

Technische Universität Bergakademie Freiberg



Fakultät: Geowissenschaften, Geotechnik und Bergbau
Studiengang: Geotechnik und Bergbau
Studienrichtung: Bergbau

THEMA DER DIPLOMARBEIT:

Konzeption eines potenziellen Bruthabitats für Uferschwalben in der Rekultivierung des Tagebaus Hambach

Thema in englischer Sprache:

Conception of a potential breeding deposit for bank swallows in the recultivation area of the Hambach opencast mine

bearbeitet von: **Frau Surana Raianova**

Zur Erlangung des akademischen Grades: **Dipl.-Ing.**

1. Prüfer/Gutachter: **Prof. Dr. Carsten Drebenstedt**
2. Prüfer/Gutachter: **M. A. Stefanie Walter**
3. Prüfer/Gutachter: **M. Sc. Daniel Sutter (RWE Power)**

Übergabetermin des Diplomthemas: 01.08.2018

Abgabetermin des Diplomthemas: 30.11.2018

.....
Vorsitzender des Prüfungsausschusses

.....
Prüfer

Eidesstattliche Erklärung

Hiermit versichere ich, die vorliegende Diplomarbeit selbstständig verfasst und keine anderen als die angegebenen Quellen und Hilfsmittel benutzt habe.

Freiberg, November 2018

Surana Raianova

Sperrvermerk

Der Inhalt dieser Arbeit darf Dritten nicht zugänglich gemacht werden.

Die vorliegende Diplomarbeit beinhaltet interne, vertrauliche Informationen der RWE Power AG.

Die Weitergabe des Inhaltes der Arbeit und eventuell beiliegende Zeichnungen und Daten im Gesamten oder in Teilen ist grundsätzlich untergesagt. Es dürfen keinerlei Kopien oder Abschriften – auch in digitaler Form - gefertigt werden. Ausnahmen bedürfen der schriftlichen Genehmigung der RWE Power AG.

Danksagung

An dieser Stelle möchte ich mich bei allen Leuten bedanken, die mich bei der Anfertigung dieser Diplomarbeit unterstützt haben.

Zuerst möchte ich mich bei Dipl.-Ing. Thomas Körber, Leiter des Tagebaus Hambach, herzlich bedanken, dass mir ermöglicht haben, dieses Thema zu bearbeiten.

Mein besonderer Dank gilt M.Sc. Daniel Sutter, Leiter Bergbau Aus- und Vorrichtung, für die gute Betreuung meiner Arbeit und fachliche Unterstützung, sowie für die ausdauernde Hilfsbereitschaft und die zahlreichen Gespräche!

Ebenfalls möchte bei Dipl.-Ing. Tim Jaetzel, Leiter Abteilung Tagebauplanung und Dipl.-Geogr., M.Sc. in Redevelopment Gregor Eßer, Leiter der Forschungsstelle Rekultivierung herzlich bedanken für die fachliche Hilfe, Erklärung und ständige Beantwortung meiner Fragen.

Bei der Organisation und Durchführung der betrieblichen Versuche haben mir die Arbeiter der Abteilungen „Aus- und Vorrichtung“ und „Produktion“ im Tagebau Hambach geholfen, dafür bin ich sehr dankbar.

Abstract

Die Landinanspruchnahme durch Erweiterung des Tagebaus Hambach betrifft die Lebensräume von artenschutzrelevanten Arten und beeinflusst die biologische Vielfalt (Biodiversität). Die Aspekte zur Wiederherstellung der ökologischen Funktion und zur Steigerung der Biodiversität werden bei der Tagebauplanung noch nicht systematisch berücksichtigt. In dieser Arbeit wurde die Möglichkeit der Optimierung der Tagebauplanungsschritte mit Berücksichtigung der Artenschutz- und Biodiversitätsbelange überprüft. Die Untersuchung zeigt, dass diese Belange auf den weiteren Tagebauplanungsebene gesteuert werden können: lang- und mittelfristigen oder kurzfristigen (Jahres- und Geräteeinsatzplanung). In lang- und mittelfristige Planung werden die Belange den Inhalt des Abschlussbetriebsplanes beeinflussen und dienen als eine Grundlage für weitere Rekultivierungsgestaltung. Im zweiten Fall besteht die Möglichkeit die Aspekte direkt oder durch Einsteuerung der Geräteeinsatzplanung mit geringem Aufwand umzusetzen. Zur Erfüllung der artenschutzrechtlichen Belange wurde für eine Vogelart „Uferschwalbe“ ein Konzept entwickelt, deren Lebensraum durch Abbautätigkeit im Tagebau Hambach in Anspruch genommen wird. Das Konzept besteht aus empfohlenen Maßnahmen zur Umsetzung aus technischer Sicht in den als Bruthabitat geeigneten Standorten der Rekultivierung des Tagebaus Hambach. Die hergestellten Ausweichlebensräume können für viele artenschutzrelevante Tierarten außer Uferschwalbe als Brutplatz dienen.

Inhaltsverzeichnis

Abbildungsverzeichnis	I
Tabellenverzeichnis.....	III
Abkürzungsverzeichnis	IV
1 Einleitung	1
2 Energiewirtschaftliche Bedeutung der Braunkohle in Deutschland	2
3 Braunkohlebergbau im Rheinischen Braunkohlerevier	7
3.1. Geologie der Lagerstätte	9
3.1.1. Entstehen der Schichtfolgen.....	12
3.1.2. Schichtenbeschreibung des Tagebaus Hambach.....	14
3.1.3. Klima der Niederrheinischen Bucht.....	16
3.2. Abbautechnik im Tagebau Hambach	16
3.2.1. Gewinnung	16
3.2.2. Förderung	18
3.2.3. Verkippung.....	20
3.2.4. Kohlebunker und Bahnbetrieb	22
3.3. Kohleabbau und Umwelt.....	23
3.3.1. Immissionsschutz	23
3.3.2. Oberflächen- und Grundwasser	27
3.3.3. Vorfeldberäumung	29
4 Grundlagen der Rekultivierung und des Artenschutzes.....	31
4.1. Gestaltung der Rekultivierung und rechtliche Grundlagen.....	32
4.1.1. Landwirtschaftliche Rekultivierung.....	34
4.1.2. Forstwirtschaftliche Rekultivierung.....	35
4.2. Artenschutzrechtliche Grundlagen.....	37
4.2.1. Sonderbetriebsplan Artenschutz.....	38
4.2.2. Biodiversitätsstrategie	39
5 Untersuchung zur Anpassung der Planungsschritte durch Berücksichtigung artenschutzrelevante Aspekte.....	42

6. Konzeption eines potentiellen Bruthabitats für Uferschwalben in der Rekultivierung des Tagebaus Hambach.....	49
6.1. Ausgangslage: Tagebau Hambach als Lebensraum.....	49
6.2. Die Vermeidungs- und Ausgleichsmaßnahmen.....	52
6.3. Variantenerstellung zur Implementierung eines Bruthabitats im Bereich der Rekultivierung des Tagebaues Hambach.....	55
6.3.1. Lebensraumanforderungen von Uferschwalben.....	56
6.3.2. Bodenproben aus Brutstandorten.....	57
6.3.3. Standortauswahl für ein potentielles Bruthabitat.....	58
6.3.4. Variantenstellung zur Herstellung eines Bruthabitats.....	64
6.3.5. Konzeption einer Brutwand in der Rekultivierung des Tagebaus Hambach	74
6.3.6. Realisierung und Ergebnisse.....	82
Zusammenfassung.....	93
Literaturverzeichnis.....	95
Anlagenverzeichnis.....	99

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1. Braunkohlereviere in Deutschland.....	2
Abbildung 2. Struktur der Stromerzeugung in Deutschland 2017 (einige Darstellung).....	3
Abbildung 3. Rheinisches Braunkohlerevier	7
Abbildung 4. Braunkohleförderung nach Revieren 2017 (eigene Darstellung)	9
Abbildung 5. Schollengliederung in der Niederrheinischen Bucht	11
Abbildung 6. Geologischer SW–NO Schnitt durch die Niederrheinische Bucht	12
Abbildung 7. Längsschnitt	15
Abbildung 8. Einsatzmöglichkeiten eines Schaufelradbaggers	17
Abbildung 9. Bandschemaplan des Tagebaus Hambach	19
Abbildung 10. Einsatzmöglichkeiten eines Absetzers	21
Abbildung 11. Regelprofile im Tagebau Hambach	22
Abbildung 12. Die jährliche Feinstaubentwicklung des Tagebaues Hambach. Stand 09.07.2018.....	24
Abbildung 13. Die Grobstaubentwicklung des Tagebaues Hambach 2008-2017	26
Abbildung 14. Brunnenarten.....	28
Abbildung 15. Auflaufende Landinanspruchnahme des Tagebaus Hambach und Wiedernutzbarmachung zum 31.12.2017 (eigene Darstellung).....	33
Abbildung 16. Baumartenverteilung in der Rekultivierung.....	37
Abbildung 17. Ablaufschema für die Entwicklung von Biodiversitätszielen in der Rekultivierung und die Überprüfung der Zielerreichung.....	40
Abbildung 18. Erarbeitungsschritte der Biodiversitätsstrategie (eigene Darstellung)....	43
Abbildung 19. Ist-Zustand der Planungsschritte im Tagebau Hambach mit Problemstellung (eigene Darstellung).....	45
Abbildung 20. Der Soll-Zustand (mit Optimierungsansätzen) (eigene Darstellung)	48
Abbildung 21. Die Uferschwalbe (Riparia Riparia)	50
Abbildung 22. Die Uferschwalben im Tagebau Hambach. Standort 1	51
Abbildung 23. Die Uferschwalben im Tagebau Hambach. Standort 2.....	51
Abbildung 24. Pflöcke mit Flutterband zur Beunruhigung	54
Abbildung 25. Uferschwalbenhaus (Versuchsprojekt)	54
Abbildung 30. Die Kornverteilungskurven von Uferschwalben Niststandorten im Tagebau Hambach.....	57
Abbildung 26. Steilkante im Lössdepot Garzweiler	65
Abbildung 27. Der bereits besiedelte Erdhügel	66

Abbildung 28. Technisches Bauwerk	68
Abbildung 29. Kombination „Aufschüttung- Bauwerk“	70
Abbildung 31. Skizze „Aufschüttung eines Sandhaufens an bestehende Böschung“ (2D-Darstellung).....	75
Abbildung 32. Skizze „Technisches Bauwerk“ (3D-Darstellung).....	77
Abbildung 33. Skizze Kombination „Aufschüttung-Bauwerk“ (3D-Darstellung)	78
Abbildung 34. Skizze „Steilkante in der bestehenden Böschung“	79
Abbildung 35. Kosten- und Unterhaltermgleich von verschiedenen Brutwandtypen	80
Abbildung 36. Einsatzpläne für Uferschwalbenniststandort.....	82
Abbildung 37. Die abgesteckte Fläche.....	83
Abbildung 38. 1.Phase. Sandabbau.....	84
Abbildung 39. 1.Phase. Lössabbau	84
Abbildung 40. 1.Phase. Materialübergabestation	85
Abbildung 41. 1.Phase. Verkippung von 1. Körper	85
Abbildung 42. 1.Phase. Planieren von 1. Körper	86
Abbildung 43. 1. Phase. Verdichten von 1. Körper	86
Abbildung44. Der 1. Körper nach dem Planieren und Verdichten mit Rampe	87
Abbildung 45. 2. Phase. Verkippung von 2.Körper	87
Abbildung 46. Endkörper.....	88
Abbildung 47. Die Kornverteilung beim Betriebsversuch.....	89
Abbildung 48. Sandschüttung an einer Böschung. Empfehlung zum Abstechen vor der Brutsaison (eigene Darstellung).....	90
Abbildung 49. Steilkante in der bestehenden Böschung. Standort	90
Abbildung 50. Steilkante in der bestehenden Böschung. Standort 2	91
Abbildung 51. Steilkante in der bestehenden Böschung. Standort 3	92

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1. Die Standortsprüfung für die Herstellung eines Bruthabitats für die Uferschwalben.....	60
Tabelle 2. Vergleich von Brutwandtypen (Erstellung und Unterhalt)	72
Tabelle 3. Kostenschätzung „Sandschüttung in einer Böschung“	75
Tabelle 4. Kostenschätzung und Arbeitsschritte „Wand mit Niströhrelementen“	77
Tabelle 5. Kostenschätzung „Sandschüttung mit Stützwand aus Beton“	78
Tabelle 6. Kostenschätzung „Steilkante in der bestehenden Böschung“	80

Abkürzungsverzeichnis

ABP	Abschlussbetriebsplan
BSW	Bandschleifwagen
BKP	Braunkohlenplan
LANUV	Das Amt für Natur, Umwelt, und Verbraucherschutz
M1	Mischboden eins
M2	Mischboden zwei
PEV	Primärenergieverbrauch
RHB	Regenhaltebecken
RBP	Rahmenbetriebsplan
SKE	Steinkohleeinheit

1 Einleitung

Der Tagebau Hambach ist der größte von RWE Power AG betriebenen Tagebauen in Rheinischen Braunkohlerevier. Die jährliche Kohlefördermenge liegt hier bei 40 Mio.t., zu ihrer Freilegung werden die Gewässer, forst- und landwirtschaftlichen Flächen in Anspruch genommen. Zur Wiederherstellung der verlorenen Funktion werden die Flächen gemäß Festlegungen u.a. genehmigten Betriebsplänen naturnah gestaltet und wiedernutzbar gemacht. Die Planung und Realisierung der erforderlichen Maßnahmen erfolgt durch die zuständige Tagebauplanungsbereiche.

Mit Landinanspruchnahme durch Braunkohleabbau werden die Lebensräume artenschutzrechtlich relevanten Arten betroffen, für die zur Lebensraumverlustkompensation die Ausweichlebensräume inner- und außerhalb des Tagebaus geplant sind. Daneben haben die Bergbauaktivitäten einen erheblichen Einfluss auf die Biodiversität in Rheinischen Revier. Zu ihrer Erhaltung und Förderung wurde eine freiwillige Biodiversitätsstrategie für die Rekultivierung vom Unternehmen selbst entwickelt. Die Belange aus dem artenschutzrechtlichen Sonderplan und Biodiversitätsstrategie werden noch nicht systematisch bei der Tagebauplanung betrachtet, deswegen werden im Rahmen dieser Diplomarbeit die Anpassungsmöglichkeit der Rekultivierungsgestaltung mit artenschutzrechtlichen Aspekten überprüft. Dafür erfolgt erst die Untersuchung der rechtlichen Grundlage der Rekultivierung und des Artenschutzes sowie der Planungsvorgehensweise im Unternehmen.

Zur Steigerung der biologischen Vielfalt wird beispielsweise für die durch Abbautätigkeit betroffene Art „Uferschwalbe“ ein Konzept in der Rekultivierung entwickelt. Das Konzept beinhaltet die Maßnahmen zur Erstellung eines Bruthabitats, die aus planerischen, technischen und finanziellen Vorgaben bestehen.

2 Energiewirtschaftliche Bedeutung der Braunkohle in Deutschland

Die Braunkohle ist als heimische Energieträger in vielen Branchen Deutschlands von großer Bedeutung. Heutzutage können die Reserven dieser Energiequelle wirtschaftlich und in großen Mengen gewonnen werden. Die Braunkohle in Deutschland ist profitabel verfügbar, da sie vom Weltmarkt und Import von anderen Energieträgern unabhängig ist. (Kaltenbach & Maaßen, 2018)

Die Gesamtreserven an Braunkohle in Deutschland liegen bei rund 72,6 Mrd. t. Davon können heutzutage mit Hilfe moderner Tagebautechnik theoretisch etwa 36 Mrd. t. abgebaut werden. In Deutschland ist die Braunkohlegewinnung in Tagebauen möglich, wo etwa 4 Mrd. t. genehmigt sind. Das Hauptvorkommen an Braunkohle befindet sich in drei Regionen: das Rheinland, die Lausitz sowie das Gebiet zwischen Helmstedt, Leipzig und Halle (Mitteldeutschland) (Abbildung 1) (Maaßen & Schiffer, 2017)



Abbildung 1. Braunkohlereviere in Deutschland

Quelle: Bundesverband Braunkohle DEBRIV

Im Jahr 2017 wurden in Deutschland insgesamt 171,3 Mio. t. Braunkohle abgebaut, so dass geförderte Menge 38,2% der gesamten deutschen Primärenergiegewinnung ausmachte. Diese Fördermenge hatte einen Heizwert von 52,6 Mio. t. SKE. (Kaltenbach & Maaßen, 2018)

Der Primärenergieverbrauch in der Bundesrepublik Deutschland lag bei 462,3 Mio. t SKE im Jahr 2017. Der Braunkohleanteil betrug 51,5 Mio. t SKE, was 11,1 % des gesamten PEV entspricht. (Kaltenbach & Maaßen, 2018) Die Sektoren „Industrie“ und „Verkehr und Haushalte“ machten etwa 67% der Energie aus und gelten in Deutschland als Endenergieverbraucher. Auf den Energiesektor entfiel ein Anteil von 26 % und die restlichen 7 % wurden von nichtenergetischen Branchen verbraucht. Zu den größten Abnehmern von Braunkohle gehören Kraftwerke, wo sie zur Strom- und Wärmeerzeugung verwendet wird, somit wurden im vergangenen Jahr 155,7 Mio. t oder etwa 90% der Fördermenge an die Kraftwerke geliefert. (Maaßen & Schiffer, 2017) 14,7 Mio. t. Braunkohle wurden zur Veredlungsbetrieben transportiert und davon 6,7 Mio. t. von Briketts, Staub, Wirbelschichtkohle und Koks hergestellt. Die Bearbeitung von Rohbraunkohle in den Veredlungsbetrieben ist auch ein wichtiger Einsatzbereich für den Wirtschaftsstandort Deutschland. (Kaltenbach & Maaßen, 2018)

Aus 155,7 Mio. t. Braunkohle produzierten die Kraftwerke in Rheinland, Lausitz und Mitteldeutschland 147,5 Mrd. kWh Strom, was 22,5 % der gesamten Stromerzeugung entspricht. (Abbildung 2) (Kaltenbach & Maaßen, 2018)

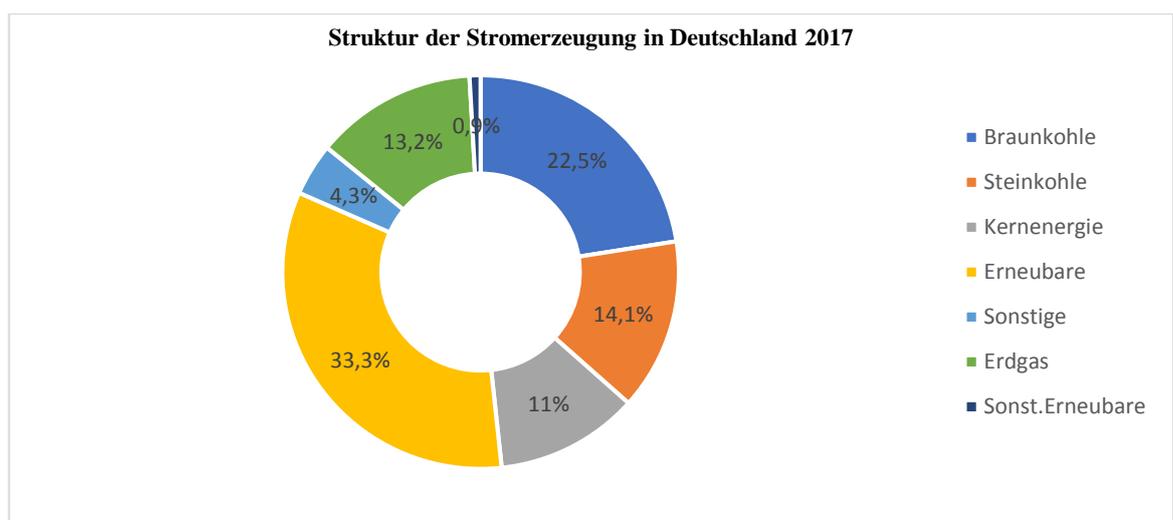


Abbildung 2. Struktur der Stromerzeugung in Deutschland 2017 (einige Darstellung)

Quelle: AG Energiebilanzen e.V.

Basierend auf Abbildung 2 ist die Braunkohle der zweitgrößte und wichtigste Energieträger nach den Erneuerbaren. (Maaßen & Schiffer, 2017) Etwa jede vierte Kilowattstunde wurde in den letzten Jahren auf Braunkohlebasis erzeugt. (Kaltenbach & Maaßen, 2018)

Im Jahr 2018 steigt Deutschland aus der Steinkohleförderung aus und bis Ende 2022 müssen alle Atomkraftwerke stillgelegt werden, nur Braunkohle bleibt noch als einzige heimische subventionsfreie Energiequelle, deren genehmigte Vorräte in den Bundesländern in den nächsten Jahrzehnten reichen werden. (Kaltenbach & Maaßen, 2018) (Maaßen & Schiffer, 2017) Die Braunkohle garantiert eine hohe Versorgungssicherheit, ein wettbewerbsfähiges Strompreisniveau für vor allem die energieintensiven Industrien und trägt zur heimischen Wertschöpfung bei, so dass in den letzten Jahren ihre Stabilität nachgewiesen wurde. Der Abbau in den Braunkohlerevieren wird unabhängig von verschiedenen Faktoren durchgeführt, damit Strom jederzeit für Haushalte, Industrie und Gewerbe zur Verfügung gestellt werden kann. (Kaltenbach & Maaßen, 2018)

Die Braunkohleunternehmen in allen deutschen Revieren sind stabile Arbeitgeber. Ende 2017 waren insgesamt 20.891 Mitarbeiter beschäftigt, die sich auf die Reviere Rheinland mit 9.937 Mitarbeiter, Lausitz mit 8.639 Mitarbeiter und Mitteldeutschland mit 2.637 Mitarbeiter aufteilten. (Kaltenbach & Maaßen, 2018) (DEBRIV , 2018) Die Zahl der Betriebsunfälle in den Braunkohleunternehmen betrug im Jahr 2017 rd. 2,4 Unfälle je 1 Mio. verfahrenen Arbeitsstunden. Diese ist ein guter Kennwert für diesen Sektor im Vergleich zum durchschnittlichen Wert der deutschen Wirtschaft (Im Jahr 2016 betrug 13,94). (Kaltenbach & Maaßen, 2018)

Die Bundesländer profitieren von Braunkohleunternehmen, da Tagebaue, die Kraftwerke und Veredlungsbetriebe wichtige industrielle Bestandteile in den Regionen sind und einen Beitrag zur Wertschöpfung sichern. (DEBRIV , 2013) Die deutsche Braunkohle hatte im Jahr 2009 eine gesamtwirtschaftliche direkte Bedeutung in Höhe von 2,9 Mrd. Euro. Nach einer Studie des EEFA-Forschungsinstituts sicherte dieser Industriezweig mehr als 86.000 Arbeitsplätze, wovon insgesamt in den Braunkohlenrevieren direkt etwa 25.000 Mitarbeiter beschäftigt waren und zusätzlich indirekt 52.000 Arbeitsplätze sowie 9.000 einkommensinduzierte Arbeitsplätze. Somit schafft jeder direkte Arbeitsplatz in der Braunkohle rund 2,5 weitere Arbeitsplätze. (Buttermann & Baten, 2011)

Die Braunkohleindustrie ist in der Lausitz, im Rheinland und Mitteldeutschland mit den Vorräten eine konkurrenzfähige Branche, die eine günstige Verbindung Tagebau-Kraftwerk besitzt und Deckung des entsprechenden Strombedarfs ermöglicht. (DEBRIV, 2013) Bei der Verbrennung der Braunkohle entstehende Treibhausgase und die Preise für Emissionsrechte regeln ihre weitere Bedeutung und Rolle im deutschen Strommix. Zu den Voraussetzungen der weiteren Verwendung dieses Energieträgers gehört die wirtschaftliche Reduzierung von Emissionen. (Hubertus, 2012) Im Zeitraum von 1990 bis 2017 sind CO₂-Emissionen um 51 % (173 Mio. t.) gesunken und im letzten Jahr war die Braunkohlenindustrie für 20,7% des gesamten Ausstoßes verantwortlich. (Maaßen & Schiffer, 2018)

Zur Verringerung vom Treibhausgasausstoß wurden und werden die Braunkohlekraftwerke modernisiert. Solche Maßnahmen tragen nicht nur zum Schutz der Umwelt bei, sondern auch zur Versorgungssicherheit und der Effizienz der Stromerzeugung. (Hubertus, 2012) Die alten Kraftwerksanlagen sind komplett ersetzt oder ständig modernisiert worden. Erst in den neuen Bundesländern wurde der Kraftwerkspark erneuert, der jetzt mit neuen Rauchgasreinigungsanlagen und neuer Prozesstechnik ausgestattet ist. (DEBRIV, 2013) Das Modernisierungsprogramm im Rheinland wird von der RWE AG realisiert. Im Jahr 2003 ist das Kraftwerk Niederaußem mit neu errichtetem Block in Betrieb genommen worden, in den etwa 1,0 Mrd. € investiert wurden. 2012 wurde das Kraftwerk Neurath optimiert und gilt heute als modernstes Braunkohle-Kraftwerk der Welt. Die Gesamtkosten der Modernisierung lagen bei 2,6 Mrd. €. Die modernisierten Kraftwerke leisten durch Effizienzsteigerung einen Beitrag zur Emissionsminderung um etwa 3 Mio. t. (Maaßen & Schiffer, 2017) Die in die Kraftwerke, Tagebaue und Veredlung gemachte permanente Investitionen zur Einrichtungsverbesserung begünstigt den Aufstieg der regionalen Wirtschaft. (DEBRIV, 2013)

Im Rahmen der Klimaschutzziele für 2020 werden Braunkohlekraftwerke in die sogenannte „Sicherheitsbereitschaft“ überführt. RWE Power AG steht somit im Einklang mit der Energiewende und realisiert einen CO₂ Fahrplan, der in die Kohlekommission eingebracht wird. Nach dem Plan wird der CO₂ Ausstoß bis zum Jahr 2030 um rd. 40-50 % gegenüber 2015 reduziert werden, indem die Kapazität von Blöcken kontinuierlich abgebaut wird, 300 MW-Blöcke werden bis 2020 in die Sicherheitsbereitschaft überführt.

Bis 2023 werden diese Blöcke von den drei Kraftwerken Frimmersdorf, Neurath, Niederaußem dann endgültig stillgelegt und um das Jahr 2030 leistet die Außerbetriebnahme des Kraftwerkes Weisweiler infolge des Auslaufens des Tagebaues Inden einen weiteren Beitrag zur CO₂ Reduktion. (Maaßen & Schiffer, 2017)

Die Braunkohlenaktivitäten wie Gewinnung, Verstromung und Veredlung benötigen eine hohe soziale Akzeptanz der Gesellschaft, deswegen bringen die Unternehmen die regionale Wirtschaft vorwärts. Durch Verbesserung und Ausstattung von Kraftwerken und nachahmenswerte Wiedernutzbarmachung von in Anspruch genommenen Flächen tragen die schon der Sozialverträglichkeitserhöhung bei. (Kaltenbach & Milojcic, 2017)

Deutschland strukturiert derzeit seine energiewirtschaftliche Politik um und richtet sie auf umweltfreundliche Energiequellen aus, aber Braunkohle bleibt weiterhin als bezahlbarer und sicherer Träger der Energieversorgung. (Maaßen & Schiffer, 2017) (Hubertus, 2012) Unterschiedliche Szenarien prognostizieren die Entwicklung des Strommixes, aufgrund der die Braunkohle immer noch von 12 bis 23% des Strombedarfes decken kann. Das BMU geht davon aus, dass ein Achtel der gesamten Stromerzeugung bis 2030 Braunkohle gewährleisten wird und der Anteil der Erneuerbaren weiter steigt. Nach einer Studie des Umweltbundesamtes kann Strom rein aus den erneuerbaren Energiequellen bis 2050 stammen. (Hubertus, 2012)

Die Nutzung der Braunkohle ist heutzutage und in naher Zukunft unverzichtbar, da sie später die einzige heimische, kostengünstige und bedeutendste Energiequelle wird. Laut energiewirtschaftlicher Politik können nur Erneuerbare umweltschonend und bezahlbar die Stromerzeugung sichern, aber das ist zurzeit wegen fehlender Erzeugungsanlagen und der Speichertechnologien nicht möglich. Deswegen werden konventionelle Kraftwerke auf Braunkohlenbasis immer noch nötig sein. (Kaltenbach & Maaßen, 2018) Die Braunkohle mit seinen Verstromungsmöglichkeiten und Abbauwürdigkeit bleibt trotzdem „ein fester Bestandteil der nationalen Energiepolitik“ (DEBRIV , 2013) .

3 Braunkohlebergbau im Rheinischen Braunkohlerevier

Das Rheinische Braunkohlerevier stellt die größte Tagebauregion in Europa dar und weist eine gesamte Fläche von 2.500 km² auf. Die Braunkohle im Revier stammt aus dem Miozän und ist 6 bis 18 Millionen Jahre alt. Die Lagerstätten befinden sich zwischen den Städten Aachen, Mönchengladbach und Köln und umfassen einen geologischen Vorrat in Höhe von 55 Mrd. t. an Braunkohle. Davon sind 31 Mrd. t. wirtschaftlich und technisch zu gewinnen. (Maaßen & Schiffer, 2017)

Die Tagebaue Garzweiler, Hambach und Inden gehören zum Rheinischen Braunkohlerevier (Abbildung 3) und werden von der RWE Power AG betrieben, in den 2,4 Mrd.t. zur wirtschaftlichen Gewinnung genehmigt sind, davon 1.3 Mrd. t. in Hambach, 0,3 Mrd. t. in Inden und 0,8 Mrd. t. in Garzweiler. Die jährliche gesamte Fördermenge beträgt fast 100 Mio. t. (Stoll, Niemann-Delius, Drebenstedt, & Müllensiefen, 2009) (Uttich, 2018)

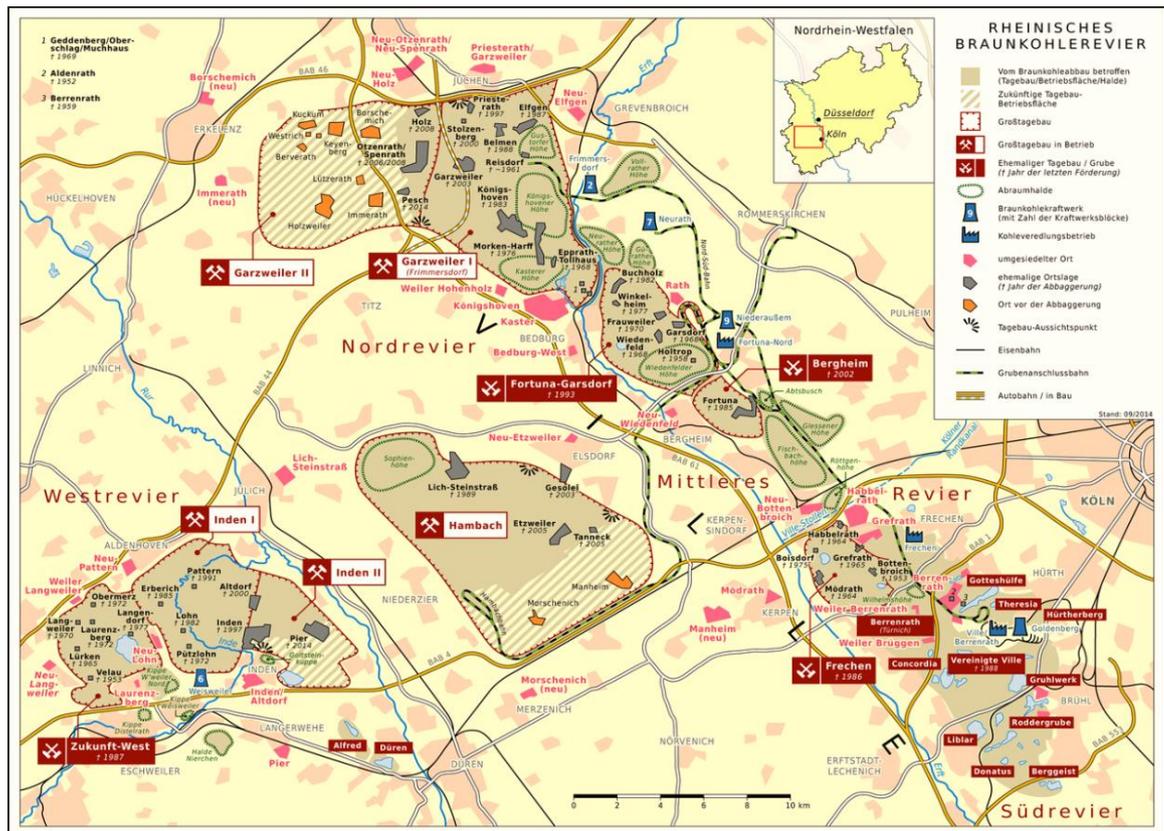


Abbildung 3. Rheinisches Braunkohlerevier

Quelle: RWE Power AG

Im 17. Jahrhundert begann der Braunkohlenabbau im Süden des rheinischen Reviers, der sich weiter ab der Mitte des 18. Jahrhunderts entlang des Höhenrückens (Vile) nach

Norden bis zum Tagebau Garzweiler verbreitete (Abbildung 3). In diesem Bereich lag die Kohle ganz nah zur Oberfläche und wurde mit Eimerkettentagbau abgebaut, da nicht große Abraumbewegungen nötig waren. Zum Abbau der tiefliegenden Kohleflöze des Tagebaus Hambach 1939 wurde die „Rheinische Braunkohlentiefbaugesellschaft“ gegründet. Es wurden zwei Schachtanlagen Morschenich I und II abgeteuft, die bis zu 270 Metern tief waren. Wegen ungünstigen geologischen Verhältnissen des Deckgebirges wurde dieses Verfahren unwirtschaftlich und unsicher erwiesen und nach einigen Jahren wurden die Schachtanlagen stillgelegt. Heute übernimmt die RWE Power AG die Verantwortung und Kosten für den Rückbau der verbleibenden Anlagen. (RWE Power AG, 2018 c) (Forschungstelle Rekultivierung, 2011 b) In der Mitte der 90er Jahre wurden die Lagerstätten über tiefen Tagebau abgebaut, so entstanden die Tagebaue Fortuna-Bergheim und Garzweiler, im Westen des Reviers befinden sich die Tagebaue Hambach und Inden. Ende letzten Jahrhunderts sind die Tagebaue in der Ville, Frechen, Fortuna-Bergheim schon ausgekohlt, wieder verfüllt und rekultiviert worden. (Klaeßen, 2013)

Im Jahr 2017 haben rheinische Tagebaue rund 91,2 Mio. t. Braunkohle gewonnen. Ein Drittel 32,8 Mio. t. entfielen auf Garzweiler, 38,7 Mio. t. auf Hambach und 19,8 Mio. t. auf Inden. Zur Freilegung der Kohle wurden 403,9 Mio. m³ Abraum bewegt. Das Abraum-zu-Kohle-Verhältnis 2017 betrug 4,4:1. (Maaßen & Schiffer, 2018)

Rund 89 % der Fördermenge wurden in den eigenen Kraftwerken (an Standorten Frimmersdorf, Neurath, Niederaußem und Weisweiler) für ca. 70 bis 75 TWh verstromt, d.h. 40 % des Stromes in Nordrhein-Westfalen oder 13 % in Deutschland stammen aus rheinischen Lagerstätten. In den drei Veredlungsbetrieben Frechen, Knapsacker Hügel und Fortuna-Nord wurden 11 % der Menge ca. 4,7 Mio. t zu Veredlungs- und 2 Mio. t. Handelsprodukten bereitgestellt. (Uttich, 2018)

Die im Jahr 2017 abgebaute Menge entspricht einem Anteil von 53,3 % an der Gesamtförderung in Deutschland. (Abbildung 4) (Kaltenbach & Maaßen, 2018)

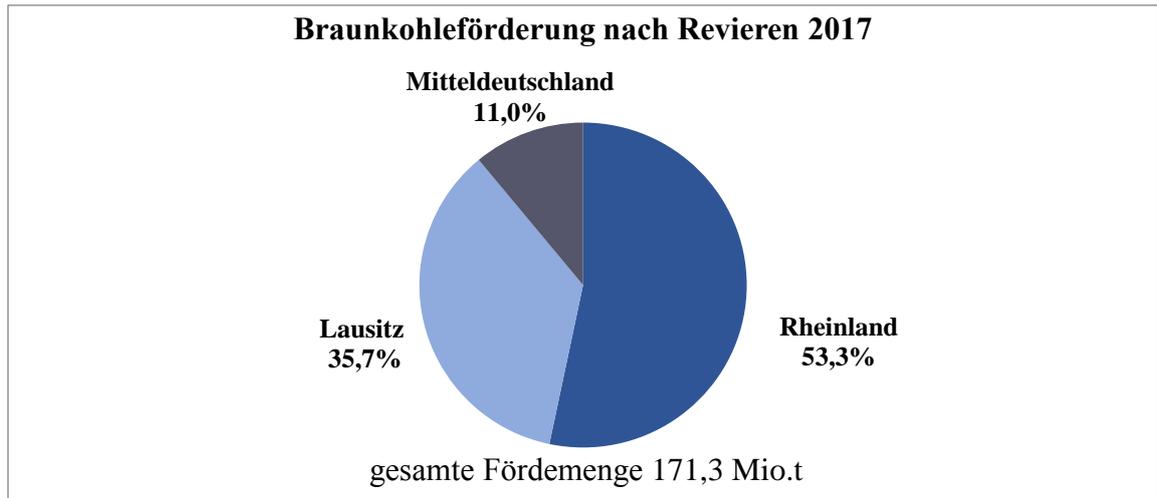


Abbildung 4. Braunkohleförderung nach Revieren 2017 (eigene Darstellung)

Quelle: Bundesverband Braunkohle DEBRIV

Im Tagebau Hambach werden etwa 40 Mio. t. Braunkohle pro Jahr gefördert, so ist er „ein wesentliches Standbein“ des Rheinischen Reviers. (Stoll, Niemann-Delius, Drebenstedt, & Müllensiefen, 2009) Der Tagebau wurde im Jahr 1978 erschlossen und nach 6 Jahren wurde die erste Braunkohle aus der Tiefe 160 m gefördert. Zur Freilegung der Kohle mussten zuvor 700 Millionen m³ Abraum bewegt werden. Heute werden zur Förderung der Kohle 250 Mio. m³ Abraum pro Jahr bewegt, das Abraum-Kohleverhältnis beträgt 6,2:1. (RWE Power AG, 2018 c)

3.1. Geologie der Lagerstätte

Das Rheinische Braunkohlerevier befindet sich im Süden der Niederrheinischen Bucht. Diese ist ein tektonischer von Nordwest nach Südosten ausgedehnter Senkungsraum, der in der Tertiär-Zeit entstand. Er ist in das nördliche Rheinische Schiefergebirge ganz tief eingegriffen, die im Gebiet der tektonischen durch Europa vom nördlichen Meer bis zum Mittelmeer führenden Verwerfung liegt. Schon im Paläozoikum zeigten sich die ersten Krustenabsenkungsprozesse der Niederrheinischen Bucht an. Infolge deren im Mesozoikum bestand die Niederrheinische Bucht aus paläozoischen Ablagerungen, wie Schiefen und Quarziten. Zu Beginn des Känozoikums, in Oligozän verursachten tektonische Bewegungen den Haupteinbruch und somit bildete ein Sedimentationsbecken der Niederrheinischen Bucht. Dieses erstreckt sich vom Meer im Nordwesten und grenzt an die Rheinische Schiefergebirge im Süden. Die Niederrheinische Bucht weist eine

Länge von etwa 100 km und eine Breite von etwa 50 km auf. (Schiffer S. , 2013)
(Forschungsstelle Rekultivierung, 2011a)

In der Tertiär-Zeit begann wegen guten Bedingungen die Formierung von ca. 200 m mächtigen Torfmoorbereichen, die später unter Druck in bis zu ca. 100 m Braunkohleflöze umgebildet wurden. Im Oligozän setzten sich in der Niederrheinischen Bucht die Nordsee Sande ab, wo die entstandenen Torfmoore heute die Unterflözgruppe darstellen. In dem nächsten Erdzeitalter Miozän ging das Entstehen der Haupflözgruppe bzw. Vile vor, hier herrschte ein gestreckter Küstensumpf, der später von verschiedenen durchgeschnittenen Flüssen überschwemmt wurde und dieses Ereignis endete Wachstum des Torfmoores mit mächtigen Schichten. Trotz der Überflutung im südlichen Teil der Niederrheinischen Bucht entstanden neue Moore, die heute die Oberflözgruppe repräsentieren. Vor dem Beginn des Quartärs geschah eine starke Abkühlung auf der Erde. Während des Pleistozäns wurde in die NRB durch Flüsse eine große Masse von Terrassenschotter (Kies, Sand) transportiert, später wurde sie noch durch die Lössschichten und Kiesschüttungen ergänzt. Die unterschiedlichen Erdzeitalter und Örtlichkeit der Flözgruppen spielten wichtigste Rolle beim Entstehen, Lagerung der Kohle und ihre Qualität. (Forschungsstelle Rekultivierung, 2011a) (Stoll, Niemann-Delius, Drebenstedt, & Müllensiefen, 2009)

Durch das Absinken der Erdkruste lagerten sich in diesem Sedimentationsbecken tertiäre und quartäre mächtige Lockergesteinsschichten bis zu 1100-1200 m ab und es entstand eine Vielfalt von Brüchen, die das Einbruchsfeld in drei großen Systemen aufteilten: Erft-, Rur-, Sandgewand/Feldbiß-System. (Geologisches Landesamt NRW, 1977). Im Südwesten liegt das Feldbiß System, das nach Nordost mit Winkel von etwa 70° bis 80° einfällt. Die Erft- und Rurand-Verwerfungen weisen einen ähnlichen Einfallwinkel auf und bilden größter Teil der Niederrheinischen Bucht. Die beiden Störungen werden im Nordwest in die Peelrand- Verwerfung verbünden. Aus diesen drei Bruchsystemen wurden die tektonischen Schollen formiert. Das südliche Gebiet der Niederrheinischen Bucht besteht aus Kölner, Rur und Erftschollen, das nördliche aus Venloer Scholle und der Krefelder-Scholle. (Abbildung 5) (Schiffer S. , 2013)

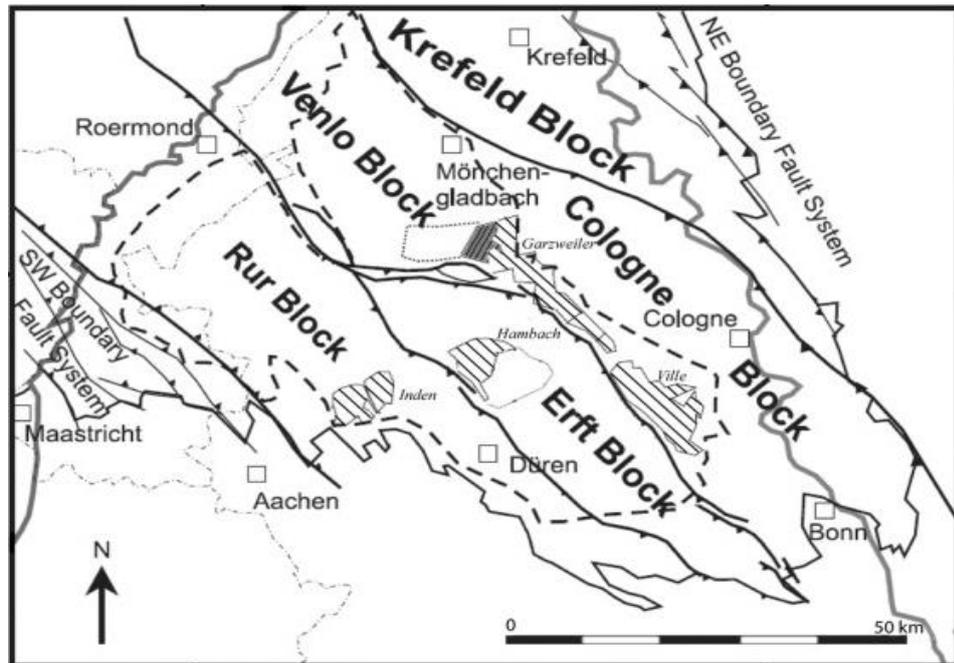


Abbildung 5. Schollengliederung in der Niederrheinischen Bucht

Quelle: Geologischer Dienst NRW

Die Absenkungsbewegungen des Schollensystems gingen ungleichmäßig vor, deswegen fällt das ganze System mit einer Neigung von 1:25 nach Nordost ein, obwohl die Nordoststelle unscheinbar gesunken ist und es in die Richtung gekippt scheint. (Abbildung 6) Die Rur-Scholle befindet sich im Südwesten der Niederreihnischen Bucht und stellt eine relativ flache Oberfläche dar. Die Rurand-Verwerfung begrenzt sie gegen die Erft-Scholle. In der Mitte ist die Erft-Scholle, die tertiäre bzw. quartäre mächtige Schichten herrscht. (Geologisches Landesamt NRW, 1977) (Schiffer S. , 2013) Die Kölner Scholle ist im Vergleich zu Erft-Scholle konvexer und wird von ihr durch das Erft-Sprungsystem aufgeteilt. Über die Scholle bildete sich schmale Ville als geologische Horst, die Kohleschichten mit bis 100 m mächtigen Terrassenschotter- und Lössschichten überlagerte. Deswegen ließ sich die Kohle in der Ville besonders zwischen Brühl und Frechen ganz einfach abbauen. Durch den Viersener Sprung von der Kölner Scholle getrennte Krefelder und Venloer Schollen bilden den nördlichen Teil der Niederreihnischen Bucht. (Schiffer S. , 2013)

Das Abbaufeld des Tagebaus Hambach liegt im Westen des Rheinischen Reviers und ist der Erft Scholle angehörig, die mit steigenden von 20 bis 70 m mächtigen Kohleflöze von Westen nach Nordosten fällt. Im Südwest stellt Rur einen Rand des Abbauggebietes dar, wo das Deckgebirge 180 m mächtig ist und nimmt bis 450 m im Osten zu, wo der Tagebau

von den Kraftwerken und Brikettfabriken begrenzt ist. (Geologisches Landesamt NRW, 1977)

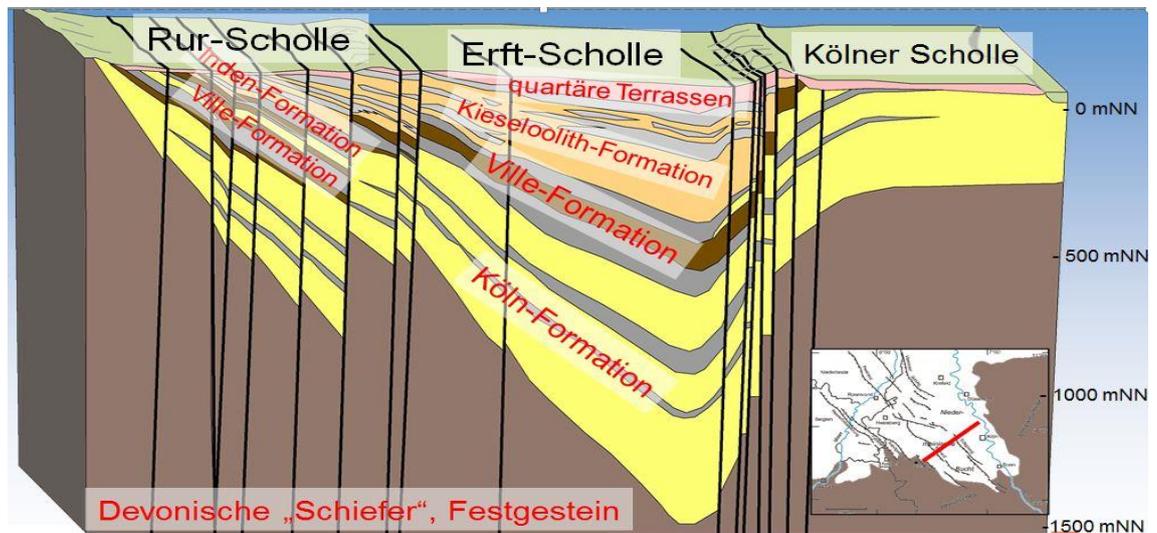


Abbildung 6. Geologischer SW–NO Schnitt durch die Niederrheinische Bucht

Quelle: Geologischer Dienst NRW

Während der tektonischen Bewegungen setzten sich die Gesteinsschichte so ab, dass ihre Mächtigkeit abhängig vom Material beim Einfallen sich vergrößert. Die sich in der Erft-Scholle befindende Hauptflözgruppe senkt sich bis 150 m unter der Erde im Südwest nach Nordost rund um 280 Meter. Das Absinken der Erdkruste und Sedimentation von Gesteinen führen zu Verwerfungs- und auch Sprungbildung im Abbaufeld. Der Tagebau wird durch bis 40 m Steinstraßer und 90 m Werhanh-Sprünge abgegrenzt. (Geologisches Landesamt NRW, 1977)

3.1.1. Entstehen der Schichtfolgen

Die Niederrheinische Bucht ist überwiegend von oligozänen, miozänen und pliozänen Sedimenten aufgebaut, die paläozäne und eozäne Ablagerungen sind seltener zu finden. Zum Anfang des Tertiärs wurden wegen kurzen Meervorstößen in der Niederrheinischen Buch sandige Gesteine und Ton überlagert, die im Eozäns wegen Meeresrückgang stark verwittert wurden. (Schiffer S. , 2013) Im Oligozän gingen die häufigen und starken tektonischen Bewegungen vor und besonders im Bereich der Niederrheinischen Buch verursachten sie die Nordseeinbrüche und somit spätere ständige Transgressionen. Sie brachten noch mehr Sande, Tone, Schluffe und lagerten in den abgesunkenen Räumen ab. So finden sich im untersten Teil der Niederrheinischen Bucht im Nordwesten und mittleren Meeressedimente. Ende des Oligozäns stieß das Meer wieder die Bucht im

Süden bis in die Eifel so vor, dass das Köln-Bonn Gebiet auch überflutet wurde. Infolgedessen lagerten sich wieder Meeressande und Schluff ab und es entstanden die Torfsümpfe. Im Miozän zog sich das Meer zurück, aber bevor neue Transgressionen eindringen, bildete sich im Zentrum der Niederrheinischen Buch aus fein -und mittelkörnigen marinen Sanden, mächtige Tone und Braunkohleschichten die heute bezeichnende Unterflözgruppe bzw. Kölner Schichten. In dieser Gruppe sind die Kohleschichten ca. 10 m mächtig und wirtschaftlich nicht gewinnbar. (Schiffer S. , 2013) (Forschungsstelle Rekultivierung, 2011a)

Die Hauptflözgruppenbildung ist im Miozän angefangen, während subtropisches Klima herrschte, der Meeresspiegel abgesunken war und keine tektonischen Absenkungen die Torfmoorbildung störten. In dieser Zeit war die Niederrheinische Buch flach und hatte eine Vielfalt an Gewässern wie Flüsse, Seen und Lagunen. Unter diesen günstigen Bedingungen und der ständigen Absenkung der ausgestobenen Pflanzenmasse entstanden in der Mitte der Bucht bis zu 270 m mächtige Torfschichten. Unter Druck bildete sich innerhalb von ca. neun Millionen Jahren aus diesen das Hauptbraunkohleflöz bzw. die heute genannten Ville Schichten mit rund 100 m Mächtigkeit. Im mittleren Miozän wurde sie vom Zwischenmittel aus mittel- und feinkörnigen marinen Sanden (Neurather Sand) gespalten und somit entstanden drei Teilflöze Morken, Frimmersdorf und Garzweiler. (Schiffer S. , 2013) (Forschungsstelle Rekultivierung, 2011a)

Wegen einer veränderten Meerlinie Ende des Miozäns und der starken Transportkraft von marinen Sedimenten wurden Torfmoore bedeckt, was ihr weiteres Wachstum abbrach. Die Rur-Scholle liegt relativ hoch im Vergleich zu anderen Schollen und diente als eine Abhaltung für den Rhein und ihre Nebenflüsse, die dann ihre Richtung in die Mitte der Niederrheinischen Bucht änderten. Kiesige, sandige und tonige Schichten bildeten besonders in der Erft-Scholle mächtige wassergesättigte Deckschichten, die sich am meisten absetzten und weiteren Sedimentation verursachten. In dieser Zeit war die nicht berührte Rur-Scholle günstiger Ort für weitere Torfbildungen, die heute 40 m mächtige Braunkohleflöze sind und Oberflözgruppe bzw. die Indener Schichten darstellen. Heute sind es die Flöze Kirchberg, Friesheim und Schophoven. Die Kohleflözbildung endete im Tertiär. (Schiffer S. , 2013) (Forschungsstelle Rekultivierung, 2011a)

Im Quartär während der Kälte überdeckten fluviale Sedimente die tertiären Schichten und legten sich in die Lössschichten, die oberste Schichte der Sedimentationsabfolge

bezeichnet. Im Bereich der heutigen Tagebau Garzweiler bildeten sich bis 20 m mächtige Lössschichte. (Forschungsstelle Rekultivierung, 2011a)

3.1.2. Schichtenbeschreibung des Tagebaus Hambach

Die 120-400 m mächtigen Schichten aus Kies, Sand, Schluff und Ton repräsentieren Hangendschichten im Tagebau Hambach. Im Südwesten des Tagebaus sind überwiegend die sandigen Schichten mit geringen Anteilen an Tonen zu finden, der Ton verbreitet sich weiter nach Norden. Der nördliche Teil zeichnet sich durch mächtige Schluff- und Tonschichten aus. Zu den Hangendschichten gehören Schicht 16 mit Löß und Hauptterrassensedimenten, Ton- und Sandschicht 13 aus der Tegelserie, Schicht 10 und 11 mit Sand-Kiesablagerungen aus der Reuverserie, Schicht 9 der Rotton- und Schicht 8 der Hauptkiesserie. Dann folgt die letzte Schicht 7 vor der Kohle bzw. die Indener Schichten mit Sand- und Tonsedimenten. Die Rotton Serie und Indener Schichten bilden hauptsächlich das Abbaufeld des Tagebaus Hambach (Abbildung 7). Die oberste Schicht 16 ist mit 1-2 m mächtigen Löß und mit der jüngeren Hauptterrasse aus Kiesen und Sanden dargestellt. Die Schichten der Hauptterrasse aus Mittel- und Grobkiesen mit Sandsedimenten gewinnen an Mächtigkeit vom Südwest nach Nordosten von 10 bis 60 m. Unter der Hauptterrasse befinden sich Ton-Schluff-Sand-Wechselfolge, die Schichten von 13 bis 9. Die Schicht 13 gehört zur Tegelserie, ihre oberste Lage ist eine Sand- und Schluffwechselfolge, die in die nächsten mittel- und feinkörnigen Sandlagen lokal eingreift. Als liegende bezeichnet sich eine 5-8 m mächtige Tonschicht. In der Mitte befinden sich schluffiger Ton und Restwasser führende Sandschicht. Die Tegelserie ist insgesamt 8-25 m mächtig. Die darunter liegende Schicht 11 zeichnet durch 3-5 m mächtigen Ton und Schluff mit Braunkohlelagen aus. Schicht 10 verfügt über Mittel- und Grobsand mit Feinkieslagen und erreicht eine Mächtigkeit von 5-10 m. Schicht 9 enthält drei verschiedene Ablagerungen: die hangende ist Schluff- Feinsand- Lage mit einer Mächtigkeit von 1-4 m, die plötzlich im Südosten unterbrochen und erodiert wurde. Unter diesen liegen schräg grob- und mittelkörnige 10-20 mächtige Sandablagerungen mit Feinkies, dann folgt 8 m mächtiger Ton mit schmalen Braunkohleflöz (Flöz Bergheim). Die im Pliozän und Miozän entstandene Hauptkiesserie ist bis 55 m mächtig und verfügt über Fein-, Mittel- und Grobsande, die schräg angelagert wurden. Häufig sind in dieser Serie geringmächtige Tonschichten und Stämme oder Wurzeln von alten Bäumen zu finden. Die Indener Schichten sind vorwiegend sandig und stellenweise mit mächtigen

Ton- und Schlufflagen. Das Braunkohleflöz Schophoven gehört zur Indener Gruppe, seine Mächtigkeit erreicht 0,5 m und endet im Hangenden der Gruppe. (Geologisches Landesamt NRW, 1977)

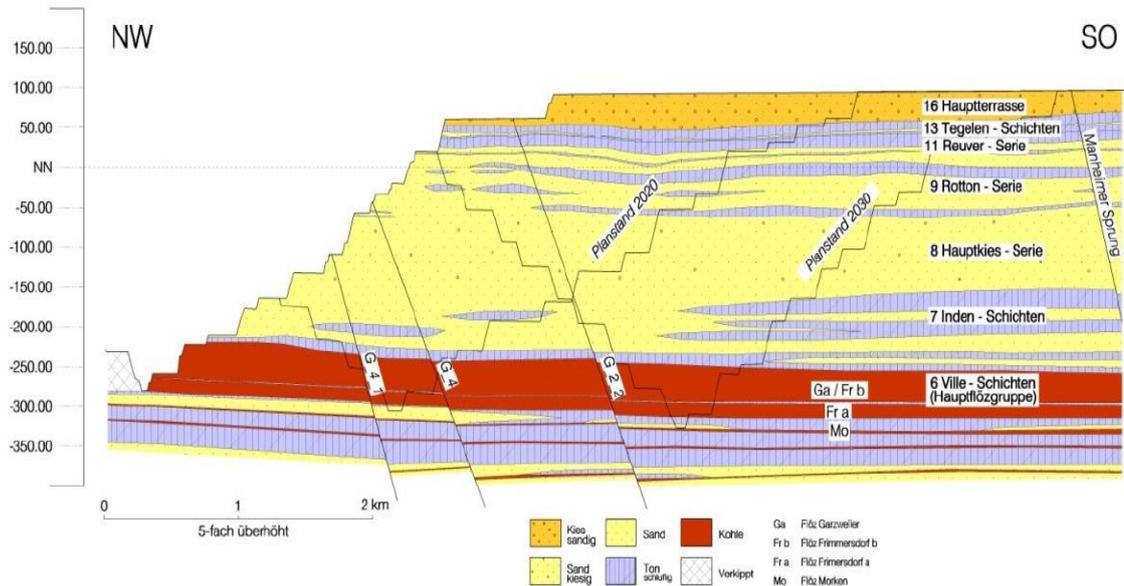


Abbildung 7. Längsschnitt

Quelle: RWE Power AG

Die Hauptflözgruppe bzw. die Ville Schichten mit den Flözen Morke, Frimmersdorf und Garzweiler stellen das Hauptkohlevorkommen dar und ziehen den Tagebau Hambach durch. Das Flöz Garzweiler ist die 22 - 30 m mächtige hangende Schicht der Hauptflözgruppe, aber wird von Ton-Schluff und Feinsandablagerungen in zwei Flöze aufgespaltet. Folgendes Flöz Frimmersdorf wird vom Garzweiler Flöz durch Neurather Mittel- bis Feinsande getrennt. Das Flöz Frimmersdorf wird durch 15 m fluviatile Ablagerungen in das 8-10 m mächtige Flöz Frimmersdorf a und das 10-20 m mächtige Flöz Frimmersdorf b geteilt. Im Norden des Abbaufeldes liegt die Gesamtmächtigkeit des abbauwürdigen Braunkohleflözes bei 60-70 m, im Südwesten bei 20-40 m. Das Flöz Morke ist wegen seiner geringen Mächtigkeit nicht abbauwürdig. (Stoll, Niemann-Delius, Drebenstedt, & Müllensiefen, 2009) Die Liegende sind von 250 bis 650 m mächtig und bestehen aus Tonen und Schluffen mit Fein- und Mittelsanden. Heute führt der Tagebau Hambach die Gewinnung der bis zu 70m mächtigen Kohleflöz in der Tiefe 400 m durch. Auf der Abbildung 7 sind auch die Planstände 2020 und 2030 dargestellt. Im zukünftigen Abbaugelände werden die Lagen wegen der zahlreichen Sprünge bis zu 30 m voneinander geschoben. (RWE Power AG, 2014)

3.1.3. Klima der Niederrheinischen Bucht

In der Niederrheinische Bucht dominiert „schwach binnenländisch abgewandeltes maritimes Klima“ (Forschungsstelle Rekultivierung, 2011a) .Diese Region zeichnet sich durch milden Winter und warmen Sommer aus. Die mittlere Jahrestemperatur liegt bei 9,5 °C und in der Vegetationsperiode, die in der Niederrheinischen Bucht ungefähr 147 Tage von Mai bis September dauert, bei 15,3 °C. Kältester Monat ist Januar mit einer durchschnittlichen Temperatur von 2,0 °C und der Juli ist der wärmste Monat mit 18 °C. Der mittlere jährliche Niederschlag liegt bei 600 mm, stellenweise erlangt 750 mm und im Übergang vom Winter zum Frühling bei 40 mm pro Monat. Im Juli liegt Niederschlag bei 80 mm und der ist höchster Wert in der Niederrheinischen Bucht. An 65 Tagen im Jahr sinkt die Temperatur unter 0 °C. (Forschungsstelle Rekultivierung, 2011a)

3.2. Abbautechnik im Tagebau Hambach

Im Tagebau Hambach wird ein kontinuierliches Abbausystem eingesetzt, die Gewinnung, Förderung und Verkippung erfolgt mit Hilfe von Schaufelbagger, Bandanlagen und Absetzer. Der Tagebau wird in den bis fünf km langen Strossen abgebaut. Auf der Gewinnungsseite sind acht Strossen und sieben auf der Verkippungsseite. Beide Seiten sind durch Bandanlagen verbunden, die insgesamt ca. 110 km lang sind. Alle Bänder von der Gewinnungsseite führen zum Bandsammelpunkt, von wo aus sie sich weiter in die Verkippungsseite oder den Kohlebunker teilen.

3.2.1. Gewinnung

Die Schaufelradbagger werden im Tagebau Hambach für Gewinnung von Lockergestein und auch von Kohle eingesetzt. Derzeit stehen im Tagebau acht Schaufelradbagger zur Verfügung, die Förderkapazitäten zwischen 110.000 m³ + t/d und 240.000 m³ + t/d besitzen: fünf 240.000er, ein 200.000er und zwei 110.000er. Auf den tiefsten, der sechsten und siebten Sohle befinden sich je ein 240.000er Bagger für den Kohleabbau. Auf den darüber liegenden Sohlen wird der Abraum von sechs Baggern bewegt, zwei 110.000er bauen auf der ersten Sohle nicht nur Abraum, sondern auch Löss für die Rekultivierungszwecke ab. Die Schaufelradbagger sind im Maximum etwa 220 m lang, 100 m hoch und 13.500 t. schwer. Er besteht aus dem Hauptgerät mit dem Schaufelrad-Ausleger und dem fahrbaren Beladewagen, was die Arbeit in den unterschiedlichen Stellungen ermöglicht. Als Graborgan gilt das Schaufelrad, das über einen Durchmesser

von 21,6 m und 18 Schaufeln verfügt und mit dem Hauptgerät durch eine 70 m Brücke verbunden ist. Über die Seile und Pylone kann der Radausleger bewegt bzw. geschwenkt und durch den Ballast balanciert werden. Das abgebaggerte Fördergut wird auf eine 70 m lange Bandanlage übergeben und zum fahrbaren Beladewagen über die Zwischenbrücke geführt. Durch das Beladegerät erfolgt die Übergabe des Materials auf das Förderband. Der Beladewagen besitzt seine eigenen Fahrwerke, die automatisch mit dem Bagger oder manuell mit Hilfe einer Steuerungskiste betrieben werden. Das Hauptgerät ist auf drei Fahrwerkgruppen abgestützt und wird elektrisch betrieben. Vier Mann pro Schicht bedienen den Schaufelradbagger.

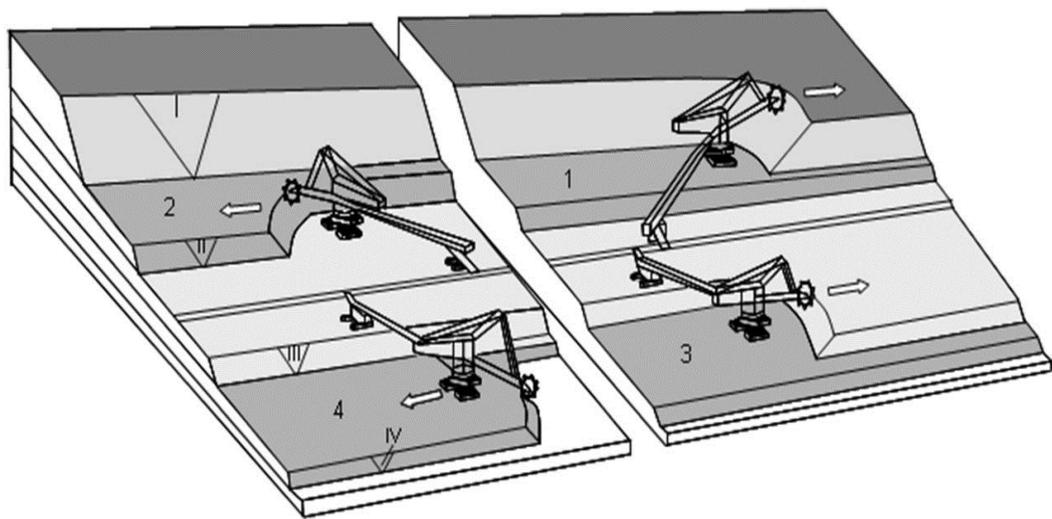


Abbildung 8. Einsatzmöglichkeiten eines Schaufelradbaggers

1-Hochschnitt von Hochstufe, 2-Hochschnitt von Arbeitsebene Fördermittel, 3-Hochschnitt von Tiefstufe, 4-Tiefschnitt

Quelle: RWE Power AG

Im Hambach werden die Massen i.d.R. im Blockbetrieb gewonnen, in dem der Bagger aus dem Stand sein Ausleger horizontal schwenkt. Der Block wird terrassenförmig abgetragen, dies ermöglicht eine kontinuierliche Leistung und selektive Gewinnung von Materialien, wie z.B. Seitenblockverhieb. Im Blockbetrieb sind weniger Bandrückungen und Fahrstrecken erforderlich. Der Schaufelradbagger kann seine Arbeitsseite wechseln (Abbildung 8), d.h. im Blockbetrieb wird im Hochschnitt und auch im Tiefschnitt eingesetzt und die gebräuchliche Abtragshöhe liegt dann bei ca. 50 m. Im Tief- und Hochschnitt kann er noch zusätzlich auf Hoch- und Tiefstufe fahren, dadurch wird seine Abtragshöhe günstig beeinflusst und abhängig vom Gerät liegt diese dann zwischen 70-100 m. Die Reichweite des Baggers hängt von der Hubhöhe des Schaufelradauslegers ab.

Für Pilgerschnitt, Brunnen- und Pegelüberbaggern, harte Materialien ist Senkschnitt geeignet, bei dem Abtrag vom Großgerät im vertikalen Verhieb erfolgt. Der Senkschnitt lässt im Tiefschnitt die Materialien nicht selektiv gewinnen und schränkt den Geräteeinsatz ein. Für die effektive Leistung sollten die Schaufeln am Schaufelrad gedreht werden, der Prozess nimmt fast 48 Stunden in Anspruch, was für die Geräteleistung ungünstig ist. Der Schaufelradbagger besitzt ein GPS System, welches zur Bestimmung seiner richtigen Position und des Schaufelrades dient, präzisen Materialabbau ermöglicht und die Abstände zu den Betriebsanlagen und Arbeitsböschungen messen kann. (RWE Power AG, 2009)

3.2.2. Förderung

Die Bandanlage führt den Abraum- und Kohletransport aus. Insgesamt stehen im Tagebau Hambach heute ca. 110 km Bandanlagen zur Verfügung (Abbildung 9), die aus den Traggerüsten, Antriebsstationen, Trommeln und Gurten bestehen. Die Bandgeschwindigkeit liegt zwischen 4-7,5 m/s. Der Förderguttransport erfolgt folgend: von der Gewinnungsseite wird das abgebaute Material vom Beladewagen auf das Strossenband des Baggers übergeben. Durch mehrere Übergabestationen wird das Baggergut zum Bandsammelpunkt transportiert, wo sich alle Bänder von Baggerstrossen treffen. Vom Bandsammelpunkt wird es zur Verkipfung oder zum Kohlebunker transportiert. Auf der Verkipfungsseite wird das Fördergut vom BSW abgenommen und im Kohlebunker wird Kohle für den weiteren Transport mit der Bahn abgelagert.

Es sind Kopf- und Heckantriebsstationen zu unterscheiden, die durch viele Gurtabschnitte miteinander verbunden sind. Von den Trommeln an den Stationen werden die Gurte umgelenkt, getrieben und auch gespannt. Auf den Stationen befinden sich Trafos und die Motoren. Die Übergabe vom Fördergut von einer Bandanlage zur anderen erfolgt an den Abwurfstationen, die mit einem Trichter und einer Abwurftrammel ausgestattet sind. Die Kopf- und Heckstationen sind durch den Fördergut, welcher durch Traggerüste geführt wird, miteinander verbunden.

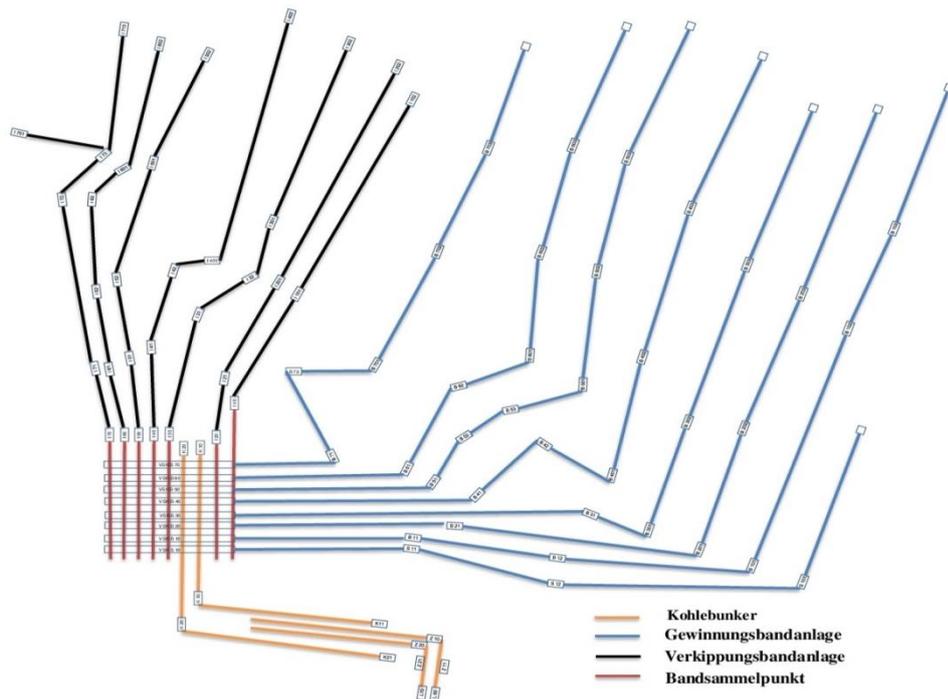


Abbildung 9. Bandschemaplan des Tagebaus Hambach

Quelle: RWE Power AG

Die Tragrollen dienen als Abstützung für den Ober- und Untertrum. Den Obertrum formieren drei Tragrollen, auf der das Fördergut transportiert wird. Im Traggerüst dienen die Obergurtrollen den Gurt und Fördergut zu transportieren, im Untertrum wird der entladene Gurt zurückgeführt.

Die Fördergurte dienen als eine Transportoberfläche, deren Breite bei 2,8 m liegt. Im Tagebau Hambach werden Stahlseilförderbänder eingesetzt, d.h. im Gurt sind bis 200 Stahlseile eingebaut. Die Seile stabilisieren den Gurt und übertragen die Kräfte. Noch wesentliche Bestandteile der Bandanlagen sind Abstreifer und Druckrollen. Der Abstreifer reinigt den Gurt von angehafteten Partikeln und die Rollen verhindern den Bandschieflauf, während sie im Betrieb ist.

Der Bandbetrieb hat deutliche Vorteile im Vergleich zu anderen Förderern. Die Gurtbandanlagen bieten verschiedene Einsatzmöglichkeiten, sind gegen Witterungsverhältnisse gering empfindlich und benötigen zur Bedienung wenig Personal. Sie werden durch einen Knopfdruck von Mieterarbeitern der Betriebsüberwachung gesteuert.

Mit der Erweiterung des Tagebaus und Wechelseite der Großgeräte ändern die Bandanlagen ihre Position, diesen Verlauf wird „Bandrücken“ genannt. Es ist zwei Arten

zu unterscheiden: paralleles und schwenkendes Rücken. Beim parallelen werden die Endpunkte der Bandanlage beide ihre Lage geändert und beim schwenkenden nur ein Endpunkt. Bevor das Rücken stattfindet, muss ein Planum für die zukünftige Lage erstellt und bekieset werden, Entwässerungs- und Immissionsleitungen werden demontiert. Vor dem Rücken muss die Bandanlage entspannt und die Großgeräte aus dem Rückbereich ausgeführt werden. Der Beladewagen wird von der Bandanlage getrennt, sowie Bandschleifwagen und der Absetzer werden abgekoppelt. Die Ankersteine der Heckstationen müssen abgeschlagen werden.

Die Traggerüste sind mit einer Schiene ausgerüstet, die von Kranraupen mittels eines Rückstuhls gezogen werden. Beim Rücken sind 2-4 Kranraupen im Eingriff, wobei die Raupen in Achsrichtung fahren und die Bandanlage jeweils bis zu 1 m in Richtung neue Achse bewegen. Eine Kranraupe weist eine Rückleistung zwischen 5.000 m² bis 10.000 m² pro Stunde und ist abhängig von verschiedenen Bedingungen. Jahreszeit spielt auch eine wichtige Rolle beim Rücken, da die Rückschiene im Winter friert und spröder wird, was zu Brüchen führen kann. Wenn die Bandanlage schon in ihre Lage gebracht ist, muss sie trotzdem ausgerichtet werden. Das erfolgt mit Hilfe von einem GPS-System des Hilfsgerätes. Die Antriebsstation wird von einer Lastraupe angehoben und zur neuen Lage gebracht. (Stoll, Niemann-Delius, Drebenstedt, & Müllensiefen, 2009)

3.2.3. Verkippung

Auf der Verkippung im Tagebau Hambach sind sieben Absetzer mit Förderkapazitäten zwischen 150.000 m³ + t/d und 240.000 m³ + t/d: sechs 240.000er und ein 150.000er. (RWE Power AG, 2018 c) Der vom Bagger abgebaute Abraum geht über Bandanlagen zur Verkippungsseite und bildet mächtige Halden. Im Verkippungsprozess ist nicht nur der Absetzer im Einsatz, sondern auch der Bandschleifenwagen. Das Großgerät bedienen drei Mann, einer den BSW und zwei den Absetzer. Der Absetzer ist im Durchschnitt ca. 58 hoch m und 100 m lang, durchschnittliche Höhe des Bandschleifenwagens liegt bei 23 m und die Länge bei ca. 100 m. Der Bandschleifenwagen dient zur Übernahme von den geförderten Materialien und ist mit dem Förderband verbunden, das vom Bandsammelpunkt zur Verkippung abgeführt wird. Der Abraum vom BSW wird auf den Aufnahmeausleger „Band 1“ gekippt, das mit einem Schmutzband eingerichtet ist. Dieses Band leitet den Abraum weiter auf „Band 2“, von wo er auf 80 m langen Ausleger gekippt

wird. Vom Ausleger abgeworfenes Material bildet die bis 40 m hohe Kippe, die in einem Regelprofil erstellt werden.

Die Verkippungsprozess erfolgt im Blockbetrieb und Strossenbetrieb, bei den die Raupenfahrwerke in die Versturzurichtung stehen (Abbildung 10).

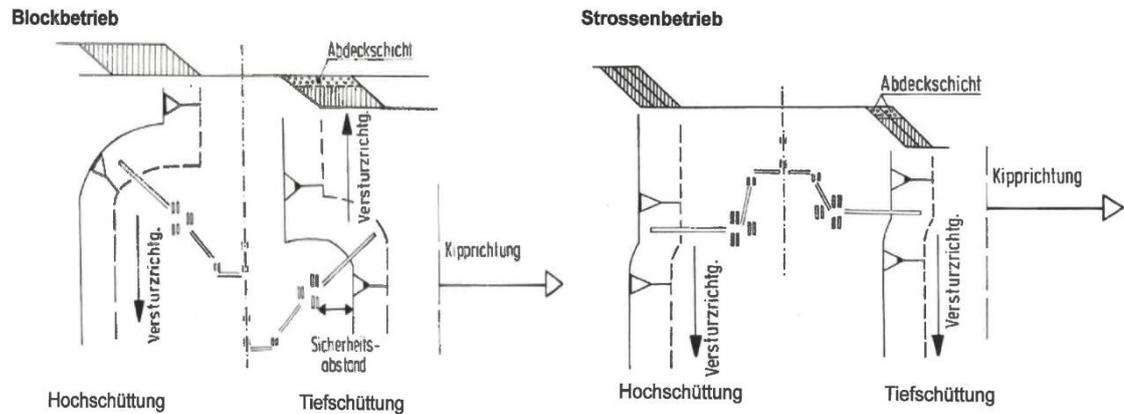


Abbildung 10. Einsatzmöglichkeiten eines Absetzers

Quelle: RWE Power AG

Im Blockbetrieb kippt der Absetzer Material vor seinen Fahrwerken und so weit, bis der Ausleger reicht. Im Strossenbetrieb fährt der Absetzer entlang der Strossen und schüttet das Material nur seitlich zu seinen Fahrwerken. Durch schwenkenden Ausleger besteht die Möglichkeit in den beiden Betriebsverfahren im Tief- und Hochschüttung den einzusetzen. Der Ausleger weist eine Schwenkgeschwindigkeit bis 27 m/min auf. Mit dem Absetzer ist ein Sicherheitsabstand zur Tiefschüttung einzuhalten, d.h. zwischen Fahrwerk und Oberkante müssen 25 m sein.

Die Schüttweise wird vom einem Regelprofil vorgegeben und stellt den Böschungsaufbau fest, der vom Material abhängig ist. Im Tagebau Hambach sind drei Materialarten zu unterscheiden: Mischboden eins ($\leq 30\%$ bindige Materialien) und Mischboden zwei ($>30\%$ bindige Materialien), der letzte teilt in nass und trocken ein. Das abgebaute Material wird entsprechend dem Förderplan zur Verkippungsseite gebracht, der aktuelle Dispositionen zeigt.

Die Regelprofile werden entsprechend dem Einsatzplan erstellt werden und dürfen maximal 90 m breit sein (Abbildung 11). Die Erstellung erfolgt in mehreren Phasen, z.B. für die nassen Böden wird erst die Stützrippe bzw. Stützdamm aus M1 geschüttet. Dann wird nasser M2-Boden in die sogenannten Polder untergebracht, die nur für wassergesättigten Materialien angefertigt werden. Nasser Boden muss, mit dem bis 10 m mächtigen trockenen Material im Schwenkbetrieb abgedeckt werden, um die Sicherheit

des Gerätesstandes sichern zu können. Bevor das geschüttete Regelprofil vom Großgerät befahren wird, muss erst ein Planum mit Hilfe einer Planierraupe erstellt werden. (RWE Power AG, o.J.)

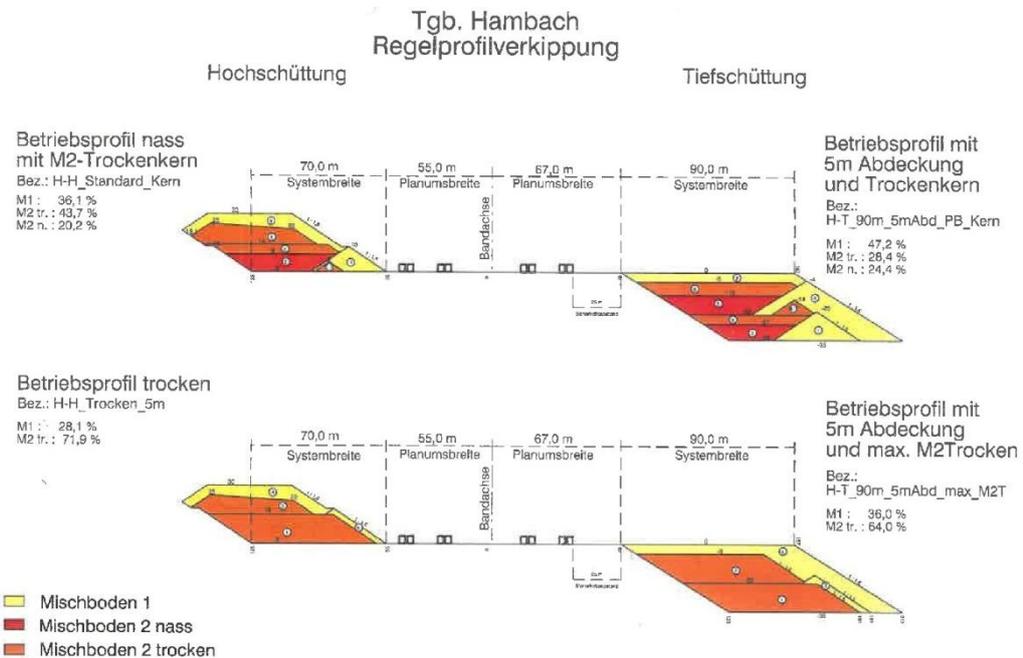


Abbildung 11. Regelprofile im Tagebau Hambach

Quelle: RWE Power AG

3.2.4. Kohlebunker und Bahnbetrieb

Die Braunkohle wird zum Kohlebunker transportiert und dort gelagert, von wo aus sie zu den Abnehmern geliefert wird. Im Tagebau Hambach umfasst der Kohlebunker ein Bruttovolumen 800.000 t bei vollständiger Füllung und ein Nettovolumen von 600.000 t. Diese Kapazität an Braunkohle sichert die kontinuierliche Versorgung von Kraftwerken und Veredlungsbetrieben, falls das Großgerät oder die Förderwege außer Betrieb gesetzt werden. Durch Ein- und Ausstapeln erfolgt im Kohlebunker die Trennung und die qualitative Vergleichmäßigung der Kohlesorten. Vom Bandsammelpunkt führen die Förderwege zum Kohlebunker, wo Einstapeln der Kohle durch Bandschleifenwagen erfolgt. Die Kohle wird nach Verwendungszweck getrennt und bilden bis 21 m große Halden, zwischen der mindestens ein Abstand von 10 m gehalten werden soll. Das Ausstapeln erfolgt durch Aufnahmegeräte (Schaufelradaufnehmer), deren Förderkapazität bei 200.000 t/d liegt. Der Kohlebunker wird mannos betrieben, die Steuerung übernehmen die Mitarbeiter der Betriebsüberwachung.

Die im Tagebaue Hambach abgebaute Kohle wird per Hambachbahn zu den Kraftwerken und Veredlungsbetrieben transportiert, die den Tagebau mit der Hauptstrecke, der sogenannten Nord-Süd-Bahn bindet. Die Hambachbahn ist 22 km lang. Die Beladung von Zügen erfolgt halbautomatisch im Kohlebunker. Die Züge fahren langsam unter die Beladebrücke, wo die Kohle vom Förderband durch den Trichter in die Waggonen geladen wird. Der ganze Ablauf dauert ca. 14 Minuten je Zug. (RWE Power AG, 2018 c)

3.3. Kohleabbau und Umwelt

Der Braunkohleabbau ist nicht möglich ohne Nebenbetriebe, deren Vielfalt einen sicheren und kontinuierlichen Ablauf im Tagebau und umweltschonende Gewinnung gewährleistet. Bei der Gewinnung, Verkipfung und sowie beim Transport vom abgebauten Material entstehen Immissionen wie Staub und Lärm. Immissionsschutz im Tagebau ist einer von wichtigen Nebenbetrieben, der durch eine Vielfalt möglicher Maßnahmen die Staub- und Lärmbelastung mindert und die Nachbarschaft vor Gesundheitsschäden schützt. Zur sicheren Kohleförderung erfolgt im Tagebau eine Grundwasserabsenkung. Für den Tagebau Hambach beträgt die jährliche Sumpfungsmenge gemäß wasserrechtlicher Erlaubnis 450 Mio.m³. (Landesoberbergamt Nordrhein-Westfalen, 1999) Die vom Grundwasser abhängigen und um den Tagebau liegenden Seen, Feuchtgebiete, Böden und Flüsse werden vom Betrieb ständig so betrachtet und untersucht, dass keine schädlichen Auswirkungen eintreten. (RWE Power AG, 2018 c)

3.3.1. Immissionsschutz

Bei den Tagebautätigkeiten, wie Abbau und Transport von Kohle und Abraummassen können Staub und Lärmemissionen entstehen, wodurch die Umwelt und Nachbarschaft des Tagebaues belastet werden kann. Die Staubemissionen treten in zwei Formen auf: Grobstaub (Staubniederschlag) > 10 µm und Feinstaub PM 10 (Schwebstaub) < 10 µm. Der Feinstaub ist potenziell gefährlicher als Grobstaub, da er einatembar ist und über weite Strecke transportiert werden kann. Kleinere Feinstaubfraktionen können tief in die Lungen eindringen und bis in die Blutbahnen gelangen. Es sind die Grenzwerte nach der 39. BImSchV einzuhalten. Für den Feinstaub beträgt der Jahresmittelwert 40 µg/m³ und Tagesmittelwert 50 µg/m³, wobei dieser an maximal 35 Tagen pro Jahr überschritten werden darf. Das Amt für Natur-, Umwelt-, und Verbraucherschutz (LANUV, 2018) ist

für die Feinstaubüberwachung in Nordrhein-Westfalen zuständig, auch in den angrenzenden Ortschaften der Tagebaue. Am Tagebau Hambach befinden sich zwei Messstellen eine im Westen in Niederzier und andere im Osten in Elsdorf, wo Feinstaub kontinuierlich 24 Stunden gemessen wird. (Stoll, Niemann-Delius, Drebenstedt, & Müllensiefen, 2009) (RWE Power AG, 2018 a)

Für die Feinstaubbekämpfung werden auf Basis des Luftreinhalteplanes Hambach, der im Jahr 2012 in die Kraft getreten ist, von RWE Power und den angrenzenden Kommunen zahlreiche Maßnahmen umgesetzt. Im Tagebau Hambach geschieht dies im Einvernehmen mit der Bergaufsicht innerhalb eines Sonderbetriebsplans. Im Rahmen dieses Planes wurden Feinstaubquellen festgestellt und die Maßnahmen zur Senkung von Emissionen aus dem Tagebau Hambach getroffen. Die jährliche Feinstaubentwicklung vom Tagebau Hambach ist auf der Abbildung 12 dargestellt. Seit dem Jahr 2012 hat die Feinstaubbelastung vom Tagebau deutlich abgenommen und die Grenzwerte wurden nicht mehr überschritten. Diese Entwicklung zeigt die effektive und erfolgreiche Wirkung des Luftreinhalteplanes. (RWE Power AG, 2018 a)

Feinstaubbelastung

Sparte Tagebaue

(Anzahl Tage der Überschreitung)

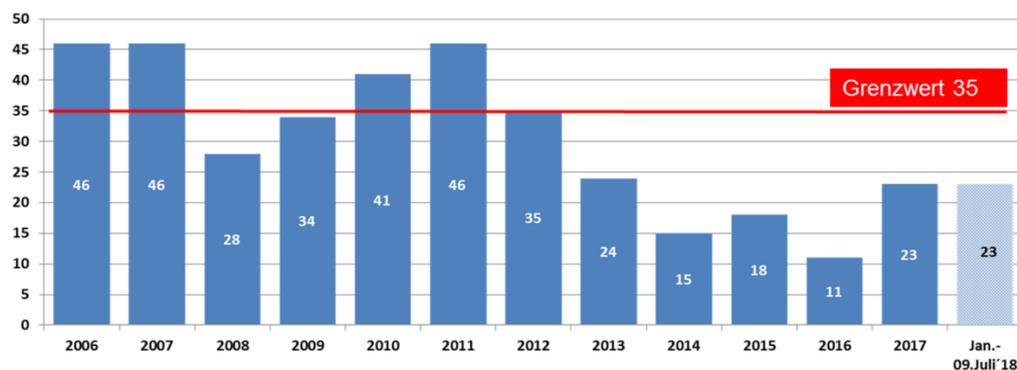


Abbildung 12. Die jährliche Feinstaubentwicklung des Tagebaues Hambach. Stand 09.07.2018

Quelle: RWE Power AG

Die wesentlichen Feinstaubemittenten im Tagebau Hambach sind der Kohlebunker, der Bandsammelpunkt und die Kohleförderwege. Im Bereich Kohlebunker wurden Staubbindemaschinen installiert, die ganz feine Wassertropfen über weitere Strecken tragen und die Feinstaubpartikeln binden. Am Bandschleifwagen und Schaufelradaufnehmer sind Hochdruckbedüsungsanlagen eingerichtet und an den

Kohleübergabe- und Zugbeladungsstellen stehen zur Staubbekämpfung Staubnetze aus Gummi zur Verfügung. Im Bereich des Bandsammelpunktes schlagen die Feinstnebelkanonen und Regneranlagen feinen Staub nieder, hier erfolgt zudem eine intensive Gurtbandreinigung. Zur Feinstaubbekämpfung im Bereich von Kohleförderwegen werden Beregnerdüsen und Staubnetze an den Übergabestellen eingesetzt. Die Bedüsung des unteren Gurtes ermöglicht, angehaftete Partikel abzuspitzen und weitere Staubentwicklung zu mindern. (Bezirksregierung Köln, 2012) Der Grobstaub bleibt im Vergleich zum Feinstaub aufgrund seiner Größe und der damit verbundenen Sinkgeschwindigkeit der Partikel nicht lange in der Luft und setzt sich im Umfeld des Entstehungsortes ab. Der Staubniederschlag ist nicht atembar und nicht gefährlich für die Gesundheit. Die Grobstaubbelastung wird im Rheinischen Braunkohlerevier wird an insgesamt 75 Messstellen bestimmt, rund um den Tagebau Hambach existieren annähernd 30 Messstellen. Die rechtliche Grundlage für die Bestimmung der Grobstaubbelastung ist die Technische Anleitung zur Luftreinhaltung. In ihr ist den Grenzwert festgelegt, der bei $0,35 \text{ g/m}^2\text{d}$ liegt. (LANUV, 2018) Auf der Abbildung 13 ist der jährliche Staubniederschlag an den Messstellen im Umfeld des Tagebaus Hambach dargestellt, die Grenzwerte wurden in Zeitraum von 2008 bis 2017 sicher eingehalten.

Die Förderwege und Übergabestellen, Verkehr und Verkehrswege, Großgeräte zählen zu den Grobstauberzeugern. Obwohl Staubniederschlag über weitere Strecken nicht transportiert wird, werden an den Tagebaurändern Immissionsschutzdämme und Schutzstreifen aus Bäumen und Sträuchern gestaltet. Damit Staub auf den freilegenden Flächen nicht aufwirbelt wird, werden sie mit Kompost abgedeckt oder begrünt. Zur Staubminderung von Verkehr und Verkehrswegen erfolgt ein ständiges Anfeuchten von kiesigen Wegen und die Reinigung von befestigten Wegen mit Kehrmaschinen und Fahrzeugen nach der Betriebsgeländefahrt. Die Förderbänder auf der Gewinnungs- und Verkippsseite sind mit Immissionsschutz- und Feuerlöschsystemen ausgerüstet. Jede 400 m auf dem Kohleförderweg besprühen sie das abgebaute Material. Die Staubentwicklung an den Bandanlagen im Bereich von Antriebs- und Umlenkrollen wird auch ständig niedergeschlagen. Im Bereich der Kohleförderwege gibt es eine Vielzahl von Beregnerdüsen, besonders im Bereich der Kohlebunker bilden sie eine Regengalerie. Der Schaufelradbagger besitzt eine Hochdruckbedüsung, die direkt am

Schaufelrad den Staub bekämpft. (Bezirksregierung Arnsberg, 2016) (Bezirksregierung Köln, 2012)

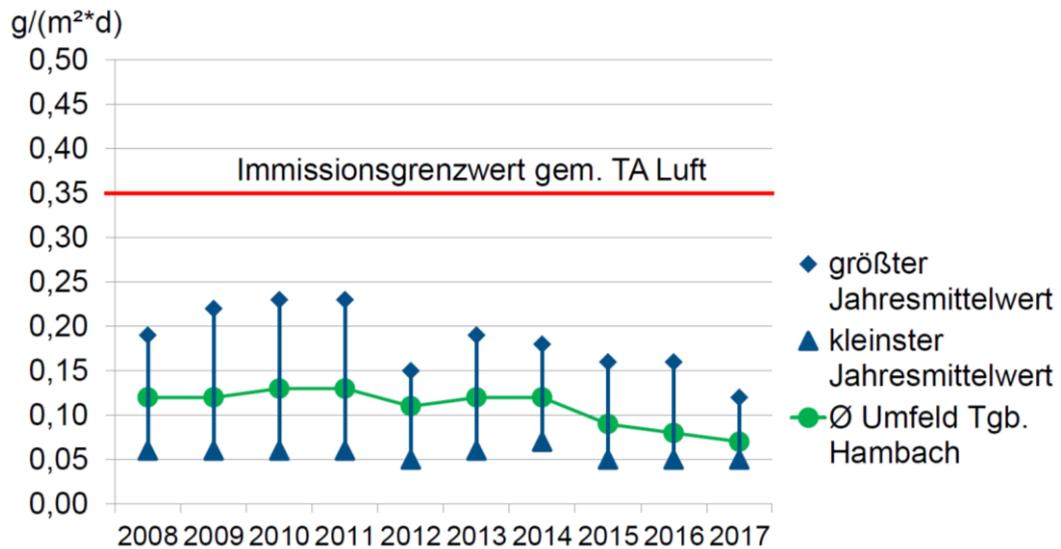


Abbildung 13. Die Grobstaubentwicklung des Tagebaues Hambach 2008-2017

Quelle: RWE Power AG

Durch den Bergbaubetrieb und auch die Witterungsverhältnisse kann die Grob- und Feinstaubbildung nicht auf null reduziert werden. Aber das Konzept von RWE Power hat sie trotzdem mit den getroffenen Maßnahmen so beeinflusst, dass in den letzten Jahren die Feinstaubbelastung von den Rheinischen Tagebauen um 30 % gesunken ist. Die Staubbekämpfung zählt heute zu den wichtigen Aufgaben im Betrieb. (RWE Power AG, 2018 a)

Der Lärm ist auch eine schädliche Umwelteinwirkung, der die Gesundheit gefährden kann. Nach § 22. BImSchG existieren keine Lärmgrenzwerte für die nicht genehmigungsbedürftige Anlagen wie Tagebaue. Die Technische Anleitung zum Schutz gegen Lärm ist für die Tagebaue nicht gültig, deswegen werden die Geräuschemissionen durch die bergbehördliche Richtlinie zum Immissionsschutz in NRW geregelt. In der Richtlinie sind die Schallleistungspegel für die Hauptquellen wie Großgeräte, Bandanlagen und die Antriebstationen festgelegt. Abhängig von der Leistung sind für die Großgeräte die Werte zwischen 116 -119 dB(A) einzuhalten, für die Antriebstationen zwischen 85 - 112 dB(A). Zur Geräuschminderung werden auch organisatorische Maßnahmen getroffen. Hierzu gehören nach Möglichkeit ein großer Abstand von Großgeräten zur Nachbarschaft besonders in der Nacht. Außerdem tragen technische Maßnahmen im Tagebau wie das Einkapseln vom Schaufelrad und den Elektromotoren

und Getrieben auf den Antriebsstationen zur Verringerung der Belastung bei. Dafür sind auch Bandanlagen mit ummantelten und lärmoptimierten Tragrollen im Einsatz. Auf der Verkippung am Nordrand stehen Lärmschutzwände, die den Schall des Betriebes für die Nachbarschaft geringhalten. Außerhalb der Betriebsflächen sind die bepflanzten Immissionsschutzdämme erstellt. Die Tagebaue streben an, diese Umwelteinwirkung möglichst zu vermeiden, indem der Stand der Technik verbessert wird und organisatorische und planerische Maßnahmen durchgeführt werden. (Bezirksregierung Arnsberg, 2016)

3.3.2. Oberflächen- und Grundwasser

Die über und unter der Kohle liegenden, wassergesättigten Schichten müssen vor der Gewinnung ganz entwässert werden. Das Grund- und Oberflächenwasser muss vom Tagebau ferngehalten werden, um die Tagebausicherheit und Abbauführung ermöglichen zu können. Der Großgeräteeinsatz ist vollständig von den Entwässerungsmaßnahmen abhängig, besonderes auf den Kohlesohlen, wo im Liegenden Wasserdruck abgebaut werden soll. Die Grundwasserabsenkung im Liegenden gewährleistet nicht nur die Standsicherheit von Böschungen und tragfähige Arbeitsebene, sondern verhindert auch das Eindringen von artesischem Wasser. Der entwässerte Abraum ist aufbaufähiger und sichert die Herstellung von standfesten Kippen. Die Entwässerung der Kohleschichten verringert ihren Wasseranteil und begünstigt den Heizwert. (Stoll, Niemann-Delius, Drebenstedt, & Müllensiefen, 2009)

Im Tagebau Hambach erfolgt die Entwässerung überwiegend durch Filterbrunnenbetrieb. Die Brunnen teilen in die Rand-, Feldes- und Sohlenbrunnen und werden alle gleichzeitig betrieben. (Abbildung 14) Die Feldesbrunnen pumpen sauberes, warmes Brunnenwasser bzw. Grundwasser im Vorfeld des Tagebaues. Wenn das Großgerät seine Arbeitsebene abbauen muss, wird erst der Brunnen außer Betrieb genommen und dann überbaggert. Nach dem kann er wieder in Betrieb gesetzt werden und schon als Sohlenbrunnen den Bereich für nächsten Bagger entwässern. Die Sohlenbrunnen halten die aktiven Arbeitsböschungen des Baggers trocken, werden bei Bedarf auch im Tagebau angebracht und in wassergesättigten Bereichen angetrieben.

Im Nordrand des Tagebaues sind die leistungsfähigen Brunnen im Einsatz, die bis 240 m³/min Wasser abführen können. Die Randriegelbrunnen sind meistens für eine lange Zeit abgeteuft und leiten auch sauberes Brunnenwasser ab.

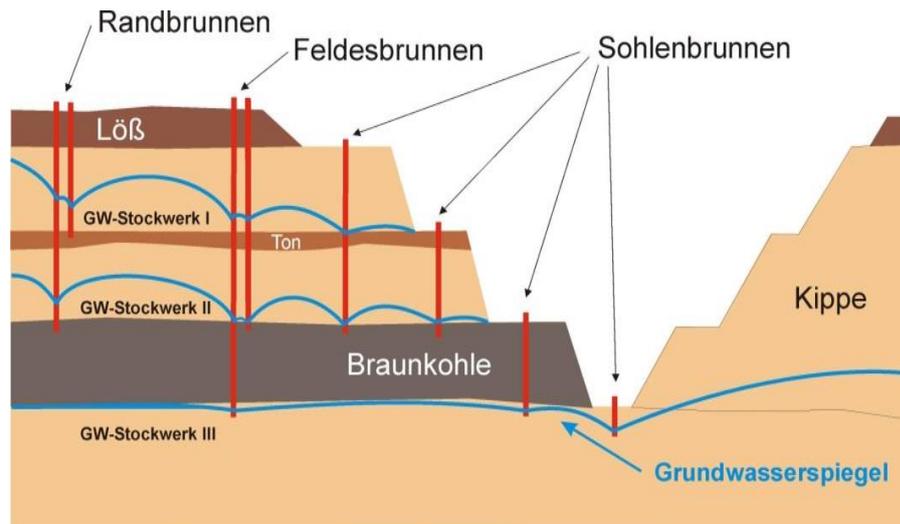


Abbildung 14. Brunnenarten

Quelle: RWE Power AG

Das Restwasser auf den obersten Sohlen wird durch Vakuumanlagen abgepumpt, die ungefähr 30 l/min Wasser aus der neuen Meter Tiefe schaffen. Auch die Gräben auf den Sohlen dienen zur Abführung des Restwassers.

Das abgepumpte Oberflächen- und Grundwasser wird zu den verschiedenen Wasserhaltungen abgeleitet. Zu den fliegenden Wasserhaltungen fließt Oberflächenwasser aus den Gräben, das zur stationären Wasserhaltung +12 West und +60 mittels Druckerhöhungsanlagen abgeführt wird, wo sich die Schmutzpartikel schon teilweise absetzen. Zur endgültigen Reinigung vom Eisen tritt Wasser in die Grubenwasserreinigungsanlage ein, wo durch Zugabe von Kalkmilch PH-Wert steigt und durch Lufteinblasen Eisen ausfällt. Dazu wird noch Flockungsmittel zugemischt, was Eisenpartikel schneller absetzen lässt. Aus den Absetzerbecken wird schon aufbereitetes Wasser in Erft abgeleitet. Die endgültige zulässige Konzentration von Eisen vor der Einleitung in den Fluss darf 5 mg/l nicht überschreiten.

Das aus dem Tagebau abgepumpte Grundwasser bzw. Brunnenwasser wird im Tagebau für Feuerlösch- und Immissionssystem und in den Kraftwerken als Kühlwasser eingesetzt. Das im nördlichen Tagebaubereich anfallende Brunnenwasser wird zur Erft abgeleitet, im südlichen Tagebaubereich in die Rur oder die Erft. Die Kraftwerke werden mit Brunnenwasser über die Finkelbach- und Wiebachleitung versorgt. Die Wiebachableitung gewährleistet eine direkte Wasserversorgung und leitet Wasser auch in den Rhein ab. Die Finkelbachleitung bringt Wasser über die Erft zu den Kraftwerken. Es muss vor der Einleitung in die Flüsse festgestellt werden, dass Gleichgewicht im Fluss nicht

gestört werden kann. Vor der Ableitung in die Erft muss das Wasser den Grenzwerten an Temperatur, Eisen- und Sauerstoffgehalt bestimmt werden. Die zulässige Temperatur darf 28 °C nicht überschreiten. Das abgeleitete Wasser ist arm an Sauerstoff, dafür wurde eine Anlage zur Sauerstoffanreicherung gebaut.

Die Grundwasserabsenkung im Tagebau Hambach hat ihre Auswirkungen auf Naturbestandteile im Revier. In den Bachtälern der Erft Scholle befinden sich meist infolge der Grundwasserabsenkung beschädigte Böden, die heute nur für Ackerbau geeignet sind. Die in der Erft Scholle vorhandene fruchtbare Lössböden wurden durch Sumpfung nicht beschädigt, so dass die Ertragsfähigkeit nicht gesunken ist und die Nutzung nicht abhält. Bisher haben die Wälder wegen der Grundwasserabsenkung keine Veränderungen und negative Einwirkungen getroffen. Die Sumpfung laut Rahmenbetriebsplan für Hambach 2020-2030 wird weiteres Wachstum nicht stören. Die im Umfeld des Tagebaues liegende und vom Grundwasser abhängige Seen, Teiche und Flüsse Rur und Erft werden durch Sumpfung nicht beeinflusst, da die Gewässer ständig betrachtet und erforderliche Maßnahmen ergriffen werden. Die auf der Erft Scholle und im Übergangsbereich Rur Scholle/Erft Scholle vorhandene grundwasserabhängige Feuchtgebiete werden und wurden nicht beeinträchtigt. (Landesoberbergamt Nordrhein-Westfalen, 1999) (RWE Power AG, 2014)

3.3.3. Vorfeldberäumung

Vor der Inanspruchnahme werden die Flächen abgesucht und beräumt, damit keine Fremdkörper den Gewinnung- und Verkippungsprozess beeinträchtigen. Im Vorfeld des Tagebaus Hambach liegen Gebäude, Straßen, Deponien und eine Schachtanlage. Vor dem Baggereintritt werden sie abgerissen, sicher entsorgt und verfüllt. Die Betriebsanlagen wie Brunnen, Leitungen, Bohrteiche werden rechtzeitig zurückgebaut. Zur Vorfeldfreimachung erfolgt die Rodung von Forstflächen, diese erfolgt entsprechend den geltenden Naturschutzgesetzen und dem von der Bezirksregierung Arnsberg genehmigten Hauptbetriebsplan bis zum Jahr 2020. (Stoll, Niemann-Delius, Drebenstedt, & Müllensiefen, 2009) Im Oktober 2018 hat Obergerverwaltungsgericht für das Land Nordrhein- Westfalen eine Entscheidung getroffen, dass der im Vorfeld des Tagebaues liegender Hambacher Forst nicht gerodet werden darf. Der Grund dafür war die Klage des BUND Landesverbandes Nordrhein-Westfalen über den genehmigten Hauptbetriebsplan 2018-2020 des Tagebaus Hambach. Die Klage wurde damit

argumentiert, dass der Hambacher Forst mit dem Bechsteinfledermausvorkommen ein Flora-Fauna-Habitat-Gebiet sein könnte und geschützt werden muss. Das Verbot wird so lange gültig, bis der Hauptbetriebsplan des Tagebaus Hambach nicht geprüft wird, bis dahin kann Kohle weiter gefördert werden. (Oberverwaltungsgericht für das Land Nordrhein-Westfalen, 2018)

Die Rodungsmaßnahmen wurden im Tagebau Hambach von Oktober bis Februar zugelassen. Die gefällten Holzstämme werden zur weiteren Verarbeitung übergeben. Nach dem Fällen wird das Vorfeld auf die Anwesenheit von Fremdkörpern wie Kampfmittel oder Metallstücke überprüft. Im Boden verbleibende Wurzeln und Stubben werden mit Hydraulikbaggern herausgeholt und mit Stubbenbaggern oder Hackern zerkleinert. Nach dem werden die Reste über das Vorfeld verteilt, überbaggert und auf der Verkippsseite für Rekultivierungszwecke verwendet. Nach der Durchsichtung des ganzen zukünftigen Abbaufeldes und Entfernung von Fremdkörpern wird sie erst zum Abbau freigegeben. (Stoll, Niemann-Delius, Drebenstedt, & Müllensiefen, 2009)

4 Grundlagen der Rekultivierung und des Artenschutzes

Die Rekultivierung der von Braunkohletagebauen in Anspruch genommenen Flächen ist eine Hauptaufgabe neben dem Gewinnungs- und Verkippsprozess. Unter Rekultivierung wird die „ordnungsgemäße Gestaltung der vom Bergbau in Anspruch genommenen Oberfläche unter Beachtung des öffentlichen Interesses (§ 4 Abs.4 BbergG)“ (Bezirksregierung Arnsberg, 2012) verstanden. Durch Landinanspruchnahme verschlechtern sich die Bodenqualität, das Wasserspeichervermögen und der –Transport des Bodens und somit verringert sich der Humus- und der Nährstoffgehalt. (Stoll, Niemann-Delius, Drebenstedt, & Müllensiefen, 2009) Das Ziel der Rekultivierung ist die Wiederherstellung von stabilen, naturnahen und nachhaltigen Landschaften. Diese werden in der Zukunft relevante Bestandteile der Natur, da sie an dem Nährstoff- und Wasserkreislauf und vielen anderen Prozessen beteiligt sind. (Bezirksregierung Arnsberg, 2012)

Zur Wiederherstellung natürlichen Böden müssen hochwertige und fruchtbare Bodensubstrate eingesetzt werden, die eine erfolgreiche Wiederverwendung gestörter Böden sichern können. Dafür werden erst die im Vorfeld anstehende Böden untersucht und festgestellt, ob ihr Einsatz für Wiedernutzbarmachungszwecke möglich ist. Die geeigneten, hochwertigen Bodensubstrate werden selektiv abgebaut, was die Erstellung homogener Deckschichten auf der Verkipfung ermöglicht. Die Substrate werden mit entsprechender Mächtigkeit aufgetragen und für die zukünftige Wiedernutzbarmachung und Bodenverbesserungsmaßnahmen auf der Verkipfung räumlich und qualitativ verteilt und geplant. Die Rekultivierung trägt nicht nur zum Neuaufbau und zur Ertragsfähigkeit abgebauter Flächen bei, sondern gestaltet auf den neuen Flächen die Erosions- und Wasserabführungssysteme und stellt die Sonderstandorte für Artenschutz her. (Drebenstedt & Kuyumcu, 2014) Bei der Wiedernutzbarmachung von Braunkohletagebauen sind grundsätzlich die landwirtschaftliche und forstwirtschaftliche Rekultivierung zu unterscheiden, sowie auch die Rekultivierung von Gewässern und die Erstellung von Sonderbiotopen.

Die Bodensubstrate müssen für die Wiedernutzbarmachung über passende Eigenschaften verfügen wie Porenvolumen, Korngröße oder Nährstoffgehalt. (Stoll, Niemann-Delius, Drebenstedt, & Müllensiefen, 2009) Die Substrate aus Quartär- und Tertiärzeitaltern bilden die Kippenkörper zukünftiger Flächen, diese weisen in der Regel einen geringen

Humusanteil und ein geringes Nährstoffspeichervermögen auf. Die sandigen Substrate – quartäre Terrassenschotter und Beckensande weisen eine gute Wasserleitfähigkeit auf und somit ein sehr geringes Wasserspeichervermögen. Die tertiären Substrate, wie marine und fluviatile Sande, verfügen auch über wenig Nährstoffe und ein schlechtes Wasserspeichervermögen. Die bindigen Substrate wie Tone und Schluffe können gut Wasser speichern, aber nicht abgeben. Die bindigen Substrate aus dem Quartär wie Löss und Lösslehm weisen einen hohen Nährstoffvorrat und Wasserkapazität auf und können die Wurzeln der zukünftigen Bepflanzung mit Wasser versorgen. (Drebenstedt & Kuyumcu, 2014) Als kulturfähiges Bodenmaterial und Deckschicht in den Rheinischen Braunkohlerevieren wird Löss eingesetzt.

4.1. Gestaltung der Rekultivierung und rechtliche Grundlagen

Als Grundlage der forst- und landwirtschaftlichen Rekultivierung für die Tagebaue im Rheinischen Braunkohlerevier gilt in erster Linie der Braunkohlenplan. Für den Tagebau Hambach ist der Teilplan 12/1-Hambach – des Gesamtplanes für das Rheinische Braunkohlgebiet - Abbau- und Außenkippenfläche des Braunkohletagebaues Hambach gültig. Der Braunkohlenplan wurde kurz vor dem Aufschluss des Tagebaues am 11. Mai 1977 erklärt und legt fest, wie die in Anspruch genommenen Flächen rekultiviert werden sollen. Von den in Summe rd. 8520 ha in Anspruch genommener Flächen sollen mindestens 1.000 ha landwirtschaftliche Flächen hergestellt werden, die maximale Restseegröße umfasst rd. 4.000 ha und alle anderen Flächen, somit alle anderen Flächen (3520 ha) sind hauptsächlich forstwirtschaftlich wiedernutzbarzumachen. (Landesregierung NRW, 1977)

Die Inanspruchnahme teilt sich auf 4.015 ha forstwirtschaftliche, 4.080 ha landwirtschaftliche und 425 ha sonstige Flächen auf (Siedlungen, Verkehrsflächen, Abgrabungen). Zum Ende des Jahres 2017 betrug der Anteil in Anspruch genommener Flächen rd. 5.938 ha. (Abbildung 15) Davon wurden bereits 1.557 ha Flächen rekultiviert, rd. 16 ha landwirtschaftlich und 1.541 ha forstwirtschaftlich. (RWE Power AG, 2018 d)

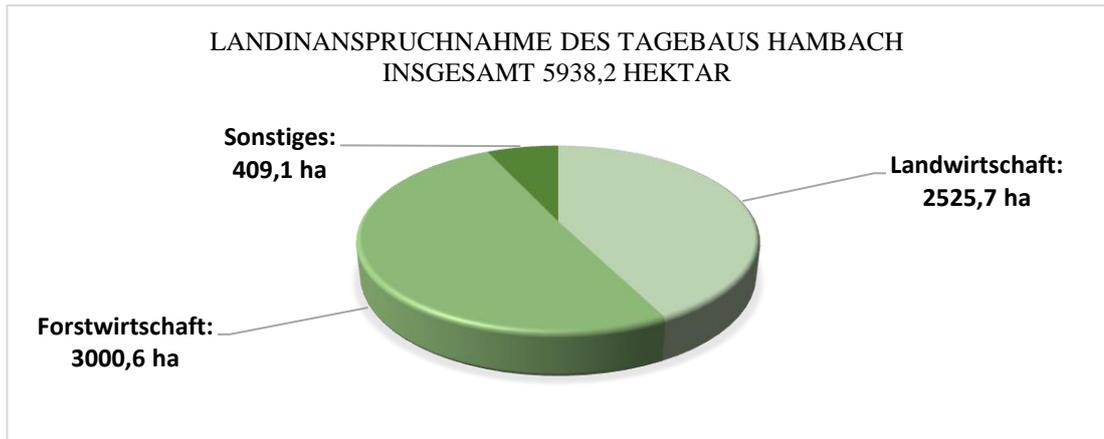


Abbildung 15. Auflaufende Landinanspruchnahme des Tagebaus Hambach und Wiedernutzbarmachung zum 31.12.2017 (eigene Darstellung)

Quelle: RWE Power AG

Die im Braunkohleplan Hambach festgelegte grundlegenden Anforderungen an die Wiedernutzbarmachung und Oberflächengestaltung werden in Rahmenbetriebsplan (RBP) übernommen. Hier sind die Flächenanteile für die land- und forstwirtschaftliche Rekultivierung für den jeweils geltenden Zeitraum des Betriebsplans festgelegt. Der Rahmenbetriebsplan stellt darüber hinaus den räumlichen Rahmen für den Abschlussbetriebsplan (ABP) dar, in dem dargestellt ist, wie die Landwirtschafts- und Forstflächen zu gestalten und wiedernutzbarzumachen sind. Derzeit gilt für die Rekultivierung der 2. Rahmenbetriebsplan für die Fortführung des Tagebaues Hambach von 1996 bis 2020, mit dem bis 2020 verlängerten Abschlussbetriebsplan für den Zeitraum 1993-2015 (sachlicher Teil I). Die Oberflächenentwässerung und Gewässergestaltung auf der überhöhten Innenkippe wird für diesen Zeitraum im Tagebau Hambach durch den sachlichen Teil II des ABP geregelt.

Die erforderliche Materialbeschaffenheit und -qualität, das Aufbringen und die Behandlung bei der forst- und landwirtschaftlichen Rekultivierung geben die bergbehördlichen Richtlinien der Bezirksregierung Arnsberg in Nordrhein-Westfalen vor. Diese beachten das Bundesberggesetz (BBergG), das Landesplanungsgesetz (LPIG) und das Landschaftsgesetz (LG), die die grundlegenden Anforderungen an die Wiedernutzbarmachung in den Braunkohletagebauen darstellen. Die Richtlinien wurden in Zusammenarbeit mit den Vertretern der RWE Power AG, der Landwirtschaftskammer NRW, des Geologischen Dienstes NRW und der Bezirksregierung Arnsberg festgelegt und vielfach überarbeitet. (Bezirksregierung Arnsberg, 2012)

4.1.1. Landwirtschaftliche Rekultivierung

Das Ziel der landwirtschaftlichen Rekultivierung ist ertragreiche und landwirtschaftlich nutzbare Böden herzustellen. Bei der Wiedernutzbarmachung von landwirtschaftlichen Flächen wird „Die bergbehördliche Richtlinien für die landwirtschaftliche Rekultivierung von Braunkohletagebauen“ vom 31.07.2012 beachtet. (Bezirksregierung Arnsberg, 2012) In der Richtlinie sind die Kriterien für die zu verwendenden Böden bei der Wiederherstellung der landwirtschaftlichen Flächen und der Rohkippe festgelegt. Als oberste Schicht soll ein hochwertiges Bodensubstrat wie Löss oder Lösslehm aufgetragen werden, dessen Mächtigkeit mindestens bei 2 m liegen soll. Bevor die hochwertige Bodenschicht aufgebracht wird, muss der so genannte „Unterbau“ gestaltet werden. Hierbei müssen die obersten 2 m des gekippten Unterbaus aus wasserdurchlässigen Materialien wie Sand und Kies hergestellt werden, um eine Vernässung des darüber liegenden hochwertigen Substrats zu verhindern. (Bezirksregierung Arnsberg, 2012) Im ABP ist darüber hinaus festgelegt, die landwirtschaftlichen Flächen mit einem Gefälle von 1:67 nach Südwesten in gleicher Höhe mit dem unverritzten Gelände herzustellen, um die Entwässerung und Wasserabführung auf dem Körper gewährleisten zu können. (Rheinbraun, 1992) (Drebenstedt & Kuyumcu, 2014)

Die von der Richtlinie bestimmten Kriterien zur Bodenauswahl werden auf der Gewinnungsseite bereits in der Abbauplanung sowie im Geräteinsatzplan berücksichtigt und im Betrieb vom Baggerführer beim Gewinnen kontrolliert. Der selektive Abbau vom Löss vermeidet die Vermengung des hochwertigen Materials mit Kies, Sand oder nassen Substraten. (Stoll, Niemann-Delius, Drebenstedt, & Müllensiefen, 2009) Der Sand- und Kiesgehalt verschlechtert die Qualität des Lösses und sein Speichervermögen, deswegen ist auf den Einsatz von kiesigem und sandigem Lösses für landwirtschaftliche Rekultivierungszwecke zu verzichten. (Drebenstedt & Kuyumcu, 2014) Der Löss oder Lösslehm wird im regulären Verkippungsbetrieb direkt von der Gewinnungsseite über die Förderbandanlagen transportiert und mit dem Absetzer unmittelbar aufgebracht. Der Absetzer muss das Material so kippen, dass keine hohen Rippen entstehen, um nachträgliche Planierarbeiten zu minimieren und auszuschließen, dass der Boden eine unnötige und schädliche Bodenverdichtung erfährt. Die Aufbringung des Lößbodens kann aber auch durch andere Verfahren wie z. B. Zugbetrieb zur Rekultivierung erfolgen. Nach dem Auftrag des Lösses mit vorgegebener Mächtigkeit kann die Oberfläche planiert

werden. Zur Verhinderung von Bodenverdichtungen sollen Planiertrauben mit geringer Gesamtmasse und Bodendruck eingesetzt werden. Da die geebneten Flächen der Erosionsgefahr ausgesetzt sind, werden sie mit einer Neigung von höchstens 1,5 % hergestellt und in Abschnitte geteilt. (Bezirksregierung Arnsberg, 2012) Die Flächen werden mit Haupt- und Wirtschaftswegen und Entwässerungssystemen gestaltet und durch lineare und punktuelle Bepflanzung unterteilt. (Rheinbraun, 1992)

Im Tagebau Hambach kann die Herstellung der landwirtschaftlichen Flächen wegen der ungeeigneten Lössqualität und zu geringer Menge im Vorfeld des Tagebaues nicht im regulären Gewinnungs- und Verkipfungsbetrieb erfolgen. Aus diesem Grund erfolgt seit 2018 eine Lössversorgung mittels Eisenbahn aus dem Tagebau Garzweiler. Mit dem im Jahr 2016 zugelassenem Sonderbetriebsplan wurde ein Zwischenlager (u.a. Lösskipplage und Lössbunker) aufgebaut. Seit Mai 2018 wird Löss im Sonderbetrieb durch einen Unternehmer mit Muldenkippern zu den geplanten Rekultivierungsflächen gebracht und mittels Hydraulikbagger aufgebracht. (RWE Power AG, 2018 b) Bis einschließlich Oktober 2018 wurden so bereits rd. 6,5 ha landwirtschaftliche Flächen hergestellt. Die grundsätzlichen Anforderungen der landwirtschaftlichen Rekultivierungsrichtlinie werden auch hier vollständig eingehalten.

Die Flächen werden innerhalb von sieben Jahren hintereinander zwischenbewirtschaftet, bevor sie an die Landwirtschaft abgegeben werden. Die Fachabteilung von RWE baut die ersten drei Jahre Luzerne (eine Pflanzenart mit tiefen Wurzeln) an, um den Boden mit Stickstoff anzureichen und zur Humusbildung beizutragen. Die nächsten vier Jahre wird der Boden mit Getreide angepflanzt, dessen Wachstum die Bodenertragsfähigkeit erhöht. (Eßer, 2017)

4.1.2. Forstwirtschaftliche Rekultivierung

Das Abbaufeld des Tagebaues Hambach ist hauptsächlich von forstwirtschaftlichen Flächen geprägt, die als „Bürgewälder“ bezeichnet werden. Die in Anspruch genommenen Flächen sind nach dem Braunkohlenplan überwiegend forstwirtschaftlich zu rekultivieren und nach den Anforderungen der „Richtlinien des Landesoberbergamtes für das Aufbringen von kulturfähigem Bodenmaterial bei forstlicher Wiedernutzbarmachung für die im Tagebau betriebenen Braunkohlenbergwerke“ zu gestalten. Somit ist das Ziel der forstwirtschaftlichen Rekultivierung möglichst naturnahe und nachhaltige Waldstandorte herzustellen, die als Lebensräume für die Tier- und

Pflanzenarten dienen können. (Landesoberbergamt NRW, 1996) (Landesregierung NRW, 1977)

In der forstwirtschaftlichen Rekultivierung wird auch hochwertiger Boden wie Löss oder Lösslehm eingesetzt, aber gemischt mit kiesig-sandigen Substraten - diese Mischung wird „Forstkies“ genannt. Vor dem Forstkiesauftrag erfolgt die Verkipfung eines Unterbaus, dessen oberste 1-2 m aus wasserdurchlässigem Material wie Kies und Sand bestehen sollen. Beim Auftrag des Forstkieses sind zwei verschiedenen Anwendungsvarianten zu unterscheiden: bei söhlichen Flächen erfolgt ein Auftrag von 3 m mächtigen Schicht mit einem Lössanteil von 40 %, bei geneigten Bereichen beträgt die Mächtigkeit des Forstkieses 4 m mit einem Lössanteil von 25 %. (RWE Power AG, 2005) Bei der abschließenden Oberflächenbearbeitung soll nach Vorgabe der Richtlinie nur mit Hilfsgeräten mit geringem Bodendruck planiert werden, wodurch schädliche Bodenverdichtungen vermindert werden. Grundsätzlich wird auf das Planieren der Forstkiesflächen weitgehend verzichtet. Die Flächen werden nach dem Verkippen „abgeschleppt“. Hierbei werden zwei parallel arbeitende Planierdrauen eingesetzt, die eine schwere Rundstahlkette über den Boden ziehen und somit eine gewisse Egalisierung der Oberfläche erzeugen. Gleichzeitig werden in diesem Arbeitsgang die erforderlichen Rückegassen für die spätere, forstwirtschaftliche Nutzung der Wälder erstellt. (Landesoberbergamt NRW, 1996) Zur Schaffung des natürlichen Reliefs werden die Forstflächen überwiegend mit Böschungen mit unterschiedlicher Neigung von 1:3,5 bis 1:10 gestaltet. (Landesoberbergamt NRW, 1996) (Rheinbraun, 1992)

Die Forstflächen werden je nach Vorgabe der Oberflächengestaltung mit Entwässerungs- und Wegesystemen ausgestattet. (RWE Power AG, 2011 a) Letztendlich erfolgt die Anpflanzung mit den Gehölzen möglichst natürlicher und regionaler Vegetation wie Traubeneiche, Hainbuche, Stieleiche, Winterlinde, Wildobstsorte usw. (Abbildung 16), wodurch auch die Erosion und das Ausspülen von frisch gekippten Flächen vermieden werden kann. (Landesregierung NRW, 1977) (Landesoberbergamt NRW, 1996)

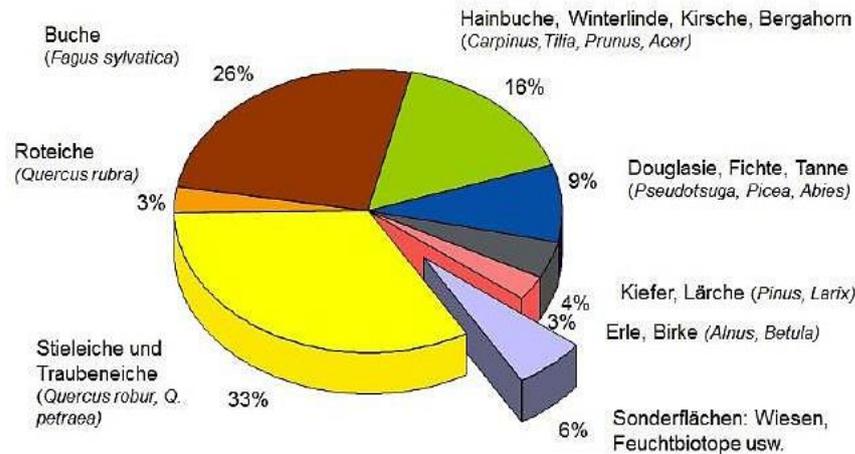


Abbildung 16. Baumartenverteilung in der Rekultivierung

Quelle: Forschungsstelle Rekultivierung

Zur Schaffung der Vielfalt im Wald werden neben Gehölzen der natürlichen Vegetation auch Baum- und Straucharten wie Walnuss, Mehlbeere und Nadelgehölzen wie Waldkiefer oder Douglasie (Anteil zwischen 5 und 10%) angepflanzt. Der Einsatz der oben genannten Gehölzarten sichert die Bildung von Eichen-Buchen-Wäldern, die als Lebensraum für viele Arten dienen und zur Erhöhung der Artenvielfalt beitragen werden. (RWE Power AG, 2011 a)

4.2. Artenschutzrechtliche Grundlagen

Bei der Gestaltung von land- und forstwirtschaftlichen Flächen werden zur Förderung bzw. Erhöhung ihrer ökologischen Funktion artenschutzrelevante Aspekte berücksichtigt. Im Abschlussbetriebsplan des Tagebaus Hambach ist festgelegt, dass ökologisch wertvolle Biotopstrukturen und Sonderstandorte zum Artenschutz bei der Rekultivierung vorzusehen sind. (Rheinbraun, 1992) Durch ihr Anlegen werden Lebensräume für die Tier- und Pflanzenarten erhalten, die durch die Tagebauerweiterung verdrängt wurden. Bei der forstwirtschaftlichen Rekultivierung ermöglicht das Aufbringen von unterschiedlichen Böden und verschiedener Strukturen die Herstellung von Sonderbiotopen. Besonders relevant ist beispielsweise das Anlegen von Gewässern als ausgebildete Mulde, die nicht nur zur Wasserabführung dienen und sondern aufgrund ihrer unterschiedlichen Gestaltung wichtige Lebensräume für wasserabhängige Tier- und Pflanzenarten repräsentieren. Durch die Gestaltung von z. B. Wiesen und Sukzessionsflächen vermehrt sich die Anzahl von ökologisch wertvollen Lebensräumen in neu hergestellten Flächen. Zur Erhöhung der Artenvielfalt werden auch weitere

Biotopstrukturen wie Steinhaufen für Reptilien und Tothölzer für Insekten angelegt. (RWE Power AG, 2011 a) (Rheinbraun, 1992)

In der landwirtschaftlichen Rekultivierung werden neue Lebensräume für Tiere durch die Anpflanzung von Kraut- und Blühstreifen sowie Gehölzstreifen geschaffen. (RWE Power AG, 2011 a) (Rheinbraun, 1992)

4.2.1. Sonderbetriebsplan Artenschutz

Für die Fortführung des Tagebaus Hambach gemäß dem 2. Rahmenbetriebsplan wurde ein Sonderbetriebsplan betreffend artenschutzrechtliche Belange erstellt (zur Erfüllung der Nebenbestimmung aus der Zulassung des 2. RBP). Im Sonderbetriebsplan werden artenschutzrechtliche Betroffenheiten geprüft und ein Schutzmaßnahmenkonzept zur Vermeidung und zum Ausgleich möglicher Einflüsse durch die Abbautätigkeit entwickelt.

Für die Prüfung von möglichen, entstehenden Konflikten mit schutzrelevanten Arten durch die Abbautätigkeit gilt als rechtliche Grundlage das Bundesnaturschutzgesetz (BNatSchG). Laut dem §44 Abs.1 Nr.1 besteht ein Töten- und Verletzungsverbot von artenschutzrelevanten Tierarten und ihrer Entwicklungsstufen. Sofern Verstöße gegen dieses Verbot durch den Tagebaubetrieb nicht vollständig auszuschließen sind, werden zunächst Maßnahmen zur Vermeidung ergriffen. Darüber hinaus besteht ein Verbot nach Abs.1 Nr.3, „Fortpflanzungs- oder Ruhestätten der wildlebenden Tiere der besonders geschützten Arten aus der Natur zu entnehmen, zu beschädigen oder zu zerstören“ (Bundesministerium der Justiz und Verbraucherschutz, 2009). Falls trotz der o. g. Vermeidungsmaßnahmen die Betroffenheit nicht ausgeschlossen werden kann, sind dafür die Ansprüche nach §§ 44 Abs. 5 BNatSchG zu erfüllen. Demnach besteht erst dann kein Verbot zur Inanspruchnahme von Fortpflanzungs- oder Ruhestätten, wenn die ökologische Funktion der in Anspruch zu nehmenden Lebensräume in erreichbarer Nähe vor der Landinanspruchnahme oder vor dem Zugriff in Ausgleichsflächen geschaffen wird. (Bundesministerium der Justiz und Verbraucherschutz, 2009) Dafür werden funktionserhaltende und sogenannte Ausgleichmaßnahmen durchgeführt, die auf einen Ausgleich der Beeinträchtigung oder Kompensation und somit auf die Erhaltung der Lebensraumfunktion abzielen. Falls ein Verstoß gegen die Verbote trotz Vermeidungs- und Ausgleichsmaßnahmen nicht auszuschließen ist, kann eine Ausnahme nach § 45 Abs. 7 BNatSchG beantragt werden. (KÖLNER BÜRO für FAUNISTIK; INSTITUT FÜR

TIERÖKOLOGIE UND NATURBILDUNG, 2011) (Bundesministerium der Justiz und Verbraucherschutz, 2009)

Aus dieser Prüfung wurde ein Schutzmaßnahmenkonzept erstellt, das die detailliert beschriebenen zu realisierenden Maßnahmen für jede im Rahmen der artenschutzrechtlichen Prüfung betroffene Art umfasst und zeitlich und räumlich konkretisiert sind:

1. Die Vermeidungsmaßnahmen (im engeren Sinne), „diese Maßnahmen zielen darauf ab, bestimmte artenschutzrechtliche Verbotstatbestände durch zeitliche oder räumliche Beschränkungen von Eingriffen zu vermeiden“ (KÖLNER BÜRO für FAUNISTIK; INSTITUT FÜR TIERÖKOLOGIE UND NATURBILDUNG, 2011),
2. Die Verminderungsmaßnahmen, sind auf Geringhaltung von Licht- und Lärmstörungen gezielt,
3. Die vorgezogene Ausgleichsmaßnahmen (die Vermeidungsmaßnahmen im weiteren Sinne), sind auf den Ausgleich der möglichen Einflüsse abgezielt, d.h. im Rahmen dieser Maßnahme sollen die äquivalenten Ausweichlebensräume für die betroffenen Arten rechtzeitig (vor der Wirkung der möglichen Einflüsse) geschaffen werden. (RWE Power AG, 2011)

Die geplanten Maßnahmen sind im Wesentlichen auf die Flächen bzw. potentiellen Ausweichlebensräume außerhalb des Tagebaues orientiert. Somit verfolgen die geplanten Maßnahmen größtenteils das Ziel die bereits vorhandenen Ausweichlebensräume zu optimieren und zu erhalten. Daneben werden Vermeidungsmaßnahmen beschrieben, die auf die Verhinderung einer nachteiligen Wirkung von existierenden Lebensräumen abzielen. (RWE Power AG, 2011 b)

4.2.2. Biodiversitätsstrategie

Unter Biodiversität wird im Allgemeinen „die Anzahl an Arten in einem bestimmten Gebiet“ verstanden (RWE Power AG, Raskin, 2015). Diese wird durch die Landinanspruchnahme von Tagebauen und der späteren Rekultivierung deutlich beeinflusst. Zur Biodiversitätsförderung hat RWE im Jahr 2015 eine Biodiversitäts-Richtlinie verabschiedet, für die sich das Unternehmen selbst verpflichtet hat. Die Richtlinie enthält die Grundprinzipien, wie das Unternehmen Biodiversität integrieren und gestalten kann. Sie dient mit den Verbesserungsvorschlägen der

Weltnaturschutzunion (International Union for the Conservation of Nature) als Basis zur Entwicklung bzw. Konzipierung einer Biodiversitätsstrategie für die Rekultivierung im Rheinischen Braunkohlerevier. Das Ziel der Biodiversitätsstrategie ist, den Verlust der Artenvielfalt zu verhindern und zu ihrer Erhaltung und Vermehrung beizutragen. (RWE Power AG, raskin, 2015)

Der Aufschluss des Tagebaues stellt zwar einerseits eine negative Auswirkung auf die Biodiversität dar, kann aber andererseits auch einen Zugewinn der Biodiversität in der Rekultivierung durch die Herstellung nachhaltiger Landschaften und Sonderstandorte bewirken. Durch diese Strukturen steigt und verbessert sich das Lebensraumangebot für Tier- und Pflanzenarten, die Anzahl der ökologisch wertvollen Habitate und Möglichkeit, seltene Arten zu fördern. Die Entwicklung und Realisierung der Biodiversitätsstrategie für die Rekultivierung trägt dazu bei, dass die Artenvielfalt in neuen hergestellten Standorten bzw. Landschaften erhalten und erhöht wird. (RWE Power AG, raskin, 2015)

Bei der Konzipierung einer Biodiversitätsstrategie für die Rekultivierung wurden regionale und landesweite Biodiversitätsziele berücksichtigt, Chancen der Biodiversität ausgewertet und die Monitoringsmöglichkeiten vorgegeben. Dafür werden erst die Ziele und Aufgabe aller Handlungsfelder (Abbildung 17) bestimmt, aus den zehn Biodiversitätsleitzielen für die Rekultivierung formuliert wurden.

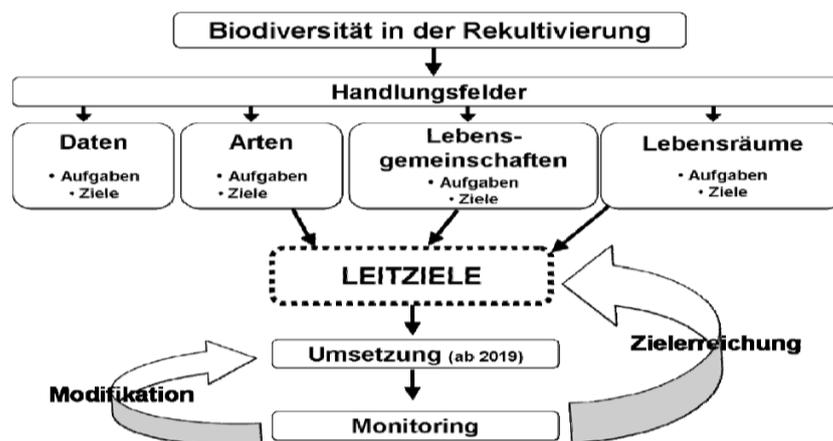


Abbildung 17. Ablaufschema für die Entwicklung von Biodiversitätszielen in der Rekultivierung und die Überprüfung der Zielerreichung.

Quelle: RWE Power AG

Leitzielen bzw. Leitstrukturen der Strategie sind u.a. die Entwicklung naturnaher oder gleichwertiger Wälder sowie von Fließ- und Stillgewässern, die Schaffung von trockenen, feuchten und nährstoffreichen Standorten, die Herstellung artenreicher Strukturen in den

landwirtschaftlichen Flächen, die Planung des Restsees mit Berücksichtigung der Biodiversität. Darüber hinausgehört die Förderung von besonders schutzwürdigen Arten, wie Grauwammer und Steinschmätzer, zu den Zielen der Strategie. Hier übernimmt RWE aus ökologischen Gründen besondere Verantwortung und stellt fehlenden Lebensräumen bzw. Biotope her. In näherer Zukunft werden die konkreten Maßnahmen für die einzelnen Leitziele in räumlichen und zeitlichen Plänen erarbeitet, die dann möglichst kurzfristig umgesetzt werden. Durch ein entsprechendes Monitoringssystem wird die Zielerreichung geprüft und gegebenenfalls Ziele und deren Umsetzung modifiziert. (RWE Power AG, raskin, 2015)

5 Untersuchung zur Anpassung der Planungsschritte durch Berücksichtigung artenschutzrelevante Aspekte

Im Hinblick auf artenschutzrelevante Sachverhalte erfolgen Festlegungen (Selbstverpflichtungen oder Vorgaben durch die Genehmigungsbehörde als Nebenbestimmung) in verschiedenen Genehmigungsverfahren mit unterschiedlicher räumlicher und zeitlicher Wirksamkeit und hiermit zusammenhängender Detailierungstiefe. Im Einzelnen sind folgende Verfahren zu nennen (Abbildung 19):

- Braunkohleplan, grundlegende Rahmenbedingungen für das Vorhaben, i. W. Vorgabe der Flächengrößen nach Nutzungsarten;
- Rahmenbetriebsplan, die Grundlage für den Abschluss- und Hauptbetriebsplan; Vorgaben der Flächengrößen für einzelnen Rekultivierungsarten für gesamte Geltungsdauer;
- Abschlussbetriebsplan, die Grundlage für Geräteinsatzplanung; Vorgaben zur Oberflächengestaltung und Wiedernutzbarmachung für den Zeitraum von geltenden Rahmenbetriebsplan;
- Artenschutzrechtlicher Sonderbetriebsplan (Nebenbestimmung bei der Zulassung des Rahmenbetriebsplanes), Vorgaben für den Abschlussbetriebsplan; Maßnahmen zum Artenschutz innerhalb Tagebaus (in der Rekultivierung), großenteils aber außerhalb Tagebaus.

Die gültigen Anforderungen bzw. Vorgaben aus den Verfahren (außer artenschutzrechtlicher Sonderbetriebsplan) werden durch die jeweils zuständigen Planungsbereiche in die Planunterlagen übernommen. Vor der Realisierung wird im Mittelfristplan, der die nächsten fünf Jahren der Unternehmensentwicklung betrachtet, eine Prognose der zukünftigen Geländehöhen durchgeführt. Die Prognose ist erforderlich, da die gekippten Flächen sich abhängig von Materialeigenschaften mit der Zeit setzen. Davon ausgehend werden die Kippen auf 1,5% höher hergestellt, damit die endgültige Höhe entsprechend dem ABP in der Zukunft sichergestellt wird. Die Zusammenführung aller Informationen erfolgt im Geräteinsatzplan. Im Rahmen der Einsatzplanung werden schon die vorgesehenen Wege, Sonderstrukturen, Oberflächenentwässerungssysteme sowie ihre Abmessungen dargestellt. Für jeden Flächenabschnitt wird ein Verkippungsplan (Geräteinsatzplan auf der Kippe) rund 2-4 Monate vor dem Einsatz

entwickelt und vom Operativ-Betrieb als Grundlage für die Materialsteuerung sowohl als Papiausdruck als auch für die GPS-gestützte elektronisch Geräteführerhilfe genutzt. Auf dem Plan ist abhängig von der Rekultivierungsart detailliert dargestellt, wie viel Material für diesen Rekultivierungsabschnitt gekippt werden muss, welcher Lössanteil erforderlich ist und wie sich die Höhen darstellen.

Die Vorgaben aus dem artenschutzrechtlichen Sonderbetriebsplan werden bei der Tagebauplanung noch nicht systematisch berücksichtigt. Die weiteren Maßnahmen zur Wiederherstellung der Lebensraumfunktionen betroffenen Arten sind für die Rekultivierungsgestaltung zu berücksichtigen:

- Anlegen von Gewässern nach Ansprüchen wassergebundenen Arten,
- Herstellung von Biotopkomplexen als Ausweichlebensräume (RWE Power AG, 2011 b).

Zur Steigerung der Wirksamkeit für den Artenschutz wurde unternehmensseitig geprüft, wie es mit geringfügigen Ergänzungen und Anpassungen sowie einhergehend mit geringem monetärem Aufwand als freiwillige Ergänzung durchgeführt werden kann, da die Realisierung der erforderlichen Rekultivierungsmaßnahmen aufgrund der Vorgaben o.g. Verfahren bereits erheblichen Aufwand verursacht. Die ersten Ansätze wurden in der Biodiversitätsstrategie zusammengefasst, die aber noch nicht von den Planungsbereichen übernommen werden.

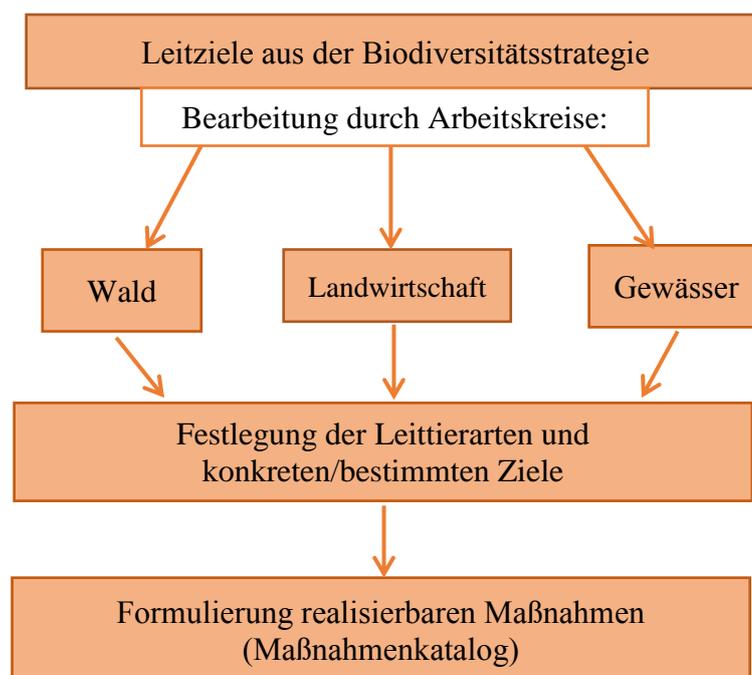


Abbildung 18. Erarbeitungsschritte der Biodiversitätsstrategie (eigene Darstellung)

Zur Weiterentwicklung der Leitziele der Biodiversitätsstrategie ist eine Projektstruktur gemäß Abbildung **18** eingeführt worden. Die Leitziele werden in die entsprechenden Arbeitskreise verteilt, jede Gruppe arbeitet an einer Rekultivierungsart und legt ausgehend von allgemeinen Leitziele zunächst Leitarten fest, für die bestimmte Ziele bzw. Ansprüche ausgearbeitet werden. Aus den Zielen resultierend werden die konkreten Maßnahmen in der Rekultivierung formuliert, wodurch ein Maßnahmenkatalog zur Umsetzung entsteht.

Zur Erreichung einer qualitativen und biodiversen Rekultivierung müssen die Belange aus der freiwilligen Biodiversitätsstrategie und aus dem verpflichteten artenschutzrechtlichen Sonderbetriebsplan (nur innerhalb des Tagebaus) in die Planungsebene im Tagebau so eingeführt werden, dass die Voraussetzungen für die Artenvielfalt und -schutz direkt mit der Rekultivierung geschaffen werden können.

bildet Grundlage mit Fokus „Technik“

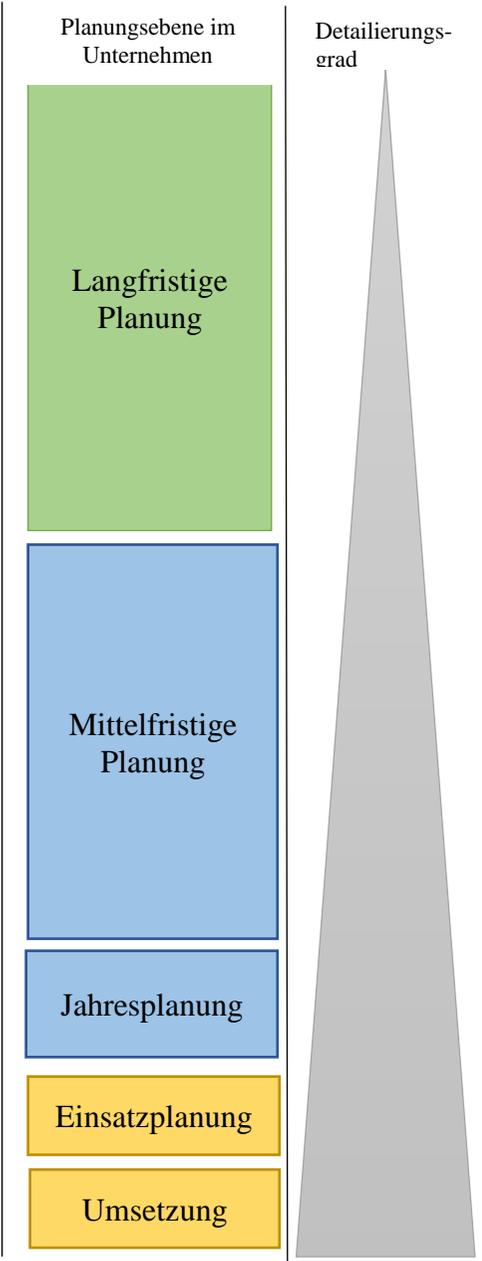
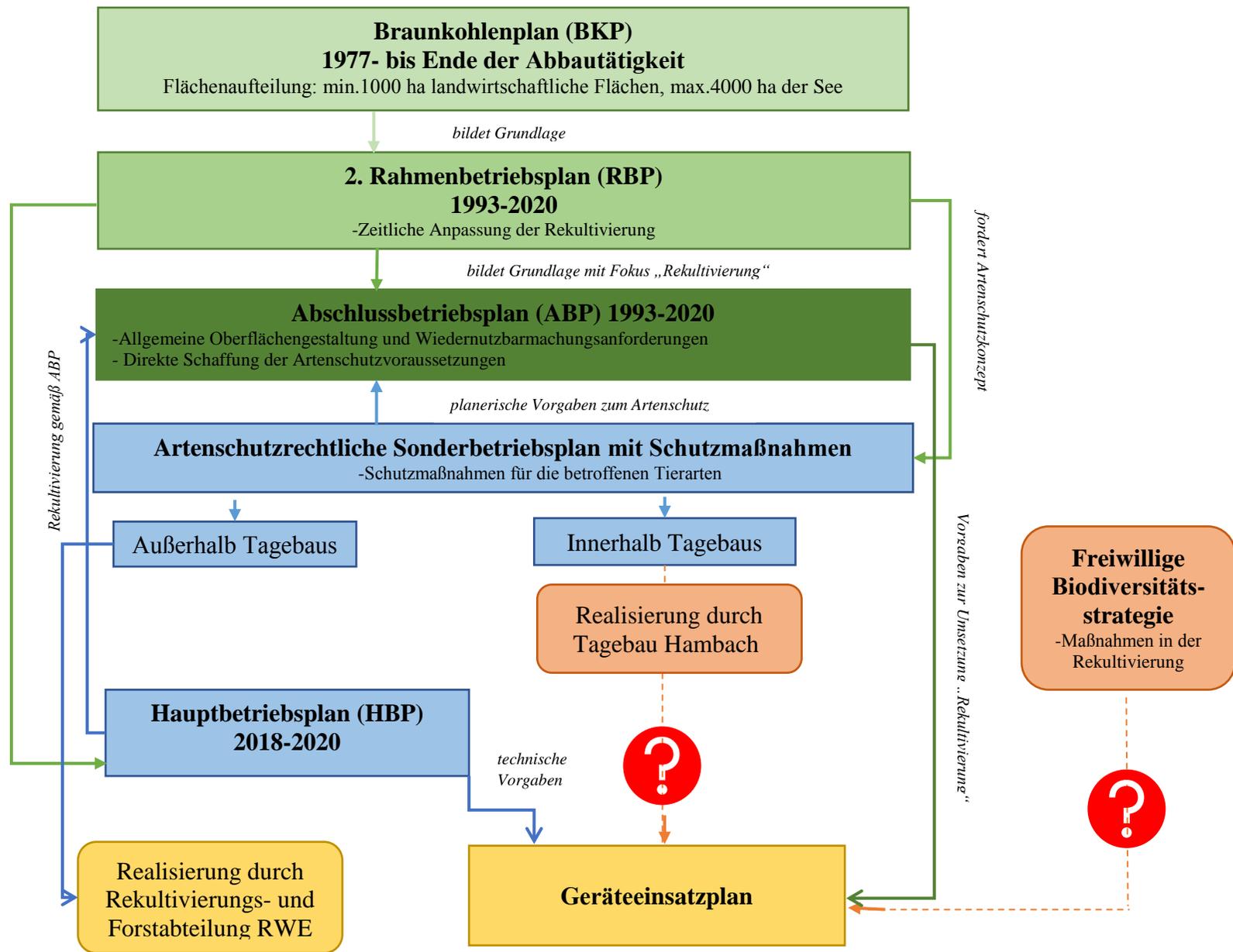


Abbildung 19. Ist-Zustand der Planungsschritte im Tagebau Hambach mit Problemstellung (eigene Darstellung)

Zur Prüfung und Bewertung der Schwerpunkte der Biodiversitätsstrategie und des Artenschutzkonzeptes in der Rekultivierung ist **ein Forum** (auf der Abbildung **20** als **1.Forum** bezeichnet) festzulegen. Die Teilnehmer des Forums sind Vertreter der drei Arbeitskreise, Vertreter der zuständigen Planungsbereiche (langfristige/mittelfristige Planung, Jahres- und Geräteinsatzplanung) sowie des Betriebs (Vertreten durch den Rekultivierungsbeauftragten im Tagebau).

Das Ziel des Forums ist die Bewertung und Abstimmung der in den Arbeitskreisen erstellen Maßnahmen unter Berücksichtigung des Artenschutzkonzeptes und der Biodiversitätsstrategie sowie die Planung der Umsetzung der Maßnahmen. Hieraus resultiert ein final abgestimmter Maßnahmenkatalog mit Zeit-, Kosten- und Aufgabenplänen sowie eine abgeleitete Budgetplanung.

Die Planungsprozesse im Unternehmen sind an bestimmte Zeitpunkte fixiert, so wird z.B. die technische Mittelfristplanung im Januar und die kaufmännische Mittelfristplanung im April begonnen. Daher ist es sinnvoll, dieses Forum mit den existierenden Planungsprozessen und Zeitplänen zu verknüpfen bzw. einzubetten. Darüber hinaus ist es zielführend, die umzusetzenden Maßnahmen anhand des Rekultivierungsfortschritts zu bewerten und danach die Budgetplanung im Mittelfristzeitraum anzupassen.

Dieses Forum ist mindestens jährlich im Februar, bedarfsabhängig ein zweites Mal im September zu organisieren.

Die Umsetzung der Einzelmaßnahmen aus dem Maßnahmenkatalog erfolgt dann je nach Art bzw. Umfang und Vorlauf der Maßnahme über die verschiedenen Planungshorizonte:

- 1. Umsetzung über langfristige Planung**

Hier können die allgemeine Artenschutzkonzept- und Biodiversitätsstrategiebelange aus dem Maßnahmenkatalog mit mittel- bis langfristiger Wirkung inhaltlich im Abschlussbetriebsplane aufgenommen werden und die zukünftige Flächengestaltung vorgeben. Somit bilden die Schwerpunkte eine Grundlage für die Erstellung des nächsten Abschlussbetriebsplanes oder ggf. auch einer Änderung des bereits geltenden. Die Umsetzung erfolgt somit wie bereits heute gesteuert über die Gerätereinsatzplanung.

2. Umsetzung über Jahresplanung/ Geräteinsatzplanung bzw. direkte Umsetzung
Die Maßnahmen des Kataloges, die im kurzfristigem Planungszeitraum realisiert werden können, können direkt innerbetrieblich über die Jahresplanung oder Geräteinsatzplanung eingesteuert werden. Wofür ein Forum (auf der Abbildung **20** als **2.Forum** bezeichnet) mit Rekultivierungsbeauftragten, Vertretern der Tagebauplanung (Geräteinsatzplanung), Ökologie- und Rekultivierungsabteilung zu organisieren ist.

Das Ziel ist technischer Teil zu konzipieren und Stand im Tagebau (z.B. Verfügbarkeit von Substraten, Stand der Technik usw.) zu prüfen.

Kleinstmaßnahmen oder Maßnahmen von geringster Komplexität können auch ohne entsprechenden Einsatzplan unmittelbar in Abstimmung mit den betrieblichen Rekultivierungsbeauftragten eingesteuert und umgesetzt werden. Hierbei wird unterstellt, dass durch diese Maßnahmen keine Änderungen an den grundsätzlichen Planungsvorgaben aus dem ABP hervorgerufen werden.

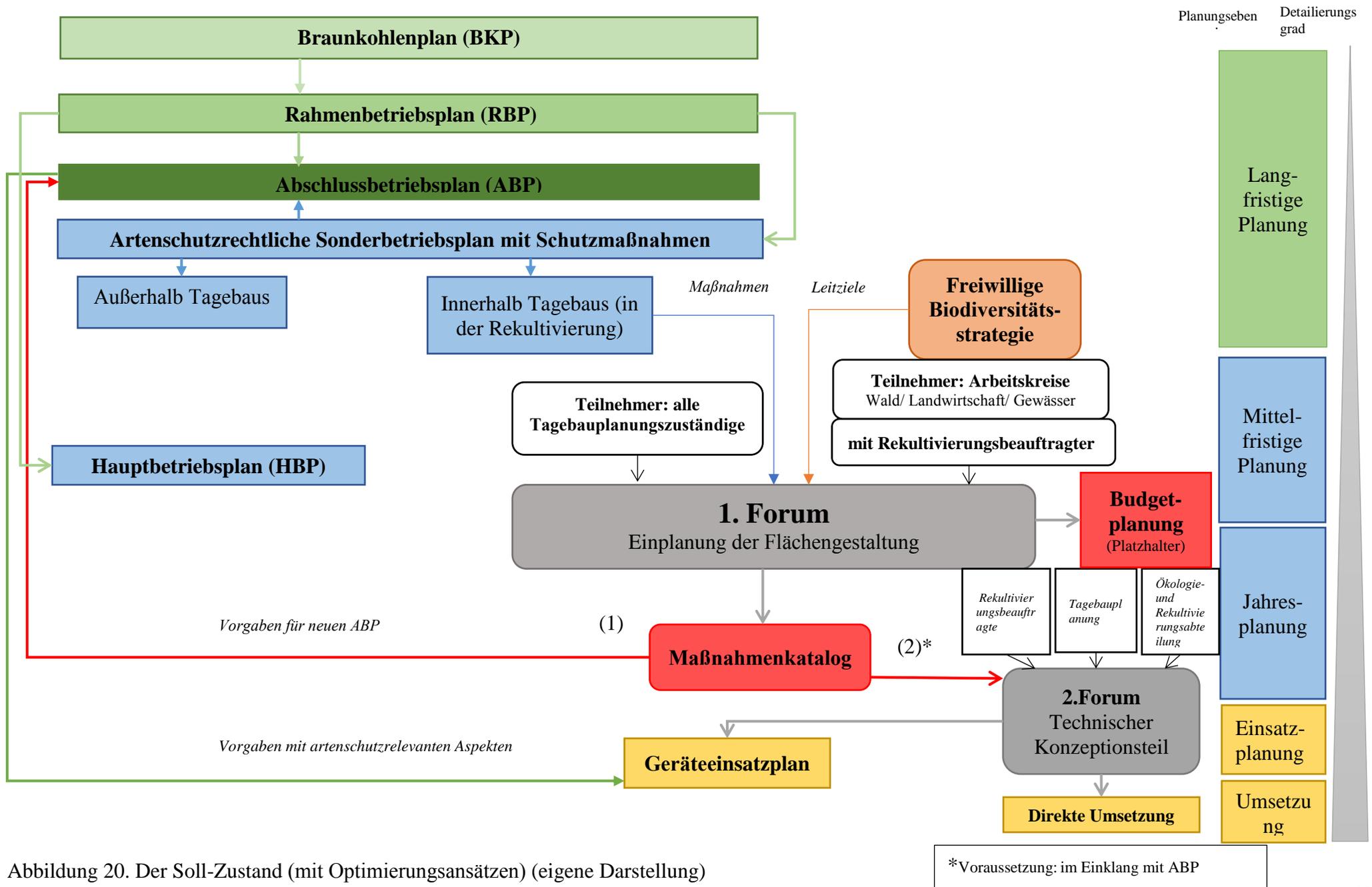


Abbildung 20. Der Soll-Zustand (mit Optimierungsansätzen) (eigene Darstellung)

6. Konzeption eines potentiellen Bruthabitats für Uferschwalben in der Rekultivierung des Tagebaus Hambach

In Rahmen der Biodiversitätsstrategie wird für die Uferschwalbe, deren Lebensräume im Tagebau Hambach durch die Abbautätigkeit in Anspruch genommen werden, ein Konzept zur Herstellung eines Bruthabitats bzw. eines Ausweichlebensraumes in der Rekultivierung entwickelt. Die Uferschwalbe wurde hier als Leitart ausgewählt, da hierdurch die Chance besteht, das Aufkommen weiterer Tierarten wie Bienenfresser oder Wildbienen zu begünstigen, die zur Erhöhung der Artenvielfalt in der Rekultivierung beitragen können.

6.1. Ausgangslage: Tagebau Hambach als Lebensraum

Die Uferschwalbe (*Riparia Riparia*) ist die kleinste europäische Art von Schwalben, da sie 12 cm lang ist und nur 14 g wiegt. (Abbildung 21) Die Uferschwalbe ist ein Zugvogel, der von April bis September in Kolonien in Europa, Asien und Nordamerika brütet. Diese Vogelart zählt nach Artikel 4 (2) der Vogelschutzrichtlinie zu den gefährdeten Zugvogelarten und zu den streng geschützten Arten nach dem Bundesartenschutzgesetz aus 2005 und steht auf der Roten Liste 2016 für Nordrhein-Westfalen. Im Süden der Niederrheinischen Bucht befindet sich das größte Bruthabitat von Uferschwalben, außerdem wurden die Brutkolonien im Bereich Lippe, Wurm und Ruhr nachgewiesen. (LANUV NRW, 2013) (LANUV NRW, 2016)

Die natürlichen bzw. ursprünglichen Lebensräume für die Uferschwalben sind die Steilufer von Flussauen, Fließgewässern und Meeresküsten. Da in Nordrhein-Westfalen die Anzahl von primären Lebensräumen reduziert wurde, hat sich der Bestand in den letzten Jahrzehnten um 39% verringert. Im Jahr 2015 betrug Vorkommen von 4.000 bis 6.000 Brutpaaren. (LANUV NRW, 2016) (LANUV NRW, 2013) Wegen Flussbegradigungen sind Uferböschungen bzw. natürliche Lebensräume praktisch verschwunden und ungefähr die Hälfte aller Lebensräume befinden sich immer noch an Wasserflächen. Deswegen besiedeln die Uferschwalben heute vorrangig durch anthropogene Tätigkeit künstlich erstellte Steilkanten oder Abbruchwände. (Pannach, 2006) Brutstandorte bieten heute steile Böschungen in bergbaulichen Gewinnungsstätten an, wie Tagebaue und Kies-, Lehm- und Sandgruben. (LANUV NRW, 2016) Ihre

Lebensräume wurden auch in Tongruben, Steinbrüchen, gespülten Feldern und in Lösswänden gefunden, aber auch in den Öffnungen an Gebäuden. (Pannach, 2006)



Abbildung 21. Die Uferschwalbe (*Riparia riparia*)

Foto: Dieter Wörrlein

Als ein Ersatz für natürliche Lebensräume von Uferschwalben ist auch der Tagebau Hambach geworden. Auf der 1. und 2. Sohle des Tagebaus innerhalb von Arbeitsböschungen und der Nordrandböschung nisten die Uferschwalben. In der Brutsaison 2018 haben die Vögel auf der 1. Sohle in zwei Standorten gebrütet (Abbildung 22 und Abbildung 23), deren Bestand fast bei 150 - 200 Brutpaaren lag. Auch eine Abgrabung bzw. Kiesgrube im Vorfeld des Tagebaus wird von fast 60 - 65 Brutpaaren jährlich besiedelt. (KÖLNER BÜRO für FAUNISTIK; INSTITUT FÜR TIERÖKOLOGIE UND NATURBILDUNG, 2011) Die Uferschwalbe ist sehr treu in ihrer Wahl der Brutplätze und sucht für eine neue Brutsaison ihre vorjährigen Standorte. (Pannach, 2006) Deswegen ist der Tagebau Hambach für sie ein Lebensraum schon seit 10 - 15 Jahren.

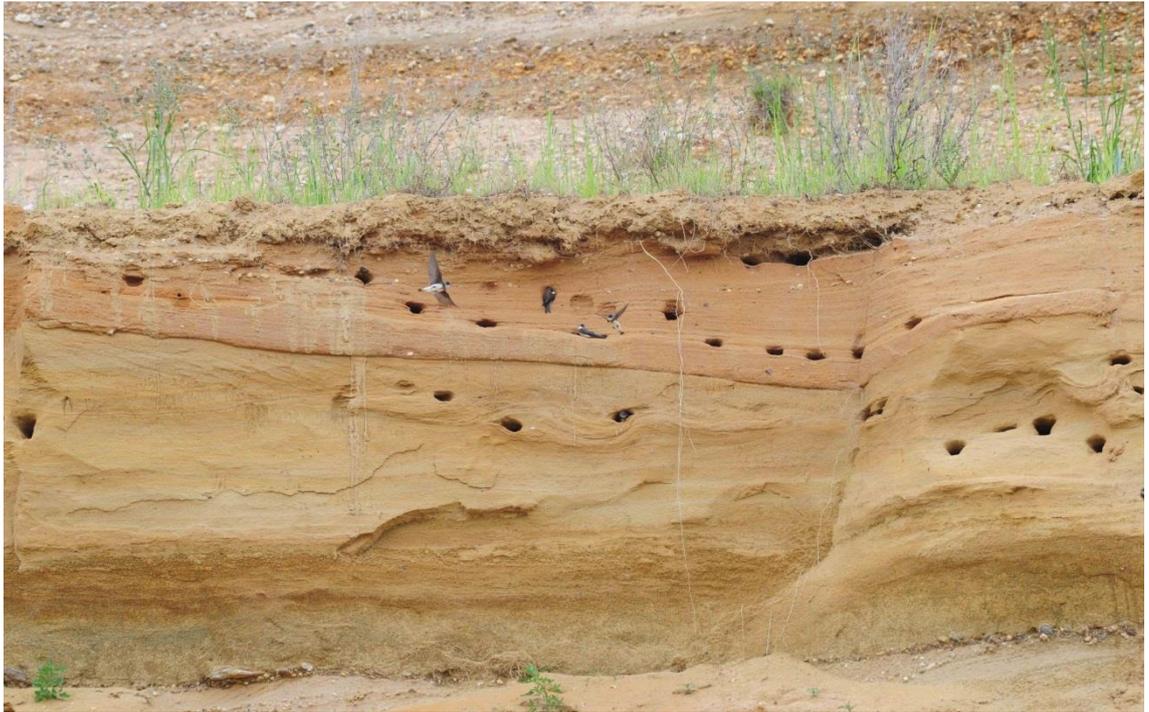


Abbildung 22. Die Uferschwalben im Tagebau Hambach. Standort 1



Abbildung 23. Die Uferschwalben im Tagebau Hambach. Standort 2

Foto: Rolf Thiemann

Die Böschungen im Tagebau Hambach werden von Uferschwalben besiedelt, weil erstens, im Tagebau grabfähige und gut geeignete Substrate für die Brutröhre verfügbar sind (siehe Kapitel 3.1. Geologie des Tagebaus). Zweitens, die Dynamik im Tagebau, die Steilkanten haben nicht auf Dauer Bestand im Tagebau und durch den Baggerschnitt entstehen immer wieder neue steile Böschungen bzw. frische Abbrüche mit gut grabbarem Material. Die Uferschwalben sind an wechselnde Lebensraumsituationen gut angepasst und können für eine neue Brutsaison auch neue Brutplätze finden. Drittens, die Randböschung des Tagebaus sind vor allem ein Nahrungsort für die Uferschwalbe, da diese ein Lebensraum für verschiedene Insekten sind. In der Umgebung des Tagebaus sind Gewässern wie dem Wiebachteich, den „NABU-Becken“, Regenrückhaltebecken in der Rekultivierung vorhanden, die auch die Nahrungsstandorte für die Vogel darstellen.

6.2. Die Vermeidungs- und Ausgleichsmaßnahmen

Wenn die von Uferschwalben besiedelten Böschungen in Anspruch genommen werden sollen, erfolgt das nach den festen Abbau- und Zeitplänen der Gewinnung und Verkippung des Tagebaus. Die Uferschwalbe zählt zu den Arten, deren Ruhestätte durch die Abbautätigkeit laut dem 2. Rahmenbetriebsplan für die Fortführung des Tagebaus Hambach bis 2020 betroffen und vollständig zerstört werden. Die Betroffenheit kann erst dann ausgeschlossen werden, wenn Vermeidungs- und Ausgleichsmaßnahmen ergriffen werden. „Ohne entsprechende Maßnahmen verliert die Art vorhabensbedingt Brutplätze und damit Fortpflanzungs- und Ruhestätten“(KÖLNER BÜRO für FAUNISTIK; INSTITUT FÜR TIERÖKOLOGIE UND NATURBILDUNG, 2011).

Im Rahmen des Schutzmaßnahmenkonzeptes aus dem „Sonderbetriebsplan betreffend die artenschutzrechtlichen Belange bei der Fortführung des Tagebaus Hambach bis 2020“ sind die Uferschwalben in die Vermeidungsmaßnahmen V3 „Kontrollierte Vorfeldberäumung“ und V4 „Die Trockenlegung von Gewässern“ einbezogen. Die Maßnahmenumsetzung erfolgen vor dem Beginn der Brutsaison, um die Nestzerstörung in der Brutzeit vermeiden zu können.

Im Rahmen der Maßnahme V 3 wird die Fortpflanzungszeit der Uferschwalbe bei der Vorfeldberäumung betrachtet, dafür werden jährlich in den Arbeitsböschungen B102/B103 einschließlich der Nordrandböschung vor der Brutsaison jede 15-20 m Pflöcke mit Flatterband und Gewichten aufgehängt (Abbildung 24). Auch in der

Arbeitsböschung B203, wo Vögel in den letzten Jahren genistet haben, wird mit Flatterband beunruhigt.

Im Rahmen der Maßnahme V4 ist festgelegt, zur Geringhaltung der Ansiedlungschance mögliche Brutstätten bzw. die Abbruchkanten zu vergrämen. Dafür werden die steilen Böschungen im Tagebau, wo die Vögel brüten könnten, durch das Abschieben der oberen Abbruchkanten dieser Böschungen in den unteren Böschungsbereich mit Erdbaugeräten flacher gestellt.

Wenn die Betroffenheit durch Vermeidungsmaßnahmen nicht auszuschließen ist und die Arbeitsböschungen vom Bagger geschnitten werden oder die Nordböschung gekippt wird, müssen die Ausweichlebensräume in der Rekultivierung oder außerhalb des Tagebaus Hambach für Uferschwalben und anderen betroffenen Arten geschaffen werden. Diese Art ist an wechselnde Lebensraumsituationen angepasst, sie ist räumlich flexibel und verfügt über eine besondere Anpassungsfähigkeit. Diese Art kann aktiv an andere geeignete Flächen ausweichen, ihre Lebensräume neu anlegen und Kolonien bilden. Außerdem verfügt der Vogel über eine hohe Anpassungsfähigkeit an Temperatur, Licht- und Luftabweichungen. (Pannach, 2006) Davon ausgehend kann die Uferschwalbe auf die bereits vorhandenen oder zukünftigen Kiesgruben in der Umgebung z.B. Dorsfeld ausweichen. (KÖLNER BÜRO für FAUNISTIK; INSTITUT FÜR TIERÖKOLOGIE UND NATURBILDUNG, 2011)

Im Jahr 2017 wurden im Tagebau zum ersten Mal auf der 1. Sohle im Bereich der Arbeitsböschung B 103 „Uferschwalbenhäuser“ aufgebaut, die als Brutalternative von Vögeln besetzt werden könnten. Diese wurden bislang allerdings noch nicht besiedelt. (Abbildung 25) Zur Optimierung dieser Maßnahme wurde in der zurückliegenden Brutsaison der Standort verändert, die „Uferschwalbenhäuser“ stehen nun außerhalb am Tagebaurand an den sogenannten „NABU- Becken“. (RWE Power AG, 2017)



Abbildung 24. Pflöcke mit Flutterband zur Beunruhigung

Quelle: RWE Power AG



Abbildung 25. Uferschwalbenhaus (Versuchsprojekt)

Quelle: RWE Power AG

6.3. Variantenerstellung zur Implementierung eines Bruthabitats im Bereich der Rekultivierung des Tagebaues Hambach

Zur Implementierung eines potenziellen Bruthabitats für Uferschwalben wurde im Rahmen dieser Arbeit eine Untersuchung angestellt, die sich in folgenden Schritten aufbaut:

1. Zur Schaffung naturnaher Lebensraumbedingungen des künstlichen Habitats, die eine Grundlage für den Besiedlungs- und Bruterfolg darstellen, wurden die Anforderungen an die Brutwand, Substratmischung und sowie den Standort bzw. die Umgebung untersucht.
2. Für die genaue Ermittlung von Uferschwalben bevorzugter Substratmischung im Tagebau Hambach werden aus den in letzter Brutsaison besiedelten Standorten Bodenproben genommen. Die Ergebnisse werden als eine Grundlage für Planung möglicher Brutwandvarianten in der Rekultivierung des Tagebaus Hambach dienen.
3. Basierend auf der Ausgangslage im Tagebau Hambach und den unter 1. untersuchten Anforderungen an die Brutwand wurden die potentiellen Standorte in den bereits vorhandenen oder zukünftigen Rekultivierungsflächen des Tagebaus Hambach bestimmt. Hierbei wurden die Sicherheitsfaktoren gegen Rutschungen, Erosionen und Absturzgefahr berücksichtigt, damit die zukünftige Wand für lange Zeit als ein sicheres Bruthabitat dienen kann. Anknüpfend an die Ergebnisse (Tabelle 1) erfolgte eine entsprechende Bewertung der potenziellen Brutplätze und eine Auswahl passender Standorte, an denen die Herstellung einer Brutwand technisch möglich ist und die höchste Besiedlungschance besteht.
4. Da die Uferschwalbe in verschiedenen Bedingungen brüten können, wurden im nächsten Schritt mögliche Brutwandtypen genauer betrachtet. Hier wurden verschiedene Varianten beschrieben und verglichen, z. B. wie hoch der Flächen- und Materialbedarf ist und welche Voraussetzungen jeder Brutwandtyp erfordert. Außerdem wurde bewertet, wie aufwendig die Herstellung und der weitere Unterhalt der jeweiligen Wand ist.
5. Im letzten Schritt wurde ermittelt, welche Variante zur Erstellung einer Brutwand für die potenziellen Standorte am geeignetsten ist und eine Empfehlung zur Umsetzung gegeben.

6.3.1. Lebensraumanforderungen von Uferschwalben

Die Uferschwalben graben ansteigende Brutröhren in die vegetationsfreien Steilkanten bzw. die Abbruchwand aus, die bis zu 70 cm tief und 4 cm breit sind. Am Ende graben sie eine kleine Vertiefung und legen die Eier hinein. Die Brutröhren sind auf der gesamten Böschung in unterschiedlichen Höhen verteilt, aber dicht aneinander. (Hars, o.j.) Da die Uferschwalben Koloniebrüter sind, benötigen sie eine Wand mit mindestens einer Gesamthöhe von 4 m und einer Länge von 5 m. Sie besiedeln den oberen Teil der Wand, um ihre Nester von raubgierigen Tieren und Hochwasser schützen zu können, deswegen ist eine minimale Höhe von 1- 2 m vom Boden zu den untersten Röhren einzuhalten. (LANUV NRW, 2016)

Zum Brutröhrenbau benötigen die Uferschwalben grabfähige aber stabile Substrate, diese können Sand, Lehm, Kies oder Ton sein. Die Vögel bevorzugen meist eine Mischung von Substraten, z. B. sand-schluffige oder sand-lehmige. (Pannach, 2006) (LANUV NRW, 2016) Die optimale Mischung wären mittelkörnige Rund- und Brechsande mit einem Gehalt von 10 bis 30% feinen bzw. bindigen Substraten wie Ton, Schluff oder Lehm. Der Sand bildet einen stabilen Körper für die Bruthöhlen, die feinen Teile können diesen verfestigen. Falls der Anteil des feinen Materials zu hoch ist, erhärtet sich das Substrat und wird nicht mehr grabfähig. Das Vorhandensein von grobkörnigen Materialien ist nur bis 5 % möglich, ansonsten wird die Stabilität gefährdet. (Bachmann et al., 2008)

Die Steilkante der Brutplätze kann in alle Himmelsrichtungen orientiert sein, aber bevorzugt ist die Lage nach Südwesten und entgegen der Hauptwetterseite. (Pannach, 2006) (Heidelberger Sand und Kies, o.J.)

Bei Nistplätzen an Fließgewässern lässt die Dynamik des Wassers immer wieder frische Abbrüche entstehen, in den Gewinnungsstätten kann dies durch natürliche Witterungseinflüsse oder maschinelle Einflüsse geschehen. (LANUV NRW, 2016)

Die Uferschwalben bevorzugen die offenen und strukturreichen Landschaften, wo auch im Umfeld die Nahrungsorte wie insektenreiche Gewässer, Felder, Wiesen und Weiden zur Verfügung stehen. Das Vorhandensein eines Nahrungsortes in der Umgebung von 1 km ist erforderlich, das nächste Gewässer kann aber bis zu 10 km entfernt sein. (Pannach, 2006) (LANUV NRW, 2016) Die Vogelbeobachtung zeigt, dass sie idealerweise ihre Nester fern von verschiedenen Gefahrquellen oder touristischen Orten als Störquelle

anlegen, auch entfernt von Besucherwegen, Hundeplätzen und lauten Verkehrsstraßen. (Heidelberger Sand und Kies, o.J.) (LANUV NRW, 2016) (Bachmann et al., 2008)

6.3.2. Bodenproben aus Brutstandorten

Im vorherigen Kapitel 6.3.1 zeigt, dass die Uferschwalbe in verschiedenen Standorten nisten, deren Auswahl nach bestimmten Kriterien erfolgt. Ein von Kriterien für den Bruterfolg ist das Vorhandensein von geeigneten Substraten. Zur Feststellung der bevorzugten Zusammensetzung der Substrate wurden insgesamt fünf Proben aus zwei Niststandorten im Tagebau Hambach entnommen und im geotechnischen Labor der RWE durch Siebung analysiert. Die Ergebnisse der Untersuchung sind auf der Abbildung 26 dargestellt. (Ergebnisse jeder Bodenprobe - siehe Anlage 3)

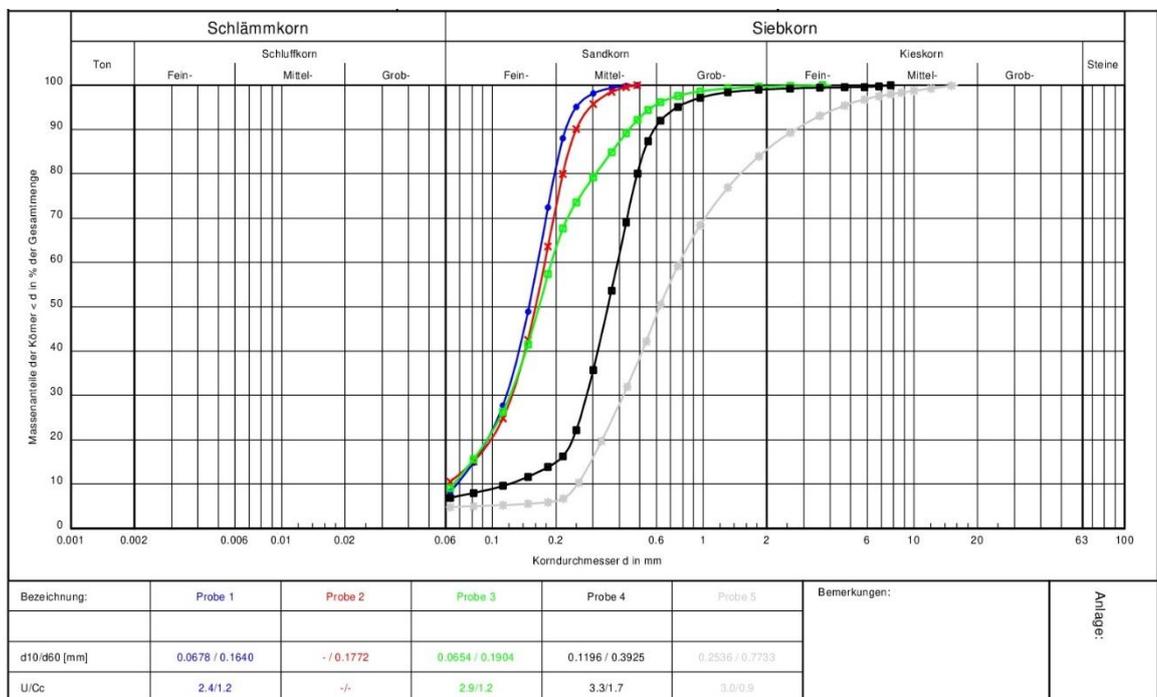


Abbildung 26. Die Kornverteilungskurven von Uferschwalben Niststandorten im Tagebau Hambach

Der erste Standort ist eine sandige bis zu 2 m hohe Schicht in einer rund 50 m langen Böschung, die vorwiegend besiedelt wurde. Von diesem Standort (Abbildung 22, siehe Kapitel 6.1.) wurden drei Proben (Probe 1,2 und 3) genommen, die bis zu 90% aus Mittel- und Feinsand bestehen (durchschnittlicher Gehalt Feinsand: 65,6 %, Mittelsand: 24 %). Diese drei Proben hatten einen maximalen Anteil an bindigen Substraten wie Ton und Schluff von 8 bis 10 % und keinen kiesigen Anteil. Der zweite Brutstandort (Abbildung 23, siehe Kapitel 6.1.) ist eine kieshaltige Steilkante, die sich durch bis 10-15 m lange sehr

schmale bis 30 cm Sandstreifen auszeichnet. Von diesem Standort wurden zwei Bodenproben (Probe 4 und 5) genommen, die überwiegend aus mittel- und grobkörnigem Sand (62,3 % und 20,2 %) bestehen. Außerdem enthalten die Proben bindige Substrate, deren Anteil zwischen 5 % und 7 % liegt. Der Kies ist in beiden Proben enthalten, in Probe 4 ist der Kiesanteil sehr gering (bis ca. 3 %), in Probe 5 lag dieser deutlich höher mit 10 %.

Die von Uferschwalben bevorzugte Materialmischung im Tagebau Hambach besteht nicht aus Sand, sondern auch aus Kies und bindigen Substrate wie Ton und Schluff. Auf Basis dieser Untersuchung können weitere Massenanteile in der Bodenmischung für eine Brutwand eingehalten werden:

- Anteil an Sand mit Kornverteilung von 0,063 bis 2 mm kann mindestens 80 % und maximal 90 % betragen,
- Anteil an die bindigen Materialien (kleiner als 0,063 mm) wie Schluff und Ton kann bei 5-10 % liegen,
- Anteil an Kies (größer als 2 mm) kann höchstens 3 % sein.

Die Ergebnisse dieser Untersuchung ermöglichen eine gezieltere Materialauswahl bei der Herstellung, zeigen aber auch im Vergleich mit der Kapitel Literaturrecherche, dass die Uferschwalben bei der Standortauswahl anpassungsfähig sind.

6.3.3. Standortauswahl für ein potentielles Bruthabitat

In der Rekultivierung des Tagebaus Hambach wurden fünf potenzielle Standorte (Anlage 1) zur Herstellung eines Bruthabitats herausgearbeitet, die schon existieren oder in näher Zukunft erstellt werden. Diese sind die 50 ha Mulde (heutiger und auch zukünftiger Standort, (1) und (2)), die Arbeitsböschung der I 701 (3), das Regenrückhaltebecken 5.II in der forstwirtschaftlichen Rekultivierung (4) und das Regenrückhaltebecken 6.I in der landwirtschaftlichen Rekultivierung (5). Die potentiellen Standorte wurden auf ihre Eignung gem. den in Kapitel 6.3.1 definierten Anforderungen bezüglich der Brutwand selbst und der Umgebung untersucht. Das zusammenfassende Ergebnis ist in Tabelle 1 dargestellt.

Die 50 ha Mulde Ist und Zukunft ist ein wechselfeuchter Standort. Hier sind zwei Standorte potenziell vorgesehen: Zum einen die als Sukzessionsfläche ausgebildete Böschung entlang der Mulde sowie die sich parallel zur Mulde erstreckende, ebene Fläche. Die „Ist“ Fläche ist eben und wurde mit Forstkies gekippt, sodass bis zur Mulde

ca. 130 m verbleiben. Die „Zukunft“ ist eine 1:4 gekippte Sukzessionsfläche aus kiesigen Substraten und eine bis zu 30 m breite ebene Fläche. Die ebenen Flächen werden überwiegend mit Forstkies mit mehr als 40 % Lößanteil gekippt. Die Verkippung „50 ha Mulde Zukunft“ erfolgt zurzeit, was eine Materialsteuerung ermöglicht.

Die Exposition der Wand ist in diesem Bereich nach Südwesten oder Westen möglich und in entsprechenden Dimensionen realisierbar. Der Standort zeichnet sich durch offene und strukturreiche Landschaft und Wasserbestand aus, die als Nahrungsstandort für Uferschwalben gut geeignet sind. Die potenzielle Herstellungsorte befinden sich in einer günstigen Lage, entfernt von Hauptwirtschaftswegen und Besucherplätzen, aber mit einer Zugangsmöglichkeit für notwendigen Erdbaumaschineneinsatz.

Die Verkippung „50 ha Mulde Zukunft“ erfolgt zurzeit, was eine Materialsteuerung bei der Brutwandherstellung ermöglicht. Die „50 ha Mulde Ist“ ist ein entwickelter Bereich, wo sich eine Menge von Wiesen und Insektenreichen Standorte befinden, die als Nahrungsorte dienen können.

Das Regenhaltebecken 6.I (RHB 6.I) entsteht im Jahr 2019 im Übergangsbereich zwischen den landwirtschaftlichen rekultivierten Flächen vor Elsdorf und der Böschung der Innenkippe. Diese wird mit einer Neigung von 1:3 erstellt und forstwirtschaftlich rekultiviert. Dazwischen entsteht ein rd. 0,5 m tiefes, fast 160 m langes und teilweise mit Ton abgedichtetes Becken. Aufgrund der niedrigen Tiefe des Beckens wird nicht permanent mit Wasser gefüllt sein, sondern nur vom Regenwasser sowie durch Entwässerungsgräben geflutet, die das Oberflächenwasser der Umgebung sammeln.

Die Landschaft in diesem Bereich ist offen, was die Anforderungen mehr als erfüllt, da sich in unmittelbarer Nähe die landwirtschaftlichen, ebenen Flächen befinden werden. Entsprechend dem Plan haben die Böschungen eine nördliche und nordöstliche Exposition, dadurch besteht die Möglichkeit die Brutwand in die Richtungen zu erstellen entfernt von Nebenwegen und Stör- oder Gefahrquellen.

Die potentiellen Böschungen im Bereich des **Regenrückhaltebeckens 5.II (RBH 5 II)** sind im Jahr 2017 gekippt worden. Hier befinden sich vegetationsfreie Böschungen mit einer Zufahrtmöglichkeit, aber entfernt von Hauptwirtschaftswegen und Besucherplätzen. Die Landschaft ist reich strukturiert, in der Umgebung liegt das Regenrückhaltebecken mit stehendem Wasser. Die Böschungen bestehen überwiegend aus sandigen Substraten und sind nach Osten und Westen ausgerichtet. An der Oberkante

wurde der Mutterboden gekippt, der ein Lebensraum von verschiedenen Insekten darstellt. Diese günstige Bedingung kann für die Vögel als Nahrungsort dienen.

Die **Arbeitsböschung im Bereich der I701** ist im Jahr 2017 gekippt worden. Sie ist fast 1000 m lang und bis zu 5 m hoch. Es wurden überwiegend sandige Substrate geschüttet. Der Standort ist noch nicht endgültig gekippt worden, somit ist sein Einsatz als ein Zwischenstandort nur bis 2021 möglich. Die Böschung ist vegetationsfrei, nach Osten ausgerichtet und liegt in einem offenen Bereich, wo sich auf beiden Seiten die Gewässer befinden. Da die Verkippung noch fortgesetzt wird, stehen Betriebswege und somit eine Zufahrt für Geräte zur Verfügung.

Nach der Bewertung aller Standorte (siehe Tabelle 1) ist festzustellen, dass die nächsten Standorte „50 ha Mulde Ist“, „50 ha Mulde Zukunft“ und „Sukzessionsfläche RHB 5 II“ im Vergleich zu anderen gut für die Herstellung eines Bruthabitats geeignet sind, da sie meist Anforderungen der Uferschwalbe erfüllen können. Alle Standorte verfügen über strukturreiche und offene Landschaft mit Gewässern in der Nähe, über Zugangsmöglichkeit und liegen entfernt von verschiedenen Störquellen.

Tabelle 1. Die Standortsprüfung für die Herstellung eines Bruthabitats für die Uferschwalben

Anforderung	Ideal	1. 50 ha Mulde Ist	2. 50 ha Mulde Zukunft	3. I 701	4. Sukzessionsfläche RHB 5. II	5. Bereich RHB 6. I
Verkipfung	Schon abgesetzter und konsolidierter Bereich	Im Bereich entstand im Jahr 2017 eine ebene Fläche	Zurzeit erfolgt die Verkipfung der Sukzessionsfläche	Die Böschung wurde im Jahr 2017 1:1,5 gekippt, die Verkipfung wird im Jahr 2021 fortgesetzt	Der Bereich steht schon seit dem Mai 2017, die Böschung 1:3	Die Verkipfung erfolgt 1:3 im Jahr 2019
Rekultivierungsart	Sukzessionsfläche	Fortwirtschaftlich Sukzessionsfläche	Fortwirtschaftlich Sukzessionsfläche	Fortwirtschaftlich	Fortwirtschaftlich Sukzessionsfläche	Land- und forstwirtschaftlich
Standort						
Struktur der Landschaft	Offen, reich strukturiert, kein Wald	+++	+++	++	+++	++
		Dieser Bereich ist reich strukturiert und offen	Die Landschaft wird offen,	Dieser Bereich ist offen, aber nicht reich strukturiert	Offen, kein Wald und reich strukturiert	Die Fläche wird offen, die Böschung wird

			daneben entsteht kein Wald			forstwirtschaftlich rekultiviert
Vorhandensein von Gewässern in der Umgebung	Ja, idealerweise maximal 10 km von der Steilkante entfernt	+	+	+	+	+
		Ja, die Mulde befindet sich 100 m entfernt *wechselfeuchter Standort	Ja, die Mulde befindet sich 100 m entfernt *wechselfeuchter Standort	In der Entfernung von 1000 m liegen zwei Gewässer RHB 5 II und 50 ha Mulde	Das 5-6 m tiefe RHB 5 II ist ungefähr 300 m entfernt	Das RHB 6 I ist am Böschungsfuß geplant, aber nur 0,5 m tief *wechselfeuchter Standort
Entfernung zu Störquellen (Bandanlagen, touristische Orte, Parkplatz, Wanderwege)	Mindestens 200-500 m entfernt oder gar keine Störquelle	+	+	+	+	-
		ca. 500 m entfernt	ca. 500 m entfernt	Keine Störquelle	Keine Störquelle	Ca.20 m entfernt
Zugangsmöglichkeit	Vorhandensein von Wirtschaftswegen	+	+	+	+	+
		Kiesige Hauptwirtschaftsweg	Kiesige Hauptwirtschaftsweg	Betriebsweg	Wirtschaftsweg	Wirtschaftsweg

Brutwand						
Dimension	- Höhe min 4 m, - Länge 5 m - Neigung 75-90°	+++	+++	+++	+++	+++
Exposition	Süd/Südwesten,	+	+	+	+	+
	Nord/Nordosten auch möglich	Süd/ Südwesten	Süd/ Südwesten	Osten	Nord/Nordosten	Norden
Substrate	Sand mit 10 bis 30% bindigen Anteilen; Materialsteuerung bevorzugt	+	++	+	+	++
		Forstkies	Reiner Sand, Materialsteuerung möglich; Forstkies	Forstkies und Sukzessionsfläche aus Sand	Forstkies	Forstkies mit 30 % Lössanteil, Materialsteuerung möglich
Bewertung	Σ13	Σ 11	Σ12	Σ10	Σ11	Σ10

6.3.4. Variantenstellung zur Herstellung eines Bruthabitats

Für die Schaffung eines Bruthabitats für die Uferschwalben in der Rekultivierung wurden verschiedene Varianten untersucht. Die Herstellung einer senkrechten Wand ist mit dem Absetzer im regulären Verkippungsbetrieb aus technischen Gründen nicht möglich. Aber mittels Absetzer können geeignete Substrate in die noch im Verkippungsbereich liegenden Standorte verbracht werden, aus denen Hilfsgeräte eine Steilkante künstlich erstellen können. Die künstliche Wand kann als Alternative für eine gewisse Zeit mit Sicherheit dienen und die Bedingungen der natürlichen Lebensräume von Uferschwalben oder anderen Tierarten erfüllen. Alternativ können auch technische Bauwerke erstellt werden. Die künstlichen Steilkanten müssen vor der Brutsaison vorbereitet werden, damit die Wand jährlich besiedelt werden kann. Grundsätzlich lassen sich so vier mögliche Varianten von Brutwänden unterscheiden:

1. Nutzung einer bestehenden Böschung
2. Aufschüttung eines Erdhaufens
3. Technisches Bauwerk
4. Kombination „Aufschüttung-Bauwerk“

Im Folgenden werden die verschiedenen Varianten zur Herstellung einer Brutwand für die Uferschwalben beschrieben und nach den folgenden Kriterien bewertet:

- Voraussetzungen, die für die Herstellung zu erfüllen sind
- Herstellung
- Kosten der Herstellung
- Unterhaltsaufwand

Zu 1. Nutzung einer bestehenden Böschung

Der Grundgedanke dieser Variante besteht darin, eine bereits erstellte oder geplante Böschung zu nutzen und als Bruthabitat umzuwandeln. Hierbei wird die senkrechte Brutwand direkt in der Böschung durch Materialabtrag (senkrecht abstechen) mittels Hydraulikbagger erstellt. (Abbildung 27) Aufgrund der hierdurch hervorgerufenen Reduzierung der Böschungsstandsicherheit bietet diese Variante eine relativ geringe Langlebigkeit der Wand und damit nur einen Bruterfolg für eine kurze Zeit. Gleichzeitig hat diese Variante im Vergleich zu anderen Varianten einen relativ geringen Aufwand, da bereits existierende Böschungen genutzt werden können.

Voraussetzungen: Zur Standfestigkeit des gesamten Systems benötigt die Böschung in dieser Variante neben Sand einen gewissen Anteil von bindigen Substraten. Die Erstellung dieses Wandtyps erfolgt daher bevorzugt in bereits möglichst konsolidierten Böschungen.

Eine weitere Voraussetzung zur Herstellung ist der benötigte Flächenbedarf zur Dimensionierung der Böschung, von der die Besiedlung der Wand abhängt und ihre Neigung, die für den Flächenbedarf entscheidend ist.

Herstellung: Zur Herstellung dieser Variante wird im Wesentlichen ein Hydraulikbagger benötigt, im Idealfall ein Hydraulikbagger mit entsprechend langem Arm. Der Bagger bearbeitet die Böschung so, dass er beginnend am Böschungsfuß Material vor seinen Fahrwerken aus der Böschung absticht, bis eine mindestens 4 m hohe und möglichst senkrechte Wand entsteht. Das abgetragene Material wird hierbei dann idealerweise standortnah in die Fläche verteilt, da ansonsten am Fuß der Wand die verbleibenden Schüttkegel einen Angriffspunkt für Raubtiere bilden. Sofern ein vollständiges Verteilen des abgetragenen Materials standortnah mit dem Hydraulikbagger nicht möglich ist, muss dieses z.B. mit Dumpfern abtransportiert werden.



Abbildung 27. Steilkante im Lössdepot Garzweiler

Foto: Gregor Eßer

Unterhalt: Falls durch Witterungsverhältnisse die natürliche Erosion/Erneuerung der Wand nicht erfolgt, ist ein Hydraulikbaggereinsatz zum Abstechen, auch zur Vegetationsgeringhaltung und zur Beräumung des abgerutschten Materials erforderlich.

Dieser Vorgang ist jährlich vor der Brutsaison einzuplanen. Der Arbeitsaufwand ist dabei relativ gering und bedarf außer dem Hydraulikbaggereinsatz keiner weiteren Ressourcen. Kosten: Da die Erstellung dieser Variante keinen zusätzlichen Materialbedarf hat und die Herstellung sowie der Unterhalt von geringem Umfang sind, sind die Kosten hier im Vergleich zu den anderen Varianten sehr gering. Neben den Bagger- ist im Weiteren ausschließlich mit dem Kosten der Muldenkipper zu rechnen.

Zu 2. Aufschüttung eines Erdhaufens

Diese Variante verfolgt grundsätzlich die Idee, das potentielle Bruthabitat in einen hierzu extra aufgeschütteten Erdhaufen zu modellieren (Abbildung 28). Hierbei kann der Erdhügel grundsätzlich auf eine bestehende oder geplante Fläche oder auch an eine bestehende oder geplante Böschung angeschüttet werden. Die Brutwand selbst wird auch hier durch das Abstechen einer senkrechten Wand erzeugt. Die Langlebigkeit bzw. Wiederverwendbarkeit des Erdhaufens ist dabei abhängig von seiner horizontalen Ausdehnung.



Abbildung 28. Der bereits besiedelte Erdhügel

Quelle: Naturmuseum St. Gallen

Voraussetzungen: Zur längerfristigen bzw. mehrfachen Nutzung sind Parametern wie Flächengröße und Stabilität der Brutwand anzupassen. Die Größe und Ausrichtung bzw. Lage des Erdhaufens richtet sich dabei nach den oben beschriebenen, allgemeinen Anforderungen einer Brutwand für Uferschwalben.

Bezüglich der Materialauswahl kommt hier zum Beispiel ein Sandhaufen in Frage. Die Schaffung einer längerfristigen und dauerhaften Steilwand erfordert die Verwendung von bindigen Materialien aus z.B. einer Sand-Ton oder Sand-Löss-Mischung. Als unterste Schicht kann bevorzugt Kies eingesetzt werden oder andere Materialien, die den Abtrag mittels Hydraulikbagger nicht verhindern und gleichzeitig stabil sind. Zur Verfestigung des ganzen Systems ist der Aufbau von bindigen Materialien oder Baustoffen als Zwischenschichten möglich. Zur Verhinderung von Erosionen oder Wasserversickerung kann die Wand mit einer Schutzschicht abgedeckt oder mit einem entsprechenden Gefälle angelegt werden. Der Schutzschichtbau ist mit wasserdichtem Ton oder verschiedenen Ersatzmaterialien wie Geotextilien/-folien oder Stroh möglich.

Herstellung: Die Erstellung der Erdhaufen ist in der einfachsten Art (z.B. Sandhaufen) durch das Aufbringen von Substraten mit dem Absetzer im regulären Verkippungsbetrieb oder im Sonderbetrieb (Transport und Einbau mittels Erdbaumaschinen) möglich. Bei komplexeren Erdhaufen, die lagenweise aufgebaut und ggf. auch verdichtet werden, empfiehlt sich der Aufbau im Sonderbetrieb mit einem Hydraulikbagger und zusätzlichen Erdbaumaschinen wie Planierdrape und Walzenzug. Im regulären Verkippungsbetrieb werden die notwendigen Erdmassen vom Absetzer im Schwenkbetrieb aufgebracht, die dann mit den Erdbaugeräten nacharbeitet werden.

Bei der zusätzlichen Verwendung von Geotextilien oder ähnlichem ist zusätzlicher, manueller Aufwand erforderlich. Die eigentliche Brutwand wird analog zur oben beschriebenen Variante 1 dann mit einem Hydraulikbagger durch senkrechtes Abstechen hergestellt.

Unterhalt: Falls das Material durch natürliche Witterungsverhältnisse nicht abgetragen wurde, erfolgt das erneute Abstechen der alten Röhren vor Beginn der Brutsaison mit einem Hydraulikbagger, das anfallende Material wird analog zu Variante 1 in der Fläche verteilt oder abtransportiert.

Kosten: Der Aufwand dieser Variante ist grundsätzlich höher als der der Variante 1, da hier zunächst ein separater Materialtransport mittels Absetzer oder z.B. Dumper erfolgen muss, wobei die Erstellungskosten im regulären Verkippungsbetrieb mit dem Absetzer deutlich geringer werden. Der Aufwand zur Herstellung des Erdhaufens ist stark abhängig von der Komplexität des Schichtenaufbaus (einfacher Sandhaufen vs. mehrschichtiger Haufen, verdichtet, ggf. Geotextil). Letzteres hat je nach Auswahl dann aber auch eine

deutliche Auswirkung auf die Langlebigkeit des Bruthabitats. Die Kosten der Herstellung dieser Variante liegen je nach Erstellungsmethode demnach bei einem geringen bis mittleren Wert. Der Unterhalt bedarf analog Variante 1 nur einem Baggereinsatz. (Bachmann et al., 2008)

Zu 3. Technisches Bauwerk

Die Idee bei Variante 3 ist ein Betonhaus mit in der Wand eingebauten Brutröhren als ein Bruthabitat für die Uferschwalbe zu nutzen, wobei die Röhren zum Graben mit Sand verfüllt werden. Dieses Betonhaus wird auf der Rückseite mit einem Eingang ausgestattet, der die Nestkontrolle und ihre Untersuchung ermöglicht. Die gesamte Konstruktion kann längerfristig als die anderen Varianten als Bruthabitat dienen, nicht nur für die Uferschwalbe, sondern für viele verschiedene, davon profitierenden Tierarten dienen. (Abbildung 29)



Abbildung 29. Technisches Bauwerk

Quelle: Baumlöwe

Voraussetzung: Die Herstellung dieser Variante benötigt eine ebene Fläche, da ein Untergrund für das gesamte System erstellt wird und zum natürlichen Aussehen die Bedeckung des Betonhauses mit Sand oder Kies erfolgt. Daneben erfordert die Herstellung des Hauses viele Baumaterialien wie Betonblöcke und Betondeckel.

Herstellung: Auf ein 0,5 m Fundament wird aus Betonblöcken der 1 m hohe untere Teil des Hauses gebaut, dessen Hohlraum mit Kies oder festen Substraten aufgefüllt und mit einer Betonplatte überdeckt wird. Die Betonplatte ist als Boden für den begehbaren Hinterraum und Niströhren vorgesehen. Auf der Vorderseite der Wand werden die Röhren eingebaut, die aber vorher in den Holzbeton- oder Betonblocks verfestigt werden. Nachdem die Betonblöcke mit Röhren eingebaut wurden, wird auf der Wand ein Verputz oder erdfarbene Materialien so aufgetragen, dass ein Eingang zu den Röhren in der Wand verbleibt, wodurch aber die Rohre vom Wasser und Wind geschützt bleiben werden.

Hinter den Nistelementen wird ein freier Raum geschaffen als Versorgungsgang, der die Röhren besser kontrollieren, reinigen und untersuchen lässt. Dafür muss der Innenraum über eine gewissen Breite verfügen und begehbar sein. Die Höhe der Konstruktion bestimmt die Röhrenanzahl, die bei mehr als 200 liegen kann. Nach der Ausstattung des Versorgungsganges wird das Betonhaus mit einer Betonplatte gedeckt, die mit Mutterboden, Kies oder Sand geschüttet und begrünt werden kann.

Unterhalt: Der Unterhalt erfordert keine Erdbaugeräte, sondern nur manuelle Arbeit. Da die besiedelten Röhren vor der Brutsaison von altem Material gereinigt werden müssen und mit frischem Sand gestopft werden, um weitere Besiedlung der Wand wieder gewährleisten zu können. Die Umgebung und besonders der Eingang zu den Röhren auf der Vorderseite müssen möglichst vegetationsfrei gehalten werden.

Kosten: Diese Brutwandvariante erfordert viele Baumaterialien für den Aufbau des Betonhauses und Untergrundes, nebenbei ist mit Herstellungskosten der Betonelementen zu rechnen. Für die Hinterfüllung muss eine größere Menge Sand zur Verfügung gestellt werden, aus allen diesen Gründen ist der Aufwand hier viel höher als bei anderen Varianten. (Bachmann et al., 2008)

Zu 4. Kombination „Aufschüttung-Bauwerk“

Bei dieser Variante wird die Steilkante durch eine Betonwand geschaffen, die aus fertiggestellten L-Betonelementen besteht und vor dem Einbau angebohrt wird. Auf der Rückseite wird die Wand mit Sand oder anderem grabfähigen Material gefüllt, wo die Vögel ihre Nester anlegen können. Die Betonelemente dienen als Stützpunkt für das dahinter gefüllte Material, somit gewährleisten diese nachhaltig die Stabilität der Wand. (Abbildung 30)



Abbildung 30. Kombination „Aufschüttung- Bauwerk“

Quelle: NABU Grafschaft- Bentheim

Voraussetzung: Dieser Bautyp bedarf im Vergleich zu anderen Varianten einen geringeren Platz. Für den Aufbau von Betonelementen ist ein Fundament und der Einsatz von schweren Maschinen erforderlich: LKWs zum Materialtransport und Transport der Betonelemente und Baggereinsatz zum Aufbau und Hinterfüllen.

Herstellung: Auf einer ebenen Fläche wird erst ein ungefähr 0,5 m starkes Fundament erstellt, auf dem nebeneinander L-Elemente aufgestellt werden. Hinter den Betonelementen wird Sand verfüllt, der durch Verdichtung auf die Füße der L-Elemente drückt und somit für die Stabilität des ganzen Systems sorgt. Damit die Betonkonstruktion selbst stabil ist, muss die Dicke der L-Elemente in Abhängigkeit der Betonqualität und Wandhöhe angepasst werden. In der Wand werden mit 10 cm Durchmesser Eingangslöcher gebohrt, die im oberen Teil mit einem Abstand von ca. 25 cm verteilt werden. Der Sandhaufen muss aber entsprechend der Wandhöhe oder etwas höher geschüttet werden. Zu seinem Schutz gegen Wasser und Erosionen kann eine wasserdichte Schicht angelegt oder mit verschiedenen Baustoffen überdeckt werden.

Unterhalt. Die besiedelten Brutröhren müssen vor der Brutsaison leergeräumt und mit frischem Sand angefüllt werden. Falls der Sand nicht mit Ton oder Baustoffen überdeckt wird, kann Sand jedes Jahr erneuert oder aufgelockert werden. Die Umgebung und der Sandhaufen müssen vegetationsfrei in der Brutsaison gehalten werden.

Kosten: Der Aufbau des Fundaments und L-Betonelemente ist ein arbeitsaufwändiger Prozess, dazu werden Betonelemente sowie Maschineneinsatz benötigt. Verglichen mit

den anderen Varianten ist dieser Wandtyp aufwändiger als die Varianten 1 und 2, jedoch weniger komplex und damit weniger teuer als die Variante 3 (Bachmann et al., 2008)

Tabelle 2. Vergleich von Brutwandtypen (Erstellung und Unterhalt)

Anforderung	Nutzung bestehender Böschung	Aufschüttung eines Erdhügels	Technisches Bauwerk	Kombination „Aufschüttung-Bauwerk“
Erstellung				
Flächenbedarf	sehr gering	hoch	mittel	mittel
-eine ebene Fläche		✓	✓	✓
-eine möglichst steile Böschung	✓	✓		✓
Bedarf von Materialien:				
- Sand	kein	hoch	gering	mittel
- Beton	kein	kein	hoch	hoch
- weiteren Materialien	kein	kein	hoch	gering
Arbeitsaufwand (Erdbaugeräteinsatz und Personalbedarf)	gering; Hydraulikbagger und Dumper erforderlich	mittel; Hydraulikbagger, Walze und Absetzer oder Dumper	sehr hoch; Bagger, LKW und Kran	hoch; Hydraulikbagger, Walze, Dumper oder Absetzer
Kosten	gering	von gering bis mittel	sehr hoch	hoch

Langlebigkeit	gering	gering	hoch	mittel
Unterhalt				
Arbeitsaufwand (Erdbaugeräteeinsatz und Personalbedarf)	gering; Hydraulikbagger für Abstechen; kein Personalbedarf	gering; Hydraulikbagger für Abstechen; kein Personalbedarf	mittel; Sandstopfen; Personalbedarf	mittel; Sandstopfen; Personalbedarf
Kosten	gering	gering	mittel	mittel
Gesamte Bewertung	gering	mittel	hoch	mittel

6.3.5. Konzeption einer Brutwand in der Rekultivierung des Tagebaus Hambach

Für die an den besten geeigneten Standorten (50 ha Mulde Zukunft, 50 ha Mulde, Sukzessionsfläche RHB 5.II) wurde eine Auswahl an realisierbaren Varianten von Brutwandtypen durchgeführt. Für die Bruthabitat wurde aus Lebensraumanforderung die einheitliche mindestens Größe von 4 m Höhe x 20 m Länge für die Brutwand festgestellt. Für die Eignung von natürlichen Lebensräumen werden die abweichenden Standorte kontrolliert und je nach Bedarf oder jede 2-3 Jahren um etwa 30-70 cm abgestochen. Außerdem der Unterhalt besteht in Vegetationsfreihaltung besiedelten Standorten. Die Auswahl basiert auf den technischen Aspekten und einer Kostenanalyse für die Erstellung und Unterhalt.

Bei der Kostenabschätzung sind folgende Voraussetzungen zu berücksichtigen:

- Die Erdbaugeräte befinden sich vor Ort,
- Es werden nur die Arbeitsstunden von Erdbaugeräten ohne Wartezeiten berücksichtigt,
- Die Stundenermittlung ist auf Basis der Leistung von „mittelgroßen“ Geräten berechnet (siehe Anlage 2),
- Die durchschnittliche Laststrecke der Dumper beträgt 3 km,
- Das Material (Sand und Kies) wird aus dem Tagebau bereitgestellt,
- Die Stunden- und Leistungssätze der Maschinen stammen aus gültigen Verträgen, durchschnittliche Preise für die benötigten Erdbaumaschinen (Walze, Hydraulikbagger, Kettendozer, Dumper) liegt bei ca. 90 €/h.

50 ha Mulde Zukunft - Aufschüttung eines Erdhaufens an bestehende Böschung

Dimension:

- Höhe 4,5 m,
- Länge 20 m.

Material- und Flächenbedarf: Ein separat erstellter Hügel an einer bestehenden Böschung (Sukzessionsfläche) im Bereich der 50 ha Mulde soll ein Teil der Landschaft sein und gut angepasst werden, dafür erfordert die Herstellung eine Fläche von 600 m² und ca. 2800 m³ Material. Der Hügel soll aus einer Mischung von mittel- und feinkörnigem Sand und bindigen Anteilen bestehen (siehe Kapitel 6.3.2.), wobei der Anteil der bindigen Substrate zur Erreichung der Stabilität auf 20 % verdoppelt werden soll. Auf der 1. Sohle des Tagebaus Hambach sind beide Materialienarten verfügbar.

Arbeitsaufwand: Zur Erreichung der bestimmten Substratmischung werden zwei Schaufelradbagger auf der 1. Sohle, einer im Sand und ein anderer im Löß, beteiligt die das Material gleichzeitig abbauen sollen. Das Material wird am Bandsammelpunkt gesteuert, gemischt und zum Absetzer abgeführt, der das Material im Schwenkbetrieb kippen wird. Da das frisch gekippte Material eher lose ist, erfolgt zur Erreichung eines standfesten Körpers die Schüttung in 2 Phasen und mit Verdichtung (Abbildung 31).

In der 1. Phase entsteht ein erster 2,5 m hoher und 20-22 m langer Körper, dessen Oberfläche mit einer Planierraupe geschoben und mit einer Walze verdichtet wird. Auf den ersten Körper wird der zweite 3 m mächtige Körper geschüttet, der auch zu planieren und leicht zu verdichten ist. Das Verdichten soll mit einer Glattmantelwalze erfolgen, die beide Körper sind mindesten 2-3-mal zu befahren.

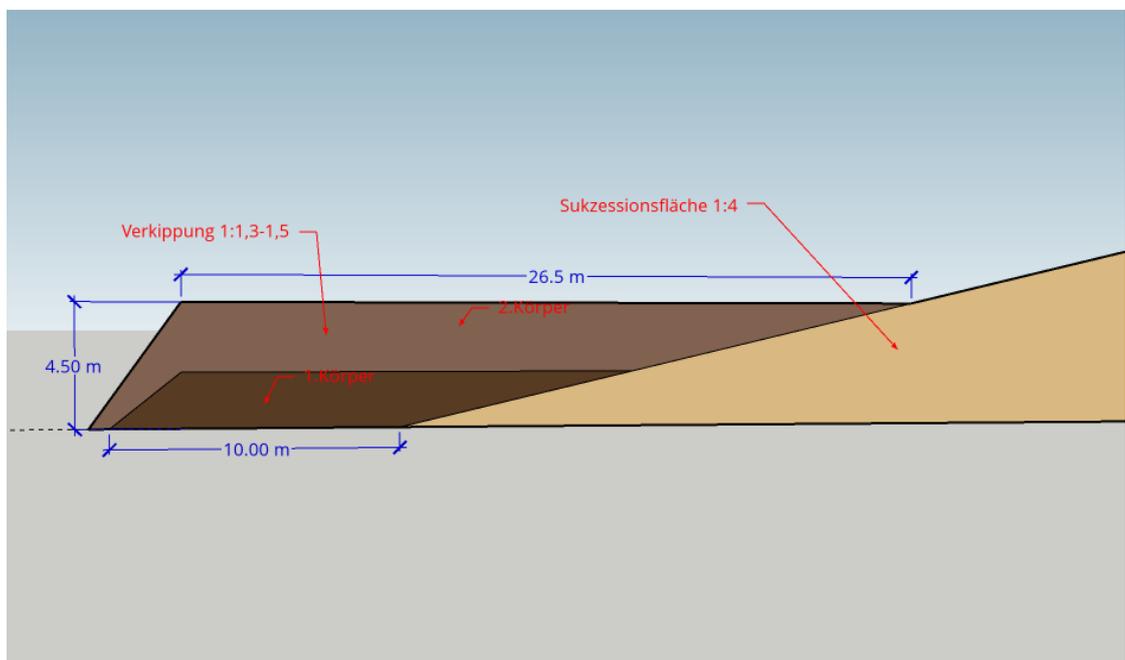


Abbildung 31. Skizze „Aufschüttung eines Sandhaufens an bestehende Böschung“ (2D-Darstellung)

Kosten: Die gesamten Erstellungs- und Unterhaltskosten sind in der Tabelle 3 dargestellt.

Tabelle 3. Kostenschätzung „Aufschüttung eines Erdhaufens an bestehende Böschung“

Aufwand	Kosten in €
Erstellung	
Material	0
Schaufelradbagger	0

Absetzer	0
Kettendozer	450,0
Walze	180,0
Hydraulikbagger	135,0
Gesamte Erstellungskosten	765,0
Unterhalt	
Hydraulikbagger	135,0
Gesamte Unterhaltskosten	135,0

50 ha Mulde Ist - Technisches Bauwerk

Dimension:

- Höhe 3,5 m,
- Länge 20 m,
- Breite des technischen Bauwerkes 2 m und die Hinterfüllung ca. 10,5 m, insgesamt ca. 12,5 m.

Material- und Flächenbedarf: Die Verfüllung des Innenraums und Herstellung der Hinterfüllung bedürfen 400 m³ Kies oder Kies-Sandmischung. Entsprechend der Größe benötigt die gesamte Konstruktion mit der Brutwand selbst und der 1:3 Böschung ca. 250 m² Fläche.

Kosten: Die Kalkulationen basieren auf aktuellen Hochbaurahmenverträgen im Tagebau Hambach und beinhalten einen 10%-igen Risikoaufschlag. Die Preise werden nach Leistungsposition in Hochbaurahmenverträgen ermittelt, d.h. dass die gesamten Kosten in der Tabelle 4 mit Material- und Arbeitsaufwand (Erdbaugeräteinsatz und/oder Handarbeit) dargestellt sind.

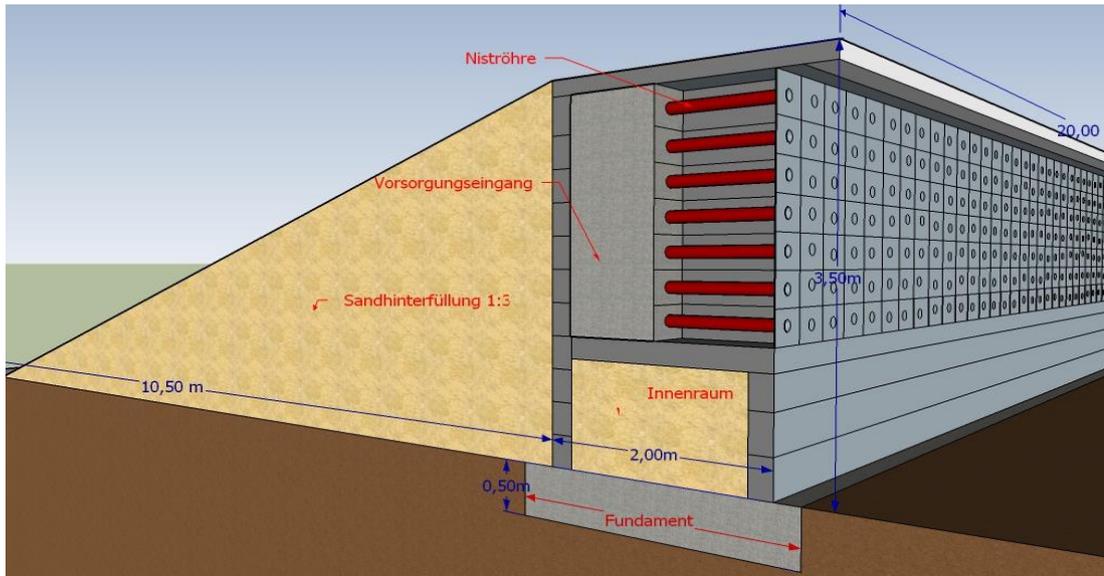


Abbildung 32. Skizze „Technisches Bauwerk“ (3D-Darstellung)

Tabelle 4. Kostenschätzung und Arbeitsschritte „Technisches Bauwerk“

Aufwand	Kosten in €
Erstellung	
Herstellung des Planums / Betonfundament	10.000,0
Wände alle Seiten	30.000,0
KG-Rohr und Röhrekappe	8.000,0
Decke- Betonplatte	5.500,0
Verfüllungsmaterial von Betrieb bereitgestellt / durch Auftragnehmer geliefert	10.500,0
Gesamte Erstellungskosten mit 10%-igen Risikoaufschlag	70.000,0
Unterhalt	
Füllungsmaterial und Handarbeit	2.600,0
Gesamte Unterhaltskosten	2.600,0

Die Herstellung ist sehr zeit- und planungsaufwändig und erfordert eine vorlaufende Ausschreibung sowie die Einbeziehung weiterer Fachabteilungen und Firmen.

50 ha Mulde Ist - Kombination „Aufschüttung- Bauwerk“

Dimension:

- Höhe 2 m
- Länge 20 m
- Breite ca. 6,5 m

Auf einem L-Stein können bis zu 10 Löcher gebohrt werden.

Material- und Flächenbedarf: Für die Betonwand mit dieser Dimension sind ca. 130 m² Fläche erforderlich. Die L-Steine sind nach Norm 2 m hoch und 1 m breit, für die 20 m breite Wand werden 20 Stück gebraucht. Als die Hinterfüllung entsteht eine Böschung im Böschungsverhältnis 1:3, dafür ist ca. 120 m³ Material notwendig.

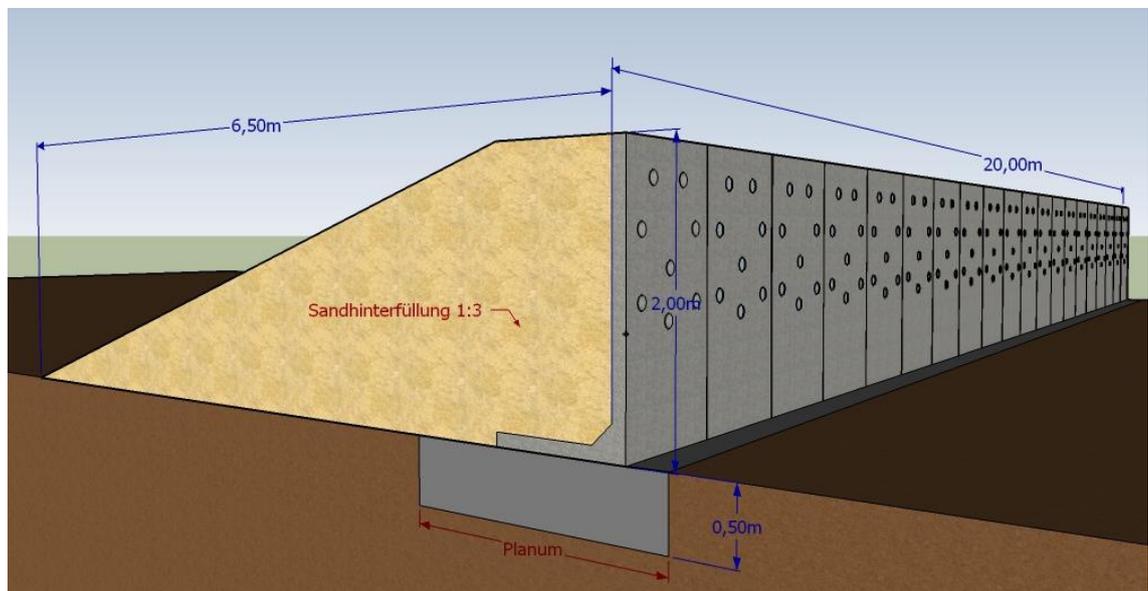


Abbildung 33. Skizze Kombination „Aufschüttung-Bauwerk“ (3D-Darstellung)

Kosten: Die Kalkulationen basieren auf aktuellen Hochbaurahmenverträgen im Tagebau Hambach und beinhalten einen 10%-igen Risikoaufschlag. Die Preise werden nach Leistungsposition in Hochbaurahmenverträgen ermittelt, d.h. dass die gesamten Kosten in der Tabelle 5 mit Materials- und Arbeitsaufwand dargestellt sind.

Tabelle 5. Kostenschätzung „Kombination „Aufschüttung-Bauwerk““

Aufwand	Kosten in €
Erstellung	
Herstellung des Planums	800,0

L-Steine mit Vorbohrungen (8 Stück pro Winkelstein)	10.000,0
Kieseinbau vom Betrieb bereitgestellt	3.500,0
Gesamte Erstellungskosten mit 10%-igen Risikoaufschlag	16 000,0
Unterhalt	
Füllungsmaterial und Handarbeit	2.600,0
Gesamte Unterhaltskosten	2.600,0

Sukzessionsfläche RHB 5 II. - Steilkante in der bestehenden Böschung

Dimension:

- Höhe 4 m,
- Länge 20 m,
- Breite 12 m.

Material- und Flächenbedarf: Dieser Bautyp erfordert ca. 240 m² Fläche, kein Material.

Arbeitsaufwand: Für den Materialabtrag mit einem Hydraulikbagger mit einer Leistung von 120 lm³/h ca. werden ca. 4 h benötigt. Das abgetragene Material kann als Haufwerk als Biotop für weitere Tierarten verbleiben oder nach Bedarf mit dem Dumper abtransportiert werden. Die Transportzeit liegt entsprechend bei ca. 4,3 h.

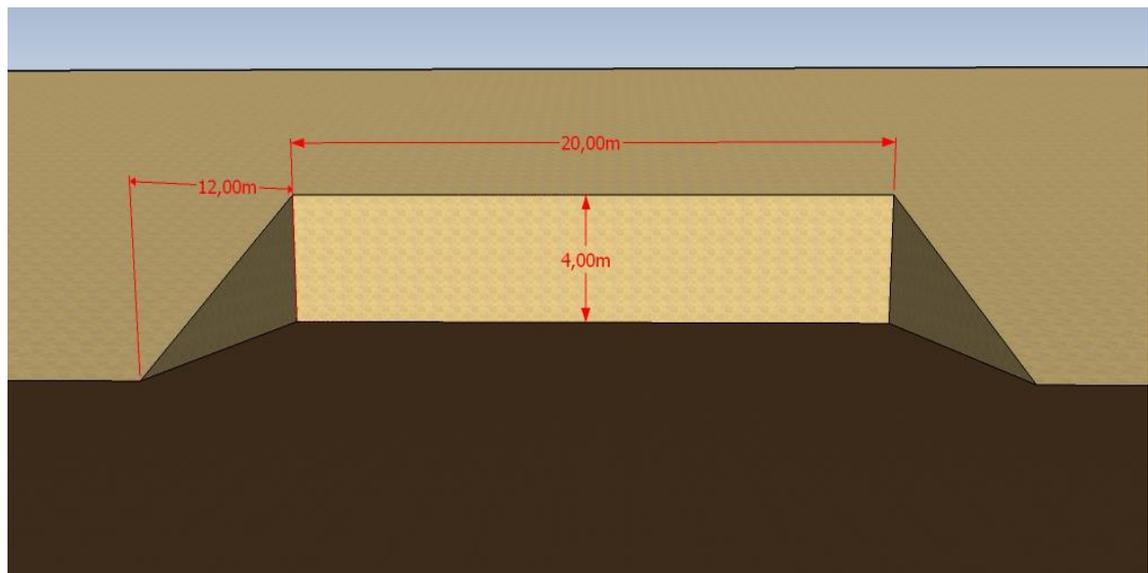


Abbildung 34. Skizze „Steilkante in der bestehenden Böschung“

Kosten: In diesem Bereich befinden sich drei potentielle Böschungen, wo die Steilkante erstellt werden kann. Die Kosten sind in der Tabelle 6 dargestellt.

Tabelle 6. Kostenschätzung „Steilkante in der bestehenden Böschung“

Aufwand	Kosten in €
Erstellung	
Hydraulikbagger	360,0
Dumper	387,0
Gesamte Kosten	747,0
Gesamte Kosten für 3 Wände	2241,0
Unterhalt	
Hydraulikbagger	45,0
Gesamte Kosten für 3 Wände	135,0

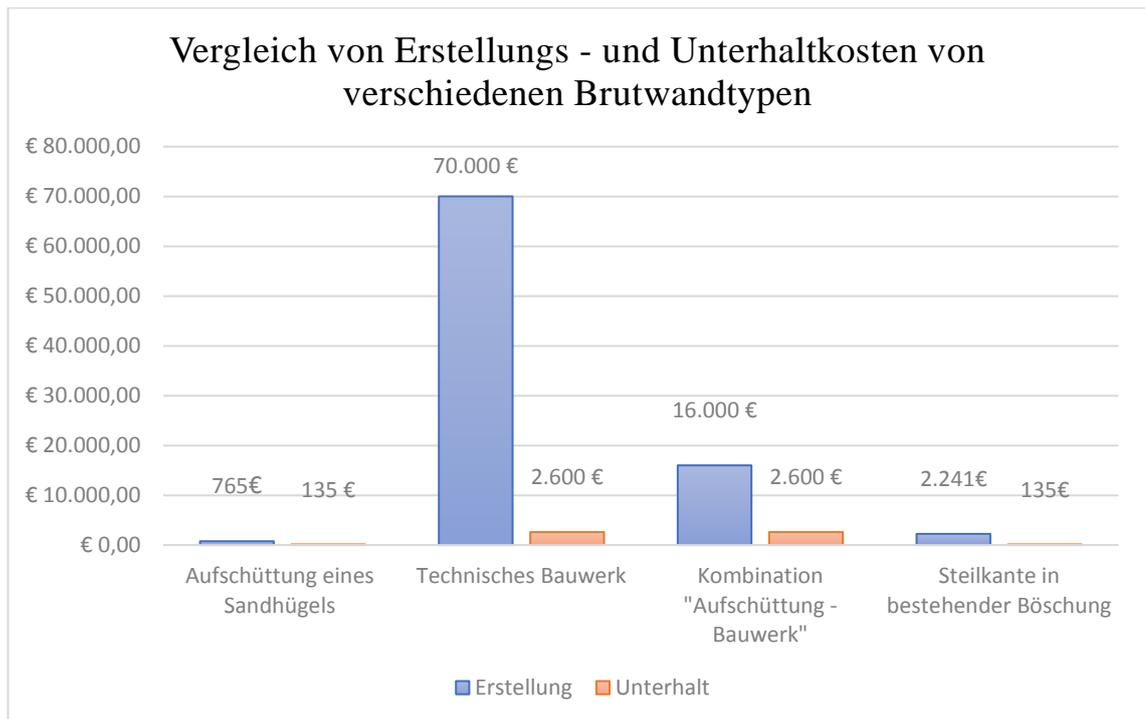


Abbildung 35. Kosten- und Unterhaltergleich von verschiedenen Brutwandtypen

Aus allen dargestellten potentiellen Varianten sind „Aufschüttung eines Erdhaufens“ und „Steilkante in bestehender Böschung“ die technisch einfachsten Möglichkeiten der Umsetzung im Bereich der Rekultivierung des Tagebaus Hambach. Die beide Varianten können mit im Tagebau verfügbarer Technik mit geringem Aufwand (Abbildung 35)

hergestellt werden. Außerdem weisen die beide Variante im Vergleich zu anderen eine geringe Unterhaltskosten auf. Daher ist empfohlen, diese beide Variante in der Rekultivierung des Tagebaus Hambach umzusetzen.

6.3.6. Realisierung und Ergebnisse

50 ha Mulde Zukunft-

Für die Implementierung des Bruthabitats „Sandschüttung an einer Böschung“ (siehe Kapitel 6.3.5.) wurde mit den Abteilungen Produktion (POH-PP), Aus- und Vorrichtung (POH-PA) und Tagebauplanung (POI-BH) ein Einsatzplan ausgearbeitet und Arbeitsschritte bestimmt. Die Verkippung sollte in zwei Phasen erfolgen:

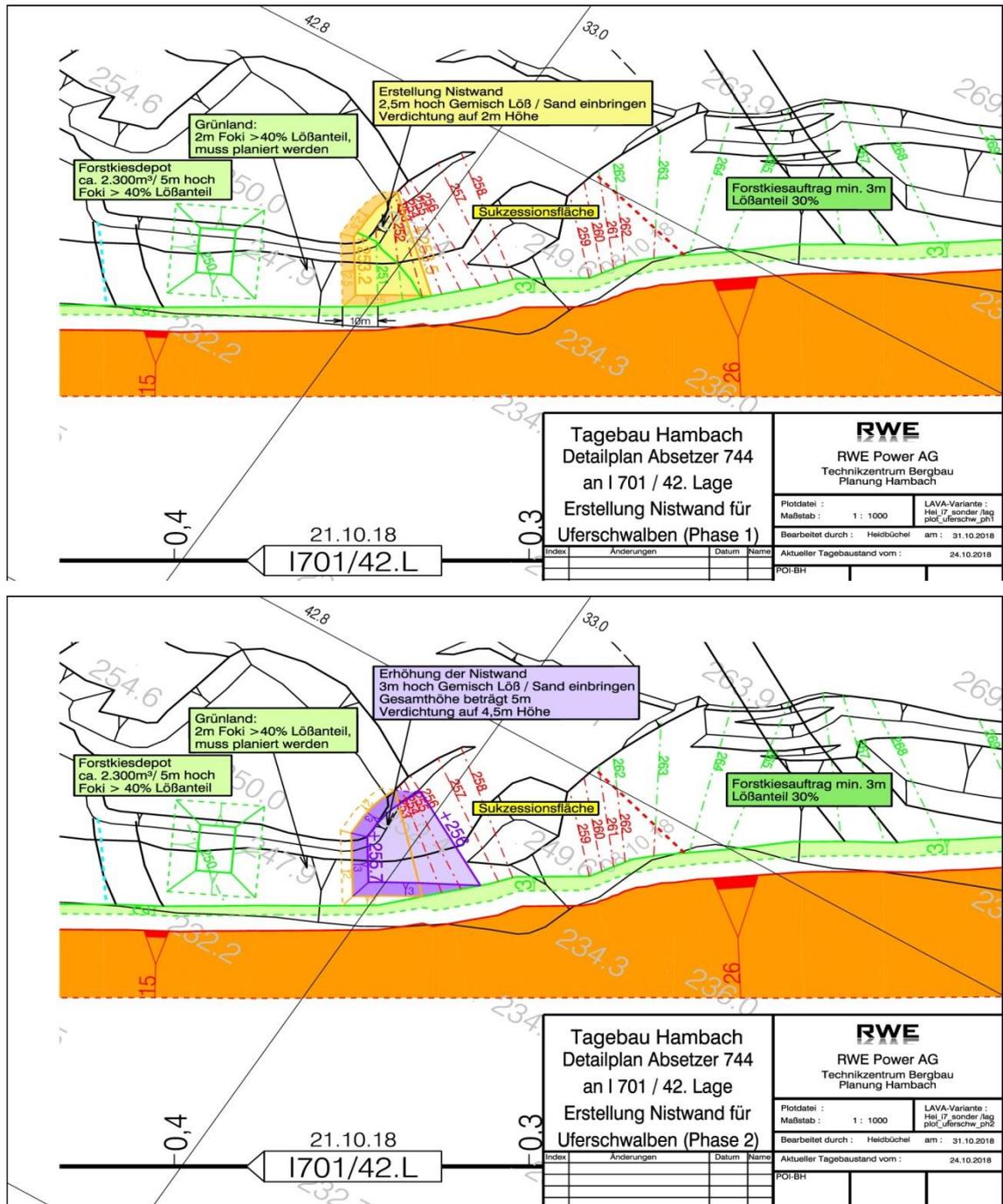


Abbildung 36. Einsatzpläne für Uferschwalbenniststandort

Dabei waren weitere Voraussetzungen zu erfüllen:

1. Eine der wichtigsten Voraussetzungen war das Vorhandensein von für die Uferschwalben geeigneten Substraten (80 % fein- und mittelkörniger Sand und 20% Lößanteile). Der Löß im Tagebau Hambach befindet sich nur auf der 1. Sohle, wo auch der geeignete Sand liegt. Um dieses Mischungsverhältnis erreichen zu können, sollten sich die zwei Schaufelradbagger 260 und 259 auf der 1. Sohle des Tagebaus in genauen Materialstandorten und entsprechenden Leistungsansätzen befinden.
2. Ein weiteres Kriterium war die zeitliche Anpassung des Planes, damit der Absetzer 744 zum richtigen Zeitpunkt den „Unterbau“ gekippt hat und vor dem Einsatzort sich befindet, wenn die Schaufelradbagger die geeigneten Substrate liefern.
3. Die Erdbaugeräte, Walze und Planierraupe sollten sich sofort vor Ort befinden.
4. Die Realisierung sollte bei Tageslicht und Trockenheit stattfinden.

1. Phase

Erst erfolgte nach dem Einsatzplan die Absteckung der Ober- und Unterkante des ersten Körpers.

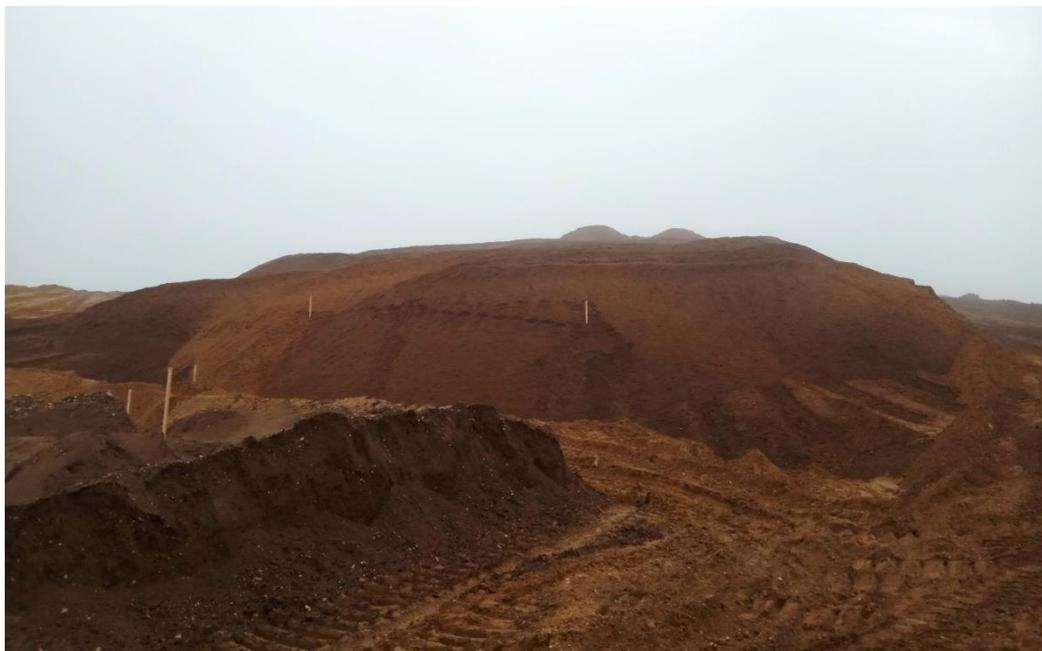


Abbildung 37. Die abgesteckte Fläche

Zur Schaffung der gewünschten Mischung wurden beide Schaufelradbagger so eingestellt, dass der Abbau im Verhältnis 1:4 erfolgte. Der Abbau des Sandes erfolgte mit dem Bagger 259. Insgesamt wurden 2.879 m³ des Sandes geliefert, der Lastgrad lag im Durchschnitt bei 20 %.



Abbildung 38. 1.Phase. Sandabbau

Der Löss wurde mit dem Bagger 260 abgebaut, die Materialbeschaffenheit war normal. Die gelieferte Menge in zwei Phasen lag bei 1.156 m³ bei einem Lastgrad von 7 %. Die Laufzeit eines Baggers ohne Störungen: 59 min.

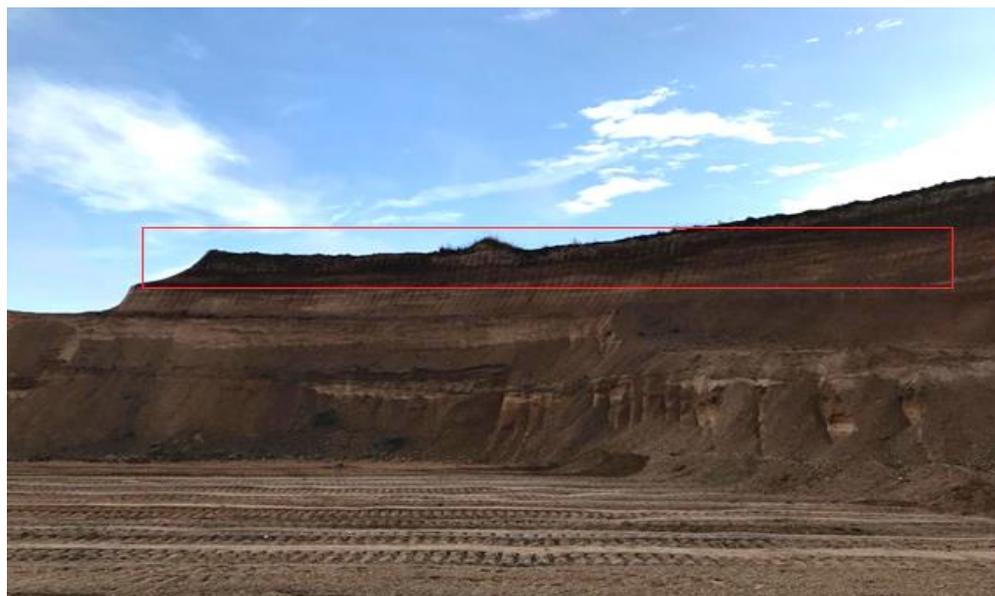


Abbildung 39. 1.Phase. Lössabbau

Der Sand und Löß von beiden Strossen wurde am Bandsammelpunkt auf der Bandanlage I7 übergeben, nach dem Sand und Löß durch sieben Übergabestationen gemischt wurden.



Abbildung 40. 1.Phase. Materialübergabestation

Die Verkippung erfolgte im Schwenkbetrieb mit dem Absetzer 744 und abweichend vom Einsatzplan. Statt 2,50 m wurde zur Sicherheit beschlossen mehr Material zu kippen, weil im nächsten Einsatz die Verkippung des Forstkieses für die forstwirtschaftliche Rekultivierung in diesem Bereich fortgeführt wird, wodurch die Höhe der Brutwand um 1-1,5 m verringert wird. So betrug die ursprüngliche Mächtigkeit des ersten Körpers ungefähr 3,30 m.



Abbildung 41. 1.Phase. Verkippung von 1. Körper

Zum Planieren wurde eine Raupe Typ CAT D6T mit einem Bodendruck von 0,34 – 0,66 bar und geringem Einsatzgewicht ausgewählt, weil das frisch gekippte Material sehr lose ist. Das Planieren erfolgte nach vorgegebenen GPS-Daten aus dem Einsatzplan und je nach Verkippungsfortschritt.



Abbildung 42. 1.Phase. Planieren von 1. Körper

Das Verdichten des ersten Körpers erfolgte mit Glattmantelwalze mit Vibration in 8 Bahnen. Insgesamt wurde jede Bahn 2-mal überfahren, dafür waren ca. 30 min notwendig.



Abbildung 43. 1. Phase. Verdichten von 1. Körper

Ergebnis der 1. Phase

Nach dem Planieren und Verdichten betrug die Höhe 3 m und Länge 20 m.



Abbildung44. Der 1. Körper nach dem Planieren und Verdichten mit Rampe

2. Phase

Die Vorgehensweise in der 2. Phase unterscheidet sich nicht von der 1. Phase, die Verkippung erfolgte wieder mit gleichem Material im Schwenkbetrieb. Die Mächtigkeit von gekippten Körper nach dem Planieren betrug 3 m entsprechend dem Einsatzplan.



Abbildung 45. 2. Phase. Verkippung von 2.Körper

Ergebnis der 2. Phase

Die gesamte Höhe von in zwei Phasen gekippten Körpers liegt bei 6 m und die Länge bei 23 m, die spätere Brutwand ist nach Westen ausgerichtet. In der 2. Phase wurde zur Schaffung einer höheren Verdichtung der Körper in 9 Bahnen 3-mal überfahren, wodurch eine Komprimierung von 4 -5 cm erreicht wurde.

Die gesamte Verkippungszeit ohne Störungen / Leerläufe lag bei: ca. 120 min.



Abbildung 46. Endkörper

Aufwand

Für Herstellung des Uferschwalbenbruthabitats wurden 4.035 m³ Material verkippt, davon 2.879 m³ Sand und 1.156 m³ Löß. Es wurde mehr Material gebraucht als geplant, da in der 1. Phase statt 2,50 m wegen der fehlende Forstkiesschicht ein 3,30 m hoher Körper geschüttet wurde. Bei diesem Materialverhältnis lag der Lößanteil bei 28 % statt der geplanten 20%. Für die zukünftige Versuche bei der Herstellung dieser Brutwandvariante können die veränderten bzw. optimierte Maße der Wand (3,30 m statt 2,50 m) aufgenommen werden, da durch die gesamte Höhe der Brutwand steigen wird, was zum Bruterfolg beitragen kann. Die Kornverteilung vom geschütteten Material ist auf Abbildung **47** dargestellt.

Kosten: Für die Planierarbeiten war die Planierdraupe ca. 4 h im Einsatz, die Walze ca. 1,5 h. Dementsprechend ergeben sich die Kosten der Erstellung zu ca. 500 Euro. Da das

Aufbringen vom Material mit dem Absetzer erfolgte, entstanden Wartezeiten für die Erdbaumaschinen, somit liegen die tatsächlichen Kosten bei ca. 1800 Euro.

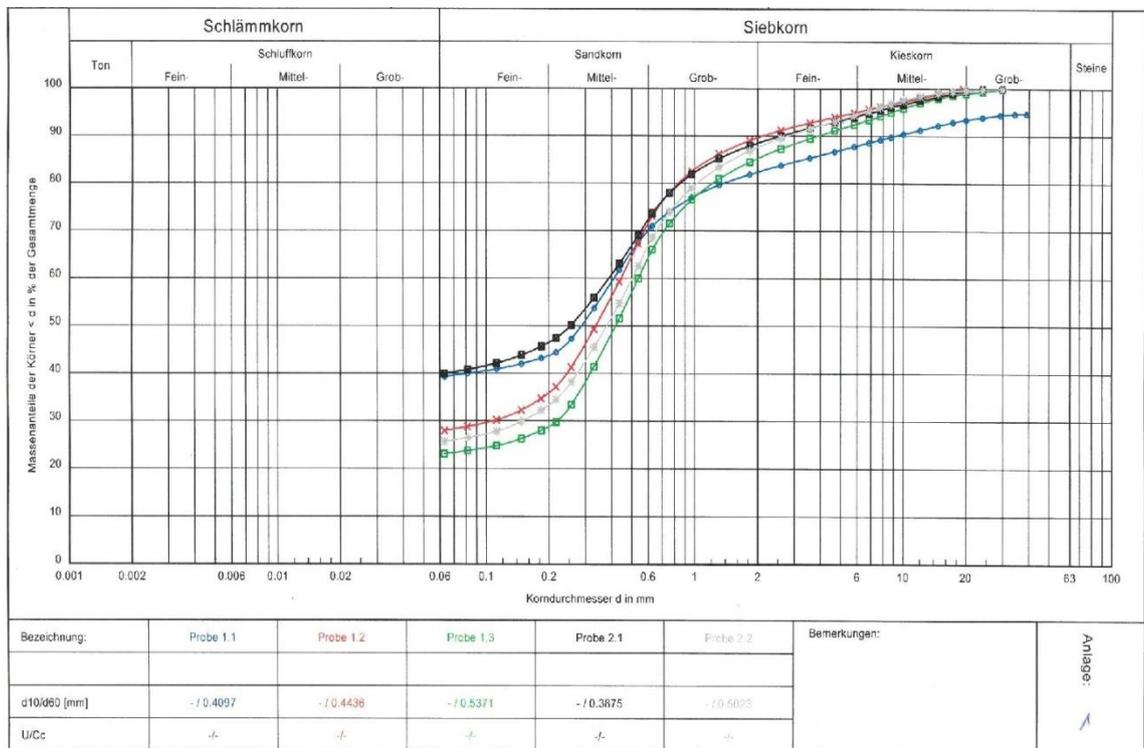


Abbildung 47. Die Kornverteilung beim Betriebsversuch

Monitoring

Der Standort ist innerhalb der nächsten Monate regelmäßig zu befahren, zu bewerten und Änderungen zu dokumentieren. Im März 2019, vor dem Anfang der Brutsaison, ist der Hügel auf der westlichen Seite mit dem Hydraulikbagger abzustechen (Abbildung 48), das abgetragene Material ist auf der Fläche zu verteilen und somit die Steilkante als Brutwand zu erstellen. Für den Schutz vom Wasser und das natürliche Aussehen ist der Hügel mit Forstkies vor dem Brutsaison abzudecken. Die Wirksamkeit des erstellten Habitats ist fortlaufend während der Brutsaison zu beobachten, erst dann kann final eine Bewertung der Gesamtmaßnahme erfolgen.

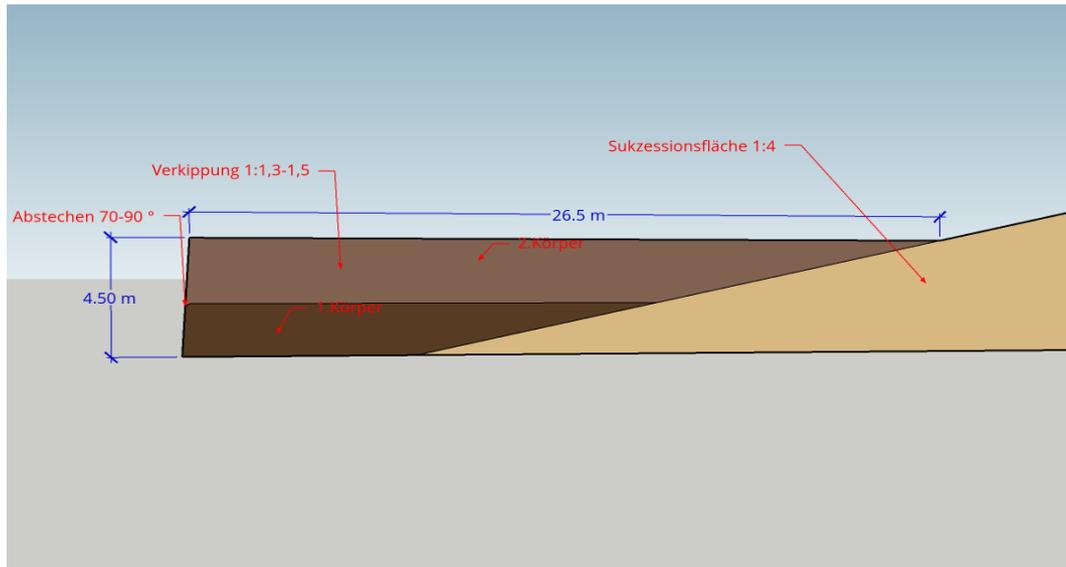


Abbildung 48. Sandschüttung an einer Böschung. Empfehlung zum Abstechen vor der Brutsaison (eigene Darstellung)

Sukzessionsfläche RHB 5 II.

In diesem Bereich wurden drei Steilkanten durch Abstechen mittels Hydraulikbagger erstellt. Für diese Brutwand war nur eine Voraussetzung zu erfüllen, die Herstellung sollte bei trockenem Wetter stattfinden.

Standort 1

- Länge 20 m, Höhe 2 m;
- Substrate: Sand mit hohem Kiesanteil
- Exposition: Nordosten;



Abbildung 49. Steilkante in der bestehenden Böschung. Standort

In diesem Standort konnte die festgelegte Höhe von 4 m wegen des hohen Kiesanteils und der Instabilität des Materials nicht erreicht werden.

Standort 2

- Länge 20 m, die Höhe ca. 3 m
- Substrate: Sand mit Kiesanteil
- Exposition: Südosten



Abbildung 50. Steilkante in der bestehenden Böschung. Standort 2

Standort 3

- Länge 20 m, die Höhe ca. 4-5 m
- Substrate: Sand
- Exposition: Nordwesten

Dieser Standort hat die größte Besiedlungschance, weil die entsprechende Dimension und Neigung erreicht wurde.



Abbildung 51. Steilkante in der bestehenden Böschung. Standort 3

Aufwand

Für die Herstellung jeder Brutwand wurden ungefähr 4 h gebraucht, wodurch der gesamte Zeitaufwand für 3 Standorte bei 12 h liegt. Die Kosten aller Standorten liegen demnach bei 1.080 €. Es bestand kein Bedarf das abgetragene Material abzutransportieren, deswegen wurde es als Haufwerk vor Ort belassen und wird als Biotop für andere Tierarten genutzt.

Monitoring

Die Standorte sind regelmäßig (besonders nach größeren Regenfällen) zu befahren, um die Standfestigkeit zu bewerten und Änderungen zu dokumentieren. Das Abstechen der Brutwand sollte dann frühestens wieder im Jahr 2020 notwendig sein, oder nach Bedarf. Die Wirksamkeit des erstellten Habitats ist fortlaufend während der Brutsaison zu beobachten, erst dann kann final eine Bewertung der Gesamtmaßnahme erfolgen.

Zusammenfassung

Die Braunkohle spielt eine wesentliche Rolle bei der Stromerzeugung in Deutschland und ist in vielen Bereichen beteiligt. Ein von größten Braunkohlevorkommen in Rheinischen Revier der Tagebau Hambach bedeckt rund 5 % des Strombedarfes im Land. Der Braunkohleabbau erfordert hier einen wesentlichen Aufwand, der auch mit Auswirkungen wie Entwässerung, Landinanspruchnahme und Immissionen auf die Umwelt einhergeht. Die Landinanspruchnahme ist ein Bestandteil für die sichere und kontinuierliche Erweiterung des Tagebaus, der gleichzeitig die Lebensräume der artenschutzrelevanten Arten betrifft und Verringerung der Artenvielfalt verursacht.

In vorliegender Diplomarbeit wurden die Optimierungsansätze zum Artenschutz und Erhöhung der Biodiversität in der Rekultivierung des Tagebau Hambach erarbeitet. Dafür wurden erst die heute geltenden Genehmigungsverfahren, bergrechtliche Zulassungsverfahren mit Fokus „Rekultivierung und Artenschutz“ ihre Planung im Unternehmen untersucht, sowie die freiwillige Biodiversitätsstrategie. Die Anpassung der artenschutzrechtlichen Belange in die Tagebauplanung ist durch Optimierung der Tagebauplanungsschritte möglich, d.h. durch Steuerung lang- und kurzfristige Tagebauplanungsebenen. Im Bereich der langfristigen Planung werden artenschutzrechtliche Belange eine Basis für den Abschlussbetriebsplan bilden, der zukünftige Rekultivierungsgestaltung regelt. Auf der kurzfristigen Planungsebene, hier werden die Geräteeinsatzpläne unter Berücksichtigung der Belange erstellt und sofort im Betrieb umgesetzt.

Zur Wirksamkeitsprüfung dieser Optimierungsansätze wurden die Maßnahmen für die betroffene Leitart „Uferschwalbe“ in der Rekultivierung des Tagebaus Hambach konzipiert, diese sind auf die Forderung, Erhaltung und Schutz dieser Art gezielt. Für die Uferschwalbe benötigte Steilkante wurde in mehreren Schritten ausgearbeitet. Für die Herstellung des Bruthabitats wurden erst die Lebensraumanforderungen von Uferschwalben untersucht, die als eine Grundlage für weitere Konzipierung dienten. Entsprechend den Anforderungen an die Umgebung und Brutwand wurde die Rekultivierung des Tagebaus Hambach erst auf Eignung als potentielle Standort geprüft, dafür wurden bereits existierende sowie in der Zukunft entstehende Flächen bewertet. Für die Herstellung des Ausweichlebensraums wurden meist passende Standorte ausgewählt: 50 ha Mulde Ist, 50 ha Mulde Zukunft und Sukzessionsfläche

Regenrückhaltebecken 5.II. Für jeden geeigneten Standort wurden aus technischer Sicht umsetzbare Brutwandtypen abgestimmt, für die Kostenschätzungen, Geräte- und Materialbedarf berechnet wurden, woraus resultierend die Maßnahmen zur Realisierung entstanden sind. Die Planung und Realisierung erfolgten in Abstimmung mit zuständigen Bereichen im Tagebau.

In der Rekultivierung des Tagebaus Hambach sind zwei potentieller Habitate für Uferschwalben in den Standorten Sukzessionsflächen Regenrückhaltebecken 5.II und 50 ha Mulde Zukunft gestaltet worden. Die Herstellung dieser Nistbiotope in der Rekultivierung ist für viele weiteren Arten als Primär- und Sekundärlebensraum von großer Bedeutung, da die Steilwand ein potentieller Lebensraum nicht nur für Uferschwalben ist, sondern für weitere ca. 400 Arten. Der Erfolg hergestellten Standorten kann erstmal nach der Brutsaison 2019 bewertet werden.

Literaturverzeichnis

- /1/ Bachmann, S. et al.: *Leitfaden zur Förderung der Uferschwalbe in der Schweiz. Praktische Tipps*. Uttigen, 2008
- /2/ Bezirksregierung Arnsberg: *Die bergbehördlichen Richtlinien für die landwirtschaftliche Rekultivierung von Braunkohletagebauen*. Von Bezirksregierung Arnsberg: http://esb.bezreg-arnsberg.nrw.de/a_2/a_2_029/a_2_029_010/index.html abgerufen, Stand: Juni 2012
- /3/ Bezirksregierung Arnsberg: *Leitlinie über den Stand der Technik beim Lärmschutz in Braunkohlentagebauen in NRW*. Von http://esb.bezreg-arnsberg.nrw.de/a_2/a_2_025/a_2_025_001/a_2_025_002_002.html abgerufen, Arnsberg, Stand: März 2016
- /4/ Bezirksregierung Köln: *Luftreinhalteplan des Tagebaus Hambach*. Köln, 2012
- /5/ Bundesministerium der Justiz und Verbraucherschutz: *Gesetz über Naturschutz und Landschaftspflege (Bundesnaturschutzgesetz)*. Von Bundesministerium der Justiz und Verbraucherschutz Von JURIS: https://www.gesetze-im-internet.de/bnatschg_2009/BJNR254210009.html abgerufen, Stand: Juli 2009
- /6/ Buttermann, H. G., & Baten, T.: *Bedeutung der Braunkohlenindustrie in Deutschland- sektorale Produktions- und Beschäftigungseffekte*. Münster: EEFA Forschungsinstitut, 2011
- /7/ DEBRIV: *Braunkohle. Energie mit Strategie*. Köln: Bundesverband Braunkohle DEBRIV, 2013
- /8/ DEBRIV: *Braunkohle in Deutschland. Daten und Fakten 2017*. Berlin: Bundesverband Braunkohle DEBRIV, 2018
- /9/ Drebenstedt, C., & Kuyumcu, M.: *Braunkohlesanierung*. Berlin Heidelberg: Springer Verlag, 2014
- /10/ Eßer, G.: *Förderung der Biodiversität in der Rekultivierung des Rheinischen Braunkohlereviere*. In: *World of Mining*, Juni 2017, S. 327-334,
- /11/ Forschungsstelle Rekultivierung: *Handbuch zur Rekultivierung im Rheinischen Braunkohlenrevier Teil I*. Bergheim: Forschungsstelle Rekultivierung, 2011 a
- /12/ Forschungsstelle Rekultivierung: *Handbuch zur Rekultivierung im Rheinischen Braunkohlenrevier Teil II*. Bergheim: Forschungsstelle Rekultivierung, 2011 b
- /13/ Geologisches Landesamt NRW: *Tagebau Hambach und Umwelt*. Krefeld: Geologisches Landesamt Nordrhein- Westfalen, 1977

- /14/ Hars, U.: *Die Uferschwalbe (Riparia riparia)*. Von <http://starnberg.lbv.de/ornithologisches/vogelportraits/singvoegel-n-z/ufereschwalbe.html> am 18.09.2018 abgerufen, ohne Jahresangabe (o.J.)
- /15/ Heidelberger Sand und Kies: *Artenschutzprogramm Uferschwalbe*. Von Heidelberger Sand und Kies, Heidelberg Zement Group : <https://www.heidelbergcement.de/de/sand-kies/artenschutzprogramm-ufereschwalbe> am 22.09.2018 abgerufen, ohne Jahresangabe (o.J.)
- /16/ Hubertus, B.: *Die Bedeutung der Braunkohle in Deutschland*. In: IW- Trends, 2012, S. 8-10.
- /17/ Kaltenbach, E., & Maaßen, U.: *Braunkohle*. Berlin, Bergheim: Bundesverband Braunkohle DEBRIV e.V.,2018
- /18/ Kaltenbach, E., & Milojcic, G. : *Durchdacht vom Anfang bis zum Ende- Gewährleistung einer geordneten Wiedernutzbarmachung in der Braunkohlenindustrie*. In: World of Mining, März 2017, S. 153-164.
- /19/ Klaeßen, C.: *Rheinisches Braunkohlerevier im Überblick*. Von <http://gudrun-zentis.de/blog/2013/11/06/rheinisches-braunkohlerevier-im-ueberblick/> am 08.08.2018 abgerufen, November 2013
- /20/ KÖLNER BÜRO für FAUNISTIK; INSTITUT FÜR TIERÖKOLOGIE UND NATURBILDUNG: *Artenschutzrechtlicher Fachbeitrag für die Prüfung nach §§ 44 ff. BNatSchG sowie zum 2. Rahmenbetriebsplan für die Fortführung des Tagebaus Hambach von 2020 bis 2030*. Köln / Gonterskirchen,2011
- /21/ Landesoberbergamt Nordrhein-Westfalen: *Erlaubnis für die Sümpfung Tagebau Hambach*. Köln, 1999
- /22/ Landesoberbergamt NRW: *Richtlinien für das Aufbringen von kulturfähigem Bodenmaterial bei forstlicher Wiedernutzbarmachung für die im Tagebau betriebenen Braunkohlenbergwerke*. Von Bezirksregierung Arnsberg: http://esb.bezreg-arnsberg.nrw.de/a_2/a_2_029/a_2_029_003/a_2_029_003_001.html abgerufen, Stand: Dezember 1996
- /23/ Landesregierung NRW: *Braunkohleplan Teil 12/1-Hambach*. Köln: Landesregierung NRW 1977
- /24/ LANUV NRW: *Die Brutvögel*.Recklingshausen: Landesamt für Umwelt, Natur und Verbraucherschutz NRW; Nordrhein-Westfälische Ornithologengesellschaft, 2013
- /25/ LANUV NRW: *Geschützte Arten in Nordrhein-Westfalen*. Recklinghausen: Landesamt für Umwelt, Natur und Verbraucherschutz NRW, 2016
- /26/ LANUV.:Staubniederschlag.Von LANUV.nrw.de: <https://www.lanuv.nrw.de/umwelt/luft/immissionen/staubniederschlag/>,am 14.09.2018 abgerufen, Stand: 2018

- /27/ Maaßen, U., & Schiffer, H.-W.: *Braunkohle in Deutschland*. Berlin: Bundesverband Braunkohle DEBRIV, 2017
- /28/ Maaßen, U., & Schiffer, H.-W.: *Die deutsche Braunkohlenindustrie 2017*. In: *World of Mining*, März 2018, S. 156-158.
- /29/ Oberverwaltungsgericht für das Land Nordrhein-Westfalen: *Hambacher Forst darf vorläufig nicht gerodet werden*. Von Justiz- online http://www.ovg.nrw.de/behoerde/presse/pressemitteilungen/46_181005/index.php am 09.11.2018 abgerufen, Stand: Oktober 2018
- /30/ Pannach, G.: *Die Uferschwalbe*. 1. Auflage, Hohenwarsleben: Westarp-Wissenschaften, 2006
- /31/ Rheinbraun: *Abschlussbetriebsplan für die Oberflächengestaltung und Wiedernutzbarmachung der Innenkippenüberhöhung für den Zeitraum 1993-2015 vom 20.01.11 Teil I*, Köln, 1992
- /32/ RWE Power AG. *Arbeitskreis "Optimierung der Wiedernutzbarmachung im Tagebau Hambach"*. Interne Unterlage, Köln, 2005
- /33/ RWE Power AG: *Abschlussbetriebsplan für die Oberflächengestaltung und Wiedernutzbarmachung der Innenkippenüberhöhung für den Zeitraum 1993-2015 vom 20.01.119 Teil I, 3. Änderung und Ergänzung bis 2020*. Köln, 2011a
- /34/ RWE Power AG: *Sonderbetriebsplan betreffend die artenschutzlichen Beläge bei der Fortführung des Tagebaus Hambach*. Köln: RW, 2011b
- /35/ RWE Power AG. *Rahmenbetriebsplan für die Fortführung des Tagebaues Hambach im Zeitraum 2020-2030*.
Von <http://www.rwe.com/web/cms/mediablob/de/1232522/data/60012/2/rwe-power-ag/energetraeger/braunkohle/standorte/tagebau-hambach/Wesentliche-Inhalte.pdf> am 31.08.2018 abgerufen, Stand: 2014
- /36/ RWE Power AG: *Vergrümmungsmaßnahmen im Bereich des Tagebaus Hambach für das Jahr 2017*. Interne Unterlage, 2017
- /37/ RWE Power AG: *Hauptbetriebsplan für Tagebau Hambach für Zeitraum 2018-2020*. Niederzier: RWE Power AG, 2018 b
- /38/ RWE Power AG.: *Tagebau Hambach*, Broschüre, Von RWE.com: <https://www.rwe.com/web/cms/mediablob/de/235948/data/0/3/Tagebau-Hambach.pdf> abgerufen, Köln, Essen, 2018 c
- /39/ RWE Power AG: *Staubniederschlagsmessungen in Rheinischen Revier, Tagebau Hambach*. Von RWE.com: <https://www.group.rwe.com/our-portfolio/leistungen/betriebsstandorte-finden/umweltmessungen/> am 27.08.2018 abgerufen, Stand: 2018 a
- /40/ RWE Power AG: *Landinanspruchnahme, Betriebsfläche und Wiedernutzbarmachung in Rheinischen Revier*. Interne Unterlage. Köln, 2018 d

- /41/ RWE Power AG, Büro raskin: *Biodiversitätsstrategie in der Rekultivierung*. Aachen, 2015
- /42/ RWE Power AG: *Großgeräteinsatz. Absetzer*. unveröffentlicht, ohne Jahresangabe
- /43/ RWE Power AG: *Handbuch für den Einsatz von Schaufelradbaggern*. unveröffentlicht. 8. Auflage. Inden, 2009
- /44/ Schiffer, S.: *Rinnenerkundung im Tagebau Hambach mittels geoelektrischer Methoden*. Masterarbeit. RWTH Aachen, 2013
- /45/ Stoll, R. D., Niemann-Delius, C., Drebenstedt, C., & Müllensiefen, K.: *Der Braunkohletagebau*. 1. Auflage, Berlin, Heidelberg: Springer Verlag, 2009
- /46/ Uttich, R.: *Braunkohle, ein flexibler Allrounder*. In: World of Mining, März 2018, S. 167-174.

Anlagenverzeichnis

Anlage 1. Die potentiellen Standorte in der Rekultivierung des Tagebaus Hambach.....	100
Anlage 2. Bestimmung der Leistung von Erdbaugeräten	101
Anlage 3. Die Bodenproben aus den Niststandorten im Tagebau Hambach.....	104

Anlage 2. Bestimmung der Leistung von Erdbaugeräten

lm³ -lose Masse

fm³ - feste Masse

Hydraulikbagger:

Die Leistung der Bagger wird nachfolgenden Formel bestimmt:

$$Q = V \times AT/h \quad (1)$$

Q	-	lm ³ /h
V Löffelinhalt	-	lm ³
AT/h	-	Arbeitstakte pro h

Kettenbagger mit 170 KW (231 PS)

Löffelinhalt: 1,5 m³

Entladebedingungen: schwierig

Material: Sand mit bindigen Anteilen, Bkl.4

Löffelfüllungsgrad: 90 %

Hubhöhe: bis 6,0 m

Nutzungsfaktor: 40 min = 67 %

1. Effektiver Löffelinhalt:

$$V = 1,5 \text{ lm}^3 * 0,9 \text{ Löffelfüllungsgrad} = \mathbf{1,35 \text{ lm}^3}$$

2. Arbeitstaktzeit

$$\mathbf{ATZ = Basis ATZ + Zeitzuschläge = 0,45 \text{ min}}$$

Basis abhängig von Geräteklasse: 0,30 min

Zeitzuschlag:

- für Bodenklasse: 0,03 min
- Hubhöhe: 0,06 min
- Vorsichtiges Entladen: 0,06 min

3. Arbeitstakte pro h

$$40 \text{ min} / 0,45 \text{ min} = \mathbf{89 \text{ AT/h}}$$

4. Effektive Leistung

$$\mathbf{Q = 120, 15 \text{ lm}^3/\text{h}}$$

Radlader:

Motorleistung: 246 kW/ 333 PS

Schaufelinhalt: 4,6 m³

Material: Bkl.4

Füllungsgrad: 90 %

Entladungsbedingungen: LKW- Beladung

Nutzungsfaktor: 50 min = 83 %

1. Effektive Schaufelinhalt:

$$\mathbf{V = 4,14 \text{ lm}^3}$$

2. ATZ

- Basis abhängig von Geräteklasse: 0,50 min

- LKW- Beladung: 0,05 min

ATZ = 0,55 min

3. Arbeitstakte pro h

50 min / 0,55 min = **90 AT/h**

4. Effektive Leistung

Q = 372 lm³/h

Dumper:

Die Leistungsberechnung erfolgt:

$$Q = V(I) \times AT/h \quad (2)$$

Q	-	lm ³ /h
V	-	lm ³
Muldeninhalt		
AT/h	-	Arbeitstakte pro h

Dumper mit Muldeninhalt: 17 m³

Fahrgeschwindigkeit: 22 km/h

Material: Bkl. 4

Füllungsgrad: 90 %

Entfernung: 3000 m

Nutzungsfaktor: 50 min = 83 %

Radlader: effektive Füllung 4,14 m³

1. ATZ

- Manövrierzeit: 0,3 min

- Beladezeit: 1,75 min

Radlader: Zeit pro Ladespiel 0,55 min

15,3 m³ / 4,14 m³ = 4 Spiele

1. Ladespiel = 0,1 min

3. Ladespiele = 1,65 min

- Transportzeit (Hin- und Rückfahrt): 16,4 min

- Manövrieren und Entladen: 1,2 min

ATZ = 19,65 min

2. Arbeitstakte pro h

50 min / 20,2 min = **2,55 AT/h**

3. Effektiver Muldeninhalt:

V = 4 × 0,9 × 4,14 = 15 lm³

4. Leistung

Q = 38 lm³/h

Kettendozer:

Die Leistung der Bagger wird nachfolgenden Formel bestimmt:

$$Q = V \times AT/h \quad (3)$$

Q	-	lm ³ /h
---	---	--------------------

V Schildinhalt - lm^3
 AT/h - Arbeitstakte
 pro h

Schubweg: 20 m
 Schildinhalt US-Schild: $6,5 \text{ m}^3$
 Schildfüllungsgrad: 90%
 Nutzungsfaktor: 50 min = 83%
 Abkippen: über Kante
 Fahrer: durchschnittlich
 ATZ: 0,54 min
 1. Arbeitstakte pro h

$$50 \text{ min} / 0,54 \text{ min/AT} = \mathbf{93 \text{ AT/h}}$$

2. Schildfüllung
 $V = 6,5 \text{ m}^3 \cdot 0,9 = \mathbf{5,85 \text{ lm}^3}$

3. Leistung pro h
 $Q = \mathbf{545 \text{ lm}^3/\text{h}}$

Walze:
 Wirksame Arbeitsbreite = 2130 mm
 Arbeitsgeschwindigkeit = 5 km / h

$$Q = \frac{V \times b \times h}{z} \tag{4}$$

h-Schichtdicke
 z- Zahl der Übergänge

$$Q = \frac{5000 \frac{\text{m}}{\text{h}} \times 2 \text{ m} \times 0,4}{3} = 1.333,3 \text{ fm}^3/\text{h}$$

$$\text{lm}^3 = 1.333,3 \times \frac{(100 + 25)}{100} = 1.666,6$$

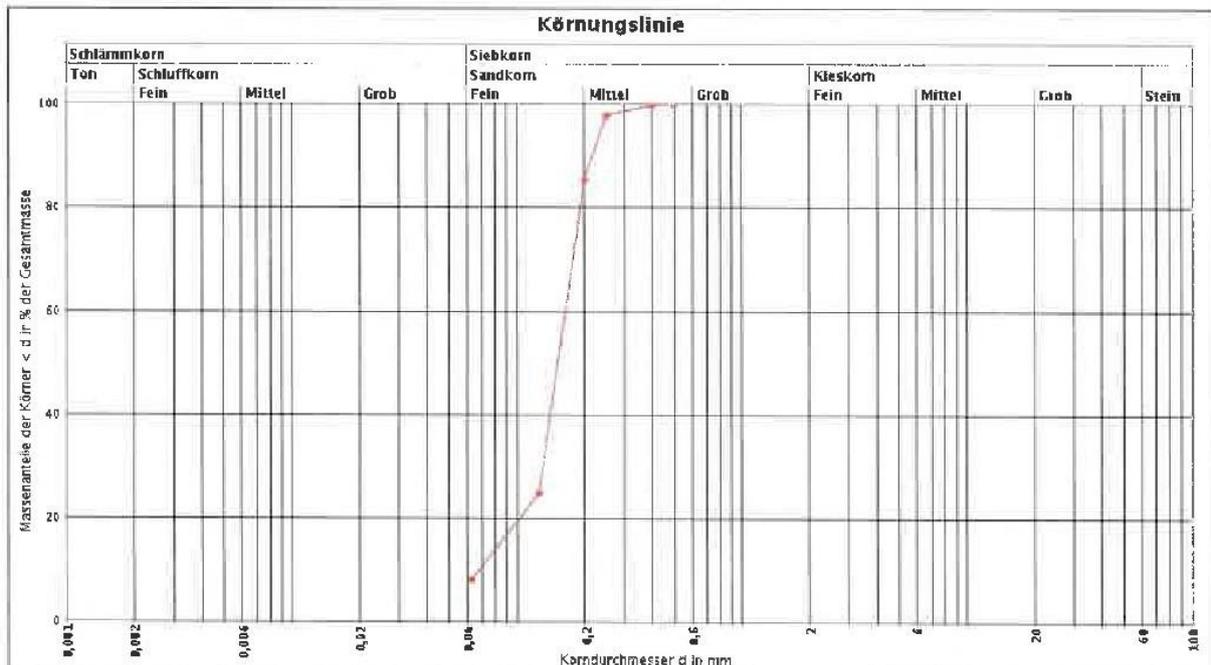
$$Q = \mathbf{1.666,6 \text{ lm}^3/\text{h}}$$

Anlage 3. Die Bodenproben aus den Niststandorten im Tagebau Hambach

Die Ergebnisse der Bodenproben aus den zwei Niststandorten in der Nordrandböschung

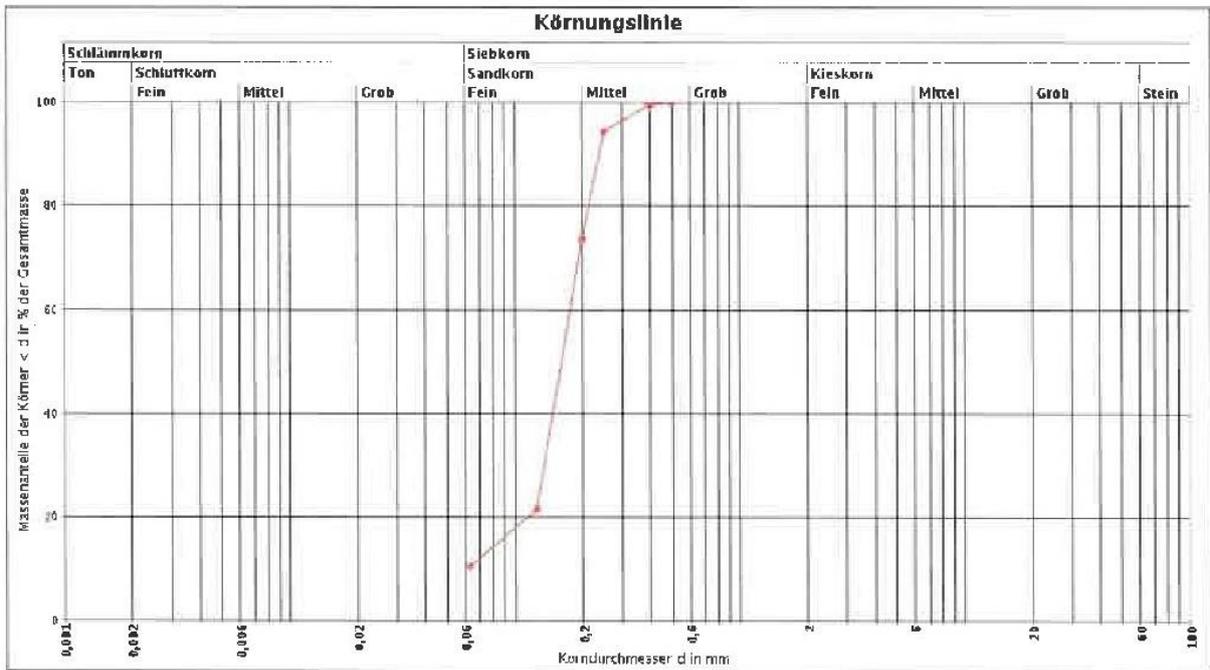
Probe 1.

Gesamtmasse 230,11 [g]			Kohleabrieb [g]			Gesamtmasse korrigiert 230,11 [g]				
Siebung									Ergebnisse	
Einwaage Siebkorn 230,11 [g]			Siebverlust 0,00 %			Bemerkung			d10 =	0,068 mm
Siebweite	Rückst. [g]	Durchg. [%]	Siebweite	Rückst. [g]	Durchg. [%]	Siebweite	Rückst. [g]	Durchg. [%]	d15 =	0,083 mm
0,500	0,0	100,0							d30 =	0,130 mm
0,400	0,5	99,8							d50 =	0,152 mm
0,250	5,1	97,8							d80 =	0,164 mm
0,200	33,9	85,3							d85 =	0,200 mm
0,125	172,8	24,9							$C_u = 2,4$	$C_c = 1,5$
0,063	211,2	8,2							Bodenart: fs, ms-, u-	
									Grobkies	0,0 %
									Mittelkies	0,0 %
									Feinkies	0,0 %
										0,0 %
									Grobsand	0,0 %
									Mittelsand	14,7 %
									Feinsand	77,0 %
										91,8 %
									Schluff + Ton	8,2 %



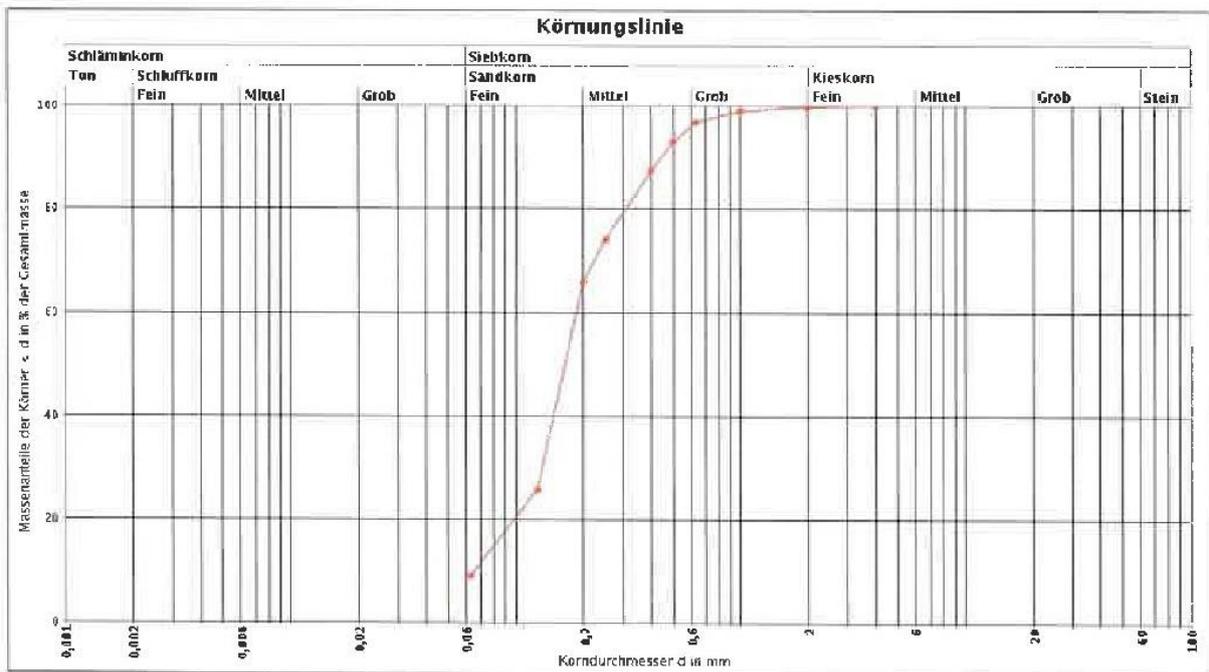
Probe 2.

Gesamtmasse 304,96 [g]			Kohleabrieb [g]			Gesamtmasse korrigiert 304,96 [g]				
Siebung									Ergebnisse	
Einwaage Siebkorn 304,96 [g]			Siebverlust 0,00 %			Bemerkung			d10 =	mm
Siebweite	Rückst. [g]	Durchg. [%]	Siebweite	Rückst. [g]	Durchg. [%]	Siebweite	Rückst. [g]	Durchg. [%]	d15 =	0,083 mm
0,500	0,0	100,0							d30 =	0,135 mm
0,400	1,3	99,6							d50 =	0,162 mm
0,250	17,1	94,4							d60 =	0,177 mm
0,200	80,7	73,5							d85 =	0,226 mm
0,125	238,9	21,7							C _u =	C _c =
0,063	273,0	10,5							Bodenart:	
									fs, ms, u-	
									Grobkies	0,0 %
									Mittelkies	0,0 %
									Feinkies	0,0 %
										0,0 %
									Grobsand	0,0 %
									Mittelsand	26,5 %
									Feinsand	63,1 %
										89,5 %
									Schluff + Ton	10,5 %



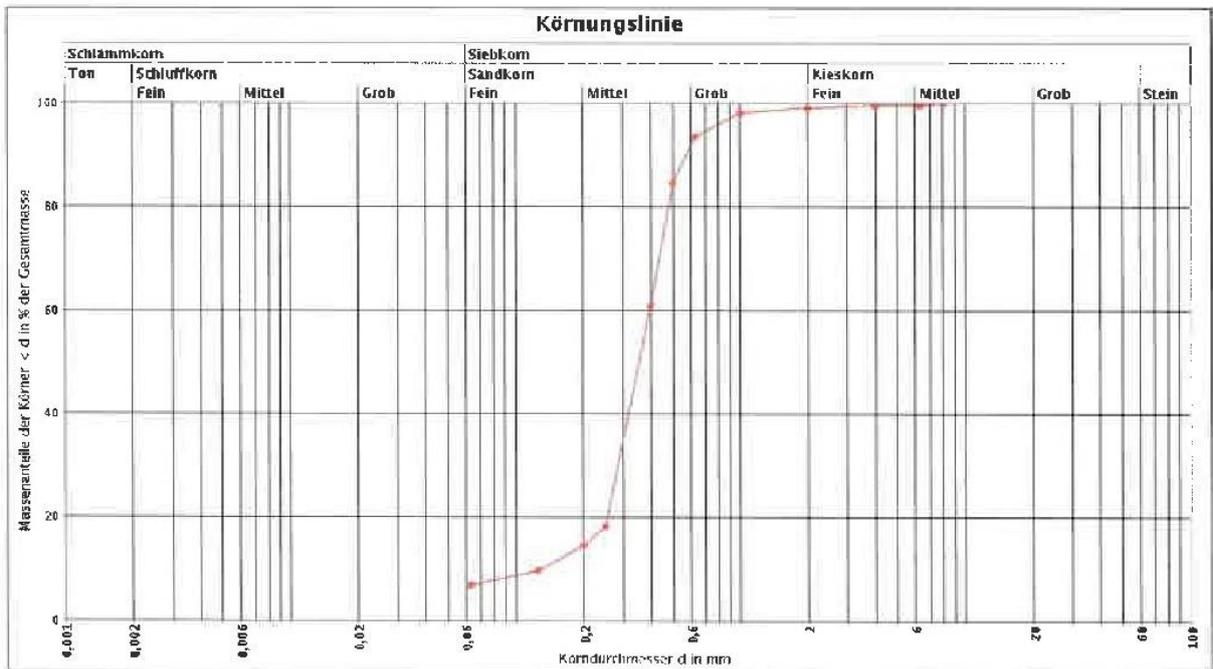
Probe 3.

Gesamtmasse 220,15 [g]			Kohleabrieb [g]			Gesamtmasse korrigiert 220,15 [g]				
Siebung									Ergebnisse	
Einwaage Siebkorn 220,15 [g]			Siebverlust 0,00 %			Bemerkung				
Siebweite	Rückst. [g]	Durchg. [%]	Siebweite	Rückst. [g]	Durchg. [%]	Siebweite	Rückst. [g]	Durchg. [%]		
4,000	0,0	100,0							d10 =	0,065 mm
2,000	0,6	99,7							d15 =	0,080 mm
1,000	2,2	99,0							d30 =	0,131 mm
0,630	7,0	96,8							d50 =	0,166 mm
0,500	15,4	93,0							d60 =	0,187 mm
0,400	27,7	87,4							d85 =	0,367 mm
0,250	57,2	74,0							$C_u =$	2,9
0,200	75,1	65,9							$C_c =$	1,4
0,125	163,4	25,8							Bodenart:	
0,063	200,0	9,1							fS, ms+, u-	
									Grobkies	0,0 %
									Mittelkies	0,0 %
									Feinkies	0,3 %
										0,3 %
									Grobsand	2,9 %
									Mittelsand	30,9 %
									Feinsand	56,8 %
										90,6 %
									Schluff + Ton	9,1 %



Probe 4.

Gesamtmasse 424,18 [g]			Kohleabrieb [g]			Gesamtmasse korrigiert 424,18 [g]				
Siebung									Ergebnisse	
Einwaage Siebkorn 424,18 [g]			Siebverlust 0,00 %			Bemerkung			d10 =	0,129 mm
Siebweite	Rückst. [g]	Durchg. [%]	Siebweite	Rückst. [g]	Durchg. [%]	Siebweite	Rückst. [g]	Durchg. [%]	d15 =	0,205 mm
8,000	0,0	100,0							d30 =	0,284 mm
6,300	2,0	99,5							d50 =	0,354 mm
4,000	2,2	99,5							d60 =	0,395 mm
2,000	4,0	99,1							d85 =	0,505 mm
1,000	8,2	98,1							$C_u = 3,1$	$C_c = 1,6$
0,630	27,2	93,6							Bodenart:	
0,500	85,2	84,6							mS, fs-, u-, gs-,	
0,400	164,9	61,1							Grobs Kies	0,0 %
0,250	346,8	18,2							Mittels Kies	0,5 %
0,200	362,3	14,6							Fein Kies	0,5 %
0,125	383,2	9,7								0,9 %
0,063	395,1	6,9							Grobsand	5,5 %
									Mittelsand	79,0 %
									Feinsand	7,7 %
										92,2 %
									Schluff + Ton	6,9 %



Probe 5.

Gesamtmasse 3.505,00 [g]			Kohleabrieb [g]			Gesamtmasse korrigiert 3.505,00 [g]				
Siebung									Ergebnisse	
Einwaage Siebkorn 3.505,00 [g]			Siebverlust 0,00 %			Bemerkung				
Siebweite	Rückst. [g]	Durchg. [%]	Siebweite	Rückst. [g]	Durchg. [%]	Siebweite	Rückst. [g]	Durchg. [%]		
16,000	0,0	100,0							d10 =	0,266 mm
10,000	44,0	98,7							d15 =	0,298 mm
8,000	69,0	98,0							d30 =	0,420 mm
6,300	93,0	97,3							d50 =	0,614 mm
4,000	191,0	94,6							d60 =	0,767 mm
2,000	471,0	86,6							d85 =	1,862 mm
1,000	1.003,0	71,4							$C_u = 2,9$	$C_c = 0,9$
0,630	1.698,0	51,5							Bodenart:	
0,500	2.187,0	37,6							mS, gs+, fg-, u-	
0,250	3.251,0	7,2							Grobkies	0,0 %
0,200	3.297,0	5,9							Mittkies	2,7 %
0,125	3.318,0	5,3							Feinkies	10,8 %
0,063	3.337,0	4,8								13,4 %
									Grobsand	35,0 %
									Mittelsand	45,6 %
									Feinsand	1,1 %
										81,8 %
									Schluff + Ton	4,8 %

