



IHK

Industrie- und Handelskammer
Halle-Dessau

BRAUNKOHLE

TEMA **SPECIAL**



SPECIAL

Okresní
hospodářské
komory
Most

OHK Most

JAHRGANG 13/ AUSGABE 64 / OKTOBER



OHK Most



**Vršanská
uhelná**

Partner

Okresní hospodářské
komory Most

Der Inhalt

TEMA

technik | ekonomika | marketing | aktuality

vydává: Okresní hospodářská komora Most,
 Víšňová 666, 434 01 Most, tel.: 417 637 404,
 email: imp@ohk-most.cz, www.ohk-most.cz
 IČ: 48290661

Redakční rada:

vedoucí redakce: Petr Matoušek
 předseda redakční rady: Ing. Jiřina Pečnerová
 členové: Ing. Jiří Vích, MBA, Monika Rosová
 sazba a tisk: TISKÁRNA K&B s. r. o., čtvrtletník
 náklad: 800 výtisků, povolení MK ČR E 16676
 Neoznačené fotografie: úřad OHK Most

Einleitung – Dipl.-Ing. Rudolf Jung **4**

Einleitung – Prof. Dr. Thomas Brockmeier **5**

Braunkohle als Energie und Innovationsträger **6–9**

Zum Stand der Braunkohlenutzung in Deutschland **10**

Zur Problematik des Braunkohleabbaus aus der Sicht der Studierenden
 und der Lehrkräfte der Fakultät für Bergbau und Geologie der Hochschule
 für Bergbau-Technische Universität in Ostrau **11–14**

Braunkohlebilanz in der Tschechischen Republik – Vorräte
 gegen Verbrauch nach 2025 **15–19**

Der gegenwärtige Braunkohlemarkt in der Tschechischen
 Republik und seine erwartete Entwicklung **20–22**

Die Situation und Perspektiven der Braunkohle in Mitteleuropa **23–26**

Saubere Technologien zur Erzeugung von Strom und Wärme aus Kohle **27–32**

Neue Zukunftstechnologien der Kohlevergasung **33–35**

Das kontroverse CO₂ – eine technologische Herausforderung **36–39**

Kohle als Rohstoff für die Erzeugung von chemischen Stoffen **40–42**

Moderne Technologien in der Produktion von Chemikalien
 und flüssigen Brennstoffen aus Kohle **43–48**

Schlusswort **49**

Abraumförderung im Tagebau Nástup Tušimice
 – Schaufelradbagger KU 800.8/K 110.



Einleitung

Sehr geehrte Leser, in den Händen halten Sie die Sonderausgabe des Magazins der Kreiswirtschaftskammer (OHK) Most TEMA, die sich ausschließlich braunkohlespezifischen Themen widmet. Die Braunkohle ist einer der wenigen wertvollen Rohstoffe, der in unserer Republik in wirtschaftlich interessanten Mengen vorhanden ist.

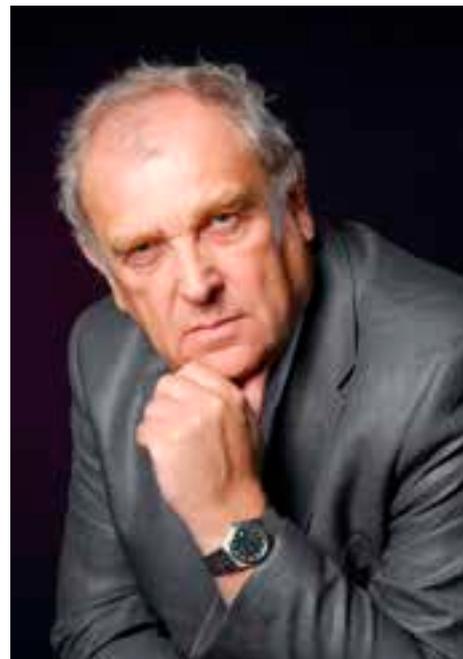
Die Braunkohle wurde in Europa unlängst – allzu bequem und leicht – zu einem Verursacher des Klimawandels erklärt, mit dem unser Planet im gegenwärtigen Stand seiner Entwicklung zu kämpfen hat. Die langfristigen und mittelfristigen Klimaänderungen und -zyklen werden dabei jedoch unterschätzt. Deren Ursachen sind Gegenstand leidenschaftlicher Auseinandersetzungen bei Laien wie Wissenschaftlern. Es stimmt, dass die nachteiligen Auswirkungen einer rein energetischen Nutzung der Braunkohle ebenso wie anderer fossiler Rohstoffe in der jüngsten Vergangenheit nicht im Mittelpunkt der öffentlichen Aufmerksamkeit in der Gesellschaft standen. Diese Zeiten liegen aber schon hinter uns, und in der Tschechischen Republik ebenso wie in Europa werden zur Verminderung der durch den Bergbau oder die Braunkohlenutzung verursachten Umweltschäden gewaltige Summen aufgewendet. Eine wichtige Maßnahme stellen dabei auch Rekultivierungen von Bergbaufolgelandschaften dar. Instrumente zu ihrer Umsetzung sind vor allem die immer weiter fortgeschrittenen Technologien, Fähigkeiten und Ideen der Techniker, Energetiker sowie der Rekultivierungsexperten.

Die Braunkohle als Energiegrundstoff spielte in der Entwicklung der tschechischen Industrie eine entscheidende Rolle und sie hat an der Verstromung immer noch einen Anteil von 40 %. Die Bergbaustandorte wurden und werden zweifellos erheblich durch die Braunkohlegewinnung geprägt. Wer sich jedoch um Objektivität bemüht, muss eingestehen, dass der Kohleabbau in unseren Regionen wahrscheinlich die einzige Branche ist, die, was die Landschaft betrifft, konsequent hinter sich „aufgeräumt“ hat, das auch weiterhin leistet und manchmal sogar

für einen höheren Mehrwert für die nachhaltige Landschaftsnutzung sorgt. Die Effekte wirken sich aber oft erst in nachfolgenden Generationen aus, die dies dann schon als selbstverständlich betrachten. Wenn es zum Beispiel die Fotodokumentation der „Štýs-Zwillinge“ nicht gäbe (Bilder der gleichen Standorte während des Abbaus und nach erfolgter Rekultivierung), dann würden unsere Nachkommen im Zeitalter der sog. vierten („4.0“) industriellen Revolution – ebenso wie der folgenden – nicht glauben, was alles in diesem Bereich gelungen ist.

In der Vergangenheit haben wir uns mehr oder weniger daran gewöhnt, in der Braunkohle nur einen gering effizienten Energieträger mit ausbaufähigen Umweltschutzanforderungen zu sehen. Das bedeutet aber nicht, dass es dank der Erkenntnisse unserer wissenschaftlichen Elite inzwischen nicht einen größeren Spielraum für den intelligenten Einsatz dieses einzigartigen Rohstoffs geben könnte, und nicht nur in der Energiewirtschaft. Darüber hinaus existieren nämlich vielfältige Möglichkeiten auch für die nichtenergetische Verwendung der Braunkohle in weiteren Wirtschaftsbereichen, besonders in der Chemie aber auch in anderen Branchen.

Und es erübrigt sich fast, darauf hinzuweisen, dass die Energiesicherheit eine grundlegende Voraussetzung für den Fortbestand unserer entwickelten Wohlstandsgesellschaft bildet. In der gegenwärtigen unruhigen Welt, die durch Informationstechnologien und -netze geprägt sowie auch schon gesteuert und beherrscht wird, sind auch deren Schwachstellen zu beachten – so etwa in den Steuersystemen der miteinander verbundenen Energienetze. Verwundbar sind diese leider nicht nur vor Ort, sondern auch global. Die Braunkohle kann einerseits eine gewisse Reserve, d. h. eine stabilisierende und zuverlässige Unterstützung der immer intensiver ausgebauten, instabilen sog. erneuerbaren, Energiequellen darstellen. Andererseits sorgt sie wesentlich auch für Beständigkeit und Sicherheit des Energienetzes. Es wäre also unverantwortlich, unter dem Einfluss von verschiedenen – unendlich wiederholten, nicht bewiesenen, von der



Wirklichkeit und den Gesetzen der Physik entfernen – Tatsachen sowie unter dem Eindruck der in Frage stehenden Erderwärmung, auf die Nutzung des sicheren heimischen Rohstoffs zu verzichten und die Wettbewerbsfähigkeit und industrielle Leistungsfähigkeit aufs Spiel zu setzen. Es wäre unverantwortlich, unwiderrufliche Taten zu schaffen, was ein Sonderrecht nur der Natur selbst ist.

Ich bin überzeugt, dass bei systematischer Verminderung der Bergbaufolgen und im Rahmen von Forschungs- und Entwicklungsergebnissen umzusetzenden Kohlenutzungspotenzialen die Braunkohle auch weiterhin – wenngleich im geringeren Maße als bisher – ein Bestandteil des tschechischen sowie europäischen Energiemixes bleiben wird. Wir sollten die Braunkohle also als ein **„wertvolles Geschenk der Natur“** betrachten und ihr die ordentliche Sorgfalt widmen. Denn für die Existenz von uns, den Menschen auf diesem Planeten, gilt unverändert: **„Was wir nicht jagen und anbauen, müssen wir abbauen“**.

Dipl.-Ing. Rudolf Jung
Vorsitzender der OHK Most

Eine der wirksamen Maßnahmen gegen Staub in der Kohlegrube Bilina – Sprengung der Straßen.



Einleitung

DIE ZUKUNFT DER BRAUNKOHLE

Von allen Themen, die die Region Most mit Mitteleuropa verbinden, sorgt die Braunkohle in Deutschland gegenwärtig für den meisten Gesprächsstoff. Die Politik ringt um Ausstiegstermine: Wann soll die Braunkohleverstromung enden? Jahreszahlen in gar nicht allzu ferner Zukunft wurden zuletzt über die Presse gestreut. Die Berliner Regierung hat eine Expertenkommission eingesetzt, die sich Ende September in Halle (Saale) ein Bild vom mitteldeutschen Revier machen wollte.

Jenseits der Grenzen mag die gesamte Auseinandersetzung sehr ‚deutsch‘ erscheinen: Unbestritten hat der Umweltschutz in der Politik hierzulande eine starke Lobby. Als Stimme der wirtschaftlichen Vernunft schaltet sich die Industrie- und Handelskammer Halle-Dessau (IHK) vehement in diese Debatte ein. Das Ziel muss sein: Ökologie und Ökonomie in echte Balance zu bringen – und das heißt: Die wirtschaftlichen Fakten müssen am Verhandlungstisch eine zentrale Rolle spielen.

Deshalb macht die IHK immer wieder klar: Kurz- oder mittelfristig kann es einen gleichwertigen Ersatz für die wirtschaftliche Nutzung der Braunkohle nicht geben. Denn die mit diesem Energieträger verbundene Bruttowertschöpfung ist beachtlich: Zuletzt lag der jährliche Durchschnitt je Erwerbstätigen im mitteldeutschen Bergbau im

hohen sechsstelligen Bereich, und die Höhe des durchschnittlichen Bruttolohns betrug beinahe 50.000 Euro pro Jahr. Allein die betrieblichen Investitionen im Kohlenbergbau in Deutschland lagen zuletzt bei 500 bis 600 Millionen Euro – pro Jahr!

Die alternativen Energieträger sind bisher nicht nur für Verbraucher, sondern natürlich auch für Unternehmen teuer. Das gilt nicht nur für energieintensive Unternehmen, beispielsweise in den für unsere Region so wichtigen Chemieparcs. Ein Ausstieg aus der Braunkohle wäre im internationalen Wettbewerb ein echter Standortnachteil für die heimische Wirtschaft: Denn eine alternative Energieversorgung aufzubauen, wäre kapitalintensiv. Fakt ist also: Es hängen mittelbar in unserer Region weit mehr Arbeitsplätze an der Braunkohle als nur im Bergbau oder bei der Energiegewinnung – und auch mehr als bei Zulieferern und Dienstleistern dieser Unternehmen. Auch Industriearbeitsplätze wären von einem Ausstieg betroffen.

Die Berliner Regierung wird sich von der Vorstellung lösen müssen, sie könne hier mit einigen wenigen Milliarden Euro für tragfähige Lösungen sorgen. Zukunftsweisende Strukturpolitik braucht politischen Mut und Entscheidungsfreude, einen langen Atem und viel Geld. Diese Botschaft kommt



langsam in der Politik an: Der sachsen-anhaltische Ministerpräsident Dr. Reiner Haseloff hat kürzlich die Summe von 60 Milliarden Euro genannt, die der Braunkohleausstieg aus seiner Sicht kosten wird – mindestens.

Liebe Leserinnen und Leser in Böhmen, Sie sehen, die ‚deutsche‘ Diskussion ist noch nicht zu Ende...

Prof. Dr. Thomas Brockmeier
Hauptgeschäftsführer der IHK Halle-Dessau

Der Tagebau ČSA, Severní energetická a.s.



Braunkohle als Energie- und Innovationsträger



Ein Gespräch mit Prof. Dr. Thomas Brockmeier, Hauptgeschäftsführer der IHK Halle-Dessau, über die energetische und stoffliche Nutzung der Braunkohle, die jüngst von der Bundesregierung eingesetzte „Kohlekommission“ sowie über die Begriffe „Strukturwandel“ und „Nachhaltigkeit“.

Frage: Welche Bedeutung haben Tagebaubetriebe für die Regionen vor Ort?

Brockmeier: Die Bergbaubetriebe, wie zum Beispiel die MIBRAG im IHK-Bezirk Halle-Dessau, gehören als produzierende Unternehmen mit hoher Bruttowertschöpfung zum industriellen Kern ihrer jeweiligen Region. Sachsen-Anhalt etwa kann noch immer als Industrieland bezeichnet werden, weil dort mehr als 20 Prozent der gesamten Wertschöpfung in der Industrie erzielt wird. Der Braunkohletagebau hat Bedeutung als wichtiges Element jener industriellen Basis, die weitere Industrieunternehmen anzieht. Auf diese Weise entsteht eine leistungs- und tragfähige regionalwirtschaftliche Verflechtung.



Foto: Felix Abraham

Was genau ist mit dem Begriff „Verflechtung“ gemeint?

Damit sind wechselseitige Kunden-Lieferantenbeziehungen zwischen einer Vielzahl von Unternehmen in der Region gemeint, die mit der Zeit entstanden, gewachsen und verfestigt sind. So erbringen etwa Tagebaubetriebe nicht nur selbst hohe Wertschöpfung, sondern sie sind auch als Auftraggeber für viele Zulieferer oder Dienstleister unverzichtbar. Zudem sind auch noch jene in der Region angesiedelten Industrieunternehmen eng damit verbunden, die ihren hohen Energiebedarf maßgeblich durch Braunkohleverstromung decken. Die Industriebetriebe wissen die aus Braunkohle gewonnene Energie zu schätzen, denn sie ist preiswert und steht zuverlässig – das heißt schwankungsfrei – zur Verfügung.

Aber durch Braunkohleverstromung wird doch CO₂ emittiert. Ist das nicht klimaschädlich? Braunkohlekraftwerke werden in der öffentlichen und auch politischen Debatte mitunter als „Dreckschleudern“ bezeichnet. Ist das ein berechtigter Vorwurf?

Nein, dieser Vorwurf ist polemisch und in der Sache ungerechtfertigt. Dass Kohleverstromung zu CO₂-Emissionen führt, ist eine physikalische Tatsache. CO₂ entsteht aber auch bei der Herstellung von Windrädern, Photovoltaikanlagen, Elektroautos oder beim Betreiben einer Biogasanlage. Aber es darf und soll hier nicht darum gehen, die CO₂-Bilanz verschiedener Energieträger gegeneinander aufzurechnen oder diese womöglich gar gegeneinander auszuspielen. Insgesamt geht es um einen ausgewogenen Energiemix, in dem auch die Braunkohle ihren Platz haben sollte. Doch zurück zum polemischen Vorwurf der „Dreckschleuder“: Die Braunkohlekraftwerke etwa in Mitteldeutschland gehören zu den modernsten und saubersten der Welt. Alle hiesigen Kraftwerke sind nach 1990 gebaut worden und erzielen Höchstwerte bei Wirkungsgraden und Umweltverträglichkeit.

Aber ist die CO₂-Belastung nicht dennoch höher als bei anderen Energieträgern?

Ich verweise auf das Postulat der Nachhaltigkeit. Dabei geht es um die Ausgewogenheit von insgesamt drei Dimensionen: ökologische, ökonomische und soziale Nachhaltigkeit. Wer ausschließlich die CO₂-Thematik diskutiert, bleibt auf der ökologischen Ebene hängen. Wir dürfen die ökonomische Seite doch nicht außer Acht lassen. Und ökonomisch denken heißt in Alternativen denken. Zur methodischen Herangehensweise eines Ökonomen passt der Begriff der „Alternativlosigkeit“ einfach nicht. Die entscheidende Frage in diesem Zusammenhang lautet: Lässt sich das, was die energetische Nutzung von Braunkohle bringt, mit einer ökologisch und ökonomisch günstigeren Lösung erreichen? Leider führt diese Diskussion allerdings fast niemand.

Lassen Sie uns bitte dennoch einen Moment bei der rein ökologischen Dimension bleiben: Wenn Deutschland von heute auf morgen aus der Kohleverstromung aussteigen und den Betrieb von Kohlekraftwerken beenden würde, könnte das Klima aber doch wohl aufatmen, oder?

Nein, könnte es eben nicht – das ist ja das Absurde an dieser Ausstiegs- und Abschaltdebatte. Für das Weltklima würde sich nicht das Geringste ändern, nicht eine einzige Tonne CO₂ würde eingespart, wenn die deutschen Kraftwerke abgeschaltet würden.

Wie bitte? Wie kann denn das sein?

Durch die Saldenmechanik des Emissionszertifikatehandels. Die Tagebaubetriebe in Deutschland nehmen an diesem EU-weiten Handel teil. Die Gesamtzahl der handelbaren Zertifikate ist fest begrenzt, gedeckelt durch einen sogenannten Cap. Und das bedeutet: Wenn beispielsweise die

Betreiber in Mitteldeutschland wegen einer politischen Entscheidung die Kraftwerke in Mitteldeutschland schließen müssten, dann bräuchten sie natürlich keine Zertifikate mehr: kein Kraftwerksbetrieb, keine CO₂-Emission, keine Notwendigkeit für Zertifikate. Die damit frei werdenden Zertifikate kämen in den Handel und würden von den Betreibern anderer Kraftwerke in anderen Ländern erworben. Die Anzahl der Zertifikate bliebe gleich, die erlaubte Emissionsmenge auch. Weniger Emission gäbe es nur bei einer Absenkung des Cap. Zudem sind die Kraftwerke außerhalb Deutschlands zumeist deutlich weniger umweltfreundlich. Als Anwalt des Weltklimas wüsste ich nicht, ob ich lachen oder weinen sollte; Anlass zum Aufatmen hätte ich jedenfalls nicht.

Dann bräuchte es also zumindest eine EU-weite Regelung, wenn man im Bereich der Braunkohlenutzung klimapolitisch vorankommen will?

Exakt. Ein deutscher Alleingang beim Ausstieg wäre klimapolitisch ein Nullsummenspiel. Das wäre eigentlich schon schlimm genug, aber es kommt noch schlimmer: Ökonomisch wäre ein deutscher Ausstieg für die betroffenen Regionen ein Desaster. Denn die mit der Kohle verbundene Wertschöpfung und die Arbeitsplätze wären für die Regionen verloren – sie würden gewissermaßen exportiert, im Kielwasser der Zertifikate sozusagen.

Damit würde das Postulat der Nachhaltigkeit an keiner Stelle erfüllt?

So ist es. Leider. Das skizzierte Szenario wäre das exakte Gegenteil von Nachhaltigkeit: Es wäre ökonomisch und ökologisch gleichermaßen unsinnig. Und zudem wäre es noch unsozial, weil der Verlust solcher „Ankerbetriebe“, wie es die Tagebau- und Kraftwerksbetriebe sind, den Zusammenhalt in der Region und letztlich in Deutschland insgesamt schwächen würde.

Jüngst (am 6. Juni 2018) hat die deutsche Bundesregierung die Kommission „Strukturwandel, Wachstum und Beschäftigung“ eingesetzt. Diese Kommission soll im Kern einen Plan für ein Ende der Braunkohleverstromung aufzeigen. Mit anderen Worten: In der Bundesrepublik Deutschland wird ganz aktuell über den Kohleausstieg diskutiert. Wie bewerten Sie diese Diskussion?

Ich halte sie weder für ehrlich noch für sachdienlich. Nehmen wir nur den Begriff des Strukturwandels, der in dieser Diskussion eine zentrale Rolle spielt: Eigentlich beschreibt der Begriff Strukturwandel einen Prozess, der in einer dynamischen Wirtschaft beständig stattfindet – angetrieben von immer neuen Innovationen und den darauf folgenden Anpassungsreaktionen. Ein politisch verordneter Ausstieg aus der Braunkohle allerdings hat mit einem solchen Strukturwandel nicht das Geringste zu tun. Strukturbruch wäre ein passender Begriff, denn schließlich hätten wir es mit einer politisch verordneten, mithin von außen erzwungenen Veränderung zu tun. Von organisch-endogenem, von evolutorischem Wandel könnte nicht die Rede sein.

Was wären die Folgen eines solchen Strukturbruchs?

Schlimme. Man kann es nicht deutlich genug sagen: Ein solcher Strukturbruch hätte schlimme Folgen für Beschäftigung, Wertschöpfung, Kaufkraft und Wohlstand in den betroffenen Regionen. Im Übrigen handelt es sich dabei ausgerechnet um Regionen, die – wie etwa Mitteldeutschland oder die Lausitz – durch die Transformation eines ganzen Wirtschaftssystems nach 1989/1990 schon einmal unter erheblichen Schmerzen zu einer nie dagewesenen Anpassungsleistung gezwungen worden sind. Hinzu kommt: Durch den Verlust eines Großteils der alten Industrie- und nahezu aller Kohlearbeitsplätze der früheren DDR hat Ostdeutschland nahezu 90 Prozent (!) der bisherigen gesamtdeutschen Erfolge bei der CO₂-Emissionsreduzierung erbracht. Ausgerechnet diese Regionen jetzt durch einen politisch verordneten Ausstieg aus der Braunkohle nochmals unter erheblichen Anpassungsdruck zu setzen, ist nicht nur unfair, sondern auch aus gesamtdeutscher ökonomischer Perspektive in hohem Maße unvernünftig. Denn indem ostdeutsche Regionen in ihrem wirtschaftlichen Aufholprozess zurückgeworfen werden, wird die deutsche Wirtschaft insgesamt geschwächt. Zudem werden den wirtschaftlich stärkeren Regionen zusätzliche Solidaritätsleistungen abgefordert werden müssen, was den gesellschaftlichen Zusammenhalt in Deutschland insgesamt kaum stärken dürfte.

Was erwarten Sie denn konkret von der Arbeit der Kommission?

Nicht sehr viel. Wie und warum auch? Die Probleme beginnen bereits damit, dass ein klare Zielsetzung und ein konkreter Arbeitsauftrag fehlen. Hinzu kommt der viel zu eng gesteckte Zeitplan: Die Kommission soll ihre Ergebnisse bis zum Jahresende 2018 vorlegen – innerhalb von sechs Monaten also. Nur zur Verdeutlichung: Wir reden hier über einen Zeitraum, der gerade einmal für das Schreiben einer Diplom- oder Masterarbeit reicht. Die Bundesregierung gibt der Kommission kaum mehr Zeit für ihre wichtige Arbeit als sie selbst gebraucht hat, um diese Kommission überhaupt auf die Beine zu stellen. Das muss man sich einmal vorstellen! Im Übrigen gilt: Auf schwierige Fragen gibt es keine einfachen Antworten, für komplexe Probleme keine einfachen Lösungen.

Gibt es weitere Gründe für Ihre Skepsis?

Oh ja, die gibt es in der Tat! So ist beispielsweise überhaupt nicht klar, nach welchen „Spielregeln“ diese Kommission arbeiten soll bzw. wird: Wer legt beispielsweise fest, wann und unter welchen Bedingungen welche Teildiskussion beendet wird, welche Maßnahmen konkret empfohlen werden und so

weiter? Es gibt insgesamt vier Vorsitzende; welches Stimmrecht hat da wer? Ferner ist unklar, ob und welches Ausmaß an Verbindlichkeit die Ergebnisse und Empfehlungen der Kommission für konkrete politische Entscheidungen letztlich haben werden. Ein weiterer Punkt, der mich aus mitteldeutscher Perspektive skeptisch stimmt, ist die Zusammensetzung der Kommission: Das mitteldeutsche Revier ist – jedenfalls im Hinblick auf die energetische Nutzung der Braunkohle – kaum vertreten.

Gesetzt den Fall, am Ende würde die Politik – aus welchem konkreten Grunde auch immer – einen vergleichsweise raschen Braunkohleausstieg erzwingen, ähnlich wie es beim so verfügten Ende der Kernkraft der Fall war. Ließen sich Arbeitsplätze und Wertschöpfung nicht durch andere innovative Branchen und Projekte gleichwertig ersetzen?

Nein, definitiv nicht. Und deshalb sollte man den Menschen so etwas bitte auch nicht vorgaukeln. Lassen Sie mich das in zwei Argumentationsstufen begründen: Erstens und grundsätzlich wäre die Frage zu stellen, warum es die von Ihnen – und immer wieder auch von der Politik – erwähnten „anderen innovativen Branchen und Projekte“ nicht bereits heute gibt. Wenn sie gleichsam von heute auf morgen nach einem Ende der Braunkohlenutzung entstehen könnten und auf Märkten wettbewerbsfähig wären, dann fragt sich doch, warum es sie in einer funktionierenden Marktwirtschaft nicht längst gibt. Oder glauben Sie ernsthaft, irgendein Erfinder, Innovator oder Investor wartet mit seiner zündenden Idee absichtlich so lange, bis der Braunkohle der Garaus gemacht wird, um dann wie Zieten aus dem Busch geschossen zu kommen? Bitte entschuldigen Sie, aber es braucht schon ein gerüttelt' Maß an Naivität, um so etwas zu glauben. Und wenn es eine Möglichkeit gäbe, wettbewerbsfähige Unternehmen oder gar ganze Branchen bzw. sog. Cluster einfach durch politische Entscheidungen in bestimmten Regionen anzusiedeln, dann würde sich die Frage ganz analog stellen: Warum hat man das denn nicht längst getan? Worauf wartet man bzw. hat man gewartet? In der Lausitz oder auch in Mitteldeutschland kann man innovative Ideen, Projekte und Unternehmen sowie finanzkräftige Investoren auch jetzt schon sehr gut gebrauchen; auf ein Ende der Braunkohlenutzung jedenfalls bräuchte man mit diesen Wundermitteln nicht zu warten, wenn man sie denn jetzt schon zur Hand hätte.

Aber ohne innovative Unternehmen wird es doch wohl nicht gehen?

Natürlich nicht, da stimme ich Ihnen vollkommen zu. Aber durchsetzungsfähige Innovationen, leistungsfähige Unternehmen und ganze Wirtschaftszweige lassen sich nun einmal nicht politisch dekretieren. In einer funktionierenden Marktwirtschaft mit stabilen Rahmenbedingungen durchlaufen sie alle einen dynamischen Prozess des Wechselspiels von Entstehen und Vergehen. Dabei wird immer wieder eine Technologie, ein Verfahren, ein Produkt, ein Unternehmen vom Markt verdrängt. Gewiss. Aber allein schon der Begriff des Verdrängens impliziert ja, dass an seine Stelle etwas Neues tritt. Und dieses Neue wiederum bleibt nur vorhanden, wenn es besser, leistungsfähiger, effizienter ist als das Verdrängte. Volkswirtschaftlich bleibt unter dem Strich also etwas Positives hängen. Das ist, beschrieben in einfachen Worten, der Prozess wirtschaftlicher Entwicklung, den Joseph Schumpeter als „schöpferische Zerstörung“ bezeichnet hat. Ein rein politisch verordnetes Ende der Braunkohle indes hätte mit einer derartigen „kreativen Zerstörung“ nicht das Geringste zu tun; im Gegenteil: Ein solches Ende, bewirkt durch derartige Zerstörung, wäre rein destruktiv. Denn es träte ja nichts – schon gar nichts annähernd Gleichwertiges – an die Stelle des Zerstörten. Erst zerstören und dann mal schauen, ob nicht irgendetwas anderes geht, stellt nicht nur das Wirkungsprinzip wirtschaftlicher Entwicklung auf den Kopf, sondern ist auch das Gegenteil verantwortungsvoller Politik.

Noch einmal nachgehakt: Warum schließen Sie aus, dass es kurz- oder mittelfristig gleichwertigen Ersatz für die Braunkohle geben könnte?

Weil die mit der Braunkohlenutzung verbundene Wertschöpfung sehr hoch ist. Eine solche Wertschöpfung können Sie nicht auf Knopfdruck durch irgendwelche Alternativen ersetzen. Schauen Sie: Die durchschnittliche Bruttowertschöpfung je Erwerbstätigen im Bergbau in Sachsen und Sachsen-Anhalt beträgt eine beachtlich hohe sechsstellige Summe pro Jahr, die Höhe des durchschnittlichen Bruttolohns beinahe 50.000 Euro jährlich. Sie merken schon: Mit einfachen Dienstleistungen lassen sich solche Beträge niemals erzielen.

Da mögen Sie Recht haben. Aber will nicht das Bundeswirtschaftsministerium den vier betroffenen Braunkohleregionen in Deutschland rund 1,5 Milliarden Euro für die Bewältigung des Strukturwandels zur Verfügung stellen?

Mag sein. Aber auch das reicht bei weitem nicht für eine wirkliche Kompensation. Auch hier hilft ein Blick auf die Zahlen: Die durchschnittlichen Investitionen der Betriebe im Kohlebergbau (auch Steinkohle) in Deutschland liegen über die letzten Jahre hinweg bei knapp unter 600 Mio. Euro pro Jahr. Die von Ihnen erwähnte Summe von 1,5 Mrd. würde also nicht einmal die rein betrieblichen Investitionen von auch nur drei Jahren ersetzen, die in der Branche ansonsten getätigt würden. So leid es mir tut: Das Ganze ist und bleibt eine Milchmädchenrechnung.

Die Politik sollte sich möglichst rasch und möglichst gründlich von der Vorstellung freimachen, sie könnte hier mit ein oder zwei Milliarden Euro Strukturpolitik betreiben. Das wird nichts. Die Strukturpolitik im Revier an Rhein und Ruhr in Nordrhein-Westfalen liefert doch nun wirklich eindrucksvolles Anschauungsmaterial: Dort hat man über Jahrzehnte richtig viel Geld in die Hand genommen, um eine zuvor getroffene bildungs- und strukturpolitische Grundsatzentscheidung in die Tat umzusetzen: Die Gründung der Universitäten in Duisburg, Essen, Bochum und Dortmund etwa (von Fachhochschulen ganz zu schweigen) hat zum einen Zeichen gesetzt, in welche Richtung man sich bewegen kann. Zum anderen hat dies deutlich gemacht: Man braucht politischen Mut und Entscheidungskraft, eine durchdachte Strategie, sehr viel Geld und einen langen Atem. Das kann ich in der Bundespolitik, zumal in Sachen „Kohlekommission“, derzeit nicht erkennen.

Aber braucht es denn tatsächlich immer gleich so viel Geld?

Für eine solche Politik, wie ich sie eben skizziert habe, leider ja. Aber natürlich gibt es durchaus Maßnahmen, die die Politik ergreifen und umsetzen kann, ohne einen einzigen Euro auszugeben. Alles was es bräuchte, wäre ein Hauch jener Innovationsbereitschaft und -fähigkeit, die die Politik selbst den Unternehmen immer so gerne nahelegt oder mitunter gar abverlangt.

Was genau meinen Sie?

Nun, ich meine konkrete Beispiele für genau das, was Ordnungspolitik im Sinne umsichtiger Wirtschaftspolitik ausmacht: eine Politik, die bestrebt ist, gute Rahmenbedingungen für unternehmerisches Agieren zu schaffen. Konkret etwa könnte die Politik endlich einmal Ernst machen mit dem Bürokratieabbau: Sie könnte Gesetze zur Verfahrensbeschleunigung auf den Weg bringen, damit wirtschaftlich bedeutsame Vorhaben endlich schneller angegangen und umgesetzt werden können, statt in den Mühlen der Verwaltung zerrieben zu werden. Die Politik könnte baurechtliche Standards absenken, um entsprechende Investitionsprojekte attraktiver zu machen. Und die Politik könnte das komplizierte und gerade kleine und mittlere Unternehmen oft lähmende Beihilferecht durchlüften. Das alles würde nichts kosten, aber ganz gewiss sehr viel bringen: wirtschaftliche Dynamik nämlich.

Braunkohle muss man nicht verbrennen. Man kann sie nicht nur energetisch, sondern auch stofflich nutzen. Wie bewerten sie die Chancen?

Grundsätzlich gut, insbesondere hier bei uns in Mitteldeutschland sogar sehr gut. Wir haben hier ja eine lange Tradition, beispielhaft sei nur verwiesen auf das großindustrielle Haber-Bosch-Verfahren in der Chemie zur Ammoniaksynthese. Hierbei spielte nicht zuletzt die Entkohlung von Kohlenstoffstählen eine Rolle. Der Chemiestandort Leuna etwa wäre ohne die stoffliche Verwertung der Braunkohle vor einhundert Jahren gar nicht entstanden. Der Innovationsschub, der davon ausging, sorgte dafür, dass hier das industrielle Herz ganz Deutschlands schlug. Solche Innovationen gibt es auch heute. Wenn wir uns nicht im „Klein-Klein“ eines wenig zielführenden Wettbewerbs von kleinteiligen Projekten verlieren, die unter Wertschöpfungsaspekten wenig bringen, dann bin ich durchaus optimistisch, dass wir echte Fortschritte erzielen können. Nicht kleckern, sondern klotzen sollte die Devise lauten. Ich gehe jedenfalls zuversichtlich davon aus, dass wir hier in der Region bald großformatige und aussagefähige Pilotanlagen haben, die uns helfen werden, Braunkohle sowohl stofflich als auch energetisch noch besser als bisher nutzen zu können – zum Wohle der Menschen, weil Wirtschaft und Natur gleichermaßen profitieren werden.

Schaufelradbagger KU 300.40/K bei der Kohleförderung im Tagebau Bílina.



Zum Stand der Braunkohlenutzung in Deutschland



Kohle trug im Jahr 2015 mit einem Anteil von 38,3 Prozent zur weltweiten Stromerzeugung bei und damit mehr als jeder andere Energieträger. In Deutschland ist Kohle mit Blick auf die Vorräte und die Förderung der bedeutendste einheimische Energierohstoff. Der Abbau von Steinkohle spielt mit einem weltweiten Anteil von 0,1 Prozent faktisch keine Rolle. Umso bedeutender ist die Menge geförderter Braunkohle. Diese ist zwar seit 2012 rückläufig, lag aber mit 170 Mio. Tonnen im Jahr 2017 weltweit noch immer auf Platz eins. Der Braunkohleabbau in Deutschland geschieht in drei Regionen. Die bedeutendste ist das Rheinische Revier mit einer Fördermenge von 91 Mio. Tonnen in 2017. Dahinter folgen das Lausitzer Revier mit einer Jahresförderung von

61,2 Mio. Tonnen in 2017 sowie das Mitteldeutsche Revier mit einer Jahresförderleistung von 18,4 Mio. Tonnen im Jahr 2017, welche sich beide im Besitz der tschechischen EPH-Gruppe befinden.

Die gewonnene Braunkohle wird derzeit weit überwiegend zur Stromerzeugung eingesetzt. Als subventionsfreien und grundlastfähigen Energieträger stellt die Kohle nach wie vor einen wichtigen Bestandteil des deutschen Strommix dar. Nach aktuellen Berechnungen des Fraunhofer-Instituts für Solare Energiesysteme ISE trugen die erneuerbaren Energiequellen Solar, Wind, Wasser und Biomasse im Jahr 2017 rund 38 Prozent zur öffentlichen Nettostromerzeugung bei. Solarenergie und Windenergie übertrafen bei der Stromproduktion erstmals Kohle und Kernenergie. Infolge des schrittweisen deutschen Ausstiegs aus der Kernenergie sowie dem fortschreitenden und subventionierten Ausbaus erneuerbarer Energien keine Überraschung. Die Braunkohle stellt aber mit einem Anteil an der Nettostromerzeugung von 24,3 Prozent noch immer vor der Windkraft mit 18,8 Prozent den wichtigsten Energieträger dar.

Trotz des Ausbaus erneuerbarer Energien wird die Braunkohle aufgrund der bislang fehlenden Grundlastfähigkeit der Erneuerbaren sowie des zu langsam voranschreitenden Ausbaus der Energienetze zum Transport des Stroms auf absehbare Zeit unverzichtbar bleiben. Die Braunkohlereviere verfügen über genehmigte Abbau- und Betriebspläne bis mind. in die 2030er Jahre, teilweise auch deutlich darüber hinaus. Als Resultat der deutschen Energiewende und der rückläufigen Anteile der Braunkohle am Energiemix, sind in Deutschland derzeit keine Neubauten von Braunkohlekraftwerken geplant. Die Tagebaubetreiber verzichten teilweise sogar auf die Erschließung neuer Abbaufelder und passen sich den geänderten Rahmenbedingungen an.

Deutschland ist im Rahmen seiner Klimaschutzpolitik international ambitionierte Zusagen zur CO₂-Einsparung eingegangen. Diese Ziele für das Jahr 2020 werden aktuell nicht erreicht. Aus diesem Grund hat die Bundesregierung die Kommission mit dem offiziellen Titel „Wachstum, Strukturwandel und Beschäftigung“ eingerichtet. Im Kern soll diese 31-köpfige Expertenkommission ein Datum für das Ende der Kohleverstromung vorschlagen. Aus Sicht der Wirtschaft steht mit der Auskohlung der Tagebaue bereits ein natürliches Enddatum fest. Weitergehender Beschlüsse sind daher nicht erforderlich. Ein früherer Ausstieg aus der Braunkohle wirft sämtliche Planungen und auch die Finanzierung der Reaktivierung über den Haufen. Die Folge wäre kein Strukturwandel, sondern nach 1990 ein zweiter Strukturbruch in den östlichen Bundesländern mit allen damit verbundenen negativen Konsequenzen.

Neben der energetischen Verwertung bestehen auch Potenziale in der stofflichen Verwertung der Braunkohle. Das Unternehmen ROMONTA in Amsdorf westlich von Halle (Saale) produziert seit den 1920er Jahren Rohmontanwachs und ist heute weltweit größter Hersteller dieses Grundstoffes für Schuhcremes, Polituren, Schmierstoffe usw. An weiteren stofflichen Nutzungen wird derzeit erforscht. So plant das Fraunhofer-Institut für Mikrostruktur von Werkstoffen und Systemen IWMS eine Pilotanlage zur Erzeugung von Synthesegasen für die chemische Industrie aus kohlenstoffhaltigen Abfällen und Braunkohle (CARBONTRANS). Für den Bau der Anlage ab 2021 in Leuna stehen bis zu 30 Mio. Euro zur Verfügung.

Andreas Scholtyssek

IHK Halle-Dessau

Foto: Thomas Reinhardt, IHK Halle-Dessau



Zur Problematik des Braunkohleabbaus aus der Sicht der Studierenden und der Lehrkräfte der Fakultät für Bergbau und Geologie der Hochschule für Bergbau-Technische Universität in Ostrau

Die räumlichen und ökologische Grenzen für den Braunkohleabbau in Nordböhmen wurden auf Grundlage des Beschlusses der Regierung der Tschechischen Republik Nr. 444 vom 30. Oktober 1991 festgelegt, der auf Grundlage eines Antrages des damaligen Umweltministers Ivan Dejmál verabschiedet wurde. Der Grund für die Festlegung dieser Grenzen war insbesondere der Schutz der Umwelt und Landschaft in Nordböhmen. Unter anderen sollten durch diese Maßnahme die Städte und Gemeinden, die auf Kohlevorräten liegen, eine Perspektive ihrer Existenz in einem langfristigen Horizont erhalten und die Elemente der Natur sowie die Verkehrsinfrastruktur und die technische Infrastruktur des nordböhmisches Braunkohlebeckens geschützt werden. Es kann festgestellt werden, dass dieser Beschluss zu einem in der Industrie am meisten diskutierten Beschluss überhaupt wurde. Fast gleichzeitig mit seiner Verabschiedung fanden sich wiederholende Bemühungen statt, diesen Regierungsbeschluss zu verändern. Diese Bemühungen gehen von unterschiedlichen Seiten aus. Zuletzt fand eine Anpassung im Jahre 2015 statt, als die Regierung der Tschechischen Republik durch ihren Beschluss Nr. 827/2015 die verbindliche Linie für die Begrenzung des Abbaus für die Grube Bílina angepasst hat. Somit können Lieferungen einer qualitativ hochwertigen Braunkohle bis 2025 sichergestellt werden, ohne dass es zur Zerstörung menschlicher Siedlungen oder Beeinträchtigung des Lebens in den umliegenden Gemeinden käme. Im Fall des Tagebaues Lom československé armády (ČSA), wurden aber keine Veränderungen dieser Grenzen durchgeführt. Hier liegen in den festgelegten Abbauräumen im Rahmen der sog. II. Etappe des Tagebaues ČSA 256 Millionen Tonnen hochwertiger Braunkohle. Den Fachexperten nach könnte dadurch die Betriebsdauer des Tagebaues bis über das Horizont von 2070 verlängert werden, gleichzeitig müssten aber die Gemeinden Tšernice (Černice) und Obergeorghenthal (Horní Jiřetín) umgesiedelt werden. Zu dem Thema der räumlichen und ökologische Grenzen für den Braunkohleabbau wurde eine Reihe von Beiträgen publiziert und viele Fragebögen zusammengestellt.

Zusammenfassend kann auszugsweise festgestellt werden, dass die wichtigsten diskutierten Themen

insbesondere folgende sind: Fragen der Umwelt und der Beschäftigung in der Region, der Wirtschaft, der Landschaft und ihrer Umgebung, die Fragen des Energieaufwandes, der Energiesicherheit und Weiteres. In jedem dieser genannten Bereiche können Gründe für das Durchbrechen dieser Grenzen und eine Fortsetzung der Abbautätigkeit, sowie Gründe für eine Beibehaltung dieser Grenzen gefunden werden.

In diesem Beitrag möchten wir auf einen weiteren Bereich hinweisen, der durch die Frage der Fortsetzung oder Stilllegung des Bergbaus in Nordböhmen betroffen ist und der unserer Meinung nach zu Unrecht vernachlässigt wird. Dieser Bereich ist der Bereich der Bergbauausbildung. Anscheinend gibt es keine markante Verbindung zwischen dem Schulwesen und den Grenzen für den Abbau. Dabei muss aber in Betracht gezogen werden, dass in der Tschechischen Republik es nur eine einzige Hochschule und eine einzige Fakultät gibt, die Fachexperten mit Hochschulabschluss für den Bergbau und bergbaulich durchgeführte Tätigkeiten ausbildet. Es handelt sich um die Hochschule für Bergbau-Technische Universität in Ostrau und ihre Fakultät für Bergbau und Geologie (Vysoká škola báňská-Technická univerzita Ostrava, Hornicko-geologická fakulta). Das Studienprogramm dieser Fakultät ist im vollen Umfang auf die Anforderungen der Verordnung Nr. 298/2005 Sb. GBl. über Anforderungen an die fachliche Qualifizierung und fachliche Eignung für Bergbautätigkeit und bergbaulich durchgeführte Tätigkeiten ausgerichtet. Die Absolventen der Studienrichtungen, in denen Experten für Abbau von Lagerstätten im Tagebaubetrieb ausgebildet werden, wurden in der Vergangenheit größtenteils in Unternehmen vermittelt, die sich mit dem Abbau der Braunkohle befassen. Es sollen mindestens zwei Gründe aufgezeigt werden, die in einem direkten Zusammenhang mit dem Kohlenbergbau und der bergbaulichen Ausbildung zusammenhängen. Der erste Grund ist ohne Zweifel ein markanter Rückgang und Einstellung des Bergbaus in der Region Ostrau-Karwin (Karviná). Eine umfangreiche Kampagne in den Medien führte in diesem Fall zur Desinformation der Öffentlichkeit, dass im Zusammenhang mit der Stilllegung

des Tiefbaus kein Bedarf an „Bergleuten“ mehr besteht. Diese Kampagne verursachte maßgebend einen Rückgang des Interesses an einem Studium an der Fakultät für Bergbau und Geologie. Die Öffentlichkeit (die leider nicht richtig informiert wird) ist sich leider nicht dessen bewusst, dass der Abbau von Kohle in der Tschechischen Republik nicht nur im Tiefbau beruht, sondern dass auch Braunkohle in Tagebauen sowie weitere Bodenschätze abgebaut werden. Auch hier gibt es gesetzlich vorgeschriebene Anforderungen an eine Reihe von Fachberufen, auch hier werden „Bergleute“ gebraucht. Dadurch erschließt sich der zweite Grund und zwar der Zusammenhang zwischen den räumlichen und ökologische Grenzen für den Braunkohleabbau und der bergbaulichen Ausbildung. Gerade auf Grundlage der Anforderung eines bergbaulichen Praktikums wurde 1960 in Brüx (Most) das Institut für Fernstudium gegründet, das die Fakultät für Bergbau und Geologie durch Interessierte an einem Studium „versorgt“ und somit Absolventen in Bergbauberufen ausbildet, die helfen, den Betrieb sämtlicher Abbaubetriebe in diesem Gebiet in Gang zu halten. Der Anteil der Absolventen des Fernstudiums, zum Beispiel im Studiengang „Abbau von Bodenschätzen“ beträgt oftmals bis zu 50% der Gesamtanzahl. Sollte der Braunkohleabbau in dem Nordböhmisches Becken auch in Gebieten stattfinden, die hinter den, für die Grube ČSA festgelegten Grenzen liegen, wird der Bedarf an qualifizierten Fachkräften in diesem Gebiet und somit auch das Interesse an einem Studium an der Fakultät für Bergbau und Geologie einige weitere Jahrzehnte bestehen bleiben. Andererseits ist die Kohle zwar ein strategischer Rohstoff, bei weitem aber nicht der einzige wichtige Bodenschatz, der auf dem Gebiet der Tschechischen Republik gewonnen wird. So braucht die Bauindustrie Kies, Schotter, Sand, Steine und Rohstoffe für die Herstellung von Ziegeln.

Rohstoffe werden in der Glas- sowie in der keramischen Industrie, in der Produktion von Zement, in der Papierindustrie und in vielen weiteren Bereichen der Industrie gebraucht. In der letzten Zeit wird oft über einen möglichen zukünftigen Abbau eines weiteren strategischen Rohstoffes diskutiert

– des Lithiums – sowie über eine Wiederbelebung des Abbaus von Metallen im Erzgebirge. Um eine Weiterführung des Abbaus dieser Rohstoffe gewährleisten zu können, benötigen die Unternehmen Fachkräfte, die die notwendigen Zertifikate einer fachlichen Eignung erlangen können, wie zum Beispiel die Betriebsleiter der Tagebaue, Bergbauprojektanten sowie die Markscheider. Von diesen Berufen gibt es wesentlich mehr. Die Fachexperten mit Hochschulabschluss, die ein solches Zertifikat erlangen und für ihre Unternehmen im Grunde unentbehrlich werden können, werden gerade durch die Fakultät für Bergbau und Geologie ausgebildet. Noch vor Kurzem war der Braunkohlenbergbau das „Zugpferd“ des Interesses um Absolventen der Fakultät für Bergbau und Geologie. Der Rückgang der Bewerber um ein Studium aus den Unternehmen im Bereich des Braunkohlenbergbaus Nordböhmens kann eine so geringe Anzahl der Bewerber um dieses Studium zur Folge haben, dass manche damit zusammenhängende Studiengänge gar nicht mehr eröffnet werden. Bisher scheint es, dass es noch genügend Bergbauingenieure gibt. Die meisten von ihnen sind aber im Alter über fünfzig und sechzig Jahre und haben ihr Studium in den 1970er und 1980er Jahren abgeschlossen. Um eine Übersicht über die Beziehung der Studierenden sowie der Lehrkräfte der Fakultät für Bergbau und Geologie zur Problematik des Braunkohlebergbaus und der räumlichen und ökologischen Grenzen für den Braunkohleabbau zu erhalten wurde ein

Fragebogen mit insgesamt 17 Fragen zusammengestellt. Für die anschließende Bewertung wurde folgende Kategorien gewählt:

1. Pädagoge
2. Studierender
3. Mann
4. Frau
5. Alter: 20–25 Jahre, 26–30, 31–40, 41–50 und 51–61 bei Frauen.
6. Alter: 20–25 Jahre, 26–30, 31–40, 41–50 und 51–72 bei Männern.

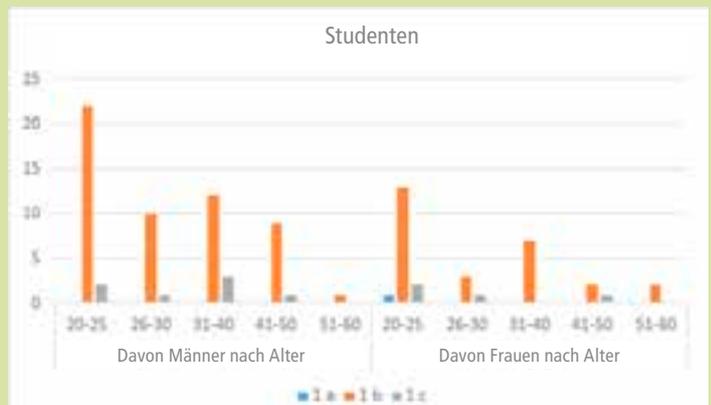
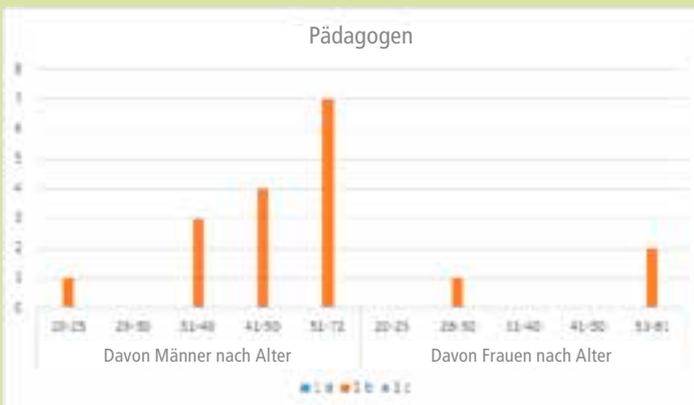
Insgesamt wurden 111 Personen befragt, davon 93 Studenten und 18 Pädagogen. Unter den Studierenden war die Vertretung von Männern und Frauen im Verhältnis 61 zu 32, unter den Pädagogen 15 zu 3. Sie konnten eine Auswahl unter mehreren Varianten treffen. Die meisten Fragen bezogen sich auf den Bergbau und die Energiewirtschaft, manche Fragen hoben auch auf den persönlichen Bezug der befragten Person zu Braunkohleregionen sowie den Bergbau ab.

Die Befragten beantworteten folgende Fragen:

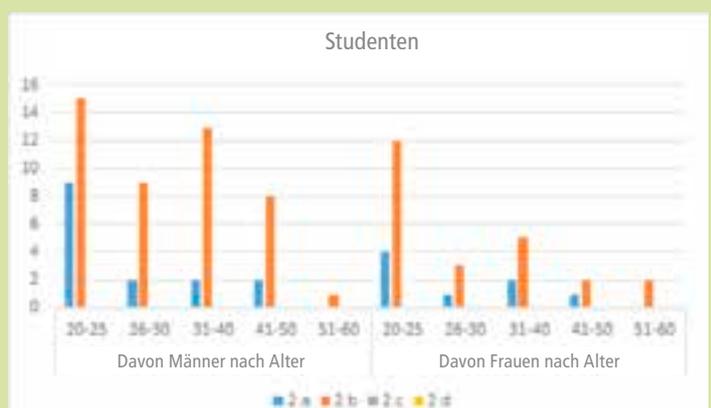
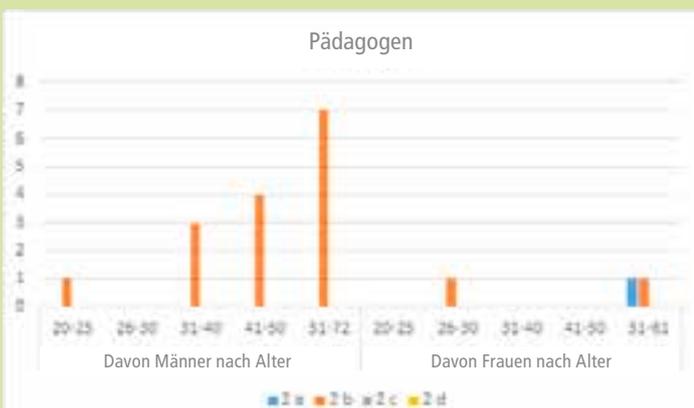
1. Wie ist Ihre Meinung zum Abbau von Bodenschätzen?
2. Wissen Sie, in welchen Typen von Kraftwerken die meiste Elektrizität in der Tschechischen Republik erzeugt wird?
3. Wie ist Ihre Meinung zum Abbau von Bodenschätzen in Bezug zur Umwelt?

4. Wie viele Tonnen Kohle werden jährlich durch (Kohle)Kraftwerke zur Herstellung der für die Tschechische Republik notwendigen Menge an Energie verbraucht?
5. Wird in den Kohlekraftwerken in der Tschechischen Republik mehr Elektrizität aus Steinkohle oder aus Braunkohle erzeugt?
6. Haben Sie ihren Hauptwohnsitz in dem Gebiet der territorialen Verwaltung Ústecký kraj oder in der Falkenauer Region?
7. Sind Sie oder jemand aus Ihrer Familie bei einem Abbauunternehmen in der Region beschäftigt?
8. Der höchste Anteil an der Lieferung der Wärme für die Haushalte entfällt auf:
9. Was ist mit dem Begriff „räumliche und ökologische Grenzen für den Braunkohleabbau“ gemeint?
10. Wer genehmigt den Abbau von Bodenschätzen (Bergbautätigkeit)?
11. Im Jahre 2015 wurden die räumlichen und ökologischen Grenzen für den Braunkohleabbau für die Grube Bílina angepasst, wodurch der Abbau von Braunkohle bis in das Jahr 2025 erfolgen kann. Werden im Zusammenhang mit dem Bergbau im Tagebau Bílina irgendwelche Gemeinden umgesiedelt?
12. Denken Sie, dass eine Zustimmung der Einwohner der Gemeinden (Tschernitz und Obergeorgenthal) in einer Volksabstimmung ein ausreichender Anlass für eine Veränderung des

Wie ist Ihre Meinung zum Abbau von Bodenschätzen?



Wissen Sie, in welchen Typen von Kraftwerken die meiste Elektrizität in der Tschechischen Republik erzeugt wird?



Beschlusses der Regierung über die Anpassung der räumlichen und ökologischen Grenzen für den Braunkohleabbau im Vorfeld der Grube ČSA und eine Verlängerung des Braunkohleabbaus weit hinter das Jahr 2070 sein könnte?

13. Sollten durch die Problematik der Umsiedlung wegen einer Erweiterung des Abbaus auch Sie betroffen sein, wären Sie bereit umzuziehen?
14. Denken Sie, dass die Aktivitäten der Bergbauunternehmen auch einen Nutzen für die Entwicklung der Region haben werden?
15. Haben Sie eine persönliche Erfahrung in Ihrer Familie, oder wurden Sie irgendwie durch die Problematik des Abbaus von Braunkohle betroffen?
16. Denken Sie, dass in Folge des Einstellens des Braunkohlebergbaus die Bedeutung des Bergbauberufes in der Gesellschaft sowie der Bergbauausbildung in der Tschechischen Republik abnehmen würde?
17. Denken Sie, dass durch den Braunkohleabbau die umliegende Landschaft wesentlich zerstört wird oder leistet ihre Rekultivierung einen Beitrag zur Entwicklung einer neuen Ausprägung der Landschaft mit neuen Möglichkeiten ihrer Nutzung und für das Leben ihrer Einwohner?

Die Befragung wurde mit Hilfe von Tabellen und Graphiken durchgeführt. Eine umfassende Auswertung würde für einen weiteren selbständigen Beitrag reichen, so sollen hier nur die Antworten kommentiert werden, deren Ergebnis für uns entweder interessant war oder die einen direkten Bezug zum dem Gebiet der territorialen Verwaltung Ústecký kraj sowie zum Braunkohlenbergbau haben. Es muss noch präzisiert werden, dass im Fall der Studierenden der Fragebogen durch Studenten des Fernstudiums in Brůx (Most) (Institut für Fernstudium) ausgefüllt wurde und dass alle von ihnen als ihren Hauptwohnsitz die Region angegeben haben. Im Fall der Pädagogen wurde der Fragebogen nicht nur durch die Mitarbeiter des Instituts für Fernstudium (insgesamt 7), die dauerhaft in der Region leben, ausgefüllt, sondern auch durch diejenigen, die außerhalb der Region leben (insgesamt 11, meistens aus Ostrau und Umgebung). Von den Studierenden wurden nicht alle Fragen beantwortet.

Bereits die Antwort auf die erste Frage war für uns interessant.

1. Wie ist ihre Meinung zum Abbau von Bodenschätzen?
 - a. Der Abbau von Rohstoffen ist gegenwärtig nicht notwendig. Es reicht Abfallrecycling

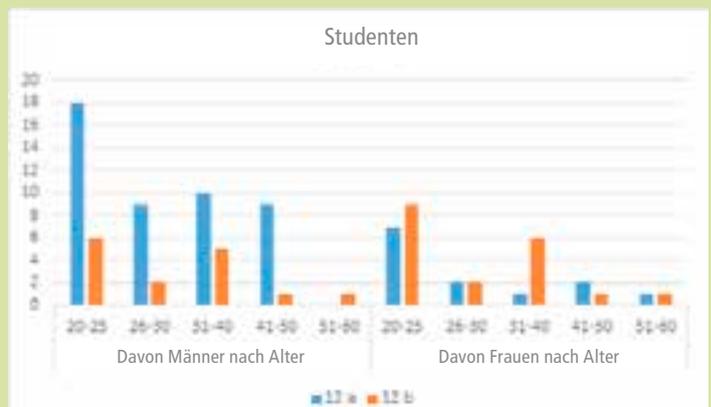
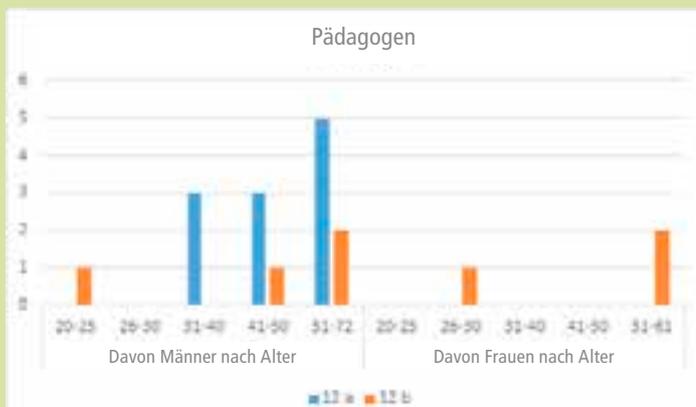
und Energien können auf eine andere Art und Weise gewonnen werden.

- b. Ohne Rohstoffabbau würden wir den gegenwärtigen Stand der technischen Entwicklung nicht erreichen. Der Abbau von Rohstoffen ist als eine Ressource von Materialien und Energien in vielen Bereichen des produzierenden Gewerbes notwendig (Elektronik, Bauindustrie, Automobilindustrie, Energiewirtschaft).
- c. Der Abbau von Rohstoffen ist gegenwärtig nur als eine Ergänzung zum Abfallrecycling notwendig.

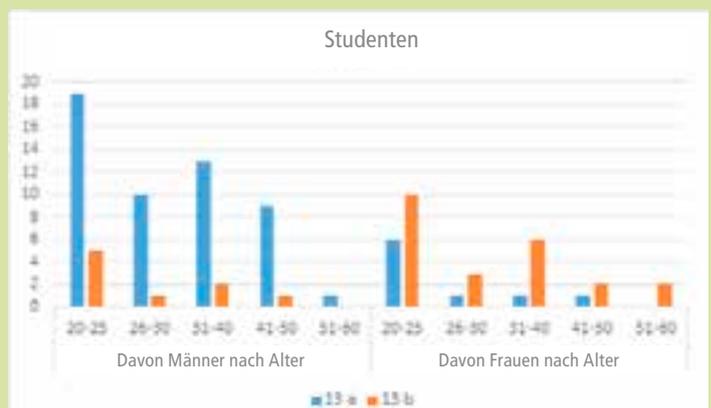
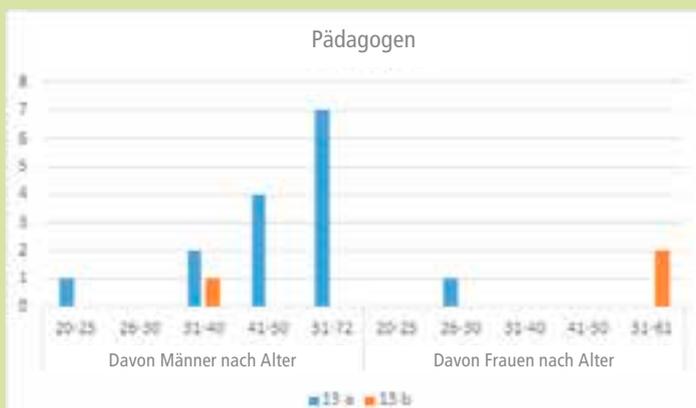
Alle Pädagogen (was vielleicht erwartet werden konnte), aber auch die überwiegende Mehrheit der Studierenden (54 von 61) haben als Antwort die Variante b) angegeben. Ermunternd ist dies insbesondere bei Studenten in der Altersgruppe 20–25 Jahren, hier wurde diese Antwort durch 35 von 40 Studierenden angegeben.

In den kenntnisorientierten Fragen, in denen die richtige Antwort in vorhinein bekannt ist, dominierten logischerweise die Pädagogen. Es handelte sich um die Fragen Nr. 2, 4, 5, 8, 9, 10 und 11. Beispielhaft sei die Frage Nr. 2.

Denken Sie, dass eine Zustimmung der Einwohner der Gemeinden (Tschernitz und Obergeorgenthal) in einer Volksabstimmung ein ausreichender Anlass für eine Veränderung des Beschlusses der Regierung über die Anpassung der räumlichen und ökologischen Grenzen für den Braunkohleabbau im Vorfeld der Grube ČSA und eine Verlängerung des Braunkohleabbaus weit hinter das Jahr 2070 sein könnte?



Sollten durch die Problematik der Umsiedlung wegen einer Erweiterung des Abbaus auch Sie betroffen sein, wären Sie bereit umzuziehen?



2. Wissen Sie, in welchen Typen von Kraftwerken die meiste Elektrizität in der Tschechischen Republik erzeugt wird?
- Kernkraftwerke
 - Kohlekraftwerke (Braunkohle, Steinkohle)
 - Wasserkraft
 - Alternative Energiequellen (Sonne, Wind, Biomasse...)

Nur einer unter den 18 Pädagogen war der Meinung, dass die meiste Elektrizität in Kernkraftwerken produziert wird. Richtig wurde die Frage durch 94,4% der Pädagogen beantwortet. Im Jahre 2017, sowie langfristig, wird die meiste Elektrizität in Kohlekraftwerken – und zwar in Braunkohlekraftwerken – hergestellt. Von den insgesamt 93 Studenten wurde diese Frage richtig durch 70 Studierenden (75,3%) beantwortet.

Relativ überraschend und für eine langfristige Perspektive der Nutzung der Braunkohle günstig waren die Antworten auf die Fragen 12 und 13:

12. Denken Sie, dass eine Zustimmung der Einwohner der Gemeinden (Tschernitz und Obergeorgenthal) in einer Volksabstimmung ein ausreichender Anlass für eine Veränderung des Beschlusses der Regierung über die Anpassung der räumlichen und ökologischen Grenzen für den Braunkohleabbau im Vorfeld der Grube ČSA und eine Verlängerung des Braunkohleabbaus weit hinter das Jahr 2070 sein könnte?
- Ja
 - Nein
13. Sollten durch die Problematik der Umsiedlung wegen einer Erweiterung des Abbaus auch Sie betroffen sein, wären Sie bereit umzuziehen?
- Ja, wenn die Abbaugesellschaft im Vorgriff eine neue Gemeinde, einschließlich eines

Hauses für meine Familie an einem durch uns ausgewählten Ort bauen würde.

- Mit dem Abbau und einer Umsiedlung wäre ich nicht einverstanden.

Die meisten Pädagogen sowie die meisten Studenten haben beide Fragen mit der Variante a), also ja beantwortet. Interessant ist, dass es in diesen Fragen Unterschiede zwischen den Antworten der Männer und Frauen gab. Sprachten sich in der Frage 12 für „ja“ 57 Männer und für „nein“ 18 Männer aus, so gaben 17 Frauen als Antwort „ja“ an und 22 waren dagegen. Ebenfalls bei der Frage Nr. 13 waren die meisten Männer bereit im Fall einer Umsiedlung des Dorfes wegen Abbau umzuziehen, unter den Frauen war es umgekehrt. Ein großer Teil der Gegenstände des Tagesbedarf, die durch die Menschen verwendet werden, wird aus Rohstoffen hergestellt. Es sind Gebäude, sämtliche Verkehrsmittel, Elektronik und Hausgeräte, Elektromotoren, Geschirr, Computer, Keramik – die meisten Dinge in unserer Umgebung (Baustoffe, Metalle, Plaste, Glas...). Gegenwärtig wird weltweit der größte Anteil an Energie aus Rohstoffen (Kohle, Erdöl, Erdgas...) gewonnen. Es ist naiv zu denken, dass wir plötzlich wie von Zauberhand diese Rohstoffe nicht mehr brauchen werden. Die Tschechische Republik verfügt immer noch über relativ viele Bodenschätze. Um diese gewinnen zu können, werden auch weiterhin bergbauliche Fachexperten gebraucht und die einzige Schule – Fakultät, die die notwendige Ausbildung anbietet ist die Hochschule für Bergbau – Technische Universität in Ostrau und ihre Fakultät für Bergbau und Geologie. Für unsere gute Zukunft gilt es, unsere Umwelt zu schützen. Gleichzeitig sollen aber auch rational die Bodenschätze in Anspruch genommen werden. Letztendlich sollte auch unsere Bergbauausbildung aufrechtgehalten werden, die immer noch einen

guten Ruf in Europa, aber auch in den USA, in Asien sowie in der Südafrikanischen Republik hat. Und was können wir dafür tun? Einfach aktiv sein und die Öffentlichkeit über die auch weiterhin wichtige Aufgabe des Bergbaus in einer modernen Gesellschaft informieren. Zum Beispiel, dass es ohne Abbau von Bodenschätzen keine Geräte gäbe, an die wir gewöhnt sind, keine Energien, deren Verbrauch wir für etwas Selbstverständliches halten. Im Hinblick zum Thema wurde in diesem Beitrag nicht eine wichtige Tätigkeit angesprochen, mit der unsere Region des Ústecký kraj schon viele Jahre lang zum Besseren umgewandelt wird. Es sind die Sanierungen und Rekultivierungen. Wussten Sie zum Beispiel, dass es im Nordböhmischen Braunkohlebecken heute mehr Wälder gibt, als es vor dem Beginn des Abbaus im Tagebau gab? Das ist aber ein Thema für einen weiteren Beitrag.

Doc. Ing. Dana Vrublová, Ph.D.,
Institut für Fernstudium in Brůx, Fakultät für Bergbau und Geologie der Hochschule für Bergbau-Technische Universität in Ostrau

Ing. Mária Jarolimová, Ph.D.,
Lehrstuhl für Bergbau, Ingenieurwesen und Sicherheit, Fakultät für Bergbau und Geologie der Hochschule für Bergbau-Technische Universität in Ostrau



Ein integraler Bestandteil im Tagebau Bílina ist ein modernisierter Betrieb Kohleaufbereitungsanlage Ledvice.



Braunkohlebilanz in der Tschechischen Republik – Vorräte gegen Verbrauch nach 2025

Informationen zu Bergbaugesellschaften, die in der Tschechischen Republik Braunkohle abbauen

Braunkohlevorkommen befinden sich in der Tschechischen Republik im Nordböhmisches Braunkohlebecken (Brüxer Becken) sowie im Falkenauer Becken. Im Nordböhmisches Braunkohlebecken bauen die Gesellschaft Vršanská uhelná a.s., AG Brüx (Most), ein Mitglied der Gruppe Czech Coal, die Gesellschaft Severní energetická a.s., AG, Brüx, ein Mitglied der Gruppe Czech Coal, die Gesellschaft Severočeské doly, a.s. AG Komotau (Chomutov), ein Mitglied der Gruppe ČEZ und im Falkenauer Becken die Gesellschaft Sokolovská uhelná, Rechtsnachfolger, Falkenau (Sokolov) Braunkohle ab.

Vršanská uhelná, a.s., AG (VUAS)

Tagebau Vršany

Die Gesellschaft Vršanská uhelná, a.s. AG baut Braunkohle im Tagebau Vršany im zentralen Bereich des Nordböhmisches Braunkohlebeckens ab (am südwestlichen Rand des Komerner – Deutsch – Schladinger Teiles des Nordböhmisches Braunkohlebeckens).

Das Entwicklungskonzept basiert auf einer schrittweisen Auskohlung des Abbauräumens in nördlicher Richtung. Nach der Freilegung des sog. Harether Korridors (Hořanský koridor) und der Vorbereitung der Fläche für einen Abbau wird die Abbaurichtung in Richtung des Grubenfeldes Deutsch Schlading (Slatinice) gewendet.

Die Gesellschaft verfügt im Rahmen der bestehenden räumlichen und ökologischen Grenzen für den Braunkohleabbau über Kohlevorräte mit der längsten Lebensdauer.

Die nutzbaren Vorräte umfassen auch Vorräte im sog. Harether Korridor der Leitungsnetze. Mit dem Abbau dieser Vorräte und ihrer Nutzung für den Bedarf der tschechischen Energiewirtschaft wird in dem Staatlichen Konzept der Energiewirtschaft von 2015 gerechnet, ihre Freigabe laufend vorbereitet.

Die Kohle hat einen höheren Aschegehalt (an die 30 %) und einen geringeren Heizwert (im Schnitt 11 MJ/kg), deswegen wird sie insbesondere zur Verstromung verwendet.

Im Jahre 2017 wurden durch die Gesellschaft Vršanská uhelná, a.s. AG 6,3 Millionen Tonnen Kohle zur Verstromung in Großkraftwerken abgebaut.

Der geplante zukünftige Jahresabbau beträgt etwa 6,5 Millionen Tonnen. Somit können die Vorräte bis über das Jahr 2055 abgebaut werden.

Der Absatz der durch die Gesellschaft Vršanská uhelná, a.s. AG gewonnener Kohle ist im Kraftwerk Počerady gesichert. Im Jahre 2013 wurde durch



Auf dem folgenden Bild ist die Verteilung der Abbaugelände der Braunkohle im Nordböhmisches Braunkohlebecken dargestellt. Mit grün sind Gebiete der Gruppe CzechCoal markiert, die braune Farbe zeigt die Gebiete der Gesellschaft Severočeské doly a.s. AG.

die Gesellschaft ein Vertrag über Kohleversorgung für dieses Kraftwerk mit dem Unternehmen ČEZ abgeschlossen.

Der Tagebau Vršany ist das einzige Braunkohleabbaugebiet in der Tschechischen Republik, in dem die ursprünglichen Entwicklungsvorhaben nicht durch die festgelegten räumlichen und ökologischen Grenzen für den Braunkohleabbau gem. dem Beschluss der Regierung Nr. 444/91 eingeschränkt werden. Für die zukünftige Entwicklung des Tagebaus wird somit die Entwicklung der Nachfrage nach Braunkohle in einer langfristigen Perspektive maßgeblich sein.

Aus räumlicher Sicht gibt es auf dem Gebiet der Grube keine unlösbaren Probleme, weil sich hier keine Siedlungen befinden. Um das Gebiet für einen Abbau freizuräumen, müssen nur sämtliche Leitungsnetze umgelegt werden, die gegenwärtig im sog. Harether Korridor führen (Produktleitungen CHEZA, Erdölleitung, Gasleitung, Brauchwasserleitung aus Negranitz (Necharnice), elektrische Hochspannungsleitungen) und Fernwärmeleitung Kommern (Komořany) – Brüx und Rückbau der Straße Püllna (Bylany) – Hareth (Hořany).

Severní energetická, a.s. AG (SevEn)

Tagebau ČSA

Die Gesellschaft Severní energetická, a.s. AG baut im Tagebaubetrieb im zentralen Teil des Nordböhmisches Braunkohlebeckens in der Grube ČSA und im Tiefbau in den Seitenhängen der Grube ab (der Grund für den Tiefbau ist eine so weit wie möglich effektive Nutzung der restlichen Vorräte an Kohle). Die Grube ČSA verfügt über Vorräte der qualitativ hochwertigsten Kohle in der Tschechischen Republik. Der Abbau dieser Kohle ist aber durch den

Beschluss der Regierung von 1991 über die räumlichen und ökologischen Grenzen für den Braunkohleabbau eingeschränkt. Diese Grenzen wurden durch weitere Regierungsbeschlüsse nicht durchbrochen, somit kann an diesem Standort Kohle bis etwa 2024 abgebaut werden. Die Abräumung der Abraummassen wurde bereits abgeschlossen (im Jahre 2016).

Die Tätigkeit der Gesellschaft Severní energetická, a.s. AG ist in Folge der festgelegten räumlichen und ökologischen Grenzen für den Braunkohleabbau eingeschränkt, somit kann sich der Abbau nicht in dem Maß weiterentwickeln, wie durch die Grundsätze des Bergbaus eingefordert wird. Im Tagebauvorfeld befinden sich menschliche Siedlungen - Tschernitz und Obergeorgenthal. Im staatlichen Konzept der Energiewirtschaft wird empfohlen, im Jahre 2019 die Situation auszuwerten und gegebenenfalls eine Entscheidung über diese Grenzen zu überprüfen.

Die Kohle aus der Grube ČSA ist qualitativ hochwertig, der durchschnittliche Heizwert beträgt bis 17,5 MJ/kg und der Gehalt an Aschen in der Trockenmasse liegt bei etwa 12%.

Im Jahre 2017 wurden durch die Severní energetická, a.s. AG 3,2 Millionen Tonnen Kohle abgebaut. Der Plan für die Zukunft rechnet mit einem jährlichen Abbau von 3,0 Millionen Tonnen. Die räumlichen und ökologischen Grenzen für den Braunkohleabbau ermöglichen es Kohle bis etwa 2024 abzubauen (die Vorräte „hinter“ der Grenze stellen eine riesige Menge da, die bis weitere 100 Jahre genutzt werden könnten).

Die abgebaute Kohle wird auf der Schiene zur Weiterverarbeitung in die Aufbereitungsanlage in Kommern befördert. In der Aufbereitungsanlage werden gemäß genau festgelegten Parameter die

einzelnen Handelssorten der Kohle vorbereitet. Diese klassierten, Staub- und Energieprodukte werden in Haushalte, in die Wärmeindustrie sowie in die Energiewirtschaft vertrieben.

Die Gesellschaft
Severočeské doly a.s. AG (SD a.s.)

baut Braunkohle in den Tagebauen Libouš und Bílina ab.

Tagebau Libouš

In dem Tagebau Libouš der Gesellschaft Severočeské doly, a.s. AG wird Braunkohle südwestlich vom Zentrum des Nordböhmisches Braunkohlebeckens abgebaut.

Die Qualität entspricht einer Kesselkohle. Der durchschnittliche Heizwert beträgt bis 11 MJ/kg. Die Kohle ist für Einsatz in großen Blöcken geeignet.

Im Jahre 2017 wurden in der Grube 12 Millionen Tonnen abgebaut. Zukünftig können höchstens 13,5 Millionen Tonnen Kohle jährlich abgebaut werden. Die geförderte Jahresmenge wird aber nicht konstant sein, sondern wir eher abnehmen. Die Gesellschaft plant, dass bei geringerem Abbau der Vorrat der Grube bis etwa 2035 abgebaut wird (nachdem die Linien erreicht werden, die in dem Beschluss der Regierung Nr. 444/1991) verankert sind. Das Restloch wird dann zu einem Restsee geflutet.

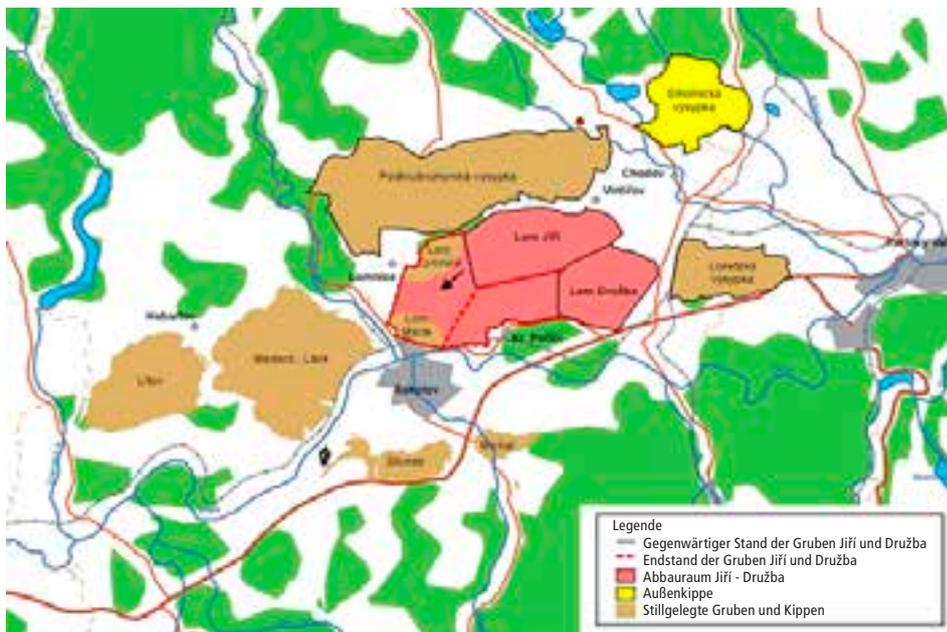
Tagebau Bílina

In dem Tagebau Bílina wird Braunkohle nordöstlich vom Zentrum des Brüxer Beckens im Einklang mit den korrigierten räumlichen und ökologischen Grenzen für den Braunkohleabbau abgebaut, wie sie in dem Beschluss der Regierung der Tschechischen Republik von 19. Oktober 2015 Nr. 827 zur weiteren Anwendung der räumlichen und ökologischen Grenzen für den Braunkohleabbau in Nordböhmen festgelegt wurden. In Folge dieses Beschlusses wurden die ursprünglichen Grenzen von 1991 in der Grube Bílina „durchgebrochen“.

Im Jahre 2017 wurden in der Grube 9,5 Millionen Tonnen abgebaut. Wie die Parameter der Kohle zeigen, ist die Kohle qualitativ hochwertig: der Heizwert beträgt im Schnitt 14,5 MJ/kg und der Aschegehalt in der Trockenmasse etwa 25%. Auch der Schwefelgehalt ist gering.

Im Rahmen der neuen angepassten Grenzen hat der Tagebau ausreichende Möglichkeiten diese hochwertige Kohle mit einem geringen Schwefelgehalt für die Energiewirtschaft sowie für die Wärmeerzeugung ohne Konflikte mit öffentlichen sowie privaten Belangen bis etwa in das Jahr 2050 abzubauen, wann der Tagebau endgültig stillgelegt wird.

Die abgebauten Mengen werden höchstwahrscheinlich von den gegenwärtigen etwa 9,0 Millionen Tonnen auf etwa 5,0 Millionen jährlich zurückgehen.



Auf dem folgenden Bild ist die Verteilung der Abbaugelände der Braunkohle im Falkenauer Braunkohlebecken dargestellt.

Die Gesellschaft
Sokolovská uhelná, a.s. AG (SUAS)

baut Kohle im Tagebau Jiří im Falkenauer Kohlebecken ab. Der Tagebau befindet sich nordöstlich von der Stadt Falkenau (Sokolov).

Mit Rosa sind die gegenwärtigen Abbaugelände der Gesellschaft Sokolovská uhelná, a.s. AG dargestellt: Die Grube Jiří ist aktiv. Die Grube Družba fördert gegenwärtig nicht.

Der Tagebau Jiří schreitet in westlicher Richtung fort in den Raum der ehemaligen Gruben Lomnice a und Marie. Nachdem die Vorräte in dieser Richtung abgebaut werden, wird die Förderung Richtung Süden in den Abbauräum der Grube Družba (auf dem Bild mit Rot ausgewiesenes Gebiet) fortgesetzt.

Im Jahre 2017 wurden in der Grube Jiří 7 Millionen Tonnen Kohle mit einem Heizwert von 12,5 MJ/kg und einem Aschegehalt von etwa 20% abgebaut. Die Abbaumengen werden zukünftig bei etwa 6 Millionen Tonnen pro Jahr liegen.

Die Vorräte ermöglichen bei dieser abgebauten Jahresmenge einen Abbaubetrieb bis etwa 2035. Die früher traditionelle Herstellung klassierter Kohle und Briketts wurde in der Sokolovská uhelná, a.s. AG bereits eingestellt. Im Gegenzug wurde die Produktion des Braunkohlestaubes mit einem Volumen von etwa 250–300 Tausend Tonnen pro Jahr aufgenommen.

Braunkohlevorräte in der Tschechischen Republik in der Gegenwart und in der Vergangenheit

Das folgende Diagramm zeigt die gewinnbaren Braunkohlevorräte in den genutzten Lagerstätten in der Tschechischen Republik zum 1. 1. des entsprechenden Jahres. Der Anstieg zum 1. 1. 2011

wurde durch eine einmalige Aufstockung in der Grube Vršany in Folge der Überführung der Vorräte des Harether Korridors zu gewinnbaren Vorräten verursacht.

Zum 1.1.2017 erreichten die Braunkohlevorräte in der Tschechischen Republik eine immer noch beachtliche Menge von 702 Millionen Tonnen. Auf dem Diagramm ist die Ausschöpfung dieser Vorräte in Folge des Jahresabbaus zu sehen.

Auf dem nächsten Diagramm ist der Jahresabbau in Lagerstätten in dem entsprechenden Jahr dargestellt.

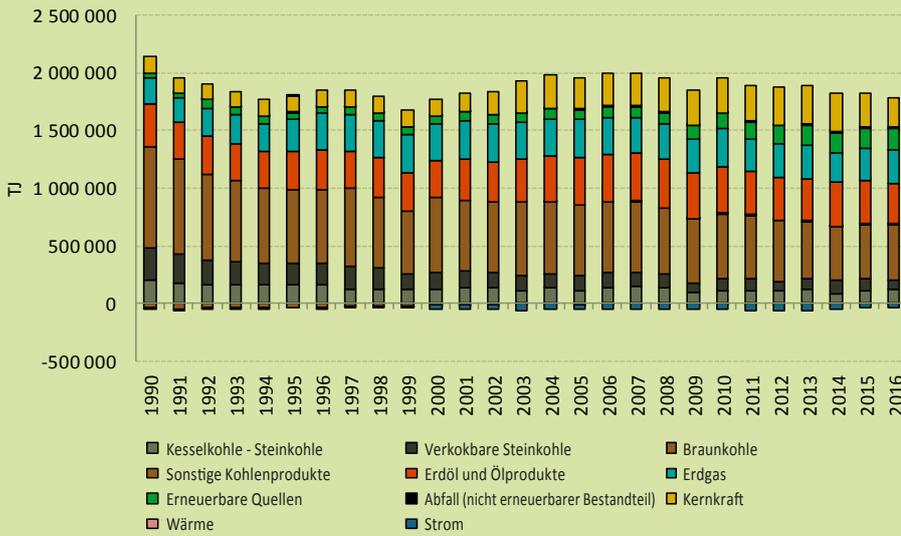
Aus dem Diagramm ist ersichtlich, dass seit 2005 der Abbau um etwa 10 Millionen Tonnen auf 38 Millionen Tonnen im Jahre 2017 zurückgegangen ist. Während der letzten Jahre konnte ein sehr leichter Anstieg der Förderung verzeichnet werden.

Ausblick auf die Vorräte und den Abbau von Braunkohle in der Tschechischen Republik

Das grundlegende Dokument für Überlegungen über die zukünftige Nutzung der Braunkohle ist der „Beschluss der Regierung der Tschechischen Republik vom 19. Oktober 2015 Nr. 827 zur weiteren Anwendung der räumlichen und ökologischen Grenzen für den Braunkohleabbau in Nordböhmen“. Im Fall der Grube Bílina wurden die Grenzen für den Abbau in Folge dieses Beschlusses durchgebrochen.

Für die Grube ČSA wurden aber diese Grenze nicht durchgebrochen, somit bleibt auch weiterhin der „Beschluss der Regierung der Tschechischen Republik vom 30. Oktober 1991 Nr. 444 zum Bericht über die räumlichen und ökologischen Grenzen für den Braunkohleabbau und die Energiewirtschaft im Nordböhmisches Braunkohlebecken“ in Kraft. Ein weiteres wichtiges Dokument ist das Staatliche Konzept der Energiewirtschaft der

Entwicklung der primären Energiequellen in den Jahren 1990–2016 nach den Quellbrennstoffen



Hier handelte es sich insbesondere um sortierte Braunkohle. Das Weiteren handelte es sich um den Bereich der Industrie, auf den etwa 35% entfielen. Durch die restlichen Sektoren wurden nur etwa 4% des Gesamtverbrauches im Jahre 2016 verbraucht.

Der Restverbrauch, etwa 1 Tausend Tonnen, entfiel auf den Eigenverbrauch der Energiebranche und den sog. nicht energetischen Verbrauch.

Das folgende Diagramm zeigt die Entwicklung der Rolle der Braunkohle im Energiemix der Tschechischen Republik auf Ebene primärer Energiequellen. In der Erzeugung von Elektrizität und Wärme spielt Braunkohle eine unbestreitbare Rolle.

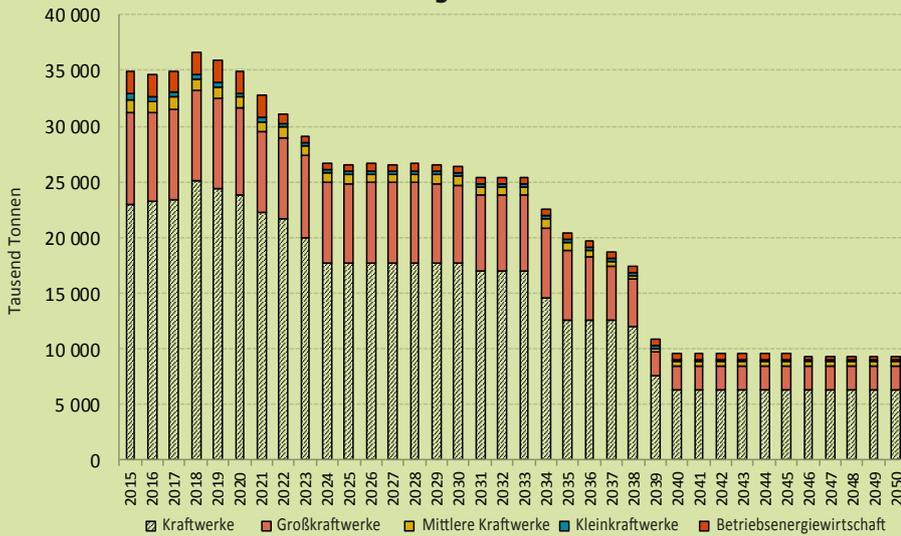
Im Jahre 2016 wurden aus Braunkohle etwa 36,25 GWh Strom produziert, dies stellt einen Anteil an der gesamten Bruttostromproduktion von 43,6% dar.

Dieser Anteil nimmt teilweise ab, zum Beispiel im Jahre 2010 erreichte er 47,6 %. Es handelt sich aber auch weiterhin um die wichtigste Energiequelle.

Die zweite wichtigste Energiequelle ist die Kernkraft mit einem Anteil von etwa 30%-35%. Eine ähnliche bedeutende Rolle spielt Braunkohle auch in der Wärmeerzeugung.

Im Jahre 2016 entfielen 41,8 % der Bruttowärmeerzeugung auf Braunkohle.

Ausblick des Gesamteinsatzes von Braunkohle gemäß der einzelnen Kategorien des Verbrauches



Erwartungen des zukünftigen Verbrauches

Im Hinblick zum Ausblick auf den Verbrauch von Braunkohle gibt es natürlich eine Reihe von Unsicherheiten, wie zum Beispiel die Klimaschutzpolitik, die Politik im Bereich des Luftschutzes, Entwicklung auf dem Strommarkt sowie Entwicklung der Preise der einzelnen Produkte, sowie das sog. „mothballing“, also eine frühzeitige Stilllegung von Einrichtungen auf Grundlage politischer Entscheidungen.

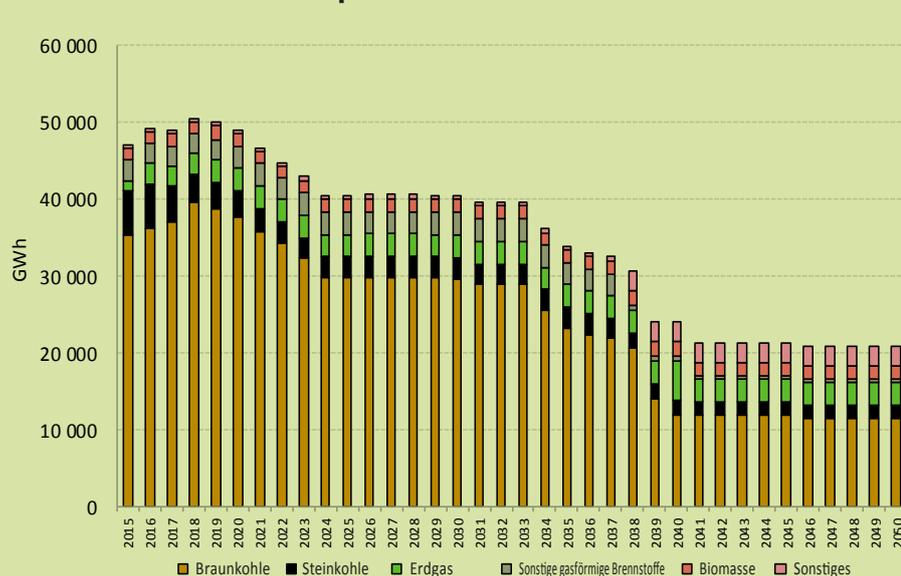
Durch das Ministerium für Industrie und Handel werden laufend Ausblicke großer Strom- und Wärmeproduzenten analysiert. Im Konkreten handelt es sich um 81 größte Erzeugungstellen. Überwiegend handelt es sich um Anlagen, in denen Braunkohle verbrannt wird.

Diese Analyse ermöglicht einen annähernden Überblick über die Entwicklung der Ladung von Braunkohle zur Erzeugung von Strom und Wärme zu gewinnen. In dem Ausblick wurden die Vorhaben der Betreiber in Betracht gezogen. Im Anschluss an die Sicherung der Brennstoffstruktur und weitere Aspekte wurde hier aber eine Korrektur unternommen.

Aus den dargestellten Diagrammen ergibt sich, dass in den folgenden Jahren in der Tschechischen Republik ein relativ markanter Rückgang der Braunkohlennutzung erwartet werden kann, der in dieser Richtung dem Ausblick des Abbaus entspricht.

Der oben beschriebene Rückgang der Braunkohleladung für die Umwandlung entspricht dann dem Rückgang der Stromerzeugung.

Erwartete Bruttostromproduktion nach den einzelnen Brennstoffen



Auf Grundlage dieser Voraussetzungen wird die Stromerzeugung dieser Voraussetzungen wird die Stromerzeugung gegen 2025 von gegenwärtigen 36 GWh auf etwa 29 GWh zurückgehen und gegen 2040 nur noch etwa 12 GWh betragen.

Im Fall des Rückganges der Erzeugung von Bruttowärme aus Braunkohle ist die Lage ähnlich, obwohl der Rückgang etwa vor 2035 relativ moderater ausfällt.

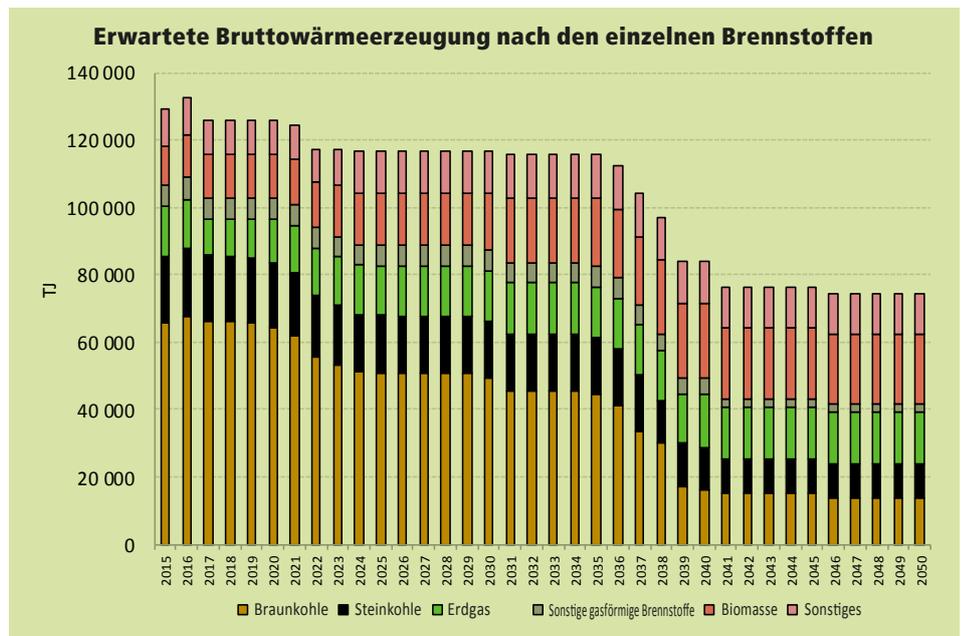
In dieser Hinsicht muss betont werden, dass die dargestellten Diagramme „nur“ den Brennstoffverbrauch sog. großer Quellen darstellen, die aber im Hinblick zur Braunkohle die überwiegende Mehrheit des Verbrauches von Kohle für die Zwecke einer Umwandlung bilden.

Zur Problematik klassierter Kohle

Im Hinblick zum Ausblick auf den Braunkohleverbrauch müssen auch der Ausblick auf die Produktion und somit die zusammenhängenden Ausblicke auf den Verbrauch klassierter Kohle in Betracht gezogen werden. Das ist insbesondere deswegen wichtig, weil die klassierte Kohle insbesondere im Bereich der Haushalte, bzw. der Dienstleistungen verfeuert wird. Hier ist im Hinblick zur Verbesserung der Luftqualität ein Ersatz durch andere Brennstoffe auch möglich (und im gewissen Maß auch notwendig). Gleichzeitig muss aber darauf hingewiesen werden, dass Braunkohle meistens in Haushalten mit relativ geringen Einkommen verbrannt wird. Hier ist die Möglichkeit einer Umstellung von Brennstoffen durch den Aspekt der finanziellen Erreichbarkeit beschränkt.

Im Jahre 2017 entsprach die Produktion klassierter Kohle etwa 2.800 Tonnen.

Etwa ein Viertel dieser Produktion wurde durch die Gesellschaft Severočeské doly, a.s. AG (insbesondere die Grube Bílina) und die Kohleaufbereitungsanlage in Ladwitz (Ledvice) abgedeckt.



Ein Drittel der Produktion stammte dann aus der Grube ČSA (in der die Gesellschaft Severní energetická, a.s. AG baut) und der an die Grube anschließenden Aufbereitungsanlage in Kommern. Auf die Gruben der Sokolovská uhelná, a.s. AG entfällt nur ein geringer Anteil an der Produktion. Die Produktion klassierter Kohle aus der Grube ČSA wird im Zusammenhang mit der erwarteten Einstellung des Abbaus im Jahre 2023 schrittweise zurückgehen. Die Erzeugung klassierter Kohle wird den Schätzungen der Gesellschaft nach bis 2024 auf einem Niveau von etwa 2 Millionen Tonnen bleiben, ab 2025 wird dann die Produktion auf etwa 1,5 Millionen Tonnen zurückgehen und folgend seit 2030 wird die Produktion die Menge von 1 Million Tonnen nicht übersteigen. Im Hinblick zu diesem erwarteten Rückgang der Produktion muss mit einem allmählichen Rückgang des Verbrauches der klassierten Kohle und der Notwendigkeit andere Brennstoffe,

insbesondere Erdgas oder Biomasse zu nutzen, gerechnet werden.

Ing. Dušan Dokoupil,
Fachbereich für Rohstoffpolitik des Ministeriums
für Industrie und Handel

Ing. Tomáš Smejkal,
Fachbereich für Strategie und Internationale
Zusammenarbeit in der Energiewirtschaft
des Ministeriums für Industrie und Handel



Der Tagebau ČSA, Severní energetická a.s.



Der gegenwärtige Braunkohlemarkt in der Tschechischen Republik und seine erwartete Entwicklung

Braunkohle bleibt in der Tschechischen Republik auch weiterhin der wichtigste Energieträger. Im Jahre 2016 belief sich der Kohleverbrauch auf 476,7 PJ (37,8 Millionen Tonnen), das waren 27,3% des Gesamtverbrauches der primären Energiequellen. Die Entwicklung des Verbrauches primärer Energieträger tendiert zu einem allmählichen Rückgang und Teilveränderungen in der Struktur des Verbrauches.

Der Ursache für die Position, die die Braunkohle in der Bilanz der primären Energieträger einnimmt, ist ihr hoher Anteil an der Erzeugung von Strom und Fernwärme. Im Jahre 2017 belief sich die Stromerzeugung aus Braunkohle auf etwa 37 TWh (42,5 % der gesamten Stromerzeugung), wird auch die Produktion von Ortsgas aus Braunkohle mitgerechnet dann sind es fast 45 %. Der Jahresanstieg der Produktion aus Braunkohle belief sich auf 2 %. Auch dank der Braunkohle wird das Stromnetz der Tschechischen Republik als robust und zuverlässig eingeschätzt, mit einem Überschuss der installierter Leistung, der temporär in einem relativ hohen Export von Elektrizität umgesetzt wird.

In der zentralen Wärmeerzeugung belief sich im Jahre 2016 der Anteil der Braunkohle auf 41 %, was auch hier die höchste Erzeugung darstellt.

Der gegenwärtige Braunkohlemarkt wird auf der Seite der Ressourcen durch die Kohleförderung in drei Braunkohlegesellschaften gestaltet. Zu den Ressourcen der Braunkohle gehört auch eine geringe Menge eingeführter Kohle. Die inländische Produktion von Braunkohle erreichte in den letzten vier Jahren 38 - 39 Millionen Tonnen. Die Einfuhr von Braunkohle ging nach Schwankungen in den Jahren 2013 und 2014 (Einfuhr von der MIBRAG) auf die gegenwärtigen knapp 100 Tausend Tonnen zurück. Daneben werden aus Deutschland etwa 150 Tausend Tonnen Braunkohlebrikett eingeführt.

Auf der Seite der Nachfrage nach Braunkohle steht der inländische Verbrauch und Ausfuhr von Braunkohle. Der inländische Braunkohleverbrauch stabilisierte sich in den letzten Jahren auf einem Niveau von etwa 37,5 Millionen Tonnen, die Ausfuhr bei etwa 900 Tausend Tonnen.

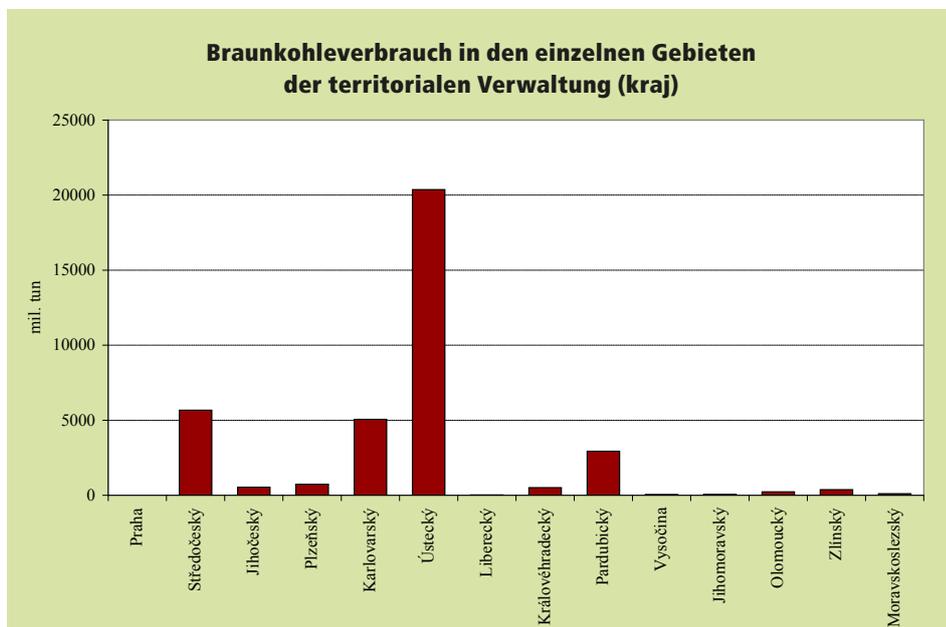
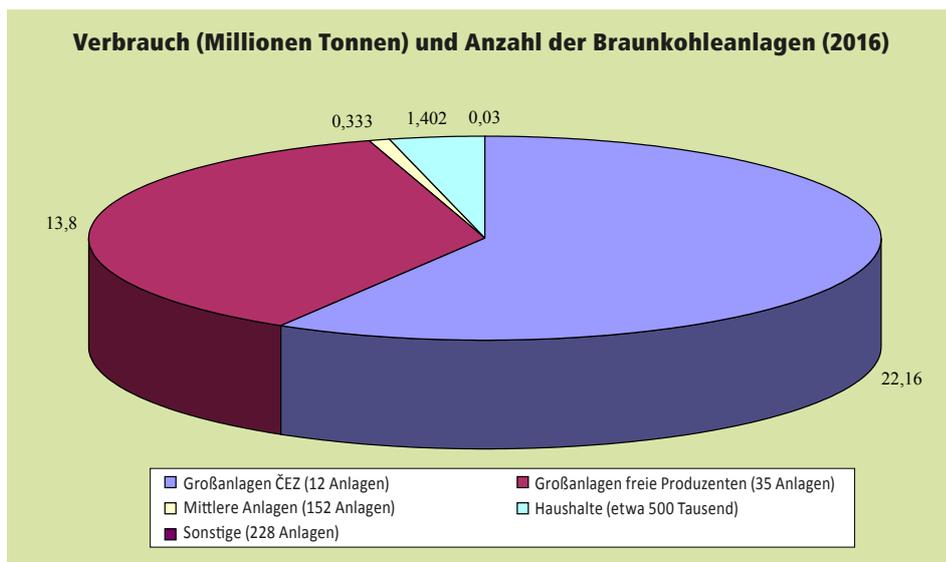
Der Braunkohlemarkt, gemessen durch die Anzahl der betriebenen Quellen und der Anzahl der in diesen betriebenen Braunkohlekessel, hat sich verändert. Er ist gegenwärtig relativ eng. Auf dem Markt dominieren große Einrichtungen, Systemkraftwerke sowie industrielle und kommunale Heizwerke.

Für den Braunkohlenmarkt und seine Perspektive, insbesondere seiner industriellen Arten, ist

maßgeblich der Verbrauch großer Einrichtungen (über 50 MWt) entscheidend. Von diesen werden in der Tschechischen Republik aktuell 47 betrieben (mit 145 Staub-, bzw. Wirbelschichtverbrennung). Darin inbegriffen sind 46 Feuerungseinrichtungen + Gasfabrik in Doglasgrün (Vřesová). Durch diese Quellen wurden im Jahre 2016 insgesamt 35,96 Millionen Tonnen Braunkohle verbraucht. In 12 Produktionseinrichtungen der Gesellschaft ČEZ wurden 22,2 Millionen Tonnen Braunkohle verbraucht, in 35

Produktionseinrichtungen der sonstigen Stromproduzenten dann 13,8 Millionen Tonnen Braunkohle.

Der Anteil großer Einrichtungen am gesamten Braunkohleverbrauch beträgt etwa 95 %. Den wichtigsten Teil stellen 20 Einrichtungen mit einer Eingangsleistung von mehr als 300 MWt dar – es sind Systemkraftwerke und industrielle sowie kommunale Heizwerke im Eigentum der Gesellschaft ČEZ und freier Stromproduzenten.



Den zweiwichtigsten und zugleich einen zeitweise relativ stabilen Braunkohlemarkt stellt der Markt der sortierten Braunkohle dar, insbesondere in Folge des Verbrauchs durch die Haushalte. Dem Tschechischen statistischen Amt (ČSÚ, Energo 2017) nach werden in der Tschechischen Republik in den Haushalten etwa 500 Tausend Kohlekessel mit einem Verbrauch von 1,4 Millionen Tonnen betrieben, das sind knapp 4 % des Gesamtverbrauches der Braunkohle in der Tschechischen Republik. Sehr gering ist der Verbrauch von Braunkohle in der Kategorie der mittleren Einrichtungen (1–50 MWt). Hier wurde ein früher umfangreicher Gerätepark auf Gas umgestellt. Von diesen wurden im Jahre 2016 215 betrieben und der Verbrauch der Braunkohle nahm in dieser Kategorie von den früher einigen Millionen Tonnen auf knapp 340 Tausend Tonnen ab. Die Struktur des Verbrauches von Braunkohle wird durch an die zwei Hundert weitere kleinere Einrichtungen mit einem marginalen Verbrauch von Braunkohle ergänzt. Die Anzahl der Einrichtungen, in denen Braunkohle verbrannt wurde und ihren Verbrauch im Jahre 2016 stellt das Diagramm dar.

Der Verbrauch von Braunkohle hat in der Tschechischen Republik zwar einen flächendeckenden Charakter, zwischen den einzelnen Regionen bestehen aber große Unterschiede. Hier wirkt sich insbesondere der Standort großer Braunkohlekraftwerke aus.

Sämtliche Bereiche des Braunkohleverbrauchs wurden langfristig insbesondere durch die nationale Gesetzgebung geregelt, in der letzten Zeit übernimmt aber diese Aufgabe die EU-Gesetzgebung in Gestalt von Richtlinien und Verordnungen zum Klimaschutz, Luftreinhaltung und integrierter Vermeidung, die schrittweise in die nationale Gesetzgebung übernommen werden. Die Grundlage für die Veränderungen bildet die Road Map 2050 von 2011, die politisch-strategische Vision der EU, in der eine Reduzierung des Verbrauches der Energieträger, eine kohlenstoffarme Energiewirtschaft und eine Reduzierung des Ausstoßes von Treibhausgasen gefordert wird. Diese Strategie wurde in Gestalt von Durchführungsverordnungen im Rahmen von zehnjährigen Horizonten konkretisiert. Der Verbrauch fossiler Brennstoffe, insbesondere der Kohle, soll eingedämmt werden und durch emissionsfreie Quellen ersetzt werden.

Im Bereich der Klimaschutzgesetzgebung wurden neue EU-Regeln für den 4. Handelszeitraum (für die Jahre 2021 bis 2028) beschlossen, deren Ziel insbesondere der Anstieg der Preise der Emissionszertifikate ist (dies ist bisher in keinem der Handelszeiträume gelungen).

Der zweite Bereich der Regelungen ist die Gesetzgebung zur Luftreinhaltung und integrierter Vermeidung. Für ihre Unmittelbarkeit und Rasanz wird diese heute für ein wirksames Instrument gehalten. Eine grundlegende Veränderung brachte die

Richtlinie 2010/75/EU, die in die tschechische nationale Gesetzgebung durch das Ges. Nr. 201/2012 Sb. GBl. über Luftschutz und die Durchführungsverordnung Nr. 415/2012 Sb. GBl. übernommen wurde. Für eine Vorbereitung der Kohleproduktionseinheiten auf die strengeren Emissionsgrenzwerte wurde ein Zeitraum bis Hälfte 2020 gewährt (Nationaler Übergangsplan), eine Reihe von Kohleproduktionseinheiten konnten auch eine finanzielle Förderung ihrer Investitionen erhalten.

Während der Umsetzung der durch die Verordnung hervorgerufenen ökologischen Investitionen wurden aber im Jahre 2017 neue Voraussetzungen für die Genehmigung des Betriebes von großen Kohlefeuerungsanlagen beschlossen, sog. BVT-LCP. In der wichtigsten Kategorie, der Braunkohleanlagen über 300 MWt kam es zu einer

- Verschärfung der Emissionsgrenzwerte für Staub (von 20 mg/m³ gem. Verordnung Nr. 415/2012 bis auf 8 mg/m³),
- Verschärfung der Emissionsgrenzwerte für SO₂ (von 200 mg/m³ bis auf 130 mg/m³)
- Verschärfung der Emissionsgrenzwerte für NO_x (von 200 mg/m³ bis auf 175 mg/m³)
- Verschärfung der Emissionsgrenzwerte für Hg und Festlegung der Emissionsgrenzwerte der bisher nicht geregelten Stoffe, d.h. NH₃, HCl, HF,
- in die Einschränkungen der Bedingungen für einen Betrieb wurden auch der elektrische Nettowirkungsgrad und der gesamte Nettobrennstoffwirkungsgrad einer großen Energieanlage aufgenommen.

Die Anforderungen auf eine Senkung der Emissionen und eine Steigerung der Energieeffizienz sind aber zum Teil im gegenseitigen Widerspruch, weil jede weitere Steigerung des Wirkungsgrades der Abscheider erhebliche Anforderungen auf den Energieverbrauch stellt und somit die gesamte Energieeffizienz der Einrichtung reduziert.

Die neuen Bedingungen BVT-LCP verschärfen das Monitoring der Emissionen weitestgehend in Richtung eines kontinuierlichen Monitorings, im Fall von HCl und HF auf 4x jährlich.

Nach der Mitteilung der Verordnung im Amtsblatt begann eine 4 Jahre lange Frist zu laufen, bis wann den Anlagenbetreibern ihre integrierten Genehmigungen anzupassen sind, so dass sie im Einklang mit den Anforderungen von BVT-LCP sind. Die einzige Erleichterung der verschärften Voraussetzungen für den Betrieb großer Kohleproduktionseinheiten gem. BVT-LCP kann die Gewährung einer zeitlich eingeschränkten Ausnahme sein. Das Verfahren für die Erteilung von Ausnahmen hat das Ministerium für Umwelt durch einen detaillierten Leitfaden zu regeln. Der Entwurf des Leitfadens ist ein Gegenstand von Verhandlungen, er beinhaltet komplizierte Berechnungen, die auch negative externe Effekte

mit berücksichtigen. Ungeklärt ist bisher nicht nur die Art und Weise der Erarbeitung eines Antrages zur Erteilung einer Ausnahme, sondern auch die Art und Weise ihrer Gewährung. Eine Ausnahme können nur zentrale Wärmeanlagen erhalten, die mindestens 50% der erzeugten Wärme in Form von Dampf oder heißem Wasser in das Fernwärmenetz liefern, also keine Kondensationskohlekraftwerke. Die neuen BVT-LCP Bedingungen gehören heute zu den härtesten Maßnahmen im Bereich der Regelung der Kohleverbraucher. Die Frage ist, welche Gestalt das endgültige Verfahren zu ihrer Anwendung haben wird.

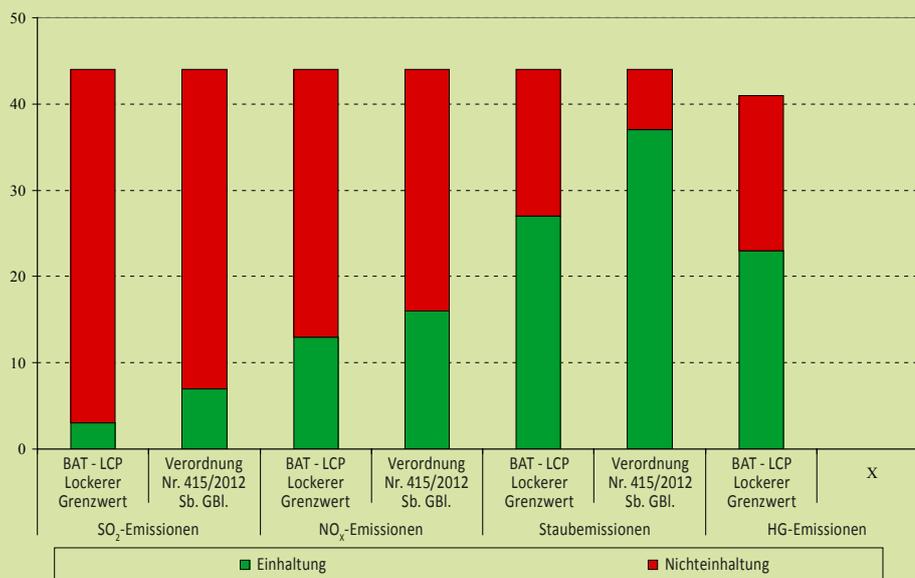
Für große Anlagen über 50 MWt gelten heute zwei Termine ihrer Ökologisierung. Die Emissionsgrenzwerte nach der Industrieemissionsrichtlinie Nr. 2010/75/EUR (und dem Ges. Nr. 201/2012 Sb. GBl. und der Richtlinie Nr. 415/2012 Sb. GBl.) müssen diese Produktionseinheiten in dem durch den Nationalen Übergangsplan festgelegten Termin spätestens bis 30. 6. 2020 erfüllen, die neuen und noch schärferen Emissionsgrenzwerte gem. BVT-LCP dann bis Herbst 2021 (wenn keine Ausnahme gewährt wird).

Es wurde eine Analyse des Standes der Vorbereitung von großen Kohleenergieproduktionseinheiten im Bezug zu den neuen gesetzlichen Anforderungen an ihren Betrieb durchgeführt und zwar auf Basis eines Vergleiches der erreichten spezifischen Emissionen von Staub, SO₂, NO_x und Quecksilber im Jahre 2016 mit den Grenzwerten gem. der Richtlinie Nr. 415/2012 Sb. GBl. und den Emissionsgrenzwerten gem. BVT-LCP.

In der Analyse wurden beachtliche Mängel in der Einhaltung der Emissionswerte gem. Richtlinie Nr. 415/2012, festgestellt. Noch schlechter war die Situation in der Einhaltung der schärferen Grenzwerte BVT-LCP. Es ist offensichtlich, dass die Anforderungen der Richtlinie Nr. 415/2012 dank der gewährten Förderungen durch die Kohleenergieproduktionseinheiten sicher eingehalten werden können, wie ein Vergleich der jährlichen spezifischen Emissionen sowie Informationen über das stattfindende umfangreiche Prozess ihrer Ökologisierung zeigen. Ein wesentlich größeres Problem stellt die Einhaltung der strengeren Emissionsgrenzwerte BVT-LCP dar. Es werden die notwendige Zeit sowie eine finanzielle Unterstützung fehlen, auch die Gefahr des Scheiterns von bereits durchgeführten Investitionen ist realistisch. In dem Diagramm werden Ergebnisse der Analyse dargestellt, die zeigen, wie viele Braunkohleanlagen (Energieproduktionseinheiten) bereits im Jahre 2016 die Emissionsgrenzwerte gem. der Richtlinie eingehalten haben und wie viele den neuen Anforderungen BVT-LCP genügen.

Im Fall von SO₂ wurde der lockerere Grenzwert BVT-LCP nur durch 3 Anlagen „eigenhalten“, im Fall

Zusammenfassende Betrachtung der Einhaltung der Emissionsgrenzwerte – Anzahl der Anlagen



von Staub waren es 27 und bei NO_x nur 13 Anlagen. Es wurde auch die „Einhaltung“ der Emissionsgrenzwerte für Quecksilber ausgewertet, hier gab es aber ein Problem mit nicht komplexen und weniger zuverlässigen Angaben über ihre Messungen.

Diesen Bericht über die „Einhaltung und Nichteinhaltung“ kann auch in zugeführte Wärmeleistung und elektrische Leistung der Energieproduktions-einheiten umgerechnet werden, die den Umfang der bedrohten Teile des Stromnetzes in Folge der Nichteinhaltung neuer Bedingungen für ihren Betrieb noch besser illustrieren.

Die neuen Auflagen für den Betrieb von großen Kohleenergieproduktionseinheiten werden ohne Zweifel auch ihren gegenwärtigen Stand beeinflussen und Auswirkungen auf den Braunkohlemarkt haben. Diese Veränderungen werden insbesondere gegen 2021 stattfinden, in dem die Auflagen BVT-LCP in Kraft treten. Von 47 untersuchten Energieproduktionseinheiten wird ein baldiger Kohleausstieg nur durch zwei signalisiert (Heizwerk in Náchod und Heizwerk in Warndorf), 43 Einrichtungen rechnen mit einer Ökologisierung der Technologie. Diese haben sich in den Nationalen Übergangsplan gemeldet und rechnen auch nach dem 1. Juli 2020 mit Kohle. Das ist der grundlegende Faktor für eine Stabilisierung des Braunkohlemarktes mindestens bis 2021. Wie sich die Auflagen BVT-LCP ab Herbst 2021 auf den Braunkohlemarkt auswirken werden ist bisher unklar, es ist aber offensichtlich, dass es zu einer Reduzierung am Markt kommen wird, denn es handelt sich um den bisher größten Eingriff in die Bedingungen des Betriebes von großen Kohleenergieproduktionseinheiten. Die gegenwärtige Position der Tschechischen Republik bei der Einführung der Anforderungen BVT-LCP ist

relativ halbherzig und resignierend. Das zeigen eine ausbleibende Teilnahme der Tschechischen Republik an den Klagen gegen die Europäische Kommission sowie die Diskussionen zum geplanten Leitfadens für die Gewährung einer Ausnahme aus BVT-LCP.

Wie ist die Antwort auf die verschärften Auflagen für den Betrieb von Kohleverbrauchern? Viele EU-Länder haben bereits einen Termin für den Ausstieg aus der Kohleverbrennung festgelegt. Großbritannien bis 2025, in Deutschland soll ein konkreter Termin durch die altneue Regierungskoalition in der ersten Hälfte des Jahres 2019 festgelegt werden. Einen vollkommenen Ausstieg aus Verstromung von Kohle wird bis 2030 durch Österreich und Ungarn geplant und auch die Slowakei stellt dazu Überlegungen an.

In der Tschechischen Republik wird ein schrittweiser Ausstieg aus der Kohle nach 2021 nur durch die Gesellschaft ČEZ deklariert, die bis 2035 die Kapazität ihrer Kohlekraftwerke auf etwa 2 800 MWe reduzieren möchte, wobei die meisten Kohleblöcke spätestens bis Ende 2025 aus dem Betrieb genommen werden sollen. Es handelt sich um eine teilweise oder vollkommene Einstellung der Betriebe Ledvice II, Mělník II und II, Prunéřov I, Hodonín. Ein großes Fragezeichen gibt es zu dem Kraftwerk Počerady, ob es verkauft werden soll oder ob der Betrieb in der Regie der Gesellschaft ČEZ eingestellt werden soll.

Die freien Produzenten planen keinen so rasanten Ausstieg aus der Braunkohle, bei jedem von ihnen gestaltet sich die Lage aber unterschiedlich. Unter den Großkraftwerken wird nur mit der Einstellung des Betriebes des Kraftwerkes Tisová gerechnet. Braunkohleheizwerke planen in der Regel ihren

Betrieb nicht einzustellen und bei Braunkohle zu bleiben.

Aus diesen Angaben kann entnommen werden, dass die gegenwärtige Ordnung des Stromnetzes in der Tschechischen Republik aus der Sicht seiner Größe sowie seiner Struktur bis etwa in das erste Drittel der zwanziger Jahre fortbestehen sollte, danach werden große Veränderungen und Stilllegungen von Kapazitäten, insbesondere von Kohleenergieproduktionseinheiten erwartet.

In der Tschechischen Republik wird es schwierig sein eine neue Gestalt des energetischen Mixes in der Strom- und Wärmeerzeugung im Rahmen der Umsetzung der EU Strategie der Energiewirtschaft in der Tschechischen Republik zu finden, die insbesondere mit einem starken Rückgang der Bedeutung von Kohle zusammenhängt. Durch die Instrumente dieser Strategie werden bereits sämtliche Bereiche des Kohleverbrauchs abgedeckt. Neben dem wichtigsten Segment des Braunkohlemarktes, auf dessen Veränderungen sich dieser Beitrag konzentriert, werden sich auch stärkere Regelungen der Kohleverbraucher in weiteren Kategorien des Kohleverbrauchs auswirken. Im Bereich der mittleren Anlagen handelt es sich um die Einführung der Richtlinie Nr. 2015/2193 und bei Anlagen unterhalb von 1 MWt der Richtlinie 2009/125/ES. Im Rahmen der Implementierung sollte die Tatsache in Betracht gezogen werden, dass die Braunkohle für die Tschechische Republik die einzige große heimische Energiequelle ist, die eine bisher große Unabhängigkeit der Energiewirtschaft garantiert. Eine Reduzierung ihres Anteiles in den Energiebilanzen sollte einen beherrschbaren Verlauf haben.

Ing. Ladislav Pelc
VUPEK-ECONOMY, s.r.o. GmbH



Die Situation und Perspektiven der Braunkohle in Mitteleuropa

1. Gegenwärtige Braunkohleproduktion in Europa

Braunkohle stellt in Europa einen wichtigen heimischen Rohstoff dar. Die Gesamtvorräte werden auf 400 Milliarden Tonnen geschätzt. Im Jahre 2017 wurden mehr als 380 Millionen Tonnen Braunkohle abgebaut, die zusammen mit Steinkohle fast ein Viertel der Stromproduktion in der EU übernimmt. Die größten Braunkohleproduzenten sind Deutschland, Polen, die Tschechische Republik und Griechenland (s. Abb. 1).

2. Die Lage und Zukunft der Braunkohle in den Ländern Mitteleuropas

Dieser Beitrag konzentriert sich auf die Situation in den Ländern Mitteleuropas mit einer bedeutenden Braunkohleförderung. Der größte Braunkohleproduzent in diesem Raum ist **Deutschland**,

gleichzeitig auch der größte Braunkohleproduzent nicht nur europaweit, sondern auch weltweit. In den drei deutschen Braunkohlerevieren wurden im Jahre 2017 mehr als 171 Millionen Tonnen gefördert. Der größte Anteil entfällt auf das Rheinische Braunkohlerevier mit 91 Millionen Tonnen, gefolgt durch das Lausitzer Braunkohlerevier mit etwa 61 Millionen Tonnen und den Mitteldeutschen Braunkohlerevier mit knapp 19 Millionen Tonnen. Der Anteil der Braunkohle an der Stromerzeugung belief sich im Jahre 2017 auf 22,5%, zusammen mit Steinkohle waren es fast 37%. Auch weiterhin gilt, dass jede vierte kWh, die in Deutschland verbraucht wird, aus Braunkohle stammt.

Im Rahmen der Energiewende hat Deutschland das ehrgeizige Ziel beschlossen, die Emissionen der Treibhausgase bis 2020 um 40% im Vergleich zu 1990 zu reduzieren. Für den Bereich der Braunkohleindustrie wurde beschlossen, 8 Braunkohleblöcke

mit einer installierten Gesamtleistung von 2,7 GW in eine sog. **Sicherheitsreserve zu überführen**. Der erste Block wurde bereits 2016 überführt, der letzte soll 2019 überführt werden. **Diese bleiben als Reserve 4 Jahre lang und werden folgend stillgelegt.**

Hinsichtlich der **Zukunft** der Förderung und Nutzung von Braunkohle werden maßgeblich die Entscheidungen der Kommission „Wachstum, Strukturwandel und Beschäftigung“ sein, die im Rahmen des Koalitionsvertrages zwischen der CDU, CSU und SPD eingesetzt wurde. Die Kommission hat ihre Arbeit im Juli dieses Jahres aufgenommen. Ihr gehören Vertreter der Kohleregionen, der Industrie, des Handels, der Gewerkschaften, der Umweltverbände sowie Einrichtungen der Wissenschaft und Forschung an. Im Rahmen der Kommission arbeiten zwei Arbeitsgruppen, von denen sich eine mit der wirtschaftlichen Entwicklung und

Coal in Europe 2017

lignite production, hard coal production & imports

EU-28	million tonnes
lignite	383
hard coal	81
imports	173

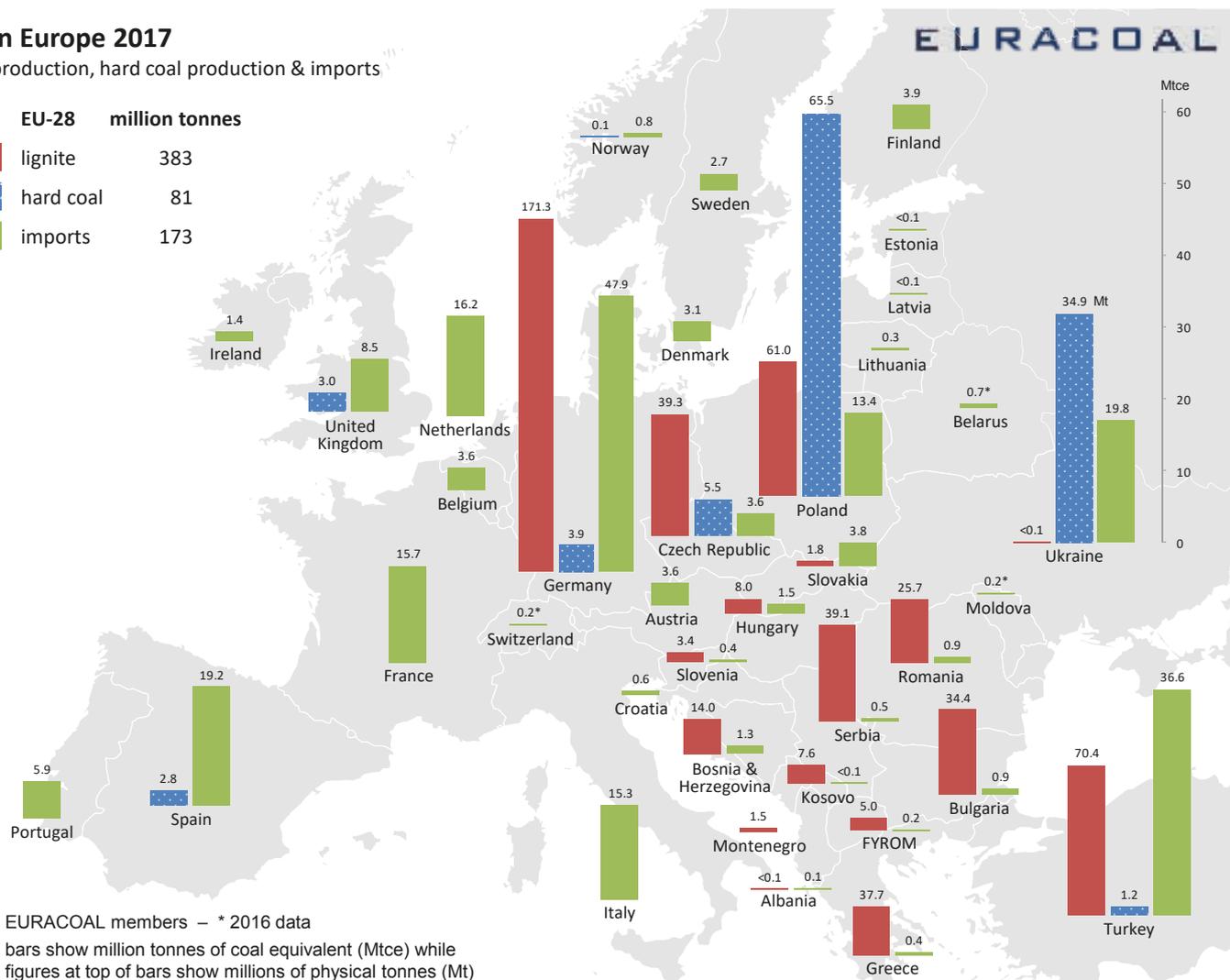


Abb. 1: Braun- und Steinkohleförderung und Einfuhr von Steinkohle im Jahre 2017

Quelle: EURACOAL



Abb. 2: Kraftwerk Niederaußem, deren Blöcke E und F in diesem Jahr in Deutschland in die Sicherheitsreserve überführt werden.

Quelle: RWE Power AG

Arbeitsplätzen in den Kohleregionen beschäftigt und die andere auf die Energiewirtschaft und Erfüllung der deutschen Klimaziele ausgerichtet ist. Dem abgestimmten Zeitplan nach soll bis Ende Oktober ein Entwurf sozialer und struktureller Veränderungen in den Kohleregionen vorgelegt werden. Im Bereich der Energiewirtschaft soll bis 2018 der **Termin für den Kohleausstieg Deutschlands festgelegt sowie ein Handlungsplan für eine fortschreitende Stilllegung der Braunkohlekraftwerke vorgelegt werden.**

Der Bundesminister für Wirtschaft und Energie Peter Altmaier führte aus, dass der **Kohleausstieg nicht plötzlich sein wird und mehrere Jahrzehnte dauern wird.** Trotz einem allmählichen Kohleausstieg denkt er über eine **Reduzierung der Erzeugung von Strom aus Kohle bis 2030 auf die Hälfte** nach. Er gab aber zu, dass es nicht einfach sein wird mit einer doppelten Aufgabe zu rechtzukommen, d.h. bis 2022 die Kernkraftwerke aus dem Betrieb zu nehmen und gleichzeitig die Stromerzeugung aus Kohle bis 2020 zu halbieren. Um die Energieversorgung nicht zu gefährden, wird durch den deutschen Netzbetreiber der Bau von neuen Gaskraftwerken vorgeschlagen. Bisher fehlt es aber an der notwendigen Infrastruktur. Auf das Vorhaben, die Verstromung von Kohle bis 2030 auf die Hälfte zu reduzieren, reagierte der **Bundesverband der Energie- und Wasserwirtschaft (BDEW)** mit einer Analyse der

Entwicklung der deutschen Kraftwerkflotte. Aus dieser Analyse ging hervor, **dass der gegenwärtige Überschuss der Leistung spätestens bis 2023 schwinden wird. Sich auf die Einfuhr von Strom aus dem Ausland zu verlassen** wird durch den BDEW nicht empfohlen, weil auch in weiteren EU-Ländern mit einem Rückgang der Leistung konventioneller Energiequellen und Steigerung der Nachfrage nach Strom gerechnet wird. Der Gemeinsamen Forschungsstelle der EK nach sollten die Leistungen europäischer Kohlekraftwerke zwischen den Jahren 2016 und 2025 von 150 auf 105 GW, bis 2030 dann weiter auf 55 GW zurückgehen. Dabei soll in vielen Europäischen Ländern auch der Anteil der Atomenergie abnehmen.

Das zweite wichtigste europäische Land aus der Sicht der Braunkohleförderung ist **Polen.** Im Jahre 2017 wurden durch 4 Bergbaugesellschaften 61 Millionen Tonnen abgebaut. Die einzelnen Gesellschaften beteiligten sich an dieser Förderung folgend: Turów - 6,9 Millionen Tonnen, Konin - 8,6 Millionen Tonnen, Belchatów – 42,6 Millionen Tonnen und Adamów 2,9 Millionen Tonnen. Der Anteil der Braunkohle an der Erzeugung von Strom belief sich im Jahre 2017 auf 31%, der Steinkohle auf 46%. Somit wurden in Polen 77% des Stroms aus Kohle hergestellt. Auch im Jahre 2030 wird ein Anteil der Stein- und Braunkohle an dem

Energiemix in einer Höhe von etwa 60%, im Jahre 2050 dann in Höhe von 50% vorausgesetzt. Für eine zuverlässige und preiswerte Stromversorgung setzt Polen auch weiterhin auf die **Nutzung heimischer Kohle und in seiner Energiepolitik rechnet das Land mit einem Ersatz der ausgedienten Kohlekraftwerke durch neue konventionelle Anlagen.** Gegenwärtig wird ein 450 MW Block in Türchau (Turów) gebaut, gebaut werden auch 4 Steinkohleblöcke (1 075MW Kozienice, 910MW Jaworzno III und 2x 900 MW in Oppeln (Opole). Es wurde ebenfalls der Beschluss über den Bau eines 1000 MW Steinkohleblocks Ostroleka C gefasst. **Intensiv wird auch an einer Genehmigung des Abbaus von Braunkohle an neuen Standorten gearbeitet.** Es handelt sich um die Standorte Złoczew (geologischer Vorrat 611 Millionen Tonnen, erwartete Jahresförderung 18 - 20 Millionen Tonnen), Ościslówo (geologischer Vorrat 50 Millionen Tonnen, erwartete Förderung 3 Millionen Tonnen) und den Standort Gubin (geologischer Vorrat 1 624 Millionen Tonnen, erwartete Jahresförderung 18 - 20 Millionen Tonnen). Am 30. Mai 2018 wurde durch die polnische Regierung das **Programm für die Braunkohle bis 2030 mit einem Ausblick bis 2050** verabschiedet. Dieses Programm beinhaltet drei Szenarien: ein Entwicklungsszenario, ein Szenario ohne Weiterentwicklung und ein Basisszenario. Das Entwicklungsszenario setzt einen Aufschluss von

3 neuen Gruben voraus: Legnica, Oczkowitz und Deby Szlacheckie. Das Szenario ohne Weiterentwicklung setzt den Abbau an Orten mit gültigen und geplanten Genehmigungen voraus und das Basisszenario rechnet mit dem Abbau an den oben erwähnten Standorten Zloczew, Ościsłowo und Gubin.

Der Minister für Energiewirtschaft Krzysztof Tchórzewski erklärte, dass die Energiesicherheit Polens beruht und langfristig auf Kohle beruhen wird. „Eine Revolution ist hier nicht möglich, wir werden aber Evolutionsveränderungen unternehmen,“ sagte er. Eine der Veränderungen, über die nachgedacht wird, ist auch eine Wiederbelebung des Baues eines Kernkraftwerks. Die Entscheidung über ein Atomprogramm sollte bis Ende dieses Jahres fallen.

Die Tschechische Republik nimmt aus der Sicht der Braunkohleförderung in der EU den dritten Platz ein. Im Jahre 2017 wurden insgesamt 39,3 Millionen Tonnen in 4 Gesellschaften gefördert: SD 21,7 Millionen Tonnen, SU 6,9 Millionen Tonnen, VUAS 7,5 Millionen Tonnen und Sev.en 3,2 Millionen Tonnen. Der Abbau in den Gruben Bílina und Vršany ist bis 2050 geplant. Im Jahre 2017 wurden auf Braunkohlebasis mehr als 42 % Strom erzeugt. Dem Staatlichen Energiekonzept nach wird im Jahre 2040 im Energiemix für die Bruttostromerzeugung ein Anteil von Kohle in Höhe von 11–21 % erwartet. Eine Auswertung des Staatlichen Energiekonzeptes wird im Jahre 2020 erfolgen.

Auch unsere Nachbarländer im Osten und Süden, d.h. **Ungarn** und die **Slowakei**, sind Produzenten von Braunkohle. Die Ungarische Produktion

erreichte im Jahre 2017 in der Braunkohlegesellschaft Mátrai Erőmű ZRT mit zwei Tagebauen Bükakbrány und Visonta 8 Millionen Tonnen. Der Anteil von Kohle im ungarischen Energiemix beträgt gegenwärtig 10%. Bis 2020 sollte dieser Anteil auf etwa 5% zurückgehen. Die Slowakei produziert in der Gesellschaft Hornonitranske Bane Prievidza knapp 2 Millionen Tonnen Braunkohle. Im Jahre 2017 wurden in 3 untertägigen Bergwerken Nováky, Handlová und Čáry 1,8 Millionen Tonnen gefördert. Im Fall der Grube Handlová wird mit einem Abbau bis 2022 und der Grube Nováky bis 2030 gerechnet, danach wird der Abbau nur noch in der Grube Čáry fortgesetzt.

Weitere Informationen über die Braunkohleindustrie in den Mitgliedsländern der EU, wie zum Beispiel Griechenland, Rumänien, Bulgarien oder in weiteren europäischen Ländern mit bedeutenden Braunkohlevorräten und einem beachtlichen Anteil in dem Energiemix, wie zum Beispiel in Serbien oder in der Türkei, können der Veröffentlichung EURACOAL „Coal Industry across Europe“, 6. Ausgabe – <https://euracoal.eu/library/publications/> entnommen werden.

3. Faktoren, die sich auf die Zukunft der Kohle auswirken

Die wichtigsten Faktoren, die eine Auswirkung auf die Zukunft der Kohle in der EU haben werden, sind folgende: die Klima- und Energieziele der EU bis 2030 sowie die nationalen Klima- und Energiepläne der EU-Mitgliedsländer bis 2030, das überarbeitete europäische Emissionshandelssystem, Durchführungsbeschluss der Europäischen Kommission über die besten verfügbaren Techniken für große Feuerungsanlagen (BVT) und Verordnung über einen einheitlichen Strommarkt

mit den diskutierten Emissionsstandards für die Kapazitätsmechanismen. Letztendlich muss die Konkurrenz sonstiger Energieträger als ein Faktor erwähnt werden, der bestimmte Auswirkungen nach sich ziehen wird.

Die Klima- und Energieziele der EU bis 2030 fordern eine Reduzierung der Emissionen von Treibhausgasen gegenüber dem Jahr 1990 in Höhe von 40%, einen Anteil von erneuerbaren Energiequellen an dem Endbruttoverbrauch in Höhe von 32% mit einer Überprüfung im Jahre 2023, um bzw. den Anteil zu erhöhen, und 32,5% an der Verbesserung des energetischen Wirkungsgrades, ebenfalls mit einer Überprüfung im Jahre 2023. Um diese Ziele erreichen zu können, sind die Mitgliedsländer der EU verpflichtet im Einklang mit der Governance der Energieunion bis 31. Dezember 2019 endgültige **nationale Klima- und Energiepläne für den Zeitraum 2021–2030 vorzulegen**. Zum 1. Januar 2020 sind gleichzeitig langfristige Strategien mit Ausblick auf das Jahr 2050 zu erarbeiten.

Das Ziel einer **Überarbeitung des Emissionshandelssystems für den Zeitraum 2021–2030**, die im Frühjahr dieses Jahres in Kraft getreten ist, ist eine Beschleunigung der Reduzierung des Ausstoßes von Treibhausgasen. Bis 2030 sollen in den unter das Emissionshandelssystem fallenden Sektoren die Emissionen um 43% im Vergleich zum Jahr 1990 reduziert werden. Die Menge der auf den Markt gebrachten Zertifikate wird seit 2021 um 2,2% jährlich gekürzt. Weil es im Emissionshandelssystem ein beträchtliches Überangebot an Emissionszertifikaten gibt, ist die Europäische Kommission bemüht, diesen Überschuss zu reduzieren und die Nachfrage und das Angebot

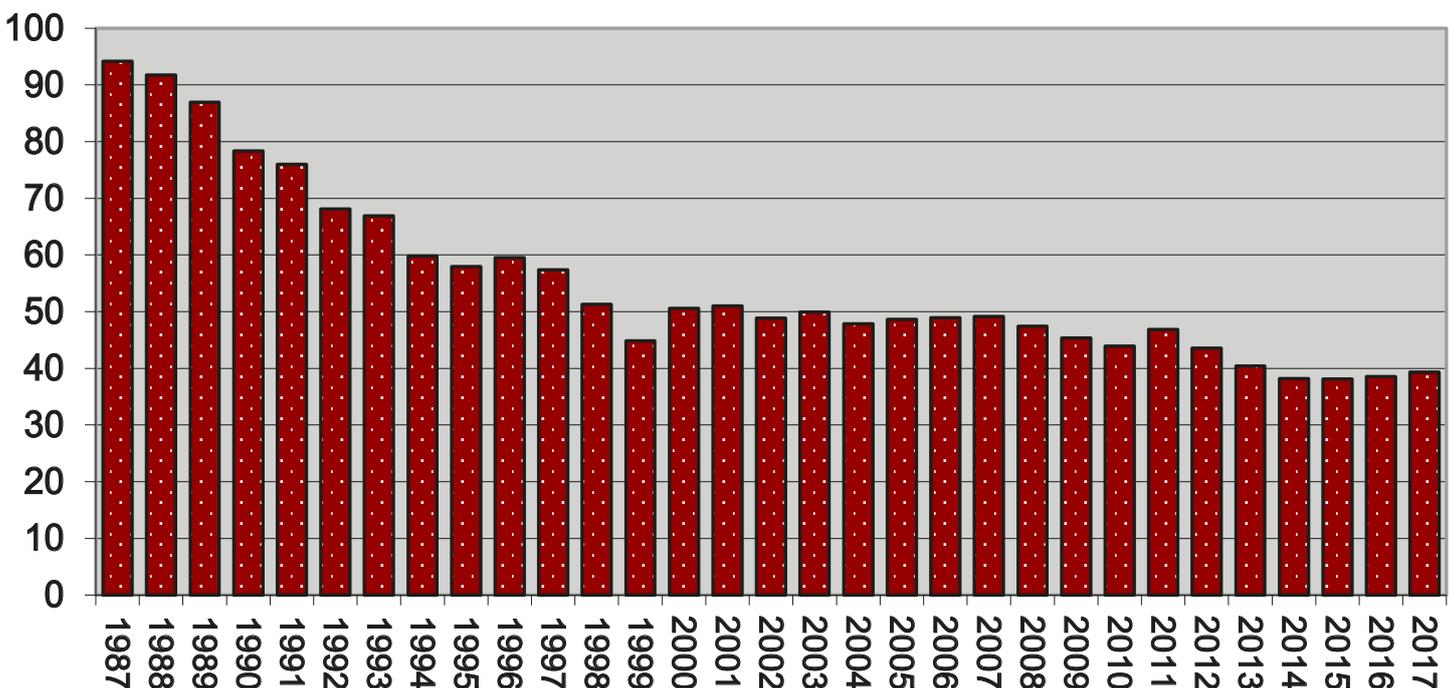


Abb. 3: Entwicklung der Braunkohleförderung in der Tschechischen Republik in den Jahren 1987–2017.

Quelle: Ministerium für Industrie und Handel

auszugleichen. Dieser Prozess wird bereits schon seit dem 1. Januar 2019 aufgenommen, wann in die Marktstabilitätsreserve (MSR – Market Stability Reserve) die überschüssigen Zertifikate überführt werden. Anstatt einer Versteigerung in den Jahren 2019 - 2020 werden in die MSR auch 900 Millionen „zurückgehaltene“ Zertifikate überführt. Der Markt hat auf diese Entscheidung bereits reagiert. Den Angaben von Carbon Pulse nach stieg Ende August der Preis auf mehr als 20 € t/CO₂. Seit Beginn dieses Jahres stieg der Preis der Zertifikate bereits um mehr als 140%. Die Analytiker schätzen, dass der Preis der Zertifikate im nächsten Jahr bis auf 25 € und im Jahre 2020 auf 30 € steigen wird. **Der Anstieg der Preise der Zertifikate sowie der Einkauf von teureren Zertifikaten wird für die Braunkohlekraftwerke eine ungünstige Tatsache darstellen, in deren Folge die Stromerzeugung aufwendiger wird. Dies wird Auswirkungen auf den Strompreis haben.**

Von grundlegender Bedeutung für die Zukunft und Kosten der Kohlekraftwerke ist der Durchführungsbeschluss der Europäischen Kommission über die besten verfügbaren Techniken für große Feuerungsanlagen. In dem Beschluss werden **Emissionsbereiche festgelegt, die der Realität weit entfernt sind.** Hier ging die Europäische Kommission aus theoretischen Voraussetzungen aus. Das betrifft insbesondere die Emissionen von Quecksilber und NO_x. **Ihre Einhaltung würde zu unverhältnismäßigen Kosten oder zur Stilllegung von Kohlekraftwerken führen.** So hat sich Polen mit Unterstützung Bulgariens entschieden, eine Klage gegen die Europäische Kommission einzureichen. In der Klage wurde ebenfalls auf Verfahrensfehler während der Verhandlung hingewiesen. Eine Klage wurde ebenfalls seitens EURACOAL, der deutschen Energiegesellschaften und der tschechischen Kraftwerke Chvaletice, Počerady und Opatovice eingereicht. Eine Entscheidung über Emissionsgrenzwerte, die gemäß dem Beschluss der Europäischen Kommission seit 2021 gültig sein werden, liegt gegenwärtig in den Händen des europäischen Gerichtshofes.

Die Verordnung über den Elektrizitätsbinnenmarkt zusammen mit den diskutierten Emissionsstandards für die Kapazitätsmechanismen ist neben der bereits vereinbarten Richtlinie über die Förderung erneuerbarer Energiequellen, Energieeinsparungen und Verwaltung der Energieunion einer von 8 Gesetzesentwürfen der Kommission von 2016 im Rahmen des Paketes „Saubere Energie für alle Europäer“. In der Verordnung wurde durch die Kommission ein **Emissionsstandard 550g CO₂/kWh für die Aufnahme der Kraftwerke in die Kapazitätsmechanismen vorgeschlagen.** Dieser Emissionsstandard kann selbst durch die modernsten Kohlekraftwerke und sogar auch manche Gaskraftwerke nicht eingehalten werden. Über den Vorschlag beraten gegenwärtig in Triolog-Diskussionen die Europäische Kommission, das Europäische Parlament und der Rat.

4. Eine gerechte Betrachtung der Braunkohle und ihrer Chancen

Die Braunkohle, sowie die Kohle allgemein, sollte umfassend betrachtet werden. Es ist nicht gerechtfertigt nur die Emissionen hervorzuheben und dabei die Vorteile außer Acht zu lassen. Erstens wird nicht genügend eingeschätzt, dass die Braunkohle eine **heimische Energiequelle ist** und dass Länder, die über diesen Energieträger verfügen einen Vorteil durch eine **geringere Importabhängigkeit** haben. Im Hinblick zur Einfuhr sonstiger Energieträger, wie zum Beispiel Gas, aus politisch instabilen Ländern und zur Preisentwicklung im Fall eines steigenden Interesses um diese Handelsware stellt das Vorkommen einer heimischen Ressource einen unbezweifelbaren Vorteil dar.

In den politischen Diskussionen werden leider oftmals die **Energieversorgungssicherheit sowie die Tatsache unterschätzt, dass in vielen europäischen Ländern die Kohle ein Rückgrat der Versorgung mit Strom und Wärme ist.** Die EU verlangt eine rasche Entkarbonisierung, in diesen Ländern wird aber die **Energiewende** sowie der Übergang zu emissionsarmen Energieträgern eine längere Zeit in Anspruch nehmen. Eine Energiewende kann nicht durch einen Zauberstab erreicht werden. Für die Umsetzung der Verordnungen bedarf es einer gut durchdachten Strategie, um Blackouts und die Entstehung von entvölkerten Regionen ohne Perspektive in Folge von unbedachten und überstürzten Maßnahmen und Überschätzung der Beiträge mancher Energiequellen verhindern zu können.

Es wäre unklug nicht das zu nutzen, was uns die Natur anbietet: Sonne, Wind, Wasser. Nur die Natur bietet es nicht 24 Stunden an und nicht immer in einer ausreichenden Kapazität. Für den zunehmenden Anteil erneuerbarer Energiequellen im Energiesystem muss es deshalb eine flexible Reservequelle geben. Auch hier kann **Braunkohle als eine Unterstützung der erneuerbaren Energiequellen dienen, indem sie bei der Aufrechterhaltung der Stabilität des Netzes hilft.**

Es muss auch zugegeben werden, dass der **EU-Anteil an den globalen Emissionen etwa 10% beträgt** und das mit Hinsicht zu den immer ehrgeizigeren Umweltzielen **der Anteil der europäischen Industrie sowie ihre Wettbewerbsfähigkeit abnehmen.** Somit kann die EU zukünftig federführend im Bereich der Umwelt, kaum aber ein bedeutender Global Player sein. Es wäre vernünftig beide Sichtweisen auszubalancieren.

Ein gutes Signal ist, dass sich die **Europäische Kommission** der Probleme, die in den Kohleregionen nach Stilllegung des Kohlebergbaus sowie der Kohlekraftwerke entstehen werden, bewusst wurde, und eine **Plattform zur Transformation der Kohleregionen** eingesetzt hat. Sie hat zur Kenntnis genommen, dass es Regionen gibt, in denen der Abbau in absehbarer Zeit aus wirtschaftlichen Gründen oder in Folge der Ausbeutung der

Lagerstätte eingestellt wird und dass diese Regionen eine Unterstützung bei der Umstrukturierung brauchen werden. Es ist erfreulich, dass die Kommission auch zur Kenntnis genommen hat, dass es in der EU eine Reihe von Regionen gibt, in denen der Abbau noch Jahrzehnte lang fortgeführt wird. Deswegen ist es notwendig einen entsprechenden Augenmerk auf die **Kohleforschung** zu richten, um die Kohle so weit wie möglich effizient und umweltfreundlich nutzen zu können. Neben einer energetischen Verwertung der Braunkohle in flexibleren Kraftwerken mit steigendem Wirkungsgrad und einem geringeren Kohleverbrauch und somit geringerem Ausstoß ist auch auf eine **nicht energetische Nutzung** hinzuweisen. Als Beispiel kann die chemische Industrie erwähnt werden. Hier kann Braunkohle als Ausgangsmaterial für die Erzeugung von Kunststoffen, Schmierstoffen, Diesel und Kerosin dienen. Die Vergasung (CtG) und Verflüssigung (CtL) der Braunkohle ist gegenwärtig ein Gegenstand vieler Forschungsprojekte. Das Gas aus Braunkohle kann auch als ein Rohstoff für die Erzeugung von Wasserstoff dienen, der wiederum zum Beispiel für die Erzeugung von Strom oder als Antrieb von Fahrzeugen verwendet werden kann. An Fahrzeuge mit Wasserstoffantrieb glaubt zum Beispiel Toyota. Es ist also nicht gerechtfertigt, Braunkohle für eine Ressource der Vergangenheit zu halten.

Kein Energieträger ist ganz problemlos - die Nutzung von Gas ist mit der Importabhängigkeit und Ausbau der Infrastruktur verbunden, der Bau von neuen Atomkraftwerken ist finanziell sehr aufwendig und die erneuerbaren Energiequellen sind von den Unwägbarkeiten des Wetters abhängig. Ein ausgewogener Energiemix kann die Vorteile der einzelnen Träger synergisch nutzen. In so einem Energiemix hat auch die heimische, flexible und immer mehr umweltfreundlich verwertete Braunkohle ihren Platz.

Dr. Renata Eisenvortová
Mitglied des EURACOAL - Exekutivausschusses



Saubere Technologien zur Erzeugung von Strom und Wärme aus Kohle

Abstrakt

Die Beliebtheit von Kohle zur Erzeugung von Wärme und Strom nimmt in den letzten Jahren in den entwickelten Ländern ab. Verantwortlich dafür sind insbesondere die Haltungen der Politiker in diesen Ländern, die neue Gesetze und Vorschriften erarbeiten, die eine Verschärfung der Emissionsgrenzwerte für Technologien zur Folge haben, die Kohle zur Erzeugung von Strom und Wärme nutzen. Die Bemühungen der Politiker gehen scheinbar in die Richtung, die Preise der aus Kohle erzeugten Energien dem Preis der Energie anzupassen, die aus erneuerbaren Quellen gewonnen Kohleförderung. Das hat aber eine Abnahme der Konkurrenzfähigkeit von Produkten mit einem hohem Energieaufwand auf dem Weltmarkt zur Folge. Die Politik der Energiewirtschaft der Tschechischen Republik basiert insbesondere auf Kohle und Nuklearenergetik. Diese Technologien werden eine entscheidende Rolle in der Erzeugung von Strom und Wärme auch in der Zukunft spielen. Wir müssen uns also auf einen Übergang von den gegenwärtig eingesetzten Verfahren zu so genannten sauberen Kohletechnologien vorbereiten, sonst werden wir in der Zukunft einen großen Anteil vom Strom auf dem Weltmarkt für Weltpreise einkaufen müssen.

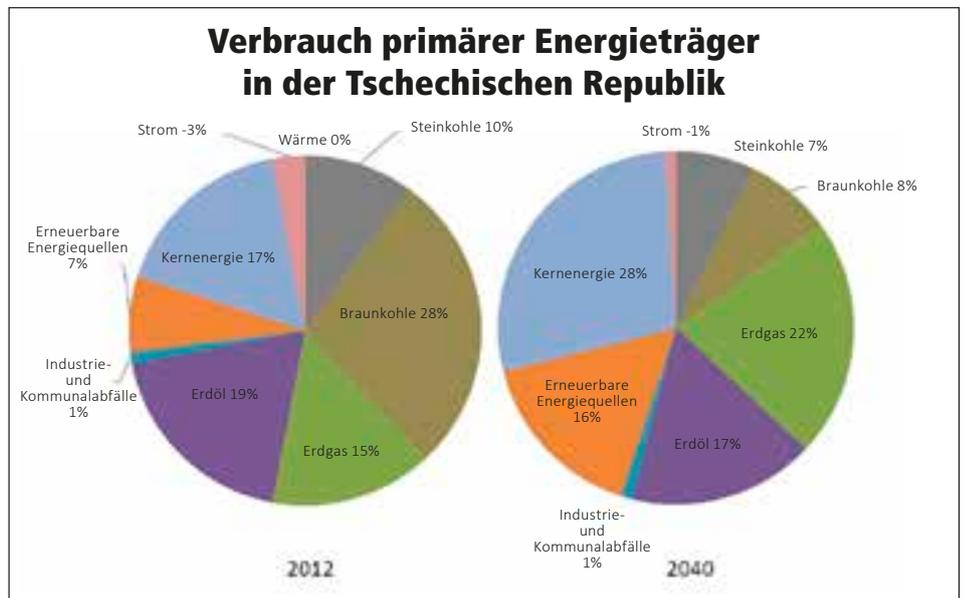


Abb. 1: Verbrauch primärer Energieträger in der Tschechischen Republik im Jahre 2012 (Angabe bei Strom stellt die Ausfuhr dar). Quelle: Räumliche und ökologische Grenzwerte des Braunkohleabbaus im Brüxer Gebiet - Studie <http://docplayer.cz/22472392-Uzemne-ekologicke-limity-tezby-hnedeho-uhli-na-mostecku-studie.html>.

Die Position der Kohle unter den primären Energieträgern

Kohle ist während der letzten ein hundert Jahren einer der wichtigsten Rohstoffe, die weltweit zur Erzeugung von Wärme und Kraft verwendet werden.

Ihre Nutzung zu diesen Zwecken wird insbesondere in Ländern mit hohen zur Verfügung stehenden Vorräten bevorzugt. Zu diesen Ländern gehört auch die Tschechische Republik. Die Höhe der Kohleförderung der letzten Jahre in den wichtigsten Ländern der Welt ist in der Tabelle dargestellt.

Die Tschechische Republik nimmt in dieser Übersicht eine bedeutende Stelle ein. Im Unterschied zu den meisten anderen Ländern überwiegt hier aber der Abbau von Braunkohle über der Gewinnung von Steinkohle. Eine Übersicht der Braunkohleförderung in der Tschechischen Republik während der letzten Jahre ist in der Tabelle 2 dargestellt.

Braunkohle stellt in der Tschechischen Republik den wichtigsten Brennstoff unter den primären

Tabelle 1: Die größten weltweiten Kohleproduzenten (in Millionen Tonnen)

Die größten weltweiten Kohleproduzenten			
	2012	2013	2014
China	3 532,5	3 843,6	3 747,5
USA	953,3	903,7	916,2
Indien	602,9	610,0	668,4
Australien	430,8	458,9	491,2
Indonesien	444,5	487,7	470,8
Russland	329,4	326,0	334,1
Südafrika	258,6	256,3	253,2
Deutschland	197,0	191,0	186,5
Polen	144,1	142,9	137,1
Kasachstan	120,5	119,6	115,5
Kolumbien	89,0	85,5	88,6
Kanada	66,5	68,9	69,0
Türkei	71,5	60,4	64,1
Griechenland	63,0	53,9	48,0
Tschechische Republik	55,9	49,1	46,9
Ukraine	67,7	68,8	44,7
Sonstige	358,0	349,2	340,8
Insgesamt - WELT	7 763,9	8 075,5	8 022,5

Quelle: IEA und <http://oenergetice.cz/elektrina/nova-zprava-iea-o-trendech-v-uhelnem-sektoru/>

Tabelle 2: Übersicht der Braunkohleförderung in der Tschechischen Republik (in Tausenden Tonnen)

	2013	2014
Severní energetická	4 348	5 238
Vršanská uhelná	5 945	5 000
SD Doly Bílina	9 801	9 405
SD Doly Nástup	13 865	12 168
SD (Nordböhmisches Gruben) insgesamt	23 666	21 573
Sokolovská uhelná	6 497	6 386
Insgesamt	40 456	38 197

Quelle: Carbounion Bohemia – Bilanz der Förderung und des Verbrauches von Braunkohle in der Tschechischen Republik und <http://oenergetice.cz/elektrina/tezba-a-spotreba-uhli-v-ceske-republice/>

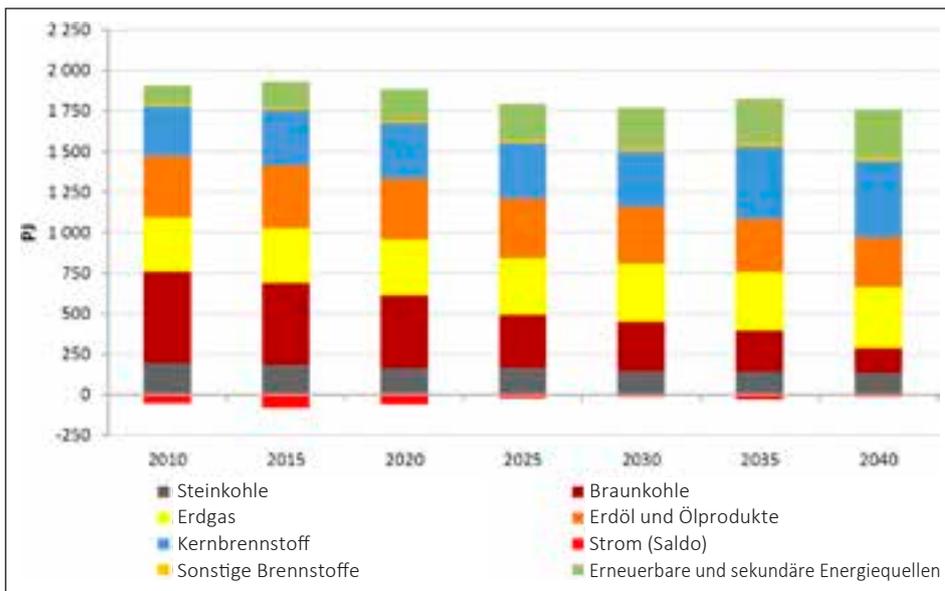


Abb. 2: Abgeschätzte Entwicklung der Struktur primärer Energieträger in der Tschechischen Republik
Quelle: <https://www.cez.cz/cs/vyroba-elektřiny/jaderna-energetika/nove-jaderne-zdroje/novy-temelin/proc-nova-jaderna-elektřarna/asek-a-nap.html>

Energieträgern dar. Die meiste abgebaute Braunkohle wird in der Tschechischen Republik zur Erzeugung von Kraft und Wärme verwendet. Der Anteil einzelner Energiequellen an dem Energiemix in der Tschechischen Republik im Jahr 2012 ist in Abb. 1 dargestellt.

Es wird erwartet, dass auch in den folgenden Jahren die Kohle ihre bedeutende Position unter den primären Energieträgern in der Tschechischen Republik behalten wird. Die geschätzte Entwicklung der Struktur primärer Energieträger in der Tschechischen Republik in den folgenden Jahren ist in Abb. 2 dargestellt. Es wird davon ausgegangen, dass sich ein Rückgang des Verbrauches von Kohle für die Erzeugung von Wärme und Strom gegenüber dem bestehenden Zustand bis 2040 einstellen wird. Danach wird Kohle höchstwahrscheinlich durch Atom und zum Teil Erdgas und erneuerbare Energieträger ersetzt.

Auch nach 2040 wird aber Kohle bei der Sicherstellung des primären Energiebedarfs der Tschechischen Republik eine wichtige Rolle spielen. Um das zu ermöglichen, müssen neue Technologien entwickelt werden, die in die Gruppe CCT (Clean Coal Technology) gehören und einen geringeren Anteil an der CO₂-Produktion und Umweltverschmutzung haben, als die bestehenden Verfahren.

Technologien für eine umweltfreundliche Kohlenutzung

Diese Technologien (CCT) müssen folgenden ökologischen und technischen Anforderungen genügen:

- hohe Wirksamkeit der Umwandlung der in der Kohle beinhaltenen Energie in Strom,
- geringer Ausstoß von Schadstoffen,
- Dekarbonatation der Rauchgase (Auffangen von CO₂ aus dem Rauchgas)
- geringe Abfallproduktion,
- minimale Anforderungen hinsichtlich Verbrauch der Hilfsstoffe (zum Beispiel Kalkstein zur Entschwefelung oder Salmiak zur Denitrifikation der Rauchgase).

In die Gruppe der Verfahren zur umweltfreundlichen Verwendung von Kohle zur Erzeugung von Kraft und Wärme gehören folgende Technologien:

- klassische Technologien, die mit überkritischen Dampfkraftprozessen arbeiten (kritischer Punkt), die mit einer Entschwefelungsanlage und Denitrifikation, bzw. Dekarbonatation der Rauchgase ausgestattet sind,
- Vergasung der Kohle, Reinigung des Gases und seine Verbrennung in Turbinen (Kombikraftwerke),
- Verbrennung von Kohle in einer Sauerstoffumgebung (oxy-fuel proces),
- Kohledruckfeuerung mit einer Gas- und Dampfturbine,
- klassische, mit Einrichtungen zum Auffangen von CO₂ aus den Rauchgasen ausgestatteten Technologien,
- Technologien mit Carbonate looping process.

Von diesen Technologien werden nur die Verfahren mit überkritischen Dampfkraftprozessen im Kraftwerk Ledvice und die Technologie der Vergasung der Kohle, Reinigung der Kohle und ihre Verbrennung in Gasturbinen des Kombikraftwerks Paroplynová elektrárna SU a.s., AG in Doglasgrün (Vřesová) verwendet. Diese Technologie ist aber nicht mit einer Einrichtung zur Verarbeitung des Aufgefangenen CO₂ ausgestattet, dass so im Gas belassen wird. In dieser Gestaltung genügt also diese Technologie den Anforderungen auf saubere Kohlentechnologien nicht. Ihr Umwandlung auf dieses Niveau ist aber technisch machbar.

Technologien mit überkritischem Dampfkraftprozess

Es handelt sich um anerkannte und weltweit verbreitete Technologien, die im Vergleich zu dem unterkritischen Dampfkraftprozess eine höhere Wirksamkeit bei der Stromerzeugung ausweisen. Das alles aber um den Preis eines höheren wirtschaftlichen Aufwandes bei dem Bau der Einrichtung. Für die Teile des

Kessels, die langfristig hohen Temperaturen, hohem Dampfdruck und einer starken korrosiven Umgebung ausgestellt sind, werden besondere widerstandsfähige Materiale eingesetzt. Sollten diese Anlagen mit Einrichtungen für die Entfernung von CO₂ aus den Rauchgasen ausgestattet werden, stellt dieser Typ von Technologien für die Tschechische Republik eine der besten Varianten der zukünftigen Entwicklung der Kohleenergiewirtschaft dar.

Diese Technologie wurde in der Tschechischen Republik im Kraftwerk Ledvice mit folgenden Parametern umgesetzt:

- Kessel mit Staubfeuerung, Höhe 141 m, 8 Schachluftpfehlen,
- Kohleverbrauch 72 t/Stunde,
- Dampftemperatur 610 °C, Dampfdruck 28 MPa, Dampfmenge 1.680 t/ Stunde, Speisewasserdruck 28 MPa,
- die Block ist mit einer Kondensationsturbine ausgestattet,
- die elektrische Höchstleistung des Blocks beträgt 660 MW,
- elektrischer Nettowirkungsgrad des neuen Blocks beträgt 42,5%, elektrischer Bruttowirkungsgrad 47%,
- Kalksteinabverfahren zur Entschwefelung der Rauchgase (SO₂ < 150 mg/m³),
- Rauchgase werden in einen Kühlturm abgeleitet,
- in dem Kraftwerk wird Kohle aus dem Tagebau Bílina verstromt,
- eine Anlage zum Auffangen von CO₂ aus dem Rauchgas ist kein Bestandteil der Einrichtung.

Technologien, die auf einer Vergasung der Kohle, Reinigung des Gases und seiner Verbrennung in Turbinen basieren

Diese Technologie wird in einer modifizierten Gestalt im Druckgaswerk in Doglasgrün (Tlaková plynárna Vřesová SU a.s., AG) betrieben. Ursprünglich wurde sie in den 1960er Jahren zur Erzeugung von Leuchtgas für das Netz der Gasversorgung gebaut. Das erzeugte Gas wird im Rectisol-Verfahren gereinigt, wodurch H₂S, CO₂ und höhere Kohlenwasserstoffe sowie sonstige organische Stoffe aus dem Gas entfernt werden. Das während des Betriebes des Druckgaswerkes bei der Erzeugung von Leuchtgas aus dem Gas entferntes Kohlendioxid wurde aber nicht verarbeitet und abgelagert, sondern in die Luft ausgelassen. Nach dem Übergang des Systems der Gaswirtschaft der Tschechischen Republik auf Erdgas wurde das Gaswerk zu einem Druckgaswerk umgerüstet. Die Umrüstung beruhte insbesondere in einer Nachrüstung der Technologie mit zwei Gasturbinen und Generatoren, in denen das erzeugte Gas verbrannt wurde und zwei Dampfturbinen, deren Generatoren durch Dampf angetrieben wurden, der aus der Abwärme des Rauchgases gewonnen wurde. Folgend wurde auch der Betrieb der Technologie der Reinigung im Rectisol-Verfahren durch eine Erhöhung der Temperatur des Waschmediums (Methanol) angepasst, wodurch der Hauptanteil des CO₂ aus dem Gas

nicht mehr ausgewaschen wurde. Der Grund für eine Anpassung des Betriebes des Rectisol-Verfahrens waren Einsparungen der Betriebskosten (Energie für die Kühlung des Waschmediums) sowie die Tatsache, dass das im Gas verbliebene CO_2 die Wirksamkeit der Gasturbine erhöht, weil es als ein wirksames Expansionsmedium funktioniert.

Nach einer möglichen Einführung strenger gesetzlicher Anforderungen auf eine Einschränkung des Ausstoßes aus fossile Brennstoffe verbrennenden Energiequellen wäre es technisch möglich die Technologie in Doglasgrün auch für ein Auffangen des CO_2 aus dem Gas nachzurüsten. Die konkrete Nachrüstung der Anlage würde von den Anforderungen der gesetzlichen Vorschriften abhängig sein (Anforderungen hinsichtlich der Reduzierung des CO_2 - Ausstoßes). Im Fall von geringeren Anforderungen auf eine Reduzierung der CO_2 - Emissionen auf weniger als 50% würde es ausreichend sein, das Rectisol-Verfahren in der ursprünglichen Weise zu fahren und mit einer Technologie zur Verarbeitung des aufgefängenen CO_2 (Verdichtung - Verflüssigung + Lagerung des Flüssigen CO_2) nachzurüsten. Folgend müsste noch der Versand des CO_2 in das zukünftige Lager gelöst werden, entweder mit der Bahn oder in einer Rohrleitung. Geeignete Tieflager für die Ablagerung des aufgefängenen CO_2 wurden in der Umgebung von Saatz (Žatec) ausgewählt.

Sollten die Anforderungen der Gesetzgebung hinsichtlich des Wirkungsgrades des Auffangens des CO_2 strenger sein, müsste die Technologie um eine weitere Anlage nachgerüstet werden. Die Hauptbestandteile des gereinigten Gases sind Wasserstoff und Kohlenoxid, der aber im Rectisol-Verfahren nicht entfernt wird. Durch seine Verbrennung in der Brennkammer

der Gasturbine wird weiteres CO_2 erzeugt. Deswegen beinhalten die in der Welt umgesetzten Technologien dieser Art als eine weitere Stufe der Gasaufbereitung eine Technologie zur katalytischen Umwandlung von CO in seiner Reaktion mit Wasserdampf zu CO_2 und Wasserstoff. Die Technologie für die Entfernung des CO_2 aus dem Gas wird in diesem Fall erst anschließend an eine katalytische Stufe eingebaut, um eine Entfernung von sämtlichen CO_2 aus dem Gas gewährleisten zu können. Das gereinigte und aufbereitete Gas beinhaltet somit nur Wasserstoff. Um es in einer geeigneten Turbine verbrennen zu können wird der Wasserstoff in der Regel mit Stickstoff aus einer Sauerstoff-Gewinnungsanlage vermischt. Sauerstoff ist für die Druckvergasung der Kohle notwendig. Als ein weiteres Produkt der Sauerstoffgewinnung entsteht Stickstoff.

Als ein Beispiel solch einer in der Welt umgesetzten Betriebseinheit kann das Kombikraftwerk Kemper County in den USA (Mississippi) dienen. Ursprünglich wurde dieses Kraftwerk als ein Kombikraftwerk gebaut, in dem im Verfahren der Kohlevergasung, Umwandlung von CO zu CO_2 und Verbrennung des gereinigten Gases in einer Gasturbine Braunkohle eingesetzt wurde. Die elektrische Leistung des Blocks beträgt 582 MW, die Jahresmenge des aufgefängenen CO_2 beträgt etwa 3,5 Mio. Tonnen. In Betrieb ging das Kraftwerk im Jahre 2016. Da in den ersten Stufen der Technologie (Gaserzeugung) technische Probleme aufgetreten sind, wurde 1997 das Kraftwerk auf einen Erdgasbetrieb umgestellt, das zu CO und Wasser umgewandelt wird, um so die Technologie zum Auffangen des CO_2 fahren zu können, die auf dem Prinzip der Aminwäsche arbeitet.

Technologie auf Basis der Kohleverbrennung in einer Sauerstoffumgebung

Es handelt sich um einen neuen technologischen Typ (der als oxy-fuel bezeichnet wird), der speziell für ein mögliches Auffangen von CO_2 entwickelt wurde. Hier wird der Brennstoff nicht in einer Mischung mit Luft, sondern in einer Mischung mit Sauerstoff (etwa 20%) und CO_2 (der Rest) verbrannt. Somit beinhalten die Rauchgase als Hauptbestandteile nur das CO_2 und Wasserdampf und ihre Verarbeitung zu einem reinen CO_2 ist so relativ einfach möglich. Das CO_2 kann anschließend tief eingelagert oder für andere Zwecke verwendet werden. Eine schematische Darstellung der Oxy-fuel - Technologie befindet sich auf Abb. 3.

Die Technologie verfügt über eine klassische Einrichtung zur Entfernung von SO_2 aus dem Rauchgas auf dem Prinzip einer Kalksteinabwäsche. Die Menge der Rauchgase, aus denen das sowie der Wasserdampf entfernt werden müssen, ist im Vergleich zum üblichen Kraftwerksblock etwa fünfmal geringer, weil die Rauchgase kein Stickstoff aus der Verbrennungsluft beinhalten. Die Menge recycelter Rauchgase ist etwa vier Mal größer, als die Menge der zur Verarbeitung abgeleiteten Rauchgase.

Ein Pilotbetrieb der Oxy-fuel-Technologie wurde in Schwarze Pumpe in Deutschland aufgebaut und im September 2008 in Betrieb genommen. Die Leistung der Einrichtung beträgt 30 MWel, der Wirkungsgrad der Entfernung von CO_2 etwa 95%, der Reinheitsgrad des produzierten CO_2 mehr als 99%. Die Kosten der Entfernung von CO_2 bewegten sich um die 20 €/t. Das aufgefangene CO_2 wurde in dem salinen Aquiverspeicher Altmark (Abgebaute Gaslagerstätte)

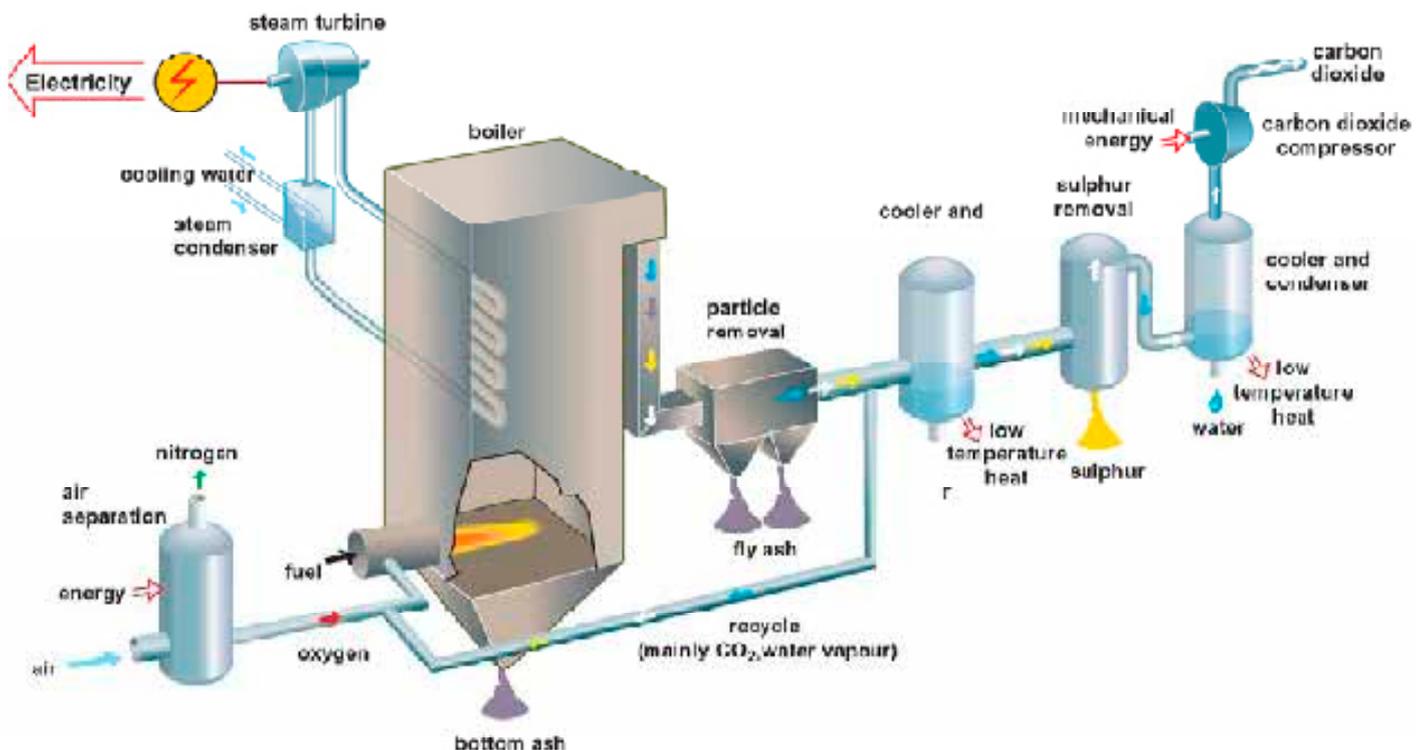


Abb. 3: Schematische Darstellung der Oxy-fuel-Technologie

Quelle: <https://hub.globalccsinstitute.com/publications/defining-ccs-ready-approach-international-definition/b2-oxy-fuel-based-capture>

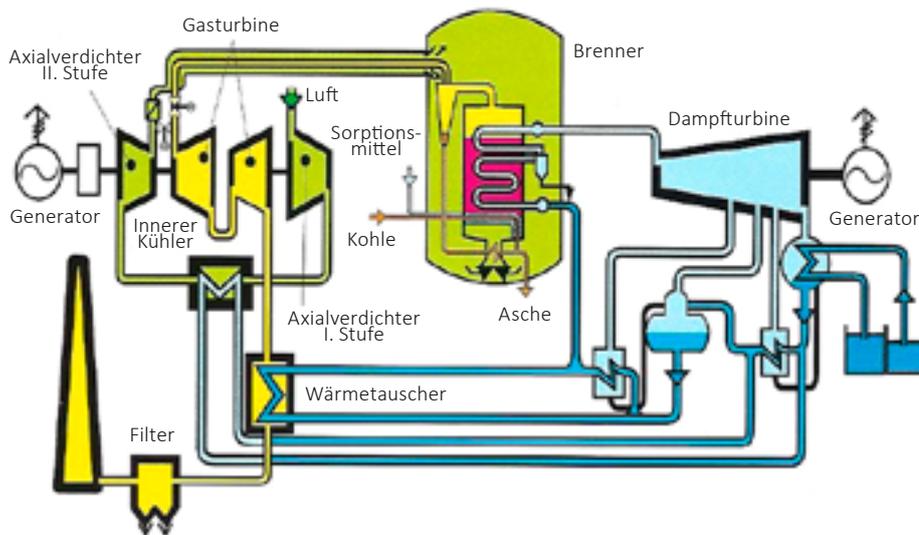


Abb. 4: Schematische Darstellung der Technologie der Druckwirbelschichtverbrennung von Kohle
Quelle: Roubíček V., Buchtele J.: Uhlí – zdroje – procesy – užití; Montanex 2002.

Die grundlegenden Arbeitsbedingungen für den Betrieb von Druckverbrennungsöfen sind folgende:

- Verbrennungstemperatur: 850–900 °C
- Druck: bis 1,6 MPa
- Wirkungsgrad des Verfahrens: etwa 45% für die Stromerzeugung
- Stromerzeugung in Dampfturbine: etwa 100%
- Stromerzeugung in Gasturbine: etwa 20%, die Turbine treibt auch einen Luftkompressor an.

Ein Kraftwerk, das auf Basis solcher Druckverbrennung von Kohle arbeitet, hat im Vergleich mit einem üblichen Kraftwerk folgende Vorteile:

- eine geringere Größe der Einrichtung,
- ein höherer Wirkungsgrad der Verbrennung,
- es ist möglich, die Emissionen bereits in der Verbrennungseinrichtung wirksam einzuschränken (unter erhöhtem Druck ist die Stoffübergangszahl besser).

Der Nachteil ist eine kompliziertere Konstruktion der Einrichtung in Folge einer druckfesten Ausführung der Technologie.

Eine schematische Darstellung der Technologie der Druckwirbelschichtverbrennung befindet sich in Abb. 4. Projekte der Druckwirbelschichtverbrennung wurden an vielen Standorten weltweit umgesetzt, wie zum Beispiel in Stockholm (Schweden) Escatron (Spanien), Tidd (USA), Wakamatzu (Japan), Cottbus (Deutschland) und an weiteren Orten.

Klassische, mit Einrichtungen zum Auffangen von CO₂ aus den Rauchgasen ausgestattete Technologien

In diesen Fällen wird vorausgesetzt, dass die gleichzeitig betriebenen Technologien zur Kraft- und Wärmeerzeugung mit einer Einrichtung für das Auffangen von CO₂ aus den Rauchgasen nachgerüstet werden. Gegenwärtig werden Technologien entwickelt, die nach dem Prinzip der Absorption von CO₂ in alkalischen Waschlösungen oder der Technologie der CO₂-Absorption auf geeigneten Adsorbtionsmitteln arbeiten. Eine schematische Gestaltung des Verfahrens zum Auffangen von CO₂ aus dem Rauchgas nach dem Absorptionprinzip ist in Abb. 5 dargestellt.

Als Waschlösungen werden entweder Lösungen von Ammoniak oder Lösungen organischer Amine im Wasser verwendet. Die Unternehmen, die sich mit der Entwicklung dieser Technologien befassen, schützen die Zusammensetzung ihrer Waschlösungen, die neben einer alkalischen Komponente und Wasser auch unterschiedliche antikorrosive Beistoffe und Stabilisierungsmittel beinhalten, in der Regel mit Patenten.

Diese Technologien werden praktisch in zwei Kohlekraftwerken in Kanada (Boundary Dam) und in den USA (Thompson) betrieben. In dem ersten Fall wird zum Auffangen von aus den Rauchgasen eine durch die Firma Cansolv entwickelte Aminwäsche verwendet, die auf dem Kohleblock mit einer elektrischen Leistung von 130 MW installiert ist. Die Technologie

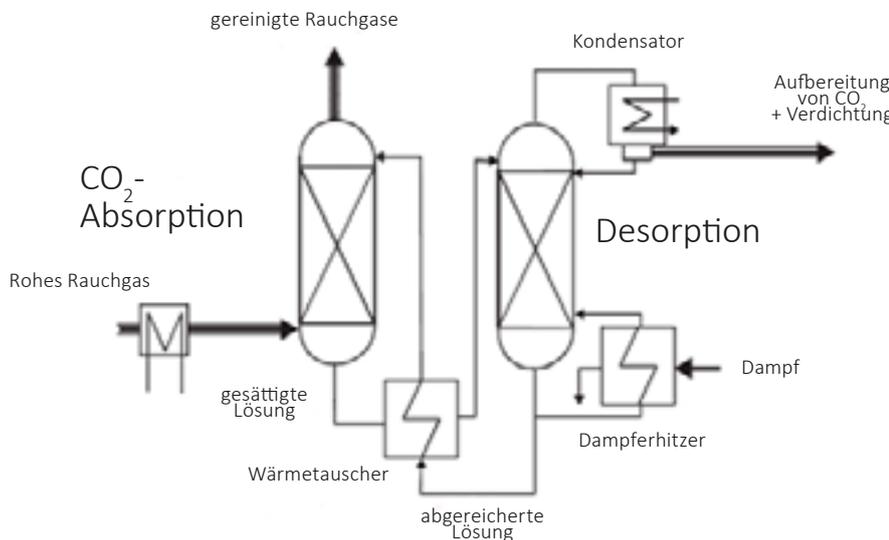


Abb. 5: Schema der Entfernung des CO₂ aus dem Rauchgas nach dem Absorptionsprinzip
Quelle: Forschung zur Hochtemperatursorption des CO₂ aus den Rauchgasen unter Anwendung des Carbonate looping process Výzkum Projekt Hitecarlo, NF-CZ08-OV-1-005-2015.

gelagert. Die Speicherkapazität wird auf 508 Mio. Tonnen CO₂ geschätzt, das Flüssige CO₂ wurde mit Lastkraftwagen transportiert. Wegen Protesten der Bevölkerung an Stelle der Speicherung des CO₂ wurde der Betrieb im Jahre 2010 eingestellt.

Die Oxy-fuel-Technologie ist sicher eines der Verfahren, die eine großtechnische Anwendung auch im Rahmen der energetischen Nutzung der Kohle in der Zukunft finden werden. Ihre Anwendung ist aber nur in Gestalt von neuen Kraftwerkblocks möglich. Im Vergleich zu den bisherigen Technologien ist der Nachteil dieses Verfahrens die Notwendigkeit eine Sauerstoff-Gewinnungsanlage zu bauen, einen Vorteil stellt dann eine kleine Einrichtung zur Verarbeitung der Rauchgase sowie die Tatsache dar, dass während des Prozesses der Verbrennung ohne Stickstoff nur ein Minimum an Stickoxiden entstehen, die überwiegend aus dem Brennstoff stammen.

Technologie auf Basis einer Wirbelschichtverbrennung von Kohle mit einer Gas- und einer Dampfturbine

Diese modernen Verfahren der Kohleverbrennung unter höherem Druck (bis 1,6 MPa) setzen sich in der Praxis in den letzten 20 Jahren durch. Um den Betrieb des Verbrennungskessels unter einem erhöhten Druck zu ermöglichen, ist die gesamte Verbrennungsanlage in einem Druckbehälter eingebaut, in den verdichtete Verbrennungsluft unter erhöhtem Druck zugeführt wird. Diese Luft, die als Wärmeschutz der äußeren Druckummantelung dient, wird nach Vorwärmen durch die Wärme aus dem Verbrennungskessel als Verbrennungsluft eingesetzt. Somit muss die Konstruktion der Verbrennungseinrichtung nicht in einer Druckausführung gebaut werden, weil auf beiden Seiten der Einrichtung der Druck in etwa gleich ist.

wurde im Jahre 2016 in Betrieb genommen und fängt jährlich etwa 1 Mio. t CO₂ auf.

Im Fall des Kohlekraftwerkes Thompson (Texas) wurde eine durch die Firma PETRA NOVA entwickelte Aminwäsche eingesetzt, die auf dem Kohleblock mit einer Leistung von 650 MW installiert ist. Die Einrichtung wurde im Jahre 2017 in Betrieb genommen und scheidet jährlich etwa 1,6 Mio. t CO₂ ab. Das aufgefangene Kohlendioxid in die nicht weit entfernte Erdöllagerstätte gepresst, wodurch die Ergiebigkeit der Lagerstätte wächst. Eine weitere Technologie, die zum Auffangen aus den Rauchgasen entwickelt wurde, ist ein Verfahren nach dem Prinzip CO₂-Adsorption mit Hilfe von unterschiedlichen Adsorptionsmitteln mit einer anschließenden thermischen Desorption des aufgefangenen CO₂ durch eine Erhöhung der Temperatur. Diese als VeloxoTherm bezeichnete Technologie wird durch die Firma Inventys entwickelt. Eine schematische Darstellung der Technologie VeloxoTherm befindet sich in der folgenden Abbildung Nr. 6.

Die einzelnen Segmente werden durch ein speziell strukturiertes Adsorptionsmittel auf Basis von Aktivkohle ausgefüllt. Aufnahmen der einzelnen Module, die die Füllung des Kreises bilden, befinden sich in Abb. 7. Das Abscheiden von CO₂ aus Rauchgasen findet in dem Adsorptionskreis unter Temperaturen von 50–60 °C (Rauchgase nach der Entschwefelungsanlage) statt. Eine Regenerierung des mit CO₂ gesättigten Sorptionsmittels erfolgt durch eine Erhitzung durch Wasserdampf, wobei eine Desorption von CO₂ in einer reinen Gestalt erfolgt. Nach einer anschließenden Abkühlung (Kondensation von Wasser) kann das CO₂ aus dem Gas verdichtet und verflüssigt werden. Einem praktischen Einsatz dieser Technologie steht aber eine bisher geringe Sorptionskapazität des Sorptionsmittels im Wege, das für das Auffangen CO₂ von verwendet wurde. Die Firma Mitsubishi arbeitet aber an der Entwicklung eines speziellen Sorptionsmittels auf Basis organischer Polyamine, die über eine wesentlich höhere Sorptionskapazität verfügen. Dieser Parameter hat einen maßgeblichen Einfluss auf die Betriebskosten dieser Technologie.

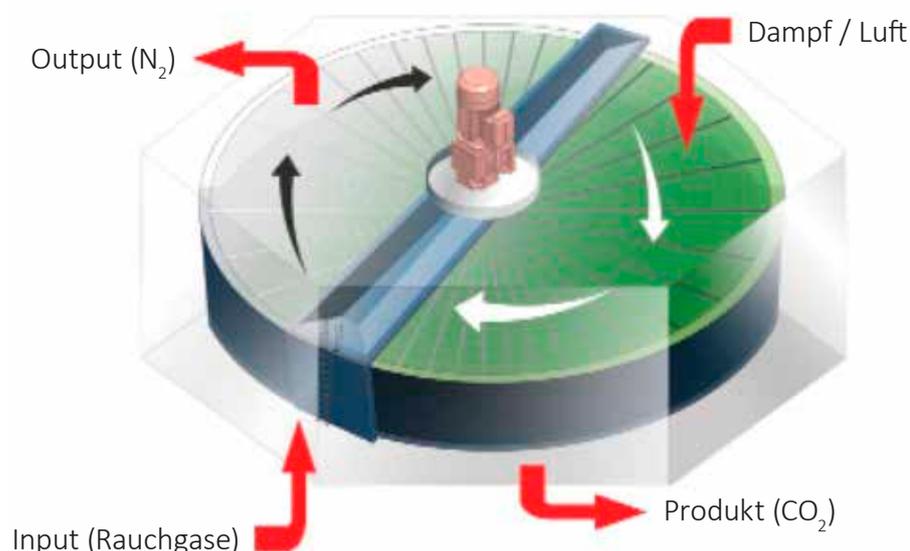


Abb. 6: Schema der Technologie VeloxoTherm

Quelle: <http://inventysinc.com/>

Technologien mit Carbonate looping process

Die Carbonate looping Prozesse werden speziell mit dem Ziel entwickelt, die während des Prozesses des Auffangens des freigesetzte Wärme zu nutzen, wodurch die Betriebskosten der Reinigungsanlage sowie der elektrische Nettowirkungsgrads der Blocks geringfügig im Vergleich mit anderen Technologien reduziert werden. Die Technologie Carbonate looping process arbeitet nach dem Prinzip der Chemisorption der Schadstoffe (SO₂, CO₂) durch günstige alkalische Sorbens, meistens CaO. Um eine ausreichende Geschwindigkeit der chemischen Reaktionen erreichen zu können, muss unter höheren Temperaturen gearbeitet werden (idealerweise um die 650 °C). Die während der Reaktionen von SO₂ und CO₂ mit dem Sorptionsmittel entstehende Wärme wird an das Rauchgas übergeben und kann für die Erzeugung von Hochdruckdampf verwendet werden. Die Regenerierung der Produkte aus der Reinigung erfolgt durch ihr Erhitzen auf Temperaturen von mehr als 850 °C, unter denen das während dem Prozess der Dekarbonation der Rauchgase entstehende Calciumkarbonat zurück zu Kalziumoxid und CO₂ mit einer hohen Konzentration zerlegt wird. Nach einer Abkühlung und Verdichtung kann es verflüssigt werden. Das während der Entschwefelung von Rauchgasen entstehende Calciumsulfat ist thermisch stabil. Bei Temperaturen bis 1 300 °C zerfällt es nicht. Deswegen muss es aus dem Prozess ausgeschieden und durch neuen Kalkstein ersetzt werden. Sowie die Einrichtungen zur Chemisorption von Schafstoffen aus Rauchgasen, so auch die Einrichtungen zur Regenerierung des Sorptionsmittels verwenden Wirbelschichtreaktoren, die eine hohe Geschwindigkeit des Austausches von Wärme und Masse gewährleisten können. Eine schematische Darstellung des Carbonate looping Prozesses befindet sich in Abb. 8. Die mit einer Wirbelschicht des Sorptionsmittels arbeitende Technologie Carbonate looping process hat folgende Vorteile:

- ein intensiverer Austausch von Wärme und Masse im Vergleich mit einer stationären Sorptionsschicht,
- eine geringere Größe der Einrichtung,
- gleiche Temperatur in dem gesamten Reaktorraum,
- gleichzeitige Entschwefelung und Dekarbonation der Rauchgase,
- Möglichkeit schwere Sulfatpartikel zu trennen, die in Folge der Reaktion des SO₂ mit dem Adsorbens entstehen.

Der Nachteil des Carbonate looping Prozesses ist die Tatsache, dass diese Technologie nicht in bereits betriebenen Kraftwerkblöcken verwendet werden kann, weil die Reinigungsanlage in dem Hochtemperaturteil



Abb. 7: Module der Füllung der einzelnen Segmente des Adsorptionskreises

Quelle: <http://inventysinc.com/>

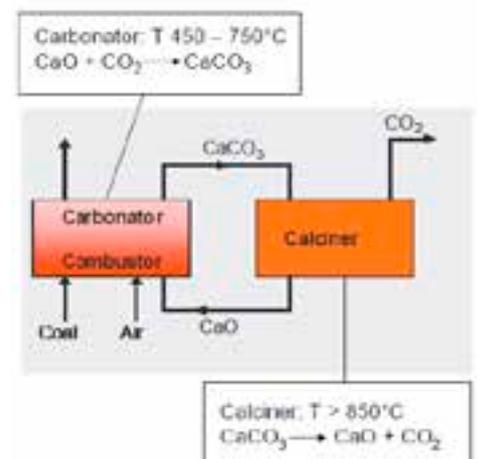


Abb. 8: Schema des Carbonate looping Prozesses.

Quelle: Forschung zur Hochtemperatursorption des CO₂ aus den Rauchgasen unter Anwendung des Carbonate looping process Výzkum Projekt Hitecarlo, NF-CZ08-OV-1-005-2015.

des Verbrennungstraktes eingebaut ist und eine andere Konstruktion der gesamten Anlage bedarf. Die Technologie Carbonate looping process wurde bisher nur in einem Pilotmaßstab zum Überprüfen und Testen des gesamten Prozesses umgesetzt. Die größte Piloteinrichtung ist im Kraftwerk La Pereda (Spanien) in Betrieb. Die Leistung der Einheit beträgt 1,7 MWth. Die Einrichtung arbeitet mit zwei Wirbelschichtreaktoren mit Durchmessern von 70 cm und Höhen 15 cm.

Fazit

Kohle ist mit Sicherheit ein Energie- und chemischer Rohstoff mit einer großen Zukunft. Für ihre Verarbeitung und Nutzung müssen aber moderne Technologien der Gruppe CCT eingesetzt werden, die über einen hohen Wirkungsgrad und geringere Umweltauswirkungen verfügen. Die Zukunft der Kohlenutzung hängt insbesondere von der Entwicklung der klimatischen Bedingungen ab, die zur Erhöhung der Temperatur auf der Erde führen. Wissenschaftlichen Modellen nach ist es unbedingt notwendig die CO₂-Konzentration in der Luft unter 0,045 vol% zu halten. Diese Konzentration sollte einen Anstieg der

durchschnittlichen Temperatur der Erde um höchstens 2 °C im Vergleich mit dem langjährigen Stand sicherstellen. Die Einhaltung der Konzentrationen von CO₂ in der Luft in den oben dargestellten Grenzwerten wird ohne die Installation von Technologien zum Auffangen von CO₂ aus Rauchgasen, die während der Verbrennung von Kohle und weiterer fossiler Brennstoffe entstehen, technisch nicht möglich sein. In den letzten 30 Jahren wurden dazu weltweit unterschiedliche Technologien entwickelt, von denen manche bereits auch praktisch umgesetzt wurden. Die Tschechische Republik, deren Energiemix insbesondere auf Braunkohle basiert, hat für die Umsetzung der Technologie zum Auffangen des CO₂ aus Rauchgasen gute Voraussetzungen (Kombikraftwerk in Doglasgrün). Die bereits betriebenen Braunkohlenkraftwerke werden perspektivisch mit Technologien zum Auffangen des CO₂ nachgerüstet, die nach dem Prinzip der Absorption oder Adsorption arbeiten. Bei neu gebauten Einrichtungen wird es vorteilhafter sein eine der Technologien zu wählen, die günstigere wirtschaftliche Kennziffern ausweisen (Oxy-fuel, Carbonate looping process). Die zuletzt erwähnte Technologie eignet sich sehr gut auch für das Auffangen von CO₂ aus

technologischen Einrichtungen (zum Beispiel Zementwerke). Die Einführung von CCT sowie Technologien zum Auffangen von CO₂ aus Rauchgasen in die Praxis ist keine Frage der technologischen Grenzen, sondern eine Angelegenheit politischer Entscheidungen. Die Zukunft unseres Planeten hängt davon ab, wie gut und wie schnell alles umgesetzt werden kann. Zeit bleibt nicht mehr viel übrig.

Doc. Ing. Karel Ciahotný, CSc.,

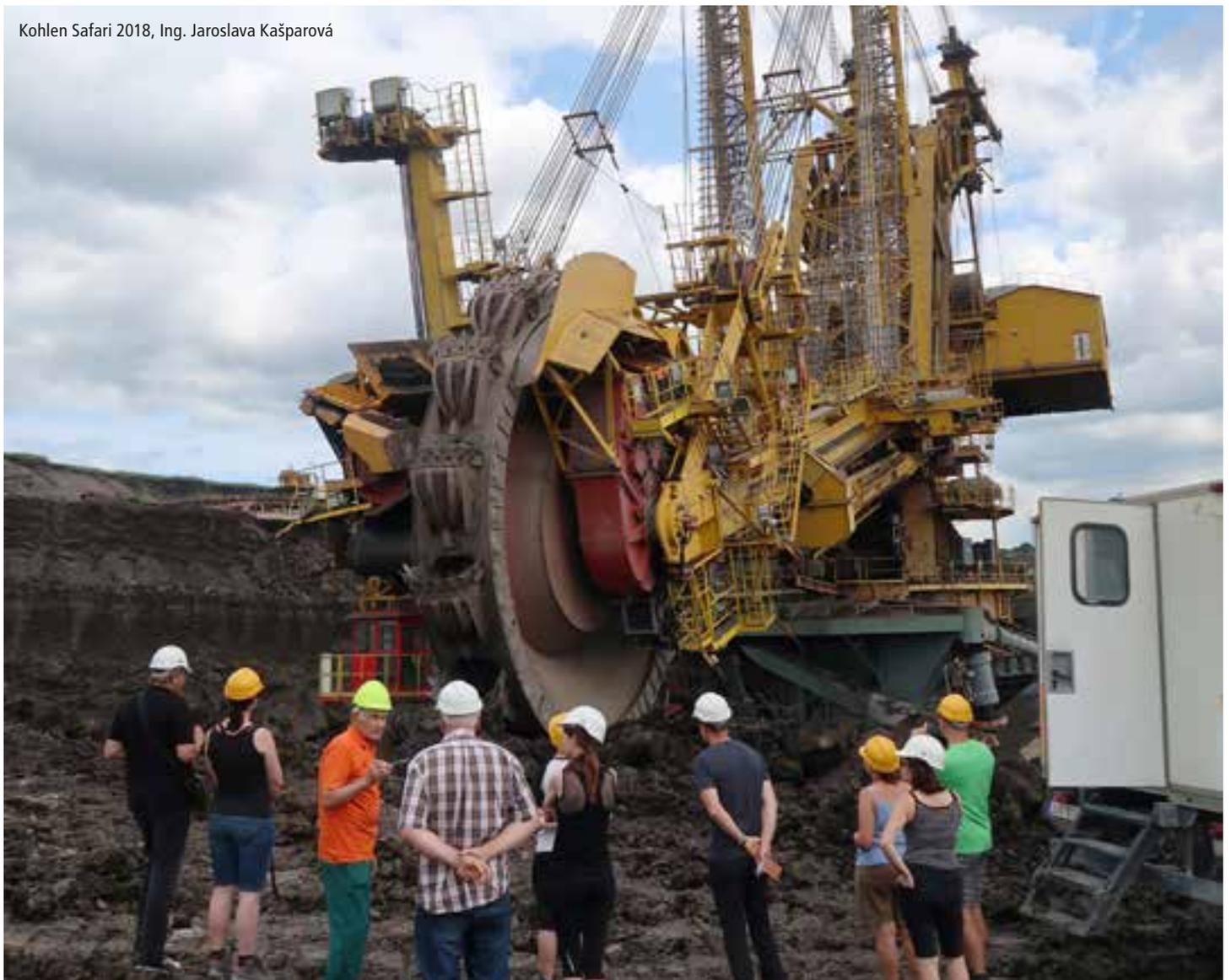
Ing. Alice Vagenknechtová, Ph.D.

Institut für gasförmige und feste Brennstoffe und Luftschutz

Hochschule für chemische Technologien in Prag



Kohlen Safari 2018, Ing. Jaroslava Kašparová



Neue Zukunftstechnologien der Kohlevergasung

1. Einführung

Der Begriff Vergasung wird allgemein für eine thermische Umwandlung insbesondere fester Brennstoffe zur gasförmigen Kraftstoffen verwendet. So kann zum Beispiel die Kohle zu Brenn- oder Synthesegas umgewandelt werden, das sich insbesondere aus Wasserstoff und Kohlenoxid zusammensetzt. Der Grund für eine Vergasung von Kohle und Mitvergasung von Biomasse und Abfall kann eine folgende bessere Nutzung, Transport etc. des gasförmigen Brennstoffes, Herstellung von Chemikalien, flüssiger Brennstoffe und oftmals die Erzeugung von Gas für eine effektive Nutzung in kombinierten Zyklen mit einer hoch wirksamen Erzeugung von Strom sowie Kraft-Wärme-Kopplung sein. Die für die Vergasung vorgesehenen festen Brennstoffe umfassen Kohle, Biomasse (hauptsächlich Holz), petrochemischen Koks, brennbare Schiefer, Scheröle und festen Abfall. Die Umwandlung des Synthesegases zu flüssigen Kraftstoffen wird auch durch eine Umwandlung von CH_4 sowie weiterer Kohlenwasserstoffe zu CO und einer katalytischen Umwandlung eines Teiles von CO zu CO_2 mit Hilfe einer Reaktion mit Wasserdampf (sog. WGS-Verfahren) begleitet, mit dem das Verhältnis von H_2/CO im Gas angepasst wird, das nachfolgend zur Erzeugung von flüssigen Kraftstoffen durch katalytische Prozesse (zum Fischer-Tropsch-Verfahren) dient. Am wichtigsten und zum eigentlichen Begriff der Vergasung steht am nächsten die Vergasung von festen Brennstoffen.

Die Umwandlung von festen zu gasförmigen Brennstoffen umfasst allgemein folgende Prozesse:

1. Verdunstung der Feuchtigkeit
2. Pyrolyse und eine folgende Freisetzung von flüchtigen Stoffen
3. Sekundäre Reaktion flüchtiger Stoffe in der Gasphase
4. Heterogene Reaktion des kohlenstoffhaltigen Überrestes auf Gase (Brennen und die eigentliche Vergasung von Kohlenstoff)
5. Umwandlung mineralischer Stoffe aus ursprünglichem Brennstoff zu Asche.
6. Als Wärmequelle dienen entweder Verbrennungsreaktionen (exotherme Reaktionen) oder eine Zufuhr der Wärme aus der Umgebung.

2. Technologie zur Vergasung von Kohle

Vergasungseinrichtung für kombinierte Gas-Dampf-Prozesse (IG CC) [1-3].

Die grundlegende Gliederung der Vergasungstechnologien erfolgt auf Grundlage der Größe der Kohlenpartikel, ihrer Bewegung in der Anlage und der Betriebstemperatur. Auf Grundlage dieser Kennwerte werden die Vergasungstechnologien in der Regel in drei Typen gegliedert: mit einer unbeweglichen oder langsam sich bewegenden Schicht größerer Kohlepartikel (mehr als etwa 10 mm), mit einer Wirbelschicht (stationär oder zirkulierend) und

mit Flugstromvergasung (entrained flow gasification) von kleinen Kohlepartikel (kleiner als 0,1 mm).

Bei Vergasungsreaktoren mit einem sinkenden Durchsatz der Kohlepartikel (zum Beispiel im Kombinat in Dolgasgrün (Vřesová) werden Druckverfahren genutzt, die Kohle wird von oben eingeführt und wandert langsam in den unteren Teil des Reaktoren, wo Sauerstoff mit Wasserdampf eingeblasen werden. Dort befindet sich die höchste Temperatur (die Temperatur steigt in Richtung nach unten). Die Temperatur im unteren Teil des Reaktoren liegt entweder unter der Schmelztemperatur der Asche oder (im Fall einer Schmelzanordnung, Typ BGL) über dem Schmelzpunkt der Asche. In Folge von relativ geringeren Temperaturen im oberen Teil des Reaktors, von wo aus das Rohgas abgeleitet wird, befindet sich im Rohgas eine relativ hohe Konzentration von Teerverbindungen. Für die Einbringung der Kohle ist ein sog. pressurized lock hoppers system notwendig.

Die Vergaser mit Wirbelschicht zeichnen sich dadurch aus, dass das gasförmige Vergasungsmedium (Mischung Luft / Dampf oder O_2 / Dampf) gleichzeitig die Schicht von Kohle- und Aschepartikel im Schweben aufrechterhält. Das Temperaturfeld ist in der Wirbelschicht ausgeglichen (isotherm), die Temperatur in der Wirbelschicht (in der Regel 830–920 °C) liegt unter dem Schmelzpunkt der Aschen, um eine Agglomeration von Aschenpartikeln verhindern zu können. Je nach dem Typ der Einrichtung wird die meiste Asche mittels einer Einrichtung mit zirkulierender Wirbelschicht oder aus der Wirbelschicht als sog. Kesselsand abgeführt. In Folge von Bedingungen für eine Vergasung erreicht die Konversion der Kohle niemals 100% (es bestehen Verluste der Kohlenstoffe in der Asche) und das Rohgas beinhaltet die üblicherweise bedeutende Konzentration von aromatischen Teerverbindungen. Einrichtungen mit einer Wirbelschicht können unter atmosphärischem Druck, sowie auch unter erhöhten Druck betrieben werden.

Im Fall der Brennervergasung kann es oben oder in der Nähe der Sohle des Reaktors durch Seitenbrenner zu folgendem Effekt kommen: Die Kohlepartikel können sich nach oben oder nach unten bewegen. Zur Vergasung wird eine Mischung $\text{O}_2/\text{H}_2\text{O}$ Dampf verwendet, um eine höhere Temperatur erreichen zu können (in der Regel über 1300 °C), die über dem Schmelzpunkt der Asche liegt. Die Asche wird somit in Gestalt von Schmelze abgeführt. In einem Verfahren, in dem sich die Partikel in Richtung nach oben sowie nach unten bewegen, bewegt sich auch das Rohgas in dieselbe Richtung wie die Partikel. Das Temperaturprofil im Brennervergaser liegt praktisch in der Nähe isothermaler Eigenschaften mit Ausnahme von Gebieten, in denen insbesondere die Verbrennung stattfindet. Der Aufenthalt eines Teiles der Kohle im Vergaser ist kurz, einige Sekunden. Der Vorteil der hohen Temperatur beruht darin, dass die teerhaltigen Stoffe (das Gas ist eine Mischung aus H_2 , CO , CO_2 , H_2O und ein bisschen CH_4) sich thermisch zerlegen (zum Beispiel Erzeugung

von Hochdruckdampf). Im Fall der Brennervergasung kann auch ein zweistufiges Verfahren genutzt werden. Die kommerziellen Brennervergaser für einen höheren Betriebsdruck mit Abführung der geschmolzenen Asche und Nutzung der spürbaren Wärme des erzeugten Gases sind für IGCC Anwendungen sowie für die Herstellung von Wasserstoff, Ammoniak und Methanol sehr nützlich, weil sie im Rohgas keine Teere beinhalten. Einige Typen der Gestaltung der Brenner, die durch die Firmen GE, Shell, Siemens, CB&I, MHI und Thyssen-Krupp entwickelt und gebaut wurden, haben ihre sehr gute Nutzbarkeit für diese Zwecke nachgewiesen [1-2] (IGCC und Polygeneration für die Erzeugung von chemischen Stoffen).

3. Neue Technologien zur Kohlevergasung und Kombination IGCC mit Auffangen von CO_2 (IGCC-CCS Verfahren)

3.1 Neue Verfahren mit einer Kombination eines langsam sich bewegenden Bettes und einer Wirbelschicht mit innerer Zirkulation (INCI).

Für die Vergasung von qualitativ minderwertiger Kohle mit hohem Aschegehalt, insbesondere der Staubüberreste (unterhalb von 0,25 mm) aus der Kohleförderung und Aufbereitung und um die Investitionskosten zu reduzieren wurde die INCI Technologie entwickelt [1,4,5]. Diese Technologie (Abb. 1) nutzt am Input trockene Kohle und basiert auf einer Kombination einer langsam sich bewegenden Schicht sowie der Wirbelschicht in einer Kammer. Die einströmenden Gase werden in zwei Ströme aufgeteilt (in die sich bewegende Schicht und zur Entwicklung einer springenden Wirbelschicht) Gasmischungen können Sauerstoff mit Wasserdampf, O_2+CO_2 oder auch kombinierte Mischungen enthalten, sogar Mischungen mit einer geringeren Konzentration von Stickstoff. Die Ausgangstemperaturen der Gase können (je nach Eigenschaften der Aschen) etwa 1000 bis 1100 °C betragen, der Betriebsdruck 20–30 Bar, wodurch der Sauerstoffbedarf des Verbrennungsprozesses sowie die Freisetzung von Wärme im Vergleich mit der Brennervergasung reduziert werden. Die Asche ist nicht zerschmolzen, sie kann zusammenbacken und in den unteren Teil absteigen, in dem aber der Kohlenstoff auch in den Aschenagglomeraten oxidiert und vergast wird. Der abgehende Kesselsand soll angeblich unter 5% Kohlenstoff beinhalten. Es wird angegeben, dass durch dieses Konzept gegenüber der Brennervergasung der Wirkungsgrad von IGCC um etwa 3–5% bei einer Reduzierung der investiven Kosten um 20–30% verbessert wird. Das ausgeleitete Gas hat bei einer Temperatur von etwa 1050 °C, bereits einen nur geringen Teergehalt. Weitere Energieeinsparungen können durch eine passende Gestaltung der Abkühlung des Rohgases (für eine weitere Reinigung unter Nutzung der Absorption)

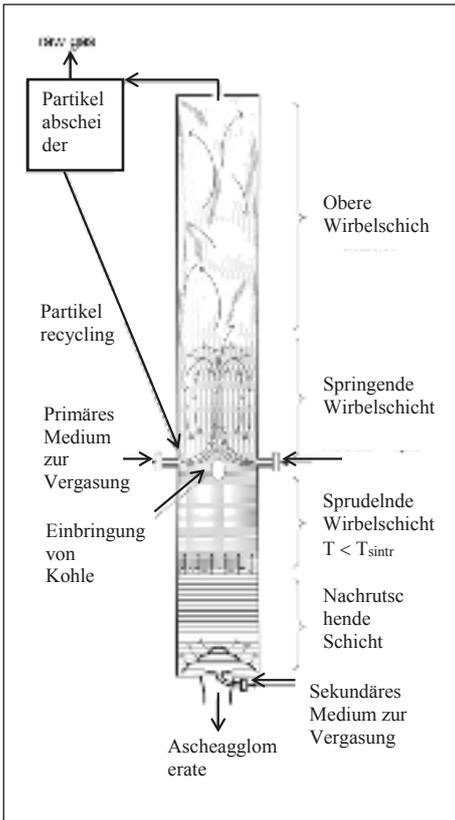


Abb. Schema eines INCI-Reaktors mit Kombination einer kriechenden Schicht im unteren Teil des Vergasers und einer Wirbelschicht mit innerer Zirkulation im oberen Teil des Reaktors [4]

unter Anwendung der fühlbaren Wärme zur Erhitzung und Erzeugung von Dampf erreicht werden [4,5].

3.2 Zweistufige Brennertechnologie TPRI

In China (Huaneng Clean Energy Research Institute) wurde ein zweistufiges Verbrennungsverfahren zur Vergasung (bekannt als TPRI Vergaser) entwickelt, das auf einer zweistufigen Einbringung trockener Kohle in den Vergaser

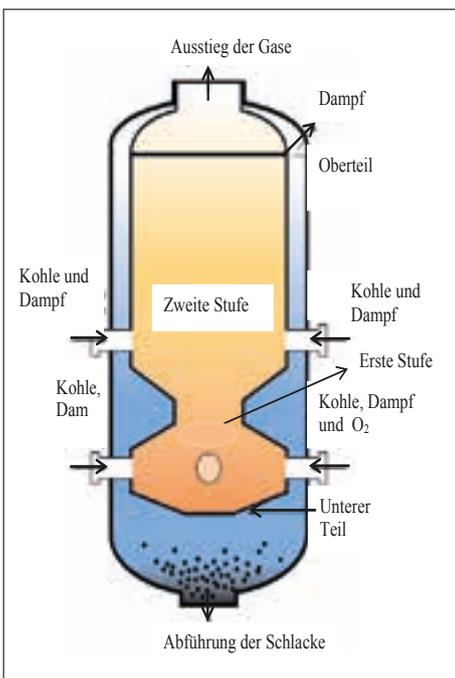


Abb. 2: Zweistufiger Brennergaser TPRI [2]

basiert. In der unteren Stufe des Reaktors werden Kohle (etwa 80% der Gesamtmenge) mit Sauerstoff und Wasserdampf eingebracht. Dabei ist der Hauptprozess das Brennen (Temperatur über 1400 °C). In der oberen Stufe werden Kohle (etwa 20% der Gesamtmenge) und Wasserdampf für die Nutzung der Wärme aus dem unteren Teil der Vergasung eingebracht (Abb. 2). Die Temperatur des ausgeleiteten Rohgases beträgt etwa 900 °C. Die Einrichtung kann mit einem Kühler für die Wärmenutzung zur Erzeugung von Dampf oder mit einer Direktkühlung durch Verdunstung von Wasser gebaut werden (insbesondere für eine anschließende WGS-Reaktion und Erzeugung von Chemikalien und Brennstoffen). Als Brennstoff kann Steinkohle sowie Braunkohle, petrochemischer Koks etc. verwendet werden. Zum Testen der Anwendbarkeit dieser Technologie und des Wirkungsgrades der Vergasung wurde eine Pilotanlage mit einer Kapazität von 36 t Kohle / Tag errichtet. Die Umwandlung des Kohlenstoffes erreichte mehr als 98,9% bei einem energetischen Wirkungsgrad (wie Kaltgas) über 83%. [1,2].

3.3 Die IGCC-Technologie zur Erreichung von höheren Konzentrationen von CO₂ für CCS-Prozesse

Die Prinzipien der Oxy-fuel-Vergasung gehen von demselben Prinzip aus wie die Oxy-fuel-Verbrennung, d.h. Ersatz der Luft durch eine Mischung aus Sauerstoff und CO₂. Anschließend werden eine Reinigung des erzeugten Gases unter hohen Temperaturen, Verbrennung des Gases in einer Kammer mit Hilfe einer Mischung aus Sauerstoff und CO₂ [5,6], Nutzung der Abwärme der Rauchgase zur Erzeugung von Dampf, ein Dampfkreislauf mit Dampfturbine, Abkühlung der Rauchgase, Ausscheidung des CO₂ im Gaswäscher und eine teilweise Nutzung des CO₂ zur Vergasung und für die Sequestration oder Anwendung der Methode CCU vorausgesetzt. Das Schema der Einrichtung ist auf Abb. 3 dargestellt [5,6]. Das erhitzte Rohgas für die Reinigung muss verdünnt werden, weil eine hohe

Konzentration von CO im Rohgas bei einer Abkühlung auf 400–700 °C zur Erzeugung von Ruß führt. Um die Rußbildung zu reduzieren, wird das Gas durch heiße Rauchgase verdünnt, die CO₂ und Wasserdampf beinhalten [5,6]. Nur Wasserdampf wäre für eine Verdünnung nicht geeignet, weil dadurch die ausgewogene Konzentration von H₂S in dem gewaschenen Gas wesentlich ansteigen würde [5,6] bei Anwendung von Sorptionsmittel von Schwefelverbindungen auf Basis ZnO und ZnFe2O4. Der Vorteil des mit IGCC verbundenen Oxyfuel-Verfahrens ist insgesamt ein höherer Wirkungsgrad des gesamten Prozesses (etwa 40–42%) im Vergleich mit IGCC mit Ausscheidung von CO₂ nach der Absenkung der Temperatur des Gases, Anwendung eines WGS-Prozesses nach einem Anstieg der Konzentration von CO₂ und Ausscheiden des CO₂ mit Hilfe von klassischen Verfahren. Der Wirkungsgrad einer solchen Kombination IGCC + CCS liegt unterhalb von 33%.

3.4 Verfahren, die eine Kombination der Vergasung und der Brennstoffzellen (IGFC) nutzen

Eine weitere Möglichkeit, wie der Wirkungsgrad der Erzeugung von Strom auf Basis des Verfahrens zur Vergasung von Kohle gesteigert werden kann, stellt eine Kombination der Vergasung, einer Reinigung des Brenngases unter hohen Temperaturen und der Einsatz von Brennstoffzellen dar. Vorteilhafter erscheinen für diesen Zweck Brennstoffzellen des Typs SOFC (Solid Oxide Fuel Cell) zu sein, weil sie unter höheren Temperatur (mehr als 700 °C) arbeiten und einen höheren Wirkungsgrad erreichen können. Als Brennstoff kann sogar auch Methan, eine Mischung CO+H₂ etc. eingesetzt werden, insbesondere unter Anwendung einer inneren Reformierung zur Umwandlung des Brennstoffes zu Wasserstoff. Abb. 4 [8, 9]. Einrichtungen auf Basis der Kohlevergasung in Kombination mit SOFC können einen gesamten Wirkungsgrad der Stromerzeugung von mehr als 52% erreichen.

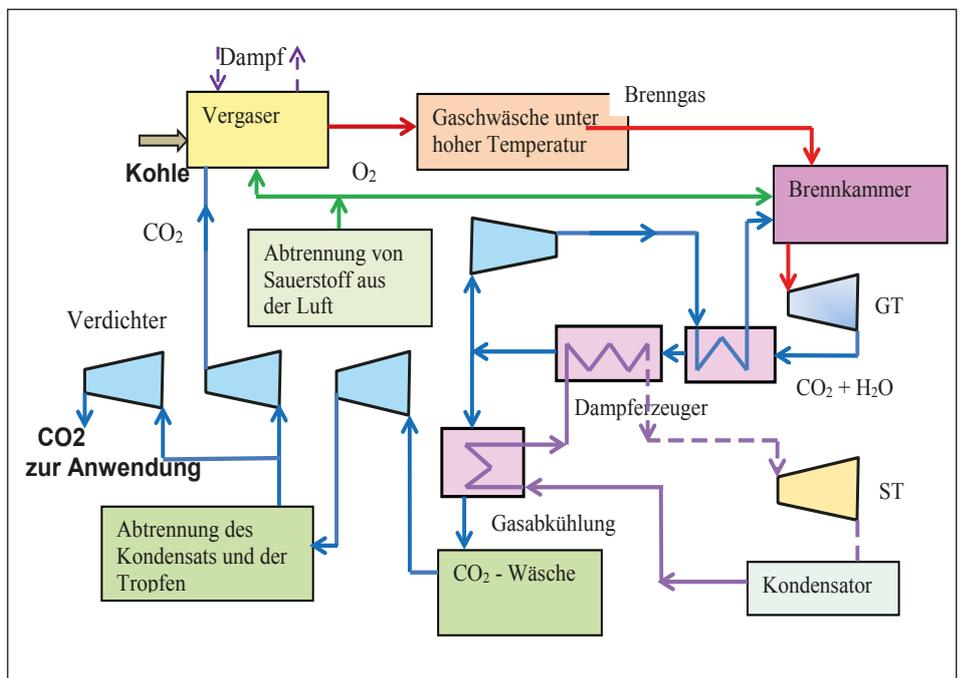


Abb. 3: Schema eines hoch wirksamen Oxyfuel IGCC Systems für die Ausscheidung und Nutzung von CO₂ [6]

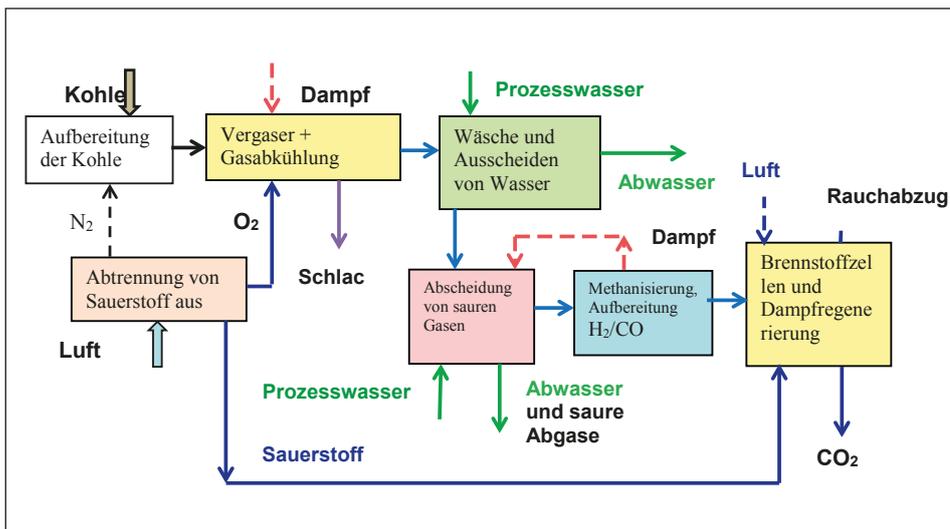


Abb. 4: Vereinfachtes Schema einer Integration der Vergasung und Nutzung der Brennstoffzellen (IGFC) [8].

Allgemein ergibt sich aus Untersuchungen, dass eine Integration von IGFC mit einem CCS-Prozess zur Abscheidung von CO₂ [10, 11] eine nur geringe Reduzierung des gesamten Wirkungsgrads (etwa 3–4%) im Vergleich mit einer Kombination des klassischen IGCC mit einem CCS-Prozess zur Folge hat, bei dem der Verlust des Wirkungsgrades mehr als 5 % (etwa 5–10%) beträgt. Eine Demonstrationseinrichtung mit einer Kombination von IGFC und CCS ist in Japan geplant (Durchführung in diesem oder im folgenden Jahr). Das Problem ist, dass die Reinigung von Brenngasen unter mittleren und hohen Temperaturen [11] sowie Probleme mit einer langfristigeren Zuverlässigkeit der Brennstoffzellen des Typs SOFC technologisch ungelöst sind.

4. Fazit:

Obwohl die überwiegende Mehrheit großer Einrichtungen, die IGCC zur Erzeugung von Strom verwenden, in Europa sowie in den USA wegen ihrer mangelnden Effizienz stillgelegt wurden (zum Beispiel Elcogas in Spanien, Buggenum in den Niederlanden, das Kemper-Projekt in den USA etc), besteht in China, Indien, Kasachstan, Brasilien sowie in weiteren Ländern Interesse an Vergasungstechnologien auf Basis von Kohle insbesondere für die Erzeugung von Wasserstoff, Erdgas und chemischer

Stoffe (Ammoniak, Methanol, Harnstoff etc.). Die technologische Entwicklung im Bereich der Kohlevergasung zur Erzeugung von Strom sowie des Synthesegases im Rahmen von IGCC und Polygeneration findet auch weiterhin statt. Das Ergebnis sind neue Konzepte zur effektiven Vergasung aschehaltiger Kohle unter Nutzung einer Kombination aus nachrutschender Schicht und einer Wirbelschicht mit innerer Zirkulation, einer neuen Variante einer mehrstufigen Brennervergasung und Bemühungen um eine Integration von IGCC Prozessen mit Auffangen von CO₂ (IGCC+CCS und Oxyuel IGCC). Eine Neuerscheinung sind Projekte, die sich um eine effektive Integration von IGCC mit Hochtemperatur-Brennstoffzellen bemühen.

Ähnlich wie bei den Verbrennungsprozessen finden auch im Bereich der Vergasung Bemühungen statt, Metalloxide für die Übertragung von Sauerstoff zu nutzen, um somit den relativ kostspieligen, aus der Luft abgetrennten Sauerstoff einzusparen.

Technologisch und wirtschaftlich müssen im Fall der Technologien für die Vergasung von Kohle (IGCC, Herstellung von Wasserstoff und chemischer Stoffe) eine billigere Trennung des Sauerstoffes aus der Luft, eine effektive Einbringung der trockenen Kohle in die Druckvergasung und eine wirksame und aus der Sicht

des Wirkungsgrads effektive Kühlung des Rohgases gelöst werden. Eine der wichtigsten Forschungsaufgaben bleibt aber eine praktisch anwendbare Gasreinigung unter mittleren und hohen Temperaturen (Ausscheidung von H₂S, HCl etc.) mit Hilfe von festen, am besten regenerierbaren Sorptionsmitteln, um die fühlbare Wärme des erzeugten Brennstoffgases ohne kompliziertem Wärmeaustausch effektiver nutzen zu können. Im Zusammenhang mit der Abfallproduktion handelt es sich ebenfalls um die Möglichkeiten einer Mitvergasung der Abfallbiomasse und vorsortierter Plaste mit Kohle. Die Anwendbarkeit solcher Konzepte und praktische Einschränkungen (Korrosion, Absätze, Gasreinigung, Auswirkungen auf den Heizwert des erzeugten Gases, technologische Probleme) wurden zum Teil in großtechnischen Anlagen mit unterschiedlichen Typen der Vergasungstechnologie überprüft.

Trotz eines unstrittigen Fortschrittes in der Entwicklung von Methan einer unterirdischen Kohlevergasung (UCG) zur Erzeugung von rohem Brennstoffgas ist diese Technologie auch weiterhin relativ risikobehaftet und von geologischen Voraussetzungen, Eigenschaften des Gesteins, der Kohle sowie dem Vorkommen von Grundwasser abhängig. Insbesondere in dicht besiedelten Gebieten stellt die Nutzung einer unterirdischen Kohlevergasung auch weiterhin eine Gefahr dar.

Doc. Ing. Karel Svoboda, CSc.,

doc. Ing. Michael Pohořelý, Ph.D.

Institut für chemische Prozesse der Akademie der Wissenschaften der Tschechischen Republik



5. Literatur – Referenzen

1. Integrated gasification combined cycle (IGCC) Technologies, Edited by Ting Wang and Gary Stiegel, Woodhead Publishing Series in Energy, Elsevier 2017, ISBN 978-0-08-100167-7 (print version).
2. Minchener A.: Challenges and opportunities for coal gasification in developing countries, IEA Clean Coal Center, October 2013, ISBN 978-92-9029-545-7.
3. Kapr S., Jonát Z. Záruba P.: Operational experience with coal gasification in Vřesová, Prezentace Sokolovskám Uhelná a.s. 2016.
4. Schimpke, R., Laugwitz, A., Schurz, M., Krzack, S., Meyer, B.: Flow pattern Evaluation of the internal circulation gasifying principle. Fuel 147, 221–229 (2015).
5. Schurz M., Laugwitz A., Krzack S., Meyer B.: Comparison of Two Coal-Gasifier-Designs with Moving-Bed and Internal-Circulating-Fluidized-Bed Configuration in One Reactor, The Open Fuels & Energy Science J. 10, 48-67 (2017).
6. Oki, Y., Hara, S., Umemoto, S., Kidoguchi, K., Hamada, H., Kobayashi, M.: Development of high-efficiency oxy-fuel IGCC system. Energy Procedia 63, 471–475 (2014).
7. Kobayashi, M., Nakao, Y., Oki, Y.: Exhaust circulation into dry gas desulfurization process to prevent carbon deposition in an oxy-fuel IGCC power generation. Energy Convers. Manag. 87, 1315–1323 (2014).
8. Lanzini, A., Kreutz, T., Martelli, E., Santarelli, M., 2014. Energy and economic performance of novel integrated gasifier fuel cell (IGFC) cycles with carbon capture. Int. J. Greenhouse Gas Control 26, 169–184 (2014).
9. Li, M., Rao, A.D., Brouwer, J., Samuelsen, G.S.: Design of highly efficient coal-based integrated gasification fuel cell power plants. J. Power Sources 195 (17), 5707–5718 (2010).
10. Li, M., Rao, A.D., Brouwer, J., Samuelsen, G.S.: Effects of carbon capture on the performance of an advanced coal-based integrated gasification fuel cell system. Proc. Inst. Mech. Eng. A: J. Power Energy 225 (2), 208–218 (2011).
11. Giuffrida, A., Romano, M.C., Lozza, G.: Efficiency enhancement in IGCC power Plants with air-blown gasification and hot gas clean-up. Energy 53, 221–229 (2013).

Das kontroverse CO₂ – eine technologische Herausforderung

Bereits in der Vergangenheit konnte die wissenschaftliche Gemeinde ihre wichtige Rolle unter Beweis stellen, in dem etwa zwei Jahre nach der Entdeckung des Ozonloches – also 1987 – Vertreter mancher Länder das Montrealer Protokoll über Stoffe, die zu einem Abbau der Ozonschicht beitragen, unterzeichnet haben. Folgend wurde begonnen an einer Ausscheidung der Freons, bzw. der Fluorchlorkohlenwasserstoffen (FCKW) zu arbeiten. Diese bleiben zwar in der Atmosphäre eine sehr lange Zeit bestehen, doch die Erde erholt sich bereits offensichtlich und das Ozonloch schließt sich.

Heute gilt die Aufmerksamkeit der Menschheit dem globalen Klimawandel. Als Ursache sehen die meisten Wissenschaftlicher den weltweiten Ausstoß von Treibhausgasen, die den höchsten Beitrag zu dem sog. Treibhauseffekt leisten. Die FCKW, die den größten Teil an der Entwicklung des Treibhauseffektes hatten (und auch weiterhin haben), werden gegenwärtig, insbesondere durch den Ausstoß von Methan (CH₄) und Kohlendioxid (CO₂), ersetzt. Aus der Sicht des Treibhauseffektes ist Methan das aggressivere Gas. In Folge des Schmelzens des Permafrost werden immer größere Mengen dieses Gases freigesetzt. Die Aufmerksamkeit ist aber insbesondere auf das am meisten verbreitete Treibhausgas CO₂ ausgerichtet, das dermaßen verbreitet ist, dass sein Anteil am Treibhauseffekt der größte ist.

Die Entwicklung des Lebens auf der Welt führte in der Vergangenheit zur Abnahme des Gehalts an in der Atmosphäre, da Kohlenstoff zusammen mit den Körpern toter Pflanzen und Tiere in Schichten von Kalkstein, Dolomit und biogener Sedimente abgelagert wurde, die heute als Lagerstätte fossiler Brennstoffe (Kohle, Erdöl, Gas) bekannt sind. Dieser Zustand, in dem sich die Schwankungen der Temperaturen um einen ausgewogenen Mittelpunkt bewegten, blieb bis vor Kurzem erhalten. Dieses Gleichgewicht konnte erst durch die Entwicklung der Industrie beeinträchtigt werden. Dadurch, dass die Menschen während der letzten 150 Jahre einen großen Teil der weltweiten Vorräte an fossilen Brennstoffen verbrannt haben, setzten sie in einer sehr kurzen Zeit riesige CO₂-Mengen in die Atmosphäre frei. Die Konzentration von CO₂ betrug im Mittelalter 280 ppm (Partikel pro eine Million), im Jahre 2015 schon 400 ppm und im Jahre 2016 werden durch die WMO (World Meteorological Organization) bereits Rekordwerte von 403,3 ppm angegeben. Der WMO nach sind es 145 Prozent der Mengen an CO₂ in der vorindustriellen Zeit, also vor 1750, für das die Strahleneffizienz (W/m²) als Ausgangswert mit Null festgelegt wurde. Der Anteil an Kohlendioxid an der Gesamtmenge der Treibhausgase beträgt an die 60%, des Methans 20% und das restliche ein Fünftel wird zwischen den sonstigen Gase aufgeteilt.

Noch vor einem Vierteljahrhundert konzentrierte sich die Aufmerksamkeit der Autofahrer auf das sehr giftige Kohlenoxid (CO). Nach einer

massenhaften Einführung von Katalysatoren, in denen das giftige CO zum „nur“ nicht atembaren Kohlendioxid (CO₂) umgewandelt wird, nahm die Gefahr von Vergiftungen in geschlossenen Räumen von Garagen wesentlich ab. Heute ist es also das Kohlendioxid (CO₂), das zum Synonym für die globale Erwärmung wurde.

Das Kohlendioxid wurde zum Phänomen der heutigen Zeit. Doch was wissen wir kann gestrichen werden über dieses Gas alles?

Was ist eigentlich das CO₂ und schadet die Einatmung von CO₂ der Gesundheit?

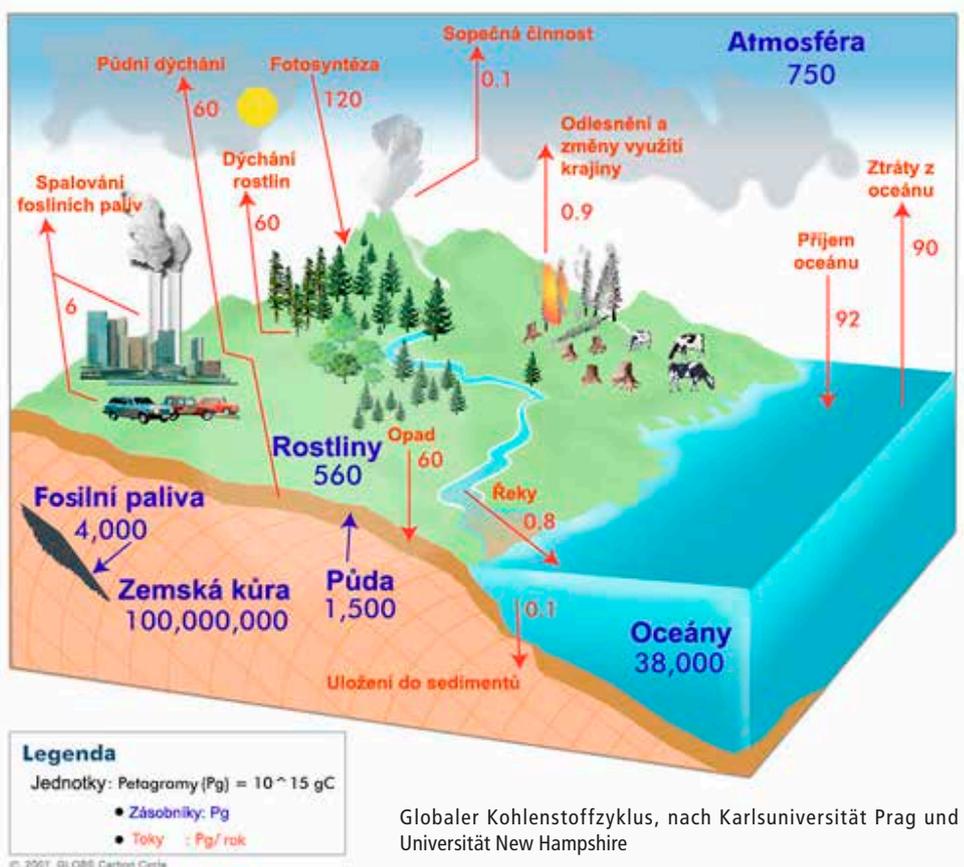
Ein Kohlendioxidmolekül ist eine Verbindung von zwei Sauerstoff- und einen Kohlenstoffatom. Sie entsteht während der Verbrennung von kohlenstoffhaltigen Brennstoffen, aber auch während dem gewöhnlichen Atmen. Es handelt sich um ein geschmack- und geruchloses Gas. Im Unterschied zum CO (Kohlenoxid) ist das Kohlendioxid nicht

giftig. Es ist im Gegenteil ein Bestandteil von Lebensmittelprozessen im Bereich der kohlenstoffhaltigen Getränke.

Wie entsteht CO₂ in der Natur?

Das meiste in der Atmosphäre beinhalten Kohlendioxid ist natürlicher Herkunft. Es entstand zum Beispiel bei Vulkanausbrüchen, es entsteht während dem Kompostieren, bei Verbrennung von Biomasse etc. Das Kohlenstoffdioxid entsteht sogar während dem Atmen von lebendigen Wesen. Wenn wir aufatmen, wird Luft mit einer Konzentration von CO₂ von etwa 0,03% eingesaugt, nachdem die Luft unsere Lunge verlässt, beträgt die Konzentration von Kohlendioxid in der ausgeatmeten Luft etwa 4%.

Aus der Sicht der industriellen Zeit entsteht das Kohlendioxid insbesondere durch Verbrennung - eine Reaktion des Kohlenstoffes mit dem Wasserstoff (C + O₂ → CO₂), es handelt sich jedes Mal um eine exotherme Reaktion, bei der Wärme freigesetzt wird.



Globaler Kohlenstoffzyklus, nach Karlsuniversität Prag und Universität New Hampshire

Wie kann der CO₂ – Ausstoß bei meinem alten PKW berechnet werden?

Für viele kann es überraschend klingen, aber der Ausstoß von Kohlendioxid kann mit einer einfachen Schätzung berechnet werden. Ist der durchschnittliche Treibstoffverbrauch auf 100 km bekannt, werden die Liter von Benzin durch den Beiwert 23,69 (für Diesel 26,58) multipliziert, woraus sich die Produktion von CO₂ ergibt. So zum Beispiel entsprechen 7,0 Litern Benzin 166 g CO₂ pro 1 km.

Was ist der Kohlenstoffzyklus oder Kohlenstoffkreislauf auf der Erde?

Das Kohlenstoffdioxid ist eine der Formen, in der auf der Welt das wichtigste organische Element, der Kohlenstoff vorkommt. Dieser ist ein aktiver Bestandteil vieler Prozesse auf der Erdoberfläche. Ununterbrochen wandelt es zwischen den einzelnen Sphären der Erde, einschließlich der Atmosphäre. Dabei finden chemische Prozesse statt, in denen der Kohlenstoff in andere Verbindungen, nicht nur CO₂ gerät. Deswegen ist die Rede von einem „Kohlestoffzyklus“ oder auch „Kohlenstoffkreislauf“, was genauer ist. Der Kohlenstoffkreislauf funktioniert auf der Erde praktisch seit seiner Entstehung. Kohlenstoff wird durch die Pflanzen und Lebewesen in ihrer Biomasse gebunden. Während ihres Wachstums entnehmen sie aus der Atmosphäre den Kohlenstoff und wachsen somit. Jede Pflanze, jedes Tier, selbst auch der Mensch ist ein Vorrat an Kohlenstoff. Die Pflanze wird nach ihrem Absterben durch Organismen zerlegt, die durch ihr Atmen den Kohlenstoff in die Atmosphäre in Gestalt von CO₂ zurückgeben, aber sie speichern es auch im Boden ab. Wichtig ist die Rolle des Ozeans – das Kohlenstoffdioxid wird hier in dem kühlen Wasser an den Erdpolen aufgelöst. Hier wandelt es sich in einer Reaktion mit Wasser zur Kohlenstoffsäure (Carbonic acid – H₂CO₃) um und versauert so ganze Ozeane. In warmen tropischen Gewässern wird es im Gegenteil in die Atmosphäre freigesetzt. Daraus ergibt sich, dass eine allmähliche Erwärmung der Ozeane ihre Fähigkeit, Kohlenstoff zu absorbieren, verringern kann. Das kann zu einer Spirale eines markanten Anstieges von Konzentrationen in der Atmosphäre und einer weiteren Erwärmung führen. Ein großer Teil von Kohlenstoffdioxid wird durch marine Organismen, insbesondere durch Seetang, verbraucht, der bevorzugt in kalten Gewässern vorkommt. Eine bedeutende Menge wird auf dem Ozeangrund in Sedimenten in ozeanischen Becken abgelagert. Hier lagert es für eine Zeit von Millionen Jahren... Dank Veränderungen der letzten zwei Jahrhunderte nahm die Menge des im Ozean aufgelösten Kohlenstoffes wesentlich zu. Die Folge sind die sauersten Ozeane während der letzten 650 000 Jahre. Der Rückgang des pH-Wertes der Ozeane stellt eine Bedrohung, besonders für Korallenriffe

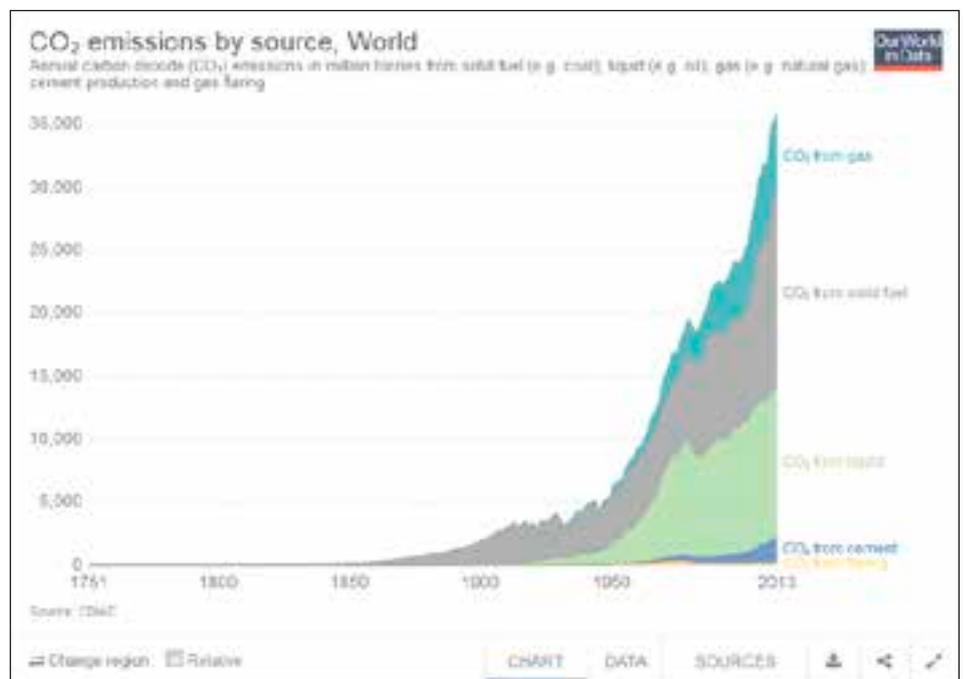
dar und kann zu weiteren ökologischen Problemen führen.

Die Kohlenstoffströme auf der Welt sind natürlich und sehr hoch. Auf der anderen Seite ist das Gleichgewicht zwischen der Zufuhr und Entnahme von Kohlenstoff aus der Atmosphäre sehr zerbrechlich und wurde in der Vergangenheit oft durch natürliche Prozesse beeinträchtigt. Die Menge des Kohlenstoffes in der Atmosphäre schwankte. Damit schwankten auch die Temperaturen.

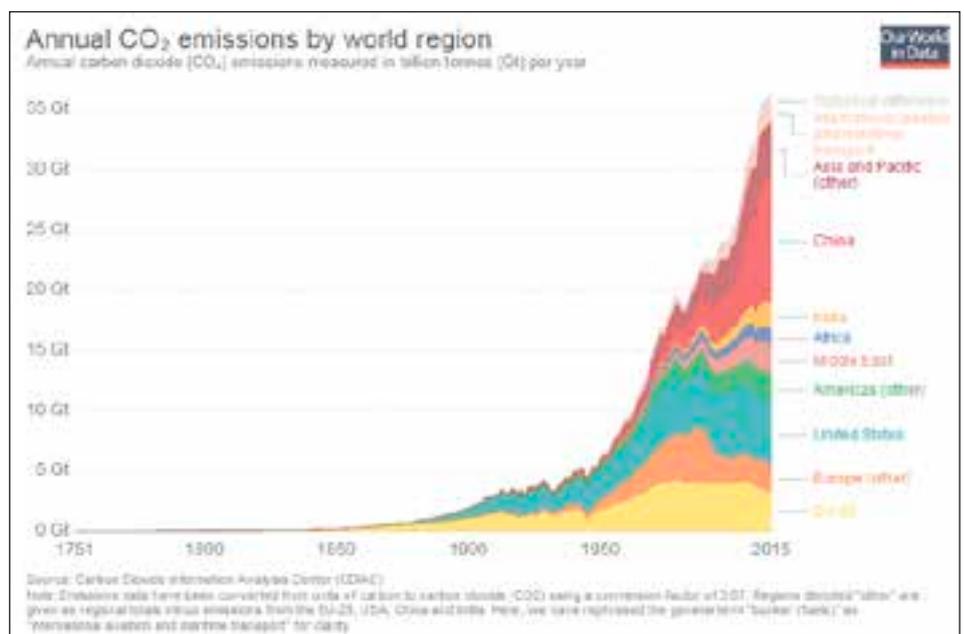
Die menschliche Tätigkeit wirkt sich auf den Kohlenstoffkreislauf wesentlich deutlicher erst seit dem 19. Jahrhundert aus. Insbesondere durch die Förderung und Verbrennung des tief gelagerten und von der Atmosphäre isolierten Kohlenstoffes

in Form von Erdöl und Kohle. Dadurch wird der Kohlenstoff in die Atmosphäre freigesetzt. Das würde auf einem natürlichen Weg nicht passieren. Dazu haben die Menschen die Entwaldung von umfangreichen Teilen der Erde zu verantworten. Dadurch kann Kohlenstoff nicht mehr in solchem Umfang in der Biomasse gebunden werden, wie es früher der Fall war (ein tiefer Wald bindet mehr Kohlenstoff, als ein aufgeackertes Feld).

Obwohl der Einfluss des Menschen im Rahmen der mächtigen Kohlenstoffströme auf der Welt nur gering ist und vernachlässigbar zu sein scheint, ist es gerade diese kleine Auswirkung, durch die das zerbrechliche Gleichgewicht beeinträchtigt wurde. Das zeigen auch Messungen mit Hilfe von Geräten.



Jahresausstoß nach der Quelle der Entstehung:



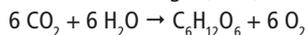
Jährliche Emissionen nach der Region

Im Hinblick dazu, dass der Anstieg der Konzentrationen mit dem Beginn der Industrialisierung übereinstimmt, wird der Einfluss des Menschen indirekt bewiesen. Der Gehalt an Kohlenstoff in der Atmosphäre nimmt zu, dass wirkt sich auf ihre physikalischen Eigenschaften aus.

Kohlenstoffdioxid aus chemischer Sicht

Das Kohlenstoffdioxid ist eine Verbindung von zwei chemischen Elementen. Es ist wichtig sich vor Augen zu führen, dass diese Elemente mit einer Doppelbindung (zwei bindende Elektronenpaare) $O=C=O$ gebunden sind. Einfach gesagt handelt es sich um eine relativ starke Bindung. Das bedeutet, dass für ihre Zerstörung mehr Energie gebraucht wird, oder andersrum – diese Verbindung ist relativ stabil und wenig reaktiv.

Das Kohlendioxid ist für das Leben auf der Erde unverzichtbar. In grünen Pflanzen wird das Kohlendioxid im Rahmen eines Verfahren assimiliert, das als Fotosynthese bezeichnet wird. Als Katalysator dient das Chlorophyll, notwendig ist auch Zufuhr von Quantenenergie (Licht):



Auch in der Chemie ist eine direkte Anwendung des Kohlenstoffdioxids relativ breit. Doch aus der Sicht einer weiteren energetischen Nutzung für weitere chemische Prozesse in Richtung einer energetischen Nutzung (Recyceln von Kohlenstoff) eignet sich mehr das Kohlenoxid (CO).

Kohlenstoffdioxid aus gesellschaftlicher Sicht – Pariser Abkommen

Im Rahmen der Klimakonvention der Vereinten Nationen, die an das Kyoto-Protokoll anschließt, wurde während der Klimakonferenz in Paris im Jahre 2015 ein Abkommen über die Reduzierung des Ausstoßes von Treibhausgasen beschlossen. Zugestimmt haben alle 195 Vertragsparteien und beschlossen wurde es am 12. Dezember 2015.

Das Abkommen trat in Kraft am 4. November 2016. In dem Abkommen werden Verpflichtung aller Vertragsparteien festgelegt, einschließlich der weltweit größten Produzenten von Treibhausgasen, wie China, Indien und die USA.

Am 1. 7. 2017 traten die USA aber von dem Abkommen ab. In der Tschechischen Republik wurde das Abkommen am 5. Oktober ratifiziert, in Kraft getreten ist es am 4. November 2017.

Das Anliegen des Abkommens ist unter anderem eine „Abstimmung der Finanzströme mit der Entwicklung von emissionsarmen Technologien“. Damit wird eine Finanzierung der Forschung gemeint, die auf eine Umwandlung von CO_2 sowie Entwicklung von kohlenstoffarmen Technologien allgemein ausgerichtet ist.

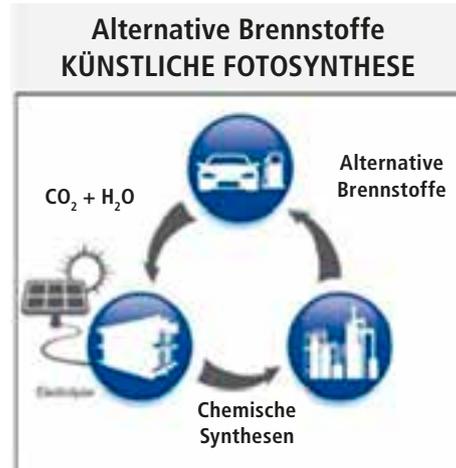
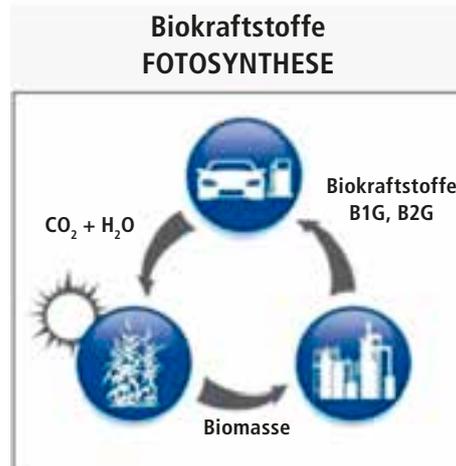
Antwort der Wissenschaft auf das Pariser Abkommen

Für die meisten der entwickelten Länder war das Pariser Abkommen ein starkes Signal für die Wissenschaft und Forschung. Da in dem Abkommen auch eine perspektivisch langfristige Garantie der Attraktivität der „Beseitigung“ des Kohlenstoffdioxids festgelegt wird, wurde es zu einem starken Impuls für die Erforschung der Problematik der Umwandlung von CO_2 .

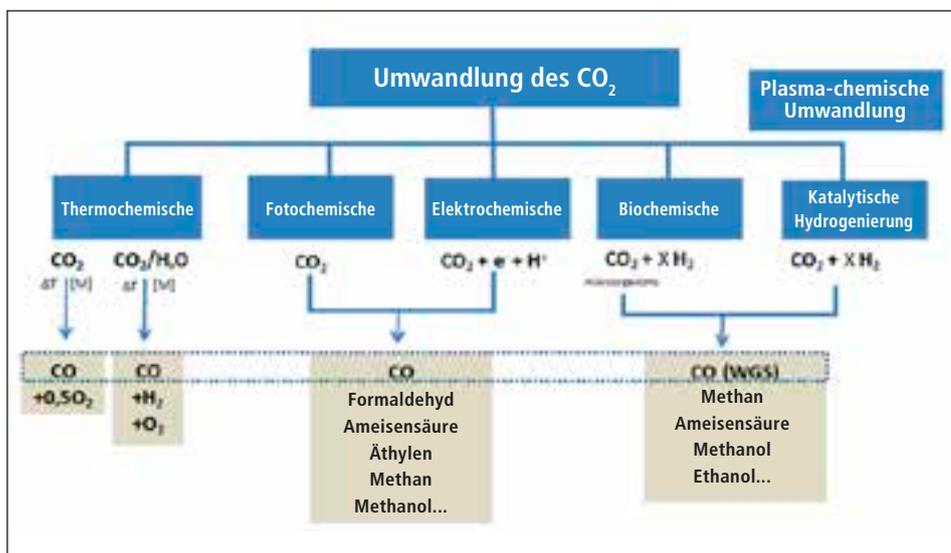
Die Tatsache ist, dass es sich um eine komplizierte, aber „unerschöpfbare“ Ressource handelt, deren anschließende Transformation keine Konflikte ausweist (im Unterschied zur Biomasse).

Die entwickelte Welt der chemischen Wissenschaft fasste dieses Thema als eine Herausforderung auf.

Es wird über eine künstliche Photosynthese (Artificial Photosynthesis) gesprochen, indem durch den Menschen natürliche Verfahren nachgemacht werden. Dabei wird aus konfliktlosen Ressourcen Wasser (bzw. Wasserstoff), Sonne (bzw. Quantenenergie) und CO_2 ausgegangen. Der klassische Ansatz im Fall von Biokraftstoffen der ersten Generation B1G oder der zweiten



Generation B2G nutzt Sonne, Wasser und Kohlenstoffdioxid zur Produktion von Biomasse, die folgend zu Biokraftstoffen umgewandelt wird. Die Effizienz der Nutzung der Energie durch Photosynthese ist dabei gering, sie bewegt sich in einzelnen Prozenten. Die Vorsicht im Umgang mit dem Begriff „unerschöpfbare Basis“ ist aber immer geboten. Sie ist unstrittig bei Sonne, minimal bei CO_2 . Die Tatsache, dass die Ozeane jährlich um etwa 3,2 mm / Jahr steigen schafft eine langfristig stabile Basis für den Aufbau eines effektiven technologischen Aufbaus. Die Schlüsselrolle beim Übergang zur Erzeugung von alternativen Brennstoffen entfällt aber der Zugänglichkeit vom billigen Wasserstoff. Die Prinzipien der künstlichen Photosynthese und der Erzeugung alternativer Brennstoffe kopieren die Prinzipien der natürlichen Photosynthese, die heute die Basis für die Erzeugung von Biokraftstoffen der ersten (B1G) sowie der zweiten (B2G) Generation und ein Gegenstand einer Reihe von Streitigkeiten und Konflikten ist. Die chemischen Synthesen sind aber bei Weitem nicht so einfach. Wie bereits erwähnt, ist das Kohlendioxid eine relativ wenig reaktive Verbindung. Deshalb werden mehrere technologische Verfahren untersucht, mit denen das Kohlenstoffdioxid im ersten Schritt zu einem bereits reaktiven Kohlenoxid CO und weitere chemische Stoffe umwandelt werden können, wie zum Beispiel Ameisensäure, Formaldehyd, Methanol, Ethanol, Methan etc.



Schematische Darstellung möglicher Umwandlungen von CO_2

Herausforderung für die tschechische Wissenschaft

Die Tschechische Republik ist das am meisten industrialisierte Land der EU (umgerechnet auf die Einwohnerzahl), das bedeutet auch einen höheren Bedarf an Energien. Andererseits werden jährlich etwa 66 Millionen Tonnen Kohlenstoffdioxid produziert.

Die Tschechische Republik verfügt nicht über Erdöl sowie keine größeren Erdgaslagerstätten, sie hat aber Vorräte an Braunkohle. Einer energetischen Nutzung stehen gerade die Problematik der Emissionen und das Problem des durch Verbrennung freigesetzten Kohlenstoffdioxids im Wege. Diese Tatsachen könnten (und sollten) ein Ansatz für die Mobilisierung des wissenschaftlichen Potentials

der Tschechischen Republik werden, so dass dieses Thema nicht nur negativ wahrgenommen wird, sondern dass es zur Einstiegsressource für anschließende chemische Prozesse wird. Im Bereich CCS (Carbon Capture Storage) – Ablagerung von Kohlenstoffdioxid an geologisch geeigneten Standorte - hat sich das Land bereits auf den Weg gemacht.

Die bevorzugte Variante CCU (Carbon Caprute Utilization), also insbesondere die Nutzung des erfassten Kohlenstoffdioxids, bedarf einer Systematisierung der Wege zur Umwandlung von CO₂. Es bleibt aber die Frage, ob auch unsere Wissenschaft die notwendige Flexibilität und Kooperationsfähigkeit zeigen wird und diese Herausforderung auch aufgreift.

Ing. Leoš Gál

Vorsitzender des Lenkungsausschusses der Tschechischen technologischen Plattform für die Nutzung von Biokomponenten im Verkehr sowie in der chemischen Industrie



Schematische Darstellung des Potentials der Tschechischen Republik für die Entwicklung alternativer Brennstoffe

Der Tagebau ČSA, Severní energetická a.s.



Kohle als Rohstoff für die Erzeugung von chemischen Stoffen

Die relativ hohen Vorräte an Kohle (Braun- sowie Steinkohle) führen uns in der Tschechischen Republik zu Überlegungen, ob es von Vorteil wäre, diese eigenen Ressourcen des Kohlenstoffrohstoffs zukünftig als Rohstoff zur Erzeugung von chemischen Stoffen zu nutzen. Länder mit großen Kohlevorräten (Deutschland, Griechenland, Großbritannien) stellen diese Überlegungen an und halten die Kohle auch weiterhin für einen strategischen Rohstoff, den sie kontrollieren können und der im Fall der Erfüllung der schlimmsten Szenarien der zukünftigen Entwicklung in der Welt genutzt werden könnte – Erdöl und Gas kommen in diesen Ländern in einem massiven Umfang nicht vor. Dieser Absatz könnte mit einer lakonischen Behauptung abgeschlossen werden, dass alles, was heute aus Erdöl oder Erdgas produziert wird, auch aus Kohle erzeugt werden kann. Im Hinblick zu der inneren Struktur der Kohle – im Unterschied zu Erdöl handelt es sich um einen festen makromolekularen Stoff - wird es aber in jedem Fall schwieriger sein und einen höheren Energieaufwand fordern.

Als Unterstützung für diese Behauptung kann die Geschichte der chemischen Industrie im vergangenen Jahrhundert dienen. Die chemischen Betriebe in Ober Leutensdorf (Litvínov) produzierten aus der lokalen Braunkohle Treibstoffe und chemische Stoffe. Nur kurz sollen Technologien und Verfahren erwähnt werden, deren Zeitzeugen noch heute in Brůx (Most) oder Ober Leutensdorf anzutreffen sind.

Nach der Besetzung des Grenzgebietes 1938 wurde in Maltheuern (Záluží u Mostu) bei Ober Leutensdorf mit dem Bau eines Betriebes begonnen, in dem aus Braunkohle Brennstoffe und Leuchtgas nach Verfahren erzeugt wurden, die in Deutschland entwickelt wurden und die auf dem Verfahren der Hydrierung basierten. Die grundlegenden Arbeiten, die sich mit der Hydrierung von Kohle befassten, wurden 1913 durch Friedrich Bergius durchgeführt, der Kohle in einem Druckkessel bei 400–500°C und 10–20 MPa Wasserstoff unter Entstehung von Ölen hydrierte. Die technische Entwicklung der Hydrogenierung von Kohle erfolgte in den 1920er Jahren in dem damaligen IG Farbenindustrie in Ludwigshafen (BASF). Dabei wurde auch von Erkenntnissen ausgegangen, die bei einer Hochdrucksynthese von Methanol und Salmiak gewonnen wurden. Es wurde ein Verfahren zur katalytischen Hydrogenierung von Kohle, Teeren und Ölen entwickelt. Die Forschungsarbeiten wurden durch Mathias Pier und seine Mitarbeiter geleitet. Dabei wurde ein wichtiger Fortschritt erreicht - es wurden Katalysatoren mit einer breiten Widerstandsfähigkeit entwickelt und die Hydrogenierung wurde in zwei Stufen aufgeteilt. Die erste Phase, in der die Kohle hydrogeniert wurde, wurde als „Sumpffphase“ bezeichnet. Die zweite Stufe, in der die Ölanteile mit Wasserstoff behandelt wurden, wurde als „Gasphase“ bezeichnet. Diese Produktion wurde nicht, wie manchmal angegeben wird, durch den Zweiten Weltkrieg abgeschlossen. Seit 1945 wurde die Produktion auf Basis der ursprünglichen Technologie allmählich

Tabelle 1: Annähernde Produktion von Kernchemikalien in der Welt und in der Tschechischen Republik

	Mio t / Jahr	Anteil der der Produktion (%)	Tschechische Rep. (Mio. t / Jahr)
Äthylen	140	100	0,5
Propylen	57	67	0,3
1,3-Butadien	9	91	0,09
Benzen	40	55 (Europa)	0,30

hochgefahren. Als Ausgangsrohmaterial für die Hydrogenierung zu Brennstoffen dienten Teere aus der Karbonisation (Pyrolyse) oder aus Gaswerken. Die Verarbeitung der Kohle zu Teeren und weiter zu Treibstoffen wurde in Maltheuern bis 1972 betrieben. Die meiste Kohle wurde in den 1960er Jahren verarbeitet. So zum Beispiel wurden im Jahre 1963 insgesamt fast 7 Millionen Tonnen Kohle geliefert, davon wurden 4 Mio. Tonnen der Karbonisation zugeführt und 300 Tausend Tonnen Teere erzeugt. Insgesamt wurden in den Jahren 1945–1972 an die 100 Mio. Tonnen Kohle verarbeitet.

Aber zurück zum Thema – Kohle als Ressource für chemische Stoffe, die heute als Petrochemikalien bezeichnet werden.

Bei der Suche nach einer Antwort auf diese Frage muss zuerst klargestellt werden, welche Art grundlegender chemischer Stoffe zukünftig gebraucht wird. Es wird abgeschätzt, dass auf dem Markt etwa 30 Tausend Produkte mit chemischem Charakter gehandelt werden. Diese gesamte Breite von Produkten bedarf aber einer sehr eingeschränkten Menge an Halbprodukten, zu deren Erzeugung nur einige wenige Naturstoffe verwendet werden. Die grundlegenden Kernstoffe sind insbesondere Äthylen, Propylen, Benzen, Butadien und natürlich kohlenwasserstoffhaltige Brennstoffe. Diese Produkte werden heute überwiegend aus Erdöl hergestellt. Die Bilanz für die Tschechische Republik ist in der Tabelle 1 dargestellt.

Die Vorteile von Erdöl beruhen insbesondere darin, dass es durch die Zusammensetzung ihrer Fraktionen sowie Elementen den Endprodukten naheliegt.

Somit werden mit relativ einfachen Verfahren die im Erdöl beinhalteten flüssigen Kohlenwasserstoffe zu Komponenten der Brennstoffe und Monomere für die Erzeugung von Polymeren umgewandelt. Die meisten makromolekularen Stoffe basieren gerade auf Äthylen, Propylen, Butadien und Benzen. Es kann fast mit Sicherheit vorausgesetzt werden, dass diese Grundstoffe als Kernchemikalien auch in der Zukunft notwendig sein werden. Somit stellt sich also die Frage, ob diese Kernstoffe auch aus Kohle erzeugt werden können.

Ähnlich aus Erdöl stellt Kohle ebenfalls eine konzentrierte Kohlenstoffressource dar (im Grundsatz sind wir ja eine „Kohlenstoffgesellschaft“), sie hat aber bestimmte wesentliche Nachteile. Es handelt sich um einen Feststoff, dessen Struktur einer vernetzten Makromoleküle entspricht und dazu eine beträchtliche Menge an ungewünschten Stoffen enthält. Als ein festes Substrat weist Kohle langsame Reaktionen bei der Umwandlung auf. (Abb.1)

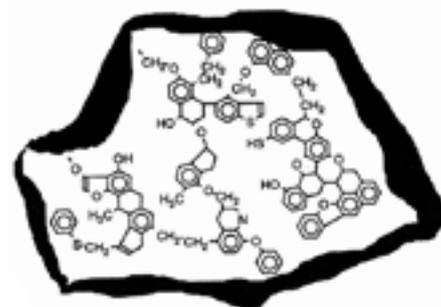


Abb. 1: Vorstellung über die Struktur der Kohle

Der grundlegende Nachteil, d.h. die Struktur der Kohle, bedeutet jedes Mal, dass der erste Schritt in der Umwandlung der Kohle eine Zerstörung ihres makromolekularen Charakters sein muss. Eine Unterbrechung der Kohlenstoff-Bindungen in der festen Struktur der Kohle und dazu ein hoher Gehalt an Ballastwasser bedarf einer großen Menge an Energien. Die energetische und materielle Wirksamkeit ist immer wesentlich geringer, als im Fall eines flüssigen (Erdöl) oder gasartigen (Erdgas) Rohstoffes. Ein hoher Gehalt an verunreinigenden Stoffen (insbesondere Schwefel, Stickstoff, Schwermetalle) stellen im Fall der Kohle jedes Mal eine hohe Umweltbelastung dar. Der feste Charakter kompliziert in der Regel die Zuführung des Kohlesubstrats in die chemischen Reaktoren und bedarf so jedes Mal einer wesentlich komplizierteren Anlage, als im Fall der Zuführung von Flüssigkeiten notwendig wäre. Trotzdem ist die Frage nach der Nutzung der Kohle für chemische Stoffe aktuell, insbesondere dann, wenn die problemlose Lieferung von Erdöl und Erdgas aus dem Ausland durch den Rückgang ihrer Vorräte, einen hohen Preis oder in Folge von politischen Problemen erschwert werden könnte. Ein objektives Argument für die Nutzung der Kohle sind die Angaben über ihre weltweiten Vorräte, die wesentlich die förderbaren Vorräte von Erdöl oder Erdgas übersteigen (Tabelle 2). Die chemische Nutzung der Kohle ist in der Tschechischen Republik auch deswegen aktuell, weil diese Technologien bei uns über eine Tradition verfügen (Treibstoffe, Leuchtgas). Für die Steinkohle bestehen bedeutende und geschäftlich erfolgreiche Aufbereitungskapazitäten zur Erzeugung von überwiegend aromatischen chemischen Stoffen aus Steinkohleteer (DEZA, a.s. AG, Walachisch Meseritz (Valašské Meziříčí)). Die Erzeugung von Benzen aus Kohle ist in der Tschechischen Republik bereits heute schon von Bedeutung.

Abgesehen von ab und zu publizierten speziellen Verfahren oder Verfahren mit einer geringen Kapazität können im Bereich der chemischen Nutzung der Kohle drei grundlegende technologische Varianten identifiziert werden: Pyrolyse (Karbonisation), direkte Verflüssigung und indirekte Verflüssigung. Es folgt eine kurze Beschreibung dieser Verfahren.

Im Fall der Pyrolyse von Kohle kann dieses Verfahren durch eine Summierung von Angaben zum Prozess der Karbonisation dargestellt werden, das in der Tschechoslowakei bis in die 1960er Jahre betrieben wurde. Die Karbonisation beruhte in einer Erhitzung der Braunkohle zu Temperaturen 550 bis 750 °C, wobei nach dem Abkühlen neben Gasen und festen Überresten eine Flüssigkeit – Teer – mit einem Ertrag von etwa 10 % freigesetzt wurde. Der Ertrag von Kohlenwasserstofffraktionen, die im Rahmen einer anschließenden Hydrogenierung der Teere gewonnen wurden, hat um die 8% betragen. Das heißt, von 1 Tonne Kohle wurden knapp

Tabelle 2: Vorräte fossiler Rohstoffe und die geschätzte Anzahl der Jahre ihrer Förderung als Anteil der Vorräte (R) und der Jahresproduktion (P)

Brennstoff	Vorräte in der Welt	Förderung	Förderung OE (Gt)	R/P
Erdöl	164 Gt	3,89 Gt	3,89	41
Erdgas	180 Tm ³	2,76 Tm ³	2,49	67
Kohle	909 Gt	5,85 Gt	2,93	164

80 kg verwendbarer Kohlenwasserstofffraktionen erzeugt. Diese Fraktionen konnten auch für die Erzeugung von chemischen Stoffen eingesetzt werden. Es handelte sich aber um eine komplizierte Technologie mit einem hohen Rohstoff- und Energieaufwand, mit hohen Instandhaltungs- und Bedienungskosten.

Eine direkte Verflüssigung der Kohle heißt im Grunde ihre destruktive Hydrierung, in dem durch Auswirkungen von Wasserstoff, Katalysatoren und hoher Temperaturen (500 °C) und Druck (30 MPa) die bereits erwähnte Netzstruktur der Kohlemoleküle zu kleineren Fragmenten gespalten wird, die aus der Sicht der Fraktion der Zusammensetzung von Erdöl entsprechen, flüssig sind und die durch herkömmliche Prozesse ähnlich wie Erdöl verarbeitet werden können. Der Hydrierung der Kohle, bzw. deren Mischungen mit zum Beispiel Erdölüberresten, wurde in den 1970er und 1980er Jahre weltweit eine große Aufmerksamkeit geschenkt. Eine Forschung zu diesen Verfahren wurde auch in der Tschechischen Republik betrieben.

Aus der Sicht der gegenwärtigen Kenntnislage bietet aber die besten Perspektiven eine indirekte

Kohleverflüssigung. Der erste Schritt ist dabei ihre Vergasung, wann unter Zufuhr von Wasserdampf und einer geringeren Menge an Sauerstoff die Kohlenmasse nur partiell unter gleichzeitiger Wirkung des Wasserdampfes verbrannt wird. Die Wärme aus der Verbrennung bringt in das System die notwendige Energie (hohe Temperaturen). Das macht endotherme Reaktionen mit Wasser möglich, wobei überwiegend Wasserstoff und Kohlenoxid entstehen, d.h. das sog. Synthesegas. Das Synthesegas, wie schon seine Bezeichnung sagt, ist eine reaktive Mischung aus Wasserstoff und Kohlenoxid. Für seine Weiterverwendung bieten sich im Prinzip zwei grundlegende synthetische Möglichkeiten an, die beide genutzt und für genauso perspektivisch gehalten werden. Die erste Möglichkeit stellt die sog. Fischer-Tropsch-Synthese dar, die zweite Möglichkeit dann die Erzeugung von Methanol. Durch die Fischer-Tropsch-Synthese werden neben höheren Alkoholen insbesondere Kohlenwasserstoffmischungen erzeugt. In diesem Stadium stehen Kohlenwasserstofffraktionen mit dem selben Charakter zur Verfügung, wie sie bei der Verarbeitung von Erdöl erzeugt werden. Ihre Umwandlung zu

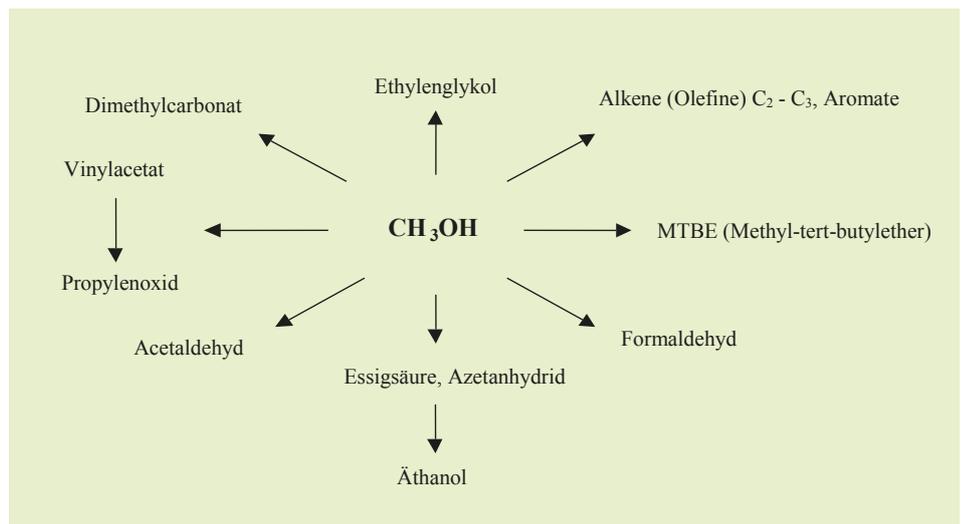


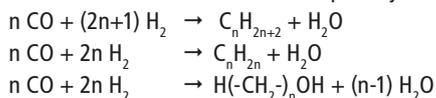
Abb. 2: Schema der Möglichkeiten zur chemischen Umwandlung von Methanol

Tabelle 3: Geschätzte Erträge der Chemikalien, die aus 10 Mio. Tonnen Kohle erzeugt werden können

Primärprodukt	Endprodukt	Ertrag
Produkt der Fischer-Tropsch-Synthese	Plaste, Schmierstoffe, Brennstoffe	1,2 Mio. Tonnen
Benzin für Fahrzeuge	Automobilismus	0,8 Mio. Tonnen
Harnstoff	Düngemittel	4 Mio. Tonnen
Methan	Chemie, Energiewirtschaft	1,4 Mio. Tonnen
Wasserstoff	Ammoniak, reine Brennstoffe	0,5 Mio. Tonnen

den beschriebenen Kernchemikalien – Äthylen, Propylen, Butadien, Benzen etc., kann dann mit Hilfe von üblichen petrochemischen Verfahren (typischerweise Äthylenpyrolyse) erfolgen.

Das Reaktionschema der Fischer-Tropsch-Synthese:



Das Reaktionschema der Erzeugung von Methanol:
 $\text{CO} + 2\text{H}_2 \rightarrow \text{CH}_3\text{OH}$

Methanol ist ein chemischer Stoff mit vielen weiteren Möglichkeiten einer chemischen Umwandlung. Eine von diesen ist die Umwandlung zu Alkenen (Olefinen) (Äthylen und Propylen). Diese Synthesen sind in dem folgenden Schema dargestellt. (Abb. 2.)

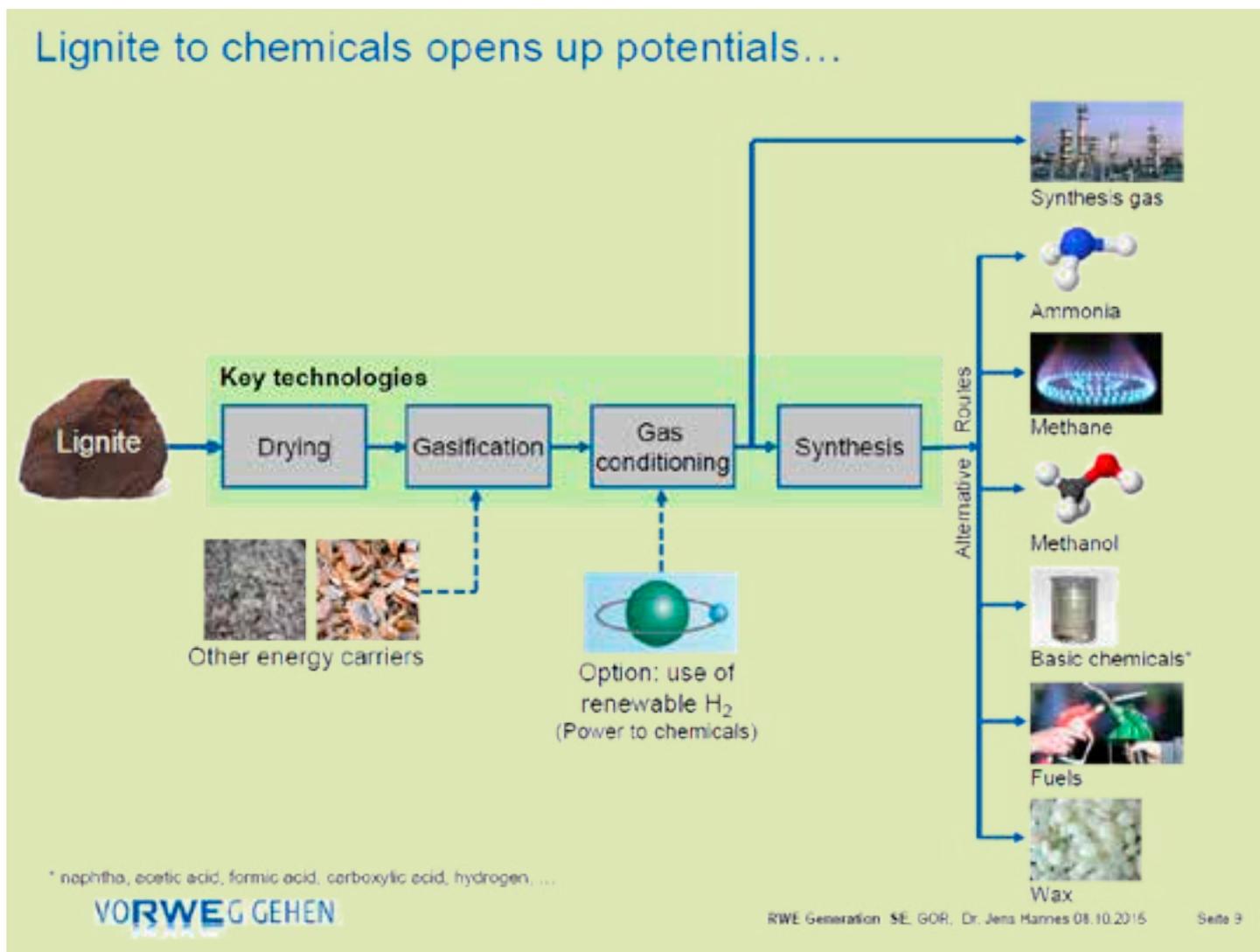
Obwohl die indirekte Verflüssigung von Kohle für das wirtschaftlichste Verfahren gehalten wird, die Erträge wichtiger Erzeugnisse sind (aus den oben dargestellten Gründen) wesentlich geringer, als dies im Fall von Erdöl ist. Die geschätzte Produktion mancher Kernchemikalien, bezogen auf die Verarbeitung von 10 Mio. Tonnen Kohle, ist in der Tabelle 3 dargestellt.

Für eine indirekte Verflüssigung spricht insbesondere ihre Vielseitigkeit, indem als Substrat in der Mischung sämtliche mögliche kohlenstoffhaltige Rohstoffe eingesetzt werden kann, auch erneuerbare Rohstoffe oder Abfälle und somit eine einheitliche Skala wertvoller Produkte gewonnen werden kann. Oftmals wird das folgende anschauliche Bild publiziert (Übernommen - s. unten):

Aus dieser Überlegung kann abgeleitet werden, dass für Länder, die über ausreichende Vorräte verfügen, die Kohle eine zuverlässige Ressource für die Erzeugung von chemischen Stoffen darstellt, insbesondere als „Partner“ für die klassischen Erdöltechnologien oder Verfahren auf Basis erneuerbarer Ressourcen. Somit ist es offensichtlich, dass Erdöl sowie Erdgas durch Kohle - gegenwärtig aber nicht allzu sehr vorteilhaft - ersetzt werden können. Für eine Nutzung in der chemischen sowie in der Brennstoffindustrie ist die indirekte Kohlenverflüssigung perspektivisch, entweder unter Einsatz der Fischer-Tropsch-Synthese, indem bevorzugt Kohlenwasserstoffe entstehen, oder durch Methanol. Beide Halbprodukte können bereits durch bekannte Verfahren zu grundlegenden chemischen Stoffen und Monomere für die Erzeugung von

Polymeren überführt werden. Dabei muss aber festgelegt werden, dass der Stand der Forschung und Entwicklung bei uns diesen Herausforderungen nicht entspricht.

Doc. Ing. Jaromir Lederer, CSc.
 UniCRE



Moderne Technologien in der Produktion von Chemikalien und flüssigen Brennstoffen aus Kohle

Abstrakt

Die Tschechische Republik gehört zu den Ländern mit großen Vorräten an hochwertiger Braunkohle, die sich als ein geeigneter Rohstoff für die chemische sowie petrochemische Industrie anbieten. Die Anwendung von Kohle zur Herstellung von chemischen Stoffen und flüssigen Brennstoffen bietet Möglichkeiten für die Umwandlung von Kohle zu Produkten mit einem wesentlich höheren Mehrwert an, als es Strom und Wärme sind, die durch Verbrennung von Kohle in Kraftwerken entstehen. Somit ist es wünschenswert insbesondere hochwertigere Arten der Kohle für diese Zwecke zu verwenden. Das Potential der weiteren Entwicklung der Region des Erzgebirges ist aus dieser Sicht immens. Es wird aber von dem Mut der Investoren abhängig sein, ob sie sich entscheiden Finanzmittel in ein sehr aufwändiges investives Vorhaben zu investieren, wie es der Bau eines neuen chemischen Betriebes ist, der auf Basis von Kohle arbeitet.

Blick in die Geschichte

Die Geschichte der chemischen Umwandlung der Kohle ist mit den Namen einiger wichtiger deutscher Chemiker verbunden. Der erste von ihnen ist Friedrich Karl Rudolf Bergius, der 1931 zusammen mit Carl Bosch den Nobelpreis für Chemie „für ihre Verdienste um die Entdeckung und Entwicklung der chemischen Hochdruckverfahren“ erhielt. Bergius entdeckte ein Verfahren, mit dem ein synthetischer Brennstoff durch die Hochdruckhydrierung von Kohle hergestellt wird. In modifizierter Gestalt wurde dieses Verfahren später an einigen Standorten in Deutschland umgesetzt. Aber auch in Malthuern (Záluží u Mostu), wo während des 2. Weltkrieges der Betrieb zur Herstellung synthetischer Brennstoffe Sudetenländische Treibstoffwerke AG gebaut wurde. Es war einer der wichtigsten Meilensteine einer langfristigen Entwicklung der chemischen Industrie in Nordböhmen. Die ersten Eisenbahnwagen mit Benzin wurden aus der Fabrik im Dezember 1942 versendet. Das in Malthuern umgesetzte Verfahren wird als ein Verfahren einer direkten Kohleverflüssigung bezeichnet. Während diesem Verfahren werden in Folge der Wirkung des Wasserstoffs unter hohem Druck auf eine Suspension von in Teer angerührter Kohle ein bestimmter Anteil von flüssigen Kohlenwasserstoffen gewonnen, die als Rohstoff zur Herstellung von Treibstoffen verwendet werden können. Die Nachteile dieses Verfahrens sind relativ drastische Arbeitsbedingungen (hohe Temperaturen und hoher Druck)

sowie relativ kleine Erträge der gewünschten flüssigen Produkte.

Deswegen wurden gleichzeitig auch Verfahren entwickelt, die als Verfahren einer indirekten Kohleverflüssigung bezeichnet werden. Diese Verfahren basieren auf einer Umwandlung der Kohle zu einem so genannten Synthesegas und einer anschließenden Synthese flüssiger Brennstoffe aus dem produzierten Gas. An der Entwicklung der Verfahren zur indirekten Kohlenverflüssigung beteiligten sich die deutschen Chemiker Franz Fischer und Hans Tropsch. Hans Tropsch verließ während des 2. Weltkrieges wegen seiner Missbilligung Hitlers Meinungen Deutschland und ging nach Prag, wo er an dem Verfahren weiter an dem Institut für Brennstoffforschung in Biechowitz (Běchovice) arbeitete. Noch vor Kurzen stand dort eine Betriebshalle mit Druckreaktoren, die als „Tropschovna“ (Tropschs-Halle) bezeichnet wurde. Nach dem Krieg ging Hans Tropsch nach Amerika und verkaufte seine Patente für die Herstellung flüssiger Brennstoffe aus Kohle durch eine indirekte Kohlenverflüssigung an das Unternehmen Shell. Dieses nutzte sie bei dem Bau des Betriebes Sasol in Südafrika.

Ein weiteres Verfahren zur Herstellung von chemischen Stoffen auf Basis von Kohle wurde früher in Tschechien in den chemischen Betrieben in Ostrau (Chemické závody MCHZ v Ostravě, heute Borschod) umgesetzt. Es handelte sich um die Herstellung von Ammoniak und anschließender Produkte (Salpetersäure, Ammoniaksalpeter). Als Rohstoff diente in diesem Fall Steinkohle, die in der nicht weit entfernten Kokerei Šverma verkocht wurde. Das Kokereigas wurde im Verfahren einer expansiven Abkühlung zum reinen Wasserstoff umgewandelt, der zusammen mit Stickstoff zur Ammoniak-Drucksynthese genutzt wurde. Nach dem Bau von Pipelines zum Transport von Erdgas aus Russland nach Westeuropa wurde aber die Produktion von Wasserstoff aus Kokereigas eingestellt und durch seine Gewinnung aus Erdgas ersetzt.

Es muss auch auf Technologien auf Basis einer thermischen Behandlung von Teer hingewiesen werden, der durch das Karbonisieren der Steinkohle unter hohen Temperaturen in tschechischen Kokereien entstand. Diese Verfahren werden bis heute für die Herstellung einer Reihe von chemischen Produkten in den Betrieben DEZA in Wallachisch Meseritsch (Valašské Meziříčí) eingesetzt. Zu den wichtigsten Produkten gehören aromatische Lösungsmittel (Benzol (Benzen), Toluol (Toluen), Xylole (Xylol), Ethylbenzol (Ethylbenzen)

sowie Naphthalin (Naphthalen) und Produkte, die auf seiner Weiterverarbeitung basieren (Phthalsäureanhydrid, Phthalsäure, Phthalsäureester (Phthalate)) Anthracen und Produkte seiner Verarbeitung (Anthrachinon) Straßenasphalt, Steinkohlepech und weitere Produkte. Ein wichtiges Produkt ist auch Ruß, der zur Produktion von Reifen genutzt wird.

Gegenwärtiger Stand der Verfahren zur Herstellung von chemischen Stoffen sowie Treibstoffen auf Basis von Kohle.

Auf Basis von Kohle werden gegenwärtig insbesondere folgende Verfahren zur Herstellung von chemischen Stoffen und Treibstoffen eingesetzt:

- Fischer-Tropsch-Synthese
- Herstellung von Methanol und anschließender Produkte (zum Beispiel Formaldehyd, Ameisensäure)
- anschließendes MTG-Verfahren zur Umwandlung von Methanol in Benzin
- Herstellung von Ammoniak und anschließender Produkte (Salpetersäure, stickstoffhaltige Düngemittel, Harnstoff, Harnstoff-Formaldehyd-Harze)

Die meisten dieser Verfahren werden weltweit gleichzeitig auch unter Einsatz von Erdgas oder anderer Rohstoffe (zum Beispiel Erdölüberreste) umgesetzt.

Fischer-Tropsch-Synthese

Im großtechnischen Maßstab wurde das Verfahren der Fischer-Tropsch-Synthese in Sasol (Südafrikanische Republik) umgesetzt. Der Grund war das Verhängen eines Verbots auf den Einfuhr von Erdöl in die Südafrikanische Republik, die aber über eigene große Vorräte an Kohle verfügt. Der erste, als Sasol I bezeichnete Betrieb, ging 1956 in Betrieb. Später wurde der Bau von zwei weiteren identischen Betrieben umgesetzt, Sasol II (1977) und Sasol III (1982).

Die gegenwärtige Produktion von Treibstoffen in allen drei Betrieben beträgt etwa 6,8 Millionen Tonnen pro Jahr, das sind mehr als 30% des Treibstoffverbrauches in der Südafrikanischen Republik. Neben Treibstoffen werden im Betrieb Sasol auch weitere chemische Produkte hergestellt (Alkohole, Ketone, organische Säuren und Lösungsmittel, Schwefel, Ammoniak, Ethen (Ethylen), Propen (Propylen), Alpha-olephins, Gase). Der Jahresverbrauch von Kohle beträgt in allen drei Betrieben insgesamt etwa 46 Mio. Tonnen.

Beschreibung der einzelner technologischer Stufen Sasol I bis III:

- zuerst wird Kohle in einem Festbett eines Lurgi-Vergasers unter 3 MPa Druck vergast; (der selbe Typ von Vergasern, aber mit einem geringeren Durchmesser, wurde zum Beispiel in Doglasgrün (Vřesová) eingesetzt),
- das erzeugte Gas wird folgend im Rectisol-Verfahren (waschen durch unterkühltes Mehtanol) gereinigt, wodurch H₂S, CO₂, Methan und höhere Kohlenwasserstoffe aus dem Gas entfernt werden,
- danach folgt eine Anpassung (Aufstockung) des Verhältnisses Wasserstoff : CO im Gas durch eine katalytische Reaktion des CO mit Wasserdampf,
- die nächste (wichtigste) Stufe ist Umwandlung des Synthesegases zu flüssigen Kohlenwasserstoffen (Fischer-Tropsch-Synthese),
- die letzte Stufe ist eine Raffination der Produkte, ihre Aufbereitung und Trennung zu marktfähigen Produkten (verflüssigtes Kohlenwasserstoffgas, hochoktaniges Benzin, Erdöl, Lösungsmittel, Olephine für die Petrochemie sowie weitere chemische Stoffe).

Der Kernpunkt dieser Technologie ist das Verfahren der Fischer-Tropsch-Synthese, das im Sasol in unterschiedlichen Typen von Reaktoren umgesetzt wird. Im Betrieb Sasol I werden sog. ARGE-Reaktoren eingesetzt. Es handelt sich um klassische Rohrreaktoren mit der Füllung des Katalysators in den Röhren, die Arbeitstemperatur dieser Reaktoren beträgt 220–250 °C, der Arbeitsdruck 2,5–4,5 MPa. Als Katalysator werden mit Kupfer und Kalium besetzte Eisenoxide verwendet. Es wird eine Umwandlung des Gases von 60–90% zu flüssigen Produkten und Kohlenwasserstoffgasen erreicht. Da die Reaktionen Wärme abgeben, müssen die Reaktoren mit Wasser gekühlt werden. Dabei wird Wasserdampf produziert.

Ein weiterer Typ der im Projekt Sasol I eingesetzter Reaktoren sind die sog. Slurry-Reaktoren. Es handelt sich um einen neueren Reaktortyp, der seit 1993 im Einsatz ist. Dieser Typ wird durch ein Gefäß mit einem geschmolzenen Paraffin, der einen fein dispergierten Katalysator beinhaltet gebildet. Das Synthesegas sprudelt durch das Schmelzbad, in dem es zu flüssigen Kohlenwasserstoffen umgewandelt wird. Die Bedingungen der Reaktion sind mit denen der ARGE-Reaktoren identisch. Die entstehende Wärme wird durch ein Abkühlssystem, das durch das Schmelzbad verläuft, abgeführt, zur Abkühlung des Reaktors wird ebenfalls Wasser verwendet und es wird auch Wasserdampf erzeugt.

Eine schematische Darstellung beider im Projekt Sasol I eingesetzter Reaktoren befindet sich auf Abb. 1.

In den moderneren Betrieben Sasol II und Sasol III werden andere Reaktortypen verwendet. Es sind die sog. Synthol-Reaktoren (Wirbelschichtreaktoren

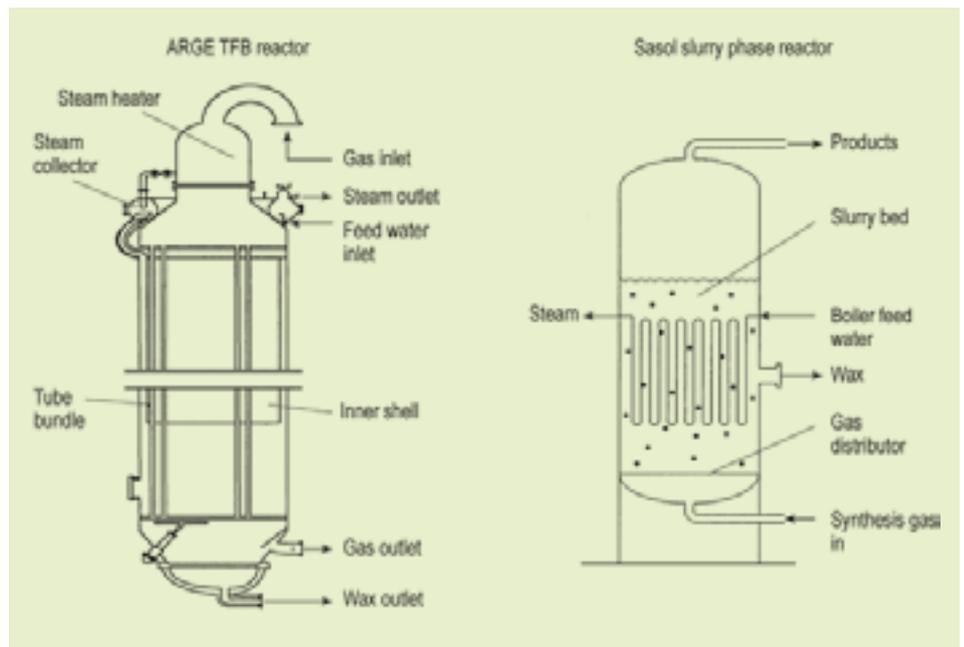


Abb. 1: Schematische Darstellung der im Projekt Sasol I eingesetzter Reaktoren
Quelle: Ullmann's Enzyklopädie der Technischen Chemie: <http://onlinelibrary.wiley.com/book/10.1002/14356007>

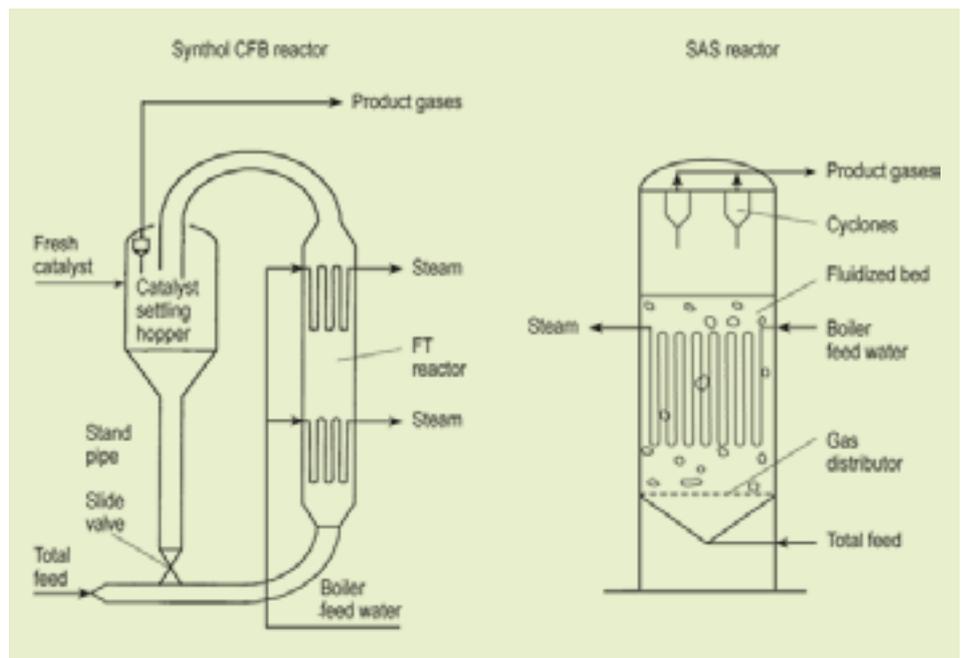


Abb. 2: Schematische Darstellung der in den Projekten Sasol II und Sasol III eingesetzten Reaktoren
Quelle: Ullmann's Enzyklopädie der Technischen Chemie: <http://onlinelibrary.wiley.com/book/10.1002/14356007>

Tabelle 1: Zusammensetzung von Produkten, die in den einzelnen Reaktortypen erzeugt werden (Erträge in %)

Betrieb:	Sasol I		Sasol II und Sasol III	
	ARGE	SLURRY	SYNTHOL	SAS
CH ₄ :	2	5	10	11
Kohlenwasserstoffgase C ₂ – C ₄ :	11	14	29	29
C ₅ – C ₁₁ (Benzin):	18	22	40	37
C ₁₂ – C ₁₈ (Erdöl):	14	15	7	11
C ₁₉ – C ₂₃ (Weichwaxse):	7	6	4	3
C ₂₄ – C ₃₅ (Mediumwaxse):	20	17	4	3
C ₃₅ + (Hartwaxse):	25	18	-	-
Weitere chemischen Stoffe:	3	3	6	6

Quelle: Ullmann's Enzyklopädie der Technischen Chemie: <http://onlinelibrary.wiley.com/book/10.1002/14356007>

mit zirkulierender Katalysatorschicht). Im Vergleich zu den ARGE- und SLURRY-Reaktoren bieten diese Reaktoren einen wesentlich höheren Ertrag an flüssigen Kohlenwasserstoffen an und verfügen über eine wesentlich höhere Leistung. Die Umwandlung des Gases zu Flüssigprodukten beträgt etwa 85%, die Arbeitstemperatur dieser Reaktoren beträgt 330–350 °C, der Arbeitsdruck 2,5 MPa. Es wird der selbe Katalysator eingesetzt, wie im Betrieb Sasol I. Neu entwickelt wurden sog. SAS-Reaktoren (Sasol Advanced Synthol), die das selbe Spektrum an Produkten anbieten, deren Konstruktion aber einfacher ist und die mit einer höheren Effizienz arbeiten. Eine schematische Darstellung der in den Projekten Sasol

II und Sasol III eingesetzten Reaktoren befindet sich auf Abb. 2.

Die Zusammensetzung von Produkten, die in den einzelnen Reaktorentypen erzeugt werden, ist in der Tabelle 1 dargestellt.

Aus der Tabelle 1 kann entnommen werden, dass die in den Projekten Sasol II und Sasol III eingesetzten Reaktoren ein günstigeres Produktspektrum anbieten, als die im ältesten Betrieb Sasol I arbeitenden Reaktoren. Das wird durch eine wesentlich geringere Aufenthaltsdauer der reagierenden Stoffe in den Wirbelschichtreaktoren erreicht, die so nicht ausreichend Zeit für die Entwicklung von längeren Kohlenwasserstoffketten haben.

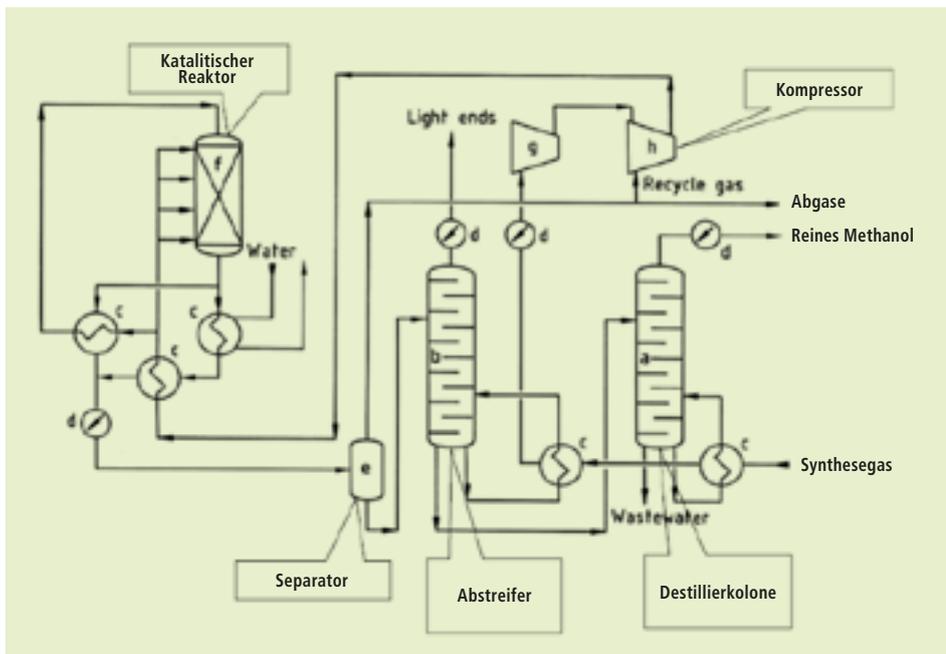


Abb. 3: Schematische Darstellung der ICI-Technologie zur Erzeugung von Methanol

Quelle: Ullmann's Enzyklopädie der Technischen Chemie: <http://onlinelibrary.wiley.com/book/10.1002/14356007>

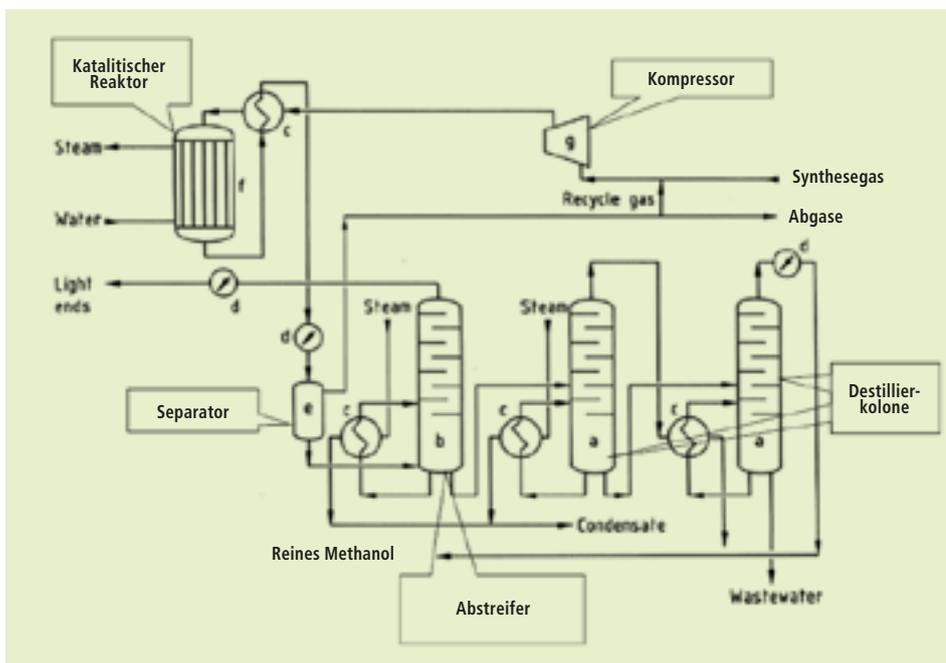
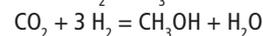
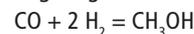


Abb. 4: Schematische Darstellung der LURGI-Technologie zur Erzeugung von Methanol

Quelle: Ullmann's Enzyklopädie der Technischen Chemie: <http://onlinelibrary.wiley.com/book/10.1002/14356007>

Herstellung von Methanol

Die Technologie der Herstellung von Methanol basiert auf dem selben Synthesegas, das durch die Fischer-Tropsch-Synthese verwendet wird. Dieses Synthesegas kann wieder entweder durch eine Vergasung von Kohle oder durch Spaltung von Erdgas, bzw. anderer organischer Stoffe (zum Beispiel Erdölüberreste) erzeugt werden. Die auf Kohle basierenden Technologien sind gegenwärtig insbesondere in Asien verbreitet. In den 1990er Jahren wurde der Bau der Technologie zur Erzeugung von Methanol als eine anschließende Technologie für die Nutzung des Synthesegases in dem Druckgaswerk in Aussig geplant, letztendlich wurde dieser Plan aber nicht umgesetzt. Die ehemalige Tschechoslowakei war Produzent von Technologien zur Synthese von Methan für den gesamten Ostblock (Královopolská strojírna Brno). Die Synthese von Methanol aus Synthesegas erfolgt folgend:



Beide Reaktionen geben Wärme ab und finden unter erhöhtem Druck (bis 30 MPa) statt.

Weltweit sind am meisten zwei folgende Technologien zur Erzeugung von Methanol verbreitet.

- ICI-Technologie (mit der etwa 60% der weltweiten Methanolerzeugung umgesetzt werden)
- Lurgi-Technologie (mit der etwa 30% der weltweiten Methanolerzeugung umgesetzt werden)

ICI-Technologie

Die Methanolsynthese findet in einem adiabatischen katalytischen Reaktor statt (ohne Wärmeaustausch mit der Umgebung). Als Katalysator werden Verbindungen auf Basis von Cu, Zn und Cr eingesetzt, der Arbeitsdruck des Reaktors beträgt 5–10 MPa, die Arbeitstemperatur 220–230 °C. Die Lebensdauer des Katalysators beträgt etwa 3 Jahre. Das Verhältnis Wasserstoff : CO im Synthesegas beträgt 2,2. Ein Teil des Gases wird nach Durchgang durch den Reaktoren recycelt. Das Verhältnis des recycelten und des frischen Gases beträgt etwa 5 : 1. Die Umwandlung von CO zu Methanol beträgt bei einem Durchgang durch den Reaktor etwa 20 %. Im Abstreifer werden aus dem Produkt Dimethylether, Methan, Azeton sowie weitere flüchtige Produkte abgetrennt. In der anschließenden Destillierkolonne wird Wasser abgetrennt und reines Methanol gewonnen. Eine schematische Darstellung der ICI-Technologie befindet sich auf Abb. 3.

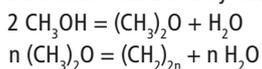
LURGI-Technologie

Diese Technologie der Erzeugung von Methanol aus Synthesegas verwendet einen wassergekühlten isothermen Reaktor. Als Katalysatoren werden CuO und ZnO eingesetzt. Die Technologie arbeitet unter ähnlichen Bedingungen, wie die

ICI-Technologie. Das Synthesegas wird auf 5 MPa komprimiert und auf die Reaktionstemperatur von 250 °C vorgewärmt. Die Reaktionswärme wird aus dem Reaktor in siedendes Wasser abgeleitet. Auch die Trennung der Produkte erfolgt ähnlich, wie im ICI-Verfahren, das Destillieren der Mischung Methanol - Wasser erfolgt in zwei aneinander geordneten Destillierkolonnen. Eine schematische Darstellung der LURGI-Technologie zur Erzeugung von Methanol aus Synthesegas befindet sich auf Abb. 4.

Die MOBIL MTG-Technologie zur Umwandlung von Methanol zu Benzin

Diese Technologie ermöglicht eine selektive Umwandlung von Kohle zu Benzin ohne höhere flüssige Kohlenwasserstoffe erzeugen zu müssen. Im MOBIL MTG-Verfahren wird Methanol unter Einsatz eines Katalysators auf Basis von Molekularsieb-Zeolithen zu Kohlenwasserstoffen bis C₁₀ dehydratisiert. Die Reaktion läuft über eine Zwischenstufe des Dimethylethers folgend:



Beide Reaktionen geben Wärme ab, die freigesetzte Wärme beträgt 1,5–1,75 kJ/g umgewandelten Methanols. Die Erträge der Kohlenwasserstoffe betragen etwa 43 %, der Rest wird durch Reaktionswasser gebildet (bezogen auf das Gewicht des in das Verfahren eintretenden Methanols).

Das MOBIL MTG-Verfahren wird großtechnisch seit 1980 in Neuseeland umgesetzt; täglich werden 4 500 t Methanol verarbeitet, aus dem 1.700 t hochoktaniges Benzin erzeugt werden. Als Rohstoff für die Erzeugung von Synthesegas wird Erdgas verwendet.

Beschreibung der MOBIL MTG-Technologie:

- Es werden zwei unterschiedliche Typen von katalytischen Reaktoren verwendet: ein adiabatischer Reaktor mit einem Festbett des Katalysators oder ein Reaktor mit einem Fluidbett des Katalysators.
- Bei einem Reaktor mit einem Festbett des Katalysators werden zwei nachgeschaltete Reaktoren eingesetzt.
- In dem ersten Reaktor erfolgt die Dehydratisierung des Methanols zu Dimethylether.
- Das Reaktionsgemisch aus dem ersten Reaktor wird mit recycelten Gas des zweiten Reaktors vermischt und dem zweiten Reaktor zugeführt, in dem es zu flüssigen Kohlenwasserstoffen konvertiert wird.
- Der Katalysator in den Reaktoren wird schrittweise durch schwerere Kohlenwasserstoffe deaktiviert, die das poröse System des Katalysators nicht verlassen können.
- Nach etwa 20 Betriebstagen wird eine Reaktivierung des Katalysators durch abbrennen der schwereren Kohlenwasserstoffe in einem

Gasstrom mit geregeltem Sauerstoffgehalt durchgeführt.

Reaktoren für ein Wirbelschichtverfahren weisen gegenüber den Festbettreaktoren folgende Vorteile aus:

- Möglichkeiten zur Ableitung der Reaktionswärme und ihre Nutzung zum Abdampfen des Methanols.
- Möglichkeiten einer kontinuierlichen Regenerierung eines Teiles des ausgeschleusten Katalysators.

Die Zusammensetzung der Produkte der MOBIL MTG-Technologie unter Einsatz unterschiedlicher Reaktorentypen ist in der folgenden Tabelle 2 dargestellt.

Mögliche Gestalt eines modernen Betriebes zur Erzeugung von flüssigen Brennstoffen aus Kohle

Sämtliche moderne Technologien der Erzeugung von flüssigen Brennstoffen und chemischen Stoffen, die gegenwärtig betrieben werden, basieren auf Synthesegas. Eine der Varianten seiner Erzeugung ist Vergasung von Kohle. Diese Technologie wurde zum Beispiel im Projekt Sasol eingesetzt. Hier werden aber LURGI-Generatoren eingesetzt,

die vor etwa 80 Jahren entwickelt wurden. Weltweit werden heute eine Reihe von moderneren Generatoren betrieben, mit denen aus der selben Kohle ein qualitativ hochwertigeres Synthesegas erzeugt werden kann, das keiner aufwendigen Reinigung bedarf, wie Gas in Generatoren mit nachrutschendem Brennstoff. Es handelt sich insbesondere um Wirbelschichtgeneratoren mit einer zirkulierenden fluiden Brennstoffschicht, oder sog. Brenner-Generatoren, in denen der Brennstoff als Flugstaub vergast wird. Das Prinzip der Generatoren mit nachrutschendem Brennstoff, der Wirbelschichtgeneratoren sowie der Brenner-Generatoren ist auf folgender Abbildung dargestellt.

Beispiele der Anwendung dieser Typen von Generatoren werden in der folgenden Tabelle 3 dargestellt:

Zur Erzeugung von Synthesegas für die Herstellung von flüssigen Brennstoffen und Chemikalien sind insbesondere Brenner-Reaktoren geeignet, die bei Temperaturen bis 1.500 °C arbeiten. Unter diesen Temperaturen werden sämtliche im Gas vorkommenden organischen Stoffe abgebaut, das Synthesegas beinhaltet somit keinen Teer sowie keine anderen Kohlenwasserstoffe, die während der weiteren Aufbereitung Probleme verursachen. Somit kann auf das im Projekt Sasol eingesetzte Gasreinigungsverfahren Rectisol (Wäsche mit auf

Tabelle 2: Zusammensetzung der Produkte bei Einsatz einzelner Reaktorentypen der MOBIL MTG-Technologie

	Festbettreaktor	Wirbelschichtreaktor
Arbeitsbedingungen des Reaktors		
Temperatur an der Eingabe in den Reaktor (°C)	360	413
Temperatur an der Ausgabe aus dem Reaktor (°C)	412	413
Molares Verhältnis des recycelten Gases	9	0
Arbeitsdruck im Reaktor (MPa)	2,2	0,3
Erträge der Produkte (Gewicht%)		
Kohlenwasserstoffe	44	44
Wasser	56	56
Zusammensetzung des Kohlenwasserproduktes (Gewicht%)		
Gase C ₁ – C ₄	23	39
Benzin C ₅ – C ₁₀	76	60

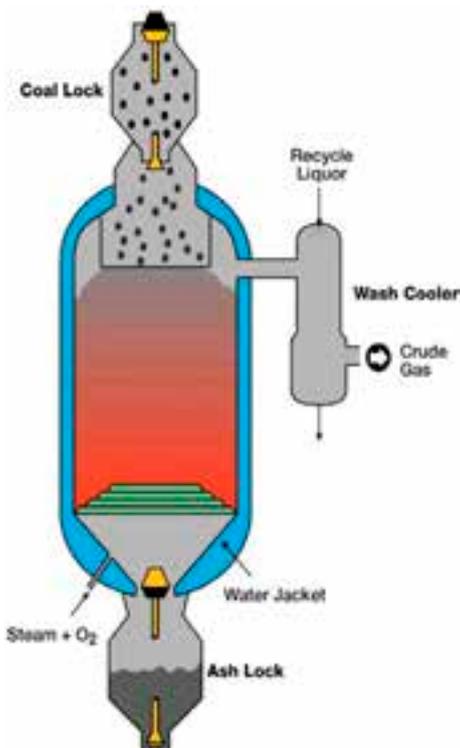
Quelle: Ullmann's Enzyklopädie der Technischen Chemie: <http://onlinelibrary.wiley.com/book/10.1002/14356007>

Tabelle 3: Beispiel der Anwendung unterschiedlicher Typen von Generatoren

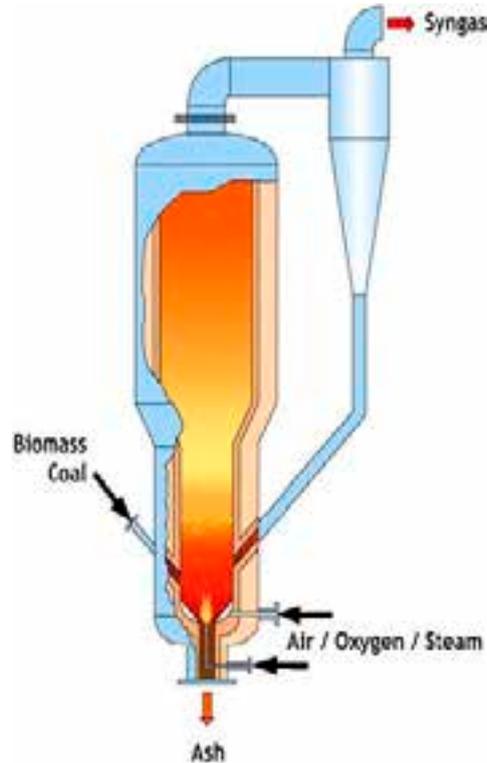
Reaktorentyp:	Nachrutschender Brennstoff	Zirkulierende Wirbelschicht	Brenner-Generator
Standort	Sasol	Berrenrath	Ningxia
Land	Südafrikanische Republik	Deutschland	China
Kohleverbrauch (t/Stunde)	5300	30	2300
Produkte	Brennstoffe + chemische Stoffe	Methanol	Brennstoffe + chemische Stoffe
Produktion pro Stunde (t/Stunde)	780	12,5	500

Quelle: Hydrogen and Syngas Production and Purification Technologies, ed. by Ke Liu, Chunshan Song, Velu Subramani, John Wiley & Sons, Inc. 2010

Reaktor mit nachrutschendem Brennstoff



Brennstoff Reaktor



Wirbelschicht Brennstoffgenerator

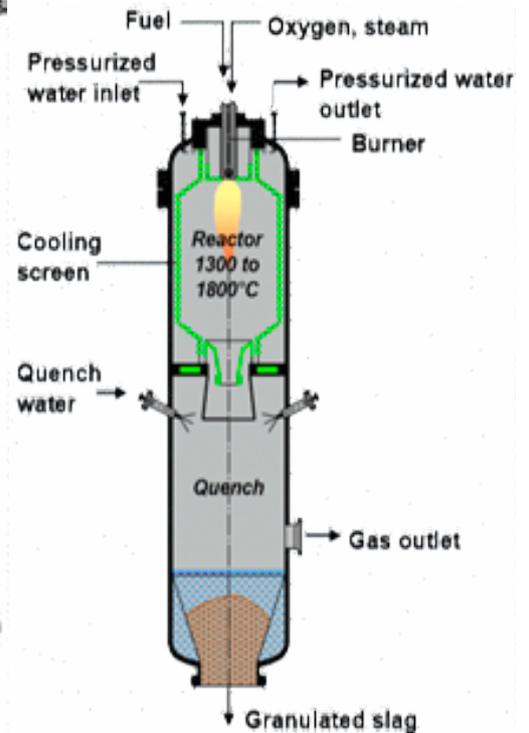


Abb. 5: Unterschiedliche Typen der für die Vergasung von Kohle eingesetzten Reaktoren.

Quelle: Hydrogen and Syngas Production and Purification Technologies, ed. by Ke Liu, Chunshan Song, Velu Subramani, John Wiley & Sons, Inc. 2010

- 78 °C unterkühlten Methanol) verzichtet werden. Es wird lediglich eine Heißentstaubung des Gases und eine Beseitigung von schwefelhaltigen Stoffen durch ihre Hochtemperatursorption durch kalkhaltige Bindemittel (CaO) eingesetzt. Zu den weltweit berühmtesten Produzenten von Brenner-Generatoren gehören die Unternehmen Shell, Siemens, Texaco und Prenflo. Generatoren der ersten beiden Hersteller sind insbesondere in Asien verbreitet. Beispiele der Zusammensetzung des während der Kohlevergasung in unterschiedlichen Typen von Generatoren erzeugten Synthesegases werden in der folgenden Tabelle 4 dargestellt.

Zu berücksichtigen ist, dass die Zusammensetzung des Gases neben dem Typ des eingesetzten Reaktors auch vom Typ sowie der Zusammensetzung der angewendeten Kohle abhängig ist. Nicht alle Generatoren sind für eine Vergasung von allen Kohlearten geeignet. Somit muss der Typ des Generators auf Grundlage von Pilotversuchen der Vergasung einer entsprechenden Kohlenprobe ausgewählt werden, mit der die Eignung des entsprechenden Typs des Generators für die Vergasung der entsprechenden Kohle nachgewiesen werden kann. Für die Erzeugung des zur Synthese flüssiger Brennstoffe bestimmten Synthesegases scheinen am besten die Brenner-Generatoren von Shell und

Siemens zu sein, mit denen ein Synthesegas mit einem geringen Gehalt an organischen Stoffen und CO₂ erzeugt werden kann.

Für eine Synthese flüssiger Brennstoffe muss im Synthesegas der Gehalt an Wasserstoff zu Ungunsten des CO-Gehaltes aufgestockt werden. Das erforderliche Verhältnis H₂ : CO im Synthesegas, das für eine Synthese flüssiger Kohlenwasserstoffe geeignet ist, beträgt 1,7–2,5 zu 1. Die Umwandlung von CO zu Wasserstoff und CO₂ wird durch eine Reaktion des Synthesegases mit Wasserdampf unter Einsatz eines Katalysators (sog. water gas shift reaction) durchgeführt. Als Katalysatoren werden in diesem Fall in der Regel Verbindungen auf Basis von Co und Mo verwendet, die relativ wenig gegenüber von Schwefelverbindungen sensibel sind. Die Arbeitstemperaturen eines katalytischen Reaktors bewegen sich zwischen 340 bis 450 °C. Die stattfindende Reaktion ist exotherm. Das Schema einer Einrichtung für die Anpassung des Verhältnisses Wasserstoff x Kohlenoxid ist auf der folgenden Abb. 6 dargestellt.

Das Gas mit einem angepassten Verhältnis Wasserstoff x Kohlenoxid kann entweder für die Fischer-Tropsch-Synthese der Kohlenwasserstoffe sowie weiterer chemischer Stoffe, oder für die Erzeugung von Methanol und eine anschließende Herstellung von Benzin im MOBIL MTG-Verfahren genutzt werden. Diese beiden Technologien werden im Detail oben dargestellt. Die Auswahl der einen oder anderen Möglichkeit wird von

Tabelle 4: Beispiele der Zusammensetzung des in unterschiedlichen Typen von Generatoren erzeugten Gases

Typ des Generators	Mit nachrutschendem Brennstoff	Brenner	Brenner
Hersteller:	LURGI	Shell	Texaco
Brennstoff:	Grobkohle	Kohlenstaub	Kohlebrei im Wasser
Vergasungsmedium:	O ₂ + H ₂ O	O ₂	O ₂
Bestandteil des Gases	Zusammensetzung des Gases (%)		
Co	38	65	49
H ₂	22	29	34
CH ₄	12	0,1	0,2
CO ₂	28	2	10
N ₂	12	2	1

Quelle: Hydrogen and Syngas Production and Purification Technologies, ed. by Ke Liu, Chunshan Song, Velu Subramani, John Wiley & Sons, Inc. 2010

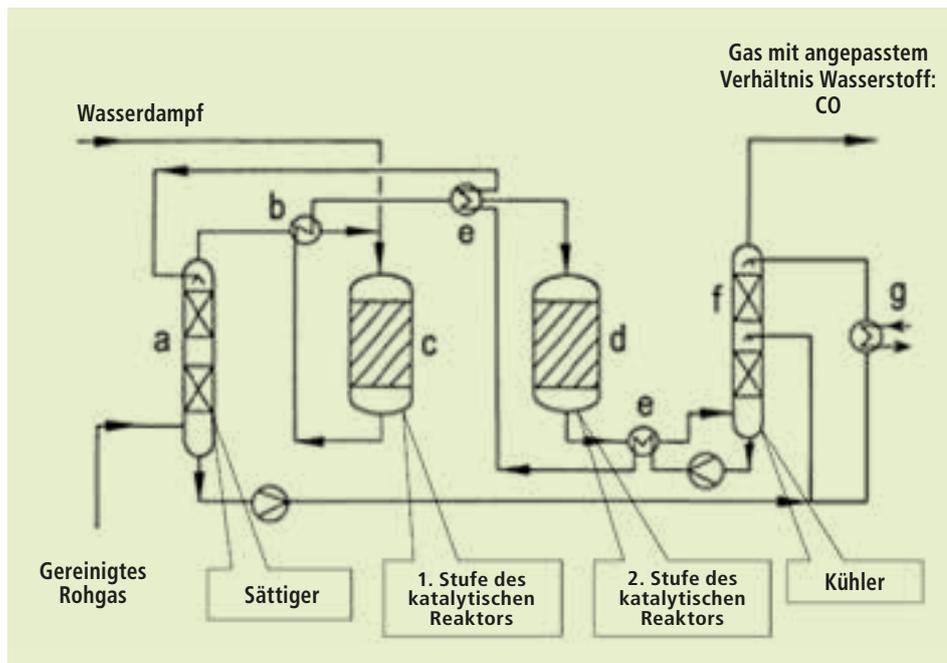


Abb. 6: Schema der Einrichtung für die Anpassung der Verhältnisses Wasserstoff x CO im Synthesegas
 Quelle: Ullmann's Enzyklopädie der Technischen Chemie: <http://onlinelibrary.wiley.com/book/10.1002/14356007>

einer sorgfältigen Entscheidung des Investors und Abwägung der Lage auf dem Markt abhängig sein. Technologien dieser Art werden in der Regel für mindestens 30 Jahre und länger gebaut. Aus dieser Sicht ist es sehr schwierig

die zukünftige Entwicklung abzuschätzen. Mit der Fischer-Tropsch-Synthese kann ein breites Spektrum von Produkten und chemischen Stoffen produziert werden, während die MOBIL MTG-Technologie nur auf die Erzeugung der

Kohlenwassergase $C_1 - C_4$ und Benzin eingeschränkt ist. Somit wird aus der Sicht des unternehmerischen Risikos die erste dieser Technologien günstiger sein, die ein breit diversifiziertes Portfolio von Produkten mit einem geringeren Risiko der Schwankungen der Preise einzelner Handelsartikel auf dem Weltmarkt anbietet. In Betracht gezogen werden muss auch die Tatsache, dass die Konkurrenz in diesem Bereich nicht schläft (s. der oben erwähnte Betrieb in Ningxia in China).

Doc. Ing. Karel Ciahotný, CSc.,
 Ing. Zdeněk Beňo, Ph.D.
 Institut für gasförmige und feste Brennstoffe und Luftschutz
 Hochschule für chemische Technologien in Prag



Der Tagebau ČSA, Severní energetická a.s.

Schlusswort

Sehr geehrte Leser,
falls Sie in der diesjährigen Ausgabe der Zeitschrift TEMA bis zu dieser Seite gelangt sind, wird deutlich, dass Sie die Problematik der Braunkohleförderung und -nutzung interessiert. Der Hauptgrund für die Sonderausgabe war, wieder die Diskussion darüber zu starten, ob Kohle, in diesem Fall genauer Braunkohle, als ein bedeutender Rohstoff und als ein wertvoller Naturreichtum am Ende ihres sog. „Lebenszyklus“ ist, und ob wir wirklich die Nutzung ihres energetischen Potenzials beenden. Der Druck der europäischen nicht gewinnorientierten Organisationen (NGO), die sich den Problemen der Umweltqualität widmen, und in dem Fall sowohl der europäischen als selbstverständlich auch der tschechischen Öffentlichkeit, ist in den letzten Jahren enorm und wird dabei noch populistisch von tschechischen sowie europäischen Politikern ausgenutzt.

Ja, man kann damit einverstanden sein, dass wir uns mit der Qualität der Umwelt intensiv beschäftigen sollten. Aber es ist immer die Frage, ob alle die, die gegen die Kohle und deren Nutzung zur Energiegewinnung sind, diese heute und täglich so gern zufrieden nutzen. Die europäische Gesellschaft hat sich Schritt für Schritt sehr schnell an das hohe Lebensniveau gewöhnt und dieser Standard sollte auch weiter gern beibehalten werden. Sie vergisst dabei, dass gerade der erreichte Lebensstandard durch die leichte Zugänglichkeit der Energien bedingt wurde und zurzeit noch wird. Nur wenige Leute sind darauf vorbereitet, sich um die Reihenfolge ihrer Lebensbedürfnisse selbst kümmern zu müssen. Wir alle vertrauen auf den Staat und auf Politiker, die uns den Komfort ganz sicher gewährleisten werden. Eine Frage bleibt noch, ob wir auf den Schritt zur Absicherung der leicht zugänglichen Energien ohne Nutzung der Kohle, wirklich technologisch vorbereitet sind. Ungeachtet der Problematik der globalen Erwärmung und deren Verzögerung, die sehr oft mit der Kohlenutzung in der Energetik verbunden ist, startet alle diese heutigen Änderungen im Sektor Energetik die deutsche Strategie, die von ihren Autoren „Energiewende“ genannt wird. Die Strategie zur Energiewende beschreibt den Übergang von fossilen und nuklearen Brennstoffen zu den erneuerbaren Energien. Das Ziel ist es, bis 2050 in Deutschland vor allem aus erneuerbaren Quellen Energie zu gewinnen, wie z.B. Wind, Solar, geothermale Energien oder andere Energie aus erneuerbaren Quellen. Wie es gelingt, die Ziele der von der deutschen Regierung erarbeiteten und genehmigten Strategie zu erfüllen, können Sie im Beitrag des Herrn Scholtyssek sowie in anderen Quellen lesen. Die meisten stellen fest, dass die für das Jahr 2020 geplanten Ziele wahrscheinlich nicht erreicht werden. Vor kurzem veröffentlichte seine Studie, die dieser Problematik gewidmet ist, auch der Bundesverband der Deutschen Industrie (BDI) [siehe https://e.issuu.com/embed.html#2902526/57478058](https://e.issuu.com/embed.html#2902526/57478058). Die Studie kommt zu der Schlussfolgerung, dass die Erreichung des Zieles, die CO₂-Emissionen um 80% bis 95% im Jahr 2050 zu reduzieren, ein langjähriges politisches, ökonomisches und soziales Projekt von enormen Umfang ist. Beim gegenwärtigen Trend zur Emissionsreduzierung würde Deutschland ein Reduzierungsstand um 61 % erreichen. Nach BDI ist die Reduzierung der Treibhausgasemissionen um 80% technisch nur bei Vernetzung der einzelnen

Wirtschaftszweige realisierbar. Das würde bedeuten, dass Strom zum anstatt fürs Heizen benutzt würde (Installation von 14 Millionen Wärmepumpen) und für den Verkehr (26 Millionen Plug-in oder Hybrid PKW bis 2050 und Güterverkehr mit Elektrowagen in Form einer Straßenbahn). Der Stromverbrauch würde steigen (715 TWh im Jahr 2050 im Vergleich zu 610 im Jahr 2015) und der Strom müsste nur aus erneuerbaren Quellen produziert werden. Das Ziel, 95% Reduzierung zu erreichen, würde den Jahresverbrauch verdoppeln. Die Erweiterung des Potenzials der erneuerbaren Energien sollte Gegenstand der technischen, ökologischen, wirtschaftlichen und öffentlichen Förderung sein, angenommen wird das jährliche Wachstumslimit: der BDI vermutet das Limit bei 800–1.000 TWh pro Jahr. Weiter wäre es nötig, Kohlenstoff Auffang- und Speichermöglichkeiten (CCS) anzuwenden, auch wenn das in Deutschland nicht gerade populär ist, für die Stahl- und Betonherstellung, sowie für die Dampfumwandlung, Erdölraffination und Müllverbrennung oder eine viel teurere Alternative wie z.B. der „Grüne“ Wasserstoff. In der Landwirtschaft müsste den Kühen sog. „Methanpulver“ zur Senkung der Ausdünstungen zugeführt werden. Gemäß BDI ist die Erreichung des Zieles, das Treibhausgas um 80% zu reduzieren, gesamtwirtschaftlich gesehen, lebensfähig, aber mit jährlichen Investitionen von etwa 1,2 % bis 1,8 % des BIP (weitere 1,5 bis 2,3 Billionen EUR insgesamt bis 2050). Einige weitere Maßnahmen – z.B. ein energetischer Wirkungsgrad, der eine Kostenersparnis zur Folge hätte – könnten vielleicht die Kosten für zusätzliche Investitionen um eine Hälfte senken. Die Kapazität der Windkraft- und Solaranlagen um 240 GW zu erhöhen, würde verlangen, die Geschwindigkeit des heutigen Wachstums auf 4,7 GW pro Jahr zu erhöhen – um 1 GW über die Geschwindigkeit des unlängst erfolgten Wachstums - und mehr der nicht populären Stromübertragungsstrassen zu errichten. Gas müsste Kohle als genügende Leistungsreserve ersetzen, und Holz müsste Kohle und Erdgas für niedrige oder mittlere Temperaturen bei industriellem Wärmeverbrauch ersetzen. Trotz der offenbaren Probleme mit der Erreichung der festgelegten Ziele ist die Energiewende, meiner Meinung nach, der Motor für die Politik der Europäischen Gemeinschaft und für das Europäische Parlament. Ein Beispiel sind die neuen Emissionsstandards der Europäischen Union für große Verbrennungsanlagen (Large Combustion Plants BAT reference documents – LCP BREF), die 2021 verabschiedet werden sollen und die ein Teil der EU-Richtlinie zu Industrie-Emissionen aus dem Jahr 2010 sind. Die Emissionslimite beziehen sich auf Kraftwerke mit über 50 MW Wärmeleistung. Am meisten gefährdet sind die Kraftwerke in Mittel- und Osteuropa, wo etwa 25 GW der installierten Leistung der Braunkohlenkraftwerke über den genehmigten Limiten NO_x liegen.

Die strengeren Emissionslimite haben einen Zusammenhang mit dem Ausstieg einer Reihe europäischer Länder aus der Kohleverbrennung. Seit Genehmigung der Limite steigt der Preis der CO₂ Konzessionen sehr rasant. Er bewegte sich innerhalb eines Jahres von 6 EUR bis zu heutigen 21 EUR/t, das heißt um 250%. Und das ist wahrscheinlich für die folgenden Jahre nicht das Ende. Nach

Meinungen vieler Experten, bemüht sich Deutschland, einen Konzessionspreis von 35 bis 45 EUR/t zu erreichen. Eine solche Preisebene kann nämlich zur natürlichen Änderung der Kohlekraftwerke in die Gaskraftwerke beitragen, deren Emissionen weniger als die Hälfte im Vergleich zu Kohle sind. Ein solcher Konzessionspreis könnte den Gaskraftwerken, die die letzten Jahre sterbende energetischen Mammut zu sein scheinen, den Rentabilitätsstatus zurückbringen. Sie werden mit Lebenswasser begossen und das genau braucht Deutschland. – (Quelle <http://oenergetice.cz/nazory/nemecky-rozbrsek>)

Die letzten Nachrichten aus der Sitzung der Sonderkommission der deutschen Regierung für den geplanten Kohleausstieg sind, dass es auch in Deutschland keine Ruhe zur energetischen Konzeption und deren Zukunft gibt. In der Kommission sitzen Vertreter des Staates, der Gewerkschaften, Ökologen, sowie Wissenschaftler. Die Kommission vermerkte bei ihren Beratungen schon zwei große Konflikte. Der Erste bezieht sich auf die Aufforderung der Gesellschaft RWE, einen weiteren Teil des Hambacher Forstes zu fällen und der zweite nach der Äußerung eines staatlichen Vertreters zum Betriebsende der letzten Kohlenkraftwerke in Deutschland in den Jahren 2035–2038 (Quelle *Hospodářské noviny*, 19. 9. 2018 – *Němci se přou o budoucnost uhlí – Deutschen streiten um Zukunft der Kohle.*)

Aus den oben genannten Fakten geht hervor, dass der Sektor „Energetik“ noch immer keine Ruhe gefunden hat und weiterhin sehr turbulent wird. Genauso ist es mit der Frage nach dem weiteren Schicksal der Kohle sowie seiner Nutzung. Außer dass eine Reihe der Fachleute nicht die Meinung teilt, dass es gelingt, in naher Zukunft die Energie ohne Nutzung der Kohle zu produzieren, sucht auch eine Reihe der europäischen „Kohlestaaten“ neue Technologien, wie die Kohle als ein wertvoller Rohstoff auch in Zukunft zu nutzen sei. Davon zeugt z.B. auch die Tatsache, dass schon im Oktober diesen Jahres in Dresden schon der zweite Workshop zu der Problematik – „2nd Germany-Poland-Czech Republic Workshop on Integrated Technology Development for Effective and Sustainable Utilization of Domestic Carbon Resources“ stattfinden wird. Gerade an diese neuen Technologien richtet sich auch diese Sonderausgabe der Zeitschrift TEMA.

Ich glaube, dass Ihnen die Beiträge in der Sonderausgabe der Zeitschrift TEMA gefallen haben, dass diese für Sie interessant waren und Sie mit neuen Informationen zu künftigen Möglichkeiten der Nutzung der Kohle und ihrer Zukunft inspiriert wurden.

Ing. Petr Svoboda, CSc.

Výzkumný ústav pro hnědé uhlí a. s.



Historischer Blick auf die Förderung der Braunkohle in Most.
Dobový pohled na hnědouhelnou těžbu v Mostě.

Ing. Stanislav Štýs, DrSc.



