



Zeche Zollern | Dortmund

Über Unterwelten

Zeichen und Zauber des anderen Raums

29. März bis 2. November 2014

Unterrichtsmaterial für das Fach Erdkunde
Sekundarstufe I und II

www.underwelten.lwl.org

LWL

Für die Menschen.
Für Westfalen-Lippe



IMPRESSUM

Unterrichtsmaterialien für das Fach Erdkunde Sekundarstufe I und II

Pädagogisches Projekt des LWL-Industriemuseums zur Ausstellung
"Über Unterwelten. Zeichen und Zauber des anderen Raums"

Projektleitung: Anja Hoffmann
LWL-Industriemuseum - Referat Wissenschaft und Vermittlung

Konzept: Annette Kritzler, Anja Hoffmann, Anette Plümpe
Redaktion: Maja Lange, Anna Sophia Asbeck-Wienemann, Britta Handke
Layout: Anika Ludwigs, Britta Handke



Abb. 2: Das Team der Museumspädagogik des LWL-Industriemuseums

LWL-Industriemuseum/ A. Hudemann

Kontakt:

LWL-Industriemuseum, Grubenweg 5, 44388 Dortmund
T 0231 / 69 61-139, F 0231 / 69 61-114
E-Mail: unterwelten-projekt@lwl.org
www.lwl-industriemuseum.de



INHALTSVERZEICHNIS

1.	Einführung	4
2.	Anbindung an die Kernlehrpläne und Lehrpläne der Sekundarstufen I und II in NRW Nennung der Kompetenzen	6
3.	Materialsammlung	8
3.1	Unter Tage – Bergbau	9
3.1.1	Leitfragen/Gedanken	9
3.1.2	Bergbau	10
3.1.3	Schätze	18
3.1.4	Tagesbrüche	23
3.2	Zukunftsweisende Ressourcengewinnung?	27
3.2.1	Leitfragen/Gedanken	27
3.2.2	Fracking	29
3.2.3	Geothermiebohrung	33
3.3	Ver- und Entsorgungssysteme	37
3.3.1	Leitfragen/Gedanken	37
3.3.2	Versorgung	38
3.3.3	Entsorgung	53
3.4	Verkehr	56
3.4.1	Leitfragen/Gedanken	56
3.4.2	Tunnel	57
3.4.3	U-Bahn	61
3.4.4	CargoCap	64
4.	Tipps zu Literatur und Materialrecherche	71
5.	Bildnachweise	76



1. EINFÜHRUNG

„Wo bitte geht’s zur Unterwelt?“

...fragt das Unterwelten-Team

Bergmann und U-Bahn-Fahrer, Schülerin und Student, Geologe und Künstlerin, Kunsthistorikerin und Vorstandsvorsitzender, Du und ich, wir und Sie – jeder kennt Geschichten über Unterwelten und hat ganz eigene Bilder dazu im Kopf. Aber woher kommen diese Geschichten und Bilder? Was haben sie mit unserer heutigen Lebenswelt zu tun? Welche Bedeutung werden Unterwelten künftig für uns haben? Gemeinsam mit Ihnen wollen wir Antworten auf diese Fragen finden.

Die Suche nach Antworten führt in Außen- und Innenwelten, in Seelenräume und zu Traumorten, in Gegenkulturen und zu Utopien. Unterwelten können Furcht einflößen, sie ziehen in ihren Bann. Die Spiritualität von Unterwelten lässt niemanden gleichgültig. Hier die unbegrenzte Welt der alten und der neuen Mythen und Religionen, der Märchen und Legenden, der Träume und der Fantasie, dort die wirkliche Welt unter Tage, die Welt unter unseren Füßen. Auf der Suche nach Bodenschätzen in das Erdinnere vorzudringen, eine Höhle zu erkunden, war und ist mit Ungewissheit, mit Neugier, mit Ängsten und mit Überraschungen verbunden.

Auch im Ruhrgebiet! Im Schatten des Mythos Kohle liegt ein unbekannter Kontinent, den wir neu entdecken. Bisher kennen nur wenige Spezialisten die Welt unter unseren Füßen: U-Bahn-Verkehr, Kanalisation, Abwasserleitungen, Tunnel, Bunker, unterirdische Einkaufspassagen und Tiefgaragen – aber auch Krypten, Keller und schließlich der Boden selbst. Hiermit verknüpft sind viele Arbeitsplätze. Zahlreiche Unternehmen entwickeln und produzieren für Unter-Tage-Arbeitsfelder weltweit. Die zweite Stadt unter der Erdoberfläche ist untrennbar mit der ersten darüber verbunden. Wir erforschen und entdecken sie mit Ihnen zusammen. Künstlerinnen und Künstler helfen uns dabei.

Das Begleitprogramm wird bunt und vielseitig. Die Unterwelten-Jugend-Akademie bildet Kinder und Jugendliche zu Unterwelten-Experten in den verschiedensten wissenschaftlichen Disziplinen aus. Exkursionen in Keller, Luftschutzstollen und Abwassersysteme vermitteln einen neuen, „unterirdischen“ Blick auf das Ruhrgebiet. Das Eidophusikon, ein Vorfahre des modernen Kinos, erzählt in Bildern „Wie die Hölle auf die Erde kam“.



Viel Freude bei der Entdeckung der Welt aus neuem Blickwinkel und beim gemeinsamen Nachdenken über Unterwelten!

Eckhard Schinkel
Anja Hoffmann
Andreas Immenkamp



2. ANBINDUNG AN DIE KERNLEHRPLÄNE UND LEHRPLÄNE DER SEKUNDARSTUFE I UND II IN NRW

Nennung der Kompetenzen

Folgende Anknüpfungspunkte der Ausstellung finden sich in den Kernlehrplänen des Landes NRW:

Sekundarstufe I

Erdkunde

Hauptschule - siehe Gesellschaftslehre

Realschule - Klasse 7-10, Inhaltsfeld 6: Naturbedingte und anthropogen bedingte Gefährdung von Lebensräumen - Bedrohung von Lebensräumen durch Georisiken; Inhaltsfeld 9: Wandel wirtschaftsräumlicher und politischer Strukturen unter dem Einfluss der Globalisierung

Gymnasium - Klasse 7-9, Inhaltsfeld 4: Naturbedingte und anthropogen bedingte Gefährdung von Lebensräumen - Bedrohung von Lebensräumen durch Georisiken; Inhaltsfeld 8: Wandel wirtschaftsräumlicher und politischer Strukturen unter dem Einfluss der Globalisierung

Gesamtschule - siehe Gesellschaftslehre

Kompetenzen

Sachkompetenz

Die Schülerinnen und Schüler

- erklären die zunehmende Verflechtung und gegenseitige Abhängigkeit von Wirtschaftsregionen
- vergleichen die wesentlichen Energieträger hinsichtlich ihrer wirtschaftlichen, ökologischen und geopolitischen Bedingtheiten

Urteilskompetenz

Die Schülerinnen und Schüler

- erörtern die Vor- und Nachteile der Nutzung unterschiedlicher Energieträger
- beurteilen komplexere raumbezogene Sachverhalte und Problemstellungen



hinsichtlich ihrer gegenwärtigen und zukünftigen Bedeutung für die räumliche Lebenswirklichkeit sowie deren Gestaltung (UK 1)

Handlungskompetenz

Die Schülerinnen und Schüler

- vertreten eigene und fremde Positionen zu komplexen geographischen Zusammenhängen – u.a. auch zu Fragen nachhaltiger Entwicklung – argumentativ (HK 5)

Sekundarstufe II

Erdkunde

Inhaltsfelder

Inhaltsfeld I, Bausteine c + d

Boden als bedrohtes und im Interesse nachhaltiger Entwicklung schutzwürdiges Gut

**Empfehlung für Fächerverbindendes Lernen:
Biologie und Chemie (Ökosystem Boden)**

Inhaltsfeld I, Bausteine k

Inhaltsfeld III, Bausteine g

Wahrnehmung des städtischen Lebensraums

**Empfehlung für Fächerverbindende Projekte:
Biologie (Stadtökologische Differenzierung)**



3. MATERIALSAMMLUNG

3.1 Unter Tage



Abb. 3: Bergwerk Fürst Leopold // Wulfen // Many Szejstecki // Siebdruck auf Kunststoff // um 1987

LWL-Industriemuseum



3.1.1 Leitfragen/Gedanken

Das Oben und Unten im Bergbau verbindet der Schacht: Hier kommt die Kohle zu Tage, hier fahren die Bergleute ein und aus. Der Weg in die Grube (ein potientes Grab) ist gleichzeitig ein Weg ins eigene Innere: Traue ich mich überhaupt dorthin? Komme ich wieder zurück? Fantasien und Imaginationen begleiten die Menschen, die in die Welt unter Tage hinabsteigen.

Die erste Seilfahrt ist ein Übergang; sie macht aus Jungen Männer und aus Männern Kamerad(schaft)en, denn den Gefahren der bergmännischen Arbeit kann man nur gemeinsam begegnen. Wie jedes bedeutsame „Erste Mal“ ist sie ein besonderes Ereignis und wird auch als besonderes – und nicht zuletzt körperliches – Ereignis erinnert:

die Ohren sausen, der Magen hebt sich, Schweißausbrüche.

Der Bergbau hat ein zwar differenziertes, letztlich aber spezifisches Männerbild geprägt und die Vorstellung von der Welt des Bergbaus als einer Männerwelt. Frauen kommen hier nur als Heilige vor – oder als Allegorien.

Dagmar Kift



Abb. 4: Bergjungleute Zollern II // Jg. 1938, vor der Einstellung

LWL-Industriemuseum



3.1.2 Bergbau

Das Küchentisch-Experiment

Peter von Zahn: Führung einer Dame

„Ehe wir das "Sonst" besprechen, meine Verehrteste, führe ich Sie hinab in die finsternen und selten betretenen Bereiche, über die jeder ein Urteil zu haben glaubt und wenige Genaueres wissen. Aber zuvor, gnädige Frau, führe ich Sie in Ihren eigenen Keller.

Es ist dunkel in Ihrem Keller und wir lassen es dunkel. Wir leuchten uns nur mit der Taschenlampe, wenn wir jetzt den ausrangierten, wackligen Küchentisch, der da auf's Verheißt werden wartet, an die Wand rücken. Das eine Bein scheint abzubrechen. Das macht aber nichts. Im Gegenteil. So. Nun kriechen Sie mal unter den Tisch. Aber stoßen Sie sich nicht in der Finsternis. Schon geschehen? Na, auch nicht so schlimm. Etwas unbequem da unten neben der feuchten

Wand, und wo Ihnen immerzu der Tisch auf den Kopf fallen kann, wenn das Bein vollends abbricht. Nehmen Sie mal inzwischen die Taschenlampe. Und hier ist Ihr Staubsauger. Ein ganz gewöhnlicher Staubsauger. Mit dem saugen Sie nun mal die Wand ab. Pressen Sie ihn am besten gegen Ihre Schulter. Das geht nicht so leicht im Kauern? Machen Sie keine Umstände. Natürlich geht das. Knien Sie doch hin. Aber rollen Sie die Nylons vorher runter. Die Knie werden schon wieder sauber. Obacht, daß Sie nicht an das wacklige Bein stoßen. Hm, da haben Sie recht, so ein harmloser Staubsauger ist ziemlich schwer, wenn man ihn im Kauer bedienen muß. Und nun nehme ich den Besen und begeben mich zu den Resten Ihres Kohlevorrats. Es ist eigentlich nur noch Staub. Und wirble mal den Staub kräftig hoch. So etwa. Sehen Sie, wie die Staubteilchen im Licht Ihrer Lampe umherfliegen? Husten Sie ruhig unter Ihrem Küchentisch. Sollte Ihnen in Ihrer seltsamen Position der Schweiß ausbrechen, dann wischen Sie ihn mit dem Handrücken aus den Augen. Das Taschentuch hilft nicht viel. Und nun bleiben Sie sieben Stunden, wo Sie sind. Dann lassen Sie sich elf Mark neunundfünfzig auszahlen. Und dann wissen Sie ungefähr, wie einem Bergmann zumute ist.

Peter von Zahn: Führung einer Dame, in: ders.: Schwarze Sphinx. // Quelle: Bericht von Rhein und Ruhr 1949, Essen 1986 (= Ruhrland-Dokumente. Schriftenreihe des Ruhrlandmuseums Essen, o.Bd.), S. 13-18, hier: S. 13.



Seilfahrt

Mit einer Geschwindigkeit von 10 Metern pro Sekunde – das sind 36 km/h – rauschte der Förderkorb von Zollern früher in die Tiefe. Er brachte die Bergleute in eine Welt, die geprägt war von schwerer körperlicher Arbeit in Dunkelheit und Gefahr: Nicht jeder, der einfuhr, kam auch wieder heil zurück. Die Bergleute begegneten dem mit Zusammenhalt und Kameradschaft, denn: Der Welt unter Tage ist alleine niemand gewachsen.

Ihrer ersten Seilfahrt fieberten viele Bergleute mit Faszination und Ungeduld, aber auch mit Angst entgegen. Sie war ein Aufbruch ins Ungewisse und für die Jungen der Eintritt in die Welt der Männer. Die schnelle Fahrt im Dunkeln und ins Dunkle löste Schwitzen, Herzklopfen, Ohrensausen und Magenflattern aus. Die Bergleute berichten aber auch vom Stolz, endlich dazu zu gehören. Die erste Seilfahrt erinnern viele als ein besonderes „erstes Mal“.

„Glühend beneidete ich die älteren Kameraden“

„Die Tore wurden geschlossen. Schon ging es los. Mich überkam ein Gefühl, als wenn der Boden unter den Füßen wegsinken würde, rattern, poltern, schütteln, pfeifende Luft, dann die Empfindung, als hinge ich an einer Gummistrippe und mir würden die Knie weich. Auf einmal wurde es hell, der Korb hielt, rasselnd wurden die Tore geöffnet. Ziemlich benommen und halb taub stolperte ich hinter den andern Kumpels her. Einer von ihnen mußte mir wohl etwas angemerkt haben; denn er meinte tröstend: "Na, Junge, du wirst dich schon daran gewöhnen, wie wir alle!" Ihm dankbar zunickend, steckte ich je einen Finger in die Ohren und schluckte. um den verteufelten Druck darin loszuwerden.“

Joh. Schwarz: Glühend beneidete ich die älteren Kameraden // Quelle: Kumpel, Kerle, Kameraden. Bergleute erzählen, hg. v. Hermann Bues, Dortmund 1956, S. 15 f

Interview mit Andrew Tarry // 2013

„Man ist sich mit jeder Sekunde, die man tiefer fährt, bewusst, dass man wirklich tief unten in die Erde fährt. Man sieht nicht wirklich viel, weil natürlich ist der Schacht nicht beleuchtet. Du hast dann zwar deine Grubenlampe auf dem Helm drauf, aber man schießt da wirklich mit einer rasanten Geschwindigkeit nach unten. Also dreieinhalb Minuten für 1.000 Meter. Das könnte man ja ausrechnen, wie schnell das ist. Das ist natürlich nicht die Obergeschwindigkeit, aber da rauschen einfach diese Schachtwände an einem vorbei. Da kriegt man nicht wirklich viel mit. Aber wie gesagt, man ist sich schon bewusst, dass man da ganz, ganz tief in die Erde runter fährt und das war schon



anfangs ein komisches Gefühl. So alleine die Vorstellung, wenn irgendwas passiert, du bist da, du könntest auf dem Mond sitzen.“

Interview mit Volkan Baran // 2013

„Es war beängstigend. Wir hatten auf Haus Aden Monopol größere Körbe, ich bin nicht gut im Schätzen, aber ich glaube für 50 Mann. Und das aber aufgeschichtet auf drei Etagen. Dann waren wir da halt eingepfercht und es ging unheimlich schnell runter. Also schon so, dass wir unsere Jacken bis zum Hals zumachen mussten, weil es auch ein bisschen länger gedauert hat, damit wir keine Halsschmerzen bekommen. Nicht nur die erste Fahrt, ich glaube die ersten 10 Tage, wo ich runter gefahren bin, hatten wir als gesamte Ausbildungsabteilung enorm Schiss – um es auf gut Deutsch zu sagen. Aber man hat sich sehr schnell dran gewöhnt, weil schon alleine die Fahrt an sich, dass man miteinander Witze gemacht hat, sich gegenseitig geärgert hat. [...] Aber die ersten 10 Tage habe ich Schiss gehabt. Was passiert, wenn es runter fällt? Aber danach hat man nicht mehr dran gedacht. Man ist eingestiegen und fertig.“

Interview mit Cevat Bozkurt // 2013

„Ich bin als 13jähriger nach Deutschland gekommen, Oktober 1970. Mein Vater war schon hier in Deutschland. Wir sind sozusagen nachträglich nach Deutschland gezogen mit der Familie. Und mein Vater hat im Bergbau gearbeitet. ...

Anfang 1971 habe ich dann auch im Bergbau angefangen. Es war mir alles fremd. Deutschland war mir fremd, die Sprache. Trotzdem begann ich ... die Ausbildung. Das nannte sich damals Bergjungmann, also Bergmannslehrling und erste Tätigkeit war in der Lampenstube, wo die Bergleute ihre Lampen zur Aufladung abgaben... Dann habe ich über die Volkshochschule Herne Sprachkurse besucht mit erwachsenen Türken. Ich war der einzige kleine Junge in der Gruppe. Meine Sprache hat sich dann weitgehend verbessert. ... Als die drei Jahre um waren, habe ich in verschiedenen Werkstätten meine Arbeiten geleistet: Schlosserei, Getriebereparatur, Pumpen, Elektrolehrwerkstatt. ... Dann hat man mir den Vorschlag gemacht, ob ich nicht mal als Betriebsschlosser eine Lehre machen möchte. Ich habe zugesagt und dann habe ich erneut einen Berufsausbildungsvertrag abgeschlossen als Betriebsschlosser und dann habe ich die Ausbildung drei Jahre lang in den Werkstätten, in den Lehrwerkstätten durchgezogen und zwei Mal wöchentlich bin ich zur Berufsschule gegangen, Bergbauberufsschule in Recklinghausen. Und 1978, Sommer 1978, endete meine Ausbildungszeit.

... Dann wurde ich mit meinem Vater nach Gelsenkirchen zur Zeche Hugo verlegt. Dort begann dann meine Arbeit auch als Betriebsschlosser unter Tage. Leider immer als Nachtschichtler. Das habe ich nicht gerne gehabt. Es waren sehr schwere Bedingungen. Da habe ich das erste Mal Kohleabbau gesehen und auch dort gearbeitet in engen Räumen. Die engen Räume kann man sich als eine normale



Tischhöhe vorstellen. Also man musste echt kriechen, im Wasserschlamm und Staub und Hitze. Das habe ich nicht so gerne gemacht.

... Am Anfang natürlich hatte ich ein bisschen Furcht. ... Die Anfahrt, das ist wenn dieser Personenkorb hinuntergelassen wird mit höchster Geschwindigkeit. Das gibt ein Gefühl wie bei einer Achterbahnfahrt auf der Cranger Kirmes. Da fällt man so in die Leere mit hoher Geschwindigkeit. Der Personenkorb ist wie ein Korb, der nur mit Maschendraht und Gitter gesichert ist. Das heißt den ganzen Luftstrom erlebt man mit.

Man kriegt Druck auf den Ohren, auch wenn man unten ist muss man lange schlucken, bis man sich an die Umgebungsluft gewöhnt hat. ... Man muss gerade gegen diese Bewetterung laufen ... Es ist sehr schwer. Man muss Helm und alles am Körper festhalten, damit das nicht davon fliegt. ... Es ist körperlich auch nicht einfach. Natürlich ist auch eine seelische Belastung. Das kann man nicht verschweigen. Man geht unter der Erde arbeiten. Man kann das auch nicht beschönigen. Sicher ist das überall sicher, aber man ist nicht in der freien Luft, man ist irgendwo in 1000 Meter tiefer Erde und noch weiteren mehreren tausend Meter in Stollen, da muss man arbeiten, muss man laufen. Auch die Fahrt zur Arbeitsstätte unter Tage ist ein Abenteuer. Man hat zu viel Last zu tragen. Das fängt mit Kopflampe, also Batterie, Lebensretterfilter, Helm, an. Weil viele Orte auch zu heiß sind, man hat dann eine Getränkeflasche bei sich in großer Menge, sprich manchmal bis zu fünf Liter. Auch Werkzeug hat man mit. Auch Material zum Verbauen nimmt man auch manchmal mit. Und die muss man manchmal mehrere Kilometer tragen. Beförderungsmittel gibt es an manchen Stellen, Personenzüge. Da saßen früher vier Bergleute in einem Fahrabteil und dieses Abteil ist dermaßen eng, man musste die Knie von den Kumpels zwischen die eigenen Beine nehmen. Ich habe auch schon mal so einen Personenzugunfall miterlebt. Der Lokführer, der Maschinist, der diese Waggons gezogen hatte, der war wohl ein bisschen zu schnell. Auf einmal kippte unser Waggon um. Dann waren wir auf einmal so durcheinander gekommen, natürlich im Wagen, der auch gegen die Wände geknallt ist, uns teilweise auch gestoßen haben, es wurde auch Staub aufgewirbelt, die Lampen haben wir nicht mehr gefunden, weil unsere Helme weggeflogen sind. Das war eines der furchtvollsten Erlebnisse, die ich unter Tage hatte. Gott sei Dank, außer ein paar Abschürfungen ist nichts passiert.“

Interview mit Güler Altunoglu // 2013

Güler Altunoglu, Dipl. Pädagogin aus Dortmund, hat ihren Vater nach seiner ersten Fahrt unter Tage befragt und er antwortete :

„Wir waren zu zehnt und kamen dann in diesen Aufzug letztendlich, der ja dann ... tiefer fährt. Die Tür schloss sich und ich wusste nicht wirklich, was mit mir passiert. Ich wusste es eigentlich nicht. Natürlich hat man mir gesagt ‚unter Erde arbeiten‘, - ` du unter Erde arbeiten‘. Der Türke, der ein paar Brocken Deutsch sprach, erklärte das den



Kumpels dann auch und sagte, ‚ihr werdet jetzt unter Tage gefahren, ihr müsst da jetzt rein steigen‘. Mein Vater ist rein gestiegen und als es dann unter Tage ging, als er merkte, man fährt jetzt unter Tage, wollte er wieder raus. Er hat an dem Gitter gerüttelt, er wollte da wieder raus. Er sagte: ‚Ich hatte solche Angst. Solche Angst hatte ich in meinem Leben davor nicht und danach auch nie wieder.‘ Der Steiger hat ihn dann an den Arm gefasst und hat ihn auch richtig fest gefasst und hat gesagt, ‚jetzt beruhigen Sie sich.‘ Die anderen Türken haben zu ihm auch gesagt, ‚jetzt beruhige dich, warum stellst du dich denn so an?‘ Da hat er gesagt: ‚Ich sehe kein Tageslicht, ich sehe kein Tageslicht, ich habe Angst, dass ich nicht mehr hoch komme. Ich habe Angst, dass ich schon unter der Erde begraben werde. Es ist hier wie in ein Grab einzufahren. Menschen, die sterben kommen unter die Erde, aber doch keine lebenden Menschen.‘

... Seine erste Schicht war für ihn das Schlimmste. Er sagte, er hatte Atemnot unter der Erde, er bekam zwei Mal ins Gesicht geschlagen von dem Steiger, weil er sich einfach nicht beruhigt hat. Das heißt, er hat hyperventiliert. Und er sagte dann: ‚Am zweiten Tag, als wir dann nach meiner Schicht hochgefahren sind, die dann ungefähr gefühlte 100 Stunden gedauert hat, da habe ich verstanden, dass es immer so um die 10 Stunden waren.‘

... Mein Vater hat versucht, sich ein Stückweit daran zu gewöhnen, an die Arbeit unter Tage. Jedes Mal, wenn er runter gefahren ist, glaubte er zunächst nicht wirklich daran, dass er wieder hochfährt, weil er für sich es als schlimm empfand, in ein dunkles, letztendlich heißes Loch zu fahren. Er meinte, die Hitze war für ihn unerträglich. Und er sagte immer, natürlich kennt er Hitze aus der Türkei von der Feldarbeit. Aber das war diese nicht diese Hitze, die bis in die Haut hinein dringt. ... Er hat es verglichen, als wenn du unter einer Glasglocke bist, du bist komplett abgeschnitten. Dein Kopf ist komplett leer und du funktionierst wie eine Maschine. ... Die Hitze war für ihn immer unerträglich. Natürlich sagte er, hätte er abgestumpft und irgendwann funktionierst du dann tatsächlich nur.“

Die Interviews führte Annette Kritzler, Dortmund, im Rahmen unseres partizipatorischen Begleitprojekts // © alle Rechte liegen bei den Befragten



Männerbilder – Frauenbilder

Genau wie der Bauer und der Seemann setzt der Bergmann sich mit den Urgewalten der Natur auseinander. Das prägte eine Vorstellung von Männlichkeit, die beherrscht war von kraftstrotzenden Kerlen und tatkräftigen Machos, denen nichts und niemand etwas anhaben kann. Der Schriftsteller Frank Goosen beschreibt sie so: „Wie die arbeiten konnten! Wie die nach der Arbeit saufen und singen konnten! Und wie die essen konnten!“

Diese Männlichkeitsbilder sind bis heute wirksam. Sie werden vermittelt in Filmen wie „Theo gegen den Rest der Welt“ oder „Schimanski“ und über die Helden der neuen Ruhrgebietskrimis. Selbst in den Werbefilmen über das neue Ruhrgebiet sind sie noch sehr präsent.

Weiterhin wirksam sind auch die alten Weiblichkeitsbilder, die die Frauen der Bergleute als verlässliche Kameradinnen in der Welt über Tage zeigen: im Haushalt, im Garten, als treusorgende Ehefrau und Mutter. In die Welt unter Tage hat nur eine Frau Zutritt: Die Heilige Barbara, die Schutzpatronin der Bergleute.

Helden der Arbeit – inszenierte Männlichkeit

Muskulös und mit perfekten Körpern, mit kantigen Gesichtszügen und einer stolzen Haltung – so präsentierten Ende des 19. Jahrhunderts viele Künstler den Bergmann. In den Akademien an antiken Vorbildern geschult, schufen sie idealisierende und heroisierende Bilder, auch wenn sie ihre Bergleute mit Helmen, Grubenlampen und Keilhauen abbildeten. Künstler aus dem 20. Jahrhundert setzten diese Tradition fort und versahen etwa im Nationalsozialismus den Bergmann zudem mit soldatischen Zügen. Hier werden eher „Helden der Arbeit“ konstruiert als arbeitende Menschen gezeigt.

Nicht alle Darstellungen des Bergmanns sind heroisierend. Aus der Auseinandersetzung mit den tatsächlichen Arbeitsverhältnissen im Bergbau entstanden auch Skulpturen, die sich entweder um ein realistisches Bild bemühen oder das hervorheben, was die Arbeit mit den Menschen macht. Sie zeigen Last, Mühsal und Leid – eingeschrieben in ausgelaugte Körper und müde Gesichter.

Dagmar Kift



Skulptur eines Bergmanns



Abb.5: Arnold Frische: Skulptur „Bergmann mit Keilhau und Grubenlampe“ // 1910 // Bronze // Dortmund, LWL-Industriemuseum/Sammlung Bibl; Zustifter Dr. Eckhart Grohmann und Milwaukee School of Engineering, Milwaukee

LWL-Industriemuseum/M. Holtappels, A. Hudemann

Wie viele Skulpturen erwachsener Bergarbeiter zeigt sie zum einen typische Attribute der Arbeit: die Keilhau als Werkzeug, mittels derer die Bergleute vor der Mechanisierung der Abbauarbeiten die Kohle aus dem Berg gehauen haben, sowie die Grubenlampe, mittels derer Bergleute als Bergleute erkannt werden können. An der Kopfbedeckung wiederum lässt sich erkennen, dass es vor dem Ersten Weltkrieg noch keine Helmpflicht gab – und der Kopf trotz Hut eher ungeschützt war. Zum anderen weisen Haltung, Ausdruck und die sichtbaren Muskelpakete den Bergmann als klassischen „echten Kerl“ aus.

„Auffällig an den Arbeiterdarstellungen der Montanindustrie ist, dass sie eher ein historisches Handwerkerethos als das moderner Industriearbeit vermitteln. Mit der wachsenden Rüstungs- und machtpolitischen Bedeutung der Montanindustrie wurden die dargestellten Bergleute sowie Hütten- und Stahlarbeiter zudem heroisch überhöht und sozusagen zu "Helden der Arbeit" stilisiert, was in ihren kraftvoll-muskulösen Körpergestaltungen mit häufig bloßem Oberkörper vielfach zum Ausdruck kommt. Wegen ihrer schweren und gefährlichen Arbeit und wegen ihrer scheinbaren Wehrhaftigkeit, sei es an der Abbaufont, sei es beim Bearbeiten des glühenden Eisens oder beim Formen des heißen Stahls, eigneten sie sich besonders gut dafür. Zudem förderte die geringe Beschäftigung von Frauen in der Montanindustrie den heroischen Männlichkeitskult der Branche zusätzlich.“¹ Das hier vermittelte Männlichkeitsbild wirkt bis heute fort und wird im Ruhrgebiet erst zögerlich hinterfragt.

Dagmar Kift

¹ Dommer, Olge: Geschundener Mensch oder Held der Arbeit? Zur kleinplastischen Arbeiterdarstellung in der Sammlung Werner Bibl, in: Türk, Klaus: Arbeiterskulpturen, 2. Bd., Die Sammlung Werner Bibl, mit einem Beitrag von Olge Dommer, Essen 2011, S. 12-15, hier S. 13 f.



Links zum Thema „Bergbau“

Entstehung der Steinkohle

Planet Wissen // Manuskript zur Sendung: Abenteuer Bergwerk - Harte Arbeit unter Tage // Claudia Kracht // 19.11.2012

http://www.planet-wissen.de/laender_leute/nordrhein_westfalen/steinkohlebergbau/entstehung_steinkohle.jsp, Stand: 14.02.2014

Wie entstand Kohle?

WASISTWAS.de // Artikel zur Frage „Wie entstand Kohle“

<http://www.wasistwas.de/wissenschaft/eure-fragen/erde/link//b868f36047/article/wie-entstand-kohle.htm>, Stand: 14.02.2014

Entstehung und Verwendung von Braunkohle und Steinkohle

DUDEN schuelerlexikon.de // Artikel zum Thema „Kohle“

http://artikel.schuelerlexikon.de/Chemie/Entstehung_und_Verwendung_von_Braunkohle_und_Steinkohle.htm, Stand: 14.02.2014

Kohle

kidsnet.at // Artikel zum Thema „Kohle“ // Andrea Enzendorfer

<http://www.kidsnet.at/sachunterricht/kohle.htm>, Stand: 14.02.2014

Letzte Schicht auf Bergwerk West in Kamp-Lintfort

Kinderradiokanal WDR // Radiobeitrag der Kategorie: Nachrichten für Kinder // 21.12.2012

<http://www.kiraka.de/spielen-und-hoeren/nachrichten/beitrag/b/letzte-schicht-auf-bergwerk-west-in-kamp-lintfort/>, Stand: 14.02.2014



3.1.3 Schätze

Verborgene Arbeitswelten – verborgene Schatzkammern

Nur wenige Menschen kennen die Arbeitswelten der Bergleute und ihrer Frauen: unter Tage und über Tage, im Bergbau und für den Bergbau. Im Jahr 2018 geht der Steinkohlenbergbau an der Ruhr zu Ende. Seine Unterwelten sind dann endgültig verschlossen.

Die vielen Grubenunglücke zeigen, dass die Arbeit unter Tage auch heute noch lebensgefährlich ist: Kohlenstaub und Methangas können explodieren. Dann gibt es für die Bergleute kein Entkommen mehr. Warum begibt man sich in diese dunkle und gefährliche Welt?

Kohle war lange Zeit Brennstoff, Energielieferant, Grundlagenstoff für die chemische Industrie. Sie fand sich in Öfen, Kraftwerken und Alltagsprodukten: Ohne Kohle keine Perlonstrümpfe und keine Mottenkugeln, keine Anilinfarben und kein Aspirin.

Dagmar Kift

Arbeitswelten in der Tiefe

In seiner schematischen Darstellung präsentiert das Schulwandbild die Welt unter Tage als übersichtlich, vermessen und beherrschbar. Auch die Sprünge im Flözverlauf sind hier eher gradlinig.

Digitale Dokumentationen verdeutlichen dagegen, dass diese Welt deutlich unübersichtlicher ist. Fotos und Gemälde zeigen sie als ein Gewirr von Gängen und Einbauten, als krumm und einsturzgefährdet, unberechenbar und gefährlich. Sie vermitteln aber auch die Faszination dieser Welt „in der Tiefe“ und „in

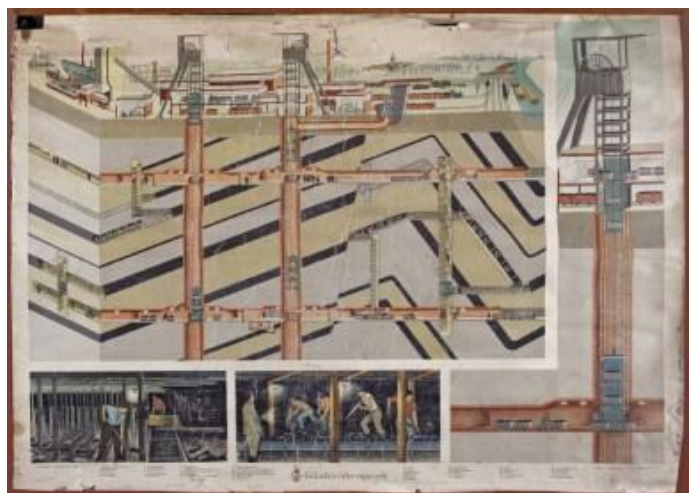


Abb. 6: Schulwandbild "Steinkohlenbergwerk" // 1950

LWL-Industriemuseum



ewiger Nacht“. Von der Mühsal der bergmännischen Arbeit erzählen vor allem die Bilder der Bergleute.

Fotografien aus der Arbeitswelt unter Tage sind in der Regel gestellte Aufnahmen: Standbilder ohne den bei der Arbeit aufgewirbelten Staub, Aufnahmen, die nur das zeigen, was den Vorschriften entspricht, Bilder, die eher „Alltag“ als „Gefahr“ signalisieren sollen.

Dass viele Menschen im Ruhrgebiet die Unberechenbarkeit der „Welt unter Tage“ auch direkt vor der eigenen Haustür erfahren müssen, dafür sorgen bis heute Bergsenkungen und Tagesbrüche.

Dagmar Kift

Das Schwarze Gold

Heute verbrennt man Kohle in Kraftwerken und erzeugt damit Strom. Früher hatten die Wohnungen Kohleöfen zum Heizen und Kochen. In den Kesseln von Fabriken, Dampflokomotiven und Dampfschiffen wurde mit Kohle Dampf erzeugt, der die Maschinen antrieb. Koks war für die Stahlerzeugung unerlässlich. Und aus den Gasen, die bei der Verkokung von Kohle entstanden, gewann man Leuchtgas für die Straßenlaternen oder destillierte Ammoniak, wobei als Nebenprodukt Teer entstand.

„Pech und Schwefel“ waren einst wichtige Grundlagenstoffe für die chemische Industrie, bis das Erdöl die Kohle ersetzte: Aus Teer gewann man Kunststoffe (Bakelit) und Treibstoffe (Benzol, Aral), Farben (Anilin) und Mottenkugeln (Naphtalin), Süßstoffe und Schmerzmittel (Acetylsalicylsäure = Aspirin), Unkrautvernichtungsmittel, Nylonstrümpfe und -hemden, sogar Parfüme. Ammoniak ist Ausgangsstoff für Pflanzenschutz- und Düngemittel oder Salpetersäure. Das „schwarze Gold“ war vielseitig verwendbar.

Dagmar Kift



Dreiteiliges Glasgemälde

"Die Gewinnung und die Segnungen des Gaslichts"



Abb. 7: Hermann Kellner d.Ä. nach Entwurf von August Kreling: „Die Gewinnung und die Segnungen des Gaslichts“ // zwischen 1864 und 1867 // Glasgemälde (Digital-Reproduktion)

Germanisches Nationalmuseum

Der linke Teil des Glasgemäldes thematisiert die Gewinnung der Kohle (die Grundlage für die Gewinnung von Gas), im mittleren Teil geht es um Gas und Licht, der rechte Teil zeigt, wo das Gaslicht zum Einsatz kommt: Hier wird eine Vergnügungsstätte (Theater, Varieté, Ball) mit festlich gekleideten Menschen, insbesondere Frauen, prominent in den Mittelpunkt gerückt – und steht so direkt neben den beiden (mehr oder weniger



dunklen) Arbeitssituationen über und unter Tage, in denen Männer schufteten (damit sich die Frauen gut amüsieren können?...).

Heute kennt man Kohle vor allem in Verbindung mit Kraftwerken, also als Energiegrundlage für die Verstromung. Immer weniger Menschen wissen, dass Kohle früher zum großen Teil zum Heizen genutzt wurde und man mit ihr Dampfmaschinen befeuerte, die Züge und Schiffe in Bewegung setzten oder die Maschinen in den Fabriken zum Laufen brachten. Noch unbekannter ist mittlerweile, dass man aus Kohle auch Grundstoffe für die chemische Industrie gewinnen konnte, aus denen vieles produziert wurde, was heute auf Erdölbasis hergestellt wird.

Grundlage dieser „Zweitverwertung“ bildete das Gas, das bei der Verkokung der Kohle anfiel. Aus diesem Kokereigas ließ sich zum einen Gas zu Beleuchtungs- und Heizzwecken gewinnen, zum anderen Teer und Ammoniak („Pech und Schwefel“) als Grundlagenstoffe für weitere Produkte: Kunststoffe und Treibstoff (Aral), Pflanzenschutzmittel und Düngemittel, Farben (Anilin) und Mottenkugeln (Naphtalin), Süßstoffe und Schmerzmittel, Nylonstrümpfe und –hemden, selbst Parfüme. „Noch 1960 bestanden 56 Prozent der Grundchemikalien für die organische Chemie aus Kohle – nur 44 Prozent waren aus Öl. 1972 waren 93 Prozent aus Öl und nur sieben Prozent aus Kohle.“²

Die einst umfassende Verwertung der Kohle (und dass man damit eine Menge „Kohle“ machen konnte) erklärt, warum sie so begehrt war, warum sie „schwarzes Gold“ genannt wurde – und warum man sich in die dunkle und gefährliche Welt unter Tage begibt, um sie zu gewinnen.

Dagmar Kift

Die Kohlenpyramide

Peter von Zahn

„... Wenn die Chemiker das Äußerste aus der Kohle herausgepreßt haben, dann nennen sie das Ergebnis Anthrazen, Toluol, Xylon, Carbol, Naphtalin, Benzol, Cumaron, Inden, Kresol, Phenantren, Phenol, Ammoniak und Pyridin. Eine geheimnisvolle Häufung von Namen, die sprechender wird, wenn man weiß, daß damit die Dächer der städtischen Frauenklinik gedeckt werden. Daß man damit die Straßen zwischen Velbert und Langenberg glättet und den Traktor treibt, der darüber fährt. Was ursprünglich Kohle hieß und dann Inden oder Rhenol, das wird in den Parfümerieläden "Soir de Paris" getauft. Die Fachsprache wird sprechender, wenn man weiß, daß sich hinter ihr Sprengstoffe für das Gestein unter Tage verbergen, so wie sie in Troisdorf hergestellt werden. Wenn man weiß, daß die Kohle sich in Formeln und die Formeln

² <http://www.spiegel.de/spiegel/print/d-41840121.html>, Stand: 27.11.2012.



sich in leuchtende Farben verwandeln, oder daß sie zu Flüssigkeiten werden, die Achsen und Wellen schmieren, Ölfarbe und Schmutz lösen, ärztliche Instrumente keimfrei und Regenmäntel wasserfest machen. Und vergessen wir nicht die dicken und ätherischen Öle, vergessen wir nicht zähflüssigen Lack und schmiegsame, formbare Harze. Vergessen wir nicht den halben Bestand der "Schwanen-Apotheke" an unaussprechlichen Medizinen und vergessen wir nicht den Stickstoffdünger, der auf den herbstlichen Feldern des Münsterlandes liegt.

Das alles war Kohle. Das alles stammt aus der fluchenden Anstrengung des kleinen mageren Mannes mit der Staublunge, der für weitere vier Stunden und 58 Minuten die langsam dahin schleichende Luft im Streb atmen muß und im trüben Lichtkegel der Grubenlampe vom rissigen Gestein kaum zu unterscheiden ist. ...“

Peter von Zahn: Die Kohlenpyramide, in: ders.: Schwarze Sphinx. // Quelle: Bericht von Rhein und Ruhr 1949, Essen 1986 (= Ruhrland-Dokumente. Schriftenreihe des Ruhrlandmuseums Essen, o.Bd.), S. 31-37, hier: S. 31

Links zum Thema „Schätze“

Chemie und Energie – auf Kohle gewachsen

Route Industriekultur - Regionalverband Ruhr // Hintergründe der Region zum Thema „Kohle“
<http://www.route-industriekultur.de/fakten-hintergruende/facetten-der-region/chemie-und-energie.html>, Stand: 14.02.2014

Kohleveredelung, Kohle als wertvoller Rohstoff

DUDEN schuelerlexikon.de // Themen und Inhalte aus dem Chemieunterricht bis Klasse 10.
http://m.schuelerlexikon.de/mobile_chemie/Kohleveredlung_Kohle_als_wertvoller_Rohstoff.htm
Stand: 14.02.2014

Kohlechemie

wissen.de // Lexikoneintrag „Kohlechemie“
<http://www.wissen.de/lexikon/kohlechemie>, Stand: 14.02.2014



3.1.4 Tagesbrüche

Als Tagesbruch (auch: Tagebruch, Tagbruch) bezeichnet man einen Bergschaden, der nach Verbrüchen im Untergrund bis an die Erdoberfläche (*in der Bergmannssprache „Tag“ genannt*) durchbricht. Dort wird der Schaden oft durch Risse oder kraterähnliche Einsturztrichter („*Pinge*“) sichtbar. Tagesbrüche treten in der Regel durch den Einsturz alter, nicht verfüllter Bergwerksstollen und -schächte auf und sind daher in Bergbauregionen besonders häufig.

Grundlagen

Tagesbrüche ähneln in ihren Auswirkungen sehr stark den durch natürliche Vorgänge hervorgerufenen Erdfällen. Dieses liegt daran, dass beide Ereignisse auf den gleichen geomechanischen Gesetzmäßigkeiten beruhen. Allerdings entstehen Tagesbrüche nicht durch natürlich entstandene Hohlräume, sondern durch vom Menschen geschaffene Hohlräume, wie z.B. beim Bergbau. Besonders stark gefährdet für Tagesbrüche sind Gebiete, in denen in geringen Tiefen Hohlräume entstanden oder geschaffen wurden. Befinden sich über diesen Hohlräumen Deckschichten, die nicht dauerstandsicher sind, kommt es unter bestimmten Voraussetzungen zu einem Verbruch der Tagesoberfläche. Dieser Verbruch der Tagesoberfläche, der Tagesbruch, stellt die Endphase des als Hochbruchprozess bezeichneten Verbruchsvorganges dar.

Allerdings führt nicht jeder durch Bergbau entstandene Hohlraum zwangsläufig zu einem Tagesbruch. Damit ein Verbruchprozess von unten nach oben durchschlagen kann, muss zum einen das Deckgebirge nicht standfest genug sein und zum anderen eine zu geringmächtige Überdeckung vorhanden sein. Nachteilig wirkt sich auch ein nicht mehr tragfähiger untertägiger Ausbau aus. Aufgrund des Gebirgsdrucks wird dieser Ausbau im Laufe der Zeit zusammenbrechen.

Beim tagesnahen Bergbau, bei dem die Deckschicht der Grubenbaue weniger als 30 Meter beträgt, ist das bestehende Gefährdungspotenzial unbefristet vorhanden. Beim oberflächennahen Bergbau beträgt die Deckschicht mindestens 30 Meter. Diese Grubenbaue bleiben aufgrund der relativ geringmächtigen Deckschicht und des dadurch niedrigen Gebirgsdrucks lange Zeit offen, das Gefährdungspotenzial bleibt somit über Jahrzehnte vorhanden. Als Tiefer Bergbau werden alle Grubenbaue mit Teufen über 100 Meter bezeichnet. Hier sind Bodenbewegungen innerhalb von 5 bis 10 Jahren, aufgrund von konvergierenden Grubenbauen an der Tagesoberfläche durch Bergsenkungen erkennbar.

Entstehung von Tagesbrüchen

Wenn durch Bruchbau oder durch Verwitterung ein instabil gewordener Grubenbereich zusammenbricht, kann sich ein solcher Verbruch im Laufe der Zeit bis in die Nähe der Erdoberfläche durcharbeiten. Dadurch kann es zu Bergsenkungen kommen, die an der



Oberfläche beispielsweise als Mulden sichtbar werden. Diese Senkungen betragen im Ruhrgebiet bis zu 15 m und können zu einer Versumpfung der Landschaft führen, da das Oberflächenwasser nicht mehr über den natürlichen Weg abgeleitet werden kann. Im Extremfall brechen die Erd- und Gesteinsmassen an der Oberfläche durch und stürzen in die unterirdischen Hohlräume ab. Es bildet sich dann ein tiefer Krater, eine sogenannte Pinge. Weitere Tagesbrüche können entstehen, wenn ungenügend verwahrte Schachtverschlüsse versagen und die darüber liegenden Massen in den noch offenen Schacht stürzen.

Die Gefahr der Entstehung von Tagesbrüchen hängt von folgenden Faktoren ab:

- Tiefe des Hohlraums
- Volumen des Hohlraums
- Festigkeit des Gesteins, in dem der Hohlraum aufgeföhren wurde
- Mächtigkeit, Festigkeit und Verwitterungseigenschaften der Deckgebirgsschichten
- Hydrologie
- Auflockerungsfaktor des Gesteins
- Tektonik des Untergrundes

Tagesbrüche kommen vor allem im südlichen Teil des Ruhrgebietes vor, wo der Bergbau auf Steinkohle in der Nähe der Erdoberfläche stattfand und ein massives Deckgebirge über den Flözen fehlte. Eine weitere und sehr gefährliche Art des Tagesbruches ist der Einsturz eines abgeworfenen Schachtes, der nach der Beendigung des Abbaues unzureichend verfüllt wurde.

Einige Beispiele für bekannte Tagesbrüche:

- **1977** brachte ein unkontrollierter Wassereinbruch ein stillgelegtes Steinsalzbergwerk in Wapno (Polen) zum Einsturz. In den bis 1978 andauernden Tagesbrüchen versank das gesamte Ortszentrum von Wapno mit 53 Häusern und einer Eisenbahnstation. 1402 Menschen wurden obdachlos.
- Weitere Schachteinstürze im Ruhrgebiet gab es im Jahr **1987** in Essen-Freisenbruch (Schacht „Heinzmann“ der Zeche Eintracht Tiefbau) sowie im Dezember **2007** in Witten-Annen (Schacht „Meyer“ der Zeche Ringeltaube). In beiden Fällen brach die alte Schachtöffnung auf und musste aufwändig mit Beton verfüllt werden.
- **1992** ereignete sich im Rheinland in der unmittelbaren Nähe eines Krankenhauses ein Tagesbruch, der so groß war, dass das Krankenhaus vollständig zerstört wurde. Dass dabei kein Mensch zu Schaden kam, verdanken die Krankenhausinsassen einem Steiger der Schiefergrube. Dieser hatte Untertage ungewöhnliche Geräusche gehört und sofort das Ordnungsamt informiert, welches die Evakuierung des Krankenhauses anordnete.
- Am **17. Juli 1998** entstand in Lassing (Steiermark) durch einen Bergwerkseinsturz ein 50 m breiter und 30 m tiefer Tagesbruch, in dem auch ein Haus versackte und



sich ein See bildete. Es war das schwerste Grubenunglück Österreichs in der Nachkriegszeit. Elf Bergleute verunglückten beim Einsturz der Grube, nur einer konnte nach neun Tagen gerettet werden. Die Pinge wurde ca. zwei Jahre nach dem Unglück zugeschüttet.

- Am **2. Januar 2000** öffnete sich in Bochum-Höntrop mitten in einem Wohngebiet ein Krater, dessen mögliche Ausbreitung eine ganze Wohnsiedlung bedrohte. Obwohl die Sicherungsmaßnahmen sofort begannen und hunderte Kubikmeter Beton in das Loch gepumpt wurden, mussten einige Häuser aufgegeben werden. Die Ursache für den Tagesbruch war ein Unfall bei den Verfüllarbeiten an einem ehemaligen Schacht der *Kohlenzeche Maria-Anna* um 1900, wobei das Schachtgerüst einstürzte und sich in etwa 40 m Tiefe verklemmte. Der Schacht konnte daraufhin nicht ordnungsgemäß zugeschüttet werden. Das Ereignis geriet in Vergessenheit und wurde beim Bau der Wohnsiedlung nicht weiter beachtet. Die nachträgliche Verfüllung kostete rd. 12 Mio. DM.
- **2004** wurden Tagesbrüche am Siegener Rosterberg bundesweit bekannt unter dem Namen „Siegener Loch“. Alte Hohlräume und Gänge der Grube *Hohe Grethe* waren eingestürzt und hatten vier Tagesbrüche nach sich gezogen. Die Sicherungsarbeiten dauerten ca. ein Jahr lang, 22.000 t Material wurden in den Berg gepumpt.
- Ein weiterer Tagesbruch wurde im **Februar 2008** in einer Rebanlage bei Herbolzheim (Breisgau) bemerkt. Hier war ein Stollen eines ehemaligen Erzbergbaus bis zur Oberfläche durchgebrochen. Wegen der Unwägbarkeit und der Gefahr weiterer Einbrüche wurde ein weitläufiges Gebiet rund um den Bruch dauerhaft abgesperrt.
- **2008** ereignete sich auf der Landstraße 231 zwischen Wettelrode und Morungen ein Tagesbruch, verursacht durch Verbruch eines Schachtes.

Quelle: Wikipedia, <http://de.wikipedia.org/wiki/Tagesbruch>, Stand: 14.02.2014



Medienberichte zum Thema „Tagesbrüche“

Spuren des Bergbaus: „Tagesbrüche in NRW sind kaum zu vermeiden“

WDR // Andrea Rönsberg // 18.01.2012

http://www1.wdr.de/themen/archiv/sp_bergbau_spaetfolgen/bergbauschaden106.html, Stand: 14.02.2014

Wenn die Erde plötzlich aufbricht - Fakten zum Tagesbruch

WAZ // Sebastian Schürmann und Stephan Happel // 01.02.2013

<http://www.derwesten.de/nachrichten/wenn-die-erde-plotzlich-aufbricht-die-fakten-zum-tagesbruch-id7547894.html>, Stand: 14.02.2014

Tagesbrüche wie auf A45 im Dortmunder Süden keine Seltenheit - Brücken nicht gefährdet

WAZ // 25.01.2014

<http://www.derwesten.de/staedte/dortmund/tagesbrueche-wie-auf-a45-im-dortmunder-sueden-keine-seltenheit-bruecken-nicht-gefaehrdet-id6283204.html>, Stand: 14.02.2014

Tagesbrüche machen Bittermark zur „gefährlichsten Gegend Dortmunds“

WAZ // Felix Guth // 06.03.2013

<http://www.derwesten.de/staedte/dortmund/tagesbrueche-machen-bittermark-zur-gefaehrlichsten-gegen-dortmunds-id7691422.html>, Stand: 14.02.2014

Links zum Thema „Tagesbrüche“

Altbergbau Bergschäden - Gefahrenabwehr und Vorbeugung

BZR Arnsberg // Artikel und Prinzipskizze zum Thema „Bergschäden“

http://www.bezreg-arnsberg.nrw.de/themen/a/altbergbau_bergschaeden/index.php, Stand: 14.02.2014

Tagesbruch und Bergschaden Entstehung

Förderverein bergbauhistorischer Stätten Ruhrrevier e.V., AK Sprockhövel // Kurzbeitrag

<http://www.bergbau-sprockhoevel.de/index.php/zechen/tagesbruch-entstehung>, Stand: 14.02.2014



Abb. 8: Zeitungssseite: Berichterstattung über Tagesbrüche, Bergschäden, Hohlräume (Ruhr-Nachrichten "Dortmunder Hintergrund", Freitag, 20. Juli 2012)

LWL-Industriemuseum



3.2 Zukunftsweisende Ressourcengewinnung

3.2.1 Leitfragen/Gedanken

In Deutschland wird die Energieversorgung über einen Erzeugungsmix aus fossilen Energieträgern, erneuerbaren Energien, Kernenergie und „sonstigen Energieträgern“ gewährleistet.³ Dennoch assoziiert man gerade im Ruhrgebiet mit Energie aus dem Untergrund in erster Linie die Nutzung der Steinkohle. Doch der deutsche Steinkohlenbergbau ist auf dem Weltmarkt nicht mehr rentabel und auf Subventionen angewiesen. 2007 fiel die politische Entscheidung zur „sozialverträglichen Beendigung des subventionierten deutschen Steinkohlenbergbaus zum Jahresende 2018“.⁴

Dies bedeutet die schrittweise Stilllegung aller Steinkohlebergwerke in Deutschland. Auguste Victoria in Marl, Prosper-Haniel in Bottrop sowie das Bergwerk Anthrazit Ibbenbüren GmbH in Ibbenbüren sind die letzten drei Standorte, an denen in Deutschland noch Steinkohle gefördert wird. Sie liegen allesamt in Nordrhein-Westfalen.⁵

Dennoch bleibt der Untergrund aus energiewirtschaftlicher Sicht interessant. Denn auch wenn die heimische Steinkohlenförderung mit großen Schritten ihrem Ende entgegen geht, kann die lange Bergbautradition und „[...] das über viele Jahrzehnte gewachsene Know-how in den Bereichen Bergbau, Bohrtechnik, Wärmeverteilung und Kraftwerksbau[...]“⁶ für zukunftsweisende Projekte genutzt werden. Geologische Rohstoffe spielen dabei auch weiterhin eine tragende Rolle, benötigt man sie doch für jede Art der Energieerzeugung – auch für die Gewinnung von erneuerbaren Energien.⁷

Die Energiewende stellt für Nordrhein-Westfalen, das als führendes Energie- und Industrieland in Deutschland auf eine verlässliche Versorgung angewiesen ist, eine besondere Herausforderung dar.⁸ Spätestens seit der Nuklearkatastrophe in Japan im Frühjahr 2011 plädiert die Landesregierung gegen eine Verlängerung der Laufzeiten von Kernkraftwerken. Auch die Bundesregierung hat sich auf eine grundlegende Umgestaltung der Energieversorgung festgelegt, die eine deutliche Reduktion der Treibhausgasemissionen und einen Ausbau des Anteils erneuerbarer Energien vorsieht. Dieser Prozess soll 2050 abgeschlossen sein. Bei der Umsetzung präferiert

³ Vgl. u.a.: Ministerium für Wirtschaft, Energie, Industrie, Mittelstand und Handwerk des Landes Nordrhein-Westfalen (Hg.): Jahresbericht 2011 der Bergbehörden des Landes Nordrhein-Westfalen, Düsseldorf 2012, S. 5.

⁴ Siehe: RAG Aktiengesellschaft (Hg.): „Den Wandel gestalten“ o.J., S. 8; Vgl.: EnergieAgentur.NRW (Hg.): Grubengas. Ein Energieträger in Nordrhein-Westfalen, Düsseldorf 2009, S. 7.

⁵ Vgl.: RAG: Wandel, S. 18.

⁶ Siehe: Landesinitiative Zukunftsenergien NRW (Hg.): Geothermie – Erdwärme für Nordrhein-Westfalen. Zukunftsenergien. Unterstützt von Land und Wirtschaft, o.J., S. 2.

⁷ Vgl.: Koordinierungsbüro Geotechnologie (Hg.): Wertvolle Erde. Der Schatz im Untergrund. Potsdam 2013, S. 67.

⁸ Vgl.: Garrelt Duin in: MWEIMH 2011, S. 1.



die nordrhein-westfälische Landesregierung einen „[...]Erzeugungsmix aus erneuerbaren und konventionellen Energien mit einem Schwerpunkt auf erdgasbasierten Erzeugungseinheiten [...]“⁹.

Der hiesige Energieverbrauch ist im nationalen Vergleich seit Jahren auf einem hohen Niveau und dies wird sich in absehbarer Zeit auch nicht ändern.¹⁰ Doch Nordrhein-Westfalen ist nicht nur das Zentrum des Energieverbrauchs, sondern auch der Energieerzeugung.¹¹ „In keinem anderen Bundesland wird mehr Energie gewonnen, umgewandelt und verbraucht.“¹²

Der Untergrund birgt viele Energiepotenziale, deren Nutzung meist sehr zwiespältige Reaktionen hervorrufen. Zum einen sollen heimischen Ressourcen genutzt werden, weil die Wirtschaft davon profitieren und dies niedrige Stromkosten für den Verbraucher zur Folge haben kann. Zum anderen kann die Ausbeutung des Untergrundes auch unkontrollierbare Risiken mit sich bringen. So ist die Förderung von Erdgas zur Energiegewinnung aus „unkonventionellen Lagerstätten“ mittels „Hydraulic Fracturing“, kurz „Fracking“, ein viel diskutiertes Thema. Weniger bekannt ist, dass von dem Verbot dieser Technologie auch Energiegewinnungsverfahren zur Nutzung der Erdwärme betroffen sind.

Im Ruhrgebiet liegt die Frage nach neuen Nutzungen der stillgelegten Bergwerke nahe. Solaranlagen und Windparks auf Halden machen den Wandel oberirdisch sichtbar.¹³ Doch auch im Untergrund hat die Suche nach neuen Energien bereits begonnen.

Maja Lange

⁹ Siehe: Bericht zur 5. Sitzung des Ausschusses für Wirtschaft, Mittelstand und Energie am 12. Januar 2011, Gasvorkommen in Nordrhein-Westfalen, S. 7, Quelle: www.umwelt2013.nrw.de/119 (Stand: 14.12.13).

¹⁰ Vgl.: Ministerium für Klimaschutz, Umwelt, Landwirtschaft, Natur- und Verbraucherschutz des Landes Nordrhein-Westfalen (Hg.): Umweltbericht. Nordrhein-Westfalen 2013, Düsseldorf 2013, S. 8, 41.

¹¹ Vgl.: Garrelt Duin, in: MWEIMH 2011, S. 1.

¹² Siehe: Garrelt Duin, in: Ministerium für Wirtschaft, Energie, Industrie, Mittelstand und Handwerk des Landes Nordrhein-Westfalen (Hg.): Jahresbericht 2012 der Bergbehörden des Landes Nordrhein-Westfalen, Düsseldorf 2013, S. 1.

¹³ Vgl.: RAG: Wandel, S. 28f; 38f.



3.2.2 Fracking

Was ist Fracking?

Mit der Fracking-Methode kann Erdgas aus „unkonventionellen Lagerstätten“ gewonnen werden. Auch unter Nordrhein-Westfalen werden Erdgasvorkommen in unkonventionellen Lagerstätten, insbesondere Schiefergas- und Kohleflözgasvorkommen, vermutet.¹⁴

Die lagerstättenkundliche Unterscheidung nach „konventionell“ oder „unkonventionell“ ist bei Energierohstoffen durchaus üblich. Als „unkonventionell“ bezeichnete Lagerstätten sind jene Vorkommen, bei denen im Gegensatz zu „konventionellen Lagerstätten“ keine klassischen Methoden zur Erschließung und Förderung angewandt werden können, sondern alternative Techniken eingesetzt werden müssen.¹⁵ Derzeit sind fünf verschiedene Erdgaslagerstätten bekannt, bei denen eine Förderung mit konventionellen Techniken nicht möglich ist.¹⁶

Die unter Nordrhein-Westfalen vermuteten Schiefergas- und Kohleflözgasvorkommen sind an Feststoffe gebunden. Um das eingeschlossene Erdgas fördern zu können, müsste das Gestein erst aufgebrochen werden. Bei der Fracking-Methode geschieht dies mit einem Gemisch aus Wasser, Sand und Chemikalien, das unter hohem hydraulischem Druck in den tiefen Untergrund gepresst wird.

Bislang wird in Nordrhein-Westfalen weder aus konventionellen noch aus unkonventionellen Lagerstätten Erdgas gewonnen. Die Schätzungen der Vorkommen und die Folgen, die eine heimische Förderung für die Energiepreise in Nordrhein-Westfalen haben könnten, machten eine Gewinnung zunächst verlockend. Doch es wurden mehr und mehr kritische Stimmen laut. Diese zweifeln an, ob überhaupt und wenn in welchem Umfang die unkonventionellen Vorkommen auch unter Anwendung der Fracking-Methode gewonnen werden könnten. Zudem werden durch diese Erdgasgewinnungsmethode irreparable Umweltschäden befürchtet. Dabei gelten die Sorgen unter anderem dem Schutz des Grundwassers und des Bodens.¹⁷

Seit 2010 wird in den Jahresberichten der Bergbehörde des Landes Nordrhein-Westfalen über den Stand der Entwicklungen berichtet. Dazu gehören die jeweils aktualisierten Karten der beantragten und erteilten Felder zur Aufsuchung von Erdgas aus unkonventionellen Lagerstätten. Diese Veröffentlichungen sind Teil des

¹⁴ Vgl.: Ministerium für Klimaschutz, Umwelt, Landwirtschaft, Natur- und Verbraucherschutz des Landes Nordrhein-Westfalen 2013, S. 107.

¹⁵ Vgl.: http://www.bgr.bund.de/DE/Themen/Energie/Projekte/laufend/NIKO/FAQ/faq_inhalt.html (Stand: 6.1.2014).

¹⁶ Vgl.: Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (Hg.): Faktenblatt „Fracking“, 2011, S. 2, Quelle: http://www.bgr.bund.de/DE/Themen/CO2Speicherung/Downloads/Fracking.pdf?__blob=publicationFile&v=1 (Stand: 6.1.2014).

¹⁷ Vgl.: Ministerium für Klimaschutz, Umwelt, Landwirtschaft, Natur- und Verbraucherschutz 2013, S. 107; MWEIMH 2012, S. 18.



Dialogprozesses, der „[...]Information, Kommunikation und Transparenz[...]“¹⁸ im Umgang mit der Erkundung und Gewinnung von Erdgas aus unkonventionellen Lagerstätten in Nordrhein-Westfalen gewährleisten soll.

2012 wurde im Auftrag des Landes zudem ein Gutachten mit Risikostudie und möglichen Umweltauswirkungen erstellt.¹⁹ Es kommt unter anderem zu dem Ergebnis, dass erhebliche Daten- und Wissensdefizite zum Beispiel bei der exakten Zusammensetzung der bei Frackmaßnahmen eingesetzten Chemikalien bestehen und deshalb die möglichen Risiken für Mensch und Umwelt nicht beurteilt werden können. Vergleichbare Ergebnisse dokumentieren zwei allgemeine Untersuchungen des Bundes sowie eine privatwirtschaftliche Studie.²⁰ Ein mögliches Gefährdungspotential resultiert aus dem Frackfluid, dem beim Aufbrechen des Trärgesteins eingesetzten Gemisch aus Wasser, Sand und Chemikalien. Bei den Chemikalien handelt es sich um verschiedene „[...] human- und ökotoxikologisch bedenkliche Additive [...]“²¹, deren exakte Zusammensetzung nur in wenigen Fällen bekannt ist. Ein Teil dieser Stoffe verbleibt auch nach dem Frackvorgang im tiefen Untergrund. Der überwiegende Teil wird als „Flow-Back“ zusammen mit dem Erdgas und im Untergrund vorhandenen Formationswässern an die Oberfläche gepumpt. Diese Formationswässer können sowohl Salze und Schwermetalle als auch im Untergrund natürlich vorkommende radioaktive Stoffe enthalten. Die Zusammensetzung dieses Flow-Backs ist im Vorherein nicht zu bestimmen, Kombinationswirkungen und Reaktionsprodukte sind deshalb nicht auszuschließen. Darüber hinaus ist nicht auszuschließen, dass die Flüssigkeiten über Verbindungen zu Schichten mit genutztem und nutzbarem Grundwasser, sogenannte Wegsamkeiten, dieses kontaminieren.²² Gutachter empfahlen deshalb unter anderem Ausschlussgebiete für den Einsatz von Fracking. Diese Empfehlung umfasst Wasserschutzgebiete, Wassergewinnungsgebiete, Heilquellenschutzgebiete, Bereiche von Mineralwasservorkommen sowie Gebiete mit besonders ungünstiger hydrogeologischen Verhältnissen.²³ Die Feststellung dieser und weiterer Gefahrenpotentiale durch unabhängige Gutachter haben dazu geführt, dass es bis auf weiteres in Nordrhein-Westfalen „[...] keine Genehmigungen für Erkundung und Gewinnung unkonventioneller Erdgaslagerstätten unter Einsatz von Fracking geben“²⁴ wird. Der Erlass vom 18. November 2011 bleibt bis auf weiteres in Kraft. Somit sind alle Bohrungen sowie direkte und indirekte Vorbereitungen für Bohrungen mit der umstrittenen Fracking-Methode untersagt.²⁵

¹⁸ Siehe: MWEIMH 2012, S. 15.

¹⁹ Vgl.: MWEIMH 2011, S. 24-29; MWEIMH 2012, S. 15-21.

²⁰ Vgl.: MWEIMH 2012, S. 2, detaillierter: 16-21; Ministerium für Klimaschutz, Umwelt, Landwirtschaft, Natur- und Verbraucherschutz 2013, S. 107ff.

²¹ Siehe: Ministerium für Klimaschutz, Umwelt, Landwirtschaft, Natur- und Verbraucherschutz 2013, S. 108.

²² Vgl.: Ministerium für Klimaschutz, Umwelt, Landwirtschaft, Natur- und Verbraucherschutz 2013, S. 108.

²³ Vgl.: MWEIMH 2012, S. 18.

²⁴ Ebd.

²⁵ Vgl.: MWEIMH 2012, S. 21.



„Fracking? – nein danke!“

Erdgas ist ein begehrter Rohstoff, der als „Übergangs-Energieträger“ auf dem Weg zur „Energiewende“ eine wichtige Rolle spielt.

Mit der „Hydraulic Fracturing“-Methode kann auch Gas aus unkonventionellen Lagerstätten freigesetzt und gefördert werden. Dabei wird ein Gemisch aus Wasser, Sand und Chemikalien in den tiefen Untergrund gepresst und so das Gestein aufgebrochen. Unter der Bezeichnung „Fracking“ ist diese Fördermethode durch die Presse gegangen. Sie wird hitzig diskutiert.

Auch in Nordrhein-Westfalen werden ergiebige Gasvorkommen in unkonventionellen Lagerstätten vermutet. Energiekonzerne haben bereits das halbe Bundesland unter sich aufgeteilt, bisher nur zu Erkundungszwecken, gefördert wird noch nicht.

Eine heimische Förderung würde die Energiekosten deutlich senken und Arbeitsplätze schaffen. Unter der Bevölkerung hat sich jedoch ein massiver Widerstand gegen Fracking gebildet. Man befürchtet massive, nicht reparable Umweltschäden.

Maja Lange

Protest gegen Fracking

In NRW haben sich, wie in ganz Deutschland, zahlreiche Bürgerinitiativen gegründet, die sich gegen „Fracking“ aussprechen. Sie machen mit Infoständen, Kundgebungen, Unterschriftensammelaktionen und Podiumsdiskussion auf sich aufmerksam. So trifft man in NRW häufig auf Ihre Banner und Plakate.

Abb. 9: „Stop Fracking. Interessensgemeinschaft gegen Gasbohren, Hamminkeln“ // 2013 // Banner // Textil, Metall, Kunststoff

LWL-Industriemuseum





Medienberichte und Links zum Thema „Fracking“

Fracking: Genial oder gefährlich?

SWR Kindernetz // Filmbeitrag // Aurelia Amann // 28.02.2013

<http://www.kindernetz.de/infonetz/thema/energie-umwelt/fracking/-/id%3D60850/nid%3D60850/did%3D271986/bnmyyv/index.html>, Stand: 14.02.2014

Giftige Gasgewinnung: "Fracking"

WDR // Fernsehbeitrag // Michael Ringelsiep // 23.09.2012

<http://www.daserste.de/information/wissen-kultur/w-wie-wissen/sendung/2012/fracking-100.html>, Stand: 14.02.2014

So wird nach Erdgas gebohrt

N24 // Kurzvideo // 27.02.2012

<http://www.n24.de/n24/Wissen/Technik/d/2872160/was-ist--fracking--.html>, Stand: 14.02.2014

Erdgasgewinnung durch Fracking

FOCUS-MONEY // Johannes Heinritzi // 06.02.2013

http://www.focus.de/finanzen/news/kurz-erklaert-was-ist-fracking_aid_914220.html,
Stand: 14.02.2014

Fossil and Nuclear Fuels – the Supply

ARD-aktuell, tagesschau.de // Kurzfassung der Studie der Energie Watch Groupe (englisch) // März 2013

http://www.tagesschau.de/wirtschaft/ewg-studie100~_origin-fc32073f-c760-42d9-a11d-cc97ad107998.pdf, Stand: 14.02.2014

Geologische Erforschung heimischer Schiefergasvorkommen in NRW

Wintershall // Information für Politik und Behörden zur Schiefergasforschung in NRW

http://www.wintershall.com/uploads/user_pxbxconnector/pxbxrawdata/189/factsheet-schiefergasnrw.pdf, Stand: 14.02.2014

Vereinigung der Initiativen gegen unkontrollierte Erdgassuche und Hydraulic "Fracking" Fracturing in Deutschland

gegen-gasbohren.de // Contra-Positionen zum Thema „Fracking“

<http://www.gegen-gasbohren.de/>, Stand: 14.02.2014



3.2.3 Geothermiebohrung

Geothermie

Bei Geothermieprojekten sind die Dichte und die Wärmeleitfähigkeit des Gesteins entscheidend.²⁶ Sie zielen darauf, aus der Erdwärme ein Energiepotential zu erschließen, das seinen Ursprung im Inneren des „Blauen Planeten“ hat. Erdwärme setzt sich aus Restwärme aus der Zeit der Erdentstehung und aus Wärme, die beim kontinuierlichen radioaktiven Zerfall im Erdinneren entsteht, zusammen.²⁷ Sie ist grundlastfähig und zählt zu den erneuerbaren Energien.

Grundsätzlich wird zwischen oberflächennaher und tiefer Geothermie unterschieden. Oberflächennahe Geothermie nutzt die Erdwärme bis in ca. 200 Metern Tiefe. Hier herrschen Temperaturen von 8 bis 12°C. Mit einer Wärmepumpe können diese Temperaturen schon zur Wärmeversorgung genutzt werden. Zu direkter Temperaturabnahme oder zu Stromproduktion reichen sie jedoch noch nicht.²⁸

Tiefe Geothermie beginnt bei einer Tiefe von mehr als 1.000 Metern und Temperaturen von über 60°C. Diese wird unterschiedlich genutzt. Das hydrothermale System basiert auf Thermalwassern im Untergrund, die in Nordrhein-Westfalen nur selten vorkommen. Petrothermale Systeme nutzen im Wesentlichen die im Gestein gespeicherte Wärme mit Hilfe eines Wasserkreislaufs, der an der Oberfläche geschlossen und im tiefen Gestein offen verläuft.²⁹ Für den „offenen“ Verlauf wird das kristalline Grundgebirge mittels hydraulischer Stimulation aufgebrochen, neue Klüfte werden geschaffen oder das vorhandene Kluftsystem im Gestein erweitert. So entsteht im tiefen Untergrund ein Wärmetauscher.

Die Namen für dieses Verfahren variieren. Die gängigste Bezeichnung lautet „Hot-Dry-Rock“ (HDR). Es werden jedoch auch Begriffe wie „Deep Heat Mining“, „Hot Wet Rock“, „Hot Fractured Rock“ oder „Stimulated Geothermal System“ verwendet. Der übergeordnete Begriff „Enhanced-Geothermal-System“ (EGS) bezeichnet nicht nur petrothermale Systeme, sondern auch stimulierte hydrothermale Systeme. Dieses Verfahren liefert Temperaturen von 150-200°C und kann somit zur Stromproduktion genutzt werden.

Die geologische Forschung befasst sich intensiv mit der Verbesserung dieses Verfahrens. Ihr Zielhorizont ist das dichte Sedimentgestein.³⁰ Ein treibendes Motiv für

²⁶ Vgl.: Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (Hg.): Tiefe Geothermie. Nutzungsmöglichkeiten in Deutschland, Berlin 2011, S. 10ff.

²⁷ Vgl.: MWEIMH 2011, S. 11.

²⁸ Vgl.: EnergieAgentur.NRW (Hg.): Geothermie – Erdwärme für Nordrhein-Westfalen, 2010, S. 5; Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit 2011, S. 7.

²⁹ Vgl.: Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit 2011, S. 9.

³⁰ Vgl.: Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit 2011, S. 23.

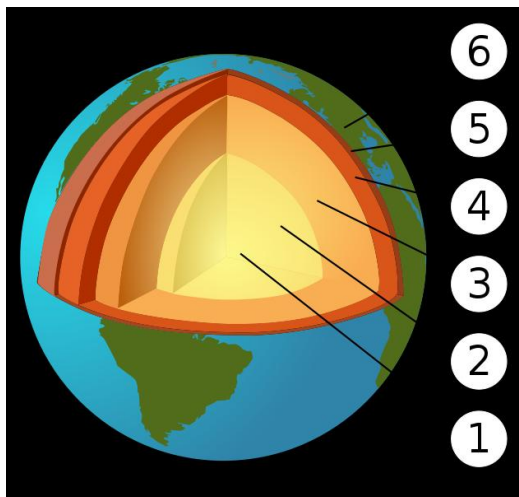


die intensive Forschung liegt darin, dass das Verfahren der Erdwärmegewinnung mit Hilfe hydraulischer Stimulation bisher in Nordrhein-Westfalen nicht zur Anwendung kommen darf.

Festgesetzt wurde dies am 18. November 2011 vom Wirtschafts- und vom Umweltministerium des Landes im sogenannten „Bohrerlass“, der maßgeblich die Erdgasgewinnungsmethode mittels Fracking und ihre unkontrollierbaren Auswirkungen zum Anlass hatte.³¹

Maja Lange

Die verschiedenen Erdschichten vom Erdmantel bis zum Kern



1. Innerer Kern (5100-6371km/>5000°C)
2. Äußerer Kern (2900-5100km/3000-5000°C)
3. Unterer Mantel (900-2900km/)
4. Übergangszone (400-900km)
5. Oberer Mantel (40-400km)
6. Erdkruste (0-40km)

Abb. 12: Die verschiedenen Erdschichten vom Erdmantel bis zum Kern,
Original Mats Halldin Vectorization: Chabacano

Quelle: Wikimedia,
http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Jordens_inre-numbers.svg?uselang=de, Stand: 14.02.2014

³¹ Vgl.: MWEIMH 2011, S. 29; MWEIMH 2012, S. 19, 21.



Tiefe Geothermie

Die geologische Forschung befasst sich in aufwendigen Versuchen mit der „hydraulischen Stimulation“. In tiefen Gesteinsschichten, in denen kein natürliches Wasser zur Verfügung steht, werden Fließwege für eine Trägerflüssigkeit geschaffen oder erweitert. Die Flüssigkeit erwärmt sich an dem zirka 200°C heißen Gestein. An die Oberfläche gepumpt, wird die so gewonnene Wärme über Wärmetauscher übertragen.

Aufgrund der sehr hohen Temperaturen kann diese Form der Erdwärmenutzung auch zur Stromproduktion genutzt werden.

Da die eingesetzte Technik der umstrittenen Gasfördermethode Hydraulic Fracturing ähnelt, darf sie bis auf weiteres in Nordrhein-Westfalen nicht angewandt werden.

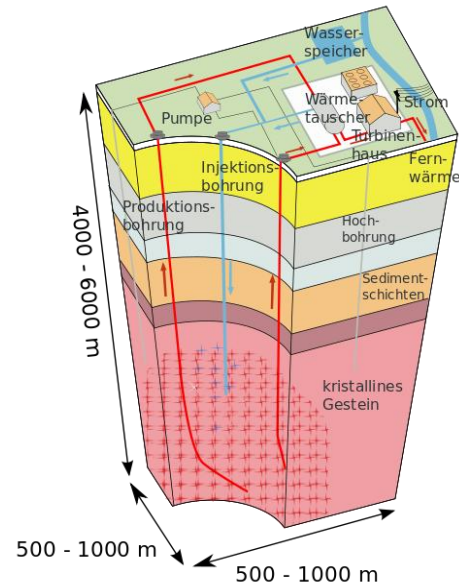


Abb. 11: Geothermie-Prinzip

Quelle: Wikimedia,

http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Jo_rdens_inre-numbers.svg?uselang=de, Stand 14.02.2014

Potentialstudie oberflächennahe Geothermie in NRW

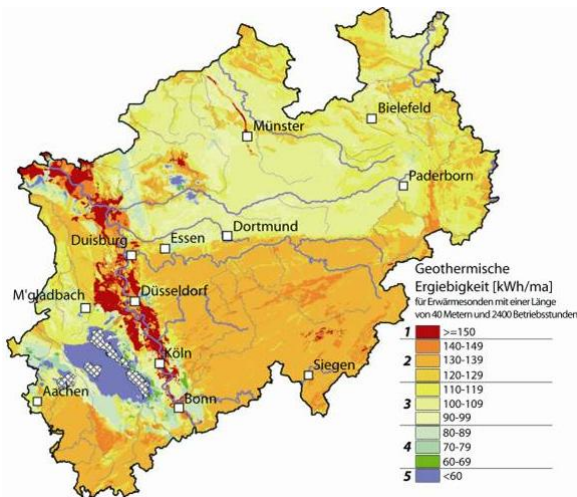


Abb. 12: Geothermische Ergiebigkeit

Quelle: EnergieAgentur.NRW,

<http://www.energieagentur.nrw.de/waermepumpen/umweltwaerme-in-nrw-17192.asp>,

Stand: 14.02.2014

Der Geologische Dienst NRW hat im Auftrag der EnergieAgentur.NRW die Studie „Geothermie in NRW“ erstellt. Die zeigt das geothermische Potential für jedes Grundstück in NRW auf. Folgende Informationen können dann abgefragt werden:

- Untergrunderbau und Grundwasser- verhältnisse bis zu 100 m Tiefe
- Geothermische Ergiebigkeit des Unter- grundes bis zu 100 m Tiefe
- Mögliche Einschränkungen für geo- thermische Nutzungen.

Mit Hilfe dieser Daten lassen sich die Einsatzmöglichkeiten der Geothermie für Standorte in Nordrhein-Westfalen abschätzen.

- **Online-Standortcheck:** http://www.geothermie.nrw.de/geothermie_basisversion/?lang=de



Medienberichte und Links zum Thema „Geothermie“

Nach Erdwärme-Bohrung: Eine Stadt zerreißt

Spiegel online // Jens Lubbadde // 15.11.2008

<http://www.spiegel.de/wissenschaft/natur/nach-erdwaerme-bohrung-eine-stadt-zerreisst-a-589944.html>, Stand: 14.02.2014

Menschengemachte Erdbeben: Die verheimlichten Ursachen der Katastrophen

Spiegel online // Axel Bojanowski // 25.10.2012

<http://www.spiegel.de/wissenschaft/natur/menschen-loesen-erdbeben-aus-verheimlichte-ursachen-der-katastrophen-a-862602.html>, Stand: 14.02.2014

Geothermie - Heißes Wasser aus der Tiefe

Bayerischer Rundfunk // Wissenslexikon für Kinder // Julie Metzdorf // 13.09.2006

<http://www.br-online.de/kinder/fragen-verstehen/wissen/2007/01957/>, Stand: 14.02.2014

Geothermie - HSE holt die Wärme aus 800 Metern Tiefe

Echo-Zeitungen – kinder-echo.de // Beitrag aus der Rubrik „Energie und Klima“

<http://www.kinder-echo.de/machdichschlau/serien/energie/Geothermie-Waerme-Waermepumpe;art357,1715>, Stand: 14.02.2014

Animation Geothermie / Erdwärme

YouTube Video // Animation zur Erklärung der Gewinnung von Energie aus Erdwärme

<http://www.youtube.com/watch?v=A9go9oVZnME>, Stand: 14.02.2014

Geothermie – Energie aus dem heißen Planeten

Bundesverband Geothermie e.V. // Informationsmaterial für Lehrer und Schüler // 2008

<http://www.geothermie.de/fileadmin/useruploads/wissenswelt/Materialien/Schuelerbroschuere.pdf>, Stand: 14.02.2014

Kinder erklären erneuerbare Energien

ecokzept // Dokumentation eines Projekts zum Thema „Energiesparen“

https://www.badenova.de/mediapool/media/dokumente/unternehmensbereiche_1/stab_1/innovationsfonds/abschlussberichte/2007_7/2007-11_Abschlussbericht_Kinder_erklaeren.pdf, Stand: 14.02.2014



3.3 Versorgungssysteme

3.3.1 Leitfragen/Gedanken

Erst wenn das Wasser unsere Keller überflutet, die Straßendecke aufreißt und sich vor unseren Augen große Löcher auftun oder bei Platzregen die Gullys das Wasser nicht mehr aufnehmen bemerken wir, dass die Welt unter unseren Füßen nicht in Ordnung ist.

Was sich aber unter unseren Füßen abspielt ist eine technische Welt, ein Gewirr von Versorgungsleitungen, Kanälen und Transportwegen. Diese Welt muss aber zuerst gebaut, danach betrieben, kontrolliert, gewartet und nach einigen Jahren immer wieder instand gesetzt werden. Wir werfen den Blick auf diese verborgene Welt und auf die Menschen, die an diesem meist unwirtlichen Orten in der "Zweiten Stadt" arbeiten müssen.

Noch Mitte des 19. Jh., also mit Beginn der Industrialisierung, war dies nicht selbstverständlich. Zum damaligen Zeitpunkt beschränkte sich die Versorgung der Stadtbevölkerung ausschließlich auf die Bereitstellung von Wasser, das man aus Brunnen schöpfte oder an das Tageslicht pumpen musste. Die vorindustrielle Versorgung der Bevölkerung mit Trinkwasser hatte ihre Risiken und führte immer wieder zu Epidemien, was an einer unzureichenden Entsorgung von Fäkalien lag. Diese häufige Nachbarschaft von Fäkaliengruben und Trinkwasserbrunnen war der Hauptgrund für die Verseuchung des Trinkwassers. Erst mit Aufkommen der städtischen Wasserversorgung und dem damit verbundenen sukzessiven Ausbau der Kanalisation, bekamen die Städte das Problem in den Griff.

Erst vor diesem Hintergrund wird deutlich, was sich in den folgenden 120 Jahren alles entwickeln sollte: Gas brachte zu Beginn des 20. Jh. Licht ins Haus und auf die Straßen, abgelöst vom Ausbau der Stromversorgung und dem Einzug der elektrischen Beleuchtung in unsere Wohnstuben, bis hin zur Lieferung von Wärme aus entfernten Kraftwerken.

Andreas Immenkamp



Abb. 13: Wasserklosett // um 1910

Ratingen, Keramag



3.3.2 Versorgung

Die Versorgung der Stadtbevölkerung mit Energie und Wasser gehört zu den elementaren Fragen der Grundversorgung. Hierzu bedarf es eines Systems von Produzenten, unterirdischer Versorgungsnetze und Konsumenten. Natürlich wird uns heute nicht nur Wasser, Strom, Gas ins Haus geliefert, auch unsere Kommunikationssysteme haben sich gewandelt, wir sind über Telefon, Kabel-TV und Computer weltweit vernetzt. Die Träger dieser Infrastruktur sind verantwortlich für die wirtschaftliche Entwicklung einer Stadt und damit für den Lebensstandard der Bevölkerung. All diese Annehmlichkeiten wären noch vor 130 Jahren völlig undenkbar gewesen.

Gas

Für den Bereich der Energieproduktion und -bereitstellung waren in der Frühphase im Ruhrgebiet vor allem Zechenbetriebe und Hüttenwerke die tragenden Säulen. Sie stellten seit Mitte des 19. Jahrhunderts Gas und seit 1900 auch Strom her. Gas wurde zunächst für den Eigenbedarf produziert, später mit expandierender Produktion lieferten Zechen Gas auch an die Kommunen. Somit stand Gas schon früh als Energieträger zu Verfügung. Bis 1900 wurde Gas fast ausschließlich zu Beleuchtungszwecken eingesetzt.

Die Anfänge der Gasnutzung lassen sich bis zum Beginn des 19. Jahrhunderts zurück verfolgen. Damals war es erstmals möglich, mit Gas Fabriken zu beleuchten und damit die Produktionszeiten unabhängig vom Tageslicht auszudehnen. Diese technologische Entwicklung ging von Großbritannien aus. Ein früher Beleg stammt aus Manchester, wo 1804 eine Baumwollspinnerei unter Einsatz einer Gasbeleuchtung produzierte.³² In Deutschland kam Gaslicht erstmals 1818 in der Essener Maschinenfabrik Dinnendahl zum Einsatz.³³

Wegbereiter des Übergangs von der Fabrik- zur öffentlichen Beleuchtung war der nach England emigrierte Friedrich Albert Winzer. Nachdem in London 1814 erstmals eine mit Gas betriebene Straßenbeleuchtung verwendet wurde, hielt sie mit Verzögerung auch Einzug in deutsche Städte. Das Gaslicht setzte sich jedoch nur langsam durch, anscheinend war die Skepsis bei der Bevölkerung im Hinblick auf die Risiken und

³² Dortmunder Energie- und Wasserversorgung GmbH (Hg.): Gasversorgung für Dortmund – Ein erhellender Leitfaden durch die Geschichte 1857 – 1997, Dortmund/Berlin 1997, S.13.

³³ Christian Kleinschmidt: Stadtwerke Gelsenkirchen – Vom Regiebetrieb zum modernen Dienstleistungsunternehmen, Sonderveröffentlichung der Schriftenreihe des Instituts für Stadtgeschichte, Essen 1998, S. 22.



Gefahren bei der Nutzung der neuen Technik zunächst groß.³⁴ So existierten in Deutschland Mitte des 19. Jahrhunderts insgesamt erst 35 Gaswerke.³⁵

Zu dieser Zeit setzte auch in Dortmund die entscheidende Wachstumsphase ein. Der Anschluss an das Eisenbahnnetz 1847 bescherte nicht nur dem Bergbau und der Eisenindustrie enorme Wachstumsraten, sondern es setzte auch ein Verstärkungsprozess ungeahnten Ausmaßes ein. In dieser Phase begannen in Dortmund die ersten Zechen Gas als Nebenprodukt der Kokserzeugung zu produzieren.³⁶ Schnell wurde deutlich, dass mehr Gas produziert werden konnte als für den Eigenbedarf erforderlich war. So lag es im Interesse der Zechen, überschüssiges Kokereigas an die Endverbraucher zu liefern. Für die Genehmigung und den Ausbau von Netzwerken waren die Kommunen verantwortlich, die mit den Gasproduzenten Lieferverträge abschlossen. Die große ökonomische, politische und soziale Bedeutung der Versorgung des Ruhrgebiets mit Gas stand bald im Spannungsfeld öffentlicher und privater Bereitstellung und Nutzung. Einerseits stellten Kokereien Gas her, andererseits produzierten auch Kommunen in ihren eigenen Gasanstalten, um möglichst unabhängig von den Zechengesellschaften agieren zu können oder zumindest deren monopolistischen Einfluss zu begrenzen. In Dortmund wurde 1855 eine „Commission“ ins Leben gerufen, um die Frage zur Errichtung einer Gasanstalt zu prüfen und die Gründung einer „Gas-Actien-Gesellschaft“ vorzubereiten.³⁷

Das Schlagwort hieß Kommunalisierung. Dabei schlossen sich Kommunen mit Zechengesellschaften zusammen, um gemeinsam die Grundversorgung der Bevölkerung mit Energie zu gewährleisten. Der Übergang von privaten zu kommunalen Versorgungsbetrieben wurde nicht automatisch vollzogen. Stattdessen existierten nebeneinander unterschiedliche gesellschafts- und Rechtsformen, und in vielen Kommunen gab es auch Unterschiede zwischen Gas- Wasser- und Stromversorgern.³⁸

Bis zum Ende des 19. Jahrhunderts spielte für die Kommunen Gas ausschließlich zur Beleuchtung der Straßen eine Rolle. Die Stadt Essen stellte 1856 die Straßenbeleuchtung von Öl- auf Gaslicht um.³⁹ 1857 wurden in Dortmund 251 private Gaslampen und 120 öffentliche Laternen der Stadt mit Gas versorgt. Trotz der Konkurrenz von Petroleumlampen ist in den Folgejahren ein stetiger Anstieg der Gasleuchten zu registrieren. Kurz vor 1900 besaß Dortmund über 1.000 gasbetriebene Straßenlaternen, 1914 mehr als 2.000 und kurz vor Ausbruch des Zweiten Weltkrieges bereits 6.180.⁴⁰ Zu dieser Zeit kam es auf Grundlage der modernen Kokereitechnik zum Energieverbund zwischen Kokereien und Hüttenwerken, wobei das überschüssige

³⁴ Kleinschmidt 1998, S. 22 f.

³⁵ Dortmunder Energie- und Wasserversorgung GmbH 1997, S. 17.

³⁶ Dortmunder Energie- und Wasserversorgung GmbH 1997, S. 20 f.

³⁷ Energie- und Wasserversorgung GmbH (Hg.) 1997, S. 21.

³⁸ Kleinschmidt 1998, S. 15.

³⁹ Stadtwerke Essen (Hg.): Chronik der Stadtwerke Essen, Essen 1999, S. 3.

⁴⁰ Dortmunder Energie- und Wasserversorgung GmbH (Hg.) 1997, S. 27 f.



Koksofengas über Fernleitungen an Städte und Gemeinden abgegeben werden konnte.⁴¹ Das bedeutete, dass Gasproduzenten und Abnehmer nicht mehr auf lokales Verbindungsnetz angewiesen waren, sondern dass sich Gas nun über weitere Strecken auch in andere Verbundsysteme einspeisen ließ.

Um 1900 kam dem Energieträger Gas eine neue Bedeutung zu. In den Haushalten verlor das Gaslicht infolge der aufkommenden Konkurrenz durch die elektrische Beleuchtung an Bedeutung, aber seit den 1890er Jahren wurde Gas allmählich für die Beheizung der Wohnungen, in Küchen und Badezimmern eingesetzt.⁴² Bis in die 1960er Jahre bildete Kokereigas die Grundlage der Gasversorgung im Ruhrgebiet. 1957 wurden von 210.000 Dortmunder Haushalten 64% mit Gas versorgt und 6.500 Gaslaternen betrieben. In den 1950er Jahren hatte Gas den größten Marktanteil unter den Energieträgern. Die Bergbaukrise und der starke Anstieg des Gasbedarfs in den 60er Jahren führten zu Versorgungsengpässen, woraufhin die Kommunen auf Erdgas umstellten. Trotzdem entschied sich die Stadt Dortmund für die Umstellung der Straßenbeleuchtung auf elektrischen Betrieb. 1972 wurde die letzte Gaslaterne abmontiert. Priorität hatte seitdem Erdgas als Energieträger für die Beheizung von Wohnungen. 1992 wurden etwa 70% der Dortmunder Haushalte mit Erdgas beheizt.⁴³

Andreas Immenkamp

Strom

Seit 1900 bekam der Energieträger Gas zunehmende Konkurrenz durch Strom. Moderne Zechen, etwa die GBAG-Zeche Zollern II/IV in Dortmund-Bövinghausen, setzten bereits 1902 für den Betrieb der Fördermaschinen auf den Energieträger Strom, der in der eigenen Kraftzentrale produziert wurde. Dennoch blieb der Bau von Elektrizitätswerken in den ersten Jahren primär Aufgabe der Kommunen. Am 5. Oktober 1896 beschloss der Rat der Stadt Dortmund den Bau eines Elektrizitätswerkes. Begründet wurde dies mit dem Wunsch der Bevölkerung nach Einführung von elektrischer Beleuchtung für Straßen und Wohnungen. Darüber hinaus verlangte der neue Hafen Kraftstrom für Krananlagen, sowie die Industrie und die Elektrifizierung der Straßenbahnen größere Strommengen.⁴⁴

Die Rheinisch-Westfälischen Elektrizitätswerke (RWE) in Essen wurden im Zusammenhang mit den Plänen zum Bau eines kommunalen Elektrizitätswerkes in Essen gegründet. Dazu schlossen sich 1898 zwei Banken und einige Privatinvestoren

⁴¹ Kleinschmidt 1998, S. 60.

⁴² Dortmunder Energie- und Wasserversorgung GmbH 1997, S. 39.

⁴³ Dortmunder Energie- und Wasserversorgung GmbH 1997, S. 42.

⁴⁴ Werner Hainmann (Hg.): Strom für die Stadt – 100 Jahre öffentliche Elektrizitätsversorgung in Dortmund, Dortmund 1997, S. 8.



zur Elektrizitäts-Aktiengesellschaft zusammen und errichteten auf der Zeche Viktoria Mathias ein Elektrizitätswerk. 1902 übernahm Hugo Stinnes die Anteile der Aktiengesellschaft und sorgte für eine Expansion des Versorgungsgebietes über die Stadt Essen hinaus. Stromlieferverträge mit zahlreichen Ruhrgebietsgemeinden wurden in den Folgejahren geschlossen. Neben dem RWE existierten weitere aufsteigende Energieversorgungsunternehmen die in Konkurrenz zueinander standen, was schließlich zur Aufteilung der Versorgungsgebiete untereinander führte.⁴⁵

Das Elektrizitäts-Werk-Westfalen (EWW) trat schon früh in Konkurrenz zum RWE und dessen Expansionsbestrebungen unter Hugo Stinnes. Vor dem Ersten Weltkrieg lieferte es hauptsächlich Strom ins Münsterland, ins Bergische Land und ins Sauerland. Nach dem Ersten Weltkrieg schlossen sich infolge der Kohlekrise und der Expansion der Energieverbundwirtschaft mehrere kommunale Stromversorgungsunternehmen zusammen, wobei das Westfälische Verbandselektrizitätswerk und das städtische Elektrizitätswerk in Dortmund eine gemeinsame Dachgesellschaft, die Dortmunder und Verbandselektrizitätswerk GmbH gründeten. Unter Einbeziehung der EWW ab 1925 firmierte es als Vereinigtes Elektrizitätswerk Westfalen GmbH (VEW) und ab 1930 als VEW AG. Der Sitz der Generaldirektion war in Dortmund.⁴⁶ Seitdem teilten sich das RWE als größtes deutsches Energieversorgungsunternehmen und die VEW einen Großteil der Elektrizitätsversorgung im Rheinland und Westfalen.

⁴⁵ Kleinschmidt 1998, S. 47.

⁴⁶ Kleinschmidt 1998, S. 57.



Stromnetz

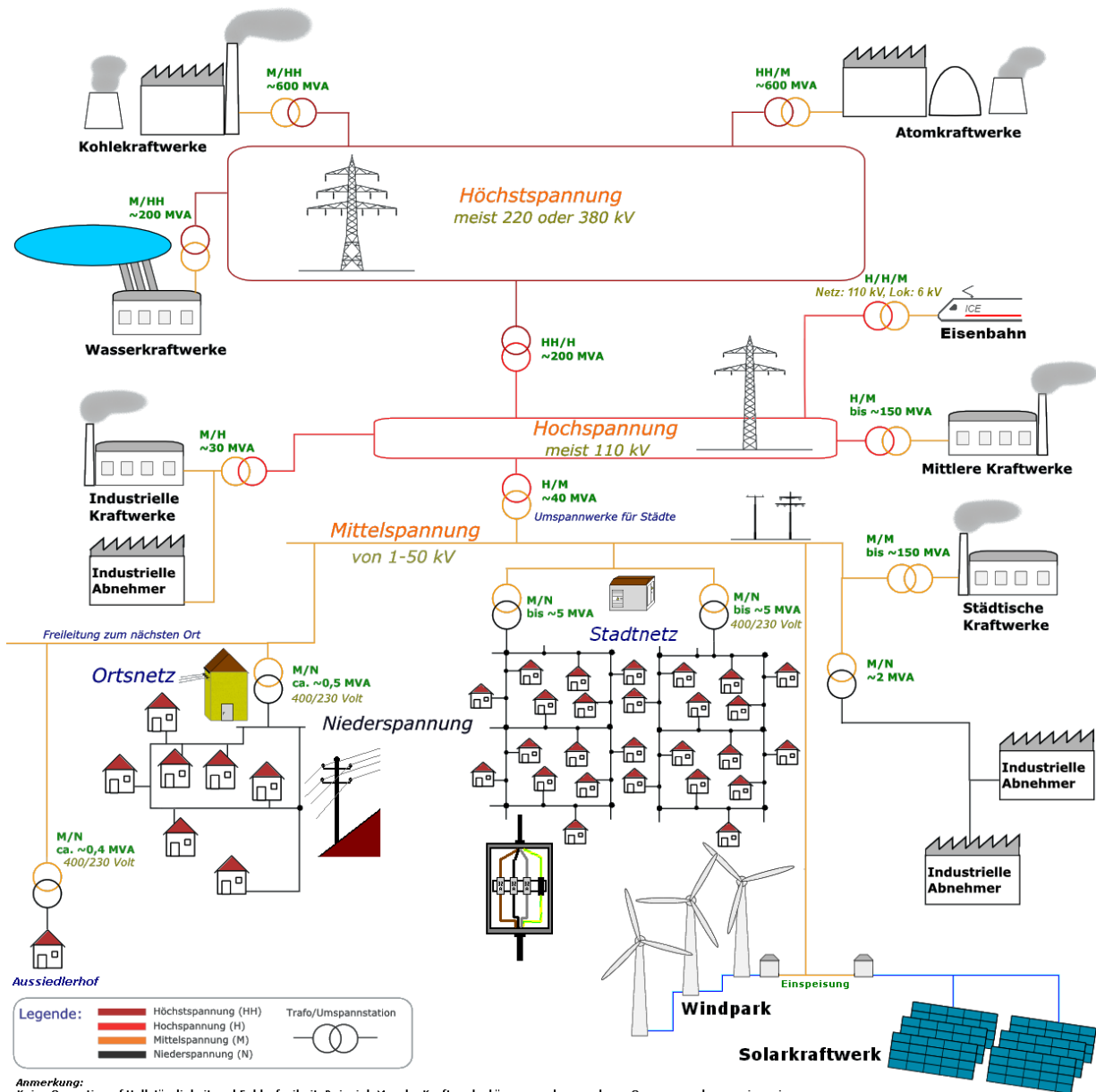


Abb. 14: Funktionsweise des Stromnetzes

Stefan Rieple, Quelle: Wikimedia // <http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Stromversorgung.png>, Stand 14.02.2014

Prinzipiell ist ein Stromnetz ein weit gefasster Begriff und bezeichnet in der elektrischen Energietechnik ein Netzwerk aus elektrischen Stromleitungen wie Freileitungen und Erdkabeln und den dazugehörigen Einrichtungen wie Schalt-, Umspannwerke und die daran angeschlossenen Kraftwerke und Verbraucher.



Begriff

Es gibt verschiedene und gebräuchliche Bezeichnungen für das Stromnetz: Energieverbundnetz, Lichtnetz, Stromverbundnetz, Elektroenergienetz, Energieversorgungsnetz, Stromversorgungsnetz, Elektrizitätsnetz und Kraftnetz. In Fahr- und Flugzeugen spricht man vom Bordnetz. In Deutschland steht der Begriff Stromnetz meist für das Verbundnetz zur Versorgung der Verbraucher durch die Energieversorgungsunternehmen mit elektrischer Energie.

Aufgaben

Stromnetze dienen der Versorgung der Verbraucher mit Strom und stellen die Verbindung mit den stromerzeugenden Kraftwerken auf unterschiedlichen Spannungsebenen her. Bei der Übertragung von hohen Leistungen können hohe Verluste entstehen, die durch hohe Spannungen verringert werden. Hierdurch sinken der erforderliche Querschnitt der Stromleitungen und der Aufwand für die Schalteinrichtungen. Das Stromversorgungsnetz umfasst üblicherweise vier Spannungsebenen. Das übergeordnete Höchstspannungsnetz ist in Europa in der Regel auf 380.000 Volt (entsprechend 380 kV) bzw. 220.000 Volt (220 kV) ausgelegt. Im Hochspannungsnetz sind 110 kV üblich. Im nachgelagerten Mittelspannungsnetz sind Spannungsstufen zwischen 1 und 30 kV gebräuchlich. Die Niederspannungsebene bei den Verbrauchern wird mit 400 Volt für Dreiphasenwechselstrom und 230 Volt für Einphasenwechselstrom betrieben. Als Netzfrequenz ist in Europa 50 Hertz (Hz) gebräuchlich.

In anderen Ländern und Kontinenten haben sich andere Spannungsebenen oder Frequenzen in den Stromnetzen entwickelt. Eine höhere Spannung wird beispielsweise in Polen bei der 750-kV-Leitung Rzeszów–Chmelnizkyj verwandt. Im Höchstspannungsbereich werden beispielsweise in Asien auf der Drehstromleitung Ekibastus–Kökschetau mit 1,15 MV eingesetzt. In Nordamerika ist im Niederspannungsbereich das Einphasen-Dreileiternetz mit 120 V und 240 V Netzspannung und einer Netzfrequenz von 60 Hz üblich.

Eine Besonderheit in Deutschland stellt das Stromnetz der Deutschen Bahn dar, das mit Einphasenwechselstrom bei einer Frequenz von 16,7 Hz betrieben wird. In der Frühzeit der Elektroantriebe für Lokomotiven Anfang des 20. Jahrhunderts konnte die Funkenbildung an der Drehverbindung (Kommutator) nur dadurch begrenzt werden, dass der Betrieb bei niedriger Frequenz erfolgte. Daher wurden Maschinenumformer oder Generatoren eingesetzt, durch deren Polteilung die Netzfrequenz von 50 Hz gedrittelt wurde, also $16\frac{2}{3}$ Hz als Frequenz des Bahnstroms ergab.

Freileitungsnetze zur Verteilung von Elektroenergie werden auch zur Nachrichtenübertragung eingesetzt, mittels Trägerfrequenzverfahren auf den Leiterseilen, über die Erdseile oder über mitverlegte Nachrichtenkabel (meist Glasfaserkabel). Die Nachrichtenübertragung wird von den Energieversorgern selbst verwendet oder auch anderen Nutzern angeboten.



Technik

Spannungsebenen

Stromnetze teilt man nach der Spannung ein, bei der sie elektrische Energie übertragen:

- **Höchstspannung:** In Westeuropa in der Regel 220 kV oder 380 kV. In Kanada und in den USA werden 735 kV und 765 kV verwendet. In Russland existiert ein ausgedehntes 750-kV-Netz, von dem einzelne Leitungen auch nach Polen, Ungarn, Rumänien und Bulgarien führen. Eine 1150-kV-Leitung führt vom Kraftwerk Ekibastus (Kasachstan) zur Stadt Elektrostal (Russland). Sie wird heute jedoch mit 400 kV betrieben.
- **Hochspannung:** 60 kV bis 150 kV. In Deutschland und Österreich wird fast durchgängig 110 kV verwendet. Daneben existieren noch in Schleswig-Holstein, bei Winsen (Aller), in der Nähe von Landesbergen, im Saarland und bei Phillipsthal Leitungen mit 60 kV-Betriebsspannung.
In der Schweiz existiert kein einheitlicher Wert im Hochspannungsnetz.
- **Mittelspannung:** 1 kV bis 30 kV. Für Netze mit hohem Freileitungsanteil, ausgedehnten ländlichen Regionen und bei neuen Installationen sind 20 kV bis 25 kV üblich. In städtischen Regionen, wo teilweise noch ältere Erdkabel in Papier-Blei-Ausführung mit Aluminium als Strom-Leiter dienen, deren Austausch teuer ist, wird eine niedrigere Mittelspannung mit 10 kV eingesetzt.
- **Niederspannungsnetze:** 230 V oder 400 V. In der Industrie sind auch andere Niederspannungen üblich, zum Beispiel 500 V oder 690 V.

Die Höchst-, Hoch- und Niederspannungen sind für Westeuropa weitgehend standardisiert. Bei der Mittelspannung ist das zu aufwändig, da man sehr viele alte Erdkabel uneinheitlicher Maximalbetriebsspannung austauschen müsste.

Funktion der einzelnen Netze

- Das Übertragungsnetz bedient sich der Drehstrom-Hochspannungs-Übertragung (DHÜ, engl. HVAC). Es verteilt die von Kraftwerken erzeugte und ins Netz eingespeiste Energie landesweit an Leistungstransformatoren, die nahe an den Verbrauchsschwerpunkten liegen. Auch ist es über sogenannte Kuppelleitungen an das internationale Verbundnetz angeschlossen.
- Das in Europa üblicherweise mit 110 kV betriebene Verteilnetz sorgt für die Grobverteilung elektrischer Energie. Leitungen führen hier in verschiedene Regionen, Ballungszentren zu deren Umspannwerken oder große Industriebetriebe. Abgedeckt wird ein Leistungsbedarf von 10 bis 100 MW.
- Das Mittelspannungsnetz verteilt die elektrische Energie an die regional verteilten Transformatorstationen oder größere Einrichtungen wie zum Beispiel Krankenhäuser oder Fabriken. Stadtwerke, die ebenfalls kleinere Kraftwerke oft auch mit Kraft-Wärme-Kopplung betreiben, speisen ihren Strom in das Mittelspannungsnetz.



- Die Niederspannungsnetze sind für die Feinverteilung zuständig. Die Niederspannung wird in Europa auf die üblichen 400 V bzw. 230 V transformiert und damit werden private Haushalte, kleinere Industriebetriebe, Gewerbe und Verwaltungen versorgt. Diese Leitungen werden auch als die letzte Meile bezeichnet. Kleine – etwa private – Photovoltaikanlagen speisen Überschussleistung auf dieser Niederspannungsebene ein.

Die Verteiltransformatoren im Mittelspannungsnetz haben im Allgemeinen ein festes Übersetzungsverhältnis. Um trotz der im Laufe eines Tages auftretenden großen Lastschwankungen die Netzspannung beim Verbraucher in etwa konstant halten zu können, kann das Übersetzungsverhältnis der Leistungstransformatoren zwischen Hoch- und Mittelspannungsnetz (z. B. 110 kV/20 kV) in Grenzen variiert werden. Dazu werden von der Primärwicklung mehrere Anzapfungen nach außen geführt. Ein extra dafür gebauter Schalter, ein sogenannter Stufenschalter, erlaubt das Umschalten zwischen den Anzapfungen, ohne den Transformator dazu abschalten zu müssen. Dieser Vorgang wird Spannungsregelung genannt. Für die einwandfreie Funktion vieler Geräte muss die Netzspannung innerhalb enger Grenzen gehalten werden. Zu hohe oder zu niedrige Spannungen können durch Störungen verursacht werden.

Daneben gibt es auch Leitungen mit hochgespanntem Gleichstrom für Übertragung über weite Strecken, insbesondere Seekabel in Form der Hochspannungs-Gleichstrom-Übertragung (HGÜ).

Verbindung der Stromnetze untereinander

Die Verbindung von Stromnetzen mit unterschiedlichen Spannungsebenen erfolgt über Transformatoren, die in Umspannanlagen installiert sind. Der Stromfluss durch die Netze und zu Netzen mit gleicher Spannungsebene erfolgt über Schaltanlagen. Stromnetze mit unterschiedlicher Frequenz oder Phasenzahl oder Stromnetze, die nicht miteinander synchronisiert sind, müssen über HGÜ-Anlagen oder Motor-/Generator-Kombinationen miteinander gekoppelt werden.

Verbundnetz

In einem Verbundnetz werden mehrere Kraftwerke und Abnehmerzentren zusammengefasst und der lokale Unterschied zwischen Angebot und Nachfrage von Momentanleistung kann innerhalb des Netzes besser ausgeglichen werden. Sie stellen somit den Gegenpol zu Inselnetzen dar.

Durch ein Verbundnetz ergeben sich Vorteile:

- das Energiesystem wird stabiler, da so Überkapazitäten und Unterkapazitäten abgefangen werden bzw. sich ausgleichen können,
- durch Leistungsaustausch können Lastschwankungen kurzfristig besser ausgeglichen werden als nur durch Regelung der Kraftwerke, und
- die Betriebszuverlässigkeit des Netzes wird gesteigert.



Innerhalb eines Verbundsystems müssen alle Erzeuger synchron arbeiten. Dreiphasenwechselstrom führt zu höheren Übertragungsverlusten in den Kabeln, so dass er zum Beispiel bei einem Seekabel von über 30 km Länge nicht verwendet wird. In Mittel- und Westeuropa wird auf dem Gebiet der Union for the Co-ordination of Transmission of Electricity (UCTE) ein Europäisches Verbundsystem betrieben, die organisatorischen Belange wurden im Jahr 2009 durch die ENTSO-E übernommen.

Einspeisenetz

Ein Einspeisenetz ist ein speziell für die Aufnahme und Weiterleitung von Strom aus erneuerbaren Energien ausgelegtes Stromnetz, welches mit dem Versorgungsnetz, häufig auch mit dem Übertragungsnetz verbunden ist. Einspeisenetze sind ein Grundbestandteil von Hybridkraftwerken. Im Unterschied zu öffentlichen Versorgungsnetzen sind Einspeisenetze weniger redundant und für geringere Volllaststunden ausgelegt und somit schnell und kostengünstig (als regionale Erdkabelnetze) zu errichten. Einspeisenetze dienen insbesondere der Verbesserung der Systemintegration der erneuerbaren Energien im Strombereich.

Verteilung

Die elektrische Energie kann in diesen Mengen nur drahtgebunden über Hochspannungsleitungen – Freileitungen und Erdkabel – übertragen werden. Beide Systeme haben Vor- und Nachteile.

Für den Einsatz von Freileitungen sprechen die geringeren Kosten sowie leichtere Lokalisierbarkeit und Behebbarkeit von Fehlern. Freileitungen sind Umwelteinflüssen (z.B. Stürmen) ausgesetzt, können das Landschaftsbild beeinträchtigen und können in seltenen Fällen Menschen, Tiere und Sachgüter gefährden.

Es gibt verschiedene Typen von Freileitungs-Masten.

Erdkabel haben einen geringeren Platzbedarf, sind vor Umwelteinflüssen besser geschützt und bei der Bevölkerung akzeptierter. Ihr Bau ist aber deutlich teurer; der Wartungsaufwand bei Defekten ist hoch und es gibt technische Probleme, wenn unterirdische Hochspannungsleitungen gewisse Kabellängen überschreiten. Beispielsweise ist die Wärmeabfuhr bei Freileitungen durch die umgebende Luft gewährleistet, bei Erdkabeln nicht. Weitere Probleme entstehen durch die enorme Blindleistung, die wiederum durch die hohe Kapazität des Kabels bedingt ist.

Das deutsche Stromnetz ist etwa 1,78 Millionen Kilometer lang:

- 1,16 Mio. km Niederspannungsebene
- 507.210 km auf die Mittelspannung und
- 76.279 km auf die Hochspannungsebene
- 35.708 km Höchstspannungsnetze



Im Jahr 2003 waren etwa 71 % unterirdisch verlegt. Ein Vergleich zu dem Wert für 1993 – etwa 64 % – zeigt die Tendenz, zufolge des Leitungsausbaus im Bereich der Niederspannungsnetze und teilweise Mittelspannung, die unterirdische Stromverteilung auszubauen. Im Hoch- und insbesondere Höchstspannungsbereich spielen die unterirdisch verlegten Erdkabelsysteme bezüglich Längenanteil kaum eine Rolle.

Quelle: Wikipedia, <http://de.wikipedia.org/wiki/Stromnetz>, Stand 14.02.2014

Wasser

Die Versorgung der Bevölkerung mit sauberem Trinkwasser war vor 1900 heikel. Ursprünglich versorgte sich die Stadtbevölkerung über vorhandene Quellen und Brunnen mit Trinkwasser.⁴⁷ Doch schon Ende des 18. Jh. wurde das städtische Brunnenwasser verdächtigt, mit Bakterien verseucht zu sein. Ausschlag gebend war die unzulängliche Entwässerung der Haushalte, wobei bakteriell belastetes Abwasser das Grundwasser verseuchte.⁴⁸ Bei der Entsorgung von Jauche und Dung war es gängige Praxis, diese an Straßenrändern zu entsorgen. Auch die Abortgruben in den Kellern belasteten das Grundwasser. Sie befanden sich oftmals in direkter Nachbarschaft zu Trinkbrunnen. Die fehlende Trennung von Wasserversorgung und Abwasserentsorgung führte vor Mitte des 19. Jahrhunderts immer wieder zu Seuchen und Epidemien. Dass diese Zustände nicht mehr den Anforderungen sich rasch entwickelnder Industriestädte entsprachen, liegt auf der Hand.

Der massenhafte Zuzug arbeitssuchender Menschen stellte auch die Ruhrgebietsstädte mehr und mehr vor Probleme bei der Wasserversorgung. Der Bergbau verschärft die Situation, weil durch das Abteufen der Schächte der Grundwasserspiegel absank und viele Brunnen kein Wasser mehr führten.⁴⁹ Einziger Ausweg war der Bau einer zentralen Wasserversorgung und die Erschließung alternativer Wasserbezugsquellen. Vorbilder gab es in Hamburg, das bereits 1848 ein Wasserwerk besaß, Berlin verfügte als erste deutsche Stadt über eine zentrale Wasserversorgung, Stadtentwässerung und Kanalisation.⁵⁰ Nachdem die Lippe als Wasserlieferant aufgrund des hohen Salzgehaltes ausschied und die Emscher bereits damals von den Abwässern der anliegenden Städte und Industrieanlagen stark belastet war, fokussierten sich die Kommunen auf die Ruhr als Trinkwasserlieferant für das Ruhrgebiet. Die Stadt Essen begann 1864 mit dem Bau einer zentralen Wasserversorgung für die Stadtbewohner.⁵¹ 1870 beschloss die Stadt Dortmund die Errichtung einer städtischen

⁴⁷ Dortmunder Energie- und Wasserversorgung GmbH 1997, S. 11.

⁴⁸ Dortmunder Energie- und Wasserversorgung GmbH 1997, S. 22 f.

⁴⁹ Dortmunder Energie- und Wasserversorgung GmbH 1997, S. 8

⁵⁰ Kleinschmidt 1998, S. 19.

⁵¹ Stadtwerke Essen 1999, S. 5.



Wasserversorgung: Ab 1872 floss das erste Ruhrwasser durch Dortmunds Wassernetz. Nach und nach folgten die Städte Bochum 1871, Duisburg 1875 und Gelsenkirchen 1887.

Trotz einer vorhandenen zentralen Wasserversorgung konnten die vom Trinkwasser ausgehenden Gefahren nicht ausgeräumt werden. Größtes Problem war, dass die Ruhr im 19. Jahrhundert trotz ihrer Funktion als Trinkwasserlieferant immer noch Abwässer der Industrie aufnehmen musste. Diese unheilvolle, sich eigentlich gegenseitig ausschließende Bewirtschaftung des Flusses sollte schon bald verheerende Auswirkungen haben. Nachdem es in Gelsenkirchen bereits Mitte der 1880er Jahre eine Cholera-Epidemie gegeben hatte, brach 1901 eine Typhusepidemie aus. Diese wurde durch eine Kombination fragwürdiger Wassergewinnungsmethoden hervorgerufen. So ließ man im Wasserwerk Steele ungefiltertes Ruhrwasser in das Leitungsnetz und gab es an die Endverbraucher weiter. Betroffen waren damals der Stadt- und Landkreis Gelsenkirchen und die Kreise Recklinghausen, Essen und Hattingen mit insgesamt 400.000 Einwohnern. Damals erkrankten über 3.000 Menschen, wovon mehr als 200 starben.⁵² Auch andere Großstädte blieben im 19. Jahrhundert von Seuchen und Epidemien nicht verschont. In Wien brach 1830/1831 eine große Choleraepidemie aus, weil Hochwasser den Wienfluss über die Ufer treten ließ und den eingeleiteten Unrat in die Stadt spülte. Damals starben 2.000 Menschen.⁵³ In München kam es wiederholt zu Epidemien: 1836 schwere Choleraepidemie, 1854 erneute Choleraepidemie mit 3.000 Toten sowie 1873 Cholera- und Typhusepidemie.⁵⁴ Und in Hamburg erkrankten 1892 aufgrund ungeklärten Elbewassers 17.000 Menschen an der Cholera, von denen 8.605 starben.⁵⁵

Die staatlichen Aufsichtsbehörden beanstandeten bereits Ende des 19. Jahrhunderts die unhaltbaren Zustände bei der Trinkwasserversorgung und ergriffen Initiativen zur Verbesserung der Situation.⁵⁶ In diesem Zusammenhang muss auch die Gründung des Ruhrtalsperrenvereins im Jahre 1899 gesehen werden, zu dessen Aufgaben die Sicherstellung der Wasserversorgung durch den Bau von Talsperren im Einzugsbereich der Ruhr gehörte. Der Ruhrtalsperrenverein war die erste überregionale Institution zur Sicherung einer quantitativen und qualitativen Versorgung der Ruhrgebietsbevölkerung mit Trinkwasser.⁵⁷ Dennoch verbesserte sich die Wasserversorgung nur unwesentlich und es wurden weitere staatliche Maßnahmen erforderlich. Dazu zählte die Gründung des Ruhrverbandes 1913, zu dessen Aufgaben

⁵² Beate Olmer, Stefan Nies, Jürgen Büschenfeld: Alles strömt – 125 Jahre Gelsenwasser AG (1887 – 2012), Gelsenkirchen 2012, S. 46.

⁵³ Glück, La Speranza, Ryborz: Unter Wien – Auf den Spuren des Dritten Mannes durch Kanäle, Gräfte und Kasematten, Berlin 2001, S. 86.

⁵⁴ Landeshauptstadt München Baureferat (Hg.): Im Untergrund von München, München 2001, S.76.

⁵⁵ Kleinschmidt 1998, S. 19.

⁵⁶ Kleinschmidt 1998, S. 32.

⁵⁷ Dortmunder Energie- und Wasserversorgung GmbH 1997, S. 54.



es gehörte schädigende Einflüsse von der Ruhr und Ihren Nebenflüssen fernzuhalten.⁵⁸ Somit führte erst ein Bündel von Maßnahmen zu Erfolgen, wozu sicherlich auch strengere Kontrollen der Wasserwerke und der Einsatz von Chlor zur Desinfektion des Trinkwassers gehörten. Darüber hinaus wurden die Grundwasserbrunnen, die man entlang der Ruhraue für die Erzeugung des Uferfiltrats benötigte, mindestens 50 Meter vom Ufer zurückversetzt, auch die Einführung der künstlichen Grundwasseranreicherung, einer damals neuen Methode zur Verbesserung der Grundwasserqualität, führte zu Erfolgen. Neue Wassergewinnungsgebiete konnten durch die Gelsenwasser AG auf Lippe 1902 und Stever 1908 ausgeweitet und sukzessive Talsperren in Betrieb genommen werden. Die Listertalsperre 1910, die Möhnetalsperre 1913 und die Stevertalsperre 1930 konnten als weitere Wasserlieferanten in das Verbundsystem einbezogen werden.

Andreas Immenkamp

Täglicher Wasserbedarf

Vom morgendlichen Zähneputzen angefangen bis hin zum letzten Wasserrauschen vor dem Schlafengehen, soviel Trinkwasser verbraucht der deutsche Bürger durchschnittlich am Tag:

- zum Trinken und Kochen 3 – 6 l
- zum Geschirrspülen 4 – 7 l
- zur Wohnungsreinigung 3 – 10 l
- zur Körperpflege 10 – 15 l
- zum Baden und Duschen 20 – 30 l
- zum Wäschewaschen 20 – 40 l
- zur WC-Spülung 20 – 40 l

Schwimmbäder kalkulieren 100 Liter für jeden Besucher. In Krankenhäusern rechnet man mit 500 Litern pro Patient und Tag. Auch alle anderen Gemeinschaftseinrichtungen kommen nicht ohne Wasser aus. Öffentliche Gebäude und Sportplätze haben ihren Bedarf, Kanäle müssen gespült und Straßen sauber gehalten werden. Das Lebelement Wasser lässt unsere Gartenanlagen grünen und die Wirtschaft in unserer Region produzieren.

Quelle: DEW21, <http://www.dew21.de/de/Privat--und-Gewerbekunden/Energie-und-Wasser/Wasser/Wasserversorgung/Taeglicher-Wasserbedarf.htm>, Stand: 14.02.2014

⁵⁸ Dortmunder Energie- und Wasserversorgung GmbH 1997, S. 57.



Wasserleitung

Bei einer **Wasserleitung** handelt es sich um ein technisches System zum Transport von Wasser an Orte, an denen es auf natürlichem Wege nicht zur Verfügung steht.

Wasserleitungen für die Wasserversorgung sind wichtiger Bestandteil einer Zivilisation, da durch die Versorgung mit Frischwasser die Gefahr von Krankheiten durch mangelnde Hygiene gemindert wird. Außerdem spielt in vielen Regionen die Bewässerung in der Landwirtschaft eine zentrale Rolle. Wichtig hierfür ist neben der Zuleitung von Wasser auch ein funktionierendes Abwassersystem, in Feuchtgebieten auch eine Entwässerung. Eine offene Wasserleitung ist ein Kanal. In flachen Gelände lassen sich Wasserleitungen als *Wassergraben* ausführen, in bergigerem Gelände sind weitreichendere Baumaßnahmen nötig, wie Wassertunnel und Aquädukte (Wasserbrücken), man spricht dann ausdrücklich von *Wasserleitung*. In der modernen Wasserversorgung spielen offene Systeme nur noch eine untergeordnete Rolle, vorwiegend werden Druckstollen und Druckleitungen verwendet.

Historische Wasserleitungssysteme

Die ältesten Überlieferungen über Bauwerke zur Wasserleitung stammen aus der Zeit des ägyptischen Pharaos Ramses dem II, also ca. 1300 v. Chr. Auch die Römer waren für ihre umfangreichen Aquädukte bekannt. In Pergamon existierte bereits eine Druckwasserleitung. Auch das Bewässerungssystem von Turfan in China ist von hohem Alter. Im Mittelalter wurden hölzerne Leitungen, die *Pipen* verwendet. Daneben findet man in trockeneren Bergregionen noch heute aufwändige, uralte bäuerliche Kanalsysteme:

- Suonen oder Bissen im Wallis, Schweiz
- Münstertal und Gebiet des Flimser Bergsturzes (Kanton Graubünden, Schweiz)
- Oberinntal (Tirol, Österreich)
- Waale im Vinschgau (Südtirol, Italien)
- Aostatal (Region Aosta, Italien)
- Wuhre im Schwarzwald
- Levadas auf Madeira

Zu den letzten mit Aquädukten erbauten großen Wasserleitungen zählen die Wiener Hochquellenwasserleitungen.

Moderner Wasserleitungsbau in Gebäuden

In Neubauten werden heute Trinkwasserleitungen in Rohrleitungen mit kleinen Nennweiten aus unterschiedlichen Werkstoffen verlegt, die hohem Druck, typischerweise 3 Bar bis 6 Bar, standhalten und praktisch wartungsfrei sind. Als Werkstoffe kommen Kupfer, nichtrostender Stahl, Kunststoff oder Kunststoff-



Verbundsysteme zum Einsatz. Die Anforderungen an die Werkstoffe sind in zahlreichen technischen Regeln von DIN und DVGW festgeschrieben. Mit dem DVGW-Zertifizierungszeichen gekennzeichnete Produkte können bedenkenlos in der Trinkwasserinstallation verwendet werden. Wasserleitungen in Gebäuden bestehen heute im Wesentlichen aus

- dem Hausanschluss mit Wasserhauseinführung und Erstabsperrung,
- einem Wasserzähler und dem Trinkwasserfilter,
- diversen Rohrleitungen innerhalb des Hauses mit Rohren, Formstücken, Armaturen und Zapfarmaturen,
- gegebenenfalls aus Rohrhalterungen, sofern die Rohrleitung frei außerhalb der Hauswände verlegt wird.

Frühere Leitungen aus Metallen wie verzinktes Stahlrohr korrodieren in Verbindung mit Wasser und Sauerstoff übermäßig und sind deshalb nicht für eine Trinkwasserinstallation geeignet. Rohrleitungen aus Blei, die seit langem nicht mehr den Anforderungen entsprechen, aber teilweise im Altbestand noch vorhanden sind, dürfen nicht mehr verwendet werden, da die Abgabe von Blei an das Wasser zu ernsthaften Gesundheitsschäden führt. Während bis zur Novellierung der deutschen Trinkwasserverordnung im Jahr 2001 das frei strömende und nicht stagnierende Wasser die Grenzwerte für Blei noch einhalten konnte, ist dies mit Inkrafttreten der neuen Grenzwerte nicht mehr der Fall. Diese Rohrleitungen müssen daher unbedingt ersetzt werden. Bestimmte Werkstoffe zur Herstellung von Wasserhähnen enthalten geringe Mengen an Blei, damit diese Messinglegierungen leichter bearbeitet werden können. Wenn Wasser über Nacht oder länger in den Armaturen steht, nimmt es daher geringe Mengen an Blei auf, die - je nach Dauer und Modell - teilweise den Grenzwert überschreiten können. Stagnation in anderen Werkstoffen kann das Trinkwasser negativ verändern, dies ist aber in der Regel nur bei Verwendung von nicht DIN-DVGW-zertifizierten Materialien der Fall. Wasser sollte nach mehrstündigen Stillstandsphasen in der Leitung erst einige Sekunden lang abfließen, ehe es zu Trink- oder Kochzwecken genutzt wird. Als Nutzwasser, zum Beispiel zum Blumengießen, kann es ohne weiteres sofort verwendet werden.

Neben Trinkwasser werden Wasserleitungen auch zum Transport von Betriebswasser verwendet. Beispielsweise wird bei der Zentralheizung die Heizenergie mittels Warmwasser transportiert. Teilweise gab es in vergangenen Zeiten auch getrennte Wasserleitungen für Trink- und Brauchwasser.

Quelle: Wikipedia, <http://de.wikipedia.org/wiki/Wasserleitung>, Stand: 14.02.2014



Links zum Thema „Versorgung“

Technische Daten über Spannung und Versorgung mit elektrischer Energie in Deutschland

elektrische-energie-strom.de // Artikel über elektrischen Strom von der Stromerzeugung bis zum Hausanschluss // Lutz Oschmann

http://www.elektrische-energie-strom.de/strom_energie_versorgung.php, Stand: 14.02.2014

Geschichte der Wasserversorgung – Von den ersten Kanälen bis heute

klassewasser.de - Berliner Wasserbetriebe // Unterrichtsmaterialien zum Thema „Wasser“

<http://www.klassewasser.de/content/language1/html/945.php>, Stand: 14.02.2014

Kinderuni: Die Reise in die Unterwelt

KIT Karlsruher Institut für Technologie // YouTube Video // Workshop zum Thema „Abwasserreinigung“

<http://www.youtube.com/watch?v=H6JnIN8jNXo>, Stand: 14.02.2014

Die Hüter des Wassers - Deutsch 1/2

Ruhrverband // YouTube Video // Imagefilm Teil 1/2

<http://www.youtube.com/watch?v=jJ7ZUI0xuP4>, Stand: 14.02.2014

Die Hüter des Wassers - Deutsch 2/2

Ruhrverband // YouTube Video // Imagefilm Teil 2/2

http://www.youtube.com/watch?v=YqJA_KvPpmE, Stand: 14.02.2014



3.3.3 Entsorgung

Abwasserentsorgung

„Die Kanalisation, das unterirdische Reinigungssystem einer Stadt, erregt seit jeher Gefühle, die von Abneigung, Ekel oder gar Furcht bestimmt sind. Die Vorstellung, in diese finstere Welt der Abwässer und Fäkalien einzudringen, löst unwillkürlich Schauern und Befremden, aber auch Neugier und Interesse aus.“⁵⁹ Dieses Zitat steht am Anfang der Festschrift zum 100-Jährigen Bestehen der Münchener Kanalisation aus dem Jahre 2001. Es verdeutlicht, wie unterschiedlich die Einstellungen und Assoziationen bei näherer Betrachtung dieses Themas sind. Im Gegensatz zu den Versorgungssystemen einer Stadt sind ihre Abwasserkanäle direkt erfahrbar. Man kann diese unbekannte Welt unter unseren Füßen begehen. Voraussetzung dafür ist, dass die Kanalquerschnitte größer oder gleich 140 cm sind. So sind allein 500 km des insgesamt 5.000 km langen Hamburger Kanalnetzes begehbar.⁶⁰ In Dortmund sind es 113,4 km von 1.900 km.

Die Versorgung der Stadtbevölkerung mit Trinkwasser zog unweigerlich auch die Frage nach dem Verbleib der Abwässer aus den Haushalten nach sich. Nur jeweils wenige Jahre, nachdem die Haushalte über Wasseranschlüsse verfügten, reagierten die Kommunen und begannen sukzessive mit dem Bau von Abwasserkanälen unterhalb



Abb. 15: Einstieg in den Kanalschacht // ca. 1995 // Fotografie

Dortmund, Stadt Dortmund –
Abwasserbetrieb

der Straßen. Die Stadtentwässerung ist ein weit verzweigtes Labyrinth eines unterirdischen Systems aus Schächten, Rohren und Kanälen, in denen die Abwasserströme den Kläranlagen zufließen. Vor dem Bau von Klärwerken und Rieselfeldern ergoss sich das Abwasser zunächst in natürliche Gewässer. Für die Stadt Dortmund sind mit der Stadtentwässerung diverse Aufgaben verbunden: Unterhaltung und Betrieb von 1.900 km Kanal, 50.000 Schächten und zahlreichen abwassertechnischen Bauwerken, sowie Planung und Umsetzung von Maßnahmen zur Sanierung und Erweiterung des Netzes. Kaum jemand vermutet, dass die Kanalisation eine der größten Vermögensanlagen der Stadt ist.⁶¹

⁵⁹ Landeshauptstadt München Baureferat 2001, S. 7.

⁶⁰ Sven Bardua: Unter Elbe, Alster und Stadt - Die Anfänge der Kanalisation in Hamburg, München/Hamburg 2011, S. 11.

⁶¹ Stadt Dortmund, Tiefbauamt – Stadtentwässerung (Hg.): 125 Jahre Stadtentwässerung in Dortmund – Festschrift zum Jubiläum der Stadtentwässerung Dortmund, Dortmund o. J., S. 9.



1880, acht Jahre nach dem Aufbau des Wasserversorgungsnetzes, begann die Stadt Dortmund mit dem planmäßigen Ausbau der Kanalisation. Ausgehend von der Stadtmitte wurden die Baumaßnahmen bis in die Randgebiete vorangetrieben. Zur gängigen Praxis gehörte es, im Zuge des expandierenden Straßenbaus die Kanalisation gleich mit zu verlegen.⁶²

Der Kanalbau erfolgt entweder in offener Bauweise - Aushub eines Grabens, Verlegung der Rohre und anschließendes Verfüllen - oder durch den unterirdischen grabenlosen Kanalbau. Die offene Bauweise bedeutet in der Regel eine starke Behinderung des Straßenverkehrs und der Anwohner, im Gegensatz zum kaum wahrnehmbaren grabenlosen Rohrvortrieb, der speziell in verkehrstechnisch prekären Situationen (z.B. Unterquerung von Bahntrassen, Wasserstraßen, Bebauung usw.) zum Einsatz kommt.⁶³

Der grabenlose Kanalbau erfolgt je nach den geologischen Bedingungen unter Einsatz von Mikrotunnelmaschinen, Rohrvortrieb, Spülbohrverfahren aber auch im bergmännischen Stollenvortrieb.

Dortmund war für den grabenlosen Kanalbau wegbereitend. So wurde bereits 1937 beim Bau eines Hauptvorflutkanals in der Nähe der Wambeler Straße eine Vortriebsmaschine für Lockergestein mit halbkugelförmig angeordneten Schneidmessern der Firma Hallinger eingesetzt.⁶⁴ 1966 ließ die Stadt den Hauptsammler unter der Hövelstraße/Luisenstraße in grabenloser Bauweise herstellen. Die Maschine wurde speziell für dieses Bauvorhaben von den Firmen Wix & Liesenhoff und Söding & Salbach entwickelt. Erstmals kam in Deutschland eine solche Maschine zum Auffahren des knapp 1.000 m langen Hauptsammlers mit 2,1 m Durchmesser zum Einsatz, um die harte Mergelschicht zu durchstoßen. Für die Bewältigung der Strecke benötigte die Maschine damals eineinhalb Jahre.⁶⁵

Der Bau von Abwassersystemen wurde lange Zeit in Ziegelmauerwerk ausgeführt. Die anspruchsvolle Herstellung von Kanälen und Schächten aus säurefesten und wasserundurchlässigen Kanalklinkern gehörte sicherlich zu den am geringsten beachteten „Meisterwerken“ der Maurerkunst. Heute werden Abwassersysteme fast ausschließlich mit Betonrohren hergestellt.

Andreas Immenkamp

⁶² Stadt Dortmund, Tiefbauamt – Stadtentwässerung, S. 28.

⁶³ Stadt Dortmund, Tiefbauamt – Stadtentwässerung, S. 35.

⁶⁴ Bardua 2011, S. 122.

⁶⁵ Interview mit Herrn Ruddies, Hagen vom 19.3.2013.



Medienberichte und Links zum Thema „Entsorgung“

Dortmund von unten: 1900 Kilometer Kanalisation unter Dortmund

WAZ // 11.04.2013

<http://www.derwesten.de/staedte/dortmund/stadtinfo/1900-kilometer-kanalisation-unter-dortmund-id7817348.html>, Stand: 14.02.2014

Geschichte vom Abwasser

ÖkoLeo Umwelt-Onlinemagazin des HMUKLV // Beitrag zum Thema „Abwasser“

http://www.oekoleo.de/index.php?article_id=390, Stand: 14.02.2014

Leon auf der Spur des Abwassers - Wie funktioniert eine Kläranlage?

Ruhrverband // YouTube Video // Rundgang über eine Kläranlage

<http://www.youtube.com/watch?v=TOI-4d2XzUc>, Stand: 14.02.2014

Die Reise des Wassers

Stadtwerke Duisburg // YouTube Video // Dokumentation zur Wassergewinnung und -versorgung in Duisburg

<http://www.youtube.com/watch?v=aNq1x7rToc4>, Stand: 14.02.2014



3.4 Verkehr

3.4.1 Leitfragen/Gedanken

Im Ruhrgebiet leben heute mehr als 5.1 Millionen Menschen, die meisten von ihnen in Ballungsräumen. Damit ist das Ruhrgebiet eines der am dichtesten bevölkerten Regionen in Deutschland. Neben den Emittenten Industrie und private Haushalte belastet auch der Straßenverkehr die Umwelt in zunehmendem Maße. Verkehrsstaus, Belastung der Atemluft durch Motorengase (CO₂, NO_x) und Feinstaub, Lärmbelastung und Stress gehören zu den täglichen Begleiterscheinungen des Individual- und Güterverkehrs auf der Straße.



Abb. 16: Stau auf der B 1 in Dortmund // 2008 // Fotografie

Dortmund, Stadt Dortmund-Tiefbauamt, GPM Foto / Bildwerk Dortmund

Der öffentliche Personennahverkehr (ÖPNV), mit Bus oder auf der Schiene ist davon ebenfalls betroffen. Insbesondere während des Berufsverkehrs müssen viele Fahrgäste transportiert werden, die mit oberirdisch fahrenden Verkehrsmitteln ihren Beitrag zum Verkehrschaos in den Städten leisten.

Eine Möglichkeit zur Lösung der Probleme sahen die Kommunen seit Ende der 1960er Jahre in der Verlegung von Verkehrsstraßen in den Untergrund. Mit dem Bau einer unterirdischen, kreuzungsfreien Verkehrsführung sollen die Verkehrsflüsse optimiert werden und somit zur Entspannung der oberirdischen Probleme beitragen. Innerstädtische Straßenkreuzungen wurden unterfahren, Stadtteile und Dörfer untertunnelt und in mehreren Ruhrgebietsstädten U-Bahnstrecken für den ÖPNV gebaut.

Andreas Immenkamp



3.4.2 Tunnel

Die zweite Stadt – Verkehrsadern

Das Ruhrgebiet ist heute Heimat für 5,1 Millionen Menschen. In den letzten Jahrzehnten hat die Umweltbelastung durch den Straßenverkehr stark zugenommen. Regelmäßige Staus behindern den Verkehrsfluss und führen zu erheblichen Luft- und Lärmimmissionen. Bereits seit den 1960er Jahren gingen die Ruhrgebietsstädte dazu über, Teile des Öffentlichen Personen-Nahverkehrs (ÖPNV) in den Untergrund zu verlegen, um die Verkehrsflüsse zu verbessern.

Keine Region in Europa ist für den Tunnelbau jedoch so prädestiniert wie die Alpenregion. Der 1853 eröffnete Semmeringstunnel für die Bahnlinie Wien – Graz – Triest markierte den Durchbruch des Felstunnelbaus und wurde, wie alle Projekte jener Zeit, für die Eisenbahn angelegt. Der erste alpenquerende Straßentunnel „Col-de-Tende“ mit einer Länge von 3.182 m verband Italien mit Frankreich und wurde 1882 eröffnet. Erst im 20. Jahrhundert folgten weitere Straßentunnel.

Ein Tunnel ist eine künstlich hergestellte Passage, die etwas unterquert und eine gewisse Länge hat. Laut DIN 1076 muss ein Straßentunnel mindestens 80 Meter lang sein um als Tunnel bezeichnet zu werden. Für Eisenbahntunnel gilt eine Mindestlänge von 100 Metern.⁶⁶ Beim Bau kommen unterschiedliche Bautechniken zum Einsatz:

Bergmännischer Vortrieb

Der Bergmännische Vortrieb ist die klassische Form des Tunnelbaus. Mit Ausbauten aus Holz, später auch Stahl und Beton, wurden die untertägigen Strecken gesichert. Eisenbahn- und Straßentunnel machten wegen der größeren Querschnitte aufwändigere Ausbauten erforderlich. Ein Problem entstand dadurch, dass der entstehende Hohlraum gemeinhin größer ist als der benötigte Tunnelquerschnitt. Werden diese Hohlräume zwischen Mauerwerk und Gebirge nicht vollständig gefüllt, kann es zu Nachbrüchen kommen.⁶⁷ Erst mit der im Jahre 1948 durch Ladislaus Rabcewicz zum Patent angemeldeten Österreichischen Tunnelbauweise, bei der unmittelbar nach dem Ausbruch von Felsgestein mit schnell abbindendem Spritzbeton gesichert wurde, konnte das Problem gelöst werden. Eingebachte Stahlmatten erhöhten zudem die Stabilität. Auf diese Weise entsteht ein stabiler Verbund zwischen Tunnel und Berg.⁶⁸

Schildvortrieb

1818 meldete der Ingenieur Marc Isambard Brunel den Schildvortrieb zum Patent an. Im Wesentlichen ist der Schildvortrieb ein kurzes, durch Querstreben stabilisiertes Rohr

⁶⁶ Bardua 2011, S. 17.

⁶⁷ Bardua 2011, S. 31.

⁶⁸ Bardua 2011, S. 33.



mit großem Durchmesser. Vorn an der Ortsbrust wird das Gestein ausgebrochen, im hinteren Teil, dem Schildschwanz, wird die Tunnelwandung errichtet. Schrittweise wird der Schild nach vorn geschoben und so der Arbeitsraum der Arbeiter gesichert. Die Schilde haben in der Regel einen kreisförmigen Querschnitt, um den Ausbau mit Tübbing zu erleichtern. Hierbei handelt es sich um vorgefertigte Kreissegmente aus Eisenguss, Walzstahl oder Stahlbeton, die zu Ringen zusammengefügt werden und hintereinander montiert die Tunnelröhre bilden. Im Schildvortrieb aufgefahrene Tunnel können aber auch aus Stahlbeton- oder Ziegelmauerwerk bestehen.⁶⁹

Vollschnittmaschinen

Seit Mitte des 19. Jahrhunderts wurden die ersten Vollschnittmaschinen eingesetzt. Die Technik wurde im Laufe der Jahre weiter entwickelt und verbessert. Sie zählt heute zu den technischen Meisterleistungen auf dem Gebiet der grabenlosen Vortriebstechnik. Dabei handelt es sich um mechanisch arbeitende Schilde, deren rotierendes Schneidrad die gesamte Fläche der Ortsbrust abbaut. Nachdem hinter dem Schild die Tunnelröhre mit Tübbing zusammengesetzt worden ist, drückt sich die Maschine hydraulisch davon ab und schiebt sich so weiter vor. Diese Maschinen werden heute in unterschiedlichen Arbeitsgebieten eingesetzt: beim Bau von kleineren Rohrleitungen bis hin zu riesigen Eisenbahn- oder Straßentunneln.⁷⁰ Die Technik kommt auch beim Bau des neuen Emscherkanals zum Einsatz.

Straßentunnel

Ein wirkungsvolles Mittel, Verkehrsknotenpunkte zu entlasten, besteht in der Untertunnelung von Straßenkreuzungen, Bahntrassen, Wasserstraßen und Autobahnen. Aus Lärmschutzgründen werden heute sogar ganze Stadtteile und Wohngebiete unterfahren. Der Bau von Straßentunneln hat eine recht junge Entwicklungsgeschichte und setzte in größerem Umfang im Zuge des Baus von Autobahnen nach dem Zweiten Weltkrieg ein. Etwa 78 Prozent der Straßentunnel in NRW entstanden im Zeitraum von 1980 bis 2010.⁷¹

Obwohl Nordrhein-Westfalen ein relativ flaches Bundesland ist, besitzt es doch bundesweit die drittgrößte Tunneldichte. Der älteste Straßentunnel in NRW ist der Kruiner Tunnel bei Ennepetal von 1882 mit einer Länge von 89 m. Der Matena-Tunnel in Duisburg von 1911 ist mit seinen 400 m deutlich länger und zugleich der älteste Tunnel im Ruhrgebiet.⁷²

Tunnelbauwerke mit einer geringen Überdeckung werden in der Regel in offener Bauweise hergestellt, d.h. der Tunnel wird in einer Baugrube mit einem Rechteckquerschnitt hergestellt und danach eingeschüttet. Diese Methode wurde auch

⁶⁹ Bardua 2011, S. 109 f.

⁷⁰ Bardua 2011, S. 149.

⁷¹ Wikipedia: Strassentunnel.

⁷² Wikipedia: Straßentunnel.



bei einigen Bauabschnitten des Straßentunnels unter Dortmund-Berghofen eingesetzt. Mit 1.310 m ist er der viertlängste Tunnel in NRW. Er wurde am 14. Juli 2008 eingeweiht. Ziel war es, den Ortskern vom Durchgangsverkehr zu befreien und den Ort nicht durch eine stark befahrene Straße zu teilen.

Da die Unfallgefahr in Straßentunneln sehr hoch ist, werden die Straßentunnel von Tunnelleitzentralen ständig überwacht. In Nordrhein-Westfalen gibt es seit 2007 in Hamm und Duisburg Tunnelleitzentralen, die alle 43 Tunnel im Verlauf von Autobahnen, Bundes- und Landesstraßen überwachen. Die Gesamtlänge der Nordrhein-Westfälischen Tunnelbauten, die von den Tunnelleitzentralen überwacht werden, beträgt ca. 20 Km. Aufgabe der Tunnelleitzentralen ist die Überwachung des Verkehrsraumes der Tunnelanlagen. Dabei werden Gefahrensituationen (z.B. wenn ein Fahrzeug im Tunnel liegen bleibt), Geisterfahrer, Unfälle und Brand sofort an die Einsatzkräfte von Polizei und Feuerwehr weitergegeben. Von den Leitzentralen können die Fahrbahnen der Tunnel im Bedarfsfall sofort gesperrt werden. Auch die Überwachung der Betriebstechnik gehört mit zum Aufgabenbereich.

Andreas Immenkamp



Links und Medienberichte zum Thema „Tunnel“

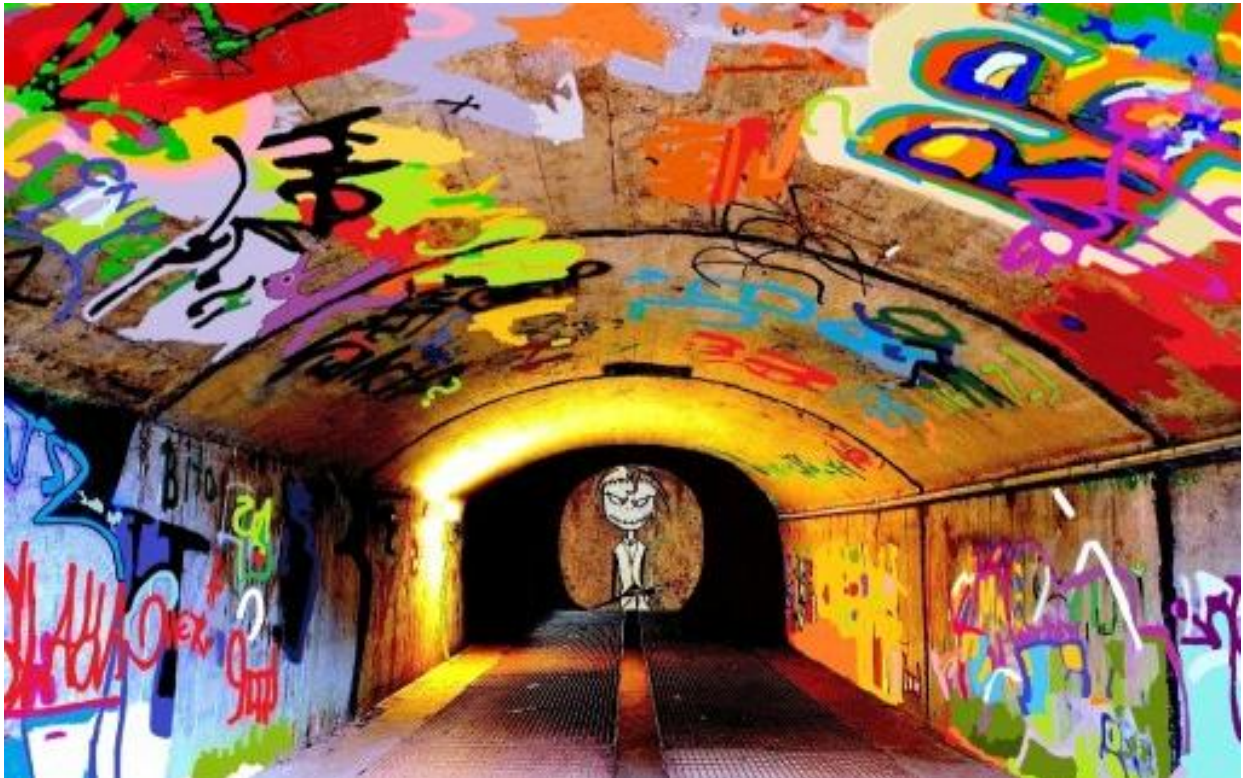


Abb. 17: „Die Unfertigkeit“ // Manfred Hommel

Reisen unter dem Meer

SWR Kindernetz // Artikel über den Eurotunnel // Constance Schirra

<http://www.kindernetz.de/infonetz/eurotunnel/-/id=173204/nid=173204/did=62370/qiidi0/>, Stand: 14.02.2014

Mehr Sicherheit im Tunnel Wambel: B236-Röhren werden an aktuelle Standards angepasst

Lokalkompass // Tobias Weskamp // 02.11.2012

<http://www.lokalkompass.de/dortmund-ost/ratgeber/mehr-sicherheit-im-tunnel-wambel-b236-roehren-werden-an-aktuelle-standards-angepasst-d227407.html>, Stand: 14.02.2014



3.4.3 U-Bahn

U-Bahnen im Ruhrgebiet

Eine U-Bahn ist ein städtisches Massenverkehrsmittel für sehr große Fahrgastzahlen, das auf einem vollkommen unabhängigen Bahnkörper geführt wird, frei von jeglichen Kreuzungen mit anderen Verkehren. Die Verlegung des öffentlichen Personennahverkehrs von der Straße in den Untergrund ist typisch für Großstädte und Metropolen weltweit: In London verkehrten U-Bahnen bereits ab 1863. Mit dem Bau des Sreetunnels bewiesen 1899 Ingenieure der Allgemeinen Elektrizitäts-Gesellschaft (AEG), dass auch im schwierigen Berliner Baugrund der Bau eines unterirdischen Schnellbahnsystems möglich war. Es entstand die Gesellschaft für den Bau von Untergrundbahnen GmbH (Berlin), die Keimzelle des deutschen U-Bahnbaus. Die Berliner U-Bahn nahm 1902 ihren Betrieb auf.⁷³

Im Ruhrgebiet setzten sich zu Beginn des 20. Jahrhunderts zunächst elektrisch betriebenen Straßenbahnen durch. Hier entstand das größte Straßenbahnnetz Deutschlands.⁷⁴ Planungen für einen vernetzten Personenverkehr entstanden im Ruhrgebiet bereits kurz nach 1900, trafen aber auf erhebliche Widerstände. Auch das 1924 entwickelte Konzept für die „Rheinisch-Westfälische Schnellbahn“ (RWS) war umstritten.⁷⁵ Der Clou bestand darin, dass für die berührten Ruhrgebietsstädte zur Erreichung einer hohen Reisegeschwindigkeit nur jeweils ein zentral gelegener Bahnhof vorgesehen wurde, der aus baulichen Gründen als U-Bahnhof ausgebildet worden wäre. Wesentlicher Initiator war das Rheinisch-Westfälische Elektrizitätswerk.⁷⁶ Das endgültige aus für dieses Projekt kam aber auf Initiative der Reichbahn, die unter Druck der Kommunen ab 1932 den ersten Ruhrschnellverkehr mit leichten Dampfzügen zunächst zwischen Essen und Dortmund aufnimmt.⁷⁷ Auch der Ruhrbergbau war gegen eine Realisierung des Projektes. Er befürchtete hohe Entschädigungsforderungen im Falle von Schäden, die durch Bergsenkungen verursacht worden wären.⁷⁸

Das Zeitalter des U-Bahnbaus für die Ruhrgebietsstädte begann in den 1960er Jahren, als einige Kommunen damit begannen, lokale Schnellbahnstrecken als Kombination aus U-Bahn und oberirdischer Straßenbahn zu planen und zu bauen. Ziel war es, den Auto- und Schienenverkehr räumlich zu trennen, um gegenseitige Behinderungen zu

⁷³ Bardua 2011, S. 118.

⁷⁴ Groneck, Lohkemper, Schwandl: Rhein-Ruhr Stadtbahnalbum 1, Berlin 2005, S. 4.

⁷⁵ Otto Schließler: Stadtentwicklung durch Stadtbahnbau, in: Börner, Lürig, Utku, Zimmermann (Hg.): Stadtentwicklung in Dortmund seit 1945 – Von der Industrie- zur Dienstleistungs- und Wissenschaftsstadt, Dortmunder Beiträge zur Raumplanung, Blaue Reihe, Jahr 2010, Nr. 135, S. 163.

⁷⁶ Grobe 2008, S. 56.

⁷⁷ Schließler 2010, S.163.

⁷⁸ Grobe 2008, S. 59.



vermeiden. Im Jahre 1977 konnte in Essen die erste voll ausgebaute Stadtbahnstrecke eröffnet werden.⁷⁹

Ende der 1960er Jahre gab es auch einen Anlauf, ein umfangreiches U-Bahnnetz für das gesamte Ruhrgebiet zu entwerfen, welches neben der S-Bahn als zweites übergeordnetes Nahverkehrssystem bis zur Jahrtausendwende hätte realisiert werden sollen. In seiner ursprünglichen Form ist dieses Projekt allerdings Fiktion geblieben. Der angestrebte echte U-Bahnbetrieb auf allen Linien in Tunneln, über Viadukte oder kreuzungsfrei im Gelände wurde zugunsten der sukzessiven Entwicklung der Stadtbahnnetze aus der vorhandenen Straßenbahn heraus zurückgestellt.⁸⁰

Seit 1969 fasste der Rat der Stadt Dortmund schrittweise die nötigen Baubeschlüsse für den Stadtbahnbau, der mit Fördermitteln von Bund und Land NRW gebaut worden ist. Das Stadtbahngesamtnetz für Dortmund basiert auf dem Generalverkehrsplan ÖPNV von 1970.⁸¹ Im ersten Jahrzehnt des U-Bahntunnelbaus ging man in Dortmund davon aus, dass die Erstellung der Tunnel in offener Bauweise das technisch wie wirtschaftlich günstigste Bauverfahren sei. Erst Anfang der 80er Jahre änderte sich das und aufgrund des geologisch günstigen Untergrundes stellte man auf den bergmännischen Tunnelvortrieb um.⁸²

Der Aufbau des Dortmunder Stadtbahnnetzes zielt darauf ab, die Stadtbahn zum Hauptleistungsträger des ÖPNV zu machen. Dabei wurden zum Teil bestehende Straßenbahntrassen in den Untergrund verlegt. In Sachen Leistungsfähigkeit, Beförderungsgeschwindigkeit und Komfort entspricht die Stadtbahn heute eher einer klassischen U-Bahn.

Kennzeichnend für die Städtelandschaft des Ruhrgebiets ist die Vielzahl kleinerer Zentren und damit eine ausgeprägt polyzentrische Struktur. Ein Hauptzentrum sucht man deshalb vergebens.⁸³ Auch anhand der Stadtbahn-Netzpläne der einzelnen Kommunen wird diese dezentrale Struktur deutlich: Die meisten U-Bahnstrecken enden an den Stadtperipherien. Die Verlegung einzelner Strecken des öffentlichen Personen-Nahverkehrs unter die Erde hat die Verkehrsprobleme in den Stadtzentren sicherlich gemildert. Weiterhin gefährdet jedoch der Straßenverkehr die Gesundheit der Bevölkerung. Die bestehende Verkehrsinfrastruktur wird dem wachsenden Kfz-Verkehr nicht mehr gerecht, uns droht der Verkehrsinfarkt.

Mit diesem Problem haben sich in den letzten Jahren Wissenschaftler intensiv auseinandergesetzt und potentielle Lösungen entwickelt.

Eine Möglichkeit zukünftig für den reibungslosen Gütertransport zu sorgen besteht darin, diesen als fünfte ergänzende Transportalternative zu Straße, Schiene, Wasser und Luft, in unterirdische Fernrohrleitungen zu verlegen. Das Transportsystem der Zukunft erfolgt autonom und vollautomatisch durch individuelle, elektrisch

⁷⁹ Groneck, Lohkemper, Schwandl, 2005, S. 6 f.

⁸⁰ Groneck, Lohkemper, Schwandl: Rhein-Ruhr Stadtbahnalbum 2, Berlin 2006, S. 4.

⁸¹ Schließler 2010, S.166.

⁸² Schließler 2010, S.171.

⁸³ Groneck, Lohkemper, Schwandl, 2005, S. 4.



angetriebene, computergesteuerte Transportfahrzeuge. Im Rahmen eines interdisziplinären Forschungsverbundes an der Ruhr-Universität Bochum wurde dieses zukunftsweisende Transportsystem zwischen 1998 und 2002 aus technischer, ökonomischer, ökologischer und juristischer Sicht unter die Lupe genommen. Danach wurde das Projekt von der CargoCap GmbH mit Unterstützung der Industrie weiterentwickelt und mittlerweile zur Einsatzreife gebracht.

Links zum Thema „U-Bahn“

Dortmunder U-Bahn: U wie ungünstig

Ruhrbarone // Michael Westerhoff // 07.02 2013

<http://www.ruhrbarone.de/dortmunder-u-bahn-u-wie-ungenstig>, Stand: 14.02.2014



3.4.4 CargoCap



Abb. 18: Modell einer Transportkapsel (Cap) im Maßstab 1:2 // um 2000

Bochum, CargoCap GmbH

CargoCap

CargoCap ist ein bisher nur als Entwurf existierendes automatisiertes unterirdisches Transportsystem für Fracht, das unter der Leitung von Dietrich Stein an der Ruhr-Universität Bochum zwischen 1998 und 2002 im Rahmen eines Forschungsprojekts entworfen wurde. Im Anschluss an dieses Projekt, welches durch das Ministerium für Schule, Wissenschaft und Forschung Nordrhein-Westfalen gefördert wurde, ist das System nach Angabe der CargoCap GmbH inzwischen bis zur Serienreife entwickelt worden. Im Juni 2006 gründete Stein für die Projektierung und Realisation die CargoCap GmbH mit Sitz in Bochum, in der er geschäftsführender Gesellschafter ist.

Konzept

Die Idee dieses Systems besteht darin, dass automatisierte Transportkapseln, die jeweils zwei Euro-Paletten fassen, in einem unterirdischen Tunnelsystem verkehren. Falls dieses System realisiert würde, könnte es das Straßennetz, dessen Kapazität insbesondere in Ballungszentren begrenzt ist, vom LKW-Verkehr entlasten. Das



System ist in der ersten Ausbaustufe hauptsächlich für die Ballungsgebiete gedacht, welche weiter ansteigenden Güterverkehr auf der Straße kaum bewältigen können. Die Tunnelröhren hätten einen Innendurchmesser von 2 m. Sie könnten weitestgehend ohne Großbaustellen an der Oberfläche mit Hilfe eines Rohrvortriebsverfahren gebaut werden. Als Nenngeschwindigkeit der Kapseln sind 10 m/s (36 km/h) vorgesehen. Diese Geschwindigkeit ist insbesondere in Ballungszentren höher als beim LKW-Verkehr, der sich beispielsweise im Ruhrgebiet nur mit durchschnittlich 16 km/h fortbewegt. Auch vor dem Hintergrund steigender Feinstaubbelastungen in Großstädten könnten Logistik- und Speditionsunternehmen durch eine Verlagerung des Gütertransports vom LKW auf das CargoCap-System drohenden Beschränkungen begegnen. Die Bezeichnung „CargoCap“ leitet sich ab aus Cargo für „Fracht“ und der Kurzform „Cap“ für englisch *Capsule* (Kapsel).



Abb. 19: CargoCap // Station zum Be- und Entladen von Transportkapseln // undatiert

Bochum, CargoCap GmbH

Technik

Die CargoCap-Kapseln sind Schienenfahrzeuge. Der Antrieb erfolgt elektrisch über Drehstrommotoren. Die Energieversorgung erfolgt berührungslos per elektromagnetischer Induktion, was die Installation eines stromführenden Fahrdrabts in den Tunnelröhren überflüssig macht. Durch diese Technik werden Verschleißeffekte bei der Stromübertragung vermieden und Einbauten zur Nachspannung der Oberleitung sowie deren Platzbedarf in den Tunnelröhren eingespart. Die Bremsenergie soll in einem



Abb. 20: Modellstrecke von CargoCap in Bochum im Maßstab 1:2 // um 2011 // Fotografie

Bochum, CargoCap GmbH

an Bord befindlichen Energiespeicher zurückgeführt werden. Im Unterschied zur Eisenbahn sind die Weichen im CargoCap-Fahrweg ohne bewegliche Teile ausgeführt – das Fahrzeug nimmt die Richtungsänderung aktiv vor. Da dadurch Wartezeiten entfallen, können einzelne Kapseln ohne Zeitverlust aus einem fahrenden Verband heraus ausscheren. Jedes Ladegut soll mit einem Transponder ausgestattet werden, welcher alle relevanten Daten, wie z. B. Zielort, Gewicht und Empfänger, enthält. Dadurch soll das Ladegut

jederzeit durch die Steuerung des CargoCap Systems identifizier- und lokalisierbar sein. An den Warenübergabestationen soll das Be- und Entladen automatisch erfolgen.

Forschung und Entwicklung

Seit Juli 2005 wird an der Ruhr-Universität in Bochum eine oberirdische Modellstrecke im Maßstab 1:2 betrieben, an der das Fahrverhalten im Verband und die Aerodynamik untersucht werden. Ein Hauptaugenmerk der Forschung wird dabei auf eine intelligente Fahrverbandsbildung gelegt, welche es ermöglicht, einen energieeffizienten Betrieb von CargoCap sicherzustellen. Die Modellstrecke beansprucht eine Fläche von 1.200 Quadratmetern und wurde in einem Teil des alten Maschinenhauses des Kraftwerks Bochum errichtet. Die Halle stellt die RWE Power AG der Ruhr-Universität in einer Kooperationsvereinbarung zeitlich befristet zur Verfügung. Darüber hinaus existiert am Lehrstuhl für Maschinenelemente und Fördertechnik der Ruhr-Universität ein Prüfstand im Maßstab 1:4, an dem die Weichenkonstruktion untersucht wird. Im Forschungsschwerpunkt CargoCap wurden an der Ruhr-Universität seit 2009 vier Dissertationen veröffentlicht.

Im Laufe des Jahres 2009 konnten weitere Entwicklungsfortschritte erreicht werden. So wurde im August 2009 das von der Deutschen Bundesstiftung Umwelt geförderte Forschungsprojekt „Optimierung des unterirdischen Güterverkehrssystems CargoCap zur Gewährleistung eines energieeffizienten Betriebs“ abgeschlossen. Dieses schafft die Grundlage, verschiedene Betriebsszenarien aus energetischer Sicht zu beurteilen. In diesem Zusammenhang wurden umfangreiche CFD-Simulationen zur Aerodynamik der Fahrzeuge in der Rohrleitung durchgeführt, deren Verifikation zur Zeit mithilfe eines Aerodynamikprüfstands erfolgt. Darüber hinaus schreitet die Entwicklung der Steuerungssoftware voran. Im Frühjahr und Sommer 2009 wurde die Fahrzeugortung mittels RFID-Technik tiefgehend experimentell untersucht. Mithilfe der dabei



gewonnenen Erkenntnisse wird es nun möglich sein, die Abstandsregelung zwischen den Fahrzeugen auf der Modellstrecke zu implementieren.

Im Rahmen der CargoCap Fachtagung "CargoCap – die Logistikkösung zum Klima- und Gesundheitsschutz im Ballungsraum" am 12. Februar 2010 unter der Schirmherrschaft von Lutz Lienenkämper, dem Minister für Bauen und Verkehr des Landes NRW, wurden die Ergebnisse einer im Jahre 2009 abgeschlossenen Marktpotentialanalyse vorgestellt. Hiernach kann die 85 km lange, so genannte Ruhrgebietsstrecke zwischen Dortmund und Duisburg mit insgesamt 24 unter- und überirdischen Stationen wirtschaftlich betrieben werden. Das Forschungsteam sucht aktuell nach einem Industriepartner zwecks Realisierung einer Pilotstrecke.

Preise und Auszeichnungen

Im Jahr 2006 wurde CargoCap von der Initiative "Deutschland - Land der Ideen" als "ausgewählter Ort 2006" ausgezeichnet. Zu diesem Anlass fand Anfang Dezember 2006 ein Tag der offenen Tür an der CargoCap-Modellstrecke mit etwa 700 Besuchern statt.

Vergleichbare Konzepte in der Geschichte

- Von 1899 bis 1956 wurde unter der Innenstadt von Chicago von der Chicago Tunnel Company ein ca. 100 km langes Frachttunnelnetz betrieben. Mit dem Wegfall der Kohletransporte durch die Umstellung der Heizungsanlagen auf Erdgas und die zunehmende Lkw-Konkurrenz entfiel die wirtschaftliche Grundlage für den weiteren Betrieb.
- Die London Post Office Railway verband von 1928 bis 2003 auf einer 10,5 km langen Tunnelstrecke bis zu acht Londoner Postsortierstationen. Einstellungsgründe waren die Verlagerung von Poststellen an andere Standorte und die im Vergleich zum Straßentransport bis zu fünf Mal höheren Betriebskosten.
- Von 1910 bis 1988 bestand vom Hauptbahnhof München bis zum Postamt Hopfenstraße die Post-U-Bahn München

Alle drei Systeme wurden im Gegensatz zum CargoCap-Ansatz mit Zügen auf der Grundlage klassischer Eisenbahntechnik betrieben, wobei die Züge der Post Office Railway und der Post-U-Bahn in München fahrerlos fuhren.

Siehe auch

Ein Projekt, das ebenfalls individuellen Verkehr auf Schienen zum Ziel hat, allerdings auch im Personenverkehr, ist RailCab. Der US-amerikanische Ingenieur Henry Liu (†) verfolgte mit seiner *Freight Pipeline Company* die Idee, Fracht in Kapseln unterirdisch zu transportieren.

Rohrpost dient dem Versand von Dokumenten bis etwa DIN A4 Format aus Papier, dünnem Karton oder Film, wenn diese gerollt in eine transparente Patrone mit etwa 10



cm Aussendurchmesser passen, die pneumatisch durch ein Rohrsystem mit Weichen zu Postkästen in einem oder mehreren Gebäuden transportiert werden.

In Wien wurde das Krankenhaus am Steinhof mit einer schmalspurigen Bau-Bahn errichtet, die zwischen den langen waagrecht stehenden Gebäuden hindurch und in Schleifen die Hangstufen aufwärts geführt wurde. Diese Bahn fungierte anschließend zur Versorgung der Gebäude etwa mit Wäsche, bis dass sie durch Kraftfahrzeugverkehr ersetzt wurde.

Das Landeskrankenhaus Graz liegt ebenfalls auf einem Südhang und wurde schon ab 1910 mit einem Tunnelsystem zur logistischen Versorgung ausgestattet. 1992 wurde mit einem Tunnelausbau begonnen, der bis 2004 zwei getrennte Systeme schuf: Einen Medientunnel zur Ver- und Entsorgung mit elektrischer Energie, Wärme, Wasser, Abwasser und anderem. Sowie einen Logistiktunnel für den Transport von Essen, Wäsche, Geräten aber auch Patienten mit Elektrokarren und Anhängern. Diese Tunnelsysteme haben jeweils eine Länge von 1,6 km bei einem Lichtraumprofil von B x H = 4 x 2,55 bzw. 2,50 m.

Quelle: Wikipedia, <http://de.wikipedia.org/wiki/CargoCap>, Stand: 14.02.2014

Was ist CargoCap?

CargoCap ist die 5. Transportalternative zu Straße, Schiene, Wasser und Luft, um Güter in Ballungsräumen durch unterirdische Fahrrohrleitungen schnell, zuverlässig, zeitgenau, umweltfreundlich und wirtschaftlich zu transportieren.

Dieses innovative Konzept ist das Ergebnis interdisziplinärer Forschungs- und Entwicklungsarbeit an der Ruhr-Universität Bochum unter Leitung von Prof. Dr.- Ing. Dietrich Stein mit Unterstützung des heutigen Ministeriums für Innovation, Wissenschaft, Forschung und Technologie des Landes Nordrhein-Westfalen. Die Transporte werden durch individuell angetriebene „intelligente“ Fahrzeuge, die Caps, unabhängig von oberirdischen Verkehrsstaus und Witterungsverhältnissen durchgeführt.

Die Caps sind für die Aufnahme von zwei Europaletten dimensioniert, die den Großteil des innereuropäischen Stückgüterverkehrs ausmachen, und können damit durch Rohrleitungen mit einem Durchmesser von nur 2,0 m fahren.

Quelle: CargoCap GmbH, <http://www.cargocap.de/#top>, Stand: 14.02.2014



Das CargoCap System

CargoCap ist für Gütertransporte in Ballungsräumen im Nah- und Regionalverkehrsbereich bis 150 km konzipiert. Die Caps fahren 24 Stunden am Tag in einem unterirdisch weit verzweigten Fahrrohrleitungsnetz viele Stationen an. Am Ziel schleusen sich ein oder mehrere Caps selbständig in die Station zum automatischen Be- und Entladen.

Durch die unterirdischen Fahrrohrleitungen ist CargoCap unabhängig, unberührt und unbeeinflusst von anderen Verkehrsträgern, Verkehrswegen und Verkehrsstaus. So führt die vermeintlich geringe Transportgeschwindigkeit bei konstantem Transportfluss zu einer erheblichen Verkürzung der Transportzeit gegenüber dem LKW im Ballungsraum. Im Betrieb beeinträchtigt CargoCap die Umwelt weder durch Lärm noch durch Abgase.

Die Transporte erledigen computergesteuerte Caps mit einem Fassungsvermögen von je zwei Euro-Paletten CCG 1 mit den Abmessungen von $B \times T \times H = 800 \times 1.200 \times 1.050$ mm. Die Euro-Palette ist ein genormter und in der Praxis bewährter Lastträger. Ihr Einsatz garantiert eine leichte Implementierung von CargoCap in bestehende Logistikketten. Durch die Beladung mit nur zwei Euro-Paletten pro Cap ist eine hohe Ladungs- und Verteilungsflexibilität der Waren gewährleistet. Ist mehr Ware an einen Zielort zu liefern, fahren einfach mehrere Caps im Verbund. Flexible, vollautomatische Be- und Entladestationen machen den Umschlag schnell und kostengünstig.

Die Herstellung des Fahrrohrleitungsnetzes ist ebenfalls problemlos. Die Fahrrohre wurden auf der Basis von preiswerten, im Leitungsbau seit Jahren bewährten Vortriebsrohren mit einem lichten Innendurchmesser von 1.600 mm modifiziert. Diese werden mit Hilfe des Rohrvortriebsverfahrens zielgenau, präzise und unbemerkt von der Bevölkerung verlegt. Dieses unterirdische Bauverfahren ist preisgünstig, schnell und umweltschonend.

Da die Fahrrohrleitungen überwiegend im öffentlichen Straßenraum verlegt werden, sind unkomplizierte und schnelle Planungs- und Genehmigungsverfahren möglich. Die Verlegung zusätzlicher Fahrrohrleitungen neben, unter oder über vorhandenen Leitungen, Kanälen, U-Bahn-Tunneln und anderen Tiefbauwerken ist ohne Beeinträchtigung der umliegenden Infrastruktureinrichtungen möglich.

Der große Vorteil von CargoCap ist die schnelle und unkomplizierte Erweiterbarkeit des Fahrrohrleitungsnetzes. Bei steigendem Transportbedarf wächst das unterirdische Transportnetz einfach mit. CargoCap kann somit die ökonomische Entwicklung und Steigerung der Wettbewerbsfähigkeit von Wirtschaftsstandorten neben weit reichenden Umweltvorteilen und Sicherheitsgewinnen wirksam unterstützen.



Der allgemeine rechtliche Rahmen für CargoCap:

Ausgangspunkt aller juristischen Untersuchungen ist die rechtliche Einordnung der unterirdischen Fahrrohrleitungen. Von dieser rechtlichen Einordnung sind die CargoCap-relevanten Rechtsnormen abhängig. Die entscheidende Frage ist, ob die Fahrrohrleitungen dem öffentlichen Verkehr oder der öffentlichen Versorgung zuzuordnen sind.

Verkehrsanlage:

Eine Verkehrsanlage dient der Ortsveränderung von Gütern und Personen durch ihren Transport.

Versorgungsanlage:

Eine Versorgungsanlage dient in erster Linie der Bereitstellung eines bestimmten Versorgungsgutes (z.B. Gas, Wasser, Elektrizität und Fernwärme). Der Transport dieses Gutes ist lediglich eine notwendige Begleiterscheinung.

CargoCap:

CargoCap dient dem Transport verschiedenster Stückgüter. Vorrangig ist dabei die Beförderung, nicht aber die Bereitstellung der Güter.

Schlussfolgerung:

CargoCap ist damit keine Versorgungsanlage, sondern eine Verkehrsanlage, die der Allgemeinheit zugute kommt und somit dem öffentlichen Interesse dient.

Quelle: CargoCap GmbH, <http://www.cargocap.de/content/das-cargocap-system>, Stand: 14.02.2014



4. TIPPS ZU LITERATUR UND MATERIAL-RECHERCHE

Bergbau:

Dagmar Kift: Die Männerwelt des Bergbaus. Bochum 2011

Entstehung und Verwendung von Braunkohle und Steinkohle

http://artikel.schuelerlexikon.de/Chemie/Entstehung_und_Verwendung_von_Braunkohle_und_Steinkohle.htm, Stand: 14.02.2014

Kohle

<http://www.kidsnet.at/sachunterricht/technik.htm>, Stand: 14.02.2014

Vor- und Nachteile der Kohlenutzung

<http://www.regenerative-zukunft.de/fossile-energien-menu/kohle>, Stand: 14.02.2014

Kohlekraftwerk

<http://www.wir-ernten-was-wir-saeen.de/energiespiel/content/kohlekraftwerk>,
Stand: 14.02.2014

Kinderradiokanal WDR, letzte Schicht auf Bergwerk West in Kamp-Lintfort

<http://www.kiraka.de/spielen-und-hoeren/nachrichten/beitrag/b/letzte-schicht-auf-bergwerk-west-in-kamp-lintfort/>, Stand: 14.02.2014

Wie funktioniert eigentlich eine Kohlekraftwerk?

<http://www.stromtip.de/rubrik2/19865/2/Vor-und-Nachteile.html>, Stand: 14.02.2014

Schätze:

Michael Farrenkopf: Koks – Die Geschichte eines Wertstoffes. Bochum 2003

Kohleveredelung, Kohle als wertvoller Rohstoff

http://m.schuelerlexikon.de/mobile_chemie/Kohleveredlung_Kohle_als_wertvoller_Rohstoff.htm, Stand: 14.02.2014

Kohlechemie

<http://www.wissen.de/lexikon/kohlechemie>, Stand: 14.02.2014

Tagesbrüche:

Wenn die Erde plötzlich aufbricht - Fakten zum Tagesbruch



<http://www.derwesten.de/nachrichten/wenn-die-erde-ploetzlich-aufbricht-die-fakten-zum-tagesbruch-id7547894.html>, Stand: 14.02.2014

Altbergbau Bergschäden - Gefahrenabwehr und Vorbeugung, BZR Arnsberg
http://www.bezreg-arnsberg.nrw.de/themen/a/altbergbau_bergschaeden/index.php,
Stand: 14.02.2014

Tagesbruch und Bergschaden Entstehung
<http://www.bergbau-sprockhoevel.de/index.php/zechen/tagesbruch-entstehung>,
Stand: 14.02.2014

Fracking:

Filmbeitrag Fracking, SWR Kindernetz
<http://www.kindernetz.de/infonetz/thema/energie-umwelt/fracking-/id%3D60850/nid%3D60850/did%3D271986/bnmyyv/index.html>, Stand: 14.02.2014

Kurzvideo: „Was ist Fracking“?, N24 Kurzvideo
<http://www.n24.de/n24/Wissen/Technik/d/2872160/was-ist--fracking--.html>, Stand: 14.02.2014

Informationsmaterial Exxonmobil // Pro Fracking
<http://www.exxonmobil.com/Germany-German/PA/>, Stand: 14.02.2014
<http://newsroom.erdgassuche-in-deutschland.de/presseinformationen/erdgas-aus-deutschland-10-fakten/>, Stand: 14.02.2014
http://newsroom.erdgassuche-in-deutschland.de/wp-content/uploads/broschuere_mythen.pdf,
Stand: 14.02.2014

Schiefergasforschung NRW
http://www.wintershall.com/uploads/user_pxbxconnector/pxbxrawdata/189/factsheet-schiefergasnrw.pdf , Stand: 14.02.2014

Hinweis auf das Video „Gasland – Die Wahrheit über Fracking – Bald auch in Deutschland?“, 3sat „Kulturzeit“
<http://www.youtube.com/watch?v=KMSSsu1HPI>, Stand: 14.02.2014

Video: „Gasland“ a Film by Josh Fox, Oskar nominiertes Dokumentarfilm, GLOBAL

Kino Film, "Promised Land" Fracking-Drama mit Starbesetzung

Kurzfassung der Studie der Energie Watch Groupe, „Fossil and Nuclear Fuels – the Supply“, auf englisch
http://www.tagesschau.de/wirtschaft/ewg-studie100~_origin-fc32073f-c760-42d9-a11d-cc97ad107998.pdf, Stand: 14.02.2014

„Lina-Bild-Fracking“,
<http://www.gasfracking.de/wp-content/uploads/LINA-BILD-FRACKING.jpg>, Stand: 14.02.2014



Anschauliches Schema der Trinkwassergefährdung durch Fracking
VIERLAENDER.de – Nachrichten aus den Vier- u. Marschländern, 23.11.2012
www.vierlaender.de/archives/2012/11.html, Stand: 14.02.2014

Brennt uns bald der Wasserhahn?
www.utopia.de/magazin/fracking-brennt-uns-bald-der-wasserhahn, Stand: 14.02.2014

Erdgasgewinnung durch Fracking
http://www.focus.de/finanzen/news/kurz-erklart-was-ist-fracking_aid_914220.html, Stand:
14.02.2014

Fracking contra
Vereinigung der Initiativen gegen unkontrollierte Erdgassuche und Hydraulic "Fracking"
Fracturing in Deutschland
<http://www.gegen-gasbohren.de/>, Stand: 14.02.2014

Geothermiebohrung:

Animation zur Geothermie
<http://www.youtube.com/watch?v=A9go9oVZnME>, Stand: 14.02.2014

Informationsmaterial für Lehrer und Schüler zur Geothermie
<http://www.geothermie.de/fileadmin/useruploads/wissenswelt/Materialien/Schuelerbroschuere.pdf>, Stand: 14.02.2014

Kinder erklären erneuerbare Energien
https://www.badenova.de/mediapool/media/dokumente/unternehmensbereiche_1/stab_1/innovationsfonds/abschlussberichte/2007_7/2007-11_Abschlussbericht_Kinder_erklaeren.pdf,
Stand: 14.02.2014

Geothermie in Text und Bild
<http://www.info-geothermie.ch/index.php>, Stand: 14.02.2014

Geothermieförderung - Abbildung
<http://www.foerderland.de/gruendung/news-gruenderszene/news-gruendung/foerderland-aktuell/geothermie/>, Stand: 14.02.2014

Medienberichte:

<http://www.spiegel.de/wissenschaft/natur/nach-erdwaerme-bohrung-eine-stadt-zerreisst-a-589944.html>, Stand: 14.02.2014

<http://www.spiegel.de/wissenschaft/natur/menschen-loesen-erdbeben-aus-verheimlichte-ursachen-der-katastrophen-a-862602.html>, Stand: 14.02.2014



<http://www.natur-und-umwelt.org/content/menschengemachte-beben>, Stand: 14.02.2014

http://www.gd.nrw.de/w_schy01.htm, Stand: 14.02.2014

<http://www.grubengas.de/>, Stand: 14.02.2014

<http://www.atec-anlagentechnik.de/index.php/de/>, Stand: 14.02.2014

Versorgungs- und Entsorgungssysteme:

Institut für Wasserforschung

<http://www.dew21.de/de/DEW21/Gesellschaftliches-Engagement/Nachhaltigkeitsengagement/Institut-fuer-Wasserforschung.htm>,
Stand: 14.02.2014

Geschichte der Wasserversorgung – Von den ersten Kanälen bis heute

<http://www.klassewasser.de/content/language1/html/945.php>, Stand: 14.02.2014

Video Kinderuni: Die Reise in die Unterwelt

<http://www.youtube.com/watch?v=H6JnIN8jNXo>, Stand: 14.02.2014

Video: Die Hüter des Wassers - Ruhrverband - Deutsch 1/2

<http://www.youtube.com/watch?v=jJ7ZUI0xuP4>, Stand: 14.02.2014

Video: Leon auf der Spur des Abwassers - Wie funktioniert eine Kläranlage?

<http://www.youtube.com/watch?v=TOI-4d2XzUc>, Stand: 14.02.2014

Video: Die Reise des Wassers – Stadtwerke Duisburg

<http://www.youtube.com/watch?v=aNg1x7rToc4>, Stand: 14.02.2014

In der Kanalisation von Dortmund

<http://www.derwesten.de/staedte/dortmund/stadtinfo/1900-kilometer-kanalisation-unter-dortmund-id7817348.html>, Stand: 14.02.2014

Verkehr:

Stadt Essen: Eine Stadt bahnt sich den Weg. 20 Jahre U-Bahn-Bau in Essen. 1986

Gronek, Lohkemper, Schwandt: Rhein-Ruhr Stadtbahn Album 2. Berlin 2006

Jennifer Toth: Tunnel-Menschen - Das Leben unter New York City. Berlin 1994

Elmar Altwasser: Mittelalterliche "Tunnelungen" - Ihre Vorbilder und Nachwirkungen, in:
Tunnel - Orte des Durchbruchs. Marburg 1992



Friedhelm Grafweg: Refugium fürs Unheimliche oder: Wie die Angst in den Tunnel kommt, in: Tunnel - Orte des Durchbruchs. Marburg 1992

Sven Bardua: Unter Elbe, Alster und Stadt - Die Geschichte des Tunnelbaus in Hamburg. München, Hamburg 2011

Kunst im Tunnel

<http://www.kunst-im-tunnel.de/>, Stand: 14.02.2014

CargoCap

<http://www.cargocap.de/content/das-cargocap-system>, Stand: 14.02.2014



5. BILDNACHWEISE

Abbildungen in numerischer Reihenfolge:

- Abb. 1 Radierung aus: "Das Palladion", heroisch-komisches Gedicht von Friedrich II. von Preußen (1749) // Herzog Anton Ulrich Museum, Braunschweig // bearbeitet von Marek Golasch
- Abb. 2 Das Team der Museumspädagogik des LWL-Industriemuseums // LWL-Industriemuseum/A. Hudemann
- Abb. 3 Bergwerk Fürst Leopold // Wulfen // Many Szejstecki // Siebdruck auf Kunststoff // um 1987 // LWL-Industriemuseum
- Abb. 4 Bergjungleute Zollern II // Jg. 1938, vor der Einstellung // LWL-Industriemuseum
- Abb. 5 Arnold Frische: Skulptur „Bergmann mit Keilhau und Grubenlampe“ // 1910 // Bronze // Dortmund, LWL-Industriemuseum/Sammlung Bibl // Zustifter Dr. Eckhart Grohmann und Milwaukee School of Engineering, Milwaukee // LWL-Industriemuseum
- Abb. 6 Schulwandbild "Steinkohlenbergwerk" // 1950 // LWL-Industriemuseum
- Abb. 7 Hermann Kellner d.Ä. nach Entwurf von August Kreling: „Die Gewinnung und die Segnungen des Gaslichts“ // zwischen 1864 und 1867 // Glasgemälde (Digital-Reproduktion) // Germanisches Nationalmuseum
- Abb. 8 Zeitungsseite: Berichterstattung über Tagesbrüche, Bergschäden, Hohlräume (Ruhr-Nachrichten "Dortmunder Hintergrund" // Freitag, 20. Juli 2012) // LWL-Industriemuseum
- Abb. 9 „Stop Fracking. Interessensgemeinschaft gegen Gasbohren, Hamminkeln“ // 2013 // Banner // Textil, Metall, Kunststoff // LWL-Industriemuseum
- Abb. 10 Die verschiedenen Erdschichten vom Erdmantel bis zum Kern // Original Mats Halldin Vectorization: Chabacano,
http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Jordens_inre-numbers.svg?uselang=de,
Stand 14.02.2014
- Abb. 11 Geothermie-Prinzip // Siemens-Pressebild
http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Geothermie_Prinzip.svg, Stand: 14.02.2014
- Abb. 12 Geothermische Ergiebigkeit // EnergieAgentur.NRW
<http://www.energieagentur.nrw.de/waermepumpen/umweltwaerme-in-nrw-17192.asp>,
Stand: 14.02.2014



Abb. 13 Wasserklosett um 1910 // Keramag, Ratingen

Abb. 14 Funktionsweise des Stromnetzes // Stefan Riepl

<http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Stromversorgung.png>, Stand 14.02.2014

Abb. 15 Einstieg in den Kanalschacht // ca. 1995 // Fotografie // Dortmund, Stadt Dortmund – Abwasserbetrieb

Abb. 16 Stau auf der B 1 in Dortmund // 2008 // Fotografie // Dortmund, Stadt Dortmund-Tiefbauamt, GPM Foto /Bildwerk Dortmund

Abb. 17 „Die Unfertigkeit“ // Manfred Hommel

Abb. 18 Modell einer Transportkapsel (Cap)im Maßstab 1:2 // um 2000 // Bochum, CargoCap GmbH

Abb. 19 CargoCap // Station zum Be- und Entladen von Transportkapseln // undatiert // Bochum, CargoCap GmbH

Abb. 20 Modellstrecke von Cargocap in Bochum im Maßstab 1:2 // um 2011 // Fotografie // Bochum, CargoCap GmbH