

Schäden an der Kanalisation durch den Steinkohlenbergbau

Jorge Ivan
Duque Vengoechea

OPTIMUS

Bibliografische Information der Deutschen Bibliothek

Die Deutsche Bibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über <http://dnb.ddb.de> abrufbar.

Duque Vengoechea, Jorge Ivan:

Schäden an der Kanalisation durch den Steinkohlenbergbau

ISBN 978-3-941274-99-0

Als Masterarbeit an der FH Kaiserslautern angenommen.



Fachhochschule
Kaiserslautern

University of
Applied Sciences

Alle Rechte vorbehalten

1. Auflage 2013

© Optimus Verlag, Göttingen

URL: www.optimus-verlag.de

Coverfoto: © chalabala - Fotolia.com

Printed in Germany

Papier ist FSC zertifiziert (holzfrei, chlorfrei und säurefrei,
sowie alterungsbeständig nach ANSI 3948 und ISO 9706)

Das Werk, einschließlich aller seiner Teile, ist urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung außerhalb der engen Grenzen des Urheberrechtsgesetzes in Deutschland ist ohne Zustimmung des Verlages unzulässig und strafbar. Dies gilt insbesondere für Vervielfältigungen, Übersetzungen, Mikroverfilmungen und die Einspeicherung und Verarbeitung in elektronischen Systemen.

Vorwort

Die vorliegende Masterarbeit entstand im Rahmen meines Weiterbildungsstudiums „Instandhaltungsmanagement von Rohrleitungssystemen“ an der Fachhochschule Kaiserslautern.

Bei Herrn Prof. Dr.-Ing. Hajek bedanke ich mich für das entgegengebrachte Interesse an dieser Masterarbeit und für die Betreuung und Hilfestellung während der Bearbeitung.

Herrn Barske und Herrn Trockels von der RAG Aktiengesellschaft danke ich für die Überlassung der Senkungsberechnungen, die die Grundlage für die Bestätigung der theoretischen Grundlagen bildeten.

Weiter danke ich meinem Freund Uwe Stoffers für die kritische Durchsicht des Manuskriptes, die fachlich kompetente Unterstützung und die zahlreichen Anregungen und Hinweise.

Ich danke meinen Großeltern, die mich als Kind bedingungslos in ihrem Haus aufgenommen und als Jugendlichen mit Herz und Verstand erzogen haben. Meinem Onkel Heinz und meiner Tante Ligia danke ich dafür, mir in Deutschland die Möglichkeit gegeben zu haben, auf eigenen Beinen zu stehen.

Mein besonderer Dank gilt meiner Frau Angelika und meinen Kindern David Miquel und Luis Miquel für ihre Zeit und ihre Geduld während des Studiums.

Inhaltsverzeichnis

Abbildungsverzeichnis	III
Tabellenverzeichnis	V
Symbolverzeichnis	VII
1 Einleitung	1
1.1 Die Entstehung der Steinkohle	2
1.2 Die Steinkohlenreviere in Deutschland	4
1.3 Der Steinkohlenbergbau	6
2 Bodenbewegungen durch den Steinkohlenbergbau	9
2.1 Senkung	10
2.2 Schiefelage	11
2.3 Krümmung	13
2.4 Verschiebung	14
2.5 Längenänderung	14
3 Einfluss der Bodenbewegungen auf die Kanalisation	17
3.1 Einfluss der Senkung auf die Kanalisation	17
3.2 Einfluss der Schiefelage auf die Kanalisation	17
3.3 Einfluss der Krümmung auf die Kanalisation	18
3.4 Einfluss der Verschiebung und der Längenänderung auf die Kanalisation	20
3.4.1 Zerrungen quer zur Rohrachse	21
3.4.1.1 Statische Grundlagen	21
3.4.1.2 Statische Bewertung im Bergbaulastfall	23
3.4.2 Zerrungen längs zur Rohrachse	29

3.4.3	Pressungen quer zur Rohrachse	31
3.4.3.1	Statische Grundlagen	31
3.4.3.2	Statische Bewertung im Bergbaulastfall	31
3.4.4	Pressungen längs zur Rohrachse	37
3.5	Einfluss mehrerer Einwirkungen auf die Kanalisation	42
3.6	Übersicht bergbaulich bedingter Kanalschäden	44
4	Bergbaulich bedingte Schäden aus der Literatur	45
4.1	Bergschäden an Leitungen und Maßnahmen zu ihrer Beseitigung und Verhütung	46
4.2	Auswirkungen des untertägigen Bergbaus auf Wasserleitungen	48
5	Entstandene Kanalschäden im Bergsenkungsgebiet	51
5.1	Beschreibung des Untersuchungsgebiets	51
5.2	Bergbauliche Bodenbewegungen	51
5.3	Einfluss der bergbaulichen Bodenbewegungen auf die Kanalisation	54
5.3.1	Gefälleumkehr	55
5.3.2	Muffenabplatzung	56
5.3.3	Rissbildung	56
5.3.4	Verschobene Rohrverbindung	58
6	Schlussbetrachtung	61
	Verzeichnis der Anlagen	65
	Verzeichnis der Pläne	83
	Literaturverzeichnis	103

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Entstehung der Steinkohle.	3
Abbildung 2: Steinkohlenbergwerke in Deutschland.	4
Abbildung 3: Schnitt durch das Ruhrrevier.	5
Abbildung 4: Schnitt durch ein Steinkohlenbergwerk.	6
Abbildung 5: Bewegungs- und Verformungsgrößen im Schnitt.	10
Abbildung 6: Verlauf der Senkung im Senkungstrog.	11
Abbildung 7: Beispiel zur Berechnung der Schiefelage.	12
Abbildung 8: Verlauf der Schiefelage im Senkungstrog.	12
Abbildung 9: Verlauf der Krümmung im Senkungstrog.	13
Abbildung 10: Verlauf der Verschiebung im Senkungstrog.	14
Abbildung 11: Beispiel zur Berechnung der Längenänderung.	15
Abbildung 12: Verlauf der Längenänderung im Senkungstrog.	16
Abbildung 13: Biegespannungen im Gebirge infolge des Abbaues.	16
Abbildung 14: Durchbiegung der Kanalisation bei Muldenlage und Sattellage	18
Abbildung 15: Kanalbeanspruchung quer und längs zur Rohrachse	21
Abbildung 16: Umgelagerte Bodenspannungen.	22
Abbildung 17: Seitendruck.	23
Abbildung 18: Vergleich der vertikalen Bodenspannungen für Betonrohre bei Zerrungen quer zur Rohrachse.	26
Abbildung 19: Vergleich der vertikalen Bodenspannungen für PVC-U Rohre bei Zerrungen quer zur Rohrachse.	27
Abbildung 20: Sicherheitsvergleich für Betonrohre bei Zerrungen quer zur Rohrachse.	28
Abbildung 21: Sicherheitsvergleich für PVC-U Rohre bei Zerrungen quer zur Rohrachse.	28

Abbildung 22: Entwicklung des Erddruckverhältnisses K_p im Bergsenkungsgebiet.	32
Abbildung 23: Horizontale Bodenspannungen für Betonrohre bei Pressungen quer zur Rohrachse.	34
Abbildung 24: Horizontale Bodenspannungen für PVC-U Rohre bei Pressungen quer zur Rohrachse.	35
Abbildung 25: Sicherheitsvergleich für Betonrohre bei Pressungen quer zur Rohrachse.	36
Abbildung 26: Sicherheitsvergleich für PVC-U Rohre bei Pressungen quer zur Rohrachse.	37
Abbildung 27: Verlauf der Druckspannungen in der Kanalhaltung.	38
Abbildung 28: Vergleich der Druckspannungen für ein Betonrohr DN 300 bei Pressungen längs zur Rohrachse.	40
Abbildung 29: Vergleich der Druckspannungen für ein Betonrohr DN 1000 bei Pressungen längs zur Rohrachse.	41
Abbildung 30: Wechselnde Einwirkungen auf die Kanalisation.	43
Abbildung 31: Schiebestelle im Einsteigeschacht eines Abflusskanals	48
Abbildung 32: Auswirkung der Verschiebung senkrecht zur Rohrleitungsachse bei Belastung durch Erddruck.	50
Abbildung 33: Maximale Bodenbewegungen zwischen 1960 und Abbauende.	52
Abbildung 34: Maximale Bodenbewegungen zwischen 1980 und Abbauende.	53
Abbildung 35: Maximale Bodenbewegungen zwischen 1985 und 2009.	53
Abbildung 36: Festgestellte Kanalschäden im Bergsenkungsgebiet.	54
Abbildung 37: Muffenabplatzung durch Pressung längs zur Rohrachse.	56
Abbildung 38: Rissbildung durch Pressung längs zur Rohrachse.	57
Abbildung 39: Rissbildung durch Pressung quer zur Rohrachse.	57
Abbildung 40: Klaffender Riss durch nachträgliche Kanalverlegung.	58
Abbildung 41: Rissbildungen durch Pressungen und Zerrungen.	58
Abbildung 42: Verschobene Verbindung durch Zerrungen.	59
Abbildung 43: Verschobene Verbindung durch Verschiebung.	59
Abbildung 44: Klaffender Riss durch nachträgliche Kanalverlegung.	59

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Durchbiegung und Muffenabwinkelung in Abhängigkeit vom Krümmungsradius und von der Länge der Kanalisation.	19
Tabelle 2: Muffenverschiebung in Abhängigkeit von der Zerrung längs zur Rohrachse.	30
Tabelle 3: Muffenverschiebung in Abhängigkeit von der Pressung längs zur Rohrachse.	38
Tabelle 4: Übersicht bergbaulich bedingter Kanalschäden.	44
Tabelle 5: Übersicht bergbaulich bedingter Kanalschäden.	61

Symbolverzeichnis

α	Grenzwinkel, Muffenabwinkelung
β	Bruchwinkel
γ_B	Wichte des Bodens
δ	Einwirkungswinkel
δ_z	Krümmungsradius
Δl	Muffenverschiebung
Δs	Längenänderung
$+\Delta s$	Längung
$-\Delta s$	Kürzung
ε	Relative Längenänderung
$+\varepsilon$	Zerrung
$-\varepsilon$	Pressung
κ	Abminderungsfaktor für Erdlasten
κ_0	Abminderungsfaktor für Auflasten
λ_B	Konzentrationsfaktor des Bodens seitlich oberhalb des Rohres
λ_R	Konzentrationsfaktor über dem Rohr
γ_S	Vorhandener Sicherheitsbeiwert
σ_p	Druckspannung
μ	Innerer Reibungsbeiwert des Bodens
A	Kontaktfläche in der Muffe
$C_{h,qv}$	Verformungsbeiwert für die horizontale Verformung Δd_h infolge q_v
$C_{h,qh}$	Verformungsbeiwert für die horizontale Verformung Δd_h infolge q_h
C_{h,qh^*}	Verformungsbeiwert für die horizontale Verformung Δd_h infolge q_{h^*}

d_a	Rohraußendurchmesser
D	Schachtdurchmesser
erf. γ_s	Erforderlicher Sicherheitsbeiwert biegesteifer Rohre
erf. γ_{bz}	Erforderlicher Sicherheitsbeiwert biegeweicher Rohre
E_1	Verformungsmodul für die Überschüttung über dem Rohr
E_3	Verformungsmodul des anstehenden Bodens neben dem Graben
f	Durchbiegung der Kanalisation
F_{nr}	Reibungskraft
F_E	Erddruckkraft
F_n	Normalkraft aus der vertikalen und horizontalen Bodenspannung
h	Überdeckungshöhe
h_a	Abbauteufe
K_p	Erdwiderstand
KS	Schachttiefe
K_2	Erddruckverhältnis in der Bodenzone 2
l	Länge der Kanalisation
L	Rohrlänge
m	Gebaute Mächtigkeit
p_E	Bodenspannung infolge Erdlasten und Auflasten
p_V	Bodenspannung infolge Verkehrslasten
p_0	Flächenlast
q_v	Vertikale Bodenspannung am Rohr
q_h	Horizontale Bodenspannung am Rohr
V_{RB}	Rohrsteifigkeit
v_{xy}	Verschiebung
v_z	Senkung
v'_z	Schiefelage
v''_z	Krümmung