



---

Gesellschaft für  
Reaktorsicherheit (GRS) mbH

---

## GRS-Bericht

Nachrechnungen zu den beim  
Battelle-Institut Frankfurt/Main  
durchgeführten Versuchen Nr. 7-9  
des Vorhabens RS 246  
»Wasserstoffverteilung im Containment«  
mit dem Rechenprogramm RALOC

W. Erdmann



---

Gesellschaft für Reaktorsicherheit (GRS) mbH

## GRS-Bericht

Nachrechnungen zu den beim  
Battelle-Institut Frankfurt/Main  
durchgeführten Versuchen Nr. 7-9  
des Vorhabens RS 246  
»Wasserstoffverteilung im Containment«  
mit dem Rechenprogramm RALOC

Walter Erdmann

**GRS - 21 (Juni 1981)**

Glockengasse 2 · 5000 Köln 1 · Telefon (02 21) 20 68-1 · Telex 8 881 807 grs d

Anmerkung:

Dieser Bericht ist von der GRS im Auftrag des Bundesministers des Innern erstellt worden. Er ist inhaltsgleich mit dem Auftragsbericht GRS - A - 345. Die darin enthaltenen Arbeitsergebnisse müssen nicht mit der Auffassung des Auftraggebers übereinstimmen.

### Kurzfassung

Nach einem Kühlmittelverluststörfall kann in einem Leichtwasserreaktor aufgrund chemischer Reaktionen Wasserstoff entstehen. In der Containmentatmosphäre kann es dabei an ungünstigen Stellen und ohne Gegenmaßnahmen zur Bildung eines gefährlichen Gasmisches (Knallgas) kommen. Ziel des Forschungsvorhabens "Wasserstoffverhalten bei Kühlmittelverluststörfällen" ist es, die  $H_2$ -Verteilung aufgrund von Konvektion, Diffusion und Lösungstransport zu untersuchen. Im vorliegenden Bericht sind die Nachrechnungen der experimentellen Untersuchungen Nr. 7-9 des Battelle-Instituts, Frankfurt, zum Forschungsvorhaben RS 246 mit dem von Jahn /6/ entwickelten Rechenmodell RALOC dargestellt und der Vergleich zu den Meßergebnissen anhand von Beispielen gebracht. Es zeigt sich, daß das Rechenmodell RALOC den zeitlichen und örtlichen Verlauf der Wasserstoffkonzentration im Containment gut wiedergibt.

### Abstract

Gaseous hydrogen can be produced by chemical reactions in a light water reactor after a loss of coolant accident (LOCA). By this it can be possible that a dangerous explosive gas mixture (oxyhydrogen) is developing at unfavorable locations in the containment atmosphere. It was the aim of project "Wasserstoffverhalten bei Kühlmittelverluststörfällen" to investigate the  $H_2$ -distribution as a result of convection, diffusion and solution transient. In this report numerical calculations with the computer model RALOC are presented which was developed by Jahn /6/. The calculations are compared with experimental data Nr. 7-9 performed during the project RS 246 by Battelle-Institute, Frankfurt. It is shown that the numerical model RALOC gives a good representation of the temporal and local distribution of hydrogen concentration within the containment.

INHALT

1. Einleitung . . . . .	1
2. Experimentelle Untersuchungen . . . . .	1
2.1 Aufgabenstellung und Zielsetzung . . . . .	1
2.2 Ergebnisse . . . . .	2
3. Nachrechnung . . . . .	3
3.1 Beschreibung der nachgerechneten Versuche . . . . .	3
3.2 Darstellung der Ersatzgeometrie der Versuchsräume für das Rechenmodell . . . . .	3
4. Rechenergebnisse und Vergleich mit den Experimenten . . . . .	4
5. Zusammenfassung . . . . .	6
Schrifttum . . . . .	7
Verzeichnis der Abbildungen . . . . .	9

## 1. EINLEITUNG

Infolge eines Kühlmittelverluststörfalles kann es in einem Leichtwasserreaktor unter gewissen Voraussetzungen zu einer Wasserstoffproduktion in größeren Mengen kommen aufgrund von Radiolyse und Metall-Wasser-Reaktionen. Bei einer Konzentration von über 4 Volumengehalten in % entsteht ein zündfähiges Gasgemisch (Knallgas), das zu einer Explosion oder bei einer Konzentration von über 20 Volumengehalten in % sogar zur Detonation führen kann. Bei solchen Verbrennungsvorgängen treten starke Druckwellen auf, die eine Belastung des Reaktorcontainments und der Einbauten bewirken. Daher ist es notwendig, den örtlichen und zeitlichen Konzentrationsverlauf des Wasserstoffs nach einem solchen Störfall abschätzen zu können.

Das Rechenmodell RALOC wurde von Jahn /1/ entwickelt, mit dem die örtliche und zeitliche Verteilung des Wasserstoffs im Containment berechnet werden kann. Die Verteilung ist abhängig vom Entstehungsort, von der Massenproduktion und dem Transport infolge der natürlichen Konvektion des Wasserstoff/Dampf/Luft-Gemisches. Im Battelle-Institut in Frankfurt wurden an einem Modellcontainment experimentelle Untersuchungen durchgeführt, bei denen die Wasserstoffkonzentration als Funktion des Ortes und der Zeit gemessen wurde /2,3,4/.

In dem vorliegenden Bericht werden zu einigen der dort durchgeführten Versuche mit dem Rechenmodell RALOC Nachrechnungen angestellt und die auf theoretischem Wege erhaltenen Ergebnisse mit den experimentellen verglichen. Dazu wird zunächst der Versuchsaufbau kurz skizziert und die Anwendung des Modells RALOC auf das Modellcontainment dargestellt. Zur Beschreibung des Rechenmodells RALOC wird auf die Literatur /1,6,7/ verwiesen.

## 2. EXPERIMENTELLE UNTERSUCHUNGEN

### 2.1 Aufgabenstellung und Zielsetzung

Im Battelle-Institut in Frankfurt wurden zu dem Problemkreis "Wasserstoffverteilung im Containment eines Leichtwasserreaktors nach einem Kühlmittelverluststörfall" an einem Modellcontainment experimentelle Untersuchungen durchgeführt /4/. Nach einem solchen Störfall kann sich aufgrund chemischer Reaktionen und Radiolyse gasförmiger Wasserstoff bilden. Die Menge des freiwerdenden Wasserstoffgases kann die Konzentration von 4 Volumengehalten in % im Sicherheitsbehälter überschreiten. Oberhalb dieser Grenze kann das Wasserstoff/Sauerstoff-Gemisch zünden, und es kann zu einer Explosion oder bei einer Konzentration von über 20 Volumengehalten in % auch zu einer Detonation kommen. Bei diesen Verbrennungsvorgängen treten hohe Druckwellen auf, die den Sicherheitsbehälter und die Einbauten gefährden könnten. Daher sollten die durchgeführten Messungen klären, wie der örtliche und zeitliche Ausbreitungsvorgang des Wasserstoffs nach einem Kühlmittelverluststörfall abläuft. Dabei sollten Kenntnisse darüber erlangt werden, ob sich der Wasserstoff homogen im Sicherheitsbehälter verteilt oder ob sich

örtliche Konzentrationsunterschiede einstellen. An keiner Stelle des Versuchsraumes sollte dabei die Konzentration von 4 Volumengehalten in % überschritten werden. Die Versuche wurden aus Sicherheitsgründen mit einem Wasserstoff/Stickstoff-Gemisch durchgeführt.

Das Versuchsprogramm wurde in zwei Meßreihen aufgeteilt. Die erste Versuchsreihe wurde in einem zylindrischen Versuchsraum durchgeführt, der horizontal geteilt werden konnte. Hierbei sollte die vertikale Konzentrationsverteilung des Wasserstoffs im Sicherheitsbehälter untersucht werden (Versuche 1-6 /2,4/). Zu einigen Versuchen dieser Meßreihe wurden Nachrechnungen mit dem Rechenmodell RALOC vorgenommen /5,6/.

In einer zweiten Versuchsreihe (Versuche 7-9 /3,4/) wurde der horizontale Ausbreitungsvorgang des Wasserstoffs in zwei auf einer Ebene befindlichen Räumen untersucht. Die beiden Räume waren durch eine Öffnung in mittlerer Höhe miteinander verbunden. Ziel dieser Versuchsreihe war, den Einfluß der Größe der Verbindungsöffnung der beiden Räume sowie die Abhängigkeit des sich einstellenden Konzentrationsverlaufs von der geometrischen Lage der Einspeisestelle zur Übergangsöffnung zu ermitteln. In dem vorliegenden Bericht werden die Rechnungen mit dem Programm RALOC zu dieser zweiten Versuchsserie und der Vergleich mit den experimentellen Ergebnissen dargestellt.

## 2.2 Ergebnisse

Als Ergebnis dieser experimentellen Untersuchungen werden zusammenfassend in /4/ folgende Punkte festgehalten:

- Unter den Voraussetzungen
  - keine Einbauten im Versuchsraum,
  - Wasserstoffquelle am Boden des Versuchsraums,
  - Einspeiserate überschreitet nicht den Wert von  $2 \text{ m}^3/\text{h}$ ,verteilt sich der Wasserstoff homogen im Versuchsraum.
- Befindet sich die Quelle nicht auf dem Boden des Raumes, sondern in einer gewissen Höhe, bildet sich zwischen Raumdecke und -boden ein Konzentrationsgefälle aus.
- Ein enger Verbindungsquerschnitt zwischen zwei Teilräumen stellt eine Behinderung für die Ausbreitung des Wasserstoffs dar.
- Eine Temperaturschichtung im Versuchsraum (Temperatur im oberen Bereich des Raumes höher als im unteren Bereich) verhindert ebenfalls eine homogene Vermischung des Wasserstoffs in dem Raum. Im "kalten" Gebiet ist die Wasserstoffkonzentration höher als im "wärmeren" Raumbereich. Der Grund hierfür liegt darin, daß der "kalte" Wasserstoff nicht infolge freier Konvektion in den oberen "wärmeren" Containmentbereich gelangen kann, sondern nur aufgrund von Diffusion die Konzen-

tration von  $H_2$  im oberen Bereich erhöht wird. Da Diffusionsvorgänge hier nur sehr langsam ablaufen, kommt es zu dem Konzentrationsanstieg von Wasserstoff im unteren Containmentbereich. Der "wärmere" Temperaturbereich stellt somit für die Ausbreitung des Wasserstoffs eine Sperrschicht dar, die erst durch Abkühlung und weiteren Konzentrationsanstieg von  $H_2$  im unteren Bereich durchbrochen werden kann /2/.

### 3. NACHRECHNUNG

#### 3.1 Beschreibung der nachgerechneten Versuche

Im folgenden wird die Bezeichnung der Versuche für die Nachrechnung entsprechend der experimentellen Untersuchungen vom Battelle-Institut beibehalten. In Bild 1 ist eine Prinzipskizze der beiden Versuchsräume dargestellt, die bei den Versuchen Nr. 7-9 /4/ verwendet wurden. Die Verbindungsöffnung befand sich in der mittleren Höhe zwischen den beiden Räumen. Der Querschnitt dieser Öffnung ließ sich mittels einer Blende verändern. Die genaue Anordnung kann /3,4/ entnommen werden. Die Einspeisequelle des Wasserstoffs war bei allen Versuchen in nur einem Raum untergebracht. Bei den Versuchen Nr. 7 bzw. 8 befand sich die Quelle am Boden. Der Verbindungsquerschnitt zwischen den beiden Räumen betrug  $1 \text{ m}^2$  bei Versuch Nr. 7 und  $0,3 \text{ m}^2$  bei Versuch Nr. 8. Bei Versuch Nr. 9 betrug der Verbindungsquerschnitt ebenfalls  $0,3 \text{ m}^2$ , die Gasquelle war aber so weit oberhalb des Raumbodens angebracht, daß die Unterkante der Quelle und die Oberkante der Überströmöffnung auf gleicher Höhe lagen.

Zur Messung der Wasserstoffkonzentration waren mehrere Detektoren in den beiden Räumen angebracht. Eine Beschreibung der verwendeten Meßköpfe ist u.a. in /4/ gegeben. In Bild 2 sind die Orte eingetragen, an denen die Wasserstoffkonzentration gemessen wurde. Die dort gegebene Bezeichnung entspricht der Bezeichnung des Battelle-Instituts /4/; die exakte Lage der Meßfühler kann ebenfalls /4/ entnommen werden. Die experimentellen Ergebnisse dieser Versuche sind ausführlich in /3/ und /4/ beschrieben.

#### 3.2 Darstellung der Ersatzgeometrie der Versuchsräume für das Rechenmodell

Um das Rechenmodell RALOC zur Nachrechnung der oben kurz beschriebenen drei Versuche anwenden zu können, müssen die Versuchsräume unterteilt und eine Ersatzgeometrie festgelegt werden /1,6/. In Bild 3 ist die Raumaufteilung für die Versuche Nr. 7 und 8 gezeigt. Die einzelnen Teilvolumina oder Zonen sind in der ebenfalls in Bild 3 dargestellten Ersatzgeometrie durch Verbindungen miteinander verknüpft.

Die Rechnung wird unter der Voraussetzung durchgeführt, daß innerhalb jeder Zone konstante Zustände herrschen. Der Wasser-



stoff kann sich entlang der Verbindungen ausbreiten, entweder durch eine sich ausbildende Konvektionsströmung oder auch infolge Diffusion. Nähere Einzelheiten des Rechenmodells RALOC sind in /1/ und insbesondere in /6/ aufgeführt und werden an dieser Stelle nicht weiter diskutiert.

Für den Versuch Nr. 8 wurde zusätzlich für den Nebenraum eine feinere Aufteilung gewählt, um etwaige Einflüsse der Raumaufteilung darstellen zu können. Diese feinere Unterteilung ist in Bild 4 zu sehen. In entsprechender Weise wurden für den Versuch 9 die Raumaufteilung und die Ersatzgeometrie gewählt.

Um die Rechenergebnisse mit den Meßergebnissen vergleichen zu können, muß die geometrische Lage der Wasserstoffdetektoren (Bild 2) mit den Zonen der Ersatzgeometrie in Zusammenhang gebracht werden. Eine Übersicht über die bei den Versuchen vorhandenen Meßstellen und die jeweils zugehörigen Zonen der RALOC-Nachrechnung gibt folgende Tabelle:

Meß- stelle	Zonen-Nr. nach Einteilung	
	Bild 3	Bild 4
85	14	12
86	1	1
87	6,8	9,11
92	28	34
93	17	15
94	21,23	
95	18	16
96	29	
97	19	18
98	31	38

In dem folgenden Abschnitt werden die auf diese Weise erzielten Rechenergebnisse dargestellt und mit den experimentell ermittelten Meßergebnissen verglichen.

#### 4. RECHENERGEBNISSE UND VERGLEICH MIT DEN EXPERIMENTEN

Die Bilder 5 bis 7 zeigen die Ergebnisse der Nachrechnung von Versuch 7. Zusätzlich sind in den Diagrammen die Meßwerte aus den zugehörigen Battelle-Versuchen eingetragen. Die gemessenen Konzentrationen fallen generell höher aus als die Berechnungen ergeben. Die maximale Abweichung zwischen Versuch und Rechnung beträgt etwa 30 % (Bild 6, Meßstelle 97). Im Konzentrationsmaximum ist eine Abweichung bis zu etwa 10 % festzustellen. Bei der Nachrechnung dieser Versuche wurden für die H<sub>2</sub>-Einspeisung die Angaben aus /3/ entnommen. Hier wurde die Konzentration von H<sub>2</sub> im Einspeisegas etwas zu niedrig mit etwa 59 % (41 %

Stickstoff) angegeben, der tatsächlich während des Versuchs vorhandene  $H_2$ -Gehalt betrug 66 %. Mit dieser höheren Einspeiserate würde die Rechnung entsprechend höhere Konzentrationen liefern, so daß insgesamt das Rechenergebnis im Vergleich zur Messung besser ausfallen würde.

In den Bildern 8 und 9 sind die Nachrechnungen für den Versuch 8 mit einigen Meßwerten verglichen. Es läßt sich erkennen, daß der Anstieg der  $H_2$ -Konzentration im Nebenraum (Bild 9) erst mit einiger Verzögerung gegenüber dem in dem Raum der Einspeisequelle (Bild 8) erfolgt. Ferner zeigen sowohl Rechnung als auch Versuch, daß die Konzentration im oberen Raumbereich wesentlich höher ist als im unteren Raumbereich. Dabei weisen aber im oberen Raumbereich die Messungen höhere Konzentrationswerte gegenüber der Rechnung auf, während sie im unteren Raumbereich niedrigere Werte gegenüber der Rechnung zeigen. Der Konzentrationsunterschied zwischen Raumdecke und Boden ergibt sich aus der Rechnung zu etwa 23 % und aus der Messung zu etwa 58 %. Im Vergleich zu den Versuchsergebnissen liefert die Rechnung also eine gleichmäßigere  $H_2$ -Verteilung.

Eine etwas feinere Raumaufteilung (Bild 4) gegenüber der nach Bild 3 gewählten Aufteilung sollte zeigen, inwieweit sich dadurch das Rechenergebnis ändert. Insbesondere sollte die starke Konzentrationsdifferenz zwischen Boden und Decke des Raumes besser erfaßt werden. Das Ergebnis der Rechnung mit der feineren Raumaufteilung nach Bild 4 ist in den Bildern 10 und 11 dargestellt. Die gestrichelt eingetragenen Kurven stellen die Konzentrationsverläufe entsprechend der groben Raumaufteilung nach Bild 3 dar. Es ist zu erkennen, daß die neue Raumaufteilung keinen entscheidenden Einfluß auf die errechneten Konzentrationsverläufe ausübt.

Das Ergebnis der Nachrechnung von Versuch Nr. 9 ist für 3 Meßstellen in Bild 12 wiedergegeben. Hier ist die Übereinstimmung zwischen dem Experiment und der Rechnung nicht sehr gut. Wiederum liefert die Rechnung gegenüber dem Experiment eine zu niedrige Konzentration. Die Lage der Meßstellen kann Bild 2 entnommen werden. Zwischen Raumboden und Decke weist die Rechnung einen weitaus geringeren Konzentrationsunterschied auf als die Messung. Das Rechenmodell sagt also auch hier eine gleichmäßigere Vermischung der Atmosphäre vorher, als aufgrund der Messung zu erwarten wäre.

In Bild 13 sind als Beispiel für den Versuch Nr. 7 die Massenströme in den einzelnen Verbindungen nach etwa 30 000 s dargestellt. Die Breite der Pfeile ist dem Massenstrom proportional. Das aus der Einspeisequelle entweichende Gas steigt sofort zur Decke des Raumes und verteilt sich dort nach beiden Seiten, wobei es auf der von der Verbindungsöffnung abgewandten Seite zu einer Rückströmung kommt.

Durch die Verbindungsöffnung tritt das Gasgemisch in den Nebenraum hinein und es bildet sich auch dort eine Konvektionsströmung aus. Das dort ursprünglich in Ruhe befindliche Gas wird dabei ebenfalls in Bewegung gesetzt. Es ist deutlich zu erkennen, daß in der oberen Raumhälfte eine starke Konvektionsströ-

mung entsteht, während im unteren Raumbereich nur eine geringe Strömung zu beobachten ist.

## 5. ZUSAMMENFASSUNG

Nach einem Kühlmittelverluststörfall kann es in einem Leichtwasserreaktor zu einer Wasserstoffproduktion kommen. Der vorliegende Bericht befaßt sich mit dem Ausbreitungsvorgang des Wasserstoffs als Funktion der Zeit und des Ortes. Dazu wurden vom Battelle-Institut Versuche an einem Modellcontainment durchgeführt. Einige dieser Versuche wurden hier skizziert und die Meßergebnisse mit den Ergebnissen einer Nachrechnung verglichen. Als Rechenverfahren fand das von Jahn /6/ entwickelte Modell RALOC Verwendung.

Es stellte sich heraus, daß das Rechenmodell die bei den Experimenten gemessenen Konzentrationsverläufe relativ gut wiedergibt. Qualitativ ist das Rechenmodell also durchaus in der Lage, den Ablauf der Wasserstoffausbreitung zu beschreiben. Insbesondere war die zeitliche Verzögerung der H<sub>2</sub>-Ausbreitung in dem Nebenraum gegenüber der Ausbreitung in dem Quellraum recht gut wiedergegeben. Ebenso werden Änderungen bei der Einspeiserate des Wasserstoffs durch das Rechenmodell gut erfaßt.

Aufgrund der wenigen in diesem Bericht aufgezeigten Versuche kann jedoch eine abschließende Bewertung der Genauigkeit des Rechenmodells im Hinblick auf die quantitativen Ergebnisse vorerst nicht gegeben werden. Hierfür sind weitere Rechnungen erforderlich, deren Resultate sich mit denen aus experimentellen Arbeiten vergleichen lassen. Unter Berücksichtigung der in /5/ und /6/ dargestellten Rechnungen und deren Vergleich mit experimentellen Befunden läßt sich dennoch feststellen, daß auch die quantitativen Ergebnisse des Rechenmodells relativ gut sind. Es ist geplant, das Rechenmodell RALOC weiter auszubauen und zu verbessern, um so die Übereinstimmung zwischen Rechnungen und experimentellen Ergebnissen zu verbessern.

Schrifttum

- /1/ Jahn, H.L.:  
RALOC - A New Model for Calculation of Local Hydrogen Concentrations in Subdivided Containments under LOCA-Aspects  
Proc. of the Thermal Reactor Safety Meeting 1977, Sun Valley, Idaho, USA
- /2/ Quick Look Report zum Forschungsvorhaben RS 246  
BF R - 63 363-1, Battelle-Institut e.V.
- /3/ Quick Look Report zum Forschungsvorhaben RS 246  
BF R - 63 363-2, Battelle-Institut e.V.
- /4/ Abschlußbericht zum Forschungsvorhaben RS 246  
BF R - 63 363-3, Battelle-Institut e.V.
- /5/ Jahn, H.L.:  
Statusbericht zum Wasserstoffverhalten bei Kühlmittelverluststörfällen  
GRS-A-35 (in Druck)
- /6/ Jahn, H.L.:  
Zur Wasserstoffverteilung nach einem Kühlmittelverluststörfall in unterteilten Sicherheitsbehältern von Leichtwasserreaktoren  
Dissertation, eingereicht bei der TU München, Februar 1979
- /7/ Jahn, H.L.:  
RALOC-MOD 1 - Ein Rechenprogramm zur Ermittlung lokaler Gaskonzentrationen in unterteilten Behältern  
(unveröffentlicht)

## Verzeichnis der Abbildungen

- Bild 1: Anordnung der Versuchsräume und Position der Aufnehmer
- Bild 2: Darstellung der Meßstellen zur Bestimmung der Wasserstoffkonzentration
- Bild 3: Raumaufteilung und Ersatzgeometrie für die Versuche Nr. 7 und Nr. 8
- Bild 4: Vereinfachte Raumaufteilung und zugehörige Ersatzdarstellung für Versuch Nr. 8
- Bild 5: H<sub>2</sub>-Konzentrationen, Versuch Nr. 7
- Bild 6: H<sub>2</sub>-Konzentrationen, Versuch Nr. 7, weitere Meßstellen
- Bild 7: H<sub>2</sub>-Konzentrationen, Versuch Nr. 7, weitere Meßstellen
- Bild 8: H<sub>2</sub>-Konzentrationen, Versuch Nr. 8
- Bild 9: H<sub>2</sub>-Konzentrationen, Versuch Nr. 8, weitere Meßstellen
- Bild 10: H<sub>2</sub>-Konzentrationen, Versuch Nr. 8, jedoch Raumaufteilung nach Bild 4
- Bild 11: H<sub>2</sub>-Konzentrationen, Versuch Nr. 8, weitere Meßstellen
- Bild 12: H<sub>2</sub>-Konzentrationen, Versuch Nr. 9
- Bild 13: Massenstrom, Versuch Nr. 7

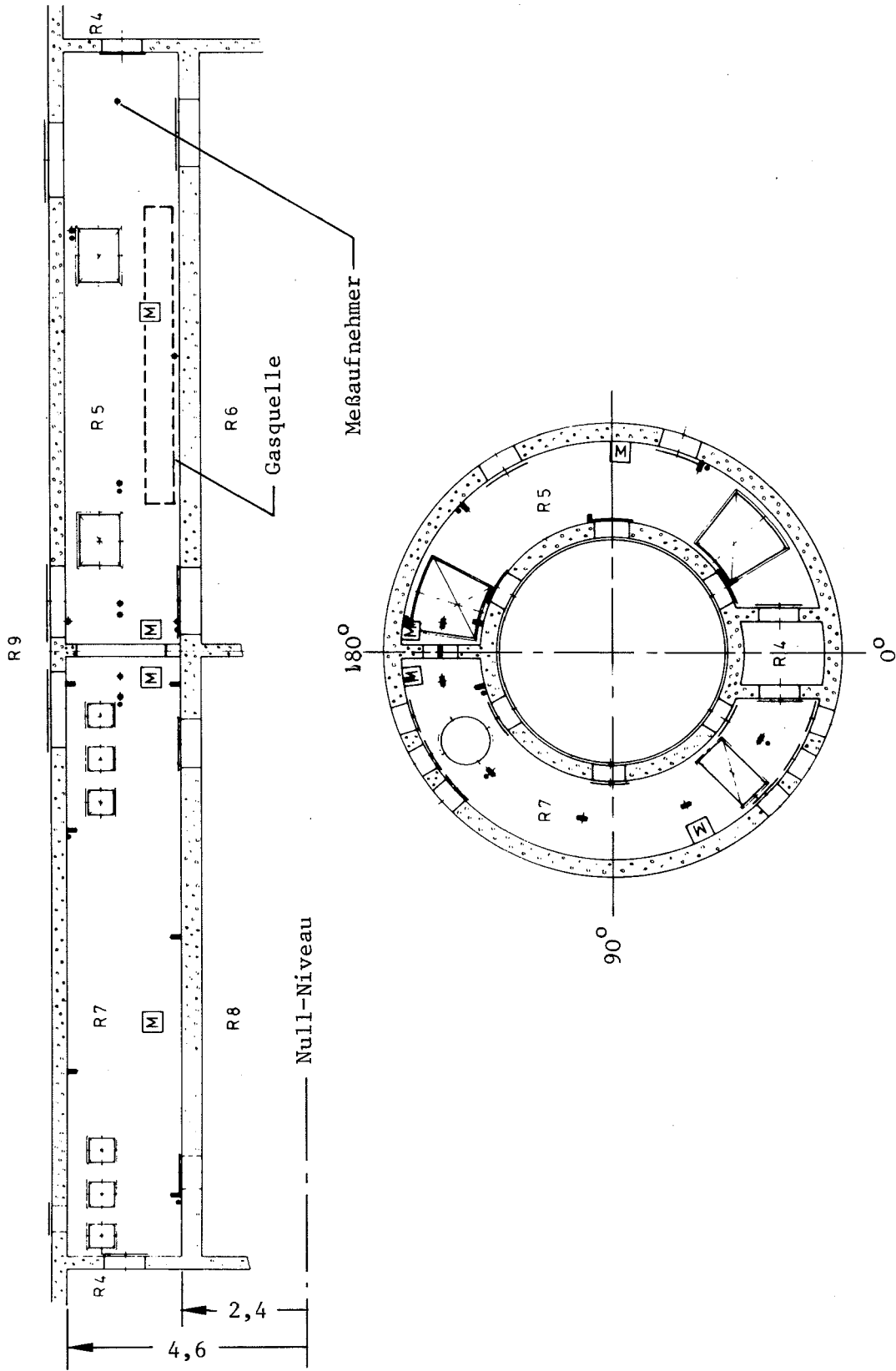


Bild 1:  
Anordnung der Versuchsräume und Position der Aufnehmer

<b>X</b> 97	<b>X</b> 95	<b>X</b> 93 94 <b>XX</b> 91	<b>X</b> 86 87 <b>X</b>	<b>X</b> 82
98	96	92	85	
<b>X</b>	<b>X</b>	<b>X</b>	<b>X</b>	
<div style="border: 1px solid black; display: inline-block; padding: 2px;">Gasquelle</div> 83				
<b>X</b>				

Bild 2:  
Darstellung der Messstellen zur Bestimmung der Wasserstoffkonzentration

20	19	18	17	1	2	3	4	5	
27	26	25	22, 21, 24, 23	6, 7, 8, 9	10	11	12	13	
31	30	29	28	14	Gasquelle			15	16

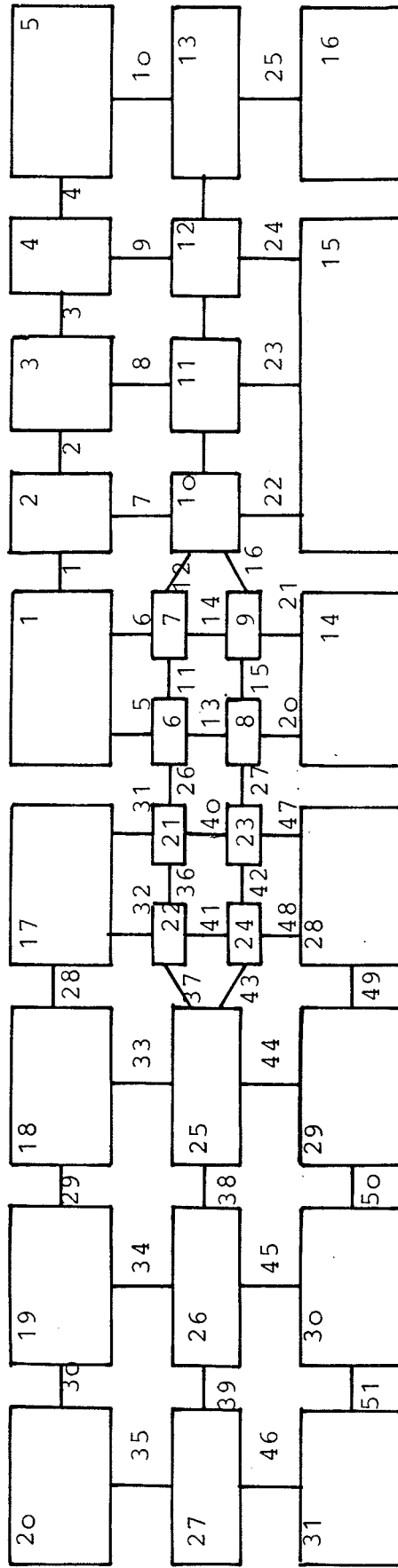


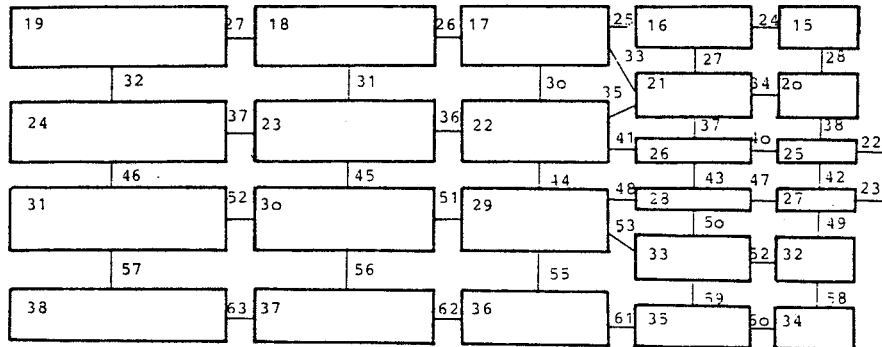
Bild 3:

Raumaufteilung und Ersatzgeometrie für die Versuche Nr. 7 und Nr. 8



19	18	17	16	15
24	23	22	21	20
31	30	29	33	32
38	37	36	35	34

Nebenraum



1	2	3	4
4	5	6	7
8	10		
11			
12	Gasquelle		14

Quellraum

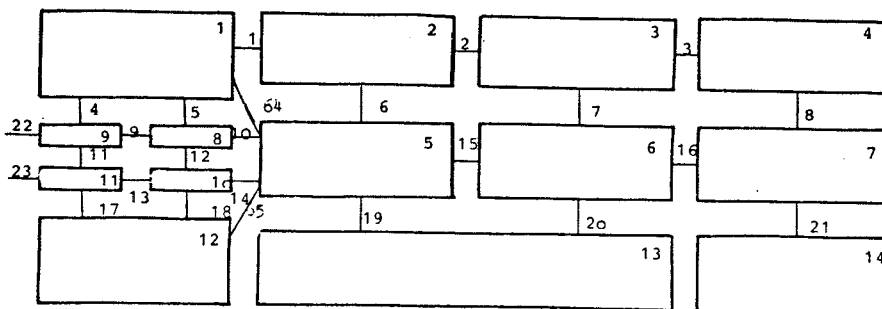


Bild 4:

Vereinfachte Raumaufteilung und zugehörige Ersatzdarstellung für Versuch Nr. 8

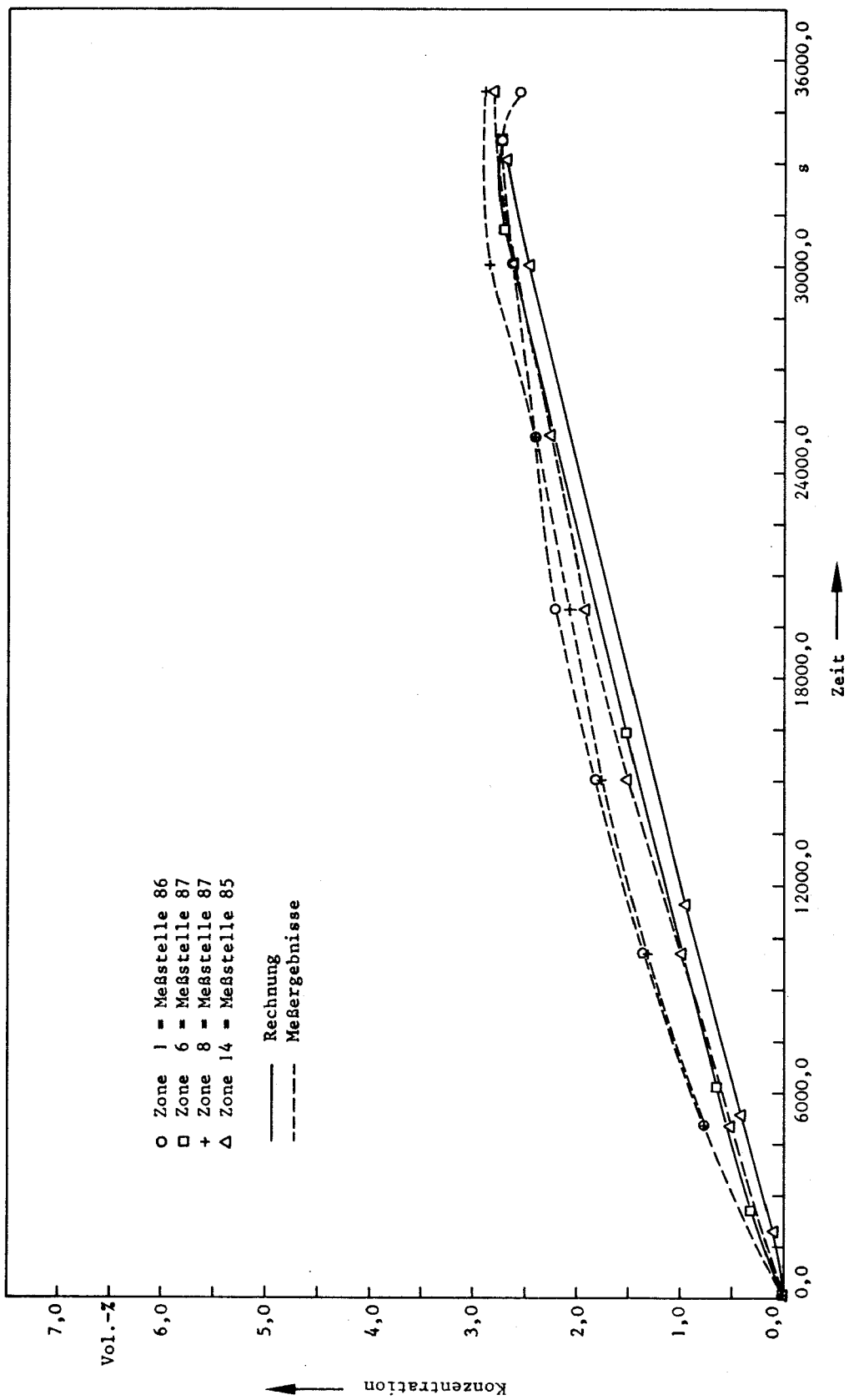


Bild 5:

H<sub>2</sub>-Konzentrationen, Versuch Nr. 7

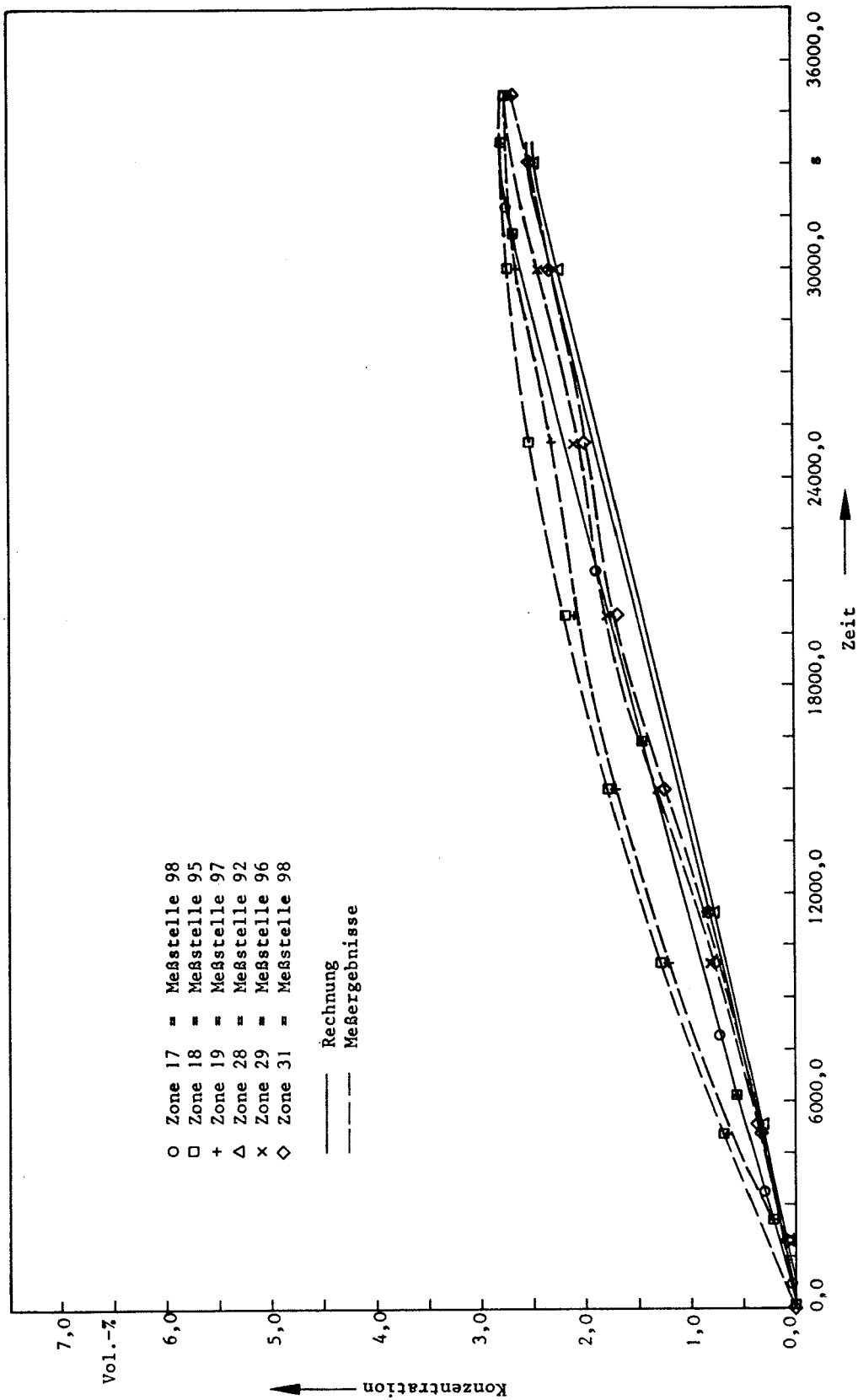


Bild 6:

H<sub>2</sub>-Konzentrationen, Versuch Nr. 7, weitere Meßstellen

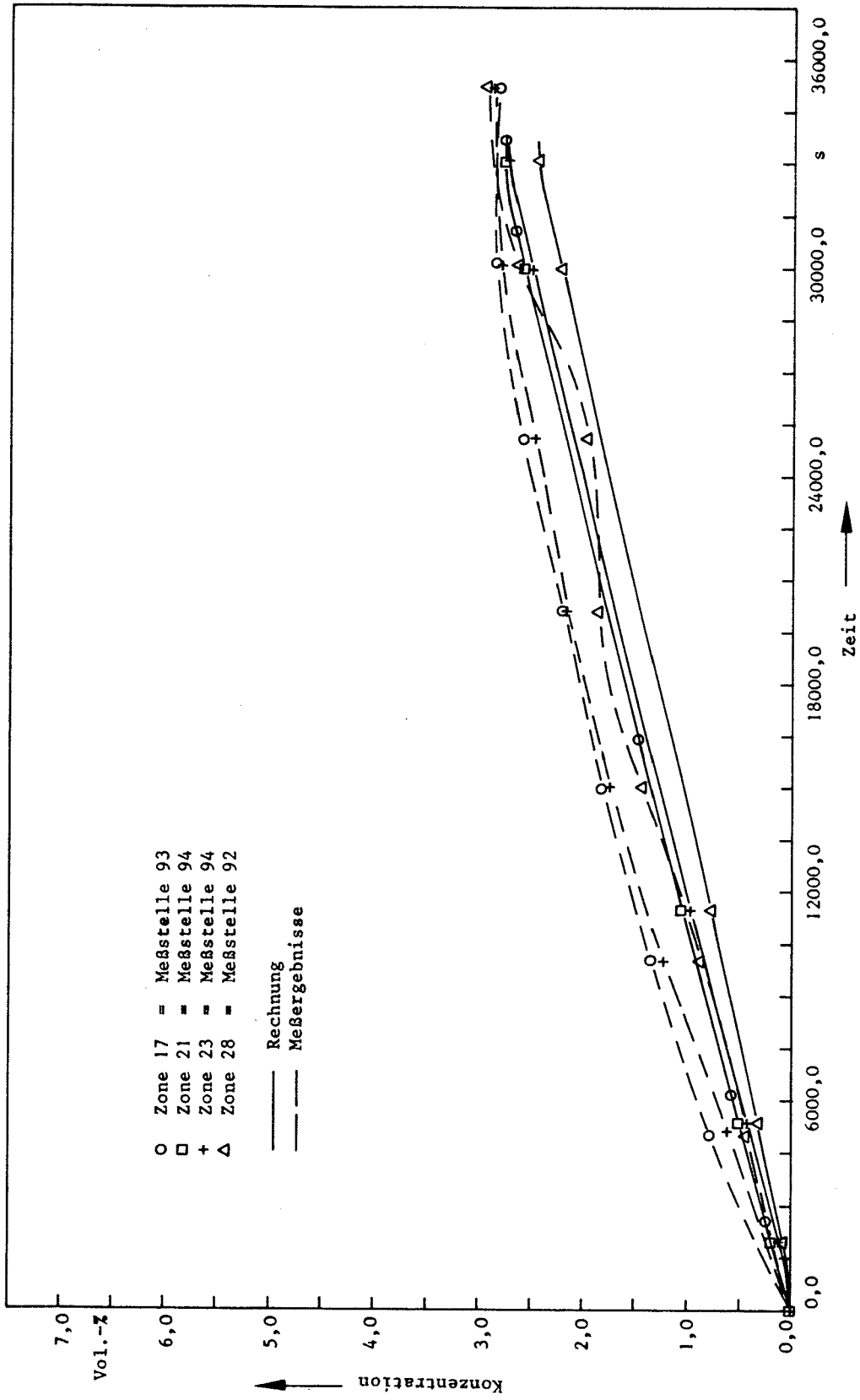


Bild 7:

H<sub>2</sub>-Konzentrationen, Versuch Nr. 7, weitere Meßstellen

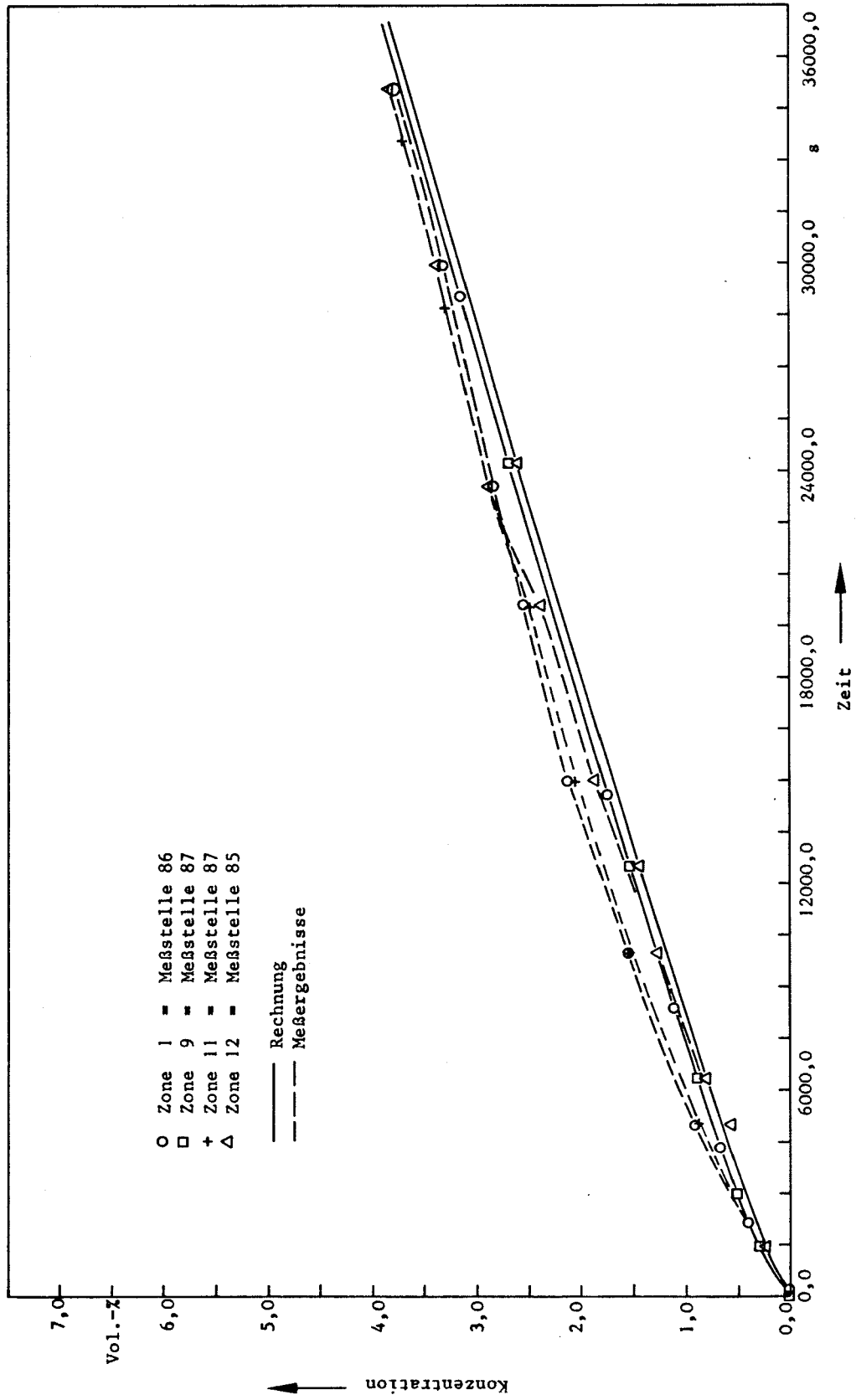


Bild 8:  
H<sub>2</sub>-Konzentrationen, Versuch Nr. 8

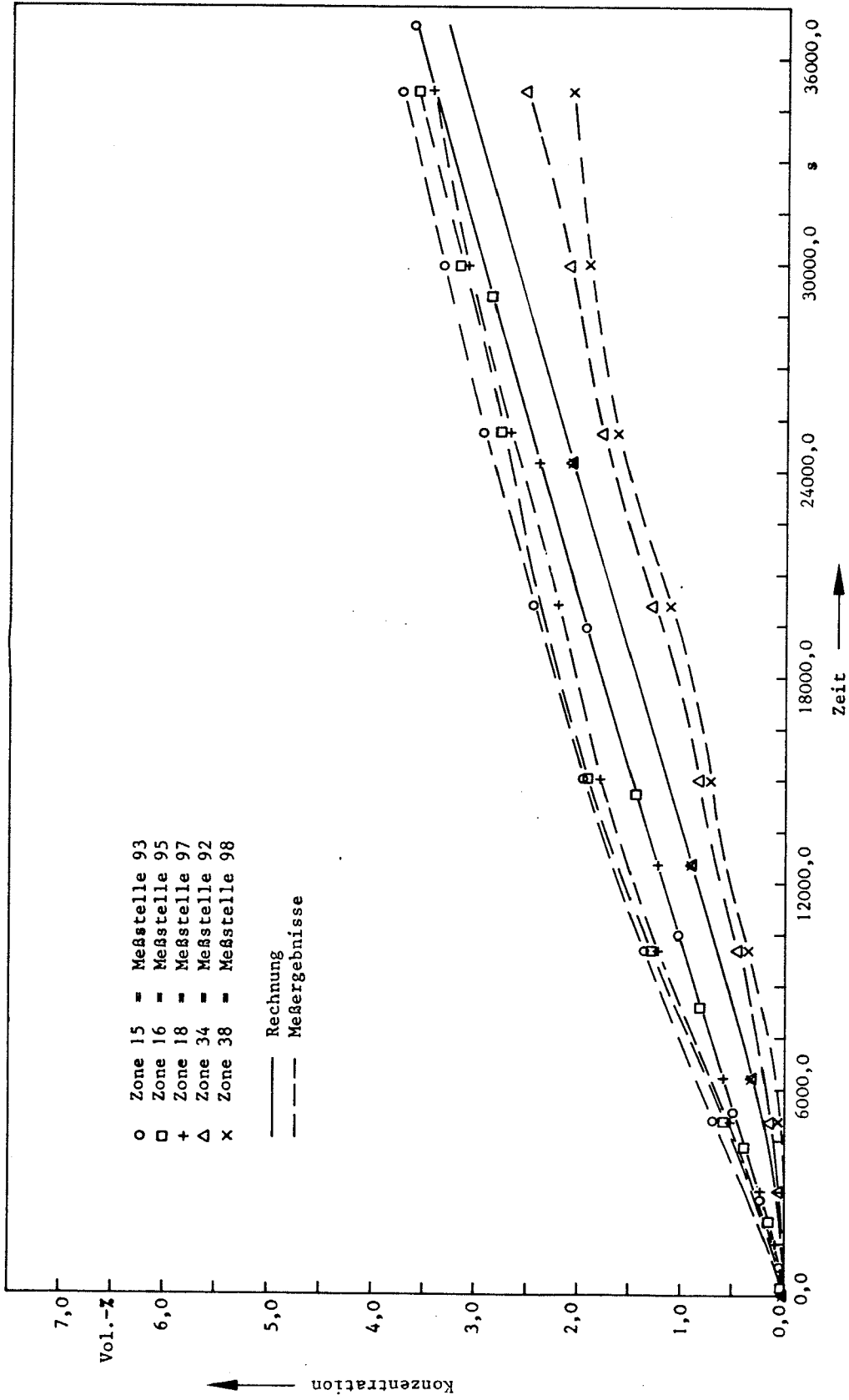


Bild 9:  
H<sub>2</sub>-Konzentrationen, Versuch Nr. 8, weitere Meßstellen

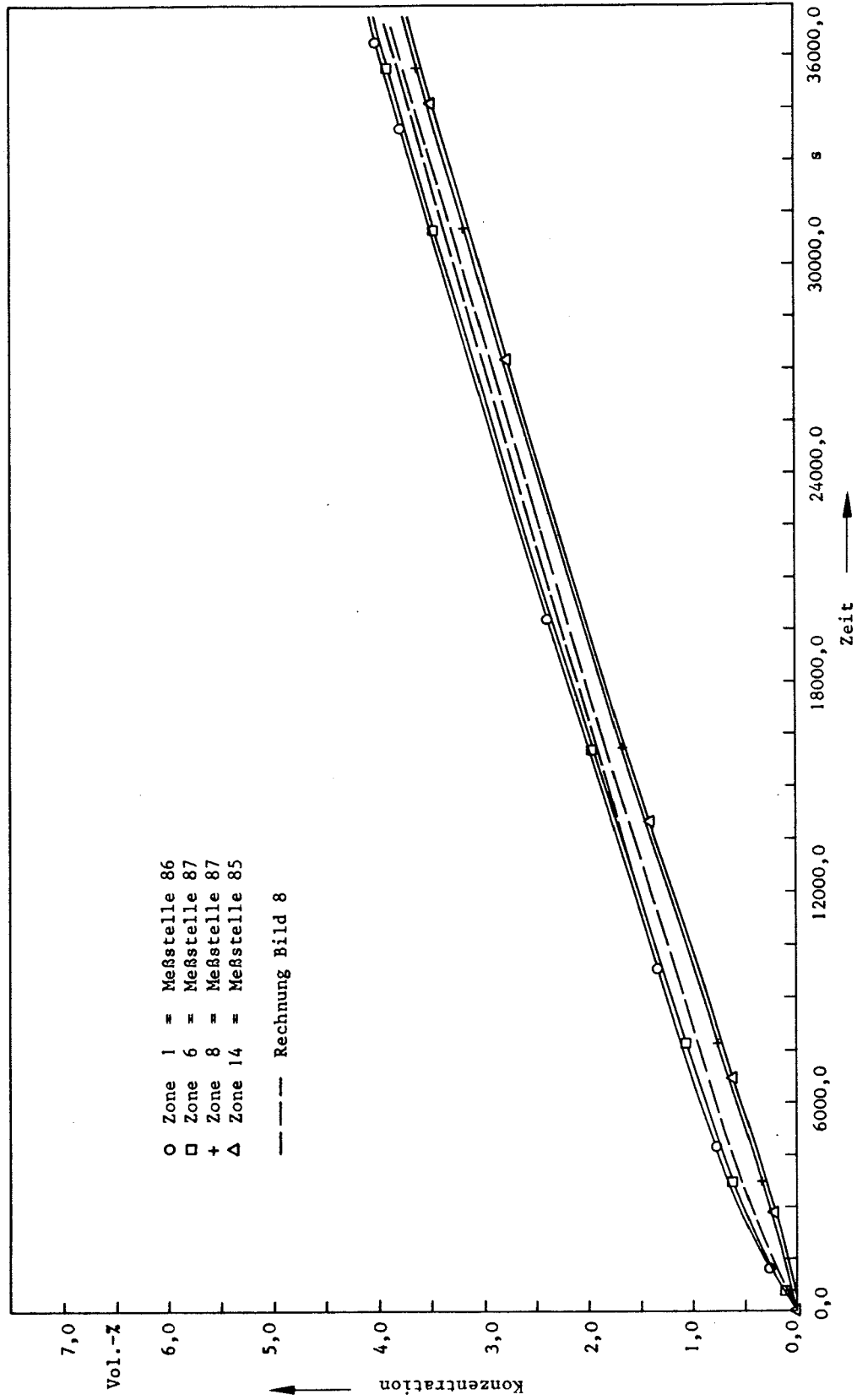


Bild 10:  
H<sub>2</sub>-Konzentrationen, Versuch Nr. 8, jedoch Raumaufteilung nach Bild 4

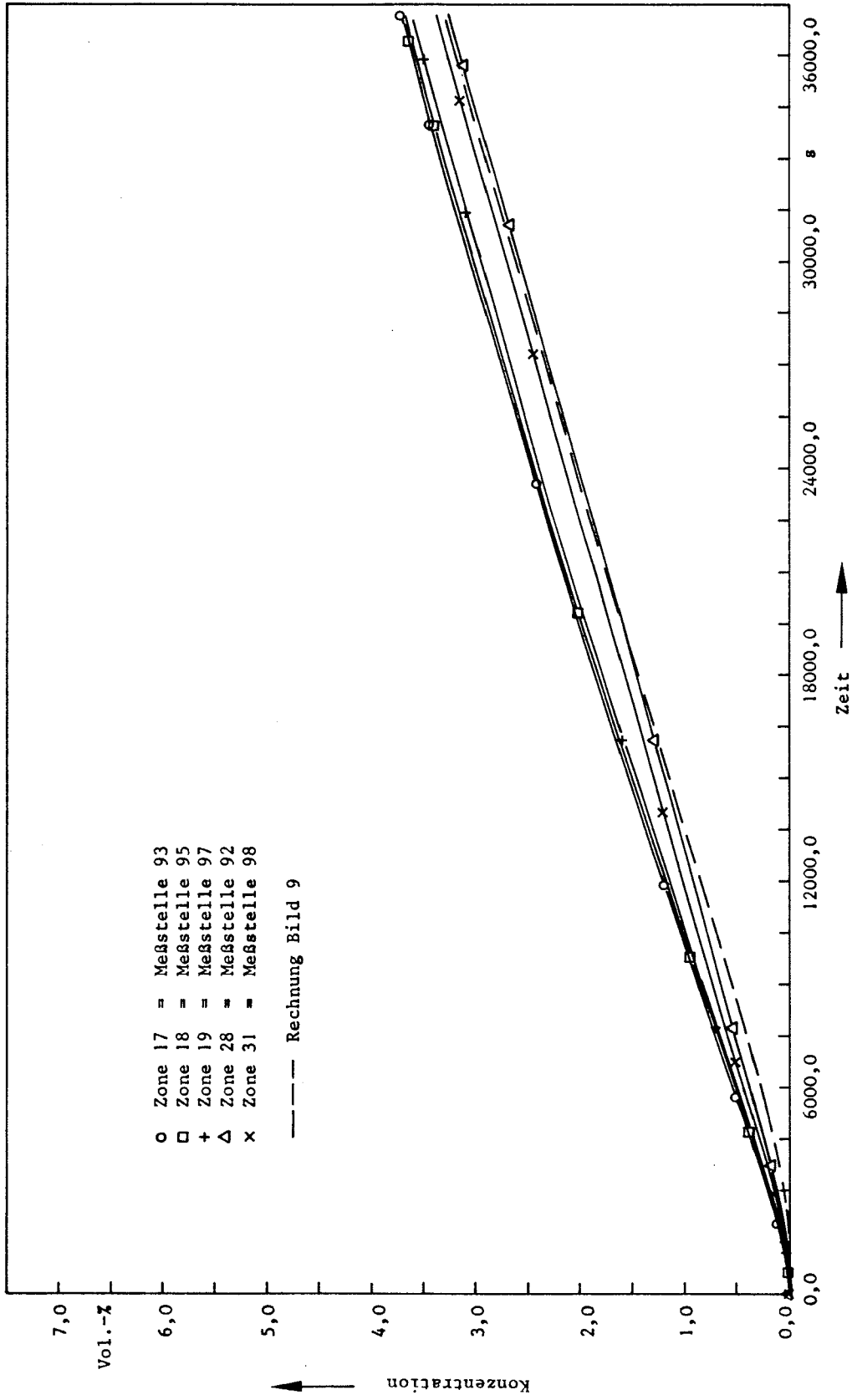


Bild 11:

H<sub>2</sub>-Konzentrationen, Versuch Nr. 8, weitere Meßstellen



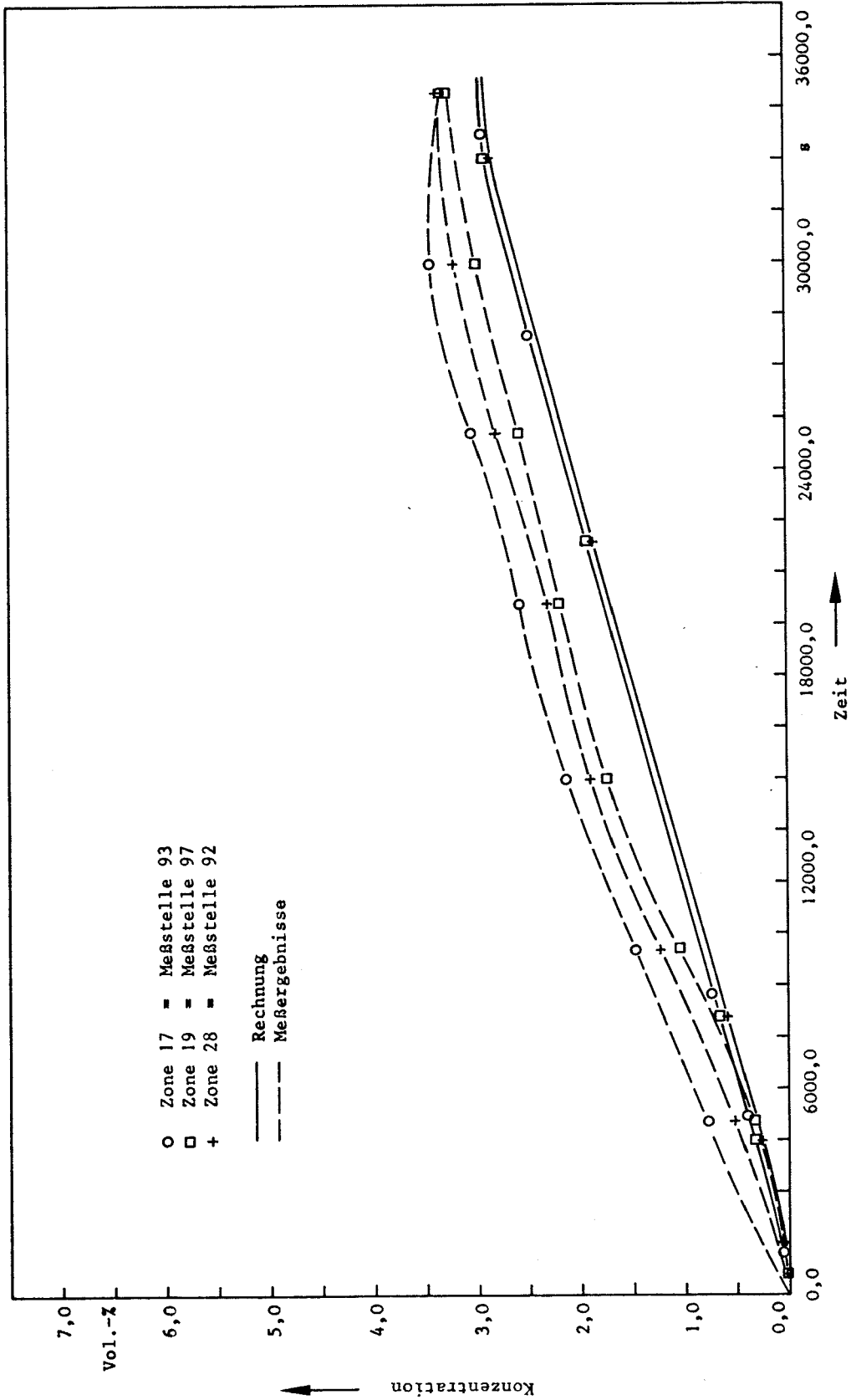


Bild 12:

H<sub>2</sub>-Konzentrationen, Versuch Nr. 9

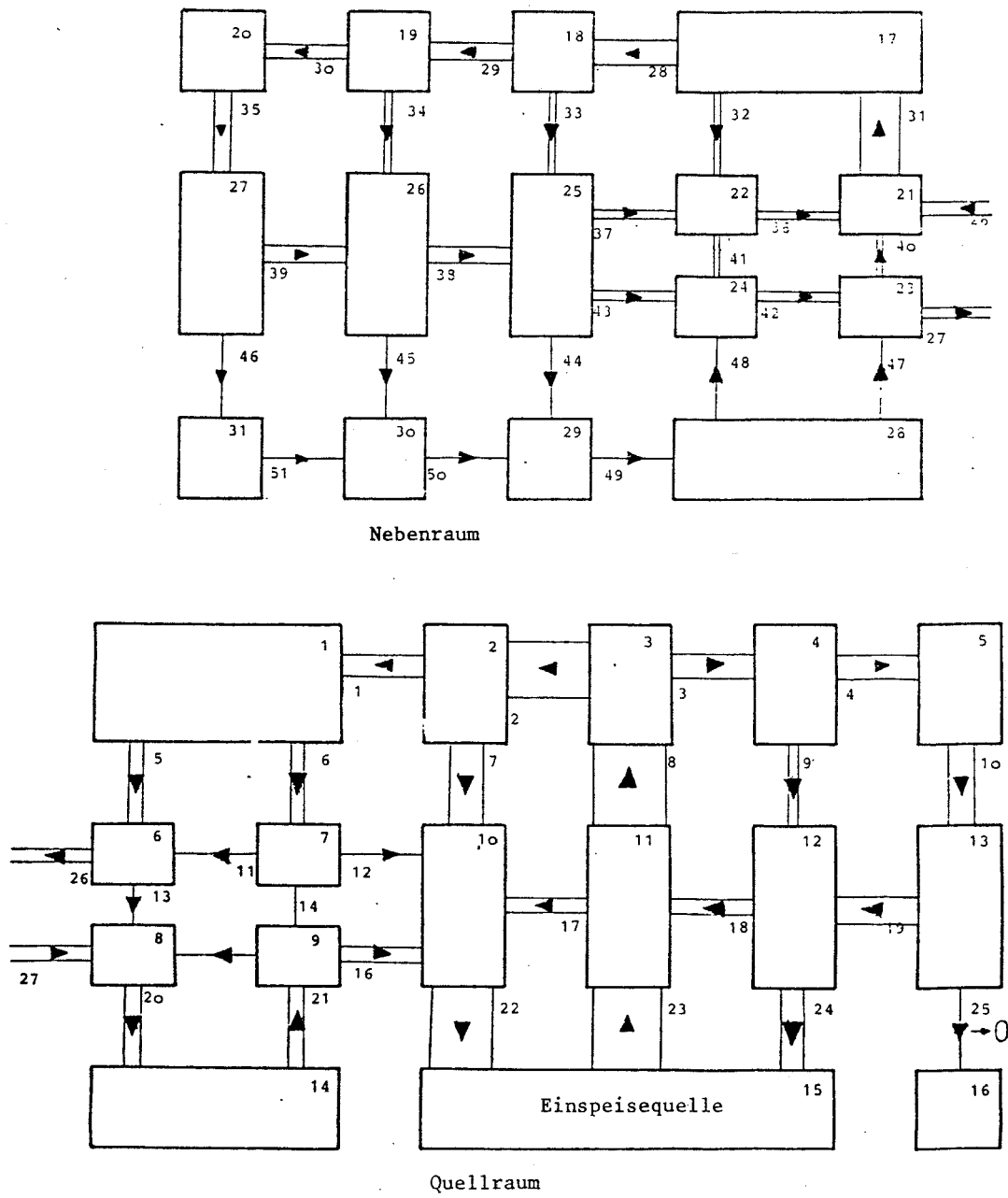


Bild 13:  
Massenstrom, Versuch Nr. 7