

Ergebnisbericht

Wasserhaushaltsbetrachtungen Deponie für Inertabfälle DK0 Freiesleben-Schacht Mansfeld

Projekt-Nr. 30150129 / 30160021



Auftraggeber: Martin Wurzel HTS Baugesellschaft mbH
Schotterwerk Mansfeld
Vatteröder Str. 13
06343 Mansfeld

Halsbrücke, den 28.01.2016

G.E.O.S.

Ingenieurgesellschaft mbH

09633 Halsbrücke
Schwarze Kiefern 2

09581 Freiberg, Postfach 1162

Telefon: +49(0)3731 369-0

Telefax: +49(0)3731 369-200

E-Mail: info@geosfreiberg.de

www.geosfreiberg.de

Geschäftsführer:

Jan Richter

Beiratsvorsitzender:

Dr. h. c. Lothar de Maizière

HRB 1035 Amtsgericht

Registergericht Chemnitz

Sparkasse Mittelsachsen

Konto: 3 115 019 148

BLZ: 870 520 00

IBAN:

DE30 8705 2000 3115 0191 48

SWIFT (BIC): WELADED1FGX

Deutsche Bank AG

Konto: 2 201 069

BLZ: 870 700 00

IBAN:

DE59 8707 0000 0220 1069 00

SWIFT (BIC): DEUTDE8CXXX

USt.-IdNr. DE811132746

Ergebnisbericht

Wasserhaushaltsbetrachtungen Deponie für Inertabfälle DK0 Freiesleben-Schacht Mansfeld

Auftraggeber:	Martin Wurzel HTS Baugesellschaft mbH Schotterwerk Mansfeld Vatteröder Str. 13 06343 Mansfeld
Projekt-Nr. G.E.O.S.:	30150129/30160021
Bearbeitungszeitraum:	August - Dezember 2015, Januar 2016
Bearbeiter:	Dipl.-Geologe M. Schaffrath Dipl.-Ing. (FH) K.-H. Findeisen
Land/Landkreis/Kommune:	Sachsen-Anhalt / Mansfeld-Südharz / Mansfeld
Messtischblatt:	4334 Großörner
Seitenanzahl Text:	35
Anzahl der Anlagen:	10

Halsbrücke, den 28.01.2016


Egbert Raithel
Fachbereichsleiter Hydrogeologie

i. A. 
Martin Schaffrath
Projektleiter

INHALTSVERZEICHNIS

	Seite
1 Veranlassung und Aufgabenstellung	7
2 Vertikale und horizontale Hydrotopgliederung.....	8
3 Kennwerte für die BOWAHALD-Berechnung.....	10
3.1 Berechnungsvarianten	10
3.2 Bodenkennwerte der Berechnungsvarianten.....	10
3.3 Klimadaten.....	12
4 Berechnungsergebnisse	13
4.1 Wasserhaushalts-Jahresbilanzen.....	13
4.1.1 „Plateau“ (Hydrotop 1)	14
4.1.2 „Böschung“ (Hydrotope 2 bis 5).....	15
4.2 Wasserhaushalts-Monatsbilanzen.....	16
4.2.1 Hydrotop 1 – Plateau	17
4.2.2 Hydrotop 2 – Böschung (Nordwest)	18
4.2.3 Hydrotop 3 – Böschung (West).....	20
4.2.4 Hydrotop 4 – Böschung (Südwest).....	21
4.2.5 Hydrotop 5 – Böschung (Süd).....	23
5 Oberflächenentwässerung	25
5.1 Entwurfsbeschreibung Oberflächenentwässerung.....	25
5.2 Berechnungsgrundlagen.....	26
5.3 Untersuchungsgebiet	27
5.3.1 Ermittlung der Größe und Abflussmenge der Einzugsgebiete	27
5.3.2 Bemessung der Gräben und Durchlässe	27
5.3.3 Notwendigkeit der Regenwasserbehandlung und Regenwasserrückhaltung	27

5.3.4	Bemessung des Regenrückhaltebeckens	28
5.3.5	Einleitstelle Wipper	29
5.4	Ausführung	30
6	Zusammenfassung	32
7	Literatur	35

TABELLENVERZEICHNIS

	Seite
Tabelle 1: Hydrotopeinteilung – Deponie DK0 Freiesleben-Schacht Mansfeld	9
Tabelle 2: BOWAHALD-Berechnungen	10
Tabelle 3: K_f -Wert Ermittlung	11
Tabelle 4: Bodenkennwerte der Varianten 1 und 2	11
Tabelle 5: Langjährige monatliche Mittelwerte (Station Halle-Kröllwitz 1961 bis 1990)	12
Tabelle 6: Wasserhaushalts-Jahresbilanzen	13
Tabelle 7: Monatsbilanzen, Hydrotop 1	17
Tabelle 8: Monatsbilanzen, Hydrotop 2	19
Tabelle 9: Monatsbilanzen, Hydrotop 3	20
Tabelle 10: Monatsbilanzen, Hydrotop 4	22
Tabelle 11: Monatsbilanzen, Hydrotop 5	23
Tabelle 12: Bewertung zur Notwendigkeit einer Regenwasserbehandlung	28
Tabelle 13: Berechnungsergebnisse (Jahresmittelwerte)	33

ABBILDUNGSVERZEICHNIS

	Seite
Abbildung 1: Übersichtskarte geplante Deponie DK0 Freiesleben-Schacht Mansfeld	9
Abbildung 2: Ganglinien Monatsbilanzen, Hydrotop 1	18
Abbildung 3: Ganglinien Monatsbilanzen, Hydrotop 2	19
Abbildung 4: Ganglinien Monatsbilanzen, Hydrotop 3	21
Abbildung 5: Ganglinien Monatsbilanzen, Hydrotop 4	22
Abbildung 6: Ganglinien Monatsbilanzen, Hydrotop 5	24
Abbildung 7: Einleitstelle Entwässerung in die Wipper	29

ANLAGENVERZEICHNIS

- Anlage 1: Übersichtslageplan der Hydrotopgliederung Deponie DK0 Freiesleben-Schacht Mansfeld
- Anlage 2: Übersichtslageplan der Einzugsgebiete für das geplante Regenwasserrückhaltebecken
- Anlage 3: Längsschnitte Deponie DK0 Freiesleben-Schacht Mansfeld
- Anlage 4: Infiltrationsversuche
- Anlage 5: Korngrößenverteilung
- Anlage 6: Klimaauskunft des Deutschen Wetterdienstes
- Anlage 7: Niederschlagshöhen und -spenden nach KOSTRA-DWD 2000
- Anlage 8: Eingabedaten für das Programm BOWAHALD
- Anlage 9: Ergebnisdrucklisten des Programms BOWAHALD
- Anlage 10: Berechnungen zur Oberflächenentwässerung

1 Veranlassung und Aufgabenstellung

Die Fa. G.E.O.S. Ingenieurgesellschaft mbH wurde durch die Martin Wurzel HTS Baugesellschaft mbH für eine Wasserhaushaltsbetrachtung und der damit einhergehenden Festlegung der Dimensionierung der Entwässerungsanlagen für die geplante Deponie für Inertabfälle DK0 Freiesleben-Schacht Mansfeld beauftragt.

Der ehemalige Freiesleben-Schacht liegt östlich von Mansfeld im Tal der Wipper, Landkreis Mansfeld-Südharz. Hier wird durch die Martin Wurzel Baugesellschaft mbH seit über 20 Jahren die Bergehalde aus Zechsteinkalk zurückgebaut und am Standort zu Straßenbaustoffen aufbereitet. Nach dem vollständigen Rückbau der Halde bis auf das Liegende soll auf diesem Gelände eine Inertstoffdeponie DK0 errichtet werden. Das Büro IGB Ingenieurbüro für Geologie und Bergbau Dipl.-Ing. Manfred Raetz ist mit der Erarbeitung der Antragsunterlagen für die Plangenehmigung beauftragt. Nach dem derzeitigen Planungsstand wird die ehemalige Fläche der Halde Freiesleben-Schacht in die Bereiche Resthalde, betriebliche Lagerfläche sowie in den Bereich der geplanten Inertstoffdeponie DK0 (s. Abbildung 1) eingeteilt.

Für die Herstellung der betrieblichen Lagerfläche soll die im Südosten bereits ausgesteinte Fläche des Haldenareals genutzt werden. Für diesen Bereich ist die Herrichtung einer ebenen Fläche von ca. 2 ha auf einem Niveau von 186 m DHHN durch Auffüllung mit Bodenmaterial aus der Region vorgesehen, auf der später Inertstoffe zwischengelagert werden können. Die Oberfläche soll mit Asphaltfräsgut befestigt werden. Für diese Fläche sind eine Berechnung des Oberflächenwasserabflusses und die Dimensionierung eines dafür ausreichenden Regenwasserrückhaltebeckens durchzuführen.

Auf einer Fläche von ca. 10 ha soll eine Deponie aus Erdaushub und Bauschutt errichtet werden. Die Deponie wird in Kippscheiben von jeweils 5 m Höhe mit einer Neigung der Außenböschungen von 20° aufgebaut. Der Deponiekörper hat eine Gesamthöhe von etwa 30 m (167-200 m DHHN) und soll mit einer 1,5 m mächtigen Rekultivierungsschicht aus Bodenmaterial der Region (Lößlehm) abgedeckt werden. Für diesen Körper sind zur Bestimmung des Versickerungsanteiles Wasserhaushaltsberechnungen durchzuführen. Für die Berechnung der Wasserbilanz ist vom Endzustand der Deponie auszugehen. Dabei sollen die Berechnungen sich auf den Endzustand mit Gras- und mit Laubwaldbewuchs beziehen.

Als Voraussetzung zur Planung des Entwässerungssystems für die Errichtung der Inertstoffdeponie Freiesleben-Schacht Mansfeld, ist im ersten Schritt der Wasserhaushalt mit dem Programm BOWAHALD in zwei Varianten zu berechnen.

- Variante 1 – Endzustand der Deponie DK0 mit Grasbewuchs
- Variante 2 – Endzustand der Deponie DK0 mit Laubwaldbewuchs

Mit dem Programm BOWAHALD soll ausschließlich der Wasserhaushalt für die Deponie DK0 für den Endzustand mit Gras- und Laubwaldbewuchs berechnet werden, für welche die vom DWD zur Verfügung gestellten monatlichen/jährlichen Daten der nächstgelegenen Station des DWD in Aschersleben-Mehringen zu verwenden sind. Mit diesen Varianten ist die monatliche Spannbreite des zu erwartenden Wasserhaushaltes der Deponie DK0 Freiesleben-Schacht Mansfeld abzubilden.

Für die Dimensionierung/Bemessung der Entwässerungsgräben, Durchlässe und Rückhaltebecken sind im nächsten Schritt Berechnungen gemäß DWA-A 117 [1] bzw. RAS-Ew 2005 [2] durchzuführen, wobei die KOSTRA Daten vom DWD zu berücksichtigen sind. Der AG prüft bzw. klärt die Voraussetzungen für eine mögliche Einleitung des Oberflächenwassers in den Fuchsbach bzw. die Wipper.

Da dem AG keine konkreten geotechnischen Daten sowie Bodenkennwerte von dem für die Reaktivierungsschicht vorgesehenen Material vorliegen, sind auf der bereits vorhandenen Erdstoffdeponie Freiesleben-Schacht geeignete Durchlässigkeitsbestimmungen in situ und im Labor vorzusehen.

2 Vertikale und horizontale Hydrotopgliederung

Für die geplante Inertstoffdeponie DK0 wird die Fläche für die Wasserhaushaltsberechnung in fünf Hydrotope untergliedert. Dies betrifft vor allem die westlichen Bereiche der ehemaligen Halde Freiesleben-Schacht Mansfeld (s. Abbildung 1). Die Unterteilung der Hydrotope ist Anlage 1 und die Hydrotopgliederung sowie Parameterzusammenstellung in der Tabelle 1 enthalten.

Tabelle 1: Hydrotopeinteilung – Deponie DK0 Freiesleben-Schacht Mansfeld

Hydrotop	Bereich	Exposition	Mittlere Mächtigkeit [m]	Gefälle [%]	Hanglänge [m]	Fläche [m ²]	Bewuchs (Endzustand)
1	Plateau	-	30	1	270	42.500	Natürliche Sukzession (Wiese/Laubbäume)
2	Böschung	Nordwest	15	70	90	22.650	Natürliche Sukzession (Wiese/Laubbäume)
3	Böschung	West	15	70	110	9.100	Natürliche Sukzession (Wiese/Laubbäume)
4	Böschung	Südwest	15	70	90	12.640	Natürliche Sukzession (Wiese/Laubbäume)
5	Böschung	Süd	10	70	50	16.830	Natürliche Sukzession (Wiese/Laubbäume)

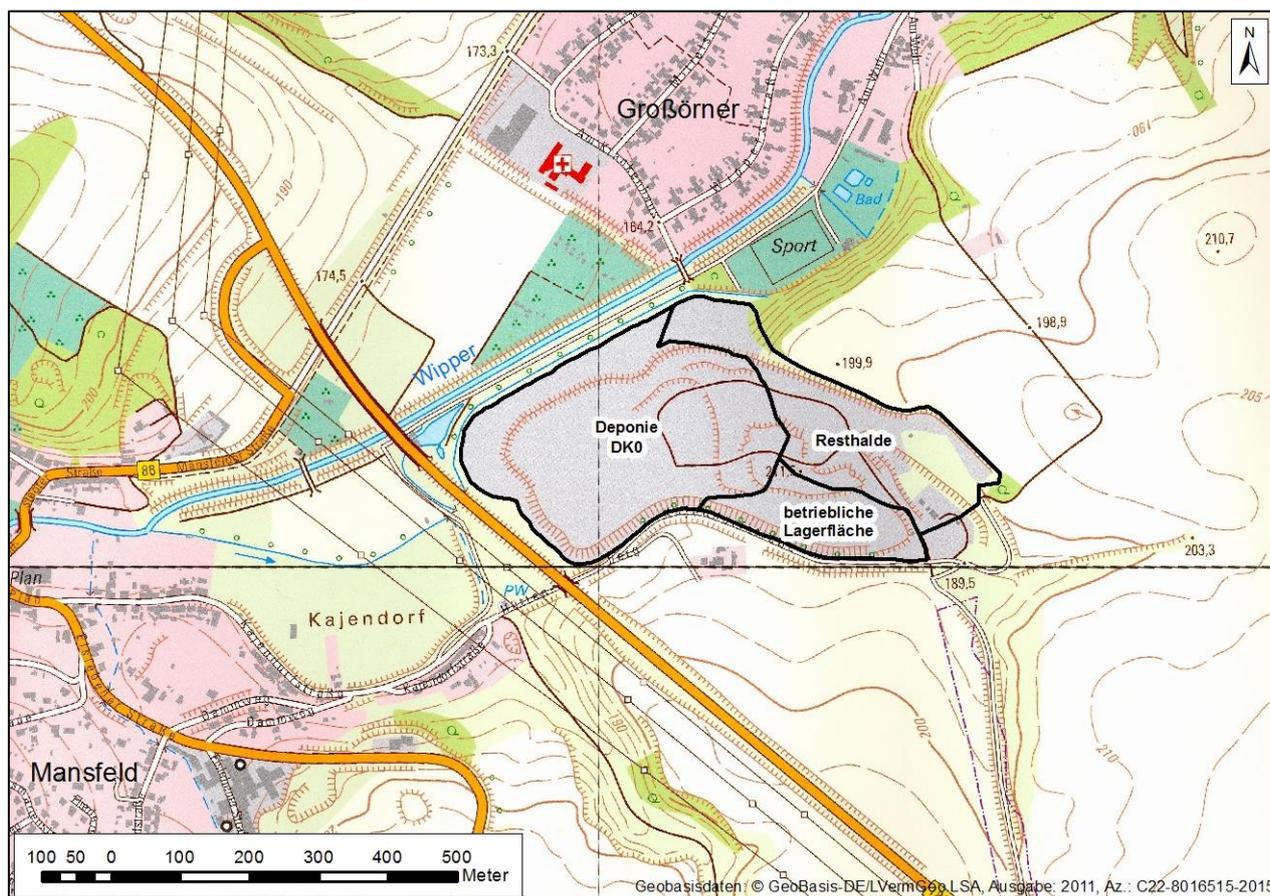


Abbildung 1: Übersichtskarte geplante Deponie DK0 Freiesleben-Schacht Mansfeld

Das allgemeine Hydrotop-Vertikalprofil der Deponie DK0 setzt sich wie folgt zusammen:

- Rekultivierungsschicht - Bodenmaterial der Region (Lößlehm) (1,5 m)
- Material DK0 (im Mittel zw. 10 - 30 m)
- Deponieuntergrund (gewachsener Boden, Buntsandstein)

Für eine Berechnung der Abflussgrößen (insbesondere der realen Verdunstung) mit dem Programm BOWAHALD, ist eine programminterne weitere Aufgliederung der Haldenschichten notwendig. Die Haldenschichten werden deshalb in zusätzliche Teilschichten mit jeweils max. 0,2 m Mächtigkeit unterteilt.

3 Kennwerte für die BOWAHALD-Berechnung

3.1 Berechnungsvarianten

Für die geplante Deponie DK0 Freiesleben-Schacht Mansfeld wurden für die 5 Hydrotöpfe (s. Tabelle 1) jeweils zwei Berechnungen zum Wasserhaushalt (Variante 1 und Variante 2) durchgeführt. Das entspricht insgesamt 10 Berechnungen für die geplante Deponie DK0 (s. Tabelle 2).

Die Eingangsdaten sind in Anlage 8 enthalten und werden in den folgenden Kapiteln dargestellt.

Tabelle 2: BOWAHALD-Berechnungen

Hydrotopf Variante	BOWAHALD Identifikations-Nr.	Bewuchs
Hy01_V1	011	Gras
Hy01_V2	012	Laubbäume
Hy02_V1	021	Gras
Hy02_V2	022	Laubbäume
Hy03_V1	031	Gras
Hy03_V2	032	Laubbäume
Hy04_V1	041	Gras
Hy04_V2	042	Laubbäume
Hy05_V1	051	Gras
Hy05_V2	052	Laubbäume

3.2 Bodenkennwerte der Berechnungsvarianten

Für die Wasserhaushaltsberechnungen wurden für die k_f -Wert Ermittlung Infiltrationsversuche sowie Siebkornanalysen durchgeführt. Untersucht wurden das Material der Deponieaufstandsfläche, des Deponiekörpers (Einlagerungsmaterial) sowie das Material für die Rekultivierungsschicht (Lößlehm). Die Ergebnisse sind in Tabelle 3, Anlage 4 und 5 enthalten.

Die K_f -Laborwerte aus der Korngrößenverteilung (s. Anlage 5) liegen etwa im Bereich der Versickerungswerte (s. Anlage 4). Die Laborkörnungen zeigen eine geringfügig höhere Durchlässigkeit als die in-Situ-Versuche. Als reeller sind aber die aus den Infiltrationsversuchen ermittelten

k_f -Werte einzuschätzen, da dort die Verdichtung des Materials durch Eigengewicht bzw. z. B. durch Befahren mit schweren Fahrzeugen mit in die Versuche einfließt und damit die in-situ-Verhältnisse erfasst.

Tabelle 3: k_f -Wert Ermittlung

Nr. Versuch (Infiltrometer)	Nr. Probe (Korngrößenverteilung)	Probenahmeort / Infiltrationsversuch	k_f [m/s] (Infiltrationsversuch)	k_f [m/s] (Korngrößenverteilung)
1.1	1	Aufstandsfläche projektierte Deponie DK0	$8,1 \cdot 10^{-9}$	$9,5 \cdot 10^{-9}$
1.2		Aufstandsfläche projektierte Deponie DK0	$8,0 \cdot 10^{-9}$	
2.1	2	Einlagerungsmaterial für Deponie DK0	$1,0 \cdot 10^{-6}$	$1,5 \cdot 10^{-6}$
2.2		Einlagerungsmaterial für Deponie DK0 (verfestigt)	$3,5 \cdot 10^{-7}$	
3.1	3	Abdecksubstrat (Lößlehm), wenig verdichtet	$4,7 \cdot 10^{-7}$	
3.2		Abdecksubstrat (Lößlehm), verdichtet	$6,0 \cdot 10^{-8}$	$6,9 \cdot 10^{-8}$

Das Programm BOWAHALD stellt zu den ermittelten k_f -Werten passende Bodenkennwerte (Sättigungswassergehalt, Feldkapazität, permanenter Welkepunkt, kapillare Steighöhe) zur Verfügung, die bezüglich der Korngrößenanalysen und nach BKA 5 [3] angepasst wurden. In der folgenden Tabelle sind die Bodenkennwerte, welche für die Berechnung je Hydrotop verwendet wurden, aufgeführt. Für die jeweils oberste Modellschicht wird die Erhöhung der Wasserdurchlässigkeit infolge von Durchwurzelung, Bioturbation usw. programmintern durch eine k_f -Werterhöhung berücksichtigt. Dieser erhöhte Wert ist in der folgenden Parametertabelle mit blauer Schrift markiert. Für die Rekultivierungsschicht wurde für alle Varianten (Bewuchs: Gras, Sträucher/Laubbäume) entsprechend der BKA 5 ein Humusgehalt im Boden berücksichtigt.

Tabelle 4: Bodenkennwerte der Varianten 1 und 2

Schicht	k_f [m/s]	Θ_s [Vol %]	Θ_{FC} [Vol %]	Θ_{WP} [Vol %]	KH [mm]
Rekultivierungsschicht	$4,7 \cdot 10^{-7}$ $2,4 \cdot 10^{-6}$	43,0	37,0	11,0	900
Deponieeinlagerungsmaterial	$3,5 \cdot 10^{-7}$	36,4	27,7	9,1	900
Deponieuntergrund	$8,1 \cdot 10^{-9}$	44,0	37,0	16,0	1500

k_f Wasser-Durchlässigkeitsbeiwert, Θ_s Sättigungswassergehalt, Θ_{FC} Feldkapazität, Θ_{WP} permanenter Welkepunkt, KH Kapillare Steighöhe

3.3 Klimadaten

Für die langjährigen Mittelwerte wurde eine amtliche Klimaauskunft des Deutschen Wetterdienstes vom 24.09.2015 [4] verwendet (s. Anlage 6). Nach Auskunft des Deutschen Wetterdienstes (s. Anlage 6) ist zu beachten, dass der 30-jährige Zeitraum 1961-1990 der nach wie vor international gültige Bezugszeitraum ist, auch wenn inzwischen Mittelwerte für den aktuelleren Zeitraum 1981-2010 berechnet werden.

Folgende Parameter gehen in die Berechnungen ein:

Monatsmittel der Lufttemperatur in °C:	T
Temperatur des Folgemonats:	TPF = 1, wenn Temperatur positiv TPF = -1, wenn Temperatur negativ
Monatsmittel der relat. Luftfeuchte in %:	RLF
Monatssummen der Sonnenscheindauer in Stunden:	SSD
Monatsmittel der Windgeschwindigkeit in m/s:	VW
Mittlere Monatssummen der Niederschläge in mm:	P

Tabelle 5: Langjährige monatliche Mittelwerte (Station Halle-Kröllwitz 1961 bis 1990)

Monat	T [°C]	TPF	RLF [%]	SSD [h]	VW [m/s]	P [mm]
11	4,8	1	82,7	50,5	3,0	31,0
12	1,4	1	84,6	37,4	3,0	32,3
1	0,0	1	83,9	42,3	3,0	25,1
2	0,7	1	82,1	56,4	2,9	23,0
3	4,2	1	76,5	107,4	3,0	29,5
4	8,3	1	71,6	138,3	2,8	38,7
5	13,2	1	70,2	184,1	2,5	52,7
6	16,5	1	70,7	193,4	2,4	54,4
7	18,0	1	70,3	189,0	2,5	48,0
8	17,7	1	71,4	172,1	2,1	50,2
9	14,3	1	77,2	127,7	2,3	36,4
10	9,8	1	80,9	104,8	2,4	29,7

Um eine Berechnung des Oberflächenabflusses durchzuführen, sind langjährige Mittelwerte allein nicht ausreichend, da dieser Abfluss an zeitlich sehr kurze Niederschlagsereignisse gebunden ist. Das Programm BOWAHALD bietet nun die Möglichkeit, mittels zusätzlicher statistischer Angaben des Wetterdienstes zur Niederschlagsverteilung eine repräsentative Tagesnieder-

schlagsverteilung zu synthetisieren. Dazu wurden durch den Wetterdienst folgende weitere Angaben für die Zeitreihe 1961-1990 (Station Halle-Kröllwitz) bereitgestellt:

Jahressumme des unkorrigierten Niederschlages:	451,0 mm/a
Mittleres Jahresmaximum der Tagessummen der Niederschläge:	32,1 mm/d
Mittlere Anzahl der Tage mit Niederschlagshöhe $\geq 0,1$ mm:	156,0 d/a
Mittlere Anzahl der Tage mit Niederschlagshöhe $\geq 1,0$ mm:	88,5 d/a
Mittlere Anzahl der Tage mit Niederschlagshöhe $\geq 10,0$ mm:	9,7 d/a.

Für die Wasserhaushaltsberechnung wurde der Niederschlag korrigiert. Die Niederschlagskorrektur erfolgte anhand der monats- und gebietsvariablen Korrektur nach Richter (1995) [5]:

Gebietszuordnung: III - östlicher Teil des Norddeutschen Tieflandes und östliche Mittelgebirge bis 700 m NN,
Stationslage: leicht geschützt.

Jahressumme des korrigierten Niederschlages nach Richter (1995) [5]: 514,6 mm/a

4 Berechnungsergebnisse

4.1 Wasserhaushalts-Jahresbilanzen

Die Ergebnisse der Wasserhaushalts-Jahresbilanzen für jedes Hydrotop mit den Varianten:

Variante 1 (V1): Endzustand der Deponie DK0 mit Grasbewuchs und

Variante 2 (V2): Endzustand der Deponie DK0 mit Laubwaldbewuchs

sind in Tabelle 6 und in Anlage 9 enthalten.

Tabelle 6: Wasserhaushalts-Jahresbilanzen

Hydrotop Variante	$P_{\text{korr.}}$ [mm/a]	ETR [mm/a]	ETR [%]	RO [mm/a]	RO [%]	RH [mm/a]	RH [%]	RU [mm/a]	RU [%]
Hy01_V1	514,6	469,0	91,1%	0,0	0,0%	0	0,0%	45,6	8,9%
Hy01_V2	514,6	507,2	98,6%	0,6	0,1%	0	0,0%	6,8	1,3%
Hy02_V1	514,6	436,6	84,8%	3,2	0,6%	0	0,0%	74,8	14,5%
Hy02_V2	514,6	477,7	92,8%	3,1	0,6%	0	0,0%	33,8	6,6%
Hy03_V1	514,6	475,1	92,3%	0,4	0,1%	0	0,0%	39,1	7,6%
Hy03_V2	514,6	512,7	99,6%	2,0	0,4%	0	0,0%	0,0	0,0%

Hydrotop Variante	P _{kor.} [mm/a]	ETR [mm/a]	ETR [%]	RO [mm/a]	RO [%]	RH [mm/a]	RH [%]	RU [mm/a]	RU [%]
Hy04_V1	514,6	489,6	95,1%	0,2	0,0%	0	0,0%	24,8	4,8%
Hy04_V2	514,6	512,7	99,6%	1,9	0,4%	0	0,0%	0,0	0,0%
Hy05_V1	514,6	496,7	96,5%	0,4	0,1%	0	0,0%	17,6	3,4%
Hy05_V2	514,6	511,8	99,5%	2,8	0,5%	0	0,0%	0,0	0,0%

P_{kor.} - korrigierter Niederschlag, ETR - reale Evapotranspiration, RO - Oberflächenabfluss, RH - hypodermischer Abfluss
RU - unterirdischer Abfluss

Es erfolgte eine Unterteilung der Hydrotope in Böschungs- und Plateauflächen. Insgesamt wurde 1 Hydrotop mit einem Gefälle ≤10 % als „Plateau“ sowie 4 Hydrotope mit einem Gefälle ≥10 % als „Böschung“ ausgewiesen. Hinsichtlich dieser Unterteilung erfolgt die Beschreibung der Abflusskomponenten in den nachfolgenden Kapiteln.

Die Oberflächenentwässerung der Deponie DK0 erfolgt über Entwässerungsgräben zu den zu errichtenden Regenrückhaltebecken RRB 1 und RRB 2 (s. dazu Kap. 5 und Anlage 2).

4.1.1 „Plateau“ (Hydrotop 1)

Für die **Berechnungsvariante 1** mit Grasbewuchs beträgt die reale Evapotranspiration im Mittel 91 % vom Niederschlag (469 mm/a). Ein **Oberflächenabfluss (RO)** wurde aufgrund des geringen Gefälles nicht ermittelt.

Ein **hypodermischer Abfluss (RH)** an der Deponiebasis und Austritt am Deponiefuß findet aufgrund der Materialeigenschaften und Durchlässigkeit des Einlagerungsmaterials/Deponieuntergrundes sowie des geringen Gefälles (Deponiebasis) nicht statt. Der gesamte Abfluss fällt somit als unterirdischer Abfluss an.

Der **unterirdische Abfluss (RU)**, also derjenige welche an der Deponiebasis in den Deponieuntergrund versickert, beträgt für das Hydrotop 1 (Grasbewuchs) 9 % vom Niederschlag (46 mm/a). Für die Fläche des Hydrotops 1 entspricht dies einem unterirdischen Abfluss von

$$Q_{RU} = 46 \text{ mm/a} \cdot 42.500 \text{ m}^2 = 46 \text{ l}/(\text{m}^2 \cdot \text{a}) \cdot 42.500 \text{ m}^2 \approx 2.000 \text{ m}^3/\text{a} \approx 0,06 \text{ l/s.}$$

Die Berechnungsergebnisse für die **Variante 2** unterscheiden sich bezüglich der Verdunstung und Abflüsse deutlich gegenüber der Variante 1. Dies hängt vor allem mit der berücksichtigten Vegetation (Laubbäume) für den Endzustand der Deponie DK0 zusammen. Die reale Evapotranspiration beträgt 98,6 % vom Niederschlag (507 mm/a).

Für diese Variante wurde ein sehr geringer **Oberflächenabfluss** von nur 0,1 % (1 mm/a) ermittelt. Für die gesamte 42.500 m² große Hydrotopfläche entspricht dies einem Oberflächenabfluss von

$$Q_{RO} = 1 \text{ mm/a} \cdot 42.500 \text{ m}^2 = 1 \text{ l}/(\text{m}^2 \cdot \text{a}) \cdot 42.500 \text{ m}^2 \approx 50 \text{ m}^3/\text{a} \approx 0,002 \text{ l/s.}$$

Diese Wassermenge kann mit den Entwässerungsgräben gefasst und zum Regenrückhaltebecken (RRB 1) abgeführt werden.

Ein **hypodermische Abfluss** findet nicht statt, so dass die restliche Wassermenge als unterirdischer Abfluss anfällt. Daraus ergibt sich für das Hydrotop 1 (mit Laubwaldbewuchs) ein **unterirdischer Abfluss** von 1,3 % vom Niederschlag (7 mm/a). Das entspricht einer Versickerungsmenge von

$$Q_{RU} = 7 \text{ mm/a} \cdot 42.500 \text{ m}^2 = 7 \text{ l}/(\text{m}^2 \cdot \text{a}) \cdot 42.500 \text{ m}^2 \approx 300 \text{ m}^3/\text{a} \approx 0,01 \text{ l/s.}$$

Die Abflüsse wurden auf Basis von Monatsmittelwerten berechnet. Die tatsächlichen Spitzenabflüsse pro Zeiteinheit in l/s fallen wesentlich höher aus und müssen für die Bemessung von Entwässerungsgräben berücksichtigt werden (s. Kap. 5.3.2).

4.1.2 „Böschung“ (Hydrotope 2 bis 5)

Die Ergebnisse der einzelnen **Berechnungsvarianten 1 und 2** für die Böschungsflächen mit einem Gefälle >10 % unterscheiden sich deutlich (s. Tabelle 6).

Für die **Variante 1** mit Grasbewuchs schwanken die Ergebnisse der realen Evapotranspiration und Abflüsse hinsichtlich der Exposition der Böschungen. Die reale Evapotranspiration liegt im Bereich von 85 % bis 97 % und beträgt im Mittel 92 % (475 mm/a). Die Berechnungen ergaben für die Böschungen einen geringen **Oberflächenabfluss** von <1 %, im Mittel 0,2 % vom Niederschlag (1 mm/a). Für die gesamte Böschungsfläche von 61.220 m² entspricht dies einem mittleren oberirdischen Abfluss von maximal

$$Q_{RO} = 3 \text{ mm/a} \cdot 61.220 \text{ m}^2 = 3 \text{ l}/(\text{m}^2 \cdot \text{a}) \cdot 61.220 \text{ m}^2 \approx 200 \text{ m}^3/\text{a} \approx 0,01 \text{ l/s.}$$

Diese Wassermenge kann mit den Entwässerungsgräben gefasst und zu den Regenrückhaltebecken RRB 1 und RRB 2 abgeführt werden.

Ein **hypodermischer Abfluss** an der Deponiebasis und Austritt am Deponiefuß findet aufgrund der Materialeigenschaften und Durchlässigkeit des Einlagerungsmaterials/Deponieuntergrundes sowie des geringen Gefälles der Deponiebasis nicht statt. Der **unterirdische Abfluss** bewegt sich zwischen 3 % und 15 %, im Mittel 8 % vom Niederschlag (39 mm/a). Für die gesamte 61.220 m² große Böschungfläche ergeben sich daraus mittlere unterirdische Abflüsse von maximal

$$Q_{RU} = 75 \text{ mm/a} \cdot 61.220 \text{ m}^2 = 75 \text{ l}/(\text{m}^2 \cdot \text{a}) \cdot 61.220 \text{ m}^2 \approx 5.000 \text{ m}^3/\text{a} \approx 0,16 \text{ l/s.}$$

Die Berechnungsergebnisse für die **Variante 2**, Endzustand der Deponie mit Laubwaldbewuchs, zeigen gegenüber der Variante 1 (Grasbewuchs) deutliche Unterschiede hinsichtlich der Evapotranspiration und der Abflüsse. Dies ist vor allem auf die Vegetationsunterschiede (Wiese, Laubbäume) zurückzuführen, welche bei Laubbäumen eine höhere Verdunstung und eine Verringerung des unterirdischen Abflusses zur Folge hat. Die reale Evapotranspiration beträgt im Mittel 98 % (504 mm/a) des Jahresniederschlags. Gegenüber der Variante 1 verändert sich der **Oberflächenabfluss** nicht wesentlich. Ein **hypodermischer Abfluss** wurde nicht ermittelt und ein **unterirdischer Abfluss** findet nur bedingt statt, maximal 7 % (34 mm/a) des Niederschlags. Das entspricht einer mittleren Versickerungsmenge von maximal

$$Q_{RU} = 34 \text{ mm/a} \cdot 61.220 \text{ m}^2 = 34 \text{ l}/(\text{m}^2 \cdot \text{a}) \cdot 61.220 \text{ m}^2 \approx 2.500 \text{ m}^3/\text{a} \approx 0,18 \text{ l/s.}$$

Bei der Bemessung von Entwässerungsgräben ist zu beachten, dass ebenfalls die Oberflächenabflüsse zu berücksichtigen sind, die in Folge von Starkniederschlagsereignissen auftreten. Bei den berechneten Abflussangaben handelt es sich um Monatsmittelwerte. Die tatsächlichen Spitzenabflüsse pro Zeiteinheit in l/s fallen deutlich höher aus. Die Bemessung der Entwässerungsgräben sollte sich an den Oberflächenabflüssen der 10 minütigen Starkregenfälle orientieren. Die Bemessung der Oberflächenentwässerung (Gräben, Regenrückhaltebecken) für den Zustand der endgültig und vollständig abgedeckten Deponiekontur erfolgt unter Berücksichtigung der vom DWD zur Verfügung gestellten KOSTRA Daten (s. Anlage 7) im Kapitel 5.

4.2 Wasserhaushalts-Monatsbilanzen

In den folgenden Kapiteln sind die Ergebnisse der Wasserhaushalts-Monatsbilanzen für jedes Hydrotop enthalten und grafisch dargestellt. Die BOWAHALD-Ergebnislisten können Anlage 9 entnommen werden.

4.2.1 Hydrotop 1 – Plateau

Die Ergebnisse der berechneten Abflussanteile als Monatsmittelwerte für die Varianten 1 und 2 für das Hydrotop 1 (Gefälle: 1 %, Fläche: 42.500 m²) sind in Tabelle 7 und Abbildung 2 dargestellt.

Tabelle 7: Monatsbilanzen, Hydrotop 1

Hydrotop Variante	Monat	P _{korr.} [mm/mon]	ETR [mm/mon]	WS [mm]	RO [mm/mon]	RH [mm/mon]	RU [mm/mon]	DSB [mm]	STW [mm/mon]
Hy01_V1	November	36,2	11,9	0	0	0	0	24,3	0
Hy01_V1	Dezember	38,7	8,3	0,4	0	0	0	30,1	0
Hy01_V1	Januar	30,9	8,5	-0,4	0	0	15,3	7,5	0
Hy01_V1	Februar	28,6	14,8	0,2	0	0	14	-0,3	0
Hy01_V1	März	35,5	36,1	-0,2	0	0	16,3	-16,8	0
Hy01_V1	April	44,5	57,7	0	0	0	0	-13,2	0
Hy01_V1	Mai	58,5	72,5	0	0	0	0	-14	0
Hy01_V1	Juni	59,7	82	0	0	0	0	-22,3	0
Hy01_V1	Juli	52,8	69,1	0	0	0	0	-16,3	0
Hy01_V1	August	55	48,7	0	0	0	0	6,2	0
Hy01_V1	September	40,6	35,6	0	0	0	0	5	0
Hy01_V1	Oktober	33,5	23,8	0	0	0	0	9,7	0
Hy01_V2	November	36,2	11,4	0	0	0	0	24,8	0
Hy01_V2	Dezember	38,7	7,3	0,4	0	0	0	31	0
Hy01_V2	Januar	30,9	7,4	-0,4	0	0	0	23,9	0
Hy01_V2	Februar	28,6	13	0,2	0	0	0	15,5	0
Hy01_V2	März	35,5	32,5	-0,2	0	0	6,8	-3,6	0
Hy01_V2	April	44,5	54,3	0	0	0	0	-9,7	0
Hy01_V2	Mai	58,5	82,8	0	0,2	0	0	-24,5	0
Hy01_V2	Juni	59,7	87,3	0	0,1	0	0	-27,7	0
Hy01_V2	Juli	52,8	87	0	0,1	0	0	-34,3	0
Hy01_V2	August	55	61,9	0	0,2	0	0	-7,1	0
Hy01_V2	September	40,6	38,4	0	0	0	0	2,1	0
Hy01_V2	Oktober	33,5	23,7	0	0	0	0	9,7	0

P_{korr.} - korrigierter Niederschlag, ETR - reale Evapotranspiration, WS - kumulativer Äquivalentwassergehalt der Schneedecke, RO - Oberflächenabfluss, RH - hypodermischer Abfluss, RU - unterirdischer Abfluss, DSB - Feuchteänderung im Haldenkörper, STW - Stauwassermenge zwischen Oberfläche und Modellbasis (kumulativer Wert)

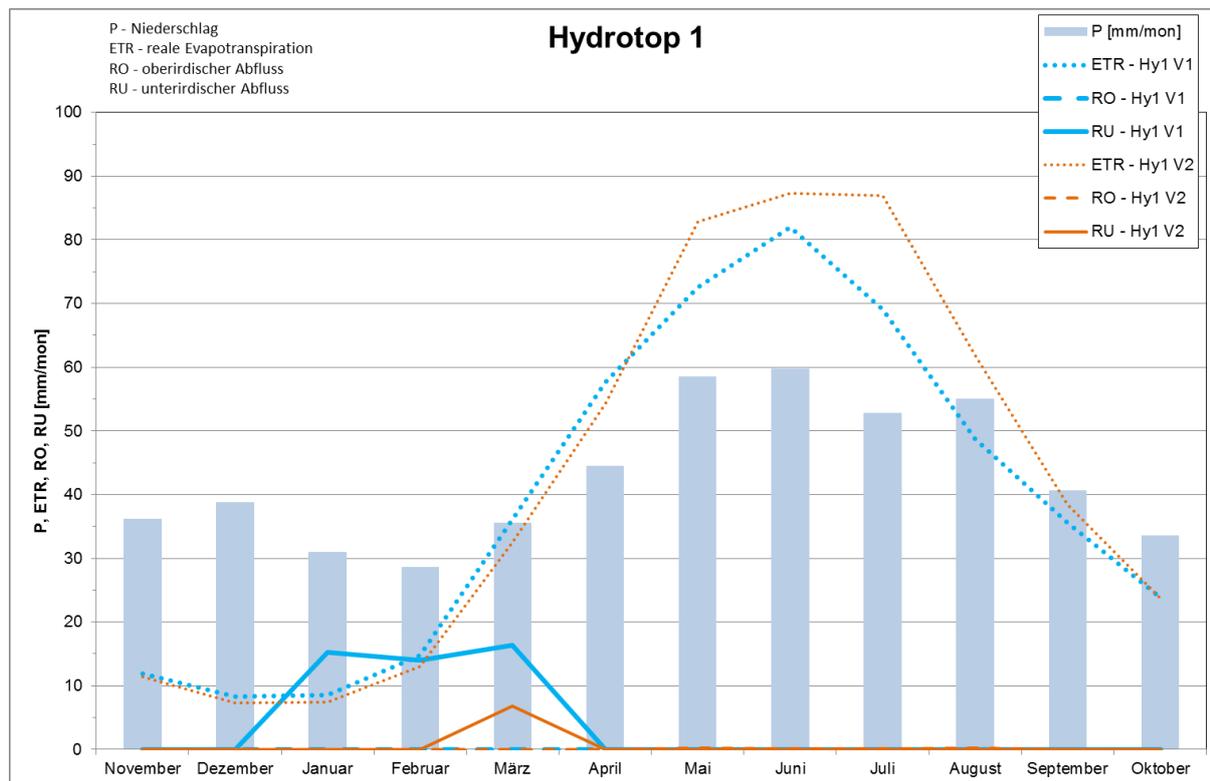


Abbildung 2: Ganglinien Monatsbilanzen, Hydrotop 1

- die höchste reale Verdunstung erfolgt im Sommerhalbjahr (bei Laubbäume etwas höher als bei Grasbewuchs)
- Oberflächenabfluss findet aufgrund des geringen Gefälles und Bewuchses nicht bzw. nur sehr geringfügig in den Niederschlagsreichen Monaten statt
- kein hypodermischer Abfluss
- unterirdischer Abfluss findet vor allem in den verdunstungsärmeren Monaten statt
- **Variante 1** $RO_{Mittel} = 0 \text{ mm/mon}$; $RU_{Mittel} = 3,8 \text{ mm/mon}$
- **Variante 2** $RO_{Mittel} = 0,05 \text{ mm/mon}$; $RU_{Mittel} = 0,6 \text{ mm/mon}$
- kein Stauwasser
- der Hauptteil des anfallenden Wassers verdunstet

4.2.2 Hydrotop 2 – Böschung (Nordwest)

Die Ergebnisse der berechneten Abflussanteile als Monatsmittelwerte für die Varianten 1 und 2 für das Hydrotop 2 (Gefälle: 70 %, Fläche: 22.650 m²) sind in Tabelle 8 und Abbildung 3 dargestellt.

Tabelle 8: Monatsbilanzen, Hydrotop 2

Hydrotop Variante	Monat	P _{korr.} [mm/mon]	ETR [mm/mon]	WS [mm]	RO [mm/mon]	RH [mm/mon]	RU [mm/mon]	DSB [mm]	STW [mm/mon]
Hy02_V1	November	36,2	10,9	0	0	0	0	25,3	0
Hy02_V1	Dezember	38,7	7,1	0,4	0	0	15,9	15,3	0
Hy02_V1	Januar	30,9	6,9	-0,4	0	0	24,6	-0,2	0
Hy02_V1	Februar	28,6	12,1	0,2	0	0	16,6	-0,2	0
Hy02_V1	März	35,5	29,5	-0,2	0	0	17,6	-11,5	0
Hy02_V1	April	44,5	47,3	0	0,2	0	0	-3	0
Hy02_V1	Mai	58,5	67,1	0	0,1	0	0	-8,6	0
Hy02_V1	Juni	59,7	76,9	0	1,1	0	0	-18,2	0
Hy02_V1	Juli	52,8	70,6	0	1,7	0	0	-19,5	0
Hy02_V1	August	55	51,3	0	0	0	0	3,6	0
Hy02_V1	September	40,6	34,6	0	0,2	0	0	5,8	0
Hy02_V1	Oktober	33,5	22,2	0	0	0	0	11,2	0
Hy02_V2	November	36,2	11,1	0	0	0	0	25,1	0
Hy02_V2	Dezember	38,7	6,9	0,4	0	0	0	31,4	0
Hy02_V2	Januar	30,9	6,9	-0,4	0	0	0	24,4	0
Hy02_V2	Februar	28,6	12,1	0,1	0	0	15,9	0,5	0
Hy02_V2	März	35,5	29,5	-0,1	0	0	17,6	-11,5	0
Hy02_V2	April	44,5	47,3	0	0	0	0,2	-3	0
Hy02_V2	Mai	58,5	69,3	0	0,9	0	0	-11,6	0
Hy02_V2	Juni	59,7	77,9	0	0,8	0	0	-19	0
Hy02_V2	Juli	52,8	93	0	0,6	0	0	-40,8	0
Hy02_V2	August	55	62,1	0	0,8	0	0	-8	0
Hy02_V2	September	40,6	38,2	0	0	0	0	2,4	0
Hy02_V2	Oktober	33,5	23,3	0	0	0	0	10,2	0

Legende siehe Tabelle 7

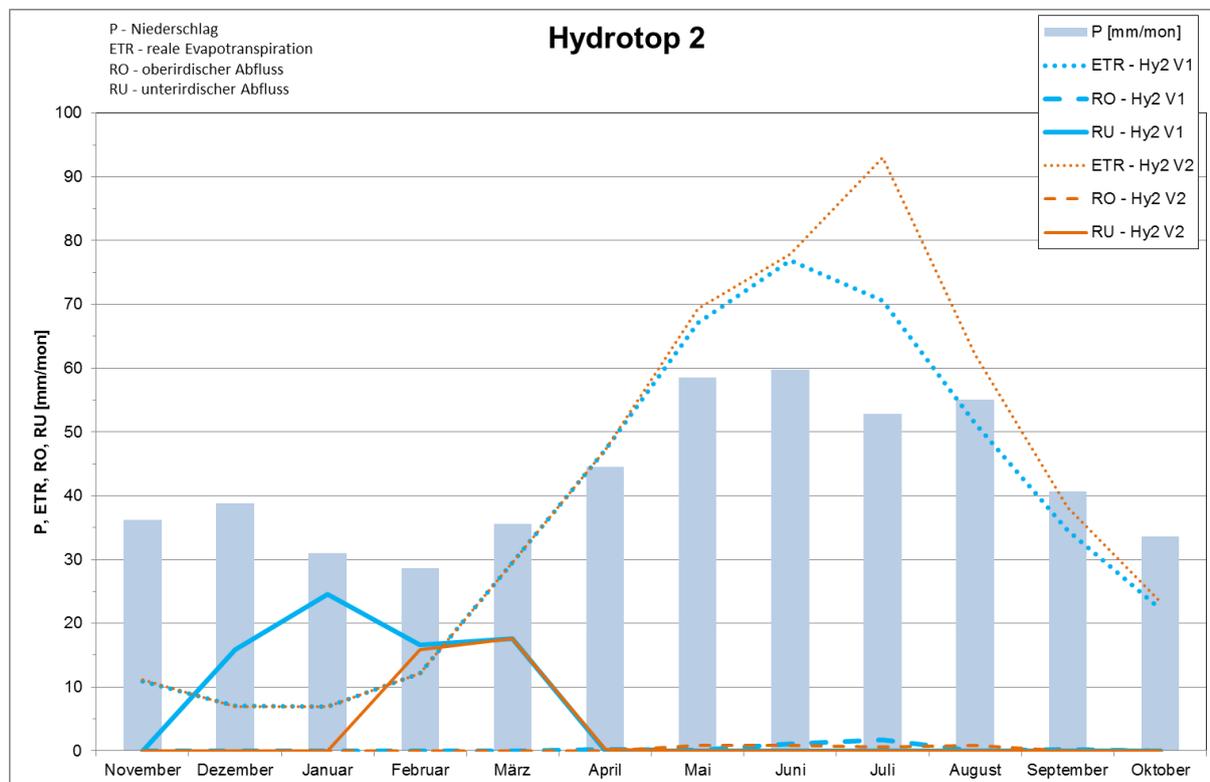


Abbildung 3: Ganglinien Monatsbilanzen, Hydrotop 2

- die höchste reale Verdunstung erfolgt von Mai bis August (bei Laubbaumbewuchs fällt die Evapotranspiration in den Sommermonaten deutlich höher aus)
- geringe Oberflächenabflüsse finden ausschließlich in den niederschlagsreichen Monaten im Zeitraum von Mai bis August statt
- kein hypodermischer Abfluss
- unterirdische Abflüsse erfolgen vor allem in den Wintermonaten
- **Variante 1** $RO_{\text{Mittel}} = 0,3 \text{ mm/mon}$; $RU_{\text{Mittel}} = 6,2 \text{ mm/mon}$
- **Variante 2** $RO_{\text{Mittel}} = 0,3 \text{ mm/mon}$; $RU_{\text{Mittel}} = 2,8 \text{ mm/mon}$
- kein Stauwasser
- der Hauptteil des anfallenden Wassers verdunstet

4.2.3 Hydrotop 3 – Böschung (West)

Die Ergebnisse der berechneten Abflussanteile als Monatsmittelwerte für die Varianten 1 und 2 für das Hydrotop 3 (Gefälle: 70 %, Fläche: 9.100 m²) sind in Tabelle 9 und Abbildung 4 dargestellt.

Tabelle 9: Monatsbilanzen, Hydrotop 3

Hydrotop Variante	Monat	P _{korr.} [mm/mon]	ETR [mm/mon]	WS [mm]	RO [mm/mon]	RH [mm/mon]	RU [mm/mon]	DSB [mm]	STW [mm/mon]
Hy03_V1	November	36,2	12,2	0	0	0	0	24	0
Hy03_V1	Dezember	38,7	8,6	0,4	0	0	0	29,8	0
Hy03_V1	Januar	30,9	9	-0,4	0	0	9,9	12,4	0
Hy03_V1	Februar	28,6	15,7	0,2	0	0	13,1	-0,3	0
Hy03_V1	März	35,5	38,3	-0,2	0	0	16	-18,7	0
Hy03_V1	April	44,5	61	0	0	0	0	-16,4	0
Hy03_V1	Mai	58,5	72,8	0	0	0	0	-14,2	0
Hy03_V1	Juni	59,7	82,4	0	0,4	0	0	-23,1	0
Hy03_V1	Juli	52,8	67,9	0	0	0	0	-15,1	0
Hy03_V1	August	55	47,7	0	0	0	0	7,2	0
Hy03_V1	September	40,6	35,6	0	0	0	0	5	0
Hy03_V1	Oktober	33,5	24	0	0	0	0	9,5	0
Hy03_V2	November	36,2	11,8	0	0	0	0	24,4	0
Hy03_V2	Dezember	38,7	7,9	0,3	0	0	0	30,4	0
Hy03_V2	Januar	30,9	8,1	-0,3	0	0	0	23,2	0
Hy03_V2	Februar	28,6	14	0,1	0	0	0	14,5	0
Hy03_V2	März	35,5	34,9	-0,1	0	0	0	0,7	0
Hy03_V2	April	44,5	55,5	0	0	0	0	-11	0
Hy03_V2	Mai	58,5	80,3	0	0,6	0	0	-22,4	0
Hy03_V2	Juni	59,7	86,4	0	0,5	0	0	-27,1	0
Hy03_V2	Juli	52,8	94,7	0	0,4	0	0	-42,3	0
Hy03_V2	August	55	59,1	0	0,5	0	0	-4,7	0
Hy03_V2	September	40,6	36,4	0	0	0	0	4,1	0
Hy03_V2	Oktober	33,5	23,3	0	0	0	0	10,1	0

Legende siehe Tabelle 7

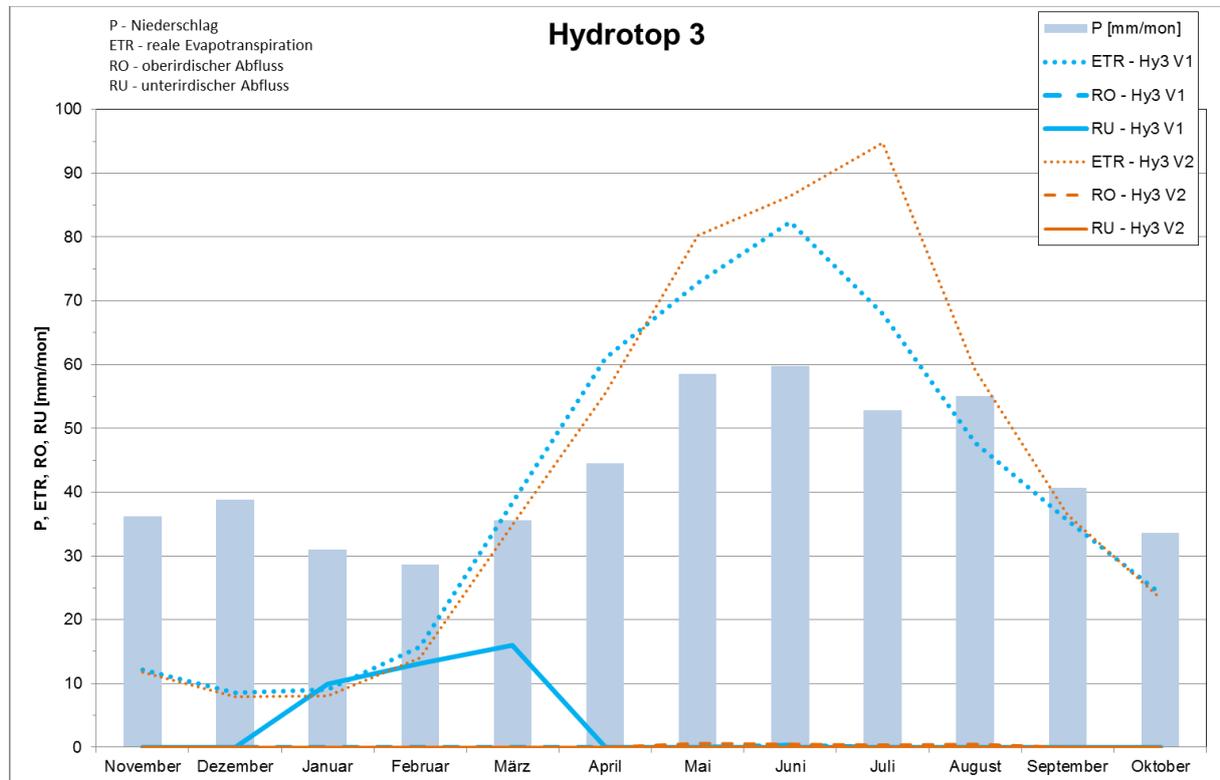


Abbildung 4: Ganglinien Monatsbilanzen, Hydrotop 3

- die höchste reale Verdunstung erfolgt von Mai bis August (bei Laubbaumbewuchs fällt die Evapotranspiration deutlich höher aus)
- ein geringer Oberflächenabfluss findet in den niederschlagsreichen Monaten statt
- kein hypodermischer Abfluss
- unterirdische Abflüsse erfolgen in den Wintermonaten (Grasbewuchs)
- **Variante 1** $RO_{\text{Mittel}} = 0,03 \text{ mm/mon}$; $RU_{\text{Mittel}} = 3,3 \text{ mm/mon}$
- **Variante 2** $RO_{\text{Mittel}} = 0,2 \text{ mm/mon}$; $RU_{\text{Mittel}} = 0 \text{ mm/mon}$
- kein Stauwasser
- der Hauptteil des anfallenden Wassers verdunstet

4.2.4 Hydrotop 4 – Böschung (Südwest)

Die Ergebnisse der berechneten Abflussanteile als Monatsmittelwerte für die Varianten 1 und 2 für das Hydrotop 4 (Gefälle: 70 %, Fläche: 12.640 m²) sind in Tabelle 10 und Abbildung 5 dargestellt.

Tabelle 10: Monatsbilanzen, Hydrotop 4

Hydrotop Variante	Monat	P _{korr.} [mm/mon]	ETR [mm/mon]	WS [mm]	RO [mm/mon]	RH [mm/mon]	RU [mm/mon]	DSB [mm]	STW [mm/mon]
Hy04_V1	November	36,2	12,8	0	0	0	0	23,4	0
Hy04_V1	Dezember	38,7	9,2	0,4	0	0	0	29,1	0
Hy04_V1	Januar	30,9	10,3	-0,4	0	0	0	21	0
Hy04_V1	Februar	28,6	17,9	0,2	0	0	9,4	1,1	0
Hy04_V1	März	35,5	43,9	-0,2	0	0	15,4	-23,7	0
Hy04_V1	April	44,5	67,5	0	0	0	0	-22,9	0
Hy04_V1	Mai	58,5	72,3	0	0	0	0	-13,8	0
Hy04_V1	Juni	59,7	82,9	0	0,2	0	0	-23,4	0
Hy04_V1	Juli	52,8	66	0	0	0	0	-13,2	0
Hy04_V1	August	55	46,7	0	0	0	0	8,3	0
Hy04_V1	September	40,6	35,6	0	0	0	0	5	0
Hy04_V1	Oktober	33,5	24,4	0	0	0	0	9,1	0
Hy04_V2	November	36,2	12,2	0	0	0	0	24	0
Hy04_V2	Dezember	38,7	8,5	0,3	0	0	0	29,9	0
Hy04_V2	Januar	30,9	8,8	-0,3	0	0	0	22,5	0
Hy04_V2	Februar	28,6	15	0,1	0	0	0	13,5	0
Hy04_V2	März	35,5	36,6	-0,1	0	0	0	-1	0
Hy04_V2	April	44,5	57,9	0	0	0	0	-13,4	0
Hy04_V2	Mai	58,5	82,4	0	0,7	0	0	-24,5	0
Hy04_V2	Juni	59,7	86,6	0	0,5	0	0	-27,3	0
Hy04_V2	Juli	52,8	90,2	0	0,4	0	0	-37,8	0
Hy04_V2	August	55	55,6	0	0,4	0	0	-1	0
Hy04_V2	September	40,6	35,5	0	0	0	0	5,1	0
Hy04_V2	Oktober	33,5	23,5	0	0	0	0	10	0

Legende siehe Tabelle 7

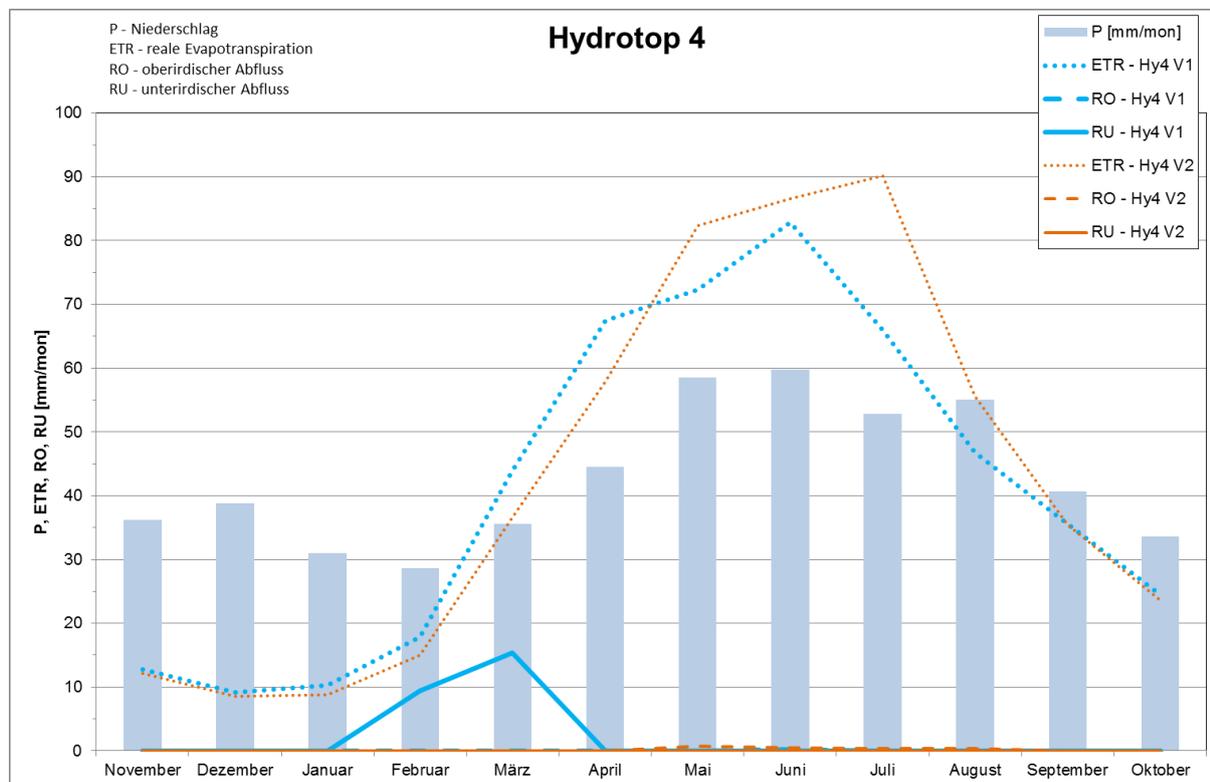


Abbildung 5: Ganglinien Monatsbilanzen, Hydrotop 4

- die höchste reale Verdunstung findet von Mai bis August statt, wobei bei Laubbaumbewuchs die Evapotranspiration in diesen Monaten deutlich höher ausfällt
- ein geringe oberirdische Abflüsse erfolgen auf der Böschung ausschließlich in den niederschlagsreichen Monaten
- kein hypodermischer Abfluss
- unterirdische Abflüsse treten nur im Februar und März (Grasbewuchs) auf
- **Variante 1** $RO_{\text{Mittel}} = 0,02 \text{ mm/mon}$; $RU_{\text{Mittel}} = 2,1 \text{ mm/mon}$
- **Variante 2** $RO_{\text{Mittel}} = 0,2 \text{ mm/mon}$; $RU_{\text{Mittel}} = 0 \text{ mm/mon}$
- kein Stauwasser
- der Hauptteil des anfallenden Wassers verdunstet

4.2.5 Hydrotop 5 – Böschung (Süd)

Die Ergebnisse der berechneten Abflussanteile als Monatsmittelwerte für die Varianten 1 und 2 für das Hydrotop 5 (Gefälle: 70 %, Fläche: 16.830 m²) sind in Tabelle 11 und Abbildung 6 dargestellt.

Tabelle 11: Monatsbilanzen, Hydrotop 5

Hydrotop Variante	Monat	P _{korr.} [mm/mon]	ETR [mm/mon]	WS [mm]	RO [mm/mon]	RH [mm/mon]	RU [mm/mon]	DSB [mm]	STW [mm/mon]
Hy05_V1	November	36,2	13,2	0	0	0	0	23	0
Hy05_V1	Dezember	38,7	9,8	0,4	0	0	0	28,6	0
Hy05_V1	Januar	30,9	11	-0,4	0	0	0	20,3	0
Hy05_V1	Februar	28,6	19,3	0,2	0	0	2,6	6,6	0
Hy05_V1	März	35,5	47,2	-0,2	0	0	15	-26,6	0
Hy05_V1	April	44,5	71	0	0	0	0	-26,5	0
Hy05_V1	Mai	58,5	71,1	0	0	0	0	-12,6	0
Hy05_V1	Juni	59,7	82,9	0	0,4	0	0	-23,5	0
Hy05_V1	Juli	52,8	65,3	0	0	0	0	-12,5	0
Hy05_V1	August	55	46,1	0	0	0	0	8,8	0
Hy05_V1	September	40,6	35,4	0	0	0	0	5,2	0
Hy05_V1	Oktober	33,5	24,5	0	0	0	0	9	0
Hy05_V2	November	36,2	12,4	0	0	0	0	23,8	0
Hy05_V2	Dezember	38,7	8,9	0,3	0	0	0	29,5	0
Hy05_V2	Januar	30,9	9,1	-0,3	0	0	0	22,1	0
Hy05_V2	Februar	28,6	15,7	0,1	0	0	0	12,8	0
Hy05_V2	März	35,5	38,3	-0,1	0	0	0	-2,6	0
Hy05_V2	April	44,5	59,8	0	0	0	0	-15,3	0
Hy05_V2	Mai	58,5	82,7	0	0,9	0	0	-25,1	0
Hy05_V2	Juni	59,7	85,2	0	0,7	0	0	-26,2	0
Hy05_V2	Juli	52,8	88,1	0	0,7	0	0	-36,1	0
Hy05_V2	August	55	54,1	0	0,4	0	0	0,5	0
Hy05_V2	September	40,6	34,5	0	0	0	0	6,1	0
Hy05_V2	Oktober	33,5	23	0	0	0	0	10,4	0

Legende siehe Tabelle 7

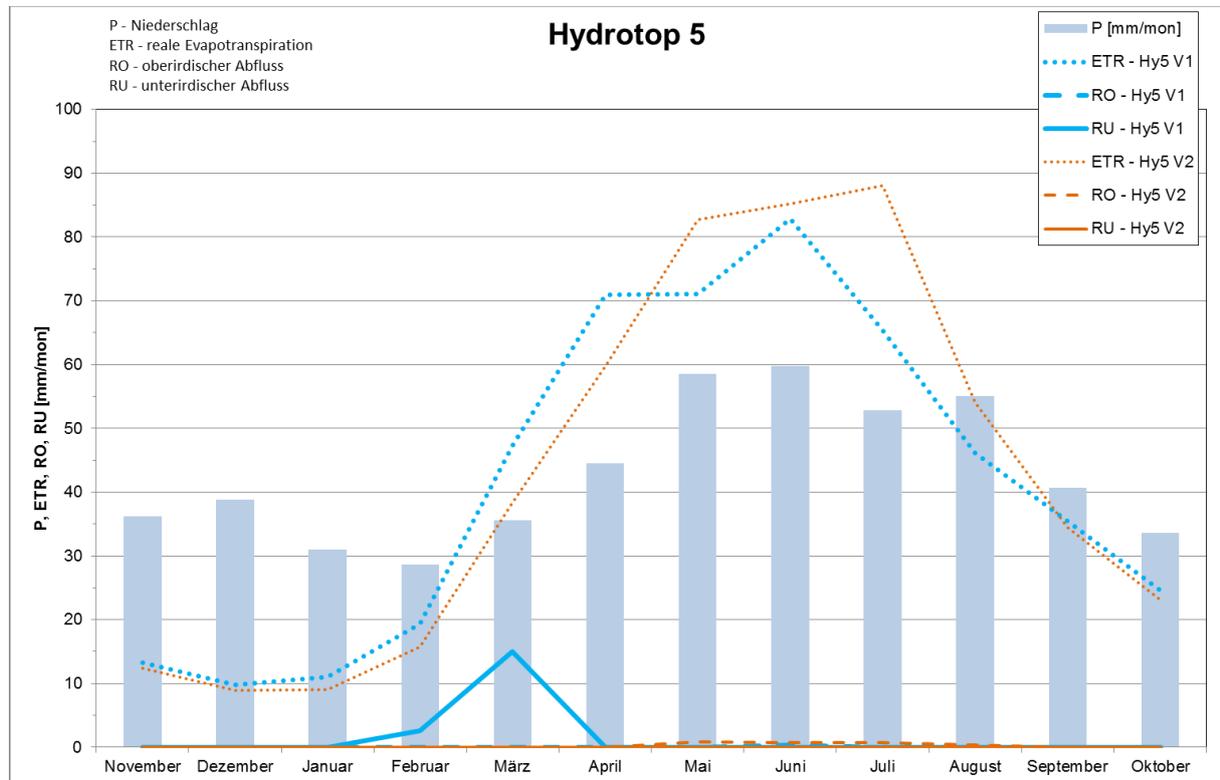


Abbildung 6: Ganglinien Monatsbilanzen, Hydrotop 5

- die höchste reale Verdunstung erfolgt in den Sommermonaten, wobei diese bei den Laubbäume in diesem Zeitraum höher als bei Grasbewuchs ausfällt
- ein geringe oberirdische Abflüsse erfolgen auf der Böschung ausschließlich in den niederschlagsreichen Monaten
- kein hypodermischer Abfluss
- unterirdische Abflüsse findet nur im Februar und März (Grasbewuchs) statt
- **Variante 1** $RO_{\text{Mittel}} = 0,03 \text{ mm/mon}$; $RU_{\text{Mittel}} = 1,5 \text{ mm/mon}$
- **Variante 2** $RO_{\text{Mittel}} = 0,2 \text{ mm/mon}$; $RU_{\text{Mittel}} = 0 \text{ mm/mon}$
- kein Stauwasser
- der Hauptteil des anfallenden Wassers verdunstet

5 Oberflächenentwässerung

5.1 Entwurfsbeschreibung Oberflächenentwässerung

Die im Folgenden ausgeführten Beschreibungen wurden auf Basis der Aufgabenstellung des Angebotes vom 30.07.2015 entnommen, dazu erfolgte eine Bearbeitung hinsichtlich der Oberflächenentwässerung der Standorte betriebliche Lagerfläche und der geplanten Deponie DK0.

Die geplante Oberflächenentwässerung kann aufgrund der Topographie nur für das gesamte Gelände betrachtet werden. Dabei können die Teilbereiche in Bauabschnitten hergestellt und angeschlossen werden. Sinnvoll wäre ein Ausbau mit Herstellung der Entwässerungselemente vom tiefsten Punkt von der Vorflut bis zum Plateau der Deponie.

Die Kontur der betrieblichen Lagerfläche wird mit OK Gelände von 186 m DHHN geplant. Dabei müssen zur Entwässerung der Oberfläche die Geländeneigungen von Nordost nach Südwest verlaufen.

Die geplante Kontur der Deponie mit OK Plateau von 202 m DHHN muss sich allseitig in Richtung der Böschungen und den Entwässerungsgräben neigen. Der parallel zum Bermenweg verlaufende Entwässerungsgraben entwässert über einen Durchlass DN 600 in das am Tiefpunkt der Lagerfläche zu errichtende Regenwasserrückhaltebecken 1 (RRB 1). An dieses Becken wird auch die betriebliche Lagerfläche sowie die nordwestlichen Sukzessionsflächen der Resthalde angeschlossen. Die unterhalb der Berme zu entwässernden Böschungen der Deponie werden gemeinsam mit dem Drosselabfluss des RRB 1 bis zum nordwestlichen Deponiefuß geführt (s. Anlage 2). An diesem Standort ist ein weiteres Regenwasserrückhaltebecken 2 (RRB 2) zu errichten um den gedrosselten Abfluss über den Fuchsbach in Richtung Wipper abzuleiten.

Beide Regenrückhaltebecken erhalten eine integrierte Absetzfläche, damit abschwemmable Feststoffe nicht in Richtung des Fuchsbaches und der Wipper gelangen können. Diese Fläche wird befestigt, der befahrbare Zugang kann über eine Rampe von der Beckenkronen erfolgen und bei Bedarf gereinigt werden.

In Anlage 2 sind die Achsen der Längsschnitte der Entwässerungsgräben, die Regenrückhaltebecken 1 und 2 und anschließende Ablauf zur Vorflut Fuchsbach und Wipper dargestellt. Die Schnitte und Querprofile sind in Anlage 3 enthalten.

5.2 Berechnungsgrundlagen

Die Bemessung der Oberflächenentwässerung erfolgt für den Zustand der endgültig und vollständig abgedeckten Deponiekontur und der betrieblichen Lagerfläche.

Zur Entwässerung kommen ausschließlich die Niederschlagswässer, welche als Oberflächenwasser und Sickerwasser in das Grabensystem gelangen.

Die Niederschlagsspenden gültig für Mansfeld, Südharz, Harz nach KOSTRA-DWD 2000 [6] (s. Anlage 7) betragen für:

Rohrleitungen zur Entwässerung:	$r_{(n=1;T=15)} = 108,30 \text{ l/(s} \cdot \text{ha)}$
Entwässerungsgräben:	$r_{(n=1;T=10)} = 133,40 \text{ l/(s} \cdot \text{ha)}$
Rohrleitungen als Durchlässe:	$r_{(n=0,2;T=10)} = 206,60 \text{ l/(s} \cdot \text{ha)}$
Regenrückhalteräume:	$r_{(n=0,01;T=10)} = 238,20 \text{ l/(s} \cdot \text{ha)}$

Als Bemessungsregenspende für die Bemessung der Entwässerungsgräben wird in Anlehnung entsprechend RAS-Ew 2005 [2] kein 1-jähriges sondern ein 5-jähriges Regenereignis $n = 0,2$ mit einer Niederschlagsdauer D von 10 Minuten zugrunde gelegt. Damit erhöht sich das Speichervolumen der Entwässerungsgräben und eine eventuelle Überflutungsmöglichkeit sinkt.

Zur weiteren Berechnung werden die Abflussbeiwerte nach ATV Arbeitsblatt DWA-A 117 [1] und DWA-M 153 [7] als ψ_m herangezogen, welche zur Berechnung als undurchlässige Fläche A_{red} bzw. A_u benötigt werden. Für die Oberflächenabdeckung mit Regenabfluss im steilen Gelände mit einer geplanten Aufforstung in das Entwässerungssystem wird für die anfängliche spärliche Vegetation ein mittlerer Abflussbeiwert von $\psi_m = 0,4$ angenommen.

Dabei wurden die einzelnen Werte wie folgt festgelegt:

$\psi_m = 0,4$	für Böschungen mit lehmigen Sandboden
$\psi_m = 0,3$	flaches Gelände, Wiesen auf OK Deponiefläche DK 0, Schotterböschungen
$\psi_m = 0,6$	fester Kies-Belag, Schotterfläche oder Asphaltfräsgut

Als Bemessungszufluss für die Bemessung der Regenrückhaltebecken wird in Anlehnung entsprechend DWA-A117 [1] ein 10-jähriges Regenereignis $n = 0,01$ mit einer Niederschlagsdauer D von 10 Minuten zugrunde gelegt.

5.3 Untersuchungsgebiet

5.3.1 Ermittlung der Größe und Abflussmenge der Einzugsgebiete

Das in nördlicher Richtung entwässernde Deponie- und Haldengebiet einschließlich der Entwässerungsgräben und Wege wurde in 8 Haupt-Einzugsgebiete geteilt, welche in Anlage 2 dargestellt sind. Dadurch können die Einzugsgebiete der Gräben 1 bis 12 mit den unterschiedlichen Gefällen berücksichtigt werden. Um eine Trennung der Einzugsgebiete durch die Berme mit Entwässerungsgräben an den Deponieböschungen zu erzielen wurden die EZG 2 bis 5 in 2.1 und 2.2 ff. unterteilt.

Die Größe der zu entwässernden Oberfläche wird insgesamt etwa 15,4 ha betragen. In den Tabellen 1 bis 3 der Anlage 10 sind die Flächengrößen der Einzugsgebiete sowie deren Abflussmengen dokumentiert. Der Gesamtabfluss der Einzugsgebiete beträgt für die Oberflächenentwässerung rund 1.200 l/s entsprechend der o. g. Bemessungsregenspende.

5.3.2 Bemessung der Gräben und Durchlässe

Die Bemessung der Gräben erfolgt anhand der angeschlossenen Einzugsgebiete als Muldenquerschnitt in Voll- und Teilfüllung und ist in den Tabellen 6 bis 8 der Anlage 10 enthalten.

Für die Bemessung der Durchlässe wurden die Einzugsgebiete ermittelt (s. Tabelle 9 in Anlage 10). Anhand der Einzugsgebietsflächen und Abflussmengen (s. Tabelle 1 und 2 in Anlage 10) wurde der hydraulische Nachweis, jeweils in den flachsten Haltungen der Abschnitte, zum Abflussvermögens der Durchlässe unter Straßen und Wege geführt und die Durchlässe als Betonrohre in DN 300 und DN 600 mit Voll- und Teilfüllung dimensioniert. Die Ergebnisse sind in der Tabelle 9 und 10 der Anlage 10 zu entnehmen.

5.3.3 Notwendigkeit der Regenwasserbehandlung und Regenwasserrückhaltung

Die Notwendigkeit einer Regenwasserbehandlung vor dem Einleiten in ein oberirdisches Gewässer wurde nach dem Bewertungsverfahren nach Anhang B der DWA-M 153 [7] geführt.

Die qualitativen Bedingungen werden gemäß Punkt 6.1 der DWA-M 153 [7] für das Einleiten in oberirdische Gewässer betrachtet.

Die Ergebnisse sind in Tabelle 12 enthalten.

Tabelle 12: Bewertung zur Notwendigkeit einer Regenwasserbehandlung

Gewässer (Tabellen A.1a und A.1b [7])		Typ		Gewässerpunkte G		
Fließgewässer Fuchsbach Kleiner Flachlandbach ($b_{Sp} < 1 \text{ m}$, $v < 0,3 \text{ m/s}$)		G6		G = 15		
Flächenanteil f_i (Kapitel 4 [7])		Luft L_i (Tabelle A.2 [7])		Flächen F_i (Tabelle A.3 [7])		Abflussbelastung B_i
$A_{u,i}$	f_i	Typ	Punkte	Typ	Punkte	$B_i = f_i \cdot (L_i + F_i)$
Böschung DK0						
5,93 ha	0,4	L1	1	F1	5	$B = 0,4 \cdot (1+5) = 2,4$
Reku geneigt DK0						
4,25 ha	0,3	L1	1	F1	5	$B = 0,3 \cdot (1+5) = 1,8$
Lagerfläche						
1,98 ha	0,1	L1	2	F3	12	$B = 0,1 \cdot (2+12) = 1,4$
Sukzessionsfläche						
2,96 ha	0,2	L1	1	F1	5	$B = 0,2 \cdot (1+5) = 1,2$
$\Sigma = 15,12 \text{ ha}$	$\Sigma = 1,0$	Abflussbelastung $B = \Sigma B_i$:				B = 6,8

Gemäß DWA-M 153 [7] ist keine Regenwasserbehandlung erforderlich, wenn $B \leq G$. Das Ergebnis zeigt, dass $B = 6,8 < G = 15$ ist und somit **keine Regenwasserbehandlung** erforderlich sein wird.

Die quantitativen Bedingungen nach Punkt 6.1 der DWA-M 153 [7] für das Einleiten in oberirdische Gewässer in Bezug auf Regenwasserrückhalteräume können nicht erfüllt werden. Daher ist ein Regenrückhaltebecken zu errichten. Die zulässigen Regenabflusspenden werden nach Tabelle 3 der DWA-M 153 [7], entsprechend dem Typ des Vorflutgewässers, berücksichtigt.

5.3.4 Bemessung des Regenrückhaltebeckens

Die Regenrückhaltebecken 1 und 2 wurden gemäß DWA-A 117 [1] nach dem einfachen Verfahren mit zwei hintereinander liegenden Becken anhand der Einzugsgebiete bemessen (s. Tabelle 4 und 5 in Anlage 10). Dabei ist das Regenrückhaltebecken 1 (RRB 1) mit einem Volumen von ca. 1.800 m³ und das Regenrückhaltebecken 2 (RRB 2) mit einem Volumen von ca. 550 m³ als ausreichend bemessen. Die Abmessungen von RRB 1 und RRB 2 betragen:

	RRB 1	RRB 2
Max. Beckenlänge:	90 m	65 m
Max. Beckenbreite:	50 m	15 m

Obere Einstaufläche:	2200 m ²	800 m ²
Beckensohle:	1300 m ²	270 m ²
Absetzfläche (Sohle):	100 m ²	30 m ²

Die Bemessung gilt als Nachweis der erforderlichen Volumina bezogen auf die Grundfläche der Becken mit einer Aufstauhöhe von 1,0 m bis 1,5 m. Das Regenrückhaltebecken 1 erhält zusätzlich noch einen ständigen Wasserspiegel von ca. 1,0 m Höhe zur Entnahme von Brauchwasser. Beide Becken sind mit einem Freibord zur Oberkante des maximalen Wasserspiegels des umlaufenden Dammes von mind. 0,5 m zu versehen. Das am Ablauf zu errichtende Drosselbauwerk mit Einbau einer unregelmäßig Drosseleinrichtung ermöglicht die kontinuierliche Abflussmenge von 50 l/s (RRB 1) bzw. 65 l/s (RRB 2). Beide Becken erhalten vor dem Drosselbauwerk eine befestigte Fläche zur Ablagerung und Entfernung von Sedimenten. Über eine Rampe ist die Entsorgung der Sedimente gewährleistet. Die Lage der Regenrückhaltebecken 1 und 2 als zeichnerische Darstellung ist in Anlage 2 enthalten.

5.3.5 Einleitstelle Wipper

Die Einleitstelle ist durch den Verlauf des Fuchsbaches bis zur Wipper bereits vorgegeben (s. Abbildung 7). Durch den Bau des Sportplatzes ist eine Verrohrung des Fuchsbaches in DN 500 als Steinzeug-Rohr erfolgt.

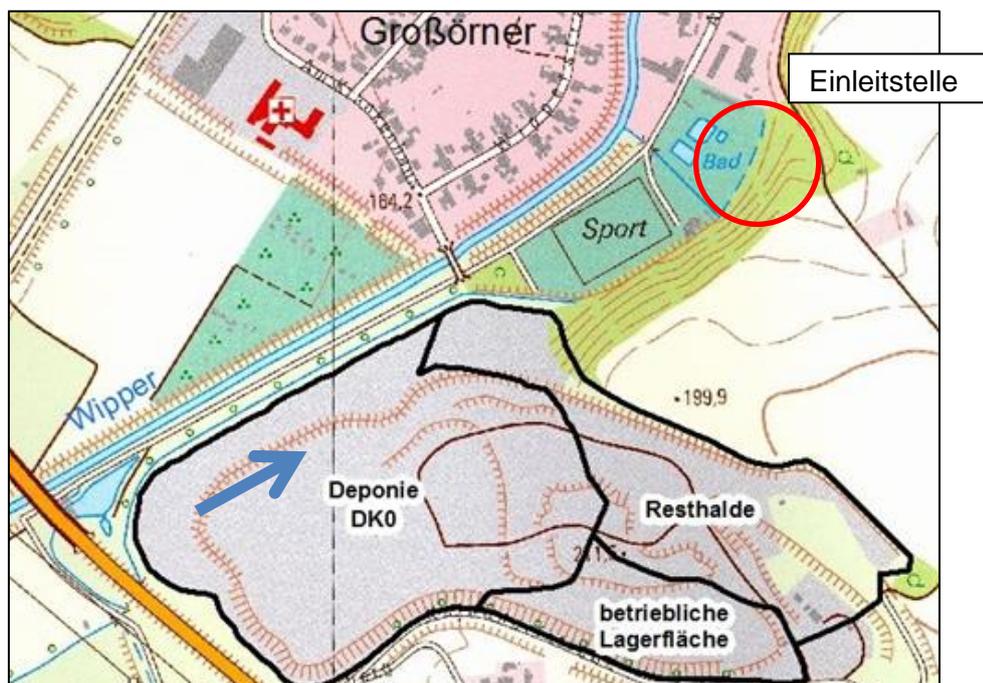


Abbildung 7: Einleitstelle Entwässerung in die Wipper

Die Koordinaten im Lagebezugssystem ETRS89 UTM32 der Einleitstelle in die Wipper betragen:

Rechtswert 32672300

Hochwert 5720570

Die Koordinaten der Einleitstelle in den Fuchsbach betragen:

Rechtswert 32672227

Hochwert 5720395

Die zulässige Regenabflussspende wird nach Tabelle 3 [7] entsprechend dem Typ des Vorflutgewässers vom Fuchsbach bzw. der Wipper berücksichtigt.

Dabei sind am RRB 2 maximal 65 l/s als Ableitungsmenge in den Graben des Fuchsbaches und anschließend über die bestehenden Durchlässe DN 500 in die Wipper vorgesehen. Die maximale Länge des Fuchsbaches zwischen RRB 2 und der Wipper beträgt ca. 80 m offener Graben und ca. 200 m Rohrleitung DN 500 in Steinzeug- und Gussrohr.

Die Ablaufmengen des RRB der Bundesstraße B 180 und des Einzugsgebietes Fuchsbach sind nicht bekannt, so dass ein hydraulischer Nachweis des Fuchsbaches mit der zusätzlichen Ableitungsmenge von 65 l/s über die Verrohrungen DN 500 nicht geführt werden kann.

5.4 Ausführung

Der Entwässerungsgraben am Hangfuß wird ausgebildet mit einer mindestens 1,0 m breiten Sohle sowie Böschungsneigungen zwischen 1 : 2 bis 1 : 3 in Muldenform. Auf der breiten Rasensohle fließt Wasser relativ langsam, so dass sich mitgeführte Teilchen in der Vegetation absetzen können. Die Gräben werden in den anstehenden Untergrund mit Abdichtung modelliert. Die Tiefe beträgt anfänglich vom Hochpunkt mindestens 0,5 m bis 1,5 m an den Durchlässen der Straßenquerungen. Die Gefälle der Entwässerungsgräben sind an die geplante Geländesituation des Deponie- und Haldenfußes anzupassen. Am Durchlass 1 ist der Graben von der Sukzessionsfläche einzubinden. Die Straßen und Wegequerungen der Entwässerungsgräben werden mit Durchlässen DN 300 und DN 600 aus Betonrohr hergestellt. Die Zu- und Abläufe sind gegen ein umpflügen mit Wasserbaupflaster zu umpflügen. Auch die Regenrückhaltebecken werden mit Böschungsneigungen zwischen 1 : 2 und 1 : 3 angelegt, so dass die Ufervegetation Schwebstoffe zusätzlich ausfiltern kann, die sich noch nicht auf der Beckensohle abgelagert haben. Die Zu- und Abläufe aus den RRB 1 und RRB 2 sind mit Wasserbaupflaster zu befestigen. Der Ablauf

bzw. Überlauf der Regenrückhaltebecken, auch als Notüberlauf, ist mit einer aus Wasserbaupflaster befestigten Ablaufmulde in Richtung des Grabens zur Vorflut auszubilden.

Am Hang- und Bermenfuß wird die gesamte Deponie und angrenzende Halde durch umlaufende Entwässerungsgräben zum Auffangen und Ableiten des Oberflächenwassers von den neu entstandenen Flächen angelegt. Diese Gräben haben eine Wasserscheide im nordöstlichsten Plateaubereich der Deponie. Die Gräben führen anfallendes Wasser anfänglich nach Süden und nach dem RRB 1 nach Westen ab. Sie endet im Nordwesten am RRB 2 und wird anschließend im Graben des Fuchsbaches bis zur Wipper abgeleitet (s. Anlage 2).

Für die geplanten Standorte der Regenrückhaltebecken sind Baugrunduntersuchungen erforderlich. Diese sind am Standort des Beckens 1 für die Gründungssohle im Auffüllbereich und am Standort des Beckens 2 am Böschungsfuß der bestehenden Halde auszuführen. Die Rückhaltebecken sind als Erdbecken mit abgedichteter Sohle in den Baugrund zu modellieren, eine Drosselung der abzuleitenden Wassermengen erfolgt durch eine Absperrung in einem Drosselbauwerk.

Für eine detaillierte Planung der Becken sind Bestandsvermessungen erforderlich. Der Bereich am Standort des RRB 1 kann von der geplanten Auffüllung ausgespart werden. Das RRB 2 muss aufgrund der Lage am Böschungsfuß zwischen Deponie und Fuchsbach und dem geringen Gefälle in den Untergrund modelliert werden.

Pflege und Entwicklung

Um die Entwässerungsgräben und die Regenrückhaltebecken von der Konturherstellung bis zur vollständigen Begrünung der Deponie zu betreiben sind in regelmäßigen Abständen Kontrollen durchzuführen. Dabei werden Entwässerungsgräben, Durchlässe und die Regenrückhaltebecken nur bei Bedarf unterhalten.

In den Regenrückhaltebecken können sich mit Baubeginn bis zur vollständigen Vegetation des Deponiekörpers aus der Oberflächenentwässerung mitgeführte Sedimente durch Absetzung von Kies, Sand und groben Mineralteilen ablagern. Diese sind bei Bedarf zu entfernen.

6 Zusammenfassung

Die Martin Wurzel Baugesellschaft mbH plant nach dem Rückbau der Bergehalde bis auf das Liegende des ehemaligen Schacht-Freiesleben Mansfeld auf diesem Gelände eine Inertstoffdeponie DK0 und eine betriebliche Lagerfläche zu errichten. Für die geplante Deponie für Inertabfälle DK0 wurde eine Wasserhaushaltsbetrachtung durchgeführt. Im Anschluss erfolgte die Bemessung/Dimensionierung der Entwässerungsgräben und Regenwasserrückhaltebecken für die geplante Deponie und der betrieblichen Lagerfläche.

Für die geplante Deponie DK0 erfolgte für folgende Varianten eine Berechnung des Wasserhaushaltes:

- Variante 1: Endzustand der Deponie DK0 mit Grasbewuchs,
- Variante 2: Endzustand der Deponie DK0 mit Laubwaldbewuchs.

Die Berechnung des Deponiewasserhaushaltes wurde mit dem Programm BOWAHALD [8] auf der Klimadatengrundlage einer amtlichen Auskunft des Deutschen Wetterdienstes [4] durchgeführt. Die k_f -Werte wurden anhand von Infiltrationsversuchen und Siebkornanalysen für das Material der Aufstandsfläche der projektierte Deponie DK0, für das Einlagerungsmaterial der Deponie sowie für das Abdecksubstrat ermittelt (s. Anlage 4 und 5). Das Programm BOWAHALD stellt zu den k_f -Werten passende Bodenkennwerte (Sättigungswassergehalt, Feldkapazität, permanenter Welkepunkt, kapillare Steighöhe) zur Verfügung, die bezüglich der gesetzlichen Anforderungen und nach BKA 5 [3] angepasst wurden.

Die geplante Deponie wurde in 5 Hydrotope (s. Tabelle 1 und Anlage 1) bezüglich ihrer Entwässerung, Exposition und des geplanten Bewuchses eingeteilt. Die Wasserhaushaltsberechnungen erfolgten für jedes Hydrotop für die o. g. zwei Varianten (V1, V2) mit Gras- bzw. mit Laubbaumbewuchs der Deponie DK0 im Endzustand. Das entspricht insgesamt 10 Berechnungen für die die geplante Deponie (s. Tabelle 2).

Die Berechnungsergebnisse der Hydrotope sind für die Wasserhaushalts-Jahresbilanzen in Kap. 4.1 und die Wasserhaushalts-Monatsbilanzen in Kap. 4.2 sowie in Anlage 9 enthalten. In Tabelle 13 sind die Ergebnisse für die zwei Varianten der geplanten Deponie im Endzustand zusammengefasst enthalten. Es erfolgte eine Unterteilung der Hydrotope in Plateau- und Böschungsfächen.

Tabelle 13: Berechnungsergebnisse (Jahresmittelwerte)

Variante	Plateau Gefälle 1 % Gesamtfläche 42.500 m ² Hydrotop 1		Böschungen Gefälle 70 % Gesamtfläche 61.220 m ² Hydrotope 2, 3, 4, 5	
	V1	V2	V1	V2
korrigierter Niederschlag	515 mm/a 100 %	515 mm/a 100 %	515 mm/a 100 %	515 mm/a 100 %
reale Evapotranspiration	469 mm/a 91 %	507 mm/a 98,6 %	437 - 497 mm/a 85 - 97 %	504 mm/a 93 - 99,6 %
Oberflächenabfluss	0 mm/a 0 %	1 mm/a 0,1 % Q _{RO} ≈ 50 m ³ /a	0,2 - 3 mm/a 0,04 - 0,6 % Q _{RO} ≈ 15 - 200 m ³ /a	2 - 3 mm/a 0,4 - 0,6 % Q _{RO} ≈ 150 - 200 m ³ /a
hypodermischer Abfluss	0 mm/a 0 %	0 mm/a 0 %	0 mm/a 0 %	0 mm/a 0 %
unterirdischer Abfluss	46 mm/a 9 % Q _{RU} ≈ 2.000 m ³ /a	7 mm/a 1,3 % Q _{RU} ≈ 300 m ³ /a	18 - 75 mm/a 3 - 15 % Q _{RU} ≈ 1.200 - 5.000 m ³ /a	0 - 34 mm/a 0 - 7 % Q _{RU} ≈ 2.500 m ³ /a

Die Berechnungen der Varianten 1 (Grasbewuchs) und Variante 2 (Laubbaumbewuchs) für den Endzustand der geplanten Deponie zeigen bezüglich der realen Evapotranspiration und der Abflüsse plausible Unterschiede. Im Zustand der Deponie mit Grasbewuchs findet im Gegensatz der Deponie mit Laubwaldbewuchs eine deutlich geringere Verdunstung statt. Bei beiden Varianten fällt die Hauptwassermenge als unterirdischer Abfluss an. Ein hypodermischer Abfluss an der Deponiebasis und Austritt am Deponiefuß findet aufgrund der Materialeigenschaften und Durchlässigkeit des Einlagerungsmaterials/Deponieuntergrundes sowie des geringen Gefälles (Deponiebasis) nicht statt. Für die Böschungen mit einem Gefälle von 70 % wurden geringe Oberflächenabflüsse ermittelt. Das anfallende Oberflächenwasser kann mit Gräben gefasst und abgeführt werden.

Aufgrund der klimatischen Situation am Standort, welcher sich im niederschlagsarmen Leegebiet des Harzes befindet, fällt nur ein geringer Anteil des gefallenen Niederschlages als oberirdischer bzw. unterirdischer Abfluss an. Der Hauptteil der Niederschläge verdunstet.

Bei den berechneten Abflussangaben ist zu berücksichtigen, dass es sich um Monatsmittelwerte handelt. Die tatsächlichen Spitzenabflussraten pro Zeiteinheit in l/s werden wesentlich höher sein.

Zur Entwässerung kommen ausschließlich die Niederschlagswässer, welche als Oberflächenwasser und Sickerwasser in die Entwässerungsgräben und letztendlich in die Regenrückhaltebecken gelangen. Als Bemessungsregenspende für die Bemessung der Entwässerungsgräben wurde entsprechend der DWA-Regelwerken [1] und [7] sowie [2] ein 5-jähriges Regenereignis $n = 0,2$ mit einer Niederschlagsdauer D von 10 Minuten zugrunde gelegt. Die Regenrückhaltebecken (RRB 1 und RRB 2) wurden gemäß [1] mit jeweils einem 10-jähriges Regenereignis $n = 0,01$ mit einer Niederschlagsdauer D von 10 Minuten bemessen. Die Ergebnisse sind in Anlage 10 enthalten. Die Gräben, Durchlässe und die Regenrückhaltebecken wurden ausreichend bemessen.

7 Literatur

- [1] D. V. f. Wasserwirtschaft und A. u. A. e. V., Hrsg., DWA-Regelwerk, Arbeitsblatt DWA-A 117, Bemessung von Regenrückhalteräumen, Hennef: DWA, Dezember 2013.
- [2] RAS-Ew 2005, Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen, Arbeitsgruppe Erd- und Grundbau, Richtlinien für die Anlage von Straßen, Teil: Entwässerung., Köln: FGSV Verlag, November 2005.
- [3] Ad-hoc-AG Boden, Bodenkundliche Kartieranleitung, 5. Aufl., Hannover: In Kommission: E. Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung, Johannesstraße 3A, 70176 Stuttgart, 2005.
- [4] Deutscher Wetterdienst, „Meteorologische Daten von Halle-Kröllwitz,“ Offenbach, September 2015.
- [5] D. Richter, „Ergebnisse methodischer Untersuchungen zur Korrektur des systematischen Meßfehlers des Hellmann-Niederschlagsmessers.,“ DWD, 1995.
- [6] DWD Deutscher Wetterdienst, „KOSTRA-DWD-2000: Starkniederschlagshöhen für Deutschland (1951-2000),“ Offenbach am Main, 2005.
- [7] D. V. f. Wasserwirtschaft und A. u. A. e. V., Hrsg., DWA-Regelwerk, Arbeitsblatt DWA-M 153, Handlungsempfehlungen zum Umgang mit Regenwasser, Hennef: DWA, August 2007; korrigierter Stand August 2012.
- [8] V. Dunger, „Dokumentation des Modells BOWAHALD zur Simulation des Wasserhaushaltes von wasserungesättigten Deponien/Halden und deren Sicherungssystemen,“ TU Bergakademie Freiberg, Institut für Geologie, Lehrstuhl für Hydrogeologie, Freiberg, April 2002.
- [9] G.E.O.S. Ingenieurgesellschaft mbH, „Laboruntersuchungsbericht (Nr. 94/2014), Korngrößenverteilung,“ Freiberg, August 2014.
- [10] Deponieverordnung (DepV), „Verordnung über Deponie und Langzeitlager,“ 2009 (Aktualisierung 2013).
- [11] LAGA Ad-hoc-AG "Deponietechnik", „Bundeseinheitlicher Qualitätsstandard 7-2, Wasserhaushaltsschichten in Deponieoberflächenabdichtungssystemen,“ Bund/Länderarbeitsgemeinschaft Abfall, 20.10.2011.