

Egel und Blutegel

Hirudinida – Der Medizinische Blutegel
und seine Verwandten

VON
CLEMENS GROSSER
UWE JUEG
DETLEV KOEPPEN

Die Neue Brehm-Bücherei Bd. 665
Militzke Verlag GmbH · 2024



MILITZKE

Inhalt

Vorwort		5
1	Einleitung	12
2	Systematik und Taxonomie	18
2.1	Grundlagen der Systematik und Taxonomie	18
2.2	Die Stellung der Egel im System der Tiere	19
2.3	Klassifikation der Egel	22
2.4	Molekularbiologische/genetische Untersuchungen zur Systematik, Karyotyp	30
2.4.1	Allgemeine Grundlagen	30
2.4.2	Chromosomenanalysen – Karyotypen	31
2.4.3	Molekulargenetische Untersuchungen	34
3	Fossilien, Evolution und Phylogenie	40
3.1	Fossilien	40
3.2	Verbreitung der Egelvorfahren in der Erdgeschichte und Phylogenie	43
4	Verbreitung	48
4.1	Limnische und terrestrische Arten weltweit	52
4.1.1	Holarktis	54
4.1.2	Paläarktis	56
4.1.3	Nearktis	61
4.1.4	Neotropis	63
4.1.5	Äthiopis	64
4.1.6	Orientalis	66
4.1.7	Australis	67
4.2	Limnische und terrestrische Arten in Europa	72
4.3	Marine Arten weltweit	79
4.4	Marine Arten der Nord- und Ostsee	86
4.5	Ausbreitung und Verschleppung	90
4.6	Übersicht zur Verbreitung und Ökologie der europäischen Egel	92

5	Morphologie	103
5.1	Äußere Morphologie	103
5.1.1	Habitus	103
5.1.2	Körpergröße	103
5.1.3	Körpergliederung	106
5.1.4	Annulation	111
5.1.5	Gastroporen	116
5.1.6	Körperbedeckung	116
5.1.7	Papillen	117
5.1.8	Färbung	118
5.1.9	Augen	122
5.1.10	Spezielle Atmungsorgane und diverse Körperanhänge	123
5.2	Innere Morphologie	126
5.2.1	Verdauungssystem	127
5.2.2	Reproduktionssystem	134
5.2.3	Nervensystem	142
6	Physiologie	144
6.1	Allgemeine Grundlagen	144
6.2	Sinnesphysiologie	144
6.2.1	Schweresinn	145
6.2.2	Tastsinn	147
6.2.3	Strömungs- und Erschütterungssinn	149
6.2.4	Temperatursinn	150
6.2.5	Chemische Sinne	153
6.2.6	Lichtsinn	155
6.3	Kreislauf und Atmung	163
6.3.1	Coelom	163
6.3.2	Blutgefäßsystem	165
6.3.3	Atmung	167
6.4	Verdauung	171
6.5	Ausscheidung	174
6.6	Muskel- und Nervenphysiologie	179
6.6.1	Aufbau der Muskulatur	179
6.6.2	Vorgänge am Muskel- und Nervengewebe und ihr Leistungsvermögen	181
6.7	Stellungen und Bewegungen	184
6.7.1	Ruhestellungen	186
6.7.2	Bereitschafts- oder Lauerstellungen	189
6.7.3	Zusammenrollung	189
6.7.4	Suchbewegungen	191

6.7.5	Schreckbewegungen	193
6.7.6	Atembewegungen	195
6.7.7	Schwimmbewegungen	197
6.7.8	Gehbewegungen	198
7	Fortpflanzung und Entwicklung	209
7.1	Begattung	209
7.2	Eiablage	212
7.3	Brutpflege	220
7.4	Entwicklung	222
7.4.1	Embryonalentwicklung	222
7.4.2	Regenerationsvermögen	227
7.4.3	Entwicklungszyklus und Lebenserwartung	227
7.5	Hybridisierungen	230
8	Ernährung	232
8.1	Grundlagen der Ernährungsbiologie	232
8.2	Prädation	235
8.3	Parasitismus	243
9	Ökologie	253
9.1	Lebensräume	253
9.1.1	Große stehende Gewässer (Seen und Weiher)	253
9.1.2	Kleingewässer	260
9.1.3	Moore und Sümpfe	265
9.1.4	Quellen und Quelläche	269
9.1.5	Kleine fließende Gewässer (Bäche)	273
9.1.6	Flüsse und Ströme	276
9.1.7	Höhlengewässer	281
9.1.8	Terrestrische Lebensräume	283
9.1.9	Salz- und Brackwasser	287
9.2	Feinde, Parasiten, Krankheiten, Synöken und Symbionten	297
9.2.1	Feinde	297
9.2.2	Parasiten	298
9.2.3	Krankheiten	300
9.2.4	Synöken	300
9.2.5	Symbionten	301
9.3	Gefährdung und Schutz	302

10	Schaden und Nutzen	310
10.1	Schaden durch Egel	310
10.1.1	Glossiphoniiden	310
10.1.2	Piscicoliden	312
10.1.3	Hirudiniden/Macrobdeleiden, Haemadipsiden und Praobdeleiden	313
10.1.4	Haemopiden, Semiscolociden, Erpobdeleiden und Salifiden	320
10.2	Einsatz der Blutegel in Forschung, Lehre und Therapie	322
10.2.1	Forschung und Lehre	322
10.2.2	Blutegeltherapie – Geschichtliche Aspekte	326
10.2.3	Blutegeltherapie in der modernen Medizin	334
10.2.4	Vorgehen bei der Blutegelbehandlung	342
10.2.5	Weitere Verwendung von Blutegeln	344
10.3	Blutegel als Wirtschaftsfaktor	345
10.3.1	Egelfang	346
10.3.2	Blutegeltransport	348
10.3.3	Blutegelhaltung	350
10.3.4	Blutegelzucht	352
10.3.5	Blutegelhandel	365
	Schlussbetrachtung	369
11	Bestimmungsschlüssel der Süßwasseregel Deutschlands	371
Glossar		390
Literaturverzeichnis		392
Abkürzungen		392
Literatur		392
Register		412
Danksagung		421

1 Einleitung

Blutegel oder kurz auch Egel genannt, wecken bei vielen Menschen Assoziationen mit blutrünstigen Bestien, die wehrlose Badende anfallen, gefährden und durch übermäßigen Blutentzug ernsthaft schädigen. Auch werden verwandtschaftliche Beziehungen zu Leberegeln oder anderen parasitischen Würmern angenommen. Tatsächlich sind in Mitteleuropa Belästigungen beim Baden durch diese Tiere äußerst selten. Verwandtschaftlich stehen Blutegel (Hirudinida) den ihrer Nützlichkeit wegen geschätzten Regenwürmern (Oligochaeta: Lumbricidae) wesentlich näher als z. B. den Leberegeln (Plathelminthes: *Fasciola*, *Dicrocoelium*) oder Pärchenegeln (Plathelminthes: *Schistosoma*), die als gefährliche Endoparasiten ernsthafte Erkrankungen hervorrufen können.

Dagegen werden Blutegel schon seit vorchristlicher Zeit zur Linderung verschiedener Leiden in der Therapie eingesetzt. Nicht nur in den hochentwickelten Kulturen im östlichen Mittelmeerraum, auch in China werden sie seit Jahrtausenden therapeutisch genutzt. Medizinisch verwendete Arten wie auch ihre Anwendung finden sich weltweit. Dass Blutegel auch in Deutschland als Plagegeister, doch ebenso als medizinische Helfer seit Jahrhunderten bekannt und bedeutend sind, lässt sich aus vielzähligen regional oder linguallhistorisch gebräuchlichen Namen schließen. HERTER (1968) nennt als Beispiele Egel, Ile, Ihle oder Ihl, ergänzend sei Iller genannt. Von diesen lassen sich auch verschiedene geografische Bezeichnungen ableiten, wie z. B. Egeln, Westeregeln, Ehle, Ihle (bezeichnet zwei Fließgewässer, zum einen in Sachsen-Anhalt, zum anderen auch in Niedersachsen und Bremen), Ihlen-Pohl – niederdeutsch für Egelteich – bei Mirow (Mecklenburg-Vorpommern), Ihleburg, Egelsee bei Jena, Egelsee bei Pfronten (Allgäu), Egelsee (Ortsteil der Gemeinde Tannheim bei Biberech). Selbst heutige Straßennamen können auf Egelvorkommen längst vergangener Zeiten hinweisen (Abb. 1.1).

Ausgehend von der medizinischen Bedeutung der Egel (Hirudinida) standen diese gerade in der zweiten Hälfte des 19. und zu Beginn des 20. Jahrhunderts im Interesse der Wissenschaft. Dabei waren nicht nur die blutsaugenden und somit für die Blutegeltherapie bedeutsamen Arten Gegenstand wissenschaftlicher Untersuchungen. Damals wurde eine Vielzahl neuer Arten, Unterarten, Varietäten und Formen von Blutegeln beschrieben (Abb. 1.2),



Abb. 1.1: Egelstraße im Zentrum von Leipzig im Jahr 2019. Foto: C. GROSSER.

auch solche, die keinen wirtschaftlichen Nutzen erwarten ließen. In der Folgezeit allerdings wurde eine Reihe dieser Taxa als nicht gerechtfertigt wieder revidiert.

Erst seit dem Ende des 20. Jahrhunderts erfolgt erneut eine fundierte wissenschaftliche Auseinandersetzung mit der Systematik der Hirudinida, die bereits den taxonomischen Status verschiedener beschriebener Egel geklärt und zur Beschreibung einer nicht geringen Anzahl neuer Arten geführt hat und weiterhin führt. Dabei sind neue Egelarten nicht nur fernab in entlegenen tropischen und subtropischen Gebieten zu erwarten. Auch in verschiedenen Regionen Europas wurden in neuerer Zeit einige Arten entdeckt. So wurde z. B. *Trocheta haskonis* (Familie Erpobdellidae) aus dem Elbegebiet Sachsen-Anhalts im Jahr 2000 von GROSSER beschrieben. Diese Art gilt mit über 20 cm Länge nicht nur als einer der größten Egel Deutschlands, sondern ganz Europas und stellt mit seiner räuberischen Ernährungsweise zugleich auch einen der größten wirbellosen Prädatoren Europas dar. Diesem gegenüber steht der im Jahr 2017 von JUEG & GROSSER beschriebene *Erpobdellopsis graacki*, einer der kleinsten europäischen Erpobdelliden aus Südspanien. Zugleich ist dieser Egel das nominotypische (namensgebende) Taxon der für diese Art neu aufgestellten Gattung *Erpobdellopsis*. Interessanterweise konnte als zweite Art *Erpobdellopsis quaternaria* aus dem russisch-chinesischen Amurbassin dieser Gattung zugeordnet werden. Zunächst war diese Art 1930 als *Dina quaternaria* beschrieben und später in die Gattungen *Herpobdella* (= *Erpobdella*) und auch *Mooreobdella* gestellt worden.

Eine Reihe weiterer Erpobdelliden wurde seit den 1990er Jahren vor allem aus Mittel- und Südosteuropa neu beschrieben oder der eigenständige Artcharakter für bislang als Varietäten angesehene Taxa herausgestellt. Impulse erhielt das neuerliche Interesse an der Systematik der Hirudinida einmal durch die wieder erstarkende medizinische Relevanz dieser Tiere, womit auch eine wirtschaftliche Bedeutung verbunden ist. Des Weiteren sind die Sensibilität für Umweltfragen und das Umweltbewusstsein generell in der Gesellschaft zunehmend gestiegen. Dies schlägt sich auf nationaler und europäischer Ebene in modernen gesetzlichen Regelungen zum Umweltschutz und den dafür unabdingbaren Umweltuntersuchungen nieder. So unterliegen unsere Fließgewässer entsprechend ihrer Größe und wirtschaftlichen Bedeutung einem regelmäßigen Monitoring gemäß der Europäischen Wasserrahmenrichtlinie. Für die untersuchten Gewässer wird unter anderem anhand des Makrozoobenthos (der makroskopisch großen, am Gewässerboden lebenden Tiere) die biologische Gewässergüte bestimmt. Das Sammeln und Bestimmen des Makrozoobenthos hat zu einer tiefgreifenden Auseinandersetzung vieler Bearbeiter mit den verschiedenen Artengruppen geführt und so auch das Interesse an Egel als Gegenstand der Bioindikation vertieft. Als Folge resultierte eine zunehmende taxonomische Bearbeitung der als Bioindikatoren interessanten, jedoch medizinisch bedeutungslosen Egelarten.

In nicht unerheblichem Umfang basieren diese neuen Erkenntnisse der Systematik auf modernen molekularbiologischen Untersuchungen. Während in vergangenen Jahrzehnten und Jahrhunderten vor allem der äußere und innere Bau für die Beschreibung neuer Taxa und ihrer Klassifikation maßgeblich waren, so spielen genetische Untersuchungen seit Ende des 20. Jahrhunderts eine immer größere Rolle. Besondere Beachtung findet dabei die Sequenzierung verschiedener Gene, die durch sogenannte konservative DNA gekennzeichnet sind. Derart wenig variierende DNA findet sich zum Beispiel im Kernkörperchen des Zellkerns als ribosomale DNA. Die Transkriptionsprodukte (rRNA) dieser DNA sind die wesentlichen Bausteine der Ribosomen, an denen die Eiweiße in der Zelle gebildet werden. Weitere konservative und damit taxonomisch bedeutsame DNA befindet sich außerhalb des Zellkerns in den Mitochondrien, den entsprechend der hier stattfindenden Zellatmung auch als »Kraftwerke der Zelle« bezeichneten Zellorganellen. Besondere Bedeutung wird hier dem Gen für die Untereinheit 1 des Enzyms Cytochromoxidase beigemessen.

Die molekularbiologischen Erkenntnisse stehen teilweise im Widerspruch zu den traditionellen Auffassungen der Klassifikation, die aus morphologischen und anatomischen Untersuchungen resultieren. Aktuelle und künftige Aufgabe der Systematik ist es, alle Erkenntnisse in einer Synthese in

Einklang zu bringen und die Hirudinida-Phylogenie in einem natürlichen System abzubilden. Moderne genetische Forschungen haben jedoch nicht nur die Ansicht der Zoologen zu den verwandtschaftlichen Beziehungen innerhalb der Gruppe der Egel neu geprägt. Selbst die Systematik der Ringelwürmer (Annelida) als Tierstamm, zu dem auch die Egel gehören, hat einen tiefgreifenden Wandel erfahren. Dabei sind nicht nur gravierende Änderungen in der Betrachtung der phylogenetischen Verhältnisse zwischen den Taxa innerhalb der Ringelwürmer notwendig geworden. Auch die Ansichten zur Stellung der Ringelwürmer im System der Tiere insgesamt haben sich grundlegend geändert. Eine ausführliche Darstellung zur modernen Klassifikation der Anneliden findet sich in dem Kapitel 2.

Bereits 1968 veröffentlichte KONRAD HERTER in Band 381 der Neuen Brehm-Bücherei die Erstausgabe einer Monografie unter dem Titel »Der Medizinische Blutegel und seine Verwandten«. Sie basiert im Wesentlichen auf den hervorragenden Erkenntnissen von SCHLEIP, AUTRUM und HERTER vom Ende der 1930er Jahre. Das nun vorliegende Werk sieht sich dem wissenschaftlichen Andenken der genannten Hirudinologen verpflichtet und verfolgt das Ziel, dem naturwissenschaftlich interessierten Leser die Gruppe der Egel mit ihrer wieder zunehmenden medizinischen und wirtschaftlichen Bedeutung näherzubringen. Anknüpfend an HERTER (1968) möchte dieses Buch den aktuellen Wissensstand widerspiegeln sowie die wesentlichen und teilweise gravierenden Veränderungen in der Egelforschung der letzten 50, bzw. vom Kenntnisstand ausgehend, der letzten 90 Jahre aufzeigen. Für einige Kapitel bedurfte es nur geringer Überarbeitung, andere unterlagen einer eingehenden Korrektur, um dem Erkenntnisgewinn und aktuellen Wissensstand Rechnung zu tragen. Einer umfassenden Revision unterzogen wurden die Abschnitte zur Systematik und Taxonomie sowie zur Zoogeografie und Ökologie. Gründlich überarbeitet wurden auch die Angaben zum medizinischen Einsatz der Egel. Neu eingefügt haben wir einen Bestimmungsschlüssel für die deutschen Süßwasseregel, wobei die Fischegel aufgrund der sehr speziellen morphologischen Unterschiede nicht vollständig auf Artniveau differenziert werden konnten und ihre exakte Bestimmung dem Spezialisten obliegt. Dagegen gründen sich die Ausführungen zur Physiologie und Embryologie auf die Darstellungen von HERTER (1968) bzw. SCHLEIP (in HERTER et al. 1939). Im Mittelpunkt der Arbeit steht die Biologie der deutschen und europäischen Egelarten. Egel anderer Kontinente werden im Überblick vorgestellt und exemplarisch interessante Aspekte dieser außereuropäischen Arten herausgestellt.

5.1.3 Körpergliederung

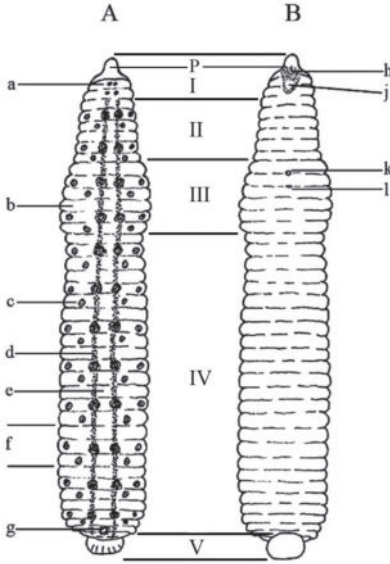


Abb. 5.1.2: Äußerer Grundbauplan eines Egels. Schematische Darstellung zur Veranschaulichung morphologischer Begriffe. A = Dorsalseite (Rücken), B = Ventralseite (Bauch); I = Kopfbereich mit Prostomium (P), II = Präclitellarregion, III = Clitellarregion (Gürtel), IV = Postclitellarregion (Mittelkörperregion oder Hinterkörper), V = Hintersaugnapf; a = Augen, b = Anulus (Ring), c = Papille (Warze), d = paramedian, e = median, f = Somit (Segment), g = After; h = Vordersaugnapf, j = Mundöffnung, k = männliche Gonopore (Geschlechtsöffnung), l = weibliche Gonopore. Die Abbildung zeigt keine konkrete Egelart, sondern eine abstrahierte Egeldarstellung mit verminderter Somitzahl. Grafik: C. GROSSER.

Der Körper der Egel gliedert sich in fünf äußerlich deutlich sichtbare Abschnitte (Abb. 5.1.2). Dieser äußeren Gliederung liegt eine innere Segmentierung zugrunde. Da die Herausbildung der sehr spezialisierten Körperenden in der Entwicklungsgeschichte der Egel zu Verschmelzungen von Segmenten oder Somiten im Bereich des Kopfes und des Hintersaugnapfes geführt hat, ist die genaue Anzahl der Segmente (= Somite) schwer ersichtlich, sodass in der Literatur differierende Angaben zu finden sind. Einen wichtigen Anhaltspunkt bildet jedoch die Anzahl der segmental angeordneten Ganglien (Nervenknoten). Im Bereich der Körperenden rücken sie dicht aneinander, bleiben aber nicht zuletzt auch aufgrund der abzweigenden Nervenpaare erkennbar. So wird heute allgemein die Ansicht vertreten, dass der Egelkörper eine konstante Anzahl von 34 Somiten aufweist. Üblicherweise werden die Somite mit römischen Ziffern (I–XXXIV), beginnend am Kopf, nummeriert. Eine gebräuchliche Unterteilung des Egelkörpers und Zuordnung der Somite zu den einzelnen Körperregionen bildet Tabelle 5.1.1 ab und greift dabei traditionelle Ansichten auf (z. B. HERTER 1968). Abweichende Darstellungen der Körpergliederung sind aber nicht unüblich. So unterscheidet SAWYER (1986) am Egelkörper ebenfalls fünf Regionen: Neben Kopf (Somite I–VI) und Hintersaugnapf (XXVIII–XXXIV) sind dies Trachelosom (VII–XII), Urosom (XIII–XXIV) und Analregion (XXV–XXVII). Das Clitellum bildet

dabei mit den Somiten X-XII den hinteren Abschnitt des Trachelosoms. NESEMANN & NEUBERT (1999) differenzieren das Clitellum als eigene Körperregion, allerdings gebildet aus den Somiten XI-XIV.

Tabelle 5.1.1: Körpergliederung und -segmentierung der Hirudinida (nach HERTER 1968, NESEMANN & NEUBERT 1999, leicht verändert)

Körperregion	Somite	Charakteristik
Kopfreion	Prostomium + Somite I-VI	mit Mundöffnung, meist Augen, formt Mund- oder Vordersaugnapf
Präclitellarregion	VII-IX	zwischen Kopf und Gürtel, Annulation der einzelnen Somite oft unvollständig
Clitellarregion (Gürtel)	X-XII	vor allem während der Fortpflanzung verdickt und farblich abgesetzt, mit Geschlechtsöffnungen
Postclitellarregion (Mittelkörperregion)	XIII-XXVII	größte Region, Annulation der einzelnen Somite meist vollständig, After dorsal auf dem letzten Somit
Hintersaugnapf	XXVIII-XXXIV	deutlich vom übrigen Körper als permanente Haftscheibe abgesetzt, ohne Ringe

In der Kopfreion treten das unsegmentierte Prostomium (Kopflappen) und die ersten sechs Somite zu einer Funktionseinheit zusammen und formen den Vordersaugnapf. Dieser ist bei Fischegel (Piscicolidae) gewöhnlich permanent deutlich vom schlanken Körper scheibenförmig abgesetzt. Bei vielen Egel wird er jedoch nur deutlich sichtbar, wenn sie sich beim Kriechen an eine feste Unterlage anheften oder am Wirt saugen. Einige Arten (z. B. *Theromyzon tessulatum* oder *Placobdella costata*) lassen auch eine leicht verbreiterte Kopfreion während ihrer Suchbewegungen erkennen. Je nach Ernährungsweise ist ventral eine mehr oder weniger große Mundöffnung ausgebildet. Bei räuberisch lebenden Schlingern ist sie weit. Auch die blutsaugenden Kieferegel (z. B. *Hirudo*) besitzen eine deutliche Mundöffnung. Bei den Körperflüssigkeiten saugenden Rüsselegeln ist sie dagegen sehr eng und ventral meist mittig in der vorderen Haftscheibe gelegen oder nach cranial in Richtung Oberlippe verschoben. Die Oberlippe wird wesentlich vom Prostomium gebildet und kann vor allem bei Prädatoren auffällig verlängert sein (z. B. *Trocheta danastrica*). Bei einigen Arten weist sie eine charakteristische Furchung auf (z. B. *Limnatis nilotica*, *Batracobdella euxina*). Besonders eigentümlich ist die Kopfreion bei dem südosteuropäischen Höhlenegel *Croatobranchnus mestrovi* (Abb. 5.1.3) gestaltet. Bei dieser Art sind lateral am Kopf kurze tentakelartige Auswüchse vorhanden, die offensichtlich der Reizaufnahme an den nassen Höhlenwänden dienen. Dorsal sind bei Hirudinida meist ein bis fünf Paar Augen als schwarze Punkte in gattungs- oder familientypischer Weise angeordnet.



Abb. 5.1.3: *Croatobranchus mestrovi*. Vorder-saugnapf mit tentakelartigen Auswüchsen.
Foto: B. SKET.

In der Präclitellarregion bilden sich die Segmente nach Verschmelzung in der Kopfgregion zunehmend zu vollständig entwickelten Somiten mit der arttypischen Annulation aus.

Die Clitellarregion wird äußerlich meist erst zur Fortpflanzung sichtbar, im Speziellen zur Zeit der Kokonablage. Dann ist der Gürtel etwas verdickt und durch eine etwas hellere, mitunter auch dunklere Grundfärbung vom übrigen Körper abgesetzt. Besonders auffällig ist der Gürtel bei den Hirudiniformes und Erpobdelliformes. In der Regel sind die Somite hinsichtlich Annulation und gegebenenfalls auch Zeichnung und Papillenstellung voll ausgebildet. Ventral finden sich hintereinander die beiden Geschlechtsöffnungen, dabei liegt die männliche vor der weiblichen. Selten ist nur eine Geschlechtsöffnung vorhanden. Gelegentlich sind noch zusätzlich akzessorische Gonoporen ausgebildet, wie z. B. beiderseits neben der männlichen Geschlechtsöffnung bei *Trocheta haskonis* oder median vor und hinter den Geschlechtsöffnungen wie bei *Xerobdella* oder *Barbronia weberi* (Abb. 5.1.4). Dabei befindet sich die hintere akzessorische Gonopore bei *Barbronia* nicht mehr im Bereich des Clitellums, sondern bereits in der Postclitellarregion. Hier sind auch bei *Macrobdella* besondere Kopulationsdrüsen vorhanden. Diese haben einen quadratischen Umriss und sind kurz hinter dem Clitellum in artspezifischer Anzahl paarweise als Doppelreihe angeordnet. Bei sexueller Erregung treten sie prominent hervor und lassen jeweils mittig auf jeder Drüse eine ausführende Pore erkennen (Abb. 5.1.2). Während der Reproduktionsphase wird ventral ein rechteckiger dunkler Fleck ausgebildet, der die Geschlechtsöffnungen und Kopulationsdrüsen einschließt.

Die Postclitellarregion ist durch die vollständig ausgeprägte Annulation sowie arttypische Färbung der Somite gekennzeichnet. Im caudalen Bereich, oberhalb des Hintersaugnapfes, ist der After gelegen. In diesem Abschnitt der Mittelkörperregion, die SAWYER (1986) als Analregion abgrenzt, sind die Somite meist nicht mehr vollständig ausgeprägt und weisen eine Reduktion in der Annulation und Pigmentation auf.

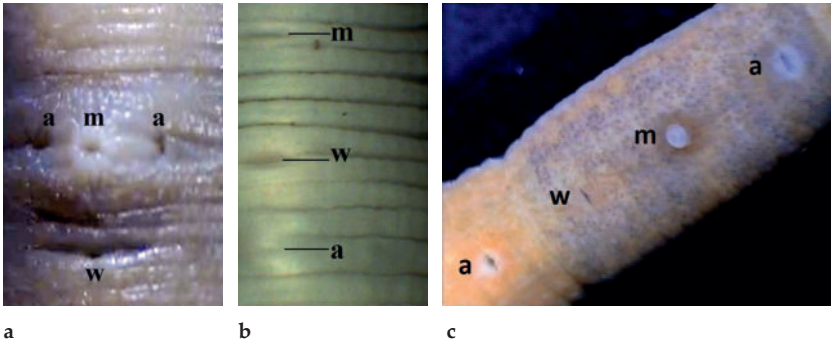


Abb. 5.1.4: Akzessorische Gonoporen verschiedener Egelarten: *Trocheta haskonis* (a), *Xerobdella anulata* (b), *Barbronia weberi* (c). Beschriftung jeweils: a = akzessorische Gonopore, m = männliche Gonopore, w = weibliche Gonopore. Fotos: C. GROSSER.

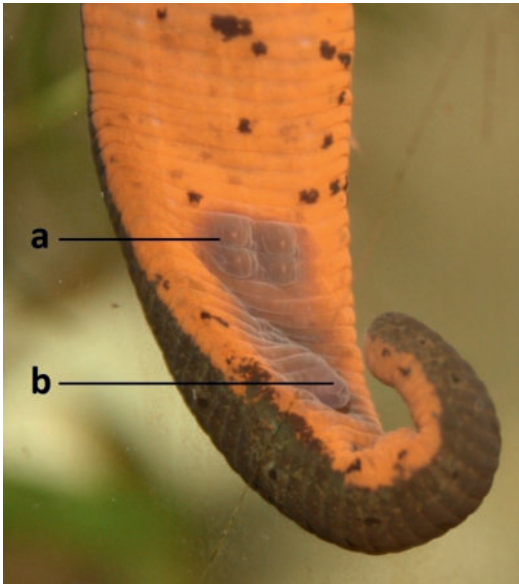


Abb. 5.1.5: *Macrobdella decora*; a = Kopulationsdrüsen, b = vorgewölbte männliche Geschlechtsöffnung. Foto: C. GROSSER.

Der Hintersaugnapf ist permanent deutlich als Haftscheibe abgesetzt und weist im Unterschied zum übrigen Egelkörper keine Ringelung auf. Bei Piscicolidae befinden sich hier nicht selten augenartige Pigmentflecken. Nur wenige Arten sind durch eine Reduktion in der Ausbildung des Hintersaugnapfes gekennzeichnet, wie z. B. der aus den ausgedehnten schlammigen Uferbereichen des Kaspischen Meeres beschriebene Erpobdellid

Archaeobdella esmonti, bei dem der Hintersaugnapf nur noch als kleine Lamelle ausgebildet ist (Abb. 5.1.6). Der marine Fischegel *Branchellion torpedinis* besitzt dagegen in der konkaven Fläche seines wohlentwickelten Hintersaugnapfes eine Vielzahl kleiner sekundärer Saugnäpfe (Abb. 5.1.7).



Abb. 5.1.6: *Archaeobdella esmonti*; Habitus. a = Vordersaugnapf, b = reduzierter Hintersaugnapf. Foto C. GROSSER.



Abb. 5.1.7: *Branchellion torpedinis*; Hinterkörper: a = Hintersaugnapf, b = Nebensaugnäpfe. Grafik: C. GROSSER (nach SCRIBAN aus HERTER 1968, stark verändert).

9 Ökologie

Im folgenden Kapitel sollen die ökologischen Ansprüche der Egel in Bezug zu ihren Lebensräumen umrissen werden. Aus Platzgründen können nur die wichtigsten Parameter Erwähnung finden. Im Besonderen werden die Charakteristika der wichtigsten Lebensräume, die dazugehörigen häufigen und bemerkenswerten Arten sowie Beispiele aus Deutschland und darüber hinaus benannt. Zahlreiche ökologische Befunde zu den europäischen Arten sind zudem aus Tabelle 4.5.1 (S. 92 ff.) zu entnehmen. Bei den marinen Fischegeln liegt der Fokus auf der Wirtswahl. Informationen über die Beziehungen zu anderen Tieren (z. B. Parasiten, Symbionten) ergänzen dieses Kapitel.

9.1 Lebensräume

9.1.1 Große stehende Gewässer (Seen und Weiher)

Als Seen und Weiher sollen hier große und größere permanente Wassersammlungen verstanden werden, die keine Anbindung an Meere haben. Strandseen oder Binnenmeere, wie das Kaspische Meer, fallen nicht in diese Kategorie.

Die Entstehungsgeschichte von Seen und Weihern ist vielfältig. In den glazial geprägten Landschaften entstanden sie in der Regel durch eiszeitliche Aktivitäten wie Toteisblöcke, die später auftauten, oder Gletscherzungen, die große Becken ausschürften. Die durch tektonische Vorgänge entstandenen Seen gehören meist zu den ältesten der Erde, in ihnen entwickelte sich oft eine spezielle Fauna, wie im Baikalsee oder in den Seen des Ostafrikanischen Grabenbruchs. Karstseen entstanden durch den Einfall aufgelöster Kalkstrukturen, wie der See Montcortès in den Pyrenäen oder zahlreiche Seen im Dinarischen Gebirge. Auch in den Mittelgebirgen Deutschlands existiert eine nicht geringe Anzahl an Einsturzseen. Von Flussschleifen abgetrennte Bereiche (Totarme) führen ebenfalls zur Bildung stehender Gewässer, die Habitategenschaften der Seen und Weiher aufweisen. In jüngerer Zeit ergänzen zahlreiche künstliche Seen, die Stau- und Baggerseen, das natürliche Biotopspektrum. Besonders in wasserarmen Regionen (z. B. Mittelmeergebiet) stellen Stauseen wertvolle Ersatzbiotope dar.

Eine Unterteilung in See und Weiher ist oft schwierig. Von einem See spricht man gemeinhin, wenn eine Schichtung mit ausgebildeter Sprungschicht vorliegt. Nach dieser Definition wären allerdings die Müritz oder der Balaton keine Seen, sondern Weiher. Andere Definitionen folgen der Fläche und kennzeichnen einen See ab einer Größe von mehr als einem Hektar.

Seen und Weiher weisen in Europa die höchste Anzahl an Egelarten auf, mit Ausnahme der sauren bzw. dystrophen (nährstoffarmen) Gewässer, die oft gar keine Egel enthalten. Es gibt keine Egel, die bisher ausschließlich in Seen gefunden wurden, außer wenn nur ein Fundort dieser Art bekannt ist, wie der See Montcortès (Katalonien/Spanien) für *Limnatis haasi*. Entscheidend für den Artenreichtum der Seen sind die vielen unterschiedlichen Habitattypen, die innerhalb eines Sees miteinander verzahnt sein können. Am artenreichsten sind die Uferzonen bis 3 m Tiefe mit reicher Vegetation, z. B. Schilf, Seggen, Schwimmblattpflanzen und Armleuchteralgen (z. B. RZÓSKA 1936). Einige semiaquatische Arten, wie z. B. *Haemopsis sanguisuga* oder *Dina lineata*, vermögen auch die temporär wasserführenden landseitigen Übergangszonen zu besiedeln. Die Tiefenzonen der Seen werden seltener besiedelt, weil diese oft sauerstoffarm und verschlammte sind oder das entsprechende Nahrungsangebot nicht ausreichend vorliegt. Ist jedoch ein hoher Sauerstoffgehalt konstant gegeben, können tiefe Seen durchaus Egel beherbergen, sich mitunter sogar endemische Arten ausbilden.

Bezüglich der Mikrohabitate bevorzugen die meisten Egel glatte Hartsubstrate in lichtgeschützten oder dem Licht abgewandten Bereichen. Daher sind steinige Sedimente die am häufigsten besiedelten, gefolgt von sandigen Sedimenten mit Armleuchteralgen (Characeae; PAWŁOWSKI 1936). ADAMIAK-BRUD et al. (2015) experimentierten mit künstlichen Substraten, z. B. verschiedenen Kunststoffen, Stahl, Glas, Keramik usw., die sie den Egel anboten. Am häufigsten wurden Gummi, Aluminium und Polyethylen angenommen. Als überwiegend nachtaktive Tiere (bes. räuberisch lebende Arten) verbringen sie in lichtarmer Umgebung den Tag. Unter Steinen, Holz (bes. unter loser Rinde), Muschelschalen oder zwischen Blattspreiten (z. B. Rohrkolben) können Egel besonders gut aufgespürt werden. Aber auch im Sediment lassen sich manche Arten mithilfe eines Drahtsiebkechers fangen. Einige tagaktive Arten, die ihren Wirten auflauern, halten sich gern an submersen Wasserpflanzen auf. Die kleinen Arten *Helobdella stagnalis* oder *Alboglossiphonia* spp., die an Süßwassermollusken bzw. Insektenlarven saugen, sitzen oft an See- und Teichrosen oder Laichkräutern. Ebenso lassen sich Fisch- und Entenegel (Piscicolidae und *Theromyzon*) an diversen Pflanzen oder exponierten Substraten finden. Allgemein bekannt ist, dass auch hungrige Blutegel (*Hirudo* spp.) tagaktiv sind und ihren Wir-

ten entgegenschwimmen. Während der Wintermonate ziehen sich die Egel aus der unmittelbaren Uferzone in tiefere Bereiche zurück, wo sie mehr oder weniger inaktiv die kalte Jahreszeit überdauern.

Das bevorzugte Substrat in Seen und Weihern ist sandiges bis feinsandiges Sediment, das mit Steinen und Totholz durchsetzt ist. Schlammiger Untergrund ist für die meisten Arten nur suboptimal. Viele glaziale Seen besitzen steinigen Untergrund und eine starke Brandung, sodass derartige Seeufer eher den Biotopeigenschaften der Flüsse und Bäche ähneln und daher nicht selten von rheophilen (strömungsliebenden) Arten besiedelt werden, z. B. *Erpobdella verrucosa*.

Aus Mecklenburg-Vorpommern liegen umfangreiche Untersuchungen zur Egelfauna der Seen und Weiher vor (siehe Abb. 9.1.6 und 9.1.7). Mehr als 3 500 Fundangaben aus Seen und Weihern konnten berücksichtigt werden. In beiden Gewässertypen ist *Erpobdella octoculata* die mit Abstand häufigste Art, gefolgt von *Helobdella stagnalis*. Die sechs folgenden Arten sind als solche in ihrer Häufigkeit ähnlich, weisen aber eine veränderte Reihenfolge in Seen und Weihern auf. Auch BENNIKE (1943) ermittelte *Erpobdella octoculata* und *Helobdella stagnalis* als die häufigsten in dänischen Seen vorkommenden Arten. Somit besitzen Seen und Weiher insgesamt eine ziemlich identische Fauna. Die allgemein vielfältigeren Habitatstrukturen der Seen sind ursächlich für die enorme Gesamtartenzahl von 30 Egelarten in Mecklenburg-Vorpommern. Ähnlich verhält es sich in allen Regionen der Weichsel-Vereisung Mitteleuropas. Die Weiher Mecklenburg-Vorpommerns können immerhin noch 19 Arten vorweisen.

Eine überaus interessante Fauna findet sich in den alten Seen. Die lang andauernde Evolution brachte dort bemerkenswert einzigartige Spezies hervor. Im ältesten See der Erde, dem Baikalsee, der vor 25 Mio. Jahren entstand und bis zu 1 642 m tief ist, ist ein Fünftel des flüssigen Süßwassers des Erdballs gespeichert. Über die Egelfauna dieses Sees existieren mehrere umfangreiche Arbeiten, z. B. EPSHTEIN (2004) und KAYGORODOVA (2012), die insgesamt 22 Arten ermitteln konnten. Nach letzterer leben im See elf Arten der Plattegel, darunter die drei endemischen Arten *Paratorix baicalensis*, *Baicaloclepsis echinulata* und *B. grubei*, acht, z. T. noch nicht bestimmte oder beschriebene Arten der Fischegel mit den vier Endemiten *Baicalobdella cottidarum*, *B. torquata*, *Codonobdella truncata* und *C. zelenskiji* sowie eine Art der Vielfraßegel und zwei bisher nicht zugeordnete Schlundegel. Da das Wasser bis in große Tiefen sehr sauerstoffreich ist, können aquatische Arten auch im Benthos des Baikals leben. Die Art *Codonobdella truncata* hält unter allen limnischen Egel mit 1 215 m den Tiefenrekord. Im zweitältesten (ca. 12 Mio. Jahre) und mit bis zu 1 470 m zweittiefsten See der Erde, dem Tanganjikasee in Ostafrika, lebt die endemische Fischegelart *Phyllo-*

bdella maculata (EPSHTEIN 2004). Aus ganz Afrika sind nur zwei limnische Fischegelarten bekannt! Die Egel fauna aller ostafrikanischen Seen ist noch ungenügend erfasst und dürfte bei intensiver Erforschung weitere Überraschungen freigeben. Im Biwasee auf Honshu in Japan, dem drittältesten See (ca. 4 Mio. Jahre), der nur etwas größer als der Bodensee ist, sind einige Egel bekannt, die allerdings keine Endemiten dieses Gewässers darstellen, *Ancyrobdella biwae* und *A. smaragdina*.

Auch Europa hat einige alte Seen zu bieten, in denen sich die Egel fauna über einen langen Zeitraum entwickeln konnte. Herausstechend ist dabei der Ohridsee im Grenzgebiet von Nordmazedonien und Albanien, dessen Alter mit 4–10 Mio. Jahren angegeben wird und der damit zu den ältesten Seen der Welt gehört. Mit vielfältigen Habitaten und Tiefenzonen bis 286 m sowie zahlreichen Quellen mit kleinen zufließenden Bächen besitzt der See beste Voraussetzungen für eine einmalige Fauna. Neben neun Arten (EPSHTEIN 2004), die in Europa zumeist ein großes Verbreitungsgebiet haben, kann der Ohridsee auf die beachtliche Zahl von elf endemischen Egeltaxa verweisen. Neben einer Unterart (*Glossiphonia complanata* ssp. *maculosa*), dem Plattegel *G. pulchella* und einer Fischegelart (*Piscicola pawlowskii*) betrifft dies acht Schlundegelarten der Gattung *Dina*. Drei weitere europäische Arten wurden bislang nur in jeweils einem oder zwei Seen gefunden, wobei noch nicht geklärt ist, ob es sich wirklich um endemische Arten handelt. Dies betrifft den Pyrenäen-Rossegel *Limnatis haasi* aus dem See Montcortès in Spanien sowie die beiden Schlundegel *Dina latestriata* im Kleinen Prespa in Griechenland/Nordmazedonien und *Dina lineata* ssp. *lacustris* in den nordmazedonischen Seen Belo und Golema.



Abb. 9.1.1: See Montcortès in den Pyrenäen in Spanien. Einziger Fundort von *Limnatis haasi*. Foto: U. JÜEG.



Abb. 9.1.2: Tollensesee in Mecklenburg-Vorpommern/Deutschland, Lebensraum für elf Egelarten. Foto: M. JUEG.



Abb. 9.1.3: Flacher Weiher im NSG Möckelmossen auf Öland/Schweden. Fundort von *Hirudo medicinalis*. Foto: U. JUEG.

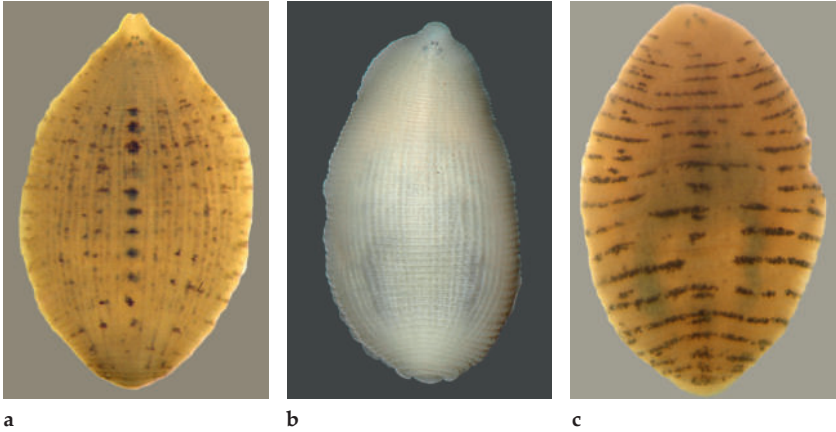


Abb. 9.1.4: *Alboglossiphonia heteroclita* (a), *A. hyalina* (b) und *A. striata* (c) sind tagaktiv und gehören zu den kleinsten heimischen Arten in Seen und Weihern. Fotos: B. & F. EISELER.



Abb. 9.1.5: *Glossiphonia verrucata*, Krakower Obersee, Mecklenburg-Vorpommern/Deutschland. Foto: U. JÜRG.

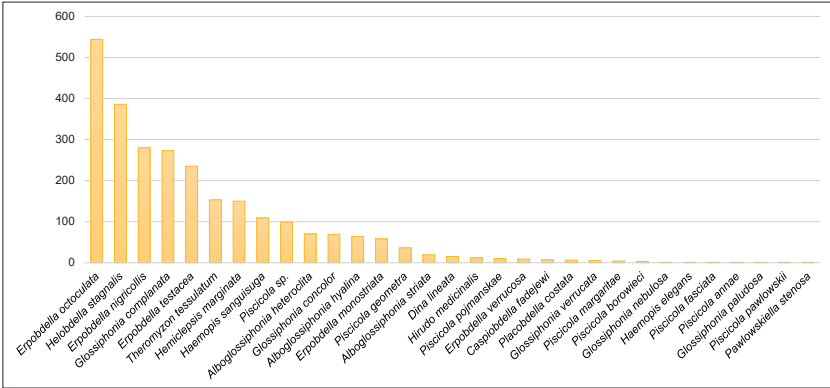


Abb. 9.1.6: Egel-Beobachtungen in den Seen Mecklenburg-Vorpommerns (n = 2623). Grafik: U. JUEG.

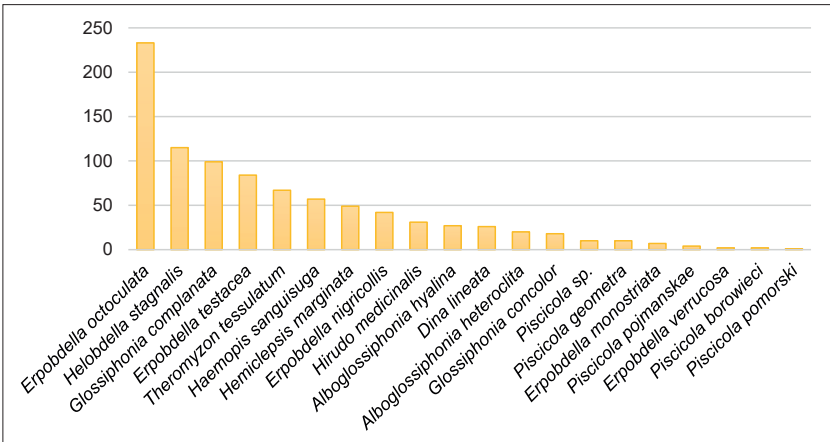


Abb. 9.1.7: Egel-Beobachtungen in den Weihern Mecklenburg-Vorpommerns (n = 904). Grafik: U. JUEG.

darunter z. B. zur Schmerzbehandlung bei Gelenkarthrosen, Rückenbeschwerden sowie Sehnenentzündungen oder auch zur Verhinderung von postoperativen venösen Durchblutungsstörungen nach Replantation von Körperteilen und Gewebe, die zum Absterben der Replantate führen würden.

Im Gegensatz zur früheren unkontrollierten Anwendung steht die Blutegeltherapie inzwischen unter Kontrolle der Gesundheitsbehörden. So schreiben die gesetzlichen Richtlinien in Deutschland, Frankreich und den USA die kontrollierte Zucht und Haltung der Blutegel in zertifizierten Betrieben sowie enge Indikationsstellungen auf der Basis evidenzbasierter Studienergebnisse vor.

10.2.3 Blutegeltherapie in der modernen Medizin

In der modernen Medizin werden in Europa und den USA meist medizinische Blutegel wie *Hirudo verbana* oder *Hirudo medicinalis* eingesetzt, während in asiatischen Ländern in der Regel *Poecilobdella granulosa* (SAVIGNY, 1822) oder *Hirudinaria manillensis* verwendet werden.

Bei der heutigen Anwendung der Blutegeltherapie ist die Blutausscheidung als Wirkprinzip nur noch in Einzelfällen, z. B. beim Hämatom oder Abszess, von Bedeutung. Inzwischen wurde mithilfe analytischer Verfahren festgestellt, dass während des Saugvorgangs vom Blutegel therapeutisch bedeutsame Naturstoffe in Blut und Gewebe eingeleitet werden (HILDEBRANDT & LEMKE 2011). Dieses Saliva-Sekret (Blutegelspeichel) wird während des Saugvorgangs vollständig entleert und im Verlauf von ca. einer Woche erneut gebildet (LEMKE et al. 2016).

Die Saliva ist ein komplexes Gemisch aus über 100 Substanzen, bei einer Reihe davon konnte pharmakologische Aktivität nachgewiesen werden, bei anderen wird eine solche vermutet (HILDEBRANDT & LEMKE 2011). Bei der Identifikation dieser Saliva-Stoffe wurden auch Substanzen entdeckt, die in aktuellen Medikamenten Verwendung finden. So hat z. B. die (nach dem Blutegel *Hirudo* benannte) Substanz Hirudin als Arzneimittel inzwischen Eingang in die Medizin gefunden. Hirudin wird aus den Speicheldrüsen von *Hirudo medicinalis* gewonnen. Als Arzneimittel hemmt es die durch Thrombin eingeleitete Blutgerinnung. Das inzwischen in der Regel gentechnologisch hergestellte rekombinante Hirudin wird wegen des Risikos von Blutungskomplikationen inzwischen fast nur noch bei der Heparin-induzierten Thrombozytopenie (HIT) eingesetzt. Breitere Anwendung als Gerinnungshemmer, z. B. zur Reduzierung von Mortalität und Infarktrisiko beim akuten Koronarsyndrom, finden dagegen die vom Hirudin ab-

geleiteten Hirudin-Analoga. Auch die Saliva-Inhaltsstoffe Faktor Xa-Hemmer (Thrombose-Prophylaxe) und Hyaluronidase (Anästhesie-Beschleunigung durch Gewebeöffnung in der Zahnheilkunde) sind als eigenständige Arzneimittel im Einsatz.

Eine Reihe von Studien erbrachten Nachweise für die pharmakologische Wirksamkeit der Blutegeltherapie. So wurde die Förderung von Wundheilung und Geweberegeneration bei venöser Stase durch das Ansetzen von Blutegeln bei ischämischen Gewebetransplantaten im Tierexperiment (Maus, Ratte, Kaninchen, Schwein) festgestellt (CONFORTI et al. 2002, COTTLER et al. 1999, DARABI-DARESTANI et al. 2014, KASHIWAGI et al. 2013, LOZANO et al. 1999, MOOSAVIAN et al. 2014).

Auch in den humanpharmakologischen Arbeiten zeigten sich rheologische Effekte der Blutegeltherapie, die auf Verbesserungen der Mikrozirkulation (Perfusionsbeschleunigung, Sauerstoffsättigung) schließen lassen (CHMIEL et al. 1989, ROTHENBERGER et al. 2016). Die bisherigen präklinischen und klinischen Studien lassen erkennen, dass die im Blutegelspeichel enthaltenen Substanzen durchblutungsfördernd, entzündungshemmend und schmerzlindernd wirken (KOEPPEN et al. 2014).

Die Anwendungsgebiete der Blutegeltherapie in der heutigen westlich orientierten Medizin werden in verschiedenen Handbüchern und Artikeln zusammenfassend dargestellt (KAEHLER SCHWEIZER & WESTENDORFF 2013, MICHALSEN 2014, MICHALSEN & ROTH 2012, MÜLLER 2000).

In der älteren Literatur (ARNDT 1940, ASCHNER 1953, BOTTENBERG 1935) wird die Blutegeltherapie noch für eine Vielzahl von Erkrankungen empfohlen, die nach heutigen Maßstäben jedoch keinen ausreichenden Wirksamkeitsnachweis erkennen lassen. So bezog ASCHNER in den 1920er Jahren die Blutegeltherapie als ausleitendes Verfahren in sein Gesamtkonzept der Konstitutionstherapie ein und »rückte das Verfahren unkritisch in den Rang eines Universalheilmittels« (WITKE-MICHALSEN 2012, S. 8) mit einer Vielzahl von Indikationsstellungen für die Blutegeltherapie. BOTTENBERG veröffentlichte 1935 die erste zusammenfassende Gesamtdarstellung dieser Therapie, indem er 52 Krankengeschichten mit unterschiedlichen Krankheitsbildern beschrieb.

Noch 1951 schrieb WANKE, dass es unmöglich ist, »jede einzelne Krankheit aufzuzählen, für die eine Hirudotherapie in Frage kommt.« Er führte folgende Krankheiten an: »Prostatitis (Entzündung der Vorsteherdrüse), beginnende Leberzirrhose mit mäßigem Aszites (Bauchwassersucht), Geschwülste der Eileiter oder Eierstöcke, die durch Ansetzen von Blutegeln am After oder am Ober- oder Unterschenkel günstig beeinflusst oder geheilt werden können, Gallenblasenentzündung, Leberanschoppungen

(Anschoppung = Hyperämie = Blutüberfüllung), Pleuritis (Brustfellentzündung), Pneumonie (Lungenentzündung), Bronchopneumonie, Hals- und Mandelentzündungen, Mandelabszesse, Mundbodenphlegmonen (Phlegmonen = Zellgewebswucherungen), Phlebitis (Venentzündung), Furunkel, Abszesse und Phlegmonen an anderen Körperteilen, Gelenkentzündungen auf rheumatischer oder gichtischer Basis, ›überhaupt alle irgendwie entzündlichen Prozesse, bei denen ein schneller Rückgang der Entzündung, ein Nachlassen der Schmerzen und Temperaturabfall erreicht wird.« Weiter schreibt er: »Kreislaufstörungen jeder Art werden ebenfalls durch Blutegelbehandlung günstig beeinflusst«, angefangen vom *Ulcus cruris* (Beingeschwür aufgrund von Krampfadern), bis ›zu den venösen Stauungen an inneren Organen (Leber, Milz), welche durch Anschoppungen der Organe selbst oder durch eine mangelhafte Herztätigkeit entstehen. (...) Seit 10 und 15 Jahren bestehende *Ulcera cruris* konnten durch zwei bis drei Blutegelbehandlungen zur Abheilung gebracht werden.« (HERTER 1968, S. 173).

Seit den 1970er Jahren entwickelte sich dann zunehmend eine kritische Beurteilung der Grenzen und Möglichkeiten der Blutegeltherapie. Inzwischen wird ihr Wirksamkeitsnachweis nicht mehr aufgrund von Fallbeschreibungen erfolgreicher Einzelfälle gewertet, sondern im Hinblick auf die Belastbarkeit durch evidenzbasierte Daten aus klinischen Studien. Die Darstellung von Kasuistiken hat jedoch weiter eine wichtige Funktion, indem sie die Anwendung dieser Therapieform im Rahmen der nachgewiesenen Indikationen veranschaulicht.

Zu den Indikationen, die in klinischen Studien abgesicherte Erfolge der Blutegeltherapie gezeigt haben, gehört die kurz- und langfristige Besserung von Schmerzen und Funktionalität bei Kniearthrose. Über gute Erfolge der Blutegeltherapie wird weiterhin bei Sehnenentzündungen (z. B. Tennisarm), Rückenschmerzen, Hämatomen und venöser Insuffizienz berichtet (MICHALSEN 2014).

Fallberichte weisen auf die Wirksamkeit der Blutegeltherapie bei Varikose, Abszessen, Hämorrhoiden und Tinnitus hin (KAEHLER SCHWEIZER & WESTENDORFF 2013, MICHALSEN & ROTH 2012, WOLLINA et al. 2016).

In den 1980er Jahren wurde eine inzwischen wieder viel genutzte Indikation wiederentdeckt: die postoperative venöse Stase, bei der durch den Durchblutungsmangel die Gefahr der Nekrotisierung und der Abstoßung transplantierter Körperteile oder Gewebe besteht. Hier können Blutegel durch Verbesserung der Mikrozirkulation entscheidend dazu beitragen, dass die Replantate und Transplantate wieder anwachsen. Obwohl bereits mehr als 25 Jahre vorher die Chirurgen DERGANČ & ZDRAVIC (1960) diesen