

Erste-Hilfe-Maßnahmen bei Verätzungen und Verbrennungen der Augen

Ralf Kuckelkorn
Norbert Schrage
Claudia Redbrake

Verätzungen und Verbrennungen der Augen stellen eine kleine Gruppe im Rahmen aller Augenverletzungen dar. Dabei überwiegen zum Glück die leichten Unfälle, die meist weder therapeutisch noch prognostisch Probleme bereiten. Schwere Unfälle sind selten, gerade deswegen bestehen aber große Unsicherheiten in der Erstversorgung und den weiter einzuleitenden Behandlungsmaß-

nahmen. Eine adäquate Erstversorgung mit einer sofort einsetzenden und fortgeführten Spültherapie hat einen entscheidenden Einfluss auf den Heilungsverlauf und die Prognose solcher Augen.

ZUSAMMENFASSUNG
Schlüsselwörter: Kornea, Konjunktiva, Verätzung, Verbrennung, Erste-Hilfe-Maßnahme

Primary Management in Chemical and Thermal Eye Burns
Chemical and thermal eye burns are a small but significant fraction of ocular trauma. Most of these accidents are trivial, easy to treat, with no lasting adverse effects. Severe eye burns are rare, but result in unilateral or bilateral visual impairment. Unfortunately, primary management and subsequent

therapy of acute eye burns are often ineffective and not appropriate. Adequate first aid with prompt and prolonged irrigation determines the healing course and the prognosis of such eyes.

SUMMARY
Key words: Cornea, conjunctiva, chemical burn, thermal burn, first aid

Die Häufigkeit von Verätzungen und Verbrennungen wird in der Literatur mit 7,7 bis 18 Prozent an der Gesamtheit der Augenunfälle angegeben (39, 41, 50, 78, 80). Glücklicherweise sind viele Unfälle trivial und hinterlassen keine bleibenden Schäden, andere führen jedoch zur Erblindung (29). Zumeist handelt es sich bei den Unfallopfern um junge Patienten, die Unfälle zu Hause, bei der Arbeit oder in Verbindung mit kriminellen Attentaten erleiden (25, 45, 77). Verätzungen durch Alkali sind dabei wesentlich häufiger als Schäden durch Säureeinwirkung (44, 50). Unfälle durch Detergenzien, Lösungsmittel und Verbrennungen sind hingegen wesentlich seltener (30).

Die häufigsten Agenzien, die eine alkalische Verätzung hervorrufen, sind Ammoniak (NH₃), Natronlauge (NaOH), Kalilauge (KOH) und Kalk (CaO beziehungsweise Ca(OH)₂). Säureverätzungen werden vor allem durch Schwefelsäure (H₂SO₄), schweflige Säure (H₂SO₃), Flußsäure (HF) und Salzsäure (HCL) verursacht. In *Tabelle 1* sind die Daten von 191 Patienten (260 Augen) zusammengestellt, die wegen schwerer Verätzungen oder Verbrennungen im Zeitraum von 1980 bis 1995 an der

Augenklinik der RWTH Aachen behandelt wurden. In einem erschreckend hohen Prozentsatz hatten die Patienten eine beidseitige, schwere Schädigung erlitten. Bemerkenswert ist auch der hohe Anteil von Unfällen im häuslichen Bereich und in der Freizeit.

Tabelle 1

Schwerste Verätzungen und Verbrennungen in der Augenklinik der RWTH Aachen (1980 bis 1995): 191 Patienten (260 Augen)

	Anzahl	Prozent
einseitig beidseitig	Patienten	
	122 69	64 36
Berufsunfälle Privatunfälle keine Angaben	Augen	
	177 63 20	68,1 24,1 7,8
	Augen	
Alkali Säure Verbrennung andere	151 37 42 30	58,1 14,1 16,2 11,6

Augenklinik (Direktor: Prof. Dr. med. Bernd Kirchhof) der Rheinisch-Westfälischen Technischen Hochschule, Aachen

Wirkungsweise von Laugen und Säuren

Grundsätzlich ist die Schwere der Schädigung von der Art und der Konzentration des Agens, der Menge, der Dauer der Exposition und dem pH-Wert der Lösung abhängig (20). Dabei penetrierten Alkali rascher als Säuren. Durch die Einwirkung des Hydroxylions (OH⁻) kommt es zu einer Verseifung der Lipidanteile der Zellmembranen mit konsekutiver Zelldisruption und Zelltod, während das Kation für die Penetrationseigenschaften der spezifischen Alkali verantwortlich ist. Bei intaktem Hornhautepithel penetriert mit zunehmender Geschwindigkeit Kalziumhydroxid, Kaliumhydroxid, Natriumhydroxid und am schnellsten Ammoniumhydroxid (42). Abhängig vom Ausmaß der Penetration kommt es zum Verlust des kornealen und konjunktivalen Epithels, der stromalen Keratozyten und des Endothels. Die Hornhaut trübt ein. Die Schädigung des vaskulären Endothels der konjunktivalen und episkleralen Gefäße führt zu Thrombosen dieser Gefäße mit konsekutiver Ischämie. Je stärker die Lauge ist, desto rascher kann sie penetrieren. Eine irreversible Gewebeschädigung tritt bei einem pH-Wert

von 11,5 und höher ein (10). Der pH-Wert des Kammerwassers steigt innerhalb von wenigen Sekunden nach einer Verätzung mit Ammoniumhydroxid an (15). Rasch werden so auch intraokulare Strukturen wie die Iris, die Linse und der Ziliarkörper geschädigt.

Mit Ausnahme der oxidativ wirksamen Flußsäure und Schwefelsäure penetrieren Säuren langsamer. Protonen (H⁺) verursachen in den Zellen eine Präzipitation und Denaturierung der Proteine und führen dadurch zum irreversiblen strukturbedingten Zelltod. Die Proteine verformen sich nicht nur, sondern vernetzen auch untereinander. Diese Veränderung der Proteine beobachtet man auch bei Hitzewirkung. Die Koagulation der Proteine an der Bulbusoberfläche bewirkt einen relativen Schutz gegen das tiefere Eindringen der Säuren. Starke Säuren penetrieren allerdings ebenso rasch wie Laugen. In den Heilungsverläufen und der Prognose solcher Augen konnten anhand des eigenen Patientenkollektivs keine Unterschiede zwischen schweren Laugen- und Säurenverätzungen festgestellt werden (26).

Klinische Einteilung von Verätzungen und Verbrennungen

Die Klassifikation der Schweregrade erfolgt in vier Stadien (57, 58). Dabei sind Heilungsverlauf und Prognose neben der Fläche der zerstörten Bindehaut, der Beteiligung der Lider und der Tiefenwirkung der Schädigung, insbesondere vom Ausmaß der Limbus- und Sklera-Ischämie abhängig (Tabelle 2).

Diese Einteilung orientiert sich daran, dass bei leichteren Verätzungen der Stadien I und II mehr oberflächige und weniger ausgedehnte Schäden eintreten. Bei den Schweregraden III und IV kommen ausgedehnte Zerstörungen der Oberfläche und der tiefen Strukturen mit hinzu. Bei leichten Verätzungen zeigt sich eine Hyperämie oder Chemosis der Bindehaut und ein Epithelverlust der Kornea (Abbildung 1). Bei leichten Säureverätzungen hat das koagulierte Epithel häufig ein grünlich-glasiges

Aussehen. Entfernt man das Epithel, so zeigt sich darunter das klare Hornhautstroma. Diese leichten Fälle haben eine gute Prognose, bereiten keine Probleme in der Therapie und heilen erfahrungsgemäß in wenigen Tagen ohne Folgen ab.

Die Stadien III und besonders IV weisen ausgedehntere, und vor allem tiefer gehende Schäden auf. Charakteristischerweise sind weite Teile der Konjunktiva und des subkonjunktivalen Gewebes geschädigt und erscheinen klinisch nicht durchblutet. Die noch sichtbaren Gefäße sind thrombosiert und erscheinen bräunlich-schwarz (Abbildung 2). Die Kornea verliert ihre Keratozyten, die denaturierten Proteine quellen und die Hornhaut wird trübe. Die chemische

dauernde Entzündung (74, 79), die den weiteren Krankheitsverlauf bestimmt (54, 56, 59, 60, 63).

Sofortige Spültherapie bestimmt Ausmaß der Schäden

Jede chemische Verätzung oder Verbrennung muss als Notfall behandelt werden, bis eine fachärztliche Untersuchung stattgefunden hat. Von entscheidender Bedeutung ist die sofort einsetzende Spültherapie des Auges mit ausreichenden Mengen von Spülflüssigkeit (2, 69). Die Erste Hilfe in Form einer intensiven Spülung, möglichst sofort nach dem Kontakt mit dem schädigenden Agens, hat den

Tabelle 2

Schweregrade von Verätzungen und Verbrennungen der Augen

I	II	III	IV
Erosio	Erosio	Erosio	Wie III
Hyperämie	Ischämie > 1/3	Ischämie > 1/2	Ischämie > 3/4
Regeneration	Chemosis	Chemosis	dichte Hornhauttrübung
	Rezirkulation	Trübung	ausgedehnte Nekrosen
	Regeneration	Ulkus	persistierende Epitheldefekte
		Vaskularisation	flächenhafte Ulzeration
		Proliferation	Fibrinexsudation auf Iris
		Narben	Katarakt, Glaukom

Schädigung der Iris und der Linse zeigt sich in einer Mydriasis mit schmutzig-grauer Irisverfärbung und der Entwicklung einer raschen Linsentrübung. Durch den Zusammenbruch der Blut-Kammerwasser-Schranke findet sich nicht selten eine entzündliche Vorderkammer-Exsudation. In den Nekrosebereichen entstehen entzündungserregende Substanzen wie Histamin, Prostaglandine und Leukotriene (7, 34, 66). Sie rufen in den Grenzgebieten zu dem gesunden Gewebe eine reaktive Entzündung hervor. Während dieser Prozess bei leichten Schäden rasch abklingt, entwickelt sich bei ausgedehnten Zerstörungen eine schwere und lang

entscheidenden Einfluss auf den Verlauf und die Prognose, mehr als alle späteren therapeutischen Ansätze (Tabelle 3 und 4). Dies gilt hinsichtlich der später erzielten Sehschärfe, welche signifikant besser ist, wenn eine fachgerechte sofortige Spültherapie durchgeführt wird (28). Die Sehschärfe von zwei Prozent als Grenze der gesetzlichen Blindheit wurde gewählt, da sie eine Orientierung im Raum ohne fremde Hilfe ermöglicht. Auch die Anzahl der notwendigen Operationen und die Dauer des stationären Aufenthaltes verringert sich signifikant durch eine sofort durchgeführte Spültherapie im Rahmen der Ersten Hilfe. ▷

Erste Hilfe

Von allergrößter prognostischer Bedeutung ist eine sofort einsetzende Spültherapie nach einer Verätzung oder Verbrennung. Dabei ist zu bedenken, dass der Verunfallte selbst eine Spülung in schweren Fällen nicht



Abbildung 1: Leichte Verätzung durch Kalk. Hyperämie und umschriebene Ischämie mit Gefäßabbrüchen in der unteren Umschlagsfalte.

oder allenfalls uneffektiv durchführen kann. Die initialen Schmerzen führen zu einem reflektorischen Blepharospasmus. Darüber hinaus verspürt der Patient Angst und gerät in Panik. In solchen Situationen, sofern es sich um einen Unfall im industriellen Bereich handelt, ist es ungewiss, ob der Patient zur nächstgelegenen Körper- oder Augendusche gelangt und eine effiziente Spülung der Augen durchführen kann. Von entscheidender Bedeutung sind daher Maßnahmen wie Prävention am „Mann“, Arbeiten in Zweiergruppen in Gefahrenbereichen und vor allem die intensive Schulung im Umgang mit vorbereiteten Erstmaßnahmen. Der Ersthelfer muss gelernt haben, durch passives Öffnen der Lider den Blepharospasmus zu überwinden und eine effektive Augenspülung durchzuführen. Der Verunfallte wird aufgefordert, nacheinander in alle Blickrichtungen zu schauen, damit die Spülflüssigkeit in jeden Winkel der Bindehaut eindringen kann. Um die Schmerzen zu lindern und die Spülung zu erleichtern, kann ein Oberflächen-Anästhetikum eingeträufelt werden. Nach ANSI-Standard (ANSI, American National Standards Institute) (Z358.1-1990) soll dies für 15 Minuten erfolgen. Dementsprechend müssen ausreichende Mengen Spülflüssigkeit von mindestens 1,5 Litern

bereitstehen. Mit amphoteren oder gepufferten Substanzen lässt sich innerhalb dieser Zeit der Kammerwasser-pH normalisieren (70). Bei Verbrennungen erstarrt nicht selten das heiße, flüssige Metall als „Abguss“ im Bindehautsack oder dem Oberlid (55, 61). Partikuläre Bestandteile und Schmutzpartikel sammeln sich dabei typischerweise oft unbemerkt unter dem Tarsus an. Daher gehört zu jeder Erste-Hilfe-Maßnahme das Ekotropionieren des Oberlides und die intensive Reinigung der Bindehaut. Kalziumoxid, das beispielsweise in Zement und Mörtel vorhanden ist, reagiert bei einer Spülung mit Wasser zu Kalziumhydroxid und führt zu einer fortgesetzten Verätzung mit einem pH-Wert von 12,4. Zur Erleichterung der mechanischen Säuberung des Konjunktiva-sackes von abgebindenen Kalkresten kann auch ein in einprozentiger Titriplexlösung (EDTA=Di-Natrium-Äthylendiamintetra-Azetat) getränkter Wattetupfer benutzt werden. Keinesfalls sollte EDTA in der Absicht angewendet werden, eine frische Verätzung mit Kalzium zu neutralisieren, da bei der Anwendung von ungepuffertem EDTA in Reaktion mit Kalziumhydroxid die Lauge nicht neutralisiert wird. Im Spezialfall der Kalk- und Zementverätzung kann eine wasserfreie Reinigung der Bindehaut und der Fornizes mit Öl (Olivenöl, Sonnenblumenöl et cetera) erfolgen (18). Die sofortige Spülung ist insbesondere



Abbildung 2: Schwerste Verätzung durch konzentrierte Natronlauge. Diffuse Trübung der Hornhaut, schemenhaft ist die Pupille zu ahnen. Die Bindehaut ist vollkommen nekrotisch, im inneren Lidwinkel zeigen sich schwärzlich-verfärbte thrombosierte episklerale Gefäße.

re auch bei Verbrennungen wichtig, da sie die Oberfläche kühlt (71). Eine fortgesetzte Spülung entfernt entzündungserregende Substanzen und aktivierte Leukozyten von der Bulbusoberfläche (58, 62).

Auswahl des Spülmediums

Als Spülflüssigkeit wird bislang Wasser empfohlen. Es hat den Vorteil, dass es meistens überall in ausreichender Menge zur Verfügung steht und damit bei intensiver Spülung der gewünschte Verdünnungseffekt erreicht wird. Allerdings ist Wasser gegenüber dem intraokularen Milieu hypoton. Da es bei Verätzungen innerhalb weniger Sekunden zu einem Verlust des Epithels kommt, dringt das Wasser aufgrund des osmotischen Druckes leicht in das ionenreiche Milieu des Hornhautstromas ein und verstärkt das durch die Verätzung induzierte Ödem. Dieses Ödem erhöht die Permeabilität der Hornhaut. Damit können auch Laugen- und Säureteilchen begünstigt durch das osmotische Gefälle tiefer in das Hornhautstroma eindringen. Empfehlenswerter ist daher die Verwendung einer tränenisotonischen oder sogar hypertonen Lösung. Damit wird ein Ionen- und Wasserfluss aus dem Gewebe heraus als unspezifische physikalisch-chemische Therapie genutzt. Gelöste Ionen werden aus dem Gewebe mobilisiert. Auch die als Augenspüllösung empfohlene physiologische Kochsalzlösung ist im Rahmen solcher Überlegungen nur bedingt als Spülmedium geeignet, da diese Lösung ebenfalls nicht tränenisoton ist. Neue Untersuchungen zeigen, dass selbst nach einer intensiven Spülung mit physiologischer Kochsalzlösung der pH-Wert in der Vorderkammer nicht ausreichend abgesenkt werden kann (Tabelle 5). Exogen zugefügtes Phosphat kann mit dem endogen durch die Zellschädigung freigesetzten Kalzium zu erheblichen subtotalen Verkalkungen des Hornhautstromas führen (62). Diese waren bei experimentellen Verätzungen bei fortgesetzter Anwendung irreversibel. Aus diesem Grund verbietet sich

die Anwendung des in der derzeitigen Literatur häufig empfohlenen und in vielen Betrieben als Spülmedium bevorrateten Phosphatpuffers (Isogutt = 4,48-prozentiger Natriumphosphatpuffer) (38, 53, 67, 76). Mit Benzalkoniumchlorid konservierte Spülmedien haben eine eigene hohe Toxizität, sodass sie sich nicht zur längerfristigen Spülung der Augen eignen.

Zur Zeit gibt es kein Spülmedium, das hinsichtlich der Elektrolyte dem Milieu des Korneastromas angepasst ist. Hier sind Entwicklungsarbeiten in Gang, um besser verträgliche Spülmedien zu finden.

speziell für ophthalmologische Operationen entwickelt, die höhere intrakulare Durchflussmengen erfordern. Nachdem sich zuvor gezeigt hatte, dass Kochsalzlösung und Ringerlaktat das Korneaendothel schädigen (8). BSS ähnelt in seiner Zusammensetzung dem Kammerwasser und enthält unter anderem Natriumazetat und Natriumzitat. Nach Arbeiten von Pfister bildet isotonischer Zitratpuffer Chelate und kann dadurch zusätzlich unspezifisch Metallionen binden (51, 52). BSS verhindert die Entstehung eines Hornhautödems und schützt das Endothel. Das verwandte und erheb-

und chemisches Binden der Ätzsubstanz ohne exotherme oder ausfallende Reaktionen aus der Hornhaut. Bei dem Gebrauch von Spülflüssigkeiten ist unbedingt auf das Verfallsdatum der Lösung zu achten. Kontaminierte Spülflüssigkeiten stellen für die schwerstverätzten und verbrannten Augen eine vitale Bedrohung dar. Durch den Verlust der Oberflächenepithelien, die eine Barrierefunktion erfüllen, sind diese Augen in höchstem Maße infektionsanfällig. Innerhalb weniger Stunden kann eine bakterielle Infektion (beispielsweise durch Pseudomonas) zu einer Einschmelzung der Kornea und einer Endophthalmitis mit Verlust des Auges führen.

Über den Gebrauch und den Nutzen des neuerdings verwendeten Diphoterine (Previn), ein hypertones Spülmedium mit einem organischen Molekül mit Amphoter- und Chelateigenschaften, das Laugen wie Säuren gleichermaßen bindet und den pH-Wert ebenso rasch wie Phosphatpuffer in Bindehautsack und Hornhautstroma senkt, liegen zur Zeit erste klinische und experimentelle Erfahrungen vor (35). Bei Diphoterine handelt es sich um eine völlig neu synthetisierte Substanz, deren Zusammensetzung beim Hersteller Prevor GmbH, Köln, nachzufragen ist. Der pH-Wert des 0,4-prozentigen Diphoterines beträgt 7,4 und die Osmolarität 820 mosm/l. Nach den Erfahrungen von Arbeitsmedizinern sind die unfallbedingten Ausfallzeiten bei Patienten, die in der Notfallbehandlung mit Previn gespült wurden, deutlich kürzer als nach der Spülung mit anderen Spülmedien (Schrage und Mitarbeiter, unveröffentlicht). Erst die Zukunft wird zeigen, inwieweit diese Lösung für die Notfallbehandlung eine Verbesserung darstellt. Die Prüfung der Wirksamkeit von Previn als Lösung mit idealen physikalischen und chemischen Eigenschaften ist derzeit Gegenstand eigener experimenteller Untersuchungen. Noch einmal muss betont werden, dass eine schwere Verätzung oder Verbrennung der Augen einen Notfall darstellt, bei dem keine Zeit verloren werden darf. Steht keine der genannten speziellen Spülflüssigkeiten zur Verfügung, so kann und muss selbstverständlich sofort eine Spülung mit Wasser durchgeführt werden. ▷

Tabelle 3

Bedeutung der Ersten Hilfe für den späteren therapeutischen Aufwand (n=101 Patienten, 131 schwerstverätzte oder verbrannte Augen)

	Anzahl der Operationen	Verweildauer im Krankenhaus (Monate)
sofortige Spülung	6,5 ± 4,6* ¹	4,2 ± 2,8* ²
keine oder späte Spülung	10,4 ± 10,0* ¹	6,0 ± 4,5* ²

*¹ Signifikant (P < 0,01, unverbundener t-Test)
*² Signifikant (P < 0,01, unverbundener t-Test)

Tabelle 4

Bedeutung der Ersten Hilfe für die erzielte Sehschärfe (n=101 Patienten, 131 Augen)

Sehschärfe	sofortige Spülung Anzahl der Augen (%)	keine oder späte Spülung Anzahl der Augen (%)
> 1/50	45 (34)	22 (17)
< 1/50	31 (24)	33 (25)
total	76 (58)	55 (42)

Signifikant: p=0,0347 (Fisher-Test)

Von den zur Zeit vorhandenen Lösungen bieten sich die sterile unkonservierte Ringerlaktatlösung und die Balanced Salt Solution (BSS) an. Nach Untersuchungen anderer Autoren werden diese Lösungen besser toleriert als eine physiologische Kochsalzlösung (16). Eine Ringerlaktatlösung ist gepuffert und damit wirksamer als eine Kochsalzlösung. Die genannten Lösungen sind überall erhältlich und preiswert.

BSS weist eine dem Kammerwasser identische Osmolarität auf und hat einen neutralen pH-Wert. Es wurde

lich teurere BSS Plus sollte aufgrund hoher Konzentrationen an Phosphat nicht als Spülmedium verwendet werden. Der pH-Wert, die Osmolarität und die Pufferkapazität des Kammerwassers, des Hornhautstromas und der Spülmedien sind in *Tabelle 6* zusammengestellt. Angaben über die Pufferkapazität von Isogutt können nicht angegeben werden, da das Präparat nicht mehr im Handel ist. Die Anforderungen an ein ideales Spülmedium stellen sich unseres Erachtens wie folgt dar: hyperosmolar, unkonserviert, Beendigung des Ätztraumas, Entfernung

Augenspülung während des Patiententransportes

Auf dem Weg zu einem Spezialisten darf die Spülung nicht unterbrochen werden, da konzentrierte Laugen und Säuren innerhalb von Sekunden oder Minuten penetrieren und über Stunden verbleiben (14). Die Empfehlungen der Mindestzeit für die Spültherapie bei Laugen- und Säurenverätzungen reichen in der Literatur von mindestens 15 Minuten (ANSI-Standard) (40) bis zu zwei bis vier Stunden (50, 68). Wir empfehlen zur Augenspülung die Verwendung eines Infusionssystems, bestehend aus einer oder mehrerer Flaschen mit 500 ml isotonomischer Ringerlaktat- oder BSS-Lösung und einem Infusionsbesteck. Wie bereits zuvor beschrieben hält ein Helfer die Lider des Patienten offen, während ein weiterer Helfer aus der offen laufenden Infusion mit einer Höhendifferenz von zirka 20 bis 50 cm zum Auge eine milde Spülung durchführt. Bei Schmerzen des Patienten kann wiederholt ein Oberflächenanästhetikum eingetropt werden.

Im angelsächsischen Sprachraum ist darüber hinaus eine Vielzahl von speziellen Spülsystemen weitverbreitet. Das Prinzip dieser Spülsysteme besteht aus einer Polyethylenschlinge oder einer Sklerallinse aus Polymethylmethacrylat (beispielsweise Morgan-Linse), die an ein Infusionssystem mit Spüllösung angeschlossen werden kann (12, 37, 43, 47, 72, 75). Diese Schlingen werden in den Bindehautsack eingelegt beziehungsweise auf die Hornhaut aufgesetzt. Durch Öffnungen in den Schlingen oder den Linsen tritt die Spüllösung aus und wäscht den Bindehautsack aus. Diese Systeme gewährleisten zwar eine kontinuierliche Spülung der Augen, allerdings ist aufgrund eigener experimenteller Untersuchungen keine homogene Spülung der gesamten Bulbusoberfläche und insbesondere der Fornizes zu erzielen. Vielmehr bilden sich auch bei fluid-dynamisch berechneten Spülschlingen charakteristische „Spülstraßen“ aus, sodass einzelne Bereiche der Bulbusoberfläche nicht ausreichend von der Spüllösung erreicht werden. Möglicherweise bleiben so feste Partikel wie Kalk und Mörtel auch unentdeckt, wenn erst einmal die Spülschlinge als

„adäquate Maßnahme“ appliziert ist. Die Versorgung des Verunfallten, wie oben beschrieben, erfordert hingegen bis zum Eintreffen in einer Augenambulanz die uneingeschränkte Aufmerksamkeit der Ersten Helfer und die sorgfältige Durchführung einer effizienten, bewusst durchgeführten Spülung. Ist erst einmal eine Spülschlinge appliziert, so besteht bei den Ersten Helfern die Gefahr, dass sie in dem Bewusstsein, alles Notwendige getan zu haben, dem verätzten Auge keine Aufmerksamkeit mehr widmen und bestenfalls eine systemische schmerzstillende Therapie durch-

führen. Zudem verliert der im Umgang mit solchen Systemen unerfahrene Erste Helfer unter Umständen wichtige Zeit, wenn er versucht die Spülschlingen oder Linsen einzusetzen, und setzt möglicherweise ein zusätzliches mechanisches Trauma am Auge. Schließlich sind auch bei gesunden Probanden Schädigungsmuster durch die Applikation der Spülsysteme gefunden worden (eigene Untersuchungen). Zur Überprüfung der Effektivität der Spültherapie kann der pH-Wert im Bindehautsack mit Indikatorpapier gemessen werden. Solange kein normaler pH-Wert vorliegt, darf die Spülung nicht

Tabelle 5

pH-Wert an der Korneaoberfläche und im Kammerwasser nach Spülung mit verschiedenen Medien (experimentelle Verätzung am Kaninchenauge für 30 sec mit 1 n NaOH)

	pH-Wert	
	Korneaoberfläche	Kammerwasser
Direkt nach Verätzung	13+/-0	10+/-0
5 Minuten nach Spülung mit 500 ml NaCl 0,9%* ¹	9+/-0	10+/-0
5 Minuten nach Spülung mit 500 ml Phosphatpuffer* ²	7,5+/-0	9,25+/-0,44
5 Minuten nach Spülung mit 500 ml Diphoterine	7,5+/-0	9,34+/-0,59

*¹ p<0,05 gegen NaCl 0,9%

*² Konzentration des Phosphatpuffers: Mischung aus 440 mg Natriumhydrogenphosphat sowie 4 040 mg Natriumhydrogenphosphat in 100 ml H₂O

Tabelle 6

pH-Wert, Osmolarität und Pufferkapazität des Kammerwassers, des Hornhautstromas und verschiedener Spülflüssigkeiten

	pH	Osmolarität	Pufferkapazität
Kammerwasser*	7,4	304	0,0008
Hornhautstroma*	7,4	420	0,0004
NaCl 0,9%	7,0	290	0,0002
Isogutt	7,4	260	?
Ringerlactat	5,0-7,5	280-309	0,00069
BSS	7,2	310	0,001
Previn	7,4	816	0,02

* nach (16)

unterbrochen werden. Wenn der pH-Wert trotz der kontinuierlichen Spülung nicht in den Normalbereich zurückkehrt, sollte man sich durch ekotropionieren nochmals vergewissern, dass keine Partikel der Ätzsubstanz in den Fornizes übersehen wurden.

Folgebehandlung

Die weiteren Maßnahmen nach Verätzungen sind von der Schwere des Unfalls abhängig. Daher ist für die weiteren Behandlungsmaßnahmen die Klassifikation hinsichtlich des Schweregrades der Verätzung entscheidend. Diese erfolgt durch den erstversorgenden Augenarzt. Dieser sollte eine sorgfältige Inspektion und Befunderhebung vornehmen. Handelt es sich um eine leichte Verätzung (Stadium I oder II) und wurde eine sofortige Spültherapie durchgeführt, so wird das Auge im Normalfall ohne dauerhafte Schäden abheilen (29). Die Versorgung beschränkt sich in aller Regel auf die Applikation eines Kombinationspräparates von Kortikosteroid und Antibiotikum in Tropfen- oder Salbenform und des Anlegens eines Augenverbandes. Der Patient sollte innerhalb von 24 Stunden erneut ambulant ophthalmologisch untersucht werden. Das mancherorts noch angewendete Tolazolin (Priscol), ein hyperämisiertes Präparat, darf wegen einer Verstärkung der reaktiven Entzündung keinesfalls verordnet werden!

Schwere Verätzungen (Stadium III und IV) hingegen sind schwierig zu behandeln und haben einen oft Monate dauernden Heilungsverlauf. Diese Fälle bedürfen einer genauen Beurteilung hinsichtlich der Ausdehnung und der Tiefe der Schäden. Eine solche Untersuchung sollte unter dem Operationsmikroskop erfolgen. Verspürt der Patient starke Schmerzen, so sollte diese Untersuchung in Retrobulbär-Anästhesie oder Allgemeinnarkose durchgeführt werden.

Leichtere Fälle (Stadium III) zeigen nur eine oberflächliche Ischämie mit einer mäßigen Trübung der Hornhaut. Das Ausmaß der Limbus-Ischämie hilft hier, die Schwere der Verätzung abzuschätzen. Wenn der Limbus weitgehend erhalten ist, keine Fibrin-Exsudation in der Vorderkammer

sichtbar ist, keine Irisverfärbung und kein Ektropium uveae vorliegt, kann der Patient überwiegend konservativ in einer ortsnahen Augenabteilung beziehungsweise -klinik versorgt werden (62).

Schwerste Verätzungen (Stadium IV) weisen ausgedehnte Ischämien der Limbusregion und der Bulbusoberfläche bis in die Tiefe der Umschlagsfalten auf. Bei oberflächlichen Nekrosen schimmern perfundierte Skleragefäße in der Tiefe, bei tiefen Nekrosen fehlen diese vollständig. In diesen Fällen liegt zumeist eine stärkere primäre Hornhauttrübung vor. Schemenhaft ist dann als Hinweis auf die Tiefenschädigung durch das Agens eine schmutzig-graue Irisverfärbung mit einem Ektropium uveae und eine grau-weiße Fibrin-Exsudation in der Vorderkammer zu sehen. Nicht selten sind die Lider und die Konjunktiva tarsi mitbeteiligt. In dieser akuten Phase der Schädigung gilt es, neben anderen Problemen, wie der Beherrschung eines Sekundärglaukoms, eine Einschmelzung der Augen zu verhindern, die besonders dann droht, wenn weite Teile der Konjunktiva und der Lider zerstört sind. Bei diesen flächenhaften Schädigungen der Konjunktiva kommt es zu einer starken leukozytären Sekretion. Dieses leukozytäre Sekret enthält hohe Mengen lysosomaler Enzyme. Insbesondere die Matrix-Metallo-Proteinase Kollagenase (MMP-8) (9, 19, 22, 23, 24, 35, 48), Gelatinase (MMP-2, MMP-9) (6, 9, 11, 21, 46) und das Stromelysin (MMP-3) (4, 5) sind für die Ausbildung von korneoskleralen und kornealen Ulzerationen innerhalb von vier bis sechs Wochen nach dem Unfall verantwortlich.

Diese schwerstgeschädigten Augen erfordern daher eine frühe intensive medikamentöse antientzündliche Therapie, die die reaktive Entzündung mildert und im Wesentlichen in der Applikation von kortikosteroidhaltigen Augentropfen besteht (57, 64). Die Applikation eines lokalen Antibiotikums ist unerlässlich, da diese schwerstgeschädigten Augen, solange die Bulbusoberfläche nicht wieder vollständig epithelisiert ist, im höchsten Maße infektionsanfällig sind (27). Tetracyclinpräparate spielen dabei zunehmend eine Rolle. Diese Präparate wirken nicht nur antibiotisch, sondern auch als un-

spezifische Inhibitoren der Metalloproteinase (1, 3, 13, 49, 73). Neben der konservativen Therapie ist ein frühes aktives chirurgisches Vorgehen in den ersten drei Tagen nach dem Unfall unerlässlich, um mit der Entfernung der Nekrosen des konjunktivalen und subkonjunktivalen Gewebes der reaktiven Entzündung das Substrat zu nehmen und die ischämische Oberfläche plastisch zu decken (31, 32, 33, 59, 61, 62, 63, 65). Diese Fälle sollten daher unbedingt in einer speziellen Augenklinik versorgt werden, die über ausreichende Erfahrung in der plastisch-rekonstruktiven Therapie dieser ophthalmologischen Problemfälle verfügt.

Zitierweise dieses Beitrags:
Dt Ärztebl 2000; 97: A-104-109
[Heft 3]

Die Zahlen in Klammern beziehen sich auf das Literaturverzeichnis, das über den Sonderdruck beim Verfasser und über das Internet (www.aerzteblatt.de) erhältlich ist.

Anschrift für die Verfasser

Priv.-Doz. Dr. med. Ralf Kuckelkorn
Wilhelmstraße 8
52070 Aachen

Literaturverzeichnisse

Aus Platzgründen können Literaturverzeichnisse nur dann veröffentlicht werden, wenn sie nicht mehr als 15 Zitate umfassen. Alle Autoren werden bereits beim Einreichen des Manuskriptes auf diese Regelung hingewiesen und gebeten, bevorzugt Schlüsselpublikationen auszuwählen, die den Weg zur weiterführenden Literatur weisen. Auf Wunsch der Autoren kann ein dem genannten Umfang entsprechendes Literaturverzeichnis mit dem Zusatz versehen werden „Weiterführende Literatur beim Verfasser“. Umfangreichere Literaturverzeichnisse sind über den Sonderdruck erhältlich und außerdem im Internet unter der Adresse www.aerzteblatt.de abrufbar. Ins Internet werden Literaturverzeichnisse mit dem Erscheinungstag des Heftes eingestellt.