


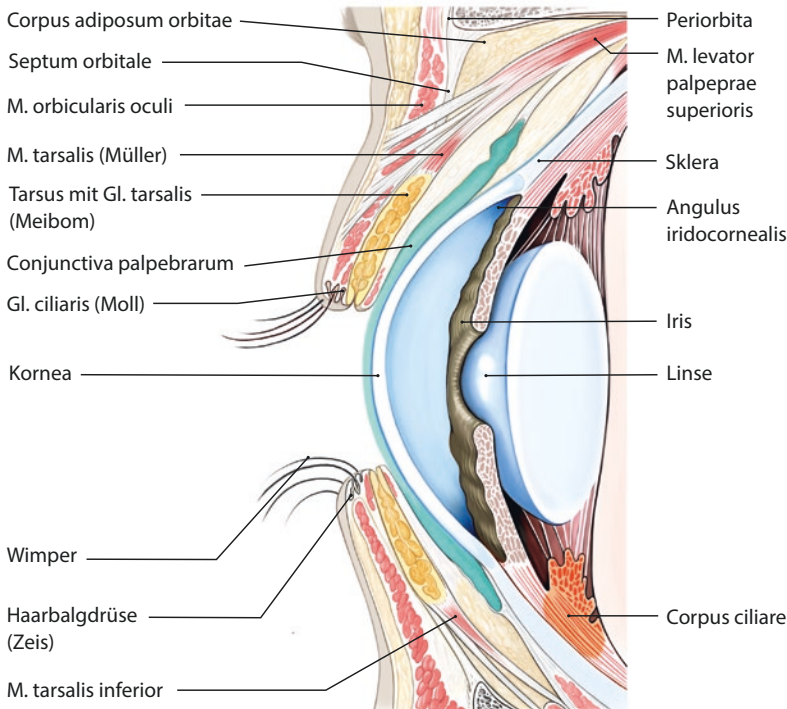
## 1.1 Aufbau


Die Tränenfunktionseinheit („Lacrimal functional unit“,  Abb. 1.1) wird gebildet von den Geweben der Augenoberfläche (Hornhaut, Bindehaut), der Tränendrüse, den Drüsen in den Lidern (akzessorische Tränendrüsen, Meibomdrüsen, Molldrüsen) sowie ihrer sensorischen und vegetativen Innervation.

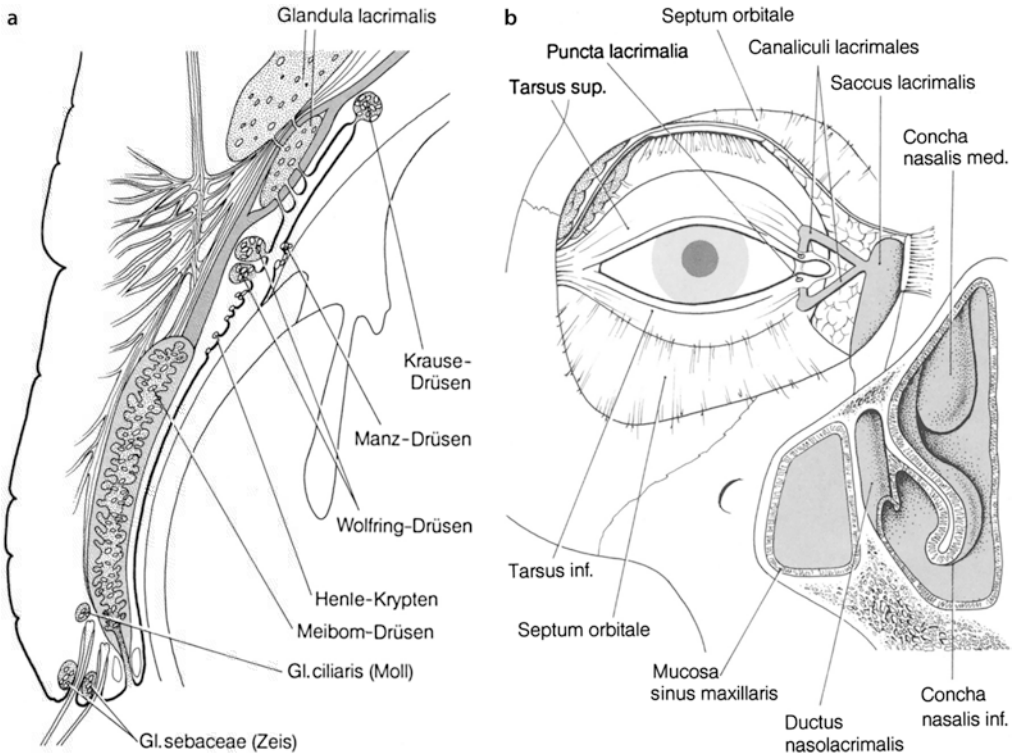
### 1.1.1 Tränenerzeugender Teil

- Tränendrüse (Glandula lacrimalis, seröse Drüse mit Lymphozyteninfiltration)
  - in der Fossa glandulae lacrimalis des Stirnbeins,  $20 \times 12 \times 5$  mm, 0,8 g
  - unterteilt durch Sehne des M. levator palpebrae in orbitalen ( $\frac{2}{3}$ ) und palpebralen Anteil ( $\frac{1}{3}$ )

- 2–5 Ausführungsgänge des orbitalen Anteils, 6–8 des palpebralen Anteils, mit Endigung im temporal oberen Fornix (Umschlagsfalte), Verlauf der Ausführungsgänge der Pars orbitalis durch Pars palpebralis
- reflektorische Tränensekretion (90–95 % der Gesamttränenproduktion), Reiztränensekretion
- akzessorische Tränendrüsen (Krause-Drüsen, Wolfring-Drüsen):
  - ca. 60,1 mm Größe
  - im subkonjunktivalen Gewebe der Fornices gelegen
  - ähnliche Morphologie wie Tränendrüse, manchmal Drüsenstrukturen in Plica und Karunkel
  - basale Tränensekretion (5–10 % der Gesamttränenproduktion)
- Meibomdrüsen: gelegen in den Augenlidern, Mündung entlang hinterer



 **Abb. 1.1** Aufbau des vorderen Augenabschnitts



■ **Abb. 1.2** a Lage der Drüsen im Lidbereich. b Ableitende Tränenwege. (Aus Hofmann und Hanselmayer 1988)

Lidkante, 24–40 im Oberlid; 20–30 im Unterlid, 2–5,5 mm Größe

- Hornhaut: aus 5 Schichten aufgebaut (Epithel, Bowman-Membran, Stroma, Descemet-Membran, Endothel), 10–13 mm Durchmesser beim Erwachsenen, zentrale Dicke 0,52 mm, peripher 0,67 mm, sensible Innervation vom N. ophthalmicus (1. Trigeminusast)
- Bindehaut: ermöglicht fast reibungs-freies Gleiten der Lider über den Aug-  
apfel, mehrschichtiges Zylinderepithel mit Becherzellen, Plasmazellen, Lymph-follikeln, akzessorische Tränendrüsen, sensible Innervation durch N. lacrimalis, N. frontalis, N. ophthalmicus (Oberlid-bereich), N. maxillaris (Unterlidbereich), Abwehrfunktion durch Interferone, Prostaglandine, Immunglobuline, bakterizide Substanzen

- ▶ **Das intakte Hornhautepithel ist verantwortlich für die Abwehr von Keimen. Schäden im Verband des Epithels erleichtern Erregern das Eindringen. Das Tränen-Augenoberfläche-System (lacrimal-ocular surface system, nahezu synonym mit lacrimal functional unit) hat die Aufgabe, die Transparenz der Hornhaut als homöostatischen Sollwert zu gewähren.**

### 1.1.2 Tränenableitender Teil

(■ Abb. 1.2)

- Tränenpünktchen (Punctum lacrimale superior und inferior): am hinteren Rand der Lidkante gelegen, Übergang vom wimpertragenden zum nicht-wimpertragenden Lidanteil

- Tränenkanälchen (Canaliculus superior und inferior): vom Lidrand ausgehend und mündend in Tränensack
- Tränensack (Saccus lacrimalis): gelegen in Fossa lacrimalis, ca. 10 mm lang
- Tränennasengang (Ductus nasolacrimalis): Fortsetzung des Tränensacks, Endigung unterhalb der unteren Nasenmuschel, ca. 12 mm lang

Die Wände von Tränensack und Tränennasengang bilden spiralförmige Bindegewebsfasern, die bei Dehnung einen kaudalen Transport der Tränenflüssigkeit bewirken. Eingelagert findet sich ein Gefäßplexus aus spezifischen Venen und Arterien, vergleichbar mit einem Schwellkörper, der in das Schwellgewebe der unteren Nasenmuschel übergeht. Die vegetative Innervation des Gefäßplexus reguliert über Blutz- und -abfuhr das Lumen der ableitenden Tränenwege.

- **Funktionelle Störungen dieses Systems können zu Problemen des Tränenabflusses führen. Eine Rückresorption von Tränenflüssigkeit innerhalb dieses Systems könnte über eine Feedback-Schleife Signale für die Tränenproduktion geben.**

### 1.1.3 Innervation und Gefäßversorgung der Tränendrüse

- sensibel: N. lacrimalis
- sekretorisch: parasympathische Fasern des N. intermedius (N. petrosus major → Ggl. pterygopalatinum → N. zygomaticus → Ramus communicans → N. lacrimalis)
- sympathische Fasern aus Ggl. cervicale superius entlang der A. carotis interna, mit A. ophthalmica und A. lacrimalis zur Tränendrüse
- afferenter Schenkel des Tränenreflexes: sensible Fasern wahrscheinlich über N. lacrimalis zu N. ophthalmicus zum N. trigeminus

- Gefäßversorgung der Tränendrüse: A. ophthalmica oder A. meningea media
- auch für Innervation von Meibomdrüsen, Muzin-bildenden Becherzellen der Bindehaut und akzessorischen Tränendrüsen wird ein ähnlicher Weg vermutet

- **Die nervale Versorgung der Tränendrüse ist noch nicht abschließend geklärt. Es spielen neuroendokrine Faktoren und Sexualhormone eine Rolle. Eine regulierende Rolle spielen z. B. Peptid-Neurotransmitter wie VIP (vasointestinales intestinales Polypeptid), NSE (neuronspezifische Enolase), Substanz P, CGRP (Calcitonin-Gen regulierendes Peptid), ANP (atriales natriuretisches Peptid) und Peptide der Proenkephalin-Familie.**

### 1.1.4 Lider

- Schutz vor Verletzung
- Verteilung des Tränenfilms durch sog. „lid wiper“ (Lidwischer)
- Vermeidung von Überlaufen der Tränen über Lidrand
- enthalten Meibom- (Fettdrüse), Moll- (Schweißdrüse), Zeissdrüsen (Talgdrüse)
- Lidschluss mittels M. orbicularis oculi (N. facialis)
- Kollagenplatte (Tarsus) verleiht gewölbte Form
- überzogen von Konjunktiva tarsi
- Lidrand mit Wimpern und Zeissdrüsen (Talgdrüsen) und Molldrüsen (Schweißdrüse, Sekret mit antimikrobiellen Eigenschaften)

#### Lid wiper und Lid-wiper-Epitheliopathie

Bezeichnet den kranial an die Lidkante angrenzenden Bindehautteil des Sulcus subtarsalis am oberen Lid. Dieser verteilt beim Lidschlag die Tränenflüssigkeit. Bei gestörtem Tränenfilm erhöht sich die Reibung auf der Oberfläche des

Auges. Veränderungen, die in der Lid-wiper-Zone sichtbar werden, nennt man Lid-wiper-Epitheliopathie. Dies sind oberflächliche Epithelabschilferungen an der inneren Lidkante, welche mittels Vitalfarbstoffen (z. B. Fluoreszeininstillation und Betrachtung unter blauer Beleuchtung an der Spaltlampe) gut sichtbar werden.

### 1.1.5 Tränenabfluss

- Tränentransport durch Lidschlag von temporal nach nasal zum inneren Lidwinkel → Tränenaufnahme durch Tränenpünktchen → Weitertransport in Tränensack über Tränenkanälchen (Pumpwirkung der Canaliculi durch M.-orbicularis-Fasern) → Mündung unterhalb der unteren Nasenmuschel über Tränennasengang

- **Es kommt zu zeitversetzten Kontraktionen des M. orbicularis oculi von temporal nach nasal, damit wird der Tränenfilm in Richtung nasaler Lidwinkel transportiert. Der Riolan-Muskel (innerer Anteil des palpebralen Anteils des M. orbicularis oculi) umgibt in Anteilen die Meibomdrüsenausführungsgänge. Die genaue Funktion (Exkretion oder verhinderte Exkretion) ist noch nicht bekannt.**

## 1.2 Histologie

Die Histologie der Bestandteile der Tränenfunktionseinheit bildet die Grundlage für das Verständnis ihrer physiologischen Funktionsweise und potenzieller Störfaktoren, die zu pathophysiologischen Mechanismen führen..

### 1.2.1 Tränendrüse

- läppchenartiger Aufbau mit Bindegewebssepten
- rein seröse Drüsenendstücke (Azini) werden umgeben von Zylinderepithelzellen mit basalem Zellkern
- Sekretion von Tränen in das zentrale Lumen sowie bakterienbindende Muzine (MUC5B, MUC7) und antibakterielle Substanzen (Lysozym, Laktoferrin, Lipocalin, Surfactant-Proteine), Durchschleusung von IgA (produziert von subepithelialen Plasmazellen)
- Drüsenendstücke sind umgeben von Lymphozyten- und Plasmazellansammlungen
- Mikrovilli an apikaler Oberfläche der sekretorischen Zellen
- Myoepithelzellen an den Basalmembranen der Azini → Kontraktion führt zur Sekretausschüttung

#### — Altersinvolution

Rückbildung von Drüsenschläuchen und vermehrte Einlagerung von Fett- und Bindegewebsstrukturen in das Tränendrüsengewebe beim älteren Menschen.

- **Die Azinzellen der Tränendrüse sowie die akzessorischen Tränendrüsen produzieren Lysozym, Lactoferrin und Lipocalin. Weiterhin kommen antimikrobiell wirksame Proteine vor. Eine erhöhte Produktion von den antimikrobiell wirksamen Peptiden findet sich bei bestimmten Stimuli wie Verletzungen oder Erkrankungen der Augenoberfläche.**

### 1.2.2 Hornhaut und Bindehaut

- oberflächliche Epithelzellen als Kontaktfläche zwischen Tränenfilm und Epithel → Tränenfilmstabilisierung

- sog. Mikroplicae (Leisten) vergrößern die Oberfläche der Epithelzellen → Verankerung der Glykokalyx
  - Verankerung von hochmolekularen, membrangebundenen Glykoproteinen (Muzine, hauptsächlich MUC1, MUC4, MUC16) auf den Mikroplicae → ragen in den Tränenfilm und stabilisieren diesen → hohe Wasserbindung der membrangebundenen Muzine → Haftung der wässrigen Komponente
  - Becherzellen in der Bindehaut als intraepitheliale Drüsen → Sezernierung von hauptsächlich MUC5AC und Kleeblattpeptiden (TFF1, TFF3) als Schleimbestandteil
  - konjunktivale und korneale Epithelzellen bilden antimikrobielle Peptide, u. a. auch Wachstumsfaktoren und transportieren transzellulär Immunglobulin A → Abwehrkomponenten im Tränenfilm, Ernährung der Augenoberfläche
- **Neben der nozizeptiven Innervation der Hornhaut existieren auch sog. Cold-Receptors. Durch die Kühlung der Oberfläche durch Verdunstung werden diese stimuliert. Die Signale werden im spinalen Trigeminuskerngebiet verarbeitet und führen zu einer erhöhten Tränendrüsensekretion. Entzündungen der Augenoberfläche beeinträchtigen die Cold-Receptors.**

#### Kleeblattpeptide

Kleeblattpeptide vernetzen Muzine und führen damit zu einer gelartigen Struktur; damit beeinflussen sie die Viskosität des Tränenfilms. Kleeblattpeptide fördern auch die korneale Epithelmigration und haben anti-apoptische sowie wundheilungsfördernde Eigenschaften.

### 1.2.3 Meibomdrüsen

- im Tarsus von Ober- und Unterlid gelegen (auch Glandulae tarsales genannt)
  - pro Drüse 10–15 sekretorische Drüsenzini
  - 30 Drüsen im Oberlid (pro Drüse 26 µl Meibumsekretion), 25 im Unterlid (pro Drüse 13 µl)
  - das produzierte, ölige Sekret wird Meibum (Gemisch aus nicht-polaren Lipiden, polaren Phospholipiden und Proteinen) genannt → Verteilung auf Augenoberfläche über Lidschlag, Verbindung von polaren und apolaren Substanzen mit der wässrig-muzinösen Schicht
- **Enzyme der Bakterienbesiedelung des Lidrands (Esterasen, Lipasen) können zur Verhärtung des Meibums führen.**
- die Meibozysten werden aus Stammzellen immer neu gebildet, da die Syntheseprodukte und Zelltrümmer in den Ausführungsgang abgegeben werden
  - Verhornungsneigung des Epithels des Gangsystems und flüssiger Zustand des Öls nur in engem Temperaturbereich → obstruktive Störung mit Lipidmangel der Augenoberfläche
  - wahrscheinlich spielt Riolan-Muskel eine Rolle bei Sekretentleerung
- **Die Öffnung der Meibomdrüse liegt vor der Marx'schen Linie (Haut-Schleimhaut-Grenze). Diese Position spielt eine wichtige Rolle für die Funktion. Wandert die Öffnung z. B. mehr Richtung Schleimhaut, gelangt das Sekret in den Tränensee und Benetzungstörungen können entstehen. Diagnostisch ist diese Linie färbbar mittels Vitalfarbstoffen wie Fluoreszein oder Lissamingrün.**