

Wilfried Diebschlag
Brunhilde Diebschlag

Hausstauballergien

Gesundheitliche und hygienische Aspekte

2., überarbeitete und
erweiterte Auflage



Herbert Utz Verlag

Prof. Dr. med., Dr.-Ing. habil. Wilfried Diebschlag
Arzt für Arbeitsmedizin
Technische Universität München
Vorsitzender der Gesellsch. f. Gesundheit und Ernährung e.V. (gge)

Brunhilde Diebschlag
Arbeitsmedizinische Assistentin (AAM)

Die Deutsche Bibliothek – CIP-Einheitsaufnahme
Ein Titeldatensatz für diese Publikation ist
bei Der Deutschen Bibliothek erhältlich

Dieses Werk ist in allen seinen Teilen urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung ohne ausdrückliche Zustimmung des Verlages ist unzulässig. Dies gilt insbesondere für Vervielfältigungen, Übersetzungen, Mikroverfilmungen und die Einspeicherung in und Verarbeitung durch elektronische Systeme.

Die Wiedergabe von Gebrauchsnamen, Handelsnamen, Warenbezeichnungen usw. in diesem Werk berechtigt auch ohne besondere Kennzeichnung nicht zu der Annahme, dass solche Namen im Sinne der Warenzeichen- und Markenschutz-Gesetzgebung als frei zu betrachten wären und daher von jedermann benutzt werden dürften.

Satz, Grafiken und Umschlag: Herbert Utz
Druck und Bindung: drucken + binden gmbh, München

1. Auflage 1997

ISBN 3-89675-032-1 (broschiert)

ISBN 3-89675-033-X (Leinen)

© 2000 Herbert Utz Verlag, München

2. überarbeitete und erweiterte Auflage 2000

ISBN 3-89675-931-0 (broschiert)

ISBN 3-89675-932-9 (Halbleinen)

Vorwort zur 1. Auflage

»Die Gesundheit ist das höchste Gut des Menschen.« Jeder kennt diese Volksweisheit – und doch verstoßen viele tagtäglich weniger oder meist mehr gegen diese Maxime.

Gerade im Patienten-Arzt-Kontakt werden Beschwerden und Krankheiten von den Betroffenen immer wieder so dargestellt, als sei deren Auftreten etwas Unabänderliches. In jüngeren Jahren kaum, mit zunehmendem Lebensalter allerdings vermehrt, setzt sich bei vielen Menschen die Erkenntnis durch, dass die Vielfalt der Altersbeschwerden weitgehend eine Folge der persönlichen Verhaltens- und Gesundheitsdefizite in den davorliegenden Jahren und Jahrzehnten ist. Sehr oft kommt diese Einsicht allerdings (fast zu) spät, und von der kurativen Medizin wird dann trotzdem erwartet, dass sie das leistet, was einer präventivmedizinischen Gesundheitsvorsorge in jungen Jahren möglich gewesen wäre.

Allergische Beschwerden und Erkrankungen, akut oder chronisch, werden der Natur des Menschen entsprechend lieber einer genetischen Praedisposition und externen Einflüssen aus sog. globaler Umweltverschmutzung, der Berufssphäre, der Ernährung u. a. zugeschrieben als Versäumnissen im eigenen Haus-, Wohn- und Lebensbereich. *Hausstauballergien* sind dafür ein typisches Beispiel. Die starke Zunahme leistungsmindernder, behandlungsbedürftiger Allergien weltweit, besonders aber in den sogenannten Industrienationen, ist ein gesundheitliches sowie hygienisches Alarmsignal, das von vielen Medizinern, Krankenkassen, Politikern und anderen Verantwortlichen immer noch nicht genügend ernst genommen wird. Dabei gibt es insbesondere für die Haushaltsführung viele Möglichkeiten, allergische Sensibilisierungen oder den Ausbruch von Allergien bei den Familienmitgliedern zu vermeiden. Hausstaub- und Milbenallergien kommt in diesem Zusammenhang eine wesentlich größere Bedeutung zu, als familiär im Allgemeinen bekannt ist. Allgemeine Wohnraumsauberkeit im Gegensatz zur Wohnungsreinlichkeit im dermatologischen Sinne können aufgrund allergologischer Unkenntnis sehr wohl differieren und eine mehr medizinisch ausgerichtete Hygiene im Haushalt, insbesondere im Bettbereich der Kinder- und Elternschlafzimmer, erfordern. Durch die mehrstündige Belastung des Schläfers durch Milbenallergene reduziert sich die nächtliche Erholung aufgrund übermäßiger Belastung des Immunsystems und ist so mitbeteiligt am weit verbreiteten »Chronic Fatigue Syndrome« (Chronische Abgeschlagenheit), das dem

›Sick Building Syndrome‹ zugerechnet wird. *Allergologische Präventivmaßnahmen*, die schon im frühen Säuglingsalter in der Familie ansetzen, sind ein wesentlicher Beitrag, die bisher steigende Allergiehäufigkeit zu senken und damit auch Krankenkosten einzusparen.

Diesbezüglich muss die ärztlich-allergologische Beratung für Familie und Haushalt sowie gewerbliche Unternehmen verstärkt die Kenntnisse aus der jährlich neu erscheinenden ›MAK- und BAT-Werte-Liste – maximale Arbeitsplatzkonzentrationen und Biologische Arbeitsstofftoleranzwerte‹, insbesondere über Allergene (Abschnitt IVc/1996) und Aerosole (Abschnitt V/1996) einbinden.

Für ihre unterstützende Mitwirkung sei Frau Dipl. oec. troph. B. Polz gedankt. Des Weiteren sagen wir Frau Apothekerin R. Wolf Dank für die kritische Durchsicht des Manuskripts und inhaltliche Ergänzungen sowie Herrn W. Bannert für die Unterstützung bei der Herausgabe des Buches. Nicht zuletzt möchten wir Herrn H. Utz, *Herbert Utz Verlag München*, unseren herzlichen Dank aussprechen für sein Engagement und Fachwissen, mit dem er uns bei der Edition dieses Buches zur Seite stand.

München, im Sommer 1997

Wilfried und Brunhilde Diebschlag

*Visionäre
sind die eigentlichen
Realisten.*

Vorwort zur 2. Auflage

Die 2. Auflage wurde eher notwendig als erwartet, da die Startauflage von 1997 schnell vergriffen war und die Nachfrage – insbesondere auch von Seiten der Arbeitsmedizin – unvermindert groß ist.

Bedeutsame Ergänzungen erfolgten im

- Kapitel 2.2.4 *Allergische Krankheitsbilder und Symptome*, in dem verschiedene Bezüge zur Pneumologie hergestellt wurden;
- Kapitel 3.6.4 *Kreuzreaktivitäten*, das mit Informationen zum Oral Allergy Syndrome (OAS) und über rekombinante Allergene aktualisiert wurde;
- Kapitel 4.3.2.4 *Raum- und Luftreinigungsanlagen*, wo gerätetechnische Weiterentwicklungen (Delphin 2002®) und internationale, wissenschaftliche Gutachten mit experimentellen Wirksamkeitsnachweisen dem Allergiker gesicherte Therapie-unterstützende Maßnahmen im häuslichen Bereich aufzeigen;
- Kapitel 4.4.2.1 *Bettsanierung*, insbesondere auch zum Thema Zwischenbezüge (Encasings) für Matratze, Deckbett und Kopfkissen. Effektivität und Effizienz von Maßnahmen wurden beleuchtet.

Die *Literaturzitate* wurden um gut ein Drittel ergänzt und dabei auf Weiterentwicklungen bei broncho-allergischen Behandlungsmöglichkeiten hingewiesen.

Dem Wunsch der Leserschaft nach Mitteilung von Institutionen (Gesellschaften, Verbänden, Vereinen, ...), die im Einzelfall bei Allergien, Asthma sowie verschiedenen Atemwegs- und Lungenerkrankungen kontaktiert werden können, wurde gern Rechnung getragen.

Die Autoren hoffen, dass auch diese 2. Auflage dem Ziel gerecht wird, über allergologische Gesundheitsrisiken – insbesondere durch Hausstaub und Hausstaubmilben – aufzuklären und die Gesunderhaltung zu fördern.

Dem Herbert Utz Verlag sei wiederum für die gute Zusammenarbeit und sorgfältige Edition gedankt.

München, Januar 2000 *Wilfried und Brunbilde Diebschlag*

Inhalt

| | | |
|----------|--|-----------|
| 1 | Einleitung | 17 |
| 1.1 | Gesundheit im Haus | 17 |
| 1.2 | Problemstellung und Zielsetzung | 18 |
| 2 | Grundlagen der Immunologie und Allergologie | 19 |
| 2.1 | Abwehrmechanismen des menschlichen Organismus | 19 |
| 2.1.1 | Unspezifische Abwehr | 19 |
| 2.1.1.1 | Äußere Haut | 19 |
| 2.1.1.2 | Innere Haut | 23 |
| 2.1.1.3 | Antimikrobielle Substanzen | 25 |
| 2.1.1.4 | Komplementsystem | 26 |
| 2.1.1.5 | Natürliche Killerzellen | 26 |
| 2.1.1.6 | Phagozytosezellen | 26 |
| 2.1.1.7 | Entzündungsreaktionen | 27 |
| 2.1.2 | Spezifische Abwehr | 27 |
| 2.1.2.1 | Immunkompetente Zellen | 28 |
| 2.1.2.2 | Antikörper | 30 |
| 2.2 | Allergologie | 32 |
| 2.2.1 | Definition des Begriffs ›Allergie‹ | 32 |
| 2.2.2 | Abgrenzung zwischen Allergie und Pseudo-Allergie | 33 |
| 2.2.3 | Immunologische Reaktionen | 34 |
| 2.2.3.1 | Typ 1: Anaphylaktische Reaktion (Sofortreaktion) | 34 |
| 2.2.3.2 | Typ 2: Zytotoxische Überempfindlichkeit | 35 |
| 2.2.3.3 | Typ 3: Immunkomplexe | 35 |
| 2.2.3.4 | Typ 4: Zelluläre Überempfindlichkeit (Spätreaktion) | 35 |
| 2.2.3.5 | Typ 5: Granulomatöse Immunreaktion Typ 6: Krankmachende Immunreaktion | 36 |
| 2.2.4 | Allergische Krankheitsbilder und Symptome | 36 |
| 2.2.4.1 | Atemwege | 36 |
| 2.2.4.2 | Äußere Haut | 40 |
| 2.2.4.3 | Gastrointestinaltrakt | 41 |
| 2.2.4.4 | Anaphylaktischer Schock | 42 |
| 2.2.4.5 | Sonstige Symptome | 42 |

| | |
|---|-----------|
| 2.2.5 Diagnostik | 42 |
| 2.2.5.1 Anamnese | 43 |
| 2.2.5.2 Hauttests | 43 |
| 2.2.5.3 Blutuntersuchungen..... | 44 |
| 2.2.5.4 Suchdiät – Provokationstest | 46 |
| 2.2.5.5 Gastroenterologische Diagnoseverfahren | 46 |
| 2.2.5.6 Alternative Verfahren | 46 |
| 2.2.6 Therapiemöglichkeiten..... | 47 |
| 2.2.6.1 Elimination | 47 |
| 2.2.6.2 Medikamentöse Therapie | 48 |
| 2.2.6.3 Hyposensibilisierung..... | 50 |
| 2.2.6.4 Weitere Therapieansätze | 51 |
| 2.2.6.5 Alternative Therapien | 51 |
| 2.3 Einflussfaktoren auf allergische Reaktionen | 52 |
| 2.3.1 Genetische Disposition | 52 |
| 2.3.2 Allergenexposition | 52 |
| 2.3.3 Kinder und Jugendliche | 53 |
| 2.3.4 Umweltfaktoren..... | 54 |
| 2.3.5 Lebensbedingungen | 54 |
| 2.4 Epidemiologie..... | 55 |
| 3 Milben..... | 57 |
| 3.1 Geschichtliches | 57 |
| 3.2 Taxonomie..... | 57 |
| 3.2.1 Zoologische Einteilung..... | 57 |
| 3.2.2 Milbenarten und deren Bedeutung | 58 |
| 3.2.2.1 Hausstaubmilben (HM)..... | 58 |
| 3.2.2.2 Vorratsmilben (VM)..... | 60 |
| 3.2.2.3 Raubmilben (RM) | 61 |
| 3.3 Biologie und Ökologie | 61 |
| 3.3.1 Aussehen und Größe..... | 62 |
| 3.3.2 Mobilität | 62 |
| 3.3.3 Entwicklungsstadien | 65 |
| 3.3.4 Nahrung und Verdauung | 67 |
| 3.3.4.1 Ernährung der Milben | 67 |
| 3.3.4.2 Verdauung | 68 |

| | | |
|---------|--|----|
| 3.3.5 | Wasserhaushalt | 69 |
| 3.3.6 | Temperatur | 74 |
| 3.3.7 | Gasaustausch | 74 |
| 3.4 | Ökosystem | 75 |
| 3.4.1 | Mikroklima | 75 |
| 3.4.2 | Ökologische Nischen | 77 |
| 3.4.3 | Entwicklungsstadien der Hausstaubmilben im Ökosystem | 77 |
| 3.4.4 | Ökologische Beziehungen | 78 |
| 3.4.4.1 | Wechselwirkungen zwischen den Milbenspezies | 78 |
| 3.4.4.2 | Hausstaubmilben und Pilze | 79 |
| 3.4.4.3 | Ökologisches System von Hausstaub und Hausstaubmilben | 80 |
| 3.5 | Vorkommen der Hausstaubmilben und Schimmelpilze | 81 |
| 3.5.1 | Auftreten im privaten Haushalt | 81 |
| 3.5.1.1 | Gebäude | 81 |
| 3.5.1.2 | Räume | 83 |
| 3.5.2 | Bevorzugte Standorte | 86 |
| 3.5.2.1 | Betten | 86 |
| 3.5.2.2 | Polstermöbel | 88 |
| 3.5.2.3 | Teppiche | 88 |
| 3.5.2.4 | Kleidung | 89 |
| 3.5.3 | Saisonale Schwankungen | 89 |
| 3.5.4 | Geographisches Vorkommen | 90 |
| 3.5.4.1 | Globale Besiedelung | 90 |
| 3.5.4.2 | Vorkommen in der Bundesrepublik Deutschland | 91 |
| 3.6 | Hausstaub-Allergene | 91 |
| 3.6.1 | Major- und Minor-Allergene | 91 |
| 3.6.2 | Allergenentstehung | 93 |
| 3.6.3 | Vorkommen von Hausstauballergenen | 94 |
| 3.6.4 | Kreuzreaktivitäten | 95 |
| 3.7 | Nachweisverfahren von Milben und deren Allergenen | 96 |
| 3.7.1 | Probennahme | 96 |
| 3.7.2 | Milbenzählung unter dem Mikroskop | 98 |
| 3.7.3 | Immunochemical Assays | 98 |
| 3.7.4 | Farbnachweis | 98 |

| | | |
|----------|---|------------|
| 3.8 | Hausstaubmilben und Allergie..... | 100 |
| 3.8.1 | Allergologie | 100 |
| 3.8.2 | Hygienischer Grenzwert | 102 |
| 3.8.3 | Epidemiologie | 102 |
| 4 | Hausstaubmilbensanierung | 105 |
| 4.1 | Gesundheitliche Aspekte..... | 105 |
| 4.1.1 | Therapeutische Möglichkeiten | 105 |
| 4.1.2 | Multifaktorielle Belastungsformel | 106 |
| 4.2 | Hygienische Aspekte..... | 107 |
| 4.2.1 | Eliminierung von Hausstaubmilbenallergenen..... | 108 |
| 4.2.2 | Multidisziplinität..... | 109 |
| 4.2.3 | Modernes Management der Wohnungssanierung..... | 110 |
| 4.3 | Gebäude-technische Kriterien..... | 111 |
| 4.3.1 | Bauwesen | 111 |
| 4.3.1.1 | Gebäudekonstruktion | 112 |
| 4.3.1.2 | Baumaterialien..... | 113 |
| 4.3.2 | Technische Anlagen | 114 |
| 4.3.2.1 | Heizungsanlagen..... | 114 |
| 4.3.2.2 | Lüftungsanlagen | 116 |
| 4.3.2.3 | Be- und Entfeuchtungsanlagen | 117 |
| 4.3.2.4 | Raum- und Luftreinigungsanlagen | 118 |
| 4.3.3 | Innenarchitektur | 123 |
| 4.4 | Reinigungstechnologische Kriterien | 124 |
| 4.4.1 | Faktoren der Reinigung | 124 |
| 4.4.1.1 | Wasser | 124 |
| 4.4.1.2 | Temperatur | 124 |
| 4.4.1.3 | Strahlung | 126 |
| 4.4.1.4 | Chemische Hilfsmittel | 127 |
| 4.4.2 | Wohnraumsanierung | 131 |
| 4.4.2.1 | Bettsanierung | 131 |
| 4.4.2.2 | Polstermöbel-Sanierung | 142 |
| 4.4.2.3 | Fußbodenreinigung | 142 |
| 4.4.2.4 | Sonstige Möbel..... | 149 |

| | | |
|----------|--|------------|
| 4.4.3 | Wäschepflege | 149 |
| 4.4.3.1 | Waschen..... | 150 |
| 4.4.3.2 | Trockenreinigung..... | 151 |
| 4.4.4 | Körperpflege | 152 |
| 4.5 | Wertigkeit der Sanierungsmaßnahmen | 154 |
| 4.5.1 | Hygienische Wirkung ohne den Einsatz von acariziden Substanzen..... | 154 |
| 4.5.2 | Hygienische Wirkung unter Einsatz von acariziden Substanzen..... | 154 |
| 4.5.3 | Das Beherrschungsprinzip bei der Wohnungssanierung | 155 |
| 5 | Zusammenfassung | 157 |
| 6 | Ausblick | 160 |
| | Zitierte Literatur..... | 161 |
| | Weiterführende Literatur | 168 |
| | Gesellschaften, Stiftungen, Verbände, Vereine u. a..... | 171 |
| | Anhang: Tabellen | 174 |
| | Index..... | 183 |

1 Einleitung

1.1 Gesundheit im Haus

Der heutige, sog. »zivilisierte« Mensch ist das vorläufige Endprodukt einer langen Evolutionskette unter Einschluss ständig fortschreitender Erkenntnisse und technischer Entwicklungen. Das Streben nach Schutz und Sicherheit führte im Laufe der Zeit zum Bau immer sichererer und »sterilerer« Häuser, bis hin zu den Wohnsilos unserer Großstädte. Diese bieten dem Menschen zwar Sicherheit und Schutz vor Natureinflüssen wie Temperatur und Witterung sowie vor Feinden, doch Vorteile bergen meist auch Nachteile oder Gefahren in sich.

Denn nicht nur der Mensch allein findet in diesen künstlich geschaffenen Bauten einen Lebensraum. Auch andere Lebensformen genießen (1) den Schutz, (2) die neu geschaffenen ökologischen Nischen oder auch nur (3) das Nahrungsangebot im Wohnbereich des Menschen. Dazu gehören neben Haustieren auch ungebetene Gäste wie Mäuse und Ratten sowie eine Vielzahl von Insekten und Spinnentieren. Des Weiteren ist eine Vielzahl von Mikroorganismen, wie Bakterien und Pilzen, im Haushalt anzutreffen.

Milben, insbesondere Hausstaubmilben, die hier vornehmlich betrachtet werden, kommen erst in Häusern vor, seitdem der Mensch auf Liegen und Betten schläft, da ihnen mit der Einrichtung des Bettes ein besonders geeigneter Lebensraum geschaffen wurde (Dowse et al. 60).

Die meisten der im menschlichen Lebensraum vorkommenden Lebewesen sind mit Ausnahme der Haustiere unerwünscht, da sie zum einen Vorratsschädlinge sind und zum anderen ein gesundheitliches Risiko für Menschen darstellen können. Das Gesundheitsrisiko besteht darin, dass manche Organismen Krankheitserreger sind oder diese übertragen. Sind sie nicht direkt mit einer Krankheit behaftet, so stellen sie möglicherweise ein hygienisches Problem dar, da Exkrememente, abgestorbene Organismen und/oder einzelne Körperteile, wie z. B. Glieder oder Fühler, einen idealen Nährboden für hygienisch bedenkliche Keime schaffen.

Ein weiterer gesundheitsgefährdender Faktor ist die Produktion allergieauslösender Stoffe. Zu den Arten, die derartige Stoffe produzieren, gehören neben Tieren mit Fell, wie Hund und Katze, vor allem die verschiedenen im Haushalt vorkommenden Milben.

1.2 Problemstellung und Zielsetzung

Allergien sind ein bedeutendes Gesundheitsproblem in der ganzen Welt, vor allem in Industrieländern wie USA und Europa. Allein in der Bundesrepublik Deutschland mit etwa 82 Mio. Einwohnern sind ca. 20 Mio. Menschen von diesem Leiden betroffen, und ihre Zahl ist steigend. Demnach gibt es hierzulande mindestens 15–20% ärztlich diagnostizierte Allergiker, wobei die Schätzung der atopischen Erkrankungen im Kindesalter bei über 30% liegt.

Die Hauptquelle allergischer Beschwerden sind Blütenpollen, die fast zu jeder Jahreszeit Bestandteil der Luft sind, aber auch Allergene aus Pilzen und Pilzsporen (s. Tabelle A15). In Tabelle A1 des Anhangs ist ein sog. Pollenflugkalender abgebildet, der zeigt, wann hierzulande welche Pollenarten in der Luft vorkommen können.

Neben den Blütenpollen spielen Innenraumallergene eine immer größere Rolle. Grund dafür ist, dass ein Großteil unserer Bevölkerung über 95% der Zeit in umschlossenen Räumen (Häuser, Fahrzeuge) verbringt. Hauptsächliche Allergenproduzenten, insbesondere in Wohnungen, sind Pilze und Hausstaubmilben.

Da die Milbenthematik immer mehr an Bedeutung gewinnt und sowohl Verbraucher als auch ein Großteil der Naturwissenschaftler und Ärzte keine klare Vorstellung von der gesundheitlichen Gefahr dieser Kleinlebewesen haben, sollen nachfolgend die Milben, insbesondere die Hausstaubmilben, genauer abgehandelt werden. Dabei werden Möglichkeiten zu deren Bekämpfung und Reduzierung aufgezeigt.

In Kapitel 2 werden zunächst die immunologischen und allergologischen Grundlagen einer Allergieerkrankung knapp dargestellt.

Auf Milbenarten, die im Haushalt vorkommen können, wird in Kapitel 3 eingegangen. Biologische sowie ökologische Bedingungen und Zusammenhänge dieser Kleinlebewesen werden dargestellt. Desweiteren werden die von Milben produzierten Allergene und deren Entstehung beschrieben.

Kapitel 4 geht auf die gesundheitlichen und hygienischen Aspekte der Hausstaubmilbenallergie ein. Es werden Methoden und Verfahren diskutiert, die zu einer Reduzierung der Hausstaubmilben und deren Allergenen und somit zu einer gesundheitlichen Verbesserung führen können. Prophylaktische Maßnahmen finden dabei ebenso Beachtung.

2 Grundlagen der Immunologie und Allergologie

Zunächst werden allgemeine immunologische Abwehrmechanismen gegen Mikroorganismen, Viren und Fremdstoffe dargestellt, die von außen an den Menschen herangetragen werden.

2.1 Abwehrmechanismen des menschlichen Organismus

Die Immunologie unterscheidet zwei Arten von Abwehrmechanismen, die unspezifische, angeborene sowie die spezifische, erworbene Abwehr. Weiterhin wird die Abwehr in Mechanismen zellulärer und humoraler Art unterteilt. Die humoralen Immunreaktionen werden durch in Körperflüssigkeit gelöste Stoffe, die zellulären durch zellfixierte Strukturen ausgelöst. Beide Mechanismen wirken im menschlichen Organismus eng zusammen und greifen bei der Immunabwehr ineinander. Zu den Stoffen, gegen die sich der Körper wehrt, zählen alle Arten von Parasiten, Mikroorganismen, Viren sowie körperfremde Eiweiße und andere chemische Stoffe.

2.1.1 Unspezifische Abwehr

Die unspezifische Abwehr wird direkt beim Kontakt mit einem fremden Organismus oder einer Fremdschubstanz aktiv. Unspezifische Abwehr bedeutet, dass sie sich gegen eine große Gruppe von Stoffen gleichzeitig richtet. Sie ist nicht auf eine Stoffart spezialisiert wie die spezifische Abwehr (s. Kap. 2.1.2).

Neben den Schutzfunktionen der äußeren und inneren Haut bzw. Schleimhaut zählen antimikrobielle Substanzen, natürliche Killerzellen, Phagozytosezellen und Entzündungsreaktionen zur unspezifischen Abwehr (Diebschlag 56).

2.1.1.1 Äußere Haut

Aufbau

Die äußere Haut ist bei der unspezifischen Abwehr von großer Bedeutung, da sie eine entscheidende Barriere für Fremdstoffe und Fremddorganismen darstellt. Sie bildet sowohl physikalische als auch chemische Hindernisse gegen das Eindringen körperfremder Agenzien aus. Da sie die

erste Barriere ist und in direktem Kontakt mit der Umwelt steht, wird sie auch als »erste Abwehrlinie« bezeichnet.

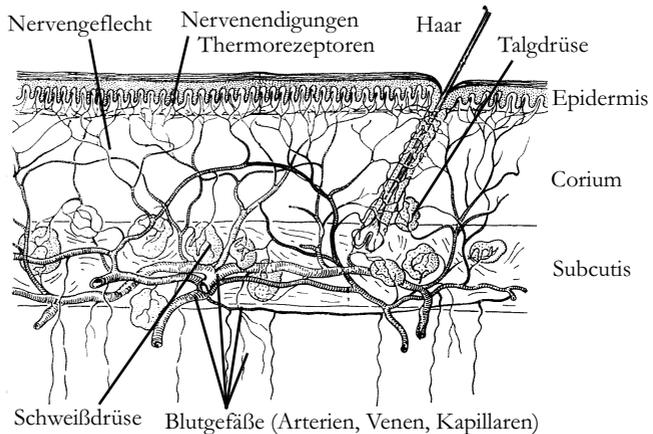
Die äußere Haut ist in Bezug auf Masse und Oberfläche mit 4,5–15 kg und einer durchschnittlichen Oberfläche von 1,7–2,2 m² das größte Organ des menschlichen Körpers. Sie untergliedert sich in 3 Hauptschichten:

- Epidermis (Oberhaut)
- Corium (Lederhaut)
- Subcutis (Unterhaut)

Abbildung 1 zeigt den schematischen Aufbau der Haut.

**Abbildung 1:
Schematischer
Aufbau der
äußeren Haut**

Quelle: nach Stütgen, G.:
Die normale und pathologi-
sche Physiologie der Haut,
Stuttgart: G. Fischer
1965, S. 181



Die Epidermis, die äußerste Schicht der Haut, ist gefäßlos und je nach Körperstelle unterschiedlich dick. Ihre Dicke beträgt durchschnittlich 0,1 mm. An besonders beanspruchten Körperstellen, wie z. B. den Fußsohlen, findet man häufig eine stark ausgeprägte Oberhaut, die bis zu 4 mm dick sein kann. Im Gegensatz dazu ist die Epidermis an mechanisch weniger beanspruchten Körperstellen, wie Achselhöhlen, Augenlidern oder Lippen, sehr viel dünner. Diese Hautbezirke sind in der Regel gegenüber äußeren Einflüssen (Sonnenlicht, Mechanik ...) sehr empfindlich. Die Oberhaut ist nochmals in mehrere mikroskopisch unterscheidbare Zellschichten unterteilt. Die unterste einreihige Schicht (stratum germinativum) besteht neben Melanozyten (Pigmentbildung) vor allem aus Stammzellen, die durch Zellteilung ständig neue Hautzellen bilden. So werden die älteren Zellen innerhalb von 3 bis 4 Wochen nach außen geschoben. Sie verändern sich in den unterschiedlichen Epidermisschichten, sterben

ab und verhornen in der äußersten Schicht (Hornschicht = stratum corneum). Durchschnittlich verliert der Mensch von der Haut etwa 0,5–1,5 g/d in Form von Hornschuppen. Über der Hornschicht der Epidermis liegt eine dünne Schicht aus Hauttalg, der die Haut leicht hydrophobiert (Hydrolipid-Mantel).

Das Corium (Lederhaut) hat eine durchschnittliche Dicke von 1 mm. Es besteht aus einem Geflecht von kollagenen, retikulären und elastischen Fasern, die das Bindegewebe bilden. Der Anteil an Kollagenfasern im gesamten Hautbindegewebe beträgt etwa 75%. Das Corium ist gut durchblutet und von Nerven- sowie Muskelfasern durchzogen. Durch die besondere Anordnung von Kollagen-, Retikulin- und Elastinfasern ist die Lederhaut einerseits fest, andererseits aber trotzdem dehnbar und elastisch. Man unterteilt das Corium in zwei Schichten, die Papillarschicht und die Retikularschicht, auch Geflechschicht genannt. Die obere Papillarschicht hat nach außen hin Zapfen, sogenannte Papillen, die zur Festigkeit in die Epidermis hineinragen und diese mit Nährstoffen versorgen. Die darunterliegende Retikularschicht ist von engmaschigem Bindegewebe durchzogen, zwischen dem sich Haarfollikel, Nervenrezeptoren (Tastsinn, Temperatursinn), Talg- und Schweißdrüsen finden.

Die Verbindungsschicht (Basalmembran) zwischen Epidermis und Corium hat die Aufgabe, beide Hautschichten miteinander zu verbinden. Zudem bildet sie eine Art »mechanischer Plattform« für die Epidermis und wirkt als partielle Barriere, die zwar Diffusion zulässt, aber größeren Molekülen oder Zellen das Eindringen verwehrt (Diebschlag 56).

Unterhalb des Corium liegt die Subcutis (Unterhaut). Sie besteht aus Fettgewebe und ist fast in allen Körperregionen zu finden. Das Fettgewebe dient der Wärmeisolation und als Energiespeicher für den Körper.

Funktionen

Die Aufgaben der Haut resultieren vor allem aus der Grenzflächen-Funktion zwischen Organismus und Umwelt.

Schutzfunktion

Die Hornschicht bildet eine erhebliche physikalische Barriere, beispielsweise gegen das Eindringen von Mikroorganismen. Durch das Abschilfern werden an der Haut anhaftende Mikroorganismen und Fremdstoffe kontinuierlich entfernt. Das Unterhautfettgewebe dient als Schutz vor mechanischer Krafteinwirkung wie Stoß oder Druck. Weiterhin bilden nervale Rezeptoren für Temperatur-, Berührungs- und Schmerzreize als

Signalgeber einen weiteren Schutzmechanismus der Haut. Sie ermöglichen Reflexauslösungen, z. B. das Zurückziehen der Hand beim Berühren einer heißen Herdplatte.

Durch die dünne, von Talgdrüsen produzierte Talgschicht über der Hornhaut entsteht Schutz vor chemischen Stoffen. Dieser Hauttalg enthält verschiedene Fette und Wachse. Er macht die Haut wasserabstoßend und wirkt wegen seines hohen Anteils an ungesättigten Fettsäuren hemmend auf viele pathogene Keime. Ein weiterer antimikrobieller Faktor ist der Säuremantel der Haut. Der bestehende Haut-pH-Wert von 4,5–5,5 wird durch Fettsäuren im Talg sowie Laktat im Schweiß aufrechterhalten. Der Schweiß wirkt aufgrund seiner Anteile an Laktat und Pyruvat bereits selbst bakteriostatisch. Außerdem enthält er lytische Enzyme, die Zellwände von Bakterien auflösen und diese somit eliminieren können. Auch durch stärkeres Schwitzen werden anhaftende Keime und Fremdstoffe abgeschwemmt (Diebschlag 56).

Eine weitere Schutzfunktion übernimmt die äußere Haut gegenüber Lichtstrahlung, besonders gegen die unter Umständen gesundheitsgefährdende UV-Strahlung. Hier wirken drei Faktoren zusammen: die in der Epidermis von Melanozyten gebildeten Dunkel-Pigmente, die Lichtreflexion der Haut sowie die Dicke der Hornschicht.

Stoffwechselfunktion

Die Stoffwechselfunktionen der Haut umfassen die Regulation der Körpertemperatur, die Ausscheidung von Stoffwechselprodukten und die Mitwirkung bei der Vitamin-D-Produktion. Diese Funktionen sollen hier nicht näher erörtert werden.

Immunologische Funktion

Die immunologische Funktion der Haut hat eine ebenso große Bedeutung wie deren Schutzfunktion. Besondere Zellen der Haut, vor allem die Langerhans'schen Zellen in der Epidermis, zählen zum Immunsystem des menschlichen Organismus. Diese Zellen bilden die erste aktive Schicht der Immunabwehr. In der Epidermis sind etwa 3–8% aller Zellen Langerhans'sche Zellen, was bedeutet, dass es pro mm² Haut bis zu 1500 Langerhans'sche Zellen gibt. Diese Zellen reagieren wie spezialisierte Makrophagen (s. Kap. 2.1.1.6), da sie als Falle für exogene Fremdstoffe dienen.

Sie nehmen von der Hautoberfläche in die Epidermis eingedrungene Fremdstoffe auf und bringen sie je nach Erfordernis bis in den Lymphkreislauf. Dort übernehmen sie die antigenpräsentierende Funktion: Anti-

gene und »passende« Lymphozyten (immunkompetente Zellen) treffen aufeinander und verbinden sich.

2.1.1.2 Innere Haut

Innere Oberflächen (Schleimhäute), die mit der Umwelt bzw. Stoffen aus ihr direkt in Kontakt kommen, finden sich im Respirations-, Gastrointestinal- und Urogenitalbereich. Diese Grenzschichten bilden, ähnlich wie die äußere Haut, sowohl physikalische als auch chemische Barrieren gegen das weitere Eindringen fremder Agenzien in den Organismus.

Atemwege

Hinsichtlich allergischer Reaktionen ist die Auskleidung des Respirationstraktes von besonderer Bedeutung. Zunächst einmal reicht die äußere Haut etwas in die Nasenvorhöfe (vestibulum nasi) hinein, wo Talgdrüsen und Nasenhaare das Eindringen von Fremdkörpern, Staub etc. reduzieren. Auf dem weiteren Weg zur Lunge passiert die Luft die oberen Luftwege, d.h. Nase und Rachen. Hier streicht sie über Schleimhaut, deren lockeres, von Blutgefäßen durchzogenes Schleimhautbindegewebe von Zylinderflimmerepithel mit zahlreichen Becherzellen überzogen ist (s. Abb. 2).

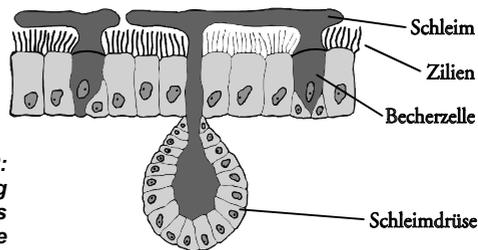


Abbildung 2:
Schematische Darstellung
des Zylinderflimmerepithels
der Atemwege

Dieses »Flimmerepithel« kleidet auch die unteren Luftwege, nämlich Luftröhre, Bronchien und Bronchiolen mit Ausnahme der Alveolen aus. Es ist Aufgabe der Atemwege, die Luft zu erwärmen, zu befeuchten und zu reinigen. Zu diesem Zweck enthält das Flimmerepithel neben den Flimmerhärchen (Zilien) Becherzellen und subepitheliale Drüsenzellen, die ständig Schleim produzieren. Dieser wird durch die Flimmerhärchen (200–300 Härchen pro Epithelzelle) auf der Oberfläche verteilt, um den Respirationstrakt vor Infektionen zu schützen. Am feuchten Schleim bleiben eingeatmete Partikel, wie Stäube, Keime, Aerosole je nach Größe haften (vgl. Abb. 3 und 4).

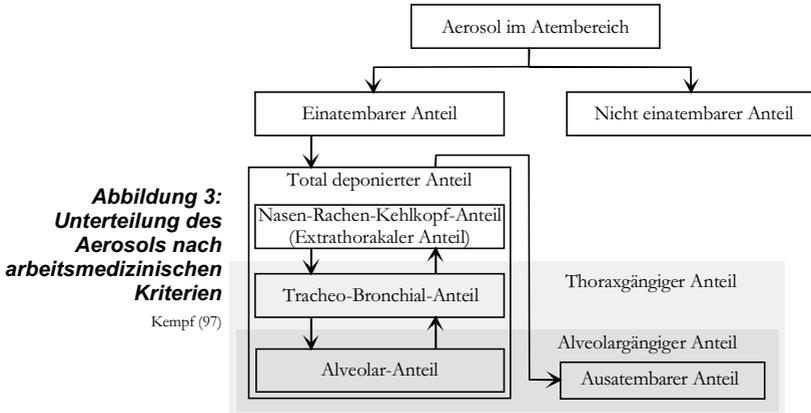


Abbildung 3:
Unterteilung des
Aerosols nach
arbeitsmedizinischen
Kriterien
Kempf (97)

Wie andere Drüsensekrete auch, enthält der Schleim Stoffe, wie z. B. Lysozym, zur Inaktivierung von Viren und Bakterien. Der Schleim wird durch die ständige wellenförmige Bewegung der Flimmerhärchen in Richtung Rachen transportiert und dort verschluckt oder abgehustet. Die Zilien schlagen dabei etwa 10–20 mal pro Sekunde und bewegen den Schleim mit einer Geschwindigkeit von ca. 1 cm pro Minute rachenwärts. Die Höhe des Flimmerepithels (6–9 µm; Ø ca. 0,2 µm) nimmt mit zunehmender Verzweigung des Bronchialbaumes ab. In den Alveolen sind keine Zilien und schleimproduzierenden Zellen mehr vorhanden, da diese den Gasaustausch behindern würden.

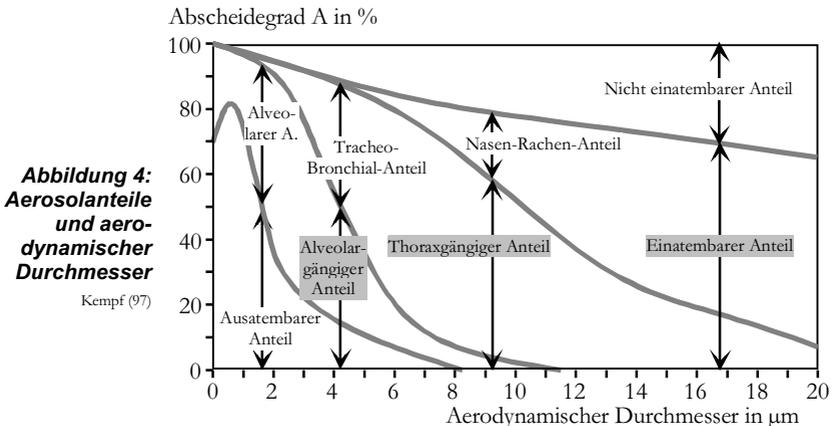


Abbildung 4:
Aerosolanteile
und aero-
dynamischer
Durchmesser
Kempf (97)

Voraussetzung für die Funktion des Reinigungsmechanismus im Atemtrakt ist die volle Funktionsfähigkeit der Zilien. Bestimmte Faktoren

beeinträchtigen sie allerdings in ihrer Aktivität, was bis zu ihrer völligen Zerstörung führen kann. Dazu zählen Tabakrauch, trockene und kalte Luft, Infektionen der Atemwege, Giftstoffe, Alkohol u. a.

Wird der Schleim nicht mehr abtransportiert, sammelt er sich in der Lunge an. Er stellt dort einen idealen Nährboden für Mikroorganismen und somit eine Gefahr für Infektionen dar. Als Abhilfe löst angesammelter Schleim einen Hustenreflex aus, der schon rein äußerlich auf eine eingeschränkte Funktionstüchtigkeit des Selbstreinigungsmechanismus hindeutet (Hughes et al. 86).

Sonstige Schutzmechanismen

Weitere Schutzmechanismen und Sekrete von Körperoberflächen sind:

- Tränenflüssigkeit (Lysozym enthaltend)
- Zerumen im äußeren Gehörgang
- Speichel (Enzyme enthaltend) in der Mundhöhle
- Magensäure (pH2) und Verdauungsssekrete (Enzyme enthaltend)
- Schleim im Magen-Darm-Trakt
- Darmbakterien im Dickdarm
- Antimikrobieller Urin
- Schleim im Urogenitalbereich der Frau

2.1.1.3 Antimikrobielle Substanzen

Zu den antimikrobiellen Substanzen zählen neben dem schon erwähnten Lysozym auch Transferrin, Interferon und Properdin (Diebschlag 56).

Lysozym ist ein bakterizid wirkendes Enzym. Es kommt in verschiedenen Geweben und Körperflüssigkeiten wie Speichel und Tränenflüssigkeit vor.

Transferrin bindet Eisen. Dadurch schränkt es die Verfügbarkeit von freiem Eisen für die Mikroorganismen ein und hemmt so das Bakterienwachstum.

Im Gegensatz dazu wirkt Interferon gegen Virusinfektionen. Es wird von virusbefallenen Körperzellen abgegeben und regt bei nicht befallenen Zellen die Produktion eines antiviral wirkenden Proteins an.

Properdin ist neben der Komplementaktivierung (s. Kap. 2.1.1.4) selbst in der Lage, in Gegenwart von Magnesium und Komplement Bakterien und Viren abzutöten.

2.1.1.4 Komplementsystem

Das Komplementsystem im Blutplasma des Menschen umfasst in unterschiedlicher Menge, Wirksamkeit und Zusammensetzung mehrere der Abwehr dienende Plasmaproteine. Das »klassische System« umfasst 9 verschiedene Glykoproteine, die entweder in der spezifischen Abwehr durch Antigen-Antikörper-Komplexe (klassischer Weg) oder auch über einen unspezifischen Weg aktiviert werden können (alternativer Weg). Zellwandbestandteile von Bakterien können im Plasma Properdin aktivieren, das daraufhin das Komplementsystem wirksam werden lässt. Durch die Aktivierung systemeigener Enzyme entstehen Komplementbruchstücke, die eine Vielzahl von Reaktionen auslösen. Dazu gehört unter anderem die Veränderung und Zerstörung der Zellmembranen von Mikroorganismen und Viren. Zusätzlich wirken verschiedene Teile des Systems als Erkennungsstelle für Makrophagen, Granulozyten und Mastzellen, die Entzündungsreaktionen hervorrufen. Der Abbau der fremden Strukturen durch phagozytierende Zellen wird außerdem beschleunigt (Schmidt und Thews 161).

2.1.1.5 Natürliche Killerzellen

Natürliche Killerzellen sind zytotoxisch aktive Zellen. Sie entstehen wie Leukozyten aus den Stammzellen des Knochenmarks und reifen über sog. Nullzellen zu den natürlichen Killerzellen. Sie sind vor allem in Milz, Lymphknoten, Knochenmark und Blut zu finden.

2.1.1.6 Phagozytosezellen

Zu den Phagozytosezellen gehören Makrophagen und Granulozyten. Beide Zelltypen sind zur Phagozytose befähigt. Das bedeutet, dass sie Fremdstrukturen erkennen, diese an ihre Zellmembran binden und dann umschließen. Im Inneren der Zelle werden dann lysosomale Enzyme aktiv, die das aufgenommene Material abbauen und somit unschädlich machen.

Makrophagen stammen von im Blut zirkulierenden Monozyten ab. 4–8% aller Blutleukozyten sind Monozyten, deren Ursprung in den Stammzellen des Knochenmarks liegt. Makrophagen zirkulieren direkt nach ihrer Entstehung im Blut und wandern erst nach 2–3 Tagen ins Gewebe, wo sie sich dann festsetzen. Viele Zellen dieser Art findet man in Leber und Milz. An Phagozytosekapazität übertreffen die Makrophagen alle anderen Zellen.

Es werden neutrophile, eosinophile und basophile Granulozyten unterschieden. Die Phagozytoseaktivität der neutrophilen Granulozyten ist

weit höher als die der eosinophilen. Circa 60% der Granulozyten sind neutrophile, die im Blut zirkulieren und bei einer Infektion ins Gewebe auswandern können. Basophile Granulozyten hingegen haben nicht die Fähigkeit, Phagozytose zu betreiben und sind im Gegensatz zu ihren »Geschwistern« am spezifischen Abwehrsystem beteiligt. Sie speichern in ihren Granula Heparin und Histamin (Mediatoren), die bei allergischen Reaktionen eine bedeutende Rolle spielen (s. Tab. A2 im Anhang).

2.1.1.7 Entzündungsreaktionen

Schädigungen der Haut führen zu sichtbaren Entzündungen mit den typischen Symptomen Rötung (rubor), Schwellung (tumor), Hitze (calor) und Schmerz (dolor), die eine Funktionsstörung und im schlimmsten Fall einen Funktionsverlust der betroffenen Hautstellen anzeigen. Der Ablauf der Entzündungsreaktion kann drei Stadien umfassen:

- 1) Durch die Aktivierung des Abwehrsystems sowie bestimmter Mediatoren, z. B. Histamin, wird eine Weitstellung der Blutgefäße bewirkt. Diese Dilatation hat eine Verlangsamung des Blutflusses und eine erhöhte Permeabilität der Blutgefäße zur Folge.
- 2) Den Blutgefäßwandungen lagern sich Granulozyten und Monozyten an und diese wandern von dort, durch die Einwirkung der Fremdstrukturen angezogen, in das betroffene Gewebe.
- 3) Die darauf folgende Phagozytose durch Granulozyten und Makrophagen inaktiviert die eingedrungenen Organismen.

Entzündungsreaktionen haben neben der Wundheilung die Aufgabe, fremde Agenzien zu zerstören und am weiteren Eindringen in den Körper zu hindern.

2.1.2 Spezifische Abwehr

Um Stoffe abzuwehren, die trotz der ausgeprägten Mechanismen der unspezifischen Abwehr von außen in den Körper eingedrungen sind, tritt das spezifische Immunsystem in Aktion. Substanzen, die zum einen das spezifische immunologische Abwehrsystem aktivieren (Immunogenität) und somit die Produktion von Immunglobulinen induzieren und zum anderen die Fähigkeit haben, mit spezifischen Antikörpern eine Bindung einzugehen (Antigenität), nennt man Antigene. Diese beiden Eigenschaften sind grundlegend für Antigene, müssen aber nicht immer gleichzeitig

auftreten. So ist es möglich, dass manche Antigene mit Antikörpern reagieren, aber nicht die spezifische Antikörperproduktion aktivieren (Schmidt und Thews 161). Neben dem Abfangen von Keimen hat das Immunsystem außerdem die Fähigkeit, entartete körpereigene Zellen anzugreifen. Die zu diesen Reaktionen fähigen Zellen werden als immunkompetente Zellen bezeichnet. Sie erkennen Fremdstrukturen (Antigene und entartete Zellen) an deren Oberflächen und bilden spezifische Antikörper und Rezeptoren gegen sie. Daneben kann das Immunsystem durch bestimmte Faktoren die antigene Struktur in Erinnerung behalten, um bei erneutem Antigen-Kontakt schneller wirken zu können (Immunologisches Gedächtnis).

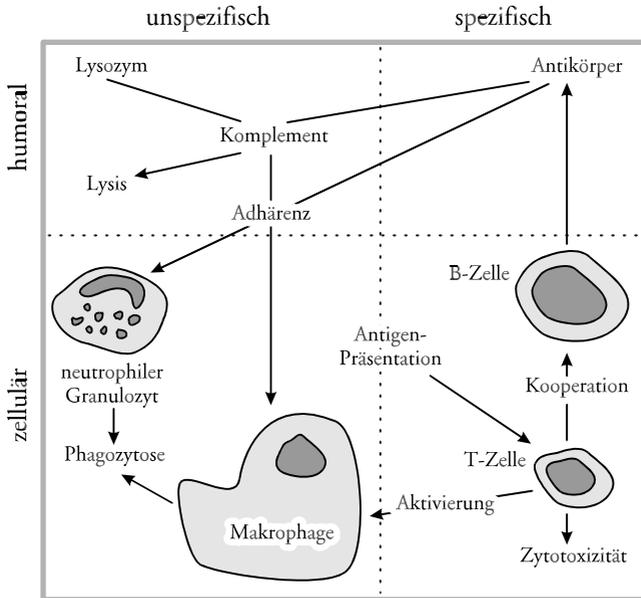
Die spezifische Immunreaktion wird durch Kontakt der immunkompetenten Zellen mit dem Antigen ausgelöst und ist nicht – wie bei der unspezifischen Abwehr – von vornherein gegen Fremdstoffe aktiv. Daher spricht man auch von der spezifischen erworbenen Abwehr.

2.1.2.1 Immunkompetente Zellen

Zu den immunkompetenten Zellen gehören zwei Arten von Lymphozyten, die T- und die B-Lymphozyten. Sie entwickeln sich aus lymphatischen Stammzellen, die in der frühen Fetalzeit in der Leber und später im Knochenmark zu finden sind. Nach der Bildung sogenannter Vorläuferzellen wandern diese teils in den Thymus, teils in das Knochenmark, wo sie sich vermehren. Während dieser Entwicklung werden die Lymphozyten geprägt, das heißt, sie erwerben die für ihre Art typischen Fähigkeiten. Lymphozyten, die im Thymus geprägt werden, bezeichnet man als T-Lymphozyten oder T-Zellen. Lymphozyten, die ihre Prägung im Knochenmark erhalten, nennt man B-Lymphozyten oder B-Zellen (s. Abb. 5). Beide Lymphozytenarten wandern mit dem Blut von den primären (Thymus und Knochenmark) zu den sekundären lymphatischen Organen (Lymphfollikel, Tonsillen, Lymphknoten und Milz).

T-Lymphozyten

Über 80% der ca. 10^{12} Lymphozyten im Körper gehören zu den T-Lymphozyten. Sie bewirken die zelluläre Immunität. Außer in den sekundären lymphatischen Organen findet man sie im Blut- und Lymphsystem. Bei einem Antigen-Kontakt vermehren und differenzieren sie sich. Man unterscheidet zwei grundlegende Typen von T-Lymphozyten, die T-Gedächtniszellen und die T-Effektorzellen.



Quelle: Darstellung nach Zunft, H. J., 1990, S. 8

Abbildung 5: Schematische Übersicht zu den wesentlichen Immunprozessen

Die T-Gedächtniszellen sind sehr langlebig, kreisen im Blut und erkennen ihr spezifisches Antigen auch dann wieder, wenn der letzte Kontakt viele Jahre zurückliegt. Kommen sie wiederholt in Kontakt mit ihrem spezifischen Antigen, so führt das zu einer raschen Neubildung von zytotoxischen Killerlymphozyten. Diese produzieren zellschädigende Substanzen gegen körperfremde Agenzien.

Die Killerlymphozyten gehören neben den T-Helferzellen und den T-Suppressorzellen (mit Untergruppen wie TH2 u. a.) zu den T-Effektorzellen. T-Helferzellen sind Co-Faktoren sowohl der humoralen als auch der zellulären spezifischen Abwehr. Sie wirken unter anderem bei der Bildung von Antikörpern mit. Die T-Suppressorzellen übernehmen durch ihre Fähigkeit, die Immunreaktion zu hemmen bzw. ganz zu unterdrücken, die Möglichkeit, die gesamte Abwehr zu steuern.

B-Lymphozyten

Etwa 15–20% aller Lymphozyten im Blut sind B-Zellen. Sie sind vor allem für die humoralen Abwehrreaktionen zuständig (s. Kap. 2.2.4.2). An ihrer Zellmembran befinden sich viele verschiedene Antigen-spezifische

Rezeptoren. Spezifisch bedeutet, dass nur ein bestimmtes Antigen zu einem bestimmten Rezeptor passt. Nach Kontakt der B-Lymphozyten mit Antigenen wandelt sich ein Teil davon in Plasmazellen um. Sie beginnen dann, Immunglobuline zu produzieren. Die Lebensdauer der Plasmazellen beträgt ca. 2–3 Stunden. Von allen Tochterzellen eines antigenstimulierten Lymphozyten werden Antikörper derselben Antigenespezifität produziert. Der andere Teil der B-Lymphozyten, der sich nicht in Plasmazellen umwandelt, wird zu langlebigen B-Gedächtniszellen, auch Memory-Zellen genannt. Sie werden bei einem erneuten Kontakt mit dem gleichen Antigen unter Mithilfe von T-Helferzellen und Makrophagen wieder aktiv und geben ihre gespeicherten Informationen an andere B-Zellen weiter. Dies führt zu einer raschen Wiederaufnahme der Antikörperproduktion. Die Abwehrreaktion verläuft beim Zweitkontakt schneller und heftiger.

2.1.2.2 Antikörper

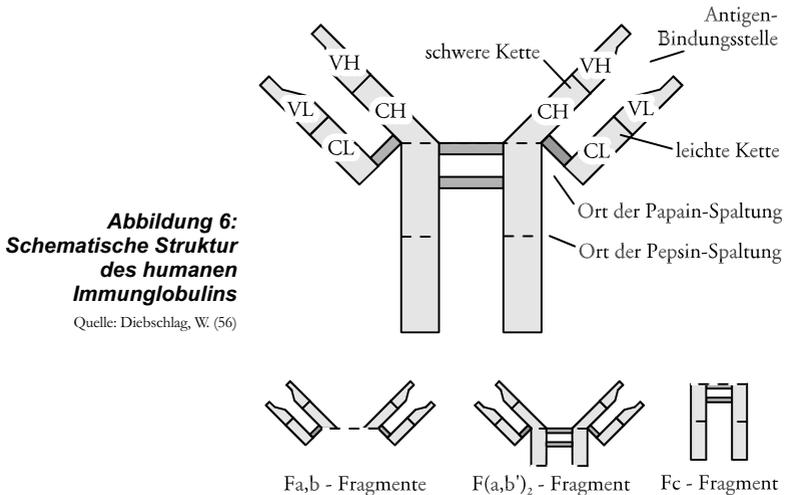
Antikörper oder Immunglobuline werden von den Nachkommen der B-Lymphozyten, den Plasmazellen, produziert. Die Antikörpermoleküle sind Glykoproteine mit einem Molekulargewicht von 150.000 bis 1.000.000 Dalton¹. Ein gesunder Erwachsener verfügt insgesamt über etwa 10^{20} Antikörper gegen 10^{10} verschiedene Antigene.

In ihrer Form ähneln die Immunglobuline einem Y und bestehen aus vier Aminosäureketten: je zwei identische schwere Ketten (Heavy; 50.000 Dalton) und je zwei identische leichte Ketten (Light; 25.000 Dalton); s. Abb. 6.

Die Peptidketten sind symmetrisch angeordnet und durch Disulfidbrücken und weitere nicht-kovalente Bindungen miteinander verbunden (Diebschlag 56). Am Ende der schweren Stränge findet sich je eine Kohlenhydratkette. Oberhalb des sog. ›Angelpunktes‹ (Hinged Region) sind die beiden schweren Ketten nicht mehr miteinander verbunden. Hier befindet sich die Bindung zu den leichten Strängen. Die so entstehenden Y-förmigen Enden bilden jeweils eine spezifische Antigenbindungsstelle. Es können also pro Antikörper zwei Antigene gebunden werden. Jede der vier Ketten kann in ein konstantes Teilstück (C) und in ein variables Teilstück (V) unterteilt werden. Die variablen Teile der Moleküle bedingen die Antigenespezifität.

1 ›Dalton‹ ist eine atomare Masseinheit, auch als ›Unit‹ bezeichnet. Sie entspricht dem zwölften Teil eines Atoms des Nukleotids ¹²C. Es gilt: 1 Dalton = 1 Unit (U) = $1,6605566 \times 10^{-24}$ g

Das Ende mit den konstanten Teilen der beiden schweren Stränge kann nicht mit Antigenen reagieren, bindet aber Komplexe des Komplementsystems und weitere an der Abwehr beteiligte Körperzellen wie neutrophile Granulozyten an sich (Buddecke 45).



Immunglobuline zirkulieren sowohl in freier als auch in gebundener Form als Immunkomplex im Blut oder binden an Membranrezeptoren bestimmter Zielzellen, z.B. Mastzellen. Sie führen dort zur Freisetzung bestimmter Botenstoffe, der sog. Mediatoren (s. Tab. A2 im Anhang).

Es werden fünf Immunglobulinklassen unterschieden: IgA, IgD, IgE, IgG und IgM. Sie unterscheiden sich in der Aminosäuresequenz, der Kohlenhydratkette der schweren Stränge und in der Fähigkeit, sich zu Dimeren¹ (IgA) oder Pentameren² (IgM) zu verknüpfen.

Immunglobuline, die einer spezifischen Antikörperklasse angehören, haben spezielle Aufgaben in der Immunabwehr.

In Tabelle 1 sind die Unterschiede der Immunglobulinklassen und deren Aufgaben beschrieben.

Durch die Bindung des Antigenes an den Antikörper (Antigen-Antikörper-Komplex) kann das Antigen unter Umständen schon seine schädliche Wirkung verlieren. Ist das nicht der Fall, so werden Mechanismen des

1 Dimer = Molekül aus zwei gleichen Strukturen
 2 Pentamer = Molekül aus fünf gleichen Strukturen

Immunsystems aktiv, wie z. B. die Phagozytose, die zur endgültigen Inaktivierung des Antigens führen. Die Bindungsfähigkeit oder Affinität von Antikörpern zu Antigenen ist unterschiedlich stark ausgeprägt. Antigene mit ähnlichen, aber nicht-identischen Strukturen können trotzdem mit denselben Antikörpermolekülen reagieren, wenn auch mit veränderter Affinität.

Tabelle 1: Klassifizierung, Struktur und Charakteristika menschlicher Immunglobuline

| Ig-Klasse | Konfiguration | Molekulargewicht in Dalton | Mittl. Gehalt im Serum [mg/ml] | Funktionen |
|------------|------------------|----------------------------|--------------------------------|---|
| IgG | Monomer | 143.000 bis 149.000 | 12,5 | <ul style="list-style-type: none"> • Bildet AG-AK-Komplexe • Aktiviert Komplement • Bindet Makrophagen und T-Killer-Zellen |
| IgM | Pentamer | 800.000 bis 950.000 | 0,2 | <ul style="list-style-type: none"> • AG-Neutralisation und Agglutination • Aktiviert Komplement |
| IgA | Monomer Dimer | 158.000 bis 162.000 | 2,0 | <ul style="list-style-type: none"> • Schützt Mukosa als sekret. IgA • Aktiviert Komplement über alternativen Weg |
| IgE | Monomer | 185.000 bis 190.000 | 0,03 | <ul style="list-style-type: none"> • Bindung an Mastzellen und basophile Granulozyten |
| IgD | Monomer | 175.000 bis 180.000 | 0,0005 | <ul style="list-style-type: none"> • Bestandteil der B-Lymphozytenmembran |

Quelle: nach Schmidt, R. F.; Thews, G.: Physiologie des Menschen. Berlin: Springer, 1995; S. 439 (161)

Nach diesen Grundlagen der Immunologie wird nachfolgend auf einige allergologische Besonderheiten des Immunsystems eingegangen.

2.2 Allergologie

2.2.1 Definition des Begriffs »Allergie«

Clemens P. J. von Pirquet, ein Wiener Arzt (1875–1929), versuchte 1906 durch die Einführung des Begriffs »Allergie« Ordnung in die Vielfalt der Bezeichnungen zu bringen, um die Unterscheidung zwischen schadhafte und nutzbringenden Immunreaktionen deutlich zu machen. Das Wort Allergie entstammt den griechischen Bezeichnungen »allos« für anders und »ergon« für Werk, Tätigkeit. Allergie bezeichnet also eine veränderte Reak-

tionsweise, wobei neben der gesteigerten auch die verminderte Immunreaktion gemeint sein kann.

Heute wird unter dem Begriff Allergie im engeren Sinne die zu einer krankhaften Immunreaktion führende übersteigerte Reaktion auf ein Allergen durch Sensibilisierung verstanden. Die verminderte Immunreaktion bleibt dabei unberücksichtigt. Man verwendet neben dem ursprünglichen Begriff Allergie auch den der Überempfindlichkeitsreaktion (151; 153; 189).

2.2.2 Abgrenzung zwischen Allergie und Pseudo-Allergie

Wichtig ist die genaue Abgrenzung von Allergien zu den sog. Pseudo-Allergien. Echte Allergien verlaufen über das spezifische Abwehrsystem. Es wird durch Antigene aktiviert, die im Falle einer Allergie als Allergene bezeichnet werden (s. Kap. 2.1.2).

Bei pseudo-allergischen Erscheinungen fehlt der spezifische immunologische Auslösemechanismus. Die klinischen Symptome und Krankheitsbilder (s. Kap. 2.2.4) beider Erkrankungen sind gleich. Zu einer Pseudo-Allergie gehören Substanz-spezifische Reaktionen, die direkt im Körper ausgelöst werden. Unter anderem zählen dazu vasoaktive und psychoaktive Stoffe, wie biogene Amine. Dazu gehören neben Histamin auch Serotonin, Tyramin und Phenylethylalanin. Die Aufnahme von Histamin selbst oder von Substanzen, die eine Histaminfreisetzung im Körper provozieren, führt zu typischen Allergiesymptomen wie Heuschnupfen, Asthma, etc. Stoffe, die eine Mediatorfreisetzung aktivieren (echte Allergie), kommen beispielsweise in Eiklar, Erdbeeren und Tomaten vor.

Histamin kann auch direkt über die Nahrung, z. B. durch Fisch (v.a. Thunfisch und Sardellen) aufgenommen werden.

Weiterhin sind Lebensmittelzusatzstoffe, z. B. Farb- oder Konservierungsstoffe, in der Lage, derartige Reaktionen auszulösen. Sulfide sind möglicherweise ebenso der Grund für pseudo-allergische Erscheinungen. Sie kommen nicht nur in der Nahrung, sondern auch in manchen Medikamenten vor (Diebschlag 56). Arzneimittelallergien sind zwar vergleichsweise selten, doch im Individualfall muss der Allergie-auslösende Stoff mittels Allergen-Hauttestung herausgefunden und konsequent gemieden werden – und natürlich im Allergie-Pass eingetragen sein (Jäger 87).