



12. Rohstofftag Rheinland-Pfalz

2024



Die Energiewende – Herausforderungen und Chancen für die Rohstoffwirtschaft

4. Juli 2024

Stadthalle Speyer

Eine Initiative des
Ministeriums für Wirtschaft, Verkehr, Landwirtschaft und Weinbau Rheinland-Pfalz

In Zusammenarbeit mit:

Landesamt für Geologie und Bergbau Rheinland-Pfalz

Bundesverband Keramische Rohstoffe und Industriemineralien e.V.

Industrieverband Steine und Erden Neustadt/Weinstr. e.V.

vero - Verband der Bau- und Rohstoffindustrie e.V.

Inhalt

Vorwort	S. 3
Programm	S. 4
Vorträge (Kurzfassungen)	
<i>Wolfgang Bühring</i> Wer Flächen hat, liegt vorne – zielführende Kooperationen zur Energiewende	S. 6
<i>Klaus-Jürgen Boos</i> Schwimmende Photovoltaik-Anlagen und Seethermie als Möglichkeiten zur nachhaltigen Nutzung von Baggerseen	S. 7
<i>Frank Schmitt</i> Volvo Connected Map - Perfekte Übersicht auf dem Betriebsgelände	S. 7
<i>Marcus Müller</i> Künstliche Intelligenz für den nachhaltigen Straßenbau	S. 9
Innovationspreis Rohstoffwirtschaft (Kurzfassungen der Bewerbungen)	
<i>SCHAEFER KALK GmbH & Co. KG</i> Herstellung eines natürlichen, hochreinen Calciumcarbonats, ein Rohstoff für spezielle Anwendungsfelder	S. 11
<i>Stephan Schmidt KG</i> Entwicklung von Tonpellets mit erhöhter Wärmeleitfähigkeit für den Einsatz in oberflächennaher Geothermie	S. 12
Exkursionen	S. 14
A - Steinbruch Albersweiler (Hartgesteinsgewinnung im Kristallin) Basalt-Actien-Gesellschaft	S. 16
B - Geothermiekraftwerk "Natürlich Insheim" von Vulcan Energie Ressourcen GmbH	S. 24
C - Kiesgrube und Photovoltaikanlage der Fa. Pfadt Kieswerk-Baustoffe Betriebs-GmbH & Co. KG in Leimersheim	S. 32
D - Naturwerksteine im Stadtbild von Speyer	S. 39

Impressum

Titelbild: Schwimmende Photovoltaikanlage im Kieswerk Leimersheim der Pfadt GmbH Kieswerk-Baustoffe Betriebs-GmbH & Co. KG
(Foto Erdgas Südwest GmbH m. frdl. Genehmigung)
© Landesamt für Geologie und Bergbau Rheinland-Pfalz, Mainz 2024

Herausgeber: Landesamt für Geologie und Bergbau Rheinland-Pfalz
Redaktion: Roger Lang, Michael Weidenfeller, Marika Götze
Gestaltung und EDV-Satz: Roger Lang

Mainz, im Juni 2024

Vorwort

Rheinland-Pfalz ist ein rohstoffreiches Land, dessen Bodenschätze in vielfältigen nachgelagerten Wirtschaftsbereichen von essentieller Bedeutung sind. So bilden der Abbau und die Weiterverarbeitung heimischer Rohstoffe die Grundlage der industriellen Wertschöpfung. Eine sichere und verantwortungsbewusste Rohstoffversorgung gewinnt für Rheinland-Pfalz an großer Bedeutung, denn auch der Erfolg der Energiewende hängt maßgeblich von der Rohstoffwirtschaft ab.



Für diesen umfangreichen Transformationsprozess in der Energieversorgung steht die regionale Rohstoffwirtschaft vor der Herausforderung, die Technologien der Erneuerbaren Energien zu unterstützen und gleichzeitig eine fortdauernde sowie nachhaltige Rohstoffversorgung sicherzustellen. Die Reduzierung von CO₂-Emissionen durch kürzere Transportwege für Rohstoffe stellt damit einen weiteren Schwerpunkt dar. Mit Unterstützung durch Künstliche Intelligenz können Prozesse in der Rohstoffwirtschaft optimiert und innovative emissionsarme Lösungen entwickelt werden, auch um die Energiewende voranzutreiben.

Innovationen spielen eine Schlüsselrolle bei der Bewältigung von Herausforderungen. Daher wird auch der Innovationspreis der Rohstoffwirtschaft 2023 im Rahmen des diesjährigen Rohstofftages verliehen. Der Preis zeichnet Projekte der Rohstoffunternehmen aus, die wegweisende Lösungen entwickelt haben.

Insgesamt zeigt der vorliegende Tagungsband die Vielfalt der Ansätze und Technologien auf, die zur Bewältigung der Herausforderungen der Energiewende und der Rohstoffwirtschaft beitragen können. Es wird deutlich, dass eine ganzheitliche Strategie, die die Potenziale der regionalen Rohstoffwirtschaft und den Einsatz von Technologien - wie der Künstlichen Intelligenz - berücksichtigt, entscheidend ist, um eine nachhaltige Zukunft zu sichern.

Ich wünsche den Teilnehmerinnen und Teilnehmern des Rohstofftages 2024 spannende Fachgespräche, anregende Diskussionen und eine erfolgreiche Netzworkebildung.

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Daniela Schmitt'. The signature is fluid and cursive.

Daniela Schmitt
Staatsministerin für Wirtschaft, Verkehr, Landwirtschaft und Weinbau Rheinland-Pfalz

Programm

- 8:00 Öffnung des Tagungsbüros, Ausgabe der Tagungsunterlagen
- 9:00 Start der Exkursionen
- ab 12:00 Rückkehr der Exkursionen zur Stadthalle Speyer, Mittagspause mit Mittagessen
- 13:30 Begrüßung
Grußwort Stefanie Seiler, Oberbürgermeisterin der Stadt Speyer
- Grußwort Staatssekretär Andy Becht
Ministerium für Wirtschaft, Verkehr, Landwirtschaft und Weinbau des Landes Rheinland-Pfalz (MWVLW)
- anschließend Übergabe Erinnerungs-Objekt Rohstofftag 2024
Verleihung des Innovationspreises Rohstoffwirtschaft
- Moderation: Joachim Türk, Unternehmensberater, Höhr-Grenzhausen
- 14:30 Beginn der Vortragsveranstaltung, Block 1:
Moderation: Joachim Türk
- Wer Flächen hat, liegt vorne – zielführende Kooperationen zur Energiewende
Wolfgang Bühring, Verband kommunaler Unternehmen e.V. Rheinland-Pfalz, Stadtwerke Speyer
- Schwimmende Photovoltaik-Anlagen und Seethermie als Möglichkeiten
zur nachhaltigen Nutzung von Baggerseen
Klaus-Jürgen Boos, BGL- Büro für Gewässerkunde und Landschaftsökologie
- 15:15 Pause
- 15:45 Talkrunde: Die Energiewende - Herausforderungen und Chancen für die Rohstoffwirtschaft
Christian Baumann (MWVLW)
Wolfgang Bühring (Stadtwerke Speyer GmbH)
Guido Faber (Faber Lohrheim GmbH)
Dr. Kai Schäfer (SCHAEFER Kalk GmbH & Co. KG)
Andreas Tschauder (LGB)
Thomas Weber (Büttel GmbH)
Moderation: Joachim Türk
- 16:45 Beginn der Vortragsveranstaltung, Block 2
Moderation: Joachim Türk
- Volvo Connected Map - Perfekte Übersicht auf dem Betriebsgelände
Frank Schmitt, Volvo Construction Equipment Germany GmbH
- Künstliche Intelligenz für den nachhaltigen Straßenbau
Dr. Marcus Müller, KlnaStra c/o Smart Site Solutions GmbH
- 17:30 Schlusswort und Dank
- 17:40 Ende der Veranstaltung, Abendimbiss und Ausklang

Vorträge

Kurzfassungen

Wer Flächen hat, liegt vorne – zielführende Kooperationen zur Energiewende

Wolfgang Bühring

Verband kommunaler Unternehmen e.V. Rheinland-Pfalz, Stadtwerke Speyer

Die Stadtwerke Speyer GmbH (SWS) sind ein modernes Versorgungsunternehmen und mit rund 300 Mitarbeitenden einer der wichtigsten Arbeitgeber der Region. Die SWS versorgen ihre Kundinnen und Kunden in Speyer und der Region zuverlässig mit Strom, Erdgas, Wärme und frischem Trinkwasser. Seit mehr als 160 Jahren gestalten die SWS das Leben in Speyer und der Region und sorgen für eine kontinuierliche Verbesserung der Lebensqualität durch zukunftsorientierte Investitionen in die Infrastruktur wie den Glasfaser- und den Fernwärmeausbau sowie in eine umweltverträgliche Mobilität. Sie engagieren sich für ein vielfältiges Stadtleben durch die Unterstützung lokaler Vereine, Institutionen und Events sowie durch die Entwicklung der MeinSpeyer-App.

Klimaschutz ist eines der elementaren Unternehmensziele. Den Ausbau erneuerbarer Energien treiben die SWS aktiv voran durch den Bau und Betrieb von Windrädern und zahlreichen Photovoltaik- und Solarthermie-Anlagen. Mit den Anlagen der SWS können schon heute mehr als 80% aller Speyerer Haushalte mit Ökostrom versorgt werden. Gemeinsam mit der Stadt Speyer haben sich die SWS ambitionierte Klimaziele gesetzt. Man strebt bis 2030 eine 100-prozentige regenerative Erzeugung des in Speyer benötigten Stroms an und bis 2040 eine 100-prozentige regenerative Erzeugung der in Speyer benötigten Wärme.

Zur Erreichung dieser Ziele sind Kooperationen und Flächen unerlässlich. Kooperationen ermöglichen Ressourcenbündelung, Wissensaustausch, Risikoteilung und Skalierbarkeit. Zudem ermöglichen sie den Zugang zu neuen Märkten, Synergieeffekte, soziale Vernetzung und tragen zur Lösung komplexer Probleme bei.

Im Bereich Windenergie arbeiten die SWS mit der WEAG Future Energies AG zusammen. Innerhalb eines gemeinsamen Leitbilds sehen sich WEAG und SWS als Partner der Standortgemeinden und Bau und Versorgung ist langfristig, sicher und vor allem nachhaltig. Als Referenzbeispiel dient der Windpark Hatzenbühl, der zudem erweitert werden soll. Hier gibt es eine hohe Akzeptanz in der Bevölkerung und der Verbandsgemeinde, die sich auf Kommunikation und Beteiligung zurückführen lässt. Durch das passende MeinSpeyer Regionalstrom Produkt ist es möglich, einen individuellen Strommix aus heimischen Ökostromquellen zu wählen und somit ein nachhaltiges Produkt direkt aus der Region zu erhalten.

Neben der Windenergie engagieren sich die SWS auch im Bereich PV. Gemeinsam mit dem Kieswerksbetreiber Rohr ist hier eine schwimmende PV-Anlage errichtet worden. Technische Planung, Anlagenauslegung, Ausschreibung und Direktvermarktung erfolgte hierbei über die SWS.

Auch im Bereich nachhaltige Wärmeversorgung ist die SWS eine Kooperation eingegangen. Gemeinsam mit den Stadtwerken Schifferstadt hat man ein interkommunales Geothermieprojekt ins Leben gerufen. Ziel ist hierbei eine nachhaltige und generationenübergreifende Wärmeversorgung mit einer Minimierung und dauerhaften Begrenzung von induzierter Seismizität. Es gilt, die Förderrate langfristig abzusichern und Anlagenplanung, Ausführung und Betrieb auf eine hohe Betriebssicherheit auszulegen. Ein weiteres großes Ziel ist es, die öffentliche Akzeptanz für das Geothermieprojekt zu erhalten und zu fördern. Denn Geothermie ist als heimische Energiequelle konstant verfügbar, klimafreundlich und kann einen signifikanten Beitrag zur einheimischen Energieversorgung leisten.

Die Stadtwerke Speyer sind bestrebt, durch nachhaltige Energieprojekte und Kooperationen die Lebensqualität in Speyer und der Region weiter zu steigern und einen bedeutenden Beitrag zum Klimaschutz zu

leisten. Gemeinsam mit ihren Partnern und der Bevölkerung schaffen die SWS eine zukunftsfähige und umweltfreundliche Energieversorgung, die auch kommenden Generationen zugutekommt.

Schwimmende Photovoltaik-Anlagen und Seethermie als Möglichkeiten zur nachhaltigen Nutzung von Baggerseen

Klaus-Jürgen Boos

BGL- Büro für Gewässerkunde und Landschaftsökologie

Im Rahmen der Energiewende hat die Nutzung von schwimmenden Photovoltaik-Anlagen (SPV) auf Baggerseen erheblich an Aktualität gewonnen. Neben den Effekten, die von derartigen Anlagen auf die Seewasserbeschaffenheit ausgehen, vermittelt der Vortrag auch Informationen zum Ausmaß des aus Sicht der Gewässerökologie tolerierbaren Bedeckungsgrades. Grundlagen der Darstellung sind u.a. Untersuchungen an mehreren Baggerseen der Rheinebene und Ergebnisse aus dem Forschungsprojekt der Miro.

Neben der Erzeugung von Solarstrom durch SPV-Anlagen kommt auch der direkten Nutzung des Seewassers zur Wärme- oder Kältegewinnung aus Baggerseen mittels Wärmepumpen (Seethermie) eine steigende Bedeutung zu. Dieses Verfahren verspricht für Baggerseen eine hohe Effektivität bei vergleichsweise geringen vorhabensbedingten Eingriffen. Die Seethermie verfügt als nachhaltige Form der Energiegewinnung über ein sehr hohes Nutzungspotential. Welchen Einfluss diese Nutzung auf die Seewasserqualität ausübt und in welcher Weise sie auch als Element der Qualitätssicherung tauglich gemacht werden kann, wird anhand eines aktuellen Projektes gezeigt.

Weil durch die Installation einer seethermischen Anlage Effekte für den Temperaturhaushalt eines Sees bewirkt werden, die den Auswirkungen schwimmender Photovoltaik Anlagen genau entgegengesetzt sind, ist die Kombination beider Anlagentypen zur Gewährleistung eines gewässergütereutralen Betriebes geeignet.

Volvo Connected Map - Perfekte Übersicht auf dem Betriebsgelände

Frank Schmitt

Volvo Construction Equipment Germany GmbH

Connected Map ist ein Ortungsdienst, der einen visualisierten Gesamtüberblick über die Position aller Baumaschinen, Fahrzeuge und Besucher auf einem Betriebsgelände ermöglicht. Der Zugriff ist sowohl in den Maschinen über den Volvo Co-Pilot oder Android/iOS-basierte Geräte möglich als auch im Büro über die Webplattform Office-Portal.

Mit Connected Map profitieren Betreiber, Fahrer und alle anderen Standortmitarbeiter von einer vollständigen Baustellentransparenz. In Echtzeit erhalten sie einen visualisierten Überblick über die genaue Position der einzelnen Baumaschinen, Fahrzeuge und Besucher, die mit der App verbunden sind. Dies steigert nicht nur die Sicherheit, sondern auch die Effizienz und Produktivität im Baustellenbetrieb.



Abb. 1: Schema der Visualisierung von Merkmalen und Orientierungspunkten mit Connected Map.

Visualisierung des Betriebsgeländes

Connected Map visualisiert eine Vielzahl typischer Merkmale und Orientierungspunkte auf dem Betriebsgelände (Abb. 1). Dazu zählt vor allem die Anzeige der Straßen, um die Navigation auf dem Gelände zu erleichtern. Angezeigt werden aber auch Lade- und Abladezonen, definierte Geschwindigkeitsbereiche und Sperrzonen. Interessante Punkte wie Büros, Werkstätten und Tankstellen lassen sich ebenfalls visualisieren, was besonders für neue oder vorübergehende Betreiber hilfreich ist. Ergänzend lassen sich einspurige und enge Straßenabschnitte festlegen. Nähert sich dort eine andere Baumaschine, werden die Fahrer benachrichtigt. Das macht den Baustellenverkehr sicherer und hilft dabei, Staus und Unfälle zu vermeiden.

Große Vorteile für Betriebsleiter

Die Betriebsleitung hat über das Office-Portal einen vollständigen Überblick über den Standort. Der Betriebsleiter kann zum Beispiel Einbahnverkehre einführen oder das Durchfahren bestimmter Bereiche sperren. Diese Änderungen kann er sofort an alle Benutzer weitergeben, deren Aufmerksamkeit erhöhen und dadurch kritische Situationen entschärfen. Den Betriebsleitern erleichtert das Office-Portal die Verwaltung größerer Areale.

Weniger Stress für den Fahrer

Außerhalb des Büros erleichtert es Connected Map dem Fahrer, sich mit dem Gelände vertraut zu machen und zu wissen, wo sich der exakte Standort jeder Maschine und auch jedes Besuchers befindet. Die App

trägt so zu einem einfachen, sicheren und stressfreien Betrieb bei. Um Connected Map und das Office-Portal in Betrieb zu nehmen, sollten sich Kunden an ihren Volvo-Vertragspartner wenden.

Externer Zugriff und Nachrüstlösung

Fahrer, die keine Volvo-Maschine fahren, sowie temporär anwesende Besucher können ihr eigenes Android/iOS-Gerät mit aktiver SIM-Karte über die Volvo CE Site Map-App integrieren. Diese App steht kostenfrei im App Store und bei Google Play zum Download bereit. Bei Baumaschinen anderer Marken, die regelmäßig auf dem Gelände des Kunden im Einsatz sind, lässt sich optional eine kompatible Alternative zum Volvo Co-Pilot mit einer Karten-App nachrüsten.

Mehr Informationen unter www.volvoce.de

Künstliche Intelligenz für den nachhaltigen Straßenbau

Dr. Marcus Müller

Smart Site Solutions GmbH

Zur Herstellung einer Tonne Asphaltmischgut werden durch das Verfeuern von Braunkohlestaub 20 kg CO₂ freigesetzt. Bereits bei einer mittleren Baustellengröße mit 2.500 Tonnen einzubauendem Asphalt entspricht dies etwa zwölf First-Class-Flügen einer Person von Stuttgart nach Shanghai. Und global betrachtet bedeutet es bis zu 400 Mio. Tonnen CO₂-Emissionen im Asphaltstraßenbau. Eine (weitere) Optimierung nach Nachhaltigkeitskriterien ist in der Straßenbauindustrie daher dringend notwendig.

Bislang spielen digitale Technologien für die Nachhaltigkeitsziele des Asphaltstraßenbaus, trotz des ihnen von Branchenexperten zugesprochenen hohen Potenzials, nur eine untergeordnete Rolle. Die Forschungs- und Entwicklungsarbeiten konzentrieren sich aktuell auf das Baumaterial (u.a. Erhöhung des Recycling-Anteils, temperaturabgesenkte Asphalte), die Baumaschinen (insb. Elektrifizierung von Baumaschinen) und das Produkt „Straße“, wie u.a. solaraktive oder NO_x-reduzierende Beläge. Der Erhöhung der Nachhaltigkeit durch Steuerung des eigentlichen Bauprozesses, also zu dem Zeitpunkt, in dem die CO₂-Emissionen überhaupt entstehen, kommt bislang kaum Aufmerksamkeit zu.

Studien messen der digitalen Echtzeitsteuerung von Bauprozessen mittels Verfahren der Künstlichen Intelligenz eine besondere Bedeutung bei der Erreichung ambitionierter Nachhaltigkeitsziele zu. Die hierzu erforderlichen datentechnischen Voraussetzungen sind bereits weitgehend gegeben (Stichworte: Straßenbau 4.0 und Building Information Modeling), so dass der nächste Innovationsschritt in der Entwicklung intelligenter, datengetriebener Steuerungsverfahren liegt. So können mittels Temperaturdaten, die entlang der Lieferkette durch Sensoren erhoben werden, Prognosemodelle für die Materialabkühlung erlernt werden, um im laufenden Prozess die minimal mögliche, qualitätserhaltende Produktionstemperatur zu ermitteln. Dann spart jedes reduzierte Grad Celsius bei der Produktion ~0,4% CO₂ ein und trägt durch verminderte Aerosolbelastung auch zum Arbeitsschutz bei.

Diesen Innovationsschritt der intelligenten, datengetriebenen Steuerungs- und Analyseverfahren adressiert das Vorhaben KINASTRA mit dem Gesamtziel der Entwicklung von KI-Verfahren für die Echtzeitsteuerung und Analyse von Asphaltbaustellen nach Kriterien der Nachhaltigkeit, um die CO₂-Emissionen im Bauprozess nachweislich zu senken, ohne negative Auswirkungen auf die Qualität und Wirtschaftlichkeit.

Innovationspreis Rohstoffwirtschaft

Kurzfassungen
der Bewerbungen

Herstellung eines natürlichen, hochreinen Calciumcarbonats, ein Rohstoff für spezielle Anwendungsfelder

SCHAEFER KALK GmbH & Co. KG

Louise-Seher-Str. 6
65582 Diez

Die SCHAEFER KALK GmbH & Co. KG befasst sich seit über 160 Jahren mit der Gewinnung und Weiterverarbeitung des Rohstoffs Calciumcarbonat.

Für viele Standardanwendungen reicht die Reinheitsklasse „rein“, d.h. ein Stoffgehalt von > 97 % aus. Besonders hochreine Produkte mit einem Calciumcarbonatgehalt von > 99,9 % und einem außergewöhnlichen Weißgrad erlauben das Vordringen in neue, innovative Anwendungen. Beispielsweise wird zur Herstellung von optischen Gläsern oder Spezialgläsern hochreines Calciumcarbonat benötigt. Außerdem kommen hochreine Calciumcarbonate in der Medizintechnik oder Pharmazie sowie in der Elektronikindustrie bei der Herstellung von Keramikcondensatoren zum Einsatz.

Hochreine Calciumcarbonate können zum einen in einem aufwendigen Verfahren auf synthetischem Weg hergestellt werden, zum anderen kommt die Verbindung in hochreiner Form auch in natürlichen Kalksteinlagerstätten vor (s. Abb. 1).

Bei SCHAEFER KALK wurde für die Verarbeitung dieses natürlichen, hochreinen Rohstoffs ein neuer, innovativer Prozess eingeführt, der sicherstellt, dass die Reinheit des Produktes nicht beeinträchtigt wird. Zunächst wird der Rohstoff in einem ersten Aufbereitungsschritt sorgfältig optisch sortiert und eventuelle Anhaftungen werden abgewaschen. Das vorzerkleinerte Produkt wird dann mit einer speziellen Mahltechnologie zu Pulver verarbeitet. Bei dieser Mahlung wird der Eintrag von Fremdstoffen, wie z. B. Abrieb aus der Mahleinheit, vollkommen verhindert. Das Produkt bleibt somit in seiner ursprünglichen chemischen Reinheit unverändert.

Im Vergleich zu den synthetisch hergestellten hochreinen Calciumcarbonaten, die sich aus einem Teil der Fresnel'schen Soda-Chemie ableiten und mittels Ammoniak oder Aminen aufkonzentriert werden, ist das genannte Verfahren deutlich einfacher und nachhaltiger. Es kommt ohne zusätzliche Chemikalien aus, Reststoffe werden weitestgehend vermieden und die Herstellung ist energieeffizienter.



Abb. 1: Hochreines Calciumcarbonat in Form von kristallisiertem Calcit in einem Kalksteinvorkommen (Foto SCHAEFER KALK GmbH & Co. KG).

Entwicklung von Tonpellets mit erhöhter Wärmeleitfähigkeit für den Einsatz in oberflächennaher Geothermie

Stephan Schmidt KG

Bahnhofstr. 92

65599 Dornburg / Langendernbach

In ihrem Geschäftsbereich ACM (Advanced Clay Minerals) beliefert die Stephan Schmidt Gruppe unterschiedlichste Industrien mit vielseitigen Mineralprodukten auf Tonmineralbasis. Neben Tongranulaten für Blumenerden und Substrate, Füllstoffen für die chemische Industrie, Additiven für zementbasierte Systeme und Spezialbaustoffen für den Deponiebau, Wasserbau und Tiefbau, werden die unter dem Markennamen Compactonit® bekannten Tonpellets für den Brunnenbau und die Bohrtechnik bereitgestellt. Die Produktpalette reicht über unterschiedlich geformte Produkte bis hin zu mit speziellen Mineralien dotierten Produkten, um die Position der Schüttungen mittels bohrlochgeophysikalischen Methoden nachzuweisen.

Unter oberflächennaher Geothermie versteht man die Nutzung der im Untergrund gespeicherten Energie bis zu einer Tiefe von ca. 400 m und Temperaturen von bis zu 25 °C. Dies passiert über sogenannte Erdwärmesonden. Diese sind in Bohrlöchern installierte Erdwärmeüberträger, in denen eine Wärmeträgerflüssigkeit zirkuliert. Die damit gewonnene Energie wird in der Regel mithilfe einer Wärmepumpe auf ein Temperaturniveau gehoben, welches dann zur Heizung von Gebäuden, technischen Anlagen oder Infrastruktureinrichtungen genutzt wird.

Der Ringraum, welcher als der Spalt / Raum zwischen der Sonde und dem Gebirge bezeichnet wird, hat in der oberflächennahen Geothermie eine besondere Bedeutung. Neben der Stabilität der Bohrlochwand und der Abdichtung gegenüber Wässern (Grundwasser sowie Oberflächenwässern) stellt er ebenfalls die thermische Verbindung zwischen der Sonde und dem Gebirge her. Erfolgt die Verfüllung nicht sorgfältig, kann dies neben dem Fließen von Grundwasser in Längsrichtung des Ringraums auch zu einer stark verminderten Leistungsfähigkeit der Geothermieanlage führen. Für den unteren Sonden-Bereich wird dabei von entsprechenden Hinterfüllbaustoffen eine erhöhte Wärmeleitfähigkeit gefordert, um einen erfolgreichen Wärmeaustausch mit dem Untergrund zu gewährleisten. Der Einsatz von Ton wird hier vor allem für Kluft-durchzogenen Untergrund von der VDI 4640-2 (2015, Kapitel 7.2.4.2.8) empfohlen, wo nur schwer mit Zementsuspensionen verpresst werden kann.

Zusätzlich zu den bisherigen Anforderungen an die Tonpellets wie Quelldruck, Sinkgeschwindigkeit, aber auch der Nachweis mit geophysikalischen Methoden, stand der Fokus der Entwicklung im Zeichen einer erhöhten Wärmeleitfähigkeit.

Abb. 1: Querschnitt durch einen gequollenen Probekörper, schön zu sehen ist das gleichmäßige Quellen ohne kommunizierenden Porenraum.



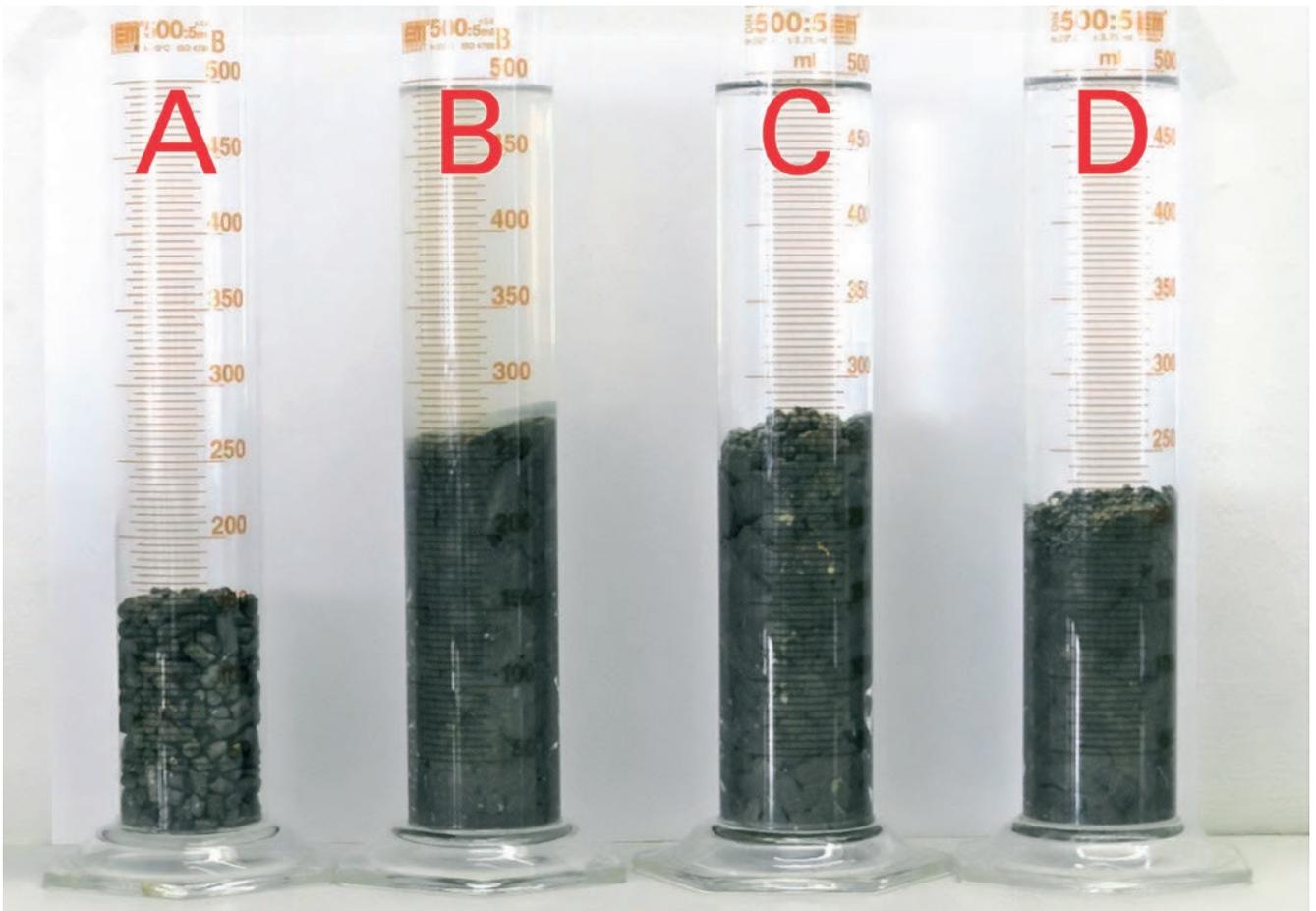


Abb. 2: A) trockene Pellets, B) Quellung in deionisiertem Wasser, C) Quellung in Leitungswasser, D) Quellung in Salzwasser (10g/l NaCl).

Neben diesen materialtechnischen Herausforderungen mussten ebenfalls einige neue, innovative Wege im Bereich der Verfahrenstechnik besprochen werden. Zu den größten Herausforderungen bei der Entwicklung des Produktes zählte die Verarbeitung von teilweise hydrophoben Materialien auf den bestehenden Anlagen der Stephan Schmidt Gruppe. Neben der Herstellung einer homogenen Mischung mussten ebenfalls Verunreinigungen bestehender Produkte vermieden werden.

Compactonit® ThermoClay Pellets haben einen geringeren Durchmesser als üblicher Compactonit®, sind mit Graphit thermisch optimiert und durch eine Magnetit-Komponente im Bohrloch nachweisbar. Die Wärmeleitfähigkeit liegt bei ca. 1,8 W/mK in gequollenem Zustand, diese ist in etwa doppelt so hoch wie das Standardprodukt. Zudem zeichnet sich Compactonit® ThermoClay durch eine hohe Quelldruckspannung, Strukturstabilität und Plastizität aus, wodurch er optimal an die Bohrlochwand und Sonde anbinden kann.

Mit der Einführung des Compactonit® ThermoClay hat die Stephan Schmidt Gruppe nicht nur die Palette der Compactonit®-Produkte mit funktionalen Füllstoffen erweitert, sondern auch ein neues Produkt für eine der Schlüsseltechnologien der Wärmewende entwickelt und erfolgreich am Markt platziert.

Exkursionen



Übersichtskarte der Exkursionsziele



Exkursionen in der Übersicht

Exkursion A

Steinbruch Albersweiler (Hartgesteinsgewinnung im Kristallin)

Basalt-Actien-Gesellschaft S. 16

Exkursion B

Geothermiekraftwerk "Natürlich Insheim"

von Vulcan Energie Ressourcen GmbH S. 24

Exkursion C

Kiesgrube und Photovoltaikanlage der Fa. Pfadt Kieswerk-Baustoffe Betriebs-GmbH & Co. KG

in Leimersheim S. 32

Exkursion D

Naturwerksteine im Stadtbild von Speyer

Innenstadt Speyer, Fußexkursion S. 39

Exkursion A

Steinbruch Albersweiler (Hartgesteinsgewinnung im Kristallin) Basalt-Actien-Gesellschaft

Christian Heinz

Landesamt für Geologie und Bergbau Rheinland-Pfalz

Carolin Geißler

Basalt-Actien-Gesellschaft

Einführung

Die Exkursion führt von Speyer aus Richtung Westen an den westlichen Rheingrabenrand. Ziel ist der Steinbruch der Basalt-Actien-Gesellschaft in Albersweiler, wo kristalline Hartgesteine des paläozoischen Grundgebirges gewonnen werden.

Geologie und Entstehung

Die paläozoischen Gebirgsaufschlüsse am Rheingrabenrand verdanken ihr Zutage treten nicht nur dem Wirken der Steinbruchbetreiber, sondern auch und vor allem den seit vielen Millionen Jahren ablaufenden geologischen Prozessen, insbesondere seit der Entstehung des Oberrheingrabens vor ca. 45 Mio. Jahren (Mitteleozän). Dieser Grabenbruch von etwa 300 km Länge und ca. 40 km Breite entstand durch eine Aufwölbung des Oberen Erdmantels, die zu einem Zerreißen und gravitativen seitlichen Abgleiten der darüber liegenden Erdkruste führte. Dadurch wurden die kristallinen Gesteine im Grabenzentrum bis auf eine Tiefe von ca. 3000 m bis 4000 m versenkt, während sie an den Grabenschultern punktuell nahezu an der Oberfläche anstehen (Abb. A-1). Es handelt sich hierbei um Orthogneise mit granitischer Zusammensetzung. Regionalgeologisch werden diese Gesteine der Mitteldeutschen Kristallinschwelle (MKS) zugeordnet (Abb. A-2).

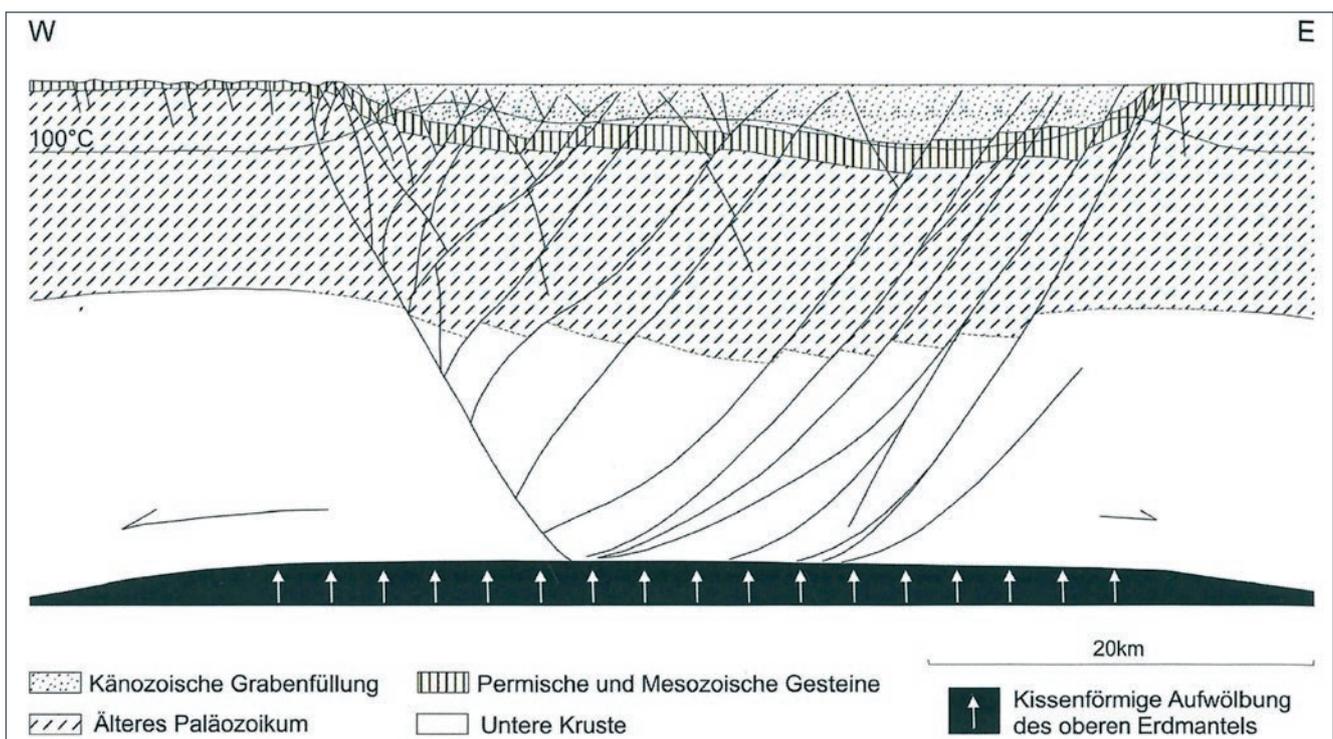


Abb. A-1: Schematische Darstellung des Oberrheingrabens (aus Geologie von Rheinland-Pfalz 2005).

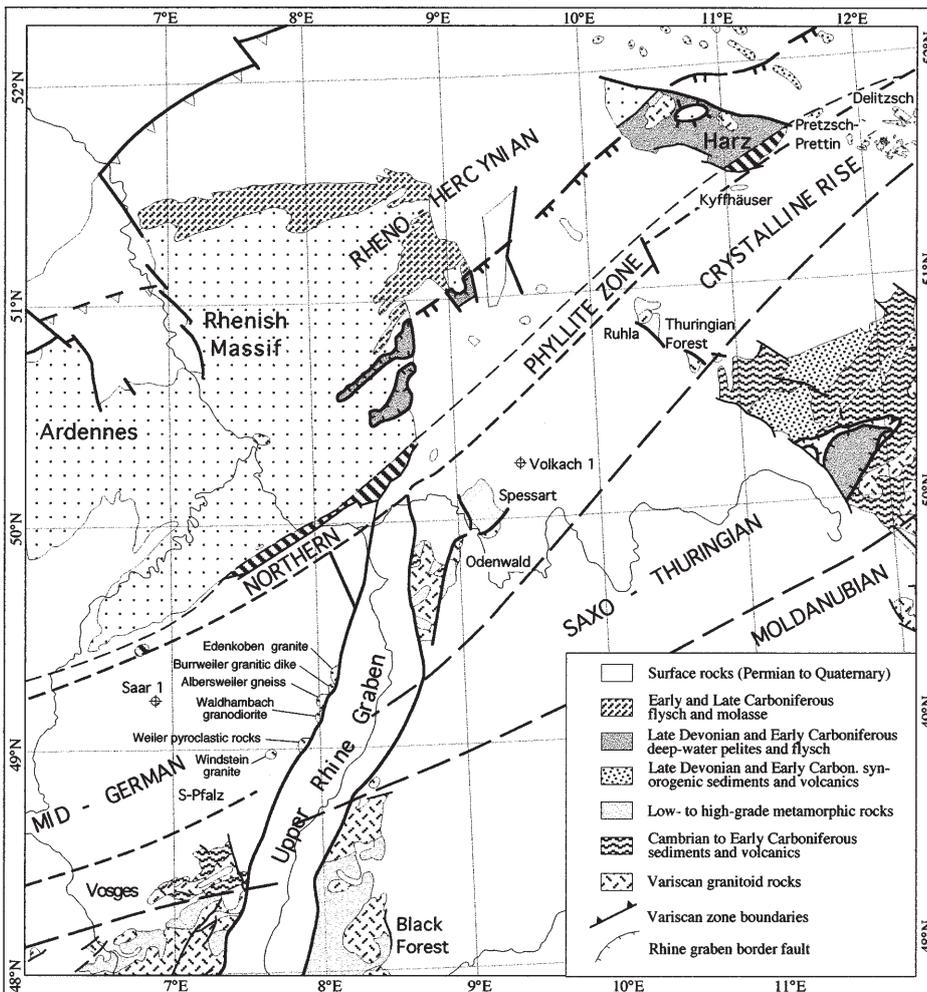


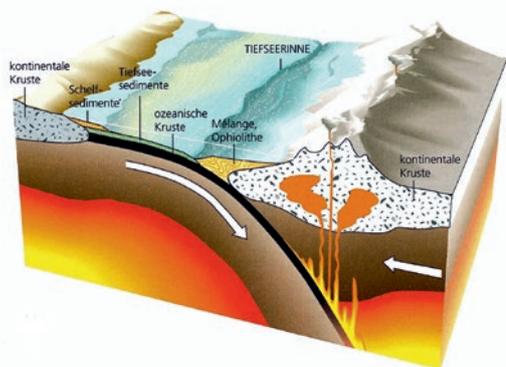
Abb. A-2: Geologische Gliederung der Varisziden mit den paläozoischen Grundgebirgsaufschlüssen im Oberrheingraben (aus REISCHMANN & ANTHES 1996).

Der Gneis besitzt ein Platznahmealter von 369 Mio. Jahren (Oberdevon). Darin enthaltene ererbte Zirkone weisen demgegenüber ein silurisches Alter von rund 430 Mio. Jahren auf (REISCHMANN & ANTHES 1996).

Entstanden ist das Ausgangsgestein des Gneises durch die nach Süden gerichtete Subduktion der ozeanischen Platte des Rheischen Ozeans unter Armorica gegen Ende des Devons (Abb. A-3a). Die ozeanische Platte wurde dabei aufgeschmolzen, das



a)



b)

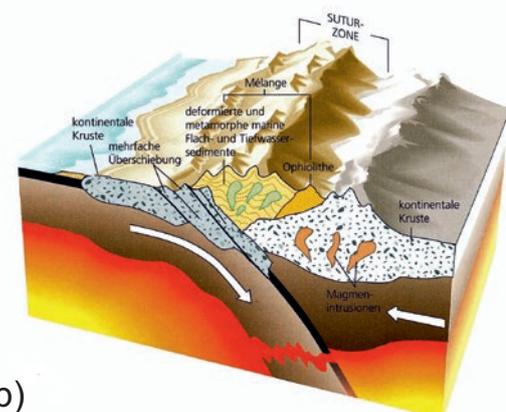


Abb. A-3 a) Paläogeographische Situation zur Zeit der Entstehung des Gneises; b) Blockdiagramm eines aktiven Plattenrandes (aus GEIGER 2018 und PRESS & SIEVER 2003).



Abb. A-4: Aufschlusswand im Steinbruch Albersweiler: an der Basis der Gneis, durchschlagen von Lamprophyrgängen. Er wird überlagert von roten Sedimenten (links) und Vulkaniten (rechts) der Donnersberg-Formation des Rotliegend, welche die ehemalige Landoberfläche des Variskischen Gebirges nachzeichnen.

Magma drang in die darüber liegenden Gesteine ein und erstarrte dort zu Granit. Im weiteren Verlauf wurde der Granit durch metamorphe Prozesse zu Gneis umgewandelt (Abb. A-3b)

Diese Gneise werden durchschlagen von Lamprophyrgängen, welche auf ein Alter von ca. 333 Mio. Jahren datiert wurden (REISCHMANN & ANTHES 1996). Überlagert werden die kristallinen Gesteine von Einheiten der Donnersberg-Formation aus dem Rotliegend. Gut zu erkennen ist die scharfe Grenze (Diskordanz), die als Landoberfläche des Variskischen Gebirges anzusehen ist (Abb. A-4). Die Gesteine der Donnersberg-Formation bestehen zum einen aus Sedimentgesteinen und zum anderen aus Andesiten, die sich in der vulkanischen Aktivitätsphase des Perm als Lavaströme über die Landschaft ergossen. Die roten Sedimente bestehen hier aus Arkosen (feldspatreiche Sandsteine), die zahlreiche unsortierte, kantige Bruchstücke von Gneis, Lamprophyr und anderen Gesteinen in lockerer Bindung enthalten. Sie werden als Schuttfächersedimente gedeutet, die man auch als Fanglomerate bezeichnet. Zur Zeit der Ablagerung im Rotliegend (296-257,5 Mio Jahren) lag das Gebiet in der nördlichen Tropenzone mit halbtrockenem Klima und episodisch fließenden Gewässern.

Petrographie der gewonnenen Gesteine

Die genannten kristallinen Gesteine werden in den älteren Gutachten des Landesamtes für Geologie und Bergbau [1] wie folgt beschrieben:

- (1) Granodiorit („Gneis“): „Das eng verzahnte Korngefüge, das sich aus durchweg frischen Mineralen aufbaut, lässt auf ein Gestein hoher Festigkeit schließen“. Das Gestein weist einen Feldspat-Gehalt von 60-63 Vol.-% auf. Der Gehalt an Quarz liegt zwischen 19 und 30 Vol.-%, der an Biotit zwischen 8 und 21 Vol.-%. Weitere Minerale wie Muskovit und Erz erreichen einen Gesamtanteil von ≤ 2 Vol.-%.

- (2) Lamprophyr: „Mengenmäßig spielen die Lampropyhyre, die den Gneis an mehreren Stellen gangförmig durchsetzen, eine untergeordnete Rolle. Nach dem Mineralbestand (Plagioklas, Biotit, Hornblende, Quarz) gehören die Lamprophyre zur Gruppe der Kersantite beziehungsweise Spessartite“.
- (3) Andesit („Melaphyr“): „Bei dem Gestein handelt es sich um ein porphyrisches, meist als Mandelstein entwickeltes, intermediäres Ergussgestein, das den Gneis (und die eingeschalteten Lamprophyrgänge) diskordant überlagert“.

Nach einem petrographischen Gutachten des LGB aus dem Jahr 2003 setzt sich der Gneis mineralogisch wie folgt zusammen: Das Gestein weist einen Feldspat-Anteil von 62-68 Vol. % auf (Plagioklas + Kalifeldspat). Eine weitere Hauptkomponente (> 5 Vol. %) ist Quarz (28-31 Vol. %). Nebenkomponenten (1-5 Vol.-%) sind Glimmer (Biotit, Chlorit, Muskovit) und opake Eisenoxidminerale. Bereichsweise tritt Biotit auch als Hauptkomponente auf. Akzessorisch (< 1 Vol.-%) sind Calcit und Apatit vorhanden.

Der Gneis zeigt ein holokristallin-mittelkörniges, granular bis gneisig eingeregelttes Gefüge. Die Plagioklas sind meist hypidiomorph ausgebildet. Kristalloptische Daten weisen auf eine Oligoklas/Andesin-Zusammensetzung hin. Xenomorph auftretender Kalifeldspat liegt sowohl als Mikroklin mit typischer Gitterung als auch als bisweilen perthitisch entmischter Orthoklas vor. Quarz tritt stets xenomorph auf und ist ausgelängt zusammen mit eingeregeltten Biotitschüppchen für ein gneisiges Gefüge verantwortlich. Biotit ist meist mehr oder minder stark unter Eisenoxidausfällung chloritisiert. Biotitreichere Lagen verleihen dem Gestein eine dunklere Bänderung. Muskovit tritt selten und stets frisch auf. Das Korngefüge zeigt sich innig verwachsen mit buchtig oder verzahnt ausgebildeten Korngrenzen.

Gesteinsabbau und -aufbereitung am Standort Albersweiler

Der Steinbruch Albersweiler wird von den Südwestdeutschen Hartsteinwerken betrieben, einer Zweigniederlassung der Basalt AG. Seine geologische Vielfältigkeit macht ihn im Fachbereich zu einem beliebten Exkursionsziel und die vorkommenden verschiedenen Lithologien, die im Gesteinsanschnitt unterschiedliche Farbgebungen erzeugen, machen ihn zu einem echten „Hingucker“. Neben der Geologie machen auch seine Dimensionen den Steinbruch zu etwas Besonderem: Mit einer Tiefe von bis zu 37 m ü. NHN ist der Steinbruch Albersweiler der zweittiefste Steinbruch in Rheinland-Pfalz (Abb. A-5, A-8)).

Der Rohstoffabbau am Standort Albersweiler hat eine lange Tradition. Abgebaut wird das Gesteinsvorkommen bereits seit dem 17. Jahrhundert. Der Festungsbaumeister VAUBAN verbaute das Gestein aus Albersweiler beispielsweise in der Landauer Festung. Ein eigens zu diesem Zweck angelegter Kanal diente damals dem Abtransport des Gesteines nach Landau. Allgemein spielte der Transport des gewonnenen Natursteines schon immer eine wichtige Rolle. Während Anfang des 20. Jahrhunderts noch Kipploren und Kleinlokomotiven im Einsatz waren, stellte man Mitte der 1940er Jahre auf die gleislosen und damit flexibleren Robuster um. Die moderne stationäre Aufbereitungsanlage ging 1964 in Betrieb. Wo früher 100 Personen Arbeit fanden, arbeiten heute im Betrieb 17 Mitarbeitende.

Abgebaut wird das Gestein in einem mehrstufigen System. Aufgrund der Härte des Gesteins müssen als erster Schritt der Gewinnung alle zwei Tage Sprengungen durchgeführt werden, um das Gestein aus dem Anstehenden zu lösen. Die Sprengungen werden in-house und gemäß eines festgelegten Absperrplans (abhängig von der Sprengstelle) durchgeführt. Für die Verladung des Haufwerks stehen zwei Hochlöfflabbagger der 90 t-Klasse zur Verfügung.

Für den Abtransport des Haufwerks werden am Standort zwei SKW und ein Dumper, jeweils der 60 t-Klasse, genutzt. Das Haufwerk wird dann zum Vorbrecher transportiert, verwendet wird im Werk Albersweiler ein Backenbrecher (Abb. A-6). In einem Backenbrecher befindet sich eine bewegliche und eine unbewegliche Brechbacke. Über die bewegliche Backe wird das eingeführte Haufwerk gegen die



Abb. A-5: Luftbildaufnahme des Werkes Albersweiler im Jahr 2023 (Foto BASALT-ACTIEN-GESELLSCHAFT).



Abb. A-6: Modell eines Backenbrechers im Querschnitt. Rechts befindet sich die bewegliche, links die unbewegliche Backe (Quelle: BRECHTECHNIK | TECHNOLOGIE | KLEEMANN (WIRTGEN-GROUP.COM)).



Abb. A-7: Modell eines Kegelbrechers im Querschnitt (Quelle: BRECHTECHNIK | TECHNOLOGIE | KLEEMANN (WIRTGEN-GROUP.COM)).

unbewegliche Backe gedrückt und dadurch zerkleinert. Das so zerleinerte Material entspricht der Vorbrechstufe. Auf die Vorbrechstufe folgt die Nachbrechstufe mittels eines Kegelbrechers (Abb. A-7). Verkauft wird das Wertgestein aus Albersweiler unter dem Handelsnamen Gneis-Granit. Die Jahrestonnage bemisst sich je nach Nachfrage auf 350.000-600.000 t



Abb. A-8: Luftbildaufnahme des Werkes Albersweiler aus dem Jahr 1994 (Foto BASALT-ACTIEN-GESELLSCHAFT).

Anwendungsgebiete

Die Anwendungsgebiete des Albersweiler Natursteines liegen überwiegend im Straßenbau in Form von Baustoffgemischen und Edelsplitten für die Asphalt und Betonindustrie. Dies geht Hand-in-Hand mit der am Standort befindlichen Asphaltmischanlage, die mit den Splitten aus dem Steinbruch bedarfsorientiertes Asphaltmischgut produziert.

Eine weitere Besonderheit des Standortes ist die teilweise sehr mächtige Überlagerung des Wertgesteines mit einer permischen Arkose. Die Überlagerung umfasst je nachdem eine Mächtigkeit von 10-80 m. Lange Zeit musste die Arkose als Abraum verworfen werden, doch mit der Inbetriebnahme einer semimobilen Brechanlage (Abb. A-9) im Jahr 1985 war es erstmalig möglich, die Arkose unter dem Handelsnamen „Bodenverbesserungsmaterial“ (BVM) zu verkaufen. BVM wird außerdem zusätzlich als Gesteinsgemisch in „Deckschichten ohne Bindemittel“ verwendet. Beide Produktionen werden bis heute fortgesetzt.



Abb. A-9: Die semimobile Aufbereitungsanlage beim Abbau der Sandsteinarkose im Jahr 1985 (Foto BASALT-ACTIEN-GESELLSCHAFT).

Abb. A-10: Die Werksanlagen im Steinbruch Albersweiler im Jahr 1983 (Foto BASALT-ACTIEN-GESELLSCHAFT).



Literatur / Quellen

- GEIGER, M., DITTRICH, D., FISCHER, J., HÄFNER, F., HANEKE, J., LANG, R. ET AL. (Hg.) (2018): *Die Landschaften der Pfalz entdecken. Geo-Touren für Familien.* – Landau, Ubstadt-Weiher, Heidelberg: Verlag Pfälzische Landeskunde; verlag regionalkultur (Veröffentlichung der Pfälzischen Gesellschaft zur Förderung der Wissenschaften, Band 121).
- LANDESAMT FÜR GEOLOGIE UND BERGBAU RHEINLAND-PFALZ (Hg.) (2005): *Geologie von Rheinland-Pfalz. Mit 36 Tabellen im Text. Unter Mitarbeit von KLAUS STEINGÖTTER.* Landesamt für Geologie und Bergbau Rheinland-Pfalz. – Stuttgart: Schweizerbart. Online verfügbar unter http://bvbr.bib-bvb.de:8991/F?func=service&doc_library=BVB01&doc_number=013355026&line_number=0002&func_code=DB_RECORDS&service_type=MEDIA.
- PRESS, F. & SIEVER, R. (2003): *Allgemeine Geologie. Einführung in das System Erde.* – 3. Aufl. Heidelberg, Berlin: Spektrum, Akad. Verl.
- REISCHMANN, T. & ANTHES, G. (1996): *Geochronology of the mid-German crystalline rise west of the River Rhine.* – *Geol. Rundsch.* 85 (4), S. 761–774. DOI: 10.1007/BF02440109.
- (1974-1986): *Gutachten des Geologischen Landesamtes Rheinland-Pfalz über das Hartsteinvorkommen Albersweiler (petrographische Untersuchung) vom 11.03.1974, 09.11.1976, 06.11.1978, 29.12.1982, 18.10.1984 und 25.07.1986.* – Mainz.
- (2003): *Prüfung des Bodenschatzes im Granodiorit-Steinbruch Albersweiler nach § 3 BBergG vom 16.09.2003.* – Mainz.

Exkursion B

Geothermiekraftwerk "Natürlich Insheim" von Vulcan Energie Ressourcen GmbH

Markus Cechovsky

Natürlich Insheim GmbH

Thorsten Weimann

Vulcan Energie Ressourcen GmbH

Laura Paskert

Landesamt für Geologie und Bergbau Rheinland-Pfalz

Einführung

Die Exkursion führt von Speyer aus nach Südwesten in die südliche Pfalz nach Insheim bei Landau in der Pfalz. Ziel ist das Geothermiekraftwerk „Natürlich Insheim“, in welchem seit 2012 Strom für mehr als 8.000 Haushalte aus Tiefengeothermie erzeugt wird. Weiterhin werden die beiden Pilotanlagen zur Lithiumextraktion auf dem Gelände des Geothermiekraftwerks in Insheim vorgestellt. Diese sind die Vorläufer für die größere Lithiumextraktions-Optimierungsanlage, die seit April 2024 in Landau Lithiumchlorid produziert.

Geologie des Oberrheingrabens – besondere Voraussetzungen

Der Oberrheingraben ist der zentrale Teil des Känozoischen Europäischen Grabenbruchsystems, der von der Nordsee bis zum westlichen Mittelmeer reicht (Abb. B-1). Mit einer durchschnittlichen Breite von 36 km und einer Länge von etwa 300 km erstreckt er sich von Basel bis zum Südrand des Taunus. Vor etwa 45 Millionen Jahren begann die Gebirgsbildung der Alpen, die zu veränderten Spannungsverhältnissen in der Erdkruste und im Erdmantel führte und somit den Beginn der Grabenbildung auslöste. Daraus resultierte eine Aufwölbung des oberen Erdmantels sowie eine Dehnung und ein Ausdünnen der Erdkruste. Die Erdkruste reagierte bruchhaft auf die Aufwölbung und Spannungen, sodass sich im zentralen Teil eine Grabenstruktur bildete. Durch die Aufwölbung des Mantels wurden die Grabenflanken zwischen 4 und 7 km auseinandergedrückt, wobei der Graben im Norden mit 3.000 m deutlich tiefer sank als im Süden. Die randlichen Gebiete sanken nicht ein, sondern wurden zwischen 2.500 m im Süden und 1.000 m im Norden angehoben. Sie bilden heute die Vogesen und den Pfälzerwald im Westen sowie den Schwarzwald und Odenwald im Osten. Die höchsten Berge im Schwarzwald und in den Vogesen sind heute weniger als 1.500 m hoch, da durch Erosion seit Beginn der Hebung der Grabenschultern zwischen 1.000 und 2.000 m der aufliegenden Sedimente abgetragen wurden.

Zu Beginn der Grabenbildung lagen im Norden permische Sedimente (Rotliegend) an der Erdoberfläche, während im Süden die Sedimentabfolge des Mesozoikums bis zum Oberen Jura abgelagert war. Im Graben sind die mesozoischen Sedimente unter den tertiären und quartären Sedimenten erhalten geblieben, wohingegen sie auf den Grabenschultern teils bis zum Grundgebirge abgetragen wurden. Das abgetragene Material bildet einen Teil der Sedimentfüllung des Oberrheingrabens. Mehrfach wurde er marin geflutet. Dabei wurden karbonatische Sedimente bis evaporitische Ablagerungen mit Stein- bis Kalisalzen sowie organikreiche Tone und Mergel abgelagert, die heutigen Muttergesteine für die dortigen Erdölvorkommen. Ab

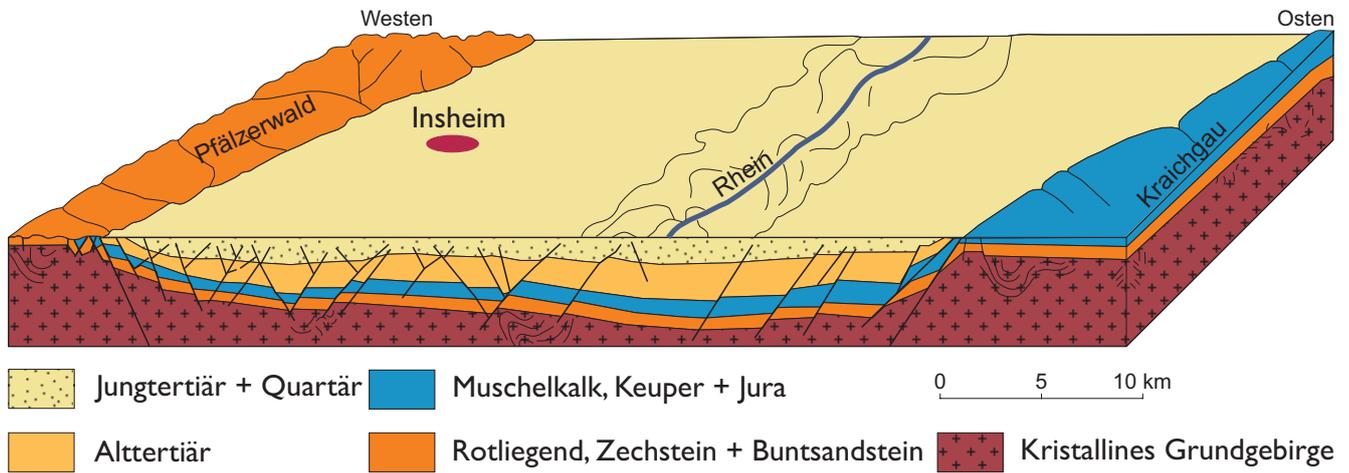


Abb. B-1: Geologisches Profil des Oberrheingrabens nach ILLIES (1974).

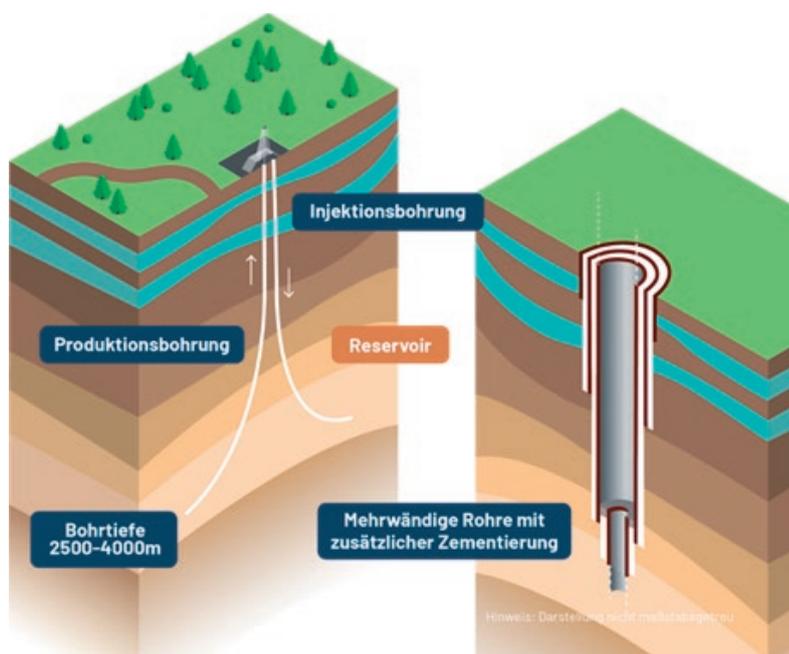
dem Pliozän (5,3 Mio. Jahre) war die Ebene des Oberrheingrabens durch fluviatile Ablagerungen geprägt, wobei sich durch Eiszeiten, Änderungen der Einzugsgebiete des Urrheins und Flussverlagerungen mächtige fluviatile Ablagerungen aus Kiesen, Sanden und organischen Horizonten bildeten.

Während der Bildung des Grabens wurden bereits existierende Störungen reaktiviert und neue Störungssysteme angelegt, wobei sich ein komplexes Kluft- und Störungssystem bis in die Grabenschultern ausgebildet hat. Zu Beginn der Grabenbildung dominiert grabenparallele extensive Tektonik. Dieses Spannungsverhältnis hat sich vor 6 bis 7 Mio. Jahren geändert und hat zur Folge, dass heute deh nende Seitenverschiebungen aktiv sind.

Diese geologische Struktur hat zur Entstehung einer Vielzahl von Ressourcen beigetragen, darunter Erdöl, Erdgas und geothermische Sole und bietet daher sehr gute Voraussetzungen für die Gewinnung natürlicher Erdwärme und für die Erzeugung von grünem Strom aus Tiefengeothermie. Die Nutzung dieser Ressourcen bietet ein erhebliches wirtschaftliches Potenzial für die Region.

Erneuerbare Energie aus Tiefengeothermie

Tiefengeothermie ist die Nutzung der Erdwärme zwischen 400 und 5.000 m Tiefe. Hydrothermale Geothermie nutzt natürlich vorkommende, hochsalinare Thermalwässer, die in Störungszonen, Klüften, Karsthohlräumen und Gesteinsporen zirkulieren.



Es gibt immer mindestens zwei Bohrungen, die als Dublette bezeichnet werden und aus einer Produktionsbohrung und einer Injektionsbohrung bestehen (Abb. B-2). Diese sind gezielt abgelenkt, d.h. die Enden können über 1.000 m auseinanderliegen, auch wenn die Bohrlöcher an der Oberfläche in wenigen Metern Abstand zueinander stehen.

Abb. B-2: Schematische Darstellung von Geothermiebohrungen (Quelle: VULCAN ENERGIE RESSOURCEN GmbH).

In Tiefen über 2.000 m befindet sich im Oberrheingraben eine große Energiequelle in Form von heißem Thermalwasser als Reservoir für die Tiefengeothermie. Nur wenige Regionen in Deutschland bieten so günstige Bedingungen für die Gewinnung von Geothermischer Energie. Die heißen Thermalwässer werden aus unterirdischen Reservoiren an die Oberfläche gebracht und zur Erzeugung erneuerbarer Energie genutzt.

Das Geothermiekraftwerk „Natürlich Insheim“

Von 2008 bis 2012 wurden zwei Bohrungen abgeteuft und die komplette Installation des Kraftwerks durchgeführt. Das Geothermiekraftwerk versorgt mit hydrothermalen Geothermie seit 2012 mehr als 8.000 Haushalte mit Strom aus erneuerbaren Energien. Im Jahr 2022 hat Vulcan Energie Ressourcen GmbH das Geothermiekraftwerk Insheim von der Pfalzwerke AG übernommen und betreibt es seitdem. Zukünftig soll das Kraftwerk nicht nur Strom produzieren, sondern auch klimaneutrale Wärme bereitstellen. Gemeinsam mit der EnergieSüdwest AG (ESW) und der Thüga soll die angrenzende Gemeinde Insheim mit nachhaltiger Wärme aus Tiefengeothermie versorgt werden (Abb. B-3, B-4).

Die Bohrungen in Insheim sind ca. 3.600 m tief und die Enden von Förder- und Injektionsbohrung liegen etwa 1.500 m auseinander. Das geförderte Thermalwasser weist Temperaturen von 160-180 Grad Celsius auf. Natürlicher Druck lässt das Thermalwasser bis fast an die Oberfläche emporsteigen. Die Förderung des Thermalwassers übernimmt die Tiefpumpe und bringt dabei eine Menge von 65 l/s zur Erdoberfläche.

Die Umwandlung in elektrischen Strom erfolgt mittels „Organic Rankine Cycle“ (ORC). Im Wärmeübertrager wird die thermische Energie auf das Arbeitsmedium Isopentan übertragen, welches eine Dampfturbine zur Erzeugung elektrischer Energie antreibt. Die ausgelegte elektrische Leistung der Anlage beträgt 4,3 Megawatt (MW), die optionale thermische Leistung zur Wärmeversorgung (Restwärme) beträgt ca. 6-10 MW. Bei einer elektrischen Leistung von 4,3 MW und etwa 8.000 Betriebsstunden pro Jahr kann das Kraftwerk in Insheim 33.000 MWh elektrische Energie erzeugen. Die Restwärme reicht aus, um zusätzlich ca. 600 bis 800 Haushalte mit Wärme zu versorgen. Nach der Wärmeübertragung erfolgt der Einschub des Lithiumextraktionsprozesses. Danach wird das abgekühlte Wasser mit etwa 60-65 Grad Celsius wieder

Abb. B-3: Das Geothermiekraftwerk "Natürlich Insheim" aus der Vogelperspektive mit den markanten Kühlaggregaten (Quelle: VULCAN ENERGIE RESSOURCEN GmbH).





Abb. B-4: Geothermiekraftwerk "Natürlich Insheim". Links im Bild die Förderbohrung mit Pumpe, rechts die Reinjektionsbohrung (Quelle: VULCAN ENERGIE RESSOURCEN GmbH).

in den Untergrund zurückgeführt. Zur Verbesserung der hydraulischen Förderleistung wurde an der Reinjektionsbohrung ein Sidetrack gebohrt. Dadurch kann sich das zurückgeführte Thermalwasser bei geringeren Drücken schneller und großräumiger im Untergrund verteilen. Das Arbeitsmedium Isopentan wird in großen Kondensatoren durch die Umgebungstemperatur wieder kondensiert und abgekühlt.

Pilotanlagen zur Lithiumgewinnung

Abgesehen von der Stromproduktion dient das Kraftwerk in Insheim vor allem zur Erprobung und Optimierung des Lithiumextraktionsprozesses. Zu diesem Zweck wurden dort zwei Pilotanlagen errichtet, die bereits Tausende Zyklen durchlaufen haben und damit zu zahlreichen neuen Erkenntnissen zur Verbesserung der Lithiumextraktion geführt haben (Abb. B-5). Seit Anfang 2021 sind die Pilotanlagen zur Lithiumgewinnung im Dauerbetrieb, um den Lithiumproduktionsprozess zu optimieren. Ziel des Betriebs der Pilotanlagen war es, das Verfahren der direkten Lithiumextraktion mit dem unternehmenseigenen Sorbens VULSORB® zu testen. Mittlerweile wurden die Pilotanlagen über 10.000 Stunden erfolgreich betrieben und eine Lithium-Extraktionseffizienz aus geothermischer Sole von über 95 % konnte nachgewiesen werden.

Das ZERO CARBON LITHIUM™ Projekt:

Gleichzeitige Produktion von erneuerbarer Energie und klimaneutralem Lithium

Das ZERO CARBON LITHIUM™ Projekt von Vulcan Energie Ressourcen GmbH ist ein innovatives Vorhaben zur nachhaltigen Produktion von "grünem" Lithium und erneuerbarer Energie. Es zielt darauf ab, sowohl Lithiumhydroxidmonohydrat (LHM) für Batterien von Elektrofahrzeugen als auch erneuerbare Energie aus geothermischer Sole im Oberrheingraben in Deutschland zu produzieren. Die nachhaltige Nutzung von Tiefengeothermie gewährleistet eine lokale und umweltfreundliche Lithiumversorgung und reduziert

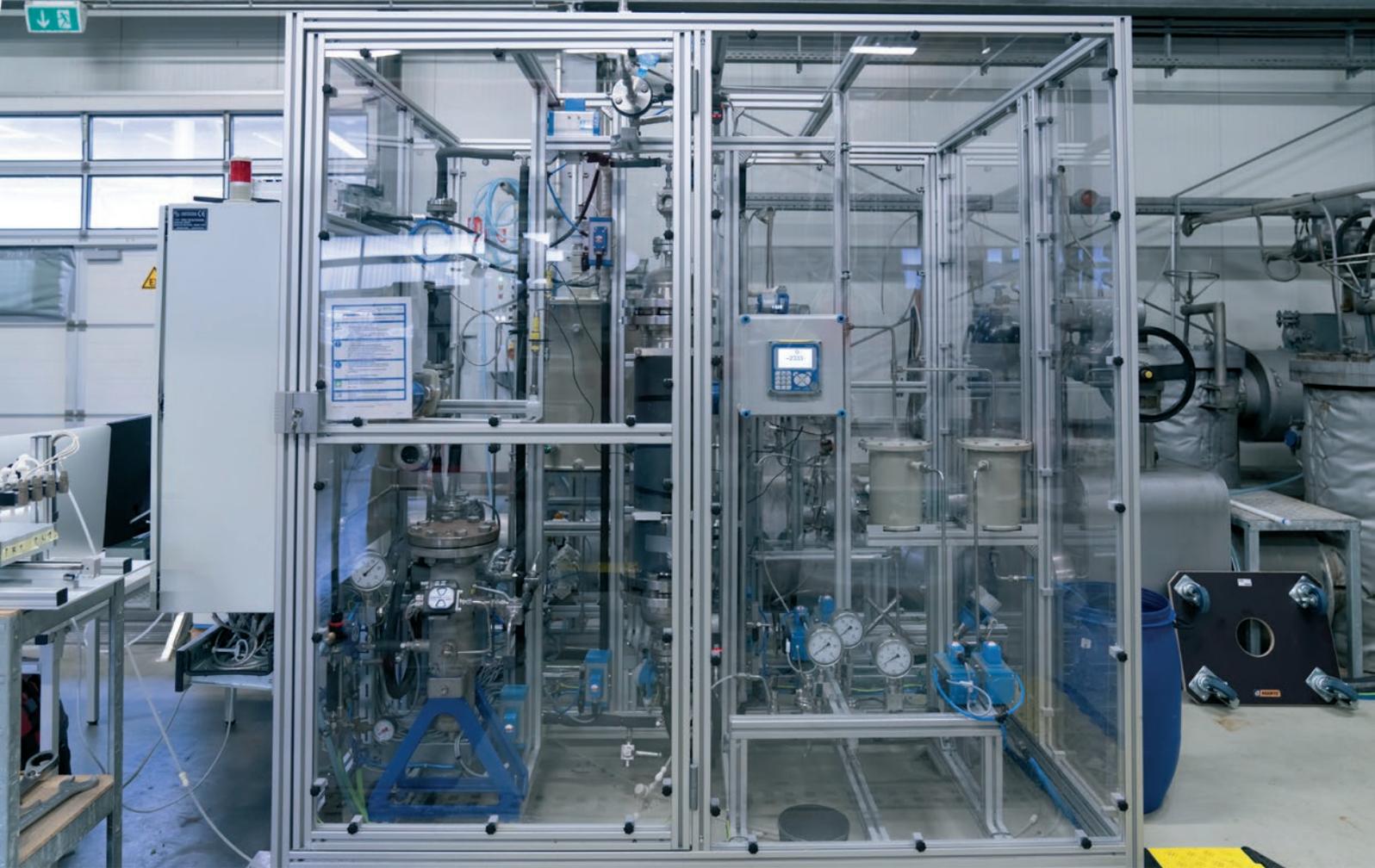
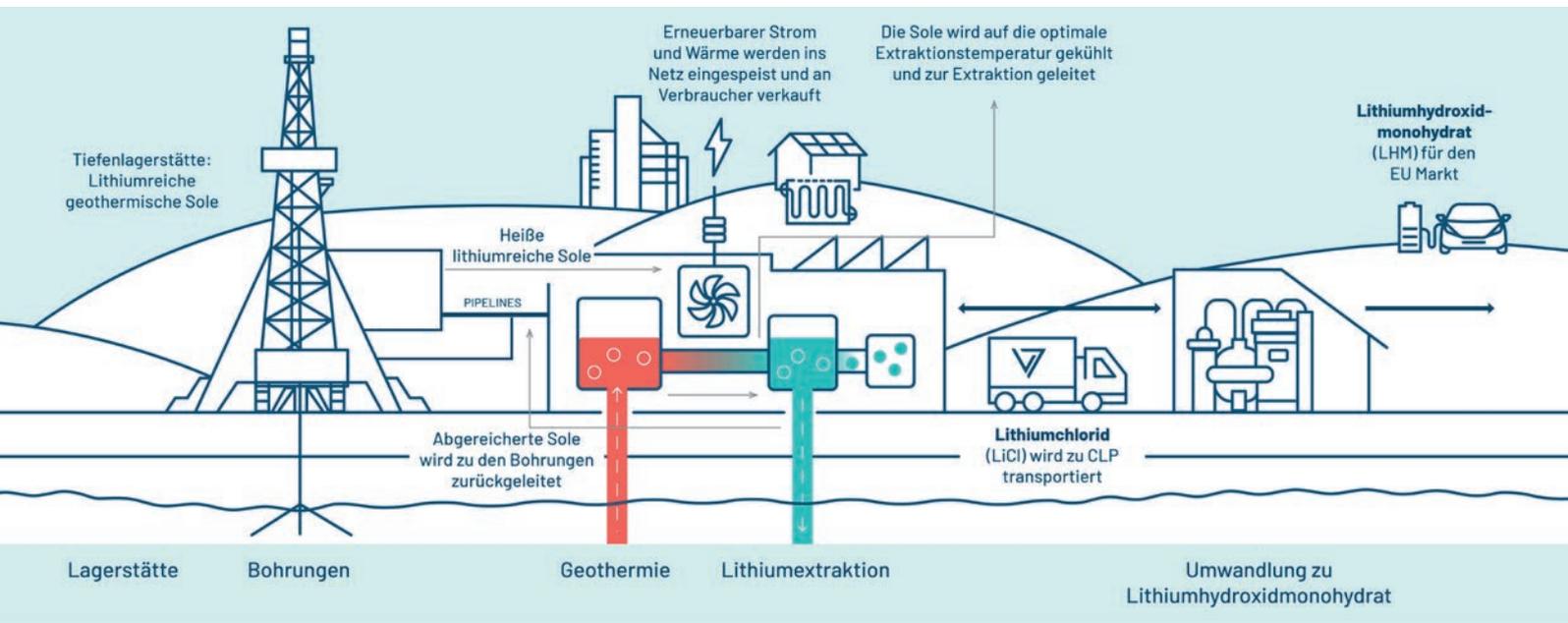


Abb. B-5: Pilotanlage zur Lithiumextraktion im Geothermiekraftwerk Insheim (Foto ADRIAN MÜLLER).

die Abhängigkeit von Importen aus dem Ausland. Zusätzlich generiert das Verfahren erneuerbare Energie und Fernwärme, die den lokalen Gemeinden zugutekommt (Abb. B-6). Das Projekt hebt sich durch seine klimaneutrale Strategie hervor, welche die Grundlage für eine erfolgreiche Energie- und Mobilitätswende bildet. Durch den ganzheitlichen Ansatz nimmt Vulcan Energie Ressourcen GmbH eine Vorreiterrolle für eine nachhaltige Rohstoffgewinnung ein und unterstützt die Ziele der europäischen Energiewende sowie des Klimaschutzes.

Abb. B-6: Prinzip des ZERO CARBON LITHIUM™ Projekts von VULCAN ENERGIE RESSOURCEN GmbH.



Bewertung der Ressourcen und Standortentwicklung

Geothermische Energie und Wärme

Lithiumgewinnung

Lithiumverarbeitung

Lithiumgewinnung durch A-DLE (Direkte Lithiumextraktion durch Adsorption)

Die geothermische Sole im Oberrheingraben enthält beträchtliche Mengen Lithium (bis 200 mg/l Li) und birgt somit eines der größten Lithiumvorkommen Europas und weltweit.

Bei konventioneller Lithiumgewinnung aus Salzseen werden große Mengen an Wasser verbraucht, viel Fläche beansprucht und zwischen 10 und 30 Tonnen CO₂ pro Tonne LHM ausgestoßen. Durch die Kombination von Energie aus Tiefengeothermie und direkter Lithiumgewinnung zeichnet sich die von Vulcan Energie Ressourcen GmbH entwickelte Methode durch wichtige Umweltaspekte aus. Mithilfe von durch Tiefengeothermie gewonnener Energie kann klimaneutrales Lithium gewonnen werden. Weiterhin benötigt der Prozess signifikant geringere Mengen an Wasser und Landfläche pro Tonne LHM und recycelt den größten Teil des benötigten Wassers. Überschüssig erzeugte erneuerbare Energie wird den umliegenden Kommunen zur Verfügung gestellt.

Das Unternehmen nutzt dabei *Direkte Lithiumextraktion durch Adsorption (A-DLE)*. Bei dem geschlossenen Kreislauf-Verfahren wird das Lithium mit dem eigens entwickelten Sorbens VULSORB® herausgefiltert, bevor das Thermalwasser in den Untergrund zurückfließt. Diese effiziente Methode kann grundsätzlich bei jedem geothermischen Projekt weltweit angewandt werden, bei dem ausreichend Lithium in dem heißen Thermalwasser vorhanden ist und entsprechende Salzgehalte des Thermalwassers gegeben sind. Weitere Parameter für ein erfolgversprechendes Lithiumgewinnungspotenzial aus geothermischer Sole sind z.B. die geologischen Gegebenheiten, die Größe des Thermalwasserreservoirs, dessen Durchlässigkeit sowie eine ausreichend hohe Temperatur des Thermalwassers, um eine effiziente Energiegewinnung zu ermöglichen. Auch die Nähe zu den europäischen Batteriefabriken ist ein klarer Vorteil der Region um den Oberrheingraben.

Interessensgebiete im Oberrheingraben

Vulcan Energie Ressourcen GmbH hält insgesamt 16 Aufsuchungslizenzen mit einer Gesamtfläche von 1.771 km² im Oberrheingraben. Diese stellen die größte kombinierte Geothermie- und Lithiumressource Europas dar und befinden sich vor allem in Rheinland-Pfalz, Baden-Württemberg, dem Elsass und in Südhessen (Abb. B-7)). Darüber hinaus hat das Unternehmen bereits Abnahmeverträge mit einigen der größten Batterie-, Kathoden- und Elektroautoherstellern in Europa geschlossen.



Das Vorhaben im Oberrheingraben wird in der ersten Projektphase Lithium für rund 500.000 E-Fahrzeuge produzieren. Durch die gemeinsame Nutzung des Lithiumvorkommens und der erneuerbaren Wärme in der geologischen Grabenstruktur wird das Unternehmen die Lithiumproduktion für Batterien für Elektroautos in Europa mit Hilfe der erneuerbaren Energie aus Tiefer Geothermie dekarbonisieren.

Abb. B-7: Aktivitäten von Vulcan Energie Ressourcen GmbH im Oberrheingraben (Quelle: ebenda).
Abb. B-8: Lithiumextraktions-Optimierungsanlage (LEOP) in Landau (Foto ADRIAN MÜLLER).

Vorgehensweise im Projekt

Vulcan Energie Ressourcen GmbH strebt bei der Umsetzung seines ZERO CARBON LITHIUM™ Projekts ein mehrphasiges Vorgehen an.

Nach der erfolgreichen Testphase des Lithiumextraktionsverfahrens über mehr als 3 Jahre in den beiden Pilotanlagen in Insheim konnte am 10. April 2024 erfolgreich die Produktion von grünem, klimaneutralen Lithiumchlorid in der Lithiumextraktions-Optimierungsanlage (LEOP) in Landau in der Pfalz starten (Abb. B-8, B-9).

Die Effizienz von über 90 % bis zu 95 % bei der Extraktion des Lithiums aus geothermischer Sole durch Anwendung der in den beiden Pilotanlagen in Insheim entwickelten A-DLE konnte das Unternehmen auch in der LEOP erreichen.

Mit einer Investition des Unternehmens von mehr als 40 Millionen Euro stellt die LEOP eine Anlage dar, die vor allem dazu dient, die Betriebsabläufe zu optimieren, Produktqualitätstests durchzuführen und das Produktionsteam im Hinblick auf den Betrieb der kommerziellen Anlage zu schulen und vorzubereiten. Vulcan Energie Ressourcen GmbH konnte zeigen, dass die nachhaltige Methode der A-DLE, welche derzeit 10 % der globalen Lithiumproduktion ausmacht, auch erfolgreich mit geothermischer Sole aus dem Oberrheingraben durchgeführt werden kann.



Abb. B-9: In der Lithiumextraktions-Optimierungsanlage (LEOP) in Landau (Foto ADRIAN MÜLLER).



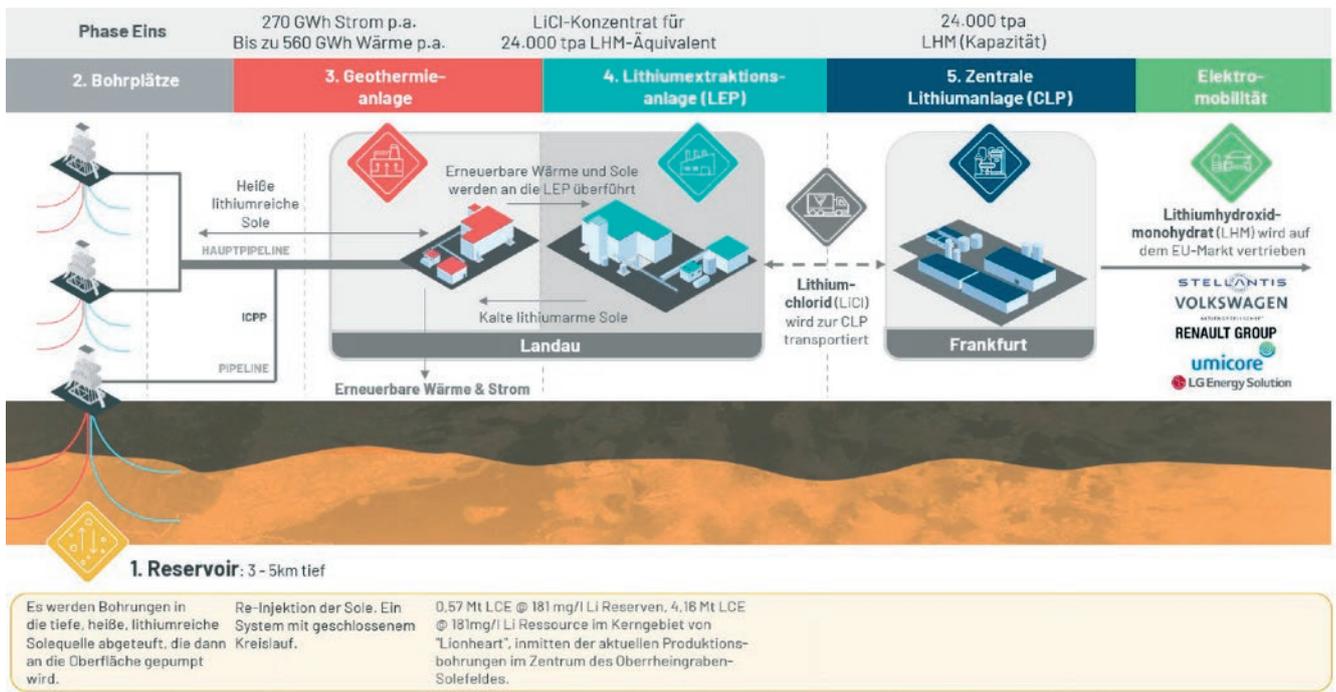


Abb. B-10: Der Aufbau der Produktion von erneuerbarer Energie und Lithium (Quelle: VULCAN ENERGIE RESSOURCEN GmbH).

Im nächsten Produktionsschritt wird das Lithiumchlorid zu batteriefertigem LHM verarbeitet. Dies wird in der Zentralen Lithiumelektrolyse-Optimierungsanlage (CLEOP), die derzeit im Industriepark in Frankfurt-Höchst fertiggestellt wird, erfolgen (Abb. B-10). Nach der voraussichtlichen Inbetriebnahme im Sommer 2024 wird die CLEOP das erste LHM produzieren, das vollständig in Europa gewonnen wurde. Die Optimierungsanlagen LEOP und CLEOP sind die Vorläufer der geplanten kommerziellen Anlagen, die eine Produktionskapazität von 24.000 Tonnen LHM pro Jahr haben werden.

Literatur / Quellen:

- BUNDESVERBAND GEOTHERMIE (2024): Tiefe Geothermie. Online verfügbar unter <https://www.geothermie.de/geothermie/geothermische-technologien/tiefe-geothermie>. Zuletzt aktualisiert am 14.05.2024, zuletzt geprüft am 14.05.2024.
- ILLIES, J. H. (1974). Taphrogenesis, introductory remarks. *Approaches to Taphrogenesis*. Stuttgart, Schweizerbart, 1-13.
- LANDESAMT FÜR GEOLOGIE UND BERGBAU RHEINLAND-PFALZ (Hg.) (2005): *Geologie von Rheinland-Pfalz. Mit 36 Tabellen im Text*. Unter Mitarbeit von KLAUS STEINGÖTTER. Landesamt für Geologie und Bergbau Rheinland-Pfalz. Stuttgart: Schweizerbart.
- MESCHÉDE, Martin (2018): *Geologie Deutschlands. Ein prozessorientierter Ansatz*: Springer-Verlag.
- SCHÄFER, Peter (2013): Grabenbildung - Tertiäre Tektonik in der Pfalz. In: JOST HANEKE UND KLAUS KREMB (Hg.): *Beiträge zur Geologie der Pfalz*. Speyer: Verl. der Pfälzischen Ges. zur Förderung der Wissenschaften (Veröffentlichungen der Pfälzischen Gesellschaft zur Förderung der Wissenschaften, Bd. 110), S. 35–48.

Exkursion C

Kiesgrube und Photovoltaikanlage der Fa. Pfadt Kieswerk-Baustoffe Betriebs-GmbH & Co. KG in Leimersheim

Martin Pfadt

Pfadt Kieswerk-Baustoffe Betriebs-GmbH & Co. KG

Melanie Gimmy

Erdgas Südwest GmbH

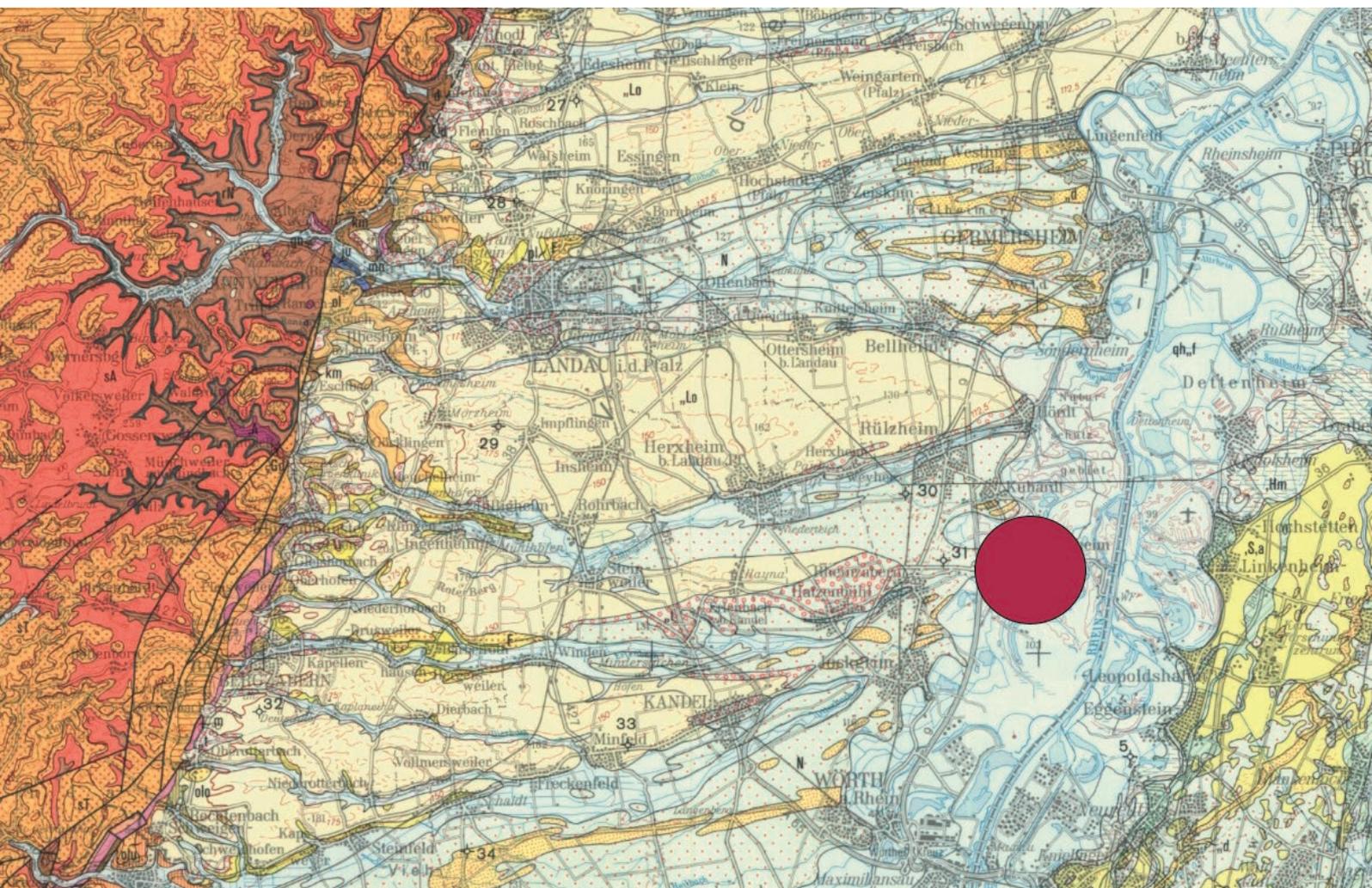
Dr. Michael Weidenfeller

Landesamt für Geologie und Bergbau Rheinland-Pfalz

Einführung

Die Exkursion führt von Speyer aus nach Süden in Richtung Wörth bis Leimersheim. Ziel ist die Firma Pfadt Kieswerk-Baustoffe Betriebs-GmbH & Co. KG, die hier Kies und Sand durch Nassabgrabung zwischen dem Sonderheimer Altrhein und dem Altrhein bei Neupotz gewinnt. Leimersheim liegt naturräumlich betrachtet im Oberrheinischen Tiefland, das sich von Basel bis Mainz erstreckt. Geologisch und strukturgeologisch spricht man vom Oberrheingraben, der sich an der Karlsruher Schwelle in den südlichen und nördlichen Oberrheingraben gliedert. Bei der Exkursion werden das Kieswerk und die schwimmende PV-Anlage der Erdgas Südwest GmbH vorgestellt.

Abb. C-1: Ausschnitt aus der Geologischen Übersichtskarte 1:200 000 Blatt CC 7110 Mannheim mit Lage des Exkursionspunktes.



Geologie des Oberrheingrabens

Der Oberrheingraben ist Teil einer Grabenbruchzone, die sich von der Nordsee bis in das westliche Mittelmeer erstreckt. Ursache für die Entstehung der Grabenzone waren Spannungen in der Erdkruste und im Erdmantel, die zu einer Dehnung der Erdkruste führte, was auch eine Ausdünnung zur Folge hatte. In der Folge senkte sich die Erdoberfläche in der Grabenzone ab. Im Bereich des Oberrheingrabens wurden zeitgleich die Gebiete westlich und östlich zu den Grabenschultern von Vogesen/Pfälzerwald bzw. Schwarzwald/Odenwald emporgehoben. Ein Teil des entstandenen Reliefs wurde durch Sedimentation, die in den abgesunkenen Graben hinein erfolgte, sowie Erosion der gehobenen Schultern ausgeglichen.

Die Entstehung des Oberrheingrabens begann vor rund 45 Millionen Jahren. Sie verlief im Wesentlichen in zwei Phasen: In der ersten Phase vor 45 bis 20 Millionen Jahren kam es über die gesamte Länge des Grabens zwischen Frankfurt und Basel zu einer Absenkung der Erdoberfläche und Ablagerung von Sedimenten. Die randlichen Gebiete hoben sich zu Grabenschultern heraus. Mit dem Übergang in die zweite Phase wurde die Dehnung durch Blattverschiebungen abgelöst. Die Gebiete westlich des Oberrheingrabens (Elsass, Pfalz, Rheinhessen) verschoben sich relativ zu den rechtsrheinischen Gebieten nach Südwesten. Die weitere Absenkung im Graben beschränkte sich auf das Grabensegment nördlich der Stadt Karlsruhe. Das Blattverschiebungsregime ist heute weiterhin aktiv. Im Tertiär bildete sich im Oberrheingraben eine Meeresstraße, die von der damaligen Molasse (heutiges Alpenvorland) bis in die Niederrheinische Bucht erstreckte. Nach Rückzug des Meeres im Miozän entwickelte sich der Urrhein, der ehemals quer durch das Mainzer Becken verlief. Im Pleistozän verlagerte sich der Rhein bei anhaltender Absenkung des Grabens nach Osten und glich mit seiner Sedimentation die Absenkung weitgehend aus. Es entstanden mächtige Sedimentabfolgen, die durch den Eintrag der Nebenflüsse noch verstärkt wurden. Immer wieder kam zu Flussverlagerungen und Abschnürung von Altarmen, die verlandeten und organische Horizonte hinterließen.

Während im südlichen Oberrheingraben die Abtragung aus den Alpen zu überwiegend grobkörnigen Sedimenten führte, dominierte im nördlichen Oberrheingraben die Ablagerung von Sanden. Erst in den beiden letzten Eiszeiten wurde auch hier Kiese und Sande abgelagert, die hydrogeologisch als Oberes Kieslager bezeichnet werden. Stratigraphisch handelt es sich um die Mannheim-Formation, die von der Ludwigshafen-Formation und der sich im Liegenden anschließenden Viernheim-Formation unterlagert wird (Ellwanger et al. 2010). Die Mächtigkeit der Mannheim-Formation schwankt zwischen wenigen Metern und bis zu 60 m im Heidelberger Becken. Als mittlerer Wert wird 30 m angegeben. Im Holozän hat sich der Rhein in die grobkörnigen Sedimente eingeschnitten und durch das Ausbilden große Mäander eine Steilkante geschaffen, die als Hochgestade bezeichnet wird. Immer wieder kam es in der Auenniederung zu Mäanderhalsdurchbrüchen und Flussverlagerungen, bis der Rhein durch die Thulla'sche Rheinbegradigung in seinem heutigen Verlauf festgelegt wurde.

Geschichte des Kieswerks

Bereits in den ersten Jahren des vorigen Jahrhunderts erhielt Adam Pfadt von der Rheininspektion Speyer und Karlsruhe die Erlaubnis, Kies aus dem Rhein zu entnehmen, mit Kieskratze und Nachen. 1912 wurde das Familienunternehmen Pfadt in Leimersheim gegründet. Es wird heute von der 5. Generation geleitet und beschäftigt 30 Mitarbeiter. Der Kies wurde damals noch mit Schrapfern, später mit Tiefgreifern entnommen und aufbereitet. In der Anfangszeit kamen zum Transport von der Gewinnungsstelle zur Siebanlage Lokomotiven mit Kipploren zum Einsatz.

Produktion

Das Rohgut wird heute mit Saugbagger gewonnen und über Förderbandtrassen zur Wasch- und Sortieranlage transportiert. Im Kieswerk Leimersheim werden verschiedene Sandsorten, 0-1, 0-2, 1-3 und Kiese, 2-8, 8-16, 16-32 produziert. Auch Mischkiese mit den Körnungen 0-8 für Estriche, 0-16, 0-32 können nach Kundenwunsch über eine computergesteuerte Dosieranlage hergestellt werden.



Abb. C-2: Betriebsgelände der Fa. Pfadt Kieswerk-Baustoffe Betriebs-GmbH & Co. KG. Im Vordergrund die Anlagen des Kieswerks, dahinter der Baggersee mit der schwimmenden Photovoltaikanlage (Quelle: ERDGAS SÜDWEST GMBH).

Abb.C-3: Das Rohgut wird im Kieswerk Leimersheim mit Saugbagger gewonnen und über Förderbandtrassen zur Wasch- und Sortieranlage transportiert (Foto PFADT KIESWERK-BAUSTOFFE BETRIEBS-GMBH & Co. KG).





Abb. C-4: Kiesaufbereitung im Kieswerk Leimersheim (Foto PFADT KIESWERK-BAUSTOFFE BETRIEBS-GMBH & Co. KG).

Abb. C-5: Sandaufbereitung im Kieswerk Leimersheim (Foto PFADT KIESWERK-BAUSTOFFE BETRIEBS-GMBH & Co. KG).



Absatzmärkte

Der Großteil der Kiese und Sande geht an die betonverarbeitete Industrie wie Transportbeton, Estrichverarbeiter, Rohrwerke, Fertigteilwerke und Betonwarenhersteller. Sande mit der Körnung 0-1 bis 0-4 finden auch im Kabelbau als Füllmaterial Verwendung. Der Transport zum Kunden erfolgt regional, im Umkreis von ca. 70 km, durch die eigene Lkw Flotte. Verkehrstechnisch angeschlossen ist der Betrieb über die L 553 an die B9 bei Rülzheim.

Folgenutzung und Kompensation

Bei der letzten Artenerfassung 2014 bis 2018 wurden auf dem Betriebsgelände über 170 verschiedene Tierarten registriert. Darunter 105 Vogelarten, davon 64 Arten als Brutvögel im Gebiet, 6 Fledermausarten, Reptilien, Tagfalter, Libellen, Reptilien sowie unzählige Insekten. An die üppig mit Sträuchern und Bäumen bewachsenen Uferzonen schließen sich Tümpel und Flachwasserzonen mit Röhricht und Wasserpflanzen an als Raum für Pflanzen und Tierwelt. Im Zuge weiterer Maßnahmen sind Flachwasserareale und Inseln geplant. Die Freizeitnutzung ist zum Schutz der Tier- und Pflanzenwelt fast gänzlich eingeschränkt.

Schwimmende Photovoltaik-Anlage der Erdgas Südwest GmbH

Auf Baggerseen schwimmende Photovoltaik-Anlagen haben viele Vorteile und können einen bedeutenden Beitrag zur Stromversorgung leisten. Zwar ist die Planung aufwändiger, da jeder See andere Voraussetzungen wie unterschiedliche Tiefen oder Befestigungsmöglichkeiten mitbringt. Doch der Platz, den Schwimmkörper und PV-Module beanspruchen, wird anderweitig nicht genutzt.

Ein weiteres Argument, das für schwimmende PV-Anlagen auf Baggerseen spricht: Der erzeugte Strom kann an Ort und Stelle weiterverwendet werden – sogar in Echtzeit. Denn genau dann, wenn die Sonne die meiste Energie zur Stromerzeugung liefert, laufen auch die Maschinen der Kieswerke für den Sand- und Kiesabbau auf Hochtouren. Weniger Verschattung und mehr Ertrag durch die Kühlung durch das Wasser zahlen ebenfalls darauf ein. Wird der grüne Strom nicht direkt verwendet, kann er dem regionalen Netz zugeführt und damit den Gemeinden der Umgebung zur Verfügung gestellt werden. Somit wird zum einen die Autarkie des Kieswerks und damit seine größere Unabhängigkeit von Energieversorgern und schwankenden Marktpreisen begünstigt. Zum anderen erfährt die regionale Energiewende weitere Unterstützung.

In Leimersheim entstand Ende 2020 die zu diesem Zeitpunkt größte Anlage des Landes auf dem Baggersee des Kieswerks Pfadt unter Federführung der Erdgas Südwest GmbH, die in diesem Fall auch Betreiber der PV-Anlage ist. In Leimersheim sammeln insgesamt 3.744 Solarmodule auf mehr als 6.500 Schwimmkörpern und insgesamt 11.400 Quadratmetern genutzter Wasserfläche Sonnenenergie ein. Die PV-Anlage verfügt über eine Gesamtleistung von ca. 1,5 MWp und produziert ca. 1,6 Mio. kWh Strom pro Jahr. Von der gesamten Strommenge dienten 2023 27 % der Versorgung des Kieswerks. 73 % wurden in das öffentliche Stromnetz eingespeist und konnten rein rechnerisch 334 Haushalte mit einem Stromverbrauch von 3.500 kWh/a versorgen.

Die PV-Module schwimmen auf dem Baggersee mithilfe einer Konstruktion aus einzelnen, im Verbund angeordneten Schwimmkörpern. Die Elemente an sich sind hohl, flach und etwa 25 cm hoch. Sie sinken etwa 10 cm ins Wasser ein, wenn sie die Solarmodule tragen.

Das größere Element, der so genannte Hauptschwimmkörper, trägt jeweils ein PV-Modul, das in geringer Höhe mit einer Aluminiumkonstruktion aufgeständert ist und in einem Winkel von 11° nach Süden blickt. Zur Verbindung der Hauptschwimmkörper kommt ein kleinerer Hilfsschwimmkörper zum Einsatz. Dieser dient auch als Wartungssteg. Dadurch entsteht eine Konstruktion mit langen Reihen, die dann verbunden eine gitterartige Gesamtkonstruktion ergeben. Die einzelnen Elemente sind fest miteinander verbunden.



Abb. C-6: Luftbild der PV-Anlage auf dem Baggersee des Kieswerks Pfadt (Quelle: ERDGAS SÜDWEST GMBH)

Die Gesamtkonstruktion ist aber so flexibel, dass sie sich den Wasserbewegungen anpassen kann. Die Konstruktion kann jederzeit für Wartungszwecke betreten werden. Die Schwimmkörper bestehen aus dem Kunststoff HDPE.

Die größte technische Herausforderung im Projekt bestand in der Verankerung der Anlage. Durch die Vorgaben aus dem Bebauungsplan war es nicht möglich, die Verankerung am Ufer anzubringen. Auch die Verankerung mit Schraubankern im Seeboden scheiterte aufgrund einer mehr als einen Meter dicken Schlammschicht auf dem Grund des Sees. So wurden schlussendlich über 60 Betonblöcke per GPS-Positionierung mit Kran, Tauchern und einem Hebeballon versenkt, an denen die Anlage befestigt und somit vor möglichen Windlasten bestens gesichert ist.

Jede neue Anlage muss sich diversen Umweltgutachten stellen. So wird unter anderem ein Umweltbericht in Auftrag gegeben, der alle Schutzarten wie Wasser, Luft und Tiere betrachtet. Auch die Untere Naturschutzbehörde prüft hinsichtlich gewässerökologischer und fischereilicher Sicht, eine spezielle artenschutzrechtliche Prüfung und eine Natura-2000-Verträglichkeitsprüfung sind ebenfalls erforderlich.

Bei all diesen Gutachten zeigt sich: Abseits des Klimas, das durch den grünen Strom aus der PV-Anlage geschont wird, profitiert die Umwelt auch an anderer Stelle. Die Verschattung zum Beispiel ist eher vorteilhaft für kleinere Lebewesen im See, die die Anlage als Rückzugsort nutzen und auch die Algenbildung wird durch die Verschattung und die dadurch geringere Erwärmung des Sees gemindert. Bauliche Eingriffe in die Natur, zum Beispiel für die Anlagenbefestigungen an Land, werden zudem durch verschiedene Maßnahmen wie Nistkästen o.ä. ausgeglichen. Ökologie und Ökonomie sind folglich im Einklang.

Literatur / Quellen

BARTZ, J. (1982), mit Beiträgen von BRELIE, G. VON DER und MAUS, H.: Quartär und Jungtertiär II im Oberrheingraben im Großraum Karlsruhe. – *Geologisches Jahrbuch*, A 63: 3-237.

- ELLWANGER, D., GABRIEL, G., HOSELMANN, C., WEIDENFELLER, M. & WIELANDT-SCHUSTER, U. (2010): Mannheim-Formation. – In: LithoLex [Online-database]. Hannover: BGR. Last update: 03.11.2010. [cited 23.09.2010]. Record No. 1000011. Available from: <http://www.bgr.bund.de/lithoLex>.
- KÄRCHER, T. (1987): Beiträge zur Lithologie und Hydrogeologie der Lockergesteinsablagerungen (Pliozän, Quartär) im Raum Frankenthal, Ludwigshafen, Mannheim, Speyer. – Jahresberichte und Mitteilungen des Oberheinischen Geologischen Vereins, N.F. 69, 279-320.
- WEIDENFELLER, M., ELLWANGER, D., GABRIEL, G., HOSELMANN, C. & WIELANDT-SCHUSTER, U. (2010): Ludwigshafen-Formation. – In: LithoLex [Online-Datenbank]. Hannover: BGR (in Vorbereitung).
- WEIDENFELLER, M. & KNIPPING, M. (2008): Correlation of Pleistocene sediments from boreholes in the Ludwigshafen area, western Heidelberg Basin. – Quaternary Science Journal (Eiszeitalter und Gegenwart), 57/3-4: 270-285.





Sfadhalle

Exkursion D Naturwerksteine im Stadtbild von Speyer

Legende

- Nr. Exkursionspunkte
- Exkursionsroute



Exkursion D

Naturwerksteine im Stadtbild von Speyer

Dr. Friedrich Häfner

Budenheim

Armin Grubert

Landesamt für Geologie und Bergbau Rheinland-Pfalz

Wichtige Daten zur Stadtgeschichte von Speyer

10 v. Chr.	Römisches Kastell
um 400	Bischofssitz
um 500	Besiedlung durch Franken
969	Bauarbeiten an der ersten Stadtmauer beginnen
um 1027	Grundsteinlegung für den Dom durch Kaiser Konrad II
1689	Zerstörung im pfälzischen Erbfolgekrieg
1847	Bahnlinien nach Ludwigshafen und Neustadt/Wstr. eingeweiht
1945	geringe Kriegsschäden
1990	2000-jähriges Stadtjubiläum
2019	50.378 Einwohner

Nachstehend wird die Verwendung von Naturwerksteinen an einigen ausgewählten, teilweise als Kulturdenkmäler geschützten Gebäuden sowie Straßen und Plätzen dargestellt. Unter der Überschrift „Naturwerksteine“ wird jeweils zuerst der Ort der Verwendung angegeben, gefolgt vom Handelsnamen, der wissenschaftlichen Gesteinsbezeichnung, der Farbe, dem Fundort und der stratigraphischen Einordnung.

1 Gedächtniskirche / Bartholomäus-Weltz-Platz

Die Gedächtniskirche liegt im Südwesten der Stadt Speyer außerhalb der alten Stadtmauer vor dem ehemaligen Landauer Tor. Mit 100 Metern Höhe ist der Turm der Gedächtniskirche der höchste Kirchturm in der Pfalz. Der Bau erfolgte von 1893 bis 1904 im neugotischen Stil zum Gedenken an die Protestation der evangelischen Stände auf dem 2. Reichstag zu Speyer im Jahre 1529. Die Protestation richtete sich gegen den Beschluss, alle kirchlichen Reformen zu untersagen. Für das Bauwerk wurden insgesamt 1935 m³ Mauersteine und 6622 m³ Bruchsteine geliefert. In der Mitte der Gedächtnishalle steht auf einem Sockel das Bronze-Standbild Martin Luthers, eine Stiftung deutsch-amerikanischer Lutheraner. Luther hält in der Linken die aufgeschlagene Bibel und ballt die Rechte zur Faust; mit dem rechten Fuß zertritt er die päpstliche Bannbulle.

Naturwerksteine:

Gedächtnisbrunnen, Säule: Azul da Bahia; Foyait, weiß-blau, Itaju do Colonia, Brasilien (Präkambrium)

Sockel der Kirche außen: Pfälzer Sandstein; Sandstein, rot, Weidenthal (Buntsandstein)

Abb. D-1: Ansicht der Gedächtniskirche von Südwesten (Foto GRUBERT 2024).





Abb. D-2 (oben links): Gedächtnisbrunnen mit Säule (stilisierte Schriftrolle) aus Azul da Bahia (Foto GRUBERT 2024); Abb. D-3 (oben rechts): Sockel des Lutherdenkmals in der Gedächtnishalle aus schwedischem Virbo-Granit (Foto HÄFNER 2024).

Mauerwerk außen: Phalsbourger (Pfalzburger) Sandstein; Sandstein, weiß-grau, (Elsass); Phalsbourg (Votziensandstein = Oberer Buntsandstein)

Kirchplatz, Pflaster: Rammelsbacher Andesit; Andesit, grün-grau, Rammelsbach, Pfalz (Rotliegend)

Treppen: Granit aus dem Fichtelgebirge (Oberkarbon)

Gedächtnishalle: Sockel Lutherdenkmal: Virbo Granit; Granit, dunkelrot bis braunrot, Virbo, Ostsmaland, Schweden (Präkambrium, ca.1,6 Mrd. J.), *Gewölbe:* Weiberner Tuff, Selbergit-Tuff, hellbraune bis ockerfarbene Grundmasse, gelbliche, graue, olivfarbene und schwarze Xenolithe. Xenolithe: devonische Sandsteine, Tonschiefer und Quarzite, Bims, Basalt, Eifel (Quartär)

Bei Sanierungsarbeiten an der Fassade seit 2003 wurde Obernkirchener Sandstein (Niedersachsen), Seeburger Sandstein (Thüringen) und Haardter Sandstein (Neustadt-Hardt, Pfalz) eingesetzt.

2 Archäologisches Schaufenster / Gilgenstraße / Ecke Große Gailengasse

Das archäologische Schaufenster ist eine Zweigstelle des Landesamtes für Denkmalpflege. Zwei nachempfundene Giebelwände römischer Streifenhäuser fassen den Platz seitlich ein. Die Hausgiebel sind nach antikem Vorbild zur Gasse hin mit einem Säulengang, einem sogenannten Portikus, überdacht. In allen größeren Orten des römischen Reiches war das Bild der Hauptstraßen vom ersten bis vierten Jahrhundert



Abb. D-4: Im Vordergrund die Säulen des römischen Portikus des archäologischen Schaufensters; dahinter die St. Josephskirche (Foto GRUBERT 2024).

von diesem Stil geprägt. Säulen, Dachstuhl und Ziegeldach sind Nachbildungen römischer Originale. Vor dem Gebäude des Archäologischen Schaufensters ist u.a. ein römischer Sarkophag des vierten Jahrhunderts aufgestellt.

Naturwerkstein:

Säulen: Warthauer Sandstein; Sandstein, gelblich, Schlesien, Polen (Oberkreide)

3 St. Josefskirche / Gilgenstraße 18

Der Mainzer Dombaumeister Ludwig Becker entwarf den Plan mit Formen des Jugendstils, der Spätgotik, des Barock und der Renaissance. Die Josephskirche sollte sich stark vom Stil des Speyerer Doms und der Gedächtniskirche unterscheiden; erbaut 1912 – 1914. Die Türme sind 90 Meter hoch und damit nur 10 m niedriger als der Turm der benachbarten Speyerer Gedächtniskirche.

Naturwerksteine:

Sockel: Selters Trachyt; Trachyt, hellgrau, Westertal (Tertiär), Abbau ruht

Fassade: Otterberger Sandstein, gelblich braun, Pfalz (Buntsandstein)

Abb. D-5 (unten): Sockel der St. Josephskirche aus graublauem Selterser Trachyt; darüber Mauerwerk aus Otterberger Sandstein (Foto HÄFNER 2024).



4 **Geschäftsgebäude / Gilgenstr. 12**

Naturwerkstein:

Fassade EG: Kirchheimer Muschelkalk; Goldbank (?), Kalkstein, grau, porös, Raum Würzburg, Unterfranken (Muschelkalk)

5 **Geschäftsgebäude / Gilgenstr. 10 (Metzgerei Vogt)**

Naturwerkstein:

Haardsandstein, Sandstein, gelblich, Haardtrand der Pfalz (Buntsandstein)

6 **Postgalerie / Postplatz 1**

Ehemalige Oberpostdirektion; schlossartiger, dreigeschossiger neubarocker Bau mit Mansarddach, Sandsteinquaderfassade, erbaut 1901 ff., Architekt Anton Geyer, Bildhauerarbeiten Fa. Grimm; Erweiterung 1925, Architekt Heinrich Müller.

Naturwerkstein:

Fassade: Obersulzbacher Sandstein; Sandstein, gelb, Pfalz (Rotliegendes); noch im Abbau

Abb. D-6: Wappen des früheren Postverwaltungsgebäudes aus Obersulzbacher Sandstein (Foto HÄFNER 2024).





7 Altpörtel / Postplatz 2

Ehemaliges westliches Stadttor der Stadt Speyer. Mit einer Höhe von 55 Metern ist es eines der höchsten und bedeutendsten Stadttore Deutschlands. Es wurde im Jahr 1176 erstmals urkundlich erwähnt und war einer von 68 Mauer- und Tortürmen der Stadtbefestigung der Freien Reichsstadt Speyer.

Die heutige Bausubstanz datiert zum großen Teil in der ersten Hälfte des 13. Jahrhunderts. Das oberste Turmgeschoss wurde in dem Zeitraum von 1512 bis 1514 hinzugefügt. Das steile, 20 m hohe Dach wurde erst im Jahr 1708 aufgesetzt. Der Turm überstand die Stadtzerstörung im Jahr 1689 während des Pfälzischen Erbfolgekriegs und ist einer der wenigen Überreste der mittelalterlichen Stadtbefestigung (Kulturdenkmal).

Abb. D-7: Das mittelalterliche Stadttor Altpörtel am Postplatz (Foto HÄFNER 2024).



Naturwerksteine:

Mauerwerk: Verschiedene rote und hellgelbliche Sandsteine der Pfalz (Buntsandstein)

Dach: Kauber Schiefer; Tonschiefer, dunkelgrau, Kaub, Mittelrhein (Devon)

Abb. D-8: Detail des Mauerwerks am Altpörtel aus Pfälzerwald-Sandsteinen (rot) bzw. Haardtsandsteinen (hell) (Foto GRUBERT 2024).



Abb. D-9: Galeria Kaufhof: Fassadenbekleidung aus weiß-beigem Travertino Romano (Foto HÄFNER 2024).

8 Geschäftsbäude / Maximilianstraße 43

Mehrgeschossiges Gebäude, 20. Jh.: Kaufhaus Galeria Kaufhof

Naturwerkstein:

Fassade: Travertino Romano; Travertin, weiß-beige, Italien (Quartär)

9 Geschäftsbäude / Maximilianstr. 40

Frühklassizistisches Wohn- und Geschäftshaus, erstes Viertel des 19. Jahrhunderts, Erdgeschoss-Umbau 1930 (Kulturdenkmal). Filiale der Hypo-Vereinsbank.

Naturwerkstein:

Fenster- und Türgewände: Udelfanger Sandstein; Sandstein, gelblich-grau bis grünlich-grau, Udelfangen, Südeifel (Muschelkalk).

10 Geschäftsbäude / Maximilianstr. 34

Drogeriefachmarkt

Naturwerkstein:

Sandstein, Schlesien, gelb, (Oberkreide)



Abb. D-10: Hypo-Vereinsbank (Nr. 13), Fassade aus dem finnischen Granit Baltic red (Foto HÄFNER 2024).

11 Geschäftsgebäude / Maximilianstr. 31

Naturwerksteine:

Phalsbourger (Pfalzburger) Sandstein, hell-grau, Phalsbourg, Elsass, Frankreich (Buntsandstein)

12 Geschäftsgebäude / Maximilianstr. 25

Spätbarockes Patrizierhaus, erbaut 1704 (Kulturdenkmal).

Naturwerkstein:

Sockel: Maggia, Paragneis, grau, Vallemaggia, Tessin, Schweiz (Karbon / Perm)

13 Geschäftsgebäude / Maximilianstr. 21

Hypo-Vereinsbank (Abb. D-10).

Naturwerkstein:

Fassade EG: Baltic Red, Rapakiwi-Granit, Granit, rötlich, Finnland (Präkambrium)

14 Geschäftsbäude / Maximilianstr. 20

Spätbarockes Patrizierhaus, erbaut im 18. Jh., (Kulturdenkmal).

Naturwerkstein:

Fassade EG und Fußboden: Rosa Porrino, Granit, rötlich, Spanien, Portugal (Oberkarbon)

15 Geschäftsbäude / Maximilianstr. 16-17

Dreigeschossiger, gründerzeitlicher Quaderbau, Mansarddächer, erbaut 1874, Architekt Franz Schöberl, Erweiterung 1906/07 (Kulturdenkmal, s. Abb. D-11)).

Naturwerksteine:

Fassade: Haardtsandstein; Sandstein, gelblich, Pfalz (Buntsandstein)

Treppenstufen: Kösseine Granit, blau, Granit, Fichtelgebirge, Bayern (Oberkarbon).

16 St. Georgs-Brunnen / bei Maximilianstr. 90

Die Brunnenanlage wurde 1930 errichtet. Es handelt sich um ein Denkmal für die Gefallenen des Ersten Weltkrieges (Abb. 12). Architekt: Karl Latteyer, Bildhauer: William Ohly.

Naturwerkstein:

Kirchheimer Muschelkalk; Kalkstein, grau, Raum Würzburg, Unterfranken (Muschelkalk)

Abb. D-11: Geschäftsbäude / Maximilianstr. 16-17, Treppenstufen aus Kösseine Granit und Mauerwerk aus Haardtsandstein (Foto GRUBERT 2024).





Abb. D-12 (links): St. Georgsbrunnen mit Brunnenschale aus Kirchheimer Muschelkalk (Foto HÄFNER 2024).
 Abb. D-13 (rechts): Portal des Stadthauses aus Phalsbourger Sandstein mit Plastik aus Savonniere Kalkstein (Foto HÄFNER 2024).

17 Maximilianstr. 99

Bodenbelag

Naturwerksteine:

Pflasterplatten dunkelrot: Rapakiwi Granit, Baltic red, Granit, rötlich, Finnland (Präkambrium)

Pflasterplatten gelblich: sardischer Granit, Rosa Sardo Beta (feinkörnig) bzw. Rosa Sardo Limbara (grobkörnig), hell, Sardinien, Monte Limbara bei Tempio Pausania (Karbon)

18 Stadthaus / Maximilianstr.100

Ehemalige Kreisversicherungsanstalt; anspruchsvoller, dreigeschossiger Quaderbau, neubarockes Mansardwalmdach, erbaut 1903, Architekt Franz Schöberl (Abb. D-13).

Naturwerksteine:

Fassade: Phalsbourger (Pfalzburger) Sandstein; Sandstein, grünlich-grau, Phalsbourg, Elsass, Frankreich (Buntsandstein)

Bauschmuck figürlich: Savonnières; Kalkstein, weiß, Savonnières (Meuse), Frankreich (Oberer Jura)

Pflasterplatten vor Gebäude: Rosa Porrino hell und dunkel, Spanien (Oberkarbon) und Amarelo Venecia, Granit, Brasilien (Präkambrium (ca. 1,2 Mrd. J.))



Abb. D-14: Ansicht des Kaiserdomes von Westen mit Mauerwerk aus pfälzischen Sandsteinen (Foto HÄFNER 2024).

19 Kaiserdom / Domplatz

Die Grundsteinlegung des Speyerer Doms (Domkirche St. Maria und St. Stephan) erfolgte 1027 durch den Salierkaiser Konrad II. Er ist die größte erhaltene romanische Kirche der Welt. Der Dom wurde 1925 von Papst Pius XI. in den Stand einer Basilica minor erhoben. Seit 1981 auf der UNESCO-Liste des Weltkulturerbes. Weitere Daten: 1159 Brand, 1689 Kriegszerstörung, 1794 Verwüstung. Neubau des Westwerks (1854-1857) durch den Architekten Heinrich Hübsch auf Veranlassung von König Ludwig I von Bayern (Kulturdenkmal).

Naturwerksteine:

Sandsteine des Buntsandsteins aus pfälzischen Vorkommen.

Westwerk: Haardtsandstein; Sandstein, hell gelblich, aus Königsbach b. Neustadt, und roter Pfälzer Sandstein (Buntsandstein). *Restaurierung 1957 bis heute:* Haardt-sandstein, Schweinstaler Sandstein (Bunt-sandstein). *Boden Domplatz:* Flossenbürger Granit; Granit, gelb-grau, Flossenbürg, Oberpfalz (Oberkarbon)

20 Verwaltungsgebäude / Domplatz 6

Ehemaliges Kreisarchivgebäude des bayerischen Rheinkreises, erbaut 1899 ff. (Abb. D-15 & D-16) Architekt Georg Maxon, München. Repräsentativer Sandsteinquaderbau im Stil der Neorenaissance.

Naturwerksteine:

Mauerwerk: Olsbrücker Sandstein; Sandstein, rotbraun, Olsbrücken, Pfalz (Rotliegendes); gelegentlich noch im Abbau

Treppenstufen außen: vermutlich bayrischer Granit

21 Historisches Museum der Pfalz / Große Pfaffengasse 7

Formenreiche Vierflügelanlage, erbaut 1907–09 (Abb. D-17 & D-18). Architekt Gabriel von Seidl, Architekturformen der Renaissance.

Naturwerksteine:

Altbau: Pfälzer Sandstein; Sandstein, rot, Otterberg, Enkenbach und Weidenthal (Buntsandstein)

Treppe vor Haupteingang: Waldsteingranit; Granit, gelbgrau, Fichtelgebirge (Oberkarbon)

Erweiterungsbau (1990): Miltenberger Sandstein; Sandstein, rot, streifig, Miltenberg, Bayern (Buntsandstein)



Abb. D-15 (oben): Ansicht des früheren Kreisarchivgebäudes aus Olsbrücker Sandstein (Foto GRUBERT 2024).



Abb. D-16: Portal des Kreisarchivgebäudes mit Treppentufen aus Granit (Foto HÄFNER 2024).



Abb. D-17 (oben) Ansicht des Historischen Museums aus pfälzischem Sandstein (Foto GRUBERT 2024).

Abb. D-18 (rechts): Erweiterungsbau des Hist. Museums aus Miltenberger Sandstein (Foto HÄFNER 2024).

Quellen

SCHRÖDER, J. (Hrsg.) (2010): *Steine in deutschen Städten. 18 Entdeckungsrouten in Architektur und Stadtgeschichte.* - Selbstverlag Geowissenschaftler in Berlin u. Brandenburg e.V., Berlin.

Internet:

[https://de.wikipedia.org/wiki/Ged%C3%A4chtniskirche_der_Protestation_\(Speyer\)](https://de.wikipedia.org/wiki/Ged%C3%A4chtniskirche_der_Protestation_(Speyer)) am 29.1.24

https://de.wikipedia.org/wiki/Liste_der_Kulturdenkm%C3%A4ler_in_Speyer am 10.2.24

<https://www.speyer.de/de/tourismus/speyer-erleben/museen/archaeologisches-schaufenster/#accordion-1-1> am 18.2.24

<https://skan-kristallin.de/schweden/gesteine/gesteinsdarstellung/granitoide/smalandgranite/virbo/virbotext.html> am 18.2.24

