Peter Goerke-Mallet
Michael Kirchner
Albert Daniels

New Technologies, new Deposits, new Prospects? Economic and Legal Reflections on Raw Materials

A (post-)mining Germany produces approximately 750 mt of resources per year. The top position is held by the German rock industry with its annual production of approximately 500 mt aggregate (gravel, sand, and stones). It might be difficult to imagine that the rapid development of open data, digitalisation, modern communication systems, driverless cars, smart technology and the Internet of Things might be suffering from a lack of resources in the foreseeable future. But exactly that is the central issue to explore: how secure is our supply and the physical availability of resources?

This essay will be looking at current informations and aspects to develop prospects from those. It will be picking up the deposit potential of former mine workings and landfills and link them with the expertise of the mineral resource industry. Moreover, it will deliver an initial assessment of the legal framework and appreciate current research projects in this field. The essay is based on a talk the first-mentioned author gave at the event Raw Materials Day at 12th April 2018 at Technische Hochschule Georg Agricola (THGA), Bochum/Germany.

Neue Technologien, neue Lagerstätten, neue Perspektiven? Rohstoffwirtschaftliche und rechtliche Überlegungen

Im (Nach-)Bergbauland Deutschland werden jährlich etwa 750 Mio. t Rohstoffe gewonnen. Die heimische Gesteinsindustrie nimmt mit einer Jahresproduktion von etwa 500 Mio. t Gesteinskörnung (Kies, Sand, Naturstein) den Spitzenplatz ein. Es fällt schwer sich vorzustellen, dass die rasante Entwicklung der offenen Datenbestände, der Digitalisierung, der modernen Kommunikationssysteme, des autonomen Fahrens, der smarten Technologien und des Internet der Dinge in absehbarer Zeit an fehlenden Rohstoffen kranken könnte. Aber wie ist es um die Rohstoffversorgung bestellt und wie um die physische Verfügbarkeit?

Der Beitrag beleuchtet aktuelle Informationen und Gesichtspunkte und entwickelt Perspektiven. Dabei werden die Lagerstättenpotentiale von (alt-)bergbaulichen Objekten und Deponien in den Blick genommen und mit der Expertise der Gesteinsindustrie verknüpft. Darüber hinaus erfolgt eine erste Bewertung der rechtlichen Rahmenbedingungen und eine Würdigung der aktuellen Forschungsprojekte. Der Beitrag basiert im Kern auf einem Vortrag, den der erstgenannten Verfasser anlässlich des Rohstofftags am 12. April 2018 an der Technischen Hochschule Georg Agricola (THGA), Bochum, gehalten hat.

1 Introduction

New technologies, also known as future technologies, such as e-mobility, Industry 4.0, production of renewable energies and digitalisation have already been significantly shaping the life of humankind today. Their continual and in-depth implementation is often just discussed considering aspects of energy and infrastructure. What we hardly see is the integration of raw materials as those are often not present in the public and political discussion. Actually, sincere forecasts see an immense increase in the demand for certain raw materials (1). This alone should be one reason for the domestic raw materials industry to investigate more intensively which opportunities this development can provide. The question must be how and what the German mining

1 Einleitung

Neue Technologien oder Zukunftstechnologien wie die E-Mobilität, Industrie 4.0, die Gewinnung regenerativer Energien und die Digitalisierung bestimmen das Leben des modernen Menschen bereits in erheblichem Umfang. Ihre fortlaufende und vertiefte Umsetzung wird weitgehend nur unter energetischen und bedingt unter infrastrukturellen Gesichtspunkten diskutiert. Es ist kaum zu erkennen, dass Fragen nach der rohstofflichen Dimension der Zukunftstechnologien in das Bewusstsein des Publikums und der Politik getreten wären. Tatsächlich gehen ernst zu nehmende Prognosen von einer massiven Steigerung der Nachfrage bei bestimmten Rohstoffen aus (1). Grund genug, dass sich die heimische Rohstoffwirtschaft intensiver mit den

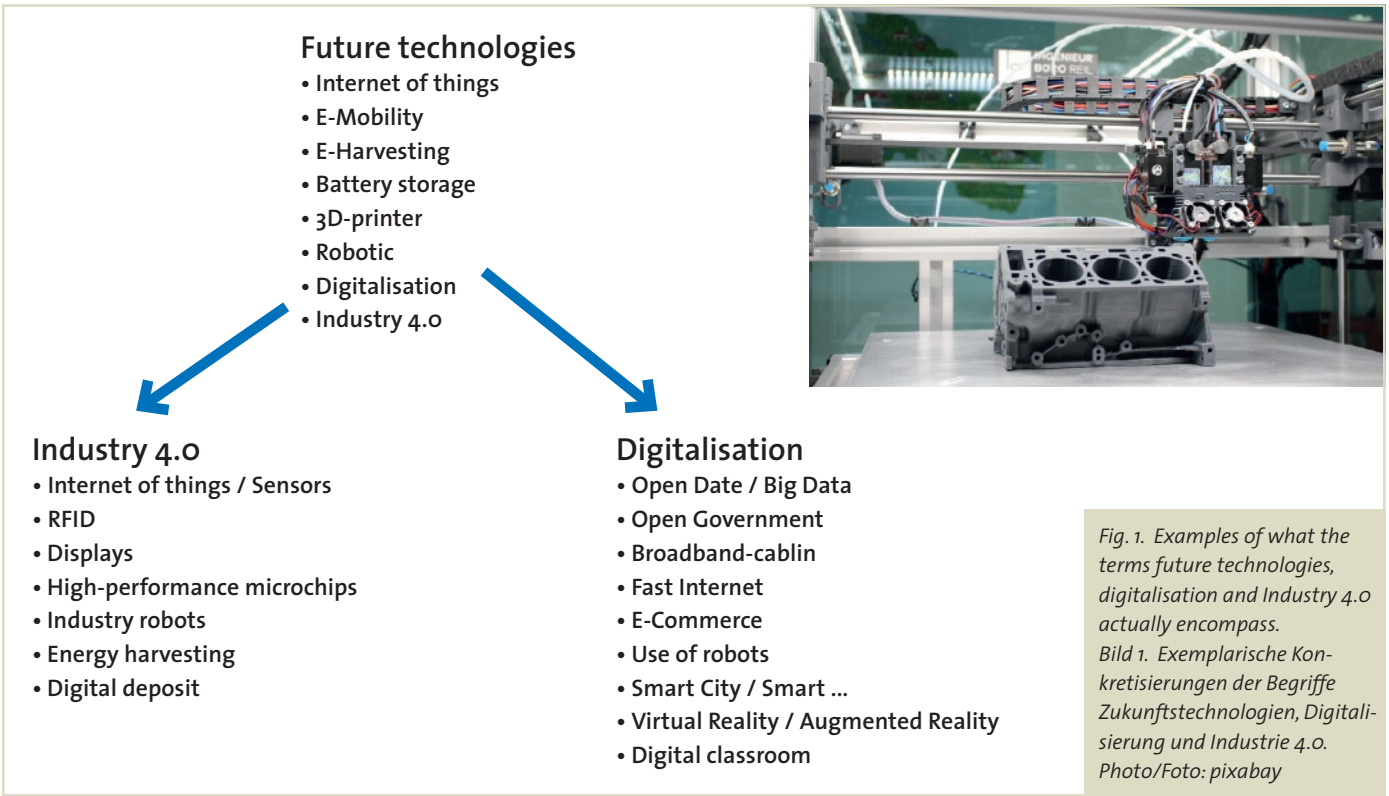

Fig. 1. Examples of what the terms future technologies, digitalisation and Industry 4.0 actually encompass.
Bild 1. Exemplarische Konkretisierungen der Begriffe Zukunftstechnologien, Digitalisierung und Industrie 4.0.
Photo/Foto: pixabay

and mineral resource industries can contribute to close the looming gaps in the supply.

2 Future technologies

The term "future technologies" needs a closer look as it is neither clearly defined nor self-explaining. Figure 1 lists the major topics that are generally summed up by this term. The following paragraphs will briefly describe those considering their relevance for the demand of raw materials.

Battery technology plays a special role within future technologies. At the event Batterietag NRW, which took place in the city of Münster in April 2018, it was assumed that battery technology would advance fast (2). One key driving factor in this is the electric mobility.

In this context, we need to address the concept of coupling sectors: this means that power, heat, and mobility are merging more and more (3). The change of the energy system towards more renewable energy, e. g., is to be followed by similar changes in heat and traffic.

E-mobility is of course a hot topic widely discussed in the general public. However, no decision has been made in favour of the perfect energy source for vehicles, i. e. battery or fuel cell; to a considerable amount, e-mobility also depends on the mode of transport preferred. There are several models in place that reflect the development of e-mobility for individual use, and although they may still look like visions from the future, concepts of swarm or collective mobility based on driverless vehicles will revolutionise individual transport as we know it. As a fact, driverless vehicles and transport have been used in mining for quite a while now: at its Australian open-cast mines in Pilbara, the mining company Rio Tinto has been transporting more than 1 bn t of ore and rock using autonomous trucks (4).

Chancen dieser Entwicklung beschäftigt. Die Frage ist, welchen Beitrag der deutsche Bergbau und die deutsche Gesteinsindustrie leisten können, um die sich abzeichnenden Versorgungslücken auszufüllen.

2 Zukunftstechnologien

Der Begriff der Zukunftstechnologien bedarf einer näheren Betrachtung, da er weder klar abgegrenzt noch selbsterklärend ist. In Bild 1 sind exemplarisch die wesentlichen Bezeichnungen aufgeführt, die allgemein unter diesem Begriff verstanden werden.

Einen besonderen Stellenwert innerhalb der Zukunftstechnologien nimmt die Batterietechnik ein. Der Batterietag NRW, der im April 2018 in Münster stattfand, geht von einer raschen Entwicklung der Batterietechnik aus (2). Ein wesentlicher Treiber ist die Elektro-Mobilität.

In diesem Zusammenhang muss der Begriff der „Sektorkoppelung" angesprochen werden. Gemeint ist damit das Zusammenwachsen von Strom, Wärme und Mobilität (3). So sollen dem Umbau des Energiesystems auf regenerativen Strom die Wärme- und die Verkehrswende folgen.

Die E-Mobilität wird in der Öffentlichkeit in hohem Maß diskutiert. Dabei ist die Wahl der optimalen Energiequelle, wie Batterie oder Brennstoffzelle, noch nicht getroffen. Sie ist auch in erheblichem Umfang abhängig vom Verkehrsmittel. Die Entwicklung von E-Mobilen zur individuellen Nutzung spiegelt sich bereits in verschiedenen Modellen wieder. Darüber hinaus werden die noch etwas futuristisch anmutenden Überlegungen zur Schwarm-Mobilität auf der Basis des autonomen Fahrens den Individualverkehr grundlegend revolutionieren. Tatsächlich hat im Bergbau das autonome Fahren oder Transportieren längst Einzug gehalten. So hat Rio Tinto in seinen australischen Tage-

One essential precondition of autonomous driving is digitalisation of which examples are shown in Figure 1. The economic impact of digitalisation cannot be ignored: it is in the backbone of all companies, industries and business models. It is hardly possible to draw lines between real (physical) and digital economy: whether e-commerce in retail, the use of robots in nursing care, online-platforms for craftsmen, industrial 3D printing, social media networks in communication or electronic geo-data to identify and extract resources – all of these examples show that the digital transformation of economy, production and customer relations provide a key challenge especially for highly or even post-industrial regions such as North Rhine-Westphalia.

Some buzzwords have become more and more popular over the last few years. One of those is the term "smart", usually teamed up with words like "home", "grid", "city", "meter", "watch" and so on. Smart means sophisticated, intelligent, clever and ingenious. Smart is used to mark or identify uses of digital technologies and innovations which concern societal and economic issues. By the way, this term also stands for the use of most versatile sensors which are part of a network and communicate using the internet.

Digitalisation is also evident in the applications for virtual reality and augmented reality. Here, the technology used refers to the representation and perception of reality and its physical properties in an interactive and virtual environment which is generated in real time. The enlargement of perception can involve all senses and is often used to visualise additional information, e.g., on important objects such as sights (historical facts), institutions (opening times), public transport (timetables) and so on. In other words, the walk through the main shopping street of the holiday destination can already be anticipated when preparing the trip, thus receiving a number of additional details.

Closely linked to the concept of augmented reality is the Internet of Things (IoT), in other words, the communication of most different objects with each other via the Internet. The material essence of the IoT are billions of networked decentral devices. This IoT includes the fridge and the coffeemaker in your home as well as the smartphone or the delivery truck of a logistics company. Although the IoT inarguably provides many positive features, it also requires highly professional management, e.g., when it comes to data security and privacy. The recent significant increase in cyberattacks is a rather worrying trend. To prevent such attacks is one of the main tasks of the German Federal Office for Information Security.

A similar large-scale impact as by the IoT has been delivered by the concept of Industry 4.0, briefly illustrated by the examples given in Figure 1. This fourth industrial revolution is based on cyber-physical systems in which software components use the internet to communicate with both mechanical and electronic parts. The term "cyber", derived from cybernetics, here refers to the control and monitoring of machines, organisations and other objects.

The German Federal Ministry of Economics (BMWi) defines Industry 4.0 as an idea which represents the internal further development of the production and value chains of both the real

bauen in Pilbara bereits mehr als 1 Mrd. t Erz und Nebengestein mit autonom fahrenden Trucks transportiert (4).

Eine wesentliche Voraussetzung auch für das autonome Fahren ist die Digitalisierung. In Bild 1 ist dieser Begriff beispielhaft mit Inhalten gefüllt. Die Bedeutung der Digitalisierung für die Wirtschaft ist nicht mehr von der Hand zu weisen. Sie durchzieht längst alle Unternehmen, alle Branchen und alle Geschäftsmodelle. Zwischen der realen und der digitalen Wirtschaft lassen sich kaum noch Grenzen ziehen. Ob E-Commerce für den Einzelhandel, der Einsatz von Robotern in der Altenpflege, Online-Marktplätze für Handwerker, der 3D-Print für die Industrie, Social-Media-Plattformen für die Kommunikation oder elektronische Geo-Daten für die Rohstoffgewinnung – die digitale Transformation von Wirtschaft, Produktion und Kundenbeziehungen ist eine zentrale Herausforderung gerade für das Industrieland Nordrhein-Westfalen.

Einige Begriffe werden in den letzten Jahren vermehrt genutzt. Dazu gehört „Smart" in Kombination mit „Grid", „City", „Meter" „Watch" usw. In diesem Kontext steht der Begriff u.a. für „pfiffig", „clever", „intelligent" und „raffiniert". Die Charakterisierung „Smart" steht in Verbindung mit der Nutzung digitaler Technologien und Innovationen, die gesellschaftliche und wirtschaftliche Fragen betreffen. Der Begriff signalisiert im Übrigen auch die Verwendung vielfältigster Sensoren, die in ein Netzwerk eingebunden sind und über das Internet kommunizieren.

Die Digitalisierung dokumentiert sich auch in der Anwendung der virtuellen und der erweiterten Realität, im Fachvokabular als „virtual reality" und „augmented reality" bezeichnet. Diese Technologien beziehen sich auf die Darstellung und gleichzeitige Wahrnehmung der Wirklichkeit und ihrer physikalischen Eigenschaften in einer in Echtzeit computergenerierten, interaktiven virtuellen Umgebung. Die Erweiterung der Realitätswahrnehmung kann sich auf alle Sinnesmodalitäten beziehen. Sie wird häufig genutzt, um Zusatzinformationen, wie Daten zu wichtigen Objekten (z.B. Sehenswürdigkeiten), Institutionen (Öffnungszeiten), Verkehrsmittel (Fahrpläne) usw. zu visualisieren. Damit ist bei einer Reisevorbereitung der virtuelle Spaziergang durch die Haupteinkaufsstraße des Urlaubsorts mit einer Vielzahl an Zusatzinformationen jederzeit möglich.

In enger Verbindung hierzu steht das Internet der Dinge, also die Kommunikation verschiedenster Objekte miteinander via Internet. Die physische Essenz des Internet of Things (IoT) sind Milliarden vernetzter dezentraler Geräte. Neben dem Kühlschrank und der Kaffeemaschine gehört das Smartphone ebenso dazu wie das Auslieferungsfahrzeug des Logistikers. Das IoT weist zweifellos viele positive Aspekte auf. Der professionelle Umgang mit dieser Technologie setzt aber auch die intensive Beachtung der Datensicherheit voraus. So zeigt die jüngste Entwicklung eine deutliche Zunahme der Cyberattacken. Sie zu verhindern ist u.a. die Aufgabe des Bundesamts für Sicherheit in der Informationstechnik.

Eine ähnlich umfassende Bedeutung wie das IoT hat auch der Begriff „Industrie 4.0", der durch die in Bild 1 genannten Aspekte exemplarisch beschrieben werden soll. Die vierte industrielle Revolution basiert auf cyber-physikalischen Systemen, in denen softwaretechnische Komponenten über das Internet mit mechanischen und elektronischen Teilen kommunizieren. Der

Fig. 2. Demand for copper in motor vehicles and power plants (7). // Bild 2. Bedarf an Kupfer für Kraftfahrzeuge und Kraftwerke (7). Photos/Fotos: pixabay

and the digital world: "When components communicate independently with the production plant and, if needed, even initiate their own repair – when humans, machines and industrial processes form one intelligent network: that is Industry 4.0" (5). In this context, robotics and the use of 3D printers also play a pivotal part.

At the Hannover Messe 2018, the topics "Artificial Intelligence" and "Deployment of Robots" had taken centre stage and been widely discussed. The messages conveyed there underline the immense speed of innovation. Another future technology is that of e-harvesting: to harvest energy means to use renewable energies as well as to recover the heat which is released when, e.g., braking a car.

We would like to complete this brief overview of future technologies by mentioning the sensors installed in the orbit for the purpose of environmental monitoring. This is a very concrete example of what big data stands for. The European earth observation programme Copernicus uses Sentinel satellites which deliver a data volume of more than 100 terabytes each day, which means an annual data volume that can only be measured in petabytes.

3 Demand for resources

What now are the key mineral resources when it comes to meeting the demand for raw materials in future technologies? One focus resource is copper, followed by in particular lithium, cobalt, rare-earths metals, graphite and nickel. Recent studies undertaken by the Federal Institute for Geosciences and Natural Resources (BGR) and the German Mineral Resources Agency (DERA) show a dramatic increase in demand for those mineral resources. The specific requirements on these resources are high and thus, they can hardly be substituted by others. In addition, current recycling rates of the resources mentioned above are

Begriff „cyber" ist abgeleitet von Kybernetik, worunter man die Steuerung und Regelung von maschinellen und organisatorischen Einrichtungen und sonstigen Objekten versteht.

Für das Bundeswirtschaftsministerium ist Industrie 4.0 ein Begriff, der für die interne Weiterentwicklung der Produktions- und Wertschöpfungsketten der realen und der digitalen Welt steht (5). Zitat: „Wenn Bauteile eigenständig mit der Produktionsanlage kommunizieren und bei Bedarf selbst eine Reparatur veranlassen – wenn sich Menschen, Maschinen und industrielle Prozesse intelligent vernetzen, sprechen wir von Industrie 4.0". In diesem Zusammenhang sind auch die Robotik und der Einsatz von 3D-Druckern von herausragender Bedeutung.

Auf der Hannover-Messe wurden in diesem Jahr die Themen „Künstliche Intelligenz" und „Einsatz von Robotern" in besonderer Weise präsentiert und breit diskutiert. Die hier vermittelten Botschaften verdeutlichen die enorme Innovationsgeschwindigkeit. Zu den Zukunftstechnologien zählt auch das „E-Harvesting". Die Energieernte bezieht die Nutzung der regenerativen Energien ebenso mit ein wie u.a. die Rückgewinnung der beim Bremsen freigesetzten Wärme.

Zur Abrundung der Erläuterungen zum Begriff „Zukunftstechnologien" sollen hier noch die im Orbit befindlichen Sensoren für das Umweltmonitoring erwähnt werden. Hier konkretisiert sich der Begriff „Big Data". Die im europäischen Erdbeobachtungsprogramm „Copernicus" eingesetzten Sentinel-Satelliten liefern jeden Tag ein Datenvolumen von weit über 100 Terabyte. Die jährliche Datenmenge ist daher in Petabyte zu bemessen.

3 Rohstoffbedarf

Bei der Deckung des Bedarfs für die Zukunftstechnologien sind neben Kupfer besonders Rohstoffe wie Lithium, Kobalt, Metalle der Seltenen Erden, Graphit und Nickel im Blick. Aktuelle Studien

overall low. As a consequence, the market can only be supplied with these resources by mining operations.

Figure 2 shows the example of the demand for copper in the automotive industry and in power generation. The increased demand for copper is obvious. The coupling of sectors, i. e. the use of renewable energies to generate mobility and heat, has already been mentioned above. Without offshore wind farms, the turnaround in energy supply can hardly be achieved. As a result, pressure in the resources market will increase. Significantly growing demand, e.g., in the automotive industry, is also forecast for lithium, cobalt, the rare-earths metals and graphite (6).

Another important aspect that has been receiving more attention is the ethical aspect of sourcing those mineral resources. Apple, e. g., is currently providing informing on the origin of the cobalt used in its iPhones. The company is eager to demonstrate that this cobalt is not produced by means of child labour in the Democratic Republic (DR) of Congo, worldwide the largest supplier of cobalt. This response was triggered by an investigation of Amnesty International which reported that approximately 20 % of the cobalt production in the DR Congo is provided by small mines using child labour. Apple is now planning to procure cobalt directly from trusted mining companies to produce the batteries of its iPhones (8). In Germany, too, NGOs are drawing attention to the global social and ecological impact of the increased demand for raw materials (9). Against this backdrop, the high standards of deployment and management of personnel, occupational health and safety and environmental protection give the German raw materials industry a significant cutting edge.

4 The supply situation

To what extent can the increased demand for mineral resources be satisfied globally, and to what extent are such resources physically available (and accessible)? This question also includes the discussion whether and in which scope the German raw materials industry can contribute to meeting this demand. To answer this question, further transparency is needed.

At this point, it is worthwhile to visit the online portal ROSYS (10). The DERA, based at the BGR, offers the industry an information service on queries of raw materials management. Interactive maps and charts can be used to keep up-to-date with the development on the international resource markets and to analyse and assess those developments. By the way, the domestic industry will not only be facing a shortage of mineral resources, but also the concentration of such resources in the hands of a few suppliers.

Recently, the Federation of German Industry (BDI) has published a white paper on "raw materials supply 4.0" which contains action plans of how to establish a sustainable raw materials policy in the age of digitalisation (11). According to that paper, future technologies "Made in Germany" could help to maintain the industrial contribution (primary and secondary sector) which amounts to 23 % of Germany's gross national product (GDP). Politics and industry both have expressly declared their intention to position Germany as a leading provider and a leading market of Industry 4.0 products and services. Therefore, this essay will analyse which impact the availability of mineral resources has on Germany as a place of industrial production. In its white paper,

der Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (BGR) sowie der Deutschen Rohstoff-Agentur (DERA) weisen für diese Bodenschätze dramatische Steigerungen der Nachfrage aus. Die spezifischen Anforderungen an die Rohstoffe sind hoch; die Substitution daher schwierig. Die Recyclingraten der genannten Rohstoffe sind aktuell überwiegend gering. Die Versorgung des Markts kann also nur durch bergbauliche Betriebe erfolgen.

In Bild 2 ist exemplarisch der Bedarf an Kupfer für Kraftfahrzeuge und Kraftwerke dargestellt. Der erhöhte Bedarf an Kupfer ist offenkundig. Oben wurde bereits die Sektorkopplung erwähnt, also der Einsatz regenerativ erzeugten Stroms in den Sektoren Mobilität und Wärme. Ohne die Offshore-Windkraftwerke wird die Energiewende kaum zu realisieren sein. Damit wird der Druck auf den Rohstoffmarkt zunehmen. Erhebliche Mehrbedarfe u. a. im Fahrzeugsektor werden auch für Lithium, Kobalt, Metalle der Seltenen Erden und Graphit prognostiziert (6).

Auch die ethische Seite der Rohstoffbedarfe rückt zunehmend in den Fokus. So klärt Apple aktuell die Herkunft von Kobalt auf, das in iPhones verarbeitet wird. Das Unternehmen will sicherstellen, dass es nicht durch Kinderarbeit in der Demokratischen Republik Kongo, dem weltgrößten Lieferanten von Kobalt, abgebaut wurde. Auslöser ist u. a. eine Überprüfung von Amnesty International, wonach im Kongo etwa 20 % der Kobaltproduktion auf der Basis von Kleinstbergwerken unter Einsatz von Kinderarbeit erzeugt werden. Für die Akkus der iPhones plant Apple, Kobalt direkt von vertrauenswürdigen Bergbauunternehmen zu kaufen (8). Auch in Deutschland machen Nichtregierungsorganisationen auf die globalen sozialen und ökologischen Auswirkungen des erhöhten Rohstoffbedarfs aufmerksam (9). Die deutsche Rohstoffwirtschaft hat mit ihren Standards in puncto Personaleinsatz und -führung, Arbeitssicherheit und Umweltschutz allerdings deutliche Wettbewerbsvorteile.

4 Versorgungslage

Wie ist es um die Befriedigung der erhöhten Rohstoffbedarfe weltweit bestellt und wie um die physische Verfügbarkeit der Rohstoffe? Dabei stellt sich die Frage, ob und in welchem Umfang die deutsche Rohstoffwirtschaft an der Deckung der Bedarfe mitwirken kann. Die Beantwortung dieser Frage setzt weitere Transparenz voraus.

Hier lohnt sich ein Blick auf das Online-Portal ROSYS (10). Die DERA bietet der deutschen Wirtschaft einen Informationsdienst zu rohstoffwirtschaftlichen Fragen an. Mit Hilfe interaktiver Karten und Diagramme lassen sich Entwicklungen auf den internationalen Rohstoffmärkten verfolgen, analysieren und bewerten. Im Übrigen wird die heimische Wirtschaft künftig nicht nur mit einer Verknappung konfrontiert sein, sondern auch mit einer Konzentration auf wenige Anbieter.

Der Bundesverband der Deutschen Industrie (BDI) hat kürzlich das Positionspapier „Rohstoffversorgung 4.0 – Handlungsempfehlungen für eine nachhaltige Rohstoffpolitik im Zeichen der Digitalisierung" veröffentlicht (11). Demnach könnten Zukunftstechnologien „Made in Germany" dazu beitragen, den Industrieanteil von etwa 23 % des Bruttoinlandsprodukts (BIP) zu halten. Es sei erklärtes Ziel von Politik und Wirtschaft, Deutschland als Leitanbieter und Leitmarkt im Bereich von Industrie 4.0 zu positionieren. In diesem Beitrag wird daher die zentrale

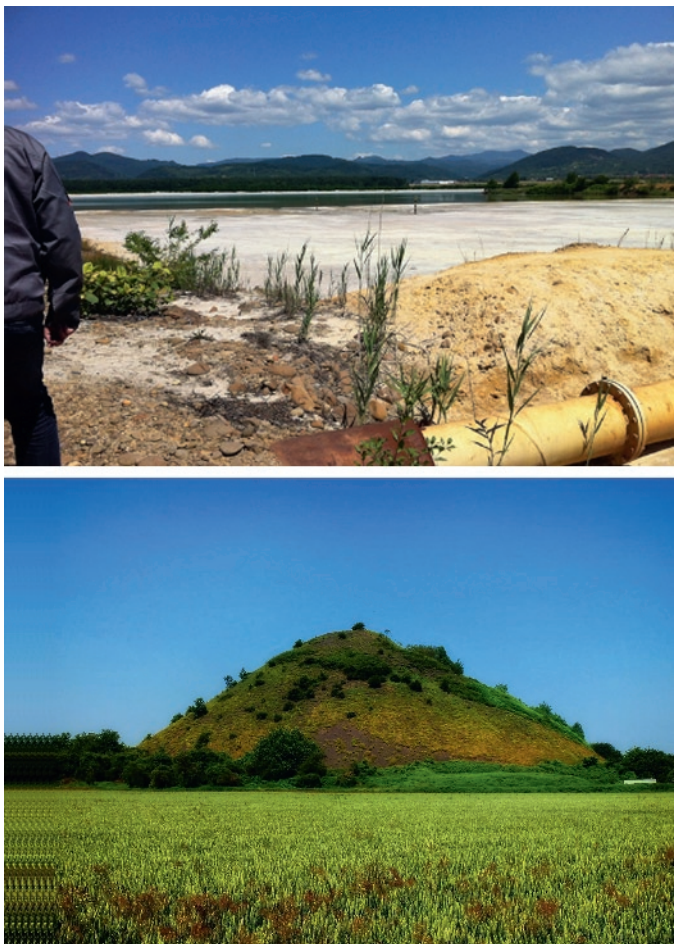

Fig. 3. Objects of former mining: sludge settling pond (top) and mine heap (bottom). // Bild 3. Altbergbauliche Objekte: Absetzteiche (oben) und Halden (unten).
Photos/Fotos: EFTAS (top/oben), pixelbay (bottom/unten)

the BDI has defined eight action plans for German politics. One of them includes the recommendation to strengthen the domestic mineral resource industry. It could be worthwhile to find out which other steps the BDI is willing to take with regard to national issues.

5 New deposits

Looking at the situation described above, the questions arise which prospects can be developed, and which strategies can be pursued? Against the backdrop of the demand for raw materials and the boost of domestic mining, three threads gain impact: urban mining, landfill mining and also the recovery or recycling of the residues left by previous mining activities. Urban mining aims at winning resources from waste, viewing densely populated areas as deposits of such resources. Urban mining does not only include the use of deposits within urban areas, but instead deals with the entire inventory of durable goods (12). The term landfill mining identifies one specific sector of urban mining, i. e. the redevelopment of landfills and waste dumps which are targeted as secondary sources of raw materials. If the process encompasses the recovery of resources, the term enhanced landfill mining is used (13).

Old mine heaps and sludge settling ponds as well as remnants of former mining activities are also potential deposits of relevant

Rolle der Rohstoffverfügbarkeit für Deutschland als Industriestandort thematisiert. Im Positionspapier spricht der BDI acht Handlungsempfehlungen an die Politik aus. Dazu gehört auch der Hinweis auf die Stärkung der heimischen Rohstoffindustrie. Es könnte sich lohnen herauszufinden, zu welchen weiteren Schritten der BDI im Hinblick auf nationale Fragestellungen bereit ist.

5 Neue Lagerstätten

Welche Perspektiven lassen sich angesichts der beschriebenen Situation entwickeln und welche Strategien können verfolgt werden? Vor dem Hintergrund des Rohstoffbedarfs und einer Stärkung des heimischen Bergbaus kommt neben dem „Urban Mining“ und dem „Landfill Mining“ auch die Rückgewinnung von Hinterlassenschaften früherer bergbaulicher Aktivitäten in den Blick. Urban Mining oder auch Bergbau in städtischen Gebieten hat die Rohstoffgewinnung aus Abfällen und dicht besiedelte Regionen als Rohstofflagerstätten im Blick. Urban Mining bezieht sich nicht allein auf die Nutzung der innerstädtischen Lager, sondern befasst sich vielmehr mit dem gesamten Bestand an langlebigen Gütern (12). Landfill Mining steht für einen Sektor des Urban Mining, nämlich den Rückbau von Ablagerungen und Deponien, die als Sekundärrohstoffquellen in den Blick genommen werden. Sieht der Prozess eine Wertstoffgewinnung vor, wird die Bezeichnung „Enhanced Landfill Mining“ verwendet (13).

Alte Halden und Schlammteiche aus ehemaliger bergbaulicher Tätigkeit können Lagerstätten relevanter Bodenschätze darstellen (Bild 3). Diese altbergbaulichen Anlagen müssen im Rahmen von Bestandsaufnahmen, Potentialanalysen und Projektplanungen bewertet und ein möglicher Rückbau muss durch eine zielgerichtete Kommunikation begleitet werden.

Es gibt vielversprechende Anknüpfungspunkte. In diesem Zusammenhang muss auf ein Informationssystem der Bergbehörde des Landes Nordrhein-Westfalen aufmerksam gemacht werden. Auf Grundlage des Landesbodenschutzgesetzes erfasst die Bezirksregierung Arnsberg landesweit die ehemaligen, historischen Betriebsstätten des Bergbaus und archiviert die ermittelten Daten in einem sogenannten Bergbau Alt- und Verdachtsflächen Katalog (14). Eine weitere Informationsquelle können die Ergebnisse eines Untersuchungsprogramms, das vom Institut Fraunhofer Umsicht an Halden durchgeführt wurde, darstellen (15).

Die Möglichkeit, die Erschließung von Lagerstätten mit der Sanierung von Hinterlassenschaften des Altbergbaus zu kombinieren, bietet die Chance, sowohl heimische Rohstoffe für den Bedarf der Zukunftstechnologien in Wert zu setzen als auch die bestehenden Altlasten des Bergbaus zu verwahren. Die berechtigte Frage nach den wirtschaftlichen Rahmenbedingungen einer bergbaulichen Gewinnungstätigkeit in diesen Lagerstätten muss im Einzelfall geprüft und beantwortet werden. Offenkundig ist allerdings, dass von altbergbaulichen Objekten durchaus eine Umweltbelastung ausgehen kann, die bei der Nutzung der Rohstoffquelle reduziert werden könnte. Altbergbauliche Objekte stehen im Fokus des Nachbergbaus und bedürfen je nach dem Ergebnis der Risikoeinstufung eines Monitorings, einer Sicherung oder einer Sanierung. Vor dem hier skizzierten Hinter-

mineral resources (Figure 3). Those parts of former mining works have to be assessed using status reports, potential analyses and project planning; where renaturation is possible, targeted communication activities have to accompany that process.

There are a number of starting points that look promising. In this context, we think it requisite to mention one information system of the North-Rhine Westphalian mining authority. Based on the state act of soil protection, the district government in Arnsberg records former historical mining operations all over Germany and archives the data compiled in a catalogue called "Bergbau Alt- und Verdachtsflächen Katalog" (14). Another source of information for this purpose can be the results of an examination survey that was executed by the Fraunhofer UMSICHT institute at mine heaps (15).

The concept to combine the development of deposits with the clean-up of mining residues provides the opportunity to add the value of domestic raw materials meeting the demand of future technologies and to safely control the existing waste deposits left behind by mining. There is the justified question what the economic framework of a mining production in those deposits would be. This is something that needs to be checked and answered in each individual case. It is obvious that former mining objects can provide environmental impact. However, this impact might be reduced if the raw material source is tapped into. Former mining objects are one focal point of post-mining endeavours and, based on the risk level assigned require either monitoring, safe isolation or redevelopment. The situation sketched there implies the opportunity to generate a renewed mining life cycle, following the motto: "It ain't over when it's over!"

6 Legal framework

The legal assessment of the raw materials production in former waste dumps, abandoned structures, sludge settling ponds and, in particular, landfills of any kind, is a complex matter. Insofar, only some fundamental aspects can be discussed here. The use of the term landfill shows that mineral stockpiles are not included. The landfills of former mineral resources production include

- old mine heaps as defined in § 128 BBergG (Federal Mining Act);
- heaps and other landfills from abandoned owner's mining (not supervised by the mining authority); and
- old sludge settling ponds resulting from mining activities.

The following paragraphs will investigate the above-mentioned three types of landfills regarding the following aspects: Which legal regime applies to the three landfill types? Which legal framework would generally apply to the resources they harbour? And, in addition, who holds the power of disposition (matter of civil law) over the landfills in question?

6.1 Legal regime for anthropogenic landfills from previous mineral resources production

According to § 128 BBergG, the exploration and production of mineral raw materials in old mine heaps is subject to the pertinent regulations of the BBergG if these raw materials are defined as mineral resources according to § 3 (3, 4) BBergG and result from a previous exploration, production or processing (16). If such mineral resources are not identified inside the mine heap, then the Federal Mining Act does not apply.

grund ergibt sich die Chance, aus der Nachbergbauphase einen erneuten bergbaulichen Lebenszyklus zu generieren. Der Leitgedanke ist somit: „Es ist nicht vorbei, wenn es vorbei ist!"

6 Rechtliche Rahmenbedingungen

Die rechtliche Beurteilung der Rohstoffgewinnung in ehemaligen Abfalldeponien, in aufgegebenen Baulichkeiten, in Absetzteichen und insbesondere in Ablagerungen jedweder Art aus einer früheren Rohstoffgewinnung ist komplex. Insofern können an dieser Stelle nur einige grundsätzliche Aspekte erörtert werden. Mit dem Begriff „Ablagerung" wird verdeutlicht, dass Produkthalden nicht erfasst sind. Bei den Ablagerungen aus früherer Rohstoffgewinnung handelt es sich um

- alte Halden im Sinn des § 128 Bundesberggesetz (BBergG),
- Halden und sonstige Ablagerungen aus ehemaligem, nicht unter Bergaufsicht geführtem sogenanntem Grundeigentümerbergbau und
- alte Absetzteiche, die im Zusammenhang mit bergbaulichen Tätigkeiten entstanden sind.

Im Folgenden sollen die vorstehenden drei Arten von Ablagerungen daraufhin geprüft werden, unter welchem Rechtsregime sie sich derzeit befinden und welche rechtlichen Rahmenbedingungen im Allgemeinen für eine Nutzung der in ihnen enthaltenen Rohstoffe zur Anwendung kommen. Ferner soll erörtert werden, wie sich die zivilrechtliche Verfügungsbefugnis über die in Rede stehenden Ablagerungen darstellt.

6.1 Rechtsregime für anthropogene Ablagerungen aus früherer Rohstoffgewinnung

Für das Aufsuchen und Gewinnen mineralischer Rohstoffe in alten Halden gelten nach § 128 BBergG dort näher bezeichnete Regelungen des BBergG entsprechend, wenn die mineralischen Rohstoffe als Bodenschätze unter § 3 Abs. 3 und 4 BBergG fallen würden und aus einer früheren Aufsuchung, Gewinnung oder Aufbereitung stammen (16). Finden sich derartige mineralische Rohstoffe nicht in der Halde, kommt das BBergG nicht zur Anwendung.

Unter Halden versteht der Gesetzgeber künstliche Anhäufungen der aus einem Bergwerk gewonnenen Gesteinsmassen, die ohne oder nach Aufbereitung als nicht mehr verwertbar abgelagert worden sind (17). Dieser Begriff der Halden ist – soweit er sich ausschließlich auf Gesteinsmassen beschränkt – zu eng gefasst und berücksichtigt nicht die langjährige bergbauliche Praxis, die in begrenztem Umfang auch die Ablagerung anderer Stoffe als Gesteine einschloss.

Der § 128 BBergG sieht als bergbauliche Tätigkeit im Zusammenhang mit Eingriffen in eine alte Halde das Aufsuchen und Gewinnen mineralischer Rohstoffe vor. Unabhängig davon, wie diese Begriffe im Verhältnis zu den §§ 4 Abs. 1 und 2 BBergG aufzufassen sind, erscheint nach dem Wortlaut eindeutig, dass die Aufbereitung der zurückgewonnenen mineralischen Rohstoffe nicht von der Vorschrift umfasst ist (18). Es verbleibt damit bei dem zu Recht kritisierten Ergebnis, dass die Aufbereitung der mineralischen Rohstoffe sich nach anderen Rechtsregimen, insbesondere des Immissionsschutzrechts, richtet.

Unter Berücksichtigung der lediglich entsprechenden Anwendung der in § 128 BBergG genannten Vorschriften spricht

German law defines mine heaps as artificial heaping of rock mass extracted from a mine which has been disposed of as no longer exploitable without or after processing (17). This definition of a mine heap is – as far as it is solely limited to rock mass – too narrow and does not consider the long-standing mining practice of disposing of other materials together with the rocks in the landfill.

When it comes to intervening in an old mine heap, § 128 BBergG defines the exploration and production of mineral resources as a mining activity. Regardless how these terms are to be construed with regard to § 4 (1, 2) BBergG, the wording of § 128 obviously means that the processing of recovered raw materials does not fall under this rule (18). This leads to the conclusion – which has been justifiably criticised – that the processing of recovered raw materials is subject to other legal regulations, in particular those of immission control law.

Taking into account the simply corresponding application of the rules stated in § 128 BbergG, there is a strong argument that the recovery from old mine heaps should be legally regarded like open cast mining as stipulated in § 1 (2; 1b) UVP-V Bergbau (19). This would mean that principally general mining plans including an environmental impact assessment according to § 52 (2a) BBergG would be considered.

Mine heaps and other landfills from abandoned owner's mining – which had not been supervised by the mining authority – are not subject to § 128 BBergG as they are not the result of any former exploration, production or processing of (non-mining or owner's) mineral resources. Thus, they are to be defined as digging and filling according to German building law and thus subject to the legislation of construction planning and building law.

To answer the question which regulations apply to old sludge-settling ponds which result from mining activities, it viel dafür, dass die Rückgewinnung aus alten Halden rechtlich wie Tagebaue im Sinn des § 1 Satz 2 Nr. 1 Buchstabe b der Verordnung über die Umweltverträglichkeitsprüfung bergbaulicher Vorhaben (19) zu behandeln sind, sodass grundsätzlich Rahmenbetriebsplanverfahren mit Umweltverträglichkeitsprüfung nach § 52 Abs. 2 Buchstabe a BBergG in Betracht kommen.

Halden und sonstige Ablagerungen aus ehemaligem, nicht unter Bergaufsicht geführtem Grundeigentümerbergbau unterfallen nicht dem § 128 BBergG, weil sie nicht aus einer früheren Aufsuchung, Gewinnung oder Aufbereitung von (bergfreien oder grundeigenen) Bodenschätzen stammen. Sie sind als Aufschüttungen im Sinn des Baurechts zu qualifizieren und unterliegen deshalb dem Rechtsregime des Bauplanungs- und Bauordnungsrechts.

Für die Frage, welches Rechtsregime für die alten Absetzteiche gilt, die im Zusammenhang mit bergbaulichen Tätigkeiten entstanden sind, kommt es zunächst darauf an, ob der Absetzteich noch mit Wasser bespannt ist oder nicht. Ist der Teich mit Wasser bespannt, kann er als oberirdisches Gewässer im Sinn des § 3 Nr. 1 Wasserhaushaltsgesetz (WHG) oder aber als künstliches Gewässer im Sinn des § 2 Nr. 4 WHG angesehen werden und unterliegt den Regelungen des Wasserrechts. Ist der Teich nicht mehr mit Wasser bespannt, gilt die Sedimentfläche als Ablagerung im Sinn des § 29 Abs. 1 BauGB.

6.2 Zivilrechtliche Verfügungsbefugnis über die Ablagerungen

Neben den zuvor angesprochenen öffentlich-rechtlichen Fragestellungen bei der Rohstoffrückgewinnung aus Ablagerungen spielt natürlich auch die zivilrechtliche Verfügungsbefugnis eine große Rolle. Nur der Berechtigte kann die Rückgewinnung betreiben oder betreiben lassen.

needs to be checked whether the settling pond is still covered with water or not. If the pond is still covered with water, it is a surface waterbody as defined in § 3 (1) WHG (Water Resources Act) or as an artificial waterbody as defined in § 2 (4) WHG. In such cases, it is subject to the regulations of water law. However, if the pond is now longer covered with water, it is to be specified as a sediment area according to § 29 (1) BauGB (German Federal Building Code).

6.2 Civil law: right of disposition over the landfills

In addition to the queries of public law regarding the recovery of resources from landfills, a civil-law aspect plays an important part, too, i.e. that of the power of disposition. Only the person or organisation that has this power is permitted to recover resources or to commission their recovery.

The power of disposition over the mineral resources in old mine heaps as defined in § 128 BBergG depends on the ownership of the old mine heap. § 128 BbergG assumes that there must have been a production concession of some kind in place for the pertinent mine when the mine heap was filled. If no concession holder exists any longer, the mine heap material becomes ownerless according to § 958 BGB (German Civil Code). Thus, the owner of the land where the mine heap was filled can acquire the mine heap material. Regarding the power of disposition over mine heaps and landfills from abandoned owner's mining – which had not been supervised by the mining authority – it has to be assumed that the mine heap is the property of the respective landowner. The power of disposition over old sludge-settling ponds resulting from mining activities is subject to the legal regulations described above.

6.3 Conclusion

The recovery of mineral resources from landfills of former raw materials extraction and protection produces numerous legal issues which can only be given a cursory glance in this essay. Some issues need an in-depth investigation to cover even rare cases. One can only hope that the legal obstacles are not too high to be overcome in order to level the path for such an efficient method of winning resources in the future.

7 New prospects for the raw materials industry

Domestic rock resources which are overall mined in quarries are mainly sold to the construction and construction materials industries. More than half of those materials are used for publicly funded projects, mostly infrastructure, building and civil engineering and landfill construction. Due to their high transport costs they should be produced close to their place of consumption. The geological deposits of such domestic rock resources are available all over Germany in top quality for many generations to come. However, their production h application of networked intelligence, starting at the digitalised deposit, through quality-controlled extraction planning and continual product tracking to the generation of reproductive product qualities, will bring about completely new application options for rock resources. Key product qualities, e.g., for the concrete production, the biggest customer of the industry, are overall physical properties such as grain shape and rock hardness and the grainsize

Die Verfügungsbefugnis über die mineralischen Rohstoffe in alten Halden im Sinn des § 128 BBergG hängt davon ab, in wessen Eigentum die alte Halde steht. Der § 128 BBergG geht davon aus, dass bei Aufschüttung der Halde eine wie auch immer geartete Gewinnungsberechtigung für das betreffende Bergwerk vorhanden gewesen sein muss. Gibt es keinen Gewinnungsberechtigten mehr, wird das Haldenmaterial herrenlos im Sinn des § 958 BGB. Der Grundeigentümer, auf dessen Grundstück das Haldenmaterial liegt, kann sich dieses aneignen. Hinsichtlich der Verfügungsbefugnis über Halden und sonstige Ablagerungen aus ehemaligem, nicht unter Bergaufsicht geführtem sogenanntem Grundeigentümerbergbau muss davon ausgegangen werden, dass die Halde dem jeweiligen Grundstückseigentümer gehört. Für die Verfügungsbefugnis über alte Absetzteiche, die im Zusammenhang mit bergbaulichen Tätigkeiten entstanden sind, gilt die vorstehend beschriebene Rechtslage entsprechend.

6.3 Fazit

Die Rückgewinnung von mineralischen Rohstoffen aus Ablagerungen einer früheren Rohstoffgewinnung wirft vielfältige rechtliche Fragestellungen auf, die in diesem Beitrag nur in allgemeiner Form abgehandelt werden können. Manche Fragen bedürfen einer vertieften Behandlung, um auch seltene Fallgestaltungen abzudecken. Es bleibt zu hoffen, dass die rechtlichen Hürden nicht zu hoch sind, um dieser effizienten Art der Rohstoffgewinnung für die Zukunft den Weg zu ebnen.

7 Neue Perspektiven für die Gesteinsindustrie

Die heimischen Gesteinsrohstoffe, die überwiegend im Tagebau gewonnen werden, finden ihren Absatz im Wesentlichen in der Bau- und Baustoffindustrie. Mehr als die Hälfte dieser Rohstoffe werden für Projekte der öffentlichen Hand eingesetzt, maßgeblich sind es Infrastrukturmaßnahmen, öffentlicher Hoch- und Tiefbau sowie Deponiebau. Wegen ihrer Transportkostenempfindlichkeit sollten sie, wenn verfügbar, verbrauchernah gewonnen werden. Die geologischen Vorräte der Gesteinsrohstoffe sind in Deutschland nahezu flächendeckend in höchster Qualität für viele Generationen verfügbar. Die Gewinnung ist aber mit einem nicht zu übersehenden Eingriff in das Landschaftsbild verbunden, mehr als die Hälfte der zur Gewinnung anstehenden Rohstoffe wird unterhalb des lokal anstehenden (Grund)wasserspiegels abgegraben.

Diese und zahlreiche weitere Aspekte führen zu einer sich verschärfenden Nutzungskonkurrenz zur Beanspruchung der natürlichen Ressourcen, was für die Branche zu einem erheblichen Akzeptanzproblem geworden ist. Aber gerade hier ist die sich rasant entwickelnde Digitalisierung mit seinen neuen Möglichkeiten ein Schlüsselfaktor zur Entschärfung der Situation. Die konsequente und durchgreifende Anwendung von vernetzten Intelligenzen, angefangen von der digitalisierten Lagerstätte, über qualitätsgesteuerter Abbauplanung und durchgängiger Produktverfolgung und der Erzeugung reproduktiver Produktqualitäten führt zu völlig neuen Anwendungsmöglichkeiten der Gesteinsrohstoffe. Produktqualitäten sind für die Betonherstellung, dem wichtigsten Abnehmer der Industrie, vor allem gesteinsphysikalische Eigenschaften wie Kornform und Gesteinshärte sowie die Sieblinie. Werden diese Qualitätsmerkmale

distribution. If such quality features are precisely specified and can be met over long supply periods with only little deviation, then new reinforcement systems can be supplied for modern construction methods such as 3D printing and filigree wall construction. Such construction methods aim at e.g. achieving the same construction properties (of dynamics and stability) using fewer resources. If, parallel to these developments, the aggregates from recycling can be refined further, then they will also be used for construction materials of low or medium load in the future. That would mean a use of new resources predominantly for high-load construction parts and, in turn, would reduce the use of natural resources significantly.

8 Obtaining information, research projects

The development of domestic sources of raw materials in order to ensure future supply of the market with urgently needed mineral resources should make use of research projects – both completed and running projects – as sources of information. For this purpose, key projects to refer to are among others the following: the heap register of BGR/Fraunhofer UMSICHT (REStrateGIS); the programmes EIT RawMaterials with its RE-ACTIVATE network, and the EIT RawMaterials: Stings project of the European Institute of Innovation and Technology; the earth observating programme COPERNICUS, and the landfill mining project of BMBF/FONA. Together with its partners in science and business, Technische Hochschule Georg Agricola (THGA), Bochum/Germany, has been active in the research fields of the EIT and Copernicus for a considerable time.

REStrateGIS is the conceptual design and development of a resource register for slag heaps of former smelters. It uses geoinformation technology to develop a strategy for recovering and recycling materials (15). The EIT RawMaterials programme is the most important research network for raw materials in Europe (20). The newly created network RE-ACTIVATE, which has been established as a part of EIT RawMaterials, focuses on the recommissioning of abandoned mines and the (re)valuation of deposits; to achieve that, it bundles the scientific-technical expertise of the EIT partners (21). Another project of EIT called STINGS is geared towards the technical development and combination of ground-based and satellite-supported methods for monitoring tailing basins (22). STINGS also intends to evaluate the substances in plants regarding their resource content and the hazardous potential.

Co-funded by the FONA programme (research for sustainable development) of the Ministry for Education and Research (BMBF) guidelines could be developed for improved landfill mining and the redevelopment of landfills and waste dumps (13, 23). One key assumption of these guidelines is that landfill mining is not just a question of whether it is feasible, but also of the conditions which are in place, which are to be expected and which need to be created: location-specific assessments are compulsory.

9 Outlook

The apparent demand for mineral resources of future technologies can open new prospects for the domestic raw materials industry. The long mining tradition in Germany has not only established a highly-developed raw materials industry, but also

exakt beschrieben und über lange Lieferzeiträume mit geringen Toleranzen eingehalten, können moderne Bauverfahren wir der 3D-Druck und Filigranwände mit neuen Bewährungssystemen beliefert werden. Diese Bauverfahren zielen u.a. darauf ab, mit weniger Rohstoffen gleiche bauphysikalische Eigenschaften (Statik und Dynamik) zu erzielen. Werden parallel zu diesen Entwicklungen die Zuschlagstoffe aus Recycling weiter qualifiziert, können diese zukünftig für Baustoffe mit geringer bis mittlerer Beanspruchung Verwendung finden. Frische Rohstoffe werden dann vornehmlich für hoch belastete Bauteile eingesetzt, was folgerichtig zu einem deutlich geringeren Verbrauch an natürlichen Ressourcen führt.

8 Informationsbeschaffung, Forschungsprojekte

Die Erschließung heimischer Rohstoffquellen im Hinblick auf eine zukünftige Versorgung des Markts mit dringend benötigten Bodenschätzen kann bereits abgeschlossene bzw. laufende Forschungsprojekte als Informationsquellen nutzen. In diesem Zusammenhang sind u.a. folgende Projekte zu nennen: BGR/Fraunhofer Umsicht: Haldenkataster (REStrateGIS), EIT RawMaterials: Netzwerk RE-ACTIVATE, EIT RawMaterials: Stings, Erdbeobachtungsprogramm COPERNICUS, BMBF/FONA: Landfill Mining. Gemeinsam mit Partnern ist die Technische Hochschule Georg Agricola (THGA), Bochum, bereits auf den Forschungsfeldern EIT (European Institute of Innovation and Technology) und Copernicus (European Earth Observation Program) tätig.

REStrateGIS zielt ab auf die Konzeption und Entwicklung eines Ressourcenkatasters für Hüttenhalden durch Einsatz von Geoinformationstechnologien und die Strategieentwicklung zur Wiedergewinnung von Wertstoffen (15). Das EIT RawMaterials ist das bedeutendste Forschungsnetzwerk im Bereich Rohstoffe in Europa (20). Das im Rahmen von EIT RawMaterials neu geschaffene Netzwerk RE-ACTIVATE ist fokussiert auf die Wiederinbetriebnahme ehemaliger Bergwerke und die Inwertsetzung von Lagerstätten und verknüpft zu diesem Zweck die wissenschaftlich-technische Expertise der Partner des EIT (21). Ein weiteres Vorhaben von EIT, das Projekt STINGS, ist auf die technische Entwicklung und Kombination von boden- und satellitengestützten Verfahren zum Monitoring von Tailingbecken ausgerichtet (22). Es zielt auch darauf ab, die Inhaltstoffe der Anlagen hinsichtlich ihres Rohstoffgehalts und der Gefahrenpotentiale zu bewerten.

Gefördert durch FONA (Forschung für nachhaltige Entwicklung) des Bundesministeriums für Bildung und Forschung (BMBF) wurde ein Leitfaden zum verbesserten Landfill Mining, dem Rückbau von Deponien, entwickelt (13, 23). Eine These des Leitfadens ist: Landfill Mining ist nicht eine Frage des ob, sondern nur eine Frage der vorhandenen, der eintretenden oder der zu schaffenden Bedingungen. Standortspezifische Beurteilungen sind erforderlich.

9 Ausblick

Der sich abzeichnende Rohstoffbedarf für die Zukunftstechnologien kann neue Perspektiven für die heimische Rohstoffwirtschaft bedeuten. Die lange Tradition des Bergbaus in Deutschland hat einerseits eine hochentwickelte Rohstoffwirtschaft hervorgebracht und andererseits zu einer unüberschaubaren

produced a nearly unmanageable number of abandoned mining objects, landfills and sludge-settling ponds. All in all, this means that the physical and the technical potential for recovering relevant resources does exist. The initiation of new mining projects in a post-mining era can lead to synergy effects when it comes to the elimination of existing waste deposits, creating high-value areas for different purposes, the recovery and production of resources as well as agriculture and environmental protection.

Those ideas are supported by the results of research projects undertaken by different parties and the interest of specialist institutes. The collaboration of companies in mining and industrial minerals with the relevant authorities and scientific institutes provides the opportunity to tackle technical, economic and legal challenges. To promote timely and open communication it is paramount that transparency and understanding are established in the general public, politics and authorities in charge of licenses and concessions.

Vielzahl von altbergbaulichen Objekten, Ablagerungen und Schlammteichen geführt. Damit ist das Potential für die Rückgewinnung von relevanten Rohstoffen sowohl technisch als auch physisch vorhanden. Die Imitierung neuer Bergbauprojekte sozusagen aus der Nachbergbauphase kann zu Synergien führen. Dazu zählen die Beseitigung von Altlasten, die Schaffung von hochwertigeren Flächen für verschiedenste Nutzung, u.a. die Rohstoffgewinnung, die Landwirtschaft und den Naturschutz.

Die Überlegungen werden gestützt durch die Ergebnisse von Forschungsvorhaben verschiedenster Stellen und das Interesse von Fachinstitutionen. Die Zusammenarbeit von Unternehmen des Bergbaus und der Steine und Erden-Industrie mit den Fachbehörden und wissenschaftlichen Einrichtungen bietet die Chance, technische, wirtschaftliche und rechtliche Herausforderungen zu bewältigen. Im Rahmen einer frühzeitigen und offenen Kommunikation gilt es, für Transparenz und Verständnis in der Öffentlichkeit, der Politik und bei Genehmigungsbehörden zu sorgen.

References / Quellenverzeichnis

(1) DERA – Deutsche Rohstoffagentur in der Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (2016a): Wachstumsraten-Monitor. Entwicklung von Angeboten und Nachfrage ausgewählter mineralischer Rohstoffe. DERA Rohstoffinformationen 30, 90 S., Berlin.

(2) Energieagentur NRW: 9. Batterietag NRW 2018 am 9. April in Münster. NRW Leistungsschau zur Batterietechnik der Zukunft. URL: http://www.energieagentur.nrw/netze/9._batterietag_nrw_2018_am_9._april_in_muenster (zuletzt geprüft am 25.4.2018).

(3) BMWi -Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (2018a): Energiewende direkt. Was bedeutet „Sektorkopplung"? URL: https://www.bmwi-energiewende.de/EWD/Redaktion/Newsletter/2016/14/Meldung/direkt-erklaert.html (zuletzt geprüft am 25.4.2018).

(4) World of Mining – Surface & Underground: News. Heft 1/2018, S. 23. GDMB Verlag GmbH.

(5) BMWi- Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (2018b): Digitale Transformation in der Industrie. URL: https://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Dossier/industrie-40.html (zuletzt geprüft 25.4.2018).

(6) DERA Deutsche Rohstoffagentur (2016b): Rohstoffe für Zukunftstechnologien. https://www.deutsche-rohstoffagentur.de/DERA/DE/Downloads/dera-infochart.pdf;jsessionid=180C42042F5345766C0DE18E8D2D6E6B.2_cid321?__blob=publicationFile&v=4.

(7) Borg, G.: Editorial. World of Mining – Surface & Underground, Heft 5/2017, S. 249–250. GDMB Verlag GmbH.

(8) Jamasmie, C.: Apple in talks to buy cobalt directly from miners – report. Mining.com 26.02.2018. auch unter URL: http://www.mining.com/apple-talks-buy-cobalt-directly-miners-report/ (zuletzt geprüft am 28.4.2018).

(9) PowerShift (2017): Ressourcenfluch 4.0. Die sozialen und ökologischen Auswirkungen von Industrie 4.0 auf den Rohstoffsektor. S. 55, Berlin.

(10) DERA Deutsche Rohstoffagentur (2018): ROSYS Informationssystem. Rohstoffinformationssystem. URL: https://rosys.dera.bgr.de (zuletzt geprüft 28.4.2018).

(11) BDI – Bundesverband der deutschen Industrie (2017): Rohstoffversorgung 4.0. Handlungsempfehlungen für eine nachhaltige Rohstoffpolitik im Zeichen der Digitalisierung. URL: https://bdi.eu/publikation/news/rohstoffversorgung-40/ (zuletzt geprüft 25.4.2018).

(12) Umweltbundesamt (2017): Urban Mining - Rohstoffquellen direkt vor der Haustür. URL: https://www.umweltbundesamt.de/presse/pressemitteilungen/urban-mining (zuletzt geprüft 28.4.2018).

(13) BMBF – Bundesministerium für Bildung und Forschung (2016): FONA Ressourceneffizienz. Leitfaden für den Deponierückbau veröffentlicht. URL: http://www.r3-innovation.de/de/20584 (zuletzt geprüft 25.4.2018).

(14) Bezirksregierung Arnsberg (2018): Jahresbericht der Bergbehörde 2016. URL: https://www.bezreg-arnsberg.nrw.de/themen/j/jahresberichte_bergbehoerden/jahresberichte/jahresbericht_2016_berg.pdf (zuletzt geprüft 25.4.2018).

(15) Fraunhofer Umsicht (2016): REStrateGIS. Konzeption und Entwicklung eines Ressourcenkatasters für Hüttenhalden durch Einsatz von Geoinformationstechnologien und Strategieentwicklung zur Wiedergewinnung von Wertstoffen. URL: https://www.ressourcenkataster.de/ (zuletzt geprüft 28.4.2018).

(16) BBergG – Bundesberggesetz: BGBl. I S. 1380, zuletzt geändert durch Gesetz vom 20.07.2017 (BGBl. I S. 2808).

(17) Zydek, H. (1980): Bundesberggesetz – Materialien, Essen.

(18) Boldt, G., Weller, H., Kühne, G., von Mäßenhausen, H.: BBergG, 2. Aufl., 2015.

(19) Verordnung über die Umweltverträglichkeitsprüfung bergbaulicher Vorhaben vom 13. Juli 1990 (BGBl. I S. 1420), die zuletzt durch Artikel 2 Absatz 24 des Gesetzes vom 20. Juli 2017 (BGBl. I S. 2808) geändert worden ist."

(20) EIT – European Institute of Innovation and Technology (2018): Developing raw materials. URL: https://eitrawmaterials.eu/ (zuletzt geprüft 25.4.2018).

(21) EIT – RE-ACTIVATE (2017): Developing superior technical infrastructure throughout EIT RawMaterials community to foster technologies and methodologies for re-activation of former mine sites. URL: https://eitrawmaterials.eu/project/re-activate/ (zuletzt geprüft 25.4.2018).

(22) EIT – STINGS (2017): Supervision of Tailings by an Integrated Novel Approach to combine Ground-based- and Spaceborne Sensordata. URL: https://eitrawmaterials.eu/project/stings/ (zuletzt geprüft 25.4.2018).

(23) r3-Projekt TÖNSLM (2016): Leitfaden zum Enhanced Landfill Mining. URL: https://www.fona.de/mediathek/r3/pdf/20160614_Master_LF_StGR1_final_SD.pdf (zuletzt geprüft 25.4.2018).

Authors / Autoren

Prof. Dr.-Ing. Peter Goerke-Mallet, Forschungszentrum Nachbergbau,
Abteilungsdirektor a.D. Michael Kirchner, Lehrbeauftragter,
Prof. Dr.-Ing. Albert Daniels, Rohstoffgewinnung über und unter Tage, Technische Hochschule Georg Agricola (THGA), Bochum