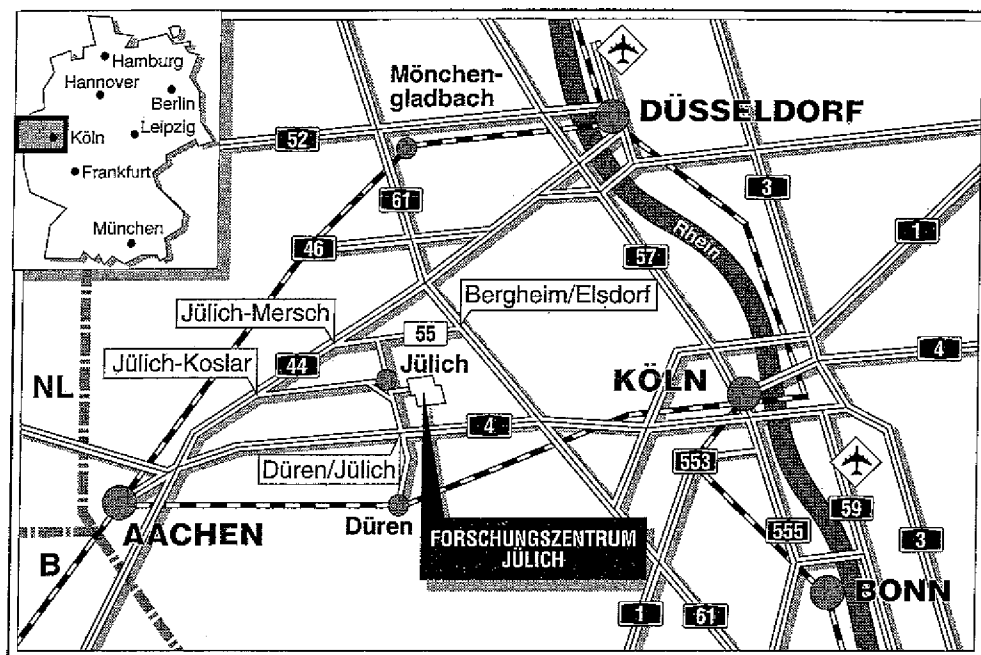


*Institut für Festkörperforschung*

**Langsame Ladungsverschiebungen  
mit wechselndem Vorzeichen in  
einem Festkörperelektrolyten nach  
Adsorption von polaren Molekülen**

R. Stockmeyer





**Berichte des Forschungszentrums Jülich ; 2563**

ISSN 0366-0885

Institut für Festkörperforschung Jül-2563

Zu beziehen durch: Forschungszentrum Jülich GmbH Zentralbibliothek  
Postfach 19 13 · D-5170 Jülich · Bundesrepublik Deutschland  
Telefon: 02461/61-6102 · Telefax: 02461/61-6103 · Telex: 833556-70 kfa d



**Langsame Ladungsverschiebungen  
mit wechselndem Vorzeichen in  
einem Festkörperelektrolyten nach  
Adsorption von polaren Molekülen**

R. Stockmeyer



## Abstract

A slowly varying current with alternating direction has been observed between two platinum electrodes pressed on a porous, ion conducting solid sample (Cr-Na-X type zeolite) after adsorption of polar molecules ( $\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{CH}_3\text{HO}$ ,  $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$ ).

The time dependence of this phenomenon has been interpreted by assuming coupled fluctuations of adsorbate density and heat of adsorption (desorption) in the porous solid. The solutions of the corresponding differential equations for diffusion limited reactions are partly discussed analytically and partly studied in computer simulations.



## Inhaltsverzeichnis

|    |                                                                                                                                             |       |
|----|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|
| 1  | Einleitung                                                                                                                                  | 1     |
| 2  | Probe und Meßapparatur                                                                                                                      | 2-3   |
| 3  | Meßprogramme                                                                                                                                | 4     |
| 4  | Neutronentransmissionsmessung                                                                                                               | 5     |
| 5  | Ladungsverschiebungen nach Adsorption (Desorption)<br>von $\text{H}_2\text{O}$ , $\text{CH}_3\text{OH}$ , $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$ . | 6-7   |
| 6  | Interpretation der Meßkurven durch Lösung von<br>gekoppelten Differentialgleichungen für diffusions-<br>begrenzte Reaktionen.               | 8-14  |
| 7  | Zusammenfassung und Ausblick auf die weitere<br>Behandlung des Problems                                                                     | 15-16 |
| 8  | Danksagung                                                                                                                                  | 17    |
| 9  | Literaturverzeichnis                                                                                                                        | 18-20 |
| 10 | Abbildungen                                                                                                                                 | 21-33 |
| 11 | Anhang (ASYST)                                                                                                                              | 35    |



## 1. Einleitung

Das Phänomen fluktuierender elektrischer Ströme bzw. Spannungen zwischen den Elektroden einer elektrochemischen Festkörperzelle ist zuerst als Störung an einer Sonde bemerkt worden, die ein elektrisches Signal als Anzeige für den Wassergehalt eines porösen Körpers liefert /1/.

Das Hin- und Herpendeln von makroskopischen Ladungsverschiebungen tritt auf, wenn eine Adsorptionsfront mit starkem Konzentrationsgradienten den Raum zwischen den Elektroden erreicht. Da eine "Batterie mit Vorzeichenwechsel" unglaublich ist, wurde mit einer automatisierten Meßeinrichtung die Reproduzierbarkeit des Effektes durch vielfache Wiederholungen belegt.

Mit der im folgenden dargestellten Apparatur wurde auch die Orts- und Zeitabhängigkeit der Neutronentransmission der Probe gemessen, um die Korrelation zwischen dem Auftreten von Spannungen zwischen den Platinelektroden an einer porösen, ionenleitenden Probe und dem Eintreffen der Adsorptionsfront festzustellen. Es liegt nahe, die Beobachtungen in den Bereich einzuordnen, der durch Lösungen von Differentialgleichungen für Systeme von diffusionsbegrenzten Reaktionen beschrieben werden kann /2,3,4/.

Die bisherige mathematische Beschreibung von Phänomenen bei gekoppelten Diffusionsströmen und Reaktionen in Festkörpern /5–8/ und elektrolytischen Zellen /9/ ist allerdings nicht zur Interpretation unserer Daten geeignet.

Wir stellen deshalb ein Gleichungssystem vor, das die diffusive Bewegung von adsorbierter Masse und Wärme beschreibt, die durch Wärmeumwandlung bei Adsorptions–(Desorptions)–Prozessen miteinander verknüpft sind. Für einen Teilbereich der physikalischen Parameter wurden analytische Lösungen des Gleichungssystems angegeben.

Die Meßergebnisse werden durch numerische Lösungen des Gleichungssystems qualitativ richtig wiedergegeben.

## 2. Probe und Meßapparatur

Bei früheren Versuchen /1/ wurde mit verschiedenen Silikaten als Festkörperelektrolyt das Auftreten von fluktuierenden Strömen (Spannungen) zwischen den aufgepreßten Elektroden nach einem Adsorptionsschritt festgestellt. Als Probenmaterial wurde bei den hier dargestellten Messungen ein synthetisches Zeolith (von der Firma Bayer, Leverkusen) vom Typ NaX verwendet, dessen Na-Ionen teilweise durch Cr-Ionen ersetzt worden sind. In dieser Form ist die Wechselwirkung des Zeolithes mit polaren Adsorbatmolekülen so stark, daß z.B. bei früheren Adsorptions-Desorptionszyklen mit Wasser eine Freisetzung von  $H_2$  beobachtet wurde.

Um einen kompakten Körper (PB in Abb. 1) zu erzeugen wurde das feinkörnige Pulver mit Alkohol vermischt in die beiden Hälften einer Teflon-Form (TF in Abb. 1) gefüllt, die zuvor mit Platin Drähten als Kontaktpaaren (siehe Abb. 2) und Pt-100 Temperaturfühlern ausgelegt worden waren. Zwei Stahlgehäuse (SP in Abb. 1) wurden so miteinander verschraubt, daß die Probe in dem Teflongehäuse und die Teflonisolierschläuche der Pt-Anschlußdrähte unter hohen Druck gesetzt werden.

Durch die Einfüllrohre (AD in Abb. 1) konnte der Alkohol entweichen.

Während eines langsamen Sinterprozesses (2 Jahre) wurde durch Nachziehen der Verschraubungen die Dicke der Probe (a in Abb. 1) von ursprünglich 10 mm auf 6 mm verringert. Dabei wurden die Ränder der Teflon-Form so stark auf die Pt-Anschlußdrähte und die Adsorbat-Einfüllrohre gedrückt, daß nach Zugabe von Flüssigkeit kein meßbarer Druckanstieg in dem evakuierten Behälter (H in Abb. 3) auftritt, der das Probengefäß umgibt.

Eine Heizwicklung an dem Stahlgehäuse (SP in Abb. 1) und ein Temperaturregler (TR in Abb. 3) ermöglichen die Regenerierung der Probe durch Abpumpen von Adsorbaten bei  $90^{\circ}C$  mit einer Turbomolekularpumpe. Wegen der kleinen Strömungsquerschnitte in der Probe und der niedrigen Desorptionstemperatur wurde jeweils etwa eine Woche lang desorbiert.

In Abb. 3 ist die Meßanlage schematisch dargestellt mit der in der Probe (S) Flüssigkeiten adsorbiert und desorbiert wurden.

Ein Bornitrid-Kollimator (BN) hinter der Probe (1 cm starke Platte mit Bohrungen von 0,5 mm Durchmesser im Abstand von 0,7 mm) führt den Neutronenstrahl (NB) auf einen ortsempfindlichen Detektor, der aus einer 2 x 9 Matrix von Neutronen-Photowiderständen /10/ besteht. Wenn eine Adsorptionsfront in der Probe z.B. von oben nach unten fortschreitet, treten nacheinander zwischen den Pt-Kontaktpaaren ( $Pt_{nm}$  in Abb. 1) Spannungen auf (Abb. 2) und hinter dem vom Adsorbat erreichten Teil der Probe steigt der Widerstand der Neutronen-Photowiderstände an, weil weniger Neutronen die Probe – ohne gestreut zu werden – passieren und dementsprechend weniger Licht in der  $Li^6F$ -Silikatschicht auf dem Photowiderstand erzeugt wird.

Die fluktuierenden EMK zwischen den Pt-Kontakten, der Widerstand der vier Pt 100 Temperaturfühler und der Widerstand der Neutronenphotodetektoren (Strommessung mit Knick Nanoampèremeter bei 10 Volt Spannungsvorgabe) werden nach Umschaltung der Kontakte mit einem Meßstellenumschalter (SC in Abb. 3) mit Digitalmultimetern gemessen.

### 3. Meßprogramm

Der Ablauf der Messungen wurde von einem Kleinrechner gesteuert. Das im Anhang wiedergegebene Meßprogramm hat folgende Struktur:

nach Definition von Datenstrukturen und Geräteinitialisierungen werden "Worte" definiert in der Form

: NEUES.WORT

Folge von Anweisungen unter Benutzung vorher definierter Worte

;

Mit dem "Wort" "SCANNER.MESSUNG" wird ein Programm definiert, das in 1000 Zyklen die Meßwerte abfragt und in einem Datensatz ablegt. Die Zeiten zwischen den Umschaltungen des Keithley Scanners 705 und dem Abfragen der Digitalmultimeter sind innerhalb eines Zyklusses so gewählt, daß genügend Zeit zum Abklingen von Schalteffekten bleibt. Die Pausendauer zwischen den Wiederholungen kann beim Programmstart eingegeben werden.

Wenn man den Programmablauf nachvollziehen will, liest man zweckmäßigerweise zuerst die zuletzt definierten Worte im Quelltext.

Das zugrundeliegende Forth-System "ASYST" von der Firma Keithley übersetzt den Quelltext in der Weise in Maschinensprache, wie man natürlicherweise eine Sprache lernt (lehrt): mit einfachen Worten anfangend werden Worte mit komplexerer Bedeutung zusammengesetzt. Nach dem Laden des Programmes stehen alle definierten Konstanten, Variablen, Strings und Datenfelder allen "Worten" zur Verfügung, die man in Fortran als Unterprogramme bezeichnen würde.

#### 4. Neutronen-Transmissionsmessung

Die in Abschnitt 2 beschriebene Apparatur ist für den monochromatischen Strahl am Flugzeitspektrum SV5c des FRJ 2 ausgelegt, in dem normalerweise auf einer Fläche von 8 cm x 10 cm  $3 \cdot 10^8$  Neutronen pro Sekunde für Meßzwecke zur Verfügung stehen /11/. In diesem Strahl konnten mit Neutronen-Photowiderständen Intensitätsänderungen von weniger als 1 % gut gemessen werden /12/. Wegen der langen Betriebspause des FRJ 2 mußten die Neutronen-Transmissionsmessungen an der Na-Cr-X-Typ Zeolith Probe mit gleichzeitiger Messung der EMK's an den Pt-Kontaktpaaren an anderer Stelle durchgeführt werden. Prof. R. Scherm stellte freundlicherweise einen Neutronenstrahl am Forschungsreaktor der PTB Braunschweig zur Verfügung. Herr H. Strothmann hat die Durchführung der Arbeit betreut. Wegen der geringeren Strahlenintensität und des kleineren Strahlquerschnitts konnte das Fortschreiten und Auseinanderlaufen der Adsorptionsfront in der Probe nicht so detailliert wie geplant gemessen werden.

Die Widerstandsänderung (Kreuze in Abb. 4) des Neutronen-Photowiderstands, der in der Strahlmitte liegt, ist jedoch deutlich sichtbar mit dem Eintreffen des Adsorbates ( $C_2H_5OH + 5 \% H_2O$ ) in dem Probenbereich verknüpft, an dem gleichzeitig an einem Pt-Kontaktpaar die EMK gemessen wird (ausgezogene Kurve in Abb. 4 und Pfeil 5). Die Pfeile 1 und 8 in Abb. 4 weisen auf die Zeitpunkte hin, zu denen ein Anstieg der EMK an dem Pt-Kontaktpaar 1 bzw. 8 gemessen wurde. Die Adsorptionsfront ist demnach mit einer Geschwindigkeit  $v = 1.3 \cdot 10^{-3} \text{ cm s}^{-1}/\text{sec}$  durch die Probe gewandert. Bei dieser Geschwindigkeitsabschätzung kann die (nicht gemessene) Verbreitung des Konzentrationsprofils natürlich nicht berücksichtigt werden. Die Änderung der EMK tritt am Ende der Probe ebenso plötzlich ein wie am Anfang. Das spricht für die Aufrechterhaltung einer Adsorptionsfront großer Steilheit. Wenn man eine diffusive Ausbreitung des Adsorbates entsprechend  $X = \sqrt{2 D t}$  ( $x = 7 \text{ cm}$ ,  $t = 5400 \text{ sec}$ ) unterstellt, folgt daraus eine Diffusionskonstante  $D = 4.5 \cdot 10^{-3} \text{ cm}^2 \text{ s}^{-1}$ . Die Selbstdiffusionskonstante von  $H_2O$  in Zeolith NaX beträgt  $2 \cdot 10^{-5} \text{ cm}^2 \text{ s}^{-1}$  bei  $40^\circ\text{C}$  /13/.

## 5. Ladungsverschiebungen nach Adsorption (Desorption) von $\text{H}_2\text{O}$ , $\text{CH}_3\text{OH}$ , $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$

Im Laufe von 2 Jahren wurden 50 Adsorptions/Desorptionsmessungen durchgeführt, bei denen die EMK's von 8 Platin-Kontaktpaaren und die Proben temperatur an 4 Stellen gemessen wurde.

Als Adsorbat wurde  $\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{CH}_3\text{OH}$  und  $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$  verwendet. Das Adsorbat wurde jeweils am oberen Ende der Probe zugegeben. Die Proben temperatur wurde auf Werte zwischen 20 und 50°C eingestellt. Um den Lauf der Adsorptionsfront zu verändern wurde mit/ohne Druck auf dem Adsorbatvorrat über dem Probeneingang gemessen und das Ventil am Probenausgang zur Vakuumpumpe hin offen/geschlossen gehalten während der "SCANNER.MESSUNG" (siehe Anhang). Die Zeitabhängigkeit der Spannungen  $\text{EMK}(t)$ , im Programm MWn (1000); ( $n = 1, \dots, 8$ ) genannt, ist bei Wiederholung von Messungen nicht im einzelnen voraussagbar. Die Meßergebnisse werden im folgenden durch typische Beispiele repräsentiert.

Abb. 4 stellt den Fall dar, daß die EMK auf etwa 10 mV an 60 K $\Omega$  Lastwiderstand ansteigt und sich danach langsam verändert.

Abb. 5 zeigt den Verlauf der gemessenen Spannungen für die Kontaktpaare Nr. 1 bis Nr. 8 nach Zugabe von Alkohol (95 %) auf das obere Einfüllrohr an der Probe. Die Probe war auf Raumtemperatur und das Einfüllrohr am unteren Ende der Probe war verschlossen. Der Alkoholvorrat war größer als die Adsorptionskapazität der Probe. Entsprechend den Abständen zwischen den Kontaktpaaren setzen die in Abb. 5 dargestellten Signale verzögert ein und wechseln zum Teil das Vorzeichen. Innerhalb der Meßdauer von 34 Stunden klingen die Kurven nicht auf konstante Werte ab.

In Abb. 6 sind die  $\text{EMK}(t)$  von Kontaktpaar Nr. 2 und Nr. 7 dargestellt von einer Messung bei der 1 Stunde nach Beginn der (siehe Anhang) "SCANNER.MESSUNG" Alkohol auf die vorher getrocknete Probe gegeben wurde. Während Nr. 2 ein mehrfaches Überschwingen und eine anschließende langsame Reaktion zeigt, klingt das Signal Nr. 7 einfach nur ab.

Die Signale Nr. 2 und Nr. 7 können sich auch bis auf die Amplitude ähnlich sein, wie man in Abb. 7 sieht.

In Abb. 8 ist die relative Änderung des Signals von Kontaktpaar Nr. 7 nach Adsorption von Alkohol dargestellt und die relative Änderung des Widerstandes des zugehörigen Platin–Temperaturwiderstandes. Die Proben temperatur lag während dieser Messung zwischen 50 und 51°C. Das Hin– und Herpendeln des elektrischen Signales rührt offensichtlich nicht von Temperaturschwankungen der ganzen Probe her.

## 6. Interpretation der Meßkurven durch Lösung von gekoppelten Differentialgleichungen für diffusionsbegrenzte Reaktionen.

Zur Interpretation der gemessenen elektrischen Spannungen (Ströme) zwischen den Platindrähten auf der Oberfläche der Probe (Abb. 2) nehmen wir an, daß das elektrochemische Potential zwischen Platin und dem Cr-Na-X Zeolith von der Adsorbatdichte abhängt. Die Adsorbatdichte steuert die Einstellung des Gleichgewichtes der Reaktion /14/



Wenn die Adsorbatdichte an den Enden der Strecke a in Abb. 2 nicht gleich ist, entsteht eine Potentialdifferenz. Nachdem die Adsorptionsfront in der c-Richtung durchgelaufen und die Probe mit Adsorbat gesättigt ist, klingen die Adsorbatdichteschwankungen und damit die EMK's zwischen den Platinkontakten ab. Um die Messungen mathematisch nachzuvollziehen nehmen wir an, daß die gemessene EMK proportional ist zur Differenz der Dichte der – teilweise dissoziierten – Adsorbatmoleküle.

Wir berechnen im folgenden den zeitlichen und räumlichen Verlauf der Adsorbatdichte entlang der Strecke a zwischen zwei Platinkontakten.

Das Eintreffen der Adsorbatfront bei einem Kontaktpaar wird beschrieben durch eine Adsorbatverteilung.

$$M(x, t = 0) \quad 0 < x < a \quad [\text{g cm}^{-3}] \quad (2)$$

Fluktuationen der Adsorbatdichte entstehen durch Adsorptions(Desorptions)–Prozesse, die mit einer Freisetzung (Verbrauch) von Wärme verbunden sind. Dementsprechend rechnen wir mit einer Verteilung des Wärmeinhaltes der Probe.

$$W(x, t = 0) \quad 0 < x < a \quad [\text{Kcal cm}^{-3}] \quad (3)$$

Die Adsorbatdichte M kann  $0.1 \text{ g cm}^{-3}$  betragen /13/. Die Wärmeldichte liegt in der Größenordnung  $0.1 \text{ Kcal cm}^{-3}$  /15/.

Für den beobachteten Effekt maßgebend sind die Konzentrationsunterschiede, die bei dem diffusiven Abbau der Anfangsverteilung entstehen. Für die Diffusionskonstante des Adsorbates,  $DM$ , kann man mit Werten unter  $10^{-5} \text{ cm}^2 \text{ s}^{-1}$  rechnen /13/. Die Wärmediffusionskonstante,  $DW$ , kann  $10^{-4} \text{ cm}^2 \text{ s}^{-1}$  betragen /15/. Der Wärme- und der Adsorbattransport sind dadurch gekoppelt, daß ungefähr 1 Kcal Wärme freigesetzt (verbraucht) wird wenn 1 g Masse adsorbiert (desorbiert) wird /13/.

Der Masse- und Wärmetransport wird beschrieben durch die Gleichungen

$$\dot{W} = DW \cdot W_{xx} + QM \cdot \dot{M} \quad (4)$$

$$\dot{M} = DM \cdot M_{xx} - QW \cdot \dot{W} \quad (5)$$

$QM$  [Kcal  $\text{g}^{-1}$ ] in Gleichung (4) berücksichtigt die Freisetzung von Wärme bei Adsorption. Der Term mit  $-QW$  [g Kcal $^{-1}$ ] in Gleichung (5) beschreibt die Abnahme der lokalen Adsorbatmenge durch zugeführte Desorptionswärme.

Zu den Lösungen der Gleichungen (4) und (5) kann man einige allgemeine Aussagen machen. Dazu schreiben wir die Gleichungen in der Form

$$\dot{M} = D_m \cdot M_{xx} - Q_w W_{xx} \quad (6)$$

$$\dot{W} = Q_m M_{xx} + D_w W_{xx}$$

mit

$$\begin{aligned} D_m &= \frac{DM}{1+QW \cdot QM} & D_w &= \frac{DW}{1+QW \cdot QM} \\ Q_w &= \frac{DW \cdot QW}{1+QW \cdot QM} & Q_m &= \frac{DM \cdot QM}{1+QW \cdot QM} \end{aligned} \quad (7)$$

Auf der rechten Seite der Gleichungen stehen jetzt die zweiten Ableitungen nach  $x$ . Wir schränken nun die Betrachtung ein auf Anfangsbedingungen und Lösungen, die periodisch sind im Intervall  $0 < x < a$  (bis auf eine Konstante).

$$\begin{aligned}
 M &= F_m(t) \cdot P_m(x) & W &= F_n(t) \cdot P_n(x) \\
 P_m(x) &= \cos\left(m\pi\frac{x}{a}\right) & P_n(x) &= \cos\left(n\pi\frac{x}{a}\right) \\
 M_{xx} &= -\left(\frac{m\pi}{a}\right)^2 \cdot M & W_{xx} &= -\left(\frac{n\pi}{a}\right)^2 \cdot W
 \end{aligned} \tag{8}$$

Damit erhält unser Gleichungssystem die Gestalt

$$\dot{R} = A \cdot R \tag{9}$$

mit dem Vektor  $R = (M, W)$  und einer Matrize  $A = \begin{pmatrix} a & b \\ c & d \end{pmatrix}$

$$\begin{aligned}
 a &= -\left(\frac{m\pi}{a}\right)^2 D_m & b &= \left(\frac{n\pi}{a}\right)^2 \cdot Q_w \\
 d &= -\left(\frac{n\pi}{a}\right)^2 \cdot D_w & c &= -\left(\frac{m\pi}{a}\right)^2 \cdot Q_m
 \end{aligned}$$

Das Verhalten von Lösungen der Gleichung (9) ist z.B. in dem Buch /4/ dargestellt. Man bestimmt die Eigenwerte  $(\lambda_1, \lambda_2)$  von A und bildet mit den zugehörigen Eigenvektoren die Transformationsmatrix, mit der A auf Hauptachsen transformiert wird. In dem entsprechend transformierten Koordinatensystem,  $R = (M, W)$  sind die Gleichungen für M und W entkoppelt.

Die Anfangsverteilung strebt mit der Zeit gegen die gemittelten Anfangskonzentrationen mit einer Exponentialfunktion

$$F_{m,n}(t) = \exp(\lambda_{1,2} \cdot t) \tag{10}$$

$$\lambda_{1,2} = \frac{\tau}{2} \pm \sqrt{\left(\frac{\tau}{2}\right)^2 - \delta}$$

$$\tau = \lambda_1 + \lambda_2 = a + d$$

$$\delta = \lambda_1 \cdot \lambda_2 = ad - bc$$

Die Zeitkonstanten  $\lambda_1, \lambda_2$  folgen aus den Elementen unserer Matrix A :

$$\lambda_{1,2} = -\frac{1}{2(1+QW \cdot QM)} * \quad (11)$$

$$\left[ \left( \left( \frac{m\pi}{a} \right)^2 \cdot DM + \left( \frac{n\pi}{a} \right)^2 \cdot DW \right) \right.$$

$$\left. \mp \sqrt{\left[ \left( \left( \frac{n\pi}{a} \right)^2 DW - \left( \frac{m\pi}{a} \right)^2 DM \right)^2 - 4 \left( \frac{nm\pi^2}{a^2} \right)^2 \cdot DM \cdot DW \cdot QM \cdot QW} \right]} \right]$$

Wenn die Eigenwerte  $\lambda_1$  und  $\lambda_2$  beide reell und negativ sind, werden die x-Modulationen der Anfangsverteilung einfach exponentiell abgebaut.

Um ein Gefühl für die Größenordnungen zu vermitteln nehmen wir an

$$n = m = 1 \quad a = \pi \text{ [cm]} \quad QW \cdot QM = 1$$

$$DM = 10^{-5} \text{ cm}^2 \text{ s}^{-1} \quad DW = 10^{-4} \text{ cm}^2 \text{ s}^{-1}$$

Damit wird

$$\lambda_{1,2} = -0.25 \{ (DM + DW) \mp \sqrt{DM^2 + DW^2 - 6 \cdot DM \cdot DW} \} \quad (12)$$

$$\lambda_{1,2} = -0.25 \cdot 10^{-4} \{ 1.1 \mp 0.63 \} \quad [\text{sec}^{-1}]$$

In diesem Falle klingen die Masse bzw. Wärmefluktuationen mit verschiedenen, sehr kleinen Zeitkonstanten ab. Die für den Meßeffect maßgebliche Differenz der Adsorbatkonzentration an den Rändern des x-Intervalls strebt entsprechend gegen Null.

Eine gedämpfte oszillierende Lösung, die den beobachteten Vorzeichenwechsel der EMK erklären könnte, tritt auf, wenn der Ausdruck unter der Wurzel in Gleichung (11) negativ ist. Unter den vereinfachenden Annahmen der Gleichung (12) lautet diese Bedingung

$$DM/DW + DM/DW < 6$$

Die Diffusionskonstanten der Masse und der Wärme dürfen also nicht zu stark voneinander abweichen, damit die Annäherung an den Endpunkt eine oszillierende Komponente enthält. In der allgemeineren mathematischen Beschreibung sagt man in diesem Falle, die Lösungen streben spiralförmig gegen einen stabilen Fixpunkt /4/.

Die bisher diskutierten Lösungen des Gleichungssystems (6) sind insofern unrealistisch als beim Experiment der Masse- bzw. Wärmedichte nicht eine periodische Modulation aufgeprägt wird. Realistischer ist die Annahme, daß die Dichteschwankungen nach Eintreffen der Adsorptionsfront auf der Strecke  $a$  zwischen den Platinelektroden statistisch verteilt sind.

Für die numerische Darstellung des diffusiven Abbaues einer statistischen Anfangsverteilung der Dichteabweichungen vom Mittelwert haben Herr Dr. M. Mihelcic und Herr K. Wingerath (IFF) ein Programm zur Verfügung gestellt, welches die Lösung des Differenzgleichungssystems entsprechend (6) iterativ berechnet. Der Aufwand an Rechenzeit hängt von der Dichte der Stützstellen im Intervall  $0 < x < 1$  und dem gewählten Zeitschritt  $\Delta t$  ab.

Um nicht mehr Rechnerkosten zu verursachen als der Sache angemessen ist, sollte man durch Vergleich von numerisch und analytisch berechneten Kurven feststellen, welches Raster ausreicht, um den Berechnungsfehler kleiner als einige Prozent zu halten.

Zu diesem Zweck konstruieren wir spezielle Lösungen,

$$\begin{aligned} M &= M_0 + e^{-k t} \cdot \cos(m \pi x) \cdot M_1 \\ W &= W_0 + e^{-k t} \cdot \cos(n \pi x) \cdot W_1 \quad 0 \leq x \leq 1 \end{aligned} \quad (13)$$

die in (6) eingesetzt ergeben

$$\begin{aligned} -K(M - M_0) &= m^2 \pi^2 D_m (M - M_0) + n^2 \pi^2 Q_w (W - W_0) \\ -K(W - W_0) &= n^2 \pi^2 D_w (W - W_0) - m^2 \pi^2 Q_m (M - M_0) \end{aligned}$$

Für die Zerfallskonstante  $K$  setzen wir einen Eigenwert ein, der die Bedingung  $\text{Det}(A) = 0$  erfüllt:

$$(K - m^2 \pi^2 D_m) (K - n^2 \pi^2 D_w) = -n^2 m^2 \pi^4 Q_w Q_m \quad (15)$$

und wählen die Amplituden der Modulation entsprechend dem zugehörigen Eigenvektor:

$$\frac{M_1}{W_1} = \frac{(K - n^2 \pi^2 D_w)}{m^2 \pi^2 Q_m} \text{ bzw. } = \frac{n^2 \pi^2 Q_w}{(m^2 \pi^2 D_m - K)} \quad (16)$$

Das Nachvollziehen der Lösung (13) mit  $n = m = 33$  und Werten für  $D$  und  $Q$  aus dem physikalisch relevanten Bereich hat ergeben, daß es ausreicht mit Intervallen  $\Delta X = 10^{-3}$  [cm] und  $\Delta t = 0.03$  [sec] zu rechnen.

Um die Messungen zu simulieren wurde als Anfangsverteilung eine Konstante mit einer statistischen Modulation angenommen. Der zeitliche Verlauf der Differenz der Massendichte an den Enden des  $x$ -Intervalles  $0 \leq x \leq 1$

$$f(t) = [M(1,0) - M(0,0)] / [M(1,0) + M(0,0)] \quad (17)$$

hängt von den physikalischen Parametern  $D_m$ ,  $D_w$ ,  $Q_m$ ,  $Q_w$  und von der statistischen Modulation ab.

Durch Variation der physikalischen Parameter und durch Wiederholung der numerischen Berechnung mit erneuerter statistischer Zahlenfolge, durch welche die Anfangsverteilung erzeugt wird, wurde eine große Anzahl von Kurven  $f(t)$  berechnet, von denen hier einige wiedergegeben werden.

Die Darstellungen der berechneten Funktionen  $f(t)$  in den Abbildungen 9 bis 15 enthalten als Bildeinsatz die Werte für die Diffusionskonstanten  $DW$  (Wärme),  $DM$  (Masse) in  $[\text{cm}^2 \text{s}^{-1}]$  und die Quellterme  $QW$  [ $\text{g Kcal}^{-1}$ ],  $QM$  [ $\text{Kcal g}^{-1}$ ]. Die statistische Anfangsverteilung der Masse- bzw. Wärmedichte ist im Programm parametrisiert in der Form

$$M_o(X_i) = AANF - 0.5 \cdot AANF \cdot S_i \quad (18)$$

$$W_o(X_i) = WANF + 0.01 \cdot WANF \cdot S_i$$

wobei  $0 < S_i < 1$  eine statistische Folge von Zahlen ist mit der Nebenbedingung  $\sum S_i = 1$ .

Die Form (18) ist eine der untersuchten Anfangsverteilungen. Sie enthält die Annahme, daß die relativen Schwankungen der Wärmedichte kleiner sind als die der Massendichte (Adsorbatdichte). Das in Abb. 9 gezeigte einfache Abklingen einer anfänglichen Dichte-Differenz  $f(t)$  mit einer Zeitkonstanten ( $1/e$  Abfall) von  $\tau = 400$  sec tritt ähnlich auch bei gemessenen Kurven EMK ( $t$ ) auf, siehe z.B. Kurve 7 in Abb. 6 und Kurve 7 in Abb. 7. In dem untersuchten Parameterbereich kommt es bei Wiederholung des Rechnerexperimentes mit neuer Startzahl für den Zufallszahlengenerator häufig vor, daß eine Anfangsdifferenz mit einem Überschwinger ( $f(t)$  mit einem Nulldurchgang und einem Extremum) abgebaut wird, wie in Abb. 10 gezeigt wird. Dieses Verhalten findet man auch in experimentellen Daten, z.B. in Kurve 2 der Abb. 6. Nach Durchlaufen eines Extremwertes kann  $f(t)$  in einen sehr langsam veränderlichen Teil übergehen, der sich innerhalb der Rechenzeit (200 000 Zeitschritte) der Nulllinie nur wenig nähert (Abb. 11).

Eine Anfangsdifferenz kann sich auch erst weiter verstärken ehe sie wieder abgebaut wird (siehe Abb. 12 und Abb. 5).

Ein weiterer Typ von Lösungen enthält zwei Nulldurchgänge und zwei Extremwerte (Abb. 13, 14 und Kurve 2 in Abb. 7). Die Zeit zwischen zwei Nulldurchgängen beträgt bei  $f(t)$  in Abb. 14 1300 Sekunden, bei der Meßkurve 2 in Abb. 7 800 Sekunden.

Zu Abb. 15 (vergleiche Abb. 8) ist ein Kurventyp mit 3 Nulldurchgängen gezeigt.

Die auf den ersten Blick merkwürdig erscheinenden, nicht voraussagbaren Meßkurven lassen sich also den Lösungen eines Differentialgleichungssystems für diffusionsbegrenzte Reaktionen zuordnen, die man bei statistischer Modulation der Anfangskonzentrationen erhält, und zwar – wie beim wirklichen Experiment – in nicht im einzelnen voraussagbarer Weise.

## 7. Zusammenfassung und Ausblick auf die weitere Behandlung des Problems

Mit Platinkontaktpaaren auf der Oberfläche eines porösen, ionenleitenden Festkörpers der Abmessungen  $a \times b \times c = 6 \times 40 \times 100$  mm sind elektrische, fluktuierende Spannungen,  $EMK(t)$ , in der Größenordnung von 10 mV an einem äußeren Arbeitswiderstand von ca. 100 K $\Omega$  gemessen worden, nachdem eine dissoziierende Flüssigkeit zwischen den Pt-Kontakten im Abstand  $a = 6$  mm adsorbiert worden war. Diese Spannungen sind eine Größenordnung kleiner als die Potentialdifferenz einer Pt-Elektrolyt-Pt Kette, wenn die OH-Ionen Konzentrationen an den Enden sehr verschieden groß ist.

Zur Interpretation der Meßdaten wurde angenommen, daß die  $EMK(t)$  proportional ist zu der Differenz der Adsorbatdichten an der Oberfläche des umschlossenen, unter mechanischem Druck stehenden porösen Festkörpers.

Die Typen der gemessenen Kurven  $EMK(t)$  mit keinem, einem oder mehreren Vorzeichenwechseln wurden qualitativ gedeutet als Lösungen eines Differentialgleichungssystems für diffusionsbegrenzte Reaktionen.

Die bisherigen Arbeiten sind in zweierlei Hinsicht erweiterungsbedürftig.

Erstens konnte die Ausbreitung des Adsorbates entlang der b und c Richtung der Probe nicht orts- und zeitaufgelöst gemessen werden. Dazu müßte die Neutronentransmissionsmessung mit einer besseren Ausrüstung wiederholt werden (ortsauflösender Detektor mit Nachweiswahrscheinlichkeit  $> 10$  % und Ortsauflösung einige Millimeter oder statt dessen schnelles Abtasten der Probe mit einem feinen Neutronenstrahl).

Zweitens ist noch nicht untersucht worden welche Rolle der mechanische Druck spielt, der für die Erzielung starker elektrischer Signale notwendig ist. Dazu sollte die Druckabhängigkeit der elektrischen Signale gemessen werden.

Auf der theoretischen Seite müßte eine alternative Erklärung der Phänomene näher betrachtet werden, die von Ladungsverschiebungen im Zeolith und im Adsorbat ausgeht, die miteinander gekoppelt sind und für die der mechanische Druck auf die Mikrokristalle eine Rolle spielt.

Die Ausbreitung von Wasser und wäßrigen Lösungen in porösen Festkörpern ist von praktischer Bedeutung im Boden (Sedimente, die aus mikrokristallinen Schichtsilikaten oder Aluminosilikate mit Zeolithstruktur bestehen) und in technischen Anlagen (Beton). Als Beispiele für die einschlägige Literatur sind die Literaturstellen /16/ bis /18/ aufgeführt.

In-situ Messungen der Wasserkonzentration mit Neutronen scheinen noch nicht durchgeführt worden zu sein und sind mangels äquivalenter anderer Methoden notwendig

### Danksagung

Für die Bereitstellung eines Neutronenstrahles am Forschungsreaktor der PTB Braunschweig danke ich Herrn Prof. R. Scherm und Herrn Dr. H. Strothmann. Herrn Dr. M. Mihelcic und Herrn K. Wingerath (IFF) danke ich für die einweisende Hilfe zum Gebrauch des Programmes zur Lösung eines Systems von Differenzengleichungen.

Bei der Ausrüstung eines Vakuumbehälters mit dem Probengefäß hat mir Herr M. Jungen geholfen. Dr. A. Kollmar hat die Voraussetzungen für die Messungen geschaffen, dadurch daß er mir die Beschaffung eines Multimeters und eines Meßstellenumschalters ermöglicht hat. Herrn Prof. R. Richter danke ich für die Anschaffung des Tischrechners, der den Meßvorgang steuert. Das für die Probe verwendete Zeolith vom Typ NaX wurde mir von Dr. L. Pappe, Bayer Leverkusen, zur Verfügung gestellt.

## Literatur

- /1/ R. Stockmeyer  
Elektrisch aktive Sonden für die Anzeige von molekularen Transportvorgängen in  
porösen Festkörpern  
Jül-Spez-165 (1982) ISSN 0343-7639
  
- /2/ Paul C. Five  
Mathematical Aspects of Reacting and Diffusing Systems  
Springer Verlag, Berlin (1979)
  
- /3/ J.M. Thompson  
Nonlinear Dynamics and Chaos  
Wiley, Wichester (1986)
  
- /4/ Jan Percival, Derek Richards  
Introduction to dynamics  
Cambridge University Press (1982)
  
- /5/ H.K. Henisch, J.M. Garcia-Ruiz  
Journal of Crystal Growth 75, 195 (1986)
  
- /6/ H.K. Henisch  
Journal of Crystal Growth 76, 279 (1986)
  
- /7/ C. Arbomeit  
Int. Journal of Modern Physics B 3, 1301 (1989)
  
- /8/ H. Trinkaus, C. Abromeit, J. Villain  
Phys. Rev. B. 40, 12531 (1989)

- /9/ R. Bruinsma, S. Alexander  
J. Chem. Phys. 92, 3074 (1990)
  
- /10/ R. Stockmeyer  
Neue Komponenten für das Neutronenspektrometer SV5c am 10H Kanal des  
Forschungsreaktors FRJ2  
Jül-2440 (1991) ISSN 0366-0885
  
- /11/ R. Stockmeyer  
Zeolites 5, 393 (1985)
  
- /12/ R. Stockmeyer  
Ber Bunsenges. Phys. Chem. 95, 458 (1991)
  
- /13/ D.W. Breck  
Zeolite Molecular Sieves (Seite 684)  
Wiley, New York 1974
  
- /14/ Guilio Milazzo  
Elektrochemie  
Birkhäuser Verlag, Basel (1980)
  
- /15/ D'Ans Lax  
Taschenbuch für Chemiker und Physiker  
Springer Verlag, Berlin (1967)
  
- /16/ C.L.D. Huang  
Int. Journal of Heat and Mass Transfer 22, 1295 (1979)
  
- /17/ H.R. Thomas, K. Morgan  
Int. J. Numer. Methods (6B) 15, 1381 (1980)

- /18/ Ed. J. Zierep, H. Oertel  
"Convective transport and instability phenomena"  
Verlag G. Braun, Karlsruhe (1982)

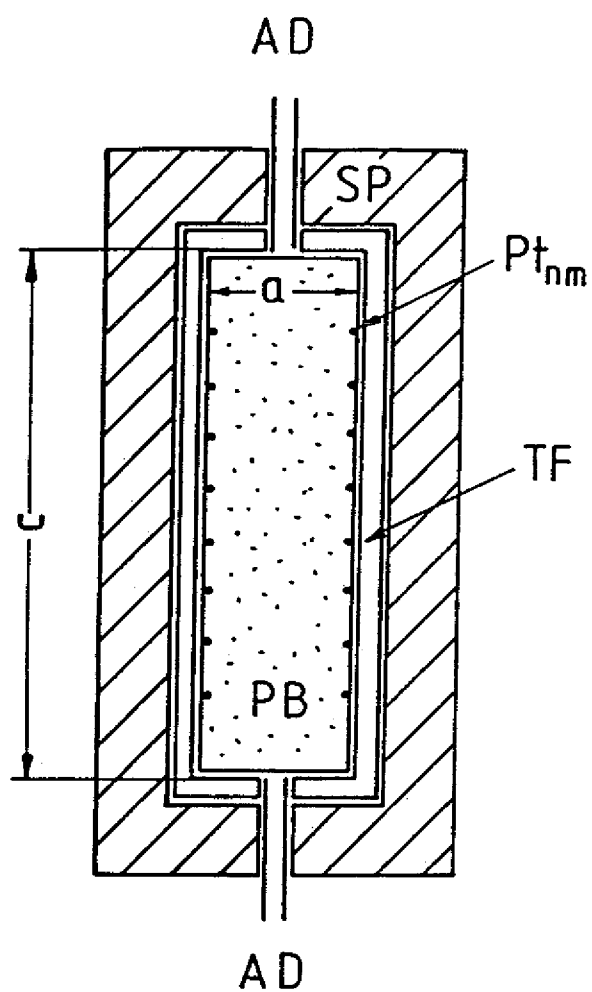


Fig. 1 Sample holder

PB = porous body

TF = teflon box

AD = tubes for adsorption/desorption of fluids

SP = steel plates pressing on the teflon box

Pt<sub>nm</sub> = platin wire, pressed on the surface  $c \times d = 100 \times 40$  mm ( $a = 6$  mm) of the porous body

$n = 1, \dots, 8$ ;  $m = 1, 2$

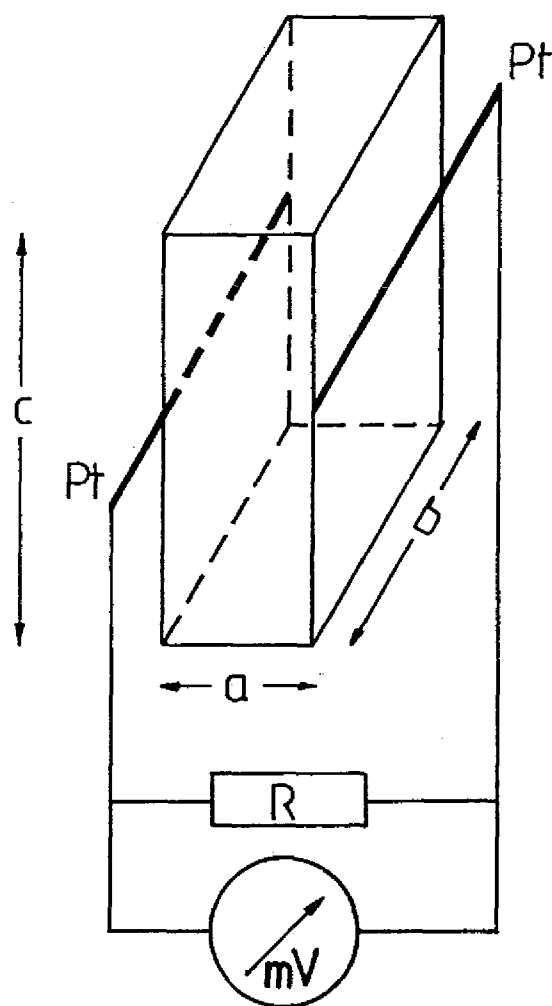


Fig. 2 Principle of the measurement of the electrical charge transfer between Pt-contacts on the surface of a porous solid (Na - Cr - X zeolite) which is induced by the adsorption (desorption) of a partly dissociating fluid ( $H_2O$ ,  $C_2H_5OH$ ,  $CH_3OH$ ).

Pt = platinum wire                       $R = 60 \dots 100 \text{ K}\Omega$   
 $a = 6 \text{ mm}$      $b = 40 \text{ mm}$      $c = 100 \text{ mm}$

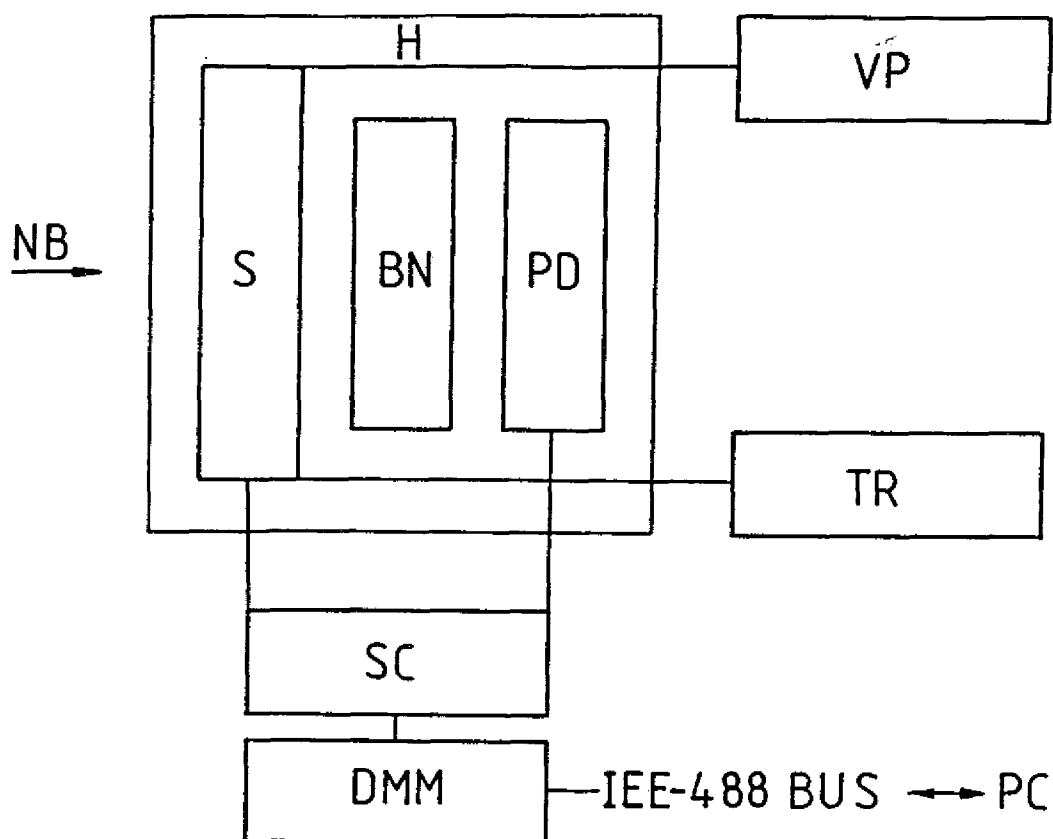


Fig. 3 Setup for measuring the charge transfer between contacts on the surface of a porous solid under pressure and the position — and time—dependent neutron transmission after the adsorption of a fluid.

- H = evacuated housing      S = sample holder  
BN = boronitride collimator (plate of 10 mm thickness with holes of 0.5 mm diameter at a distance of 0.7 mm)  
PD = an array of 3 \* 9 neutron—photoresistors  
VP = vacuum pump and filling system for the adsorbate  
SC = Keithley Scanner model 705  
DMM = Keithley digital multimeter, models 193 and 197  
TR = temperature regulation, Leybold variotemp HR 1  
NB = neutron beam

EMF FROM SAMPLE (—) AND NEUTRON TRANSMISSION (+++++)

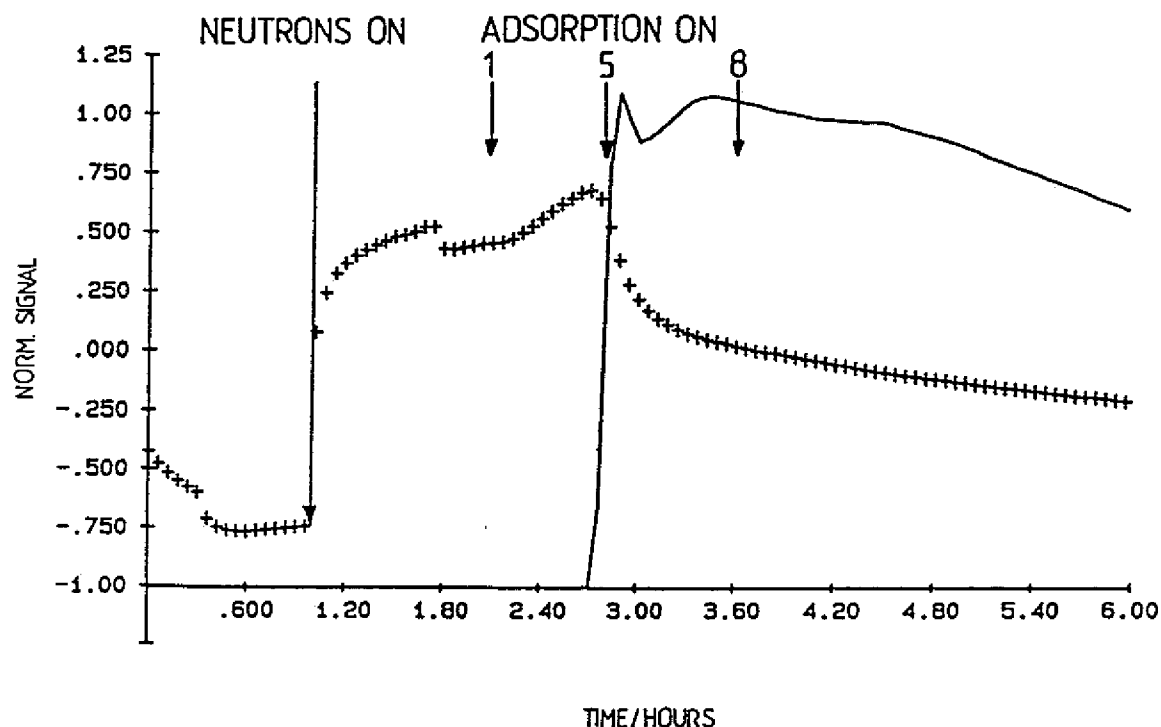


Fig. 4

Onset of the EMK(t), drawn curve, see arrow number 5, when the adsorbed fluid ( $C_2H_5OH + 5\% H_2O$ ) arrives at the couple of platinum contacts, indicated by the decrease of the current through the neutron-photoresistor (crosses) which is placed behind the sample at position no. 5. The arrows with numbers 1 and 8 indicate the times of signal onset at the first and the last couple of platinum contacts respectively between which the front of the adsorbate travels over a distance of 7 cm.

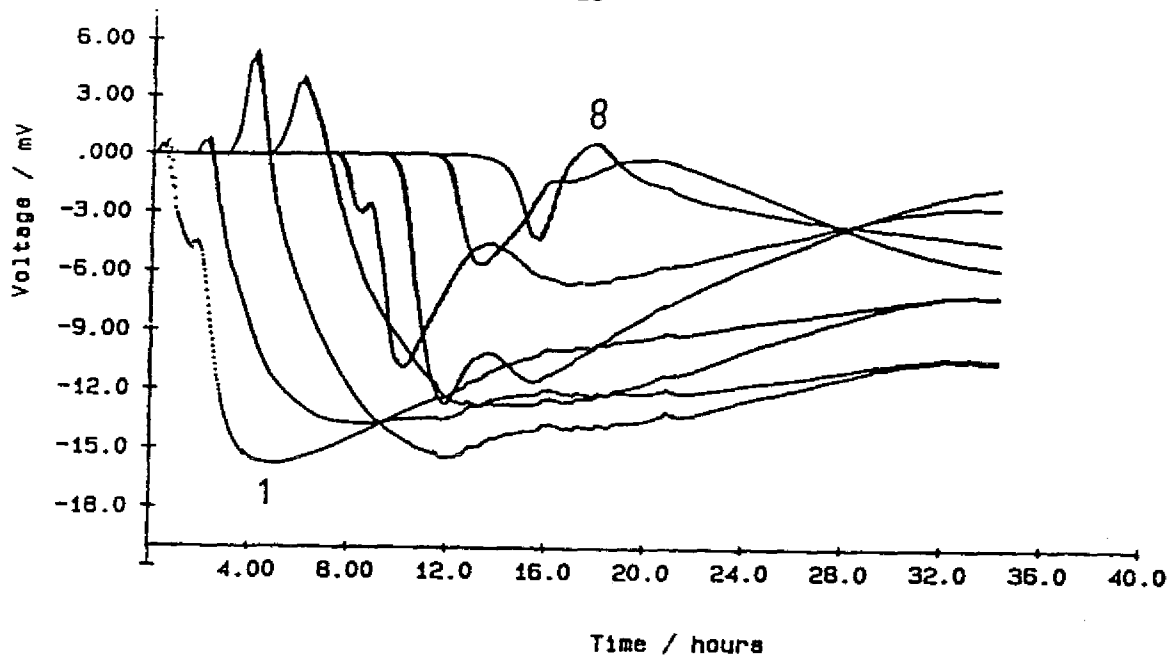


Fig. 5

Voltage curves,  $EMK(t)$ , from couples of platinum contacts measured at an outer resistance of  $100\text{ K}\Omega$ . Curve no. 1 refers to that pair of contacts which is placed at 1 cm distance from the inlet tube through which alcohol ( $C_2H_5OH + 5\% H_2O$ ) is fed to the zeolite sample. Curve no. 8 is from the last pair of contacts at a distance of 8 cm from the pair no. 1.

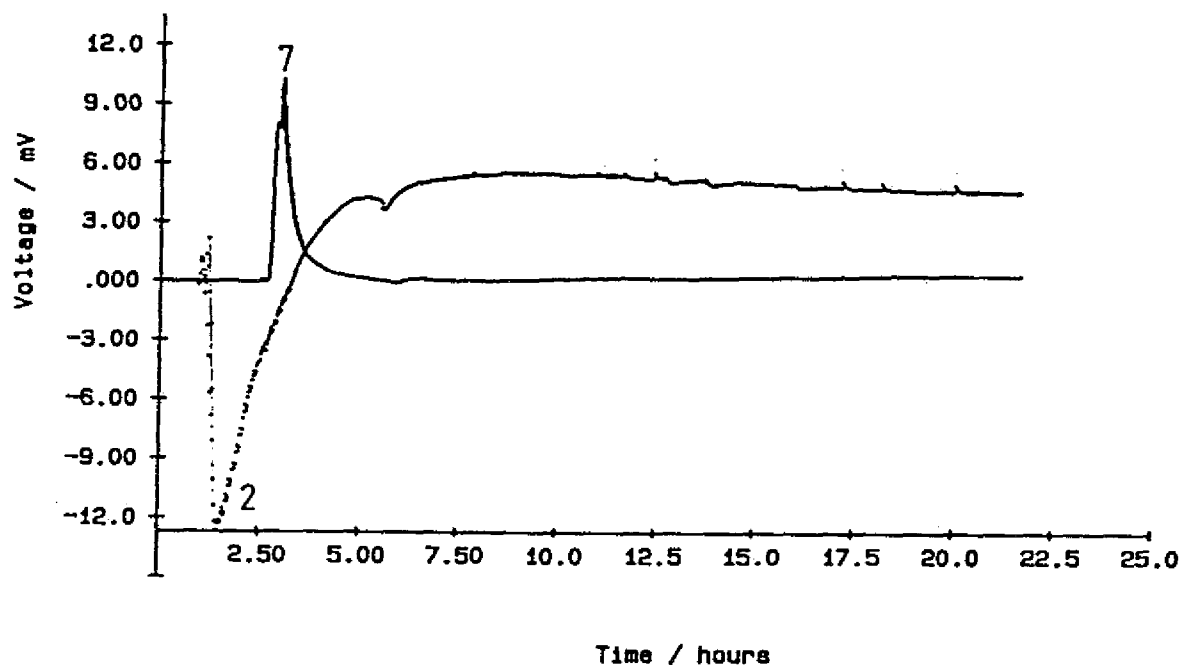


Fig. 6

1 hour after starting the SCANNER.MESSUNG alcohol was added to the previously dried sample. The temperatur of the sample was kept at  $30^\circ\text{C}$ . Curve no. 2 is the voltage from the pair of contacts no. 2 measured at an outer resistance of  $60\text{ K}\Omega$ . Curve no. 7 is from the couple no. 7 at 5 cm distance from no 2.

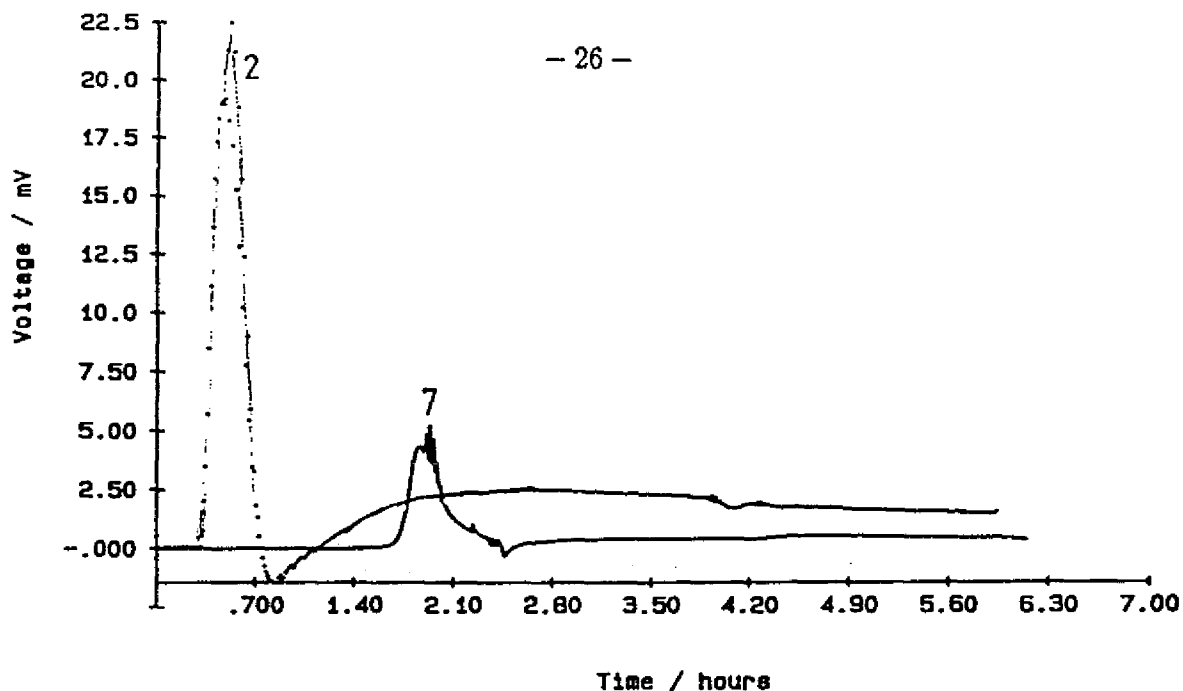


Fig. 7

A repetition of the experiment described with fig. 6 yielded EMK(t) curves of different type.

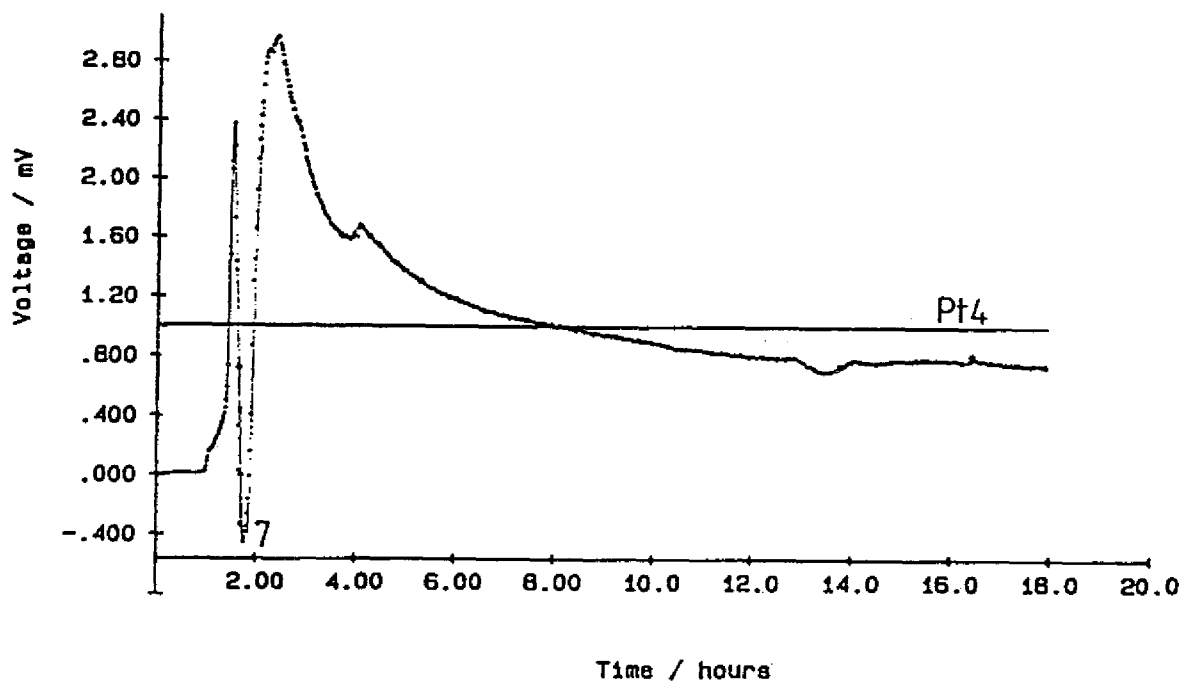


Fig. 8

The relative change of the EMK(t) from the contact pair no. 7 and the relative change of a platinum resistor, Pt4, is shown. The oscillation of the EMK(t) is not correlated with changes of the temperatur of the sample which was regulated between 50 and 51 degree Celsius.

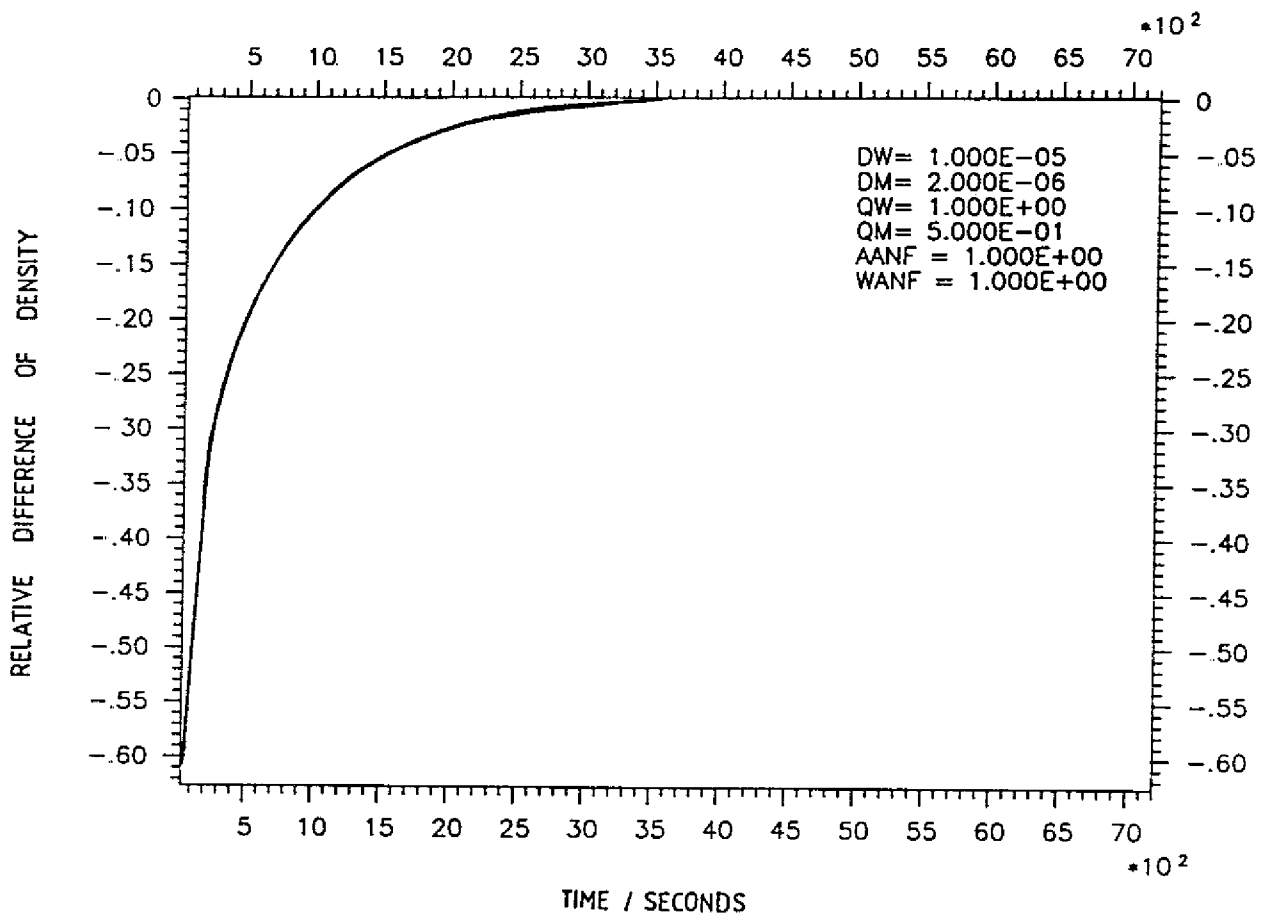


Fig. 9

The computed difference of the adsorbate density,  $f(t)$ , between the positions of the platinum electrodes of a pair of contacts on the surface of the zeolite sample

$$f(t) = [M(o) - M(1)] / [M(o) + M(1)]$$

The inset shows the values of the diffusion constants (DM for the adsorbed mass, DW for the heat) in units of  $\text{cm}^2 \text{s}^{-1}$ .

The value for the released heat of adsorption is given as QM [ $\text{Kcal g}^{-1}$ ] and the amount of desorbed mass per adsorbed heat unit is QW [ $\text{g Kcal}^{-1}$ ].

The parameters AANF [ $\text{g cm}^{-3}$ ] and WANF [ $\text{Kcal cm}^{-3}$ ] describe the amplitude of the statistical modulation of the initial distribution of the density of adsorbate and heat.

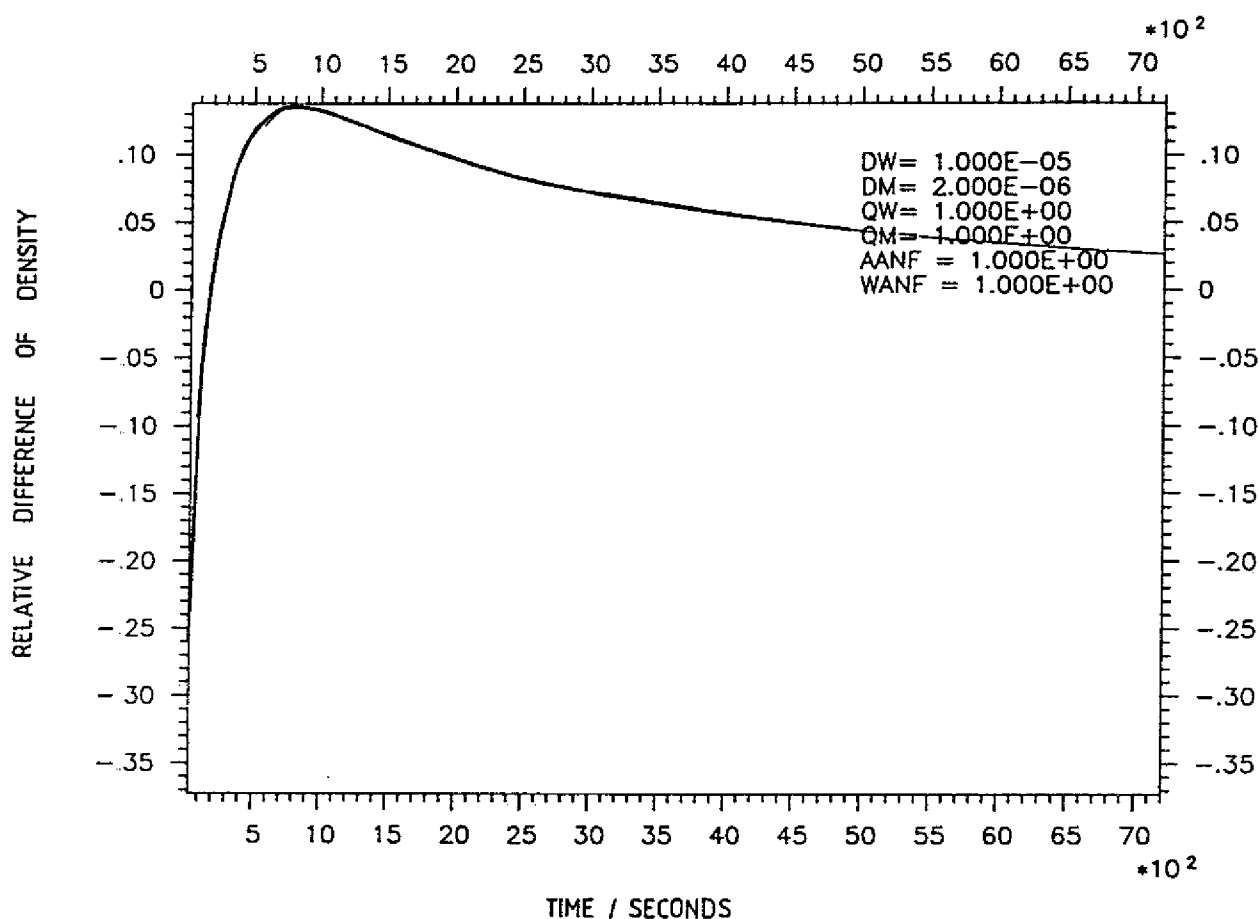


Fig. 10

The computed difference of the adsorbate density,  $f(t)$ , between the positions of the platinum electrodes of a pair of contacts on the surface of the zeolite sample

$$f(t) = [M(o) - M(1)] / [M(o) + M(1)]$$

The inset shows the values of the diffusion constants (DM for the adsorbed mass, DW for the heat) in units of  $\text{cm}^2\text{s}^{-1}$ .

The value for the released heat of adsorption is given as QM [ $\text{Kcal g}^{-1}$ ] and the amount of desorbed mass per adsorbed heat unit is QW [ $\text{g Kcal}^{-1}$ ].

The parameters AANF [ $\text{g cm}^{-3}$ ] and WANF [ $\text{Kcal cm}^{-3}$ ] describe the amplitude of the statistical modulation of the initial distribution of the density of adsorbate and heat.

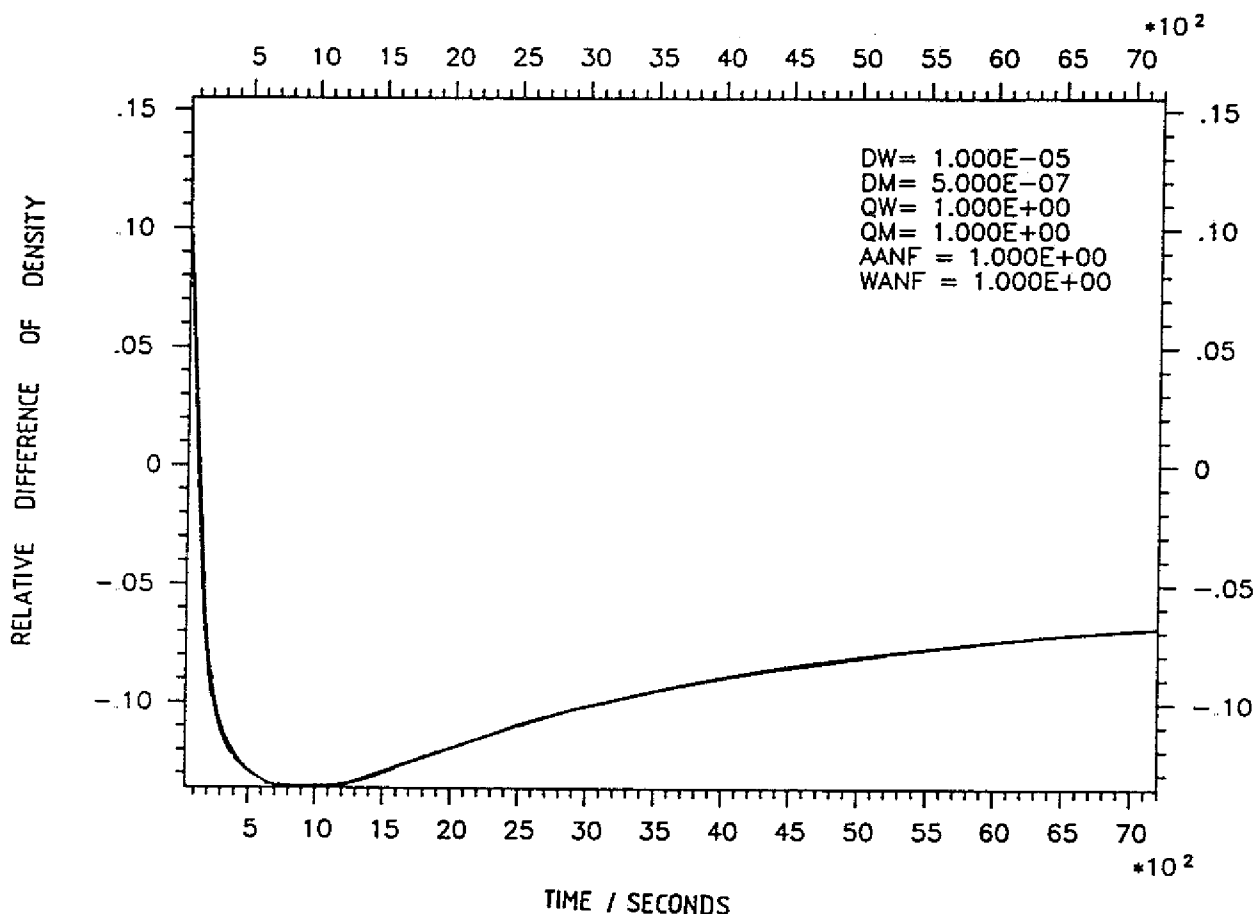


Fig. 11

The computed difference of the adsorbate density,  $f(t)$ , between the positions of the platinum electrodes of a pair of contacts on the surface of the zeolite sample

$$f(t) = [M(o) - M(1)] / [M(o) + M(1)]$$

The inset shows the values of the diffusion constants (DM for the adsorbed mass, DW for the heat) in units of  $\text{cm}^2 \text{s}^{-1}$ .

The value for the released heat of adsorption is given as QM [ $\text{Kcal g}^{-1}$ ] and the amount of desorbed mass per adsorbed heat unit is QW [ $\text{g Kcal}^{-1}$ ].

The parameters AANF [ $\text{g cm}^{-3}$ ] and WANF [ $\text{Kcal cm}^{-3}$ ] describe the amplitude of the statistical modulation of the initial distribution of the density of adsorbate and heat.

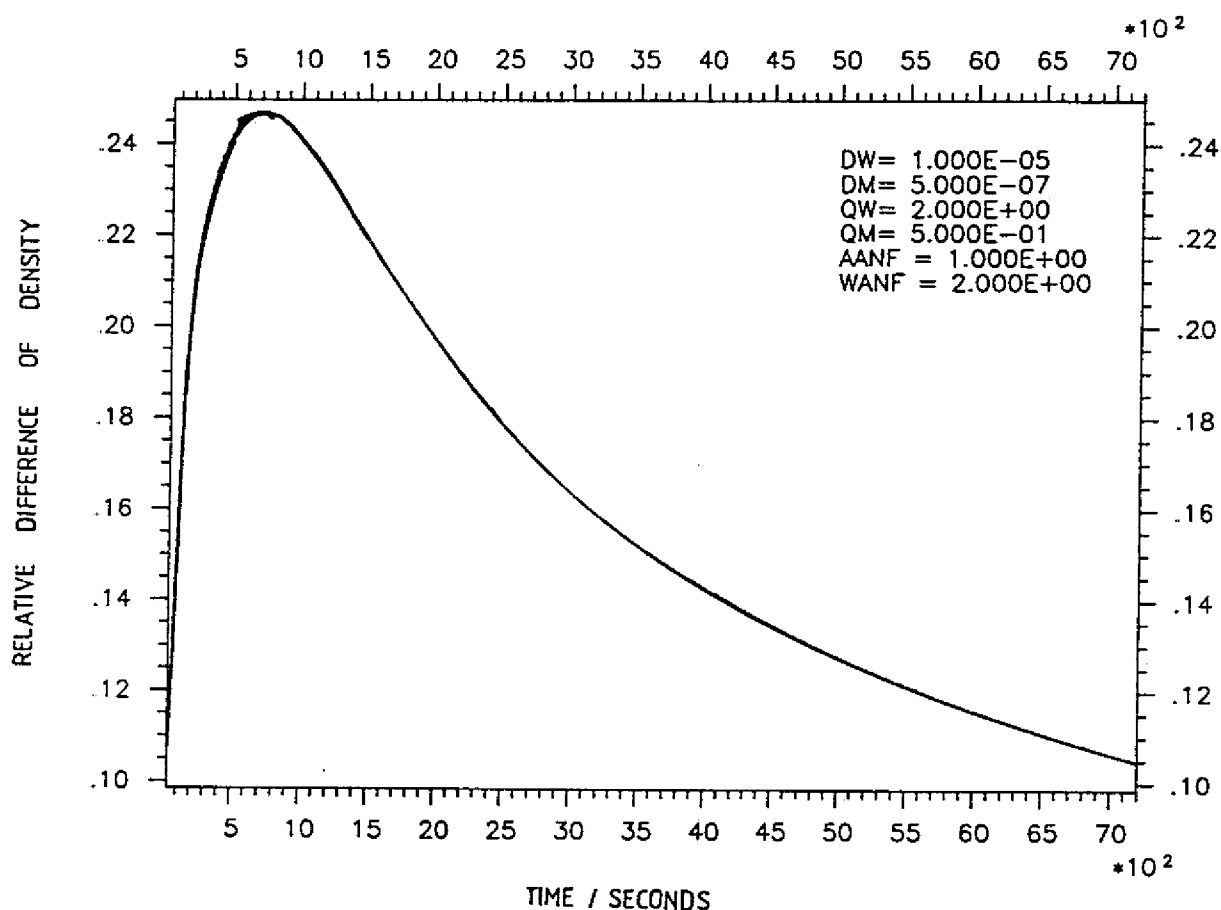


Fig. 12

The computed difference of the adsorbate density,  $f(t)$ , between the positions of the platinum electrodes of a pair of contacts on the surface of the zeolite sample

$$f(t) = [M(0) - M(1)] / [M(0) + M(1)]$$

The inset shows the values of the diffusion constants (DM for the adsorbed mass, DW for the heat) in units of  $\text{cm}^2 \text{s}^{-1}$ .

The value for the released heat of adsorption is given as QM [ $\text{Kcal g}^{-1}$ ] and the amount of desorbed mass per adsorbed heat unit is QW [ $\text{g Kcal}^{-1}$ ].

The parameters AANF [ $\text{g cm}^{-3}$ ] and WANF [ $\text{Kcal cm}^{-3}$ ] describe the amplitude of the statistical modulation of the initial distribution of the density of adsorbate and heat.

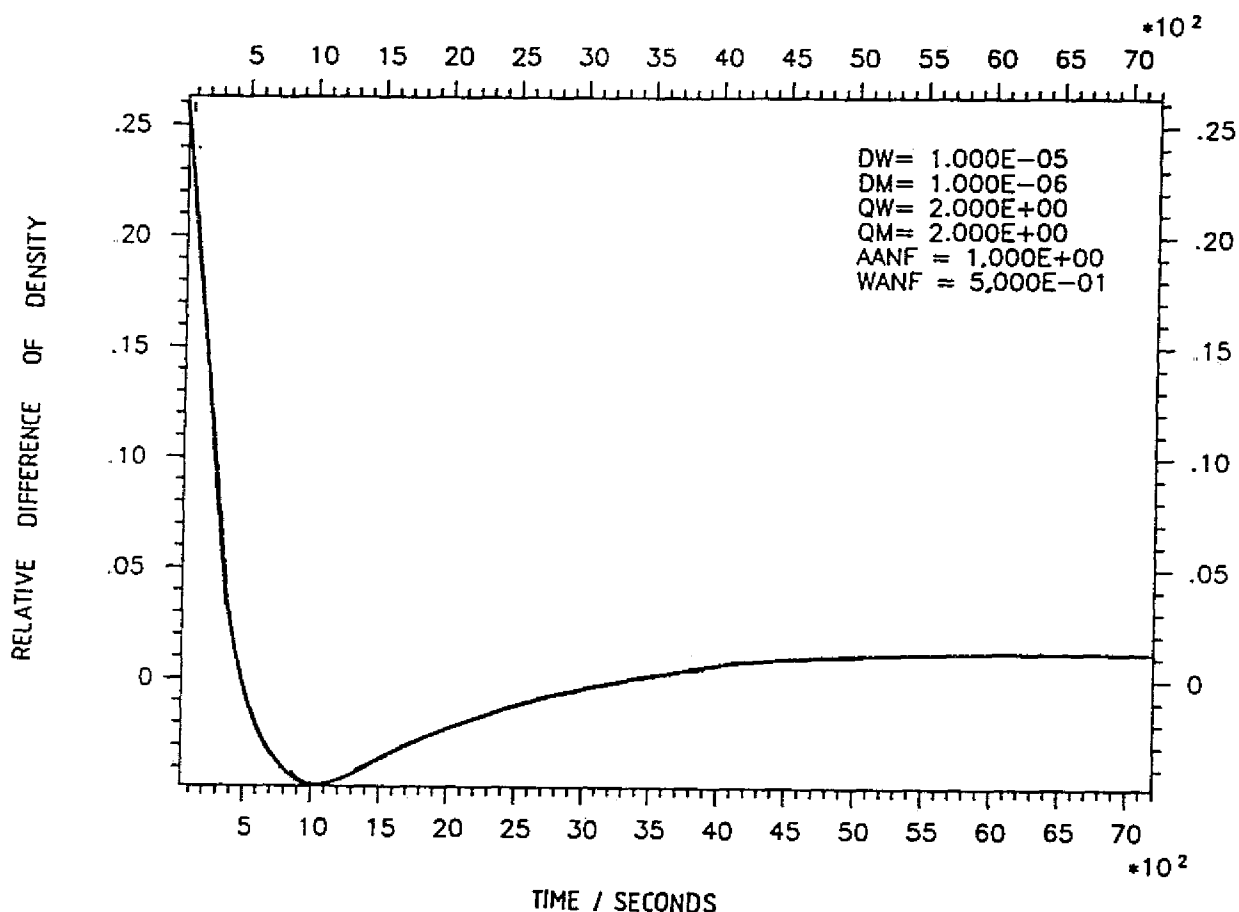


Fig. 13

The computed difference of the adsorbate density,  $f(t)$ , between the positions of the platinum electrodes of a pair of contacts on the surface of the zeolite sample

$$f(t) = [M(0) - M(1)] / [M(0) + M(1)]$$

The inset shows the values of the diffusion constants (DM for the adsorbed mass, DW for the heat) in units of  $\text{cm}^2\text{s}^{-1}$ .

The value for the released heat of adsorption is given as QM [ $\text{Kcal g}^{-1}$ ] and the amount of desorbed mass per adsorbed heat unit is QW [ $\text{g Kcal}^{-1}$ ].

The parameters AANF [ $\text{g cm}^{-3}$ ] and WANF [ $\text{Kcal cm}^{-3}$ ] describe the amplitude of the statistical modulation of the initial distribution of the density of adsorbate and heat.

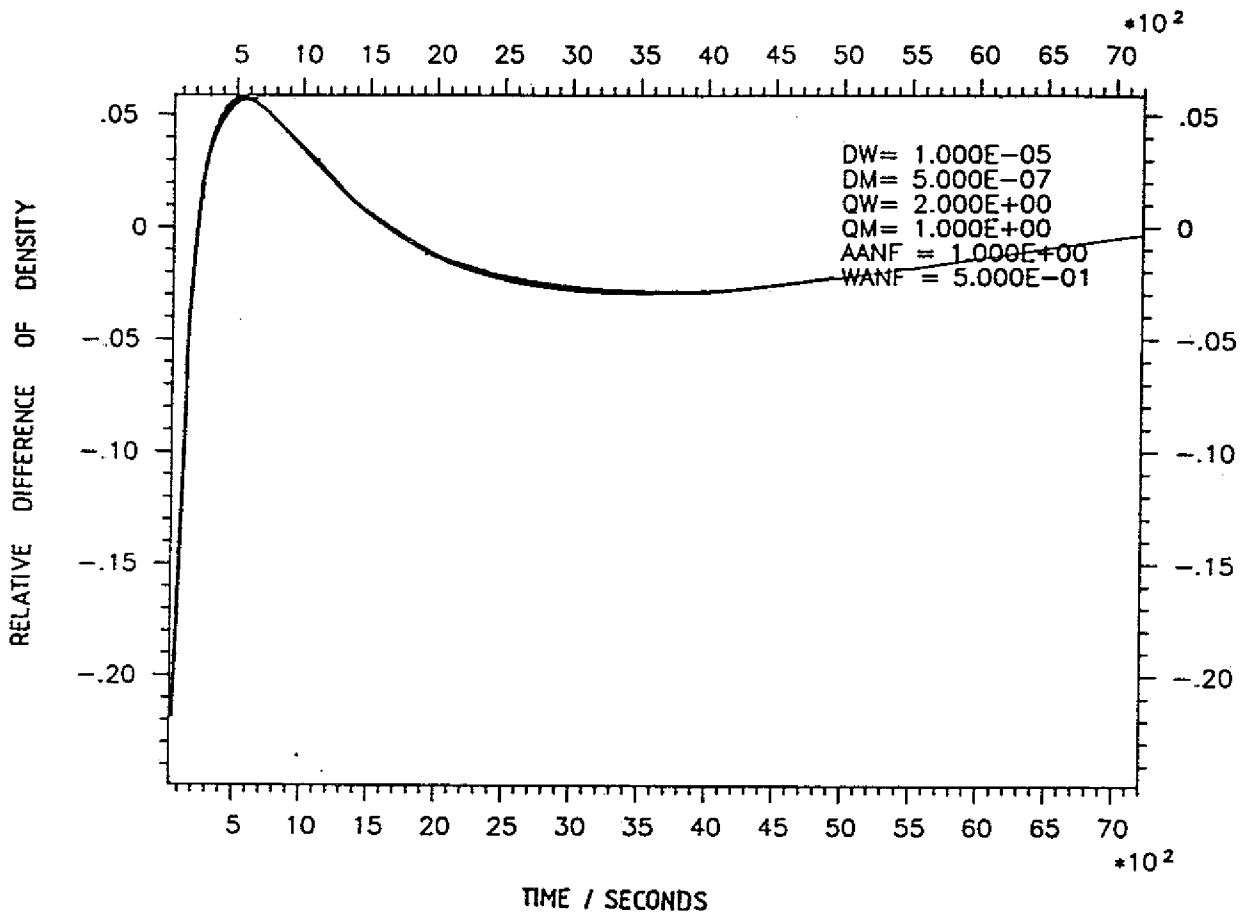


Fig. 14

The computed difference of the adsorbate density,  $f(t)$ , between the positions of the platinum electrodes of a pair of contacts on the surface of the zeolite sample

$$f(t) = [M(o) - M(1)] / [M(o) + M(1)]$$

The inset shows the values of the diffusion constants (DM for the adsorbed mass, DW for the heat) in units of  $\text{cm}^2 \text{s}^{-1}$ .

The value for the released heat of adsorption is given as QM [ $\text{Kcal g}^{-1}$ ] and the amount of desorbed mass per adsorbed heat unit is QW [ $\text{g Kcal}^{-1}$ ].

The parameters AANF [ $\text{g cm}^{-3}$ ] and WANF [ $\text{Kcal cm}^{-3}$ ] describe the amplitude of the statistical modulation of the initial distribution of the density of adsorbate and heat.

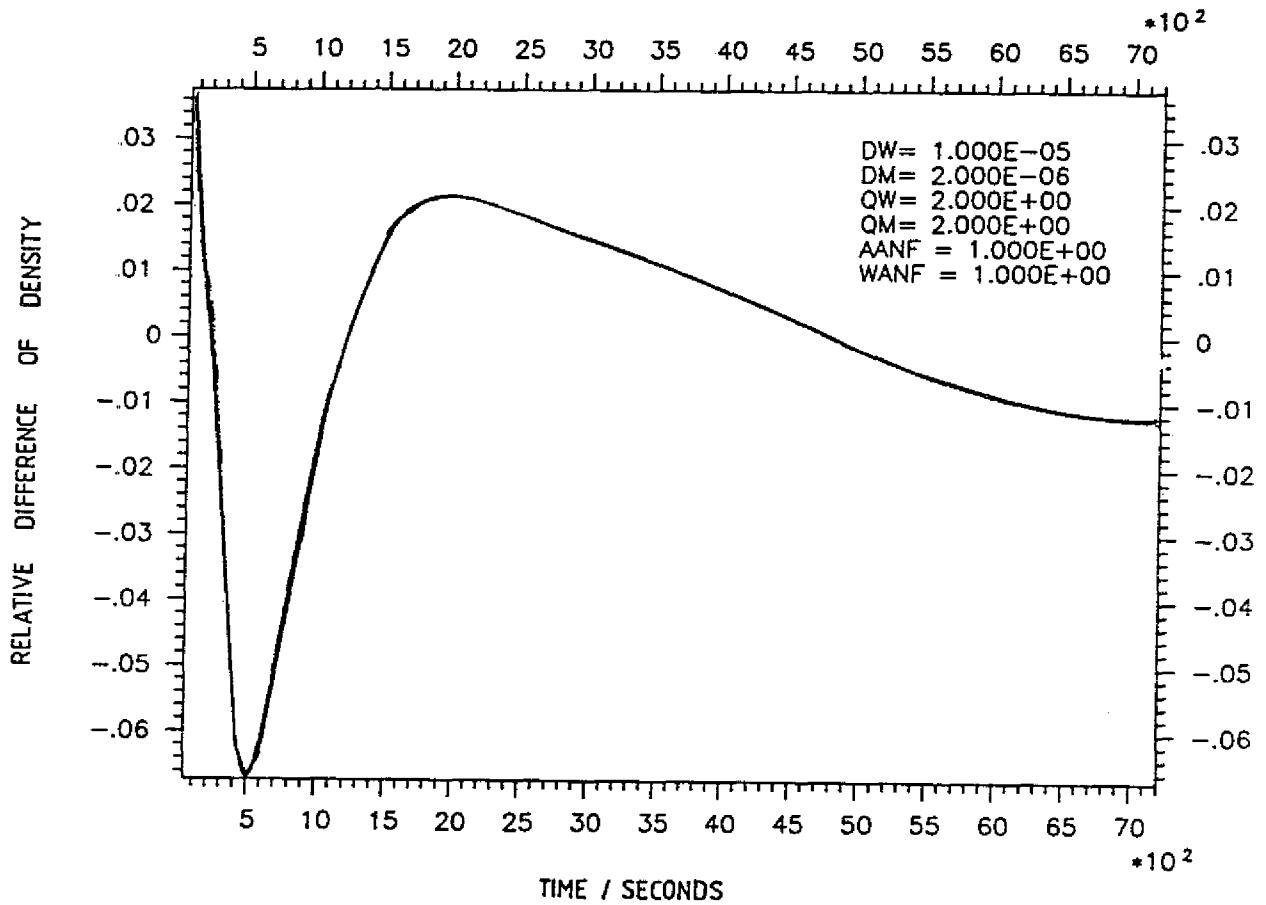


Fig. 15

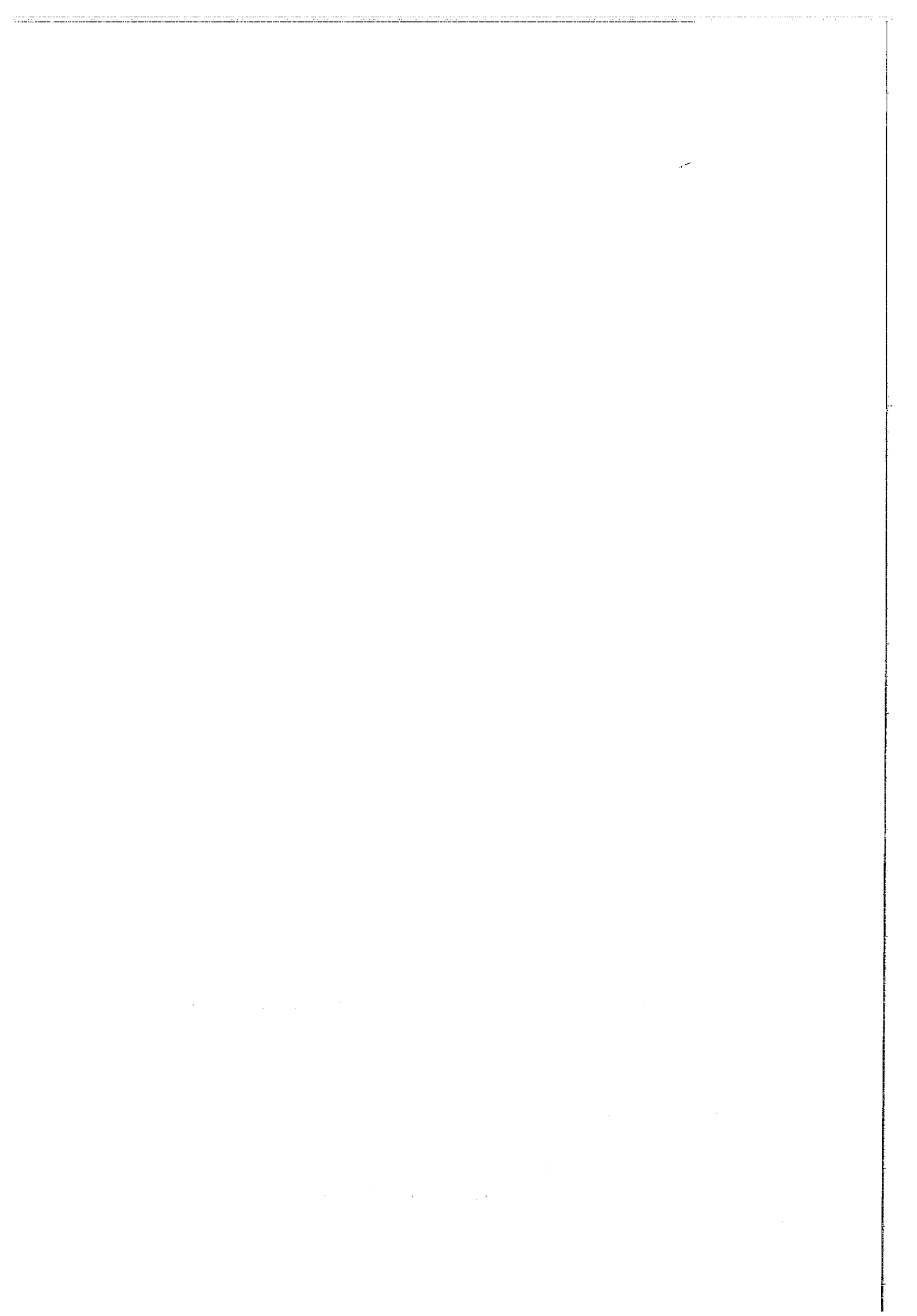
The computed difference of the adsorbate density,  $f(t)$ , between the positions of the platinum electrodes of a pair of contacts on the surface of the zeolite sample

$$f(t) = [M(o) - M(1)] / [M(o) + M(1)]$$

The inset shows the values of the diffusion constants (DM for the adsorbed mass, DW for the heat) in units of  $\text{cm}^2 \text{s}^{-1}$ .

The value for the released heat of adsorption is given as QM [ $\text{Kcal g}^{-1}$ ] and the amount of desorbed mass per adsorbed heat unit is QW [ $\text{g Kcal}^{-1}$ ].

The parameters AANF [ $\text{g cm}^{-3}$ ] and WANF [ $\text{Kcal cm}^{-3}$ ] describe the amplitude of the statistical modulation of the initial distribution of the density of adsorbate and heat.



## ANHANG



\ Rolf Stockmeyer

SCANNERS.PRO

Tetz, November 1991

\ Letzte Version : 17.Nov.91

( ohne NW.Messung )

```
ECHO.OFF \ keine Vorprogramme, aber PC-488 Karte im PC und in Asyst noetig
\ LowCurrentCard zusaetzlich zu LowVoltageCard und Multimeter 197 abfragen.
\ Keithley Scanner 705 im Matrix Mode bedienen und die jeweilige Spannung
\ der geschalteten Pt-Kontakte bzw. Pt100 Widerstaende mit DMM 193 messen
\ 60 kOhm Last am DMM 193 A Eingang, 1 mikFarad Konsensator .
\ CR-Nax Probe an LowVoltageCard, Neutronen-Photowiderstaende an LC-Card
\ Proben Pressform, Draufsicht, Anschluss oben links und rechts fuer
\ Platinfuehler. Pt100 Fuehler in Probe belegen in Reihenfolge oben nach
\ unten die Kanale:
\ CH17=(042;023) CH19=(052;023) CH20=(052;013) CH18=(042;013)
\ Die Pt-Kontaktpaare, High=Anschluss links, in der Probe Oberseite ;
\ Low=Anschluss rechts, in der Probe Unterseite, sind in der Reihenfolge
\ von oben nach unten angeschlossen an die Kanale :
\ CH1=(011;023) CH3=(021;023) CH5=(031;023) CH7=(041;023)
\ CH9=(051;023) CH11=(012;023) CH13=(022;023) CH15=(032;023)
\ Fuer ortsaufloesende Neutronen-Transmissionsmessung:
\ Zeilen der 3 * 9 CL 5M 3340 Matrix mit 1 mikFarad an LowCurrentCard
\ Zeile 1=(06 10); 2=(07 10); 3=(07 10) 4=(09 10) 5=(10 10)
\ Zeile 6=(06 20); 7=(07 20); 8=(08 20) 9=(09 20) 10=(10 20){10noch frei}

: IT STACK.CLEAR SS.CLEAR NORMAL.DISPLAY
0 BUS# BUS.INIT SEND.INTERFACE.CLEAR SYNCHRONOUS.GPIB
;

INTEGER SCALAR KP.NR 1 KP.NR := \ bis 8 KontaktPaare
SCALAR PT.NR 1 PT.NR := \ bis 3 Pt100 Fuehler
SCALAR RZ.NR 1 RZ.NR := \ Widerstands Zeilen Nr. 1 bis 9
SCALAR INDEX 1 INDEX := \ bis 1000 Messungen

: SCHLUSS IT
CR ." KP.NR , PT.NR , RZ.NR , INDEX =" KP.NR . PT.NR . RZ.NR . INDEX .
CR ?ERROR# DUP ERROR CR ERROR.MESSAGE
;

: L.WARTEN
2000 1 DO I 0.1 * SIN DUP * I 0.1 * COS DUP * + DROP LOOP
;

: K.WARTEN
200 1 DO I 0.1 * SIN DUP * I 0.1 * COS DUP * + DROP LOOP
;

0 BUS# BUS.INIT SEND.INTERFACE.CLEAR SYNCHRONOUS.GPIB

REAL DIM[ 1000 ] ARRAY MW1 \ MessWerte von KontaktPaar1 an CH1
DIM[ 1000 ] ARRAY MW2 \ MessWerte von KontaktPaar2 an CH3
DIM[ 1000 ] ARRAY MW3 \ MessWerte von KontaktPaar3 an CH5
DIM[ 1000 ] ARRAY MW4 \ MessWerte von KontaktPaar4 an CH7
DIM[ 1000 ] ARRAY MW5 \ MessWerte von KontaktPaar5 an CH9
DIM[ 1000 ] ARRAY MW6 \ MessWerte von KontaktPaar6 an CH11
DIM[ 1000 ] ARRAY MW7 \ MessWerte von KontaktPaar7 an CH13
DIM[ 1000 ] ARRAY MW8 \ MessWerte von KontaktPaar8 an CH15

DIM[ 1000 ] ARRAY PT101 \ Pt100 ganzoben , CH17
DIM[ 1000 ] ARRAY PT102 \ Pt100 mitteoben , CH19
DIM[ 1000 ] ARRAY PT103 \ Pt100 mitteunten , CH20
DIM[ 1000 ] ARRAY PT104 \ Pt100 ganzunten , CH18
```

```
      DIM[ 1000 ] ARRAY ZEITEN \ Zeitpunkte vom Scanner geholt
REAL DIM[ 10 ] ARRAY LADUNG 0 LADUNG := \ Voltwerte einer K197 Lesung
REAL DIM[ 20 ] ARRAY DMM193.WERTE 0 DMM193.WERTE :=
```

```
REAL DIM[ 1000 ] ARRAY NW1 \ Neutr.Werte Zeile 1 der Photowiderst.
      DIM[ 1000 ] ARRAY NW2 \ Neutr.Werte Zeile 2 der Photowiderst.
      DIM[ 1000 ] ARRAY NW3 \ Neutr.Werte Zeile 3 der Photowiderst.
      DIM[ 1000 ] ARRAY NW4 \ Neutr.Werte Zeile 4 der Photowiderst.
      DIM[ 1000 ] ARRAY NW5 \ Neutr.Werte Zeile 5 der Photowiderst.
      DIM[ 1000 ] ARRAY NW6 \ Neutr.Werte Zeile 6 der Photowiderst.
      DIM[ 1000 ] ARRAY NW7 \ Neutr.Werte Zeile 7 der Photowiderst.
      DIM[ 1000 ] ARRAY NW8 \ Neutr.Werte Zeile 8 der Photowiderst.
      DIM[ 1000 ] ARRAY NW9 \ Neutr.Werte Zeile 9 der Photowiderst.
```

```
\ *** Programmteil Multimeter 197 ablesen ; Spannung von C=1mikF hinter
\ Neutronen-Photowiderstand ueber K 705 Scanner angelegt *****
```

```
\ Keithley Multimeter fuer Temperatur an Probe auf mV
1 GPIB.DEVICE MULTIME197 SEND.INTERFACE.CLEAR
  20 STRING "DATEN.EINGANG
  REAL SCALAR VOLT.WERT
```

```
: M197.LESEN
  SEND.INTERFACE.CLEAR REMOTE.ENABLE.ON
  ME TALKER MULTIME197 LISTENER SELECTED.DEVICE.CLEAR
MULTIME197 "DATEN.EINGANG GPIB.READ
"DATEN.EINGANG ASCII V "NUMBER ?DROP "DROP VOLT.WERT :=
  UNTALK UNLISTEN REMOTE.ENABLE.OFF
ONERR: SCHLUSS
;
```

```
: LADUNG.MESSEN
0 LADUNG := CR ." LADUNG.MESSEN " ." INDEX=" INDEX . ." RZ.NR=" RZ.NR .
  L.WARTEN
11 1 DO
K.WARTEN
M197.LESEN
VOLT.WERT LADUNG [ I ] :=
LOOP
\ LADUNG DUP [ ]MIN - [ ]SUM VOLT.WERT :=
  LADUNG [ ]SUM VOLT.WERT :=
CR ." LADUNG = " CR LADUNG .
CR ." VOLT.WERT=" VOLT.WERT .
;
```

```
\ *****Programmteil Multimeter 193 A fuer Spannungsmessung *****
```

```
\ Keithley Multimeter 193,Spannung an Kontaktpaaren auf mV; Ohm fuer Pt100
20 STRING VOLT.EINGANG
20 STRING OHM.EINGANG
REAL SCALAR OHM.WERT
6 GPIB.DEVICE MULTIME193 SEND.INTERFACE.CLEAR
ME TALKER MULTIME193 LISTENER
REMOTE.ENABLE.ON
UNTALK UNLISTEN
```

```
: DMM193.MESSUNG
  SEND.INTERFACE.CLEAR REMOTE.ENABLE.ON
  ME TALKER MULTIME193 LISTENER SELECTED.DEVICE.CLEAR
  " FORIP50X" GPIB.WRITE " S3BOG0X" GPIB.WRITE
21 1 DO K.WARTEN
  MULTIME193 VOLT.EINGANG GPIB.READ
```

```
VOLT.EINGANG ASCII E "NUMBER ?DROP "DROP DMM193.WERTE [ I ] :=
LOOP
```

```
UNTALK UNLISTEN
```

```
DMM193.WERTE MEAN DUP VOLT.WERT :=
```

```
CR ." KontaktPaar KP.NR=" KP.NR . ." gibt mVOLT.WERT=" .
```

```
ONERR: SCHLUSS
```

```
;
```

```
: OHM.LESEN
```

```
SEND.INTERFACE.CLEAR REMOTE.ENABLE.ON
```

```
ME TALKER MULTIME193 LISTENER SELECTED.DEVICE.CLEAR
```

```
" F2ROP50X" GPIB.WRITE " S3B0G0X" GPIB.WRITE
```

```
\ Ohm,autorange,Filt 50 mal ,6 1/2 Stellen,Read A/D ,mit Prefix,execute
```

```
OHM.EINGANG GPIB.READ
```

```
OHM.EINGANG CR ." OHM.EINGANG = " "TYPE
```

```
" FORIP50X" GPIB.WRITE " S3B0G0X" GPIB.WRITE
```

```
UNTALK UNLISTEN
```

```
ONERR: SCHLUSS
```

```
;
```

```
: OHM.WANDLUNG
```

```
OHM.EINGANG ASCII E "NUMBER ?DROP "DROP DUP OHM.WERT :=
```

```
CR ." Pt100 PT.NR=" PT.NR . ." gibt OHM.WERT=" .
```

```
;
```

```
\ *****fuer Scanner Model 705 *****
```

```
DIM[ 8 , 5 ] STRING.ARRAY "KP.AUF \ dazu noch N023X fuer die Paare 1 bis 8
```

```
" N011X" "KP.AUF "[ 1 ] " := " N021X" "KP.AUF "[ 2 ] " :=
```

```
" N031X" "KP.AUF "[ 3 ] " := " N041X" "KP.AUF "[ 4 ] " :=
```

```
" N051X" "KP.AUF "[ 5 ] " := " N012X" "KP.AUF "[ 6 ] " :=
```

```
" N022X" "KP.AUF "[ 7 ] " := " N032X" "KP.AUF "[ 8 ] " :=
```

```
DIM[ 8 , 5 ] STRING.ARRAY "KP.ZU \ dazu noch C023X fuer die Paare 1 bis 8
```

```
" C011X" "KP.ZU "[ 1 ] " := " C021X" "KP.ZU "[ 2 ] " :=
```

```
" C031X" "KP.ZU "[ 3 ] " := " C041X" "KP.ZU "[ 4 ] " :=
```

```
" C051X" "KP.ZU "[ 5 ] " := " C012X" "KP.ZU "[ 6 ] " :=
```

```
" C022X" "KP.ZU "[ 7 ] " := " C032X" "KP.ZU "[ 8 ] " :=
```

```
DIM[ 4 , 5 ] STRING.ARRAY "PT.AUF \ Pt Ohm , schalten CH 17,18,19,20,
```

```
" N042X" "PT.AUF "[ 1 ] " := " N042X" "PT.AUF "[ 2 ] " :=
```

```
" N052X" "PT.AUF "[ 3 ] " := " N052X" "PT.AUF "[ 4 ] " :=
```

```
DIM[ 4 , 5 ] STRING.ARRAY "PT.ZU \ Pt Ohm Verbindungen schliessen
```

```
" C042X" "PT.ZU "[ 1 ] " := " C042X" "PT.ZU "[ 2 ] " :=
```

```
" C052X" "PT.ZU "[ 3 ] " := " C052X" "PT.ZU "[ 4 ] " :=
```

```
\ fuer Messung der Ladung von den Neutronen-Photowiderstaenden
```

```
DIM[ 9 , 5 ] STRING.ARRAY "RZ.AUF \ Spannung von R.Zeile 1 bis 9 abhaengen
```

```
" N061X" "RZ.AUF "[ 1 ] " := " N071X" "RZ.AUF "[ 2 ] " :=
```

```
" N081X" "RZ.AUF "[ 3 ] " := " N091X" "RZ.AUF "[ 4 ] " :=
```

```
" N101X" "RZ.AUF "[ 5 ] " := " N062X" "RZ.AUF "[ 6 ] " :=
```

```
" N072X" "RZ.AUF "[ 7 ] " := " N082X" "RZ.AUF "[ 8 ] " :=
```

```
" N092X" "RZ.AUF "[ 9 ] " :=
```

```
DIM[ 9 , 5 ] STRING.ARRAY "RZ.ZU \ anschalten Photo.R.Zeile 1 bis 9
```

```
" C061X" "RZ.ZU "[ 1 ] " := " C071X" "RZ.ZU "[ 2 ] " :=
```

```
" C081X" "RZ.ZU "[ 3 ] " := " C091X" "RZ.ZU "[ 4 ] " :=
```

```
" C101X" "RZ.ZU "[ 5 ] " := " C062X" "RZ.ZU "[ 6 ] " :=
```

```
" C072X" "RZ.ZU "[ 7 ] " := " C082X" "RZ.ZU "[ 8 ] " :=
```

```
" C092X" "RZ.ZU "[ 9 ] " :=
```

\ \*\*\*\*\* Ersatz fuer MSEC.DELAY mit SCANNER 705 \*\*\*\*\*

\ von Hand einstellen : PRG 6 , 0 ENTER

```
5 GPIB.DEVICE SCANNER REMOTE.ENABLE.ON SEND.INTERFACE.CLEAR
ME TALKER SCANNER LISTENER SELECTED.DEVICE.CLEAR
SCANNER " AOX" GPIB.WRITE \ Matrix Mode
SCANNER " D2X" GPIB.WRITE \ Time Display
SCANNER " G6X" GPIB.WRITE \ Time senden
UNTALK UNLISTEN REMOTE.ENABLE.OFF
```

```
REAL SCALAR PAUSEN.DAUER 1.0 PAUSEN.DAUER := \ Minuten
      SCALAR HALTE.ZEIT \ Stackwert>HALTE.ZEIT in ZEIT.MESSUNG (Min)
      SCALAR PAUSEN.BEGINN
      SCALAR ZEIT.WERT
      SCALAR ANFANG
```

```
20 STRING ZEIT.EINGANG
" T13:47:20,D07:04" ZEIT.EINGANG " :=
```

```
: ZEIT.WANDLUNG
ZEIT.EINGANG ASCII : "NUMBER ?DROP 60. *
\ CR ." Stunden in Minuten=" \ ? ?SS
ASCII : "NUMBER ?DROP \ CR ." Minuten=" ? ?ss
ASCII , "NUMBER ?DROP 60. / \ CR ." Sekunden in Minuten=" ? ?ss
ASCII : "NUMBER ?DROP DROP \ Monate
      32 "NUMBER ?DROP 60. * 24. * \ CR ." Tage in Minuten=" ? ?SS
\ + + + CR ." ZEIT.WERT(Min)=" ? ZEIT.WERT := "DROP
+ + + ZEIT.WERT := "DROP
;
```

```
: ZEIT.MESSUNG
HALTE.ZEIT :=
SEND.INTERFACE.CLEAR
REMOTE.ENABLE.ON
ME TALKER SCANNER LISTENER SELECTED.DEVICE.CLEAR
SCANNER " D2X" GPIB.WRITE K.WARTEN \ Time Display
SCANNER " G6X" GPIB.WRITE K.WARTEN \ Time senden
ME TALKER SCANNER LISTENER
SCANNER ZEIT.EINGANG GPIB.READ K.WARTEN UNTALK UNLISTEN
ZEIT.WANDLUNG
ZEIT.WERT PAUSEN.BEGINN :=
CR ." Warten in ZEIT.MESSUNG mit PAUSEN.DAUER=" PAUSEN.DAUER .
CR ." INDEX = " INDEX .
BEGIN
L.WARTEN
ME TALKER SCANNER LISTENER
SCANNER ZEIT.EINGANG GPIB.READ K.WARTEN UNTALK UNLISTEN
ZEIT.WANDLUNG
?KEY IF KEY DROP CR ." SAVE.DATEN ? " IT QUIT THEN
ZEIT.WERT PAUSEN.BEGINN - HALTE.ZEIT >
UNTIL
REMOTE.ENABLE.OFF
ONERR: SCHLUSS
;
```

\ \*\*\*\*\* Scanner schalten und Multimeter 197 ablesen \*\*\*\*\*

```
: NW.MESSUNG \ Kontakte oeffnen,messsen,schliessen an Messtelle RZ.NR
SEND.INTERFACE.CLEAR REMOTE.ENABLE.ON
ME TALKER SCANNER LISTENER SELECTED.DEVICE.CLEAR K.WARTEN
SEND.INTERFACE.CLEAR K.WARTEN
```

```
REMOTE.ENABLE.ON                                K.WARTEN
SCANNER " AOX" GPIB.WRITE K.WARTEN              \ Matrix Mode
SCANNER "RZ.ZU "[ RZ.NR ] GPIB.WRITE K.WARTEN \ schalten
UNTALK
UNLISTEN
REMOTE.ENABLE.OFF
LADUNG.MESSEN
RZ.NR CASE \ VOLT.WERT in das richtige Neutr.Werte Feld eintragen
1 OF VOLT.WERT NW1 [ INDEX ] := ENDOF
2 OF VOLT.WERT NW2 [ INDEX ] := ENDOF
3 OF VOLT.WERT NW3 [ INDEX ] := ENDOF
4 OF VOLT.WERT NW4 [ INDEX ] := ENDOF
5 OF VOLT.WERT NW5 [ INDEX ] := ENDOF
6 OF VOLT.WERT NW6 [ INDEX ] := ENDOF
7 OF VOLT.WERT NW7 [ INDEX ] := ENDOF
8 OF VOLT.WERT NW8 [ INDEX ] := ENDOF
9 OF VOLT.WERT NW9 [ INDEX ] := ENDOF
ENDCASE
SEND.INTERFACE.CLEAR REMOTE.ENABLE.ON
ME TALKER SCANNER LISTENER SELECTED.DEVICE.CLEAR      K.WARTEN
SEND.INTERFACE.CLEAR                                K.WARTEN
REMOTE.ENABLE.ON                                    K.WARTEN
SCANNER " AOX" GPIB.WRITE K.WARTEN                  \ Matrix Mode
SCANNER "RZ.AUF "[ RZ.NR ] GPIB.WRITE K.WARTEN \ schalten
UNTALK
UNLISTEN
REMOTE.ENABLE.OFF
;
```

\ \*\*\*\*\* weiter mit Multimeter 193 A \*\*\*\*\*

```
: MV.MESSUNG \ Kontakte oeffnen,messsen,schliessen an Messtelle KP.NR
SEND.INTERFACE.CLEAR REMOTE.ENABLE.ON
ME TALKER SCANNER LISTENER SELECTED.DEVICE.CLEAR
SCANNER " AOX" GPIB.WRITE \ Matrix Mode
\ SCANNER " DOX" GPIB.WRITE \ Channel Display
\ SCANNER " D2X" GPIB.WRITE \ Time Display
\ SCANNER " G6X" GPIB.WRITE \ Time senden
" C023X" GPIB.WRITE K.WARTEN \ Kontakt schliessen gilt fuer alle KP.NR
"KP.ZU "[ KP.NR ] GPIB.WRITE K.WARTEN
UNTALK UNLISTEN L.WARTEN
DMM193.MESSUNG \ Mittelwert >> VOLT.WERT
KP.NR CASE \ VOLT.WERT in das richtige Datenfeld eintragen
1 OF VOLT.WERT MW1 [ INDEX ] := ENDOF
2 OF VOLT.WERT MW2 [ INDEX ] := ENDOF
3 OF VOLT.WERT MW3 [ INDEX ] := ENDOF
4 OF VOLT.WERT MW4 [ INDEX ] := ENDOF
5 OF VOLT.WERT MW5 [ INDEX ] := ENDOF
6 OF VOLT.WERT MW6 [ INDEX ] := ENDOF
7 OF VOLT.WERT MW7 [ INDEX ] := ENDOF
8 OF VOLT.WERT MW8 [ INDEX ] := ENDOF
ENDCASE
SEND.INTERFACE.CLEAR REMOTE.ENABLE.ON
ME TALKER SCANNER LISTENER SELECTED.DEVICE.CLEAR
" AOX" GPIB.WRITE K.WARTEN \ Matrix Mode
" N023X" GPIB.WRITE K.WARTEN \ Kontakt oeffnen,gilt fuer alle KP.NR
"KP.AUF "[ KP.NR ] GPIB.WRITE K.WARTEN
UNTALK UNLISTEN
;
```

: OHM.MESSUNG \ Kontakte oeffnen,messsen,schliessen an Messtelle PT.NR

```
SEND.INTERFACE.CLEAR REMOTE.ENABLE.ON
ME TALKER SCANNER LISTENER SELECTED.DEVICE.CLEAR
" AOX" GPIB.WRITE K.WARTEN \ Matrix Mode
"PT.ZU "[ PT.NR ] GPIB.WRITE K.WARTEN \ enthaelt 1 Kontakt Schliessbefehl
UNTALK UNLISTEN
PT.NR CASE \ zugehoerigen zweiten Kontakt schliessen
1 OF SCANNER " C023X" GPIB.WRITE ENDOF
2 OF SCANNER " C013X" GPIB.WRITE ENDOF
3 OF SCANNER " C023X" GPIB.WRITE ENDOF
4 OF SCANNER " C013X" GPIB.WRITE ENDOF
ENDCASE
K.WARTEN
OHM.LESEN OHM.WANDLUNG
PT.NR CASE \ OHM.WERT in das richtige Datenfeld eintragen
1 OF OHM.WERT PT101 [ INDEX ] := ENDOF
2 OF OHM.WERT PT102 [ INDEX ] := ENDOF
3 OF OHM.WERT PT103 [ INDEX ] := ENDOF
4 OF OHM.WERT PT104 [ INDEX ] := ENDOF
ENDCASE
SEND.INTERFACE.CLEAR REMOTE.ENABLE.ON
ME TALKER SCANNER LISTENER SELECTED.DEVICE.CLEAR
" AOX" GPIB.WRITE K.WARTEN \ Matrix Mode
"PT.AUF "[ PT.NR ] GPIB.WRITE K.WARTEN \ enthaelt 1 auf-Befehl
" N023X" GPIB.WRITE K.WARTEN
" N013X" GPIB.WRITE K.WARTEN
UNTALK UNLISTEN
;
```

14 STRING FILENAMEN " C:SCANNER1.SAV" FILENAMEN ":=

```
: SAVE.DATEN \ 8 * mV von Kontaktpaaren ;3 * PT100 Ohms; 1 * Zeiten
CR ." Versuchsbeschreibung auf File SCANNER1.TEX anlegen ! "
LOAD.OVERLAY DATAFILE.SOV
FILE.TEMPLATE
22 COMMENTS
REAL DIM[ 1000 ] SUBFILE
22 TIMES
END
FILENAMEN DEFER> FILE.CREATE
FILENAMEN DEFER> FILE.OPEN
```

```
1 " MW1 : Messwerte mVolt von KontaktPaar1 ,CH1 " >COMMENT
1 SUBFILE MW1 ARRAY>FILE
2 " MW2 : Messwerte mVolt von KontaktPaar2 , CH3 " >COMMENT
2 SUBFILE MW2 ARRAY>FILE
3 " MW3 : Messwerte mVolt von KontaktPaar3 , CH5 " >COMMENT
3 SUBFILE MW3 ARRAY>FILE
4 " MW4 : Messwerte mVolt von KontaktPaar4 , CH7 " >COMMENT
4 SUBFILE MW4 ARRAY>FILE
5 " MW5 : Messwerte mVolt von KontaktPaar5 , CH9 " >COMMENT
5 SUBFILE MW5 ARRAY>FILE
6 " MW6 : Messwerte mVolt von KontaktPaar6 , CH11 " >COMMENT
6 SUBFILE MW6 ARRAY>FILE
7 " MW7 : Messwerte mVolt von KontaktPaar7 , CH13 " >COMMENT
7 SUBFILE MW7 ARRAY>FILE
8 " MW8 : Messwerte mVolt von KontaktPaar8 , CH15 " >COMMENT
8 SUBFILE MW8 ARRAY>FILE

9 " PT101 : OHM.WERte von Pt100 ganz oben,CH17 " >COMMENT
9 SUBFILE PT101 ARRAY>FILE
10 " PT102: Ohm.Werte von Pt100 mitteoben,CH19 " >COMMENT
10 SUBFILE PT102 ARRAY>FILE
```

```
11 " PT103: OHM.WERte von Pt100 miteunten,CH20 " >COMMENT
11 SUBFILE PT103 ARRAY>FILE
12 " PT104: OHM.WERte von Pt100 ganzunten,CH18 " >COMMENT
12 SUBFILE PT104 ARRAY>FILE
13 " ZEITEN : vom Scanner geholte MesszeitPunkte " >COMMENT
13 SUBFILE ZEITEN ARRAY>FILE

14 " NW1 : Neutr.Werte von Widerstands Zeile 1 (06 10 ) " >COMMENT
14 SUBFILE NW1 ARRAY>FILE
15 " NW2 : Neutr.Werte von Widerstands Zeile 2 (07 10 ) " >COMMENT
15 SUBFILE NW2 ARRAY>FILE
16 " NW3 : Neutr.Werte von Widerstands Zeile 3 (08 10 ) " >COMMENT
16 SUBFILE NW3 ARRAY>FILE
17 " NW4 : Neutr.Werte von Widerstands Zeile 4 (09 10 ) " >COMMENT
17 SUBFILE NW4 ARRAY>FILE
18 " NW5 : Neutr.Werte von Widerstands Zeile 5 (10 10 ) " >COMMENT
18 SUBFILE NW5 ARRAY>FILE
19 " NW6 : Neutr.Werte von Widerstands Zeile 6 (06 20 ) " >COMMENT
19 SUBFILE NW6 ARRAY>FILE
20 " NW7 : Neutr.Werte von Widerstands Zeile 7 (07 20 ) " >COMMENT
20 SUBFILE NW7 ARRAY>FILE
21 " NW8 : Neutr.Werte von Widerstands Zeile 8 (08 20 ) " >COMMENT
21 SUBFILE NW8 ARRAY>FILE
22 " NW9 : Neutr.Werte von Widerstands Zeile 9 (09 20 ) " >COMMENT
22 SUBFILE NW9 ARRAY>FILE
FILE.CLOSE
RELEASE.OVERLAY
;
```

```
: HOLE.DATEN \ 8 * mV von Kontaktpaaren ;3 * PT100 Ohms; 1 * Zeiten
CR ." Daten von File c:SCANNER1.SAV; Comments siehe SCANNER5.TEX ! "
LOAD.OVERLAY DATAFILE.SOV
FILENAMEN DEFER> FILE.OPEN
```

```
CR ." MW1 : Messwerte mVolt von KontaktPaar1 ,CH1 "
1 SUBFILE MW1 FILE>ARRAY
CR ." MW2 : Messwerte mVolt von KontaktPaar2 , CH3 "
2 SUBFILE MW2 FILE>ARRAY
CR ." MW3 : Messwerte mVolt von KontaktPaar3 , CH5 "
3 SUBFILE MW3 FILE>ARRAY
CR ." MW4 : Messwerte mVolt von KontaktPaar4 , CH7 "
4 SUBFILE MW4 FILE>ARRAY
CR ." MW5 : Messwerte mVolt von KontaktPaar5 , CH9 "
5 SUBFILE MW5 FILE>ARRAY
CR ." MW6 : Messwerte mVolt von KontaktPaar6 , CH11 "
6 SUBFILE MW6 FILE>ARRAY
CR ." MW7 : Messwerte mVolt von KontaktPaar7 , CH13 "
7 SUBFILE MW7 FILE>ARRAY
CR ." MW8 : Messwerte mVolt von KontaktPaar8 , CH15 "
8 SUBFILE MW8 FILE>ARRAY
```

```
CR ." PT101: OHM.WERte von Pt100 ganz oben,CH17 "
9 SUBFILE PT101 FILE>ARRAY
CR ." PT102: Ohm.Werte von Pt100 mitteoben,CH19 "
10 SUBFILE PT102 FILE>ARRAY
CR ." PT103: OHM.WERte von Pt100 miteunten,CH20 "
11 SUBFILE PT103 FILE>ARRAY
CR ." PT104: OHM.WERte von Pt100 ganzunten,CH18 "
12 SUBFILE PT104 FILE>ARRAY
CR ." ZEITEN: vom Scanner geholte MesszeitPunkte "
13 SUBFILE ZEITEN FILE>ARRAY
```

```

CR ." NW1 : Neutr.Werte von Widerstands Zeile 1 (06 10 ) "
14 SUBFILE NW1 FILE>ARRAY
CR ." NW2 : Neutr.Werte von Widerstands Zeile 2 (07 10 ) "
15 SUBFILE NW2 FILE>ARRAY
CR ." NW3 : Neutr.Werte von Widerstands Zeile 3 (08 10 ) "
16 SUBFILE NW3 FILE>ARRAY
CR ." NW4 : Neutr.Werte von Widerstands Zeile 4 (09 10 ) "
17 SUBFILE NW4 FILE>ARRAY
CR ." NW5 : Neutr.Werte von Widerstands Zeile 5 (10 10 ) "
18 SUBFILE NW5 FILE>ARRAY
CR ." NW6 : Neutr.Werte von Widerstands Zeile 6 (06 20 ) "
19 SUBFILE NW6 FILE>ARRAY
CR ." NW7 : Neutr.Werte von Widerstands Zeile 7 (07 20 ) "
20 SUBFILE NW7 FILE>ARRAY
CR ." NW8 : Neutr.Werte von Widerstands Zeile 8 (08 20 ) "
21 SUBFILE NW8 FILE>ARRAY
CR ." NW9 : Neutr.Werte von Widerstands Zeile 9 (09 20 ) "
22 SUBFILE NW9 FILE>ARRAY
FILE.CLOSE
RELEASE.OVERLAY
;

: SCANNER.MESSUNG
CR ." PAUSEN.DAUER( in Minuten) = ? " PAUSEN.DAUER .
#INPUT IF PAUSEN.DAUER := THEN
CR ." Es geht los: DATE-TIME = " .DATE .TIME
1001 1 DO
9 1 DO
CR I DUP KP.NR := ." KP.NR=" . J DUP ." INDEX=" . INDEX :=
MV.MESSUNG
LOOP
1 DUP PT.NR := CR ." PT.NR=" " . OHM.MESSUNG
2 DUP PT.NR := CR ." PT.NR=" " . OHM.MESSUNG
3 DUP PT.NR := CR ." PT.NR=" " . OHM.MESSUNG
4 DUP PT.NR := CR ." PT.NR=" " . OHM.MESSUNG
IT K.WARTEN
\ 10 1 DO I RZ.NR := NW.MESSUNG LOOP \ Neutronen Werte
\ K.WARTEN
SEND.INTERFACE.CLEAR
REMOTE.ENABLE.ON
ME TALKER SCANNER LISTENER SELECTED.DEVICE.CLEAR K.WARTEN
SEND.INTERFACE.CLEAR
REMOTE.ENABLE.ON
SCANNER " D2X" GPIB.WRITE K.WARTEN
SCANNER " G6X" GPIB.WRITE K.WARTEN
SCANNER ZEIT.EINGANG GPIB.READ K.WARTEN
UNTALK UNLISTEN REMOTE.ENABLE.OFF
ZEIT.WANDLUNG CR ." ZEIT.WERT=" ZEIT.WERT .
INDEX 1 = IF ZEIT.WERT ANFANG := THEN
ZEIT.WERT ANFANG ~ ZEITEN [ INDEX ] :=
?KEY IF KEY DROP CR ." SAVE.DATEN ? " QUIT THEN
PAUSEN.DAUER ZEIT.MESSUNG K.WARTEN
LOOP
SAVE.DATEN
ONERR: SCHLUSS
;

: NEUW
1.0 DUP NW1 := DUP NW2 := DUP NW3 := DUP NW4 := DUP NW5 :=
DUP NW6 := DUP NW7 := DUP NW8 := NW9 :=
0 DUP MW1 := DUP MW2 := DUP MW3 := DUP MW4 := DUP MW5 :=
DUP MW6 := DUP MW7 := MW8 :=
100 DUP PT101 := DUP PT102 := DUP PT103 := PT104 :=

```

ZEITEN [ ]RAMP

;

F8 FUNCTION.KEY.DOES Y.AUTO.PLOT

: ?SCANNER1

CR ." NEUW M197.LESEN LADUNG.MESSEN NW.MESSUNG MV.MESSUNG OHM.MESSUNG

CR ." DMM193.MESSUNG ; OHM.LESEN ; OHM.WANDLUNG "

CR ." ZEIT.MESSUNG ; SCANNER.MESSUNG ; SAVE.DATEN ; HOLE.DATEN "

; ?SCANNER1

\*





**Jül-2563**  
**Dezember 1991**  
ISSN 0366-0885