



## DECKBLATT

	Projekt	PSP-Element	Obj. Kenn.	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.
	EU 126	N A A N	N N N N N N N N N N	N N N N N N	K A A X X	A A	N N N N
	9K		-	H	RB	0029	00

**Titel der Unterlage:**  
 Untersuchungen zur Frage der Konvergenzen untertägiger Hohlräume  
 in der Schachtanlage Konrad, Archiv-Nr.: 100607

**Seite:**  
 I.  
**Stand:**  
 März 1987


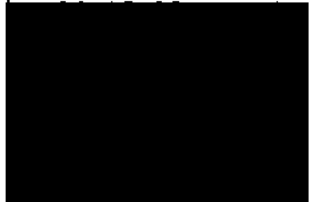
**Ersteller:**  
 BGR

**Textnummer:**

**Stempelfeld:**

PSP-Element TP.....: 9K/2122414

zu Plan-Kapitel: 3.1.9.7

	PL	PL
		
	Freigabe für Behörden	Freigabe im Projekt

Uffert... Diese Unterlage unterliegt samt Inhalt dem Schutz des Urheberrechts sowie der Pflicht zur vertraulichen Behandlung auch bei Beförderung und Vernichtung und darf vom Empfänger nur auftragsbezogen genutzt, vervielfältigt und Dritten zugänglich gemacht werden. Eine andere Verwendung und Weitergabe bedarf der ausdrücklichen Zustimmung der PTB.

# Revisionsblatt



	Projekt	PSP-Element	Obj. Kenn.	Aufgabe	LA	Lfd. Nr.	Rev.
	N A A N	N N N N N N N N N N	N N N N N N	X A A X X	X	X	N N N N N N
EU 126	9K		-	H	RB	0029	00

**Titel der Unterlage:**  
 Untersuchungen zur Frage der Konvergenzen untertägiger Hohlräume  
 in der Schachanlage Konrad, Archiv-Nr.: 100607

**Seite:**  
II.

**Stand:**  
März 1987

Rev.	Revisionsst. Datum	verant. Stelle	Gegenzeichn. Name	rev. Seite	Kat. *)	Erläuterung der Revision

\*) Kategorie R = redaktionelle Korrektur  
 Kategorie V = verdeutlichende Verbesserung  
 Kategorie S = substantielle Änderung  
 Mindestens bei der Kategorie S müssen Erläuterungen angegeben werden.

420

# Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe



BUNDESANSTALT FÜR GEOWISSENSCHAFTEN UND ROHSTOFFE

HANNOVER

Untersuchungen zur Frage  
der Konvergenz untertägiger Hohlräume  
in der Schachanlage Konrad

Sachbearbeiter:



Datum: März 1987  
Archiv-Nr.: 100 607  
Tagebuch-Nr.: 11372/87

## Inhaltsverzeichnis

Seite

1.	Vorbemerkungen	1
1.1	Ziel der Konvergenzuntersuchungen	1
1.2	Konvergenzvorgänge in der Grube Konrad	1
2.	Konvergenzansatz	3
3.	Ermittlung des Konvergenzvolumens pro Zeiteinheit	5
4.	Zusammenfassende Bewertung	7
	Literaturverzeichnis	8
	Abbildungsverzeichnis	8

## 1. Vorbemerkungen

### 1.1 Ziel der Konvergenzuntersuchungen

In den Planunterlagen für das Endlager Konrad wird angenommen, daß nach Beendigung der Betriebsphase und nach Verschuß des Grubengebäudes der untertägige Hohlraum durch hinzutretendes Tiefenwasser vollläuft. Im Anschluß daran erhöht sich der Wasserdruck im Hohlraum kontinuierlich bis zum hydrostatischen Druck, der im Gebirge vor Auffahrung der Grube herrschte. Für die Folgezeit nach Vollaufen der Grube ist zu untersuchen, ob durch Konvergenzvorgänge in der Grube der Wasserdruck zusätzlich erhöht wird und über den hydrostatischen Druck steigt.

Die Beantwortung dieser Frage bedingt eine Betrachtung der bisherigen Konvergenzvorgänge in der Grube Konrad und eine Untersuchung, ob auf der Basis dieser Kenntnisse eine Prognose zukünftiger Konvergenzen in den Endlagerhohlräumen möglich ist.

### 1.2 Konvergenzvorgänge in der Grube Konrad

Konvergenzmessungen dienen der Erfassung der durch Spannungsumlagerungen ausgelösten Abstandsänderungen der Begrenzungsflächen von untertägigen Hohlräumen. Sie werden zur Beurteilung des Verformungsverhaltens und der Standsicherheit von Fels-hohlraumbauten herangezogen.

Sowohl während der Erzgewinnungs- als auch in der anschließenden Erkundungsphase wurden in verschiedenen Bereichen des Grubengebäudes Konrad Konvergenzmessungen durchgeführt. Die Ergebnisse [1] zeigen, daß

- unmittelbar nach Hohlraumausbruch hohe Konvergenzbeträge auftreten, die mit zunehmender Streckenstandzeit abklingen und einem stationären Zustand zustreben (Abb. 2),

- das Konvergenzverhalten abhängig ist vom Durchbauungsgrad der betrachteten Gebirgsbereiche,
- die Sohle stärker als die Firste der Strecken konvergiert,
- in der Nähe von alten Abbaufeldern die Spannungsumlagerungen heute noch nicht beendet sind, so daß über 10 Jahre nach Abbaueinstellung noch Streckenkonvergenzen beobachtet werden können.

Für die Vorhersage des Konvergenzverlaufs in der Nachbetriebsphase wird das Grubengebäude Konrad als ein Ganzes betrachtet, da die bestehenden Konvergenzmeßstationen nicht systematisch über das heute noch offenstehende Strecken- und Abbausystem verteilt sind, und somit auf einer statistisch gesicherten Datenbasis ermittelte Konvergenzfunktionen für einzelne Grubenbereiche nicht angegeben werden können.

Die gemessene zeitliche Konvergenzentwicklung läßt sich empirisch durch eine logarithmische Funktion beschreiben. Ein Rückschluß auf ein zeitabhängiges Stoffverhalten des Gebirges ist damit nicht möglich, da die Hohlraumkonvergenzen im Konrad-Gebirge stets durch eine Auflockerung des hohlraumnahen Bereichs begleitet werden.

Die untertägigen Konvergenzvorgänge führen zur Ausbildung eines Senkungstrichters an der Erdoberfläche, über dessen Entwicklung seit Beginn der Erzgewinnung bis zum heutigen Zeitpunkt gesicherte Meßdaten existieren.

Zum Konvergenzgeschehen der Grube Konrad liegen Aussagen der Markscheiderei des Grubenbetriebs [2], [4] und ein Gutachten [3] vor. Darüber hinausgehende Aussagen können aus gebirgsmechanischer Sicht nicht getroffen werden.

## 2. Konvergenzansatz

Die Messungen auf der Grube Konrad haben gezeigt, daß die Hohlraumauffahrung unter Tage und das Volumen des Senkungstrichters an der Erdoberfläche in einem ursächlichen Zusammenhang stehen, wobei das Auserzen des Spülversatzfeldes wesentlich eingeht. Ein signifikanter Einfluß durch das zeitlich spätere Auserzen des südlichen LHD-Feldes ist nicht erkennbar.

Geht man davon aus, daß das Volumen des Senkungstrichters  $V_{ST}$  dem Konvergenzvolumen  $V_K$  des Grubengebäudes entspricht (unter Berücksichtigung des eingebrachten Versatzes), können für den zeitlichen Verlauf der Volumenkonvergenz des existierenden Grubengebäudes und für die aufzufahrenden Einlagerungsfelder folgende logarithmische Ansätze aufgestellt werden:

- a) Eine nichtlineare Regression der Volumina des Senkungstrichters ergibt [5]:

$$K(t) = \frac{\Delta V_K(t)}{V(t)} = 2,55 + 10,42 \ln(t/t^*) \quad (1)$$

Hierin sind:

$K(t)$  = relative Volumenkonvergenz [%]

$\Delta V_K(t)$  = Konvergenzvolumen [ $m^3$ ]

$V(t)$  = Hohlraumvolumen der Grube Konrad [ $m^3$ ]

$t$  = Zeit [a] seit Auffahrbeginn der Grube in 1965

$t^*$  = 1 [a]

Aus der Gleichung (1) ergibt sich durch Differentiation die Volumenkonvergenzrate zu:

$$\dot{K}(t) = 10,42 \cdot \frac{1}{t} \quad (2)$$



Hierin sind:

$t$  = Zeit [a]

$\dot{K}(t)$  = Volumenkonvergenzrate [%/a]

b) nach [4]:

$$K(t) = \frac{\Delta V_K(t)}{V(t)} = 12,23 + 6,47 \ln(t/t^*) \quad (3)$$

Dieser Beziehung liegt die Annahme zugrunde, daß das Hohlraumvolumen des existierenden Grubengebäudes und des zukünftigen Endlagers in ca.  $10^6$  Jahren auf ein Restvolumen von 0,03 % konvergiert [4]. Die Abschätzung dieses Wertes orientiert sich an der Beobachtung, daß bei der Auffahrung von Grubenräumen offene Kluftsysteme angetroffen wurden, die unter den dort herrschenden lithostatischen Drücken in geologischen Zeiträumen nicht konvergierten. Der Volumenkonvergenzansatz (3) berücksichtigt auch das durch Auflockerung im Streckenmantel entstandene Restvolumen. Die Volumenkonvergenzrate ergibt sich aus (3) zu:

$$\dot{K}(t) = 6,47 \cdot \frac{1}{t} \quad (4)$$

Die beschriebenen Konvergenzansätze sind in der Abb. 1 graphisch veranschaulicht.

Zur Ermittlung der zusätzlichen Druckerhöhung durch Konvergenzen wird aus Konservativitätsgründen der Konvergenzansatz (1) verwendet, da er zu einer um den Faktor 1,6 höheren Volumenkonvergenzrate führt.

### 3. Ermittlung des Konvergenzvolumens pro Zeiteinheit

Zur Ermittlung der Konvergenzvolumenrate wurden zwei Lösungswege beschriftet:

#### a) 1. Lösungsweg:

Es wird vorausgesetzt, daß das Volumen des Senkungstrichters gleich dem Konvergenzvolumen der Grube ist. Aus den langfristigen geodätischen Messungen des Senkungstrichters läßt sich die Entwicklung des Senkungsvolumens über die Zeit mit Hilfe einer nichtlinearen Regressionsanalyse funktional beschreiben:

$$V_{ST}(t) = \Delta V_K(t) = B_1 + B_2 \ln(t/t^*) \quad (5)$$

für  $t \geq 1$  a

Hierin sind:

$V_{ST}(t)$  = Volumen des Senkungstrichters [m<sup>3</sup>]

$\Delta V_K(t)$  = Konvergenzvolumen [m<sup>3</sup>]

$t$  = Zeit [a]

$t^*$  = 1 [a]

$B_1$  =  $-1,14595 \cdot 10^5$  [m<sup>3</sup>]

$B_2$  =  $2,14575 \cdot 10^5$  [m<sup>3</sup>]

Aus (5) erhält man durch Differentiation das Konvergenzvolumen pro Zeiteinheit:

$$\frac{d(\Delta V_K(t))}{dt} = \Delta \dot{V}_K(t) = 2,14575 \cdot 10^5 \cdot \frac{1}{t} \quad (6)$$

Die Ergebnisse der Berechnungen sind in Tab. 1 zusammengestellt:

Zeit [a]	Konvergenzvolumen/Zeiteinheit	
	1. Lösungsweg $\Delta V_K(t)$ [m <sup>3</sup> /a]	2. Lösungsweg $\Delta V_K(t)$ [m <sup>3</sup> /a]
10	$21,5 \cdot 10^3$	$25,3 \cdot 10^3$
30	$7,2 \cdot 10^3$	$9,8 \cdot 10^3$
45	$4,8 \cdot 10^3$	$5,6 \cdot 10^3$
100	$2,2 \cdot 10^3$	$2,5 \cdot 10^3$
300	$0,7 \cdot 10^3$	$0,6 \cdot 10^3$
1 000	$0,2 \cdot 10^3$	$0,2 \cdot 10^3$

Tabelle 1: Konvergenzvolumen pro Zeiteinheit

b) 2. Lösungsweg:

Die unter a) gemachten Voraussetzungen haben ebenfalls Gültigkeit. Die Konvergenzvolumenstromrate wird jedoch nicht aus (5) sondern aus (1) durch Differentiation abgeleitet:

$$\dot{K}(t) = \frac{d \frac{\Delta V_K(t)}{V(t)}}{dt} = \frac{\frac{d(\Delta V_K(t))}{dt} \cdot V(t) - \Delta V_K(t) \cdot \frac{d(V(t))}{dt}}{V^2(t)} \quad (7)$$

Durch Umformen erhält man:

$$\frac{d(\Delta V_K(t))}{dt} = \dot{K}(t) \cdot V(t) + K(t) \cdot \dot{V}(t) \quad (8)$$

$K(t)$  und  $\dot{K}(t)$  sind durch (1) und (2) definiert.  $V(t)$  wird durch (1) und lineare Regression der Meßkurven  $V_{ST} = f(t)$  bestimmt:

$$V(t) = \frac{\Delta V_K(t)}{K(t)} \quad (9)$$

Somit erhält man für das Volumen pro Zeiteinheit:

$$\begin{aligned} \dot{\Delta V}_K(t) = & \frac{10,42}{t} \cdot 10^5 \cdot \frac{2,537 \ln(t/t^* + 1) - 2,130}{2,55 + 10,42 \ln(t/t^*)} \\ & + \frac{10^5}{t} \cdot \frac{28,67 + 26,44 (\ln(t/t^*) - \ln(t/t^* + 1))}{2,55 + 10,42 \ln(t/t^*)} \quad (10) \end{aligned}$$

In Tab. 1 sind die Volumenraten für verschiedene Zeiten zusammengestellt worden. Darüber hinaus zeigt Abb. 3 den zeitlichen Verlauf folgender vier Größen:

- Hohlraumvolumen der Grube Konrad,
- Konvergenzvolumen,
- Volumenstromrate (ausgewertet für (10)) sowie
- Resthohlraumvolumen der Grube.

Wie aus Tab. 1 zu ersehen ist, unterscheiden sich die nach beiden Lösungsmethoden ermittelten Werte für die Konvergenzvolumenrate nur geringfügig voneinander.

#### 4. Zusammenfassende Bewertung

Aufgrund bisheriger bergmännischer und markscheiderischer Erfahrungen wurden für den zeitlichen Verlauf der Volumenkonvergenz des existierenden Grubengebäudes unter Berücksichtigung später aufzufahrender Einlagerungsfelder zwei unterschiedli-

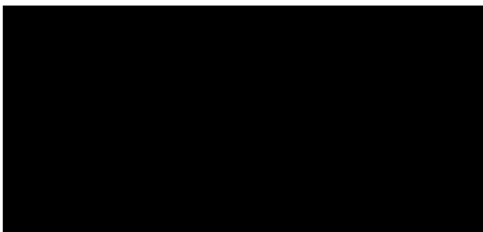
che logarithmische Ansätze vorgeschlagen. Der Unterschied ist darin zu sehen, daß bei Zugrundelegen von (1) das Resthohlraumvolumen des Grubengebäudes erheblich schneller gegen Null strebt als im Fall der Anwendung von (3). Die Volumenkonvergenzrate, die sich nach (1) ergibt, ist um den Faktor 1,6 höher als die nach (3) ermittelte. Aus Konservativitätsgründen wird daher die Verwendung von (1) für Berechnungen des Druckanstiegs zusetzender Grubenwässer in der Nachbetriebsphase empfohlen.

Zur Ermittlung des Konvergenzvolumens pro Zeiteinheit wurden aus Plausibilitätsgründen zwei Lösungswege beschritten. Wie der Vergleich zeigt (Tab. 1), weichen die nach beiden Lösungsmethoden ermittelten Werte für das Konvergenzvolumen pro Zeiteinheit nur geringfügig voneinander ab.

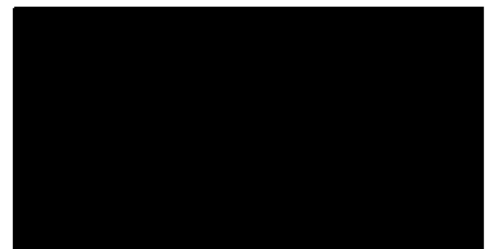
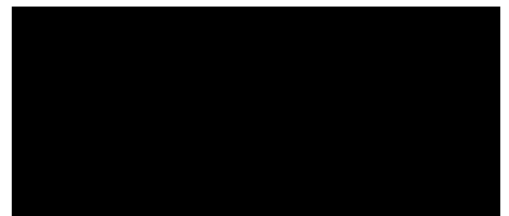
Eine Bestätigung der Berechnungsergebnisse durch entsprechende in-situ-Messungen in bereits vorhandenen Grubenräumen der Schachtanlage Konrad und in den geplanten Endlagerungskammern ist sowohl in der Errichtungs- als auch in der Betriebsphase erforderlich.

BUNDESANSTALT FÜR GEOWISSENSCHAFTEN UND ROHSTOFFE

Im Auftrag:



Sachbearbeiter:

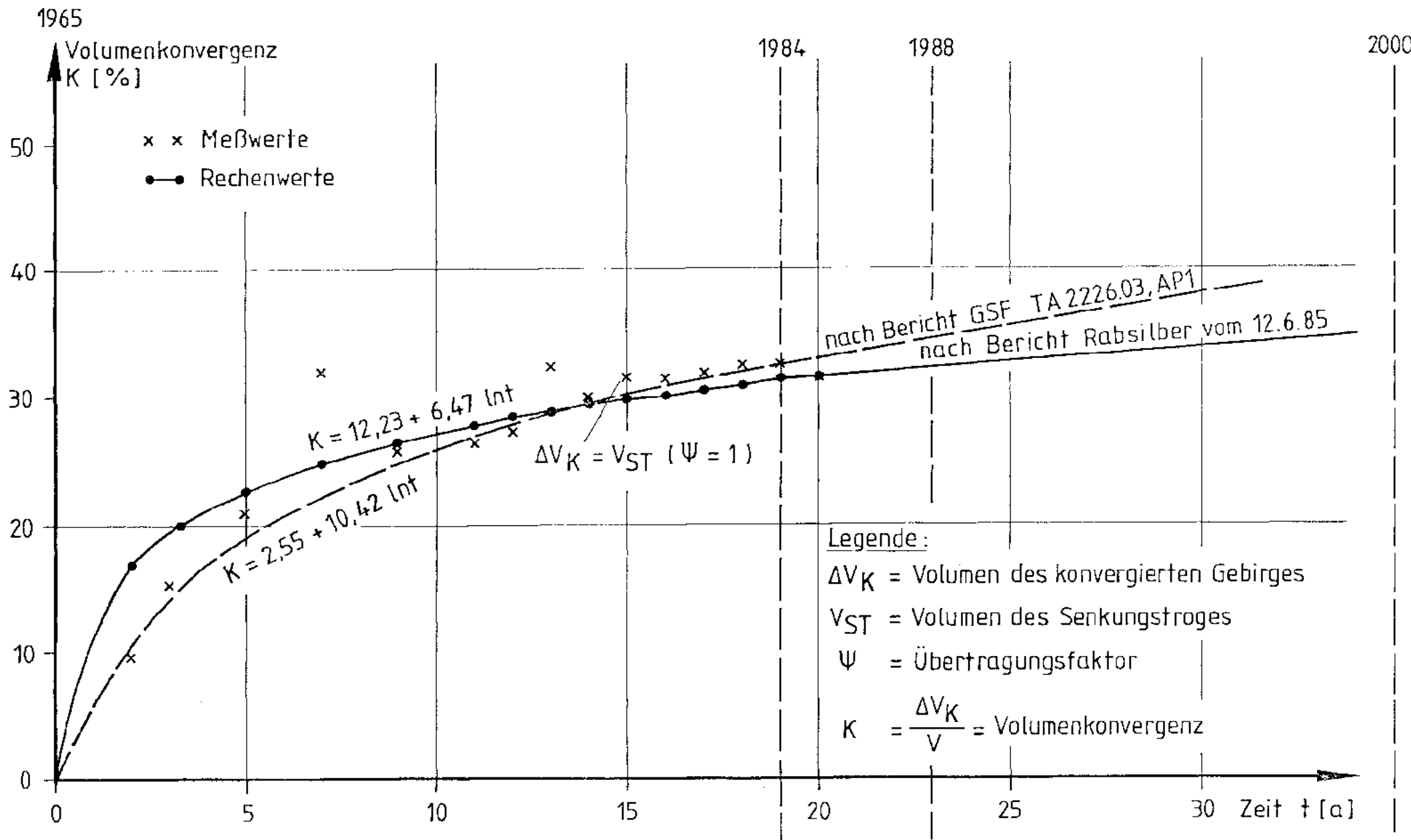


## Literaturverzeichnis

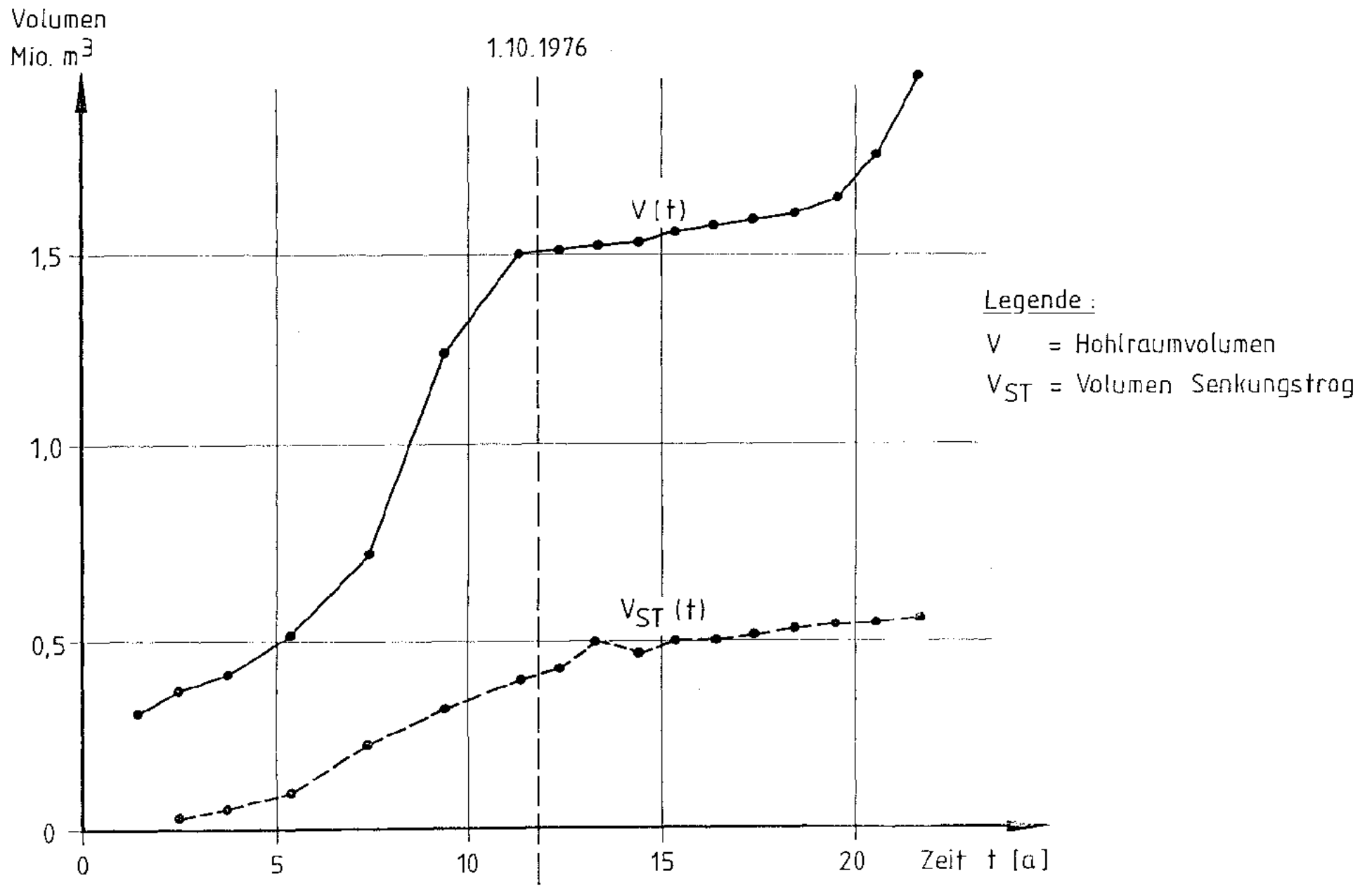
- [1] Plan Konrad, Textband 1, Stand 9/86.
- [2] RABSILBER, K., BREWITZ, W. & GOMMLICH, G. (1982): Geowissenschaftliche Standortuntersuchungen zur Dimensionierung und Auslegung von untertägigen Hohlräumen für die Endlagerung radioaktiver Abfälle in der Eisenerzgrube Konrad.- Z. dt. geol. Ges., 133, S. 155 - 168.
- [3] [REDACTED] (1984): Gutachten über Abbauwirkungen im Deckgebirge der Schachanlage Konrad.- TU Clausthal, Inst. f. Markscheidewesen - (unveröffentlicht).
- [4] RABSILBER, K.: Betrachtungen zum Konvergenzverhalten des Grubengebäudes während der Nachbetriebsphase.- Bericht der Markscheiderei der Schachanlage Konrad, 12.06.1985.
- [5] HÄNSEL, W. & MÜLLER-LYDA, J.: Kammerabschlußbauwerke - Theoretische Grundlagen, TA 2226.03, AP 1.- Bericht der Gesellschaft für Strahlen- und Umweltforschung mbH; München, 15.05.1985.

## Abbildungsverzeichnis

- Abb. 1: Gesamtkonvergenzverlauf, Schachanlage Konrad
- Abb. 2: Hohlraumvolumen und Volumen des Senkungstrogens, Schachanlage Konrad
- Abb. 3: Hohlraumvolumen, Konvergenzvolumen und Volumenstromrate, Schachanlage Konrad (Rechenwerte)

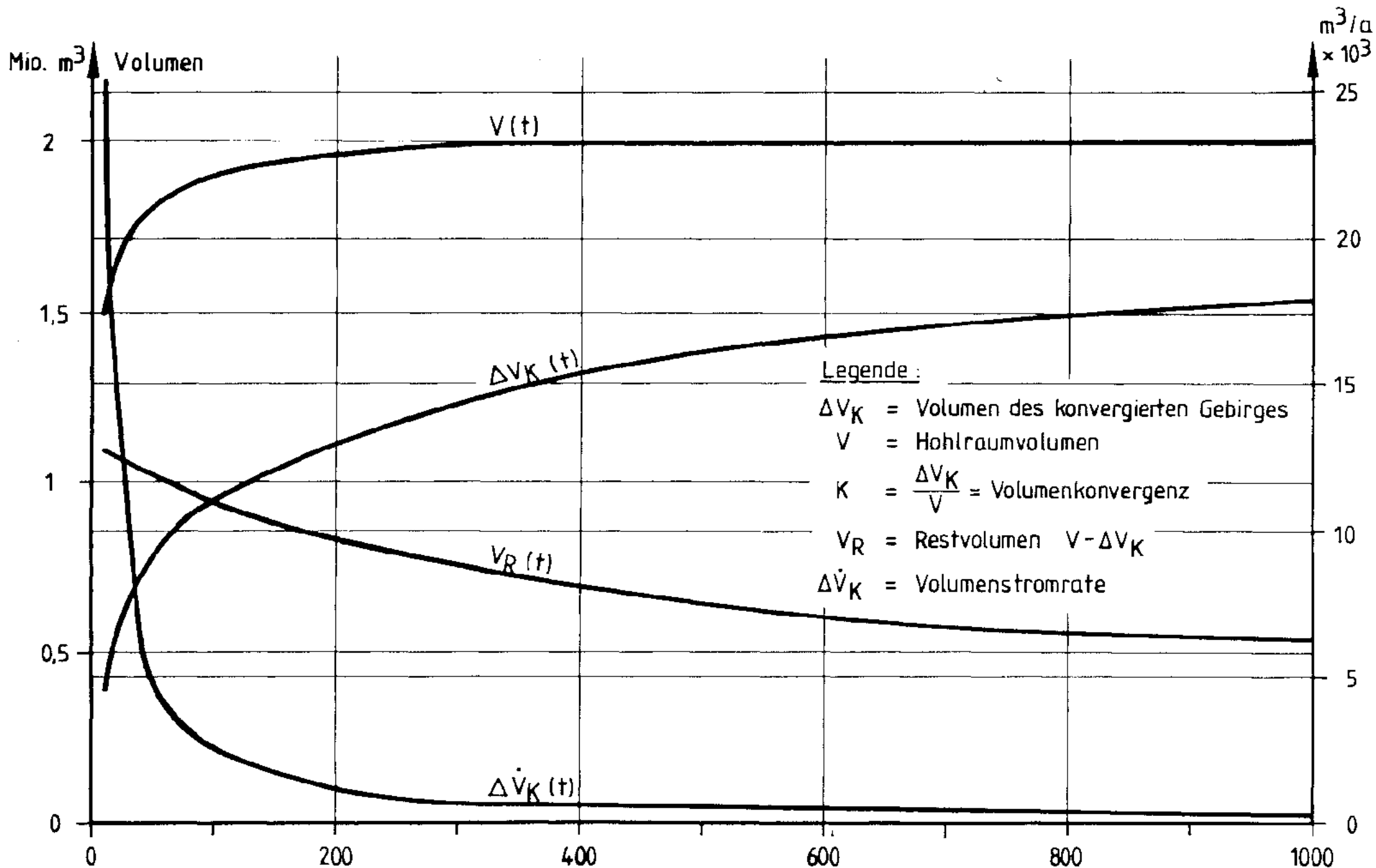


Gesamtkonvergenzverlauf, Schachtanlage Konrad



Hohlraumvolumen und Volumen des Senkungstrog  
Schachtanlage Konrad





Hohlraumvolumen, Konvergenzvolumen und Volumenstromrate  
Schachthanlage Konrad