

The background of the image is a minimalist abstract composition. It features a large, light-colored triangular shape in the upper left, a smaller one in the upper right, and a dark, textured triangular shape at the bottom left. The upper portion of the image is filled with a cloudy, grey-blue sky. The overall aesthetic is clean and modern.

ground up

Grubenwasserreinigungsanlage
für Duhamel

Marlene Fromm

ground up

Grubenwasserreinigungsanlage
für Duhamel

Diplomarbeit

eingereicht an der Leopold-Franzens-Universität Innsbruck, Fakultät für Architektur
zur Erlangung des akademischen Grades Diplom-Ingenieurin

Betreuer

Dr. Dipl. Ing. Clemens Plank, Institut für Gestaltung
Prof. Dr. habil. Christian Wolkersdorfer, Tshwane University of Technology, South Africa
Research Chair for Acid Mine Drainage Treatment

Innsbruck, November 2020



Abstract

In the former coal mining areas in the western German state of Saarland, 19 million m³ of mine water are pumped to the surface every year. For geotechnical reasons, the continuous cleansing of the underground water accumulation is necessary even after the operations have been shut down. This process is called mine water management. Massive pumps, which consume tremendous amounts of electricity, are used to move the water masses. Water management is currently being carried out at five locations in Saarland. Mine water is a socially controversial issue in the affected areas. However, in the long term it is to be merged at a single location:

the former Duhamel colliery near Ensdorf. Here, the mining company RAG wants to set up a purification system for the contaminated water. In this master's thesis, a concept for the redesign of this pit water purification system is elaborated, which not only takes up the technical optimization within the architectural design, but also the socio-logical effects on the residents of the neighbouring community. *ground up* creates a place that invites people and communicates with them. A place that deals responsibly with the heritage of mining and wants to create acceptance through transparency.

In ehemaligen Kohleabbaugebieten im westdeutschen Bundesland Saarland werden jährlich 19 Mio. m³ Grubenwasser zu Tage gepumpt. Aus geotechnischen Gründen ist die kontinuierliche Reinigung der unterirdischen Wasseransammlungen auch nach Stilllegung der Betriebe notwendig - genannt Wasserhaltung. Zur Förderung der Wassermassen werden riesige Pumpen eingesetzt, die enorme Mengen an Strom verbrauchen. Aktuell wird die Wasserhaltung im Saarland an fünf Standorten durchgeführt. Langfristig soll sie jedoch auf einen einzelnen Standort zusammengelegt werden: das ehemalige Zechengelände Duhamel bei Ensdorf. Grubenwasser ist in den betroffenen Gebieten ein sozial umstrittenes Thema.

Für das verunreinigte Wasser will die Bergbaugesellschaft RAG hier eine Reinigungsanlage errichten.

In dieser Masterarbeit wird ein Lösungskonzept für die Neugestaltung dieser Grubenwasserreinigungsanlage ausgearbeitet, welches nicht nur die technische Optimierung innerhalb der architektonischen Gestaltung, sondern darüber hinaus die soziologischen Auswirkungen auf die Bewohner der Nachbarschaft aufgreift. *ground up* schafft einen Ort, der die Menschen einlädt und mit ihnen kommuniziert. Ein Ort, der verantwortungsbewusst mit dem Erbe des Bergbaus umgeht und durch Transparenz Akzeptanz schaffen will.

INHALTSVERZEICHNIS

EINLEITUNG

9

HINTERGRUND & ANALYSE

11

DER BERGBAU UND SEINE FOLGEN

GESCHICHTE DES BERGBAUS	15
ROHSTOFFVORKOMMEN DEUTSCHLAND	17
BERGHALDEN	19
BERGMANNSHALDE GÖTTELBORN	20
BERGMANNSHALDE LYDIA CAMPHAUSEN	21
HALDE GRÜHLINGSTRASSE	22
BERGMANNSHALDE VIKTORIA PÜTTLINGEN	23
BERGEHALDE DUHAMEL	24
EWIGKEITSLASTEN	27
GRUBENWASSER	29
REINIGUNGSVERFAHREN DES GRUBENWASSERS	35
DREISTUFIGES PASSIVES SYSTEM	36
STUFE 1 - PASSIVE OXIDATION	37
STUFE 2 - ABSETZBECKEN	38
STUFE 3 - AEROBES FEUCHTGEBIET	41

13

DAS SAARLAND	43
GESCHICHTE	44
BERGBAU IM SAARLAND	46
BERGBAU IM SOZIOÖKONOMISCHEN KONTEXT	48
WASSERHALTUNGSKONZEPT SAARLAND	49
PROBLEMATIK IN DER GESELLSCHAFT	53
EXKURS INDUSTRIEKULTUR: DEUTSCHE INDUSTRIEOLGELANDSCHAFTEN	55
ARCHITEKTONISCHER KONTEXT	56
ZECHE ZOLLVEREIN	59
WASSERGARTEN REDEN	61
WELTKULTURERBE VÖLKLINGER HÜTTE	63
LANDSCHAFTSPARK DUISBURG	65

PROJEKT

67

BAUPLATZ - BERGEHALDE DUHAMEL

71

VERORTUNG UND UMGEBUNG	73
------------------------	----

AKTUELLER ZUSTAND	79
-------------------	----

TECHNISCHE ANFORDERUNGEN	83
--------------------------	----

GROUND UP - KONZEPT FÜR EINE NEUE GRUBENWASSERREINIGUNGSANLAGE

85

ARCHITEKTONISCHES KONZEPT	88
---------------------------	----

MATERIALIEN	91
-------------	----

ENTWURF

97

LAGEPLAN	99
----------	----

SCHNITT C	101
-----------	-----

GRUNDRISS	103
-----------	-----

SCHNITT A	105
-----------	-----

SCHNITT B	107
-----------	-----

DARSTELLUNGEN	109
---------------	-----

ANLAGEN	133
LITERATURVERZEICHNIS	135
ABBILDUNGSVERZEICHNIS	137

Manchmal geschehen große Dinge ganz leise. Wie zum Beispiel das Ende des Steinkohlebergbaus in Deutschland. 2018 wurde mit Prosper-Haniel im Ruhrgebiet die letzte Zeche geschlossen. Belastungen durch die Überreste dieser Anlagen bleiben - genannt Ewigkeitslasten. Deutschland war eines der großen Bergbauländer in Europa. Die enormen Auswirkungen dieser Ära sind heute noch in vielen Bereichen deutlich spürbar.

Das Ruhrgebiet, Ibbenbüren und das Saarland waren die größten Abaugebiete Deutschlands. Durch den Kohleabbau wurden diese Gebiete sowohl sozial als auch ökonomisch geprägt. Die Stilllegung der Betriebe bedeutet für

die Regionen den Beginn eines neuen Zeitalters. Ein Strukturwandel steht bevor.

Es stellt sich die Frage, wie künftig mit der sich verändernden Arbeitssituation, den baulichen Überresten, den Folgeschäden, der sich verändernden Gesellschaft und Kultur umgegangen wird.

Obwohl die Probleme ähnlich sind, hat jedes Gebiet seinen individuellen Umgang mit der Thematik: Ibbenbüren lebt von der Neugestaltung und Umnutzung, im Ruhrgebiet hält man am Kulturgut fest und schafft Denkmäler, während im Saarland kaum öffentliches Interesse besteht bzw. das Thema kritisch beäugt wird..

Hintergrund & Analyse

Der Bergbau und seine Folgen

Geschichte des Bergbaus



Abb. 01 Geschichte des Bergbaus

Der Beginn des Bergbaus reicht bis etwa 4000 Jahre v. Chr. zurück, als der Mensch begann sich die vielseitigen Bodenschätze unserer Erde zu Nutze zu machen. Bis in das 19. Jahrhundert wurden vornehmlich Kupfer, Blei, Silber und Eisen gefördert. Durch die industrielle Revolution rückte der Fokus auf Kohle und Eisen - einer der treibenden Faktoren Deutschlands Aufstieg zur Weltwirtschaftsmacht. Während Braunkohle meist nahe der Erdoberfläche vorkommt und somit im Tagebau abgebaut werden kann, befindet sich Steinkohle in tiefliegenden Erdschichten und muss

unter Tage abgebaut werden. Mehrere hundert Millionen Tonnen wurden jährlich an die Erdoberfläche transportiert, ein tausende Kilometer langes Tunnel- und Streckennetz mit etwa 14.800 Schachtanlagen bleibt zurück.¹ Ein weiteres Nebenprodukt der Kohleförderung, nachdem das rohe Material separiert und gewaschen wurde, sind Flotationsberge oder Waschberge. Diese Ansammlungen von nicht verwertbarem Aushubmaterial werden als Berghalden bezeichnet. Von weitem gut

¹ Steinkohle - Förderung in Deutschland bis 2018 veröffentlicht von M. Hohmann, 09.08.2019

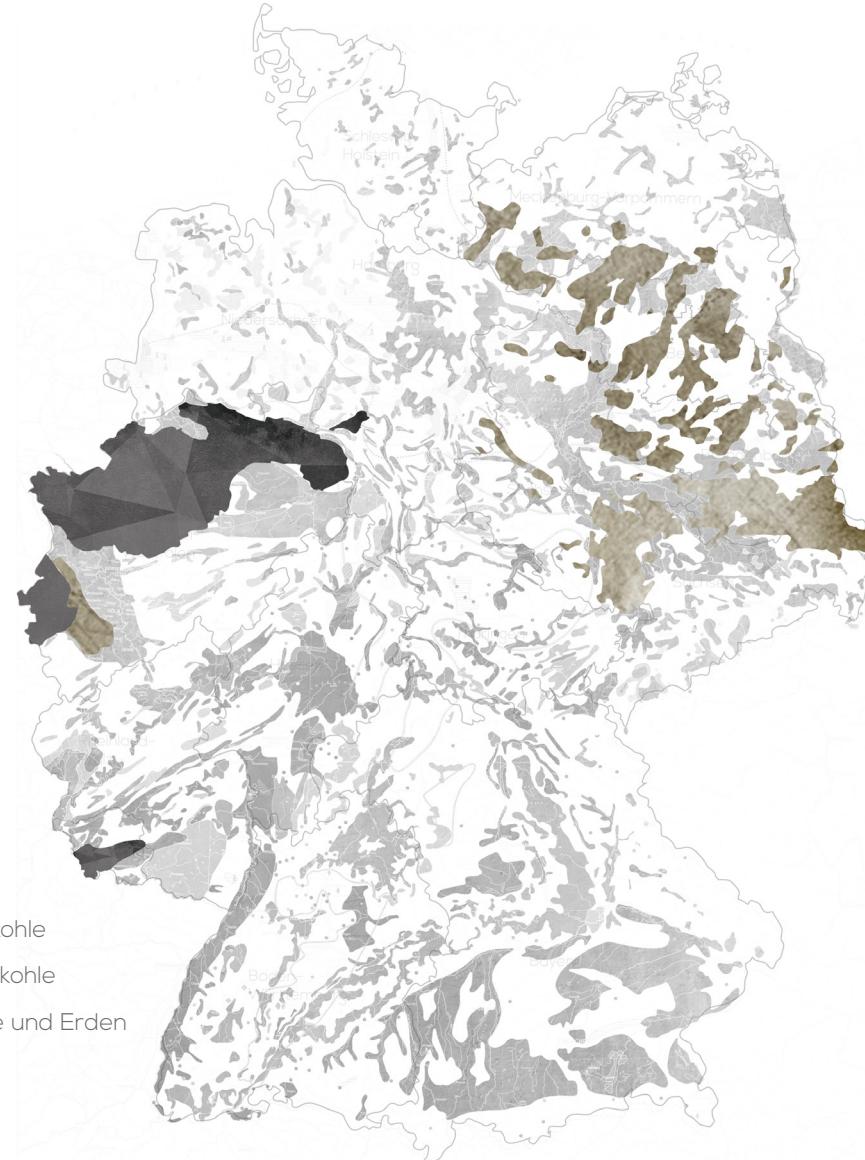
sichtbar bilden sie Landmarken, welche sich teilweise allerdings in einem maroden Zustand befinden und daher instand gehalten werden müssen. Eine große Gefahr stellen beispielsweise Haldenbrände dar, da das Material stellenweise leicht entzündlich ist. Außerdem muss für die geotechnische Stabilität der Halde gesorgt werden.

Auch die Folgen für die umliegenden Landschaften sind nicht zu unterschätzen. Die unterirdischen Hohlräume verursachen Erschütterungen, welche zum Teil an der Erdoberfläche spürbar sind. Das führt zu Schäden an Gebäuden und Veränderungen der umgebenden Landschaft. Ganze Landstriche senken sich, Bäche fließen plötzlich in die entgegengesetzte Richtung. Zum Schutz von Mensch und Natur müssen teilweise Dämme errichtet, Flussbetten angehoben und Gebäude saniert werden.

In tieferen Erdschichten sammeln sich über verschiedene Zuflüsse teils große Mengen an Wasser, welche, um größere Umweltschäden zu vermeiden, mittels geeigneter Gerätschaften abgepumpt werden.

Wegen seiner Unwirtschaftlichkeit wurde der Kohleabbau aufgrund internationaler Konkurrenz noch lange Zeit stark subventioniert. Nach Ende der Subventionierung folgte auch das Ende der Steinkohleförderung.¹ In den späten 80er Jahren wurden aufgrund der Kohle- und Stahlkrise die ersten Stilllegungen beschlossen, viele Menschen werden dadurch arbeitslos. Der ursprünglich vorgesehene endgültige Ausstieg aus der Förderung 2021 wurde allerdings wegen eines erneuten tragischen Bergunglückes vorgezogen: im Ruhrgebiet wurde 2018 das letzte Bergwerk, Prosper-Haniel bei Bottrop, ge-

schlossen. Im Saarland herrscht bereits seit 2012 kein Betrieb mehr. Die geschlossenen Anlagen hinterlassen mit ihren Ewigkeitslasten allerdings ein schweres Erbe.



**Rohstoffvorkommen
Deutschland**

Abb. 02 Rohstoffvorkommen
in Deutschland

¹ Kohleatlas 2015, Heinrich Böll Stiftung, 1. Auflage, Juni 2015, Atlasmanufaktur



Abb. 03 Fossilienfund Berghalde Duhamel

Zur Zeit des aktiven Bergbaus und in den darauffolgenden Jahren galten Halden ausschließlich als Landschaftsschäden. Sie waren Teil der Betriebsgelände und nicht zugänglich, daher fehlte der Bezug und das Interesse der Öffentlichkeit. In der Zeit des Nachbergbaus werden die Gelände aufgelassen und die Halden zugänglich gemacht, ihr Ansehen steigt. Sie bilden einen angenehmen Kontrast zur sonst doch recht flachen Umgebung. Bewusst wurde bei den meisten Halden nur ein Teil begrünt um die Relikte des Bergbaus nicht zu verdecken. Die von Menschen erschaffene Berge sollen als künstliche Elemente in der Landschaft sichtbar bleiben. Diese Berge tragen allerhand Gefahren mit sich. Nicht selten gibt es Rutschungen oder Steinschläge. Teilweise brennen sie sogar im In-

neren. Jede einzelne fordert spezifische Maßnahmen.

Die mikroklimatischen Verhältnisse und die Landschaft rund um die Halden verändern sich. Es entstehen zum Beispiel Weiher wie es sie sonst in Deutschland nicht gibt. Die Halden sind Extremstandorte: magere Böden, teilweise extreme Temperaturen. Dadurch entstehen im Laufe der Jahre neuartige Biotope und Ökosysteme. Seltene Pflanzen und Tiere siedeln sich an, sogenannte Rote-Liste-Arten. In den nächsten Jahrzehnten werden sich diese neu geschaffenen Lebensräume wieder an ihre umgebende Landschaft anpassen und somit auch die neu gewonnene Artenvielfalt verschwinden.¹

¹ Abb. DELATTINIA 37: 57 - 74 -- Saarbrücken 2011 ISSN 0948-6529, Johannes A. Schmitt

Bergmannshalde Göttelborn

In Göttelborn wird seit dem 15. Jahrhundert Kohle geschürft. Zum Zeitpunkt der endgültigen Schließung umfasst das Gelände 135 Hektar und die Stollen unter Tage erstrecken sich über 130 km. 3000 Personen verlieren ihren Arbeitsplatz, das Areal bleibt der Natur überlassen und es bilden sich neue Biotope. 2013 wird die Halde saniert, es werden Dämme errichtet und das Gelände entwässert. Es werden 500000 m² Erde bewegt um das Gelände zu verdichten und damit für die Öffentlichkeit zugänglich zu machen. Der Förderturm überragt direkt neben der Halde das Gipfelplateau um 90 m. Diese markante Landmarke wird von den Einheimischen „weißer Riese“ genannt. Heute bietet das ehemalige Grubengelände Platz für einen Uni-Campus und eine Polizeischule womit weitere 100 Arbeitsplätze geschaffen wurden.



Abb. 04 Halde Göttelborn



Abb. 05 Halde Göttelborn



Abb. 06 Himmelsspiegel auf der Berghalde Lydia



Abb. 07 Übersicht Berghalde Lydia

Nach mehreren Schlagwetterexplosionen, der Entzündung eines Gemisches aus Methan und Luft unter Tage¹, wurde die Grube

¹ W. Bischoff, H. Bramann, Westfälische Berggewerkschaftskasse Bochum: Das kleine Bergbaulexikon.

Bergmannshalde Lydia Camphausen

Camphausen 1990 stillgelegt. Zu diesem Zeitpunkt befindet sich die dazugehörige Halde Lydia aufgrund der Errichtung auf instabilem Gelände und mehrerer Haldenbrände in schlechtem Zustand. 2003 wird sie unter dem Motto „Aufstieg - Aussicht - Aktion“ saniert; dabei werden bewusst nur dezente Eingriffe vorgenommen um so ein Naherholungsgebiet zu erschaffen ohne dabei eine komplett natürliche Umgebung zu simulieren. Den Kern der Anlage bildet dabei ein 12 Hektar großes Plateau am höchsten Punkt, wo sich in drei großen Senken im Regenwasser der Himmel spiegelt. 2009 gab es das Vorhaben dort ein Biathlon Zentrum zu errichten, welches aber erfolgreich durch eine Petition der Bevölkerung abgewehrt wurde.

7. Auflage, Verlag Glückauf GmbH, Essen 1988

Halde Grühlingstraße

Auf Grund ihrer Lage und Oberflächenstruktur wird die Halde Grühlingstraße liebevoll auch der Elefant an der Autobahn genannt¹. Die aus 1,5 Mio m³ Abraummaterial bestehende Landschaft verbreitet eine apokalyptische Stimmung. Der Gedanke, dass das gesamte Material unter der Erde fehlt unterstreicht die Stimmung. Auf den 14 weitläufig angelegten Stufen nach oben wird der Besucher mit Gedanken an Stößen der Nobelpreisträgerin Elfriede Jelinek konfrontiert, eine Arbeit welche unter Anderem an die harte Arbeit unter Tage im Bergbau erinnern sollen.

Das Kreuz an der Spitze steht für die Verbundenheit der Menschen mit dem Saarbergbau.



Abb. 09 Halde Grühlingstraße



Abb. 08 Der weise Elefant



Abb. 10 Bergmannshalte Viktoria historisch



Abb. 11 Viktoria vor der Sanierung



Abb. 12 Halde Viktoria

Bergmannshalte Viktoria Püttlingen

An einer der ältesten Halden im Saarland fand der Bergbau 1963 in Püttlingen sein Ende. Einst wurden dort 2100 Tonnen Kohle pro Tag gefördert, 1300 Bergleute waren beschäftigt. Heute finden sich nur ein paar unter Denkmalschutz stehende Gebäude und bis zu 6000 m² Grubenwasser pro Tag. 1975 wird das bis dahin pyramidenförmige Gelände saniert, der Spitz wird abgetragen und durch eine Baumpflanzinitiative teilweise begrünt. So entwickelte sich aus dem ehemaligen Unort ein 33 ha großes Biotop, welches heute ein einmaliges Naturschutzgebiet ist. Vor Ernennung zum Naturschutzgebiet diente es einige Jahre als Location des Musikfestivals „Rocco del Schlacko“.

¹ Faszination Halden im Saarland; 2017 https://www.saarbruecker-zeitung.de/sz-serien/halden/der-elefant-an-der-autobahn_aid-6124969 (12.12.2019)

Bergehalde Duhamel

Auf Duhamel wurde bis 2008 Steinkohle gefördert. Endgültiger Betriebsstopp war 2012. Es war damit der letzte Standort im Saarland. Eine lange Ära geht zu Ende. 1826 wurde dort der erste Schacht abgeteuft, somit entstanden die ersten Wasch- und Flotationsberge. Richtig zu wachsen begann die Halde aber erst 1961, zu Beginn der Nassaufbereitung der Kohle und dem Anstieg der Fördermenge. Insgesamt wurden auf rund 47 ha 32 Millionen m³ aufgeschüttet. Zu Beginn wurde das Material mit einem Schrägaufzug mit Kippwagen auf die Halde geschafft, wodurch sich die Spitzkegelform, welche die Halde in den 1980ern noch hatte, ergab. Später wurden spezielle Bandanlagen verwendet, welche der Halde ihre heute Tafelbergform geben.



Abb. 14 Historische Aufnahme der Halde Duhamel in Ensdorf



Abb. 13 Halde Duhamel während der Entstehung

Die Halde Duhamel ist mit ihren 150 m Höhe eine der größten im Saarland. 2012 wurde auf dem Haldenplateau eine 30 m hohe, begehbarer Stahlskulptur errichtet: das Saarpolygon. Eine Landmarke welche von weitem zu sehen ist. Sie soll ein Symbol für den Wandel des Saarlandes sein und zugleich eine Erinnerung an den Bergbau, der die Gegend geprägt hat.¹

Seit sie 2004 für die Öffentlichkeit zugänglich gemacht wurde, ist sie ein Naherholungsort und Ausflugsziel für die Bevölkerung der umliegenden Ortschaften und wird auch als Startplatz für Gleitschirmflieger genutzt. Bereits 1972 begannen lokale Winzer einige Weinreben am Südhang der Halde anzupflanzen.

Der schwarze Boden speichert die Wärme und somit fällt die Ernte reichlich aus. 1982 dann folgten Renaturierungsprojekte, bei welchen damals die Begrünung im Mittelpunkt stand. Heute ist die Halde zur Hälfte grün, die andere Hälfte schwarz, um die Ästhetik der Industriekultur aufrecht zu erhalten.

Die Westseite wurde mit Pflanzen versehen, und die Ostseite ist der Natur überlassen. Auf der Halde finden sich zahlreiche seltene Pflanzen und Tierarten.



Abb. 15 Vogelperspektive der Halde Duhamel mit Blick aufs Saarpolygon



Abb. 16 Ansicht Halde Duhamel aus umliegendem Wohngebiet

¹ Saarpolygon gewinnt Preis für Architektur und Städtebau. In: Steinkohle, Das Mitarbeitermagazin der RAG Aktiengesellschaft, Jg. 2017, Heft 9, S. 19

Ewigkeitslasten werden diejenigen Folgen des Bergbaues genannt, bei denen zeitlich kein Ende in Sicht ist. Folgeschäden, welche für immer und ewig technische und logistische Maßnahmen erfordern werden. Dazu zählen neben Einbrüchen in der Landschaft und dem erhöhten Risiko für Erdbeben vor allem Probleme mit dem Wasser in den Regionen. Das Grundwasser muss ständig überwacht werden, um Verunreinigungen ausschließen zu können; Grubenwasserhaltung muss betrieben werden und ein enormer Aufwand an Polder-

maßnahmen ist erforderlich. Im Ruhrgebiet beispielsweise werden ganze Flüsse gepumpt, damit sie wieder in ihre ursprüngliche Richtung fließen. Als letzter Betreiber des Kohleabbaus hat die RAG im Jahr 2007 die RAG-Stiftung gegründet, um diese Folgen zu bewältigen. Sie hat sich den verantwortungsvollen und nachhaltigen Umgang mit den Ewigkeitslasten zum Ziel gesetzt. Mit etwa 220 Mio. € pro Jahr werden diesbezüglich alle Maßnahmen im Bezug auf Wasserhaltung, Überwachung und Poldergebiete finanziert.

Die ehemaligen Steinkohlebergbauregionen in Deutschland, Ruhrgebiet, Ibbenbüren und Saarland, haben allerdings unterschiedliche Anforderungen. Im Saarland beispielsweise wird derzeit an einem Grubenwasserkonzept gearbeitet, welches den Anstieg des Grubenwassers vor sieht. Somit können die Pumpen an allen sechs aktuell betriebenen Standorten langfristig abgestellt werden. Das Wasser kann somit nach erfolgreicher Reinigung ohne Pumpenergie natürlich in das einzuleitende Gewässer fließen.



Abb. 17 Schaubild zur Entstehung von Grubenwasser

Grubenwasser

Grubenwasser ist alles Wasser, welches im Zusammenhang mit Bergbau beziehungsweise dessen Relikten anfällt. Überwiegend bestehend aus Regenwasser, das sich hunderte Meter unter Tage in den zurückgelassenen Kammern und Hohlräumen des Grubengebäudes sammelt.

Auf dem Weg hinab in tiefere Erdschichten löst es Minerale aus dem Gestein und verändert somit die chemische Zusammensetzung des Wassers. Die hohen Konzentrationen an Chloriden, Nitrat, Sulfat und Eisen sind für Mensch und Umwelt ungeeignet. Auch das Risiko für Erdbeben und Einbrüche in der Landschaft steigt durch die unterirdischen Ansammlungen. Das Wasser muss also überwacht und aus dem Grubengebäude entfernt werden, damit sich kontaminiertes Grubenwasser nicht mit den trinkwasserführenden Schichten

mischt und die Landschaft bestmöglich geschont bleibt. Grubenwässer können sowohl kontaminiert als auch unkontaminiert sein, wobei „Kontamination“ nicht gleich „gefährlich“ bedeutet.¹ Die Qualität des Grubenwassers muss an die Werte des Gewässers, in welche es eingeleitet werden soll, angepasst werden, um möglichst wenig Einfluss auf das bestehende Ökosystem zu nehmen. Ob eine Reinigung erforderlich ist, ist von Ort zu Ort verschieden. Durch verschiedenste chemische Reaktionen unter Tage können Grubenwässer unterschiedliche pH-Werte haben. Auch dieser muss gegebenenfalls adaptiert werden. Das geförderte Grubenwasser kann in den Steinkohlenrevieren Deutschlands Temperaturen bis 42 °C erreichen.²

1 Grubenwasserreinigung Beschreibung und Bewertung von Verfahren, 2019, Christian Wolkersdorfer

2 pers. Mitt. Christian Wolkersdorfer



Abb. 19 Vorfluter in Camphausen



Abb. 18 Grubenwasserführung unter Tage im Bergwerk Reden



Abb. 20 Grubenwasserführung unter Tage; Bergwerk Reden

Ein weiteres Problem des Wassers ist die teilweise Kontamination durch PCB und andere potentiell giftige Stoffe. PCB steht für Polychlorierte Biphenyle. Es handelt sich dabei um krebsauslösende organische Chlorverbindungen. Bis zur Entdeckung ihrer Schädlichkeit in den 1980ern wurden sie oft als Brandschutzmittel, Hydraulikflüssigkeit, Dichtmasse oder Weichmacher benutzt. Sie zählen zum dreckigen Dutzend, welches 2001 über das Stockholmer Übereinkommen verboten wurde.¹. Aufgrund des sorglosen Umgangs mit den damals noch nicht als gefährlich eingestuften Stoffen können die betroffenen Stellen heute nicht mehr lokalisiert werden und

die Schadstoffe somit auch nicht mehr geborgen werden. Bekannt ist, dass etwa 12.000 Tonnen des Giftes PCB in den ehemaligen Stollen einlagern.² Teile davon stellen allerdings keine Gefahr dar, da sie durch Bodenerosionen und Erdbeben in unterirdischen Kammern eingeschlossen sind.

Um die maximal erlaubten Grenzwerte nicht zu überschreiten, muss das Grubenwasser stetig überwacht werden. Bei Messungen liegen die Konzentrationen im Grubenwasser stets unter der Nachweisgrenze, aus Rücksicht auf die Umwelt soll es dennoch entfernt werden.

Die Qualität des Wassers wird kontinuierlich behördlich überprüft.

¹ Deutschlandfunk.de, Forschung aktuell, 17. Juni 2016, Monika Seynsche: PCB hat katastrophale Folgen für Meeressäuger

² Der Bergbau geht - Ewigkeitslasten bleiben, <https://www.bund-nrw.de/themen/klima-energie/im-fokus/stein-kohle-ewigkeitslasten/> (19.11.2019)

Mögliche Belastungen des Grubenwassers:

- zahlreiche mineralische Stoffe im Erdinneren (z.B. Kochsalz, Nickel, Sulfat, Eisen, Mangan)
- pH-Wert bis -3,6
- Schimmelpilze
- PCB und andere Gifte



Abb. 21 Wasserführung unter Tage © Christian Wolkersdorfer



Abb. 22 Wasserpumpe unter Tage

Teilweise kann das gesammelte Wasser frei über Entwässerungsstollen abfließen, teilweise muss es mittels geeigneter Pumpen gehoben werden.¹ Dafür besteht unter Tage eine Infrastruktur an Rohren und Pumpen welche unter Tage von Arbeitern betreut werden müssen und regelmäßige Wartung erfordern.

¹ Grubenwasserreinigung Beschreibung und Bewertung von Verfahren, 2020, Christian Wolkersdorfer



Abb. 23 Grubenwasserführung unter Tage im Bergwerk Reden



Abb. 24 Wassergarten Landsweiler Reden: Vorfluter Klinkenbach, gereinigtes Grubenwasser bildet Lebensraum für Tiere und Pflanzen

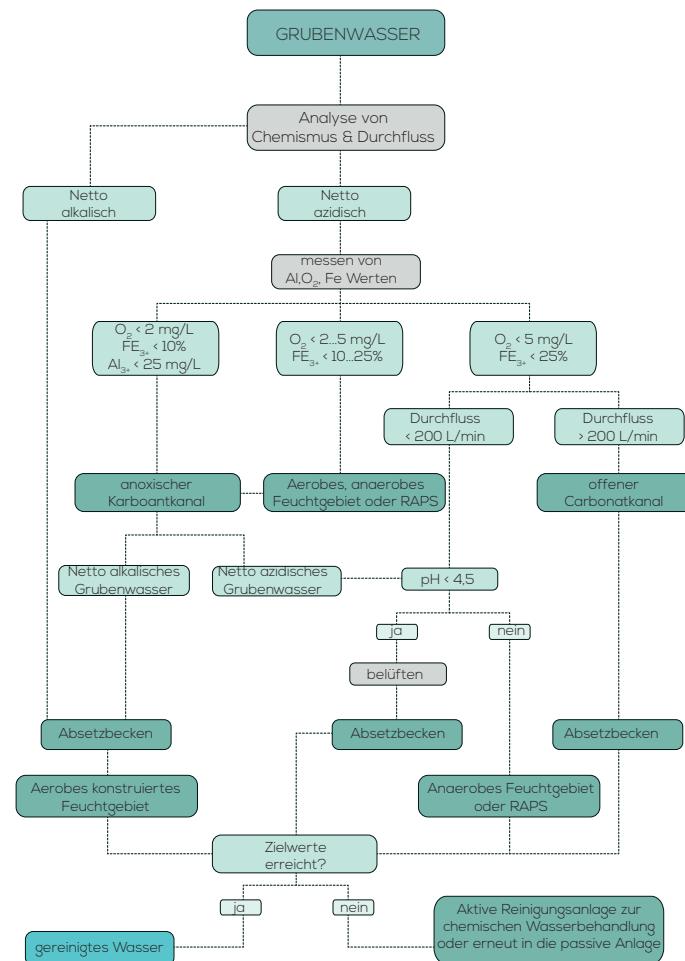


Abb. 25 Flussdiagramm für die wichtigsten, passiven Grubenwasserreinigungsmethoden, aus Grubenwasserreinigung Beschreibung und Bewertung von Verfahren 2020, S. 180, C. Wolkersdorfer

Ob und wie das Grubenwasser gereinigt werden muss hängt sowohl von Standort als auch von der Kontamination des Wassers ab. Abbildung 25 zeigt nach welchen Kriterien bei passiver Reinigung entschieden werden kann. Ziel ist es immer, die Qualität des Wassers an die des Gewässers in welches eingeleitet wird anzupassen, um möglichst wenig Einfluss auf das bestehende Ökosystem zu nehmen. Bei gleicher Kontamination müssen Wässer an einem Ort gereinigt werden, während sie an einem anderen bedenkenlos eingeleitet werden können.¹ Grundsätzlich lassen sich die Ver-

fahren zur Reinigung von Grubenwässern in zwei Systemtypen gliedern. Zum einen gibt es die aktive Methode. Bei dieser werden Chemikalien, Elektroenergie oder Belüftung eingesetzt, um die unerwünschten Stoffe aus dem Wasser zu entfernen oder den pH-Wert nach oben oder unten zu korrigieren. Via Monitoring werden die Vorgänge überwacht. Dadurch kann nahezu jede gewünschte Wasserqualität erreicht werden.

In den passiven Anlagen hingegen wird ausschließlich natürliche Energie verwendet, wie zum Bei-

spiel Lageenergie, Sonnenenergie oder biologische Energie (Bakterien). Teilweise findet zusätzlich eine Belüftung statt. Die Wasserqualität wird dabei ebenfalls über ein Monitoring überwacht, welches mit zusätzlicher Energie betrieben wird.¹

¹ Grubenwasserreinigung Beschreibung und Bewertung von Verfahren, 2020, Christian Wolkersdorfer

Dreistufiges passives System

Die Art der Grubenwasserreinigungsanlage hängt von der Art der Kontamination ab. In vielen Fällen jedoch kann ein simples dreistufiges passives System eingesetzt werden. Ein solches System besteht aus einer Kaskade, welche zur Belüftung des Wassers dient, einem Absetzbecken und einem aeroben Feuchtgebiet. Hierbei wird abseits des Monitorings ausschließlich potentielle Energie benötigt.

Stufe 1 - Passive Oxidation

Den ersten Teil des dreistufigen Systems bildet ein passives Oxidationssystem, auch Kaskade genannt.

Eine Kaskade (von italienisch *cascare* „fallen“) ist allgemein ein Wasserfall, im engeren Sinne einer, welcher über mehrere Stufen fällt. Der Begriff wird außerdem häufig in der Physik, der Chemie und der Technik verwendet und steht jeweils für einen Stufenförmig aufgebauten Prozess.

In diesem Schritt wird das Wasser mit Sauerstoff angereichert, was nötig ist um das Oxidationspotential zu erhöhen. Der Grund dafür ist, dass das Wasser oft Eisen in seiner reduzierten Form enthält $[Fe^{2+}]$ und mittels Belüftung in die oxidierte Form von Eisen $[Fe^{3+}]$ umgewandelt werden muss. Dabei werden Elektronen abgegeben. Die meisten Metallhydroxide sind oxidiert, also mit Sauerstoff angereichert schwerer löslich.¹

Durch diesen chemisch-physikalischen Prozess entstehen größere Partikel, vergleichbar mit Rostflocken. Dabei bekommt das Wasser einen orangen Farbton. Zuvor ist es aufgrund des Eisensulfates grünlich.¹

¹ Grubenwasserreinigung Beschreibung und Bewertung von Verfahren, 2020 Christian Wolkersdorfer, S. 208



Abb. 26 Kaskade an der Grubenwasserreinigungsanlage in Vouters (Frankreich)

Stufe 2 – Absetzbecken



Abb. 27 Absetzbecken in La Houvre, Wasser mit starkem Eisengehalt

Durch den Kontakt mit Sauerstoff in Stufe 1 flocken Teile des Eisens bereits aus, wodurch sich das Wasser orange färbt.

Im zweiten Schritt, dem Absetzbecken, kommt das Wasser zur Ruhe und die ausgeflockten Substanzen im Wasser können sich am Grund absetzen. Bei der Errichtung des Absetzbeckens ist darauf zu achten, dass dem Wasser eine mittlere Aufenthaltszeit von 48 Stunden gewährt wird; somit ist die Fläche des Beckens abhängig von der

Durchflussmenge. Die Tiefe des Beckens sollte etwa zwei Meter betragen.

Absetzbecken werden dann verwendet, wenn das Grubenwasser alkalisch genug ist, um eine schnelle Hydrolyse des Eisens zu ermöglichen.¹ Das bedeutet, dass Eisen einen hohen pH-Wert benötigt, um auszufallen. Unter Fällung versteht man in der Chemie das Ausscheiden eines gelösten Stoffes aus

einer Lösung.² Absetzbecken, auch Settlement Lagoons genannt, werden ab einer sogenannten Fracht von 5mg/L eingesetzt und entfernen davon 50-70%. Fracht bedeutet wie viel Masse an Substanz ein Liter Wasser mit sich führt. Absetzbecken sollten im Ablaufprozess vor dem aeroben Feuchtgebiet verwendet werden. In manchen Fällen können sie auch umgekehrt angebracht

¹ Grubenwasserreinigung Beschreibung und Bewertung von Verfahren, 2020. Christian Wolkersdorfer S.200

² Hahn, H. H. (2013). Wassertechnologie: Fällung-Flockung-Separation. Springer-Verlag.

werden.³

Dort setzt sich nicht nur die Eisenfracht des Wassers ab, sondern auch alle weiteren Feststoffe, die mit dem Wasser aus der Tiefe gepumpt werden. Hat man nur partikuläre Feststoffe im Wasser, ohne chemische Belastung, genügt bereits ein viel kleineres Becken, da sich die Feststoffe aufgrund ihrer höheren Dichte und des größeren Volumens schneller absetzen.

Für einen geregelten Durchfluss in

³ Grubenwasserreinigung Beschreibung und Bewertung von Verfahren, 2020. Christian Wolkersdorfer

den Becken sollten unbedingt Leitfolien aus PVC und gegebenenfalls Erdwälle angebracht werden, sie welche hydraulische Kurzschlüsse verhindern.⁴

In der Regel sind Absetzbecken einfach anzulegen und passen sich gut in die Landschaft ein.⁵

Es besteht die Möglichkeit, den Schlamm zur Gewinnung von Farbpigmenten zu verwenden.

Konstruierte Feuchtgebiete haben sich erst in den letzten Jahren in Deutschland als Reinigungs methode für Grubenwasser etabliert. In den USA und Großbritannien wird diese Technik schon seit den 1980ern angewandt.



Abb. 28 Absetzbecken Vouters mit deutlich sichtbarem Eisenoxid

Stufe 3 - Aerobes Feuchtgebiet

Abb. 29 Wasser vor und nach dem aeroben Feuchtgebiet, Pflanzen filtern sichtbar die Metallfracht aus dem Wasser



Nachdem die ausgeflockten Substanzen von dem Wasser in Stufe 2 getrennt wurden, kommen nun konstruierte Feuchtgebiete zum Einsatz, um den pH-Wert von netto-alkalische Wasser (pH-Wert > 6) anzugleichen. Weiters fallen dort Eisen und andere Metalle wie Mangan oder Zink aus.¹² Es besteht aus einem bepflanzten Substrat, welches etwa 15-20 cm mit Wasser bedeckt ist. Als Substrat kann jedes beliebige organische Material verwendet werden. Die verwendeten Pflanzen müssen eine hohe Metalltoleranz aufweisen, daher eignen sich Rohrkolben (*Typha sp.*), Rispengras (*Phragmites sp.*) und Binsen (*Juncus sp.*) besonders gut. Sie benötigen etwa ein bis zwei Vegetationsperioden um sich an die Gegebenheiten im

1 Merkel, B. & Wolkersdorfer, C. Naturnahe Reinigung kontaminiert Bergwerkswässer.

2 Becker, J. Konstruierte Feuchtgebiete zur passiven Reinigung von Grubenwasser.

jeweiligen Wasser anzupassen. Um die Eingewöhnung zu erleichtern sollten möglichst lokale Pflanzen verwendet werden. Hauptsächlich setzt sich die Metallfracht in Form von Schlamm am Boden des Feuchtgebietes ab, daher muss ein ausreichend hoher Freibord eingeplant werden; je nach zu erwartender Fracht. Nach etwa 10-20 Jahren muss das Substrat ausgetauscht und der Schlamm entfernt und einer geeinigten Endlagerung zugeführt werden. Die Aufgabe der Pflanzen ist es, die Fließgeschwindigkeit des Wassers zu reduzieren, Mikroorganismen und Pilzen einen Lebensraum zu bieten und die hydraulische Leitfähigkeit im Substrat zu erhalten. In sehr geringen Mengen akkumulieren sie auch die Metalle.³



Rohrkolben
(*Typha sp.*)



Rispengras
(*Phragmites sp.*)

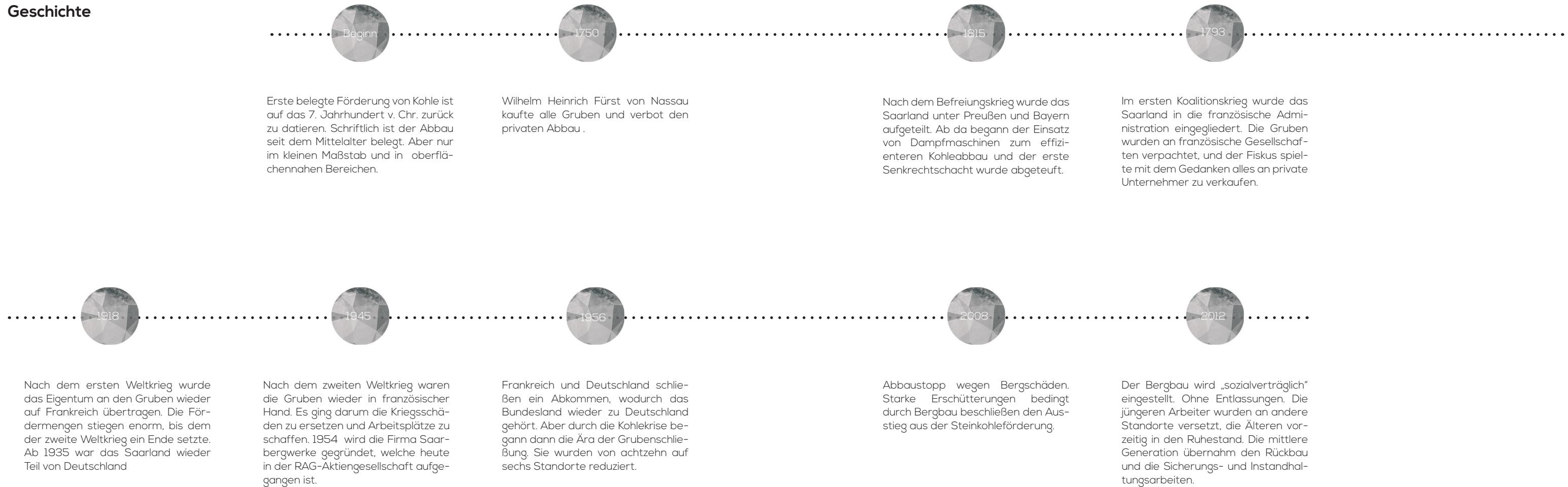


Binsen
(*Juncus sp.*)

Abb. 30 Pflanzenvielfalt im aeroben Feuchtgebiet

Das Saarland

Geschichte



Bergbau im Saarland

Die Zeit des Bergbaus hatte entscheidenden Impact auf sowohl die Kultur als auch die Natur. Er war Identitätsstiftend für die Regionen. Land und Leute wurden geprägt von einer Ära welche ein absehbares Ende hatte. Ein Großteil der Arbeitsplätze war dort verankert. Als der Steinkohleabbau im Saarland zu Ende ging waren viele Arbeiter noch zu jung, um in Rente zu gehen, sie wurden ins noch aktive Ruhrrevier versetzt. Hunderte Menschen pendelten sechs Jahre zwischen ihrem Wohnort im Saarland und den noch aktiven Zechen. Aber auch hier war das Ende bereits in Sicht.

Binnen drei Jahrzehnten fielen 60.000 Jobs weg, ein Strukturwandel war gefragt. Im Jahr 1970 eröffnete Ford Automobilindustrie ein Werk in Saarlouis indessen Folge sich zahlreiche Zulieferbetriebe ebenfalls dort niederließen und somit erneut für einen wirtschaftlichen Aufschwung sorgten. Aus den ehemaligen Industriebachen wuchsen Gewerbeplätze, es entstand eine exzellente Forschungslandschaft im Bereich IT und Medizintechnik. Heute liegt die Arbeitslosenquote bei 6,2%.



Bergbau im sozioökonomischen Kontext

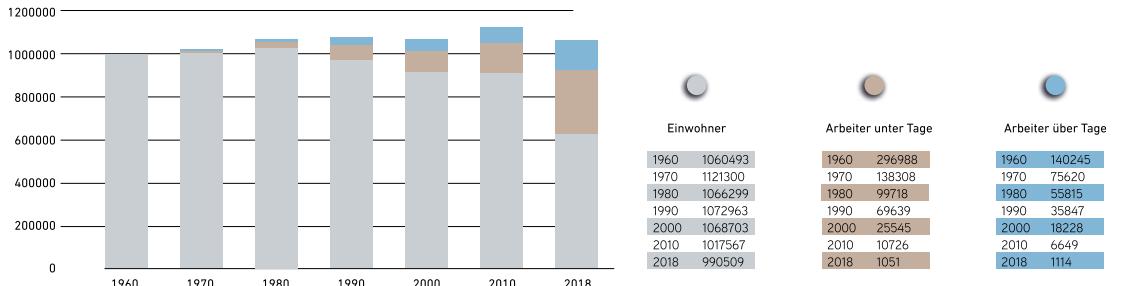


Abb. 32 Zahlenmäßiges Verhältnis zwischen Einwohner Saarland und Bergarbeiter von 1960 - 2018

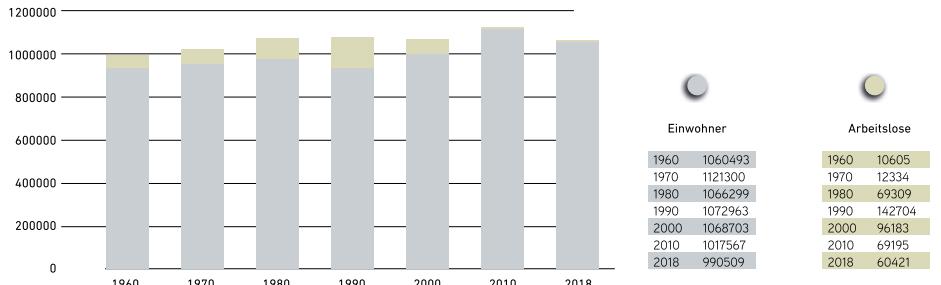


Abb. 33 Zahlenmäßiges Verhältnis zwischen Einwohner Saarland und Arbeitslosigkeit von 1960-2018

Während im Jahre 1960 im Saarland knapp die Hälfte aller Einwohner in der Montanindustrie tätig war, lag die Arbeitslosigkeit bei unter einem Prozent. 1990, gegen Ende des Bergbaus, liegt die Arbeitslosenquote bei über 13%.



Abb. 34 Staudamm unter Tage



Abb. 35 Damm Maybach im Bergwerk Reden

Wasserhaltungskonzept Saarland

Aktuell wird im Saarland an sechs Standorten Wasserhaltung betrieben.

Langfristig soll die Wasserhaltung auf einen Standort zusammengefasst werden. Dafür ist ein Anstieg des Grubenwassers in zwei Phasen geplant, welcher es ermöglicht, dass das Wasser unter Tage von einem Bergwerk zum Nächsten übertritt. Genannt wird der Prozess Grubenflutung. Bedingt durch die Topografie der einzelnen Bergwerke zueinander wird alles Wasser zum Standort Duhamel bei Ensdorf geleitet, wo es schließlich abgepumpt und gereinigt werden soll.

Die Verbindungen zwischen den einzelnen Bergwerken sind bereits bestehend aber durch unterirdische Staudämme verschlossen und somit regulierbar.



Abb. 36 Geografische Übersicht der Wasserhaltungsstandorte und wie sie verbunden sind

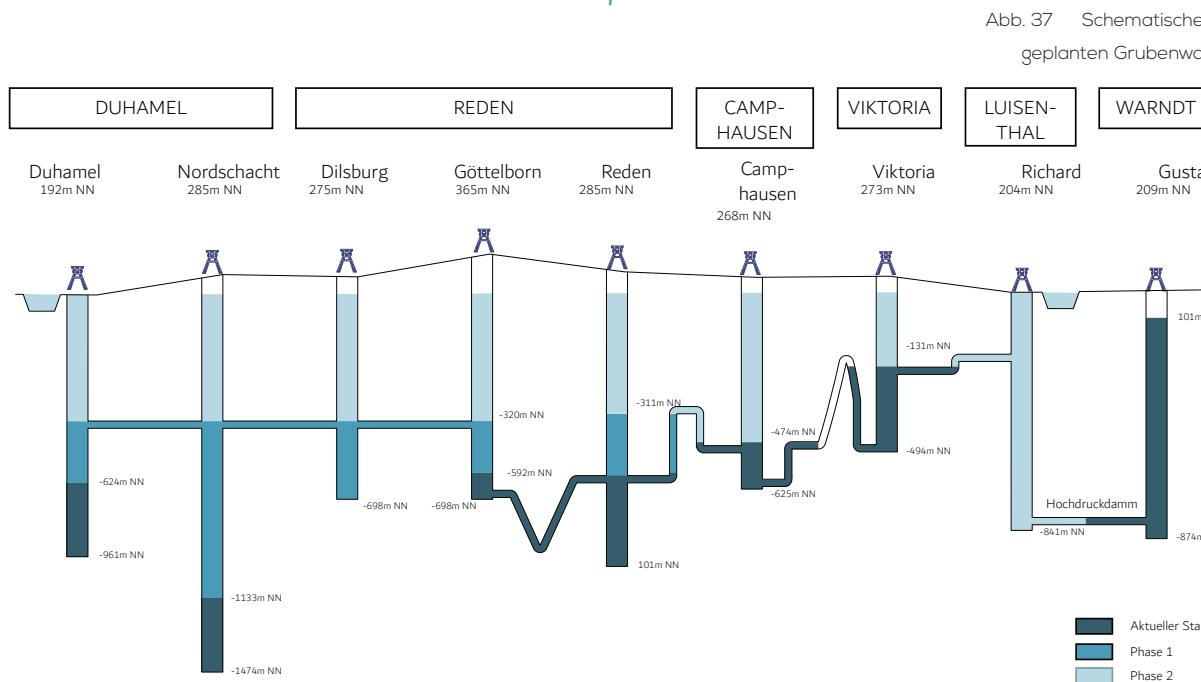


Abb. 37 Schematischer Schnitt des geplanten Grubenwasseranstiegs

Die Grubenflutung soll in zwei Phasen stattfinden. In Phase 1 soll das Wasser auf -320 mNN ansteigen, sodass das Wasser aus den Bergwerken Dilsburg, Göttelborn und Reden, welches bislang gemeinsam in Reden zu Tage gefördert wird, nach Duhamel fließt. Der Anstieg des Wassers reduziert die benötigte Energie für die Pumpen um ein Vielfaches. Zu diesem Thema liegen Gutachten von unabhängigen Institutionen vor, welche die Unbedenklichkeit für das Trinkwasser regelmäßig überprüfen

und bestätigen. In Phase 2 soll es bis auf die Höhe der Saar ansteigen, wodurch auch die Standorte Camphausen, Viktoria, Luisenthal und Warndt auf Duhamel zusammenlaufen und von dort aus über den eigenen Druck natürlich austreten und in die Saar geleitet werden können. Somit könnten die Pumpen komplett abgestellt werden, was eine Menge Ressourcen sparen würde.¹

Das geplante Vorhaben wird stetig von der Regierung sowie von unabhängigen Gutachtern geprüft. Dennoch befürchten Umweltschützer eine Verunreinigung des Trinkwassers beziehungsweise weitere Belastungen für die Umwelt und sprechen sich gegen die geplante Grubenflutung aus. Der Schluss liegt nahe, dass möglicherweise keine ausreichende Kommunikation stattfindet und somit die Öffentlichkeit nicht ausreichend informiert ist.

¹ Deutscher Bundestag, Wissenschaftliche Dienste, WD 8-3000-02/18 Sachstand: Grubenwasserflutung im Saarländischen Bergbau



Abb. 38 Wasserhaltung Zeche Walsum

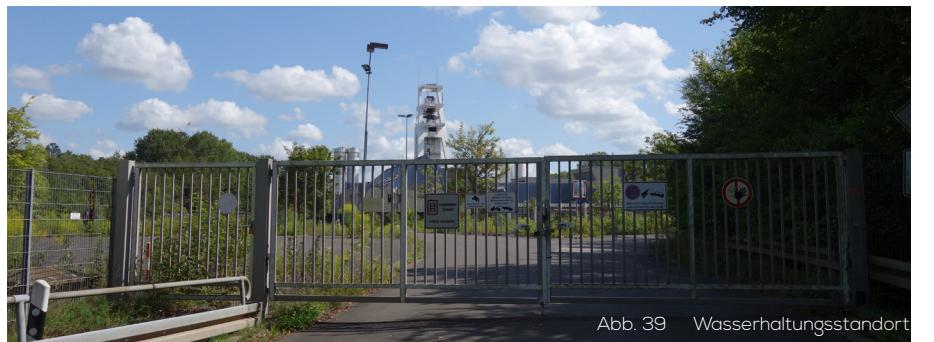


Abb. 39 Wasserhaltungsstandort



Abb. 40 Wasserhaltung an der Zeche Heinrich Überruhr

Die derzeitigen Standorte der Wasserhaltung haben auf Passanten in ihrer Erscheinung eine abschreckende Wirkung. Zäune und Verbotschilder suggerieren, es sei gefährlich oder verboten was dort geschieht und niemand soll mitbekommen wie die Wasserhaltung in ihren Einzelheiten vonstatten geht. Es scheint, als würde die Wasserhaltung gewollt unter Ausschluss der Öffentlichkeit betrieben; für Außenstehende besteht keine Möglichkeit, sich selbst ein Bild zu machen.

Über diverse Medien werden nur Teile der Probleme und Teile der Lösung bekanntgegeben, aber kein vollständiges Konzept, welches das geplante Vorhaben in all seinen Details vorstellt. Es fehlt ein Erklären der Ziele von vollständig gereinigtem Wasser und den gesammelten Schadstoffen, welche in Folge kontrolliert entsorgt werden können.

Durch diese partiellen, unzureichenden Informationen und der äußerer Erscheinung, die die Wasserhaltung aktuell hat, ist es nachvollziehbar dass eine gewisse Skepsis gegenüber dem Thema und vor Allem dem Konzept besteht.



Abb. 41 Zeche Heinrich, Wassereinleitung in die Ruhr mit deutlichem Farbunterschied

Exkurs Industriekultur: Deutsche Industriefolgelandschaften

Architektonischer Kontext

Aufgabe des Architekten ist es, die Geschichte der Industrie mit ihren hässlichen Seiten in erlebbare Räume zu verwandeln. Eine Vielzahl von ehemaligen Industriestätten wurde bereits umgestaltet. Ehemalige, rein funktionelle Orte wurden verändert, hin zu Landschaftsgärten oder Landschaftsparks. Landschaften, die den menschlichen Einfluss in den Mittelpunkt stellen. Dort gilt die Landschaft als „Last“, die durch Mechanismen gelöst werden muss. Bestehende Konflikte zwischen Ökologie und dem menschlichen Handeln werden ausgeglichen. Landschaft und Urbanismus sollen vereint werden.¹ In den 1990er Jahren wurde der Begriff Landschaftsurbanismus geprägt. Er vereint die verschiedenen komplexen Zustände, welche

jeweils gegeben sind. Infrastruktur, Wassermanagement, Biodiversität und menschliche Aktivitäten sind dabei wichtige Faktoren. Der Entwurfsprozess hat eine authentische Landschaft zum Ziel, welche auf gegebenen Umweltbedingungen basiert. Verschiedene Herangehensweisen haben sich dafür entwickelt. Beispielweise der maschinelle Landschaftsmodus nach Mohsen Mostafavi; bei ihm werden gegebene Faktoren analysiert und in abstrakte Mechanismen umgewandelt um Formen zu erzeugen, zum Beispiel mit Hilfe von Computeralgorithmen).² James Corner begründete den Feldarbeitsmodus. Dabei wird weniger ein determiniertes Endprodukt angestrebt,

1 SCENARIO 01: Landscape Urbanism: Definitions & Trajectory, Christopher Gray, Herbst 2011



Abb. 42: Industrielandschaft am Bergwerk Reden

sondern zielt eher auf einzelne poetische Elemente, die bestehende Landschaften aufwerten oder natürliche Systeme reparieren.³ Die Bedeutung des Ortes soll manifestiert werden, intrinsische Qualitäten gefeiert werden.⁴

Herbert Dreiseitls Vision ist es Landschaften aus notwendiger Wasserführung zu entwickeln. Der Gedanke künstliche Fontänen aufzustellen aber parallel die Wasserinfrastruktur der Stadt zu verstecken widerstrebt ihm. Durch gezielte Gestaltung soll ein Bewusstsein für Regen-, Trink- und Abwasser geschaffen werden.⁵

3 Topos 71 - Landschafts-Urbanismus. Diese Ausgabe enthält Beiträge von Charles Waldheim, James Corner, Mohsen Mostafavi, Adriaan Geuze, Susannah Drake, Kongjian Yu, Frederick Steiner und Dean Almy. Landschaftsurbanismus - https://de.qaz.wiki/wiki/Landscape_Urbanism

4 dérive, Zeitschrift für Stadtforschung, Heft 26, Jänner-März 2007, Erik Meinharter

5 Dreiseitl H, Grau D, Leppert S (2005) New waterscapes – planning, building and designing with water. Birkhäuser, Basel



Zeche Zollverein

Rem Koolhaas hingegen sieht zwischen Stadt und Landschaft unterschiedliche Stadien der zivilisatorischen Entwicklung.¹ Die Zeche Zollverein war bis 1988 ein bedeutender Standort der Kohleförderung und Verarbeitung. Die ersten zehn Jahre nach der Stilllegung lag das Gelände brach und fand keine Verwendung. Am 12. Dezember 2001 wurde es von der UNESCO zum Weltkulturerbe erklärt. In enger Zusammenarbeit mit Denkmalpflegern entwickelte OMA unter der Leitung von Rem Koolhaas einen Masterplan zur Umstrukturierung. Er spricht von „embryonalen Ideen“, sein Entwurf umringt die vorhandene Substanz mit Neubauten, greift aber in den Bestand nicht ein.²

1 ARCH+ 236, Posthumane Architektur, 28.9.2019, S. 206–211

2 <http://nextroom.at/building.php?id=631&inc=artikel&sid=1029>, Zeche und Kokerei, die Design-Stadt, 09.April 2002, Knuth Hornbogen



Abb. 46 Der Mosesgang



Abb. 47 Der Mosesgang macht die Oxidation des rund 30°C warmen Grubenwassers zum Erlebnis für den Besucher.



Abb. 49 Regenwassersammelbecken



Abb. 48 Abfluss des abgekühlten Grubenwassers

Wassergarten Reden

Auf dem Gelände des Bergwerkes Reden wurden die brachliegenden Flächen genutzt, um einen Wassergarten zu gestalten. Er dient sowohl zur Pufferung sämtlicher Regenwässer am Standort als auch zur Abkühlung des Grubenwassers um den Klinkenbach, von wo aus das Wasser eingeleitet wird, ökologisch zu Entlasten. Über ein Geothermiebecken, welches die Nutzung der Wärmeenergie des

Wassers ermöglicht, erreicht das Wasser den Mosesgang, eine von Architekten gestaltete Kaskade, welche für Besucher begehbar ist. Durch die großen Wasserflächen und deren teilweise Bepflanzung ist an diesem Standort ein neues Habitat für Tiere entstanden, welches außerdem das Thema Wasserhaltung auf sehr anschauliche Weise aufbereitet.

Weltkulturerbe Völklinger Hütte

1994 wird die ehemalige Roheisenproduktionsstätte Völklinger Hütte von der UNESCO zum Weltkulturerbe ernannt, acht Jahre nach der Stilllegung. In diesem Zuge wird das Gelände für Besucher geöffnet und sukzessive in eine Urbane Landschaft verwandelt. Die ehemalige Infrastruktur der Stahlproduktion bleibt bestehen und zahlreichen Kunstinstallationen kommen hinzu. Die stummen Zeugen aus Stahl werden durch Vegetation und gezielte Akzente in Szene gesetzt und erzählen auf unaufdringliche Weise ihre Geschichte. Ein Dialog aus Industriekultur und Natur entsteht. Die urbane Industrielandschaft mit den sich regelmäßig verändernden Installationen und Kulturprogrammen hält den Besucherstrom aufrecht. Besucher wandern durch die Ruinen der Produktion, lernen, mit ihr umzugehen und sie nach ihrer eigenen Vorstellung zu nutzen.



Abb. 50 Kunstinstallation im „Garten Eden“ (Völklinger Hütte) auf Rudimenten der Stahlherstellung



Abb. 51 Der „Garten Eden“ findet sich versteckt hinter einer Mauer. Dort wurden die Industrieruinen 25 Jahre der Natur überlassen, eher der Garten mit Kunstinstallationen versehen und für Besucher geöffnet wurde.



Abb. 52 Hochofenlandschaft des ehemaligen Sinterwerks für Besucher durchwandelbar



Abb. 53 Landschaftspark Duisburg Lichtspektakel



Abb. 54 Landschaftspark Duisburg Bunkeranlagen



Abb. 55 Landschaftspark Duisburg Hochofenlandschaft

Landschaftspark Duisburg

Der Landschaftspark Duisburg ist ein Teilprojekt der internationalen Bauausstellung Emscher Park, einem Programm das zur Bewältigung der Strukturkrise im nördlichen Ruhrgebiet initiiert wurde. Im Rahmen dieser Ausstellung sind über zehn Jahre hinweg über 120 Projekte entstanden. Zentrale Themen waren Industriedenkämler, ökologischer Umbau der Region, Wohnen und Stadtentwicklung sowie soziale Initiativen.

Architekt Peter Latz gewann 2000 den Wettbewerb zur Neugestaltung des Landschaftsparks Duisburg, ein industriell geprägter Park in dessen Zentrum sich das stillgelegte Hüttenwerk der Thyssen-Hochofenwerke befindet. Dort wurde bis 1985 Roheisen für die Stahlindustrie produziert. Heute ist es ein lebendiges Industriedenkmal; seine Hochöfen, Bunkeranlagen und Schrägaufzüge vermitteln

ein traditionelles Bild. Das Gelände wird mit mehreren Kontexten bespielt. Neben der industriege schichtlichen Aufarbeitung wurden durch kontrastreiche Programme Akzente gesetzt. Freizeit und Erholung stehen ebenfalls im Vordergrund. Kreative Installationen ermöglichen das Klettern auf den Möllerbunkern, im ehemaligen Gasometer kann man tauchen oder einfach nur übers Gelände flanieren. Bei beginnender Dämmerung beginnt der Höhepunkt. Der britische Künstler Jonathan Park verwandelt das Hüttenwerk mit seiner Lichtinstallation jeden Abend erneut in ein Spektakel. Ehemalige Werkshallen am Gelände wurden für Firmen- und Kulturveranstaltungen hergerichtet. Dieses Areal erstreckt sich über 180 ha, zieht jährlich über eine Millionen Besucher an und hält somit einen wichtigen Teil der Kultur aufrecht.

Projekt

**„Das Chaos lässt sich nicht ordnen.
Nur in der Abstraktion lässt es sich begreifen“**

Peter Latz

Auf dem ehemaligen Zechengelände Duhamel bei Ensdorf wird eine neue Grubenwasserreinigungsanlage errichtet, welche das Erscheinungsbild der Wasserhaltung nach außen verändern soll. *ground up* soll der Wasserhaltung ein neues Gesicht verleihen und für Besucher transparent und erlebbar machen. Durch ein Konzept, welches Passanten Schritt für Schritt durch die Reinigungsprozesse begleitet, werden durch die gezielte Gestaltung der Anlage alle Sinne des Besuchers angesprochen und für das Thema sensibilisiert. Durch die Inszenierung der Reinigungsschritte und den einladenden Charakter soll eine positive Konnotation zum Thema Grubenwasser geschaffen werden.

Bauplatz - Bergehalde Duhamel



Dillingen/Saar

Ford Werke Saarlouis

Fraulautern

Duhamel

Saarlouis

Ensdorf

Bous

Verortung und Umgebung

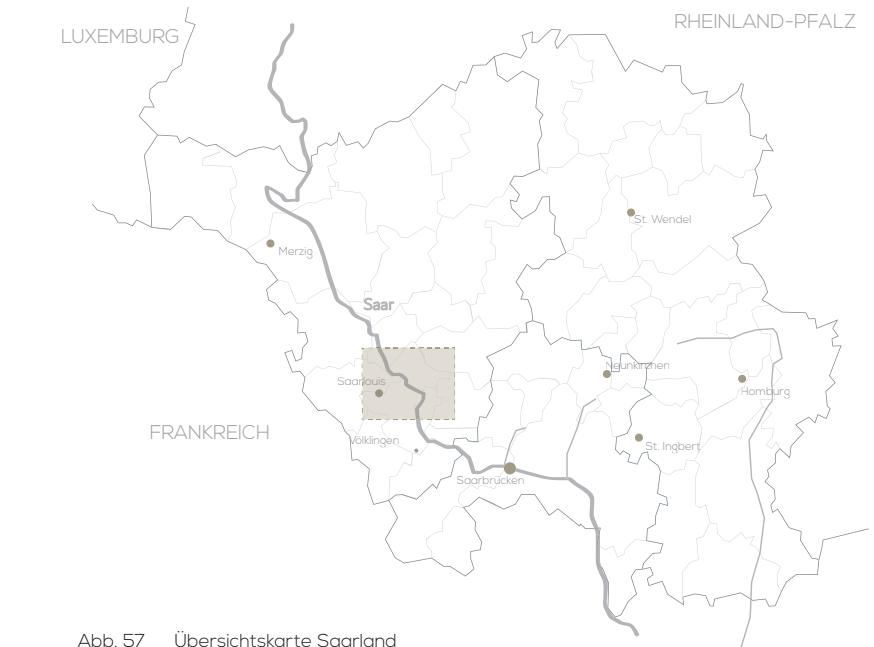




Abb. 58 RAG-Gelände Ensdorf

Das Gelände der RAG befindet sich bei Ensdorf im Saarland, unweit der Saar. Es besteht aus dem ehemaligen Betriebsgelände und der Bergehalde. Die ehemaligen Betriebsgebäude wurden größtenteils rückgebaut, ein paar wenige Denkmalschützte bleiben bestehen. Das Gelände befindet sich in einer Phase der Umgestaltung, weg vom industriellen Sperrgebiet hin zum Landschaftspark. „Duhamel Park“ lautet der Name des Masterplans, der aktuell in Zusammenarbeit zwischen Bürgern, Experten und der RAG entwickelt wird. Er soll einen Mix aus innovativer Industrie, regenerativer Energieformen, Wohnen, Sport und Freizeit bieten. Er wird Schritt für Schritt umgesetzt. Aus der ehemaligen Maschinenhalle entstand die RAG-Repräsent-

anz. Ein Ort für alle Interessierten, der Kooperation, Kommunikation und Begegnungen fördern soll. Heute arbeiten bereits 250 Menschen auf Duhamel. Die gesamte Anlage misst eine Fläche von rund 140 Hektar, wofür 47 Hektar davon von der Halde eingenommen werden. Das umliegende Gebiet ist geprägt durch den industriellen Charakter. In der Ferne sind ehemalige Hüttenwerke und große Schornsteine zu erkennen. Die angrenzenden Orte Ensdorf, Saarlouis, Fraulautern und Schwalbach sind mit ihren 6.000-17.000 Einwohnern überschaubar. Saarlouis mit 34.000 Einwohnern gilt als Schul- und Handelszentrum in der Region. Der wirtschaftliche Schwerpunkt liegt auf der Automobilindustrie.



Abb. 59 Halde Duhamel, sichtbare Landmarke aus weiter Entfernung

Die Bergehalde sticht mit ihren etwa 150 m Höhe aus der sonst eher flachen Umgebung heraus. Das umliegende Gebiet bewegt sich zwischen 180 und 220 mNN, das Plateau der Halde hingegen liegt auf 330 mNN. Im Jahr 2016 wurde dort das Saarpolygon errichtet, das einen überregionalen Identifikationspunkt schaffen soll, welcher die Transformation des Ortes verkörpert. So ist sie schon von weitem zu sehen: Eine Landmarke, die zum beliebten Naherholungsgebiet geworden ist.. Ihre landschaftliche Vielfalt begeistert die Menschen und auch das Saarpolygon lockt Besucher an.. Doch neben all dem bringt sie auch einiges an Problemen mit sich. Die

Halde befindet sich aktuell in saniерungsbedürftigem Zustand. Sie wurde nach dem Überwurfprinzip aufgeschüttet, wobei sich das Schüttgut dabei mit einem Böschungswinkel von 30-36° abgelagert hat. Bis auf den planmäßigen Wegebau und Vorschüttungen aus Standsicherheitsgründen wurde die Halde danach nicht weiter bearbeitet und hat folglich mit teilweisen Rutschungen zu kämpfen, welche gestoppt werden sollen. An der Südflanke soll Material abgetragen und an der Westflanke aufgeschüttet werden. Durch die Rückstände des brennbaren Materials im Inneren der Halde ist ein Schwelbrand, mit Temperaturen im Kern von bis zu etwa 300 °C, entstanden, welcher

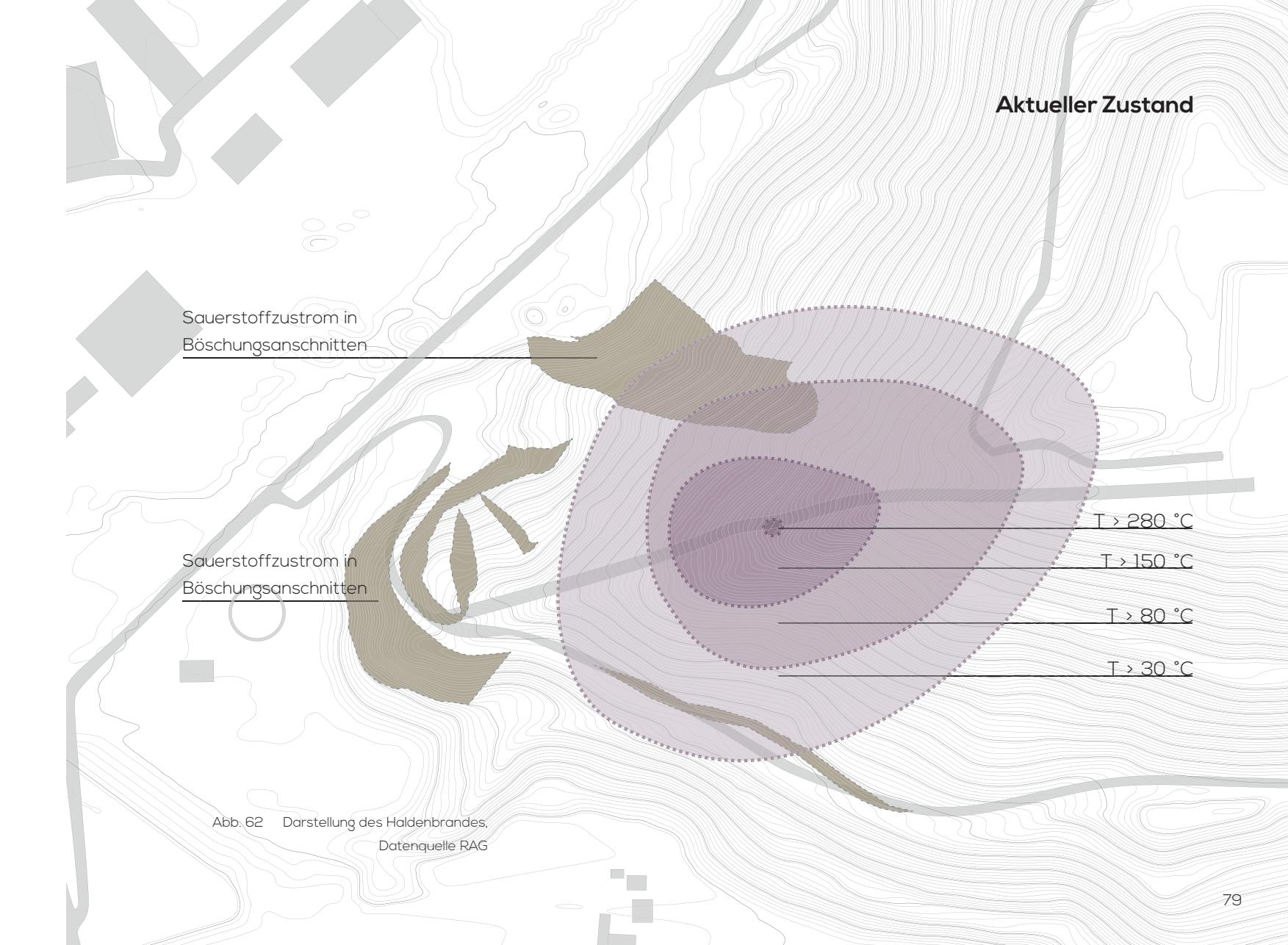


Abb. 60 Sanierungsarbeiten an der Westflanke Quelle: RAG Mi
Abb. 61 Gelände nach Beginn der Sanierungsarbeiten



¹ Wuha Kohlenbergbaurevier: gsa.confex; 2004; New Mineral occurrences and mineralization processes: Wuha Coalfield Fires of Inner Mongolia; 2004 Annual Meeting

nur schwer zu kontrollieren ist. Diese Art von Bränden entstehen, wie jeder Brand, wenn brennbares Material mit einer gewissen Starttemperatur und Sauerstoff in Berührung kommt. Durch die exothermen Reaktionen kann es auch zu Mineralneubildungen kommen.¹ Haldenbrände können erkennbare Rauch- und Gasentwicklungen aufweisen oder oberflächig unauffällig sein. Schädliche Gase werden freigesetzt. Um den Brand zu stoppen, sollen die Bereiche der Luftzufuhr der Halde verdichtet werden. Ohne Sauerstoff wird das Feuer nach einer Zeit ersticken.



Im Bereich der Luftzufuhr am südwestlichen Teil des Geländes soll nun die Reinigungsanlage entstehen. Dort befindet sich sowohl der Anschluss an den bestehenden Kanal, als auch genügend freie Fläche. Im Zuge der Errichtung der Anlage wird das Gelände so umgestaltet, dass es sowohl die Luftzufuhr des Brandes abdichtet, als auch die zu steilen Winkel des Geländes korrigiert.



Abb. 63 Perspektive Bauplatz, GoogleEarth
Pr. 49°19'07.1"N 6°46'32.4"E

Da das Wasser auf Duhamel laut konservativer Mischungsberechnung netto-alkalisch sein wird, kann ein dreistufiges passives Reinigungssystem angewandt werden. Das Wasser führt neben einfach abfiltrierbaren Stoffen auch Fe^{2+} mit sich. Fe^{2+} ist eine reduzierte Form von Eisen. Den reduzierten Elementen wurden Elektronen zugeführt. Bei der Oxidation werden Elektronen abgegeben.

Beim Eintrocknen entsteht zusammen mit Sulfat das Mineral Eisensulfat, das auch Grünsalz genannt wird, abgeleitet von der grünlichen Farbe des kristallwasserhaltigen Salzes.¹ Temperaturen des Grubenwassers von etwa 30 °C sind zu erwarten.

¹ Grubenwasserreinigung Beschreibung und Bewertung von Verfahren, 2020 Christian Wolkersdorfer

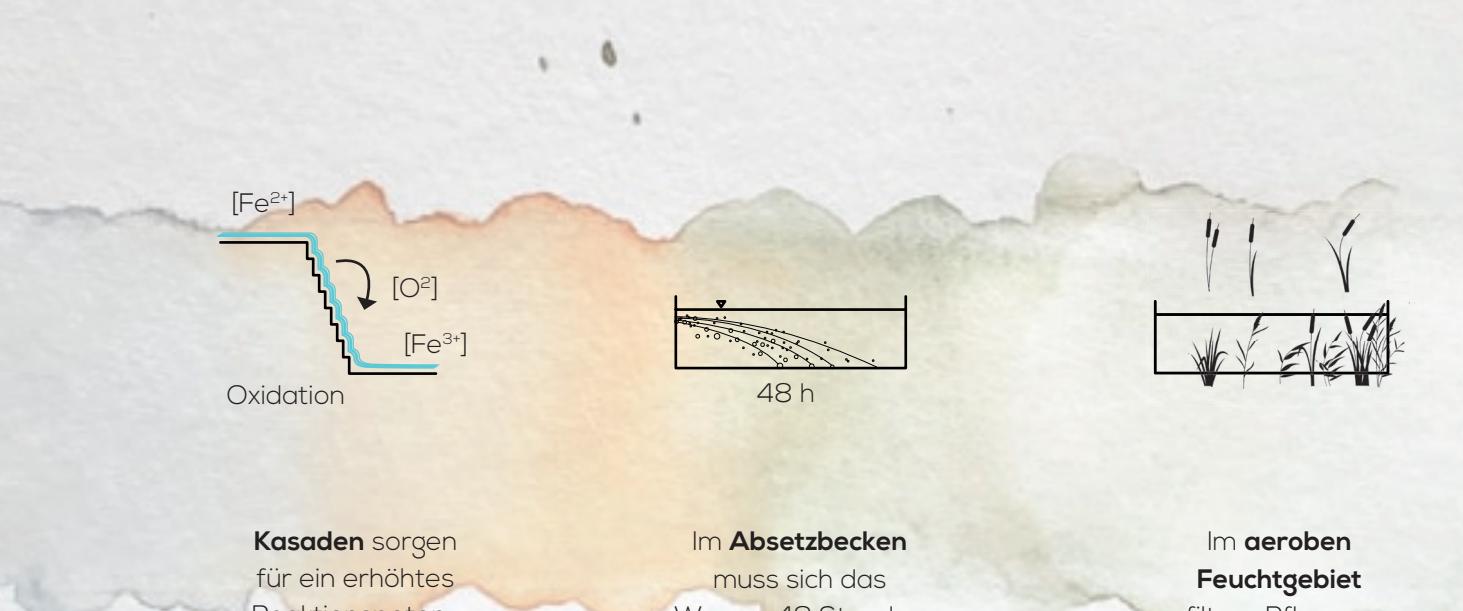


Abb. 64 Schematische Darstellung der Wasser- aufbereitung

Absetzbecken

Die Fläche des Absetzbeckens ist abhängig vom Durchfluss. Sie muss so dimensioniert werden, dass das Wasser eine Aufenthaltszeit von mindestens 48 Stunden hat. Der Ablauf sollte sich auf der gegenüberliegenden Seite des Beckens befinden, damit das Becken vollständig durchströmt wird. Auf Duhamel wird ein durchschnittlicher Durchfluss von 1.800 m³/h erwartet, daraus ergibt sich eine Fläche von 28.800 m²

$$V = Q \times t_r$$

t_r = Aufenthaltszeit = 48 h
 Q = Durchfluss = 1.800 m³/h

$$V = 1.800 \text{ m}^3/\text{h} \times 48 \text{ h}$$

$$V = 86.400 \text{ m}^3 : 3 \text{ m Beckentiefe}$$

$$\mathbf{A = 28.800 \text{ m}^2}$$

Angaben zu den Wassermenge lt. RAG

Konstruiertes Feuchtgebiet

Eine gleichmäßig Verteilung des Wassers über die gesamte Breite muss erfolgen, beispielsweise über ein V-Wehr. Das Becken sollte außerdem keine Ecken haben, da hier Stagnationszonen entstehen können. Eine unregelmäßige Oberfläche erhöht die Reinigungsleistung. Die Höhe der Becken sollten 0,5-2 Meter betragen, da sich jährlich etwa 25-50mm Sediment absetzt. Die Wasseroberkante sollte etwa 15-20 cm über dem Substrat liegen.¹

¹ Pyramid Guidelines V10, Engineering guidelines for the passive remediation of acidic and/or metalliferous mine drainage and similar wastewaters, written and edited by the PIRAMID Consortium, S. 62-68

$$A = (Q_d \times (c_i - c_t)) : R_A$$

A	Feuchtgebietsfläche, m ²
Q_d	täglicher Durchfluss, m ³ /d
c_i	Konzentration am Einfluss, mg/L
c_t	erforderliche Konzentration nach der Reinigung, mg/L
R_A	Eisenentfernungsr率e, g/(d·m ²)

$$A = 52.054 \text{ m}^3/\text{d} \times 0,87 \text{ mg/L} : 10 \text{ g/(d} \times \text{m}^2\text{)}$$

$$\mathbf{A = 4.529 \text{ m}^2}$$

ground up - Konzept
für eine neue
Grubenwasserreinigungsanlage

„Water is the driving force of all nature“
Leonardo Da Vinci

Leitgedanke war, durch bauliche Interventionen so in das Areal einzugreifen, dass das Gebäude sich unaufdringlich in die Landschaft einfügt und eher beiläufig das Interesse der Passanten weckt. Das zentrale Thema, die Wasserreinigung soll im Fokus stehen und nicht von der Architektur überlagert werden. Das zentrale Element bilden zwei miteinander verschneidende Polyeder, von wo aus sich weitere, schmalere Elemente in den Hang spreizen. Sie fixieren sowohl die Position des Objektes im Hang und stützen gleichzeitig die instabilen Flanken der Halde. Dadurch entsteht ein Wegesystem, welches abstrahiert an einen ehemaligen Bergwerksstollen erinnert.

Architektonisches Konzept

Auf diese Weise wird der Passant entlang des Wanderweges aufgenommen und ins Zentrum des Objektes geführt.

In diesem stürzen 500 Liter Wasser pro Sekunde von der Decke herab. Das Tosen der Wasserfälle lässt den Besucher spüren, um welche Mengen es sich dabei handelt. In diesem Bereich der Anlage kann man die Verschmutzung auch noch riechen. Durch die Temperatur des Wassers und den noch einige Zeit andauernden Brand in der Halde ist im Gebäude ein deutlicher Temperaturunterschied im Vergleich zu draußen zu spüren. Entlang der Wasserfälle gelangt man ins untere Geschoss.

Dort ist die erste Reinigungsstufe abgeschlossen, die Oxidation des Wassers ist beendet. Schließlich wird der Besucher ins freie geführt; eine deutliche Veränderung der Umgebung wird spürbar. Das

Tosen lässt nach, frische Luft und Licht erfüllen die Sinne. Über Stege aus Cortenstahl führt der Weg hinab zum Absetzbecken, wo das Wasser spürbar langsamer Richtung Schritt drei, dem aeroben Feuchtgebiet fließt. Weiter gelangt man entlang dem gereinigten Wasser hin zum Höhepunkt der Anlage: Einem Pool unter der Kulisse des Förderturms, welcher so konstruiert ist, dass das die Energie des Grubenwassers, wenn es den Förderturm verlässt, das gereinigte Wasser beheizt. Damit soll ein Zeichen gesetzt werden, welche Qualität das Wasser nach dem Reinigungsverfahren erreicht.

Mit Hilfe von Materialien, Akustik und Temperatur eine didaktische Umgebung zu schaffen welche den Reinigungsprozess inszeniert. Das Erlebnis soll innerhalb der Halde stattfinden, somit ist der Fokus komplett nach innen gerichtet.



Abb. 65 Architektonisches Konzept

“Build your architecture from what is beneath your feet.”
Hassan Fathy

Materialien

Damit sich das Objekt in die bestehende Landschaft einfügen kann, wurden die vorhandenen Materialien analysiert. Die Halde soll begiebar gemacht werden, aber das Objekt soll sie optisch nicht überlagern. Eine Harmonie zwischen Industrierelikten und der „neuen Natur“ soll entstehen.

Während Grubenwasser im Laufe des Reinigungsprozesses, aus der Ferne betrachtet, stark unterschiedliche Farben in seiner Erscheinung hat, scheint die Halde in einheitlichem Grau.



In der harten Oberfläche des Halbdenmaterials finden sich bei genauer Betrachtung spannende Strukturen. Strukturen die vor unzähligen Jahren durch die Natur geprägt wurden, Strukturen die sich zwar über die Zeit durch Erosionen verändern, aber immer durch ihren polygonalen Charakter geprägt sind. Durch Licht und Schatten werden die fraktalen Strukturen besonders betont.

Bei Form und Material des Bauwerks wurden diese Elemente aufgegriffen, damit es sich gut in seine Umgebung einfügt und den Anschein erweckt, als wäre es ein Teil von ihr.

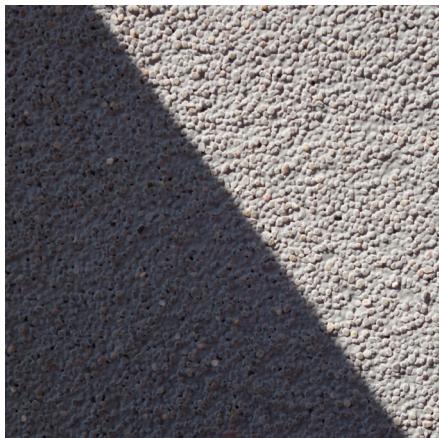
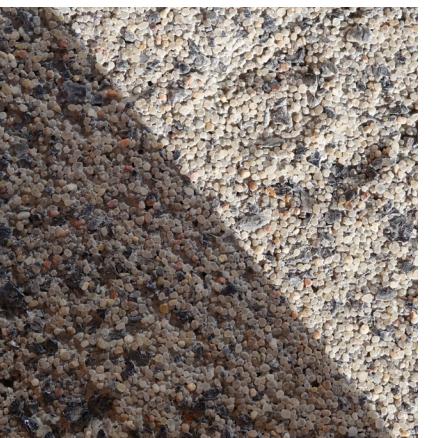
Abb. 67 Materialien und Strukturen Berghalde



Tageslicht



Licht & Schatten



Um das geeignete Material für die technische Anlage zu finden, wurde verschiedene gekörnte Betonarten - teilweise Material der Halde - zugesetzt und anschließend die jeweilige Wirkung im Licht beziehungsweise Schatten analysiert. Die Entscheidung fiel auf die feinste Körnung, da die gezielt gesetzten Schatten bei diesem Material am besten ihre Wirkung entfalten.

Abb. 68 Materialstudien Beton

Entwurf

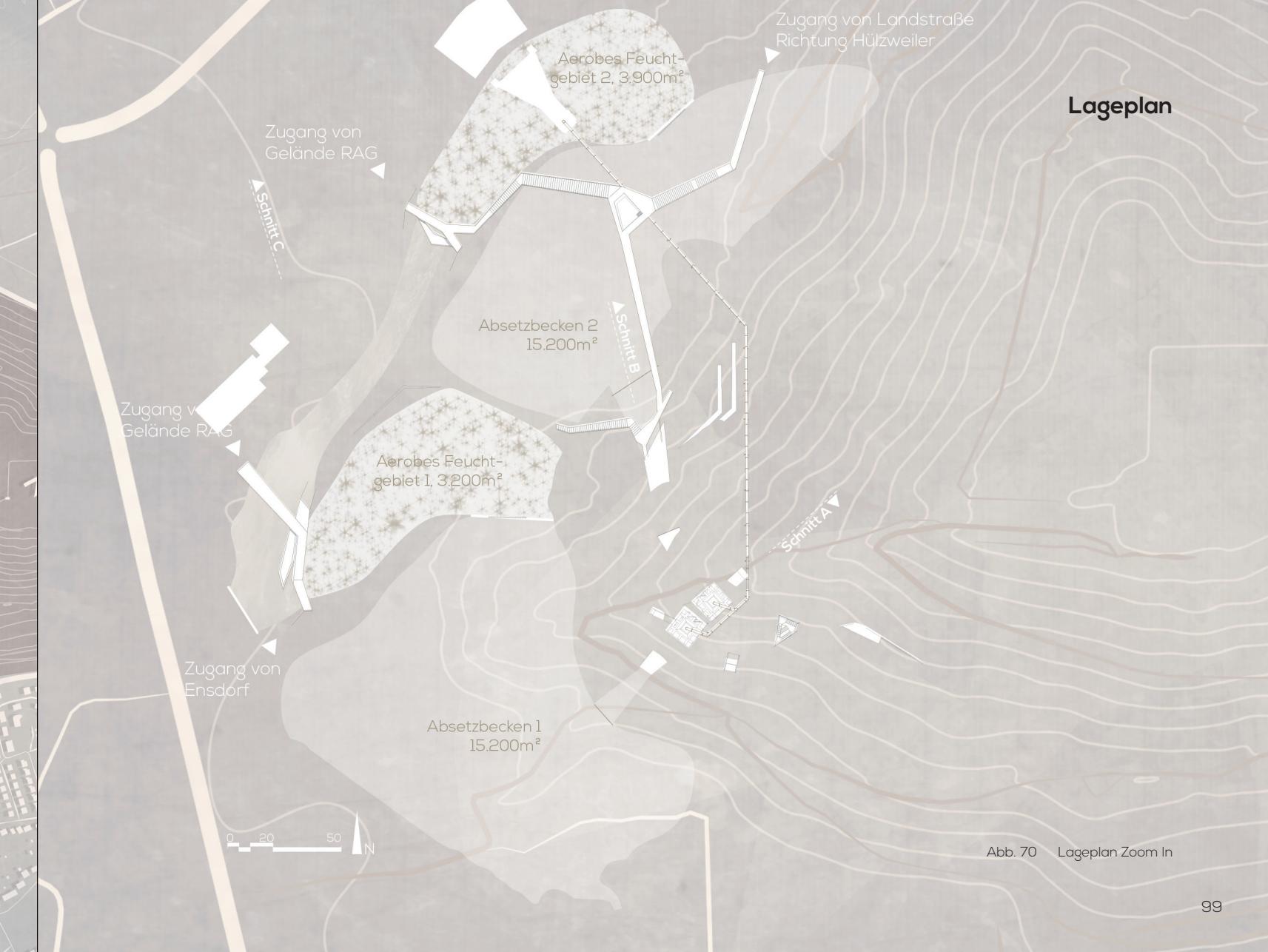




Abb. 71 Ansicht Süd

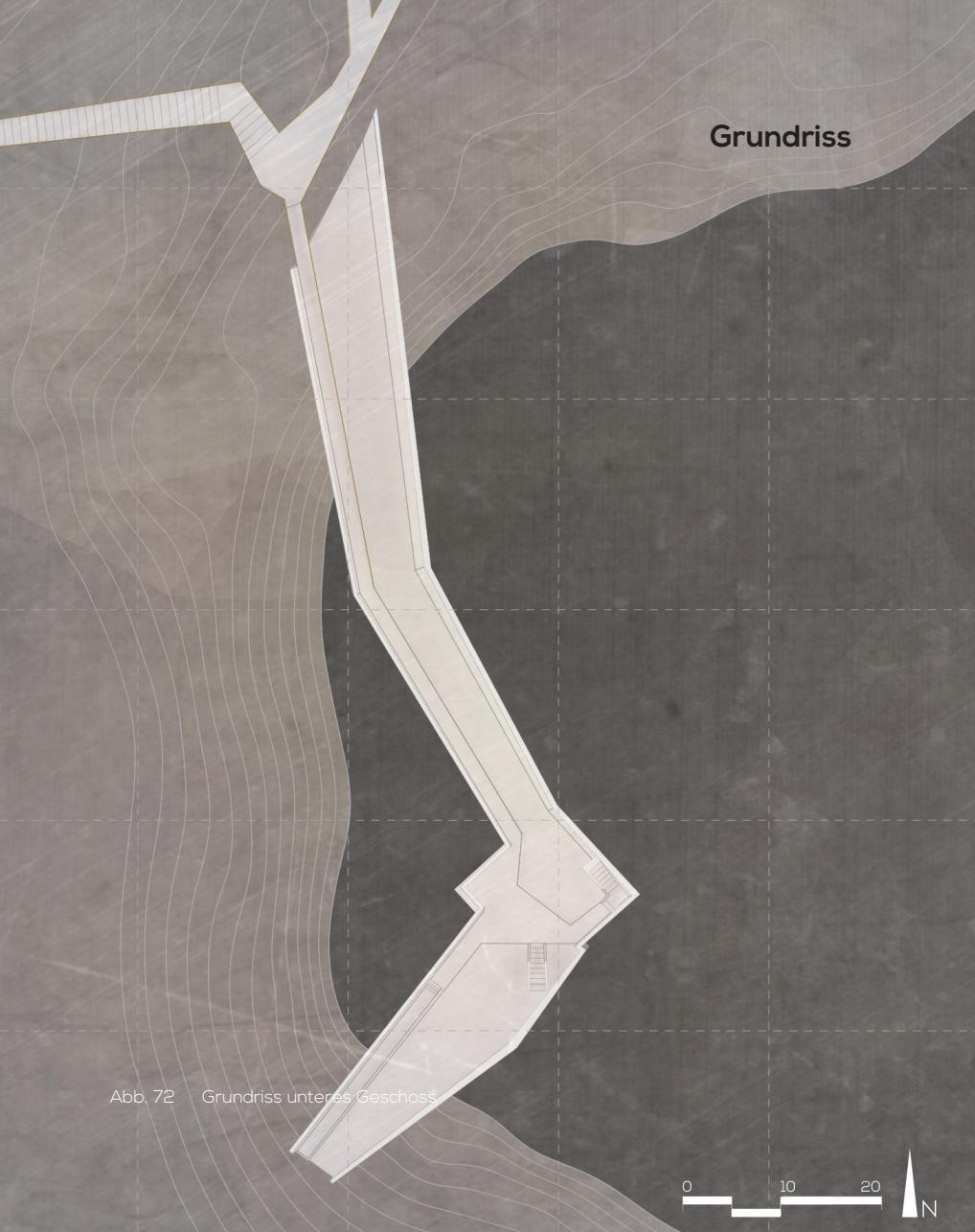
Der Schnitt durchs Gelände zeigt die vielfältige Landschaft mit den verschiedenen Pflanzentypen und den unterschiedlichen Reinigungsbecken



Abb. 73 Grundriss



Abb. 72 Grundriss unteres Geschoss



Schnitt A

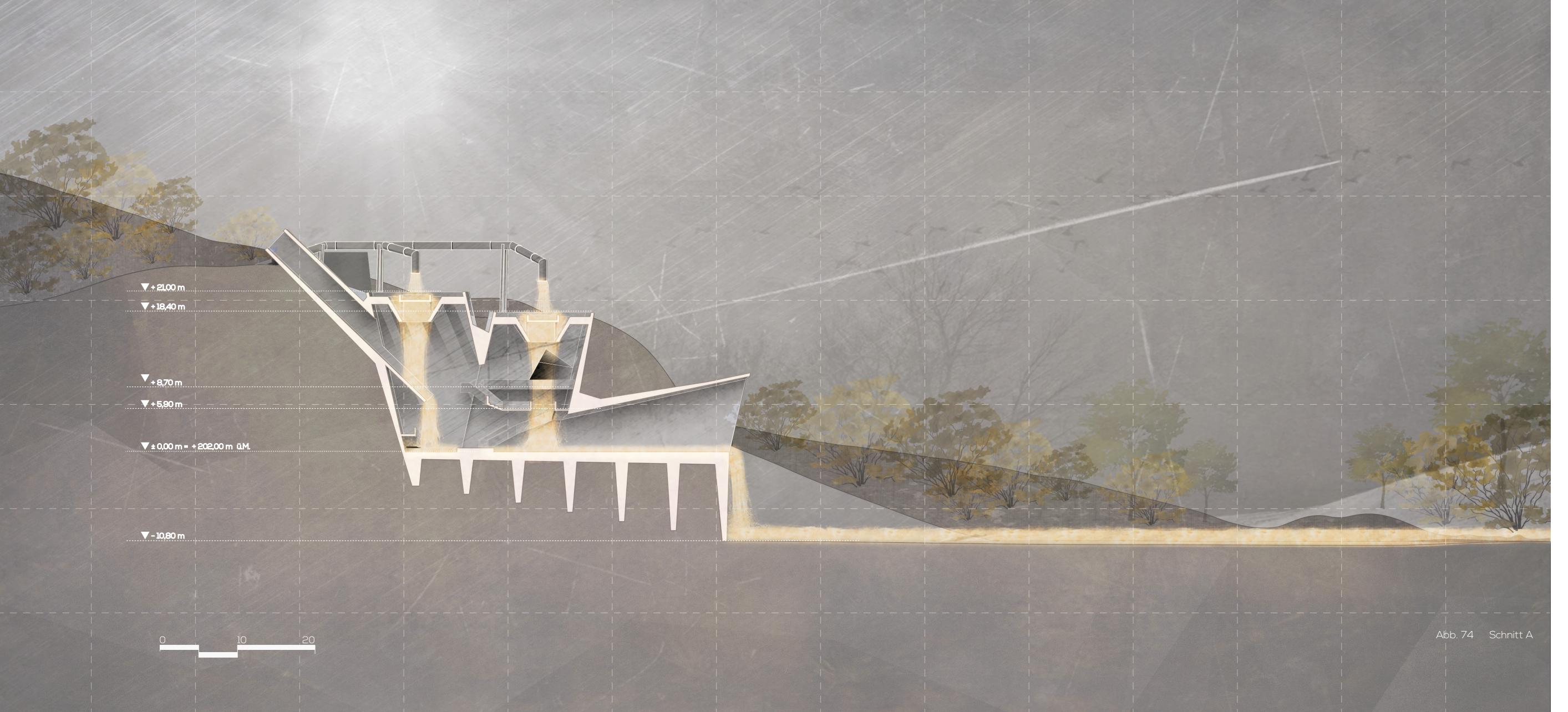


Abb. 74 Schnitt A

Schnitt B





Abb. 76 Perspektive von RAG-Gelände

Darstellungen

Um den Kern des Projektes, die sensorischen Eindrücke der Grubenwasserreinigung, möglichst vielfältig wiedergeben zu können wurde ein 3D-Modell unter Einsatz von Unreal Engine erstellt, einer Software die hauptsächlich zur Spieleentwicklung verwendet wird. Dies ermöglicht dem Betrachter die audiovisuellen Qualitäten von *ground up* zu erleben, da diese bei einem virtuellen Spaziergang durch das Objekt viel besser wiedergeben werden können. Auch eine Anwendung von Virtual Reality wäre denkbar.

Unabhängig von der tatsächlichen Ausführung, kann diese Form der Darstellung im Bereich der Aufklärung und Sichtbarmachung der Prozesse der Grubenwasserreinigung verwendet werden.

Sowohl die Animation der Wasserfälle wie auch eine entsprechende Geräuschkulisse tragen dazu bei, dem Betrachter einen realistischen Eindruck der Wassergewalt und vom Prozess der Reinigung vermitteln.

Abb. 77 Perspektive Innenraum Kaskade 1





Abb. 78 Perspektive Eingangssituation

Die der Halde nachempfundenen Strukturen verleihen dem Objekt einen Charakter als wäre es ein Teil der Halde - es gehört zu ihr. Aufgrund der für immer und ewig erforderlichen technischen Maßnahmen soll es auch für immer bleiben. Ein Symbol für die Ewigkeit. Mehr nebenbei erscheint das Objekt am Rand des Wanderweges, bricht aus der Landschaft heraus und macht neugierig.



Abb. 79 Perspektive Zulauf Wasser

Beginnend am Förderturn, dem oberen Ende des Schachtes wird das Wasser in einem Rohr aus Cortenstahl über seinen eigenen Druck die Halde hinauf geführt und gelangt anschließend im freien Fall ins Gebäude. Dort beginnt die Reinigung des Wassers; auf seinem Weg nach unten reichert es sich mit Sauerstoff an und setzt damit den ersten Schritt der Reinigung in Gang.



Abb. 80 Perspektive Zugangssituation

Durch ein gangartiges System wird der Besucher in das Objekt hineingeführt. Die Kombination aus vertikaler und horizontaler Wegeführung im Gelände erinnert abstrahiert an einen Bergwerksstollen. Von dort aus geht es tiefer hinein in die brennende Halde. Die Temperaturen steigen merklich, Licht und Akustik verändern sich.

Im Inneren angekommen ist die Kraft des Wassers in vollem Ausmaß zu spüren. Man sieht, hört und riecht es.



Abb. 81 Perspektive
Innenraum Kaskade 1

Abb. 82 Perspektive
Innenraum Kaskade 2

Abb. 83 Perspektive Innenraum



Abb. 84 Perspektiven Innenraum



Abb. 85 Perspektive
beim Verlassen des
Gebäudes

Das Verlassen des Gebäudes bringt einen deutlichen Stimmungswechsel mit sich; die offen angelegten Absatzbecken und Feuchtgebiete mit ihren verschiedenen Farben stellen einen Kontrast zu den tosenden Wasserfällen im Gebäude dar.



Abb. 86 Perspektive Pool

Der Pool im nordwestlichen Bereich des Geländes wird als Symbol für die erfolgreiche Reinigung mit dem nun sauberen Grubenwassers befüllt und mit der Wärmeenergie des zuvor noch schmutzigen Wassers beheizt.



Abb. 87 Perspektive aus
Nord-West

Bereits von der angrenzenden Landstraße ist ein Blick in das Areal möglich und erweckt unter Umständen bereits Interesse und lädt ein, das Gelände zu besuchen.



Abb. 88 Perspektive aus Süd-Ost.
Zugang aus Ensdorf

Anlagen

Abh. DELATTINIA 37: 57 - 74 – Saarbrücken, Johannes A. Schmitt

Steinkohle - Förderung in Deutschland bis 2018 veröffentlicht von M. Hohmann, 09.08.2019

Kohleatlas 2015, Heinrich Böll Stiftung, 1. Auflage, Juni 2015, Atlasmanufaktur

W. Bischoff, H. Bramann, Westfälische Berggewerkschaftskasse Bochum: Das kleine Bergbaulexikon. 7. Auflage, Verlag Glückauf GmbH, Essen 1988

Faszination Halden im Saarland; 2017 https://www.saarbruecker-zeitung.de/sz-serien/halden/der-elefant-an-der-autobahn_aid-6124969 (12.12.2019)

Saarpolygon gewinnt Preis für Architektur und Städtebau. In: Steinkohle, Das Mitarbeitermagazin der RAG Aktiengesellschaft, Jg. 2017, Heft 9, S. 19

Der Bergbau geht - Ewigkeitslasten bleiben, <https://www.bund-nrw.de/themen/klima-energie/im-fokus/steinkohle-ewigkeitslasten/> (19.11.2019)

Deutschlandfunk.de, Forschung aktuell, 17. Juni 2016, Monika Seynsche: PCB hat katastrophale Folgen für Meeressäuger

Wolkersdorfer C (2020) Grubenwasserreinigung Beschreibung und Bewertung von Verfahren. Springer, Heidelberg, 362 S. <https://doi.org/10.1007/978-3-662-61721-2>

Hahn, H. H. (2013). Wassertechnologie: Fällung: Flockung: Separation. Springer

Becker, J. Konstruierte Feuchtgebiete zur passiven Reinigung von Grubenwasser.

Wolkersdorfer, C., & Younger, P. L. (2002). passive Grubenwasserreinigung als Alternative zu aktiven Systemen. *Grundwasser*, 7(2), 67-77.

Merkel, B., & Wolkersdorfer, C. Naturnahe Reinigung kontaminiert Bergwerkswässer.

Deutscher Bundestag, Wissenschaftliche Dienste, WD 8-3000-02/18 Sachstand: Grubenwasserflutung im Saarländischen Bergbau

SCENARIO 01: Landscape Urbanism: Definitions & Trajectory, Christopher Gray, Herbst 2011

Mostafavi, Mohsen, Ciro Najle und Architectural Association. Landschaftsurbanismus: Ein Handbuch für die maschinelle Landschaft . London: Architectural Association, 2003 Landschaftsurbanismus - https://de.qazwiki/wiki/Landscape_urbanism

Topos 71 - Landschafts-Urbanismus. Diese Ausgabe enthält Beiträge von Charles Waldheim, James Corner, Mohsen Mostafavi, Adriaan Geuze, Susannah Drake, Kongjian Yu, Frederick Steiner und Dean Almy, Landschaftsurbanismus - https://de.qazwiki/wiki/Landscape_urbanism

dérive, Zeitschrift für Stadtforschung, Heft 26, Jänner-März 2007, Erik Meinhardter

Dreiseitl H, Grau D, Leppert S (2005) New waterscapes – planning, building and designing with water. Birkhäuser, Basel

ARCH+ 236, Posthumane Architektur, 28.9.2019, S. 206-211

<http://nextroom.at/building.php?id=631&inc=artikel&sid=1029>, Zeche und Kokerei, die Design-Stadt, 09.April 2002, Knuth Hornbo-gen

Wuha Kohlenbergbaurevier: gsa.confex; 2004; New Mineral occurrences and mineralization processes: Wuha Coalfield Fires of Inner Mongolia; 2004 Annual Meeting

Pyramid Guidelines V10, Engineering guidelines for the passive remediation of acidic and/or metalliferous mine drainage and similar wastewaters, written and edited by the PIRAMID Consortium, S. 62-68

Abb. 01. Geschichte des Bergbaus Fotos aus Bundesarchiv	15	Abb. 20. Grubenwasserführung unter Tage; Bergwerk Reden	29
Abb. 02. Rohstoffvorkommen in Deutschland https://www.bgr.bund.de/DE/Themen/Sammlungen-Grundlagen/GG_geol_Info/Karten/Deutschland/Bodenschatzkarte/bodenschatzkarte_node.html (03.05.2019)	17	Abb. 21. Wasserführung unter Tage Foto: Christian Wolkersdorfer	31
Abb. 03. Fossilienfund Berghalde Duhamel	18	Abb. 22. Wasserpumpe unter Tage	31
Abb. 04. Halde Göttelborn, sichtbare Überbleibsel der Industrie Foto: Hans-Peter Rosar, 2018	20	Abb. 23. Grubenwasserführung unter Tage im Bergwerk Reden	32
Abb. 05. Halde Göttelborn Foto: Felix Gross	20	Abb. 24. Wassergarten Landsweiler-Reden, Vorfluter Klinkenbach, gereinigtes Grubenwasser bildet Lebensraum für Tiere und Pflanzen	33
Abb. 06. Himmelsspiegel auf der Berghalde Lydia https://www.rag-montan-immobilien.de/aktuelles/news/?tx_ttnewsarchiv_newsarchiv[news]=469	21	Abb. 25. Flussdiagramm für die wichtigsten, passiven Grubenwasserreinigungsmethoden Grubenwasserreinigung Beschreibung und Bewertung von Verfahren 2020, S. 180, C. Wolkersdorfer	34
Abb. 07. Übersicht Berghalde Lydia Foto: Robby Lorenz	21	Abb. 26. Kaskade an der Grubenwasserreinigungsanlage in Vouters (Frankreich)	37
Abb. 08. Der weise Elefant Foto: Robby Lorenz	22	Abb. 27. Absetzbecken in La Houvre, Wasser mit starkem Eisengehalt	38
Abb. 09. Halde Grühlingsstraße Foto: Delf Slotta	22	Abb. 28. Absetzbecken Vouters mit deutlich sichtbarem Eisenoxid	39
Abb. 10. Bergmannshalde Viktoria historisch https://www.saar-nostalgie.de (06.08.2019)	23	Abb. 29. Wasser vor und nach dem aeroben Feuchtgebiet, Pflanzen filtern sichtbar die Metallfracht aus dem Wasser Grubenwasserreinigung Beschreibung und Bewertung von Verfahren 2020, S. 180, C. Wolkersdorfer	40
Abb. 11. Viktoria vor der Sanierung https://www.saar-nostalgie.de (06.08.2019)	23	Abb. 30. Pflanzenvielfalt im aeroben Feuchtgebiet	41
Abb. 12. Halde Viktoria Foto Robby Lorenz	23	Abb. 31. Bergbaustandorte im Saarland	47
Abb. 13. Halde Duhamel während der Entstehung Foto: RAG Archiv-Saar	24	Abb. 32. Zahlenmäßiges Verhältnis zwischen Einwohner Saarland und Bergarbeiter von 1960 - 2018 Anzahl der Arbeiter unter Tage im deutschen Steinkohlenbergbau bis 2018, veröffentlicht von M. Hohmann, 24.09.2020	48
Abb. 14. Historische Aufnahme der Halde Duhamel in Ensdorf Foto: RAG Archiv-Saar	24	Abb. 33. Zahlenmäßiges Verhältnis zwischen Einwohner Saarland und Arbeitslosigkeit von 1960-2018 Anzahl der Arbeiter unter Tage im deutschen Steinkohlenbergbau bis 2018, veröffentlicht von M. Hohmann, 24.09.2020	48
Abb. 15. Vogelperspektive der Halde Duhamel mit Blick aufs Saarpolygon Foto: RAG	25	Abb. 34. Staudamm unter Tage	49
Abb. 16. Ansicht Halde Duhamel aus umliegendem Wohngebiet	25	Abb. 35. Damm Maybach im Bergwerk Reden	49
Abb. 17. Schaubild zur Entstehung von Grubenwasser	28	Abb. 36. Geografische Übersicht der Wasserhaltungsstandorte und wie sie verbunden sind	50
Abb. 18. Vorfluter in Camphausen	29	Abb. 37. Schematischer Schnitt des geplanten Grubenwasseranstiegs RAG-Archiv Saar	50
Abb. 19. Grubenwasserführung unter Tage im Bergwerk Reden	29	Abb. 38. Wasserhaltung Zeche Walsum	52
		Abb. 39. Wasserhaltungsstandort	52
		Abb. 40. Wasserhaltung an der Zeche Heinrich Überruhr	52
		Abb. 41. Zeche Heinrich, Wassereinleitung in die Ruhr mit deutlichem Farbunterschied	53
		Abb. 42. Industrieruine am Bergwerk Reden	57
		Abb. 43. Bestehende und neue Architektur Zollverein	58

Abb. 44. „Sonnenrad“ von Rem Koolhaas und OMA auf der Zeche Zollverein	58
Abb. 45. Werksschimmbad Zollverein Foto: Frank Vinken / Stiftung Zollverein	59
Abb. 46. Der Mosesgang	60
Abb. 47. Der Mosesgang macht die Oxidation des rund 30°C warmen Grubenwassers zum Erlebnis für den Besucher.	60
Abb. 48. Regenwassersammelbecken	61
Abb. 49. Abfluss des abgekühlten Grubenwassers	61
Abb. 50. Kunstinstallation im „Garten Eden“ (Völklinger Hütte) auf Rudimenten der Stahlerzeugung	62
Abb. 51. Der „Garten Eden“ findet sich versteckt hinter einer Mauer. Dort wurden die Industrierudimente 25 Jahre der Natur überlassen, eher der Garten mit Kunstinstallationen versehen und für Besucher geöffnet wurde.	62
Abb. 52. Hochofenlandschaft des ehemaligen Sinterwerks für Besucher durchwandelbar	63
Abb. 53. Landschaftspark Duisburg Lichtspektakel Fotocommunity	64
Abb. 54. Landschaftspark Duisburg Bunkeranlagen Foto: Peter Lotz und Partner	64
Abb. 55. Landschaftspark Duisburg Hochofenlandschaft Foto: http://german.china.org.cn/international/2010-06/22/content_20318276.html	64
Abb. 56. Lageplan Übersicht	72
Abb. 57. Übersichtskarte Saarland	73
Abb. 58. RAG-Gelände Ensdorf	74
Abb. 59. Halde Duhamel, sichtbare Landmarke aus weiter Entfernung	76
Abb. 60. Sanierungsarbeiten an der Westflanke Foto: RAG MI	78
Abb. 61. Gelände nach Beginn der Sanierungsarbeiten Foto: RAG MI	78
Abb. 62. Darstellung des Haldenbrandes Datenquelle RAG	79
Abb. 63. Perspektive Bauplatz GoogleEarthPro 49°19'07.1"N 6°46'32.4"E	80
Abb. 64. Schematische Darstellung der Wasseraufbereitung	82
Abb. 65. Architektonisches Konzept	89
Abb. 66. Verschiedene Farbschemata welche das Grubenwasser während des Reinigungsprozesses entwickelt	91

Abb. 67. Materialien und Strukturen Berghalde	92
Abb. 68. Materialstudien Beton	95
Abb. 69. Lageplan Übersicht	98
Abb. 70. Lageplan Zoom In	99
Abb. 71. Ansicht Süd	101
Abb. 72. Grundriss	103
Abb. 73. Grundriss unteres Geschoss	103
Abb. 74. Schnitt A	105
Abb. 75. Schnitt B	106
Abb. 76. Perspektive von RAG-Gelände	108
Abb. 77. Perspektive Innenraum Kaskade 1	111
Abb. 78. Perspektive Eingangssituation	112
Abb. 79. Perspektive Zulauf Wasser	114
Abb. 80. Perspektive Zugangssituation	116
Abb. 81. Perspektive Innenraum Kaskade 1	118
Abb. 82. Perspektive Innenraum Kaskade 2	118
Abb. 83. Perspektive Innenraum	119
Abb. 84. Perspektiven Innenraum	121
Abb. 85. Perspektive beim Verlassen des Gebäudes	122
Abb. 86. Perspektive Pool	124
Abb. 87. Perspektive aus Nord-West	127
Abb. 88. Perspektive aus Süd-Ost, Zugang aus Ensdorf	128

Danke an alle
für Eure vielfältige Unterstützung
während dieses Projekts!

Eidesstattliche Erklärung

Ich erkläre hiermit an Eides statt durch meine eigenhändige Unterschrift, dass ich die vorliegende Arbeit selbständig verfasst und keine anderen als die angegebenen Quellen und Hilfsmittel verwendet habe. Alle Stellen, die wörtlich oder inhaltlich den angegebenen Quellen entnommen wurden, sind als solche kenntlich gemacht. Die vorliegende Arbeit wurde bisher in gleicher oder ähnlicher Form noch nicht als Magister-/Master-/Diplomarbeit/Dissertation eingereicht.

Datum

Unterschrift