

# Steinsalzförderung mit Grosstrucks

Hans Schneider

*Kali und Salz AG  
Werk Niedersachsen-Riedel  
D-3101 Wathlingen (Kr. Celle)*

## ZUSAMMENFASSUNG

Im Baufeld Riedel des Kali- und Steinsalzbergwerks Niedersachsen-Riedel wird eine jährliche Steinsalzmenge von 700 000 bis 800 000 t gefördert. Bedingt durch die kulissenartige Verfallung der annähernd vertikal stehenden bis 20 m mächtigen Lagerstätte ist ein sehr kurvenreicher Streckenverlauf der 600-m-Hauptfördersohle gegeben. Bei 2 500–3 000 t/d Fördermenge im 3-Schichtbetrieb über Fahrtentfernungen bis zu rd. 1 000–1 500 m ist der 45 t Nutzlast fassende Großtruck einer alternativ einzusetzenden Gleisförderung oder gleislosen Lademaschinen konventioneller Größe (8–9 t) wirtschaftlich eindeutig überlegen. Bei dem angewendeten Trichterstossen-Abbauverfahren erfolgt die Beladung der Trucks über Wuchtrinnen aus Rolloch-Vorbunkern. Auch grobstückiges Haufwerk, wie es bei dem erwähnten Abbauverfahren besonders in großen Mächtigkeiten anfällt, wird auf diese Weise problemlos bewältigt. Der Truckfahrer erfüllt die Funktionen Beladen des Trucks, Fahrt zur Kippstelle und Entladen durch Abkippen des Haufwerks in einen zentral gelegenen Bunker mit nachgeschaltetem Brecher im Einmannbetrieb. Nach einer Beschreibung des seit Oktober 1975 eingesetzten Großtrucks, bei der besonders Wert auf Motor, Fahrgeschwindigkeiten und Bremsen des beladen über 80 t schweren Fahrzeuges gelegt wird, enthält der Bericht ausführliche Angaben über die erzielten Leistungs- und Kostenwerte sowie über die überaus zufriedenstellenden 2-jährigen Betriebserfahrungen.

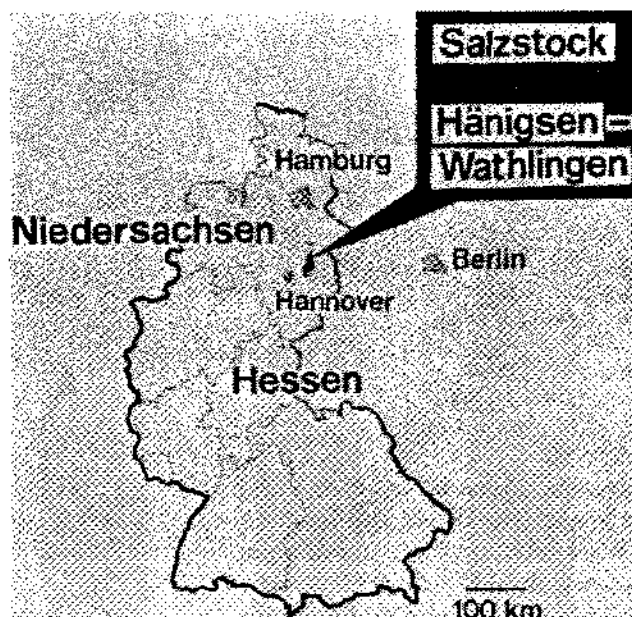
## BESCHREIBUNG DER LAGERSTÄTTE

Das Kali- und Steinsalzwerk NR liegt rd. 30 km nordöstlich von Hannover (Fig. 1). Zwischen den Orten Hänigsen und Wathlingen befindet sich ein im Grundriß nierenförmiger Salzdiapir von 6,5 km Länge und 3,5 km Breite, der mit seinem Salzspiegel bis 80 m unter die Erdoberfläche reicht und im Zusammenhang mit der Tektonik der Kreidezeit vor ca. 120 Mio Jahren entstanden ist. Hierbei wurde das ursprünglich flach gelagerte Salinar mit seinen unterschiedlich mobilen stratigraphischen Schichten in Kulissenfaltung steil und z. T. überkippt aufgerichtet. Das schematisch dargestellte Profil (Fig. 2), zeigt deutlich, daß im Kern des Salzstockes das ältere Steinsalz des Zechsteins 2 aufgedrungen ist und an den Flanken die jüngeren Steinsalzschiefer, zum Teil in komplizierten Strukturen eingefaltet, anstehen. Auf Grund dieser Tatsache wird verständlich, daß die söhligen Strecken in der Lagerstätte außerordentlich kurvenreich verlaufen.

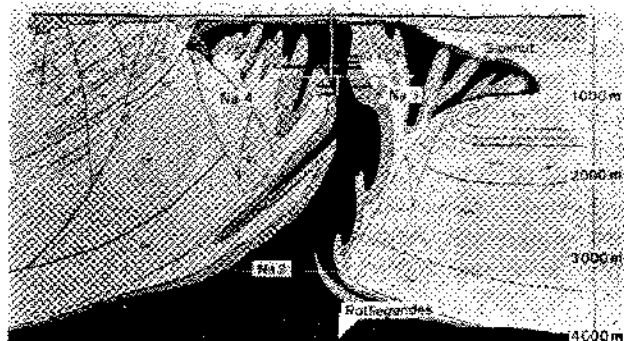
Es stehen verwertbare Steinsalzschiefer von 5 bis 40 m Mächtigkeit an, die für hochwertige Qualitätssalze vorwiegend aus dem sogenannten Linien- und Orangeaugensalzhorizont des Zechsteins 3—Leine Serie—dem  $\text{Na}_3 \text{B}$  stammen; aber auch Schwadensalz  $\text{Na}_3 \text{D}$  und Schneesalz  $\text{Na}_4 \text{B}$  stehen abbauwürdig an (Fig. 3).

Die Lagerstätte ist durch 2 Schächte aufgeschlossen. Die derzeit abgebauten Steinsalzvorräte werden von einer Gestellförderung im Schacht Riedel von der 600 m-Sohle zu Tage gehoben. Bei 3-schichtigem Betrieb beträgt die Tagesförderung rd. 2500–3000 t, bzw. die Jahresförderung 700–800 000 t. Der Abbau geht zwischen der 600 m-Sohle und der als obere Abbaugrenze festgelegten Teufe von 350 m um.

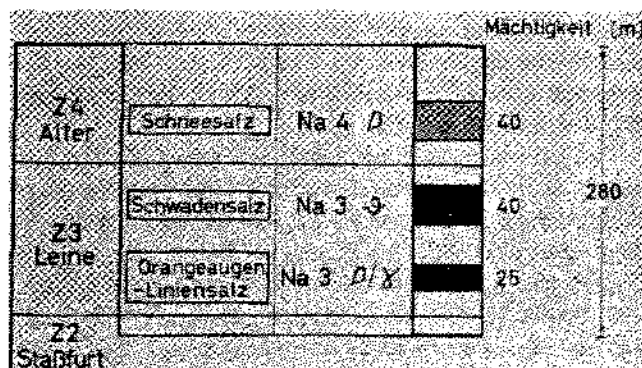
Als Abbauverfahren wird der Trichterstossenbau angewandt, wobei folgende Abmessungen die Regel sind: Länge im Streichen 60 m mit 20 m Pfeiler und max. 240 m Bauhöhe. Die Teilsohlenschweben von ca. 15 m Höhe werden im Stossenbohrverfahren hereingewonnen. Das



Figur 1. Landkarte der Bundesrepublik Deutschlands mit Salzstock Hainigsen-Wathlingen.



Figur 2. Profil des Salzstockes.

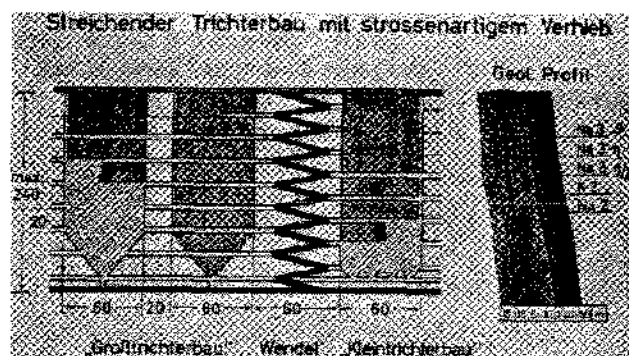


Figur 3. Ausschnitt aus dem Normalprofil des Zechsteinsalinars auf Werk Niedersachsen-Riedel.

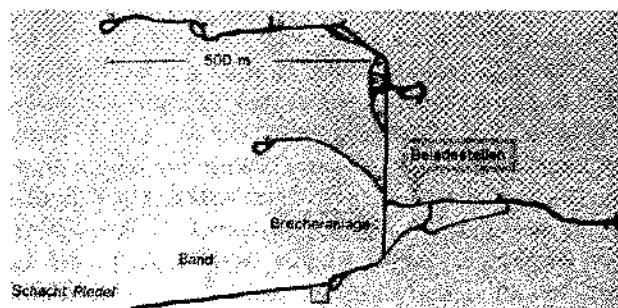
Salz fällt grobstückig in den Trichtern der Abbaue an und wird mit Hilfe von Vibrations-Rinnenförderern abgezogen (Fig. 4). Auf der Grundsohle muß das grobstückige Steinsalz einer zentralen Brecheranlage zugefördert werden. Nach bandgerechter Zerkleinerung erfolgt die Förderung über ein Bandsystem zu Sortenbunkern und aus diesen zum Schacht.

Bei der Steinsalzförderung ist zu berücksichtigen, daß aus Gründen der Sortenanpassung an die Anforderungen der Absatzseite ein häufiger Wechsel der Abbaubetriebspunkte und gegebenenfalls auch das Mischen mehrerer Salzqualitäten unvermeidbar sind. Als Folge ergibt sich die Notwendigkeit, relativ geringe Fördermengen aus verschiedenen Abbauen in kurzfristiger Reihenfolge dem Zentralbrecher aufzugeben.

Diese Anforderung an das Fördermittel der Hauptsohle war bei der Neueinrichtung ebenso zu berücksichtigen wie der lagerstättenbedingte kurvenreiche Streckenverlauf (Fig. 5). Selbstverständlich bestand außerdem die Forderung nach hoher Leistung, Wirtschaftlichkeit und Betriebssicherheit. Auf der Grundsohle sind folgende Fördermittel alternativ einsetzbar: 1) Lokförderung, 2) Fahrlader in Kombination mit einer Bandanlage, 3) Selbstlader-Transporter und 4) Großtruck-Muldenkipper.



Figur 4. Abbauschema des Steinsalzbetriebes.



Figur 5. Fahrweg des MKV 40 auf der 600 m Sohle.

Nach Abwägung aller Kriterien wurde der Muldenkipper gewählt. Er erfüllt alle aufgezählten Anforderungen technischer Art am besten und ist auch hinsichtlich der Wirtschaftlichkeit den übrigen Fördermitteln in unserem Falle überlegen. Seit 1975 sind im Werk NR 2 Grosstrucks der Type MK V 40, die von der Fa. GHH—Oberhausen-Sterkrade hergestellt wurden, im Einsatz.

Von der MK-Förderung wurden bis 1977 rd. 1.500.000 t gefördert. Diese Menge entspricht einem Anteil von 45% der Gesamt-Förderung. Insgesamt wurden 8.230 Betriebsstunden verfahren. Die Förderleistung beträgt bei einem durchschnittlichen einfachen Fahrweg von 794 m zwischen Beladestelle und Entladung am Zentralbrecher 178 t/h. Die Abhängigkeit der Leistung von der Fahrtenfernung ist als Diagramm im Figur 6 dargestellt. Es zeigt sich sehr deutlich, daß besonders bei langen Fahrwegen der geringe Leistungsabfall in diesem Bereich von Vorteil ist.

Die dem Diagramm zugrunde liegenden Daten sind:

Nutzlast	40–45 t
Beladezeit	3,0 min
Entladezeit	1,0 min
Fahrtgeschwindigkeit	18 km/h

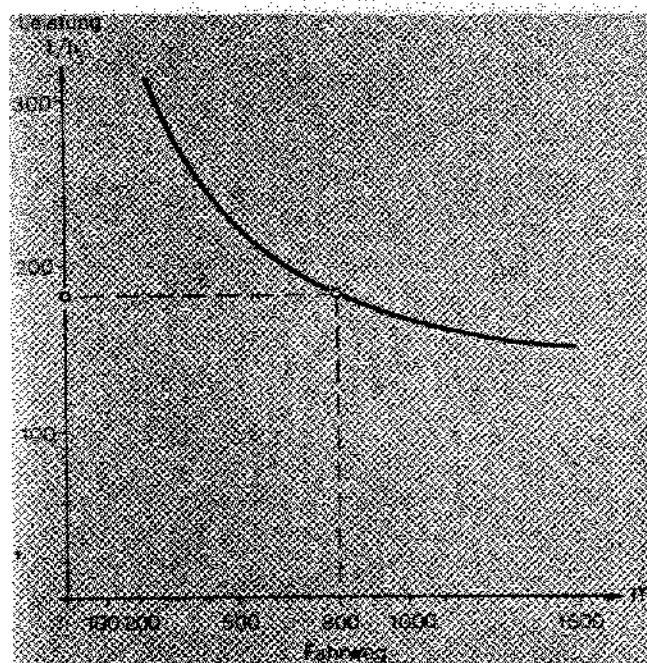
Hierbei ist nur eine Spitzkehre an der Kippstelle berücksichtigt, an den Beladestellen wird prinzipiell Rundverkehr durchgeführt.

Es versteht sich von selbst, daß aus Sicherheitsgründen die Fahrstrecken des Muldenkippers für den übrigen Verkehr gesperrt sind. Durch besonders gute Fahrbahngestaltung, die aus planiertem Salzberon, d. i. eine Mischung von Feinsalz mit Süßwasser, hergestellt wird, sind die Voraussetzungen für optimale Fahrtgeschwindigkeiten gegeben. Als maximale Fahrtgeschwindigkeit auf sölhiger Strecke—und nur dafür ist das Fahrzeug im Lastverkehr konzipiert—erreichen wir leer 35 km/h und beladen 22 km/h.

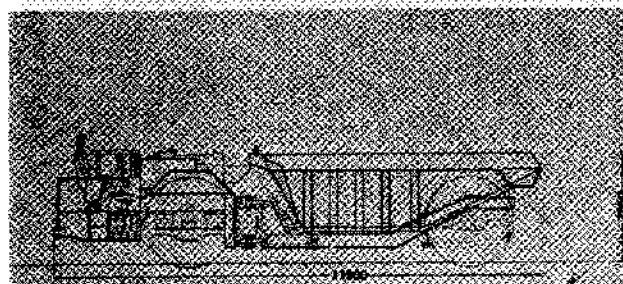
Auf dem Figur 7 ist eine schematische Darstellung des Fahrzeuges wiedergegeben. Es ist erkennbar, daß der Fahrer sowohl bei Vorwärts- als auch bei Rückwärtsfahrt die Bedienelemente betätigen kann, bei Rückwärtsfahrt allerdings stehend.

Zum Abkippen der Mulde ist ein Firstenausbruch von 8 m Höhe erforderlich (Fig. 8). Hierbei ist bemerkenswert, daß ein vorzeitiges Abfahren nach Muldenleerung verhindert werden muß. Dies wird erreicht, indem erst bei vollständigem Einfahren der 5-teiligen Teleskopzylinder die Fahrt freigegeben wird. Die "Technischen Daten" der Maschine sind auf Tabellen 1–3 tabellarisch aufgeführt.

Neben den für Untertageverhältnisse relativ großen Abmessungen, die einen Streckenquerschnitt von mindestens  $6,5 \times 4$  m erfordern, ist das große Gewicht des beladenen



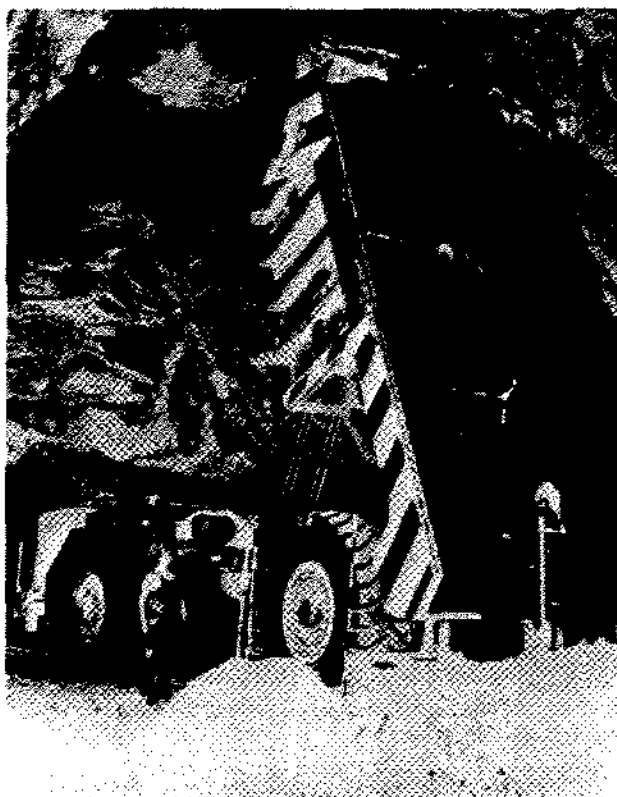
Figur 6. Abhängigkeit zwischen Leistung (t/h) und Fahrtenfernung (m) des MKV 40.



Figur 7. Schema des MKV 40.

Fahrzeuges von max. 88 t besonders zu beachten. Der Motor mit 206 kW erscheint für dieses Gewicht, entsprechend einer spez. Leistung von 2,3 kW/t, knapp bemessen. Aus wettertechnischen Gründen war jedoch eine stärkere Motorisierung nicht möglich. Für den geschilderten sölhigen Betrieb mit guter Fahrbahn und die gewählten Getriebe- und Achsübersetzungen hat sich die Motorleistung als ausreichend erwiesen.

Die Reifen des Fahrzeuges sind vorn und hinten gleich, obwohl sich die Belastungsverhältnisse in weiten Grenzen bewegen. Mit den erreichten Laufzeiten auf der angetriebenen Vorderachse von 5.000 Bh und der geschleppten Hinterachse von über 6.000 Bh sind durchaus zufriedenstellende Ergebnisse erreicht worden. Es sind Profilreifen



Figur 8. MK beim Abkippen.

TABELLE 1  
Technische Daten I

Länge:	11,5 m.
Breite:	3,6 m.
Höhe:	3,5 m (beim Fahren). 7,6 m (beim Kippen).
Leergewicht:	43 t.
Nutzlast:	45 t (32,2 m <sup>3</sup> SAE gehäuft).
Gesamtgewicht:	88 t.
Tankinhalt:	
Kraftstoff:	400 l.
Hydrauliköl:	790 l.

TABELLE 2  
Technische Daten II

Motor:	KHD Typ F 12 l. 714 luftgekühlt.
Motorleistung:	206 KW bei 2300 Upm.
Antrieb:	Clark-Drehmomentenwandler. Clark-Lastschaltgetriebe mit 4 Gängen vorwärts und rückwärts.

TABELLE 3

Technische Daten III

Achsen:	Antriebsachse vorn, Typ Clark D 85000 mit Differential- und Planetengetriebe Hinterachse Typ GHH L 40.
Reifen:	vorn und hinten 24.00-35.
Lenkung:	Knicklenkung mit 2 doppelt wirkenden Hydraulikzylindern.

TABELLE 4

Daten an Bremsen

## Betriebsbremsen:

- a) 2-Kreise, pneumatisch hydraulisch auf alle 4 Räder.
- b) elektrische Wirbelstrombremse.
- c) Motorbremse durch Lock-up-Schaltung.

## Feststellbremse:

Federspeicherbetätigt auf Bremsscheiben am Getriebe der Vorderachse und durch Spreizkeil-Innenbacken auf die Hinterachse.

der Fa. Michelin im Einsatz. Sehr wichtig ist die regelmäßige Kontrolle des Reifenluftdruckes von 6,5 bar vorn und 7,5 bar hinten.

Bei einem fast 90 t schweren Fahrzeug, das mit den genannten 22 km/h Geschwindigkeit auf kurvenreicher Strecke fährt, ist der Bremsanlage vorrangige Bedeutung einzuräumen. Auf Tabelle 4 ist die Beschreibung der Betriebs- und Feststellbremse dargestellt. Die 3 verschiedenen Betriebsbremsensysteme sind voneinander unabhängig. Die unter a) genannte pneumatischhydraulische Bremse wirkt bei Betätigung auf die Vorderräder als Dehnschlauch-Bremse. Sie ist von der Firma Goodrich hergestellt. Im 2. Kreis sind die Hinterräder über eine Rockwell-Spreizkeilbremse angeschlossen. Beide Bremsen sind Innentrommelbremsen, die naturgemäß bei den bewegten Massen einem beträchtlichen Verschleiß unterliegen würden, wenn alle Abbremsungen nur hierdurch ausgeführt würden. Hierin liegt die Ursache für den Einbau der unter b) genannten elektrischen Wirbelstrombremse der französischen Fa. Telma, die berührungslos und damit verschleißfrei am Lastschaltgetriebe eingreift. Mit dieser Bremse, die in 4 Stufen zugeschaltet werden kann, haben wir recht gute Erfahrungen gemacht. Unter c) ist die Lock-up-Schaltung des Wandlers aufgeführt. Durch diese Schaltung besteht die Möglichkeit, den Motor bei Drosselung der Kraftstoffzufuhr als Bremse zu benutzen.

Als 2. Bremse gilt die an jedem Fahrzeug behördlich vorgeschriebene Feststellbremse. Hier ist eine feder gespeicherte Bremse vorhanden, die über Bremsscheiben auf

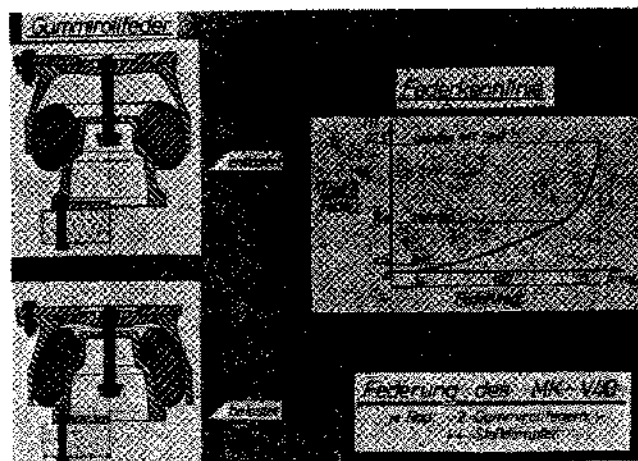
das Achsgetriebe der Vorderachse und auf die Betriebsbremse der Hinterachse wirkt.

Es kann festgestellt werden, daß eine elastische, allen Betriebsverhältnissen angepaßte Abbremsung des schweren Fahrzeuges gewährleistet ist. Hierbei ist als Besonderheit herauszustellen, daß die Bremskraft in Abhängigkeit von der Beladung verändert wird. Der Einsinkweg der Federung steuert die Bremskraft, so daß ein Blockieren des Fahrzeuges im Leerzustand ausgeschlossen wird.

Damit ist das Stichwort "Federung" gefallen. Mit der im Fig. 9 dargestellten Clouth-Rollfederung wird ein hervorragendes Fahrverhalten hinsichtlich Komfort für den Fahrer und Lage des Muldenkippers auf der Fahrbahn erreicht. Wie aus dem Diagramm der Federkennlinie hervorgeht, besitzt diese Feder eine starke Endprogression, die sonst nur bei einer komplizierten Öl-Luft-Feder erreichbar ist. Während ~30% des Federweges für das leere Fahrzeug zur Verfügung stehen, sind 70% für die Beladung vorgesehen, wobei die letzten ~20% des Federweges die maximale Belastung, volle Beladung mit Stoß von der Fahrbahn, auffangen. Die Federung ist bislang sehr betriebssicher und wartungsfreundlich, so daß sie als vorteilhaft bezeichnet werden kann.

Von einer weiteren technischen Beschreibung möchte ich absehen, da gegenüber normalen Großlader- oder Transportfahrzeugen keine Besonderheiten bestehen. Lediglich erwähnt werden soll noch, daß das Fahrzeug zur Sicherung gegen Brand im Motorraum mit einer HRD-Bordlöschanlage üblicher Bauart ausgestattet ist (Figur 10).

Von Nachteil für die Wartungs- und Reparaturarbeiten ist die Anordnung von Motor, Wandler und Getriebe. Diese ist jedoch konstruktiv bedingt. Durch spezielle Einzelmaßnahmen läßt sich die Wartungsmöglichkeit verbessern.

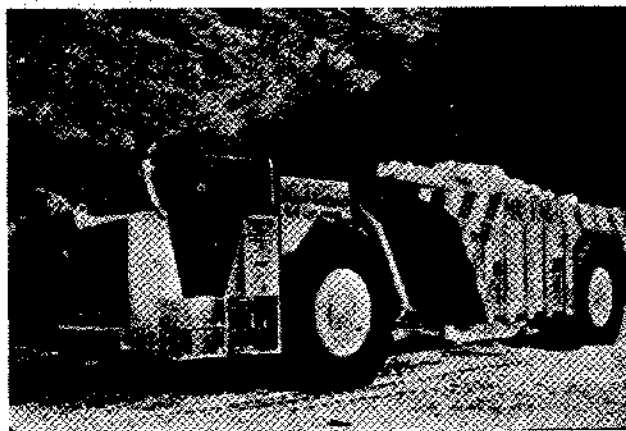


Figur 9. Federung des MKV 40. Je Rad: zwei Gummirollfedern und vier Stossdämpfer.

Als Beispiel hierfür sei angeführt, daß der Kühlluft einlauf für den Motor auf der der Mulde zugewandten Seite liegt. Durch angesaugten Staub ist der Reinigungsaufwand an den Motorkühlrippen beträchtlich. Eine nachträglich angebrachte Abdeckschürze aus Gummi hat an dieser Stelle eine wesentliche Vergesserung gebracht.

Um die Beurteilung des Grosstrucks hinsichtlich seiner Wirtschaftlichkeit zu ermöglichen, ist auf Tabelle 5 eine Kalkulation der Kosten dargestellt.

Die Werte basieren auf dem Jahresdurchschnitt 1977. Geht man von einer tatsächlichen Laufzeit der Maschine von 10 Betriebsstunden pro Tag aus, so beträgt die Zahl der



Figur 10. MKV 40 in der Strasse.

TABELLE 5

Kalkulation der Betriebskosten

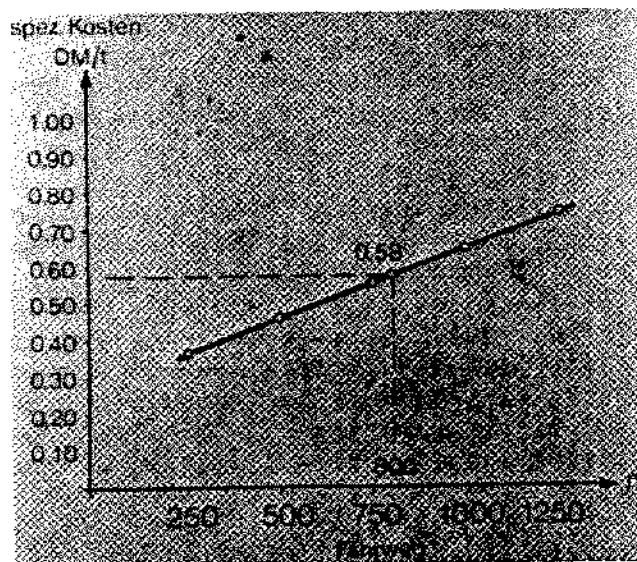
Kalkulation.		DM/h
Personalkosten Fahrer.		20,—
Treibstoff.		16,—
Hilfsstoffe; Öl; Fett usw.		5,—
Reifen.		6,—
Reparatur- Personal.	14,—	
Material.	30,—	44,—
Summe Betrieb:		91,—
AfA	40.000,— DM/a 2500 Bh/a	= 16,—
Zinsen	(8% v. HW/a)	= 6,—
Gesamtkosten:		113,—
Sonstiges:		
Laufzeit/Jahr:		2500 Bh/a.
Jahresförderung:		500 000 t.
Lebensdauer:		10 Jahre.

Jahres-Betriebsstunden 2.500. Je nach Fahrtentfernung von z.B. 500 bis 1.000 m liegt die reale Kapazität des Trucks bei 430.000–550.000 t/a.

Eine Lebensdauer von 10 Jahren in Ansatz gebracht, kann die Gesamtleistung mit rd. 5 Mio t veranschlagt werden.

Die Kostenkalkulation ist in der Dimension DM/h aufgemacht. Die Betriebskosten betragen 91,— DM/h. Zusätzlich der Kapitalkosten von 22,— DM/h errechnen sich die Gesamtkosten zu 113,— DM/h. Da dieser Betriebskostenwert weitgehend fahrwegunabhängig ist, kann die Kostenabhängigkeit vom Fahrweg in Diagrammform (Fig. 11) dargestellt werden. Wie daraus abzulesen ist, betragen die spezifischen Kosten für die Einsatzbedingungen auf dem Werk NR rd. 0,60 DM/t. Sie sind gegenüber denen der alternativ zu betrachtenden Fördersysteme vergleichsweise gering.

Zusammenfassend ist festzustellen, daß unter den geschilderten Verhältnissen, nämlich grobstückiges Haufwerk aus einer Vielzahl von weit auseinanderliegenden Betriebspunkten mit wechselnder Menge auf kurvenreichem Weg zu einer zentralen Zerkleinerungsanlage zu fördern, der MK-V 40-Großtruck eine wirtschaftliche Lösung ist. Eine hohe Leistung von 150–200 t/h über Fahrtentfernungen von 500 bis 1.000 m, verbunden mit großer Betriebssicherheit, können in nunmehr fast 3-jährigem Betrieb als Erfolg der



Figur 11. Abhängigkeit der spez. Kosten (DM/t) von der Fahrtentfernung (m).

Planung bestätigt werden. Wir sind davon überzeugt, im Vergleich zu den Alternativfördermitteln in dem Großtruck die wirtschaftlichste Maschine für die hier geschilderten Verhältnisse gewählt zu haben.