

Die Aktivität glykolytischer Enzyme im menschlichen Kammerwasser bei verschiedenen Formen des grauen Stars*

D. FRIEDBURG und W. HAMMERSTEIN

Univ.-Augenklinik Düsseldorf (Direktor: Prof. Dr. H. Pau)

Eingegangen am 26. Oktober 1970

Aqueous Humour Activities of Glycolitic Enzymes in Different Human Cataracts

Summary. The enzymes, Glyeraldehydphosphatedehydrogenase (GAPDH) and Lactic dehydrogenase (LDH), were estimated in the aqueous humour and serum of persons suffering from senile cataract. It was observed that the absolute activity of GAPDH and LDH are much lower in the aqueous humour than those in the serum. The specific activity of both the enzymes, however, exceeds the value in the serum by a factor of more than 10. The ratio LDH/GAPDH in the aqueous humour (1.9) is lower than in the serum (3.08). These observations suggest that there does not exist a simple diffusion of these enzymes across the blood aqueous barrier. It is assumed that the lens could be additional source of these enzymes in the aqueous humour. Since in cases of intumescent cataract, the activity of aqueous humour enzymes is significantly higher than in cases of deep cortical cataracts, it is postulated that the enzymes from the lens probably leak out due to the destruction of superficial cortical fibres.

Zusammenfassung. Protein, GAPDH und LDH wurden im Serum und Kammerwasser von Katarakt-Patienten gemessen.

Die Aktivität der Serumenzyme entspricht aus der Literatur bekannten Werten. Im Kammerwasser sind beide Enzyme nachweisbar. Ihre absolute Aktivität ist kleiner als die der Serumenzyme, ihre spezifische Aktivität liegt aber um mehr als eine Zehnerpotenz über der der Enzyme im Serum. Das Verhältnis LDH/GAPDH ist im Kammerwasser kleiner (1,9) als im Serum (3,08). Aus den Ergebnissen wird der Schluß gezogen, daß es sich bei den Kammerwasserenzymen nicht oder nicht nur um Serumenzyme, die die Blut-Kammerwasserschranke passiert haben, handeln kann. Es wird ein Enzymverlust aus der Linse diskutiert, da bei Katarakten mit oberflächlichen Rindentrübnungen signifikant höhere Werte der Kammerwasser-LDH gemessen wurden als bei Starformen mit biomikroskopisch intakter oberflächlicher Rinde.

In früheren Arbeiten wurden Veränderungen innerhalb der Linse bei verschiedenen Formen des grauen Stars untersucht (Friedburg, 1966, 1967; Friedburg und Moog, Friedburg und Meyer). Man kann sich vom

* Die Arbeit wurde unterstützt durch Mittel des Landesamtes für Forschung NRW.

biochemischen Standpunkt aus vorstellen, die Linse sei „unter physiologischen Bedingungen im Kammerwasser inkubiert“. Unter diesem Blickwinkel entsteht die Frage, ob sich biochemische Veränderungen, die die Linse bei der Kataraktentstehung durchmacht, auch außerhalb der Linse — etwa in Veränderungen der Kammerwasserzusammensetzung — zeigen.

Material und Methodik

Wir bestimmten die Aktivität der Glycerinaldehydphosphatdehydrogenase (GAPDH) und Lactatdehydrogenase (LDH) in Kammerwasser und Serum von Patienten, die zur Staroperation die Klinik aufsuchten. Die morphologische Beurteilung der Linsen erfolgte *in vivo* an der Spaltlampe, wobei wir folgende Formen unterschieden:

1. Klare Linsen ($2 \times$ Tu-Auge).
2. Kernkatarakt (graue oder braune Kerntrübung, Rinde klar).
3. Permeabilitätskatarakt (direkt subcapsulär gelegene hintere Schalentrübung, Vacuolen subcapsulär vorne, übrige Rinde klar).
4. Typischer grauer Altersstar (Wasserspalt, Speichertrübungen, lamelläre Zerklüftung in den tiefen und mittleren Rindenschichten).
5. Intumescente Katarakt (gequollene Linse mit perlmutartigem Glanz und totale Trübung).

Zu Beginn der Operation entnahmen wir durch Vorderkammerpunktion etwa 150 bis max. 200 μ l Kammerwasser, außerdem wurde Venenblut entnommen und zur Serumgewinnung zentrifugiert. Am gleichen Tag führten wir in den so gewonnenen Proben Enzymaktivitätsbestimmungen durch. Die Messung der Aktivität der GAPDH und der LDH erfolgte nach den von Bücher, Luh und Pette angegebenen Methoden. Das lösliche Protein bestimmten wir nach der Methode von Folin Ciocalteu in der Modifikation von Lowry. Als Eiweißstandard verwendeten wir Labtrol.

Ergebnisse

Im Serum unserer Patienten fanden wir etwa die gleichen Werte für die Aktivität der LDH wie Feissli, Forster, Laudahn, E. Schmidt und F. W. Schmidt. Weder die LDH noch die GAPDH zeigen im Serum den verschiedenen Starformen korrelierte Differenzen (Tabellen 1—5).

Unsere Eiweißwerte im Kammerwasser (Tabelle 6) entsprechen etwa den von Hemmingsen u. Mitarb. angegebenen Werten. Krause und

Tabelle 1. *Aktivität der Serumenzyme*

Dimension	GAPDH	LDH
μ M/h · ml	$2,67 \pm 0,276$ $n = 29$	$8,23 \pm 0,339$ $n = 29$
μ M/h · mg Protein	$0,042 \pm 0,006$ $n = 19$	$0,133 \pm 0,007$ $n = 19$

Mittelwert \pm Standardabweichung des Mittelwertes. n = Zahl der Messungen.

Tabelle 2. *Aktivität der Serum-GAPDH, nach Kataraktformen aufgeschlüsselt*

Dimension	Typischer grauer Altersstar	Kernkatarakt	Permeabilitätskatarakt	Intumescente Katarakt
$\mu\text{M}/\text{h} \cdot \text{ml}$	$2,92 \pm 0,824$ $n = 5$	$2,87 \pm 0,297$ $n = 5$	$2,37 \pm 0,415$ $n = 12$	$3,03 \pm 0,829$ $n = 6$
$\mu\text{M}/\text{h} \cdot \text{mg Protein}$	$0,055 \pm 0,011$ $n = 4$	$0,046 \pm 0,006$ $n = 3$	$0,031 \pm 0,005$ $n = 8$	$0,56 \pm 0,023$ $n = 3$

Mittelwert \pm Standardabweichung des Mittelwertes. $n =$ Zahl der Messungen.

Tabelle 3. *Aktivität der Serum-LDH, nach Kataraktformen aufgeschlüsselt*

Dimension	Typischer grauer Altersstar	Kernkatarakt	Permeabilitätskatarakt	Intumescente Katarakt
$\mu\text{M}/\text{h} \cdot \text{ml}$	$8,54 \pm 0,96$ $n = 5$	$8,35 \pm 0,87$ $n = 5$	$8,35 \pm 0,52$ $n = 12$	$8,19 \pm 0,63$ $n = 6$
$\mu\text{M}/\text{h} \cdot \text{mg Protein}$	$0,147 \pm 0,023$ $n = 4$	$0,136 \pm 0,018$ $n = 3$	$0,137 \pm 0,009$ $n = 8$	$0,120 \pm 0,009$ $n = 3$

Mittelwert \pm Standardabweichung des Mittelwertes. $n =$ Zahl der Messungen.

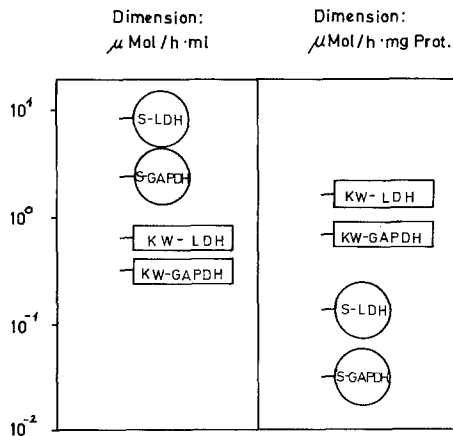


Abb. 1. Absolute ($\mu\text{M}/\text{h} \cdot \text{ml}$) und spezifische ($\mu\text{M}/\text{h} \cdot \text{mg Protein}$) Aktivität der GAPDH und LDH im Serum und Kammerwasser bei Permeabilitätskatarakt

Raunio fanden allerdings niedrigere Proteinkonzentrationen im menschlichen Kammerwasser. Nach ihren Untersuchungen nimmt mit dem Probenvolumen auch der Proteingehalt des Kammerwassers zu. Einen mög-

Tabelle 4. Einzelwerte der Serum-GAPDH

Klare Linse	Typischer grauer Altersstar	Kernkatarakt	Permeabilitätskatarakt	Intumescenente Katarakt
Aktivität der GAPDH im Serum [$\mu\text{M}/\text{h} \cdot \text{ml}$]				
1,71	0,76	2,13	1,11	1,32
—	1,79	2,33	1,22	1,46
—	2,78	2,82	1,28	2,04
—	3,74	3,45	1,49	2,94
—	5,56	3,64	1,67	3,63
—	—	—	1,68	6,76
—	—	—	1,81	—
—	—	—	2,38	—
—	—	—	2,50	—
—	—	—	2,86	—
—	—	—	5,13	—
—	—	—	5,34	—
Aktivität der GAPDH im Serum [$\mu\text{M}/\text{h} \cdot \text{mg Protein}$]				
0,02	0,02	0,04	0,02	0,02
—	0,05	0,04	0,02	0,05
—	0,05	0,06	0,02	0,10
—	0,10	—	0,02	—
—	—	—	0,03	—
—	—	—	0,03	—
—	—	—	0,04	—
—	—	—	0,07	—

licherweise durch das relativ große Probenvolumen (ca. 150 μl) entstandenen Fehler haben wir bewußt in Kauf genommen, da uns in erster Linie die Enzymaktivität in ihrer Relation zur Kataraktform interessierte und zu geringe Kammerwasservolumina zu methodischen Schwierigkeiten geführt hätten. Die absoluten Werte der Enzyme im Kammerwasser (Dimension $\mu\text{M}/\text{h} \cdot \text{ml}$) liegen niedriger als im Serum. Ihre spezifische Aktivität ($\mu\text{M}/\text{h} \cdot \text{mg Protein}$) übertrifft dagegen die Serumenzyme ungefähr um den Faktor 10—20 (Abb. 1). Das Aktivitätsverhältnis LDH/GAPDH beträgt im Kammerwasser im Mittel 1,9, im Serum 3,08.

Die Enzymaktivitäten im Kammerwasser (Tabelle 7—10) zeigen eine typische Abhängigkeit von der Trübungsform der Linse: Die Aktivität der LDH nimmt vom typischen grauen Altersstar über Kernkatarakt und Permeabilitätskatarakt zur intumescenente Katarakt zu (der Unterschied zwischen den LDH-Aktivitäten im Kammerwasser bei intumescenente Katarakten und dem typischen grauen Altersstar ist signifikant mit $P = 2\alpha < 0,05$)¹. Die GAPDH-Aktivität ändert sich praktisch nicht.

¹ Wilcoxon-Test. Wiss. Tabellen Geigy, 7. Aufl.

Tabelle 5. Einzelwerte der Serum-LDH

Klare Linse	Typischer grauer Altersstar	Kernkatarakt	Permeabilitätskatarakt	Intumescence Katarakt
Aktivität der LDH im Serum [$\mu\text{M}/\text{h}\cdot\text{ml}$]				
5,0	6,16	5,93	5,71	6,45
—	6,67	7,04	6,25	7,57
—	9,26	8,16	6,90	7,69
—	9,26	10,20	7,57	7,73
—	11,36	10,41	7,58	8,70
—	—	—	7,90	11,01
—	—	—	8,06	—
—	—	—	8,20	—
—	—	—	9,29	—
—	—	—	10,00	—
—	—	—	11,35	—
—	—	—	11,37	—
Aktivität der LDH im Serum [$\mu\text{M}/\text{h}\cdot\text{mg Protein}$]				
0,08	0,09	0,10	0,09	0,10
—	0,13	0,15	0,13	0,13
—	0,17	0,16	0,13	0,13
—	0,20	—	0,13	—
—	—	—	0,14	—
—	—	—	0,14	—
—	—	—	0,15	—
—	—	—	0,19	—

Tabelle 6. Eiweiß im Kammerwasser [$\text{mg}/100 \mu\text{l}$]

Typischer grauer Altersstar	Kernkatarakt	Permeabilitätskatarakt	Intumescence Katarakt
$0,069 \pm 0,049$ $n = 4$	$0,046 \pm 0,010$ $n = 3$	$0,053 \pm 0,006$ $n = 8$	$0,058 \pm 0,009$ $n = 3$

Mittelwert \pm Standardabweichung des Mittelwertes. n = Zahl der Messungen.

Diskussion

Die spezifische Aktivität der Kammerwasserenzyme liegt um das 10 bis 20fache über der der Serumenzyme. Das Verhältnis LDH/GAPDH differiert ebenfalls (Serum 3,08, Kammerwasser 1,9). Wäre das Eiweiß im Kammerwasser Serumeiweiß, das in geringen Mengen den „Ultrafilter“ der Blut-Kammerwasserschranke überwunden hat, könnte man diese Ergebnisse nicht erklären. Eine solche Teilpassage der Blut-Kammerwasserschranke

Tabelle 7. *Aktivität der Kammerwasser-GAPDH, nach Kataraktformen aufgeschlüsselt*

Dimension	Typischer grauer Altersstar	Kernkatarakt	Permeabilitätskatarakt	Intumescente Katarakt
$\mu\text{M}/\text{h} \cdot \text{ml}$	$0,294 \pm 0,043$ $n = 5$	$0,261 \pm 0,100$ $n = 4$	$0,310 \pm 0,038$ $n = 11$	$0,351 \pm 0,056$ $n = 6$
$\mu\text{M}/\text{h} \cdot \text{mg Protein}$	$0,485 \pm 0,078$ $n = 4$	$0,722 \pm 0,342$ $n = 3$	$0,686 \pm 0,122$ $n = 8$	$0,416 \pm 0,028$ $n = 3$

Mittelwert \pm Standardabweichung des Mittelwertes. n = Zahl der Messungen.

Tabelle 8. *Aktivität der Kammerwasser-LDH, nach Kataraktformen aufgeschlüsselt*

Dimension	Typischer grauer Altersstar	Kernkatarakt	Permeabilitätskatarakt	Intumescente Katarakt
$\mu\text{M}/\text{h} \cdot \text{ml}$	$0,379 \pm 0,057$ $n = 5$	$0,459 \pm 0,141$ $n = 4$	$0,624 \pm 0,095$ $n = 12$	$0,957 \pm 0,149$ $n = 6$
$\mu\text{M}/\text{h} \cdot \text{mg Protein}$	$0,597 \pm 0,063$ $n = 4$	—	$1,56 \pm 0,361$ $n = 8$	$1,37 \pm 0,172$ $n = 3$

Mittelwert \pm Standardabweichung des Mittelwertes. n = Zahl der Messungen.

wäre besonders für kleinmolekulare Proteine zu erwarten. Das Molekulargewicht der beiden Enzyme liegt aber weit über dem der Albumine — das Molekulargewicht der GAPDH wird mit 118000—150400 (Elias u. Mitarb.; Taylor u. Mitarb.; Fox u. Mitarb.) angegeben, das der LDH mit 126000—140000 (Gibson u. Mitarb.; Neilands; Nisselbaum u. Mitarb.), das Molekulargewicht der Albumine beträgt 69000. Bei Lockerung der Blut-Kammerwasserschranke wären demnach niedrigere spezifische Aktivitäten der Enzyme und ein etwa gleiches Verhältnis zueinander zu erwarten. Man muß deswegen annehmen, daß mindestens ein Teil der im Kammerwasser nachweisbaren Proteine bzw. Enzyme aus Geweben stammen, die an den Kammerwasserraum grenzen, also aus Linse, Ciliarkörper, Iris und Hornhaut. In unserem Untersuchungsgut ist die einzige systematische Variable unter diesen vier Organen die Linse. Vergleicht man die LDH-Aktivität im Kammerwasser in den Klassen der verschiedenen Katarakte miteinander, so ergibt sich folgendes (Abb. 2): Niedrige LDH-Aktivitäten finden wir beim typischen grauen Altersstar, einer Starform mit biomikroskopisch „intakter“ oberflächlicher Rinde sowie bei

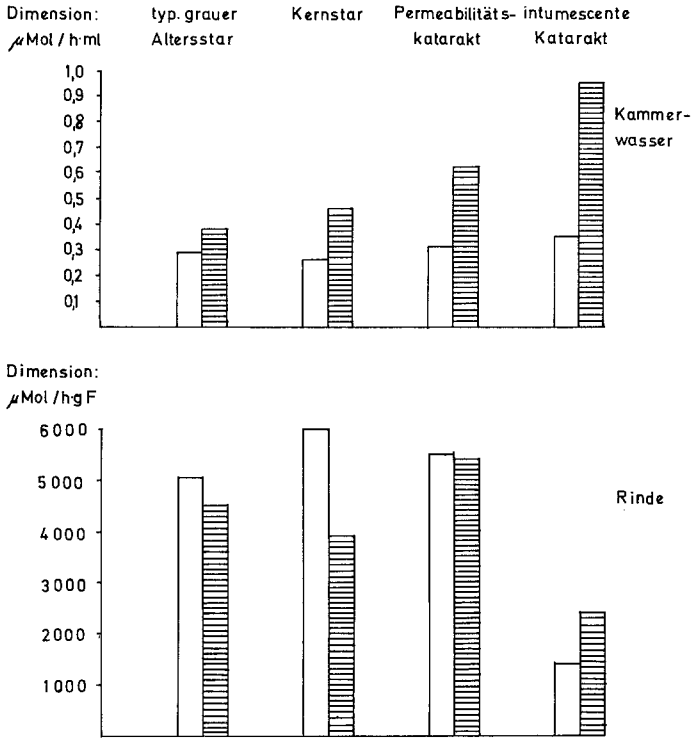


Abb. 2. GAPDH (offene Säule) und LDH (gestrichelte Säule) in der Linsenrinde und im Kammerwasser bei verschiedenen Kataraktformen

der Kernkatarakt, deren Rinde ebenfalls biomikroskopisch „intakt“ ist, signifikant höhere Werte dagegen bei intumescen Katarakten, also gequollenen, stark getrübbten Linsen.

Innerhalb der Linse finden wir bei intumescen Katarakten einen signifikanten Aktivitätsverlust der LDH (Friedburg, 1966). Typischer grauer Altersstar, Kernkatarakt und intumescen Katarakt verhalten sich somit in der Proportion LDH innerhalb der Linse/LDH im Kammerwasser nahezu spiegelbildlich.

Wir interpretieren diese Ergebnisse als ein „Auslaufen“ der Enzyme aus der geschädigten Linse. Dabei ist zu überlegen, ob das Trauma der Kammerwasserentnahme dieses Auslaufen von Linsenproteinen über-

Abb. 3. LDH-Aktivität im Kammerwasser und in der vorderen Linsenrinde bei Kernkatarakt und Permeabilitätskatarakt

Tabelle 9. Einzelwerte der Kammerwasser-GAPDH

Klare Linse	Typischer grauer Altersstar	Kernkatarakt	Permeabilitätskatarakt	Intumescence Katarakt
Aktivität der GAPDH im Kammerwasser [$\mu\text{M}/\text{h}\cdot\text{ml}$]				
0,14	0,16	0,11	0,19	0,15
0,16	0,25	0,14	0,21	0,29
—	0,29	0,24	0,23	0,32
—	0,37	0,56	0,25	0,35
—	0,41	—	0,27	0,45
—	—	—	0,27	0,55
—	—	—	0,27	—
—	—	—	0,30	—
—	—	—	0,30	—
—	—	—	0,56	—
—	—	—	0,56	—
Aktivität der GAPDH im Kammerwasser [$\mu\text{M}/\text{h}\cdot\text{mg Protein}$]				
0,09	0,34	0,34	0,33	0,37
—	0,36	0,42	0,42	0,41
—	0,61	1,41	0,44	0,47
—	0,63	—	0,49	—
—	—	—	0,69	—
—	—	—	0,78	—
—	—	—	0,98	—
—	—	—	1,36	—

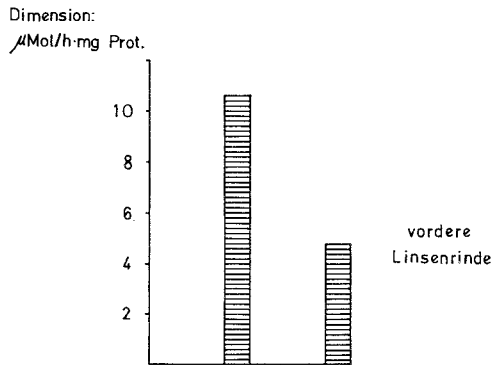
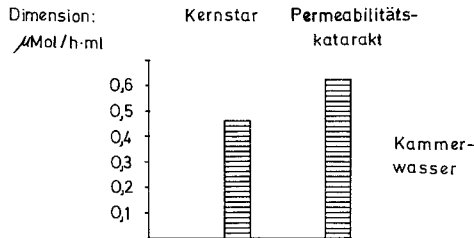


Abb. 3

Tabelle 10. Einzelwerte der Kammerwasser-LDH

Klare Linse	Typischer grauer Altersstar	Kernkatarakt	Permeabilitätskatarakt	Intumescente Katarakt
Aktivität der LDH im Kammerwasser [$\mu\text{M}/\cdot\text{ml}$]				
0,42	0,23	0,19	0,19	0,57
0,46	0,29	0,34	0,22	0,71
—	0,40	0,45	0,25	0,76
—	0,41	0,86	0,47	1,01
—	0,57	—	0,59	1,12
—	—	—	0,61	1,58
—	—	—	0,67	—
—	—	—	0,67	—
—	—	—	0,70	—
—	—	—	0,85	—
—	—	—	0,97	—
—	—	—	1,33	—
Aktivität der LDH im Kammerwasser [$\mu\text{M}/\text{h}\cdot\text{mg Protein}$]				
0,26	0,44	0,86	0,34	1,04
—	0,55	1,25	0,83	1,46
—	0,70	—	0,84	1,62
—	0,70	—	1,03	—
—	—	—	1,38	—
—	—	—	2,14	—
—	—	—	2,55	—
—	—	—	3,33	—

haupt erst erzeugt oder doch verstärkt hat, aber viele Befunde sprechen für unsere Annahme, daß dies auch ohne Punktionstrauma erfolgt. Charlton u. Mitarb. konnten *in vitro* einen Proteinverlust aus menschlichen Kataraktlinsen nachweisen. Verschiedene Autoren berichten auch über eine Abnahme von Linsenproteinen im Verlauf der Kataraktentstehung (Charlton u. Mitarb.; François u. Mitarb.; Mach; Manuel; Malik u. Mitarb.), wobei besonders die löslichen Fraktionen betroffen sind.

Einen scheinbaren Widerspruch zu unserer Hypothese bilden die hohen LDH-Aktivitäten in der Gesamtrinde von Permeabilitätskatarakten. Eine detailliertere Untersuchung (Friedburg und Moog) zeigte allerdings, daß in den äußersten Rindenschichten, besonders in der vorderen Rinde, bei Permeabilitätskatarakten stärkeren Grades deutlich niedrigere LDH-Aktivitäten vorliegen als in der gleichen Rindenzone von Kernkatarakten (Abb. 3).

Die Streuung unserer Einzelwerte im Kammerwasser macht darüber hinaus deutlich, daß unter dem morphologischen Bild der Permeabili-

tätskatarakt biochemisch zu mindestens verschiedene Grade der Linsenschädigung zusammengefaßt wurden, ausgeprägte Permeabilitätskatarakte verhalten sich hinsichtlich ihrer Enzymaktivität ähnlich wie intumescende Linsen. Die Aktivität der GAPDH ändert sich bei unserer Versuchsanordnung im Kammerwasser nicht, obwohl die Aktivitätsänderungen in Starlinsen sehr ausgeprägt sind (Friedburg, 1966). Möglicherweise wird die GAPDH bei der Kataraktbildung nicht ausgewaschen, sondern inaktiviert, oder aber ihre Resynthese verläuft langsamer als die der LDH, so daß im Kammerwasser keine eindeutigen Differenzen bei verschiedenen Kataraktformen auftreten können.

Literatur

- Bücher, Luh, Pette: In: Hoppe-Seyler/Thierfelder, Handbuch der Physiologisch- und Pathologisch-chemischen Analyse, 10. Aufl., Bd. 6, Teil A. Berlin-Göttingen-Heidelberg New York: Springer 1964.
- Charlton, J. M., Heyningen, R. v.: An investigation into the loss of proteins of low molecular size from the lens in senile cataract. *Exp. Eye Res.* **7**, 47—55 (1968).
- Elias, H. G., Garbe, A., Lamprecht, W.: Die Bestimmung des Molekulargewichtes von 3-Phospho-D-glycerinaldehyd-Dehydrogenase. *Hoppe-Seylers Z. physiol. Chem.* **319**, 22—34 (1960).
- Feissli, S., Forster, G., Laudahn, G., Schmidt, E., Schmidt, F. W.: Normal-Werte und Alterung von Hauptketten-Enzymen im Serum. *Klin. Wschr.* **44**, 390—396 (1966).
- Fox, J. B., Dandliker, W. B.: A study of some of the physical properties of glyceraldehyde-3-phosphate dehydrogenase. *J. biol. Chem.* **218**, 53—57 (1956).
- François, J., Rabacy, H., Stockmans, L.: Gel filtration of the soluble proteins from normal and cataractous human lenses. *Exp. Eye Res.* **4**, 312—318 (1965).
- Friedburg, D.: Die Aktivität der Glycerinaldehydphosphatdehydrogenase und der Laktatdehydrogenase in menschlichen Kataraktlinsen. *Albrecht v. Graefes Arch. klin. exp. Ophthal.* **170**, 365—372 (1966).
- Malatdehydrogenase und TPN-spezifische Isocitratdehydrogenase in menschlichen Kataraktlinsen. *Albrecht v. Graefes Arch. klin. exp. Ophthal.* **173**, 309—317 (1967).
- Meyer, U.: Untersuchungen über den Pentose-Phosphat-Cyclus in menschlichen Kataraktlinsen. *Albrecht v. Graefes Arch. klin. exp. Ophthal.* **174**, 367—376 (1968).
- Moog, P.: Die Aktivität von Enzymen der Glykolyse und des Citratcyclus in verschiedenen Abschnitten menschlicher Kataraktlinsen. *Ber. dtsch. ophthal. Ges.* **68**, 126—130 (1967).
- Gibson, D. M., Davisson, E. O., Bachhawat, P. K., Ray, B. R., Vestling, C. S.: Rat liver dehydrogenase. *J. biol. Chem.* **203**, 397—409 (1953).
- Hemmingsen, L., Øther, A.: Disc electrophoresis of aqueous humour. *Acta ophthal. (Kbh.)* **45**, 359—370 (1967).
- Krause, U., Raunio, V.: Proteins of the normal human aqueous humour. *Ophthalmologica (Basel)* **159**, 178—185 (1969).
- Lowry, O. H., Rosebrough, N. J., Farr, A. L., Randall, R. J.: Protein measurement with the folin phenol reagent. *J. biol. Chem.* **193**, 265—275 (1951).

- Mach, H.: Untersuchung von Linseneiweiß und Mikroelektrophorese von wasserlöslichem Eiweiß im Altersstar. *Klin. Mbl. Augenheilk.* **143**, 689—710 (1963).
— Untersuchung von Linseneiweiß und Mikroelektrophorese von wasserlöslichem Eiweiß bei traumatischen und komplizierten Katarakten. *Klin. Mbl. Augenheilk.* **145**, 827—842 (1964).
- Malik, S. R. K., Gupta, A. K., Chatterji, S., Agarwal, P. S.: Soluble proteins in normal and cataractous human lenses. *Exp. Eye Res.* **8**, 93—98 (1969).
- Manuel, Y.: Etude des protéines solubles du cristallin par électrophorèse en gel d'amidon. *Bull. Soc. Ophtal. Fr.* **63**, 268—270 (1963).
- Neilands, J. B.: Studies on lactic dehydrogenase of heart. *J. biol. Chem.* **199**, 373—381 (1952).
- Nisselbaum, J. S., Bodanski, O.: Purification and properties of human heart lactic dehydrogenase. *J. biol. Chem.* **236**, 323—327 (1961).
- Taylor, J. F., Lowry, C.: The molecular weights of some crystalline enzymes from muscle and yeast. *Biochim. biophys. Acta (Amst.)* **20**, 109—117 (1956).

Priv.-Doz. Dr. D. Friedburg
Dr. W. Hammerstein
Univ.-Augenklinik
BRD-4000 Düsseldorf, Moorenstr. 5
Deutschland