

Change-Management in the Mining-Life-Cycle Needs Trust!

Trust is a valuable asset that must be built and maintained in scientific and technical projects. Especially in projects of the mining life cycle, which are due to the change of the social perception towards a circular value chain, trust is under special observation and has to be built up actively. The difficulties here lie in the transfer of the scientific-technical content in change management for the different target groups, which have different social as well as societal requirements. The transition from the exploration phase to the production phase or from the production phase to the post-mining phase, e. g., represents a significant change in visibility and must therefore be accompanied by communication and contextualized in a way that is comprehen-

sible to the heterogeneous public. A holistic environmental and geo-monitoring together with science communication methods offers the possibility to bring transparency into mining measures and the circular value chain. Trust in the change management of the mining life cycle is based on two pillars: trust in the technical and technological competence of the scientists on the one hand and trust in the value system of the scientists on the other hand. The goal is to build informed trust in society for science by creating transparency not only about mining-related actions, but also about science as a social system (1) that embraces the epistemic dependence of scientists and the limits of citizens' own judgment.

Veränderungsmanagement im Bergbaulebenszyklus benötigt Vertrauen!

Vertrauen ist ein hohes Gut, das in wissenschaftlich-technischen Projekten aufgebaut und bewahrt werden muss. Insbesondere in Projekten des bergbaulichen Lebenszyklus, die sich aufgrund der Veränderung der gesellschaftlichen Wahrnehmung hin zu einer zirkulären Wertschöpfungskette befinden, steht das Vertrauen unter einer besonderen Beobachtung und muss aktiv aufgebaut werden. Die Schwierigkeiten liegen hierbei im Transfer der wissenschaftlich-technischen Inhalte im Veränderungsmanagement für die unterschiedlichen Zielgruppen, die unterschiedliche soziale sowie gesellschaftliche Anforderungen stellen. So stellt der Übergang von der Erkundungs- hin zur Produktionsphase oder von der Produktions- zur Nachbergbauphase eine deutliche Veränderung der Sichtbarkeit dar und muss somit kommunikativ begleitet und für die heterogene Öffentlichkeit verständlich kontextualisiert werden.

Ein ganzheitliches Umwelt- und Geomonitoring bietet zusammen mit Wissenschaftskommunikationsmethoden die Möglichkeit, Transparenz in bergbauliche Maßnahmen und die zirkuläre Wertschöpfungskette zu bringen. Das Vertrauen im Veränderungsmanagement des bergbaulichen Lebenszyklus steht auf zwei Säulen: auf der einen Seite Vertrauen in die Sach- und Technologiekompetenz der Wissenschaftler und Vertrauen auf das Wertesystem der Wissenschaftler auf der anderen Seite. Das Ziel ist es, informiertes Vertrauen in der Gesellschaft für die Wissenschaft zu stärken, indem nicht nur Transparenz in Bezug auf bergbauliche Maßnahmen geschaffen wird, sondern auch über die Wissenschaft als soziales System (1), welches die epistemische Abhängigkeit von Wissenschaftlern und die Grenzen der eigenen Urteilsfähigkeit der Bürger umfasst.

Introduction

Change management in the mining life cycle describes comprehensive and far-reaching changes, such as the sudden closure of a production operation, combined with the immediate transition to the closure and aftercare phase. Change management poses a major challenge, especially when it involves phases of the mining life cycle that require a high level of participation.

The stakeholders in a mining life cycle are very diverse and include various social and political players, both locally and nationally. These include, e. g., the supervisory authorities involved, associations, non-governmental organisations and political actors at various levels (local, state, federal).

Einleitung

Das Veränderungsmanagement im bergbaulichen Lebenszyklus beschreibt umfassende und weitreichende Veränderungen, so beispielsweise die plötzliche Schließung eines Produktionsbetriebs, verbunden mit dem unmittelbaren Übergang in die Schließungs- und Nachsorgephase. Das Veränderungsmanagement stellt insbesondere dann eine große Herausforderung dar, wenn hierbei Phasen des bergbaulichen Lebenszyklus betroffen sind, bei denen eine hohe Beteiligung notwendig ist.

Die Beteiligten (Stakeholder) in einem bergbaulichen Lebenszyklus sind sehr divers und umfassen verschiedene Akteure der Gesellschaft und der Politik, sowohl unmittelbar vor Ort als auch

It is essential for sustainable change management that acceptance and trust in science are strengthened among those involved. In the field of post-mining research, this is a complex task, as it is not just a matter of building technical understanding and thereby strengthening trust in science. Rather, the overarching task is to address citizens' uncertainties, which are often fuelled by the ambivalences inherent in science (2). This is particularly true of post-mining research, which is constantly evolving and whose interrelationships are often complex and not immediately tangible. One example of this is the relationship between sustainability goals and post-mining research in view of the specific spatial and temporal framework conditions of mining and its dynamic mode of operation (3). Uncertainties, which have their origin in fundamental ideological questions or misunderstandings that arise due to ambivalences, cannot be neutralised by fact-based trust, but require emotionally anchored trust (1, 2, 4, 5). As Nina Janich (6) convincingly argues, science communication increasingly needs to deal with "the socially constructed nature of knowledge, the rhetorical dimensions of scientific language and communication and also with the question of how to deal transparently with scientific ignorance and uncertainties".

The importance of establishing a trust that enables citizens to deal with uncertainties and ambivalences is particularly important due to the dynamic nature of post-mining. The external conditions of the mining life cycle described below are changing rapidly and rapidly. Change management must react accordingly. There are four reasons for this.

Firstly, the switch to a circular value chain must be taken into account. As a result, society's understanding of the processes of the mining life cycle, from exploration to post-mining, continues to decline. This can lead to the misunderstanding that raw materials are not consumed and can always be recycled. However, the increasing consumption of technical and energy goods still makes raw material extraction necessary (Figure 1).

Secondly, it can be seen that the development processes are causing legislators, non-governmental organisations and society as a whole to rethink their approach to climate and earth sys-

überregional. Dazu zählen beispielsweise beteiligte Aufsichtsbehörden, Verbände, Nichtregierungsorganisationen und politische Akteure auf unterschiedlichen Ebenen (Kommune, Land, Bund).

Für ein nachhaltiges Veränderungsmanagement ist es elementar, dass Akzeptanz und Vertrauen in die Wissenschaft bei den Beteiligten gestärkt werden. Im Bereich der nachbergbaulichen Forschung ist dies eine komplexe Aufgabe, da es nicht nur gilt, technisches Verständnis aufzubauen und dadurch Vertrauen in die Wissenschaft zu stärken. Vielmehr ist es die übergeordnete Aufgabe, auf Unsicherheiten der Bürger einzugehen, welche oftmals gespeist werden von der Wissenschaft inhärenten Ambivalenzen (2). Dies trifft insbesondere auf die Forschung im Nachbergbau zu, die sich stetig weiterentwickelt und deren Verflechtungen oft komplex und nicht unmittelbar greifbar sind. Ein Beispiel dafür ist die Beziehung zwischen Nachhaltigkeitszielen und Nachbergbauforschung in Anbetracht der spezifischen räumlichen und zeitlichen Rahmenbedingungen des Bergbaus und seiner dynamischen Betriebsweise (3). Unsicherheiten, welche ihren Ursprung in ideologischen Grundfragen oder Missverständnissen haben, welche durch Ambivalenzen auftreten, lassen sich nicht durch ein faktenbasiertes Vertrauen neutralisieren, sondern bedürfen emotional verankerten Vertrauens (1, 2, 4, 5). Wie Nina Janich (6) überzeugend argumentiert, muss man sich in der Wissenschaftskommunikation vermehrt mit „der auch sozialen Konstruiertheit ihres Wissens, den rhetorischen Dimensionen von Wissenschaftssprache und -kommunikation und auch mit der Frage eines transparenten Umgangs mit wissenschaftlichem Nichtwissen und Unsicherheiten aktiv auseinandersetzen“.

Die Wichtigkeit, ein Vertrauen zu etablieren, welches Bürger dazu befähigt, mit Unsicherheiten und Ambivalenzen umzugehen, ist aufgrund des dynamischen Charakters des Nachbergbaus besonders wichtig. Die im Folgenden dargestellten äußeren Rahmenbedingungen des bergbaulichen Lebenszyklus verändern sich stark und schnell. Das Veränderungsmanagement muss entsprechend darauf reagieren. Hierzu sind vier Gründe zu nennen.

Erstens ist die Umstellung auf eine zirkuläre Wertschöpfungskette zu berücksichtigen. Dies führt dazu, dass das gesellschaftliche

Verständnis für die Prozesse des bergbaulichen Lebenszyklus von der Erkundung bis hin zum Nachbergbau immer weiter abnimmt. Hieraus kann das Missverständnis entstehen, dass sich Rohstoffe nicht verbrauchen und immer wieder recycelt werden können. Der zunehmende Verbrauch technischer und energetischer Güter macht aber immer noch eine Rohstoffgewinnung notwendig (Bild 1).

Zweitens ist festzustellen, dass aufgrund der Entwicklungsprozesse beim Gesetzgeber, bei Nichtregierungsorganisationen, aber auch in der Gesellschaft, ein Umdenken

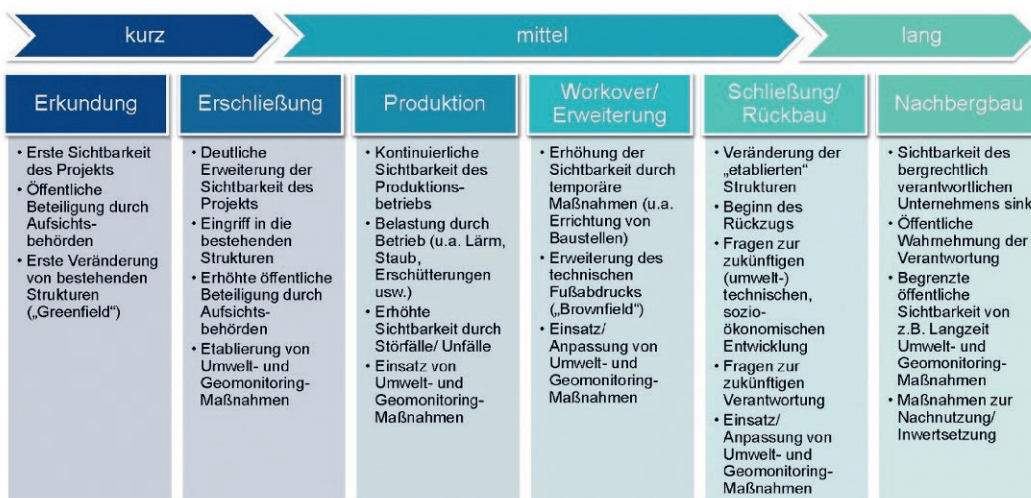


Fig. 1. Illustration of the phases of the extended mining life cycle, indicating the time component and listing the important points of change management.

Bild 1. Darstellung der Phasen des erweiterten bergbaulichen Lebenszyklus unter Angabe der Komponente Zeit und Auflistung der wichtigen Punkte eines Veränderungsmanagements. Source/Quelle: FZN

tem protection. This can be seen very clearly, e.g., in the megatrend of sustainability. The questioning of one's own actions and responsibility is summarised by the sociological term of a generation, the generation purpose (7, 8). The second megatrend of digitalisation supports this process of change (9).

Thirdly, consideration must be given to how the groups affected by the change are informed and how it is ensured that the scientific and technical content is communicated and understood sensitively. Three factors need to be considered here (Figure 2) (11):

- 1.) individual factors;
- 2.) social factors;
- 3.) structural conditions.



Fig. 2. Factors influencing the accessibility of target groups (according to (11)).
Bild 2. Einflussgrößen der Faktoren zur Erreichbarkeit von Zielgruppen (nach (11)).

The three factors must be taken into account in the change management of projects in the mining life cycle and addressed with appropriate measures. The analysis by Schrögel et al. (11) shows that trust plays an important role in both the individual and the social factors. A comparison of the factors also shows that different tools and methods are required for knowledge and science transfer and communication.

Fourthly, the individual phases and changes in the mining life cycle are subject to the major challenge of building trust in the (scientific) technical content and continuously maintaining the reputation of the companies. Here, the application, implementation and adaptation of the technical measures of integrated geo- and environmental monitoring offer the opportunity to build a transparent understanding of the process (Figure 1) (3). This is particularly important at the end of the mining life cycle, when the extraction licence for the raw materials is terminated by the company responsible under mining law as part of the post-mining assessment. This can give stakeholders the impression that the companies responsible under mining law are shirking their responsibility. However, the fact that the successful termination of an extraction licence is possible is demonstrated, e.g. by the final remediation of former sites (11, 12, 13). This is because the successful dismantling of the sites and thus the completion of the mining projects shows that the process of raw material extraction is limited in time/finite and that there are no uncertainties due to the mining responsibility.

Change management and trust

Successful change management consists of three points: foundation, vision and initial action steps. In change management, since a new situation is to be achieved, fact-based and emotion-based resistance/personal involvement must be expected. It is therefore important to establish a common basis, i.e. trust, and to support this in the broadest sense through communication and thus build perspectives (Figure 3). A detailed analysis of the concept of trust shows that it consists of nine interlinked aspects (14, 15, 16).

hin zum Klima- und Erdsystemschatz stattfindet. Dies lässt sich z. B. sehr deutlich am Megatrend Nachhaltigkeit erkennen. Das Hinterfragen des eigenen Handelns und der Verantwortung ist mit der soziologischen Bezeichnung einer Generation, der Generation-Purpose, auf den Punkt gebracht (7, 8). Der zweite Megatrend der Digitalisierung unterstützt diesen Wandlungsprozess (9).

Drittens ist zu berücksichtigen, wie die vom Wandel betroffenen Gruppen informiert werden und sichergestellt wird, dass die wissenschaftlich-technischen Inhalte sensibel vermittelt und verstanden werden. Hier gilt es drei Faktoren zu beachten (Bild 2) (11):

- 1.) individuelle Faktoren,
- 2.) soziale Faktoren,
- 3.) strukturelle Bedingungen.

Die drei Faktoren sind im Veränderungsmanagement von Projekten im bergbaulichen Lebenszyklus zu berücksichtigen und mit entsprechenden Maßnahmen zu adressieren. Die Analyse von Schrögel et al. (11) zeigt, dass sowohl in den individuellen, als auch den sozialen Faktoren das Vertrauen eine wichtige Rolle spielt. Auch zeigt sich durch den Vergleich der Faktoren, dass für den Wissens- und Wissenstransfer sowie die Kommunikation unterschiedliche Werkzeuge und Methoden notwendig sind.

Viertens unterliegen die einzelnen Phasen und Veränderungen des Bergbau-Lebenszyklus der großen Herausforderung, Vertrauen in die (wissenschaftlich-)technischen Inhalte aufzubauen und die Reputation der Unternehmen kontinuierlich aufrechtzuerhalten. Hier bietet die Anwendung, Umsetzung und Anpassung der technischen Maßnahmen des integrierten Geo- und Umweltmonitorings die Möglichkeit zum Aufbau eines transparenten Prozessverständnisses (Bild 1) (3). Dies ist insbesondere am Ende des Bergbau-Lebenszyklus wichtig, wenn im Rahmen der nachbergbaulichen Betrachtung die Gewinnungslizenz für die Rohstoffe durch das bergrechtlich verantwortliche Unternehmen beendet wird. Dies kann bei den Beteiligten den Eindruck erwecken, dass sich die bergrechtlich verantwortlichen Unternehmen der Verantwortung entziehen. Dass die erfolgreiche Beendigung einer Gewinnungs-



Fig. 3. The individual aspects of trust (according to (14, 15, 16)).
Bild 3. Die Einzelaspekte des Vertrauens (nach (14, 15, 16)).

Technological and technical expertise forms the basis of trust. It is used to recognise and assess complex projects in the mining life cycle and to initiate action. The reputation of the scientific institution also plays a decisive role here, as specialised persons and/or institutions are more likely to be able to establish a long-term relationship of trust (17).

Honesty is the most important aspect. Honest behaviour is essential in the scientific and technical implementation of change management in mining processes. This is particularly important in the post-mining phase, when the visibility of the companies responsible for mining law changes and possibly declines. For this reason, it is precisely for this critical phase of the mining life cycle that comprehensive transparency should be brought to the next steps. This can mean, e.g., that the technical (geo-environmental) data on which the process is based is made available in the participation process. However, this does not mean that internal, corporate-commercial information, such as the commercial model for provisions for mining damage regulations, is disclosed.

The multilateral respect, honesty and ethics of the companies responsible for mining law, supervisory authorities, non-governmental organisations and the public involved is a further basis for a successful scientific and technical exchange. Respect and sincerity here means that the respective needs of the parties involved, e.g. in the case of necessary technical explanations, are mutually taken into account. Honesty also means taking responsibility for one's own actions.

The first-mentioned aspects make it necessary to establish transparency in order to make each project phase of the mining life cycle comprehensible and to define expectations. Transparency can also be used to eliminate uncertainties in the development of process understanding.

The transparent presentation of processes and project phases creates commitment and reliability in action. By combining these aspects, traceability is achieved for those involved and thus a step towards building trust.

lizenz aber möglich ist, zeigt sich beispielsweise an der abschließenden Sanierung von ehemaligen Standorten (11, 12, 13). Denn durch den erfolgreichen Rückbau der Standorte und somit Abschluss der bergbaulichen Projekte wird gezeigt, dass der Prozess der Rohstoffgewinnung zeitlich begrenzt/endlich ist und aufgrund der bergbaulichen Verantwortung keine Unsicherheiten bestehen.

Veränderungsmanagement und Vertrauen

Ein erfolgreiches Veränderungsmanagement besteht aus den drei Punkten Basis, Vision und erste Handlungsschritte. Im Veränderungsmanagement ist, da eine neue Situation erreicht werden soll, mit einem faktenbasierten und einem gefühlsmäßigem Widerstand/persönlicher Betroffenheit zu rechnen. Daher ist es wichtig, hier eine gemeinsame Basis, also Vertrauen aufzubauen und dies im weitesten Sinne kommunikativ zu begleiten und so Perspektiven aufzubauen (Bild 3). Eine detaillierte Analyse des Begriffs Vertrauen zeigt, dass er aus neun untereinander verknüpften Aspekten besteht (14, 15, 16).

Die Technologie- und Sachkompetenz bildet die Basis des Vertrauens. Mit ihr werden komplexe Projekte im bergbaulichen Lebenszyklus erfasst, beurteilt und Handlungen eingeleitet. Hier spielt außerdem die Reputation der wissenschaftlichen Institution eine entscheidende Rolle, da fachbezogene Personen und/oder Institutionen eher ein langfristiges Vertrauensverhältnis herstellen können (17).

Die Ehrlichkeit ist der wichtigste Aspekt. Ein ehrliches Handeln ist in der wissenschaftlich-technischen Umsetzung des Veränderungsmanagements bei bergbaulichen Prozessen essentiell. Dies ist vor allem in der Phase des Nachbergbaus wichtig, wenn sich die Sichtbarkeit der bergrechtlich-verantwortlichen Unternehmen verändert und ggf. sinkt. Daher sollten gerade für diese kritische Phase des bergbaulichen Lebenszyklus eine umfassende Transparenz in die kommenden Schritte gebracht werden. Dies kann z.B. bedeuten, dass die dem Prozess zugrundeliegenden technischen (Geo-/Umwelt-)Daten im Beteiligungsprozess bereitgestellt werden. Das bedeutet aber nicht, dass interne, unternehmerisch-kaufmännische Informationen, wie z.B. das kaufmännische Modell für Rückstellungen bei bergschadenskundlichen Regulierungen, offengelegt werden.

Der multilaterale Respekt, die Aufrichtigkeit und die Ethik der beteiligten bergrechtlich-verantwortlichen Unternehmen, Aufsichtsbehörden, Nichtregierungsorganisationen und der Öffentlichkeit ist eine weitere Grundlage für einen erfolgreichen wissenschaftlich-technischen Austausch. Respekt und Aufrichtigkeit bedeutet hier auf die jeweiligen Bedürfnisse der Beteiligten, z.B. bei notwendigen technischen Erklärungen, wechselseitig einzugehen. Die Aufrichtigkeit bedeutet zusätzlich, dass Verantwortung für das eigene Handeln übernommen wird.

Durch die erstgenannten Aspekte ist es notwendig, Transparenz aufzubauen, um jede Projektphase des bergbaulichen Lebenszyklus nachvollziehbar zu machen und die Erwartungshaltung zu definieren. Mittels der Transparenz können somit auch Unsicherheiten im Aufbau des Prozessverständnisses beseitigt werden.

Mit der transparenten Darstellung von Prozessen und Projektphasen wird eine Verbindlichkeit und Verlässlichkeit im Handeln erzielt. Durch die Kombination der Aspekte wird erreicht, dass für Beteiligte eine Nachvollziehbarkeit erzielt wird und somit ein Schritt der Vertrauensbildung.

The aspect of support means that further and possibly additional measures are taken during the project phases, possibly beyond the actual (legal) requirements. This means that the planning and approval documents are not only displayed as part of a participatory process, but are also accompanied, e.g. by explanatory workshops. The added value generated in this way increases trust, as identification with the topic is created. Citizen science and distributed sources (crowdsourcing) with environmental and geomonitoring measures, e.g., can be used here.

Despite the endeavour to be honest, respectful, sincere and supportive, there are situations in certain circumstances where guided attention and specific restraint are important. For instance, in phases of heightened awareness and possibly extensive public discussions, the resulting/emerging unrest and uncertainty should not be increased by expanding on other possible future, strategic and corporate internal project components that may have nothing to do with the actual reason for the discussion. However, necessary (geo-environmental) data and information must also not be withheld (see aspect of support).

Project implementation in raw material extraction can only be credible if it is linked to complete identification/empathy. This identification includes multilateral communication between the groups involved in order to be able to take into account the different perspectives of those involved.

Neutrality is an important asset in the realisation of projects with a major public impact. It is difficult for the operator, e.g., to maintain complete neutrality in project realisation as it is pursuing business objectives. It is therefore important to involve external neutral support from experts and research institutions and to provide the necessary funding for this work in other ways, e.g. via a local authority, funds, foundations (18).

To summarise, it should be noted here that trust and the associated aspects are an asset to be contributed by all parties involved (19). This is the only way to create the basis for a scientific-technical and at the same time social or societal exchange. With the mutual trust in change management, projects can be developed in the mining life cycle if an awareness of raw material extraction is achieved.

Communication and knowledge/science transfer

An overarching goal of knowledge/science transfer and communication is to develop a holistic form/strategy to establish a critical discourse within scientific and social groups and to generate an understanding of the responsible handling of change management in the mining life cycle. The overarching goal here must be “do not allow escalation”, but serious debate is desirable (according to (16)).

In the internal definition, the information content, timeliness, relevance and originality of the information form the basis of communication. The tools of environmental and geomonitoring offer the possibility of providing near-real-time information with a high degree of timeliness (20). In the outer, extended definition, four further aspects must be taken into account (Figure 4):

- 1.) perception;
- 2.) innovation;
- 3.) strategy;
- 4.) sustainability.

Der Aspekt der Unterstützung bedeutet, dass im Rahmen von Projektphasen, ggf. über die eigentlichen (rechtlichen) Notwendigkeiten hinaus, weitere und ggf. zusätzliche Maßnahmen ergriffen werden. Dies bedeutet, dass die Planungs- und Genehmigungsunterlagen im Rahmen eines Beteiligungsprozesses nicht nur ausgelegt, sondern auch beispielsweise mit erklärenden Workshops begleitet werden. Der dadurch erzeugte Mehrwert verstärkt das Vertrauen, da eine Identifikation mit der Thematik erzeugt wird. Hier bieten sich beispielsweise Bürgerwissenschaften (citizen-science) und verteilte Quelle (crowdsourcing) mit Maßnahmen des Umwelt- und Geomonitorings an.

Trotz des Bestrebens nach Ehrlichkeit, Respekt, Aufrichtigkeit und Unterstützung gibt es unter gewissen Umständen Situationen, bei denen eine geleitete Aufmerksamkeit und eine spezifische Zurückhaltung wichtig sind. So sollte beispielsweise in den Phasen erhöhter Wahrnehmung und ggf. umfassender öffentlicher Diskussionen, die entstehende/entstandene Unruhe und Unsicherheit nicht durch eine Erweiterung von weiteren, möglichen zukünftigen, strategischen sowie unternehmerischen internen Projektkomponenten erhöht werden, die auch vielleicht primär mit dem eigentlichen Grund der Diskussion nichts zu tun haben. Es darf aber auch zu keiner Einbehaltung von notwendigen (Geo-/Umwelt-)Daten und Informationen kommen (s. Aspekt der Unterstützung).

Die Projektumsetzung in der Rohstoffgewinnung kann nur dann glaubwürdig sein, wenn damit eine vollständige Identifikation/Empathie verknüpft ist. Diese Identifikation umfasst eine multilaterale Kommunikation zwischen den beteiligten Gruppen, um so die unterschiedlichen Sichtweisen der Beteiligten berücksichtigen zu können.

Die Neutralität ist in der Umsetzung von Projekten mit einer großen öffentlichen Wirkung ein wichtiges Gut. Eine vollständige Neutralität in der Projektumsetzung ist z. B. durch den Betreiber schwierig einzuhalten, da er unternehmerische Ziele verfolgt. Daher ist es wichtig, externe neutrale Unterstützung durch Gutachter und Forschungseinrichtungen einzubeziehen und für diese Arbeiten notwendige Mittel anders bereitzustellen, u. a. über eine Kommune, Fonds, Stiftungen (18).

Zusammenfassend ist hier festzuhalten, dass Vertrauen und die damit verknüpften Aspekte, ein von allen beteiligten Parteien einzubringendes Gut sind (19). Nur so wird die Grundlage geschaffen, in einen wissenschaftlich-technischen und gleichzeitig sozialen bzw. gesellschaftlichen Austausch zu gehen. Mit dem gegenseitig erbrachten Vertrauen im Veränderungsmanagement können Projekte im bergbaulichen Lebenszyklus entwickelt werden, wenn so ein Bewusstsein für die Rohstoffgewinnung erreicht wird.

Kommunikation und Wissens-/Wissenschaftstransfer

Ein übergeordnetes Ziel des Wissens-/Wissenschaftstransfers und der Kommunikation besteht darin, eine ganzheitliche Form/Strategie zu entwickeln, um innerhalb wissenschaftlicher und gesellschaftlicher Gruppen einen kritischen Diskurs zu etablieren und ein Verständnis für den verantwortlichen Umgang mit dem Veränderungsmanagement im bergbaulichen Lebenszyklus zu erzeugen. Das übergeordnete Ziel muss hierbei sein „Lassen Sie eine Eskalation nicht zu“, aber ernsthafte Debatten sind wünschenswert (nach (16)).



Fig. 4. The four aspects of knowledge/science transfer and communication. // Bild 4. Die vier Aspekte des Wissens-/Wissenschaftstransfers und der Kommunikation. Source/Quelle: FZN

This shows that success can only be achieved through the basic combination of innovation and sustainability. Through innovation, e. g., methods can be developed for a minimally invasive production process that is designed in such a way that the post-mining design is optimised. By linking the 17 UN Sustainability Goals (17 SDGs) with the ecological, social and economic aspects, a better external perception can be achieved (21, 23)

Depending on the target group and their socio-cultural background, other formats are available in addition to the use of established methods of traditional knowledge/science transfer and communication as well as the use of social media. Innovative forms of communication and participation from the field of citizen science can be used to reach additional target groups (22). In this way, scientific and technical transfer can be stabilised and understanding created. This participation, according to the citizen science approach, leads to awareness and more conscious action.

These innovative forms of communication always aim to achieve the direct participation/interaction of those affected at "eye level", away from the pure transfer/presentation of information, i.e. vertical reporting (23). In addition to raising awareness, this also achieves institutional knowledge transfer and builds trust through optimised mutual understanding (14, 19). This also prevents the spread of "fake news" or "alternative facts" (24).

Innovative forms of communication include several tools and strategies that provide for different forms of active participation that go beyond internal research and traditional communication of scientific results and are thus intended to build trust (Figure 5) (19):

- 1.) local conference concepts, workshops, roadshows, pop-up shows;
- 2.) graphic recording, hidden object pictures, science comics;
- 3.) elevator pitching;
- 4.) citizen lab;
- 5.) fishbowl rounds;
- 6.) use of virtual reality (VR) and augmented reality (AR);

In der inneren Definition stellen der Informationsgehalt, die Aktualität, die Bedeutung und die Originalität der Informationen die Basis der Kommunikation dar. Die Werkzeuge des Umwelt- und Geomonitorings bieten hier die Möglichkeit, Near-real-time-Informationen mit hoher Aktualität bereitzustellen (20). In der äußeren, erweiterten Definition gilt es, vier weitere Aspekte zu berücksichtigen (Bild 4):

- 1.) Wahrnehmung,
- 2.) Innovation,
- 3.) Strategie,
- 4.) Nachhaltigkeit.

Hierbei zeigt sich, dass nur durch die Basis-Kombination von Innovation und Nachhaltigkeit Erfolg erzielt wird. Durch die Innovation lassen sich beispielsweise Methoden zu einem minimal-invasiven Produktionsprozess entwickeln, der so gestaltet ist, dass die nachbergbauliche Gestaltung optimiert wird. Durch die Verknüpfung der 17 UN Nachhaltigkeitsziele (17 SDGs) mit den ökologischen, sozialen und ökonomischen Aspekten kann eine bessere äußere Wahrnehmung erzielt werden (21, 23)

Je nach Zielgruppe und deren soziokulturellem Hintergrund stehen neben der Nutzung der etablierten Methoden des klassischen Wissens-/Wissenschaftstransfers und der Kommunikation sowie der Nutzung von Social-Media weitere Formate zur Verfügung. Mittels innovativer Kommunikations- und Beteiligungsformen aus dem Bereich der Bürgerwissenschaften lassen sich weitere Zielgruppen erreichen (22). So lässt sich der wissenschaftlich-technische Transfer verstetigen und Verständnis herstellen. Diese Partizipation, so der Ansatz der Bürgerwissenschaften, führt zu Bewusstsein und bewussterem Handeln.

Diese innovativen Kommunikationsformen haben immer das Ziel, eine direkte Beteiligung/Interaktion der Betroffenen auf „Augenhöhe“, weg von der reinen Übergabe/Präsentation der Informationen, also der vertikalen Berichterstattung, zu erreichen (23). Somit wird neben der Bewusstseinsbildung auch der institutionelle Wissenstransfer erreicht und im Weiteren aufgrund des optimierten gegenseitigen Verständnisses Vertrauen aufgebaut (14, 19). Dies verhindert auch die Verbreitung von „Fake-News“ oder „alternativen Fakten“ (24).

Zu den innovativen Kommunikationsformen gehören mehrere Werkzeuge und Strategien, die eine unterschiedliche aktive Beteiligung vorsehen, die über die interne Forschung und die klassische Kommunikation zu wissenschaftlichen Ergebnissen hinausgehen und so dem Aufbau von Vertrauen dienen sollen (Bild 5) (19):

- 1.) lokale Tagungskonzepte, Workshops, Roadshows, Pop-up Shows,
- 2.) Graphic-Recording, Wimmelbilder, Science-Comics,
- 3.) Elevator-Pitching,
- 4.) Bürgerlabor,
- 5.) Fishbowl-Runden,
- 6.) Nutzung der virtuellen Realität (VR) und erweiterten Realität (AR),
- 7.) Serious Gaming,
- 8.) Science Photo/Video Walk,
- 9.) Science Tweetups, Science Instastories, Video-Stories,
- 10.) Citizen-Science/Scientific Crowdsourcing.

- 7.) serious gaming;
- 8.) science photo/video walk;
- 9.) science tweetups, science instastories, video stories;
- 10.) citizen science/scientific crowdsourcing.

The scientific and technical content developed in this way has a significantly higher authenticity due to the participation of selected target groups and is more widely accepted due to the concepts being orientated towards the target group. This horizontal communication also achieves a greater reach.

For local conference concepts, workshops, roadshows and pop-up shows, the technical content is prepared for mobile presentation. The realisation is scalable in terms of size and scope. This concept is designed to bring content to the public in the same way as exhibitions and trade fairs. For the Epe research cooperation (www.monitoring-epe.de), e.g., the use of radar satellite remote sensing to detect ground movements in a cavern field was prepared and processed with interested parties by means of information events and inspections.

Graphic recording is the dynamic visual realisation of (process) content. In cooperation with scientists, communication experts and graphic artists/draughtsmen, scientific and technical content can be realised in this way. This graphic realisation activates further perception channels in the audience and thus creates a broad understanding and transparency (26). Graphics can also provide visual support and explain scientific and technical aspects in the static realisation as so-called hidden object pictures (29). Science comics are another form of visual realisation. Here, scientific and technical aspects are broken down to a simple level in short picture stories and address children, young people and adults alike (28). Another method is to simplify the scientific and technical content to such an extent that it can be translated into children's books (Figure 6).

The advantage is that the graphic presentation of scientific content can both arouse the interest of a broader group and be generally understandable. The reduction of complexity to a supposedly simple (visual) language also makes it possible to overcome mental distance. It also offers scientists the opportunity to



Fig. 6. Children's book "Die Nachbergbau-Detektive".
Bild 6. Kinderbuch „Die Nachbergbau-Detektive“. Photo/Foto: FZN



Fig. 5. Innovative communication concepts with the representation of participation (according to (25)). // Bild 5. Innovative Kommunikationskonzepte mit der Darstellung der Beteiligung (nach (25)).

Die damit erarbeiteten wissenschaftlich-technischen Inhalte haben durch die Beteiligung ausgewählter Zielgruppen eine deutlich höhere Authentizität und werden aufgrund der an der Zielgruppe ausgerichteten Konzepte breiter akzeptiert. Auch wird mit dieser horizontalen Kommunikation eine größere Reichweite erreicht.

Bei lokalen Tagungskonzepten, Workshops, Roadshows und Pop-up-Shows werden die technischen Inhalte für eine mobile Darstellung aufbereitet. Die Umsetzung erfolgt skalierbar in der Größe und im Umfang. Dieses Konzept sieht wie in Ausstellungen und Messen vor, Inhalte an die Öffentlichkeit zu bringen. So wurden für die Forschungskoooperation Epe (www.monitoring-epe.de) die Anwendung der Radar-Satellitenfernerkundung zur Detektion von Bodenbewegungen in einem Kavernenfeld aufgearbeitet und mittels Informationsveranstaltungen, aber auch Begehungen, mit interessierten Beteiligten bearbeitet.

Das Graphic-Recording ist die dynamische bildliche Umsetzung von (Prozess-)Inhalten. Im Zusammenspiel von Wissenschaftlern, Kommunikationsexperten und Grafikern/Zeichnern können so wissenschaftlich-technische Inhalte umgesetzt werden. Mit dieser graphischen Umsetzung werden beim Publikum weitere Wahrnehmungswege aktiviert und so ein breites Verständnis und Transparenz erzeugt (26). Auch in der statischen Umsetzung können Grafiken als sogenannte Wimmelbilder eine bildliche Unterstützung liefern sowie wissenschaftlich-technische Aspekte erklären (29). Eine weitere Form der bildlichen Umsetzung stellen Science-Comics dar. Hier werden in kurzen Bildergeschichten wissenschaftlich-technische Aspekte auf eine einfache Ebene heruntergebrochen und adressieren Kinder, Jugendliche und Erwachsene gleichermaßen (28). Eine weitere Methode ist es, die wissenschaftlich-technischen Inhalte so weit zu vereinfachen, dass sie in Kinderbücher umgesetzt werden können (Bild 6).

look at their own research from a different perspective and thus generate alternative questions or supplement fields of research.

Elevator pitching is a classic tool for presenting an idea in a short space of time. The tool is often used in connection with the presentation of a business idea and the associated acquisition of investment funds. In the area of change management, it offers the modified possibility of interacting with the participants in order to collect ideas, suggestions for change, restrictions, etc., which could possibly become relevant for the further course of the project.

A citizen lab represents the direct interface between science and technology and the participants. Here, depending on the target group, project-related issues can be realised in a playful, independent, practical and application-oriented manner using a scientific and technical approach. The analysis of post-mining water/soil samples, e.g., can be carried out/experimented by the participants themselves. This builds up a scientific and technical understanding.

The tool of fishbowl discussions as part of conferences or as a separate event offers the opportunity to directly involve the public and participants in the discussion. This is a very active and open plenary discussion. A small group of participants discuss a topic in an inner circle, while the rest of the participants observe the discussion from an outer circle. Interaction and participation in the discussion now takes place through the exchange/change of discussion participants from the outside to the inside. This can take place, e.g., via a free chair that can be occupied alternately. The discussion and the rotation is accompanied and controlled by a moderator. The use of fishbowl rounds offers the opportunity for the participants/stakeholders to be directly involved in the discussion and not just ask questions from the outside. This creates the obligatory character of participation and mutual appreciation.

The projects in the mining life cycle often have a very large three-dimensional and spatial character. A purely visual or, e.g., map-based presentation is not sufficient for public perception. Virtual reality (VR) and augmented reality (AR) can be used to create visibility and a tangible experience for the public. Virtual, mobile position tables, including hologram tables, are a form of direct participation (Figure 7, A). With hologram tables, objects/

Der Vorteil liegt darin, dass die grafische Aufbereitung wissenschaftlicher Inhalte sowohl das Interesse einer breiteren Gruppe wecken kann, als auch allgemein verständlich ist. Die Reduktion der Komplexität auf eine vermeintlich einfache (Bild-) Sprache ermöglicht es zudem, mentale Distanz zu überwinden. Zudem bietet es außerdem den Wissenschaftlern die Möglichkeit, ihre eigene Forschung aus einer anderen Perspektive zu betrachten und dadurch alternative Fragestellungen zu generieren oder Forschungsfelder zu ergänzen.

Das Elevator-Pitching ist ein klassisches Werkzeug, um in einem kurzen Zeitraum eine Idee zu präsentieren. Häufig wird das Werkzeug im Zusammenhang der Vorstellung einer Geschäftsidee und der damit verbundenen Einwerbung von Investitionsmitteln genutzt. Im Bereich des Veränderungsmanagements bietet sich die abgewandelte Möglichkeit, mit den Beteiligten in die Interaktion zu treten, um so Ideen, Veränderungsvorschläge, Einschränkungen usw. einzusammeln, die ggf. für den weiteren Projektverlauf relevant werden könnten.

Ein Bürgerlabor stellt die unmittelbare Schnittstelle zwischen Wissenschaft und Technik sowie den Beteiligten dar. Hier können mit einem wissenschaftlich-technischen Ansatz je nach Zielgruppe projektbezogene Fragestellungen spielerisch und selbstständig, praxisnah und anwendungsorientiert umgesetzt werden. So lassen sich beispielsweise die Analyse von nachbergbaulichen Wasser-/Bodenproben selbst durchführen/selbst experimentieren. So wird ein wissenschaftlich-technisches Verständnis aufgebaut.

Das Werkzeug der Fishbowl-Diskussionen im Rahmen von Tagungen oder auch als eigene Veranstaltung bietet die Möglichkeit der direkten Einbindung der Öffentlichkeit und von Beteiligten in die Diskussion. Hierbei handelt es sich um eine sehr aktive und offene Plenumsdiskussion. In einem Innenkreis diskutiert eine kleine Gruppe von Beteiligten ein Thema, der Rest der Beteiligten beobachtet aus einem Außenkreis die Diskussion. Eine Interaktion und Beteiligung in der Diskussion erfolgt nun durch den Austausch/Wechsel der Diskussionsbeteiligten von außen nach innen. Dies kann beispielsweise über einen freien Stuhl, der abwechselnd besetzt werden kann, erfolgen. Begleitet und gesteuert wird die Diskussion und der Wechsel von einem Moderator. Der Einsatz von

Fishbowl-Runden bietet die Möglichkeit, dass die Teilnehmer/Beteiligten direkt in die Diskussion eingebunden werden und nicht nur von außen Fragen stellen. Dadurch entsteht der verpflichtende Charakter der Beteiligung und gegenseitigen Wertschätzung.

Die Projekte im bergbaulichen Lebenszyklus haben häufig einen sehr großen dreidimensionalen und räumlichen Charakter. Eine rein bildliche oder z. B. nur kartenbasierte Darstellung reicht für die Wahrnehmung in der Öffentlichkeit nicht aus. Um nun die Sichtbarkeit und das Erlebbar für die Öffentlichkeit zu erzeugen, bietet sich der Einsatz der virtuellen Realität (VR) und der erweiterten Realität (AR) an. Eine Form direkter Beteiligung stellen virtuelle, mobile Lagertische, u. a. Hologrammtische, dar (Bild 7, A). Bei Hologrammtischen werden Objekte/Gebiete dreidimensional und interaktiv projiziert und können durch den Betrachtenden beispielsweise mittels blickrichtungsabhängiger Brillen visuell erfasst werden (Bild 7, B).



Fig. 7. Use of a hologram table at the Ruhr Regional Association (RVR) for the interactive communication of urban and regional planning results. // Bild 7. Einsatz eines Hologrammtisches beim Regionalverband Ruhr (RVR) zur interaktiven Vermittlung städtebaulicher und regionalplanerischer Ergebnisse. Photos/Fotos: RVR

areas are projected three-dimensionally and interactively and can be visually captured by the viewer, e.g. using glasses that depend on the direction of gaze (Figure 7, B).

In further steps, the presentations on the hologram table can be expanded with correctly scaled, real-time animations and explanations in order to achieve better visualisation (29). This is particularly interesting when projects move from the planning stage to active realisation. It is possible to show, e.g., how machines carry out mining, how a deep borehole is backfilled or how a cavern is finalised. A very comprehensive example of VR, even linked to educational material, is the 360° VR video of the Prosper-Haniel mine from the WDR (30). Another advantage is that hologram or position tables are mobile.

The serious game approach uses elements and technologies from computer games and utilises the entertainment component to implement scientific and technical content. The main objective here is to achieve a learning effect. Good examples are the TH Köln's serious game "World of Materials" for building up knowledge in the field of materials science and the Fraunhofer IOSB's "Lost Earth 2307" for analysing aerial and satellite images (31, 32).

The science photo/video walk offers a further increase in the direct involvement of participants. Through the possibility of using photography and film technology once or several times, participants can engage with a site/production facility and/or (site) change, e.g. from an active production site to a mining-historical landmark, and depict it with images/videos, in some cases artistically/personally. This provides indirect scientific and technical support. Through the personal, direct use of the images in the various social media, a broader public is also reached. Thematic cycle tours offer the opportunity to "experience" science. The Epe research cooperation (www.monitoring-epe.de) offered a cycle tour, as well as one on post-mining in Bochum (<https://www.thga.de/hochschule/kalender/veranstaltung/nachbergbau-radtour>).

Science tweetups, science instastories and YouTube/TikTok/Twitch stories then build on this. Due to the change in social perception, especially among teenagers and young adults, it is important to communicate in a way that is appropriate for the target group. Representatives of teenagers and young adults, e.g., called for information to be made directly available via YouTube, Instagram and Tiktok at the second consultation meeting of the specialist conference "Sub-areas of the search for a repository" (33). Therefore, the tools and methods mentioned offer the opportunity to provide scientific and technical information to specific target groups through the direct and repeated participation of the operators of the social media channels at events, but also during visits to mining facilities. Here too, reporting is primarily carried out directly by the interested parties and not by the company or journalists. By using scientific and technical moderators, it is not only possible to provide purely visual documentation, but also to communicate content (34).

The greatest involvement of the public is achieved through the concepts of citizen science and/or crowdsourcing. In the citizen science approach, scientific and technical issues are dealt with in whole or in part by interested laypersons/the general public. Depending on the target group and/or the difficulty and scope of the issue, a scientific-technical support group can be set up by neutral organisations, e.g. research institutions, universities, colleges. The

In weiteren Schritten können die Darstellungen auf dem Hologrammtisch mit richtig skalierten, Real-time-Animationen und Erläuterungen erweitert werden, um so eine bessere Verdeutlichung zu erreichen (29). Dies ist vor allem interessant, wenn Projekte aus dem Planungszustand in die aktive Umsetzung gehen. So kann beispielsweise gezeigt werden, wie Maschinen den Abbau durchführen, eine Tiefbohrung verfüllt oder eine Kaverne endverwahrt wird. Ein sehr umfassendes Beispiel der VR, sogar mit Lehrmaterial verknüpft, ist das 360° VR-Video des Bergwerks Prosper-Haniel vom WDR (30). Ein weiterer Vorteil ist, dass Hologramm- oder Lagetische mobil sind.

Mit dem Serious Game-Ansatz werden mittels Elementen und Technologien aus Computerspielen und unter Nutzung der Komponente Unterhaltung wissenschaftlich-technische Inhalte umgesetzt. Die Hauptzielsetzung ist hierbei, einen Lerneffekt zu erreichen. Gute Beispiele sind das Serious Game der TH Köln „Welt der Werkstoffe“ zum Aufbau von Wissen im Bereich der Werkstoffkunde und der Fraunhofer IOSB „Lost Earth 2307“ zur Auswertung von Luft- und Satellitenbildern (31, 32).

Der Science Photo/Video Walk bietet als weitere Steigerung die direkte Einbindung von Beteiligten. Durch die Möglichkeit des ein- bis mehrmaligen Einsatzes der Fotografie und Filmtechnik können sich Beteiligte mit einem Standort/einer Produktionsstätte und/oder (Standort-)Veränderung, beispielsweise von einem aktiven Produktionsstandort hin zu einer montanhistorischen Landmarke, auseinandersetzen und mit Bildern/Videos z.T. künstlerisch/persönlich abbilden. So erfolgt indirekt die wissenschaftlich-technische Begleitung. Durch die persönliche, direkte Nutzung der Aufnahmen in den unterschiedlichen sozialen Medien wird zusätzlich eine breitere Öffentlichkeit erreicht. So bieten thematische Fahrradtouren die Möglichkeit, die Wissenschaft zu „erfahren“. In der Forschungskoope- ration Epe (www.monitoring-epe.de) wurde eine Fahrradtour angeboten, aber auch eine zum Nachbergbau in Bochum (<https://www.thga.de/hochschule/kalender/veranstaltung/nachbergbau-radtour>).

Hierauf bauen dann Science Tweetups, Science Instastories und Youtube-/TikTok-/Twitch-Stories auf. Durch die veränderte gesellschaftliche Wahrnehmung, vor allem bei Jugendlichen und jungen Erwachsenen, ist es wichtig, hier zielgruppengerecht zu kommunizieren. So forderten Vertreter von Jugendlichen und jungen Erwachsenen auf dem zweiten Beratungstermin der Fachkonferenz „Teilgebiete Endlagersuche“, dass die Informationen mittels YouTube, Instagram und Tiktok direkt zur Verfügung gestellt werden müssen (33). Daher bieten die genannten Werkzeuge und Methoden durch die direkte und wiederholte Beteiligung der Betreiber der Social-Media-Kanäle an Veranstaltungen, aber auch bei Besuchen bergbaulicher Betriebsanlagen, die Möglichkeit, zielgruppengerecht wissenschaftlich-technisch zu berichten. Auch hier erfolgt die Berichterstattung primär direkt durch den interessierten Beteiligten und nicht durch das Unternehmen bzw. durch Journalisten. Bei Nutzung von wissenschaftlich-technischen Moderatoren kann so nicht nur eine rein bildliche Dokumentation, sondern auch eine Vermittlung von Inhalten erfolgen (34).

Die größte Einbindung der Öffentlichkeit erfolgt durch die Konzepte des Citizen-Science und/oder Crowdsourcing. Beim Citizen-Science Ansatz erfolgt die Bearbeitung von wissenschaftlich-technischen Fragestellungen komplett oder teilweise durch den interessierten Laien/die allgemeine Öffentlichkeit. Je nach Zielgruppe und/oder Schwierigkeit sowie Umfang der Fragestellung



Fig. 8. The Umweltkumpel concept in use for the Epe research cooperation. // Bild 8. Konzept des Umweltkumpel in der Anwendung für die Forschungskoooperation Epe. Source/Quelle: FZN

Umweltkumpel concept was introduced for the aforementioned Epe research co-operation (<https://umweltkumpel.thga.de/>). This is a participatory website for geo and environmental data tracking (Figure 8).

With the scientific crowdsourcing concept, a further step is now being taken. Here, the focus is not on the singular implementation and answering of a scientific and technical question, but on the scientific and technical support of a project by the interested, general public (35). In addition to the possibility of receiving a wide range of feedback, the decentralised nature of the feedback is also important. For example, in the case of mining life cycle projects that have an impact on the environment, e.g. through ground movements, special sensor technology linked to web portals/mobile apps can be used to report changes to the surface during the day, e.g. by local residents, in a decentralised manner, thus increasing the data basis (35). A good example in the field of environmental monitoring is the Philippine Groundwater Outlook (PhiGO), which shows the impact of climate change on groundwater with the direct participation of the local population (36). This type of implementation cannot be carried out to this extent by one operator alone. Once the feedback has been reported, processed and analysed, the information can be placed in the scientific and technical context of the raw material extraction and monitoring project and the results can be made transparently available again.

Valorisation in change management

In the change management of the mining life cycle, it is absolutely essential to act on the basis of a transparent relationship of trust, especially when the general public enters into decisive project phases. Modern knowledge/science transfer and communication with the valorisation of integrated environmental and geomonitoring methods can help to create this broad relationship of trust.

In the mining life cycle, a large number of project phases are reached over the course of a project, which make interaction with the public necessary. For example, the transition from the exploration phase to the development phase, as well as the transition from the production phase to the post-mining phase, is associated with a significant change in public perception. The reason for this is either the increase in visibility due to the construction of facilities or, conversely, the dismantling of facilities. These changes in public visibility must be taken into account in the change management of projects.

kann ein wissenschaftlich-technischer Begleitkreis durch neutrale Einrichtungen, z. B. Forschungseinrichtungen, Universitäten, Hochschulen, eingerichtet werden. Für die bereits genannte Forschungskoooperation Epe wurde das Konzept des Umweltkumpel eingeführt (<https://umweltkumpel.thga.de/>). Hierbei handelt es sich um eine partizipative Webseite für das Geo- und Umweltdaten-Tracking (Bild 8).

Mit dem Scientific Crowdsourcing-Konzept wird nun noch ein weiterer Schritt gegangen. Hierbei steht nicht die singuläre Umsetzung und Beantwortung einer wissenschaftlich-technischen Fra-

gestellung im Vordergrund, sondern die wissenschaftlich-technische Begleitung eines Projekts durch die interessierte, allgemeine Öffentlichkeit (35). Neben der Möglichkeit, eine Vielzahl an Rückmeldungen zu bekommen, ist auch der dezentrale Charakter der Rückmeldungen von Bedeutung. Beispielsweise können so bei Projekten des bergbaulichen Lebenszyklus, die eine Beeinflussung der Umwelt, z. B. durch Bodenbewegungen, auslösen, hier durch spezielle Sensorik gekoppelt an Webportale/mobile Apps Veränderungen an der Tagesoberfläche u. a. durch Anwohner dezentral gemeldet werden und so die Datengrundlage vergrößern (35). Ein gutes Beispiel im Themenkomplex des Umweltmonitorings ist hier der Philippine Groundwater Outlook (PhiGO), der unter der direkten Beteiligung der lokalen Bevölkerung den Einfluss des Klimawandels auf das Grundwasser darstellt (36). Diese Art der Umsetzung kann durch einen Betreiber allein in dem Umfang nicht erfolgen. Nach der Meldung, Verarbeitung sowie Analyse der Rückmeldungen können die Information in den wissenschaftlich-technischen Kontext des Projekts der Rohstoffgewinnung und des Monitorings gesetzt und die Ergebnisse wieder transparent verfügbar gemacht werden.

Die Inwertsetzung im Veränderungsmanagement

Im Veränderungsmanagement des bergbaulichen Lebenszyklus ist es absolut notwendig, auf Basis eines transparenten Vertrauensverhältnisses zu agieren, vor allem dann, wenn für die breite Öffentlichkeit in einschneidende Projektphasen eingetreten wird. Der moderne Wissens-/Wissenschaftstransfer und die Kommunikation mit einer Inwertsetzung von integrierten Umwelt- und Geomonitoringmethoden kann hier dazu beitragen, dieses breite Vertrauensverhältnis zu schaffen.

Im bergbaulichen Lebenszyklus werden über die Laufzeit eines Projekts eine Vielzahl an Projektphasen erreicht, die eine Interaktion mit der Öffentlichkeit notwendig machen. Beispielsweise ist der Übergang von der Erkundungs- hin zur Erschließungsphase, aber auch der Übergang von der Produktions- in die Nachbergbauphase mit einer deutlichen Veränderung in der öffentlichen Wahrnehmung verbunden. Der Grund liegt entweder in der Zunahme der Sichtbarkeit durch die Errichtung von Anlagen oder im umgekehrten Fall dem Rückbau von Anlagen. Diese Veränderungen in der öffentlichen Sichtbarkeit sind im Veränderungsmanagement von Projekten zu berücksichtigen.

Auch zukünftig bewirken bergbauliche Prozesse einen Eingriff in Natur und Landschaft und führen oftmals zu nur teilweise re-

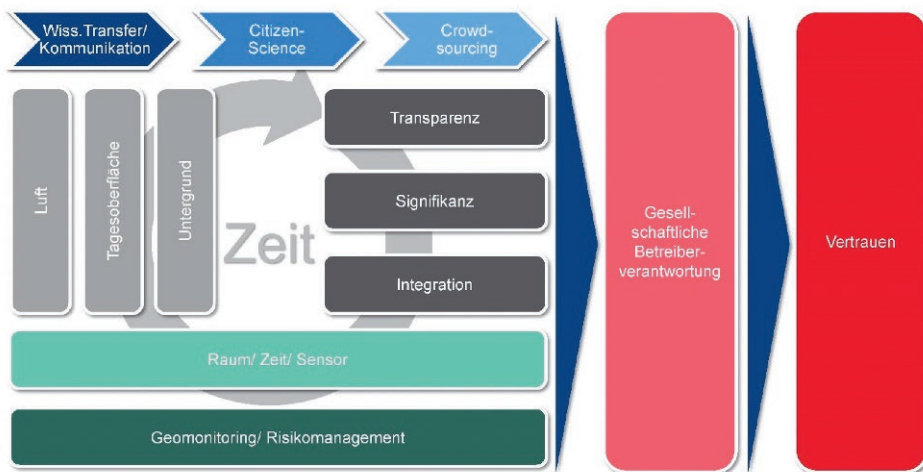


Fig. 9. Fusion of geomonitoring with knowledge/science transfer and communication towards trust (according to (3)). // Bild 9. Fusion von Geomonitoring mit Wissens-/Wissenschaftstransfer und Kommunikation hin zum Vertrauen (nach (3)).

Mining processes will continue to have an impact on nature and the landscape in the future and often lead to only partially reversible changes. These interventions cannot be avoided even if circular value creation is increased and expanded, as raw materials are consumed. The interventions therefore always remain visible and are not sustainable in the strict sense. Due to the social change towards climate and earth system protection, there is therefore a conflict of objectives in terms of social acceptance. However, in order to achieve social acceptance and to satisfy the aspect of risk minimisation, it is important that integrated and continuous environmental and geomonitoring is established and implemented in mining (Figure 9). The complete, digital integration of methods from the air, e.g. satellite, aerial survey, drone, on the surface, e.g. inspection, in-situ sensors, and underground, e.g. mine surveying, borehole geophysics, can create a transparent process understanding of interventions in nature and the landscape over space and time. The 4D process understanding (space-time sensor) forms the basis for knowledge/science transfer and communication and fulfils the social responsibility of the operator.

In order to build trust and communicate scientific and technical content, various paths with short, medium and long-term goals in knowledge/science transfer and communication must be activated. The modern tools of knowledge/science transfer and communication introduced in the previous chapter offer the possibility of being tailored more or less simultaneously and with varying degrees of intensity to a wide variety of target groups in order to achieve broad penetration and comprehensive lay transfer.

A citizen lab, e.g., offers increased participation by the general public, but is limited in time. A serious game for the mining life cycle is available for an unlimited period of time, but may offer limited penetration as it is only used by certain age groups. This measure would need to be accompanied by further communication measures in order to achieve a similar level of penetration as the citizens' lab. A fishbowl round can only be carried out with the direct participation of the target groups if a basic transfer of information and the formation of a basis of understanding has taken place in advance, e.g. by means of local conference concepts, workshops, roadshows, pop-up shows.

versiblen Veränderungen. Diese Eingriffe lassen sich auch bei einer Steigerung und Ausdehnung der zirkulären Wertschöpfung nicht vermeiden, da Rohstoffe verbraucht werden. Die Eingriffe bleiben somit immer sichtbar und sind im strengen Sinne auch nicht nachhaltig. Aufgrund des gesellschaftlichen Wandels hin zu einem Klima- und Erdsystemschutz entsteht daher ein Zielkonflikt in der gesellschaftlichen Akzeptanz. Um aber die gesellschaftliche Akzeptanz zu erreichen sowie dem Aspekt der Risikominimierung zu genügen, ist es wichtig, dass ein integriertes und kontinuierliches Umwelt- und Geomonitoring im Bergbau aufgebaut und umgesetzt wird (Bild 9). Durch die vollständige, digitale Integration von Methoden aus der Luft, z. B. Satellit, Befliegung, Drohne, an der Tages-

oberfläche, z. B. Begehung, In-situ-Sensoren, und im Untergrund, z. B. markscheiderische Vermessung, Bohrlochgeophysik, kann ein transparentes Prozessverständnis von Eingriffen in die Natur und Landschaft über den Raum und die Zeit geschaffen werden. Das 4D-Prozessverständnis (Raum-Zeit-Sensor) bildet die Grundlage für den Wissens-/Wissenschaftstransfer sowie die Kommunikation und bedient die gesellschaftliche Betreiberverantwortung.

Für den Aufbau von Vertrauen und die Vermittlung von wissenschaftlich-technischen Inhalten sind verschiedene Wege mit kurz-, mittel- und langfristigen Zielen im Wissens-/Wissenschaftstransfer und in der Kommunikation zu aktivieren. Die modernen Werkzeuge des Wissens-/Wissenschaftstransfers und der Kommunikation, die im vorhergehenden Kapitel eingeführt wurden, bieten die Möglichkeit, mehr oder weniger gleichzeitig und unterschiedlich intensiv auf die verschiedensten Zielgruppen zugeschnitten zu sein, um so eine breite Durchdringung und einen umfassenden Laientransfer zu erreichen.

So bietet ein Bürgerlabor eine gesteigerte Beteiligung der allgemeinen Öffentlichkeit, ist aber zeitlich begrenzt. Ein Serious-Game für den bergbaulichen Lebenszyklus steht zwar zeitlich unbegrenzt zur Verfügung, bietet aber ggf. eine begrenzte Durchdringung, da es nur von bestimmten Altersklassen genutzt wird. Diese Maßnahme müsste mit weiteren Kommunikationsmaßnahmen begleitet werden, um eine vergleichbare Durchdringung zu erreichen wie beim Bürgerlabor. Eine Fischbowl-Runde kann nur dann mit einer direkten Beteiligung der Zielgruppen durchgeführt werden, wenn hierzu vorab ein grundlegender Informationstransfer und die Bildung einer Verständnisbasis, wie z. B. mittels lokaler Tagungskonzepte, Workshops, Roadshows, Popup-Shows, erfolgt ist.

Nur sehr ausgewählte Werkzeuge des Wissens-/Wissenschaftstransfers und der Kommunikation besitzen eine multilaterale Wirkung mit einer unmittelbaren und direkten Beteiligung. Hierzu gehören die Werkzeuge der Citizen-Science und des Crowdsourcing. Beide Werkzeuge können direkt im Umwelt- und Geomonitoring von Bergbaustandorten eingesetzt werden. Auf der einen Seite dient die direkte Einbindung der breiten Öffentlichkeit dem öffentlichen Diskurs, da Transparenz geschaffen wird. Auf der anderen Seite werden

Only very select tools of knowledge/science transfer and communication have a multilateral effect with immediate and direct participation. These include the tools of citizen science and crowdsourcing. Both tools can be used directly in the environmental and geomonitoring of mining sites. On the one hand, the direct involvement of the general public serves the public discourse by creating transparency. On the other hand, active engagement with scientific and technical topics generates understanding and an educational basis. The tools of environmental and geomonitoring generate data sets that cannot be generated by operational, corporate geomonitoring. This also results in better valorisation on the scientific and technical side (37) and a better answer to the question of “why” (generation purpose) (16). By involving external stakeholders, there is now an indirect transfer of data, information and possibly also knowledge, and it serves to achieve trust and authenticity. This also serves the influencing factors for reaching target groups (Figure 2).

Summary

Current projects in the mining life cycle are subject to strong external influence from the public. This means that the different phases of the projects are always accompanied by a change in visibility and must therefore be accompanied by integrated, spatiotemporal environmental and geomonitoring as part of change management. In combination with the tools of knowledge/science transfer and communication, a transfer of knowledge is thus generated.

Change management in the mining life cycle requires two main components in order to be successful. The first is trust and the second is technological and technical expertise in scientific and technical innovation. Building trust among those involved/affected by the process requires a high level of social competence in interaction on the part of the requester. This is the only way to create the basis for an exchange. Only in a further step is technological and technical expertise required to convey the scientific and technical content.

A variety of innovative tools are available for the transfer in order to achieve the change in visibility in the necessary direction of improved perception. These tools differ in the extent of active participation and the provision of data, information and knowledge. This level must be adapted to the target group of those involved. Depending on the individual and social structure of the target group of participants, it is advisable to initiate several methods at the same time. It is important to bear in mind that the more transparent the measures are, the greater the increase in trust. It is recommended that the tools of citizen science and crowdsourcing be used to directly involve the participants in the processes of (corporate) environmental and geomonitoring, to achieve a scientific-technical discourse and to achieve transparency at the same time.

To summarise, it can be seen on the one hand that when weighing up the points relating to the relationship of trust, the educational basis as the level of communication of scientific and technical information, the intensity and scope of direct participation and the availability of data, information and knowledge, there are very different tools for knowledge/science transfer and communication in the change management of the mining life cycle. On the other hand, it is clear that the question of “why” can only be

durch die aktive Auseinandersetzung mit wissenschaftlich-technischen Themen ein Verständnis und eine Bildungsbasis erzeugt. Durch die Werkzeuge des Umwelt- und Geomonitorings werden Datensätze generiert, die durch das operative, unternehmerische Geomonitoring nicht generiert werden können. So erfolgt auch auf der wissenschaftlich-technischen Seite eine bessere Inwertsetzung (37) und es kann auch eine bessere Beantwortung der Frage „warum“ (Generation Purpose) erfolgen (16). Durch die Einbindung der externen Beteiligten erfolgt nun ein indirekter Transfer von Daten, Informationen und ggf. auch Wissen, und sie dient dem Erreichen von Vertrauen und Authentizität. Hiermit werden auch die Einflussgrößen zur Erreichbarkeit von Zielgruppen bedient (Bild 2).

Zusammenfassung

Aktuelle Projekte im bergbaulichen Lebenszyklus unterliegen einem starken äußeren Einfluss durch die Öffentlichkeit. Dies bedeutet, dass die unterschiedlichen Phasen der Projekte immer mit einer Veränderung der Sichtbarkeit einhergehen und daher im Rahmen des Veränderungsmanagements mit einem integrierten, raumzeitlichen Umwelt- und Geomonitoring begleitet werden müssen. In Kombination mit den Werkzeugen des Wissens-/Wissenschaftstransfers und der Kommunikation wird somit ein Transfer von Wissen erzeugt.

Das Veränderungsmanagement im bergbaulichen Lebenszyklus benötigt zwei Hauptkomponenten, um erfolgreich zu sein. Hierzu gehören erstens Vertrauen und zweitens Technologie- und Sachkompetenz in der wissenschaftlich-technischen Innovation. Der Aufbau von Vertrauen bei den Prozessbeteiligten/-betroffenen erfordert eine hohe soziale Kompetenz in der Interaktion auf Seiten des Anforderers. Nur so wird die Basis für einen Austausch geschaffen. Erst in einem weiteren Schritt ist eine Technologie- und Sachkompetenz notwendig, welche die wissenschaftlich-technischen Inhalte vermittelt.

Für den Transfer steht eine Vielzahl an innovativen Werkzeugen zur Verfügung, um die Veränderung der Sichtbarkeit in die notwendige Richtung der verbesserten Wahrnehmung zu bekommen. Diese Werkzeuge unterscheiden sich im Umfang der aktiven Beteiligung und der Bereitstellung von Daten, Informationen und Wissen. Diese Ebene ist an die Zielgruppe der Beteiligten anzupassen. Es bietet sich an, je nach individueller und sozialer Struktur der Zielgruppe der Beteiligten, hier mehrere Methoden gleichzeitig zu initiieren. Dabei gilt es zu berücksichtigen, dass je transparenter die Maßnahmen sind, der Vertrauensgewinn desto größer wird. Empfehlenswert ist dabei, dass die Möglichkeit besteht, durch die Werkzeuge des Citizen-Science und Crowdsourcings die Beteiligten in die Prozesse des (unternehmerischen) Umwelt- und Geomonitorings direkt einzubeziehen, einen wissenschaftlich-technischen Diskurs zu erzielen und gleichzeitig Transparenz zu erreichen.

Zusammenfassend zeigt sich einerseits, dass unter der Abwägung der Punkte zum Vertrauensverhältnis, zur Bildungsbasis als Ebene der Vermittlung der wissenschaftlich-technischen Informationen, zur Intensität und zum Umfang der direkten Beteiligung und der Verfügbarkeit an Daten, Informationen und Wissen sehr verschiedene Werkzeuge des Wissens-/Wissenschaftstransfers und der Kommunikation im Veränderungsmanagement des bergbaulichen Lebenszyklus vorliegen. Andererseits zeigt sich, dass nur mit einer sehr umfassenden Beteiligung der Betroffenen die Frage des

answered sustainably and innovatively and complete transparency and trust can only be created with the very extensive participation of those affected. A perspective is created.

Declaration of interests

The authors declare that they have no competing interests.

References / Quellenverzeichnis

(1) Bromme, R. (2020): Informiertes Vertrauen: Eine psychologische Perspektive auf Vertrauen in Wissenschaft. In: Wissenschaftsreflexion. Interdisziplinäre Perspektiven zwischen Philosophie und Praxis, Mentis Verlag, Paderborn, S. 105 – 134.

(2) Jekeli, I. (2002): Ambivalenz und Ambivalenztoleranz. Der Andere Verlag, Osnabrück, S. 296.

(3) Gustavson, A.; Rice, R. E. (2020): A Review of the Effects of Uncertainty in Public Science Communication. In: Public Understanding of Science, Bd. 29, Nr. 3, pp. 614 – 633.

(4) Rudolph, T.; Goerke-Mallet, P.; Brune, J.; Kretschmann, J. (2021): Geomonitoring zur Schaffung gesellschaftlicher Akzeptanz im Bergbau. In: EEK, Bd. 136, Nr. 11, S. 36 – 40.

(5) Barbalet, J. (2009): A Characterization of Trust, and Its Consequences. In: Theory and Society, Bd. 38, Nr. 4, pp. 367 – 382.

(6) Weingart, P.; Guenther, L. (2016): Science Communication and the Issue of Trust. In: Journal of Science Communication, Bd. 15, Nr. 5, pp. 1 – 11.

(7) Janich, N. (2020): Wissenschaftliches Nichtwissen in Text und Diskurs – linguistische Perspektiven. Wissenschaftsreflexion: Interdisziplinäre Perspektiven zwischen Philosophie und Praxis, Leiden, Brill, S. 45 – 68.

(8) Barton, R.; Monrath, J.; Quiring, K.; Theofilou, B. (2020): Generation P(urpose): From Fidelity to Future Value. Accenture. Online available: www.accenture.com/content/dam/accenture/final/accenture-com/document/Accenture-Generation-P-urpove-PoV.pdf. (Zugriff am 18.09.2023).

(9) Aziz, A. (2020): The Power of Purpose: The Business Case for Purpose. Forbes. Online available: www.forbes.com/sites/afdhelaziz/2020/03/07/the-power-of-purpose-the-business-case-for-purpose-all-the-data-you-were-looking-for-pt-2/?sh=ab2418d3cf7a. (Zugriff am 18.09.2023).

(10) Bundesregierung (2020): Nachhaltigkeit und Quantensprünge – Erster virtueller Digital-Gipfel. Online available: www.bundesregierung.de/breg-de/aktuelles/merkel-digital-gipfel-2020-1824098. (Zugriff am 18.09.2023).

(11) Schrögel, P.; Humm, C.; Leßmöllmann, A.; Kremer, B.; Adler, J.; Weißkopf, M. (2018): Nicht erreichte Zielgruppen in der Wissenschaftskommunikation: Literatur-Review zu Exklusionsfaktoren und Analyse von Fallbeispielen. Wissenschaft im Dialog gGmbH, Berlin.

(12) EEK (2012): Sanierung in Völkersen kommt gut voran. In: EEK, Bd. 128, Nr. 6, S. 250.

(13) András, S.; Klotz, M. (2017): Sanierung/Rekultivierung des ehemaligen BEB Betriebsplatzes Suderbruch. In: EEK, Bd. 133, Nr. 10, S. 354 – 356.

(14) Dege, J. (2020): ExxonMobil saniert Bohrschlammgrube. HAZ.

(15) Schulte-Austum, E. (2021): Vertrauen kann jeder. Münster, S. 90 – 95.

(16) McKnight, D. H.; Chervany, N. L. (2000): What is Trust? A Conceptual Analysis and an Interdisciplinary Model. AMCIS 2000 Proceedings, p. 382.

(17) Kohring, M. (2001): Vertrauen in Medien – Vertrauen in Technologie (Arbeitsbericht).

(18) Ptak, M.; Belzyt, J. I.; Badera, J. (2020): Konfliktlösung im Bergbau – Sächsische und polnische Erfahrungen im Rahmen des Projektes Leben mit dem Bergbau (Akronym. MineLife).

(19) G7 (2019): Science and trust. Leopoldina.

„warum“ nachhaltig und innovativ beantwortet und vollständige Transparenz sowie Vertrauen geschaffen werden kann. Es wird eine Perspektive geschaffen.

Interessenserklärung

Die Autoren erklären, dass sie keine konkurrierenden Interessen haben.

(20) Forum Bergbau und Wasser (2023): Forum Bergbau und Wasser. Online available: <https://forum-bergbau-wasser.de>. (Zugriff am 18.09.2023).

(21) Blomquist, K. (1997): The many faces of trust. In: Scandinavian Journal of Management, Bd. 13, Nr. 3, pp. 271 – 286.

(22) Rudolph, T.; Goerke-Mallet, P.; Melchers, C. (2020): Geomonitoring im Alt- und Nachbergbau. In: ZfV, Bd. 145, Nr. 3.

(23) Goerke-Mallet, P.; Melchers, C.; Rudolph, T. (2022): Bergbau und Nachhaltigkeit – ein Zielkonflikt?. In: Bergbau, Bd. 73, Nr. 6, S. 248 – 254.

(24) G7 (2019): Citizen science in the Internet era. Leopoldina.

(25) Stewart, I. S.; Lewis, D. (2017): Communicating contested geoscience to the public: Moving from “matters of fact” to “matters of concern”. In: Earth-Science Reviews, Bd. 174, pp. 122 – 133.

(26) Bundesinstitut für Risikobewertung (2018): Wie kann sich die Wissenschaft im Zeitalter von „Fake News“ behaupten? Vorträge und Diskussionen zu einem aktuellen Thema bei der 7. Stakeholderkonferenz des Bundesinstituts für Risikobewertung (Mitteilung Nr. 041/2018 des BfR vom 13. Dezember 2018).

(27) Franzoni, C.; Sauermaun, H. (2013): Crowd science: The organization of scientific research in open-collaborative projects. In: Research Policy, Bd. 43, pp. 1 – 20.

(28) DGMK (2021): DGMK/ÖGEW Frühjahrstagung 2021 | Erstmals in ihrer Geschichte als digitale Konferenz.

(29) Schrögel, P.; Adler, J. (2023): Wen erreicht Wissenschaftskommunikation nicht?. Online available: <https://doi.org/10.5281/zenodo.3937517>. (Zugriff am 18.09.2023).

(30) Universität Münster (2021): Frag Sophie. Online available: www.frag-sophie.de. Zugriff am 18.09.2023.

(31) Fraunhofer IOSB (2021): Digitaler Lagetisch. Online available: www.iosb.fraunhofer.de/de/projekte-produkte/digitaler-lagetisch.html. Zugriff am 18.09.2023.

(32) WDR (2021): Ein Bergwerk in 360 Grad entdecken und erleben. Online available: www1.wdr.de/schule/digital/unterrichtsmaterial/dreizehzig-bergwerk-100.html. Zugriff am 18.09.2023.

(33) TH Köln (2021): Welt der Werkstoffe. Online available: www.welt-der-werkstoffe.de/index.html#. Zugriff am 18.09.2023.

(34) Fraunhofer IOSB (2021): Lost Earth 2307. Online available: www.iosb.fraunhofer.de/de/projekte-produkte/lost-earth-2307.html. Zugriff am 18.09.2023.

(35) BASE (2021): Zweiter Beratungstermin Fachkonferenz Teilgebiete.

(36) Hirsch, E. (2021): Netzkultur-Kommunikation am Beispiel von TikTok. Online available: <https://ebildungslabor.de/blog/tiktok/#0>. Zugriff am 18.09.2023.

(37) Lee, K. A.; Jonathan, R. I.; Bell, P. (2020): A review of Citizen Science within the Earth Sciences: potential benefits and obstacles. Proceedings of the Geologists' Association, Bd. 131, pp. 605 – 617.

Authors / Autoren

Prof. Dr. rer.nat. Tobias Rudolph, Prof. Dr.-Ing. Peter Goerke-Mallet, Prof. Dr. rer. nat. Christian Melchers, Forschungszentrum Nachbergbau (FZN), Technische Hochschule Georg Agricola (THGA), Bochum