

# **Bauen im Bergbaubereich**

# Bauen im Bergbaugebiet

Bauliche Maßnahmen  
zur Verhütung von Bergschäden

Von

**Dr.-Ing. habil. Otto Luetkens**

Honorarprofessor an der Technischen Universität  
Berlin-Charlottenburg

Mit 176 Abbildungen



**Springer-Verlag**  
Berlin/Göttingen/Heidelberg  
1957

ISBN-13: 978-3-642-92705-8

e-ISBN-13: 978-3-642-92704-1

DOI: 10.1007/978-3-642-92704-1

Alle Rechte, insbesondere das der Übersetzung in fremde Sprachen, vorbehalten

Ohne ausdrückliche Genehmigung des Verlages ist es auch nicht gestattet,  
dieses Buch oder Teile daraus auf photomechanischem Wege  
(Photokopie, Mikrokopie) zu vervielfältigen

© by Springer-Verlag OHG., Berlin/Göttingen/Heidelberg 1957  
Softcover reprint of the hardcover 1st edition 1957

## Vorwort

Die Auswirkungen des untertägigen Bergbaues auf die Bauwerke über Tage berühren nur den kleinen Kreis der Bauschaffenden, der sich mit der Planung der Neubauten innerhalb der Bergbaugebiete befaßt. Im Vergleich zu der Gesamtfläche des Bundesgebietes handelt es sich um verhältnismäßig eng begrenzte Gebiete. Diese sind aber sehr dicht bevölkert, weil große Teile der Eisen schaffenden und verarbeitenden Industrie zur Verringerung der Transportkosten ihren Standort in unmittelbarer Nähe der Steinkohlenzechen bezogen haben. Alle Schäden, die an der Erdoberfläche durch den Bergbau verursacht werden, müssen nach dem Allgem. Preuß. Berggesetz von 1865 vom Bergwerksbesitzer ersetzt werden. Folglich liegt auch die Entscheidung, ob und wie man die Bauwerke vor Bergschäden schützen soll, ausschließlich beim Bergbau.

Die Belastung des Kohlenpreises durch Bergschäden betrug in den letzten Jahren etwa 1,30 DM je Tonne, das ergibt innerhalb des Bundesgebietes einen Jahresbetrag von 170 Millionen. Diese Ziffer mag für die Volkswirtschaft verhältnismäßig unbedeutend erscheinen, wengleich die Kohle eine Schlüsselstellung für das gesamte Preisgefüge innehat. In letzter Zeit verschlechtert sich aber die Lage. Das Ausmaß der Kosten für die Bergschäden hängt hauptsächlich vom Wert und von der Schadensempfindlichkeit aller Bauwerke und Anlagen ab, die sich im Einwirkungsbereich des Abbaues befinden. Insgesamt betrachtet sind es weniger die Hochbauten als die öffentlichen Verkehrswege, die Bahnanlagen und besonders die Wasserstraßen, welche den Hauptanteil der Schadensbeträge in Anspruch nehmen. Hieran hat sich zwar grundsätzlich nichts geändert, aber infolge der Fortschritte in der Technik, die man unter dem Begriff „Automation“ zusammenfaßt, wächst die Höhe der Investitionen in der Industrie ständig, und gleichzeitig werden die maschinellen und elektrischen Ausrüstungen immer empfindlicher gegen die Bewegungen ihrer Fundamente, die zwangsläufig von jeder Änderung des Gleichgewichtszustandes im Baugrund ausgelöst werden. Je weiter die automatische Steuerung der einzelnen Arbeitsvorgänge einer industriellen Anlage fortschreitet, um so mehr steigt auch die Anfälligkeit eines Betriebes. Der Ausfall einer einzigen Maschine kann eine ganze Anlage stilllegen. Damit wächst das Risiko der Bergschäden erheblich. Es ist nicht ausgeschlossen, daß ich diese Gefahr zu hoch bewerte, weil ich hauptsächlich in diesem Fachgebiet tätig bin, und weil mir jede Bergschädenberatung ein reichliches Maß an Verantwortung aufbürdet. Es ist aber wohl nicht abzustreiten, daß zum Beispiel eine Betriebsunterbrechung in einem großen Stahlwerk — d. h. also an einem einzigen Objekt im Bereich eines Grubenfeldes — einen Ausfall von mehreren hundert Millionen verursachen *kann*. Dann geht es nicht mehr um den Schaden an einer Maschine oder an einem Bauwerk, sondern um die mittelbaren Folgen der Betriebsunterbrechung. Die Lieferverpflichtungen, der Kapitaleinsatz und die gesamten sonstigen Unkosten laufen weiter, und der Endbetrag der Rechnung, welche zu Lasten des Bergbaues geht, ist im voraus kaum zu übersehen. Sollte einmal ein derartiger Fall eintreten, so würde wahrscheinlich das Bergschädenproblem mehr in das Blickfeld der Öffentlichkeit gerückt, als es wünschenswert ist.

Die Bergschädenfrage ist somit hauptsächlich ein *wirtschaftliches* Problem, das die technische Leitung der Gruben vor schwierige Entscheidungen in der Abbauplanung stellt, zumal da sich die Bergschäden nicht auf die Anlagen über Tage beschränken. Auch die Folgen der Formänderung des Gebirges auf den technischen Abbauvorgang unter Tage

zählen zu den Bergschäden. Die vorliegende Arbeit behandelt aber ausschließlich die Fragen, die sich auf die übertägigen Bauwerke beziehen. Für den Bergbau stellen die zu erwartenden Schäden über Tage einen recht unsicheren Posten in der Kalkulation der Gesteungskosten dar. Nur in Ausnahmefällen steht von vornherein fest, daß ein Bauwerk in vollem Umfange gegen jede theoretisch mögliche Bodenverformung gesichert werden muß. Die hierfür erforderlichen Maßnahmen sind so kostspielig, daß dieser Ausweg nur in wirklich unbedingt notwendigen Fällen beschritten werden kann. Die Kosten einer totalen Bergschädensicherung sind aber ganz genau zu errechnen. Im allgemeinen steht der Bergbau vor dem schwierigen Problem, den Nutzeffekt vorsorglicher Maßnahmen zur *teilweisen* Sicherung der Anlagen und Bauwerke über Tage vorher abwägen zu müssen. Grundsätzlich bestehen drei Möglichkeiten:

Es soll zunächst von *besonders* ungünstigen Verhältnissen ausgegangen werden. Diese liegen dann vor, wenn örtlich starke Unregelmäßigkeiten in der Senkkurve infolge geologischer Störungen oder ungünstiger Abbauführung erwartet werden müssen, oder wenn das fragliche Bauobjekt sehr kostspielig und schadensempfindlich ist. Bei dieser Sachlage kann eine Grubenverwaltung versuchen, die Bebauung des betreffenden Baugeländes abzuwenden und durch Standortverlegung des geplanten Neubaus das Bergschadensrisiko zu verringern. Auf die juristische Seite dieses Vorgehens soll hier nicht näher eingegangen werden. Die Grubenverwaltung hat unter gewissen Voraussetzungen sowohl die Möglichkeit, bei den zuständigen Behörden gegen eine unerwünschte Bebauung Einspruch zu erheben, als auch eine sogenannte Bergschädenverwarnung auszusprechen. Dafür muß dann der dem Grundstückseigentümer entstandene Minderwert, d. h. die Kostendifferenz für die Verlegung der Bebauung in ein anderes Gelände und der Ausgleich für etwaige mit der Standortveränderung verknüpfte nachteilige Folgen, von der Grube getragen werden. Eine derartige Regelung kann für beide Teile günstig sein und ist vom volkswirtschaftlichen Standpunkt aus in Einzelfällen sogar begrüßenswert. Die Kohlenförderung darf ja nicht als einer der üblichen privaten Erwerbszweige gewertet werden, weil die für die Wirtschaft benötigte Gesamtmenge an Kohle höheren Ortes bestimmt wird. Wenn die Standortfrage eines Neubaus nicht von entscheidender Bedeutung ist, so ist kaum einzusehen, weshalb man ein Bauwerk an einer besonders gefährdeten Stelle errichten und damit dem Bergbau unnötige Lasten und dem Eigentümer unangenehme Störungen aufbürden soll. Es dürfte aber verständlich sein, daß der Bergbau von den obenerwähnten Möglichkeiten nur in seltenen Fällen Gebrauch macht.

Die zweite Möglichkeit besteht darin, daß die Grubenverwaltung keinerlei Einfluß auf die bauliche Planung ausübt und die späteren Schäden, wie sie anfallen, beseitigt. Dieses Verfahren ist aber nur dann wirtschaftlich zu verantworten, wenn ausgesprochen günstige Voraussetzungen vorliegen, d. h. wenn nur geringe Verformungen an der Erdoberfläche zu erwarten sind, und wenn die Planung in ihrer baulichen Gestaltung den Erfahrungen im Bergbaugebiet angepaßt ist.

Meistens sind die Voraussetzungen weder so ungünstig anzusetzen, daß eine Bergschädenverwarnung ausgesprochen werden kann, noch sind sie so günstig zu beurteilen, daß man die bergbaulichen Einwirkungen völlig unberücksichtigt lassen kann. Dann hat eine Grubenverwaltung eine dritte Möglichkeit, die später zu erwartenden Schäden und damit auch die Kosten ihrer Beseitigung dadurch zu verringern, daß sie vom Bauherrn abweichende und zusätzliche konstruktive Maßnahmen verlangt, die man als „Bergschädensicherung“ zu bezeichnen pflegt. Wirtschaftlich betrachtet ist eine Bergschädensicherung, die von der Grube bezahlt wird, gleichsam eine Teilkaskoversicherung mit einmaliger Prämienzahlung. Die Wirtschaftlichkeit dieser Versicherung ist aber sehr schwierig nachzuweisen. Wenn die getroffenen technischen Maßnahmen ihren Zweck erfüllen und das betreffende Bauwerk vor beachtlichen Beschädigungen schützen, so bemerkt man im allgemeinen gar nicht, wenn ein Schadensereignis eingetreten ist. Man kennt im voraus weder das Ausmaß der späteren Bodenverformung innerhalb der verhältnismäßig kleinen Grundfläche eines einzelnen Bauwerkes noch die Höhe des Geldbetrages, der für

die Beseitigung der baulichen und betrieblichen Schäden später einmal aufzuwenden sein wird.

Die *technische* Klärung der Frage, wie sich ein Bauwerk verhält, dessen Auflagerbedingungen sich im Laufe der Zeit mehrmals ändern, fällt aus dem üblichen Rahmen der Aufgaben des Bauingenieurs heraus. Schon die Ausgangsbasis für die konstruktive Planung ist ungewöhnlich. Der Planende unterliegt sonst immer dem Zwang, die bestehenden Normen und amtlichen Vorschriften einhalten zu müssen. Mit der Einhaltung der Normen werden auch die Formänderungen, die üblicherweise im Bauwerk auftreten können, berücksichtigt, so daß sich der Standfestigkeitsnachweis im wesentlichen auf die Ermittlung des Kräfteflusses und auf den Nachweis der Kraftaufnahme in den einzelnen Gliedern des Tragwerkes beschränkt. Bei der Berücksichtigung der bergbaulichen Einwirkungen gibt es aber, abgesehen von unverbindlichen Richtlinien, weder allgemeingültige Belastungsangaben noch Abgrenzungen der Materialbeanspruchungen. Außerdem gelten völlig andere Voraussetzungen für die konstruktive Gestaltung der Bauwerke, wenn die Belastung eines Tragwerkes aus einer beschränkten Formänderung des Baugrundes und nicht aus den üblichen Eigen-, Nutz- und Windlasten besteht. Hinzu kommt der Umstand, daß der Bauingenieur auf die Zusammenarbeit mit anderen Fachrichtungen angewiesen ist. Beim Ansatz der Belastung, die aus einer Veränderung der Auflagerbedingungen eines Tragwerkes besteht, bedarf es der Angaben des Markscheiders, die zunächst in die Fachsprache des Bauingenieurs übertragen und dann ausgewertet werden müssen. Im Industriebau ist es notwendig, die Formänderungen des Bauwerkes in ihren Folgerungen bis in die Betriebseinrichtungen weiter zu verfolgen. Hierzu ist eine Kostengegenüberstellung unerlässlich, ob es wirtschaftlicher ist, die Folgen der Baugrundverformung ausschließlich durch die Konstruktion oder auch zum Teil durch Anpassung der maschinellen Einrichtung zu berücksichtigen.

Die Verknüpfung verwickelter technischer und wirtschaftlicher Überlegungen fordert die Frage heraus, ob es sich lohnt, für ein so eng begrenztes Fachgebiet eine eigene Grundlagenforschung zu betreiben, denn es geht nicht um geringfügige Abweichungen der Bauweise, sondern um eine grundsätzliche Neuentwicklung. Es bedarf wohl keines Beweises dafür, daß es wirtschaftlicher ist, für andersgeartete Ansprüche von vornherein eine geeignete Bauart zugrunde zu legen, als nachträglich Umänderungen vorzunehmen und dabei von einem Kompromiß in den nächsten zu geraten. Nach dieser Überlegung müßte sich eine Klärung der grundsätzlichen Zusammenhänge bezahlt machen. Dagegen spricht der Umstand, daß das Thema reichlich undankbar ist, weil die Voraussetzungen in mancher Hinsicht recht unsicher sind, und weil jeder Einzelfall anders gelagert ist. Aber in besonderen Fällen, so zum Beispiel bei den Neuplanungen großer Werke, die im Bergbauggebiet errichtet werden sollen, handelt es sich nicht mehr um eine freie Entscheidung, ob man die bergbaulichen Einwirkungen berücksichtigen will, sondern um eine Notwendigkeit, die Planung den besonderen Bedingungen anzupassen. Hiergegen läßt sich zwar einwenden, daß man in früherer Zeit auch ohne eine grundsätzliche Klärung der Vorgänge im Bergschadensfall ausgekommen ist. Aber in allen Fällen, in denen ein Schadensrisiko von vielen Millionen eingegangen werden muß, benötigt man eine genauere Kenntnis der technischen Maßnahmen, mit deren Hilfe das Risiko auszuschalten oder auf ein tragbares Maß abzumindern ist.

Die ersten Ansätze, um die Ergebnisse der markscheiderischen Bergschadenkunde für die Bauwerke über Tage auszuwerten, liegen etwa dreißig Jahre zurück. Den Stand der Entwicklung im Jahre 1941 beschreibt eine frühere Arbeit von mir, die im gleichen Verlag unter dem Titel „Bergschädensicherung“ erschien. Hierin habe ich bereits einige Überlegungen niedergelegt, die zu allgemeinen Regeln einer Teilsicherung führten. Inzwischen ist die Lösung des Bergschadensproblems noch nicht abgeschlossen. Der Wunsch, meinen Hörern das lästige Mitschreiben zu ersparen und gleichzeitig der Praxis einen Überblick über den derzeitigen Stand der Entwicklung zu vermitteln, gab mir den Anstoß zu der nunmehr vorliegenden neuen Bearbeitung des gleichen Themas. Da die bautechnischen

Schwierigkeiten weniger in der konstruktiven und statischen Bearbeitung der baulichen Einzelheiten als in der Grundkonzeption der Bauplanung liegen, habe ich den Titel „Bauen im Bergbaugebiet“ gewählt. Die vorliegende Arbeit bezweckt eine zusammenhängende Darstellung der Gesetzmäßigkeit, welche die durch den Abbau bedingte Bodenverformung und die hieraus folgende Formänderung im Bauwerk verbindet, und deren Nutzenanwendung auf eine zweckmäßige Bauweise in den Bergbaugebieten. Die Darstellung wendet sich an alle, die sich mit Bergschäden und deren Verhütung befassen. Es wird damit der Versuch einer Koordinierung aller beteiligten Fachrichtungen gemacht, an der es bisher fehlte.

Fertige Anweisungen zur Bergschädensicherung einzelner Bauwerkstypen habe ich bewußt vermieden, weil damit großes Unheil angerichtet werden kann, wenn die Voraussetzungen nicht richtig erkannt werden. Ich möchte nur die grundsätzlichen Gedankengänge der Bergschadenkunde herauschälen und damit der Nutzenanwendung im Baufach einen freien Spielraum in der Entwicklung neuer Konstruktionen lassen.

Dem Springer-Verlag spreche ich für das meiner Arbeit entgegengebrachte Interesse sowie für die sorgfältige Drucklegung und die gute Ausstattung meinen verbindlichen Dank aus.

Dortmund, im Januar 1957

**Otto Luetkens**

# Inhaltsverzeichnis

	Seite
<b>1.0 Die Formänderung der Erdoberfläche</b> . . . . .	<b>1</b>
1.1 Voraussetzungen hinsichtlich der Teufe und Mächtigkeit der Flöze . . . . .	1
1.2 Die Grundform eines stetigen Senkungsverlaufes an der Tagesoberfläche . . . . .	2
1.3 Unstetiger Verlauf der Senkungskurven . . . . .	7
1.31 Im Dehnungsbereich des sattelförmigen Muldenrandes . . . . .	7
1.32 Im mittleren Verkürzungsbereich der Senkungsmulde . . . . .	11
1.4 Die Überlagerung von Krümmung und Längenänderung . . . . .	12
1.41 Die Auswirkung des Abbaues eines einzelnen Feldes . . . . .	13
1.42 Die Auswirkung des Abbaues mehrerer Flöze . . . . .	13
1.5 Die Auswertung der markscheiderischen Vorausberechnung für die Planung von Bauwerken	15
1.51 Die Betrachtung der Gesamtverformung der Senkungsmulde . . . . .	15
1.52 Die Betrachtung der Grundfläche eines Einzelbauwerkes . . . . .	16
1.53 Zusammenfassung der Erschwernisse einer Vorausberechnung . . . . .	23
1.531 Aufschluß über die Abbauplanung und deren spätere Einhaltung . . . . .	23
1.532 Zeitliche Reihenfolge des Abbauvorganges . . . . .	23
1.533 Hebung und Senkung der Geländeoberkante durch Veränderung des Grundwasser- spiegels . . . . .	23
1.534 Unregelmäßigkeit der Festigkeitseigenschaften des Bodens . . . . .	24
1.54 Nutzenanwendung für die bauliche Planung . . . . .	25
1.6 Erklärung der unterschiedlichen Formen des Senkungsverlaufes in der Betrachtungsweise des Bauingenieurs . . . . .	27
1.61 Unterscheidung der Bodenarten . . . . .	27
1.62 Einfluß der Bodenstruktur auf die geometrische Form der Senkungskurve . . . . .	29
1.63 Einfluß der Bodenstruktur auf den zeitlichen Ablauf der Bodenverformung . . . . .	32
<b>2.0 Die Auswirkung der Formänderung des Baugrundes auf die Gestaltung des Einzelbauwerkes</b>	<b>33</b>
2.1 Die Unterscheidungsmerkmale eines Baukörpers hinsichtlich seiner Reaktion auf die Bewegung des Baugrundes . . . . .	33
2.11 Die Voll- und Teilsicherung . . . . .	33
2.12 Das Widerstands- und Ausweichprinzip . . . . .	35
2.2 Die Kräfte in den Berührungsflächen des Baugrundes und eines steifen Baukörpers . . . . .	36
2.21 Die waagerechte Längenänderung des Baugrundes . . . . .	37
2.22 Die lotrechte Krümmung der Baugrundsohle . . . . .	40
2.3 Die Abhängigkeit der Lastübertragung aus dem Baugrund von dem Widerstand des Baukörpers	42
2.31 Lenkung des Kräfteverlaufes im Bauwerk . . . . .	43
2.32 Die wechselweise Beeinflussung von Bauwerk und Baugrund . . . . .	45
2.321 Der erste Lastfall der Krümmung . . . . .	45
2.322 Der zweite Lastfall der Längenänderung . . . . .	47
2.4 Die Grundformen der Vollsicherung . . . . .	48
2.41 Berücksichtigung der Krümmung <i>und</i> Längenänderung nach dem Widerstandsprinzip . . . . .	49
2.42 Berücksichtigung der Krümmung <i>und</i> Längenänderung nach dem Ausweichprinzip . . . . .	51
2.43 Berücksichtigung der Krümmung nach dem Widerstandsprinzip, der Längenänderung nach dem Ausweichprinzip . . . . .	52
2.44 Berücksichtigung der Krümmung nach dem Ausweichprinzip und der Längenänderung nach dem Widerstandsprinzip . . . . .	53
2.5 Die Möglichkeiten einer Teilsicherung . . . . .	54
2.51 Voraussetzungen der Anwendbarkeit . . . . .	54
2.52 Gemeinsames Kennzeichen jeder Art der Teilsicherung . . . . .	56
2.53 Die Berücksichtigung der Längenänderung . . . . .	58
2.531 Die Abstandshaltung der Fundamente in beiden Achsrichtungen . . . . .	58
2.532 Die Abstandshaltung der Fundamente in nur einer Achsrichtung . . . . .	61
2.533 Die freie Verschiebbarkeit der Fundamente ohne Abstandshaltung . . . . .	62



	Seite
2.54 Die Berücksichtigung der Krümmung . . . . .	63
2.541 Die mathematischen Beziehungen der kreisförmigen Senkungskurve . . . . .	66
2.542 Der Riß- und Kräfteverlauf in der Mauerwerkswand . . . . .	69
2.543 Die Ausbildung der Wände . . . . .	70
<b>3.0 Die gegenseitige Beeinflussung aneinanderstoßender Einzelbauwerke . . . . .</b>	<b>72</b>
3.1 Auswirkung der Längenänderung des Baugrundes . . . . .	77
3.11 Berücksichtigung nach dem Widerstandsprinzip . . . . .	77
3.12 Berücksichtigung nach dem Ausweichprinzip . . . . .	81
3.2 Die Auswirkung der Krümmung des Baugrundes . . . . .	84
<b>4.0 Beispiele für die Formgebung und konstruktive Gestaltung der Bauwerke . . . . .</b>	<b>88</b>
4.1 Bebauungsplan . . . . .	88
4.11 Berücksichtigung der geologischen und abbautechnischen Voraussetzungen . . . . .	88
4.12 Die räumliche Form der Einzelbauwerke, die Wahl des Verhältnisses ihrer Länge, Breite und Höhe . . . . .	91
4.13 Die Grund- und Aufrißgestaltung . . . . .	93
4.2 Die konstruktive Ausbildung der Einzelbauwerke . . . . .	97
4.21 Der städtische Hochbau . . . . .	97
4.211 Gründung . . . . .	98
4.212 Die Aussteifung in waagerechter Richtung . . . . .	99
4.213 Die Aussteifung in lotrechter Richtung . . . . .	102
4.214 Die Ausbildung der Trennfugen . . . . .	107
4.215 Installation . . . . .	108
4.216 Besondere Maßnahmen zur Vollsicherung einzelner Einrichtungen . . . . .	109
4.22 Der Industriebau . . . . .	110
4.221 Hallen . . . . .	111
4.222 Geschoßbauten . . . . .	122
4.23 Der Ingenieurbau . . . . .	125
4.231 Gas- und Flüssigkeitsbehälter . . . . .	126
4.232 Türme und Gerüste . . . . .	134
4.233 Maschinenfundamente . . . . .	138
4.234 Brücken . . . . .	142
4.3 Das Gefüge eines Gesamtbauwerkes, das aus mehreren Abschnitten besteht . . . . .	142
4.31 Im Hoch- und Industriebau . . . . .	142
4.32 Im Ingenieurbau . . . . .	145
<b>5.0 Richtlinien für die Ausführung von Bauten im Einflußbereich des untertägigen Bergbaus 148</b>	
5.1 Bergbau und Baugrund . . . . .	148
5.2 Lastannahmen . . . . .	149
5.21 Allgemeines . . . . .	149
5.22 Kräfte aus der Schiefstellung des Bauwerks . . . . .	150
5.23 Biegekräfte . . . . .	150
5.24 Waagerechte Zerrungs- und Pressungskräfte . . . . .	150
5.25 Richtung und Grenzwerte der Kräfte . . . . .	151
5.3 Grad der Bergschädensicherung . . . . .	151
5.31 Allgemeines . . . . .	151
5.32 Sicherungsstufe 1 . . . . .	152
5.33 Sicherungsstufe 2 . . . . .	152
5.34 Sicherungsstufe 3 . . . . .	152
5.4 Allgemeine Gesichtspunkte für die Anordnung und Ausbildung der Bauwerke . . . . .	152
5.41 Planung und Anordnung der Bauwerke . . . . .	152
5.42 Gründung . . . . .	153
5.43 Bauart und Baustoffe . . . . .	154
5.44 Ausgleich der Bewegungen des Baugrundes beim Bauwerk . . . . .	154
5.45 Bauliche Ausbildung . . . . .	156
5.5 Besondere Richtlinien für Bauten der Sicherungsstufe 1 . . . . .	157
5.51 Mauerwerksbauten . . . . .	157
5.52 Gerippebauten und durchlaufende Träger . . . . .	158
5.53 Steife Scheiben . . . . .	158
5.54 Rahmen . . . . .	159
5.55 Hallen- und ähnliche Ingenieurbauten . . . . .	159
5.56 Rinnen und Rohre . . . . .	159
5.57 Innere Einrichtung . . . . .	159
5.58 Bauten im Grundwasser . . . . .	160
5.59 Brücken . . . . .	160

	Seite
5.6 Besondere Richtlinien für Bauten der Sicherungsstufe 2 . . . . .	160
5.61 Allgemeines . . . . .	160
5.62 Mauerwerks- und Gerippebauten . . . . .	161
5.63 Rahmentragwerke . . . . .	161
5.64 Fugen . . . . .	161
5.65 Krümmung des Baugrundes . . . . .	161
5.66 Berücksichtigung der Zerrung und Pressung des Baugrundes . . . . .	161
5.67 Nachstellbarkeit der Bauwerke . . . . .	161
5.7 Besondere Richtlinien für Bauten der Sicherungsstufe 3 . . . . .	162
5.71 Arten der Vollsicherung . . . . .	162
5.72 Beanspruchung des Baugrundes und statischer Nachweis . . . . .	162
5.8 Zulässige Beanspruchung der Baustoffe . . . . .	163
5.81 Allgemeines . . . . .	163
5.82 Zulässige Spannungen bei Berücksichtigung der Einwirkung des Bergbaues . . . . .	163