

Wasserhaushalt von Industriebrachen am Beispiel des Schachtgeländes Friedrich Thyssen 4/8 in Duisburg

Johannes Meßer

Zusammenfassung

Industriebrachen sind Extremstandorte in Bezug auf die (Oberflächen-) Temperatur und den Wasserhaushalt. Mit Hilfe einer Bodenwasserhaushaltsbilanzierung mittels BOWAHALD wird der langjährige Trend der Wasserhaushaltsgrößen Niederschlag, Verdunstung und Grundwasser-Neubildung, die innerjährliche Situation und der Bodenwassergehalt über die Zeit und die Tiefe visualisiert. Insbesondere die Wuchsbedingungen in den vergangenen Trockenjahren können am Beispiel des Schachtgeländes Friedrich Thyssen 4/8 in Duisburg nachvollzogen werden. Grundlegend sind dabei die Kenntnisse über die bodenkundlichen Kenndaten der technogenen Rohböden.

Einleitung

Die Vegetation auf Industriebrachen ist verschiedenen Stressfaktoren ausgesetzt. Neben der außerordentlichen Hitze durch hohe Bodentemperaturen aufgrund der dunklen Substrate im Sommer ist dies vor allem die daraus resultierende geringe Wasserverfügbarkeit. Der Trockenstress wird dabei noch durch das oft geringe Wasserhaltevermögen der industriellen Böden verschärft. Vor diesem Hintergrund ist es oftmals verwunderlich, wie die Pflanzen in Trockenzeiten auf diesen Böden wachsen und zur Blüte kommen können. Im vorliegenden Beitrag soll der Frage nachgegangen werden, wie sich der Wasserhaushalt einer Industriebrache im Jahresverlauf darstellt. Dabei werden insbesondere die trockenen Sommer der letzten Jahre (2018-2020) vergleichend betrachtet. Da für das Schachtgelände Friedrich Thyssen 4/8 belastbare bodenkundliche und vegetationskundliche Untersuchungen vorliegen (Scholz 2013), können hier Wasserhaushaltsmodellierungen durchgeführt werden. Darüber hinaus ist das Gebiet prädestiniert, da sich hier ein Mosaik verschiedener Vegetationsbestände befindet, die betrachtet werden können.

Das Gelände des Schachtes Friedrich Thyssen 4/8, wo an den beiden Schächten 4 und 8 bis 1959 Steinkohle gefördert wurde, befindet sich im Westen des Landschaftsparks Duisburg-Nord, westlich der Autobahn BAB A59. Das ca. 17 ha große Gelände wird im Süden, Westen und Norden von Gleistrassen privater Betreiber begrenzt. Am Ostrand befindet sich die Hamborner Straße (Abb. 3). Im Norden befindet sich ein Möbelmarkt und im Westen und Süden Freiflächen mit Gehölzen.

Vorgehensweise und Methodik

Die Grundlagendaten zu den Böden stammen von SCHOLZ (2013) und zur Vegetation von Scholz et al. (2018). In Bezug auf die Böden wurde an 20 Standorten Grabungen gemacht und die erforderlichen Daten für eine Wasserhaushaltsbetrachtung gewonnen (Kornzusammensetzung, Skelettanteil, Lagerungsdichte, effektive Wurzeltiefe, nutzbare Feldkapazität, Feldkapazität u.a.). Auch die Vegetation wurde innerhalb dieser Untersuchungen aufgenommen, so dass deren Artenzusammensetzung und die Deckungsgrade für Wasserhaushaltsmodellierungen verfügbar sind.

Mit Hilfe dieser Grundlagendaten, den verfügbaren Klimadaten (DWD Station Düsseldorf) wurden Bodenwasserhaushaltsmodelle mit BOWAHALD (DUNGER 2017) aufgebaut und Berechnungen über 30 Jahre (1991 bis 2020) auf Tagesbasis durchgeführt. Auf eine Korrektur der Klimadaten, z.B. zur Anpassung an die trockenen und heißeren Offenlandstandorte auf dem Schachtgelände 4/8 wurde verzichtet, da konkrete Angaben zu den Differenzen nicht ableitbar waren. Innerhalb der Modellberechnungen wurde die Vegetationszusammensetzung und die Bodenparameter variiert. Im Ergebnis können für verschiedene klimatische Verhältnisse aus der Zeitreihe Jahre zum Vergleich herausgegriffen werden. Besondere Beachtung finden dabei die Trockenjahre seit 2016.

Abb. 1 zeigt die langjährige Reihe der Monatsmittel bzw. -summe von Niederschlag, Temperatur und Sonnenscheindauer. Die Trendlinie (linearer Trend) zeigt in den vergangenen 30 Jahren steigende Monatsmitteltemperaturen, leicht steigende Monatssummen der Sonnenscheindauer und zurückgehende Niederschläge.

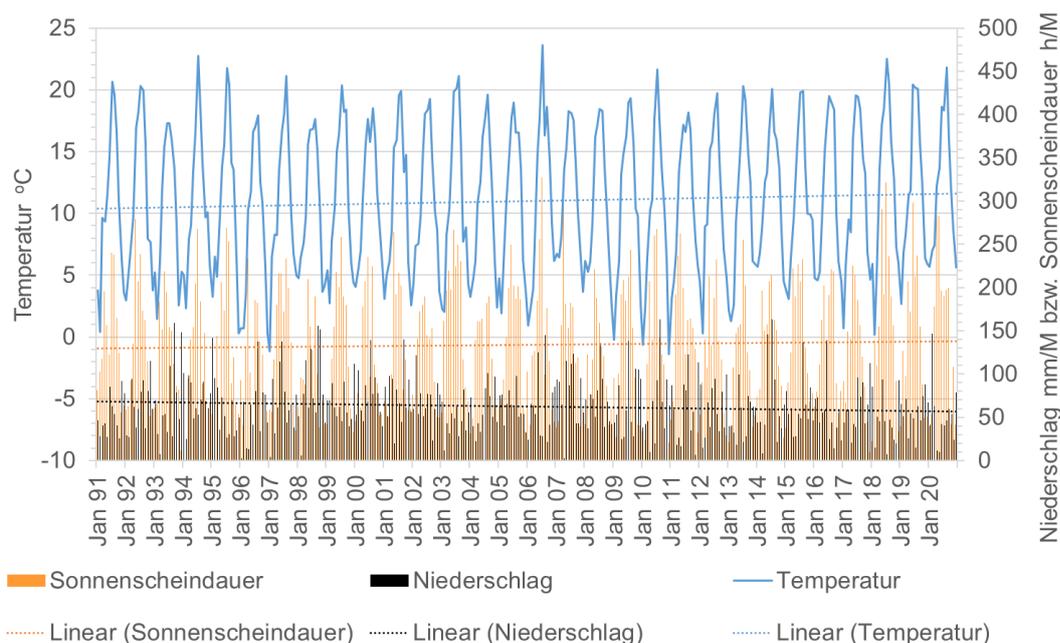


Abb. 1: Niederschlag, Lufttemperatur und Sonnenscheindauer Klimastation Düsseldorf 1991 bis 2020

Urbane Böden

Eine Darstellung urbaner Böden des Ruhrgebiets findet sich bei KASIELKE & BUCH (2011). Je nach Ausgangssubstrat wird nach Böden aus umgelagerten natürlichen Substraten (Sand, Schluff u.a.), aus Bergematerial / Kohle, Gleisschottern (Basalt- oder Kalksteinbruch), technogenen Substraten (Bauschutt, Asche, Hochofenschlacke, Koks) oder Bodenbildungen auf versiegelten Flächen unterschieden. In der Regel besitzen sie nur geringe Humusaufgaben, so dass sie bei <2 cm über Lockergesteine als Lockersyroseme und bei >2 cm über Lockergestein als Regosol (carbonatfrei) bzw. Pararendzina (carbonathaltig) bezeichnet werden. Bei humoser Auflage >2 cm über Festgestein sind es dann Ranker (carbonatfrei) bzw. Rendzina (carbonathaltig). Bei mächtigen Humusansammlungen >40 cm vor allem durch gärtnerische Nutzung bzw. Umlagerung werden die Böden als Hortisole eingestuft. Die Bezeichnung des Bodens setzt sich aus dem Bodentyp und dem Material des C-Horizontes zusammen: z.B. Regosol aus Steinkohlenberge, Techno-Ranker oder Pararendzina aus Bauschutt. Eine weitere Besonderheit stellen technogen veränderte natürliche Substrate wie Gießereisande oder auch Schlämme dar.

Auf dem Schachtgelände 4/8 kommen vor allem Böden aus Koks (ehemalige Kokshaldenfläche), Bauschutt (Abbruch der Bergwerksgebäude) und Bergematerial des Steinkohlebergbaus vor. Schlackeböden sind dagegen nur untergeordnet in Gleisbereichen vertreten und eher östlich des Geländes im Landschaftspark Duisburg-Nord (Hüttenwerk) vertreten. Es handelt sich somit vor allem um Lockersyroseme (Pionierflächen) und Regosole auf Bergematerial bzw. Bauschutt bzw. Techno-Lockersyroseme bzw. -Regosole auf Koks (Abb. 2). In Randbereichen sind Hortisole aus ehemaliger Gartennutzung bzw. Anschüttung organischer Böden über natürlichem Untergrund aus Feinsand (Südosten) vorhanden. Umgelagerte natürliche Substrate wie Sande und Lehme sind wie die Schlacken in diesem Teil des Landschaftsparks gering vertreten.



Abb. 2: Techno-Lockersyrosem aus Bauschutt (links) und Koks (rechts) mit sehr geringer Humusaufgabe (Fotos 2021)

Bodenkennwerte und Aufbau des Modells

Tab. 1 enthält eine Zusammenstellung der im Bereich der Pionierflächen festgestellten Bodenparameter im durchwurzelten Bereich (bis 0,3 m Tiefe). Die Bodenkennwerte sind repräsentativ für flachgründige Ablagerungen des Bergbaus (Bergematerial, Koks), z.T. der Stahlindustrie (Schlacke) und diverser Nutzungen (Bauschutt). Für die Waldbestände liegen keine Erkenntnisse im Hinblick auf die effektive Wurzeltiefe und die Humusaufgabe vor, so dass hier ergänzende Erkenntnisse gesammelt werden mussten. Hortisole wurden auf dem Gelände ebenfalls nicht untersucht.

Tab. 1: Bodenkennwerte der Industrieböden auf dem Gelände des Schachtes Friedrich Thyssen 4/8 in Duisburg (zusammengefasst nach SCHOLZ 2013, in Klammern Anzahl der Standorte)

Boden	Bodenart	Skelettanteil	K _r -Wert m/d	Lagerungsdichte	nFK % / FK %	Wurzeltiefe
Bauschuttboden (5)	SI2-4 - lehmiger Sand	30-60 %	2-8	(mittel-) sehr gering	15-20 / 22-35	(10-)15-30 cm
Bauschutt-Industrieboden (5)	SI2-3 - lehmiger Sand	30-40 %	3-5	(gering-) sehr gering	15-20 / 22-30	10-15 (-30) cm
Berge-Bauschuttboden (1)	Lt2 - schwach toniger Lehm	40-60 %	3-5	sehr gering	15-20 / 22-35	15-30 cm
Berge-Koksboden (3)	Ls3, SI4 - stark lehmiger Sand bis sandiger Lehm	40-60 %	5-7 (-25)	sehr gering	6-14 / 30-36	(10-)15-30 cm
Koks-Rostaschenboden (3)	Su2, SI2 - schwach schluffiger/lehmiger Sand	30-60 %	12-15	sehr gering	15-20 / 22-30	15-30 cm
Koks-Schlackeboden (1)	SI2 - schwach lehmiger Sand	40-60 %	10-15	sehr gering	15-20 / 22-30	10-15 cm
Koksboden (2)	SI4 - stark lehmiger Sand	40-60 %	10-15	sehr gering	15-20 / 30-35	10-15 cm

Bei den Untersuchungen von SCHOLZ (2013) wurde nur der durchwurzelte Bereich untersucht, da im Winter lokal Überstauungen auftreten (z.B. ehemalige Kokslagerfläche), diese aber bei den in Tab. 1 genannten Bodenkennwerten nicht plausibel auftreten können, sind in tieferen Schichten Verdichtungen, höhere Anteile gering durchlässiger Bodenarten oder Fundamente der ehemaligen Gebäude lokal zu erwarten.

Die Böden auf den Pionierflächen besitzen einen hohen Skelettanteil und sind in Bezug auf die Bodenart als Grus anzusprechen, der in den Zwischenräumen mit lehmigem Sand bis sandigem Lehm gefüllt ist. Die Wurzeltiefe beträgt nach SCHOLZ (2013) dort ca. 15 cm, die Lagerungsdichte ist in diesem Bereich sehr gering. Die Durchlässigkeit ist mit 10^{-4} m/s (sandiger Grus) bis 10^{-5} m/s (lehmiger Grus) relativ hoch. Nach eigenen Beobachtungen in den Weiden-Birken-Vorwäldern (auf Koksboden) reicht sie dort mit ca. 35 cm etwas tiefer. Auch die nutzbare Feldkapazität kann als relativ einheitlich mit 15 % bis 20 % angesetzt werden.

Vegetation

Etwa zwei Drittel der Fläche machen urbanen Industriebwald, größtenteils Birken-Weiden-Vorwälder, aus und ein Drittel offene Pionierbrachen (Abb. 3). Das Gelände gilt mit 313 Gefäßpflanzenarten als sehr artenreich, wenngleich hierbei ein hoher Anteil Neophyten enthalten ist (SCHOLZ et al. 2018).

Die Birken-Weiden-Vorwälder sind 40 bis 50 Jahre alt und deutlich aus dem Initialstadium heraus. Birke (*Betula pendula*), Sal-Weide (*Salix caprea*), Hybrid-Pappel (*Populus maximo-wiczii*-Hybridkomplex) und Zitter-Pappel (*Populus tremula*) bilden in der Baumschicht noch die Hauptbaumarten, aber zwischenzeitlich sind weitere Arten wie Ahorne (*Acer campestre*, *A. platanus*, *A. pseudoplatanus*) und Späte Traubenkirsche (*Prunus serotina*) hinzugekommen. In der Strauchschicht dominierten in der Vergangenheit Schwarzer Holunder (*Sambucus nigra*), Weißdorn (*Crataegus spec.*) und Schmetterlingsstrauch (*Buddleija davidii*). Zwischenzeitlich haben sich auch hier die o.g. Baumarten etabliert sowie weitere Straucharten wie Hasel (*Corylus avellana*), Hartriegel (*Cornus spec.*), Mehlbeere (*Sorbus spec.*), Heckenkirsche (*Lonicera spec.*) u.a. In der Krautschicht kommen vor allem Brennnessel (*Urtica dioica*), Brombeere (*Rubus fruticosus* agg.) und Wurmfarne (*Dryopteris filix-mas*) vor, daneben u.a. Japanischer Knöterich (*Fallopia japonica*), Zwergholunder (*Sambucus ebulus*) und weitere Arten, die auf den offenen Pionierflächen ihren Schwerpunkt haben. Die vorgenannte Aufzählung der Arten soll nur die Charakterarten hervorheben.

Durch regelmäßige Pflegemaßnahmen wird die Sukzession zurückgeworfen und invasive Arten (z.B. *Fallopia japonica*) werden zurückgedrängt. Auch die Pionierflächen können hier nicht erschöpfend mit ihrer Vielzahl an Pflanzenarten beschrieben werden. Auf 20 floristischen Aufnahmeflächen mit einer Gesamtfläche von 630 m² wurden 151 verschiedene Gefäßpflanzenarten (SCHOLZ et al. 2018) nachgewiesen. Dabei waren Arten der Pionierstadien, Hochstaudenfluren, Goldrutenfluren und Magerwiesen. Einen großen Teil nehmen Natterkopf-Johanniskraut-Greiskraut-Fluren (*Echium vulgare*, *Hypericum perforatum*, *Senecio inaequidens*) mit weiteren Trockenheitszeigern ein. Bei fortgeschrittener Sukzession entstehen Hochstaudenfluren vor allem mit Disteln, Goldruten (*Solidago gigantea*), mehreren Königskerzenarten (*Verbascum spec.*), Nachtkerzen (*Oenothera spec.*) und Wilder Karde (*Dipsacus fullonum*) sowie verschiedenen Gräsern. An Gehölzen sind der Schmetterlingsstrauch (*Buddleija davidii*), Rosen (*Rosa spec.*), Brombeere (*Rubus fruticosus* agg.) und Weißdorn (*Crataegus spec.*) auch in diesem Bereich vertreten.

Im Weiteren wurden die Berechnungen getrennt für Birken-Weiden-Vorwälder (unterschiedlichen Alters), Pionierfluren (unterschiedliche Deckungsgrade) und Hochstaudenfluren (mit und ohne Magerkeitszeiger) sowie Mischungen dieser drei Sukzessionsstadien durchgeführt.



Abb. 3: Luftbild des Schachtgeländes Friedrich Thyssen 4/8 (Geobasisdaten NRW)

Ergebnisse

Gemäß der Wasserhaushaltsgleichung entspricht der Niederschlag eines Gebietes im langjährigen Mittel der Verdunstung und dem Abfluss. Beim Abfluss unterscheidet man den oberirdischen vom unterirdischen Abfluss. Da auf der Industriebrache die Flächen eben und die Böden relativ durchlässig sind, kann der oberirdische Abfluss ausgeschlossen werden. Im Winter kann sich lediglich in Mulden an der Geländeoberfläche Wasser sammeln, das anschließend verdunstet oder verzögert versickert. Der langjährig mittlere Niederschlag beträgt 750 mm/a (1991-2020). Die langjährig mittlere Verdunstung bei einem älteren Vorwald beträgt 445 mm/a (59 % des Niederschlags) und die Grundwasserneubildung (entspricht Sickerwasser) 305 mm/a (41 % des Niederschlags). Wegen der geringeren Verdunstung nimmt die Grundwasserneubildung bis zur vegetationslosen Fläche bis auf 436 mm/a zu (siehe unten).

In Abb. 4 sind die drei Wasserhaushaltsgrößen Niederschlag, Verdunstung und Grundwasserneubildung im Jahresmittel der Jahre 1991-2020 für einen älteren Vorwald dargestellt. Die Trendlinien für alle drei zeigen eine deutlich fallende Tendenz innerhalb der vergangenen 30 Jahre, wobei die Abnahme der Niederschläge mit über 100 mm am deutlichsten ausfällt. Da mit geringer werdenden Niederschlägen insbesondere im Sommer durch die austrocknenden Böden die Verdunstung nicht gleich bleibt, sondern begrenzt wird, weist die Grundwasserneubildung einen geringeren negativen Trend auf als der Niederschlag. Die

Schwankungsbreite der Verdunstung ist deutlich geringer als die der anderen Wasserhaushaltsgrößen. Auffällig hohe Werte für alle Wasserhaushaltsgrößen treten 1998 und 2007 auf (Nassjahre). Seit 2007 nehmen die Niederschläge deutlich ab. Da sie vor allem im Sommerhalbjahr fehlen, nimmt auch die Verdunstung ab. Das Jahr 2020 ist das Jahr mit der geringsten Verdunstung, da das Sommerhalbjahr außergewöhnlich trocken war. Dies gilt neben den Vorwäldern auch für vegetationslose Flächen und Pioniervegetation.

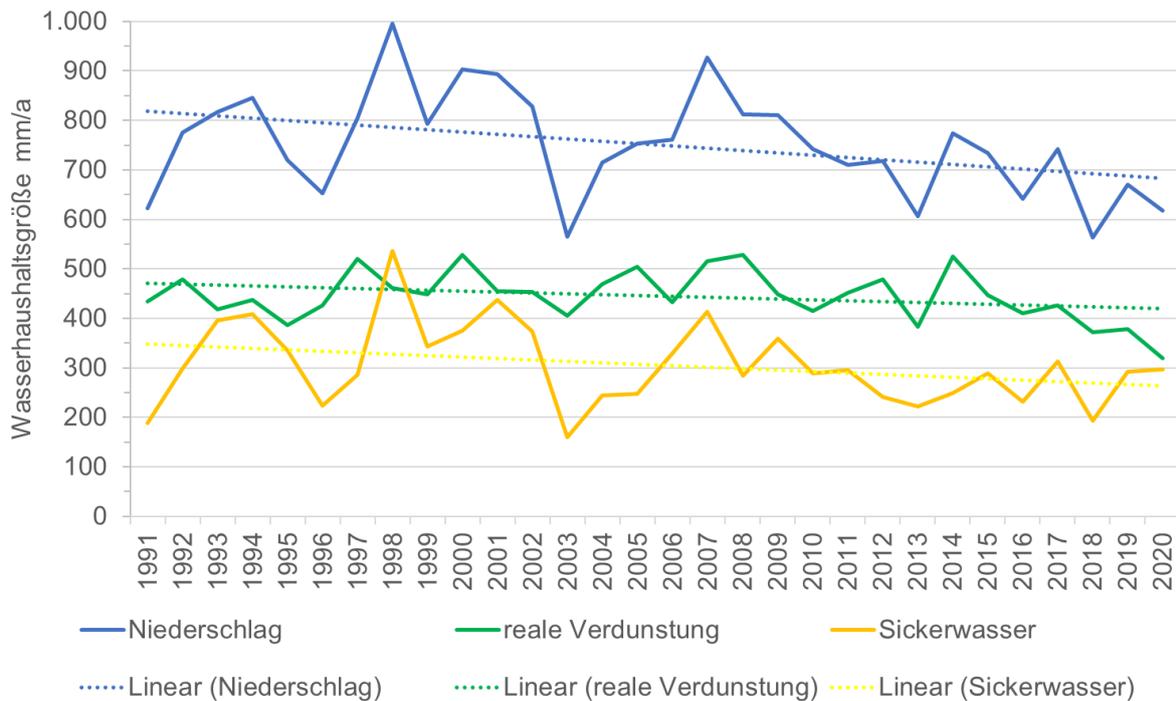


Abb. 4: Wasserhaushaltsgrößen für einen 40 bis 50 Jahre alten Vorwald (Klimadaten Station Düsseldorf 1991-2020)

In Abb. 5 ist neben einem Luftbild die flächendifferenzierte Grundwasserneubildung für den Landschaftspark Duisburg-Nord und das Umfeld dargestellt. Hohe Grundwasserneubildungsraten treten auf unbewachsenen Güterbahnhofsflächen und offenen Industriebrachen, wie z.B. dem nördlichen Teil des Schachtgeländes 4/8 (Pionierflächen) auf. Sehr geringe Grundwasserneubildungsraten dominieren in bebauten Gebieten (siehe auch MEßER 2013). Somit stellen Industriebrachen häufig „Hot Spots“ der Grundwasserneubildung im urbanen Raum dar, ähnlich wie Ackerflächen.

Deckungsgrad und Höhe der Vegetation wirken sich deutlich auf die Verdunstung aus. Im Vergleich zu vegetationslosen Flächen nimmt die Verdunstung mit steigendem Deckungsgrad zu (Abb. 6). Bei Hochstaudenfluren und jungen Vorwaldstadien ist sie etwa gleich hoch und bei älteren Vorwaldstadien noch einmal deutlich höher. Da die Wasserverfügbarkeit im Sommer bei nennenswerten Lehmantilen besser ist als bei sandigen Böden, ist auch die Verdunstung bei ersteren etwas höher.

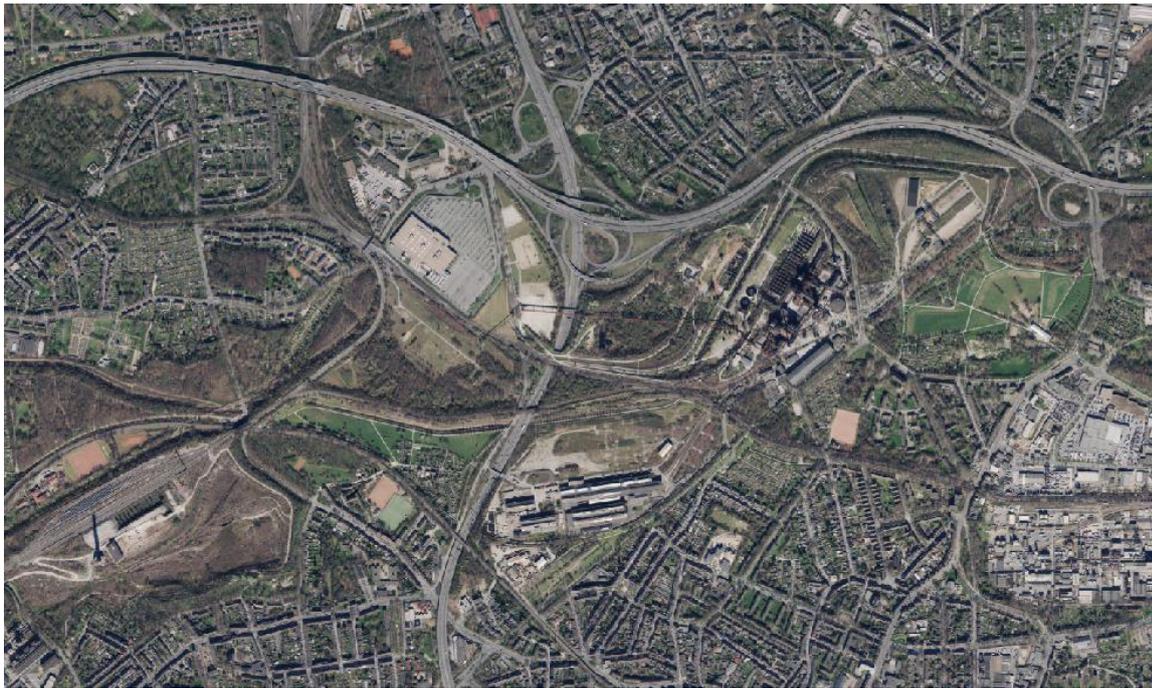


Abb. 5: Luftbild (oben) und flächendifferenzierte Grundwasserneubildung (Mittel 1989-2018), MEßER 2019

Entscheidend für die Vegetation ist die Wasserverfügbarkeit in den Sommermonaten. Trocknet der Boden im Bereich der Wurzelzone, die bei der Vegetation auf Industriebrachen sehr gering ist, in der Vegetationszeit aus, erreicht der Bodenwassergehalt den Welkepunkt und die Pflanzen erleiden sichtbaren Wassermangel (Vitalitätseinbruch). Mit Hilfe des Bodenwasserhaushaltsmodells können die Bodenwassergehalte in den einzelnen Schichten im Jahresverlauf dargestellt werden. Abb. 7 zeigt den Jahresverlauf bei mittleren Verhältnissen (2011) und in einem Trockenjahr (2020).

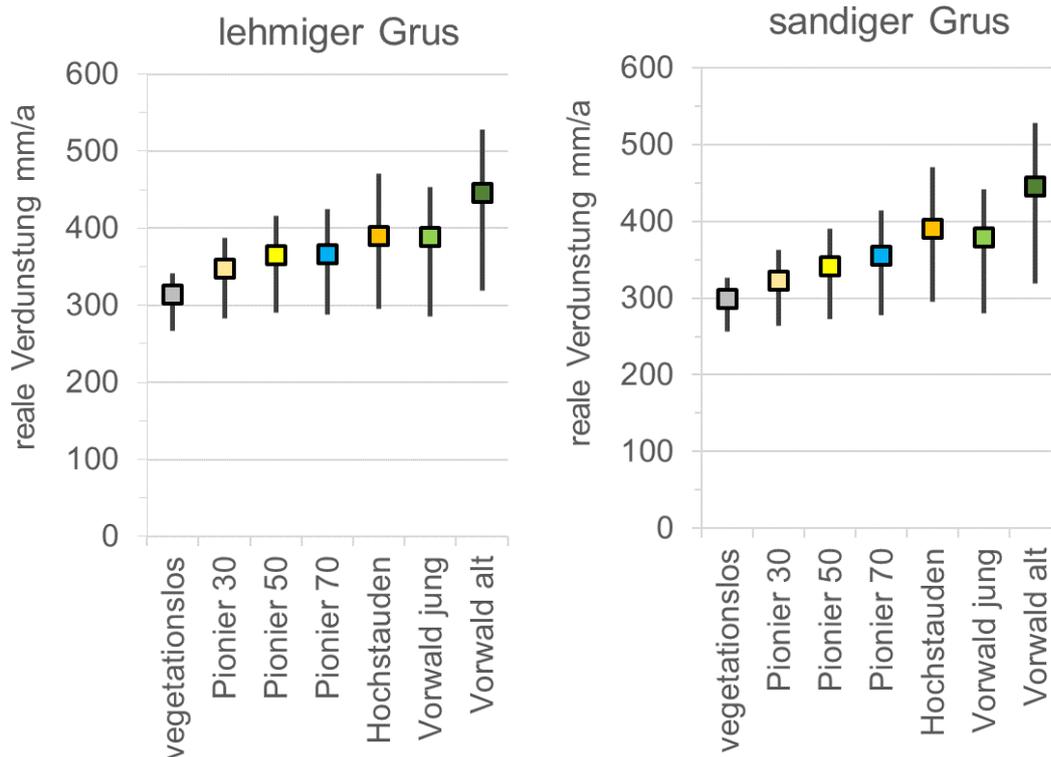


Abb. 6: Reale Verdunstung in Abhängigkeit von der Vegetation und dem Boden (langjähriger Mittelwert und Spanne)

Das mittlere Jahr (2011) ist gekennzeichnet durch eine Frühjahrstrockenheit, worauf ab Anfang Juni ein relativ feuchter Sommer folgt. Die oberste Bodenschicht wird über den Sommer mehrfach aufgefüllt, erst im Oktober kommt es wieder zu einer Austrocknung. Zu diesem Zeitpunkt ist die Verdunstungsleistung der Pflanzen bereits wieder abnehmend. Die darunter befindlichen Bodenschichten trocknen im Frühjahr von oben nach unten aus. Während bis Juni der Horizont von 0,1 m bis 0,2 m Tiefe bis zum Welkepunkt austrocknet, sinkt der Bodenwassergehalt bei den darunter liegenden Schichten bis 0,4 m nur moderat ab. In größerer Tiefe bleibt der Wassergehalt konstant, auch bei Ausschöpfung der Kapillarkräfte erreichen die Wurzeln das Wasser dort nicht. Mit den ergiebigen Niederschlägen Anfang Juni werden auch die Schichten von 0,1 m bis 0,4 m schnell aufgefüllt.

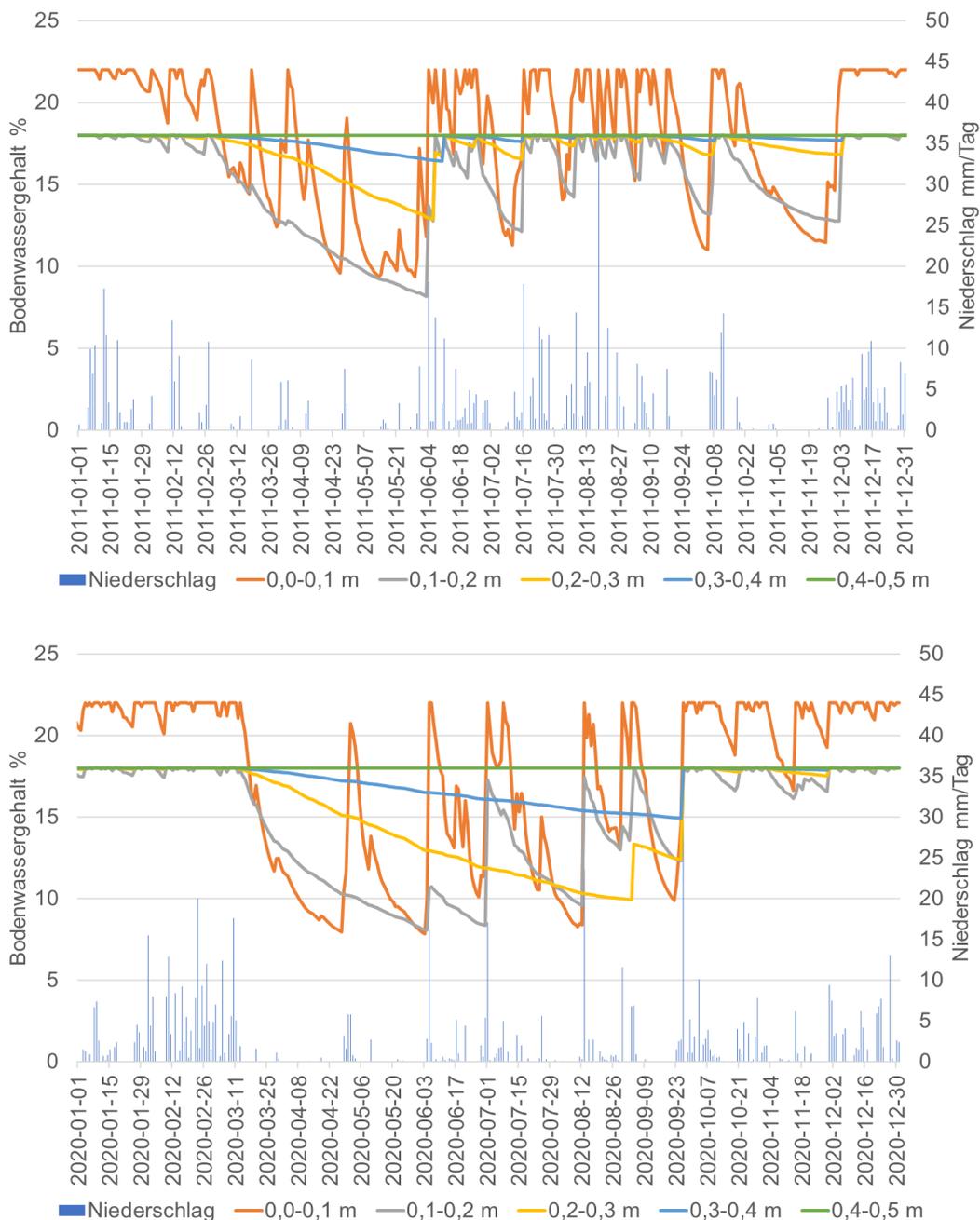


Abb. 7: Niederschlag Bodenwassergehalte in verschiedenen Tiefen im Jahresverlauf 2011 (oben) und 2020 (unten) für Pioniervegetation (50 % Deckungsgrad) bei lehmigem Grus

Anders verhält es sich im Trockenjahr 2020. Das Frühjahr beginnt auch hier Mitte März mit einer Trockenphase. Die Niederschläge im April, Juni, Juli und August führen aber nur zu einem kurzzeitigen Auffüllen des Bodenwassergehaltes in der obersten Bodenschicht. Auch in der Schicht von 0,1 m bis 0,2 m kommt es zu kurzzeitigen Anstiegen des Bodenwassergehaltes, ohne dass der Bodenwasservorrat vollständig aufgefüllt wird. Die Schichten darunter fallen zunehmend trocken, bis Ende September die Niederschläge alle Schichten auffüllen. Durch den Wassermangel in den oberen Bodenschichten wird die Verdunstungsleistung der

Pflanzen begrenzt, was sich im Vergleich der Verdunstung über die Monate zeigt (Abb. 8). Im Juni erreicht die Verdunstung 2011 die maximale Höhe, während 2020 die Frühjahrstrockenheit auch Auswirkungen auf den Sommer hat, da nicht genug Niederschläge fallen. Die Verdunstung bleibt bis zum Oktober hinter der für die Monate möglichen Verdunstung zurück. In der Jahressumme ist die Verdunstung 2020 etwa 20 % geringer als 2011.

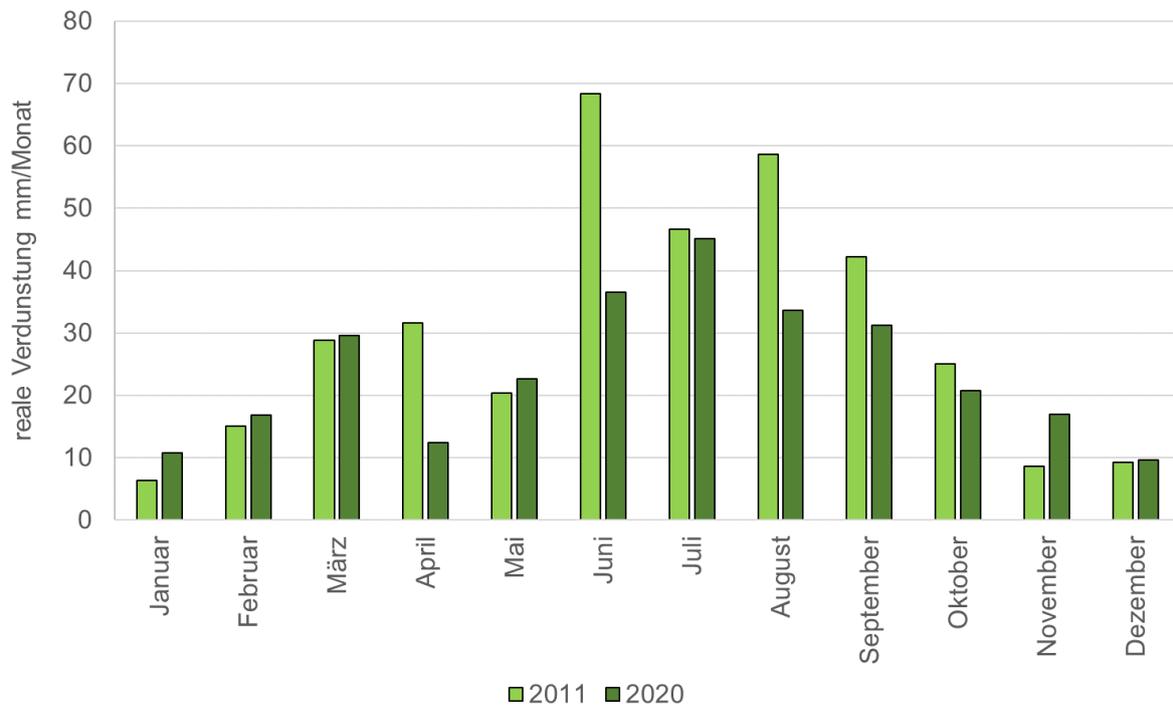


Abb. 8: Monatliche Verdunstung 2011 und 2020 für Pioniervegetation (Deckungsgrad 50 %) bei lehmigem Grus

So wie man verschiedene Jahre miteinander vergleichen kann, können auch verschiedene Böden bei gleicher Vegetation miteinander verglichen werden. Im Südosten des Schachtgeländes 4/8 besteht ein Bereich mit Hortisolen (ehemalige Kleingartennutzung) über schwach lehmigem Feinsand. In einem Normaljahr ohne ausgeprägte Trockenphasen (2014) erreicht die Verdunstung bei einem Vorwald (40 bis 50 Jahre alt) im Juli ihren Höhepunkt mit 6 mm/Tag (Abb. 9 oben). Gegenüber dem Hortisol weist der lehmige Grus bereits im März/April und im Juni/Juli Phasen mit reduzierter Verdunstung auf.

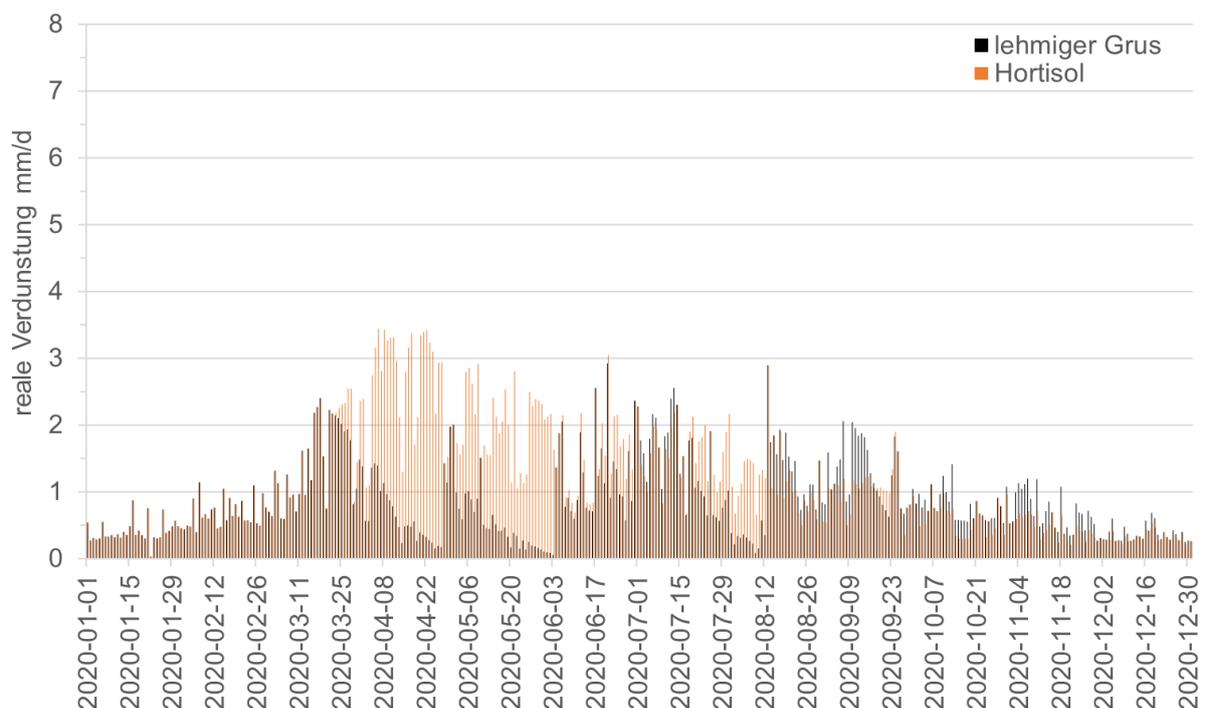
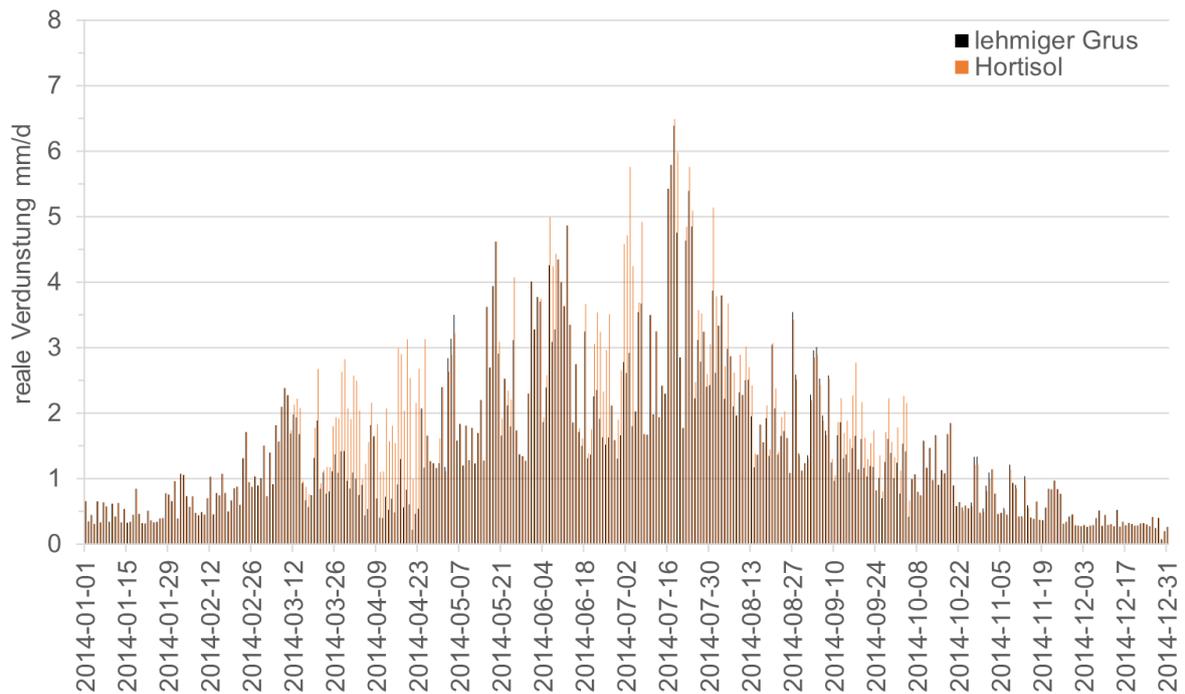


Abb. 9: Tägliche Verdunstung verschiedener Böden für 2014 (Normaljahr ohne Trockenperiode) und 2020 (ausgeprägtes Trockenjahr) bei älterem Vorwald

Im Trockenjahr 2020 unterscheidet sich die Verdunstung noch deutlicher. Zunächst erreicht in beiden Böden die Verdunstung nur 2 mm bis 3,5 mm/Tag und das auch nur im Frühjahr während des Blattaustriebs. Die hohen Verdunstungswerte im Juni/Juli bleiben aufgrund der Trockenheit in beiden Böden aus. Im Gegensatz zum Hortisol trocknet der lehmige Grus sehr frühzeitig aus, während der Hortisol noch vom Bodenwasservorrat der lehmigen

Sandschichten im April und Mai zehren kann. Ende August / Anfang Dezember werden die oberflächennahen Schichten im lehmigen Grus mit Wasser aufgefüllt, während der Hortisol tiefgründig trocken ist. Da die Pflanzen auf dem Syrosem ihre Wurzeln vor allem oberflächennah besitzen, können sie das Wasser direkt verwerten und die Verdunstung ist hier geringfügig höher als im Hortisol.

Diskussion

Die mit der zeitlich hoch aufgelösten Bodenwasserhaushaltsmodellierung ermittelten Berechnungsergebnisse stimmen gut überein mit älteren Ergebnissen von Lysimeteruntersuchungen mit Bergematerial (SCHÖPEL 1985) und sind damit plausibel. Ebenso passen sie gut mit der Berechnung von mehrjährigen Jahreswerten nach dem Verfahren BAGLUVA (MEßER 2013) zusammen. Während man mit den Jahreswerten großräumige flächendifferenzierte Darstellungen erstellen kann (Abb. 5, MEßER 2019), die sich in Abhängigkeit von den Böden, der Flächennutzung bzw. den Befestigungsgraden unterscheiden, können mit dem Bodenwasserhaushaltsmodell BOWAM hoch aufgelöste innerjährliche Veränderungen erstellt und die Vegetationsentwicklung auf der jeweiligen Fläche bewertet werden. Beispielsweise die Darstellung wann ein Bodenwasserkörper im Sommer erschöpft ist und die Pflanzen an Wassermangel leiden (Bewertung der Vitalität).

Bekanntermaßen sind Industriebrachen Extremstandorte in Bezug auf die (Oberflächen-) Temperatur und den Wasserhaushalt. Mit Hilfe der Bodenwasserhaushaltsbilanzierung kann der Bodenwassergehalt über die Zeit und Tiefe visualisiert werden. Es handelt sich häufig um technogene steinige Böden mit hoher Durchlässigkeit bzw. geringer nutzbarer Feldkapazität. Die Wurzeltiefe der Pflanzen und ihre Ausschöpfungstiefe ist dadurch bedingt sehr gering. Demzufolge wird die Verdunstungsleistung bei Ruderal- und Gehölzvegetation von der Wasserverfügbarkeit im Oberboden sehr stark beeinflusst und es kommt in den Frühjahrs- und Sommermonaten regelmäßig zu verminderten Wuchsleistungen.

In den einzelnen Jahren schwankt die Verdunstung je nach Witterungsverlauf sehr stark und je nach Zeitpunkt der Austrocknung können jährlich wechselnde Konkurrenzvorteile bzw. -nachteile für einzelne Pflanzenarten auftreten. Wegen der extremen Standortverhältnisse und den ständig wechselnden Konkurrenzbedingungen besitzen derartige Industriebrachen eine hohe Bedeutung für wärmeliebende Tier- und Pflanzenarten, oftmals Standortspezialisten, die in der Kulturlandschaft außerhalb des Ballungsraumes selten geworden sind.

Die verringerte Wasserverfügbarkeit in den vergangenen Jahrzehnten, die zu einer Verringerung der Verdunstung geführt hat, könnte auch Auswirkungen auf die Vegetationszusammensetzung gehabt haben. Dies lässt sich nur mit langjährigen Vegetationsaufnahmen nachvollziehen. Insbesondere bei den Gehölzen wird die Situation dahingehend verschärft, dass

sie mit steigendem Alter bzw. Größe einen höheren Wasserbedarf haben, der insbesondere in den vergangenen Trockenjahren nicht gedeckt werden konnte.

Literatur

DUNGER, V. (2017): Dokumentation der Modelle BOWAM und BOWAHALD zur Simulation des Wasserhaushaltes von Böden sowie Oberflächensicherungssystemen von Halden und Deponien. – www.geo.tu-freiberg.de

KASIELKE, T. & BUCH, C. (2011): Urbane Böden im Ruhrgebiet. – Online-Veröffentlichung Bochumer Bot. Ver. 3(7):67-96. – Bochum.

MEßER, J. (2013): Ein vereinfachtes Verfahren zur Berechnung der flächendifferenzierten Grundwasserneubildung in Mitteleuropa. – www.qwneu.de - 65 S.; Essen.

MEßER, J. (2019): Berechnung der Grundwasserneubildung im Verbandsgebiet der Emschergenossenschaft und des Lippeverbands. – Gutachten im Auftrag der Emschergenossenschaft.

SCHÖPEL, M. (1985): Die Abgänge des Steinkohlenbergbaus. Verwitterungs- und Lösungsvorgänge im Bergematerial, dargestellt an Lysimeterversuchen. - Dissertation, TU Clausthal.

SCHOLZ, T. (2013): Vegetations- und bodenökologische Untersuchung des Schachtgeländes 4/8 im Landschaftspark Duisburg-Nord. – Bachelor-Arbeit Ruhr-Universität Bochum. – 127 S.

SCHOLZ, T., KEIL, P. & SCHMITT, T. (2018): Nährstoff- und Wasserverfügbarkeit von Sukzessionsstadien auf Industriebrachen – Eine Fallstudie im Landschaftspark Duisburg-Nord. - Decheniana 171: 24-37. - Bonn.

Danksagung

Ich bedanke mich bei Tobias Scholz für die zur Verfügungstellung der Bachelorarbeit, ohne die die Bodenwasserhaushaltsmodellierungen nicht zuverlässig möglich gewesen wären.

Mein Dank gilt außerdem Peter Keil für die Durchsicht des Manuskriptes.