

# Augenklinik

## Lehrstuhl für Augenheilkunde

### Adresse

Schwabachanlage 6  
91054 Erlangen  
Tel.: +49 9131 8534478  
Fax: +49 9131 8536435  
www.augenklinik.uk-erlangen.de  
augenklinik@uk-erlangen.de

### Direktor

Prof. Dr. med. Friedrich E. Kruse

### Ansprechpartner

Prof. Dr. med. Friedrich E. Kruse  
Tel.: +49 9131 8534478  
Fax: +49 9131 8536435  
friedrich.kruse@uk-erlangen.de

### Forschungsschwerpunkte

- Entwicklung neuer Methoden der lamellären Hornhauttransplantation
- Pharmakologische Beeinflussung der Regenerationsfähigkeit des Hornhautendothels
- Korneale Stammzellen und Entwicklung neuer stammzellbasierter Verfahren zur Rekonstruktion der Augenoberfläche
- Erlanger Glaukomregister
- Biomorphometrie des Nervus opticus
- Minimal-invasive Glaukomchirurgie
- Funktionelle Aspekte der retinalen Neurodegeneration
- Netzhautphysiologie
- Nicht-invasive Elektrophysiologie bei Mensch und Tier
- Selektive Untersuchungen der Fotorezeptoren und der Sehbahnen
- Autoimmunität und Glaukome
- Autoimmunität und Post-COVID Syndrom
- Pseudoexfoliations-Syndrom/Glaukom
- Klinisch-pathologische Konzepte in der Diagnose und Therapie okulärer Erkrankungen
- Zirkulation des Auges und der Sehbahn

### Struktur der Klinik

Professuren: 8  
Beschäftigte: 176

- Ärzte: 43
- Wissenschaftler: 13  
(davon drittmittelfinanziert: 7)
- Promovierende: 57

### Klinische Versorgungsschwerpunkte

- Hornhautchirurgie
- Rekonstruktive Chirurgie des vorderen Augenabschnitts
- Minimal-invasive Glaukomchirurgie mit Implantaten
- Okuloplastische Tränenwegs- und Orbitachirurgie
- Tumorchirurgie und vitreoretinale Chirurgie
- Transkonjunktivale nahtlose Netzhaut-Glaskörperchirurgie
- Refraktive Chirurgie mit dem Femtosekundenlaser
- Kataraktchirurgie mit innovativen Intraokularlinsen

- Intraokulare Injektionen bei altersbedingten Makulaerkrankungen (AMD)
- Spezialsprechstunden
- Sehschule/Orthoptik
- Berufsfachschule für Orthoptistinnen
- Fluoreszenzangiographie und Laser
- Sehbehindertenambulanz
- Hornhautbank
- Forschungslabore

### Forschung

Die Augenklinik zählt zu den national und international führenden Zentren auf den Gebieten der lamellären Hornhauttransplantation einschließlich Strukturbiologie der Hornhaut sowie der Diagnostik und Pathophysiologie von Glaukomerkrankungen einschließlich Pseudoexfoliationsglaukom. Ein interdisziplinäres Team aus Medizinerinnen und Naturwissenschaftlern betreibt patientenorientierte experimentelle und klinische Forschung zu Hornhauterkrankungen, neurodegenerativen Erkrankungen und okulären Tumoren. Dafür wird ein breites Methodenspektrum eingesetzt, das von molekular- und zellbiologischen Experimenten über Histologie und Elektronenmikroskopie, Sinnes- und Elektrophysiologie bis zu modernsten bildgebenden Verfahren, wie der OCT-Angiographie und Magnetresonanztomographie, reicht. Neue Medizinprodukte zur Behandlung verschiedener Augenerkrankungen werden im Rahmen multizentrischer Studien an der Augenklinik getestet. Wichtiges Ziel der wissenschaftlichen Untersuchungen ist es, die Ursachen für degenerative und vaskuläre Erkrankungen des Auges und der Sehbahn auf molekularer, zellulärer und systemischer Ebene zu erforschen, die mikrochirurgischen Verfahren weiterzuentwickeln, die Qualität der Behandlungen zu sichern und die Entwicklung innovativer Therapiekonzepte und Behandlungsstrategien voranzutreiben.

### Entwicklung neuer Methoden der lamellären Hornhauttransplantation

PI: Prof. Dr. F.E. Kruse, PD Dr. T. Tourtas, PD Dr. J. Weller

Neue minimal-invasive Verfahren der schichtspezifischen (lamellären) Hornhauttransplantation, wie die DMEK (Descemet Membrane Endothelial Keratoplasty), bei der nur die erkrankte, einlagige innere Zellschicht der Hornhaut transplantiert wird, werden im Rahmen dieses klinischen Projektes an der Augenklinik international führend angewandt und konstant weiterentwickelt. Die Arbeitsgruppe befasst sich mit der Optimierung der prä-, intra- und postoperativen Techniken und der Analyse der klinischen Ergebnisse zur Verbesserung der Qualität und Standardisierbarkeit der neuen chirurgischen Verfahren.

### Pharmakologische Beeinflussung der Regenerationsfähigkeit des Hornhautendothels

PI: Prof. Dr. F.E. Kruse, PD Dr. T. Tourtas, PD Dr.

Weller, Prof. Dr. U. Schlötzer-Schrehardt  
Aufgrund eines Mangels an Spendergewebe besteht zunehmend Bedarf an regenerativen Zelltherapien für die Behandlung von Erkrankungen des Hornhautendothels, wie der Fuchs'schen Endotheldystrophie. Rho-Kinasen (ROCK) sind an der Regulation vieler Zellfunktionen beteiligt. Im Rahmen klinischer Studien und begleitender labor-experimenteller Untersuchungen wird die Effektivität selektiver ROCK-Inhibitoren für die Regeneration des Hornhautendothels in frühen Stadien der Erkrankung evaluiert.

### Korneale Stammzellen und Entwicklung neuer stammzellbasierter Verfahren zur Rekonstruktion der Augenoberfläche

PI: Prof. Dr. U. Schlötzer-Schrehardt, Prof. Dr. F.E. Kruse

Ein etabliertes Verfahren zur Rekonstruktion der Augenoberfläche bei Patienten mit Limbusstammzellinsuffizienz ist die Transplantation ex vivo expandierter kornealer, epithelialer Progenitorzellen. Im Hinblick auf eine Therapie-Optimierung werden im zellbiologischen Labor der Augenklinik die molekularen Grundlagen zum Verständnis der kornealen Stammzellen und ihrer Nische erforscht, es werden neue Kultivierungsmethoden zur Rekonstruktion der Stammzellnische auf biologischen und biosynthetischen Substraten evaluiert, und es wird nach alternativen Stammzellquellen für die ex vivo Konstruktion autologer Hornhaut-epitheläquivalente gesucht.

### Erlanger Glaukomregister

PI: Dr. Dr. B. Hohberger, Prof. Dr. R. Lämmer, Prof. Dr. C. Mardin,

Das Glaukom stellt die zweithäufigste Ursache für eine Erblindung in den Industrienationen dar. Seit seiner Gründung im Jahre 1991 werden innerhalb des Erlanger Glaukomregisters Patienten mit Verdacht auf Glaukom oder einem manifesten Glaukom rekrutiert. Diese longitudinale Beobachtungsstudie wurde mit dem Ziel aufgebaut, die pathogenetischen Einflussfaktoren der Glaukomerkrankungen zu erforschen, die Diagnostik zu verbessern und zu erweitern sowie translationale Bezüge zur Optimierung der konservativen und chirurgischen Therapie zu ermöglichen.

### Biomorphometrie der Retina und des Nervus opticus

PI: Prof. Dr. C. Mardin, Prof. Dr. R. Lämmer, Dr. Dr. B. Hohberger

Schwerpunkt der Forschung ist die Entwicklung und Anwendung bildgebender Verfahren zur Glaukomfrüherkennung und zur Progressionserfassung. Neben morphometrischen (z.B. OCT) werden neueste Verfahren zur Mikrozirkulation angewendet sowie die bestehenden Methoden weiterentwickelt. Die bildgebenden Verfahren werden durch funktionelle Tests ergänzt. Die methodischen Entwicklungen werden auch auf andere Netzhauterkrankungen, wie diabetische Retinopathie und altersabhängige Makuladegeneration,

angewendet.

### Minimal-invasive Glaukomchirurgie

PI: Prof. Dr. R. Lämmer, Dr. Dr. B. Hohberger  
Mit der minimal-invasiven Glaukomchirurgie (MIGS) wurden kürzlich neue sichere Verfahren zur effektiven Senkung des Augeninnendrucks, dem wichtigste Risikofaktor des Glaukoms, mit Hilfe verschiedener Varianten von Micro-Stents entwickelt. Um die Effektivität und Sicherheit der Implantate im Hinblick auf die Indikation beurteilen zu können, werden im Rahmen dieses klinischen Projekts die unterschiedlichen MIGS-Verfahren vergleichend evaluiert. Im Hinblick auf eine personalisierte Therapie sind eine richtige Indikationsstellung und die postoperative Bewertung der Qualität und Effektivität der unterschiedlichen Implantate ausschlaggebend für den Erfolg der MIGS-Chirurgie. Ziele des Projekts sind daher die Erfassung der MIGS-Eingriffe in einem Register sowie die Identifizierung von Risikofaktoren für das operative Vorgehen und das postoperative Ergebnis. Zudem werden individuelle und molekulare Einflussfaktoren auf den Therapieerfolg identifiziert.

### Funktionelle Aspekte der retinalen Neurodegeneration

PI: Prof. Dr. J. Kremers, PD Dr. C. Huchzermeyer  
In diesem Forschungsschwerpunkt werden neue elektrophysiologische und psychophysische Techniken entwickelt, um die funktionellen Aspekte der retinalen Neurodegeneration, insbesondere bei Glaukomen und bei erblichen Netzhauterkrankungen, zu untersuchen. Elektrophysiologische Tests haben den Vorteil der Objektivität und ermöglichen eine direkte Beurteilung der Pathophysiologie der Netzhaut. Psychophysische Tests weisen eine hohe Sensitivität auf und erlauben eine Aussage über Wahrnehmungsveränderungen bei Patienten. Neue Methoden werden entwickelt, mit denen elektrophysiologische und psychophysische Reaktionen, die in einzelnen Photorezeptortypen und in verschiedenen Sehbahnen der Netzhaut entstehen, genau untersucht werden können. Neuere Entwicklungen in der multifokalen Stimulation und in der Perimetrie werden benutzt, um die retinale Neurodegeneration so früh wie möglich zu diagnostizieren.

### Netzhautphysiologie

PI: Prof. Dr. J. Kremers  
Ziel des Schwerpunktes ist die Erforschung der Funktion der normalen und erkrankten Netzhaut. Dazu werden elektrophysiologische Netzhautantworten auf Lichtreizung bei Nagermodellen verschiedener Erkrankungen abgeleitet. Außerdem werden elektrophysiologische Untersuchungen und Wahrnehmungsversuche bei Normalprobanden und Patienten durchgeführt. Ziel ist es, verschiedene Signalbahnen in der menschlichen Netzhaut zu bestimmen, die krankheitsbedingten Veränderungen zu charakterisieren und mit den Ergebnissen der Tierversuche zu korrelieren. Damit sollen die Krankheitsprozesse besser verstanden und beschrieben werden.

### Autoimmunität und Glaukome

PI: Dr. Dr. B. Hohberger, Prof. Dr. C. Mardin  
Die Pathomechanismen der Glaukomerkrankungen sind komplex und multifaktoriell. Neben dem relevantesten Risikofaktor, dem erhöhten Augeninnendruck, sind auch Autoimmunprozesse, einhergehend mit Veränderungen verschiedener Autoantikörper, von Bedeutung. In

klinischen Studien wird die Rolle agonistischer Autoantikörper gegen  $\beta_2$ -adrenerge Rezeptoren in der Glaukopathogenese untersucht. Weiterhin wird die Entfernung der  $\beta_2$ -Autoantikörper mittels gezielter medikamentöser Blockade als neue Therapiestrategie zur Senkung des Augeninnendrucks geprüft.

**Autoimmunität und Post-COVID Syndrom:** Die Erfahrungen und Methodiken, basierend aus dem Glaukumbereich werden translational auf das Post-COVID-Syndrom übertragen. Neben der Mikrozirkulation werden Autoimmunphänomene untersucht.

### Pseudoexfoliations-Syndrom/Glaukom

PI: Prof. Dr. U. Schlötzer-Schrehardt  
Das Pseudoexfoliations (PEX)-Syndrom ist eine der häufigsten weltweiten Ursachen für ein chronisches Offenwinkelglaukom. Zielsetzung des Forschungsprojektes ist die molekulare Analyse des zugrundeliegenden, genetisch determinierten, fibrotischen Prozesses durch funktionelle Charakterisierung der PEX-assoziierten, kodierenden und regulatorischen Risikovarianten, die funktionelle Analyse seltener Varianten sowie die Identifizierung weiterer PEX-assoziiierter Gene mittels Transkriptomanalyse und nachfolgender Pathway- und Netzwerkanalyse.

### Klinisch-pathologische Konzepte in der Diagnose und Therapie okulärer Erkrankung

PI: PD Dr. J. Weller, Dr. R. Meiller, Prof. Dr. A. Bergua, Prof. Dr. G. Gusek-Schneider  
Multidisziplinäre Diagnostik und Therapie orbitaler Erkrankungen: Neben der Ausarbeitung morphologisch-biomikroskopischer, histologischer und molekulargenetischer Kriterien epibulbärer Prozesse werden anhand von Langzeitstudien die Therapieerfolge nach Exzision und plastischer Rekonstruktion untersucht. Gefriermikroskopisch-kontrollierte Exzision periokulärer Malignome und plastische Rekonstruktion: Indikationen, Methoden und Ergebnisse.

### Zirkulation des Auges und der Sehbahn, Computer-unterstützte Diagnose und virtuelle Lehre

PI: Prof. Dr. G. Michelson  
Bei vielen Erkrankungen des Auges ist die Zirkulation der Netzhaut, des N. opticus und der Sehbahn verändert. Beginnende Endorganveränderungen bei den Erkrankungen, wie z. B. arterielle Hypertonie, sind im Auge sehr gut zu messen und zu erkennen. In interdisziplinären Projekten werden neue Methoden der medizinischen Informationsverarbeitung zur Optimierung von Diagnostik und Behandlung der Patienten erforscht. Automatische Bildanalyseysteme ermöglichen eine quantitative Auswertung von Fundusbildern hinsichtlich verschiedener Erkrankungen. Neurodegenerative Augenerkrankungen betreffen oft die gesamte Sehbahn. Es steht eine nicht-invasive Untersuchungsmethode zur Verfügung, welche auf der Magnetresonanztomographie basiert, die Auskunft gibt über die Integrität und Orientierung der Sehbahn.

### Lehre

Die Ergebnisse der Forschung fließen unmittelbar in die studentische und postgraduierte Lehre ein. Ein Schwerpunkt bildet die Zusammenarbeit mit ausländischen Kolleginnen und Kollegen. In diesem Rahmen kommen zahlreiche ausländische Studierende nach Erlangen, um hier einen Teil ihres Studiums,

ihre Doktorarbeit oder ihre Aus- und Weiterbildung zu absolvieren.

### Ausgewählte Publikationen

Schlötzer-Schrehardt U, Zenkel M, Strunz M, ..., Kruse FE. Potential Functional Restoration of Corneal Endothelial Cells in Fuchs Endothelial Corneal Dystrophy by ROCK Inhibitor (Ripasudil). *Am J Ophthalmol.* 2020; 224:185-199

Augustin VA, Weller JM, Kruse FE, Tourtas T. Influence of corneal guttae and nuclear cataract on contrast sensitivity. *Br J Ophthalmol.* 2020 Sep 9;bjophthalmol-2019-315206.

Huchzermeyer C, Fars J, Kremers J. Photoreceptor-Specific Loss of Perifoveal Temporal Contrast Sensitivity in Retinitis Pigmentosa. *Transl Vis Sci Technol.* 2020 May 27;9(6):27.

Deng SX, Kruse F, Gomes JAP, ...R, Tan D; and the International Limbal Stem Cell Deficiency Working Group. Global Consensus on the Management of Limbal Stem Cell Deficiency. *Cornea.* 2020;39(10):1291-1302.

Deng SX, Borderie V, Chan CC, ..., Kruse FE; and The International Limbal Stem Cell Deficiency Working Group. Global Consensus on Definition, Classification, Diagnosis, and Staging of Limbal Stem Cell Deficiency. *Cornea.* 2019 Mar;38(3):364-375.

Polisetti N, Giefl A, Li S, Sorokin L, Kruse FE, Schlötzer-Schrehardt U. Laminin-511-E8 promotes efficient in vitro expansion of human limbal melanocytes. *Sci Rep.* 2020 Jul 6;10(1):11074.

Hohberger B, Kunze R, Wallukat G, ..., Herrmann M. Autoantibodies Activating the  $\beta_2$ -Adrenergic Receptor Characterize Patients With Primary and Secondary Glaucoma. *Front Immunol.* 2019;10:2112.

Hohberger B, Müller M, Hosari S, Mardin CY. OCT-Angiography: Mydriatic phenylephrine and tropicamide do not influence retinal microvasculature in macula and peripapillary region. *PLoS One.* 2019 Oct 17;14(10):e0221395.

Grau E, Horn F, Nixdorff U, Michelson G. OCT and IOP findings in a healthy worker cohort: results from a teleophthalmic study in occupational medicine. *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol.* 2019 Nov;257(11):2571-2578.

Berner D, Hoja U, Zenkel M, ..., Schlötzer-Schrehardt U. The protective variant rs7173049 at LOXL1 locus impacts on retinoic acid signaling pathway in pseudoexfoliation syndrome. *Hum Mol Genet.* 2019 Aug 1;28(15):2531-2548.

Michelson G, Forst T. Diabetic Macular Edema in Diabetological Practices. *Klin Monbl Augenheilkd.* 2020 Nov;237(11):1320-1325.

### Internationale Zusammenarbeit

Prof. Dr. M. Greiner, Department of Ophthalmology and Visual Sciences, University of Iowa Carver College of Medicine, Iowa: USA

Prof. Dr. S. Kinoshita, Department of Frontier Medical Science and Technology for Ophthalmology, Kyoto Prefectural University of Medicine, Kyoto: Japan

Prof. Dr. N. Koizumi, Department of Biomedical Engineering, Faculty of Life and Medical Sciences, Doshisha University, Kyotanabe: Japan

Prof. Dr. T. Aung, Singapore Eye Research Institute, Singapore National Eye Centre: Singapur

Prof. Dr. S. Deng, Stein Eye Institute, University of California, Los Angeles: USA.