

## Die Messung der Kräfte der gegenseitigen Einwirkung in den Elementen eines Schachtfördergefäßes

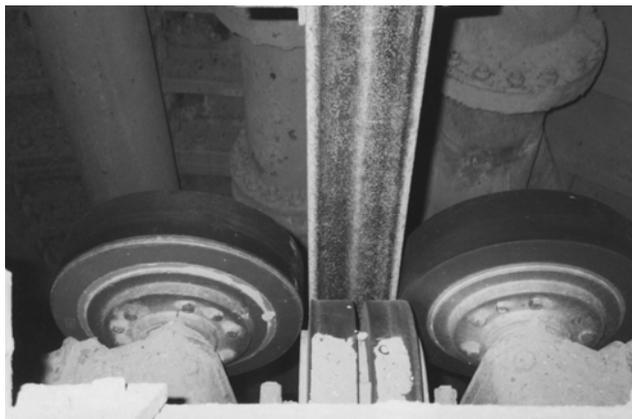
Wolny St.; Dzik St.; Siemieniec A.

*Der Artikel stellt die Ergebnisse der experimentellen Untersuchungen von Kräften der gegenseitigen Einwirkung des Gefäßes und des Einstrichs in einem der Schächte der polnischen Bergwerke dar. Da die Rollenführungen die Elemente der Förderanlage sind, mittels deren die Kräfte der gegenseitigen Einwirkung zwischen den Gefäß und dem Einstrich übertragen werden, können deren Verformungen zur Ermittlung der Kräfte genutzt werden.*

*The reaction forces between the mine shaft container and its guide can be determined by the deformation of the guiding wheels. A practical example from a Polish mine is given in this article.*

### 1 Einleitung

Die Rollenführungen bilden die Elemente der Förderanlage, mit Hilfe deren das Schachtfördergefäß längs der vertikalen Führungsstücke (**Bild 1**) geführt wird. Dies bedeutet, dass sie beim Übertragen der Kräfte der gegenseitigen Einwirkung des Gefäßes und des Einstrichs vermitteln. Deshalb kann die Verformung der elastischen Elemente der Rollenführung zur Bestimmung der Kräfte solch einer Einwirkung ausgenutzt werden.



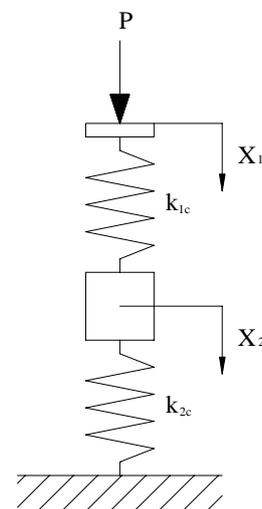
**Bild 1:** System von unteren Rollenführungen

### 2 Die Konzeption der Messung von Kräften der gegenseitigen Einwirkung im System Fördergefäß-Einstrich

Für die Ermittlung der Kräfte der gegenseitigen Einwirkung im System Fördergefäß-Einstrich hat

man die Idee der Messung der  $x_2$ -Verschiebung (Verschiebung des Rollengehäuses hinsichtlich des Gehäuses der Führung, die fest am Kopf (am unteren Rahmen) des Fördergefäßes (**Bild 2**) befestigt ist) /2/.

Die Abhängigkeit der das System aus Stirn- und Seitenführung belastenden Kraft als Funktion ihrer vollen  $x_1$ -Verschiebung und der bereits erwähnten  $x_2$ -Verschiebung hat man aufgrund der durchgeführten Laborprüfungen beschrieben. Das Ergebnis ist ausführlich in /1/ dargestellt.

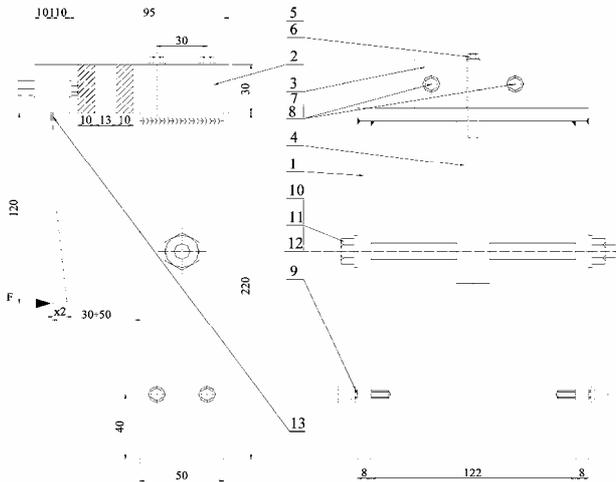


**Bild 2:** Mechanisches Schema der Führung

Die Messung der Verschiebung ( $x_2$  in Bild 2) wurde mittels induktiver Feinzeiger und Dehnungsmesser durchgeführt, die auf dem Messbalken eines besonders konstruierten Gerätes aufgeklebt wurden, dessen Prinzip in **Bild 3** dargestellt ist.

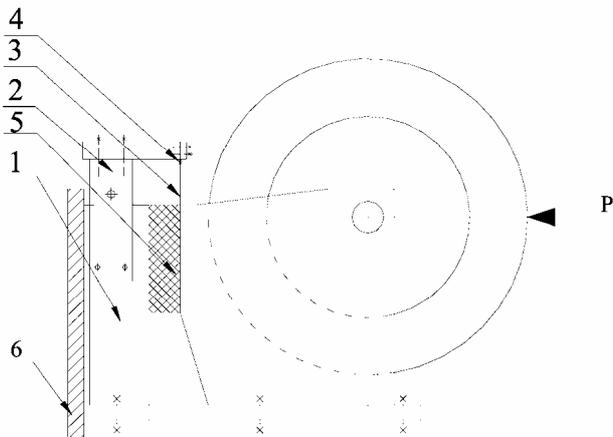
In **Bild 4** ist die Befestigung des Messgerätes an der Stirnrollenführungen beispielhaft dargestellt.

1. Gerätegehäuse
2. Schieberhalter
3. Halterbürste
4. Kragbalken
5. Schraube M 8x50
6. Unterlegscheibe 8,4
7. Schraube M 8x30
8. Unterlegscheibe 8,4
9. Schraube M 8x30
10. Schraube M 10x140
11. Schraubenmutter M 10
12. Unterlegscheibe 10,5
13. Resistanzfeinzeiger



**Bild 3:** Messgerät zur Ermittlung von  $x_2$ -Verschiebungen

1. Stirnrollenführung
2. Gehäuse des Messgerätes
3. elastischer kleiner Balken
4. Dehnungsmesser
5. Gummi
6. Gestell



**Bild 4:** Befestigung des Gerätes an der Stirnführung

### 3 Beschreibung der Durchführung von Messungen

Die Messungen wurden auf einer Förderanlage durchgeführt, die in einem der polnischen Bergwerke des KGHM „Polska Miedz“ S.A. arbeitet. Die Schachtförderung des Förderguts erfolgte von der Tiefe 1020 [m], mit einer Geschwindigkeit von 15 [m/sec], und das Schachtfördergefäß hatte die Tragkraft:  $Q = 17$  [mg]. Auf **Bild 5** ist die allgemeine Ansicht des Schachtfördergefäßes (die Stelle der Befestigung der Seitenführungen) dargestellt, auf dem die Messungen durchgeführt wurden.

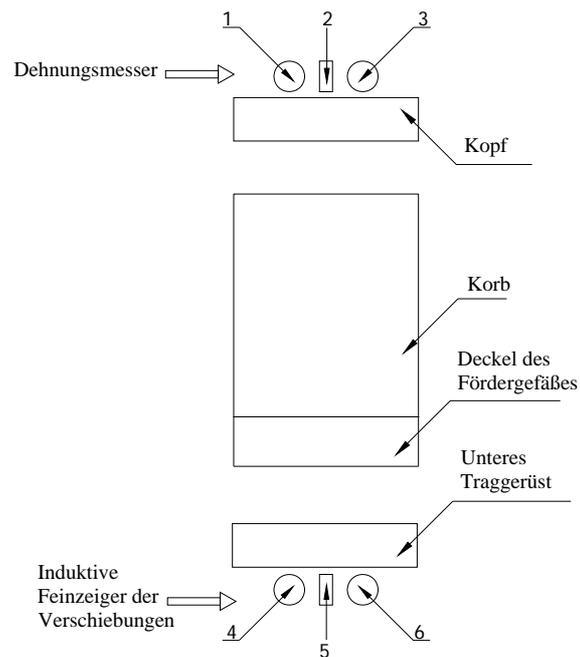


**Bild 5:** Ansicht des Kopfes des Schachtfördergefäßes mit Seitenführungen

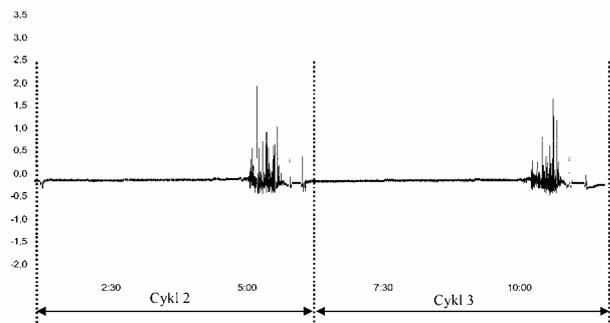
Das Messprogramm umfasste einen vollen Zyklus der Arbeit der Förderanlage:

- I. Einfahrt des leeren Gefäßes in die Abteilung der Beladung (Füllort)
- II. Beladung des Förderguts – 17 mg.
- III. Einfahrt des vollen Fördergefäßes auf die Hängebank
- IV. Ausladung auf der Hängebank

Die Messungen wurden innerhalb von drei vollen (nacheinander folgenden) Arbeitszyklen der Förderanlage durchgeführt. In **Bild 6** ist die Verteilung von Messfühlern und die Nummerierung der Führungen schematisch dargestellt, auf denen die Messungen durchgeführt wurden.



**Bild 6:** Verteilung und Nummerierung der Messpunkte



**Bild 7:** Verformung im System der Stirnführung – Nr. 5 – im zweiten und dritten Messzyklus

Die im vollen Zyklus der Arbeit der Förderanlage durchgeführten Messungen wurden dreimal wiederholt. Beispielsweise hat man in **Bild 7** die Veränderung der  $x_2$ -Verschiebung im System der Stirnführung im zweiten und dritten Messzyklus dargestellt, die am unteren Rahmen befestigt ist. Hingegen hat man in **Bild 8** die Veränderung der  $x_2$ -Verschiebung im System derselben Führung in folgenden Phasen der Arbeit der Förderanlage dargestellt:

F1 (erste Phase) – das Zumachen des Deckels des Schachtfördergefäßes,

F2 (zweite Phase) – Einfahrt des leeren Gefäßes ( $v = 15\text{m/s}$ ),

F3 (dritte Phase) – Beladung mit Fördergut,

F4 (vierte Phase) – Ausfahrt des vollen Gefäßes ( $v = 15\text{m/s}$ ),

F5 (fünfte Phase) – Aufmachen des Deckels des Schachtfördergefäßes,

F6 (sechste Phase) – Ausladung.

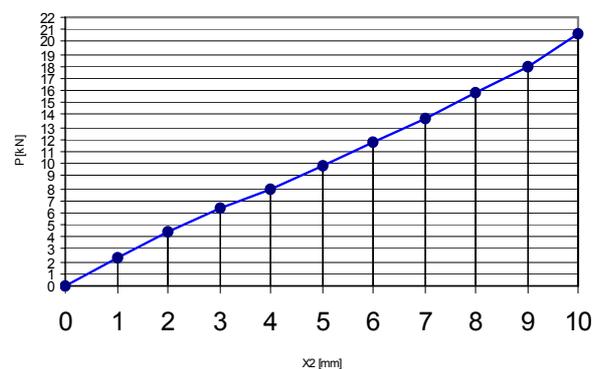


**Bild 8:** Veränderung der Verformung im System der Stirnführung – (Nr.5) – in einzelnen Phasen eines vollen Zyklus der Arbeit der Förderanlage

Auf Grund der auf experimentellem Wege ermittelten Verläufe der  $x_2$ -Verschiebungen für alle Phasen der Arbeit der Förderanlage stellte man in der **Tabelle 1** deren Höchstwerte zusammen. Die Bezeichnungen  $x_{12}$ ,  $x_{22}$ ,  $x_{32}$  betreffen die oberen

Führungen, und  $x_{42}$ ,  $x_{52}$ ,  $x_{62}$  betreffen die unteren Führungen, entsprechend der in Bild 6 dargestellten Beschreibung.

Die Ergebnisse der Prüfungen von Rollenführungen /1/ ausnutzend, ist in **Bild 9** die Abhängigkeit der das System der Stirnführung belastenden Kraft als Funktion der  $x_2$ -Verschiebung dargestellt. Dagegen sind in der **Tabelle 2** die den konkreten Werten der  $x_2$ -Verschiebungen entsprechenden Werte der Kräfte im System der Stirn- und Seitenführungen in den unteren Phasen der Arbeit der Förderanlage unter Berücksichtigung der Abhängigkeit der  $x_2$ -Verschiebungen von der die Führung belastenden Kraft /2/ zusammengestellt.



**Bild 9:** Die Abhängigkeit der  $x_2$ -Verschiebung von der Kraft für die Stirnrollenführungen

Zusätzlich sind in **Tabelle 3** die Mittelwerte der Kräfte der gegenseitigen Einwirkung des Fördergefäßes und des Einstrichs in verschiedenen Phasen der Arbeit der Förderanlage zusammengestellt, die drei volle Arbeitszyklen umfasst.

#### 4 Zusammenfassung

Die Analyse der ermittelten Ergebnisse (Tabellen von 1 bis 3) lässt feststellen, dass die Kräfte der gegenseitigen Einwirkung des Gefäßes und des Einstrichs relativ gering sind und ein Prozent der Tragkraft des Gefäßes nicht überschreiten. Hingegen betragen die Höchstwerte dieser Kräfte, die das Ergebnis der Schwingungen des Gefäßes infolge der „zufälligen“ Unebenheiten sind (die nicht innerhalb von den durch entsprechende Bergvorschriften festgelegten Grenzen liegen, „Peaks“ in den Grafiken), während deren sich die Führung vom Führungsstück ablöst, bis fünfzehn Prozent der Tragkraft der Förderanlage.

## 5 Literatur

/1/ Bella V., Wolny S., Dzik S.: Sposób pomiaru sił wzajemnego oddziaływania naczynia wydobywczego i zbrojenia szybowego. Międzynarodna Vedecka Konf. „Vyzbroj a Technika Pozemnych sil” Liptowski Mikuaś. 2005 S. 46-53

/2/ Wolny S. und andere: Opracowanie metody pomiaru rzeczywistych sił występujących w elementach zbrojenia szybowego w czasie ruchu naczyń wydobywczych. Praca naukowo-badawcza. Lehrstuhl für Materialfestigkeit und Konstruktion. AGH Kraków 2005 (nicht veröffentlicht)

Zyklus	Phase	Oberes System			Unteres System		
		Linke Seitenführung $X^1_2$ [mm]	Stirnführung $X^2_2$ [mm]	Rechte Seitenführung $X^3_2$ [mm]	Linke Seitenführung $X^4_2$ [mm]	Stirnführung $X^5_2$ [mm]	Rechte Seitenführung $X^6_2$ [mm]
I	Zumachen des Deckels	-	-	-	-	-	-
	Leere Einfahrt	1,3	1,0	1,2	1,5	0,4	0,1
	Beladung	1,1	0,8	1,7	0,7	0,1	0,05
	Volle Ausfahrt	2,7	6,5	5,8	1,3	4,6	0,45
	Aufmachen des Deckels	0,2	0,4	0,5	0,5	0,2	0,3
	Ausladung	0,1	0,3	0,2	0,1	0,1	0,3
II	Zumachen des Deckels	-	-	1,0	1,0	1,1	0,3
	Leere Einfahrt	0,5	1,1	4,5	1,7	0,4	0,4
	Beladung	0,6	0,4	0,6	0,3	0,2	0,4
	Volle Ausfahrt	3,6	6,2	7,1	1,8	3,8	0,5
	Aufmachen des Deckels	0,2	0,4	0,8	0,6	0,5	0,3
	Ausladung	0,1	0,2	0,2	0,1	0,2	0,3
III	Zumachen des Deckels	-	-	0,8	0,9	1,2	0,3
	Leere Einfahrt	0,5	0,5	4,5	1,6	0,3	0,3
	Beladung	0,7	0,2	0,3	0,3	0,3	0,3
	Volle Ausfahrt	3,5	6,2	6,5	1,6	3,1	0,5
	Aufmachen des Deckels	0,2	0,2	0,8	0,8	0,5	0,4
	Ausladung	0,1	0,2	0,6	0,2	0,4	0,2

**Tab. 1:** Höchstwerte der  $x_2$ -Verschiebungen in den analysierten Zyklen und Phasen der Arbeit der Förderanlage

Zyklus	Phase	Oberes System der Führungen			Unteres System der Führungen		
		Linke Seitenführung $P_{bl}$ [kN]	Stirnführung $P_c$ [kN]	Rechte Seitenführung $P_{br}$ [kN]	Linke Seitenführung $P_{bl}$ [kN]	Stirnführung $P_c$ [kN]	Rechte Seitenführung $P_{br}$ [kN]
I	Zumachen des Deckels	-	-	-	-	-	-
	Leere Einfahrt	1,7	2,4	1,6	2,0	0,8	0,2
	Beladung	1,4	2,0	2,2	1,0	0,2	0,1
	Volle Ausfahrt	3,4	12,8	9,2	1,7	9,0	0,6
	Aufmachen des Deckels	0,4	1,0	0,6	0,6	0,6	0,4
	Ausladung	0,2	0,8	0,4	0,2	0,2	0,4
II	Zumachen des Deckels	-	-	1,2	1,2	2,6	0,4
	Leere Einfahrt	0,6	2,6	6,0	2,2	1,0	0,5
	Beladung	0,8	1,0	0,8	0,4	0,4	0,5
	Volle Ausfahrt	4,8	12,0	14,0	2,3	7,6	0,6
	Aufmachen des Deckels	0,3	1,0	1,2	0,8	1,2	0,4
	Ausladung	0,1	0,4	0,3	0,1	0,4	0,4
III	Zumachen des Deckels	-	-	1,2	1,2	2,6	0,4
	Leere Einfahrt	0,6	1,2	6,0	2,0	0,6	0,4
	Beladung	0,9	0,4	0,4	0,4	0,6	0,4
	Volle Ausfahrt	4,6	11,8	11,8	2,0	6,6	0,6
	Aufmachen des Deckels	0,3	0,4	1,2	1,2	1,2	0,5
	Ausladung	0,1	0,4	0,8	0,3	1,0	0,3

**Tab. 2:** Höchstwerte der Kräfte, die das System der Führungen in den analysierten Zyklen und Phasen der Förderanlage belasten

Phase	Oberes System der Führungen			Unteres System der Führungen		
	Linke Seitenführung $P_{bl}$ [kN]	Stirnführung $P_c$ [kN]	Rechte Seitenführung $P_{br}$ [kN]	Linke Seitenführung $P_{bl}$ [kN]	Stirnführung $P_c$ [kN]	Rechte Seitenführung $P_{br}$ [kN]
Zumachen des Deckels	-	-	0,93	1,50	2,30	0,50
Leere Einfahrt	1,10	1,76	1,40	2,33	0,76	0,43
Beladung	1,16	0,96	5,06	0,70	0,43	0,40
Volle Ausfahrt	4,60	12,43	9,00	2,36	7,63	0,79
Aufmachen des Deckels	0,40	0,66	1,06	0,96	0,80	0,53
Ausladung	0,20	0,43	0,56	0,26	0,46	0,56

**Tab. 3:** Mittelwerte der Kräfte der gegenseitigen Einwirkung des Fördergefäßes und des Einstrichs

