



Europäische Union. Europäischer
Fonds für regionale Entwicklung.
Evropská unie. Evropský fond pro
regionální rozvoj.



Ahoj sousede. Hallo Nachbar.
Interreg V A / 2014–2020

Deponieworkshop Zittau-Liberec 2017

Deponiebau - EU-Wasserrahmenrichtlinie - Stoffströme und Deponierückbau

09.-10. November 2017



Skládkový workshop Žitava-Liberec 2017

Výstavba skládek - Směrnice EU, kterou
se stanoví rámec pro činnost Společenství
v oblasti vodní politiky -
látkové proudy a odtěžování skládek

9.-10. listopadu 2017

Rekultivierungsziel Naturwald am Beispiel der Deponie Grüne Fichte – ein lohnendes wasserhaushaltliches Experiment?

Rekultivační cíl – přirozený les na příkladu skládky Grüne Fichte – hydrologický experiment, který se vyplatí?

Volkmar Dunger¹; Eduard Stuhr²; Toni Ryčer³; Uwe Bartholomäus⁴

Kurzfassung

Für die Deponie „Grüne Fichte“ unweit der Stadt Weißwasser (Oberlausitz), die gegenwärtig durch eine temporäre Oberflächenabdichtung gesichert ist, sind Planungen zur endgültigen Oberflächenabdichtung im Gange. Eine mögliche Option ist dabei, Teile des bisherigen Abdichtungssystems zu nutzen und soweit zu qualifizieren, dass in Kombination mit einem Baumbewuchs eine hohe wasserhaushaltliche Wirksamkeit erreicht wird.

Die im vorliegenden Beitrag vorgestellten Ergebnisse sind im Zuge einer Masterarbeit erarbeitet worden (Pfeffer, 2017), die seitens der TU Bergakademie Freiberg, der Hochschule Zittau/Görlitz sowie des RAVON Regionaler Abfallverband Oberlausitz-Niederschlesien betreut worden ist.

Im Zuge der wasserhaushaltlichen Untersuchungen wurden verschiedene Szenarien bezüglich der Gestaltung der Rekultivierungsschicht in Kombination mit dem Bewuchs betrachtet. Im Brennpunkt des Interesses stand dabei die Frage, in wie weit die Etablierung eines Naturwaldes, bestehend aus Bäumen und Sträuchern aus wasserhaushaltlicher Sicht möglich und unter dem Gesichtspunkt des Klimawandels auch nachhaltig ist.

Zur Quantifizierung des Wasserhaushalts wurde das Modell BOWAHALD genutzt. Die Modellergebnisse zeigen, dass das Rekultivierungsziel Naturwald als Nachnutzungskonzept für eine ehemaligen Deponie ein lohnendes Ziel ist, wenn in Rechnung gestellt wird, dass zur Etablierung eines sich gut entwickelnden Baumbewuchses einige Anstrengungen nötig sind, die eine Optimierung des Wasserhaushalts einschließen und dass einige Jahrzehnte notwendig sind, bis die Vorteile des Waldes zum Tragen kommen.

Auf den konkreten Anwendungsfall bezogen helfen die wasserhaushaltlichen Untersuchungen, optimale Bewuchsszenarien herauszuarbeiten, Bandbreiten der für die Gestaltung der Schichten des Oberflächenabdichtungssystems notwendigen Wassertransport- und Wasserspeicherparameter zu ermitteln und Aussagen zur Langzeitbeständigkeit der Sicherungsmaßnahmen abzuleiten.

¹TU Bergakademie Freiberg, Institut für Geologie, Gustav-Zeuner-Straße 12, D-09596 Freiberg; Tel.: ++49 / 37 31 / 39 32 27, E-Mail: dungerv@geo.tu-freiberg.de

²Ministerium für ländliche Entwicklung, Umwelt und Landwirtschaft; Referat 24 – Hochwasserschutz, Stabilisierung Wasserhaushalt; Henning-von-Tresckow-Str. 2-13, Haus S, D-14467 Potsdam; Tel.: ++49 3 31 / 8 66 78 54; E-Mail: eduard.stuhr@mlul.brandenburg.de

³RAVON Regionaler Abfallverband Oberlausitz-Niederschlesien, Am Kalkwerk 6, 02829 Schöpstal, OT Kunnersdorf;

Tel.: ++49 / 3 58 25 / 72 0, E-Mail: t.rycer@ravon.de

⁴Hochschule Zittau-Görlitz, Institut für Verfahrensentwicklung, Torf- und Naturstoff-Forschung, Theodor-Körner-Allee 16, 02763 Zittau; Tel.: +49 (0) 3583-612-4989, E-Mail: u.bartholomaeus@hszg.de

Abstrakt

Pro skládku „Grüne Fichte“ nedaleko města Weißwasser v Horní Lužici, zajištěné v současné době dočasnou izolací povrchu, se zpracovávají projekty, řešící definitivní zakrytí povrchu. Jednou z možností přitom je využít části dosavadního izolačního systému a kvalifikovat je tak, aby bylo v kombinaci s růstem stromového porostu dosaženo vysokého hydrologického účinku.

Výsledky, představované v tomto příspěvku, byly získány v rámci řešení magisterské práce (Pfeffer, 2017), vedené Technickou univerzitou - báňskou akademií ve Freibergu, Vysokou školou v Žitavě a Zhořelci a regionálním sdružením pro odpadové hospodářství Horní Lužice - Dolního Slezska RAVON.

V rámci průzkumu vodního režimu byly sledovány různé scénáře složení rekultivační vrstvy v kombinaci s orostem. Středobodem zájmu přitom byla otázka, do jaké míry je etablování přirozeného lesa, skládajícího se ze stromů a keřů, z hydrologického pohledu možné a z hlediska změn klimatu i udržitelné.

Pro kvantifikaci vodního režimu byl využit model BOWAHALD. Výsledky modelu ukazují, že rekultivační cíl - přirozený les jako koncepce využití - je pro bývalou skládku cílem, který se vyplatí, pokud uvážíme, že pro etablování dobře rozvinutého porostu dřevin je nutno vyvinout jisté úsilí, zahrnující optimalizaci vodního režimu a že navíc je zapotřebí několika desetiletí, nežli se výhody lesa projeví.

Ve vztahu ke konkrétnímu případu využití pomáhají hydrologické průzkumy při definování optimálních scénářů růstu, při zjišťování šíře parametrů transportu a retence vody, které jsou důležité pro složení vrstev systému izolace povrchu a závěry ke stálosti zabezpečení.

1 Problemstellung

Für die Deponie „Grüne Fichte“ unweit der Stadt Weißwasser (Oberlausitz), die gegenwärtig durch eine temporäre Oberflächenabdichtung gesichert ist, sind Planungen zur endgültigen Oberflächenabdichtung im Gange. Eine mögliche Option ist dabei, Teile des bisherigen Abdichtungssystems zu nutzen und durch eine Erhöhung der Mächtigkeit der Rekultivierungsschicht soweit zu qualifizieren, dass in Kombination mit einem naturnahen Baumbewuchs, so wie er im Umfeld der Deponie vorhanden ist, eine hohe wasserhaushaltliche Wirksamkeit erreicht wird. Im Zusammenhang mit der Nachnutzung von Deponien gibt es eine ganze Reihe von Beispielen für eine Begrünung mit Bäumen bzw. Sträuchern. Allerdings sind hierfür einige Voraussetzungen bezüglich der Mächtigkeit und der Wasserspeichereigenschaften der Rekultivierungsschicht nötig, die zum Teil deutlich über die Mindestanforderungen nach Deponieverordnung [1] bzw. Bundeseinheitlichen Qualitätsstandards BQS 7-1 bzw. BQS 7-2 [2], [3] hinausgehen.

Will man im Vorfeld prüfen, wie die Rekultivierungsschicht konkret zu gestalten ist, also welche Mächtigkeiten und welche wasserhaushaltlich relevanten Eigenschaften sie aufweisen sollte, um dem Bewuchs optimale Bedingungen zu ermöglichen, so bietet sich als eine Möglichkeit an, Wasserhaushaltsmodelle zu verwenden. In Deutschland haben sich in der Vergangenheit insbesondere die Modelle HELP [4] und BOWAHALD [5], [6] als hierfür geeignet erwiesen. Für den konkreten Anwendungsfall fand das Modell BOWAHALD Anwendung.

Um die wasserhaushaltliche Wirksamkeit eines naturnahen Baumbewuchses beurteilen zu können, reicht es nicht aus, allein die Wasserbilanz zu betrachten. Ebenso wichtig ist es, die Zehrung des Bodenwasservorrats, die der Baumbewuchs innerhalb der Rekultivierungsschicht verursacht, zu quantifizieren. Die Häufigkeit und die Stärke von Bodenfeuchtezuständen, die als trockenstressrelevant für den Bewuchs anzusehen sind, entscheiden in hohem Maße darüber, ob der avisierte Bewuchs sich tatsächlich entwickeln kann und die berechneten Verdunstungsmengen auch tatsächlich erreicht werden.

Letztgenannter Aspekt sollte auch unter dem Aspekt des Klimawandels betrachtet werden, zum einen deshalb, weil ein Baumbewuchs viele Jahrzehnte braucht, um sich zu entwickeln

und seine wasserhaushaltliche Leistungsfähigkeit zu erreichen und zum anderen, weil die prognostizierten klimatischen Veränderungen für Nord- und Ostsachsen besonders dramatisch ausfallen. Neben zunehmenden Temperaturen und Strahlungswerten ist besonders für Nord- und Ostsachsen von abnehmenden Niederschlägen insbesondere im Frühling und Sommer bei einer gleichzeitigen Häufung von extremen Ereignissen (insbesondere lokalen sommerlichen Starkniederschlägen) auszugehen [7], [8]. Damit setzt sich der bereits seit den 1950-er Jahren beobachtete Trend zu geringeren Niederschlägen fort.

2 Charakteristik des Untersuchungsstandorts

Die ehemalige Hausmülldeponie „Grüne Fichte“, die im Zuständigkeitsbereich des Regionalen Abfallverbandes Oberlausitz-Niederschlesien Kunnersdorf (RAVON) liegt, befindet sich unweit der Stadt Weißwasser und ist von weitläufigen Wald- und Forstgebieten umschlossen, wobei als dominierende Baumarten Kiefern und Birken zu nennen sind. Vereinzelt finden sich Buchen und Eichen. Des Weiteren ist das Umland stark durch die bergbauliche Vergangenheit und die geologischen Besonderheiten des Muskauer Faltenbogens geprägt.

Ab 1970 diente das Tagebaurestloch der ehem. Grube „Caroline II, Mulde IV“ zur Ablagerung von Siedlungsabfall, Bauschutt und Industriestoffen der Gemeinde Weißwasser. Ab 1990 bis zur Schließung 1999 erfolgte eine Nutzung als Hausmülldeponie des Landkreises Weißwasser. Insgesamt wurden auf ca. 5,2 ha etwa 800.000 m³ Abfälle eingelagert [9]. Bis 2002 wurde im Rahmen von Sanierungsmaßnahmen eine temporäre Oberflächenabdichtung aufgebracht. Eine Basisabdichtung existiert nicht. Entsprechend Deponieverordnung ist die Deponie der Deponiekategorie DK II (Deponie für nicht gefährliche Abfälle mit geringem organischem Anteil) zuzuordnen.

Die gegenwärtig vorhandene temporäre Abdeckung ist für die beiden Deponiebereiche Plateau und Böschungen verschieden aufgebaut. In den Böschungsbereichen ist folgender Schichtenaufbau realisiert worden (von oben nach unten):

- 0,7 m Rekultivierungsschicht, davon 0,2 m Mutterboden und 0,5 m Oberboden,
- 0,3 m mineralische Dränschicht,
- Dränmatte,
- HDPE-Kunststoffdichtungsbahn,
- Bentonitmatte,
- 0,25 m Ausgleichsschicht.

Der Plateaubereich wurde bisher nur mit einer Bentonitmatte, ohne eine zweite Dichtungskomponente abgedichtet. Dieser Zustand bietet jedoch die Chance, konstruktiv günstige Bedingungen für eine Baum- und Strauchvegetation zu schaffen.

3 Möglichkeiten der Überführung der temporären in eine endgültige Oberflächenabdichtung

Generell ist die Überführung einer temporären in eine endgültige Oberflächenabdichtung möglich, wenn dadurch die Ziele entsprechend Deponieverordnung eingehalten werden. Für den konkreten Fall bedeutet dies, dass in den Böschungsbereichen, für die ja bereits zum gegenwärtigen Zeitpunkt eine Abdichtung aus zwei unterschiedlich wirksamen Elementen (mineralisch + KDB) vorhanden ist, lediglich die Mächtigkeit der Rekultivierungsschicht in Konformität zur Deponieverordnung zu bringen ist.

Für die Plateaufläche gestaltet sich die Situation etwas anders. Dort ist nur ein dichtendes Element in Form einer Bentonitmatte vorhanden. Nach Deponieverordnung [1] sind für DK-II-Deponien jedoch zwei Dichtungselemente mit unterschiedlichen Wirkmechanismen vorgeschrieben. Allerdings besteht nach Deponieverordnung die Möglichkeit, eine Dichtungskomponente durch eine Wasserhaushaltsschicht zu ersetzen, falls der Nachweis erbracht werden kann, dass die langjährig mittlere Sickerwassermenge an der Basis der Wasserhaushaltsschicht einen Wert von 10 % des Niederschlages, maximal jedoch 60 mm/a nicht überschreitet. Da im konkreten Fall der langjährig mittlere Jahresniederschlag über 600 mm/a liegt, ist folglich der Sickerwasser-Grenzwert von 60 mm/a relevant. Bei einem Jahresniederschlag von etwa 650 mm ist es keine Illusion, eine Sickerwassermenge kleiner 60 mm/a durch eine Wasserhaushaltsschicht in Kombination mit dem Bewuchs zu erreichen.

Der Nachweis, dass ein solcher Grenzwert eingehalten wird, ist prinzipiell durch geeignete Messungen vor Ort (Lysimeter, Testfelder) bzw. durch Modellrechnungen möglich. Zum gegenwärtigen Bearbeitungsstand liegen die Ergebnisse von Modellrechnungen vor [10], die nachfolgend vorgestellt werden.

4 Modellierung des Wasserhaushalts für das Rekultivierungsziel Naturwald

4.1 Modellauswahl, -aufbau und -parametrisierung

Zur Modellierung des Wasserhaushalts des zu qualifizierenden Oberflächenabdichtungssystems wurde u. a. das Deponiewasserhaushaltsmodell BOWAHALD verwendet. Der Modellaufbau umfasst die räumliche Diskretisierung des Untersuchungsraums, die Parametrisierung hinsichtlich der morphologischen, pedologischen und Bewuchseigenschaften sowie die Aufbereitung der meteorologischen Daten.

Bezüglich der räumlichen Diskretisierung ist eine horizontale und vertikale Diskretisierung vorzunehmen. Die horizontale Diskretisierung beinhaltet die Hydrotopenteilung (Hydrotop = Flächen mit vergleichbaren hydrologischen Eigenschaften) und berücksichtigt im vorliegenden Fall die Unterschiede hinsichtlich Exposition und Hangneigung sowie die Berücksichtigung der unterschiedlichen Schichtenaufbauten in den Plateau- bzw. Böschungsbereichen. Der Abbildung 1 ist zu entnehmen, dass sich auf dieser Basis eine Unterteilung in insgesamt 9 Hydrotop ergibt, wobei es sich bei den Hydrotopen 1 – 8 um Böschungshydrotop handelt und das Hydrotop 9 die Plateaufläche umfasst.



Abbildung 1: Hydrotopenteilung auf Basis des gegenwärtigen Zustandes der Deponie [10].

Nachfolgend soll beispielhaft der Wasserhaushalt des Plateauhydrotops 9 dargestellt werden, weil sich für das Hydrotop 9 die Frage stellt, unter welchen Voraussetzungen für den konkreten Standort eine Reduzierung der Sickerwassermengen an der Basis der Rekultivierungsschicht auf maximal 60 mm/a möglich ist. In diesem Fall wäre die vorhandene temporäre Oberflächenabdichtung ohne zusätzliche Dichtungsmaßnahmen direkt in eine endgültige Oberflächenabdichtung überführbar (vgl. auch Abschnitt 3).

Die Vertikaldiskretisierung des Plateauhydrotops 9 ergibt sich aus der Schichtenabfolge der Oberflächenabdichtung, die sich für den Planungszustand, d. h. für die endgültige Oberflächenabdichtung, folgendermaßen gestaltet (s. auch Abschnitt 2):

- Rekultivierungsschicht als Wasserhaushaltsschicht qualifiziert, hinsichtlich der Mächtigkeit und der Wassertransport- bzw. Wasserspeichereigenschaften so zu optimieren, dass die langjährig mittlere Jahressickerwassermenge an deren Basis maximal 60 mm/a beträgt,
- 0,3 m mächtige mineralische Dränschicht,
- Bentonitmatte,
- 0,25 m mächtige Ausgleichsschicht.

Mit Hinblick auf die Zielstellung der Etablierung eines naturnahen Waldbewuchses galt es, verschiedene Nutzungsszenarien zu definieren und entsprechend ihrer Schutzwirkung aus wasserhaushaltlicher Sicht zu bewerten. Da die endgültige Sicherung der Deponie möglichst auf den Istzustand aufbauen soll, bilden die Mächtigkeit und Bodenart der Rekultivierungsschicht sowie der Bewuchs die Hauptfaktoren für die Erfüllung der Zielstellung.

In diesem Zusammenhang wurden die folgenden 4 Szenarien betrachtet:

- Szenario 1: einfacher Grasbewuchs auf einem Rekultivierungssubstrat, das die Mindestanforderung nach Deponieverordnung bezüglich der nutzbaren Feldkapazität erfüllt. Unter Zugrundelegung eines eher sandigen Substrats aus dem nahegelegenen Tagebau Nochten, das eine nutzbare Feldkapazität etwa 12 – 13 Vol.-% aufweist, ergibt sich eine Rekultivierungsschichtmächtigkeit von ca. 1,8 m.
- Szenario 2: Baumbewuchs über verschiedene Vorwaldstadien bis hin zum Zielwald, bestehend aus den primären Baumarten Hainbuche und Traubeneiche sowie sekundärem (unterlagerndem) Strauch- und Krautbewuchs auf einer 3 m mächtigen Rekultivierungsschicht aus einem sandigen Substrat (analog Szenario 1).
- Szenario 3: Baumbewuchs analog Szenario 2 auf einer ebenfalls 3 m mächtigen Rekultivierungsschicht aus einem gut wasserspeicherfähigem, d. h. sandig-schluffig-lehmigem Substrat.
- Szenario 4: Baumbewuchs über verschiedene Vorwaldstadien bis hin zum Zielwald, bestehend aus den primären Baumarten Kiefer und Eiche sowie sekundärem (unterlagerndem) Strauch- und Krautbewuchs auf einer 4 m mächtigen Rekultivierungsschicht aus einem sandigen Substrat (analog der Szenarien 1 und 2).

Die zur Modellierung notwendigen Klimadaten stammen von den umliegenden DWD-Stationen Bad Muskau, Krauschwitz, Hoyerswerda und Cottbus, die auf den Untersuchungsstandort übertragen worden sind.

4.2 Modellergebnisse

In der Abbildung 2 sind die prozentualen Anteile der Wasserhaushaltgrößen an der langjährig mittleren Wasserhaushaltsbilanzen für die 4 im vorangegangenen Abschnitt genannten Szenarien dargestellt. Bezüglich der Szenarien 2 – 4 sind die Bilanzen jeweils für den Zielwald visualisiert, für den der Wasserumsatz am größten ist.

Erwartungsgemäß zeichnen sich die Szenarien mit einem Baumbewuchs (Szenarien 2 – 4) gegenüber dem Szenario 1, das lediglich durch einen einfachen Grasbewuchs gekennzeichnet ist, durch einen erhöhten Wasserumsatz aus.

Bezogen auf den Niederschlag, der im Untersuchungsgebiet bei etwa 710 mm/a (messfehlerkorrigiert) liegt, werden um bzw. über 90 % in Verdunstung umgesetzt. Dies sind etwa 20 % mehr, als ein Grasbewuchs dazu in der Lage ist. Zu beachten ist, dass die hohen Verdunstungsleistungen des Baumbewuchses erst im Stadium des Zielwaldes, d. h. nach vielen Jahrzehnten erreicht werden.

Oberflächenabflüsse spielen auf Grund der guten Wassertransporteigenschaften des Reaktivierungssubstrats keine Rolle. Dränwasserabflüsse sind von untergeordneter Bedeutung.

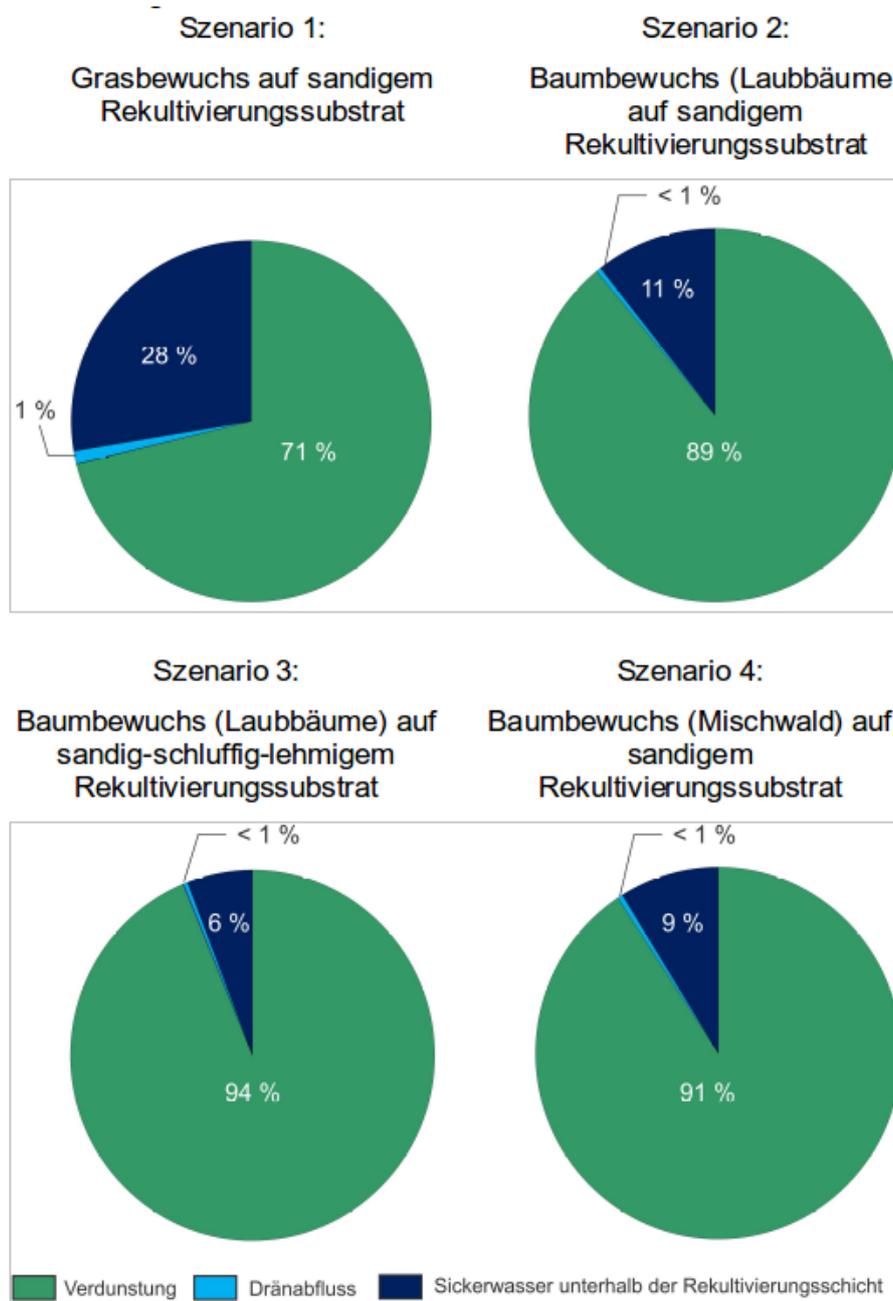


Abbildung 2: Prozentualer Anteil der Wasserhaushaltskomponenten am Niederschlag für die untersuchten Szenarien.

n Konsequenz der hohen Verdunstungswerte bewegen sich die Sickerwassermengen, die

an der Basis der Rekultivierungsschicht ankommen, für alle Szenarien mit einem Baumbewuchs bei bzw. etwas unter 10 %, bezogen auf den Niederschlag. In der Abbildung 3 sind die langjährig mittleren Sickerwassermengen an der Basis der Rekultivierungsschicht der 4 Szenarien als Absolutbeträge in mm/a gegenüber gestellt.

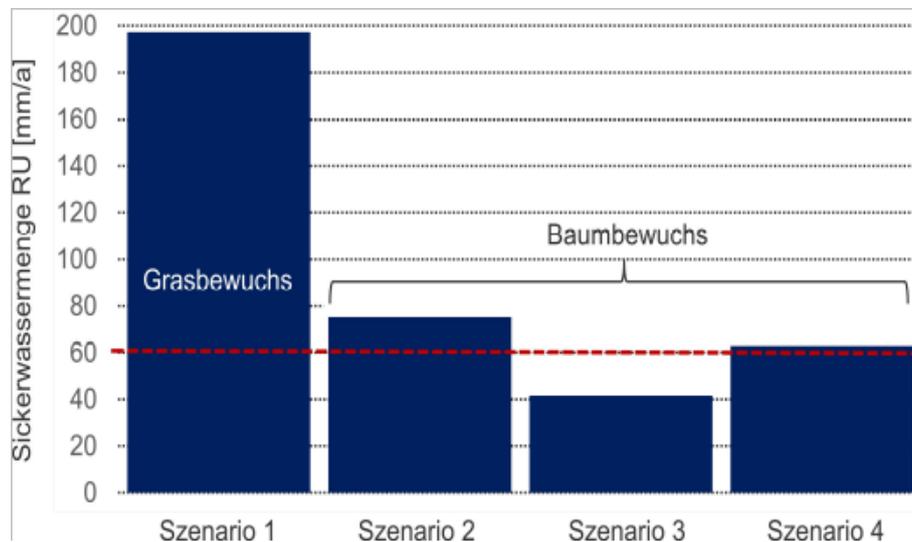


Abbildung 3: Langjährig mittlere Sickerwassermengen an der Basis der Rekultivierungsschicht für die untersuchten Szenarien.

In der Abbildung 3 ist der Sickerwasserwert von 60 mm/a hervorgehoben, weil für den Fall des Unterschreitens dieses Wertes die Wasserhaushaltsschicht die 2. Dichtungskomponente ersetzen kann (s. auch Abschnitt 3). Wie der Abbildung 3 zu entnehmen ist, werden die 60 mm/a im Fall des Szenarios 3 (Hainbuche und Traubeneiche auf einer 3 m mächtigen Rekultivierungsschicht aus einem gut wasserspeicherfähigem Substrat) deutlich unterschritten. Allerdings gilt dies nur für das Endstadium des Zielwaldes, der sich erst nach einigen Jahrzehnten voll entwickelt haben wird. Für die Dauer der Rekultivierung bis dahin werden Sickerwasserwerte über 60 mm/a modelliert. Für das Szenario 4 (Waldkiefer und Traubeneiche auf einer 4 m mächtigen Rekultivierungsschicht aus einem sandigen Substrat) bestehen Chancen, im Ergebnis weiterer Optimierungsschritte (z. B. Bodenverbesserungen in den obersten 30 cm) die Sickerwassermengen unter 60 mm/a zu senken.

Begibt man sich auf eine Zeitschiene, die im Fall der Etablierung eines Deponiewaldes viele Jahrzehnte umfasst, so sollte man die zukünftig zu erwartenden klimatischen Veränderungen in die Betrachtungen einbeziehen. Hierfür können regionale Klimamodelle genutzt werden, welche die klimatischen Verhältnisse kleinskalig abbilden, indem sie die Prognosen globaler Klimamodelle für konkrete Regionen herunterskalieren. Dadurch lassen sich die vielfältigen und mitunter auch gegenläufigen klimatischen Entwicklungstendenzen einzelner Teilregionen eines Gebietes genau abbilden [11].

Für die Modellierung des Zukunftsszenarios wurden Daten des Regionalen Klimainformationssystems für Sachsen ReKIS genutzt, die auf Basis des Emissionsszenarios A1B, einem mittleren Emissionsszenario, erzeugt worden sind. Auf die Einbeziehung extremer Emissionsszenarios wurde bewusst verzichtet.

Die Daten umfassen 10 Realisierungen. Die 10 Datensätze beinhalten Tageswerte aller modellrelevanten Klimaelemente für einen Zeitraum von 1961 bis 2100. Durch die Betrachtung von insgesamt 10 Realisierungen sollen die Unsicherheiten des statistischen Klimamodells berücksichtigt werden. Im Folgenden werden die Ergebnisse für den zukunftsfernen Zeitraum 2071 – 2100 dargestellt, d. h. für den Zeitraum, in dem sich sehr wahrscheinlich der Zielwald etabliert haben wird.

Analog zur Abbildung 3 sind in der Abbildung 4 die langjährig mittleren Sickerwassermengen, die an der Basis der Rekultivierungsschicht für die 4 betrachteten Szenarien des Plateauhydrotops ankommen, für die Zeitschiene 2071 – 2100 dargestellt. Bei den in der Abbildung 4 visualisierten Sickerwassermengen handelt es sich um Mittelwerte, resultierend aus den insgesamt 10 Realisierungen des regionalen Klimamodells.

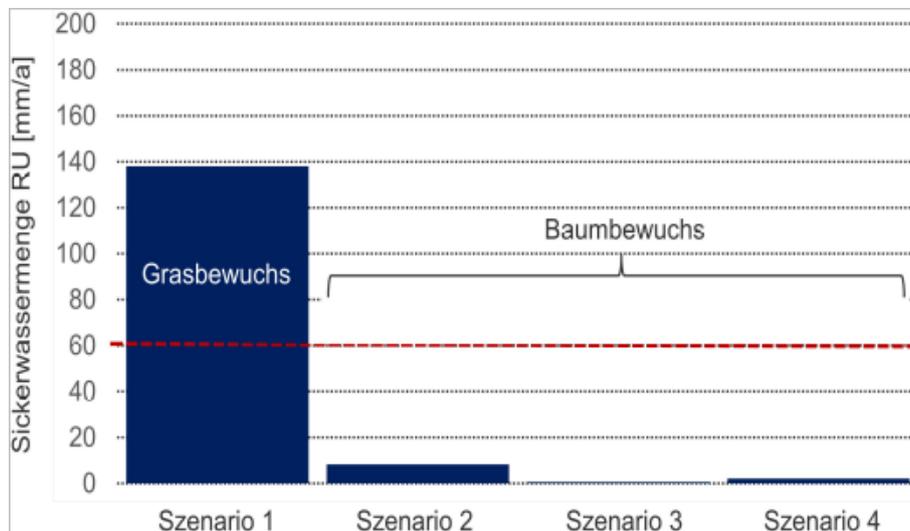


Abbildung 4: Langjährig mittlere Sickerwassermengen an der Basis der Rekultivierungsschicht für die untersuchten Szenarien, Zeitscheibe 2071 – 2100.

Der zu erwartende Klimawandel bewirkt, dass unter den gegebenen Standortbedingungen mit einer spürbaren Abnahme der Sickerwassermengen aus der Rekultivierungsschicht zu rechnen ist. Nach jetziger Gesetzeslage könnte die Wasserhaushaltsschicht für alle 3 Szenarien, für die ein Baumbewuchs angesetzt worden ist, die 2. Dichtungskomponente ersetzen.

Die erzeugten Modellergebnisse gelten unter der Maßgabe, dass sich der Bewuchs gut entwickelt und folglich die berechneten Verdunstungsleistungen auch erbringen kann. Ob dies tatsächlich der Fall ist, hängt in entscheidendem Maße davon ab, wie häufig und in welchem Maße der Bewuchs in Trockenstresssituationen gerät, in Folge dessen irreversible Bewuchsschädigungen zu befürchten sind.

Nach [12] können Bodenfeuchtwerte über 30 % nutzbarer Feldkapazität nFK als ausreichend für eine gute Bewuchsentwicklung angesehen werden. Trockenstress spielt bei Bodenfeuchtwerten unterhalb von 30 % nFK eine zunehmende Rolle. Bei Wassergehalten unter 10 % nFK kann von akutem Trockenstress ausgegangen werden. Solch geringe Bodenfeuchtwerte beeinträchtigen das Pflanzenwachstum immens und sollten bei Busch- bzw. Baumbewuchs nicht oder nur äußerst selten auftreten. Für einen Grasbewuchs gestalten sich die Verhältnisse weit weniger problematisch. Gräser reagieren mit saisonalem Absterben.

Exemplarisch ist für das Szenario 2 untersucht worden, wie sich die Bodenfeuchtezerhung für das hydrologische Sommerhalbjahr (Mai bis Oktober) gestaltet. Das Szenario 2 wurde gewählt, weil es sich beim Szenario 2 infolge des gering speicherfähigen sandigen Rekultivierungssubstrats und wegen der verglichen mit Szenario 4 geringeren Mächtigkeit der Rekultivierungsschicht um das hinsichtlich des Austrocknungsverhaltens kritischste Szenario handelt. Im Folgejahr steht einer erneuten Entwicklung des Grasbewuchses nichts entgegen. Gleichwohl wird die Verdunstungsleistung der Gräser in trockenstressrelevanten Jahren stark eingeschränkt sein, was die Schutzfunktion der gesamten Abdichtung gefährden kann.

Wiederum werden im Folgenden ausschließlich die Ergebnisse für den Plateaubereich dargestellt. In der Abbildung 5 sind die Bodenfeuchteverteilungen für die beiden Zeitscheiben (Gegenwart bzw. zukunftsferner Zeitraum 2071 – 2100) gegenüber gestellt. Die bezüglich der Aus-

trocknung kritischen bzw. sehr kritischen Bereiche sind kenntlich gemacht. Die angegebenen Bodenfeuchtwerte beziehen sich auf die Gesamtmächtigkeit der Rekultivierungsschicht sowie auf den Zielwald.

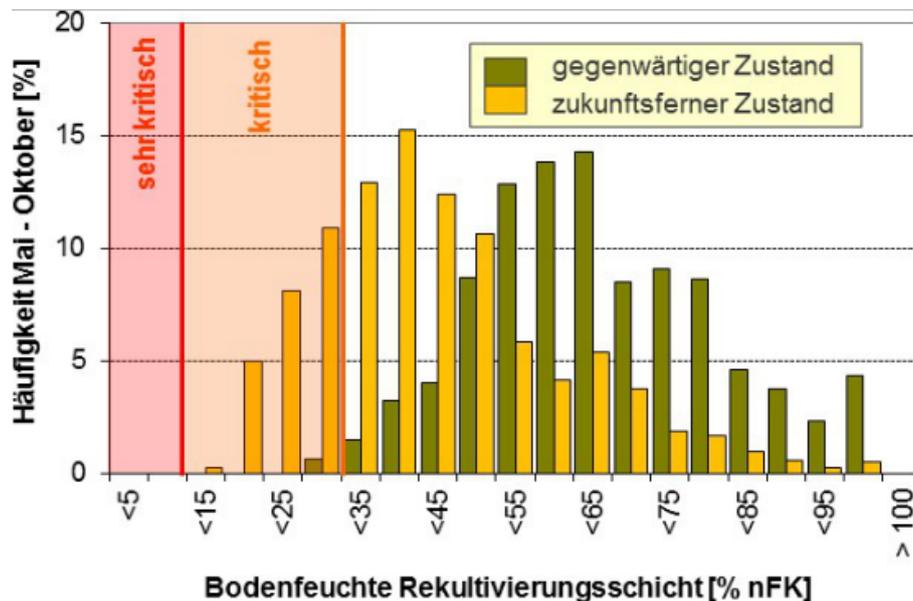


Abbildung 5: Verteilung der Bodenfeuchtwerte in der Rekultivierungsschicht für das Szenario 2 für die beiden Zeitscheiben gegenwärtiger und zukunftsferner Zustand.

Wie der Abbildung 5 zu entnehmen ist, sind unter den gegebenen Standortbedingungen selbst für das hinsichtlich des Austrocknungsverhaltens kritischste Szenario keine Austrocknungszustände modelliert worden, die als sehr kritisch in Bezug auf die Entwicklung des Baumbewuchses zu bewerten sind. Daran ändert sich auch in fernerer Zukunft nichts. Die durch das Modell berechneten Bilanzen können somit als realistisch angesehen werden. Die gute Bewuchsentwicklung, die den berechneten Verdunstungswerten zugrunde liegt, scheint gerechtfertigt. Allerdings ist auch zu erkennen, dass in Zukunft mit einer Häufung kritischer Austrocknungswerte zu rechnen ist. Dies ist bereits im Zusammenhang mit heutigen Planungsaufgaben z. B. durch eine gezielte Auswahl trockenstressresistenter Baumarten zu berücksichtigen.

5 Schlussfolgerungen, Ausblick

Das Rekultivierungsziel Naturwald als Nachnutzungskonzept für eine ehemaligen Deponie kann ein lohnendes Ziel sein, wenn berücksichtigt wird, dass zur Etablierung eines sich gut entwickelnden Baumbewuchses einige Anstrengungen nötig sind, die eine Optimierung des Wasserhaushalts einschließt.

Deponiewasserhaushaltsmodelle wie z. B. HELP oder BOWAHALD können in diesem Prozess ein brauchbares Instrumentarium darstellen, wenn es darum geht, Aussagen zur Gestaltung und Dimensionierung einer wasserhaushaltlich wirksamen Oberflächenabdichtung abzuleiten.

Auf den konkreten Anwendungsfall bezogen helfen die wasserhaushaltlichen Untersuchungen, optimale Bewuchsszenarien herauszuarbeiten, Bandbreiten der für die Gestaltung der Schichten des Oberflächenabdichtungssystems notwendigen Wassertransport- und Wasserspeicherparameter zu ermitteln und Aussagen zur Langzeitbeständigkeit der Sicherungsmaßnahmen abzuleiten.

Literaturverzeichnis

- [1] *Verordnung zur Vereinfachung des Deponierechts - Artikel 1 Verordnung über Deponien und Langzeitlager (Deponieverordnung - DepV)*. 2009. – Vom 29. April 2009, BGBl. I Seite 900 ff
- [2] LAGA AD-HOC-AG „DEPONIETECHNIK“: *Bundeseinheitlicher Qualitätsstandard (BQS) 7-1 „Rekultivierungsschichten in Deponieoberflächenabdichtungssystemen“ vom 04.02.2015*
- [3] LAGA AD-HOC-AG „DEPONIETECHNIK“: *Bundeseinheitlicher Qualitätsstandard (BQS) 7-2 „Wasserhaushaltsschichten in Deponieoberflächenabdichtungssystemen“ vom 02.12.2015*
- [4] BERGER, K. ; SCHROEDER, P. R.: *Das Hydrologic Evaluation of Landfill Performance HELP Modell*. 2013. – Benutzerhandbuch für HELP-D (Version 3.95 D), 6. überarbeitete Auflage. Institut für Bodenkunde, Universität Hamburg
- [5] DUNGER, V.: *Entwicklung und Anwendung des Modells BOWAHALD zur Quantifizierung des Wasserhaushaltes oberflächengesicherter Deponien und Halden*. 2006. – Habilitationsschrift, TU Bergakademie Freiberg, Fakultät für Geowissenschaften, Geotechnik und Bergbau
- [6] DUNGER, V.: *Dokumentation der Modelle BOWAM und BOWAHALD zur Simulation des Wasserhaushaltes von Böden sowie Oberflächensicherungssystemen von Halden und Deponien*. 2017. – Nutzerhandbuch, Version 06/2017
- [7] BERNHOFER, C. ; FRANKE, J. ; FISCHER, S. ; KIRSTEN, L. ; KÖRNER, P. ; KOSTROWSKI, D. ; PRASSE, H. ; SCHALLER, A. ; DONIX, T.: *Analyse der Klimaentwicklung in Sachsen*. 2015. – Schriftenreihe des LfULG Sachsen, Heft 3/2015
- [8] HÄNSEL, S.: *Changes in Saxon Precipitation Characteristics: Trends of Extreme Precipitation and Drought*. 2009. – Cuvillier Verlag Göttingen
- [9] KRÖNERT, H: *ahresbericht zur Anlagenüberwachung für die Deponie „Grüne Fichte“ bei Weißwasser im Landkreis Görlitz – Monitoring 2015*. 2016. – unveröffentlichter Projektbericht des S&G – Freies Sachverständigenbüro für Sanierung und Geologie in Weißwasser
- [10] PFEFFER, E.: *Bodenwasserhaushaltliche Modellierung einer Rekultivierungsschicht der Hausmüldeponie „Grüne Fichte“ in Weißwasser unter Etablierung einer naturnahen Waldvegetation*. Masterarbeit, TU Bergakademie Freiberg, Institut für Geologie, 2017
- [11] BERNHOFER, C. ; MATSCHULLAT, J. ; BOBETH, A.: *Klimaprojektion für die REGKLAM-Modellregion Dresden*. 2011. – REGKLAM-Publikationsreihe, Heft 2, RHOMBOS-Verlag, Berlin

- [12] LANUV NRW – LANDESAMT FÜR NATUR, UMWELT UND VERBRAUCHERSCHUTZ
NORDRHEIN-WESTFALEN: *Technische Anforderungen und Empfehlungen für Deponieabdichtungssysteme – Konkretisierungen und Empfehlungen zur Deponieverordnung*. LANUV Arbeitsblatt 13, Eigenverlag, Recklinghausen, 2010