

Sonderdruck aus

Deutsche Ophthalmologische Gesellschaft
Bericht über die
75. Zusammenkunft in Heidelberg 1977

Kunststoffimplantate in der Ophthalmologie

Redigiert von W. Jaeger, Heidelberg

© J. F. Bergmann Verlag München
Printed in Germany. Nicht im Handel



J. F. Bergmann Verlag München

Probleme der Licht- und Laser-Koagulation

Simultanmessung von Temperaturverlauf und Weißfärbung am Augenhintergrund während Laserkoagulationen

W. Weinberg¹, R. C. McCord¹, V.-P. Gabel², R. Birngruber¹, K. P. Boergen², F. Hillenkamp³

Bei der therapeutischen Licht- und Laserkoagulation der Netzhaut ist die subjektiv beurteilte Weißfärbung am Fundus allgemein das Kriterium für den Koagulationserfolg. Um dieses Kriterium objektiv zu erfassen, haben wir vor einiger Zeit begonnen, in systematischen Tierexperimenten den Verlauf der Weißfärbung durch Messung des vom Koagulationsort reflektierten Lichts zu verfolgen; darüber wurde anlässlich der letzten Tagung der Deutschen Ophthalmologischen Gesellschaft berichtet [1].

Da es sich bei diesen Netzhautkoagulationen bekanntlich um thermisch verursachte Gewebsreaktionen handelt, ist es für ein Ver-

ständnis der Entwicklung der Weißfärbung notwendig, gleichzeitig mit der Reflektometrie auch die Wärmeausbreitung über die Temperatur am Fundus zu messen. Im folgenden wird der entsprechende experimentelle Aufbau vorgestellt und über erste Meßergebnisse berichtet.

In Abb. 1 ist zunächst der experimentelle Aufbau für die Fundusreflektometrie schematisch dargestellt: Es wird mit einem Argonlaser über eine Spaltlampen-Kontaktglas-Anordnung koaguliert, in den Strahlengang ist zusätzlich noch ein Helium-Neon-Laser eingespiegelt, der kontinuierlich mit einer Leistung von ca. 1 mW strahlt und dessen vom Augenhintergrund reflektierte Leuchtdichte selektiv – das Argonlicht wird unterdrückt – über einen Photomultiplier mit einem Speicheroszillographen gemessen wird.

Für die Temperaturmessungen haben wir spezielle Mikrothermoelemente entwickelt,

- 1 Gesellschaft für Strahlen- und Umweltforschung m. b. H., Neuherberg b. München.
- 2 Augenklinik der Univ. München. Direktor: Prof. Dr. O.-E. Lund.
- 3 Inst. für Biophysik der Univ. Frankfurt am Main.

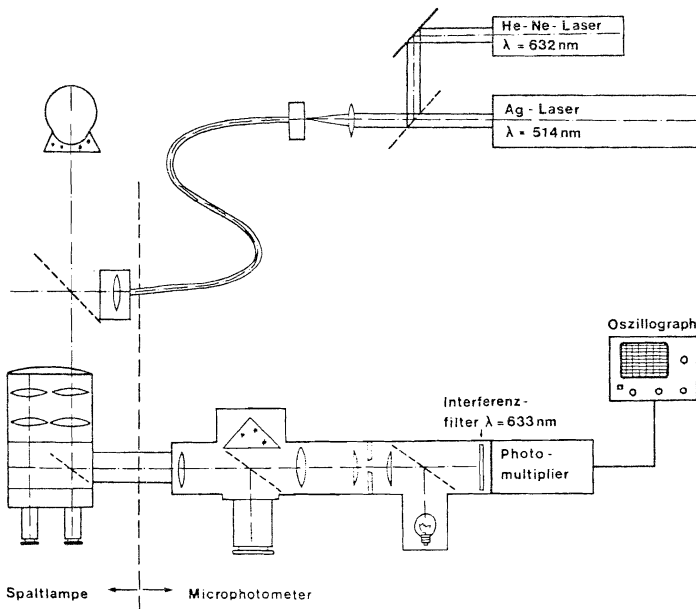


Abb. 1. Experimenteller Aufbau zur Fundusreflektometrie

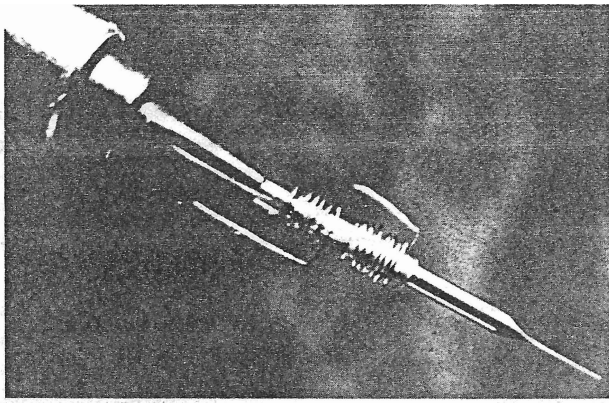


Abb. 2. Mikrothermoelement, Spitzendurchmesser $20\ \mu\text{m}$, Konuslänge 8 mm, Schaftdurchmesser 2 mm

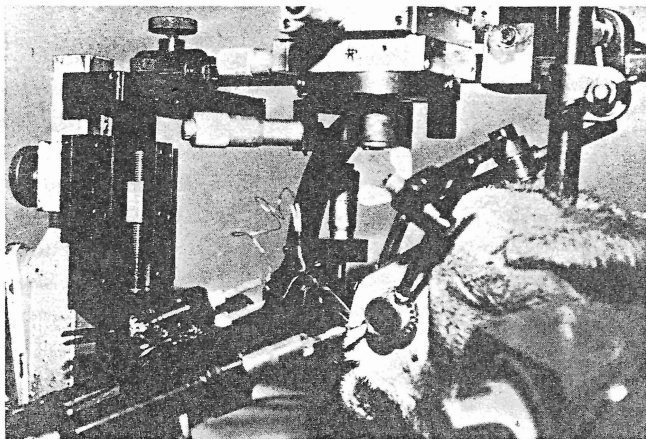


Abb. 3. Tierhalter mit Mikromanipulator und Vorschubmechanismus für das Mikrothermoelement

die sich außer durch ihre besondere Kleinheit durch ein hohes zeitliches Auflösungsvermögen auszeichnen und sich thermisch – hinsichtlich der Wärmekapazität und der Wärmeleitung – ähnlich wie Gewebe verhalten [2]. Ein solches Thermoelement mit dem Thermokontakt an der Spitze einer $20\ \mu\text{m}$ dicken Quarzfaser ist in der Abb. 2 zu sehen.

In der Abb. 3 wird der Tierhalter gezeigt, in dem das narkotisierte Kaninchen fixiert und dessen freipräpariertes Auge vorgelegt und an die Kontaktglasfaser angenähert ist. Das Mikrothermoelement wird über einen Mikromanipulator positioniert und mittels eines Schrittmotors von der pars plana her durch ein in die Sklera trepaniertes Loch zum Augenhintergrund vorgeschoben; die Führung mit dem Thermoelement ist an zwei senkrecht zueinander kippbaren Armen so befestigt, daß das Thermoelement unter einem veränderlichen

Winkel zum einfallenden Laserstrahl eingestochen werden kann.

Eine mit diesem Versuchsaufbau gewonnene gleichzeitige Messung des Verlaufs der

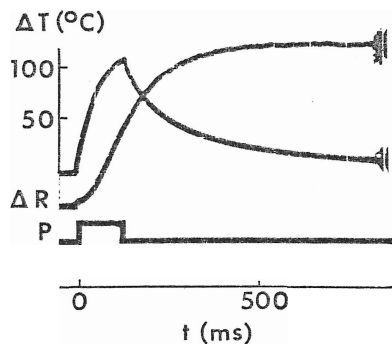


Abb. 4. Gleichzeitige Aufzeichnung von Temperaturverlauf ΔT und Reflektogramm ΔR

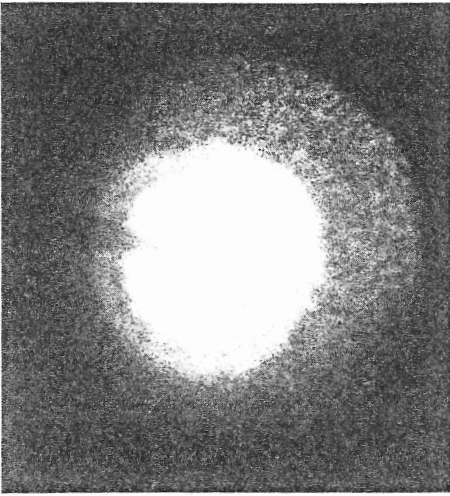


Abb. 5. Typische therapeutische Läsion mit einem Mikrothermoelement zur Temperaturmessung im Fleckzentrum

reflektierten Leuchtdichte und der Temperaturverteilung während der Koagulation ist in der Abb. 4 aufgezeichnet; das Fundusfoto in der Abb. 5 zeigt die Sonde in Kontakt mit der Netzhautoberfläche im Zentrum einer „therapeutischen“ Läsion, die mit einer Argonlaserleistung von 490 mW über 125 ms bei einem Brennfleck von 500 μm im Durchmesser erzeugt worden ist.

Wie aus dem Diagramm in Abb. 4 zu erkennen ist, steigt die Temperatur sofort mit der Lasereinstrahlung steil an und fällt nach Ende exponentiell ab, die Zunahme des Reflexionsvermögens der Retina setzt verzögert ein und hält auch nach Ende des Laserpulses noch an. Zur Erklärung dieser sehr hohen Temperatur von 135° C, die über der Siedetemperatur von Wasser liegt, ist zu berücksichtigen, daß nur ein sehr kleines Volumen und dieses nur kurzzeitig so weit erhitzt worden ist und daß der darin aufgebaute Druck offenbar noch nicht zum Verdampfen von Wasser ausreicht. Wie nahe man jedoch bei dieser Koagulation an der Grenze der mechanischen Schädigung des Gewebes ist, zeigt auch ein Vergleich mit Ergebnissen unserer Reflektometrie-Untersuchungen [3], die in Abb. 6 wiedergegeben sind. Hier ist die Pulsenergie für eine überschwellige Laserapplikation über der Bestrahlungszeit aufgetragen. Mit Parametern, die im unteren Bereich liegen, ist eine therapeutische Koagulation ohne Blutungsgefahr zu erreichen; mit Bestrahlungsparametern im oberen schraffierten Bereich erfolgt in allen Fällen eine mechanische Schädigung des Gewebes mit Blutung. Die Bestrahlungsparameter der in Abb. 4 gezeigten Läsion liegen sehr nahe an der Grenze zum Bereich der unerwünschten Effekte. Dies wird durch die gemessene, sehr hohe Temperatur auch bestätigt.

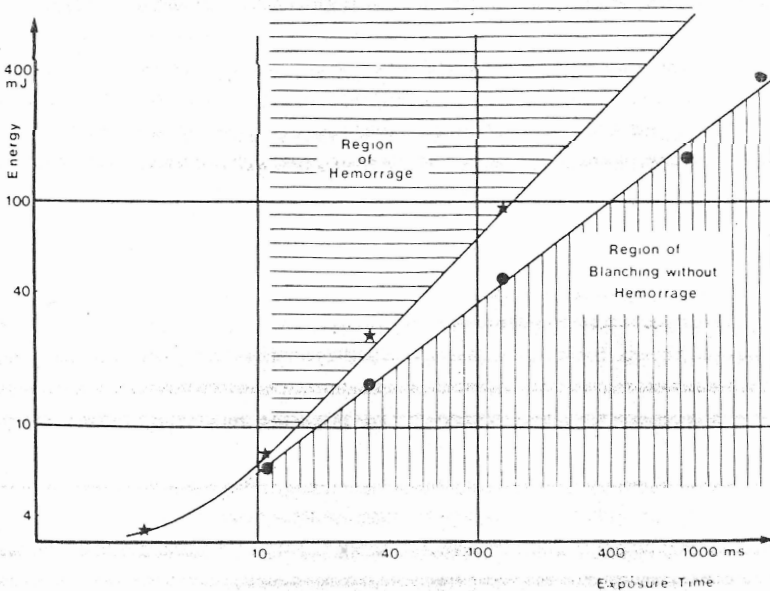


Abb. 6. Schädigungswahrscheinlichkeit in Abhängigkeit von den Bestrahlungsparametern

Zusammenfassung

In dieser Arbeit ist der tierexperimentelle Versuchsaufbau für eine gleichzeitige in vivo-Messung von Wärmeausbreitung und Änderung des Reflexionsvermögens am Fundus vorgestellt worden und anhand von ersten Meßergebnissen zunächst gezeigt worden, daß es auf diese Weise möglich ist, in systematischen Tierversuchen ein besseres Verständnis für die bei der Photokoagulation der Netzhaut ablaufenden Prozesse zu gewinnen.

Literatur

1. Birngruber, R., Gabel, V.-P., Hillenkamp, F.: Fundusreflektometrie während Laserkoagulation. Ber. Dtsch. Ophthal. Ges., **74**, 428–434 (1977). –
2. McCord R. C., Weinberg, W., Hillenkamp, F.: Micro-miniature thermoelectric sensors for dynamic temperature measurements in laser irradiated tissue. Biomed. Techn. **20** Suppl., 171–172 (1975). –
3. Birngruber, R., Gabel, V.-P., Hillenkamp, F.: Fundus Reflectometry: A Step towards Optimization of the Retina Photocoagulation. Mod. Probl. Ophthal. Vol. **18**, 383–390. Basel: Karger 1977