



Exkursion der Umwelttechnik nach Leipzig - WS 23/24

Das 5. Semester der FH Münster des Studienganges Umwelttechnik durfte vom 16.10-19.10.2023 an einer schönen Exkursion nach Leipzig teilnehmen. Mit dem Reisebus sind wir am 16.10.2023 von Steinfurt aus nach Leipzig gefahren.



Montag, 16.10.2023

Nordhäuser Traditionsbrennerei



Das erste Ziel unserer Exkursion war die Traditionsbrennerei in Nordhausen, an der wir zu Beginn des Mittags ankamen. Am Stadtrand von Nordhausen gelegen war ein unscheinbares Gebäude, das einen traditionellen Innenhof, mehrere Fachwerkhäuser für das Brennen von Schnäpsen und den Führungen und einem kleinen Hofladen besaß.



Im Innenhof der Brennerei angekommen wurde wir von der Führungsperson der Brennerei begrüßt und kurz in die Geschichte der Brennerei eingeführt, die sich seit mehr als 500 Jahre erstreckt. Beginnend im 16. Jh., mit den Anfängen des Brennens ausgehend von Kleinbrennereien mit limitiertem Verkauf. Über die Versorgung der Stadt mit Frischwasser aus den Harzquellen die zu einem Zuwachs in der Stadt führten. Bis hin zur Zentralisierung des Brenngewerbes in Nordhausen, aufgrund von wirtschaftlichen Faktoren, wie der Fülle an Ausgangsprodukten und der Eisenbahn die zu neuen Absatzmärkten in Deutschland führte. Es kam dadurch zu einem starken Zuwachs an Brennereien die zum Teil seit Anbeginn der Stadt bestehen. Aufgrund der Brandgefahr der Brennereien im Innerstädtischen Gebiet, resultierte eine Auslagerung der

Brennereien außerhalb der Stadtmitte, sodass die Brennereien am Rande von Nordhausen ihren Platz fanden.

Nach der kurzen Vorstellung der Geschichte begann die Führung durch die „Echte Nordhäuser Traditionsbrennerei“. Wir sind alle Verfahrensschritte des Kornbrennens Schritt für Schritt durchlaufen. Der Anfang ist die Auswahl des richtigen Getreides, welches im Fall des Nordhäuser Doppelkorns Roggen ist. Danach wurde das Getreide gemahlen, mit gekeimten Korn, Malz zu einer Maische verarbeitet. Über



mehrere Tage wird die stärkehaltige Maische durch Hefe vergoren. Früher gab es dazu ein großes Holzfass, heutzutage geschieht das jedoch über große Stahlkessel. Nach dem Vergären, kann dann die Destillation beginnen, dadurch entsteht zunächst der Rohbrand, der durch anschließende Rektifikation von unerwünschten Geschmack- und Geruchsstoffen befreit wird. So entsteht schließlich ein Feinbrand von hoher Reinheit mit dem typischen Nordhäuser Kornbukett. Der Feinbrand besitzt einen zu hohen Alkoholgehalt und muss im Zwischenlager mit reinstem Wasser versetzt werden, um die ideale Stärke zu erreichen. Im Anschluss wird der Doppelkorn in Eichenfässern für mindestens drei Jahre gelagert, um zu reifen, dadurch bekommt er die typische bernsteinfarbene Färbung und seinen typischen Geschmack.

Zuletzt kam es dann zu der Verkostung im Ausstellungsraum der Traditionsbrennerei, wo wir eine Auswahl verschiedener Brände und Liköre probieren durften. Im Anschluss konnte noch der Hofladen besucht werden, in dem viele der Produkte der Brennerei zu kaufen waren.



Die Exkursion war gegen Nachmittag beendet, so konnte die Fahrt nach Leipzig weitergehen. Gegen 17 Uhr waren wir im Hotel angekommen und der Rest des Abends stand uns zur freien Verfügung. Die einige mehr oder weniger in ganze genutzt haben.

Dienstag, 17.10.2023

DBFZ

Der zweite Exkursionstag begann mit einer Busfahrt durch Leipzig, um zum Deutschen-Biomasse-Forschungszentrum zu gelangen.

Zunächst stellte Professor Weinrich die Tätigkeitsfelder des DBFZ vor, an dem er selbst lange tätig war. Um zu verstehen, weshalb die Forschung an Biomasse für die Energiewende auch in Zukunft wichtig ist, stellte er Forschungsergebnisse zum Flexiblen Betrieb von Biogasanlagen vor. Biogasanlagen haben gegenüber anderen Regenerativen Energien den Vorteil der Biomasse Speicherung und damit Absicherung für Zeiten an denen Wind und Sonne den Strombedarf im Netz nicht abdecken können. In diesem Fall können dann die Biogasanlagen über Blockheizkraftwerke Strom erzeugen und diesen zu vergleichsweise hohen Preisen ins Netz einspeisen.

Anschließend besuchten wir verschiedene Arbeitsgruppen des DBFZ, die zu verschiedenen Themen Forschung betreiben. Darunter war eine Forschungsbiogasanlage, bei der alles darauf ausgelegt ist, jeden Stoffstrom untersuchen und verändern zu können.

Im Labor zeigte uns ein sehr gesprächiger Forscher das „teure Labor“ in dem mehrere Gaschromatographen die Gaszusammensetzung von den vielen Laborreaktoren untersuchen. In den vielen Laborreaktoren die als kleine Biogasanlagen dienen, werden verschiedene Substratzusammensetzungen unter Laborbedingungen erforscht.

Andere Arbeitsgruppen, die wir besucht haben, beschäftigten sich mit Pyrolyse oder Biokraftstoffgewinnung.

Das DBFZ befindet sich in einem Gebiet mit vielen Forschungseinrichtungen, dort befindet sich auch eine Kantine, bei der wir zu Mittag gegessen haben.

Nach dem Mittagessen ging es mit unserem Bus zum Ringheiligtum Pömmelte.

Die nahe der Stadt Schönebeck gelegene Fundstelle von Siedlungs- und Kultstätten versetzte uns dank einer Führung 4500 Jahre in die Vergangenheit, in dieser Zeit siedelten dort die Aunjetitzer und errichteten Häuser aus Lehm und Weidengeflecht. Die nachempfundene Kultstätte mit 118 Meter Durchmesser und sieben Holzpfehl-Ringen ließ sich wunderbar von einem Aussichtsturm überblicken.

Anschließend ging es bei untergehender Sonne zurück zum Hotel in Leipzig.

Mittwoch, 18.10.2023

Klärwerk Rosental Leipzig

Am Mittwochmorgen besuchten wir das im Jahr 1894 erbaute Klärwerk Rosental im Norden Leipzigs. 95% des Leipziger Abwassers werden dort gereinigt. Das Mischwasser wird über 3 Hauptsammler mit einem Durchmesser von 3,20 m zum Klärwerk geleitet. Bei Trockenwetter werden am Tag ca. 100.000 m³ Abwasser gereinigt, bei Regenwetter muss ein Volumen von 13000 m³ pro Stunde gereinigt werden. Das bei Regenwetter abgeschlagene Wasser kann in einem Stauraumkanal mit 30.000 m³ Fassung zwischengespeichert werden.

Zu Beginn wird das Abwasser durch einen Filterbandrechen von groben Verunreinigungen befreit, anschließend gelangt es in eines der 6 Langsandfänge. Danach wird das Wasser erstmals angehoben und durchfließt eines der 6 Vorklärbecken, sowie die 4 Kaskaden Belebungsbecken mit einem Belebungsvolumen von 100.000 m³. In einem der 8 Nachklärbecken werden dann Schlamm und Klarwasserphase voneinander getrennt. Das gereinigte Wasser wird dann in die neue Luppe eingeleitet.

Der während des Prozesses entstehende Klärschlamm wird dann in 3 auf dem Gelände stehenden Faultürmen ausgefault. Das Klärgas wird anschließend in einem von 5 BHKW verbrannt, dabei können 350 KW elektrische und 530 KW thermische Leistung erzeugt. Am Ende der Führung konnte wir von den Faultürmen aus noch einen schönen Überblick über die 25ha Große Kläranlage gewinnen. Insgesamt war es sehr spannend eine Kläranlage dieser Dimension zu besichtigen.



Wasserwerk Canitz

Das Wasserwerk Canitz wurde 1912 in Betrieb genommen und ist eines von vier Wasserwerken in Leipzig. Es hat eine tägliche Kapazität von alleinig 45.000 m³ Wasserabgabe. Aufgrund der niedrigen Grundwasserstände durch die Trockenperiode fördern die Wasserwerke seit dem Sommer 2018 nur noch 150.000 m³ Grundwasser pro Tag. Jährlich werden insgesamt 11 Mio. m³ Wasser durch das Wasserwert Canitz gefördert.



Das Grundwasser wird nach dem Heber-Prinzip mithilfe von rund 130 aktiven Brunnen aus einer Tiefe von 12-22 Metern heraufgepumpt. Oben angekommen sammelt sich das Wasser in einem Sammelbrunnen und wird von dort mithilfe von Unterwasserpumpen zum Wasserwerk transportiert. Aufgrund einer ökologischen Landwirtschaft in der Nähe des Wasserwerks gibt es dort keine Probleme mit Nitrat. Das Wasser wird zuerst durch eine Belüftung/mechanische Entsäuerung aufbereitet. Es wird durch eine Riesleranlage geleitet, die mit vielen Füllkörpern gefüllt ist, um eine gute Zerstreung der Gegenbelüftung zu gewährleisten. Dadurch wird dem Wasser die enthaltene Kohlensäure entzogen, wodurch der pH-Wert von 6,4 auf 7,5 steigt. Zudem wird so auch Luft in das Wasser eingetragen. Später wird dem Wasser Natronlauge zugesetzt, um die restliche Kohlensäure zu neutralisieren. Dadurch steigt der pH-Wert auf 7,7, was dem von der Trinkwasserverordnung geforderten Wert entspricht. Das Wasserwerk wird von drei großen Kreiselpumpen mit einer Pumpleistung von jeweils 1500 m³/h und einem Druck von 5 bar betrieben. Hinter den Pumpen befinden sich Druckstoßdämpfer, um die Leitungen nicht zu beschädigen.



Nach der Enteisierung und Entsäuerung erfolgt die Reinigung des Wassers mit einer Filteranlage, die oxidierte Partikel zurückhält. Diese besteht aus einer homogenen Kiesschicht mit einer Korngröße von 1,5 mm bis 7 mm. Das Wasser wird von unten nach oben durch die Kiesschicht gereinigt. Das Wasserwerk Canitz verfügt über 12 Einschichtfilter, von denen täglich einer rückgespült wird. Der Filterkies wird alle 50 Jahre ausgetauscht und sachgemäß entsorgt, da er eine hohe Konzentration von Schwermetallen aufweist. Dies liegt daran, dass das Wasser, das aus den Mulden-Auen gewonnen wird, am Quellort vom Bergbau betroffen war und Schwermetalle mit sich führt. Nach dem letzten Filterschritt wird das Wasser mit Chlorgas desinfiziert. Dies ist wichtig, da das Wasser eine weite Strecke

bis zum Verbraucher im Leitungsnetz zurücklegt. Im Durchschnitt verlässt das Wasser das Werk mit einem Chlorgehalt von 0,2 mg/l bei einem Grenzwert von 0,3 mg/l. Vor dem Verlassen des Aufbereitungssystems wird kontinuierlich über eine Sonde gemessen, ob alle relevanten Richt- und Grenzwerte eingehalten werden (pH-Wert, Temperatur, Chlorgehalt...). Danach gelangt das Wasser in das Weiterleitungsnetz von Leipzig, das eine Länge von 26 km hat, bis es schließlich beim Verbraucher ankommt. Derzeit sind noch zwei bis drei Wassertürme in Betrieb, die das Wasser für den Hochlastbetrieb speichern und einen gewissen Druck gewährleisten können.

Am Ende der Führung durch das Wasserwerk gab es an diesem kühlen Herbsttag noch ein frisch gezapftes Glas Wasser.

Donnerstag, 19.10.2023

ONTRAS Gastransport GmbH

Der Tag begann mit einem Vortrag bei der Firma Ontras über den Wasserstofftransport in Gasnetzen. Ontras betreibt das 7700 Kilometer lange Gas-Fernleitungsnetz in Ostdeutschland und ist hierdurch für die Kapazitätsvermarktung der Gasleitungen verantwortlich. Die Firma wurde 2006 gegründet und agiert seit 2012 selbstständig. Sie ist ein Tochterunternehmen der VNG – Verbundnetz Gas.

Bei dem Vortrag wurden uns mehrere Wasserstoffprojekte vorgestellt, welche die Firma Ontras aktuell betreibt. Bei dem Projekt “doing hydrogen” wird eine bestehende 600 Kilometer lange Leitung wasserstofffähig gemacht. Dadurch werden Rostock, Berlin, Eisenhüttenstadt und Leipzig mit einem Wasserstoffnetz verbunden. Bei dem Projekt “Bioenergiepark Bad Lauchstädt” wird ein bestehender Windpark mit 8 Windkraftanlagen und einer 50 MW Peak Leistung zur Produktion von Wasserstoff genutzt. Auf dem Standort befinden sich ebenfalls mehrere Gasnetze und ein Gasspeicher. Der Standort wurde ausgewählt, da durch die vielen Leitungen eine Leitung zur Wasserstoffleitung umgewandelt werden kann. Bei dem Projekt ist ein Elektrolyseur mit 30 MW Peak Leistung geplant. Der erzeugte Wasserstoff wird in einem Teil des Gasspeichers gespeichert und über das umgerüstete Gasnetz mit einer Kapazität von hunderttausend Kubikmeter Gas pro Stunde an eine 25 Kilometer weit entfernte Firma geleitet werden. Dort soll der Wasserstoff in der chemischen Industrie genutzt werden.

Am Beispiel dieses Projektes wurde ebenfalls dargestellt, welche Herausforderungen bei der Umstellung eines Erdgasnetzes auf Wasserstoff existieren. Im Zuge der Projekte wurden die ersten Genehmigungsverfahren für umgestellte Erdgasleitungen entwickelt. Ebenfalls ist der Betriebsdruck in den Wasserstoffnetzen 15 bar geringer als in Erdgasnetzen. Ein weiteres Projekt ist “Green Octopus Mitteldeutschland”. Hier wird eine 300 Kilometer lange Wasserstoffleitung von Salzgitter nach Leipzig unter Einbindung des Energieparks Bad Lauchstädt geplant.

Insgesamt plant Ontras, ungefähr 900 Kilometer Wasserstoffleitungen zu betreiben und somit Wirtschaftsregionen, Wasserstoffspeicher und Wasserstoffproduzenten miteinander zu verbinden.

Ausflug in den Auenwald

Im Anschluss an die Vorträge bei ONTRAS fand die Führung durch den Auenwald mit einem Förster und einer Försterin statt. Der Auenwald in Leipzig ist ein großes Landschaftsschutzgebiet, welches aufgrund seiner Artenvielfalt ökologisch besonders wertvoll ist. Er liegt entlang der Elster und Luppe und wird vom Stadtforstamt verwaltet. Der Wald hat



sich im Laufe der Jahre stark verändert. Durch menschlichen Einfluss im 20. Jahrhundert gab es vermehrte Lehmlagerungen, was die Überschwemmungen vermehrte. Vor den Überschwemmungen war der Auenwald ein reiner Weichholzwald, mit der Überschwemmung begann sich das Hartholz auszubreiten. Waldbereiche, die nicht überfluteten, wurden gerodet. Im 20. Jahrhundert begann dann die Aufforstung. Bis heute wurden 400 m² Wald aufgeforstet, vieles nach dem Rückgang des Braunkohleabbaus.

Der Auenwald ist heutzutage ein Hartholz Laubmischwald. Es sind mehr als 25 verschiedene Baumarten vertreten. Die häufigsten Baumarten sind Buche, Esche, Linde, Berg-, Spitz- und Feldahorn, Kastanie, Eiche und Ulme. Durch ihre Vielzahl an Arten sind Mischwälder deutlich beständiger gegenüber klimatischen und ökologischen Veränderungen.

Bei Bedarf wird der Nahle-Luppe-Polder geöffnet, wodurch ca. 10 km² des südlichen Teils des Auenwaldes geflutet wird und die Stadt vor Hochwasser geschützt wird. Nach den Überflutungen 2011 und 2013 stand das Wasser kniehoch im Auenwald. Aufgrund des hohen Sauerstoffgehaltes im Wasser ersticken die Bäume während der Überflutung nicht und überstanden diese Zeit ohne Schäden. Durch den Hartholzbestand ist der Wald sehr widerstandsfähig gegen Hochwasser.

Allerdings ist der Auenwald auch nicht ganz gesund. So setzen den Bäumen die Wetterphänomene, insbesondere der Trockenstress zu. Davon sind vor allem die Altbuchen betroffen. Bei viel Sonnenschein und sehr hoher Hitze im Blätterdach, fangen die Bäume an, viel Wasser aus dem Erdreich zu ziehen, um über die Verdunstung auf den Blättern, die Temperatur zu senken. Dies führt jedoch häufig dazu, dass so viel Wasser in die Äste hochgezogen wird, dass diese durch ihr Eigengewicht abbrechen und den Baum anfällig für Pilze machen. Das Eschentriebsterben betrifft ca. die Hälfte der Eschen und hat dort verheerende Auswirkungen. Durch den Pilz sterben die Triebe ab und die Esche fängt an in großem Maße Notblätter entlang des Stammes zu produzieren, um zumindest noch ein



Mindestmaß an Photosynthese betreiben zu können. Invasive Arten haben sich zwar auch im Auenwald ausgebreitet, allerdings sind diese für die Artenvielfalt nicht gefährdend.

Der Auenwald ist in erster Linie als Erholungsgebiet gedacht und anschließend kommt erst Naturschutz, Forschung und zuletzt Wirtschaft. Größtenteils handelt es sich um einen Hochwald, bei dem nur vereinzelt Bäume gefällt werden. Da die Artenvielfalt aber gewahrt werden soll und ein Waldverschlechterungsverbot laut EU- Richtlinien gilt, wird ein Teil des Waldes als Mittelholz gehalten. Da Eichen viel

Sonne brauchen, langsam wachsen, aber wichtig für die Artenvielfalt sind, ist es ohne menschliches Eingreifen schwierig die Eiche in den Wäldern zu wahren oder wieder zu integrieren. Somit wird nachgeholfen, indem alle 10 - 20 Jahre alle Bäume drumherum abgeholzt werden. Dies nennt sich Mittelwald. Ohne das Fällen der Förster, würde sich langfristig ein reiner Eschen-, Ahornwald durchsetzen, was die Artenvielfalt einschränken würde. Tote Bäume oder Totholz werden größtenteils, wenn dies nicht eine unmittelbare Gefahr darstellt, im Wald stengelassen, sodass sie Insekten, Nagetieren, Wildkatzen und Vögeln als Unterschlupf und Nahrungsquelle dienen.



Mit dem Projekt Auenwaldkran, hat die Stadt Leipzig eine wichtige Forschungsstation geschaffen, die von vielen Universitäten und Forschungsgruppen benutzt wird. Der Kran deckt eine Fläche von 1,6 ha ab und dient zur Erfassung der Biodiversität von Pflanzen und Tieren in den Baumkronen. So lässt sich auch Monitoring in den Baumkronen durchführen. So findet man zum Beispiel in nur 18 Bäumen über 500 Käferarten und auch für andere Insekten und sogar Frösche sind die Baumkronen der Eichen ein guter Lebensraum.

Nach der Führung wurde der Abend zusammen mit den Professoren bei einer Runde Bowling und anschließendem Essen ausgeklungen.

Freitag, 19.10.2023

Rabensteiner Stollen

Unsere Exkursion in die Rabensteiner Stollen führte uns am fünften Tag tief in die Geschichte des Steinkohlebergbaus. Diese Stollen wurden erstmals im Jahr 1737 erschürft, jedoch waren von Anfang an zahlreiche Probleme mit dem Abbau verbunden.

Besitzstreitigkeiten, ein geringes Vorkommen und die schlechte Qualität der Kohle verhinderten einen rentablen Bergwerksbetrieb. Dennoch entwickelte sich hier ein reger Abbaubetrieb, der hauptsächlich dem Eigenbedarf der Bevölkerung diente und mit einigen Unterbrechungen bis Ende des 19. Jahrhunderts andauerte.

1921 – 1924: In dieser Zeit wurde der Steinkohlenbergbau nach umfangreichen Investitionen in neue Technik wiederaufgenommen, jedoch musste er nach nur wenigen Jahren aufgrund mangelnder Rentabilität erneut eingestellt werden.

1946 – 1949: Der letzte Abbau von Steinkohle erfolgte schließlich nach dem Zweiten Weltkrieg und diente hauptsächlich der regionalen Bevölkerung als notdürftige Brennstoffversorgung.

Die Kohle, die wir heute als fossilen Brennstoff verwenden, bildete sich über Jahrtausende unter der Erdoberfläche. In den Stollen selbst fanden wir nur kleine Kohleablagerungen von 60-80 cm, die nur verwendet wurde, da durch die Verwendung in Bergwerken und im Hausbau im Harz kein Holz zum Heizen und Kochen mehr vorhanden waren. Der Dreckgehalt in dieser Kohle beträgt ca. 70%, weshalb sie den Spitznamen "feuerfeste Kohle" erhielt, da sie äußerst schlecht brannte. Typische Steinkohle aus anderen Stollen hat einen Dreckgehalt von 3-10 %.

Während unserer Erkundung der Stollen konnten wir Blüten, Farne und Schachtelhalm in den Fossilien erkennen.

Da die abgebaute Kohle und nicht die Arbeitszeit bezahlt wurde, fielen die Stollen dementsprechend niedrig aus, wodurch sich die Arbeiter teilweise nur mit Krabbeln fortbewegen konnte. Auch Kinder ab 10-12 Jahren wurden für die harte Arbeit eingesetzt, da sie kleiner waren. Frauen und Kinder kamen dabei nicht zum Einsatz und waren unter Tage strikt verboten, da geglaubt wurde, dass ihre Anwesenheit Unglück bringen würde.

Schienen gab es keine, bzw. erst ab der Umwandlung in ein Besucherbergwerk. In anderen Bergwerken mit Schienen wurden Grubenräder von Handwerkern verwendet, dies war in den Rabensteiner Stollen aber neben der mangelnden Schienen auch wegen der geringen Stollenhöhe nicht möglich. Heutzutage, in großen Bergwerken, ist dies nicht mehr üblich.

Durch die Holzknappheit wurden Steine verwendet, um den Berg abzustützen. Das Fehlen von Holz war ein wiederkehrendes Problem in dieser Zeit.

Die Arbeitsbedingungen im Stollen waren äußerst schwerwiegend. Die Luftfeuchtigkeit betrug ca. 90%, zudem hatten sie durch das fehlende Sonnenlicht einen erheblichen Vitamin-D-Mangel. Bergleute erreichten oft nur das Alter von 30 Jahren.

Auch Schutzhelme, wie wir sie heute kennen, existierten damals nicht. Stattdessen trugen die Bergleute Zipfelmützen, ähnlich denen der berühmten sieben Zwerge. Diese wurden mit Stroh ausgestopft, um den Kopf zu schützen.

Kinder erhielten kein Licht wie eine Öllampe, sondern nutzten einen angezündeten Holzspan. Die elektrischen Lampen im Bergbau, die erst später verwendet wurden, funktionierten mit Druckluft und waren äußerst laut, genauso wie die übrigen Gerätschaften. Die Bergleute kommunizierten mithilfe lauter Tröten, um Anweisungen des Grubenführers zu erhalten.

Ratten wurden als Frühwarnsystem für Grubengasexplosionen verwendet. Das Quieken der Tiere gab den Bergleuten rechtzeitig Bescheid, um sich in Sicherheit zu bringen, da die Tiere den Sauerstoffmangel durch ihr kleineres Körpervolumen schneller wahrnehmen als Menschen.

Heute: Seit 1981 ist der Rabensteiner Stollen als Besucherbergwerk zugänglich. Die letzten Reste des Steinkohlenvorkommens sind noch vorhanden, lohnen jedoch keinen weiteren Abbau. Der fünfte Tag unserer Exkursion in die Rabensteiner Stollen bot uns faszinierende Einblicke in die harte Realität des Steinkohlenbergbaus, geprägt von Entbehrungen, gefährlichen Bedingungen und einem hohen Preis für die Bergleute, die in diesen Stollen arbeiteten. Es zeigt auch, wie sich die Bedeutung der Stollen im Laufe der Jahrhunderte gewandelt hat, von einem Ort der harten Arbeit und Entbehrung hin zu einem historischen Besucherbergwerk, das die Geschichte des Bergbaus lebendig hält.

Nach einem letzten „Glück auf!“ sind wir wieder mit dem Bus zurück nach Steinfurt gefahren.



Abbildung 1: Zugang zum Bergwerk über Schienen



Abbildung 2: Kohleprobe aus dem Bergwerk

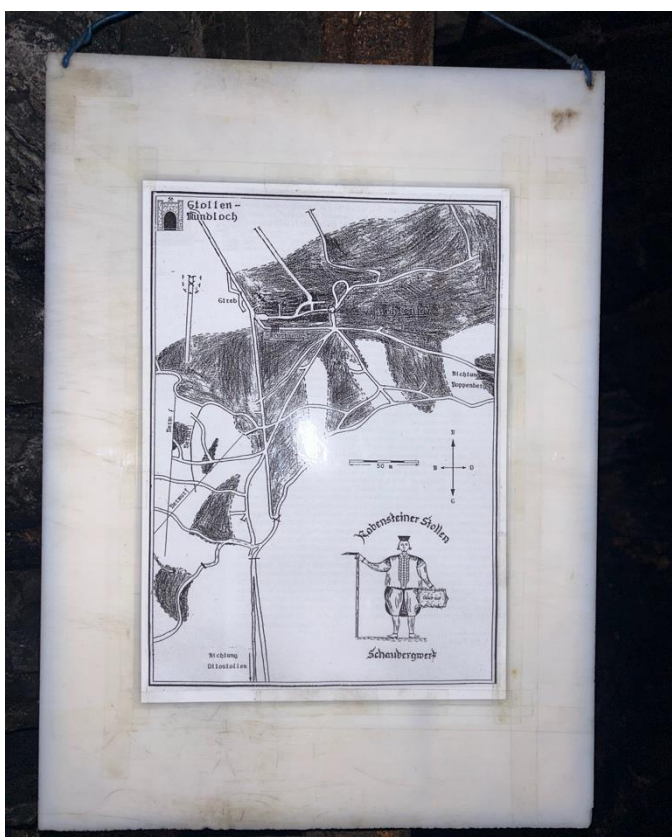


Abbildung 3: Karte des Schaubergwerks



Abbildung 4: Größe des Tunnels zu dieser Zeit



Abbildung 1: Transportmittel innerhalb des Bergwerks



Abbildung 2: Beispiel eines Bergmanns aus dieser Zeit