Dr. Christian Storm | Fachbereich Biologie der TUD | Schnittspahnstraße 10 |
64287 Darmstadt

TECHNISCHE UNIVERSITÄT DARMSTADT

**Fachbereich Biologie**
**Chemische Pflanzenökologie**

**Dr. Christian Storm**

Schnittspahnstraße 10
64287 Darmstadt

Tel. +49 6151 16 21851
Fax +49 6151 16 20902
storm@bio.tu-darmstadt.de

**Zur „Grundwasserfrage“ im Westwald von Darmstadt**

16.06.2022

Die starken Kronenverlichtungen im Darmstädter Westwald werden immer wieder mit den Grundwasserabsenkungen der vergangenen Jahrzehnte in Verbindung gebracht. Es stellt sich jedoch die Frage, in welchen Teilen des Westwaldes diese bodenphysikalisch überhaupt ursächlich sein können. Inwieweit Grundwasser einen Einfluss auf den Pflanzenbewuchs ausüben kann, ist von eminenter Bedeutung für Ökologie, Land- und Forstwirtschaft - und daher wissenschaftlich **bestens untersucht und bekannt.** Es gibt verschiedene Formen des Wassers im Boden:

1. Gesättigte Zone

In der (wasser)gesättigten Zone haben wir **Grundwasser**. Oberhalb des eigentlichen Grundwasserspiegels bildet sich ein **Kapillarsaum der Höhe $h_k$**. $h_k$ hängt vom Kapillardurchmesser und damit von der Bodenart (Korngröße) ab und ist Tabellenwerken wie der *Bodenkundlichen Kartieranleitung*[1] zu entnehmen. Im für den Westwald typischen sandigen Boden reicht er nur **maximal 1,6 m** weit vom Grundwasserspiegel nach oben. Diese geringe Reichweite ist eine Folge der im Sand vorherrschenden Grobporen. Diese können aus gegebenen physikalischen Gesetzmäßigkeiten nur geringe Saugspannungen (Kapillarkräfte) ausbilden. **Oberhalb dieses Kapillarsaums endet der Grundwassereinfluss**. Auch in dem Werk von Boley[2] steht auf S. 33 der Schlüsselsatz: „*Bei $h > h_k$ ist der Sättigungsgrad näherungsweise konstant*“. Die Oberhöhe dieses Kapillarsaums ist das, was den sogenannten **Grundwasseranschluss** von Wurzeln definiert. Das bedeutet, wenn die Wurzeln diesen erreichen, haben sie eine quasi unerschöpfliche Wasserquelle, da aufgenommenes Wasser vom Grundwasser neu aufsteigt, also nachgeliefert wird.
Oberhalb von $h_k$ besteht jedoch keine Möglichkeit der Wasserversorgung für die Pflanzen. **Wenn der Kapillarsaum des Grundwassers unterhalb des Wurzelbereichs ist, hat eine weitere Absenkung daher keinerlei Einfluss auf den Wasservorrat im durchwurzelten Boden**. In der Bodenkunde hat man deshalb den wichtigen **Begriff des Grenzflurabstandes** definiert = lotrechter Abstand zwischen Geländeoberfläche und Grundwasseroberfläche, bei dem gerade keine Evapotranspiration mehr aus dem Grundwasser stattfinden kann, d. h. die Pflanzen können dieses Wasser nicht mehr nutzen.
Der Grenzflurabstand ergibt sich aus der Addition der kapillaren Steighöhe $h_k$ und der **effektiven Wurzeltiefe** der Pflanzen. Auch diese hängt von der Bodenart ab. Die Abbildung zeigt, dass der Grenzflurabstand b**ei Sandböden etwa 2,5 - 3 m beträgt. Gibt man einen Sicherheitszuschlag hinzu, ist eindeutig klar, dass spätestens ab 5 m das Grundwasser kein ökologisch wirksamer Faktor mehr ist.**

[1] Bodenkundliche Kartieranleitung. Hrsg. von der Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe in Zusammenarbeit mit den Staatlichen Geologischen Diensten. 5. Auflage 2005
[2] Boley, C. (Hrsg.), Handbuch der Geotechnik – Grundlagen – Anwendungen – Praxiserfahrungen, Vieweg + Teubner Verlag | Springer Fachmedien Wiesbaden GmbH 2012

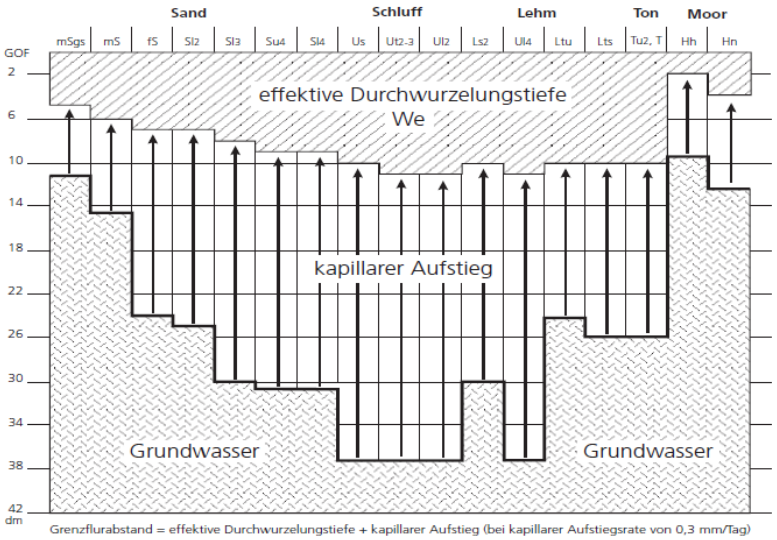



Abb. 1: aus GeoFakten 1, Abb. 4; We-Tabelle s. KA4, S. 313, Tab. 68

https://www.lbeg.niedersachsen.de/download/880

B. In der ungesättigten Zone gibt es:

a) **Haftwasser**. Dieses Wasser wird von den elektrostatischen Adhäsions- und Kapillarkräften des Bodens gehalten. Nach einem Regen kann es einen Maximalwert erreichen (= Feldkapazität) und danach nimmt es langsam ab, weil es von der Bodenoberfläche verdunstet oder von Wurzeln aufgenommen wird. **Haftwasser ist im ganz überwiegenden Teil des Westwalds die entscheidende Wasserquelle für Wurzeln**. Seine Menge hängt von Bodenart, Humusgehalt, Gefüge und anderen Bodenkonstanten ab sowie natürlich von der Witterung und der Entnahme durch Pflanzen und Verdunstung von der Bodenoberfläche. **Es hängt jedoch in keiner Weise vom Grundwasser ab, sofern der Grenzflurabstand überschritten wird**.

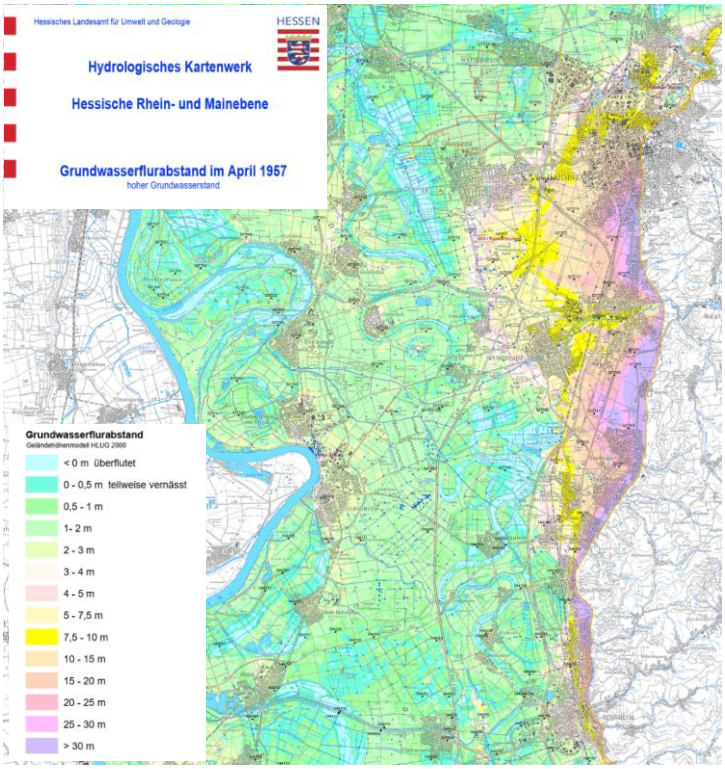
b) **Sickerwasser**. Dieses kann (überwiegend) nicht gegen die Schwerkraft festgehalten werden, sondern sickert nach unten Richtung Grundwasser. Demzufolge ist dieses nur kurzzeitig vorhanden, wenn es geregnet hat. Sickerwasser ist für die Pflanzen zum großen Teil irrelevant, weil es schneller versickert, als es von Wurzeln aufgenommen werden kann. Auch hier gilt jedenfalls: der **Versickerungsvorgang hängt von Bodeneigenschaften und dem Witterungsverlauf ab. Er hängt in keiner Weise vom Grundwasser ab, sofern der Grenzflurabstand überschritten wird**.

Pflanzenwurzeln, die keinen Grundwasseranschluss haben, können demnach nur Haftwasser (genauer: minus Totwasser) nutzen. Wenn es im Sommer dann Dürreperioden gibt, und dieser Vorrat verbraucht ist, leiden die Pflanzen Trockenstress.

Grundwasserstand im Darmstädter Westwald

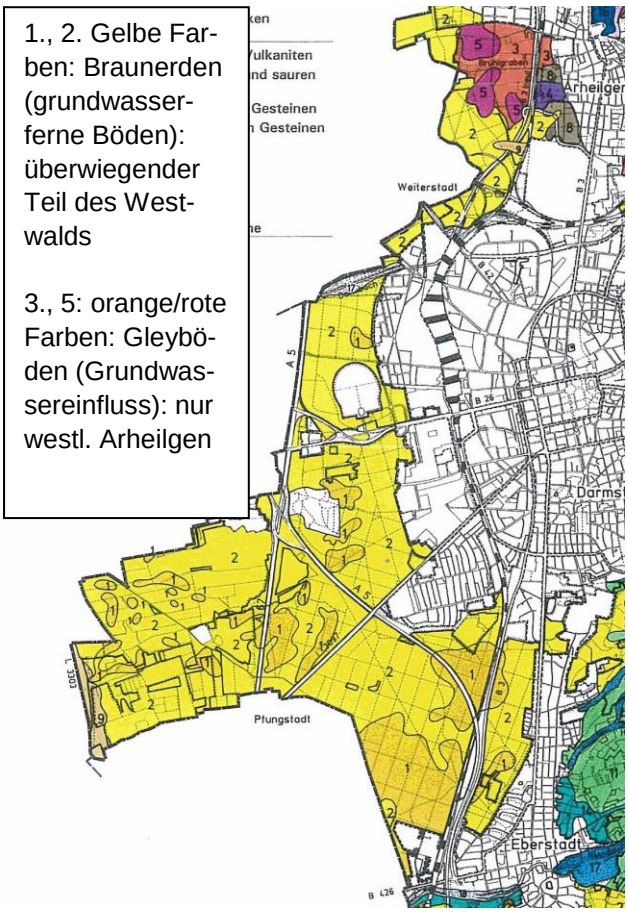
Das hessische Landesamt für Umwelt, Naturschutz und Geologie hat für das Hessische Ried Grundwasserkarten verschiedener Jahre veröffentlicht[3]. Das Jahr 1957 ist davon das früheste. „*Im Frühjahr 1957 stand das Grundwasser in den meisten Gebieten des Hessischen Rieds am höchsten an seit Beginn der Beobachtung vieler Messstellen im Jahr 1950. Annähernd so hohe Grundwasserstände wie im April 1957 gab es bis Ende der 1950er Jahre häufig. Die Karte zeigt, dass es besonders in den tiefliegenden Arealen, den verlandeten Mäandern des frühholozänen Neckars („Altneckar"), den Altrheinarmen, an der Weschnitz und im Schwarzbachgebiet häufig Vernässungen und offene Wasserflächen gab. Größere Entnahmen von Grundwasser gab es in dieser Zeit nur an Standorten ganz im Norden und Süden und im Wasserwerk Eschollbrücken. Die Entnahmen für die landwirtschaftliche Beregnung waren noch nicht von Bedeutung*."

Dieses Jahr ist also als Referenz besonders geeignet. Wie die Karte zeigt, war der Grundwasserstand damals in weiten Teilen des Hessischen Rieds so hoch, dass Bäume Grundwasseranschluss hatten. Das gilt auch für die nördlichsten Teile des Darmstädter Westwalds (Täubcheshöhle, Bereich westlich und nördlich des Waldfriedhofs), wobei hier zusätzlich die Verrieselung von Abwässern zu einem unnatürlich hohen Grundwasserstand beigetragen hat. Diese Praxis wurde Ende der 1950er Jahre eingestellt.
Im weit überwiegenden Teil stand das Grundwasser jedoch bereits damals > 5 m tief, also außerhalb der Erreichbarkeit der Wurzeln (beige und gelbe Farben in der Karte).




[3] https://www.hlnug.de/fileadmin/img_content/wasser/grundwasser/grundwasserkarten/ried_57_apr_fl.pdf

Bestätigung findet diese Beschreibung in der Bodentypenkarte im Landschaftsplan.




Dies ergibt sich auch aus frühen vegetationsökologischen Beschreibungen (1940er Jahre[4]). **Grundwassereinfluss kann man an den Pflanzen des Waldunterwuchses (z. B. Pfeifengras) ablesen (Bioindikation) und genau diese Grundwasserzeiger fehlten damals schon im Westwald** (außer in den o.g. nördlichsten Teilen). Ganz im Gegenteil ist der **Westwald als sehr trockenes Gebiet bekannt** gewesen und deshalb ist die natürliche Waldgesellschaft ein Eichenmischwald, kleinflächig auf Dünen sogar mit natürlichen Kiefernbeimischungen. Solche Bestände gibt es nur an extrem trockenen Standorten, weil diese Baumart konkurrenzschwach ist und sich sonst die Rotbuche durchgesetzt hätte. Das Gebiet des Darmstädter Sandes ist Teil eines größeren, international bekannten Trockengebietes der nördlichen Oberrheinebene. Diese durch die Geologie (Sandboden) bedingte Trockenheit wird nun allerdings in der Klimakrise fatal.

[4] Knapp, R. (1946): Wälder und Landschaften der nördlichen Oberrheinebene; Knapp, R. Die Pflanzengesellschaften der Wälder Hessens

Grundwassersenkung und Baumschäden

Bei der Diskussion der Baumschäden muss man aufgrund der o.g. Sachverhalte **Standorte, die früher Grundwasseranschluss hatten (z. B. Jägersburger Wald, kleine Teile des Darmstädter Westwalds nördlich des Waldfriedhofs, bes. Täubcheshöhle)** und solche, die diesen nicht hatten, unterscheiden. Bei ersteren sind unbestritten Baumschäden durch Grundwasserabsenkung entstanden a) weil die Bäume Grundwasserzugang gewohnt waren und ihn plötzlich verloren haben und b) weil Grundwasser in Dürrezeiten natürlich immer eine gute Zusatzquelle ist (s.o.). Deswegen zeigten sich hier schon früh intensive Baumschäden. **In den genannten Gebieten ist tatsächlich die Grundwassersenkung die Hauptursache für die Baumschäden**. Dies konnte in langen Prozessen geklärt und die Schäden abgegolten werden. Natürlich liegt die Versuchung nahe, ein solches Erfolgsmodell auf andere Gebiete zu übertragen. So einfach das klingt, so problematisch ist das. Wenn schon vor den gesteigerten Grundwasserentnahmen dieses unterhalb des Grenzflurabstands stand, hat eine weitere Absenkung keinen nachteiligen Effekt.

Der Darmstädter **Waldzustandsbericht von 2021**[5] zeigt im Westwald tendenziell die stärkeren aktuellen Schäden im südlichen Teil, in dem Grundwasserabsenkung nicht ursächlich sein kann.

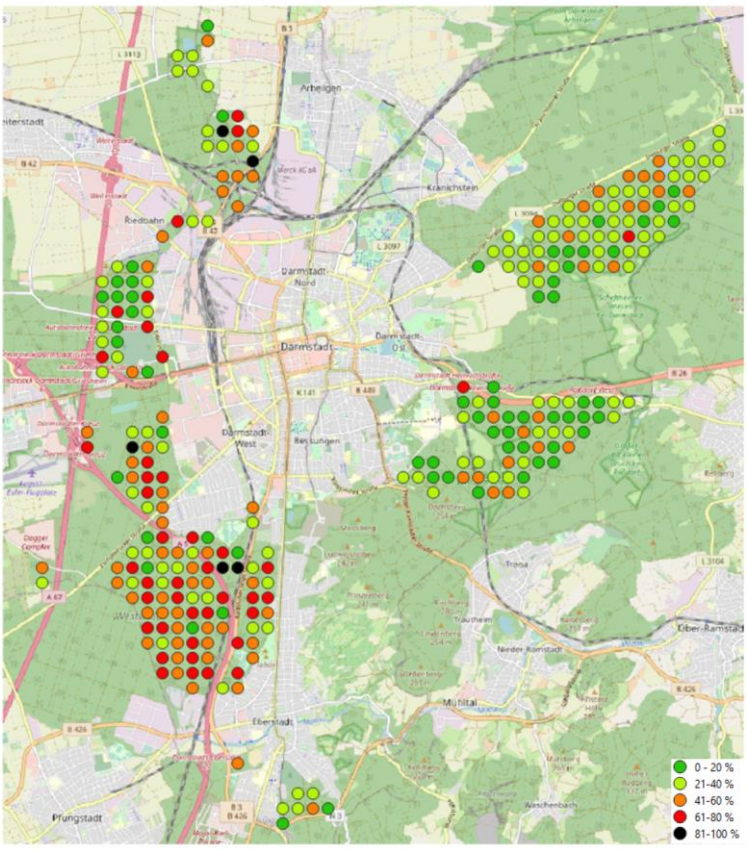



Abb. 10: Mittlerer Nadel-/Blattverlust der Stichprobenpunkte in Prozent

[5] https://www.darmstadt.de/fileadmin/PDF-Rubriken/Leben_in_Darmstadt/Stadtgruen/Forsten__Biotopschutz__Stadtbaeume/WZB_DA_2021_Stand_10.01.2022__final.pdf

TECHNISCHE UNIVERSITÄT DARMSTADT

Ursachen von Baumschäden

Wenn aber die Grundwassersenkungen die Baumschäden nicht verursacht haben, wieso gibt es diese dann? Zunächst ist festzuhalten: Allein **aus dem Auftreten von Trockenschäden an Bäumen kann man nicht auf deren Ursache schließen**. Trockenstress kann u. a. auch bewirkt werden durch:

- zunehmend wärmere und niederschlagsarme Perioden (Klimakrise),
- sandige und humusarme Böden (beides senkt die Feldkapazität),
- Bodenverdichtungen (Befahrung der Waldböden mit schweren Forstmaschinen),
- Nadelbaumanpflanzungen, z. B. Wald-Kiefer (die höhere Interzeptionsverluste im Winter bewirken[6]),
- gestörtes Waldinnenklima (durch vielfache Zerschneidungen und Randeffekte, überhöhte Wegedichten, auch durch forstliche Maßnahmen),
- zu geringe Totholzanteile durch forstliche Nutzung und damit Verlust von Wasserspeicherkapazitäten im Ökosystem,
- ungeeignete Herkünfte der Baumarten (im Westwald wurde z. T. Moorkiefern gepflanzt),
- Stickstoffdeposition, die das Baumwachstum so anregt, dass sie zu viele transpirierende Blätter/Nadeln gebildet werden (im Vergleich zur Wurzelmasse),
- Ozon, das die Blatttranspirationsregulation schädigt,
- Schäden an der Mycorrhiza, die für die Wasseraufnahme unverzichtbar ist.

**Viele von den hier genannten Faktoren liegen im Westwald vor. In Kombination verstärken sie sich gegenseitig und erklären die beobachteten Schäden bereits hinreichend**. Es ist vordringlich diese Probleme zu lösen. Entsprechende Vorschläge macht der Bericht des Darmstädter Runden Tischs Wald[7].

Es ist sicher hilfreich, auch einmal über den Darmstädter Tellerrand hinaus zu blicken und sich zu vergegenwärtigen, dass es **Kronenverlichtungen in ganz Deutschland seit den 1980er Jahren gibt,** weil die o.g. Faktoren großräumig auftreten (im Gegensatz zu den Grundwasserabsenkungen), wenn auch selten so stark kombiniert, was wiederum das Schadensausmaß im Darmstädter Westwald erklären kann. Dieses ist aber auch anderen Orten der Rheinebene zu finden, wie der Waldmonitor[8] zeigt.

gez. Dr. Christian Storm

[6] Hessisches Ministerium für Umwelt, Landwirtschaft und Forsten (Hrsg.) (1999): Gefährdung der Wälder im Rhein-Main-Gebiet. Mitteilungen der Hessischen Landesforstverwaltung 35.

[7] https://www.darmstadt.de/nachrichten/darmstadt-aktuell/news/wissenschaftsstadt-darmstadt-legt-bericht-des-runden-tisch-wald-buergerbefragung-zum-stadtwald-und-waldzustandsbericht-2020-vor

[8] https://map3d.remote-sensing-solutions.de/waldmonitor-deutschland/