

**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 Bergehalden 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:** 27.04.2026

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

## Biologische Rekultivierung der Bergehalden des oberschlesischen Steinkohlebeckens

Z. Strzyszcz

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'arbrisseaux 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 przeprowadzanych przez specjalistów z Instytutu Inżynierii Środowiska w Zabrze. Główna przeszkoda w osiągnięciu tego celu jest ekstremalne zakwaszenie substratu, spowodowane procesami wietrzenia odpadów węglowych, szczególnie materiałów zasobnych w piryty.

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 szypulkowy, klon pospolity, jawor oraz różne gatunki sosny; natomiast do zazieleniania hałd: jarzab pospolity, lipa, topola biała oraz odmiany uprawne topoli jak.

### Einleitung

Das oberschlesische Steinkohlebecken wird durch die Orte Krzeszowice (bei Kraukau), 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 gehalten. 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:

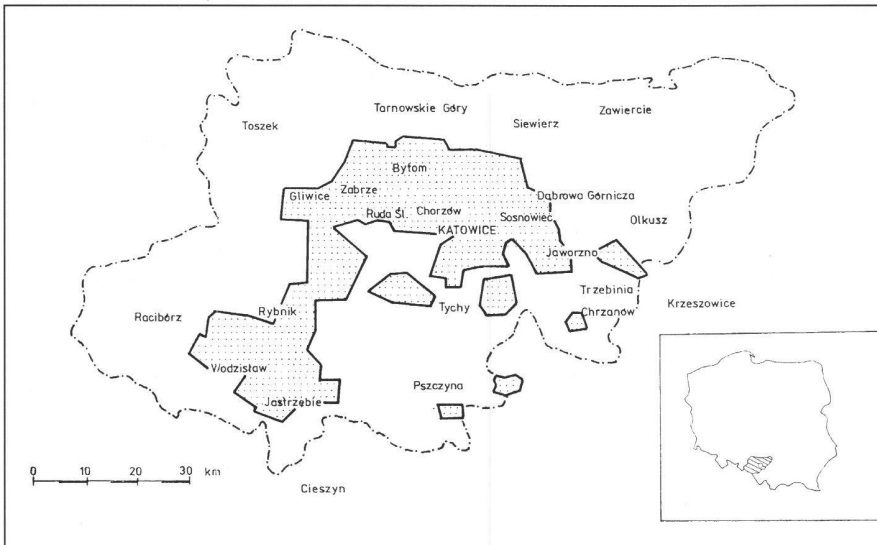
- Grobberge (Korngrösse 30–250 mm)
- Feinberge (Korngrösse 1–30 mm)
- Flotationsberge (Korngrösse <1 mm).

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 > Brandschiefer > 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).

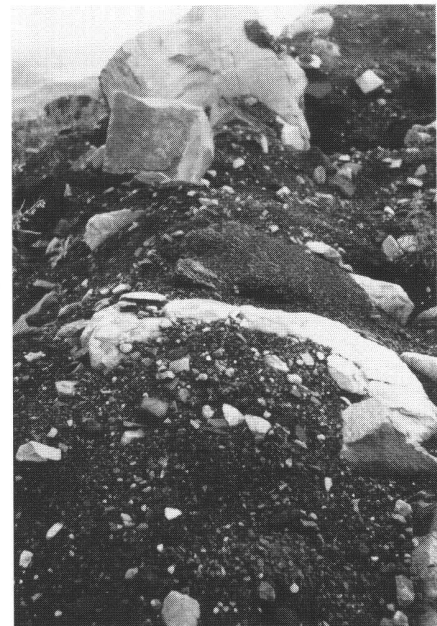
### Biologische Rekultivierung der Bergehalden

Von 1957–1970 wurden in Polen systematische Untersuchungen über die Einführung verschiedener Baumarten zur Bepflanzung der Bergehalden 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 (Strzyszcz 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 Mineraldünger (vorwiegend Stickstoffdünger) verzichtet. Man ging davon aus, dass die Berge über genügend Stickstoffreserven für die Bedingungen der Bäume verfügten (Strzyszcz 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 houïler de Haute Silésie.**  
**Rys. 1: Wojwództwo Katowice oraz Górnośląskie Zagłębie Węglowe.**



**Abb. 2: Verwitterung verschiedener Bergarten: 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 węglanych.**



**Abb. 3: Halde «Przechlebie»: natürliche Sukzession nach vier Jahren.**  
**Fig. 3: Le terril de «Przechlebie»: Succession naturelle après quatre ans.**  
**Rys. 3: Hałda «Przechlebie»: naturalna sukcesja po czterech latach.**

biose mit Wurzelknöllchen, Bakterien oder Mykorrhiza keine Stickstoffaufnahme-fähigkeit 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 (Strzyszczyk und Aldag 1978, Aldag und Strzyszczyk 1980).

Zur Klärung der Frage, ob eine Stickstoffdüngung für das Wachstum der Bäume bessere Bedingungen schaffen würde, wurden Untersuchungen mit verschiedenen Stickstoffformen durchgeführt (Strzyszczyk et al. 1974b, Aldag und Strzyszczyk 1980, Strzyszczyk 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 geeignetste Düngemittel hat sich Harnstoff und Kaliumnitrat bewährt (vgl. Tab. 2).

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

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

	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 Jahreszuwachs 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 niena-  
wożonych albo nawożonych mocznikiem (25 kg N/ha).***

Roteiche, Eberesche, Berg- und Spitz-  
ahorn, Linde, Lärche, Weisspappel und  
Pappelklonen Hybrida 275, 194 und Italia  
214, Schwarzkiefer, Traubenkirsche, Hart-  
riegel, Eingrifflicher und Gemeiner Weiss-  
dorn, Gemeiner Schneeball, Sanddorn;  
Zumischungsarten (Anteil 20–30%):  
Birke, Feldahorn, Schwarz- und Roterle,  
Feldulme, Traubenholunder, Liguster, Hun-  
rose, Salweide, Pfaffenhütchen, Stein-  
weichsel;

Für die Bewaldung:

Hauptarten (Anteil 60–70%):

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

Zumischungsarten (Anteil 20–30%):

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

Hilfsarten (Anteil 15–20%):

Traubenkirsche, Spätblühende Traubenkir-  
sche, Eingrifflicher und Gemeiner Weiss-  
dorn, Gemeiner Schneeball, Eberesche,  
Hartriegel, Schwarze Johannisbeere.

Die Mischung sollte dabei folgende Funk-  
tionen gewährleisten:

- 60%ige Bedeckung der Halde im er-  
sten Vegetationsabschnitt auch bei un-  
günstigen Feuchtigkeitsverhältnissen
- Bildung eines verzweigten Wurzelsy-  
stems und Steigerung der Wasserleitfä-  
higkeit 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 Versäu-  
erung 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 beson-  
ders 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 (Strzyszc et al.  
1981a und 1981b). Mit den Verwitterungs-  
vorgängen sind Auslaugungsprozesse der  
auf die Halden gestreuten Dünger eng ver-  
bunden. 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 extre-  
men Versauerung des Abraumes könnte  
Anlass sein, überhaupt keine Mineraldün-  
ger anzuwenden. Die Mineraldüngung hilft  
aber, den ungünstigen Zeitabschnitt, in  
welchem die Schwefelsäure ausgelaugt  
wird, zu überbrücken. Phänologische Be-  
obachtungen zeigen ausserdem, dass auf  
stickstoffgedüngten Halden die Vegeta-  
tionsperiode wegen der besseren Wärme-  
leitfähigkeit der Berge 9–12 Tage eher be-  
ginnt und durch die Düngung ca. 2 Wo-  
chen später endet.

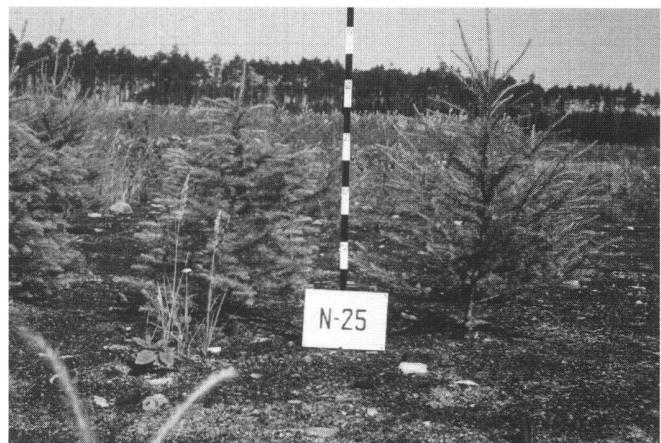
Aus der Sicht der forstlichen Rekultivie-  
rung ist die Senkung des pH-Wertes der  
Halden unter die Grenze der Existenzmög-  
lichkeiten für die Pflanzenwelt von grosser



**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 «Hybrida 194» nawożona azotem.**



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

**Fig. 5: *Mélèzes avec fumure d'azote quatre ans après la plan-  
tation.***

**Rys. 5: Czteroletni modrzew nawożony azotem.**

Bedeutung. Im oberschlesischen Industrieviertel 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 Haldenmaterials 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 (Strzyszc Z 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 (Strzyszc 1989).

## Schlussfolgerungen

1. Die Bergehalden 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 Bergehalden. Es ist notwendig, vor der Haldenbegrünung 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 Bergehalden haben sich Lärche, Stiel- und Roteiche, Spitz- und Bergahorn, Schwarzkiefer, Kiefer und Weymouthskiefer als die besten Lösungen erwiesen. Für eine Begrünung der Bergehalden kann man die oben genannten Arten mit Eberesche, Linde, Weisspappel und den Pappelklona-Hybrida 274, 194 und Italica 214 ergänzen.

### Literatur:

Aldag R. W., Strzyszc Z., 1980: Inorganic and Organic Nitrogen Compounds in Carbonaceous Phyllosilicates on Spoils with Regard to Forest Reclamation, Reclamation Review, Vol. 3, p. 69–73.

Strzyszc 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.

Strzyszc Z., Harabin Z., Klein T., 1974b: Der Einfluss der Stickstoff-Formen auf das Wachstum und die Entwicklung mancher Baumarten auf Steinkohlehalden. Internationale Fachtagung «Halden im Ruhrgebiet und ihre Integrierung in die Landschaft». Siedlungsverband Ruhrkohlenbezirk, Essen S. 181–200.

Strzyszc 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).

Strzyszc Z., Aldag R. W., 1978: Nitrogen content in coalmining dumps with regarding to their biological recultivation. Archiwum Ochrony Środowiska 3–4, p. 123–132 (in Polnisch).

Strzyszc 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).

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

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

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

Strzyszc 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, IPIŚ 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. Strzyszc  
Polska Akademia Nauk  
Instytut Podstaw Inżynierii Środowiska  
Curie-Skłodowskiej 34  
PL-41800 Zabrze