen mit wägbaren Grundwasser-Lysimetern
3. Wassermanagement grundwassernaher Standorte
4. Klimatische Veränderungen 1961/1990 vs. 1991/2020
5. Auswirkungen klimatischer Veränderungen auf die Verdunstung eines Feuchtgrünland-Standorts im Spreewald
6. Auswirkungen unterschiedlicher Grundwassersteuerregime auf die Wasserbilanzgrößen – Flächenwasserspeicher, Verdunstung, Zu-/Abfluss
7. Zusammenfassung

27

27

Klimadaten von Wetterstationen in Brandenburg

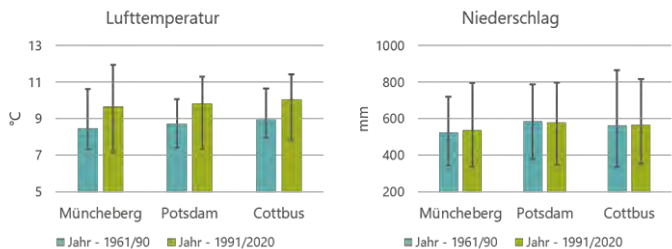


Lage von DWD- und ZALF-Messstationen (aus Dietrich & Behrendt, 2022)

28

28

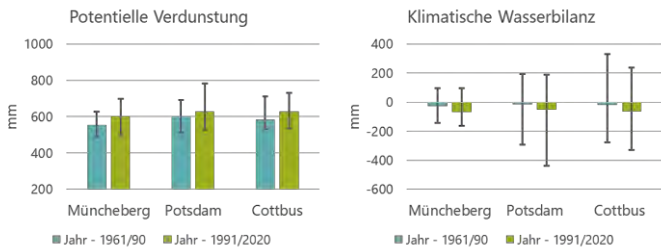
Klimatische Veränderungen 1961/1990 vs. 1991/2020



Vergleich von langjährigen Jahres-Mittelwerten der Lufttemperatur bzw. Jahres-Summen des Niederschlags

29

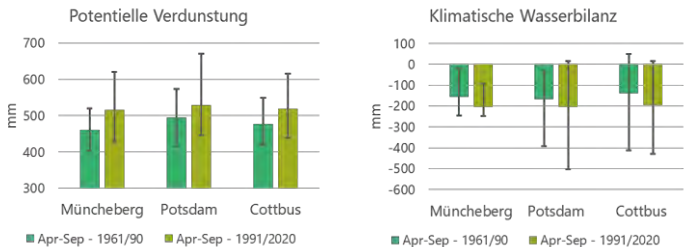
Klimatische Veränderungen 1961/1990 vs. 1991/2020



Vergleich von langjährigen Jahres-Summen der potentiellen Verdunstung und der klimatischen Wasserbilanz

30

Klimatische Veränderungen 1961/1990 vs. 1991/2020



Vergleich von potentieller Verdunstung und klimatischer Wasserbilanz in den Vegetationsperioden von April bis September 1961/1990 und 1991/2020 (Summen mit Spannweiten)

31

Fazit – Klimatische Veränderungen



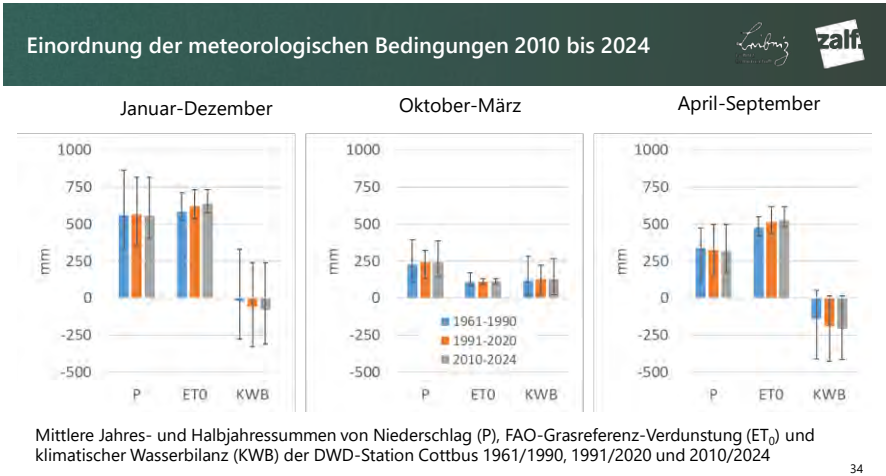
- Klimatische Veränderungen von 1961/1990 zu 1991/2020
- Signifikanter Anstieg Jahresmitteltemperatur von 1,1 K (April – September 1,3 K)
 - Keine signifikanten Änderungen des Niederschlags in der Jahressumme und der Summe in der Vegetationsperiode
 - Signifikanter Anstieg der jährlichen potenziellen Verdunstung von rd. 30 mm (Vegetationsperiode 50 mm)
 - Zunahme des Defizits in der klimatischen Wasserbilanz (-40 mm)

Quelle: Dietrich, O., Behrendt, A., 2022. Wet grassland sites with shallow groundwater conditions: effects on local meteorological characteristics. Water 14, p. 3560, DOI: 10.3390/w14213560.

32

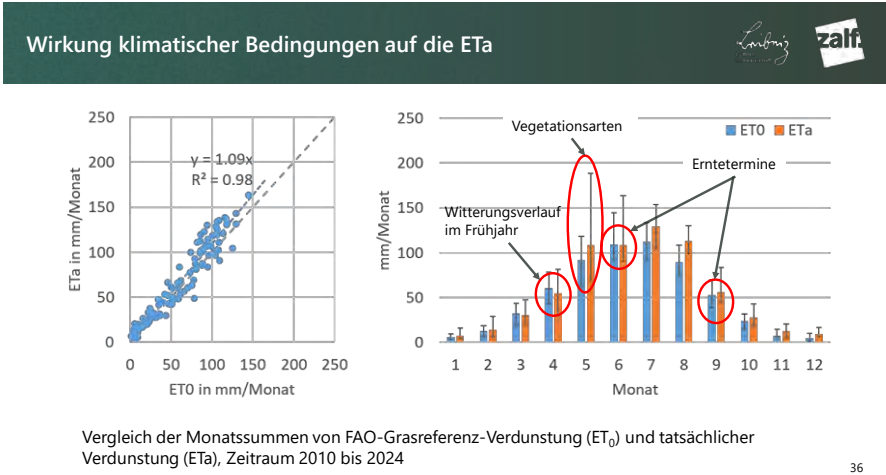
Inhalt		Leibniz Zentrum für Agrarlandschaftsforschung ZALF
1.	Einleitung	
2.	Wasserhaushalt grundwassernaher Standorte und Messung von Wasserbilanzgrößen mit wägbaren Grundwasser-Lysimetern	
3.	Wassermanagement grundwassernaher Standorte	
4.	Klimatische Veränderungen 1961/1990 vs. 1991/2020	
5.	Auswirkungen klimatischer Veränderungen auf die Verdunstung eines Feuchtgrünland-Standorts im Spreewald	
6.	Auswirkungen unterschiedlicher Grundwassersteuerregime auf die Wasserbilanzgrößen – Flächenwasserspeicher, Verdunstung, Zu-/Abfluss	
7.	Zusammenfassung	

33

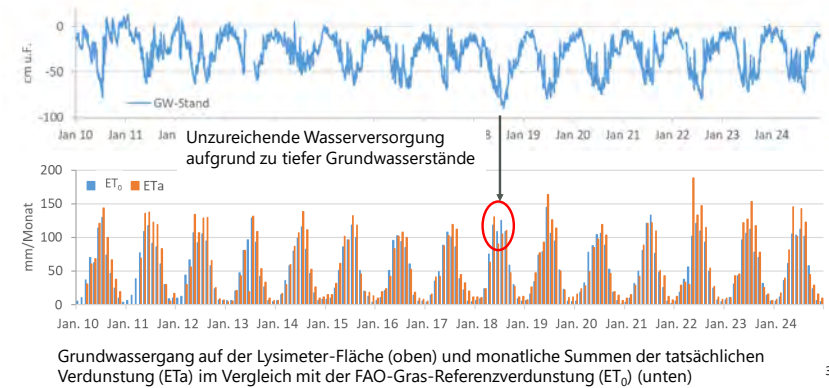


Wirkung klimatischer Bedingungen auf die ETa		Leibniz Zentrum für Agrarlandschaftsforschung ZALF
Var 1: Wasserhaushalt der umgebenden Fläche		
■	Boden und Vegetation im Lysimeter und auf der Fläche sind identisch	
■	Wasserstand im Lysimeter wird nach dem gemessenen GW-Stand der umgebenden Fläche reguliert	
■	Annahme:	
■	Wasserhaushalt von Lysimeter und Fläche sind identisch	
■	Gemessenen Bilanzwerte gelten für den typischen Feuchtgrünland-Standort	

35

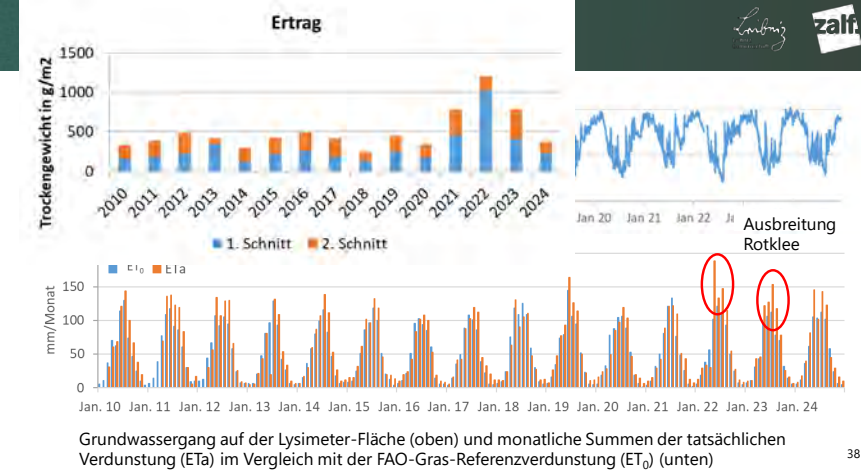


Wirkung von Grundwasserstand und Ertrag auf ETa



Grundwassergang auf der Lysimeter-Fläche (oben) und monatliche Summen der tatsächlichen Verdunstung (ETa) im Vergleich mit der FAO-Gras-Referenzverdunstung (ET₀) (unten)

37



Grundwassergang auf der Lysimeter-Fläche (oben) und monatliche Summen der tatsächlichen Verdunstung (ETa) im Vergleich mit der FAO-Gras-Referenzverdunstung (ET₀) (unten)

38

Wirkung klimatischer Bedingungen auf die ET



Vegetation auf Lysimeter von Variante Var1 im Mai 2015 (links) und Mai 2022 (rechts)

39

Fazit – Wirkung klimatischer Änderungen

- Wirkung klimatischer Bedingungen auf die ETa
- Anstieg der Grasreferenz-Verdunstung führt zu Anstieg der tatsächlichen Verdunstung
 - Ausnahmen bei tiefen GW-Ständen und unzureichender Wasserversorgung der Vegetation auftreten
 - Besondere Bedeutung haben die Temperaturen im Frühjahr für den Beginn der Vegetationsperiode
 - Eingriffe der landwirtschaftlichen Nutzung (Mahd, Vegetationsarten) wirken zusätzlich auf die ETa

Quelle: Dietrich, O., 2024. Auswirkungen von klimatischen Veränderungen und Wassermanagement auf den Wasserhaushalt eines Feuchtgrünland-Standortes. Hydrologie und Wasserbewirtschaftung, 68, Heft 6, S. 314-330, DOI: 10.5675/HyWa_2024.6_1.

40

Inhalt

- 1. Einleitung
- 2. Wasserhaushalt grundwassernaher Standorte und Messung von Wasserbilanzgrößen mit wägbaren Grundwasser-Lysimetern
- 3. Wassermanagement grundwassernaher Standorte
- 4. Klimatische Veränderungen 1961/1990 vs. 1991/2020
- 5. Auswirkungen klimatischer Veränderungen auf die Verdunstung eines Feuchtgrünland-Standorts im Spreewald
- 6. Auswirkungen unterschiedlicher Grundwassersteuerregime auf die Wasserbilanzgrößen – Flächenwasserspeicher, Verdunstung, Zu-/Abfluss
- 7. Zusammenfassung

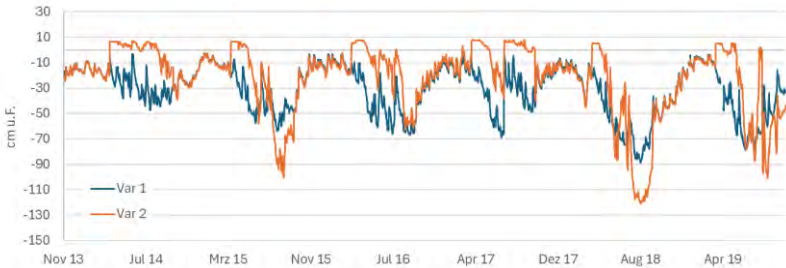
41

Verbesserter Wasserrückhalt durch höhere Winterstauziele

- Var 1: Wasserhaushalt der umgebenden Fläche
- Var 2: erhöhter Winterstau (Untersuchungen bis 10/2019)
- bis 8 cm Überstau bis Mitte April
 - ab 15.4.:
 - Steuerung des Zuflusses nach Messwert Var 1
 - Abfluss wird nur zugelassen, wenn GW_{max} (8 cm Überstau) überschritten wird
 - GW-Gang entwickelt sich in Abhängigkeit der Wasserbilanz

42

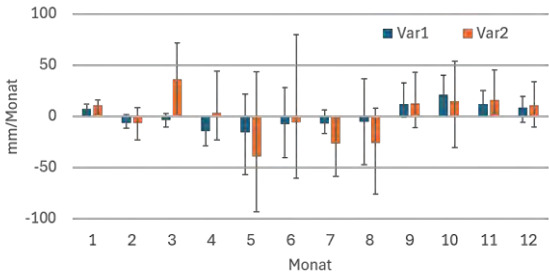
Verbesserter Wasserrückhalt durch höhere Winterstauziele



Grundwassergang der Untersuchungsvarianten mit unterschiedlich hohen Stauzielen im Winter und zeitigen Frühjahr

43

Verbesserter Wasserrückhalt - Wirkung auf ΔS



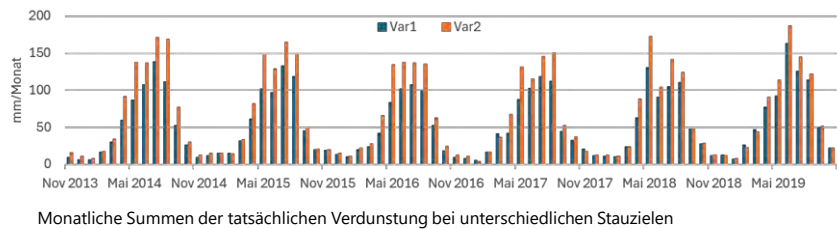
Mittlere monatliche Speicheränderung November 2013 bis Oktober 2019

44

Verbesserter Wasserrückhalt - Wirkung auf ETa

Leibniz

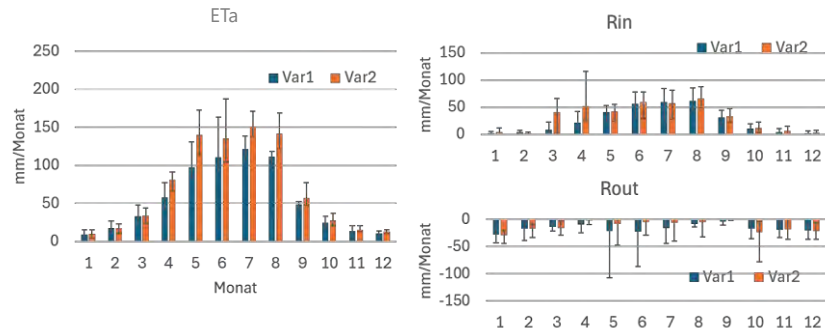
zalf



Verbesserter Wasserrückhalt - Wirkung auf ETa und R

Leibniz

zalf



Verbesserter Wasserrückhalt - Wirkung auf Vegetationsarten

Leibniz

zalf



Verbesserter Wasserrückhalt - Wirkung auf Vegetationsarten

Leibniz

zalf



Verbesserter Wasserrückhalt - Wirkung auf Vegetationsarten



Vegetation auf den Lysimetern der Varianten Var1 (links) und Var2 (rechts) am 9.5.2014

49

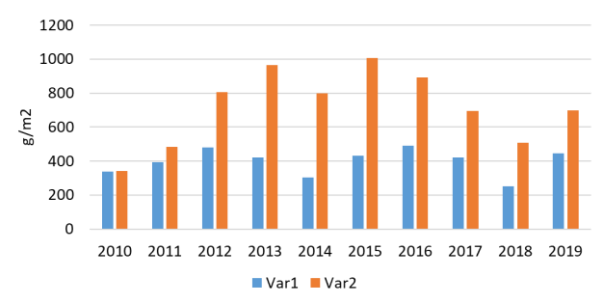
Verbesserter Wasserrückhalt - Wirkung auf Vegetationsarten



Vegetation auf den Lysimetern der Varianten Var1 (links) und Var2 (rechts) am 21.5.2015

50

Verbesserter Wasserrückhalt - Wirkung auf Ertrag



Jahresertrag Trockenmasse der Varianten Var1 und Var2

Fazit – Wirkung von Wassermanagement-Maßnahmen

- Wirkung von Wassermanagement auf die ΔS , ET_a und R
- Höhere Winterstauziele haben den Speicherinhalt in Abhängigkeit der Wasserverfügbarkeit um ~100 mm vergrößert
 - Artenspektrum der Vegetation hat sich verändert → feuchtgebietstypische Vegetation → größere Biomasseentwicklung → höhere ET_a (~160 mm)
 - Weniger Entwässerung in Winter/Frühjahr und nach Starkniederschlägen (~75 mm)
 - Verbessert den Wasserrückhalt, insbesondere in nassen Jahren
 - Hat den Zuflussbedarf in der Vegetationsperiode nicht verringert, insbesondere in trockenen Jahren
 - Verhindert nicht die tiefen Sommer-GW-Stände in trockenen Jahren

Quelle: Dietrich, O., 2024. Auswirkungen von klimatischen Veränderungen und Wassermanagement auf den Wasserhaushalt eines Feuchtgrünland-Standortes. Hydrologie und Wasserbewirtschaftung, 68, Heft 6, S. 314-330, DOI: 10.5675/HyWa_2024.6_1.

52

Zusammenfassung



Klimatische Veränderungen

- Anstieg der potenziellen Verdunstung führt bei gleichen Niederschlagssummen zu größerem Defizit in der klimatischen Wasserbilanz

Wirkung klimatischer Veränderungen auf Wasserhaushalt von gw-nahen Standorten

- Anstieg der aktuellen Verdunstung
- Temperaturentwicklung im Frühjahr hat besondere Bedeutung für die Vegetationsentwicklung und die aktuelle Verdunstung

Wirkung von Wassermanagement-Maßnahmen auf Wasserbilanz

- Höhere Winterstauziele und weniger Entwässerung verbessern den Wasserrückhalt
- Verhindert nicht die tiefen Sommer-GW-Stände in trockenen Jahren
- Zuflüsse aus dem Einzugsgebiet sind zwingend erforderlich, sollen die GW-Stände hoch gehalten werden

53

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit.



Leibniz-Zentrum für
Agrarlandschaftsforschung
(ZALF) e.V.

Ein besonderer Dank geht an die ehemaligen und aktuellen Kollegen Ralph Tauschke, Friedemann Scheibler, Mario Weipert, Niklas Jaenichen, Siegrid Ehlert, Jörg Steidl, Marcus Fahle, Ute Appel, Mariel Davies, Thomas Kaiser, Christoph Merz und Gunnar Lischeid, an die Kollegen des Biosphärenreservats Spreewald Eugen Nowak, Michael Petschick und Nico Heitepriem, an die Kollegen des Wasser- und Bodenverbands „Oberland Calau“ Rainer Schloddarick und Matthias Jank, sowie die Kollegen der Umweltgeräte GmbH Müncheberg Manfred Seyfarth, Bernd Fürst, Maik Beuter, ...

Kontakt: Dr. Ottfried Dietrich, odietrich@zalf.de