

Zeitschrift:	Vermessung, Photogrammetrie, Kulturtechnik : VPK = Mensuration, photogrammétrie, génie rural
Herausgeber:	Schweizerischer Verein für Vermessung und Kulturtechnik (SVVK) = Société suisse des mensurations et améliorations foncières (SSMAF)
Band:	91 (1993)
Heft:	4: Ländliche Entwicklung und Umweltschutz in Polen = Développement rural et protection de l'environnement en Pologne = Wybrane problemy rozwoju terenów wiejskich i ochrony środowiska w Polsce
Artikel:	Biologische Rekultivierung der Bergehalde des oberschlesischen Steinkohlebeckens
Autor:	Strzyszcz, Z.
DOI:	https://doi.org/10.5169/seals-234960

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

Download PDF: 26.12.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>

Biologische Rekultivierung der Bergehalde des oberschlesischen Steinkohlebeckens

Z. Strzycz

Die Steinkohle ist der mengenmässig bedeutendste Energieträger in Polen. 1991 wurden 150 Millionen Tonnen Steinkohle, vorwiegend im oberschlesischen Steinkohlebecken, gefördert, wobei zusätzlich etwa 60 Millionen Tonnen Abraum auf Halden deponiert werden mussten. Es wurde das Ziel gesetzt, diese Halden mit der ursprünglichen Vegetation zu rekultivieren. Insbesondere die bei der Verwitterung der Berge eintretende extreme Versauerung, vornehmlich auf den Pyritgehalt des Fördermaterials zurückzuführen, stellt dabei das grösste Problem dar. Langjährige Untersuchungen führten zu einer Baum- und Strauchartenmischung, die den gegebenen Bedingungen zusammen mit einer Stickstoffdüngung der Haldenoberfläche am besten gerecht wird. Diese Mischung setzt sich aus Lärche, Stiel- und Roteiche, Spitz- und Bergahorn, verschiedenen Kieferarten und zusätzlich aus Eberesche, Linde, Weisspappel und Pappelklonen zusammen.

Quantitativement, la houille constitue la ressource énergétique la plus importante de la Pologne. En 1991, 150 millions de tonnes de houille ont été extraites, principalement dans le bassin houiller de Haute Silésie. A cela, il faut ajouter environ 60 millions de tonnes qu'il a fallu déposer en terrils. On s'est fixé pour but de planter sur ces terrils de la végétation naturelle primitive. Le plus grand problème réside dans le fait que la décomposition des terrils conduit à une acidification extrême des matériaux d'extraction dûe notamment à la présence de pyrite.

Plusieurs années de recherches ont permis d'obtenir un mélange d'arbres et d'arbisseaux qui, avec une fumure d'azote, s'adapte le mieux aux conditions particulières des terrils. Le mélange d'arbres comprend le mélèze, les chênes pédonculé et rouge, les érables plane et sycomore, différents pins, le sorbier des oiseleurs, le tilleul, le peuplier blanc et des clones de peuplier.

Węgiel kamienny stanowi w Polsce główne źródło energii. W roku 1991 wydobyto 150 milionów ton węgla kamiennego, głównie w kopalniach Górnego Śląska. Z tego około 60 milionów ton zostało zdeponowanych w formie odpadów na hałdach, których rekultywacja stanowi ważny problem badawczy. Odtworzenie pierwotnego charakteru roślinności jest końcowym celem prac przeprowadzonych przez specjalistów z Instytutu Inżynierii Środowiska w Zabru. Główna przeszkoda w osiągnięciu tego celu jest ekstremalne zakwaszenie substratu, spowodowane procesami wietrzenia odpadów węglowych, szczególnie materiałów zasobnych w piraty.

Na podstawie wieloletnich badań opracowano zestaw gatunków krzewów i drzew, które w połączeniu z powierzchniowym nawożeniem azotowym hałd, optymalnie dostosowują się do tych szczególnych warunków środowiskowych. Jako najbardziej przydatne do zalesienia okazały się: modrzew, dąb czerwony, dąb szypułkowy, klon pospolity, jawor oraz różne gatunki sosny; natomiast do zazielania hałd: jarząb pospolity, lipa, topola biała oraz odmiany uprawne topoli jak.

Einleitung

Das oberschlesische Steinkohlebecken wird durch die Orte Krzeszowice (bei Krakau), Tarnowskie Góry, Gliwice, Cieszyn und dem Karpatenvorland begrenzt (vgl. Abb. 1), wobei eine Fortsetzung in die Tschechische Republik hineinreicht.

1991 wurde etwa 150 Millionen Tonnen Steinkohle gefördert, wobei zusätzlich etwa 60 Millionen Tonnen Abraum anfielen. Der überwiegende Teil davon wird oberflächlich gehaldet. Die Gesamtfläche der Halden belaufen sich in der Wojewodschaft Katowice auf 2210 Hektaren, welche sich auf etwa 250 Halden von 0,5–350

Hektaren aufteilen. Die grossen Halden werden vorwiegend in ehemaligen Sandgruben geschüttet. Da dieses Gelände früher überwiegend mit Wald bedeckt war, ist das heutige Ziel, die Haldenfläche mit Wald zu rekultivieren, um den ursprünglichen Zustand wieder herzustellen.

Arten und Zusammensetzung der Steinkohleabfälle

Bei der Steinkohleförderung fallen außer Kohle auch die Nebengesteine der Flöze an, die in der Fachsprache als «Berge»

bezeichnet werden. Die Zusammensetzung dieses Bergematerials ist abhängig von der geologisch-petrographischen Situation beim Abbau und damit sehr heterogen. Mit dem Begriff «Berge» ist die Gesamtheit der petrographisch, mineralogisch und chemisch unterschiedlichen Materialien umschrieben (Wiggering 1984). Der grösste Anteil der Berge fällt als sogenannte Waschberge (ca. 70%) bei Kohlenaufbereitungsprozessen an. Abhängig von unterschiedlichen Aufbereitungsverfahren werden sie in drei Gruppen unterteilt:

- Grobberge (Korngrösse 30–250 mm)
- Feinberge (Korngrösse 1–30 mm)
- Flotationsberge (Korngrösse <1 mm).

Der Anteil der Feinberge beträgt etwa 30%, derjenige der Flotationsberge schwankt zwischen 1–6% (Twardowska 1981). Somit überwiegen die Berge mit der Korngrösse zwischen 30–250 mm. Für die Berge kann generell folgende petrographische Gliederung, geordnet nach Massenanteil, vorgenommen werden: Schieferton > Sandschiefer > Sandstein > Brand-schiefer > andere (z.B. Toneisenstein, Quarzit). Dabei fällt der prozentuale Anteil von Sandstein, Sandschiefer und Schieferton im oberschlesischen Kohlerevier von Osten nach Westen. Sehr hohe Schwankungen zeigen die Gesteine der Berge in der mineralogischen Zusammensetzung (Tab. 1).

Biologische Rekultivierung der Bergehalde

Von 1957–1970 wurden in Polen systematische Untersuchungen über die Einführung verschiedener Baumarten zur Be-pflanzung der Bergehalde durchgeführt. Dabei kamen vor allem folgende Baumarten zum Einsatz: Schwarzerle, Grauerle, Birke, Zitter-Pappel, Robinie und Salweide.

Nach der Erfüllung der bodenbildenden Aufgaben sollten diese Pionierarten durch edlere Arten ersetzt werden (Strzycz et al. 1974a). Die genannten Baumarten wurden überwiegend direkt in die Verwitterungszone der Berge eingepflanzt. Auf eine Anreicherung der Haldenoberfläche mit Humus, Torf, Klärschlamm oder Sägemehl wurde mehrheitlich verzichtet, da diese Massnahmen nicht immer zu befriedigen vermochten und den Rekultivierungsprozess erheblich verteuerten. Weiter wurde auf die Anwendung von Mineral-dünger (vorwiegend Stickstoffdünger) verzichtet. Man ging davon aus, dass die Berge über genügend Stickstoffreserven für die Bedingungen der Bäume verfügen (Strzycz et al. 1974b), und dass diese Komponenten durch den Verwitterungsprozess freigegeben würden.

Die Forschungen nach 1970 ergaben, dass Baumarten, die durch fehlende Sym-

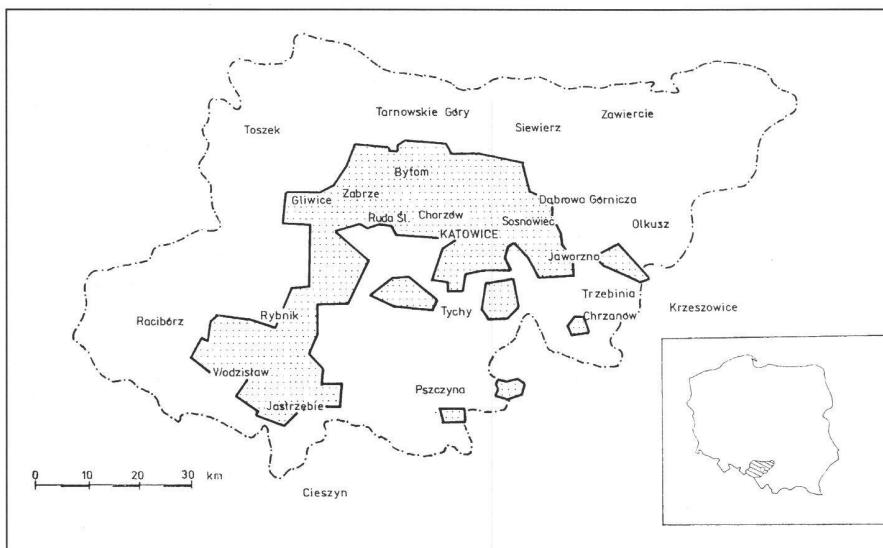


Abb. 1: Die Wojewodschaft Katowice und das oberschlesische Steinkohlebecken.

Fig. 1: La voïvodie de Katowice et le bassin houiller de Haute Silésie.

Rys. 1: Województwo Katowice oraz Górnosląskie Zagłębie Węglowe.



Abb. 2: Verwitterung verschiedener Bergearten: Schieferton, Sandschiefer, Sandstein.

Fig. 2: La dégradation de différents types de déblais: argile schisteuse, schiste sableux, grès.

Rys. 2: Produkty wietrzenia różnych utworów skalnych: łupki drobnoziarniste, łupki gruboziarniste, piaskowiec.

	Sandstein	Sandschiefer	Schieferton
Quarze	30–72	2–60	0–10
Feldspäte	2–28	1–22	0–3
Glimmer und Chlorite	0–10	1–19	0–3
Karbonate	0–21	0–11	0–4
Tonminerale	1–19	3–80	10–82
Organische Substanz	0–13	0–30	0–30
Sulfide und Sulfate	0–3	0–6	0–1

Tab. 1: Mineralogische Zusammensetzung verschiedener karbonischer Gesteine in Prozent.

Tab. 1: Composition minéralogique de différents roches carbonifères (pourcentage).

Tab. 1: Skład mineralogiczny różnych skał węgielnych.

biotische mit Wurzelknöllchen, Bakterien oder Mykorrhizae keine Stickstoffaufnahmefähigkeit hatten, auch keinen genügenden Zuwachs realisieren konnten. Ihre Blätter zeigten aber eine chlorotische Verfärbung. Der grösste Teil des Stickstoffs wurde der verkohlten Substanz entzogen. Dasselbe gilt für das NH_4^+ , welches im Tonmineral Illit gebunden ist. Diese Form ist für die Pflanzen allgemein schwer zugänglich (Strzyszcz und Aldag 1978, Aldag und Strzyszcz 1980).

Zur Klärung der Frage, ob eine Stickstoffdüngung für das Wachstum der Bäume bessere Bedingungen schaffen würde, wurden Untersuchungen mit verschiedenen Stickstoffformen durchgeführt (Strzyszcz et al. 1974b, Aldag und Strzyszcz 1980, Strzyszcz 1978 und 1982). Dabei wurden Esche, Lärche, amerikanische Esche, Stiel- und Roteiche, Berg- und Spitzahorn, Linde, 8 Pappelklone (Stecklinge) wie auch zahlreiche Straucharten getestet.

Die Resultate zeigen, dass eine Gabe von 25 kg N/ha auf einen Zeitraum von 3–4 Jahren als ausreichend für die Effektivität der Rekultivierung angesehen werden kann. Als das geeignete Düngemittel hat sich Harnstoff und Kalziumnitrat bewährt (vgl. Tab. 2).

Nach einer 10jährigen Untersuchungsphase konnten folgende Baum- und Straucharten empfohlen werden:

Für die Begründung:

Für die Begründung:
Hauptarten (Anteil 70–80%):



Abb. 3: Halde «Przezchlebie»: natürliche Sukzession nach vier Jahren.

Abb. 3: Hälde «Przezchlebie». natürliche Sukzession nach vier Jahren.
 Fig. 3: Le terril de «Przezchlebie»: Succession naturelle après quatre ans.

Rys. 3: Hałda «Przechlebie»: naturalna sukcesja po czterech latach.

Partie rédactionnelle

	Esche		Lärche		Nieder-schlags-summe in mm
	ohne N	mit N	ohne N	mit N	
1973	5.5	3.7	—	—	686.7
1974	4.0	9.8	5.8	11.2	844.8
1975	13.8	29.6	12.2	26.4	802.2
1976	18.3	32.7	15.8	30.6	742.8
1977	6.3	14.9	15.1	54.2	950.7
1978	6.6	17.3	33.2	52.5	677.1
1979	5.5	10.5	29.3	75.9	720.4

Tab. 2: Mittlerer Jahresszuwachs von Esche und Lärche in cm ohne bzw. mit einer Düngung von 25 kg N/ha in Form von Harnstoff.

Tab. 2: Accroissement moyen annuel du frêne et du mélèze en centimètres sans fumure et avec addition de 25 kg N/ha sous forme d'urée.

Tab. 2: Średni roczny przyrost jarzębia i modrzewia w cm, na poletkach nienawożonych albo nawożonych mocznikiem (25 kg N/ha).

Roteiche, Eberesche, Berg- und Spitzahorn, Linde, Lärche, Weisspappel und Pappelklonen Hybrida 275, 194 und Italica 214, Schwarzkiefer, Traubenkirsche, Hartriegel, Eingrifflicher und Gemeiner Weissdorn, Gemeiner Schneeball, Sanddorn; Zumischungarten (Anteil 20–30%): Birke, Feldahorn, Schwarz- und Roterle, Feldulme, Traubenholunder, Liguster, Hunrose, Salweide, Pfaffenbüchchen, Steinwechsel;

Für die Bewaldung:

Hauptarten (Anteil 60–70%):

Lärche, Stiel- und Roteiche, Spitz- und Bergahorn, Schwarzkiefer, Kiefer und Weymouthskiefer;

Zumischungarten (Anteil 20–30%):

Linde, Schwarz- und Roterle, Feldahorn, Buche, Amerikanische Esche, Japanische Lärche, Robinie;

Hilfsarten (Anteil 15–20%):

Traubenkirsche, Spätblühende Traubenkirsche, Eingrifflicher und Gemeiner Weissdorn, Gemeiner Schneeball, Eberesche, Hartriegel, Schwarze Johannisbeere.

Die Mischung sollte dabei folgende Funktionen gewährleisten:

- 60%ige Bedeckung der Halde im ersten Vegetationsabschnitt auch bei ungünstigen Feuchtigkeitsverhältnissen
- Bildung eines verzweigten Wurzelsystems und Steigerung der Wasserleitfähigkeit im Boden
- geschlossene Bodenbedeckung, um Wind- und Wassererosion aufzuhalten.

Mit dieser Methode wurden bis 1991 über 350 ha Haldenfläche rekultiviert.

Beeinflussende Faktoren bei der Anwendung von Mineraldüngern

Im Unterschied zur Düngung von Agrar- und Waldflächen sollten bei der Düngung von Haldenflächen folgende Parameter berücksichtigt werden:

- Physikalische Verwitterungsvorgänge

die mit der Zeit für eine Verkleinerung der Körnung sorgen.

- Chemische Verwitterungsvorgänge durch Oxydation von Sulfiden (Pyrit, Markasit), die für eine radikale Versauerung des Bodens verantwortlich sind. So ergab z.B. der tiefste gemessene Wert auf der Halde Smolnica pH = 3.0).
- Sorptionsvorgänge, bei welchen das Ammonium der Mineraldünger besonders stark gebunden wird.

Die mineralische Zusammensetzung, die Struktur und die Granulierung spielen eine grosse Rolle. So wurde beobachtet, dass Bergematerial zum Teil schon drei Monate nach der Aufschüttung eine Granulierung von 50 mm erreicht, was die biologische Rekultivierung erleichtert (Strzyszcz et al. 1981a und 1981b). Mit den Verwitterungsvorgängen sind Auslaugungsprozesse der auf den Halden gestreuten Dünger eng verbunden. Eine intensive Auswaschung der Düngemittel führt sowohl zum Entzug von Nährstoffen als auch zur Verschmutzung der Grund- und Oberflächengewässer. Die grosse Vielfalt möglicher chemischer Zusammensetzungen, die sich während eines bestimmten Zeitablaufs bilden und die Möglichkeit einer stellenweisen extremen Versauerung des Abraumes könnte Anlass sein, überhaupt keine Mineraldünger anzuwenden. Die Mineraldüngung hilft aber, den ungünstigen Zeitabschnitt, in welchem die Schwefelsäure ausgelaugt wird, zu überbrücken. Phänologische Beobachtungen zeigen außerdem, dass auf stickstoffgedüngten Halden die Vegetationsperiode wegen der besseren Wärmeleitfähigkeit der Berge 9–12 Tage eher beginnt und durch die Düngung ca. 2 Wochen später endet.

Aus der Sicht der forstlichen Rekultivierung ist die Senkung des pH-Wertes der Halden unter die Grenze der Existenzmöglichkeiten für die Pflanzenwelt von grosser



Abb. 4: Stickstoffgedüngte Pappel-Hybrida 194 fünf Jahre nach der Pflanzung.

Fig. 4: Peupliers Hybrida 194 avec fumure d'azote cinq ans après la plantation.

Rys. 4: Pięcioletnia topola «Hybryda 194» nawożona azotem.

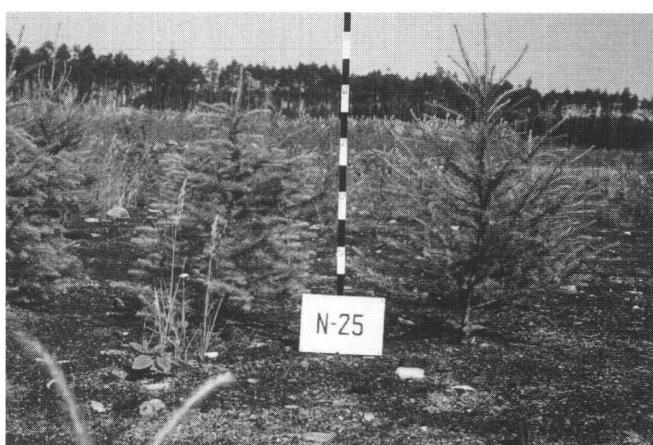


Abb. 5: Stickstoffgedüngte Lärchen vier Jahre nach der Pflanzung.

Fig. 5: Mélèzes avec fumure d'azote quatre ans après la plantation.

Rys. 5: Czteroletni modrzew nawożony azotem.

Bedeutung. Im oberschlesischen Industrievier erfolgt die Absenkung des pH-Wertes im allgemeinen im zweiten bis vierten Jahr. Dieser Ablauf ist von Faktoren wie die Pufferkapazität, Körnung, Feuchtigkeitsverhältnisse der Halde, Exposition sowie Pyritgehalt und Pyritform abhängig. Die zunehmende Versauerung des Halde materials muss bei der Planung der forstlichen Rekultivierung natürlich berücksichtigt werden. Wenn die Oxydation im vierten oder fünften Jahre erfolgt, können grosse Ausfälle der schon früher gepflanzten Baum- und Straucharten auftreten. Die Vorhersage über das zeitliche Verhalten von Sulfiden ist mit der Kombination einer Oxidierung der Abfälle mit H_2O_2 und der pH-Messung möglich (Strzyszcz 1985).

Grosse Beachtung muss einer sorgfältigen Phosphordüngung geschenkt werden, ist doch die Oxidation von Pyrit ein chemisch-biologischer Vorgang (*Tiobacillus ferrooxidans*), der unter anderem durch Phosphate verhindert wird. Dabei bewährte sich Phosphoritmehl am besten (Strzyszcz 1989).

Schlussfolgerungen

1. Die Bergehalde zeigen eine grosse Heterogenität in der Korngrösse und in der petrographischen, mineralogischen und chemischen Zusammensetzung. Diese ist abhängig von der geologischen Situation der Kohleflöze und der technologischen Prozesse bei der Gewinnung bzw. Aufbereitung der Kohle.
2. Die Heterogenität wird durch physikalische und chemische Verwitterungsprozesse noch zusätzlich verstärkt.
3. Die Verwitterung der Sulfide führt zu einer starken pH-Änderung der Bergehalde. Es ist notwendig, vor der Haldebegruung eine entsprechende Prognose aufzustellen. Dafür ist der H_2O_2 -Test am besten geeignet.
4. Die biologische Rekultivierung von Halden ohne Zugabe von Humus ist möglich. Trotz einem hohen Stickstoffgehalt in den Bergen ist eine Stickstoffdüngung wegen dessen schwierigen Zugänglichkeit von grosser Bedeutung.
5. Nach fast 20jährigen Untersuchungen forstlich rekultivierter Bergehalde haben sich Lärche, Stiel- und Roteiche, Spitz- und Bergahorn, Schwarzkiefer, Kiefer und Weymouthskiefer als die besten Lösungen erwiesen. Für eine Begrünung der Bergehalde kann man die oben genannten Arten mit Eberesche, Linde, Weisspappel und den Pappelkona-Hybrida 274, 194 und Italic 214 ergänzen.

Literatur:

- Aldag R. W., Strzyszcz Z., 1980: Inorganic and Organic Nitrogen Compounds in Carbonaceous Phyllosilicates in Spoils with Regard to Forest Reclamation, Reclamation Review, Vol. 3, p. 69-73.
- Strzyszcz Z., Harabin Z., Hutnik J., 1974a: Reclamation of coalmined land in Poland. Second Research and Applied Technology Symposium on Mined-land Reclamation. Louisville, National Coal Association, Washington D.C. p. 242-252.
- Strzyszcz Z., Harabin Z., Klein T., 1974b: Der Einfluss der Stickstoff-Formen auf das Wachstum und die Entwicklung mancher Baumarten auf Steinkohlehalde. Internationale Fachtagung «Halden im Ruhrgebiet und ihre Integrierung in die Landschaft». Siedlungsverband Ruhrkohlenbezirk, Essen S. 181-200.
- Strzyszcz Z., 1978: Changes in the chemistry of carboniferous formations from the aspect of biological recultivation and utilisation of central waste dumps. Prace i Studia nr. 19. IPIŚ PAN, Wyd. PAN Ossolineum Wrocław, p. 116 (in Polnisch).
- Strzyszcz Z., Aldag R. W., 1978: Nitrogen content in coalmining dumps with regard to their biological recultivation. Archiwum Ochrony Środowiska 3-4, p. 123-132 (in Polnisch).
- Strzyszcz Z., Krzaklewski W., Harabin Z., 1981a: The impact of mineral fertilizers on spontaneous forestification of coal mine spoil heaps «Smolnica» in the course of its reclamation. Archiwum Ochrony Środowiska 1. p. 162-173 (in Polnisch).
- Strzyszcz Z., Giza T., Pajak J., 1981b: Weathering of wastes of hard coal mining in the aspect of biological land reclamation. Ochrona Terenow Gorniczych nr 55. p. 44-47 (in Polnisch).
- Strzyszcz Z., 1982: Erfahrung, Möglichkeiten und Anwendung künstlicher Düngung auf Halden des Steinkohlebergbaus in Oberschlesien, Symposium Internationale Haldenfachtagung Essen Kommunalverband, S. 149-162.
- Strzyszcz Z., 1985: Verwitterungsprozesse und Verwitterungsprognostik in Bergbau-Halden für die Rekultivierung. Mitt. der DBG 43/II., Göttingen, S. 897-901.
- Strzyszcz Z., 1989: Assessment of utilization of mine wastes of the upper Silesia Coal Basin for biological reclamation. Archiwum Ochrony Środowiska 1-2, p. 91-123 (in Polnisch).
- Twardowska I., 1981: The mechanism and dynamics of carbon spoils leaching on the tips. Prace i Studia nr 25, IPIS PAN. Wyd. PAN Ossolineum Wrocław, p. 206 (in Polnisch).
- Wiggering H., 1984: Mechanismen bei der Verwitterung aufgehaldeter Sedimente (Berge) des Oberkarbon. Diss. Fachbereich Architektur, Bio- und Geowissenschaften der Universität-Gesamthochschule Essen, S. 228.

Strzyszcz Z., Krzaklewski W., Harabin Z., 1981a: The impact of mineral fertilizers on spontaneous forestification of coal mine spoil heaps «Smolnica» in the course of its reclamation. Archiwum Ochrony Środowiska 1. p. 162-173 (in Polnisch).

Strzyszcz Z., Giza T., Pajak J., 1981b: Weathering of wastes of hard coal mining in the aspect of biological land reclamation. Ochrona Terenow Gorniczych nr 55. p. 44-47 (in Polnisch).

Strzyszcz Z., 1982: Erfahrung, Möglichkeiten und Anwendung künstlicher Düngung auf Halden des Steinkohlebergbaus in Oberschlesien, Symposium Internationale Haldenfachtagung Essen Kommunalverband, S. 149-162.

Strzyszcz Z., 1985: Verwitterungsprozesse und Verwitterungsprognostik in Bergbau-Halden für die Rekultivierung. Mitt. der DBG 43/II., Göttingen, S. 897-901.

Strzyszcz Z., 1989: Assessment of utilization of mine wastes of the upper Silesia Coal Basin for biological reclamation. Archiwum Ochrony Środowiska 1-2, p. 91-123 (in Polnisch).

Twardowska I., 1981: The mechanism and dynamics of carbon spoils leaching on the tips. Prace i Studia nr 25, IPIS PAN. Wyd. PAN Ossolineum Wrocław, p. 206 (in Polnisch).

Wiggering H., 1984: Mechanismen bei der Verwitterung aufgehaldeter Sedimente (Berge) des Oberkarbon. Diss. Fachbereich Architektur, Bio- und Geowissenschaften der Universität-Gesamthochschule Essen, S. 228.

Adresse des Verfassers:

Prof. Dr. Z. Strzyszcz
Polska Akademia Nauk
Instytut Podstaw Inżynierii Środowiska
Curie-Skłodowskiej 34
PL-41800 Zabrze