POLSKA AKADEMIA NAUK
CENTRUM
PODSTAWOWYCH PROBLEMÓW GOSPODARKI
SUROWCAMI MINERALNYMI I ENERGIĄ

Sympozja i Konferencje nr 6

SZKOŁA EKSPLOATACJI PODZIEMNEJ '93

KRAKÓW • 1993

SUPLEMENT

Centrum Podstawowych Problemów Gospodarki Surowcami Mineralnymi i Energią PAN

Zakład Górnictwa Podziemnego AGH

MATERIAŁY SZKOŁY EKSPLOATACJI PODZIEMNEJ '93

Ustroń, 1–5 marca 1993

SUPLEMENT

Kraków 1993

Minerals and Energy Economy Research Centre
Polish Academy of Sciences

Department of Underground Mining
University of Mining and Metallurgy

PROCEEDINGS OF THE UNDERGROUND EXPLOITATION SCHOOL '93

Ustroń, 1–5 March, 1993

SUPPLEMENT

Cracow 1993

Przedstawiamy Uczestnikom Szkoły Eksploatacji Podziemnej '93 dwa artykuły prof. Antoniego Sroki, aktualnie pracownika Ruhrkohle Niederrhein AG. Z różnych względów, ale także z winy organizatorów, drugi z przedstawionych artykułów nie ukazał się w materiałach tegorocznej Szkoły. Zgodnie z życzeniami Autora jest on przedstawiony w języku niemieckim. Pierwszy z wymienionych artykułów jest referatem przygotowanym przez Autora na Szkołę w roku 1992 i uzupełnionym w roku 1993. Sądzę, że oba będą interesującą lekturą i przypomnieniem doskonałego ich przedstawienia.

Przewodniczący Komitetu Organizacyjnego
Szkoły Eksploatacji Podziemnej

dr inż. Jerzy KICKI

Anton SROKA

Górnictwo węgla kamiennego w Polsce z perspektywy doświadczeń górnictwa niemieckiego

1. Wstęp.

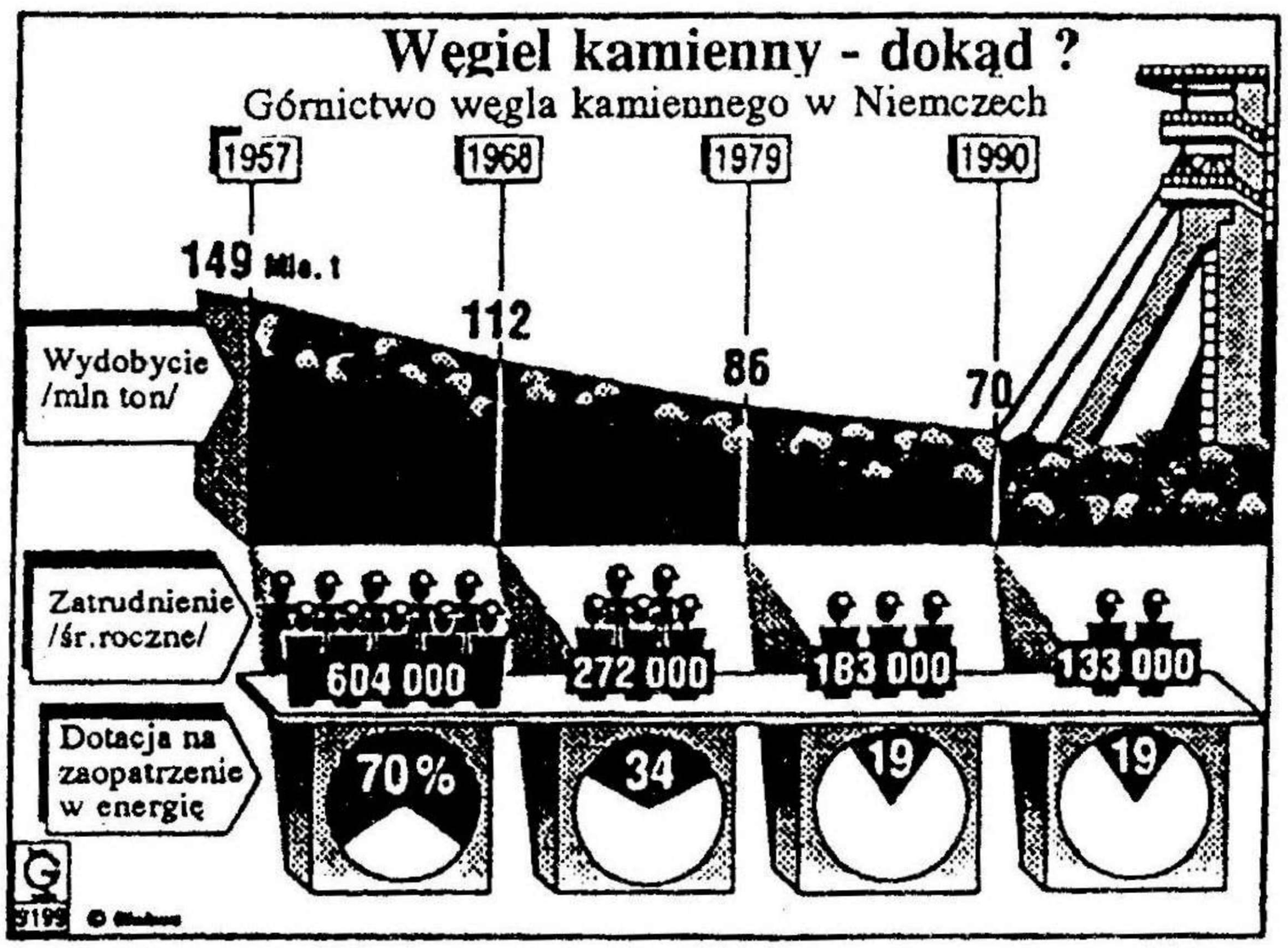
Górnictwo węgla kamiennego w Europie znajduje się w kryzysowym położeniu. Dotyczy to nie tylko Europy Zachodniej ale także krajów Europy Wschodniej jak Polska, Czechosłowacja, Węgry oraz krajów byłego Związku Radzieckiego. Wszystkie kraje Europy Wschodniej stoją przed bardzo poważnymi rozstrzygnięciami zarówno natury politycznej jak i gospodarczej, które zadecydują o roli i losie górnictwa.

W referacie przedstawiono w skrócie przeszłość, teraźniejszość i przyszłość górnictwa węgla kamiennego w Niemczech ze szczególnym uwzględnieniem Zagłębia Ruhry. Jest rzeczą dyskusyjną czy historia i ostatnie rozstrzygnięcia determinujące rozwój górnictwa węglowego w Niemczech do roku 2005 mogą być przyjęte jako podstawa porównania z dalszym rozwojem górnictwa węglowego w Polsce. Jest jednak rzeczą bezdyskusyjna, że górnictwo węglowe w Polsce wymaga daleko idących zmian. Zmiany te, ażeby były efektywne i skuteczne wymagają zarysowania perspektyw krajowej gospodarki energetycznej co najmniej do roku 2010.

Należy zdefiniować miejsce górnictwa węglowego w długofalowej koncepcji i roli sektora energetycznego w gospodarce Polski. Węgiel w tej gospodarce odgrywać będzie jeszcze długo decydującą rolę. Dla realizacji celów potrzebne są jednak rozstrzygnięcia w postaci długotrwałych umów z udziałem wszystkich zainteresowanych stron tzn., rządu, przemysłu energetycznego i górnictwa. Niemiecki sposób rozwiązania tego problemu może być tutaj jednym z możliwych przykładów.

2. Górnictwo Republiki Federalnej Niemiec - krótka historia i perspektywy.

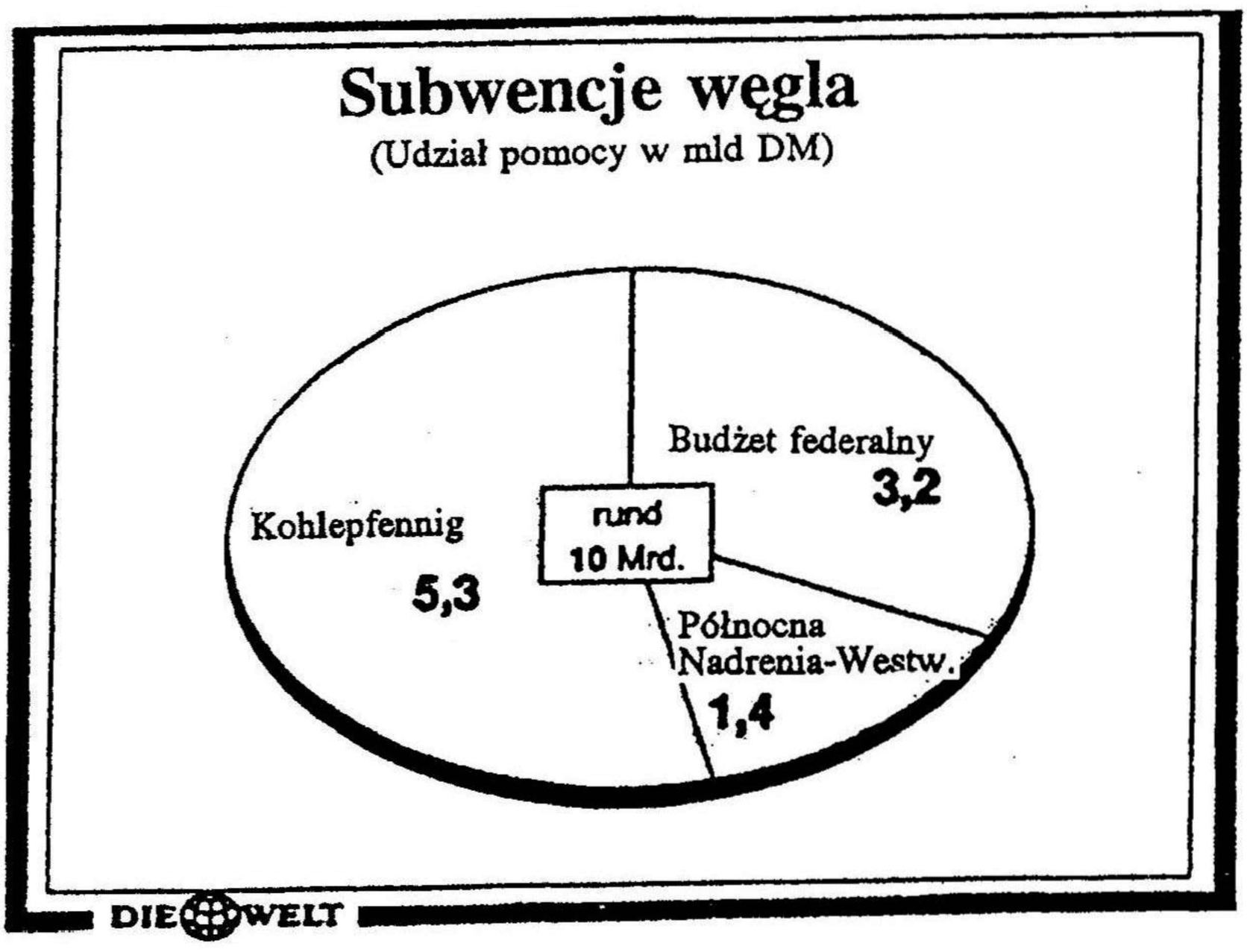
Kryzys w górnictwie węglowym Niemiec trwa od kilkudziesięciu lat. Już w roku 1958 w celu ochrony produkcji własnej węgla przed niekontrolowanym importem z krajów trzecich (w roku 1958 import węgla wynosił ok. 10% produkcji krajowej), wydano przepisy utrudniające import węgla kamiennego na rynek niemiecki czego dokonał poraz pierwszy tak liberalny minister ds. gospodarczych, zwolennik tzw. socjalnej gospodarki rynkowej (Soziale Marktwirtschaft), jakim był Ludwig Erhard. Praktycznie od tego czasu rozpoczął się proces oddzielania krajowej produkcji węgla kamiennego od reguł gospodarki wolnorynkowej. Następcy Erharda przyznawali górnictwu coraz większe przywileje w tym zakresie. Wszystkie te działania i rozstrzygnięcia chroniące krajowe górnictwo nie zatrzymało jednak jego upadku lecz jedynie ten upadek zahamowały (Rys.1).



Rys. 1. Krótka charakterystyka górnictwa węgla kamiennego w Niemczech i jego znaczenie dla produkcji energii w latach 1957-1990

Liczba zatrudnionych w niemieckim górnictwie węglowym zmniejszyła się od roku 1957 z około 604.000 osób do ok. 133.000 osób w roku 1990 czyli ok. 4.5-krotnie. Wydobycie natomiast w rezultacie bardzo efektywnej racjonalizacji i mechanizacji eksploatacji zmniejszyło się z ok. 140 mln ton w roku 1957 do ok. 70 mln ton w roku 1990, a więc tylko 2-krotnie. Ilość jednostek produkcyjnych (dane dotyczące tylko spółki akcyjnej (Ruhrkohle) zmniejszyła się z 52 kopalń w roku 1970 do 17 kopalń w roku 1990. Równocześnie wzrosły dopłaty państwa

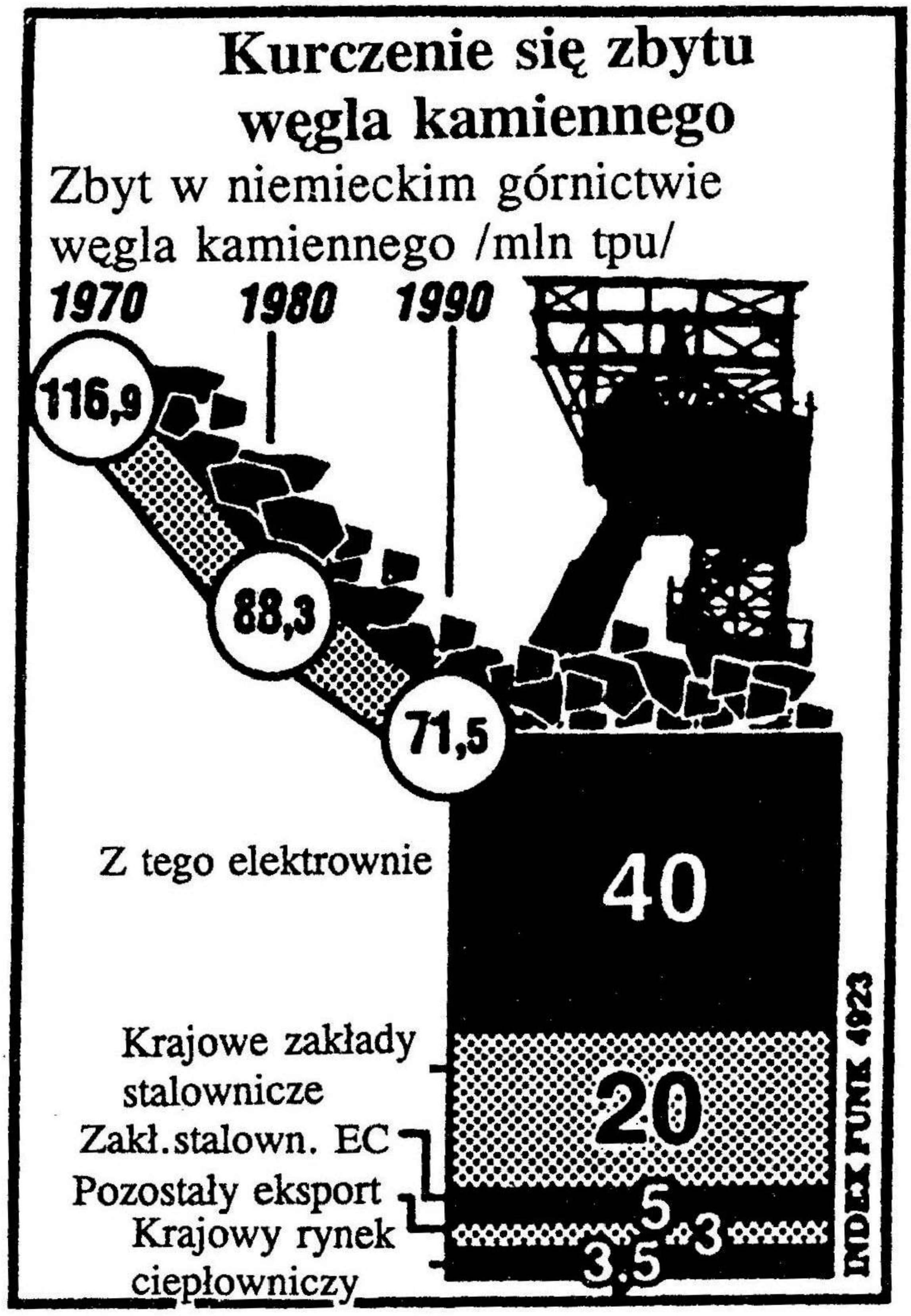
z ok. 1 mld DM w roku 1970 do ok. 10 mld DM w roku 1990 (Rys.2).



Rys. 2. Subwencje węglowe w roku 1990

Dopłaty te są zależne od ceny węgla na rynku światowym i w ostatnich latach (1987-1991) wynosiły przeciętnie ok. 9-11 mld DM.

Podstawą istnienia górnictwa węglowego w RFN są tzw. Hüttenvertrag (porozumienie zapewniające dostawy węgla dla przemysłu stalowego) oraz tzw. Jahrhundertvertrag - kontrakt stulecia (porozumienie zapewniające dostawy węgla dla przemysłu energetycznego. Porozumienie określane jako Hüttenvertrag zostało zawarte w roku 1968 na okres 20 lat i w międzyczasie zostało przedłużone do roku 2000. Porozumienie to gwarantuje dostawy koksu i węgla dla niemieckiego przemysłu stalowego. Przemysł stalowy RFN pokrywa do dzisiaj całe swoje zapotrzebowanie na koks z krajowej produkcji węgla (ok. 20 mln ton w roku 1990) - Rys.3, dostarczanej na poziomie cen światowych. Różnica pomiędzy ceną z produkcji krajowej, a ceną na rynku światowym jest wyrównywana za pomocą tzw. Kokskohlenbeihilfe. Suma ta w wysokości ok. 4.6 mld DM rocznie jest płacona z funduszu rządu federalnego oraz rządów Nadrenii-Westfalii i Saary (Rys.4.). Porozumienie określane jako Jahrhundertvertrag zostało zawarte w roku 1980 i gwarantuje górnictwu subwencjonowany odbiór ze strony przemysłu energetycznego 40.9 mln ton węgla kamiennego do roku 1995. Różnica pomiędzy ceną z produkcji krajowej, a o blisko 2/3 tańszym węglem na rynku światowym jest subwencjonowana za pomocą tzw. Kohlepfennig. Subwencja ta jest realizowana poprzez zwiększenie o ok. 8% cen płaconych przez odbiorców energii elektrycznej. W ten sposób do Funduszu Wyrównawczego dla zabezpieczenia odbioru węgla



Rys. 3. Zbyt węgla w latach 1970-1990

kamiennego (Ausgleichsfond zur Sicherung des Steinkohlenabsatzes) wpływa ok. 5.4 mld DM rocznie (Rys.4), które są potem rozdzielane pomiędzy wytwórców energii elektrycznej. Dane liczbowe dotyczące górnictwa węglowego w Niemczech, uzyskiwane w ostatnich latach są pokazane w tabeli 1.

Liczby dotyczące górnictwa węgla kamiennego

Tabela 1.

	1989	1990	1991
Wydobycie węgla kamiennego /mln ton/	71.0	69.8	66.1
Produkcja brykietów /mln ton/	0.7	0.8	0.9
Produkcja koksu /mln ton/	18.4	17.6	15.7
Zasoby magazynowe			
Węgiel kamienny /mln ton/	13.0	15.0	15.0
Koks w przeliczeniu na węgiel /mln ton/	14.0	16.2	16.2
Pozaniemiecki narodowe rezerwy węgla /mln tpu/	5.4	2.8	1.6
Zbyt łączny z wpływów krajowych			
Elektrownie /mln tpu/	40.0	39.3	40.0
Przemysł stalowy /mln tpu/	29.0	25.0	22.8
- krajowy /mln tpu/	22.1	19.8	19.4
- pozostała Wspólnota Europejska /mln tpu/	6.9	5.2	3.4
Rynek ciepłowniczy krajowy /mln tpu/	4.3	4.1	4.0
Inny pozostały eksport /mln tpu/	4.2	2.6	2.2
łącznie /mln tpu/	77.5	71.0	69.0
Zatrudnienie łącznie /tys./	138.9	130.3	123.0
Wydajność na zmianę pod ziemią /kg/	4796	5008	5075

Rok ubiegły tzn. 1991 był rokiem przełomowym dla górnictwa węgla kamiennego w Niemczech. Punktem wyjściowym było spotkanie pomiędzy kanclerzem rządu federalnego H. Kohlem z premierami rządów Nadrenii-Westfalii J.Rauem i Saary O.Lafontaine dotyczące przyszłości górnictwa węglowego. Rezultaty tego spotkania można sformułować w następujący sposób:

- dostawy węgla do elektrowni będą realizowane zgodnie z zawartymi wcześniej porozumieniami na poziomie 40.9 mln ton rocznie do roku 1995 włącznie,
- została powołana niezależna komisja pod przewodnictwem prof. Mikata tzw. (Mikatkommision) w celu opracowania koncepcji przedłużenia porozumienia Jahrhundertvertrag, czyli porozumienia pomiędzy rządem, górnictwem i przemysłem energetycznym, na okres po roku 1995 do roku 2005 włącznie.

W ramach tego porozumienia górnictwo zostało zobowiązane do opracowania tzw. optymalnego programu (Optimierungskonzept) zmierzającego do znacznego obniżenia kosztów produkcji. Górnictwo przedstawiając swój model własnego rozwoju, opierając się na założeniach komisji prof. Mikata, stworzyło podstawę do decyzji politycznych, które w końcu ubiegłego roku rozstrzygnęły o dalszym losie górnictwa węglowego w Niemczech. W swoim programie górnictwo apelowało

między innymi do partii politycznych i do rządu o rozwiązania następujących elementów decydujących o jego dalszej egzystencji:

- utrzymanie w latach następnych, pomimo ciągłych dyskusji natury politycznej i gospodarczej, porozumień gospodarczych dotyczących dostaw węgla dla przemysłu energetycznego (Jahrhundertvertrag) oraz koksu i węgla dla hut (Hüttenvertrag),
- stworzenie długotrwałej perspektywy dla górnictwa węgla kamiennego poprzez przedłużenie ważności tzw. Jahrhundertvertrag po roku 1995,
- perspektywa ta winna stanowić część długotrwałego programu energetycznego państwa co najmniej do lat 2005- 2010.

Górnictwo a także duża część polityków i przedstawicieli innych gałęzi przemysłu uważają, że za jego utrzymaniem przemawia wiele ważkich argumentów. Najważniejszymi są coraz większa zależność, zwłaszcza po zjednoczeniu Niemiec, do importu energii, która już obecnie jest większa niż 50%, oraz dzisiejsza sytuacja polityczna w Europie i na świecie. Duża zależność od energii importowanej może nie tylko zagrażać stabilności gospodarczej państwa, ale także poważnie ograniczyć jego niezależność polityczną i państwową. Być może w koncepcji Zjednoczonej Europy ten element niezależności politycznej, gospodarczej i państwowej nie będzie taki ważny, ale praktyka dnia codziennego, zwłaszcza w ostatnim okresie, wykazuje, że dla wielu narodów właśnie ten element jest najważniejszy. Europa znajduje się obecnie na progu nowych podziałów narodowościowych i terytorialnych, przy czym ślepy nacjonalizm jest w wielu przypadkach dla tych przemian charakterystyczny. Okres trwania tych zmian w Europie jest nie do przewidzenia. Niektórzy fachowcy ostrzegają w związku z tymi przeobrażeniami przed koncepcją zjednoczenia Europy zachodniej uważając, że za 25-50 lat może ona się podobnie rozpaść, ze wszystkimi tego konsekwencjami, jak się rozpadł Związek Radziecki. Wracając do polityki gospodarczej można sobie teoretycznie wyobrazić, że kraje Wspólnoty Europejskiej, że względów pryncypialnych - (wolny rynek), nie prowadziłyby własnej produkcji węgla kamiennego ze względu na jej nieopłacalność. Konsekwencją byłoby przeciążenie światowego rynku węglowego i znaczny wzrost jego ceny, która byłaby dyktowana przez ok. 5-7 krajów świata. Te zmiany byłyby katastrofalne dla wielu krajów trzeciego świata bez własnych surowców energetycznych. Należy także podkreślić, że przy podobnym jak aktualnie zużyciu energii rezerwy gazu i ropy naftowej wystarczają tylko na ok. 50 lat a węgla na ok. 250 lat.

Biorąc pod uwagę, że w przypadku gazu i ropy naftowej ich udział w całkowitym rocznym zużyciu energii stale się zwiększa należy oczekiwać, że niepewność tego typu prognozy jest znaczna. W przypadku zaopatrzenia w gaz i w ropę naftową jest przecież Europa zarówno wschodnia jak i zachodnia bardzo silnie zależna (z wyjątkiem Rosji) od jej importu. Aktualne problemy z dostawami gazu i ropy z Rosji są tylko początkiem trudności jakie stoją przed nami. Polska,

Czechosłowacja, Węgry odczuły już częściowo te skutki; Niemcy są konfrontowane z żądaniem znacznej podwyżki cen za dostarczany gaz. A przecież problemy niektórych państw zachodnich już w okresie Konfliktu Sueskiego, pierwszego i drugiego kryzysu arabskiego były poważnym ostrzeżeniem. Także olbrzymia blisko 40 procentowa zależność USA od dostaw ropy z rejonu Zatoki Perskiej były powodem szybkiej i zdecydowanej interwencji amerykańskiej w wojnie o Kuwejt.

Wracając z powrotem do problemów górnictwa należy stwierdzić, że jednym z najważniejszych zadań rządu Niemiec jest opracowanie globalnego programu energetycznego do roku 2010. Górnictwo wie i uważa, że bez energii atomowej rozsądna i wystarczająca gospodarka energetyczna Niemiec jest dzisiaj niedopomyślenia. Energia atomowa musi podobnie jak węgiel kamienny i brunatny stanowić część optymalnego, w sensie minimalizacji ryzyka i kosztów a nie tylko kosztów programu energetycznego.

W ubiegłym roku odbyły się po raz pierwszy od czterech lat w ramach tzw. rundy węglowej (Kohlenrunde) spotkania przedstawicieli rządu federalnego, rządu Nadrenii-Westfalii oraz Saary z przedstawicielami przemysłu energetycznego, przemysłu górniczego oraz związków zawodowych. Dotyczyły one przyszłości górnictwa węglowego do roku 2005 na bazie propozycji komisji Prof. Mikata. Komisja ta zaproponowała obniżenie wydobycia do roku 2005 na poziom 55 mln ton rocznie, przy czym nieznaczna mniejszość tej komisji opowiedziała się za poziomem wydobycia w granicach 35-45 mln ton rocznie. Ostatecznie ustalenie tej granicy zależało jednak od politycznego rozstrzygnięcia koalicji rządowej. W trakcie pierwszego spotkania w dniu 13.10.1991 przedstawiciel rządu, minister d.s.gospodarki J.Mollemann zrezygnował ze swoich dotychczasowych oficjalnie pod adresem górnictwa formułowanych żądań dotyczących zmniejszenia wydobycia z ok. 70 mln ton w roku 1990 na ok. 45 mln ton w roku 2005 uznając, że także wydobycie na poziomie 50 mln ton w roku 2005 jest dla rządu federalnego do przyjęcia. Pozytywnym aspektem tego spotkania było wspólne oświadczenie, że bardzo sprawne i wydajne górnictwo jest pożądanym elementem niemieckiej polityki energetycznej.

W wyniku dwóch następnych rozmów, w dniach 4.11.91 oraz 11.11.1991, osiągnięto generalne porozumienie przyszłości przemysłu węglowego w Niemczech. Wszyscy uczestnicy rundy węglowej 1991 wyrazili zgodę, a więc także górnictwo, na następujący określony poziom subwencjonowanego wydobycia, co zostało przedstawione w tab.2. Do tego dochodzi jeszcze ok. 5 mln ton rocznie, które są sprzedawane na inne cele jak np. ogrzewanie mieszkań itp.
Porozumienie to przewiduje, że do końca bieżącego stulecia ilość zatrudnionych w górnictwie musi zostać znacznie zredukowana z poziomu ok. 123.000 osób w roku 1991 do poziomu ok. 100.000 osób w roku 2000, czyli o ok. 23.000 osób. Ilość jednostek produkcyjnych (kopalń) zostanie zmniejszona w Zagłębiu Ruhry z 17 do 12. Nie należy jednak zapominać, że od górnictwa zależy wiele miejsc pracy w przemyśle współpracującym z górnictwem, jak np. przemysł budowlany, stalowy czy maszynowy. W związku z tym przewiduje się, że także w tym

zależnym od górnictwa przemyśle wiele miejsc pracy zostanie straconych. Aby temu zapobiec rząd federalny i rządy Nadrenii-Westfalii i Saary zobowiązały się opracować specjalne programy rozwojowe w celu stworzenia dodatkowych miejsc pracy specjalnie w tych rejonach gdzie będzie zachodziła konieczność zamknięcia kopalń. Pierwsze spotkania robocze już się odbyły. Samo Ruhrkohle przeprowadzi redukcję załogi o ok. 15-20 tys. osób, w porozumieniu i przy częściowym finansowaniu ze strony rządu federalnego i rządu Nadrenii-Westfalii poprzez wcześniejsze emerytury, reorganizację (np. na początku 1995 roku zostaną połączone Ruhrkohle Niederrhein AG i Ruhrkohle Westfalen AG) oraz rygorystyczną politykę zatrudnienia. I tak w roku 1991 nastąpiła redukcja załogi o 5065 osób tj. do 84.703 osób, czyli o ok. 5.6%. Na następne lata do roku 1995 przewiduje się podobną dynamikę redukcji, przy czym element zwolnień z pracy nie jest brany pod uwagę. Należy jednak zaznaczyć, że zawarte porozumienia i ich ramy były niejednokrotnie przez rząd jednostronnie na niekorzyść górnictwa zmieniane. Dotyczy to przede wszystkim ciągłej redukcji wydobycia oraz w jej konsekwencji redukcji zatrudnienia.

Uzgodnienia rundy węglowej 1991 Tabela 2.

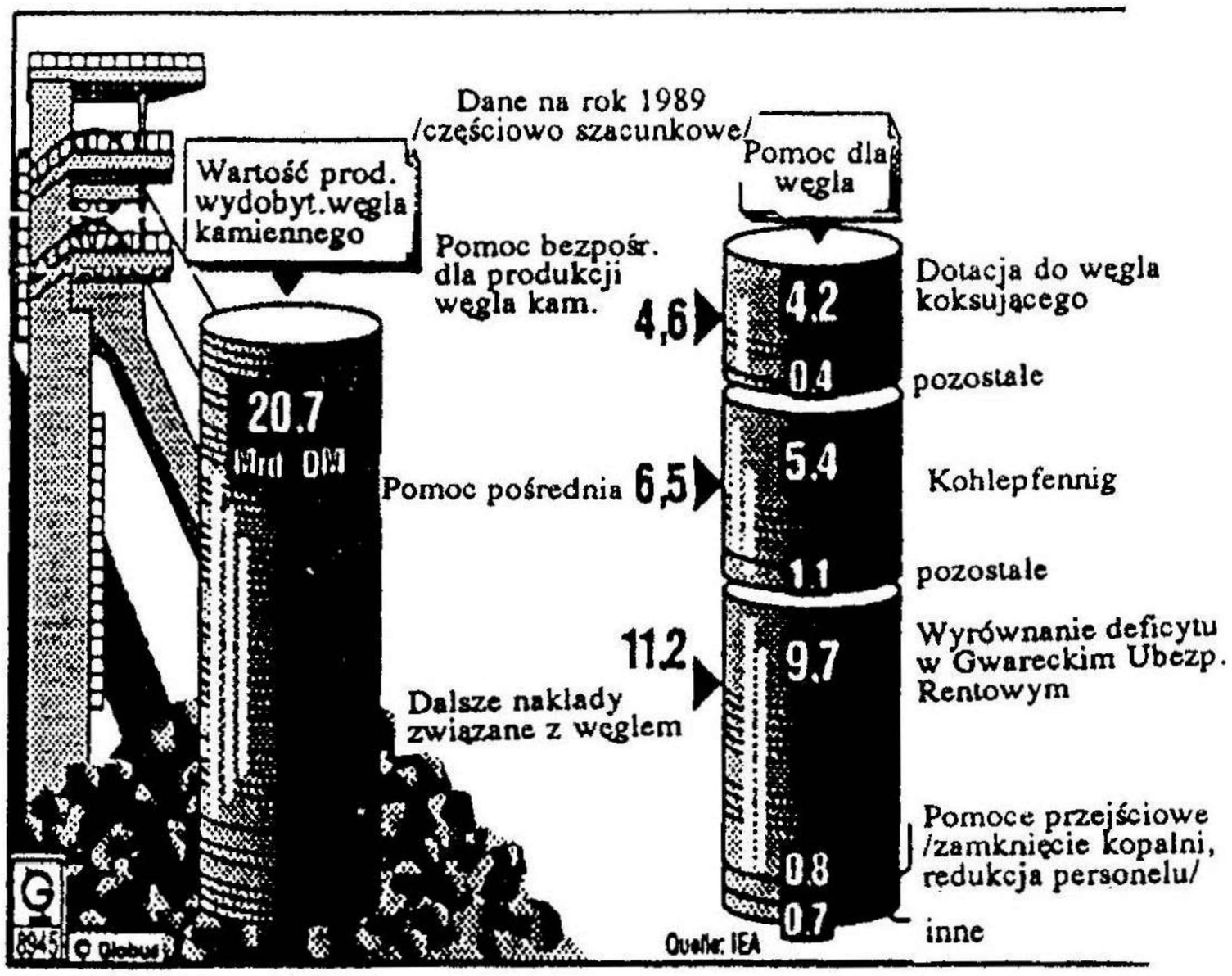
Udziałowcy wychodzą z założenia - zastrzegając normalne wahania popytu u odbiorców - że niemieckie górnictwo węgla kamiennego na bazie wyników z roku 1991 może liczyć w nadchodzących latach na zbyt następujących subwencjonowanych ilości:

	1995	1996	1997	1998	1999	2000-2005
Cele energetyczne /mln tpu/	40.9*	38	35	35	35	35
Węgiel koksowy /mln ton/	18	18	18	18	16	15

* z tego 1.9 mln ton z hałdy

Polityka energetyczna, a specjalnie węglowa, jest jednak tylko wtedy wiarygodna i godna zaufania dla wszystkich w niej uczestniczących gdy wcześniejsze ustalenia są dotrzymywane, a nie specjalnie w okresach trudności finansowych budżetu państwa, ciągle na nowo przez polityków dyskutowane z żądaniem jej zmiany. Można powiedzieć, że podjęte w wyniku rundy węglowej decyzje mają podwójne znaczenie. Z jednej strony niosą ze sobą konieczność dalszej redukcji wydobycia i zatrudnienia, z drugiej jednak zapewniają górnictwu węgla kamiennego w Niemczech perspektywę do roku 2005. Na zakończenie charakterystyki górnictwa węglowego w Niemczech przedstawiono krótko politykę subwencji na przykładzie roku 1989 (Rys.4).

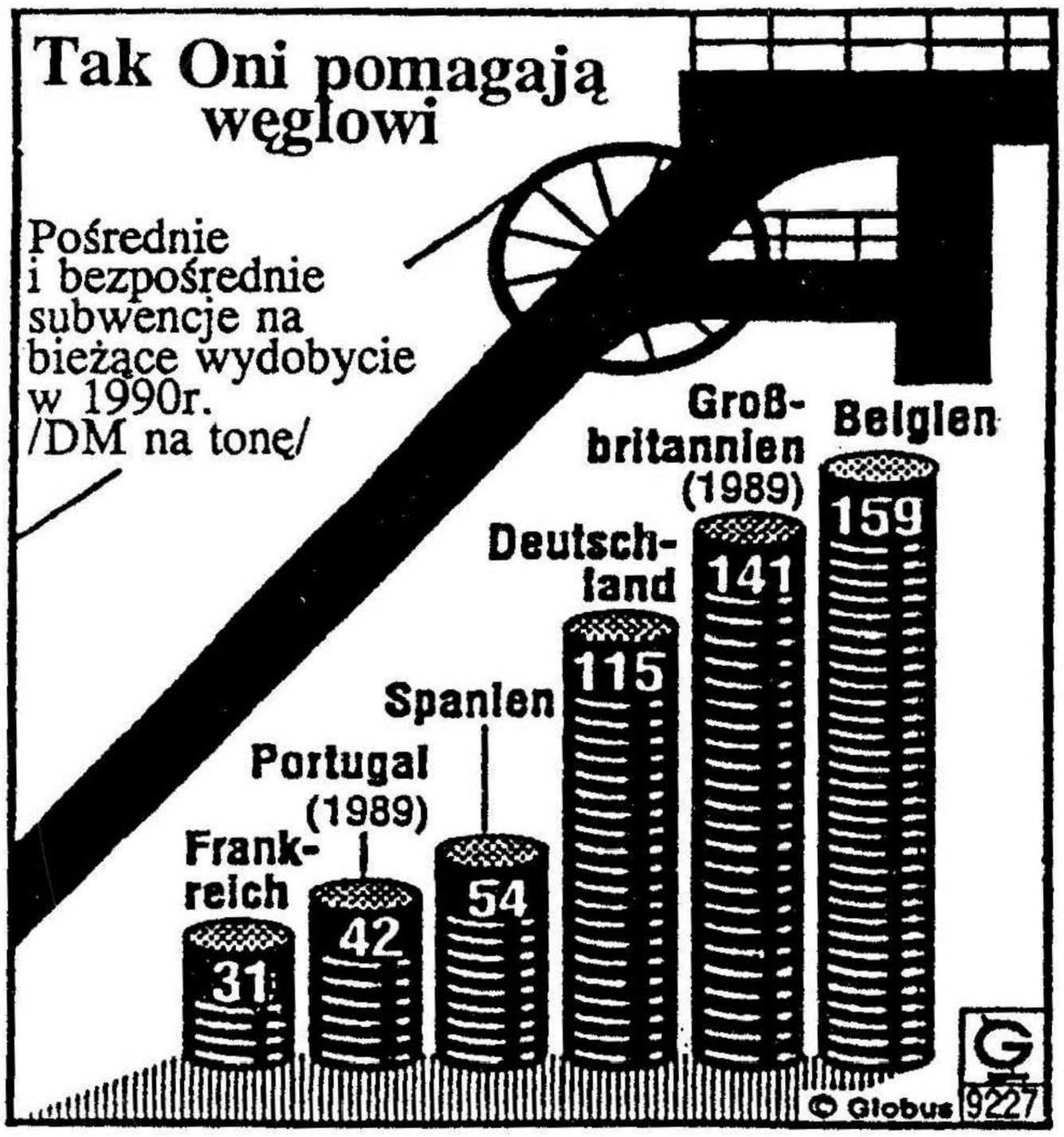
Sumaryczne subwencje dla górnictwa wynosiły w tym roku ok. 22.3 mld DM. Same tylko dopłaty do rent górniczych z powodu deficytu ubezpieczenia górniczego wyniosły ok. 9.7 mld DM. Dopłaty z tytułu zawartych porozumień z przemysłem stalowym i energetycznym wyniosły sumarycznie ok. 11.1 mld DM. Przy poziomie zatrudnienia ok. 139.000 osób w roku 1989 otrzymamy, że jedno miejsce pracy w górnictwie było subwencjonowane w kwocie ok. 80.000 DM.



Rys. 4. Szczegółowy obraz subwencji węgla kamiennego w roku 1989

3. Górnictwo węglowe w Polsce.

Tradycyjną bazą energetyczną Polski jest górnictwo węgla kamiennego. Jego udział w wyprodukowanej energii w Polsce wyniósł w roku 1989 ok. 66.3%, co odpowiadało równowartości ok. 116.1 mln t SKE. Dodatkowo wyeksportowano w tym roku ok. 30 mln t węgla. Produkcja węgla kamiennego w Polsce jest bardzo energochłonna, zużywa ona ok. 10% całkowitej produkcji elektrycznej oraz ok. 20% krajowej produkcji stali. Polityczne i socjalne zmiany w Polsce doprowadziły do redukcji wydobycia z ok. 190 mln ton w roku 1988 do ok. 163 mln ton w roku 1990. Zmiany te oraz "dopasowanie płac", które są nadal bardzo niskie w porównaniu z Europą zachodnią, a także zauważalna polityka państwa przeciwko subwencjom w przemyśle energetycznym muszą doprowadzić do zmiany cen i znaczenia węgla dla polskiej energetyki. Biorąc dodatkowo pod uwagę, że eksploatacja górnicza w Polsce obejmuje coraz trudniejsze partie złożowe należy przypuszczać, że w najbliższym czasie tzn. w okresie kilku lat zostanie w górnictwie polskim osiągnięta cena jednostkowa na poziomie 150-200 DM/tonę a więc wyższa niż na rynku światowym. Rząd Polski planuje pomimo wystarczających zasobów węgla kamiennego zwiększony udział ropy naftowej i gazu w zaspokajaniu zapotrzebowania energetycznego Polski. Oczekuje się, że do roku 2010 Polska będzie importowała ok. 30 mln ton ropy naftowej, co w porównaniu z rokiem 1990 oznacza wzrost o ok. 100%. W tym samym czasie planuje się też wzrost importu gazu ziemnego z ok. 13 mld m/rok do



Rys. 5. Subwencje węglowe w kilku krajach Europy Zachodniej w roku 1990

ok. 20.9 mld m/rok. Równocześnie planuje się zmniejszenie roli węgla kamiennego. Do roku 2000 planuje się redukcję wydobycia do poziomu ok. 144 mln ton rocznie, którą następnie będzie się do poziomu 154 mln ton w roku 2010 sukcesywnie zwiększało.

W programie energetycznym Polski do roku 2005 nie ma miejsca dla energii atomowej, specjalnie po rozstrzygnięciu dotyczącym Żarnowca. Priorytetem politycznym tego programu energetycznego jest zapewnienie ciągłych dostaw ropy i gazu za pomocą długoterminowych umów państwowych. Jednak zbyt duże uzależnienie energetyczne od krajów trzecich, zwłaszcza nieustabilizowanych politycznie i gospodarczo jest bardzo niebezpieczne i politycznie nieodpowiedzialne. Wielu ekspertów zachodnich uważa, że państwa byłego Związku Radzieckiego stoją na początku długotrwałego kryzysu energetycznego. Aktualne problemy górnictwa polskiego są identyczne jak górnictwa europejskiego. Gdyby w górnictwie Europy Zachodniej oraz Wschodniej kierować się tylko zasadami wolnego rynku, to górnictwo to powinno już od dłuższego czasu nie istnieć (Rys.5). Powodem są koszty wydobycia ze względu na warunki złożowe w Europie, które wg. ekspertyzy koncernu Shell z roku 1980 wynoszą ok.70-120 $; przy czym rezerwy węglowe na świecie z kosztami wydobycia ponad 50 $ stanowią zaledwie bardzo małą część znanych zasobów. (M.Horn, Perspektivem der Weltenergieversorgung, Oldenbourg, 1988). Z powyższego

wynika, że górnictwo polskie bez subwencji nie ma podstaw istnienia. Nawet przy prawidłowym rozwoju będzie ono musiało być przez długie lata subwencjonowane. Nie może to jednak stanowić wolnego biletu dla górnictwa. Musi ono, podobnie jak górnictwo niemieckie przeprowadzić szczegółową analizę wszystkich jednostek wydobywczych w sensie ich perspektywicznego rozwoju i minimalizacji kosztów produkcji oraz podjąć odpowiednie kroki do zmniejszenia ich ilości, optymalizacji wydobycia i zatrudnienia. Także struktura nadrzędna jak np. Spółka Akcyjna Górnictwa z udziałem Skarbu Państwa jest konieczna. Spółka ta powinna oprócz produkcji węgla zapewnić sobie w jak najszerszym zakresie możliwość produkcji energii. Produkcja węgla i energii powinna pozostać, oczywiście w rozsądnych granicach w jednych rękach. Ten błąd popełniło górnictwo niemieckie przy tworzeniu Ruhrkohle w roku 1969. Wtedy wydzielono część, niezależnych od różnych towarzystw górniczych, elektrowni i stworzono nowe jednostki poza strukturą górnictwa. Porównując udział węgla w produkcji energii w Polsce w roku 1989 (ok. 66.3%) można zauważyć (Rys.1), że odpowiada to sytuacji w Niemczech w latach 1957-1960. Jeżeli by te zależności potraktować jako bazę porównawczą, to przy założeniu, że w tym czasie tzn. w roku 1960 energetyka atomowa w Niemczech była już znacznie zaawansowana w porównaniu z Polską roku 1991, można stwierdzić, że górnictwo polskie odpowiada pod względem znaczenia energetycznego górnictwu niemieckiemu na poziomie lat 60-tych. Oznacza to, że górnictwo węglowe w Polsce będzie praktycznie przez najbliższe 3-5 dziesięcioleci podstawowym elementem systemu energetycznego Polski, z udziałem węgla w wytworzonej energii na poziomie 55-65% do roku 2010. Na zakończenie należy jeszcze raz podkreślić, że polityka energetyczna jest i będzie pierwszoplanowym zadaniem państwa, które za pomocą odpowiednich instrumentów ma możliwość jej długotrwałego kształtowania.

W Niemczech polityka ta dotyczy przede wszystkim finansowania przez państwo rozwoju naukowo-technologicznego w zakresie pokojowego wykorzystania energii nuklearnej oraz popierania krajowych źródeł energetycznych ze szczególnym uwzględnieniem węgla kamiennego. Podobnie jak w Niemczech jest w Polsce konieczne zapewnienie górnictwu długotrwałej perspektywy oraz Państwu na długi okres bezpiecznej i wystarczającej bazy energetycznej poprzez umowy podobne do Jahrhundertvertrag i Hüttenvertrag, tzn. poprzez umowy państwa z przemysłem energetycznym i przemysłem hutniczym. Polityka musi nie tylko te zależności rozumieć, ale także przede wszystkim rozpocząć działania nadające problemom przemysłu energetycznego i górnictwa najwyższy priorytet. Chodzi tu przecież o zapewnienie niezależnego od wydarzeń zewnętrznych funkcjonowania gospodarki oraz o niezależność polityczną i państwową. Należy tylko apelować, aby stworzone ramy były wolne od partykularnych interesów partyjnych, jednostronnych celów i były zorientowane na problemy rozsądnego priorytetu krajowych źródeł energii i ochrony ich zasobów, ochrony środowiska, socjalnych problemów załóg oraz także, o czym nie należy zapominać, ekonomii.

Po roku

W trakcie trwania Szkoły Eksploatacji Podziemnej '93 w Ustroniu środki masowego przekazu podały informacje, że podpisano akty notarialne tworzące nowe struktury własnościowe i organizacyjne w górnictwie polskim w postaci niezależnych od siebie 6-ciu Spółek Akcyjnych i jednego Holdingu grupujących w sumie 64 kopalnie. Decyzja ta, z punktu widzenia dotychczasowej sytuacji, jest sama w sobie, pierwszym od dłuższego czasu pożądanym krokiem koniecznej restrukturalizacji polskiego górnictwa. Z samego już faktu grupowania kopalń wynika w porównaniu z stanem dotychczasowym wiele korzyści; ale moim zdaniem przy słabej czy też bardzo słabej kondycji górnictwa krok ten jego rozpad jedynie osłabi czy też zahamuje, nie przynosi jednak oczekiwanego rozwiązania - czy też jego perspektywy ! Pogląd ten pozwolę sobie bliżej wyjaśnić na przykładzie restrukturyzacji górnictwa niemieckiego w Zagłębiu Ruhry. W roku 1969 powstało Ruhrkohle jako twór złożony z siedmiu koncernów (a więc identycznie jak w Polsce) z jednym ponad nimi stojącym Holdingiem (czego w Polsce nie zrobiono i co moim zdaniem okaże się kapitalnym błędem, jeżeli się tego nie skoryguje) jako tzw. Führungsgesellschaft czyli Spółka Kierująca. Przewidując od początku dalsze trudności wiążące się z dalszą redukcją wydobycia i zatrudnienia, przy uwzględnieniu interesu państwa w zachowaniu roli węgla jako nośnika energii, zdecydowano się na centralne zarządzanie koncernów. Chodziło bowiem o znalezienie rozwiązania perspektywicznego dla górnictwa a nie szybkie załatwienie problemu poprzez rygorystyczne zamykanie kopalń. Trzeba przecież zamykać zakłady bez perspektywy, a nie te które chwilowo przeżywają trudności gospodarcze. Taki problem redukcji załogi "bez zwolnień" i zamiar tworzenia nowych miejsc pracy przemawiały za utworzeniem holdingu jako koncernu kierującego albo grupującego. Z siedmiu koncernów w roku 1969 do dnia dzisiejszego pozostał tylko jeden, który, który powstał w połowie 1992 r. przez połączenie ostatnich a mianowicie Ruhrkohle Niederrhein AG i Ruhrkohle Westfalen AG. Tempo koniecznego gospodarczo i kierowanego przez Holding sukcesywnego łączenia koncernów, łączenia i zamykania kopalń, redukcji wydobycia jest zamieszczony w tab.3.

Tabela 3.

Rok	Ilość koncernów	Ilość kopalń	Ilość ścian	Dzienna produkcja kopalni [ton]
1970	7	52	360	6525
1980	3	26	163	9435
1990	2	17	100	11702

Rola Holdingu leżała w obiektywnym, czyli z uwzględnieniem czynników ekonomicznych, rozstrzyganiu o sukcesywnym likwidowaniu koncernów i kopalń oraz o rozbudowie pod dachem Holdingu Ruhrkohle AG innych nowych koncernów i przedsiębiorstw co związane było i nadal jest z koniecznością tworzenia nowych miejsc pracy. Dzisiaj udział koncernu węglowego w tzw. Konzernumsatz, czyli wartości sprzedanej produkcji wszystkich w Holdingu zrzeszonych spółek i przedsiębiorstw, jest mniejszy jak 50%. Ciągle bowiem tworzą się nowe przedsiębiorstwa albo kupuje się udziały w spółkach akcyjnych i istniejących przedsiębiorstwach w zakresie produkcji energii, chemii, ochrony środowiska, transportu itp. podobnie ze struktur koncernu górniczego wydziela się jednostki które mogą produkować dla rynku, uzyskują one statut przedsiębiorstw z ograniczoną odpowiedzialnością, w ramach ich rozwoju uzyskuje się nowe miejsca pracy i od strony personalnej nie obciążają one koncernu górniczego, stoją jednak pod nadzorem Holdingu.

W Polsce rolę spółki kierującej (Holdingu grupującego wszystkie koncerny węglowe) mogłaby objąć Państwowa Agencja Węgla Kamiennego która z chwilą utworzenia koncernów praktycznie utraciła swoje znaczenie i właściwie musiałaby ulec rozwiązaniu. Byłoby to jednak rozstrzygnięcie fatalne dla górnictwa. Holding ten jest konieczny choćby tylko z punktu widzenia, że koncerny węglowe, biorąc pod uwagę doświadczenia niemieckie, będą w układzie konsekwentnego wolnego rynku pomiędzy koncernami, tylko tworami tymczasowymi. Holding miałby za zadanie, specjalnie w okresie chronicznego braku pieniądza i konieczności dalszej restrukturyzacji górnictwa, prowadzenie centralnego (strategicznego) planowania i reprezentacji górnictwa między innymi w zakresie:

- kontaktów i przetargów z rządem,
- planowania i przeprowadzanie dalszej restrukturyzacji w formie rozwiązywania koncernów, zamykania czy też łączenia kopalń itp.,
- planowania i realizacji koniecznych inwestycji,
- standaryzacji wyposażenia,
- ochrony środowiska,
- płac i cen,
- polityki socjalnej poprzez socjalne rozwiązanie problemu redukcji załóg,
- tworzenia nowych przedsiębiorstw w celu tworzenia nowych miejsc pracy poza sferą wydobywczą węgla i wolne przesuwanie struktury Holdingu z Holdingu węglowego na mieszany Holding węglowo-technologiczny (z energetyką, chemią, ochroną środowiska itp.).

Powstanie Holdingu grupującego zapobiegnie także rozszerzeniu się biurokracji w nowo założonych koncernach węglowych poprzez nadmierną rozbudowę ich struktur administracyjno-organizacyjnych, które przy dynamicznej definicji koncernów (jako twory tymczasowe i przejściowe) są w pełni niepotrzebne.

W górnictwie niemieckim (tutaj tylko górnictwo Zagłębia Ruhry), w związku z kryzysem w hutnictwie wystąpiły w ostatnim czasie ogromne trudności z zbytem węgla. Ok. 1/3 rocznej produkcji węgla zalega na hałdach. W związku z tym

podjęto decyzję o zamknięciu jednej koksowni i jednej kopalni. Decyzję o połączeniu dwóch ostatnich koncernów węglowych planowaną w roku 1991 na rok 1995 zrealizowano już praktycznie w połowie roku 1992. Komisja Europejskiej Wspólnoty Gospodarczej (EG) zatwierdziła układ stuletni (40.9 mln t węgla/rocznie dla elektrowni) do końca 1995 roku, jednak subwencje dla węgla tylko do końca 1993. Będzie to jednak wymagało dalszych uzgodnień w ramach Wspólnoty, ponieważ obowiązujące Wspólnotę prawo w zakresie subwencji jest ważne tylko do końca 1993 roku. A więc w górnictwie niemieckim będą musiały mieć miejsce dalsze redukcje produkcji i zatrudnienia; przegrupowania i socjalne rozwiązywanie problemów zatrudnienia przez wcześniejsze emerytury i tworzenie nowych miejsc pracy poza strukturami koncernu węglowego.

Anton SROKA

Zum Problem der Abbaugeschwindigkeit aus bergschadenskundlicher Sicht

1. Einführung

Eine wirtschaftlich ausgerichtete Abbauplanung ist primär an hohen Fördermengen orientiert mit dem Ziel, die vorhandenen Betriebsmittel optimal zu nutzen.
Die damit verbundene Erhöhung der Abbaugeschwindigkeit vergrößert die Abbaudynamik. Dies führt sehr oft zu schädlichen Auswirkungen an Objekten innerhalb des Gebirges und an der Erdoberfläche.
Die Abbaugeschwindigkeit, die Abbauart (Selbst– bzw. Blasversatz) und der geometrische Abbauzuschnitt stellen die wichtigsten Elemente der sog. bergschadensmindernden Abbauplanung dar.
Ausgangspunkt für die bergschadensmindernde Abbauplanung ist allgemein die Annahme, daß die schadensverursachenden Phänomene bekannt und berechenbar sind. Dies betrifft die gesamte kausale Kette von der Ursache, d. h. dem bergmännischen Abbau, bis hin zu dem beeinflußten Objekt. Die angestrebte Lösung soll das Problem der Abbaugeschwindigkeit mittels mathematischer bzw. physikalischer Modelle berechenbar gestalten.
Die ingenieurwissenschaftliche und –technische Berechenbarkeit bzw. Beherrschbarkeit benötigt zwingend drei Grundlagen und zwar

1. ein nachgewiesen funktionsfähiges Rechenmodell
   (d. h. ein dynamisches Vorausberechnungsverfahren),
2. die Kenntnis der darin enthaltenen Parameter (Kennwerte) aus Messungen in situ und
3. reale Versagenskriterien der zu schützenden Objekte unter Einbeziehung ihrer technischen, ökologischen und sozialen Aspekte.

Aus der Prioritätsliste der Bergschadensbearbeitung

- verhindern,
- vermindern und
- beseitigen

resultiert durch die schwerpunktmäßige Begrenzung der notwendigen Maßnahmen auf den Einwirkungsbereich, d. h. auf die Objekte an der Tagesoberfläche, ein Akkumulationseffekt, der sehr oft nicht nur zu technischen und wirtschaftlichen Problemen, sondern auch zu negativen Auswirkungen in der Öffentlichkeit führt.

Der heutige Stand der Wissenschaft und Technik erlaubt Lösungen zu entwerfen, die durch entsprechende zeit–/räumliche Abbaugestaltung die zukünftigen negativen Abbaueinwirkungen wesentlich reduzieren können.
Dazu ein Zitat aus dem schon im Jahre 1963 erschienenen Buch "Gebirgsmechanik" von Prof. Mohr:

– Die Zeiten der Empirie im Bergbau sind vorüber –

Dieses Zitat hat jedoch nicht zum Inhalt, die Empirie aus dem Bergbau zu verbannen, sondern darauf hinzuweisen, daß sich viele Probleme im Bergbau heute ohne das Hilfsmittel der Empirie theoretisch lösen lassen.
Die bergmännische bergschadensmindernde Abbauplanung ist allgemein so durchzuführen, daß die prognostizierten Bodenbewegungselemente die für einzelne Objekte bzw. Objektgruppen vorgegebenen charakteristischen Grenzwerte nicht überschreiten.
Unter der Voraussetzung, daß die drei schon erwähnten Grundlagen bekannt und berechenbar sind, und unter Einbeziehung der vorhandenen Infrastruktur (unter– und übertage) sind folgende Planungselemente zu bestimmen:

- das Abbauverfahren
  (Streb– oder Teilabbau mit Selbst– bzw. Blasversatz),
- der Abbauzuschnitt in Raum und Zeit
  (Geometrie, Frontgestaltung, Abbaugeschwindigkeit und
  der zeitliche Abstand zwischen nachfolgenden Abbauen),
- der Meßumfang zur Parameteridentifikation und Objektüberwachung sowie
- der Umfang und die Art der notwendigen Sicherungsmaßnahmen an Objekten.

Es ist selbstverständlich, daß die Kombination der oben angegebenen Elemente zu verschiedenen Planungsvarianten führen kann. Als Entscheidungskriterium zur Auswahl sind hier vor allem die Kosten zu benennen.

2. Lösungsgrundlagen

Eine der Lösungsgrundlagen bildet ein dynamisches Vorausberechnungsverfahren. Es muß sich an der gegebenen Abbautechnologie (Strebbau), der möglichen Verfüllung mit Versatz und dem realen Gebirgsverhalten orientieren.
Nur wenn die wichtigsten zeitlichen Daten und Kennwerte wie die Abbaugeschwindigkeit und deren zeitliche Charakteristik, die relative Konvergenz– bzw. Kompaktionsgeschwindigkeit der Abbauhohlräume und das zeitliche Verzögerungsverhalten des Gebirges in die Vorausberechnung eingebunden sind, ist es möglich, eine dem

dynamischen Abbauprozeß entsprechende Gebirgs– und Bodenbewegungsprognose plausibel zu gestalten.

Die Güte der Prognose und die damit verbundene Beherrschung des Gebirges wird aber nicht nur von der Plausibilität eines Rechenverfahrens bestimmt, sondern ganz entscheidend davon, wie genau die Material– bzw. Modellparameter (Abbaufaktor a, Grenzwinkel γ und Zeitkoeffizient c) bekannt sind.

Während früher eine starre Kennwertfestlegung stattfand (z. B. a = 0,9 für Selbstversatz, $\gamma = 60^{gon}$ und z = 1) setzt sich allerdings eine Parameteridentifikation mittels Modellanpassung immer mehr durch. Unter der Anpassung ist eine Berechnung der Kennwerte zu verstehen, die die bestmögliche Übereinstimmung zwischen den gemessenen und simulierten Bodenbewegungen ergeben.

Auf ein dynamisches Vorausberechnungsverfahren und dessen Kennwerte wird im weiteren Teil der Arbeit noch näher eingegangen werden.

Die dritte und wichtigste o. g. Grundlage ist mit der Formulierung von Versagenskriterien für die Objekte an der Tagesoberfläche verbunden. Diese müssen hinsichtlich der bergbaulichen Einflüsse in Form von zulässigen Grenzwerten für die einzelnen Bodenbewegungselemente festgelegt werden.

Die Frage, ab welcher Größe die bergbaulichen Einwirkungen zu Schäden an Objekten führen, ist nicht leicht zu beantworten.

Die Klassifizierung von Objekten im Hinblick auf deren zulässige Beanspruchung muß einen vernünftigen Kompromiß zwischen der Abbauwirtschaftlichkeit einerseits und der Objektsicherheit sowie Zumutbarkeit und öffentlicher Akzeptanz des Bergschadens andererseits darstellen.

Der Literatur sind hierzu einige in verschiedenen Ländern der Welt geltende Objektklassifizierungen zu entnehmen (u. a. Ledwon – 1987). Diese sind fast identisch aufgebaut und basieren auf einer in den 50^{ger} Jahren von Budryk und Knothe (u. a. Knothe – 1984) entworfenen und bis heute in Polen gültigen Objektklassifizierung in fünf Objekt– bzw. Geländekategorien (I bis V). Die für die einzelnen Kategorien charakteristischen Grenzwerte für die Schieflage T, den Krümmungsradius R_K und die Längenänderung ε sind in der Tabelle 1 ersichtlich. Später wurde die Klassifizierung von Ledwon um die Kategorie 0 erweitert.

Durch Einführung der vollmechanischen Strebtechnik wurde man mit wesentlich größeren Abbaugeschwindigkeiten und ihren Auswirkungen konfrontiert. Die Untersuchungen ergaben, daß das Bergschadensbild nicht nur von statischen Vorgaben wie Schieflage, Krümmung und Längenänderung, sondern auch sehr stark und manchmal entscheidend von der Abbaudynamik abhängt (Sroka – 1974).

Tabelle 1

Bodenbewegungsgrenzwerte

Kategorie	T [mm/m]	R_K [km]	ε [mm/m]	$\dot{S}$ [mm/Tag]
0	1,0	20	0,5	1
I	2,5	20	1,5	3
II	5,0	12	3,0	6
III	10,0	6	6,0	12
IV	15,0	4	9,0	18
V	> 15,0	< 4	> 9,0	> 18

Als Folge dieser Untersuchungen haben Dzegniuk und Sroka (1978) vorgeschlagen, die bestehende Klassifizierung der Objekte um das Kriterium der dynamischen Einwirkungen zu erweitern. Die Wahl der Senkungsgeschwindigkeit $\dot{S}$ als Maß der Abbaudynamik ergab sich u. a. aus Grund ihrer problemlosen Meßbarkeit und Analyse. Die Abhängigkeit der Abbaudynamik von der Deformationsgeschwindigkeit $\dot{\varepsilon}$ wird gegenwärtig untersucht. Die praktischen Beobachtungen weisen jedoch deutlich darauf hin, daß höhere Abbaugeschwindigkeiten v höhere Deformationsraten $\dot{\varepsilon}(v)$ verursachen, die ihrerseits zu kleineren Deformationswerten $\varepsilon(v)$ führen, bei denen sich erste Anzeichen des Materialversagens bemerkbar machen (z. B. bei Rißbildungen an Gebäuden) (Abb. 1).

Die Zuordnung eines Objektes oder einer Gruppe ähnlicher Objekte zu einer Kategorie erfolgt mittels Bewertung mehrerer definierter Objektattribute. Dabei werden nicht nur der Baugrund und die technischen Elemente eines Objektes, sondern auch die vom Objekt ausgehenden Gefahrenpotentiale berücksichtigt. Es besteht die Möglichkeit, einzelne Objekte detailliert oder eine Gruppe von Objekten pauschal zu bewerten. Damit werden Grenzwerte festgelegt, die entweder mit hoher Wahrscheinlichkeit die Objektschäden ausschließen oder auf ein "zumutbares" und "vertretbares" Schadensausmaß reduzieren.

Empfindliche Objekte wie monumentale oder historische Denkmäler (z. B. Schlösser, Dome und Kirchen) sowie einige Industrieanlagen (z. B. Raffinerien, chemische Anlagen , Produktenleitungen), von denen gemeinschädliche Auswirkungen ausgehen könnten, müssen individuell bewertet werden. Sie sind grundsätzlich der Kategorie 0 zugeordnet.

Die städtische Wohnbebauung (z. B. Einfamilienhaussiedlungen) wird dagegen pauschal der Kategorie II zugeordnet.

Für die Problematik der Abbaugeschwindigkeit ist eine Objektklassifizierung unentbehrlich. Die oben kurz dargestellte Klassifizierung befindet sich in Polen schon seit über 40 Jahren, mit überwiegend positiven Ergebnissen, in praktischer Anwendung.

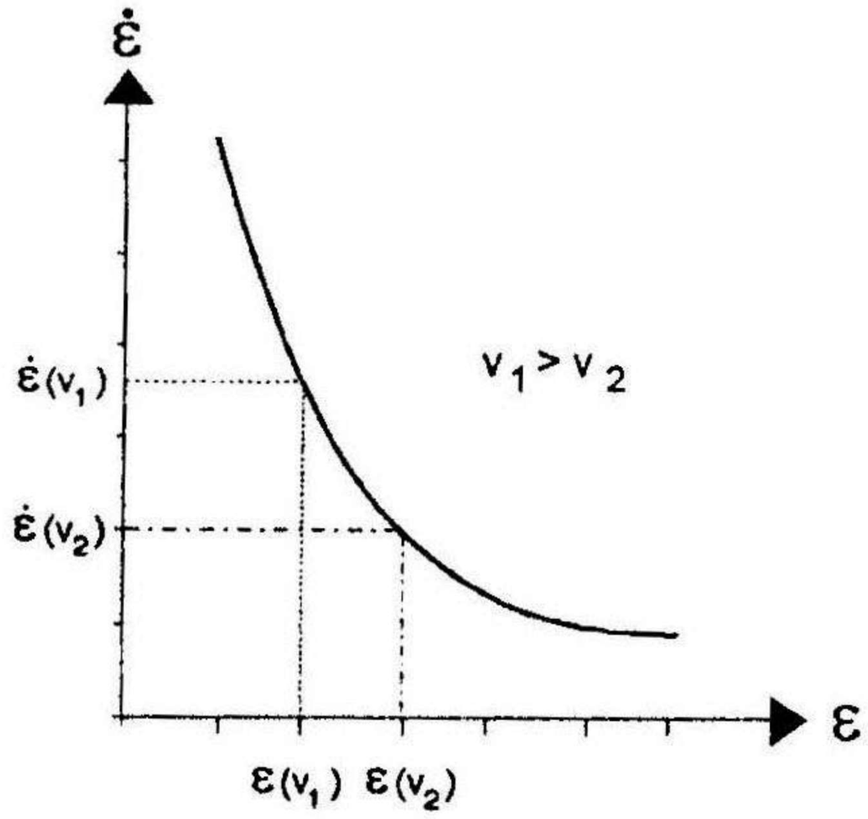


Abb. 1

3. Die allgemeinen Abhängigkeiten zwischen den zeitlichen und räumlichen Bodenbewegungselementen

Die allgemeinen Abhängigkeiten werden theoretisch für einen ebenen Fall hergeleitet (Abb. 2). Es handelt sich hierbei um einen Vollflächenabbau oder um einen parallel zur x–Achse laufenden Streb. Der Streb beginnt bei x_0 (x–Achse) zum Zeitpunkt $t_0 = 0$ (Zeitachse) und läuft mit konstanter Geschwindigkeit v in Richtung der positiven x–Achse.

Zu einem beliebigen Zeitpunkt t ($t \geq 0$) läßt sich die Lage der beweglichen Abbaufront wie folgt beschreiben:

$$x(t) = x_0 + v \cdot t \qquad (1)$$

Als Folge des Abbaus werden an der Tagesoberfläche Bodenbewegungen entstehen. In unserem konkreten Fall wird an einem beliebigen Punkt A der Tagesoberfläche ein beliebiges Bodenbewegungselement D analysiert .

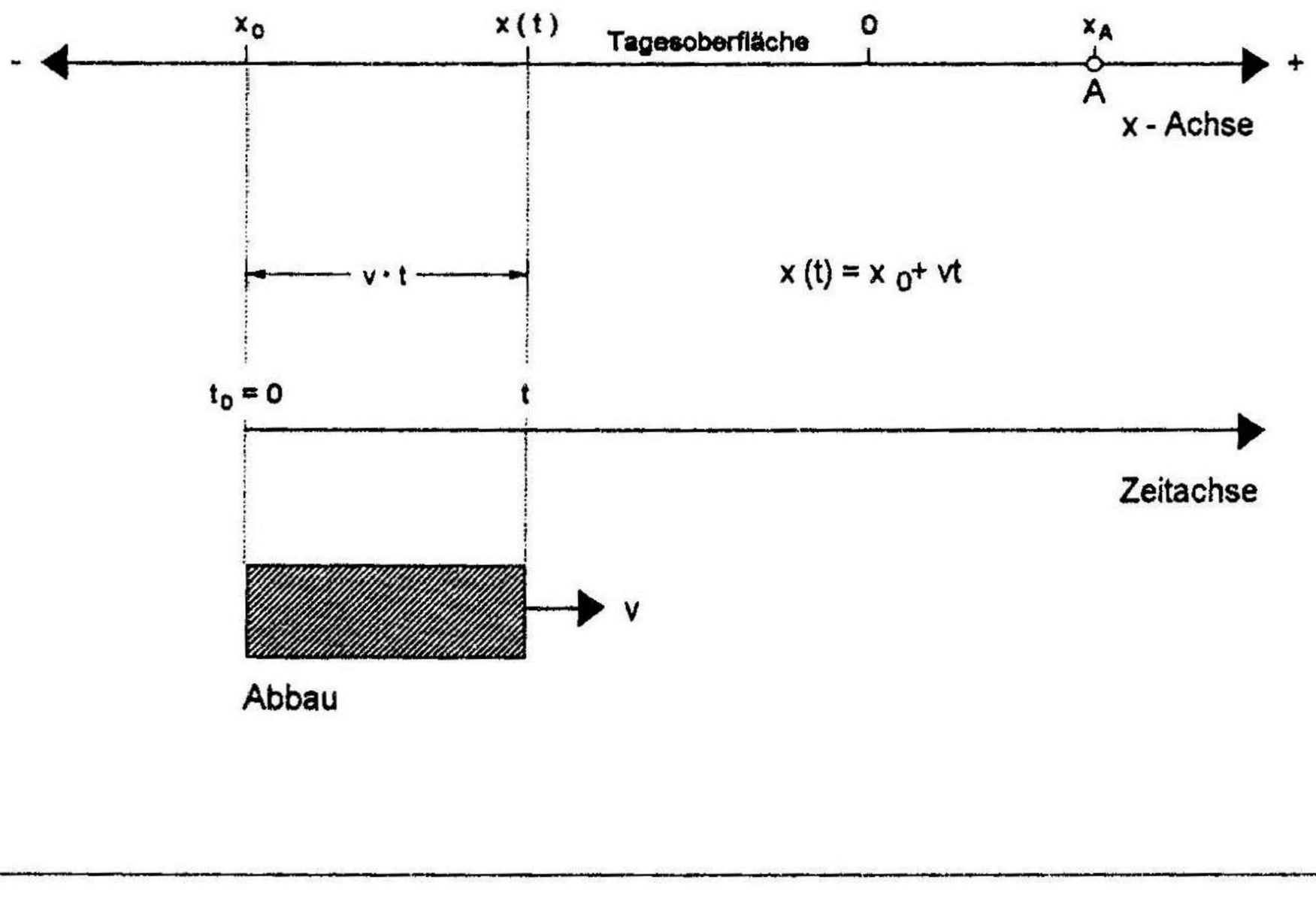


Abb. 2

Wenn der Abstand zwischen Punkt A und dem Anlaufort (x_0) größer ist als der Vollflächenradius R, also

$$x_A - x_0 \gg R = H \cdot \cot\gamma \qquad (2)$$

mit H – Abbauteufe und

γ – Grenzwinkel,

gilt allgemein, daß das zu einem beliebigen Zeitpunkt t analysierte Bodenbewegungselement D(t) nur als Funktion des Abstandes zwischen dem Punkt A und der momentanen Streblage darstellbar ist. Es kann dafür geschrieben werden:

$$D(t) = D\left[x_A - x(t)\right] \qquad (3)$$

Daraus ergibt sich folgende Abhängigkeit zwischen der ersten Ableitung nach der Zeit und nach dem Ort (Sroka – 1974).

$$\dot{D}(t) = \frac{\partial D(t)}{\partial t} = \frac{\partial D}{\partial x} \cdot \frac{\partial x}{\partial t} = D'_x \cdot v \qquad (4)$$

mit

$$D'_x = \frac{\partial D}{\partial x} \quad \text{und}$$

$$v = \frac{\partial x}{\partial t} \quad (\text{ s. Formel (1) }) .$$

Die allgemeinen Abhängigkeiten zwischen den Ableitungen der Bodenbewegungselemente nach der Zeit und nach dem Ort sind unter (5) aufgeführt.

$$\dot{D} = D'_x \cdot v$$
$$\ddot{D} = D''_x \cdot v^2 \qquad (5)$$

Die in (5) verwendeten Kurzbezeichnungen haben folgende Bedeutung:

$\dot{D}$ – die Geschwindigkeit eines Boden– bzw. Gebirgsbewegungselementes zum Zeitpunkt t,

$\ddot{D}$ – die Beschleunigung eines Boden– bzw. Gebirgsbewegungselementes zum Zeitpunkt t,

D'_x – die Steigung (bzw. die erste Ableitung nach dem Ort) eines Bodenbewegungselementes in Abbaurichtung (x–Achse) zum Zeitpunkt t,

D''_x – die zweite Ableitung nach dem Ort eines Bodenbewegungselementes in Abbaurichtung zum Zeitpunkt t.

Wird zum Beispiel für D die Senkung S eingesetzt, ergeben sich daraus folgende Abhängigkeiten:

$$\dot{S} = S'_x \cdot v = T \cdot v$$
$$\ddot{S} = S''_x \cdot v^2 = K \cdot v^2 \qquad (6)$$

Hierbei entspricht T der Schieflage und K der Krümmung der dynamischen Senkungsmulde. Nach Gleichung (6) ist die momentane Senkungsgeschwindigkeit $\dot{S}$ eines Punktes gleich dem Produkt aus der momentanen Schieflage T dieses Punktes in Abbaurichtung und der Abbaugeschwindigkeit v.

Da die dynamische Senkungsmulde nicht mit der statischen (d. h. der Endsenkungsmulde) identisch ist, muß noch geklärt werden, welche Abhängigkeiten zwischen einer dynamischen Senkungsmulde und der Abbaugeschwindigkeit bestehen.

4. Die Abbaugeschwindigkeit und die Gestalt der dynamischen Senkungsmulde

Die im deutschen Steinkohlenbergbau zur Vorausberechnung abbaubedingter Gebirgs– und Bodenbewegungen verwendeten Verfahren haben in der bis heute vorliegenden Form eine sehr verwundbare Stelle – und zwar die Berücksichtigung des Faktors Zeit. Es werden lediglich quasidynamische Berechnungen durchgeführt, d. h. durch eine langsamere Abbaugeschwindigkeit bekommt man als Rechenergebnis lediglich die Streckung der abbaubedingten Beanspruchung in der Zeit ohne Veränderung des Muldenprofils und der zugehörigen charakteristischen maximalen Bodenbewegungselemente.

Der deutschen Literatur sind einige Lösungen zu entnehmen, die bezüglich des Einflusses der Abbaugeschwindigkeit auf die Gestalt der dynamischen Senkungsmulde widersprüchlich sind. Einige Lösungen besagen, daß eine Erhöhung der Abbaugeschwindigkeit zu flacheren Senkungsmulden führt; in anderen Lösungen ergeben sich steilere Mulden.
Am Beispiel eines Strebabbaus wird dieses Problem erläutert und qualitativ geklärt (Abb. 3). In diesem Beispiel werden zwei langgestreckte Strebabbaue mit unterschiedlichen Abbaugeschwindigkeiten geführt. Die Monatsstände sind in den jeweiligen Abbauflächen gekennzeichnet (für $v_1 = 2\,v_2$).

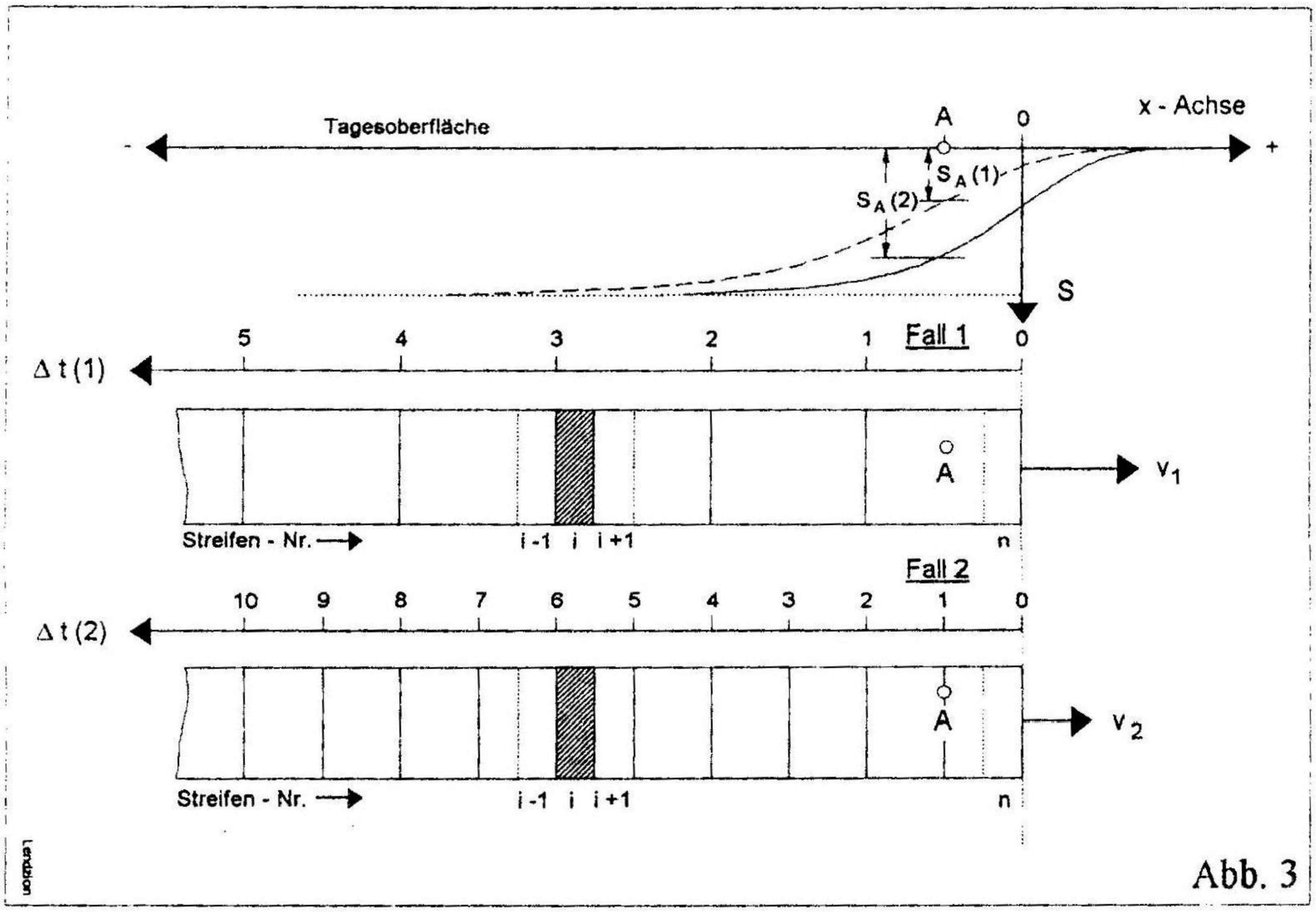


Abb. 3

Es ist zu vermuten, daß die verschiedenen Abbaugeschwindigkeiten der beiden Strebe zu differenzierten momentanen dynamischen Senkungsmulden führen müssen.

Die Zuordnung der einzelnen Senkungsmulden zu den vorgegebenen Abbaufällen (d. h. Abbaugeschwindigkeiten) wird durch Senkungsanalyse eines beliebigen Punktes A der Tagesoberfläche erfolgen.

Die momentane Senkung S_A für die in Abb. 3 vorgegebene Abbausituation ergibt sich als Summe der einzelnen Produkte zwischen den Endsenkungen S_i^E der einzelnen "elementaren" Abbaustreifen und den jeweiligen, den einzelnen Streifen zugehörigen Zeitfaktoren $z(\Delta t_i)$ (7). Hierbei entspricht Δt_i der Standzeit (bzw. Einwirkungszeit) des i-ten Streifens zum Zeitpunkt der Berechnung.

$$\text{Fall 1} \qquad S_A(1) = \sum_{i=1}^{i=n} S_i^E(1) \cdot z\,(\Delta t_i(1))$$

$$\text{Fall 2} \qquad S_A(2) = \sum_{i=1}^{i=n} S_i^E(2) \cdot z\,(\Delta t_i(2)) \qquad (7)$$

Da die Abbaue Fall 1 und Fall 2 geometrisch identisch sind, sind die jeweiligen Endsenkungswerte S_i^E der einzelnen Abbaustreifen paarweise gleich.

$$S_i^E(1) = S_i^E(2) \qquad \text{für} \qquad i = 1, \ldots n.$$

Die Zeitfaktorenfunktion $z(\Delta t)$ ist eine im Wertebereich von 0 bis 1 monoton wachsende asymptotische Funktion (Abb. 4). In der Fachliteratur wird die Funktion durch nachfolgende Gleichung (8) beschrieben:

$$z(\Delta t) = 1 - \exp(-c \cdot \Delta t) \qquad (8)$$

Der Zeitkoeffizient c ist darin ein mediumabhängiger Parameter, der die gemeinsamen Verzögerungseigenschaften des Selbst– bzw. Blasversatzes und des Gebirgskörpers zusammenfaßt (Sroka , Schober und Sroka – 1987).

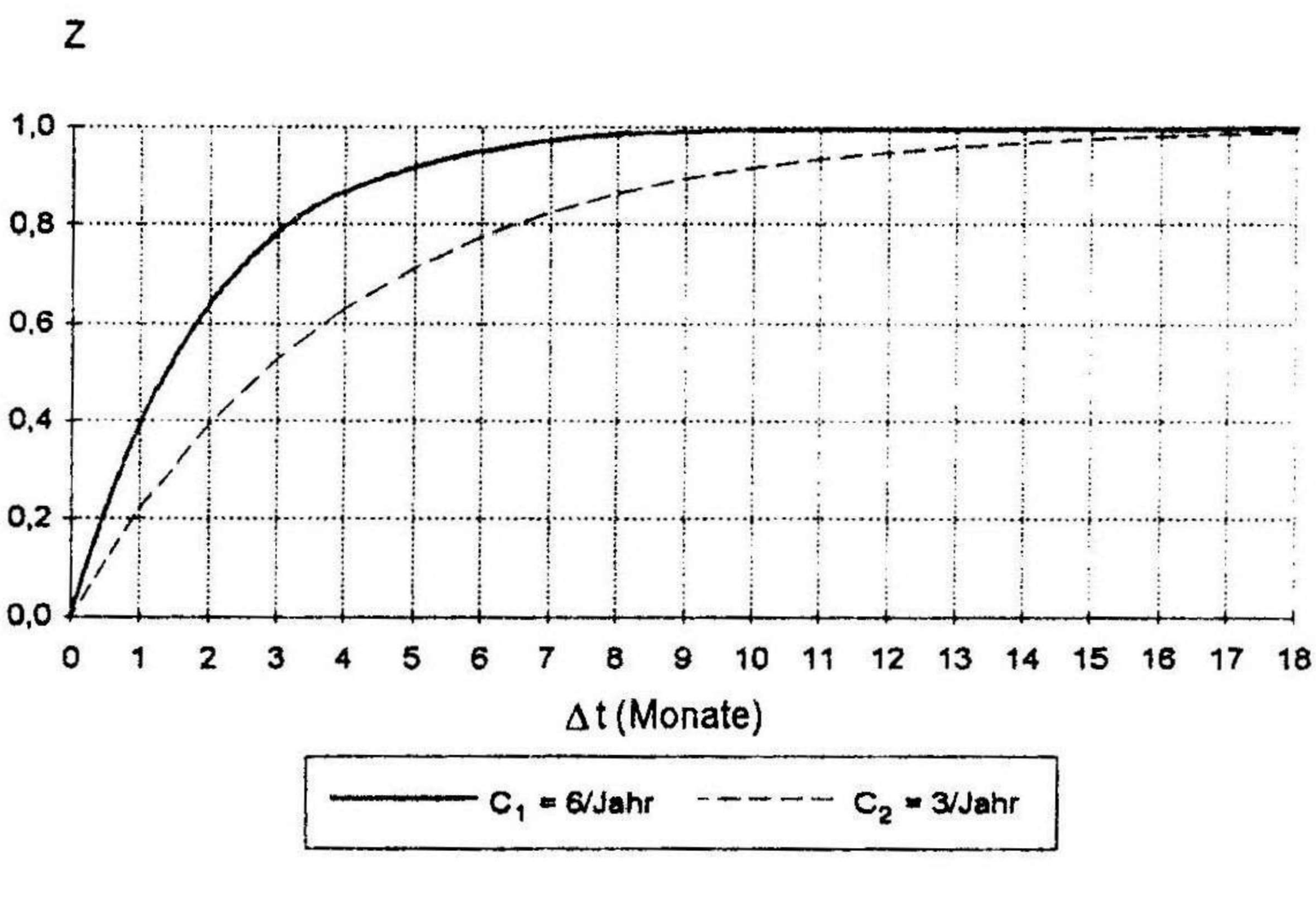


Abb. 4

Die Wirkungsweise des Zeitkoeffizienten c ist für zwei verschiedene c–Werte der Abb. 4 zu entnehmen. Die Bedeutung des Zeitkoeffizienten c wird nachfolgend erläutert (Abb. 5).

Für einen zum Zeitpunkt t = 0 beginnenden und mit konstanter Geschwindigkeit geführten Abbau ist die volumenmäßige Abbaucharakteristik V(t) in Form einer Geraden darstellbar. Nach einer Abbauzeit von 12 Monaten wird der Abbau gestundet; dies führt zu einem Endvolumen V^E.

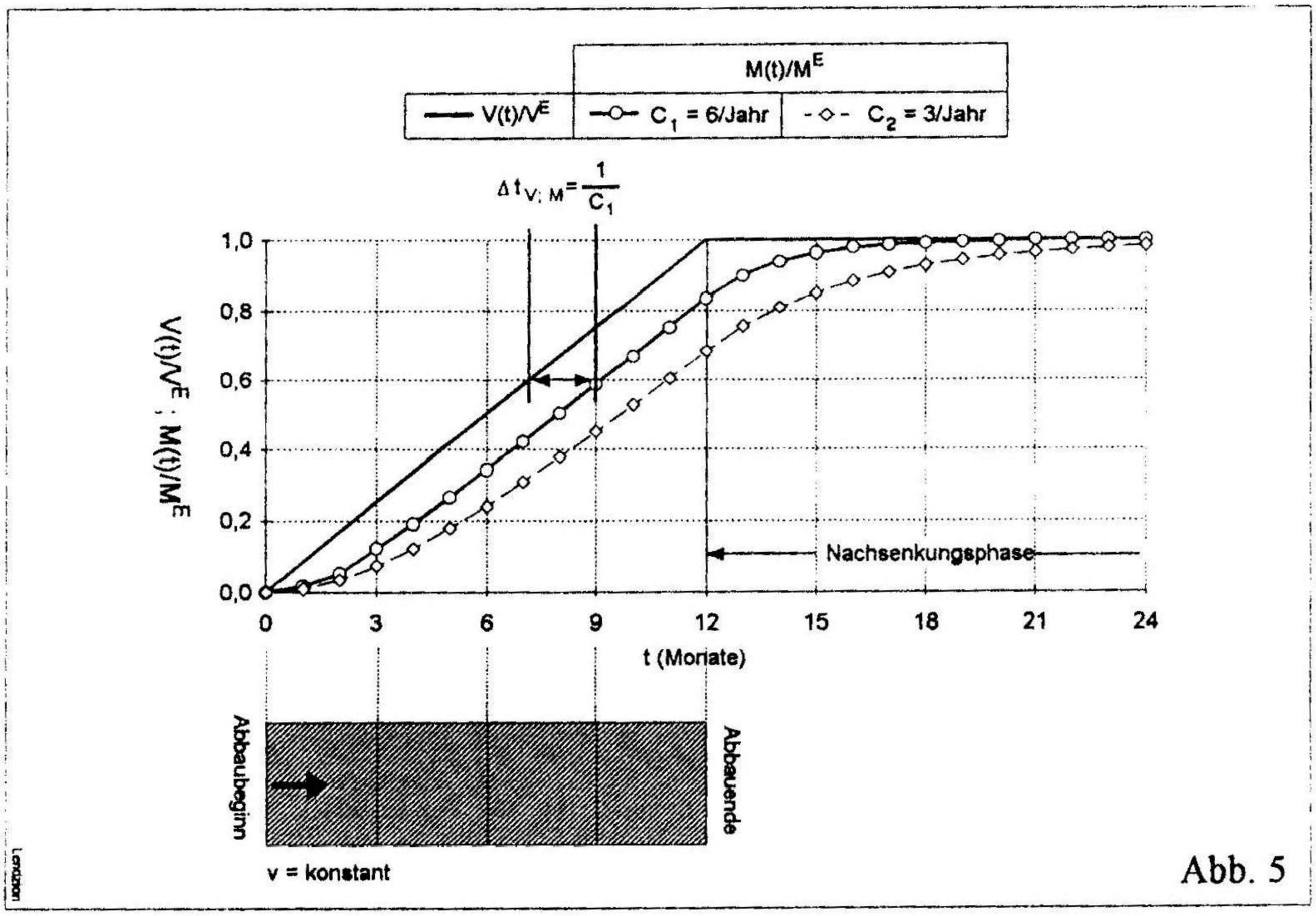


Abb. 5

Die relative volumenmäßige Abbaucharakteristik $V(t)/V^E$ beträgt dann:

– für die Abbauphase $0 \le t \le 12$ Monate: $$0 \le \frac{V(t)}{V^E} = \frac{t}{12} \le 1 ,$$

– für die Nachsenkungsphase $t > 12$ Monate: $$\frac{V(t)}{V^E} = 1$$

Das abgebaute Volumen verursacht die Entstehung der Senkungsmulde. Die für den vorgegebenen Abbau berechneten zeitlich spezifizierten Muldenvolumina sind jedoch von den Verzögerungseigenschaften des Selbst– bzw. Blasversatzes und des Gebirges abhängig.

Das Endvolumen M^E der Senkungsmulde ist dagegen nur von der Versatzart, d. h. dem Abbaufaktor a abhängig.

$$M^E = a \cdot V^E \qquad (9)$$

Die mit Hilfe der Zeitfunktion (8) berechneten relativen Muldenvolumina $M(t)/M^E$ sind für zwei verschiedene c–Werte ebenfalls in Abb. 5 dargestellt.

Der Abb. 5 ist zu entnehmen, daß nach einer kurzen Anlaufzeit die relative Abbaucharakteristik $V(t)/V^E$ und die relativen Muldencharakteristiken $M(t)/M^E$ parallel zueinander verlaufen.

Der Abstand $\Delta t_{V,M}$ zwischen den parallel verlaufenden Charakteristiken ist dem Reziproken des Koeffizienten c gleich.

$$\Delta t_{V,M} = \frac{1}{c} \tag{10}$$

Es ist auch ersichtlich, daß der Anteil der Bewegung in der Nachsenkungsphase (d. h. nach der Abbaustundung – hier für $t > 12$ Monate) und deren Dauer von dem Zeitkoeffizienten c abhängig ist.

Die Annahme $c = \infty$ ergibt, daß keine zeitliche Verzögerung zwischen der Ursache (d. h. dem abgebauten Volumen) und der Wirkung (d. h. dem entsprechenden Muldenvolumen) vorhanden ist ($\Delta t = 0$).

Der Zeitfunktion (8) ist zu entnehmen, daß

$$z(\Delta t_i(1)) < z(\Delta t_i(2)), \text{ wenn}$$

$$\Delta t_i(1) < \Delta t_i(2) \quad \text{d. h.} \quad v_1 > v_2 \quad \text{ist.}$$

In Verbindung mit der Formel (7) führt dies zur qualitativen Erkenntnis, daß eine größere Abbaugeschwindigkeit (Fall 1) eine kleinere Senkung des Punktes A ergeben muß und somit auch in Konsequenz flachere Senkungsmulden erzeugt werden.

Diese Aussage ist jedoch nur dann gültig, wenn der Grenzwinkel γ und der Zeitkoeffizient c von der Abbaugeschwindigkeit v unabhängig sind (Sroka – 1974).

Die quantitative Analyse in Hinblick auf die Abbaugeschwindigkeit verlangt nach einem dynamischen Verfahren. Ein solches Verfahren wurde von Sroka (1978) entwickelt. Es wird darin eine theoretische Lösung in die Analyse mit einbezogen, die den Abbaubetrieben geometrisch angepaßt ist (Strebbau) und alle nach dem heutigen Kenntnisstand auf die Bodenbewegung Einfluß nehmenden Faktoren berücksichtigt.

Kratzsch (1986) hat das Verfahren analysiert und seine Anwendbarkeit für den Ruhrbergbau bestätigt.

Die theoretische Streblösung (u. a. Sroka – 1978; Dzegniuk, Pielok u. Sroka – 1980; Kratzsch – 1986; Jarosz , Karmis u. Sroka – 1990) ergibt, daß die Gestalt der dynamischen Senkungsmulde in einem normierten (relativen) Koordinatensystem

$$X = \frac{x}{R} \quad \text{und} \quad Y = \frac{S(\frac{x}{R})}{S_{max}}$$

nur von der dynamischen Variable $u = \frac{c\,R}{v}$ abhängig ist (Abb. 6).

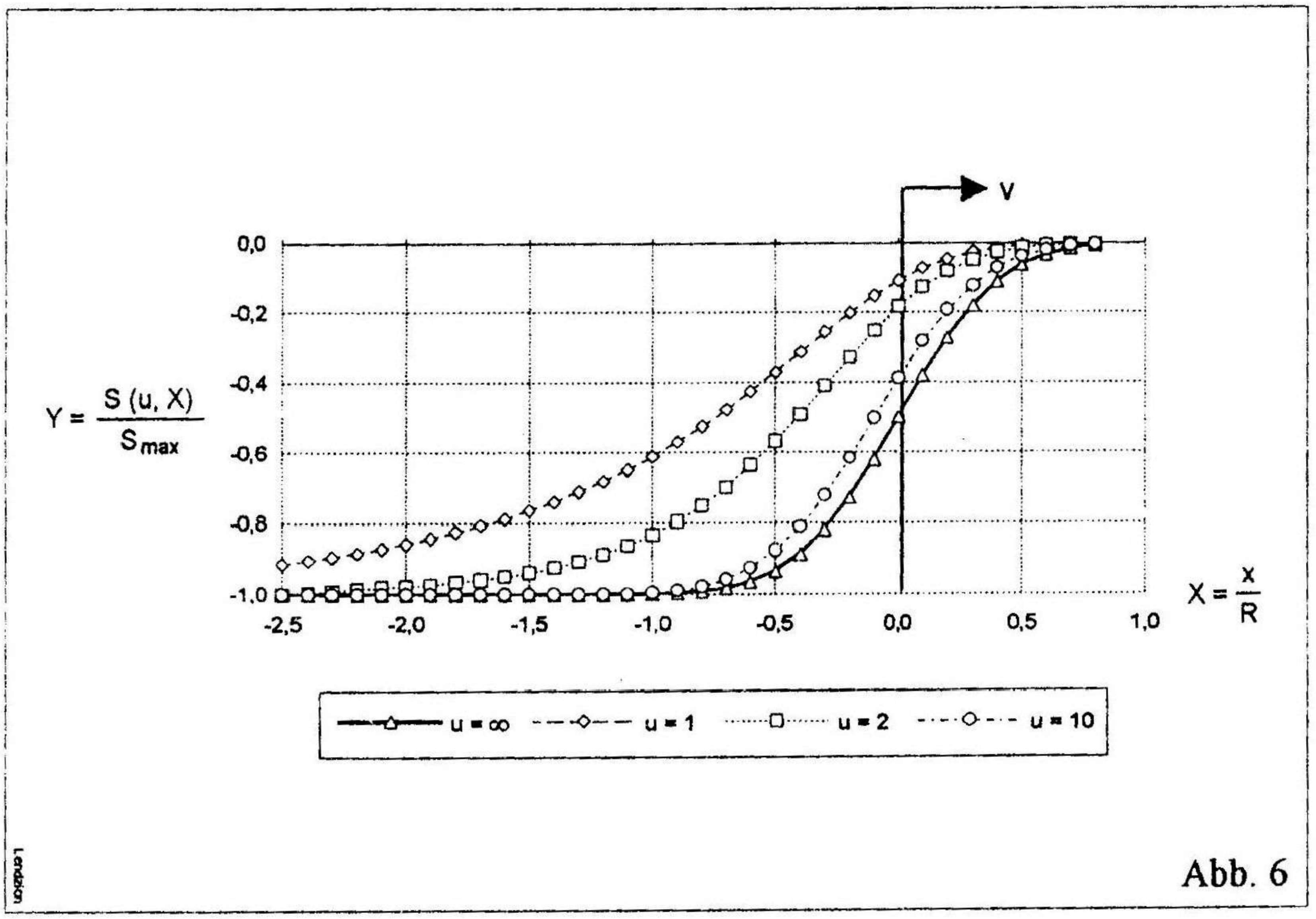


Abb. 6

Die dynamische Senkungsmulde für u = ∞ ist mit der Endsenkungsmulde (für z = 1) identisch. Sie entspricht der Annahme der quasidynamischen Betrachtung, die besagt, daß zwischen der Ursache (abgebautes Volumen) und der Wirkung (Muldenvolumen) keine zeitliche Verzögerung vorhanden ist.

Dies ergibt sich, wenn der Wert des Zeitkoeffizienten c gegen unendlich geht ($\Delta t = \frac{1}{c} \rightarrow 0$ für $c \rightarrow \infty$ vgl. Abb. 5).

Es ist zu erkennen, daß mit steigender Abbaugeschwindigkeit die dynamische Variable u kleiner wird und die dynamischen Senkungsmulden flacher verlaufen.

Die maximale dynamische Schieflage $T_{max}(u)$ wird nach der Formel (11) berechnet, wobei die Größe T_{max} der maximalen Schieflage der statischen Senkungsmulde entspricht.

$$T_{max}(u) = f_T(u) \cdot T_{max} \qquad (11)$$

Die einzelnen Werte für die Funktion $f_T(u)$ können numerisch berechnet werden. Der Einfachheit halber sind die Ergebnisse in Abb. 7 graphisch dargestellt.

Bei einem Punkt, der genau über der mit konstanter Abbaugeschwindigkeit sich fortbewegenden Abbaukante liegt, ist das Verhältnis der Senkung S_k dieses Punktes zur maximalen Senkung nur von der dynamischen Variable u abhängig (Abb. 8).

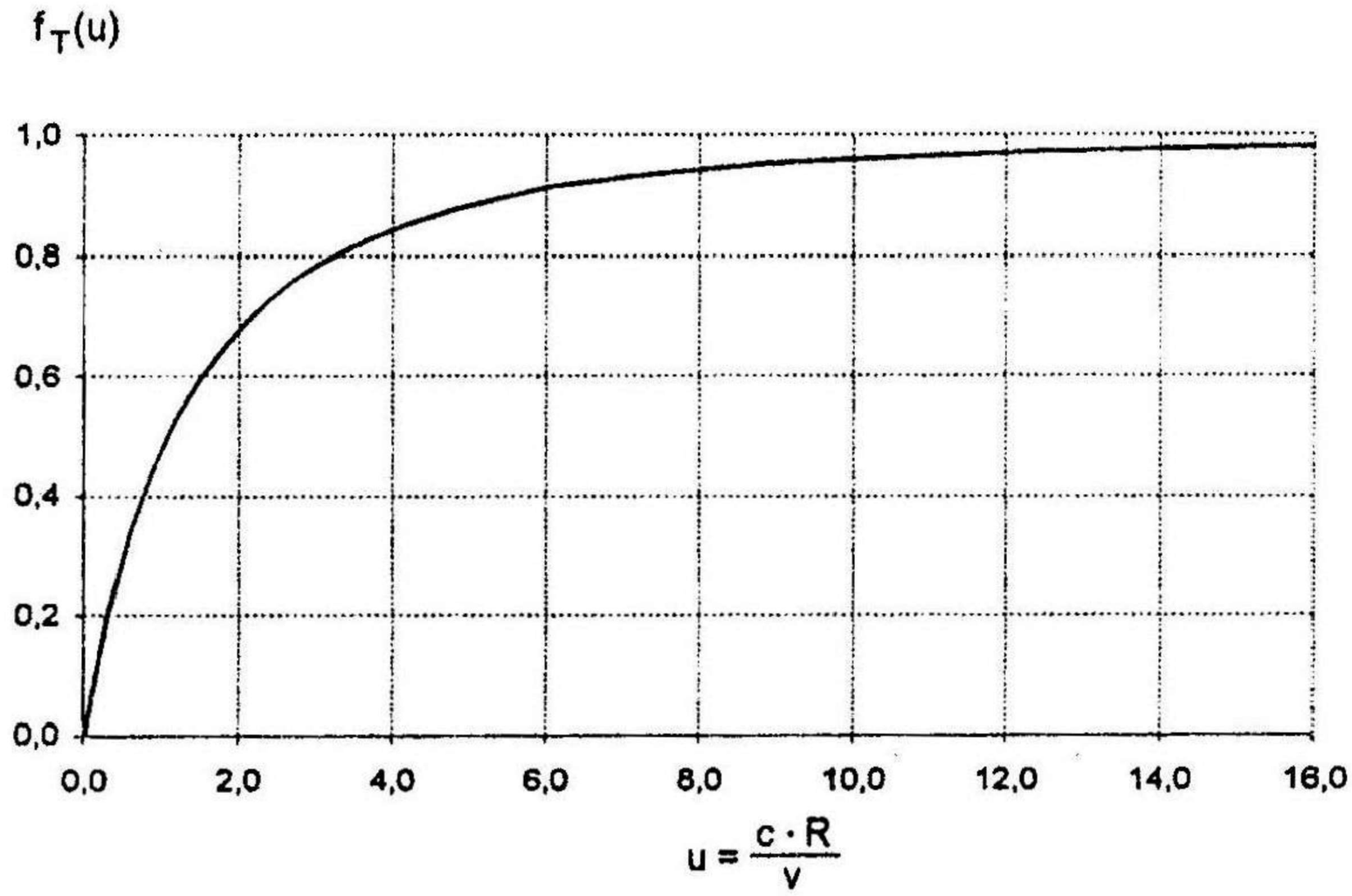

$f_T(u)$
1,0
0,8
0,6
0,4
0,2
0,0
0,0
2,0
4,0
6,0
8,0
10,0
12,0
14,0
16,0
$u = \frac{c \cdot R}{v}$

Abb. 7

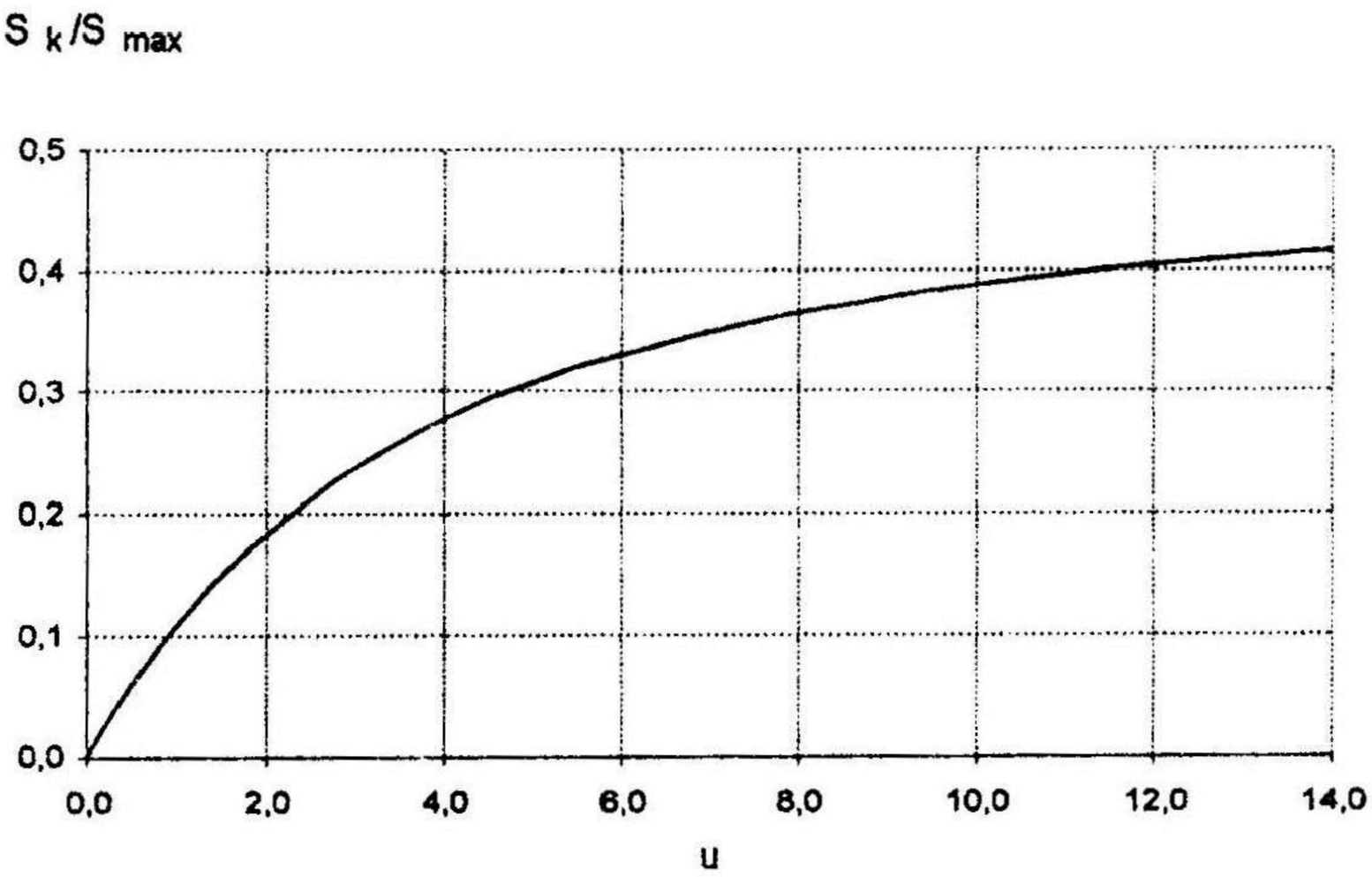

S_k / S_{max}
0,5
0,4
0,3
0,2
0,1
0,0
0,0
2,0
4,0
6,0
8,0
10,0
12,0
14,0
u

Abb. 8

Eine Kombination der Werte c, R und v führt zu einer einzigen charakteristischen Senkungsmulde. Eine in ihrer Form veränderliche Senkungsmulde kann nur durch Änderung der dynamischen Variable u erzeugt werden. Dies ist allein durch Änderung der Abbaugeschwindigkeit v zu erreichen, wobei R und c konstant bleiben.
Die Abbaugeschwindigkeit bildet somit einen Regulator, über den die Form der Senkungsmulde gestaltet werden kann.
Die quantitativen Charakteristiken der dynamischen Senkungsmulde in Hinblick auf die maximalen dynamischen Bodenbewegungswerte sind im deutschen Schrifttum der Veröffentlichung von Dzegniuk, Pielok und Sroka (1980) zu entnehmen. In dieser Veröffentlichung bildet das Verfahren von Knothe die Lösungsgrundlage. Auf deutsche Verhältnisse (Ruhrkohle–Verfahren) bezogen, muß der von Knothe verwendete Begriff des Haupteinwirkungswinkels β auf den in Deutschland gebräuchlichen Grenzwinkel γ abgeändert werden, um fehlerhafte Ergebnisse zu vermeiden.

Der mathematische Zusammenhang lautet:

$$\pi \tan^2 \beta = k \tan^2 \gamma \qquad (12)$$

wobei k die Parametrisierungskonstante des Ruhrkohle–Verfahrens ($k = -\ln 0{,}01 = 4{,}6052...$) ist.

5. Lösungskonzept und Berechnungsbeispiel

Die Erkenntnis, daß die Erhöhung der Abbaugeschwindigkeit zu flacheren Senkungsmulden und zu kleineren dynamischen Schieflagen, Krümmungen und Längenänderungen führt, hat für die dynamische Analyse hinsichtlich der Abbaugeschwindigkeit eine entscheidende Bedeutung.

Wie schon früher festgestellt wurde, ist die Abbaugeschwindigkeit als ein Regulator der zu erwartenden maximalen dynamischen Bodenbewegungswerte zu sehen.

Wenn die für den geplanten Abbau vorausberechneten statischen Bodenbewegungselemente D^{E}_{max} des Muldenprofils in Abbaurichtung größer als die für das Objekt zulässigen charakteristischen Grenzwerte D_{Gr} sind, ergibt sich die Möglichkeit, die notwendige, minimale Abbaugeschwindigkeit $v_{min}(D_{Gr})$ aus nachfolgender Gleichung zu bestimmen (Abb. 9).

$$D_{max}(v_{min}) = D_{Gr}$$

wobei $D_{max}(v_{min})$ der für die Abbaugeschwindigkeit v_{min} maximale dynamische Bodenbewegungswert ist.

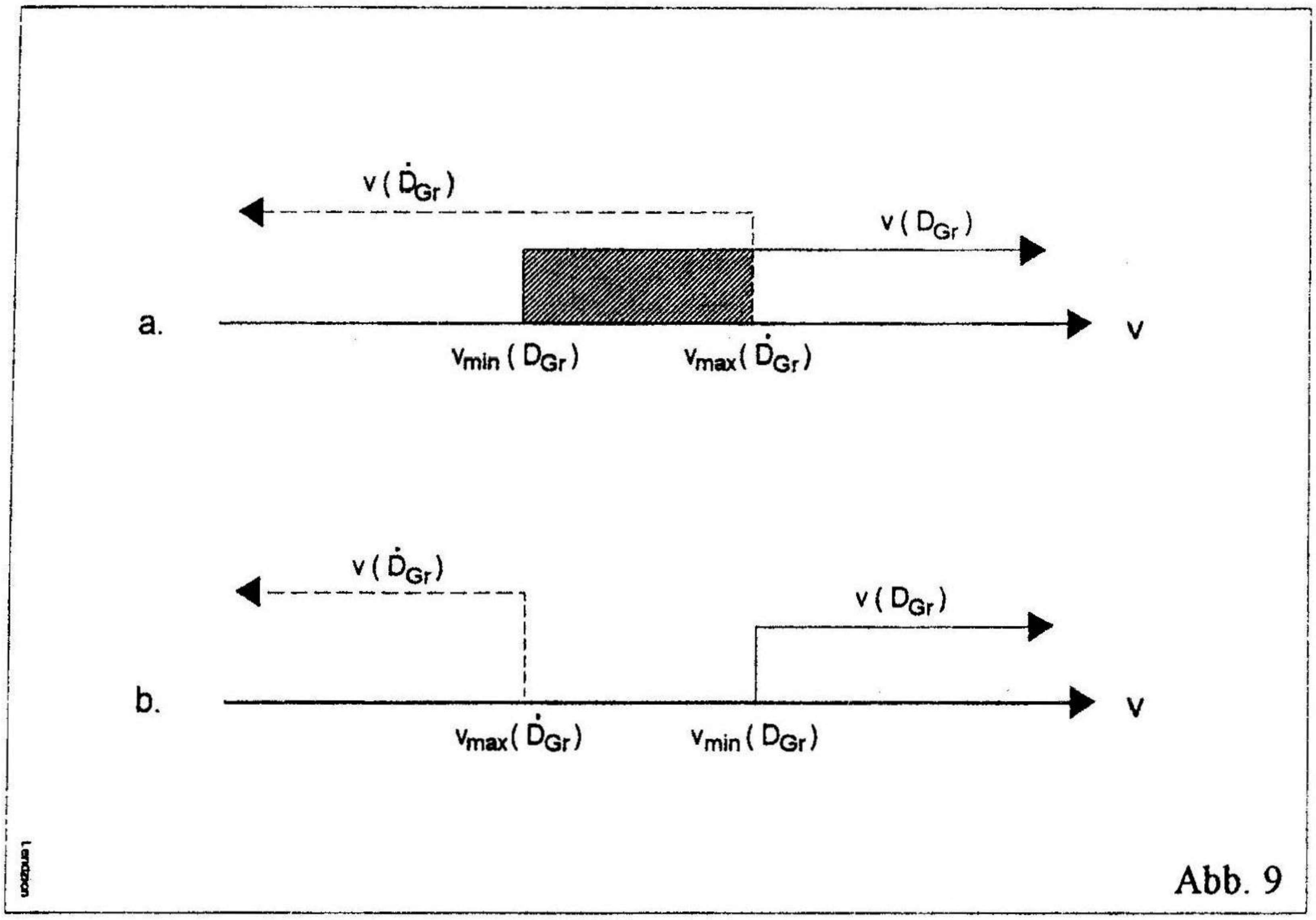


Abb. 9

Die allgemeine Aussage bezogen auf die vorgegebenen statischen Bodenbewegungsgrenzwerte lautet wie folgt:

" Je schneller desto besser "

Dies steht jedoch im Gegensatz zu der Abbaudynamik, die hier in Form vorgegebener Grenzwerte – der zeitlichen Geschwindigkeitswerte $\dot{D}_{Gr}$ und der Beschleunigungswerte $\ddot{D}_{Gr}$ – für die einzelnen Bodenbewegungselemente festzulegen ist.
Die Erhöhung der Abbaugeschwindigkeit verursacht eine Vergrößerung der so definierten Dynamikelemente.
In diesem Falle besteht die Möglichkeit, die maximal zulässige Abbaugeschwindigkeit zu bestimmen und die allgemeine Aussage bezogen auf die Abbaudynamik wie folgt zu beschreiben:

" Je schneller desto schlechter "

oder

" Je langsamer desto besser "

Die möglichen Berechnungsergebnisse in Bezug auf die Bewertung der Grenzwerte von Bodenbewegungselementen D_{Gr} und deren zeitlicher Charakteristik $\dot{D}_{Gr}$ sind qualitativ in Abb. 9 dargestellt.
Der Abb. 9a ist zu entnehmen, daß an der Geschwindigkeitsachse v ein gemeinsamer Geschwindigkeitsbereich existiert, der sowohl die statische Bedingung D_{Gr} als auch die dynamische Bedingung $\dot{D}_{Gr}$ erfüllt.

In der Abb. 9b ist ein gemeinsamer v–Bereich nicht vorhanden. Um die geforderten Bedingungen zu erfüllen, müssen hier andere Maßnahmen ergriffen werden, wie z. B.

- die Minderung der Senkungspotentiale durch Verkleinerung der gebauten Mächtigkeit oder durch Einbringen von Versatz

oder

- die prophylaktische Objektsicherung.

Eine gezielte Teilsicherung führt in der Konsequenz zur Erhöhung der zulässigen Grenzwerte D_{Gr} und $\dot{D}_{Gr}$.

Die soeben erwähnten Maßnahmen führen generell zur Verkleinerung der notwendigen minimalen Geschwindigkeit $v_{min}(D_{Gr})$ für die statische Bedingung und zur Erhöhung der maximalen Geschwindigkeit $v_{max}(\dot{D}_{Gr})$ für die dynamische Bedingung.

Die allgemein beschriebene Vorgehensweise zur Bestimmung der zulässigen Abbaugeschwindigkeit aus bergschadenskundlicher Sicht wird nun am praktischen Beispiel eines langgestreckten Strebes erläutert und für die unten angegebenen Objekt–, Abbau– und Modelldaten durchgeführt.

<u>Objektdaten</u>

Beschreibung: Einfamilienhaussiedlung

Zuordnung: Kategorie II

Grenzwerte:

$$\varepsilon_{Gr} = \pm\ 3{,}0\ \text{mm / m}$$

$$\dot{S}_{Gr} = 6{,}0\ \text{mm / Tag}$$

$$\dot{\varepsilon}^{+}_{Gr} = 0{,}015\ \frac{\text{mm / m}}{\text{Tag}}$$

$$\dot{\varepsilon}^{-}_{Gr} = -0{,}035\ \frac{\text{mm / m}}{\text{Tag}}$$

<u>Sonderobjekt</u>: alte Kirche, nicht gesichert

Zuordnung: Kategorie 0

Grenzwerte:

$$\varepsilon^{0}_{Gr} = \pm\ 0{,}5\ \text{mm / m}$$

$$\dot{S}^{0}_{Gr} = 1{,}0\ \text{mm / Tag}$$

Die Werte von $\dot{\varepsilon}^{+}_{Gr}$ und $\dot{\varepsilon}^{-}_{Gr}$ sind aus den von DMT durchgeführten, kontinuierlichen Extensiometermessungen innerhalb einer Einfamilienhaussiedlung abgeleitet worden.

<u>Abbaudaten</u>

Abbauteufe: H = 1000 m

Abbaumächtigkeit: M = 1,5 m

Streblänge: d = 250 m

Modellparameter

Abbaufaktor: a = 0,90 (Selbstversatz)

Grenzwinkel: $\gamma = 55^{gon}$

Dyn. Variable: u = 5

Der Wert für die dynamische Variable u wurde unter der Annahme, daß die Absenkung eines Punktes bei Strebdurchgang ca. 30% der Endsenkung beträgt, festgelegt (siehe Abb. 8). Dieser Wert ist für einige Schachtanlagen am Niederrhein charakteristisch.

Als Grundlage der theoretischen Beschreibung der abbaubedingten Gebirgs– und Bodenbewegungen wurde das sog. Ruhrkohle–Verfahren angewandt.

Es wird eine Grenzfallbetrachtung vorgestellt, die für die vorgegebene Abbaugeometrie (hier ein langgestreckter Streb) nur die charakteristischen maximalen Bodenbewegungswerte berücksichtigt.

Die zur Lösung notwendigen Formeln zur Ermittlung der maximalen Senkung S_{max}, der Schieflage T_{max} und der Längenänderung ε_{max} lauten wie folgt:

$$S_{max} \equiv aM\left[\, 1-\exp\left(-0{,}9\,\frac{d}{R}\left(\frac{d}{R}+1{,}3\right)\right)\right] \qquad (13)$$

$$T_{max} = \sqrt{\frac{k}{\pi}}\,\frac{S_{max}}{R} = 1{,}211\,\frac{S_{max}}{R} \qquad (14)$$

$$\varepsilon_{max} = \pm\sqrt{\frac{k}{\pi\cdot e}}\,\frac{S_{max}}{R} = \pm\,0{,}734\,\frac{S_{max}}{R} \qquad (15)$$

wobei k = –ln 0,01 und e die Eulersche Zahl ist.

Bei der quasidynamischen Betrachtung (z = 1 bzw. c = ∞) sind die maximalen Bodenbewegungsgeschwindigkeiten (s. Formel 5) mittels nachstehender Formeln zu berechnen (vgl. u. a. Sroka und Schober – 1990; Wittkopf – 1992):

$$\dot{S}_{max} = T_{max}\cdot v = 1{,}211\;S_{max}\,\frac{v}{R} \qquad (16)$$

$$\dot{\varepsilon}^{+}_{max} = \frac{\sqrt{8k}}{e}\;\varepsilon_{max}\,\frac{v}{R} = 2{,}233\;\varepsilon_{max}\,\frac{v}{R} \qquad (17)$$

$$\dot{\varepsilon}^{-}_{max} = -\sqrt{2ke}\;\;\varepsilon_{max}\,\frac{v}{R} = -5{,}004\;\varepsilon_{max}\,\frac{v}{R} \qquad (18)$$

Die Festlegung zulässiger Grenzwerte für die Abbaudynamik ermöglicht, unter Einbeziehung der vorhandenen Abbaugeometrie und durch Umformung der Gleichungen (16) bis (18) die zulässige Abbaugeschwindigkeit zu bestimmen:

$$v_{max}(\dot{S}_{Gr}) = \frac{\dot{S}_{Gr}}{T_{max}} = 0{,}826\,\frac{\dot{S}_{Gr}}{S_{max}}\,R \tag{19}$$

$$v_{max}(\dot{\varepsilon}^{+}_{Gr}) = 0{,}448\,\frac{\dot{\varepsilon}^{+}_{Gr}}{\varepsilon^{+}_{max}}\,R \tag{20}$$

$$v_{max}(\dot{\varepsilon}^{-}_{Gr}) = 0{,}200\,\frac{\dot{\varepsilon}^{-}_{Gr}}{\varepsilon^{-}_{max}}\,R \tag{21}$$

Diese Formeln und die zu Grunde gelegten Daten führen zu folgenden Ergebnissen:

$R = H \cdot \cot\gamma = 1000 \cdot \cot 55 = 854{,}1$ m

$S_{max} = 462{,}6$ mm

$T_{max} = 0{,}66$ mm/m

$\varepsilon_{max} = \pm 0{,}40$ mm/m

Da die vorausberechnete maximale Längenänderung kleiner ist als der bei dem hier betrachteten Sonderobjekt zutreffende Grenzwert, besteht keine Notwendigkeit, die minimale Abbaugeschwindigkeit $v_{min}(\varepsilon_{Gr})$ zu bestimmen.

Die vorgegebenen Grenzwerte der Dynamik führen im Falle des Objektes "Einfamilienhaussiedlung" zu nachstehenden Ergebnissen:

$v_{max}(\dot{S}_{Gr}) = 9{,}15$ m/Tag

$v_{max}(\dot{\varepsilon}^{+}_{Gr}) = 14{,}3$ m/Tag

$v_{max}(\dot{\varepsilon}^{-}_{Gr}) = 14{,}9$ m/Tag

Es ist zu erkennen, daß von den drei Ergebnissen allein die Senkungsgeschwindigkeit den Planungsrahmen bestimmt. Für die Einfamilienhaussiedlung wäre somit eine maximale Abbaugeschwindigkeit von ca. 9,15 m/Tag zulässig.

Nachfolgend wird kurz auf die Bedeutung des Grenzwinkels γ als dem wichtigsten Parameter der Vorausberechnung eingegangen. Bei einem Grenzwinkel von 65^{gon} sind für die angenommenen Objekt– und Abbaudaten folgende Abbaugeschwindigkeiten zu erwarten:

$v_{max}(\dot{S}_{Gr}) = 4{,}83$ m/Tag

$v_{max}(\dot{\varepsilon}^{+}_{Gr}) = 5{,}47$ m/Tag

$v_{max}(\dot{\varepsilon}^{-}_{Gr}) = 5{,}70$ m/Tag

Auch hierbei bestimmt die Senkungsgeschwindigkeit den vorhandenen Geschwindigkeitsrahmen. Der Vergleich zwischen den Berechnungsergebnissen für $\gamma = 55^{gon}$ und für $\gamma = 65^{gon}$

unterstreicht deutlich die Notwendigkeit einer in regelmäßigen Abständen durchzuführenden Messung in situ zur schachtanlagenspezifischen Grenzwinkelbestimmung.

Ein besonderes Problem stellt jedoch das Objekt "alte Kirche" dar. Die zulässige Dynamik $\dot{S}^{0}_{Gr}$ ist hier deutlich kleiner als beim Objekt "Einfamilienhaussiedlung". Die Begrenzung der Dynamik kann u. a. durch kleinere Abbaugeschwindigkeiten innerhalb eines definierten Bereiches erfolgen (Abb. 10). Die äußerste Grenze $x(v_0)$, bei der die Geschwingkeitsreduktion beginnen muß, ist wie folgt zu berechnen:

$$x(v_0) = 0{,}466 \sqrt{0{,}191 + \ln\left(\frac{v_0}{R}\frac{S_{max}}{\dot{S}^{0}_{Gr}}\right)}\ R \qquad (22)$$

wobei v_0 die planmäßige Abbaugeschwindigkeit darstellt.

Für die Annahme

$$v_0 = v_{max}\,(\dot{S}_{Gr}) = 9{,}15 \text{ m/Tag}$$

erhält man

$$x(v_0) = 533 \text{ m}.$$

Die Ergebnisse der sukzessiven Abnahme vor und der sukzessiven Zunahme der Abbaugeschwindigkeit nach der Unterbauung sind der Abb. 10 – Kurve 1 – zu entnehmen.

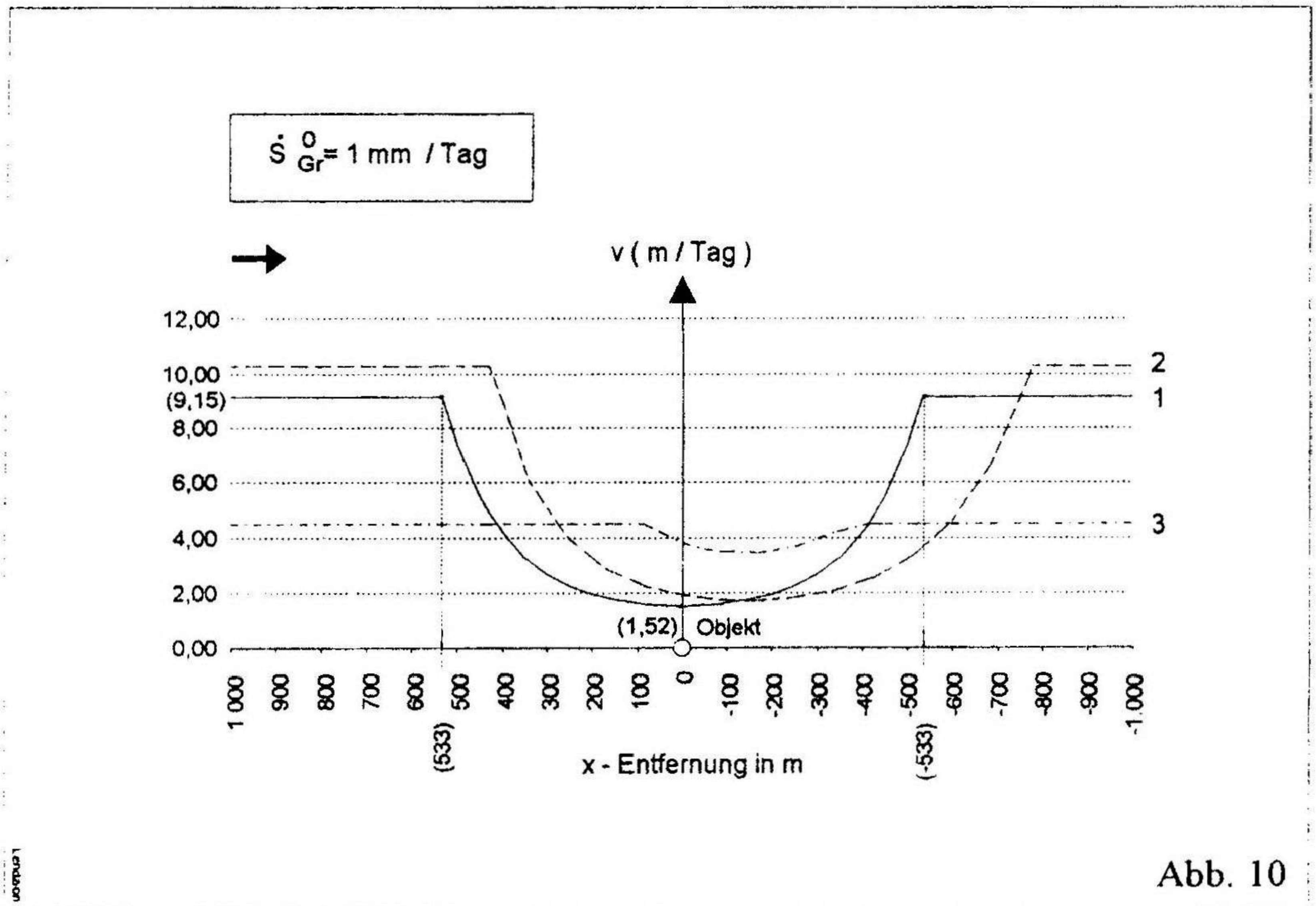


Abb. 10

Die dazu notwendigen Formeln lauten wie folgt:

$$v(x) = \frac{\dot{S}^{0}_{Gr}}{T(x)} \tag{23}$$

$$T(x) = T_{max} \cdot \exp\left(-k\frac{x^2}{R^2}\right) \tag{24}$$

$$v(x) = v_{min}\left(\dot{S}^{0}_{Gr}\right) \cdot \exp\left(k\frac{x^2}{R^2}\right) \tag{25}$$

$$v_{min}\left(\dot{S}^{0}_{Gr}\right) = 0{,}826\,\frac{\dot{S}^{0}_{Gr}}{S_{max}}\,R \tag{26}$$

Die Berechnungen ergeben, daß die Abbaugeschwindigkeit von einem maximalen Wert von 9,15 m/Tag auf einen Betrag von 1,52 m/Tag zurückgenommen werden muß. Die dynamische Betrachtungsweise (für u = 5) ergibt eine maximale Abbaugeschwindigkeit von ca. 10,3 m/Tag.

Zur Ermittlung dieses Wertes wird in der Formel (19) die maximale Schieflage der Endsenkungsmulde T_{max} durch die maximale Schieflage der dynamischen Senkungsmulde $T_{max}(u)$ ersetzt.

Die numerisch berechnete dynamische Geschwindigkeitscharakteristik ist in Abb. 10 als Kurve 2 dargestellt. Es ist eine asymmetrische Lage des Abnahme– und Zunahmebereiches der Abbaugeschwindigkeit zum Objekt festzustellen, die von der Asymmetrie der Senkungsgeschwindigkeit in Abbaurichtung resultiert (u. a. Gilles – 1982).

Eine Lösung mittels einer sukzessiven Geschwindigkeitsbegrenzung auf ca. 1,5 m/Tag wäre in diesem Falle aus wirtschaftlichen Gründen nicht akzeptabel. Wie bereits erwähnt, besteht jedoch die Möglichkeit, andere planerische Maßnahmen (wie Blasversatz oder eine mögliche prophylaktische Sicherung des Objektes) in Erwägung zu ziehen.

Die maximalen Planungsgeschwindigkeiten beim Blasversatz liegen in der Praxis im Bereich von 3,5 bis 4,5 m/Tag. Bei einem Betrag von 4,5 m/Tag wäre lediglich eine Geschwindigkeitsreduktion in einem sehr begrenzten Abbaubereich erforderlich (Abb. 10 – Kurve 3).

Eine Objektbeurteilung in Form einer genauen Zustandserfassung und – bei Bedarf – die Durchführung notwendiger, örtlich begrenzter Aufbesserungen und Teilsicherungen ermöglichen sehr oft die Aufwertung der Objektklassifizierung um eine Kategorie (hier von Kategorie 0 in Kategorie I).

Der neue Grenzwert $\dot{S}^{0}_{Gr}$ mit 3 mm/Tag bietet die Möglichkeit, die Geschwindigkeitscharakteristiken für die quasidynamische (Abb. 11 – Kurve 1) und die dynamische Betrachtungsweise (Kurve 2) neu zu berechnen. Die Anpassung der Abbaugeschwindigkeit müßte dann in einem Bereich von +255m bis –513m bezogen auf das

Objekt erfolgen. Die für diesen Bereich zulässigen Abbaugeschwindigkeiten liegen zwischen 10,3 und 5,2 m/Tag (s. Abb. 11). Die durchschnittliche Abbaugeschwindigkeit für den gesamten Bereich der reduzierten Abbaugeschwindigkeit beträgt dann ca. 6,4 m/Tag. Die Darstellung des Bereiches der reduzierten Abbaugeschwindigkeit ist in anderer Form der Abb. 12 zu entnehmen. Die Geschwindigkeiten wurden für Abbaustände von je 50 m bezogen auf die Objektlage berechnet (Formel 15).

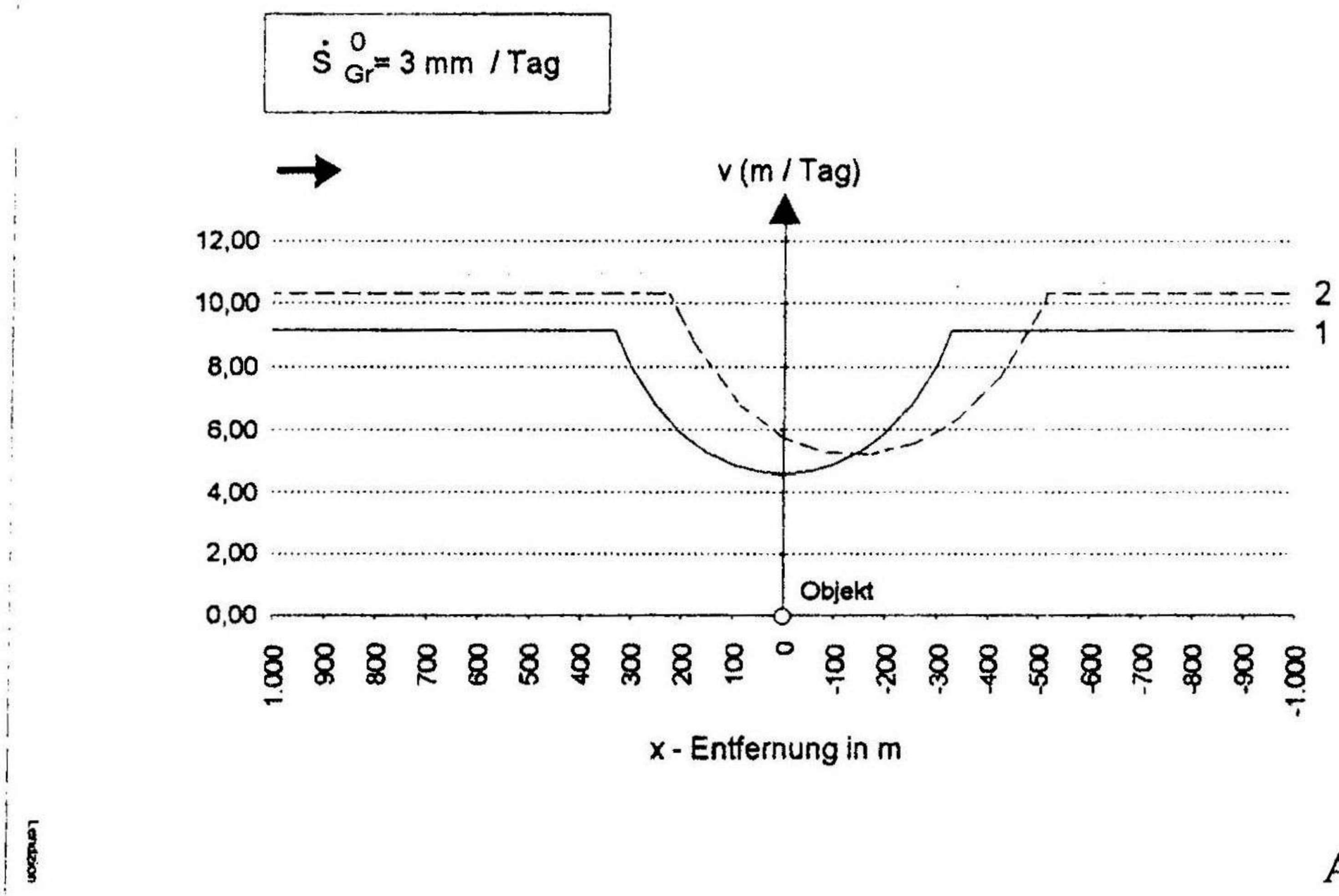


Abb. 11

Für einige in der Praxis laufenden Abbaubetriebe (z. B. bei mitgefahrenen Örtern) ist eine maximale Abbaugeschwindigkeit von 6 m/Tag realistischer. Der Abb. 12 ist hierzu ein erforderlicher Reduktionsbereich von +50 m bis –350 m vom Objekt zu entnehmen.

Die Abbaugeschwindigkeit steht in Hinblick auf die Dynamik in starker Wechselwirkung mit dem Abbauzuschnitt.

Bei der Planung des Steinkohlenabbaues unter kleineren, durch unstetige Bodenreaktionen gefährdeten Ortschaften wird letztlich auf die Idee einer vollständigen und gleichzeitigen Unterbauung mit einer breiten Abbaufront (3–4 Betriebe mit je 250–300 m Länge) zurückgegriffen. Dadurch werden die statischen Zerrungszonen in Bereiche außerhalb der Bebauung verlegt und die Gefährdung der Objekte durch Erdstufen und –risse wesentlich reduziert. Ein so geplanter Abbau bildet jedoch hinsichtlich der Abbaudynamik eine verstärkte Objektgefährdung. Die Abhängigkeit der zulässigen Abbaugeschwindigkeit von der Breite d der Abbaufront ist in der Abb. 13 dargestellt.

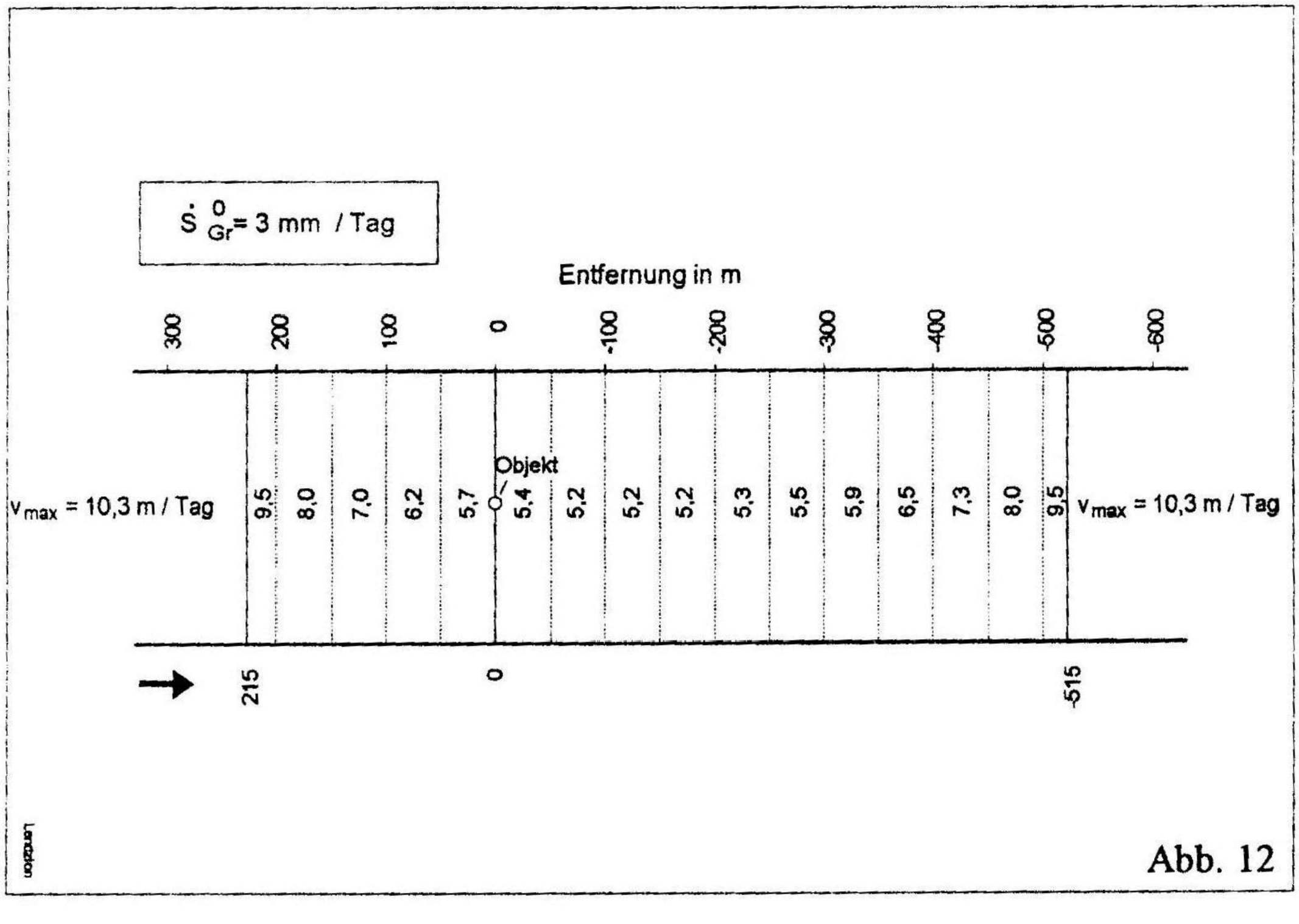

$\dot{S}^{0}_{Gr}$ = 3 mm / Tag
Entfernung in m
300
200
100
0
-100
-200
-300
-400
-500
-600
Objekt
v_{max} = 10,3 m / Tag
9,5
8,0
7,0
6,2
5,7
5,4
5,2
5,2
5,2
5,3
5,5
5,9
6,5
7,3
8,0
9,5
v_{max} = 10,3 m / Tag
215
0
-515

Abb. 12

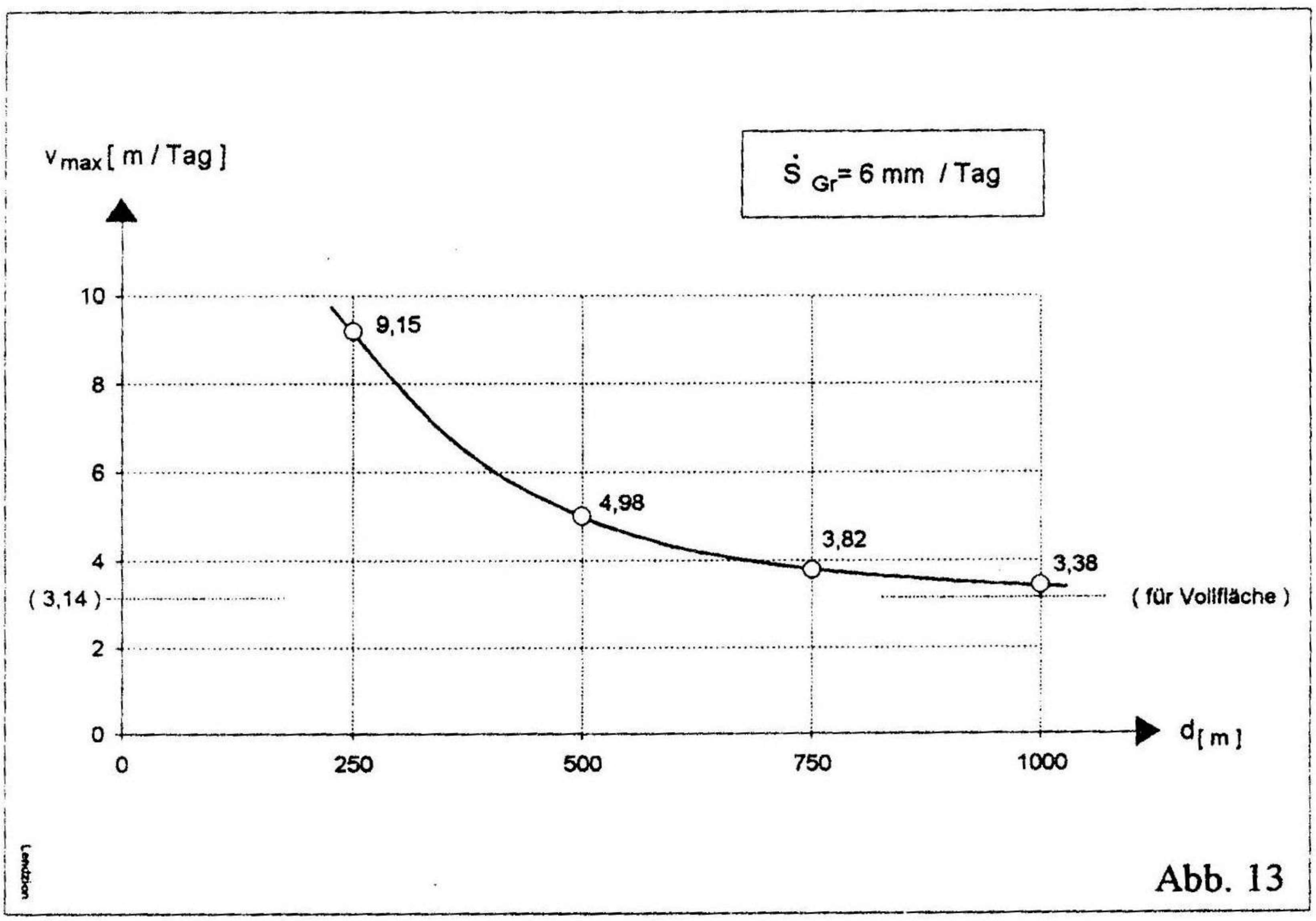

v_{max} [m / Tag]
$\dot{S}_{Gr}$ = 6 mm / Tag
10
8
6
4
(3,14)
2
0
9,15
4,98
3,82
3,38
(für Vollfläche)
$d_{[m]}$
0
250
500
750
1000

Abb. 13

Es ist erkennbar, daß eine Vergrößerung der Breite der Abbaufront wegen der Abbaudynamik von einer Abnahme der maximal zulässigen Abbaugeschwindigkeit begleitet werden muß. Hier sind Abstriche bei der Abbaugeschwindigkeit erforderlich.

Das Maximum des täglich möglichen Abbauvolumens V_{max}, resultierend aus den unterschiedlichen Frontlängen und den jeweils zugehörigen Abbaugeschwindigkeiten, ist in der Abb. 14 dargestellt. Hier ist deutlich zu erkennen, daß der "breite Abbau" keine wirtschaftlichen, sondern ausschließlich bergschadensmindernde Vorteile bietet.

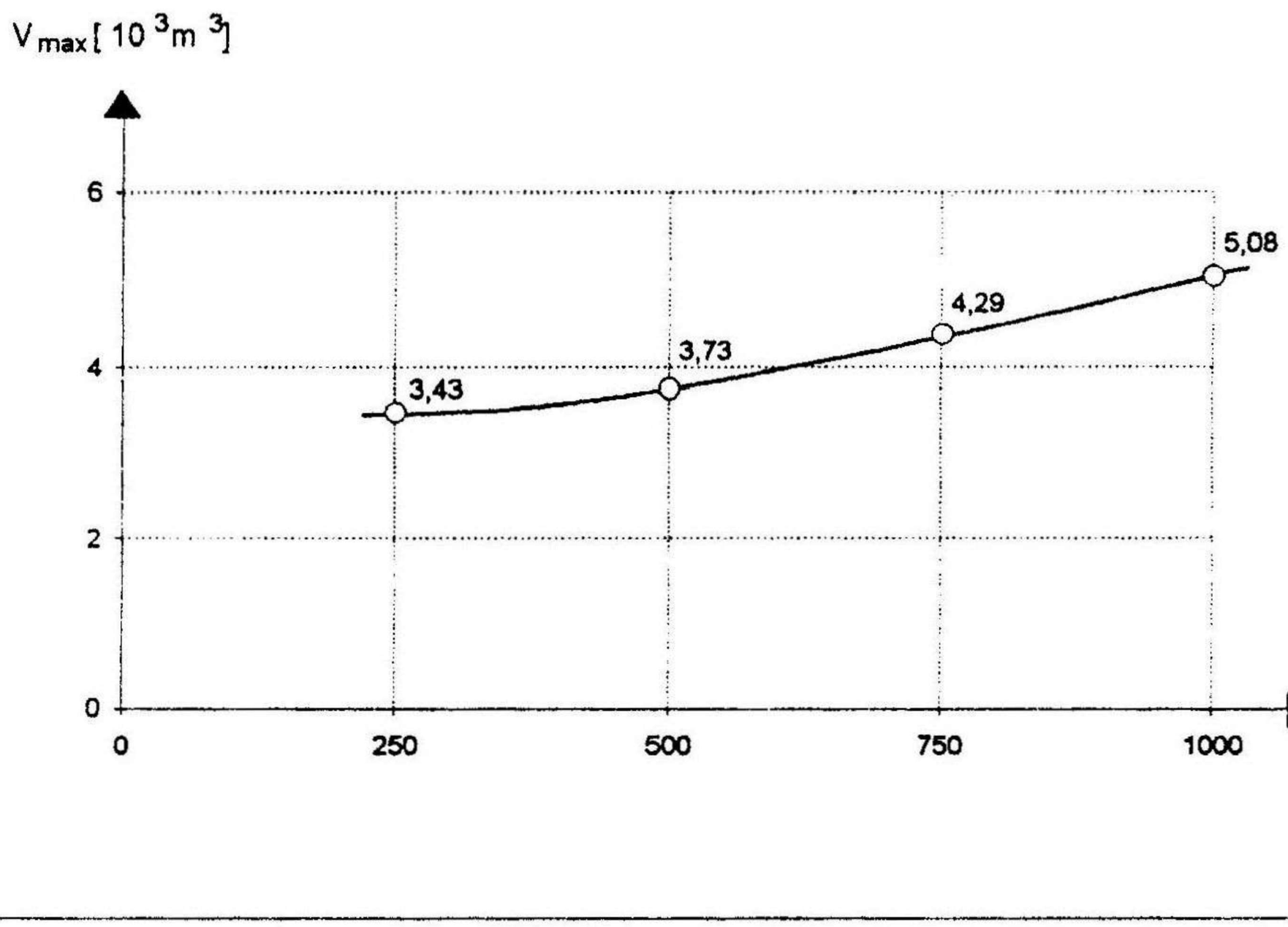


Abb. 14

Stillstände, z. B. am Wochenende führen zu einem dynamikspezifischen Problem. Sie verursachen zyklische Lastwechsel im Gebirge. Dies führt wiederum zu zyklischen Störungen im Bewegungs– bzw. Deformationsablauf der Objekte an der Tagesoberfläche. Die Störungen in Form von zyklisch abwechselnden negativen und positiven Beschleunigungen D wirken sich auf die Bausubstanz der Objekte negativ aus. Grundsätzlich ist bei sehr empfindlichen Objekten (Kategorie 0) ein Dauerbetrieb dringend zu empfehlen, zumindest in unmittelbarer Nähe des zu schützenden Objektes.

6. Zusammenfassung

Es wurde gezeigt, wie der Einfluß der Abbaugeschwindigkeit auf die zeit-/räumlichen Gebirgs- und Bodenbewegungen quantifiziert werden kann.

Dieser Einfluß in Verbindung mit den objektspezifischen Grenzwerten ermöglicht die Bestimmung der lokal zulässigen Abbaugeschwindigkeit.

Die Lösungsgrundlage bildet das von Sroka (1978) entwickelte und an das Ruhrkohle-Verfahren angepaßte (Schober, Sroka und Sroka – 1987) Strebmodell sowie die von Knothe und Budryk (u. a. Knothe – 1984) entworfene und von Ledwon (u. a. 1987) und Dzegniuk, Sroka (1978) erweiterte Klassifikation von Objekten in Bergbaugebieten.

Außerdem wurde aufgezeigt, welche Bedeutung der Grenzwinkel γ und eine detaillierte Objektklassifizierung für die Bestimmung der zulässigen Abbaugeschwindigkeit haben.

7. Quellennachweis

Dzegniuk, B. und Sroka, A.: Der Einfluß der Abbaugeschwindigkeit auf die Gebirgs- und Bodenbewegungen (polnisch)
Wissenschaftliches Symposium der Polnischen Akademie der Wissenschaften, Katowice 1978, S. 33–43

Dzegniuk, B.; Pielok, J. und Sroka, A.: Vorausberechnung von abbaubedingten dynamischen Deformationskennziffern der Tagesoberfläche und des Gebirges
Das Markscheidewesen 87 (1980), Heft 1, S. 178–185

Drzezla, B.; Bialek, J. und Golaszewski, A.: Maximale Bodenbewegungen und deren max. Geschwindigkeiten und Beschleunigungen für eine Vollfläche (polnisch)
Ochrona Terenów Górniczych, 53, 1980, S. 55–62

Gilles, K.-P.: Untersuchung über Einflüsse des Abbaugeschehens auf die Kinematik der Bodenbewegungskomponenten beim konzentierten Abbau flachgelagerter Lagerstättenbereiche im westlichen Ruhrkarbon
Dissertation, RWTH Aachen, 1982

Jarosz, A.; Karmis, M. und Sroka, A.: Subsidence development with Time–experiences from longwall operations in the Appalachian coalfield
International Journal of Mining and Geological Engineering
Vol. 8, Nr. 3, Oktober 1990, S. 261–273

Knothe, S.: Die Vorausberechnung bergmännisch induzierter Gebirgs– und Bodenbewegungen (polnisch)
(Prognozowanie Wplywów Eksploatacji Górniczej)
Slask, Katowice 1984, ISBN 83–216–0450–1

Kratzsch, H.: Studie über die Anwendbarkeit eines polnischen Verfahrens zur Berechnung zeitlicher Bodensenkungen im Ruhrbergbau
Das Markscheidewesen 93 (1986), Heft 2, S. 219–226

Ledwon, J.-A.: Bauen in Bergschadengebieten
Ernst & Sohn, Berlin 1987, ISBN 3–433–01048–X

Schober, F.; Sroka, T. und Sroka, A.: Zum Problem der Berechnung dynamischer, bergmännisch bedingter Senkungen
Das Markscheidewesen 94 (1987), Heft 4, S. 416–424

Sroka, A.: Einfluß der Abbaugeschwindigkeit auf die Größe und die Intensität von Gebirgs– und Bodenbewegungen
Dissertation, Berg– und Hüttenakademie Kraków, 1974

Sroka, A.: Das Verfahren von Knothe in zeitlich–räumlicher Fassung (polnisch)
Polnische Akademie der Wissenschaften,
Geodäsie H. 24, Kraków 1978, S. 73–85

Sroka, A.; Schober, F. und Sroka, T.: Allgemeine Zusammenhänge zwischen dem Abbauvolumen, dem Konvergenzvolumen und dem Volumen der Senkungsmulde (polnisch)
Ochrona Terenów Górniczych Nr. 79, Heft 1, 1987, S. 3–9

Sroka, A. und Schober, F.: Rechnergestützte Abbauplanung unter bergschadensminimierenden Gesichtspunkten
XXII. Internationales Symposium APCOM, TUB–Dokumentation,
Heft 51, Band III, Berlin 1990, S. 615–629

Wittkopf, M.: Untersuchungen zu Risiken beim Abbau von Steinkohle unter einer Salzlagerstätte
Dissertation, RWTH Aachen, 1992

Wzory w ujeciu teorii Prof. Knothe

$$S_{max} \equiv aM\left[\ 1-\exp\left(-0{,}61\ \frac{d}{r}\ \left(\ \frac{d}{r}+1{,}57\ \right)\ \right)\ \right] \tag{13}$$

$$T_{max} = \frac{S_{max}}{r} \tag{14}$$

$$\varepsilon_{max} = \pm\sqrt{\frac{1}{e}}\ \frac{S_{max}}{r} = \pm\ 0{,}607\ \frac{S_{max}}{r} \tag{15}$$

$$\dot{S}_{max} = T_{max}\cdot v = S_{max}\ \frac{v}{r} \tag{16}$$

$$\dot{\varepsilon}^{+}_{max} = \frac{\sqrt{8\pi}}{e}\ \varepsilon_{max}\ \frac{v}{r} = 1{,}844\ \varepsilon_{max}\ \frac{v}{r} \tag{17}$$

$$\dot{\varepsilon}^{-}_{max} = -\sqrt{2\pi e}\ \ \varepsilon_{max}\ \frac{v}{r} = -4{,}133\ \varepsilon_{max}\ \frac{v}{r} \tag{18}$$

$$v_{max}\ (\dot{S}_{Gr}) = \frac{\dot{S}_{Gr}}{T_{max}} = \frac{\dot{S}_{Gr}}{S_{max}}\ r \tag{19}$$

$$v_{max}\ (\dot{\varepsilon}^{+}_{Gr}) = 0{,}542\ \frac{\dot{\varepsilon}^{+}_{Gr}}{\varepsilon^{+}_{max}}\ r \tag{20}$$

$$v_{max}\ (\dot{\varepsilon}^{-}_{Gr}) = 0{,}242\ \frac{\dot{\varepsilon}^{-}_{Gr}}{\varepsilon^{-}_{max}}\ r \tag{21}$$

$$x(v_0) = \sqrt{\frac{1}{\pi}\ \ln\ (\frac{v_0}{r}\frac{S_{max}}{\dot{S}^{0}_{Gr}})}\ r \tag{22}$$

$$v(x) = v_{min}\ (\dot{S}^{0}_{Gr})\ \cdot\ \exp\ (\pi\frac{x^2}{r^2}) \tag{25}$$

$$v_{min}\ (\dot{S}^{0}_{Gr}) = \frac{\dot{S}^{0}_{Gr}}{S_{max}}\ r \tag{26}$$