

# Verätzungen und Verbrennungen des Auges Aktuelle stadienbezogene Therapieoptionen

Verätzungen und Verbrennungen können im Augenbereich zu schweren Gewebeschäden des Bulbus mit Erblindungsfolge sowie Schädigungen der Lider und des Tränenapparates führen. Sie gelten als Nofälle höchster Dringlichkeit und sind deshalb im Berufsleben – durch Belehrungen und technische Sicherheitsvorkehrungen (Schutzbrille) – wie im privaten Bereich (durch Aufklärung) zu vermeiden. Prof. Hans-Gert Struck (Halle/Saale) stellt die aktuellen stadienbezogenen Therapieoptionen dar.

**T**ritt der Notfall einer Verätzung oder Verbrennung im Augenbereich ein, können heute für die Akutbehandlung weitgehend universell verwendbare Augenspüllösungen mit kombinierten Wirkprinzipien genutzt werden. Diese berücksichtigen neuere Erkenntnisse zu den pathophysiologischen Abläufen der akuten Gewebeschädigung und sollten deshalb an Gefährdungsarbeitsplätzen, im Notarztwagen sowie in Augen- und Notfallambulanzen ständig bereitgehalten werden.

## Gefährdungspotenzial und unmittelbare pathophysiologische Mechanismen

Die chemische Gewebeschädigung, so durch prognostisch eher ungünstige alkalische Agenzien (cave: Kolliquationsnekrose) wie Kalk ( $\text{CaO}$  beziehungsweise  $\text{Ca(OH)}_2$ ) und Natronlauge ( $\text{NaOH}$ ) oder die häufiger Verätzungen verursachenden Säuren (cave: Koagulationsnekrose) wie beispielsweise Schwefelsäure ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ), ist insbesondere von der Einwirkzeit des Ätzmittels, aber auch von weiteren Faktoren (pH- und pK-Wert, spezifische Reaktivität, Konzentration, Osmolarität, mechanische Energie und Temperatur) abhängig



Abb. 1: Augenspülung des Unfallopfers mit amphoterer hyperosmolarer Spüllösung in einem flexiblen Plastikbeutel mit beweglicher Ausleitung (Demonstration).

(Rihawi et al. 2008; Schrage 2015; Struck et al. 2011; Zhang et al. 2005). Thermische Schäden reichen von der Kontamination mit erhitzten Flüssigkeiten (Cabalag et al. 2015) bis hin zu schwerwiegenden Gewebeerstörungen durch flüssiges Metall oder Feuerwerkskörper (White et al. 2007). Durch das eingedrungene Ätzmittel kommt es zu einer Erhöhung der Ionenkonzentration, so dass hier die Gewebespannung (Osmolarität) der Hornhaut von etwa 380 bis 420 mosmol/l um das Mehrfache steigen kann und alles verfügbare Wasser aus der Umgebung einschließlich von hypo- oder isoosmolaren Spüllösungen eindringt und somit eine verstärkte Zellzerstörung (Zytolyse) provoziert werden kann (Rihawi et al. 2005).

Deshalb sollte für die Akutversorgung einer Augenverätzung oder -verbrennung eine hyperosmolare Spüllösung bereitgehalten werden (Struck 2016). Eine weitere Säule der ersten Spülbehandlung der Verätzung ist die chemische Dekontamination der noch nicht zerstörten Gewebeanteile, so dass Aminosäuren in einen pH-Bereich zwischen 5,4 und 9,3 gelangen und wieder zur Proteinbiosynthese befähigt sind (Schrage 2015). Dies ermöglichen amphotere Augenspüllösungen. Seit einigen Jahren sind für die Akutversorgung der Augenverätzung und -verbrennung mit Previn® und Diphoterine® universell verwendbare Spüllösungen verfügbar, die diese kombinierten Wirkprinzipien (mechanisch, biologisch und chemisch) in sich vereinigen.

Neben der Augenspülung ist die weitere Therapie durch die Bekämpfung der unmittelbar einsetzenden Entzündungsreaktion des Gewebes (Lee et al. 2014; Lima et al. 2015; Struck et al. 1988; Struck et al. 1998; Ueno et al. 2005) und damit auch der Angiogenese mit steroidal (später auch nichtsteroidal) Antiphlogistika geprägt.

## Akutversorgung

Solange keine höherwertige Gefährdung besteht, ist die Augenspülung des Unfallopfers mit der in einem flexiblen Plastikbeutel bereitgehaltenen Previn- oder Diphoterine-Augenspülung unverzüglich zu beginnen. Über eine bewegliche Ausleitung kann das

	Stadium I	Stadium II	Stadium III	Stadium IV
Sofort	<ul style="list-style-type: none"> <li>· Erosio</li> <li>· Limbusschaden 0</li> <li>· Hyperämie</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>· Erosio</li> <li>· &lt;1/3</li> <li>· Ischämie 1/3</li> <li>· Chemosis</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>· Erosio</li> <li>· &lt;1/2</li> <li>· Ischämie &gt;1/2</li> <li>· rosa Chemosis</li> <li>· Korneatrübung</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>· tiefe Ischämie &gt;3/4</li> <li>· &gt;1/2</li> <li>· dichte Korneatrübung</li> <li>· konjunktivale Nekrosen</li> <li>· Sklera porzellanweiß</li> <li>· Missfärbung und Atrophie der Iris</li> <li>· Fibrinexsudate</li> </ul>
Spät	<ul style="list-style-type: none"> <li>· Regeneration</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>· Rezirkulation</li> <li>· Regeneration</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>· persistierende Erosio</li> <li>· Narbenpterygium</li> <li>· Konjunktivalisation</li> <li>· Ulzeration</li> <li>· Neovaskularisation</li> <li>· Narben</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>· Proliferationen</li> <li>· Konjunktivalisation</li> <li>· schwere Vernarbung</li> <li>· große Ulzerationen</li> <li>· Einschmelzung</li> <li>· Katarakt, Glaukom</li> </ul>

Tab. 1: Klassifikation von Verätzungen und Verbrennungen der Augen (nach M. Reim et al.).

Fachpersonal Druck und Richtung des Spülstrahles regulieren (Abb. 1). Zunächst sollte mit kräftigem Spülstrahl mindestens drei Minuten lang das an der Augenoberfläche, im Bindehautsack und an den Lidern befindliche Ätzmittel verdünnt und entfernt und danach mit verhaltenem Tropfen der Spüllösung deren Eindringen in das Gewebe ermöglicht werden (insgesamt etwa 15 Minuten). Voraussetzung für den Erfolg sind das dauerhafte einfache und doppelte Ektropionieren der Lider (Desmarres-Lidhaken) und die Ausführung kontrollierter Kommandobewegungen des betroffenen Bulbus (bei Schmerzen: Conjuncain® EDO-AT). Abschließend ist ein Kortikosteroid (wie Dexapos Comod®) zur Hemmung der Entzündungsreaktion (Davis et al. 1997) sowie ein Antibiotikum (zum Beispiel Vigamox®) zum Schutz vor einer bakteriellen Infektion lokal zu applizieren. Generell sollten unkonservierte Ophthalmika (Kasper et al. 2008) (cave: Epithelschädigung, Allergisierung) ohne Phosphatpuffer (cave: Hornhautverkalkung) eingesetzt werden (Bernauer et al. 2006; Kuckelkorn et al. 2000). Ebenso ist wegen der möglichen Einschränkung der Bulbusmotilität (fördert Selbstreinigungsprozess) und der lokalen Temperaturerhöhung auf einen Augenverband zu verzichten.

Handelt es sich nicht um eine vorbereitete Erstversorgung, ist für die Augenspülung die in kürzester Zeit verfügbare Flüssigkeit – in erster Linie Leitungswasser – zu nutzen. Diese Empfehlung gilt für nahezu alle trinkbaren Flüssigkeiten wie Mineralwasser, Cola, Bier, Milch etc. (Laursen et al. 2014; Schrage 2015).

Die Erstspülbehandlung von Kalkverätzungen ist mit der mechanischen Entfernung eingebrannter Kalkpartikel zu kombinieren (Wattetupfer, Lanzette). Zur Bindung von Ca-Ionen kann 1%-EDTA-Lösung als Chelatbildner eingesetzt werden. Als Spüllösung für gebrannten Kalk (CaO) sind auch lipophile Flüssigkeiten (wie Salatöl) denkbar, da wässrige Lösungen die Bildung des gefährlichen gelöschten Kalks (Ca(OH)<sub>2</sub>) unterstützen können.

Verätzungen mit Flussäure (HF) sind aufgrund ihrer zerstörerischen Tiefenwirkung eine besondere Gefährdung für das Unfallopfer, können aber auch die Ersthelfer gefährden. Trotz eines nur

schwachen pH-Wertes von 5 werden aufgrund eines pKa-Wertes von 3,2 die verfügbaren Reaktionspartner – hier vor allem Calcium des Gewebes – gebunden und die stark ätzende unlösliche Calciumfluoridsäure gebildet (Makarovsky et al. 2008; Palao et al. 2010). Bei Betroffensein von über vier Prozent der Körperoberfläche (etwa Handtellergröße) besteht Lebensgefahr. Hier ist eine interistische Mitbetreuung unverzichtbar. Wegen dieser abweichenden Ausgangslage ist die Spülbehandlung von Flussäureverätzungen am Auge mit Hexafluorine®-Antiflussäure-Lösung vorzunehmen (Hojer et al. 2002; Spöler et al. 2008). Die für die sonstige Körperoberfläche empfohlene Calciumgluconat-Lösung ist wegen der Gefahr der Hornhautverkalkung nur für die Augenlider und deren Umgebung anzuwenden (Universitätsmedizin Mainz 2007).

### Stadienbezogene Vorgehensweise

Die weiteren Therapieentscheidungen und demnach die Einschätzung der Prognose werden im Anschluss an die Akutbehandlung nach der Spaltlampenuntersuchung vorgenommen. Sie sind zwingend mit der dann täglich zu wiederholenden Augeninnendruckmessung (Schiötz-, Applanations- oder Rebound-Tonometrie) verbunden. Als Grundlage für die Bewertung des klinischen Schweregrades empfehlen wir das Klassifikationsschema nach Reim (Tab. 1; Kuckelkorn et al. 1994; Reim 1990). Dieses nimmt unter besonderer Berücksichtigung des Limbusschadens eine Einteilung in vier Schweregrade vor und berücksichtigt gleichzeitig die jeweils zu erwartenden Schädigungsfolgen.

### Leichte Augenverätzungen und -verbrennungen

Die Therapie der leichten Augenverätzungen und -verbrennungen (Stadium I und II; Abb. 2) kann ambulant, sollte im Zweifelsfall aber stationär erfolgen. Die lokale kombinierte Kortikosteroid- und Antibiotikagabe (später Bindehaut- beziehungsweise Lidrandabstrich berücksichtigen) ist zunächst zweistündlich mit Aussparung der Nacht (nach 24 bis 48 Stunden fünf- bis siebenmal täglich) im Wechsel mit der antiproliferativ und kollagenbildend wirken-

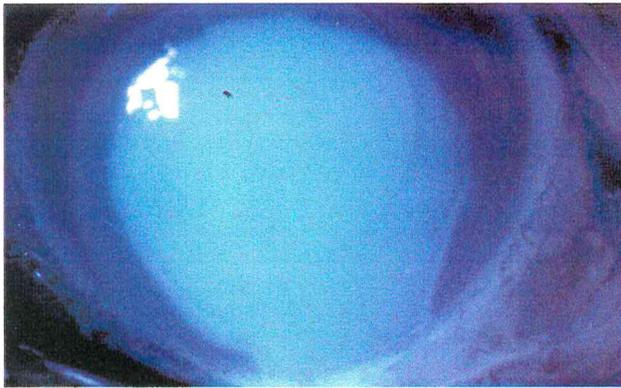


Abb. 2: Alkaliverätzung Stadium II; erster Tag nach dem Unfall, Hornhautepithel weitgehend zerstört, Limbusschaden  $<1/3$ , Ischämie  $<1/2$ , Chemosis.

den Vitamin-C-Gabe fortzusetzen (Maskati et al. 1987; Risa et al. 2002). Letzteres Medikament soll das Hornhautgewebe stabilisieren (Böhmer et al. 2001; Rieck et al. 2003) und kann als 10%-ige Na-Ascorbat-Lösung (zum Beispiel Injektionslösung Ascorvit® oder Cebion® i.v.) und zusätzlich oral (täglich 1 bis 2 g Ascorbat) verabreicht werden. Eine Ergänzung durch unkonservierte Hyaluronsäurepräparate zur Oberflächenpflege (wie Hylo Comod® oder Hylo Care®) ist möglich. Zur Therapie von Augendrucksteigerungen sollten die systemischen Carboanhydrasehemmer Acetazolamid (Diamox®) i.v. 2 x 500 mg/Tag oder oral (Glaupax®) 4 x 250 mg/Tag eingesetzt werden. Daneben stehen unkonservierte Betablocker (zum Beispiel Timo Comod®), der lokale Carboanhydrasehemmer Dorzolamid (Trusopt S®) und die Kombination beider (Cosopt-S®) zur Verfügung. Die Augenspülung ist noch zwei- bis dreimal stündlich, danach zwei- bis dreimal täglich fortzusetzen, je nach Befundentwicklung absteigend, jedoch dann mit dem Ziel des Wegspülens von entzündlichem Sekret (zum Beispiel mit Ringer-Laktat-Lösung). Ist bei den täglichen Kontrollen an der Spaltlampe eine iritische Reizung erkennbar, sollte mit 0,5%-igen Atropin-AT (aus Injektionslösung hergestellt) eine Zykloplegie hergestellt werden. Nach erreichter Reizfreiheit und Epithelschluss kann die Behandlung mit einer epithelpflegenden Medikation abgeschlossen werden.

### Schwere Augenverätzungen und -verbrennungen

Die Therapie schwerer und schwerster Augenverätzungen und -verbrennungen (Stadium III und IV; Abb. 3) muss immer stationär fortgesetzt werden: schwere Fälle (Stadium III) auch in einer ortsnahen Augenklinik, schwerste Fälle (Stadium IV) in einer Augenklinik, die Spendermaterial für die Amnionmembrantransplantation (AMT) und die Keratoplastik (KPL) bereithält und in der spezielle operative Techniken wie die Tenoplastik (TPL) ausgeführt werden.

Schon am Übergang der Stadien II und III kann notfallmäßig am ersten Tag durch eine Parazentese (toxisches) Kammerwasser abgelassen werden (Struck 2008) sowie die subkonjunktivale Gabe von nativem Eigenblut (später gegebenenfalls durch autologes Serum einmal täglich ersetzen) notwendig sein. Autohäm- und -serotherapie fördern Wundheilung und Epithelisierung und schützen das tiefer gelegene Gewebe (Lenkiewicz et al. 1992; Semeraro et al. 2014). Als individuell hergestellte Rezepturmittel bedürfen sie keiner Zulassung, jedoch der schriftlichen Einwilligung des Patienten und unterliegen den geltenden arzneimittelrechtlichen Vorschriften (Arzneimittelkommission der deutschen Ärzteschaft 2006; Geerling et al. 2008). Ebenfalls kann bereits bei Vorliegen einer Chemosis und Bindehautischämie (untere Conjunctiva bulbi) im Übergangsstadium II bis III in den ersten 24 bis 48 Stunden in Tropfanästhesie eine perilimbale Peritomie beziehungsweise Peridektomie notwendig sein. Ansonsten müssen je nach Ausmaß der Gewebeschädigung (Stadium III bis IV) am zweiten bis dritten Tag nach dem Unfall unter dem Operationsmikroskop die Gewebeschäden überprüft und präzisiert (Kuckelkorn et al. 1996) sowie durch folgende Maßnahmen korrigiert werden:

- | Entfernen von Fibrinmembranen und Darstellen der Umschlagsfalten mit dem Glasstäbchen
- | sorgfältiges Ausschneiden der Nekrosen (Malhotra et al. 2009)
- | zirkuläre Ablösung der Bindehaut vom Limbus
- | korneosklerale AMT zum Schutz überlebender Stammzellen
- | Readaptation der vitalen Bindehaut am Limbus
- | Decken der freiliegenden Sklera durch die TPL (Kuckelkorn et al. 1997)
- | Bedecken nichtepithelisierten Gewebes durch eine zweite AMT (Schrage 2015)
- | abschließendes Auflegen einer weichen Kontaktlinse (Oberflächenschutz) sowie einer Illigschale (Erhalt der Umschlagsfalten)

Diverse weitere entzündungshemmende und gewebesetzende operative Maßnahmen werden in der Literatur beschrieben (Kheirikhah et al. 2008; Kruse et al. 2001; Liang et al. 2009; Lopez-Garcia et al. 2006; Prabhasawat et al. 2007; Sharma et al. 2015; Shimazaki et al. 1997; Stoiber et al. 2002; Tost et al. 2002; Wenkel et al. 1997). So kann als Alternative oder späterer Ersatz der AMT auch eine tektonische KPL in der Technik nach Putschkowskaja zielführend sein (Abb. 4; Struck et al. 2011; Tost et al. 2002). Bei Hornhautulzeration (cave: Limbusinsuffizienz) sind folgende spezielle Maßnahmen erforderlich:

- | Wiederaufnahme beziehungsweise Intensivieren der Augenspülungen (cave: Bindehaut- beziehungsweise Lidrandabstrich;

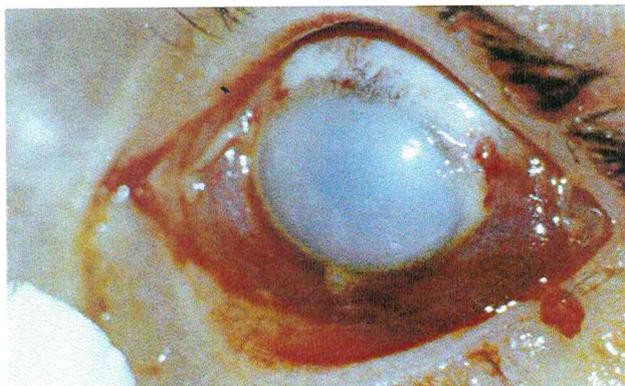


Abb. 3: Natronlaugeverätzung Stadium IV; erster Tag nach dem Unfall, dichte Hornhauttrübung, Limbusschaden  $>1/2$ , Ischämie  $>3/4$ , Zustand nach subkonjunktivaler Gabe von 1 ml Eigenblut und Peridektomie.

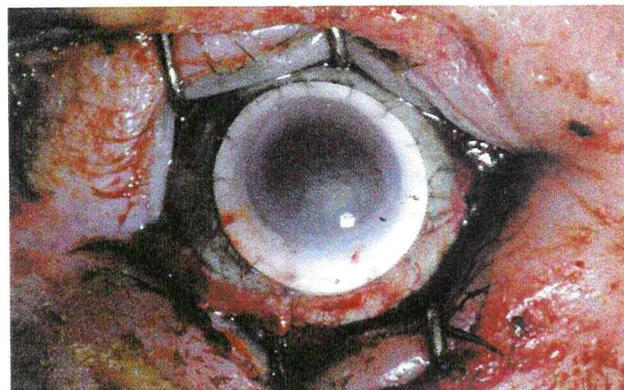


Abb. 4: Alkaliverätzung Stadium III bis IV, dritter Tag nach dem Unfall, OP-Situs: tektonische KPL nach Putschkowskaja, zuvor Exzision der Nekrosen und Tenoplastik.

gegebenenfalls Kontaktlinse entfernen; postsakale Tränenwegsstenose ausschließen)

- | Gabe der Antibiotika Tetracyclin (lokal: Oxytetracyclin-AS 1,0 % Jenapharm®, systemisch: Tetracyclin 3 x 500 mg täglich) und/oder Azithromycin-AT 1,5 % (Azyter®). Beide sind auch antiinflammatorisch, immunsuppressiv sowie die bakterielle Lipaseaktivität senkend wirksam (John et al. 2008; Struck et al. 2011)
- | erneute Oberflächenabdeckung (Fournier et al. 2005; Lee et al. 1997)
- | diverse chirurgische Verfahren bei Limbusinsuffizienz (Barreiro et al. 2014; Cheng et al. 2006; Dua et al. 2000; Fish et al. 2010; Gomes et al. 2003; Ivekovic et al. 2005; Kruse et al. 2008; Morgan et al. 1996; Pauklin et al. 2010; Tsai et al. 2000; Tseng et al. 1998)
- | durchgreifende KPL bei Hornhautperforation (Redbrake et al. 1996)

Nach Stabilisierung des Befundes entspricht die weitere postoperative konservative Behandlung der für die Stadien I bis II angegebenen und kann durch die Gabe autologer Serum-AT (zum Beispiel fünf- bis siebenmal täglich) ergänzt werden. Ihre ambulante Fortsetzung ist möglich, wenn:

- | keine Komplikationen eingetreten sind beziehungsweise
- | die Augenoberfläche durch eine AMT oder tektonische KPL geschützt ist
- | die Iridozyklitis beherrscht ist und
- | der Augeninnendruck normal ist

In der Spätphase der Augenverätzung oder -verbrennung müssen Folgeschäden wie Sekundärglaukome weiter therapiert (Kuckelkorn et al. 2001) beziehungsweise durch operative Therapiestrategien

in einer möglichst weitreichenden ästhetischen und funktionellen Rehabilitation zugeführt werden (Bachmann et al. 2011; Iovieno et al. 2014; Katircioglu et al. 2003; Phillips et al. 2014; Ranjan et al. 2015; Tseng et al. 2005).

#### Fazit

Wenn Augenverätzungen und -verbrennungen nicht vermieden werden können, sind sie als Notfall höchster Dringlichkeit ohne Zeitverzug zu versorgen. In einer vorbereiteten Situation wie an Gefährdungsarbeitsplätzen, im Notarztwagen oder in Augenbeziehungsweise Notfallambulanzen sollte die Augenspülung jeweils mit der gleichen amphoteren hyperosmolaren Lösung (Ausnahme: Flusssäureverätzung) von geschultem Personal vorgenommen werden.

In allen anderen Fällen ist die in kürzester Zeit verfügbare Flüssigkeit, in der Regel Leitungswasser, zu nutzen. Nach der sich anschließenden Bewertung des klinischen Schweregrades können leichtere Fälle (Stadien I und II) ambulant, müssen schwere und schwerste Fälle (Stadien III und IV) aber zwingend stationär versorgt werden, was eine chirurgische Behandlung einschließt. Behandlungsziele nach der Notfallversorgung sind die Hemmung der Entzündungsreaktion, der Schutz vor bakteriellen Infektionen, die Senkung von Augendrucksteigerungen, die Förderung der Kollagensynthese und die generelle Oberflächenpflege. Nicht vermeintliche Folgeschäden bedürfen unter Umständen späterer langwieriger konservativer und/oder operativer Therapiestrategien.

Literatur auf Anfrage in der Redaktion.

Prof. Hans-Gert Struck  
Univ.-Augenklinik Halle/Saale  
E-Mail: hans-gert.struck@uk-halle.de