Oliver Langefeld
Martin Tegtmeier

Underground Farming

Mine closure is a topic that is being discussed frequently as illustrated by the closure ceremonies of the last two German deep coal mines in December 2018. Besides the commemoration of the miners, the main question is what is to be done with the underground infrastructure of the abandoned mines? The closure of a mine can be cost-intensive; backfilling of cavities and shafts, and the necessary operation and maintenance of pumping systems, are only a few examples of this expense. Therefore, experts all over the world are researching possible subsequent uses of closed mines. Some interesting ideas for a subsequent use of underground cavities can be found under the keyword "Underground Farming".

Underground Farming

Mit dem Abschied von den letzten beiden deutschen Steinkohlenbergwerken im Dezember 2018 ist das Thema der Bergwerksschließung aktuell in aller Munde. Neben den Feierlichkeiten und Erinnerungen der Kumpel steht auch immer die Frage im Raum, was mit der untertägigen Infrastruktur von Bergwerken geschehen soll. Die Verfüllung alter Hohlräume und Schächte sowie der weiterhin notwendige Betrieb und die Wartung von Pumpenanlagen sind Beispiele dafür, wie kostenaufwändig die Schließung eines Bergwerks sein kann. Daher wird weltweit nach Möglichkeiten für die Nachnutzung von Bergwerken geforscht. Einige besondere Ideen für eine solche Nachnutzung von unterirdischen Hohlräumen finden sich unter dem Schlagwort „Underground Farming".

Introduction

Mine closure is a topic that is being discussed frequently as illustrated by the closure ceremonies of the last two German deep coal mines in December 2018. Besides the commemoration of the miners, the main question is what is to be done with the underground infrastructure of the abandoned mines? The closure of a mine can be cost-intensive; backfilling of cavities and shafts, and the necessary operation and maintenance of pumping systems, are only a few examples of this expense. Therefore, experts all over the world are researching possible subsequent uses of closed mines.

Many ideas and implementations are available. Langefeld and Binder describe in (1) and (2) how underground mines can provide additional uses to the actual mining process during operation, keywords "Blue Mining", "Responsible Mining". It is important here to include the planning of supplementary usages within the initial planning process of the mine to minimize expenses. Possible supplementary usages include electrical energy production, e.g., with geothermal heat, energy conversion, e.g., with pump storage plants, and the usage of underground cavities. Big cavities are accessible for many years after production, especially with mining methods such as room and pillar mining. An example is shown in Figure 1 (3) from a slate mine operated by the company MAGOG in Schmallenberg, Germany.

Einführung

Mit dem Abschied von den letzten beiden deutschen Steinkohlenbergwerken im Dezember 2018 ist das Thema der Bergwerksschließung aktuell in aller Munde. Neben den Feierlichkeiten und Erinnerungen der Kumpel steht dabei auch immer die Frage im Raum, was mit der untertägigen Infrastruktur von Bergwerken geschehen soll. Die Verfüllung alter Hohlräume und Schächte sowie der weiterhin notwendige Betrieb und die Wartung von Pumpenanlagen sind Beispiele dafür, wie kostenaufwändig die Schließung eines Bergwerks sein kann. Daher wird weltweit nach Möglichkeiten für die Nachnutzung von Bergwerken geforscht.

Viele Ideen und Umsetzungen lassen sich bereits heute finden. Langefeld und Binder schreiben in (1) und (2) unter den Stichworten „Blue Mining" und „Responsible Mining" ausführlich, wie sich gerade untertägige Bergwerke außerhalb des Gewinnungsprozesses schon während der Produktionsphase nutzen lassen. Wichtig ist in diesem Zusammenhang, dass die Planung für diese ergänzenden Prozesse schon während der Planungsphase des Bergwerks durchgeführt wird, um unnötigen Aufwand zu sparen. Die Anwendungsmöglichkeiten reichen von elektrischer Energieerzeugung, z. B. durch Geothermie, über Energieumwandlung, z. B. durch Pumpspeicherwerke, bis hin zur Hohlraumnutzung. Große Hohlräume stehen bei einigen Abbauverfahren, wie z. B. dem Kammer- oder dem Örterbau häufig noch Jahre nach der Gewin-

Fig. 1. Cavity at slate mine, MAGOG (3).
Bild 1. Hohlraum im Schieferbergwerk der Firma MAGOG (3).

Underground Farming as a new use of underground infrastructure

Mines can be used for storage or the depositing of residues, which are brought into the cavities and which also increase the stability of the cavity. Documents can be stored safely underground whereby the whole mine can be turned into a storage unit. Further usages include the transformation of the mine into a museum to preserve the history of the region for future generations. These usages are not restricted to closed mines but can be applied in operating mines as well. In such a case, a supplementary usage provides an additional source of income for the mine, which can be essential in times of volatile raw material prices. Some interesting ideas for a subsequent use of underground cavities can be found under the keyword "Underground Farming".

Growing plants underground is still regarded as a niche application which is appreciated by experts, but mostly unknown to the public as well as in most specialist circles. The most common technique is the cultivation of white mushrooms, however, with the legalisation of cannabis this niche application is also gaining in popularity.

To understand this development, it is necessary to consider the whole spectrum of the cultivation of (medical) plants, starting from the technological possibilities, including agricultural practice, and concluding with legislative framework (4). Modern industrial scale agriculture supplies crops for food production, e.g. barley, wheat, sugar beets, as well as crops for industrial production of consumer goods, chemical products, paints, and coatings, e.g. oilseeds. The agricultural sector has achieved economy-of-scale through the combined use of large surface areas and efficient production technologies.

Whereas considerable amounts of food/plant equivalents are needed in daily nutrition – measured in grams – only few humans require daily medication based on medical plants. The active ingredient quantity of these medications is mostly in the range of milligrams, e.g., cardiac glycosides which have foxglove as their plant origin. Therefore, the share of the required annual medical plant production is small compared to the overall annual plant production for food.

nung zur Verfügung. Bild 1 zeigt ein Beispiel aus dem Schieferbau der Firma MAGOG in Schmallenberg (3).

Underground Farming als neue Nutzungsmöglichkeit untertägiger Infrastruktur

So werden Bergwerke zur Lagerung und Deponierung von Reststoffen genutzt, die in großen Hohlräumen verwertet werden und zur Stabilität beitragen. In anderen Bergwerken werden Dokumente sicher verwahrt oder ganze Servereinrichtungen betrieben, während wieder andere Bergwerke als Museum genutzt werden, um so die Geschichte einer Region für die nächsten Generationen zu bewahren. Diese zusätzlichen Nutzungen finden nicht nur in geschlossenen Bergwerken Anwendung, sondern auch in noch produzierenden Bergwerken. Sie stellen dann eine weitere Einnahmequelle dar, die bei den schwankenden Rohstoffpreisen manchmal das Überleben sichern kann. Einige besondere Ideen für die Nachnutzung von unterirdischen Hohlräumen finden sich unter dem Schlagwort „Underground Farming".

Bislang besaß der Anbau von Pflanzen unter Tage eher den Charakter eines Nischendaseins. Unter Spezialisten geschätzt, war diese Thematik nicht nur für die Öffentlichkeit, sondern auch für die meisten Fachkreise wenig bekannt. Lediglich Champignonkulturen als verwandte Produktionstechnik finden sich in größeren Abständen in der allgemeinen Berichterstattung. Mit der Legalisierung von Cannabis gewinnt nun diese Produktionstechnik eine wachsende Aktualität.

Um diese Entwicklung zu verstehen, ist eine Betrachtung des (Arznei-)Pflanzenanbaus in seinem Spektrum von technologischen Möglichkeiten über die landwirtschaftliche Praxis bis zu regulatorischen Rahmenbedingungen notwendig (4). Der Anbau von für Lebensmittel vorgesehenen Pflanzen, z.B. Gerste, Weizen, Zuckerrüben, wird wie die Bereitstellung von Pflanzen, z.B. Ölsaaten, für die industrielle Produktion u.a. von Bedarfsgegenständen, Chemikalien, Farben und Lacken durch die moderne, quasi den industriellen Maßstäben angepasste Landwirtschaft gewährleistet. Um die Wirtschaftlichkeit zu erfüllen, erfolgt die Produktion auf großen Flächenarealen mit der entsprechenden Maschinentechnik.

Während für die tägliche Ernährung (Lebensmittel-) Pflanzenäquivalente in nennenswerten Grammmengen für jeden Menschen erforderlich sind, benötigen lediglich wenige Menschen Medikamente. Ihre Wirkstoffmengen betragen oft nur wenige Milligramm, so wie bei den Herzglykosiden, deren pflanzlichen Ursprung der Fingerhut bildet. Dadurch erreichen die zu produzierenden Jahresmengen an Arzneipflanzen einen recht geringen Anteil an der gesamten Pflanzenproduktion, und der Anbau von Arzneipflanzen kann sich auf kleine Flächen beschränken.

Anstelle der üblichen Großmaschinen werden kleine Geräte benötigt oder sogar halbmanuelle Arbeitsweisen erforderlich. Mit der Direktsaat oder dem Einbringen von Jungpflanzen beginnt der Anbau, wobei die Jungpflanzen über ein Saatverfahren, eine Stecklingsvermehrung oder eine in-vitro-Kultur bereitgestellt werden können.

Die regulatorischen Vorgaben verbieten zudem einen Einsatz von Spritzmitteln für die Kulturpflege, sodass eine mechanische Beikrautvermeidung und -entfernung die Verwendung von Herbiziden ersetzt. Dieses dem Laien unter Unkrautvernichtung bekannte Vorgehen kann mit speziellen Kulturtechniken wie dem

Fig. 2. Underground Farming at the mine Pyhäjärvi; Pyhäjärven Kehitys Oy, Natural Resources Institute Finland (9).
Bild 2. Underground Farming im Bergwerk Pyhäjärvi; Pyhäjärven Kehitys Oy, Natural Resources Institute Finland (9).

Subsequently the cultivation of medical plants can be produced using smaller surface areas, smaller machinery and even semi-manual operations. Cultivation begins with direct sowing or planting of seedlings, which are supplied by a seed method, propagation by cuttings, or an in-vitro culture.

The regulatory requirements prohibit the application of sprays for the growing of crops, therefore herbicides are replaced by mechanical weed prevention and weed pulling. The process commonly referred to as weed killing can be achieved with special cultivation techniques such as growing crops under foil, however, manually weed killing may also be required. In general, the cultivation of plants must comply with the common pharmaceutical standards of the country of cultivation. In the case of differences between the legal regulations of the country of cultivation and the country of sale, both regulations and their proceeding requirements must be considered. Within the last two decades a comprehensive level of agreement has been reached with the legal guidelines of the European Union accepted worldwide (5). The cultivation on small areas with its associated frameworks is recommended for an adaption in underground cavities.

In general, underground farming describes the cultivation of plants or fungi underground in natural cave or anthropogenic cavities such as underground car parks, tunnels or mines. This concept allows for an alternative use of mines which also minimises the negative impacts of surface-based agriculture as underground farming does not require large surface areas. In case of using urban underground infrastructure the route of transport to the consumer can also be significantly reduced (6).

The plants are cultivated underground using hydroponic systems which means the plants are grown in an aqueous solution which provides them with all the required nutrients (7). The latest LED technology ensures that the plants receive sufficient light. In accordance with the specific needs of each crop the lightning and the nutrient solution can be adapted to ensure optimal growing conditions. In such a controlled environment negative impacts caused by parasites or extreme weather conditions do not occur (8, 9).

The idea of growing crops underground is not a new one. An example for growing medicinal crops underground can be found

Folienanbau realisiert werden, gelegentlich muss aber auch ein Einsatz des manuellen Unkrauthackens erfolgen. Generell müssen die Pflanzen unter Beachtung der arzneimittelrechtlichen Regelungen für das Anbauland kultiviert werden. Sollten unterschiedliche Regelungen zwischen Anbau- und Vertriebsland bestehen, müssen beide, d.h. im Einzelfall die weitergehenden Vorgaben, berücksichtigt werden. In den vergangenen Jahrzehnten ist eine umfassende Harmonisierung gelungen, sodass die Richtlinien der Europäischen Union eine weltweit hohe Akzeptanz genießen (5). Die kleinflächige Kulturführung mit ihren vorgestellten Rahmenbedingungen empfiehlt sich für Adaptionen in bergbaulichen Hohlräumen.

Mit Underground Farming wird grundsätzlich ein unterirdischer Anbau von Pflanzen oder Pilzen beschrieben, wobei der Anbau in natürlichen Höhlen oder in anthropogenen Hohlräumen wie Tiefgaragen, Tunneln oder eben auch Bergwerken betrieben werden kann. Diese Idee bietet die Möglichkeit, die gewünschte Nachnutzung von Bergwerken mit der Vermeidung von negativen Einflüssen der Landwirtschaft, einer anderen aktuellen Problematik, zu verbinden. Beim Underground Farming müssen keine übertägigen Flächen genutzt werden und im Fall der Nutzung von städtischen untertägigen Anlagen wird auch der Transportweg zum Konsumenten verkürzt (6).

Die Pflanzen wachsen unter Tage beispielsweise in hydroponischen Systemen, d.h. sie wachsen nicht in der Erde, sondern in einer wässrigen Lösung, die sie mit den benötigten Nährstoffen versorgt (7). Die Versorgung mit Licht wird mit der Nutzung modernster LED-Technologie gewährleistet. Sowohl die Nährstofflösung wie auch die Beleuchtung können exakt auf die Bedürfnisse der jeweiligen Pflanzen abgestimmt werden und somit optimale Wachstumsbedingungen bieten. In dieser kontrollierten Umgebung fallen negative Einflüsse durch Parasiten oder extreme Wetterbedingungen, welche die Landwirtschaft über Tage vermehrt erschweren, nicht an (8, 9).

Die Idee des unterirdischen Anbaus ist dabei nicht neu. Ein Beispiel für die Anpflanzung von pharmazeutischen Anbaukulturen lässt sich im Kupferbergwerk Trout Lake – betrieben von der Firma Hudbay Minerals Inc. – in der Nähe von Flin Flon/Kanada finden. Dort wurde von 2001 bis 2009 medizinisches Marihuana in einer Anbaukammer unter Tage angebaut. Hierbei konnte die Nutzung eines Bergwerks Vorteile in Bezug auf die Absicherung der Anlage und den kontrollierten Zugang bieten. Das pharmazeutische Unternehmen Prairie Plant Systems (PPS) hat seit längerem mit Hudbay Minerals zusammengearbeitet und verschiedene Pflanzenarten, wie Rosen, Tomaten und pharmazeutische Kulturen, untertägig angebaut. Im Jahr 2009 endete der Nutzungsvertrag zwischen dem Bergwerksbetreiber Hudbay und PPS. Das Bergwerk Trout Lake wurde im Jahr 2012 geschlossen (10, 11).

Ein aktuelleres Beispiel für die Forschung im Bereich Underground Farming ist das finnische Bergwerk Pyhäsalmi in Pyhäjärvi (Bild 2). Hier werden noch bis zum Jahr 2019 in 1.450 m Teufe Kupfer, Zink und Pyrit durch die Firma First Quantum Minerals Ltd. abgebaut. Im Zuge des Projekts „Callio – Mine for Buisness“ werden verschiedene Möglichkeiten für die Nachnutzung dieses Bergwerks nach Einstellung der Produktion erprobt. Ein Testprojekt für den untertägigen Anbau von Kartoffeln und Fasernesseln lief von Januar 2017 bis Dezember 2018 (9, 12).

at the copper mine Trout Lake, operated by Hudbay Minerals Inc., at Flin Flon/Canada. From 2001 to 2009 medical marijuana has been grown at this mine in underground growing chambers with the controlled access to the mine proving to be a major advantage. The pharmaceutical company in charge, Prairie Plant Systems (PPS), had been working with Hudbay Minerals for some time and has experience in growing a variety of plants underground including roses, tomatoes, and pharmaceutical crops. The contract between the mining operator and the pharmaceutical company expired in 2009. The Trout Lake mine has been closed in 2012 (10, 11).

A more recent example is presented by the ongoing research of underground farming at the Finnish mine Pyhäsalmi in Pyhäjärvi (Figure 2). The company First Quantum Minerals Ltd. plans to mine here copper, zinc, and pyrite in a depth of 1,450 m until 2019, however at the same time, different options for subsequent uses of the underground infrastructure post production are being explored under the project "Callio – Mine for Business". A pilot project for growing potatoes and fibre nettles underground, e.g., was conducted from January 2017 until December 2018 (9, 12).

The perception of cannabis has changed significantly over the last few years. It used to be considered a dangerous narcotic because it was believed to be both addictive and a gateway drug. The one exception is hemp grown for fibre because hemp has a substantially lower THC content which is a relevant active narcotic ingredient in cannabis.

Recent scientific research provides a new evaluation of cannabis as a controllable legal stimulant. Furthermore, a medical interest is arising in marijuana as a promising treatment for severe illnesses and the alleviation of pain. For this reason, the legal requirements in Germany have been revised to provide the implementation of therapeutic usage of medical cannabis. A government agency assigns growing licenses via a tendering process to ensure the supply of cannabis for medical therapy.

However, cannabis is still subject to the Federal Law on Narcotics in Germany and therefore, its cultivation can only be conducted in closed and secured premises where there is a reliance on the use of LED lights and the use of classic substrates rather than in hydroponic systems.

The cultivation of cannabis is subject to the Good Agricultural and Collection Practice (GACP) (13, 14) as well as to the Good Manufacturing Practice (GMP) (15), if parts of the plant are used without further processing directly for therapeutic applications. Over the last years, the established cultivation of medical crops led to the publication of recognised implementation rules for the crop producers and the responsible persons regarding pharmaceutical drugs. These recommendations, including details on the qualification of suppliers (16) regarding the Federal Law on Narcotics, can be easily transferred to the cultivation of cannabis in underground cavities.

Outlook

Underground Farming in mines and in urban underground cavities is a current research topic which is investigating the potential subsequent use of existing underground infrastructure. Optimal growing conditions for different crops can be provided due to controlled environmental conditions resulting in high crop yields.

Die Bewertung von Cannabis hat sich in den vergangenen Jahren deutlich geändert. So unterlag die Nutzung der Pflanze als potentieller Lieferant von illegalen Betäubungsmitteln einem Tabu und stand unter Strafandrohung. Lange Zeit galt das aus Cannabis gewonnene Marihuana als Einstiegsdroge zu einem nicht mehr kontrollierbaren Drogenkonsum. Lediglich der Anbau ausgewählter Hanfsorten, deren Gehalt an betäubungsmittelrechtlich relevanten Inhaltsstoffen durch Züchtungsmaßnahmen bedeutungslos geworden war, wurde zur Faserhanfgewinnung genehmigt.

Die wissenschaftliche Forschung führte zu einer neuen Bewertung, die Cannabis den Rang eines kontrollierbaren Genussmittels verleiht. So entstand der Trend zur Legalisierung des Konsums von Marihuana, welcher in einigen Ländern bis zum freien Handel reicht. Inzwischen wächst auch in der Medizin das Interesse an Cannabis als aussichtsreiche Option in der Behandlung von schweren Erkrankungen und Schmerzzuständen. Aus diesem Grund wurden in Deutschland die betäubungsmittelrechtlichen Vorgaben überarbeitet, um die Voraussetzungen für eine umfassende therapeutische Nutzung von Cannabis zu gewährleisten. Nun können im Rahmen eines Ausschreibungsverfahrens von der staatlichen Cannabisagentur Anbaukontingente vergeben werden, welche das Pflanzenmaterial für die medikamentöse Therapie liefern sollen.

Da Cannabis in Deutschland weiterhin dem Betäubungsmittelrecht unterliegt, kann der Anbau nur in geschlossenen und besonders geschützten Räumlichkeiten stattfinden. Die Kulturführung entspricht den bereits dargestellten Anbaubedingungen mit LED-Licht. Den Nährboden für die Jungpflanzen bilden hingegen klassische Substrate anstelle von hydroponischen Systemen.

Der Cannabisanbau unterliegt nicht nur dem GACP-Regelwerk (Good Agricultural and Collection Practice) (13, 14), sondern auch den Vorgaben der (Wirkstoff-)Herstellung von Arzneimitteln (GMP – Good Manufacturing Practice) (15), wenn Pflanzenteile nach der Ernte ohne weitere Verarbeitungsschritte direkt zur Therapie verwendet werden. Der etablierte Arzneipflanzenanbau führte bereits in den vergangenen Jahren zur Publikation von anerkannten Ausführungsbestimmungen für den Pflanzenproduzenten und die arzneimittelrechtlich Verantwortlichen. Diese Empfehlungen, welche auch Details zur Lieferantenqualifizierung (16) aus Sicht des Arzneimittelrechts beinhalten, lassen sich ohne Schwierigkeiten auf den Cannabisanbau in untertägigen Räumlichkeiten übertragen.

Ausblick

Underground Farming in Bergwerken, wie auch in urbanen unterirdischen Anlagen, ist ein aktuelles Forschungsgebiet und bietet eine Möglichkeit für die Nachnutzung von vorhandener Infrastruktur. Durch die kontrollierten Umwelteinflüsse werden optimale Wachstumsbedingungen für die Pflanzen gewährleistet und es können hohe Ernteerträge erzielt werden. Noch ist die Anzahl der vorhandenen Projekte überschaubar, es zeigt sich jedoch Potential für die Zukunft. Gerade in Deutschland gibt es verschiedene Bergwerke, die bereits geschlossen wurden und deren Hohlräume noch teilweise zugänglich sind oder auch produzierende Bergwerke, die eine Reihe von großen Hohlräumen bieten, in denen ein Anbau möglich wäre. Hier gilt es zu untersuchen, inwieweit die Umgebungsbedingungen jeweils auf die spezifischen Anforderungen der Pflanzen eingestellt werden können.

Until now the number of research projects is small but there is potential for more future research, especially in Germany where there are several closed mines with partially accessible cavities as well as mines still in operation with a high potential for subsequent use. Further research is required regarding the adaption of environmental conditions in accordance with the needs of different crops.

References / Quellenverzeichnis

(1) Langefeld, O.; Binder, A.: Blue Mining – Planning future mines today. In: World of Mining – Surface & Underground, pp. 109–112, 2017.
(2) Langefeld, O.; Binder, A.: Responsible Mining. In: Mining Report Glückauf (154) Heft 1/2018, pp. 26–33.
(3) Homepage der Firma MAGOG, Schmallenberg. Online available: www.magog.de.
(4) Hagels, H.; Strube, J.; Tegtmeier, M.: Pflanzen als Rohstoffbasis. In: CITplus 17 (12), pp. 6–8, 2014.
(5) European Medicines Agency: Guideline on Good Agricultural and Collection Practice (GACP) for Starting Materials of Herbal Origin. 2006. Online available: www.ema.europa.eu/documents/scientific-guideline/guideline-good-agricultural-collection-practice-gacp-starting-materials-herbal-origin_en.pdf.
(6) Growing Underground: Growing Underground. 2018. Online available: www.growing-underground.com. Accessed 25 November 2018.
(7) Hydroponik. 2018. Online available: www.erdelos.de. Accessed 28 November 2018.
(8) Rodionova, Z.: Inside London's first underground farm. 3 Februar 2017. Online available: www.independent.co.uk/Business/indyventure/growing-underground-london-farm-food-waste-first-food-miles-a7562151.html. Accessed 25 November 2018.
(9) Pyhäjärven Callio: Plant Production. 2018. Online available: www.callio.info/natural-resources-business/kasvintuotanto. Accessed 25 November 2018.
(10) Kornelsen, K.: Hudbay Minerals continues to make history in Manitoba. 2012. Online available: www.miningandenergy.ca/manitoba/article/hudbay_minerals_continues_to_make_history_in_manitoba/. Accessed 28 November 2018.
(11) Naylor, J.: Reflections: Flin Flon's "Marijuana Capital" era. 12 November 2016. Online available: www.thereminder.ca/news/local-news/reflections-flin-flon-s-marijuana-capital-era-1.2622063. Accessed 25 November 2018.
(12) First Quantum Minerals Ltd.: Pyhäsalmi. 2017. Online available: www.first-quantum.com/Our-Business/operating-mines/Pyhasalmi/default.aspx. Accessed 28 November 2018.
(13) Hagels, H.; Tegtmeier, M.; Strube, J.; Both, S.: GACP Regulation for Herbal Raw Materials. In: Plant Medica 79 (13), pp. 1105–1106, 2013.
(14) Graf vom Hagen-Plettenberg, M.; Klier, B.; Tegtmeier, M.; Waimer, F.; Steinhoff, B.: Good Agricultural and Collection Practice (GACP) - A Pragmatic and Efficient State-of-the-art Standard. In: Pharmazeutische Industrie 74 (7), pp. 1078–1084, 2012.
(15) Wagner, B.; Waimer, F.; Klier, B.; Tegtmeier, M.; Steinhoff,B.: Implementation of GMP for the Manufacture of Herbal Perparations: An Efficient and Successful Approach for Initial Steps. In: Pharmazeutische Industrie 76 (2), pp. 222–230, 2014.
(16) Raiser, M.; Hofmann, W.; Steckly, G.; Tegtmeier, M.; Torres Londono, P.; Steinhoff, B.: Qualification of Suppliers of Cultivated and Wild Collected Medicinal Plants. Pharmazeutische Industrie 79 (1), pp. 66–70, 2017.

Authors / Autoren

Prof. Dr.-Ing. Oliver Langefeld, Mining Institute, Clausthal Technical University and Prof. Dr. Martin Tegtmeier, Schaper & Brümmer GmbH & Co. KG and Institute for Separation and Process Technology, Clausthal Technical University, Clausthal-Zellerfeld/Germany