

Neuigkeiten zur praktischen ABC-Blutgruppen-Bestimmung bei Katzen

Vermeidung akuter hämolytischer Transfusionsreaktionen und der neonatalen Isoerythrolyse

Updates on practical ABC blood compatibility testing in cats

Avoiding acute hemolytic transfusion reactions and neonatal isoerythrolysis



Autoren

Alexandra Kehl¹, Laura Truchet¹, Ines Langbein-Detsch¹, Elisabeth Müller¹, Urs Giger²

Institute

- 1 Laboklin GmbH & Co. KG, Bad Kissingen
- 2 Section of Medical Genetics (PennGen), University of Pennsylvania, USA

Schlüsselwörter

Katze, Blutgruppe, Kreuzprobe, Alloantikörper, Anämie, feline neonatale Isoerythrolyse

Key words

Feline, blood type, crossmatch testing, alloantibody, anemia, hemolysis of newborn

eingereicht 30.08.2019

akzeptiert 21.10.2019

Bibliografie

DOI <https://doi.org/10.1055/a-1035-9649>

Tierarztl Prax Ausg K Kleintiere Heimtiere 2019; 47: 425–438

© Georg Thieme Verlag KG Stuttgart · New York

ISSN ISSN 1434–1239

Korrespondenzadresse

Alexandra Kehl
Laboklin
Steubenstraße 4
97688 Bad Kissingen
kehl@laboklin.com

ZUSAMMENFASSUNG

Bis in die 1980er Jahre wurden die Blutgruppen bei Katzen als unwichtig angesehen. Seitdem gab es jedoch viele neue Erkenntnisse. Wir wissen heute: Das wichtigste Blutgruppensystem

der Katze ist das *AB*-Blutgruppensystem (umbenannt als *ABC*-Blutgruppensystem) und umfasst die Blutgruppen *A*, *B* und *AB* (heute *C* genannt). Katzen haben natürlich vorkommende Antikörper gegen die Antigene der jeweils anderen Blutgruppe. Insbesondere Katzen mit Blutgruppe *B* haben hohe Titer an natürlich vorkommenden Anti-*A*-Alloantikörpern. Dadurch kann es bei *A-B*-inkompatiblen Bluttransfusionen und bei der sog. neonatalen Isoerythrolyse bei Welpen mit Typ *A* und *C* (*AB*) von Muttertieren mit Typ *B* zu Unverträglichkeitsreaktionen kommen. Um dies zu verhindern, ist es essenziell, für Zucht und im Vorfeld von Transfusionen die Blutgruppe und die zugrundeliegende Genetik zu kennen. Klinisch helfen serologische und genetische Tests. Diese Synopsis gibt einen aktuellen Überblick über die Blutgruppen, deren physiologische und genetische Grundlagen, mögliche Unverträglichkeitsreaktionen sowie die verschiedenen Nachweismethoden zu deren Vermeidung.

ABSTRACT

In feline practice, blood groups were considered unimportant until the 1980 s. Since then much has been learned. The most important blood group system in cats is the *AB* (renamed here as *ABC*) blood group system consisting of blood types *A*, *B* and *AB* (better referred to as *C*). Type *B* cats have strong *anti-A* alloantibodies potentially leading to incompatibility reactions during *A-B* mismatched transfusions or neonatal isoerythrolysis (NI) in type *A* and *C* (*AB*) kittens born to type *B* queens. Acute hemolytic transfusion reactions as well as NI have been clinically well documented in cats. Immunological and genetic tests have been established and blood typing and crossmatching test kits have become commercially available. This review updates the current knowledge of these blood types, their genetics, associated incompatibility reactions, and different diagnostic tools for avoiding such reactions in clinical practice.

► **Tab. 1** Blutgruppenhäufigkeit bei Hauskatzen in verschiedenen europäischen Ländern basierend auf Untersuchungen mit ca. 100 bis 700 untersuchten Katzen pro Land.

► **Table 1** Blood type frequencies in non-purpose-bred cats in different European countries based on past surveys of ~100 to over 700 typed cats per country.

Untersuchtes Land		Blutgruppenhäufigkeit (%)			Katzen (n)	Referenz
		A	B	C (AB)		
Österreich		97	3	0	101	[41]
Dänemark		98,1	1,9	0	105	[42]
England	Südosten	67,6	30,5	1,9	105	[10]
	Bristol	79,3	12,2	8,5	82	[9]
Frankreich		89,6	10	0,4	231	[43]
Deutschland		94,1	5,9	0,0	404	[44]
Griechenland		78,3	20,3	1,4	207	[45]
Ungarn		100	0	0	81	[46]
Irland		84,7	14,6	0,7	137	[47]
Italien		90,7	7,1	2,1	140	[48]
Niederlande		95,8	3,1	1,1	95	[49]
Portugal	Porto	97,3	2,7	0	771	[11]
	Lissabon	97,5	2,1	0,4	55	[50]
	Norden	89,3	4,4	6,3	159	[51]
Schottland		97,1	2,9	0	70	[49]
Spanien	Barcelona	91,1	8,9	0	56	[11]
Schweiz		87,6	8	4,4	1014	[52]
Türkei		72,8	25	2,2	312	[53]

Das ABC-Blutgruppensystem der Katze

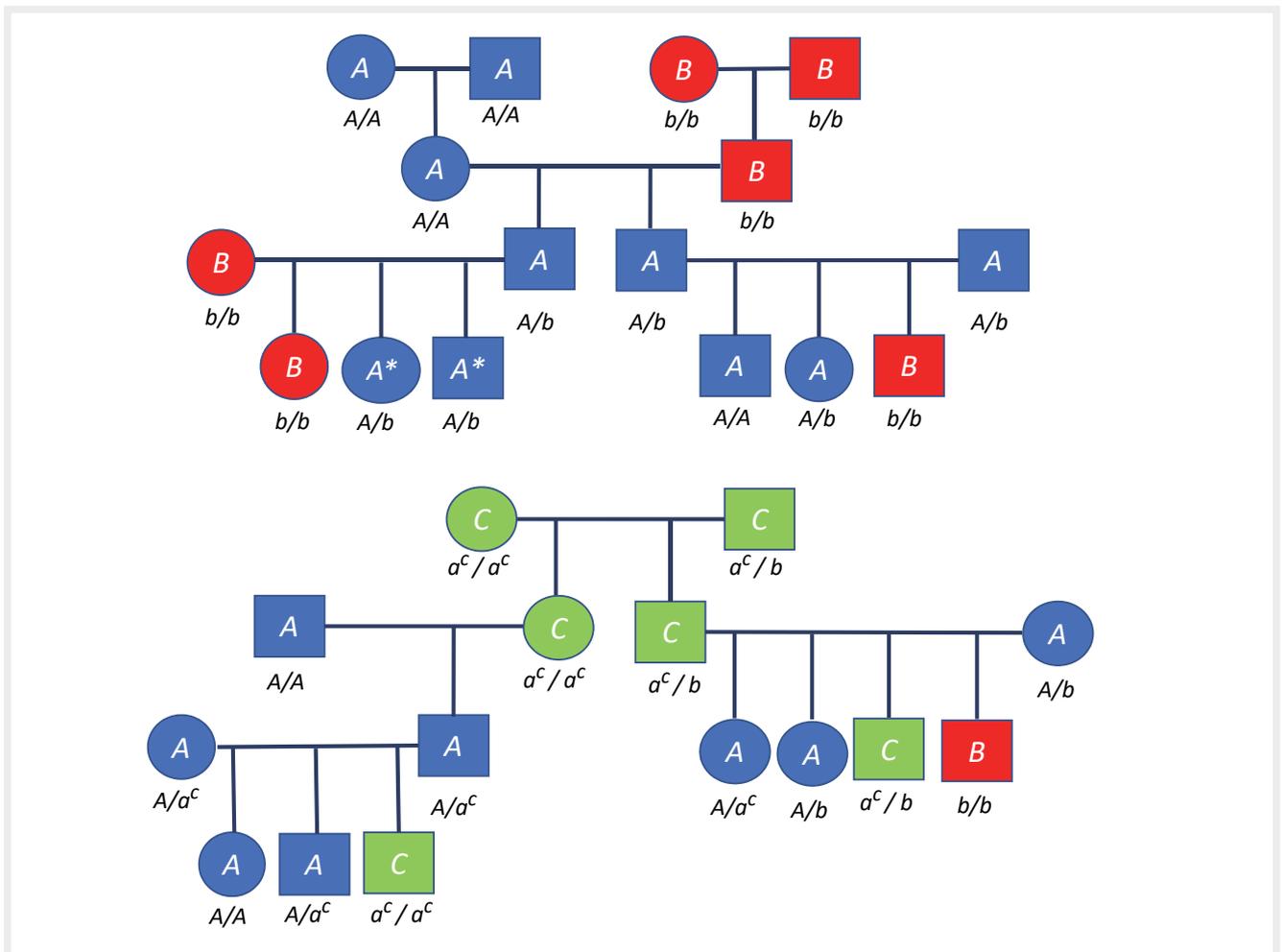
Verteilung nach Geografie und Rasse

Das wichtigste Blutgruppensystem der Katze ist das AB-Blutgruppensystem (oder besser ABC-Blutgruppensystem) mit 3 Blutgruppen: A, B und AB (heute auch C genannt) [1][2][3][4]. Während grundsätzlich die Blutgruppe A am häufigsten vorkommt und Blutgruppe C sehr selten ist, zeigen viele Untersuchungen, dass die Häufigkeit der 3 Blutgruppen je nach Rasse und Region stark variiert (► **Tab. 1**, ► **Tab. 2**). Zwischen 90 und 100 % aller Europäisch-Kurzhaar-Katzen besitzen die Blutgruppe A, außer im Vereinigten Königreich, in Griechenland, in der Türkei und Israel, wo nur 75–80 % die Blutgruppe A aufweisen sollen. Bei den Rassekatzen scheinen Siamkatzen und nah verwandte Rassen ausschließlich die Blutgruppe A zu haben. Bei anderen häufigen Rassen wie Abessinier, Himalaya und Perserkatze findet sich die Blutgruppe A bei 70–90 % der Tiere, bei den übrigen 10–30 % liegt die Blutgruppe B oder sehr viel seltener C vor. Im Gegenzug beträgt die Frequenz der Blutgruppe B bei den Rassen Britisch Kurzhaar, Birma, Rex und Sphinx, Türkisch Angora und Van bis zu 50 % (► **Tab. 2**). Diese Schätzungen schwanken je nach Region und Züchter stark, da Zuchtpläne die Häufigkeit der jeweiligen Blutgruppe beeinflussen. Interessanterweise ist die Blutgruppe C außer bei Ragdolls [4][5][6][7][8], Türkisch Angora und Hauskatzen in England, Israel und auf der Iberischen Halbinsel sehr selten zu finden (wenn auch einige Ergebnisse durch die Methode der Blutgruppenbestimmung beeinflusst worden sein könnten) [9][10][11].

► **Tab. 2** Blutgruppenhäufigkeit (typisiert mittels Alvedia-Testkit) bei verschiedenen Katzenrassen in Deutschland. Interne retrospektive Studie von Laboklin mit über 3000 Katzen. Die Häufigkeiten entsprechen den Werten, die weltweit in anderen Ländern veröffentlicht wurden [2].

► **Table 2** Blood type frequencies (typed by Alvedia kit) in several cat breeds in Germany. Internal retrospective study from Laboklin Germany with overall >3000 cats. Note these frequencies are similar to those reported previously around the world [2].

Rasse	Katzen (n)	Blutgruppe (%)		
		A	B	C (AB)
Birma	295	88,8	11,2	0
Britisch Kurzhaar	1128	75,0	24,9	0,1
Devon Rex	70	70,0	30,0	0
Chartreux	134	89,5	10,5	0
Maine Coon	257	96,9	3,1	0
Neva Masquerade	62	95,2	4,8	0
Norwegische Waldkatze	65	98,5	1,5	0
Ragdoll	534	83,8	6,1	10,1
Scottish Fold	59	84,7	15,3	0
Siam	49	100	0	0
Sibirische Katze	167	94,0	5,4	0,6
Thai	258	73,6	26,4	0



► **Abb. 1** Zwei schematische Beispiele für Stammbäume mit Blutgruppen bei Katzen. Kreise symbolisieren Kätzinnen, Quadrate Kater. * Nachkommen sind gefährdet für neonatale Isoerythrolyse. Die Blutgruppe steht im Kreis bzw. Quadrat, darunter der Genotyp. Quelle: © A. Kehl.

► **Fig. 1** Two schematic examples of feline blood types in pedigrees. Circles represent females, squares represent males. * Offspring at risk for neonatal isoerythrolysis. Blood type is given in circle/square, and below the genotype with the 2 alleles for each autosome is shown. Source: © A. Kehl.

Neben dem ABC-Blutgruppensystem gibt es weitere Klassifizierungen, wie z. B. die *Mik*-Blutgruppe, wobei die meisten Katzen *Mik*⁺ und die wenigsten *Mik*⁻ sind [12]. Aufgrund von Blutgruppensystemen jenseits des über kommerzielle Tests erfassten ABC-Systems und des potenziellen Vorkommens natürlicher und induzierter Alloantikörper empfiehlt es sich, schon bei der ersten Transfusion trotz passender ABC-Blutgruppen eine Kreuzprobe durchzuführen und insbesondere bei neuerlichen Transfusionen mehr als 4 Tage nach der ersten Transfusion ist sie erforderlich [12][13][34]. Da über die Blutgruppen der Katze neben dem ABC-System wenig bekannt ist und es momentan keine Reagenzien oder Testkits für *Mik* gibt, werden diese hier nicht weiter besprochen. Alloantikörper, ob natürlicherweise vorkommend oder induziert, können jedoch mithilfe der Kreuzprobe nachgewiesen werden. Einige Kliniker empfehlen nach wie vor die Transfusion von Hundeblood an anämische Katzen (Xenotransfusion) [14], obwohl gezeigt werden konnte, dass die Erythrozyten des Hundes für Katzen unverträglich sind und daher innerhalb von 4 Tagen lysiert werden [15].

Vererbung der Blutgruppen

Bei der Beurteilung des Erbgangs ist es wichtig, zwischen Phänotyp und Genotyp zu unterscheiden. Bei der Phänotypisierung von Blutgruppen wird die Antigenexpression auf der Erythrozytenmembran nachgewiesen. Dagegen offenbart die Genotypisierung die molekulargenetischen Determinanten (Allele) eines bestimmten Genlokus für jede Blutgruppe eines Blutgruppensystems. Aus umfangreichen Zuchtunterlagen und Studien ist bekannt, dass die Blutgruppe A phänotypisch dominant gegenüber den Blutgruppen B und C ist [16][17]. Darüber hinaus entsteht die Blutgruppe C nicht aus einer Verpaarung zwischen Katzen mit den Blutgruppen A und B, sondern wird eigenständig vererbt – weshalb sie hier auch als Blutgruppe C bezeichnet wird (► **Abb. 1**) [3][18]. Katzen mit der Blutgruppe A weisen den Genotyp A/A, A/a^c oder A/b auf, während nur homozygote Katzen mit dem Genotyp b/b das Blutgruppenantigen B auf ihren Erythrozyten exprimieren. Katzen mit dem Genotyp a^c/a^c oder a^c/b haben die Blutgruppe C (► **Abb. 1**, ► **Tab. 3**).

► **Tab. 3** Genotypisierungsschema für Typ A, Typ B und Typ C mit den möglichen Haplotypen bei den verschiedenen Einzelnukleotid-Varianten.

► **Table 3** Genotyping scheme for type A, type B, and type C with possible haplotypes at each single nucleotide variant.

CMAH-Varianten				Genotyp	Korrespondierende Blutgruppe
c.179G>T	c.268T>A	c.1322delT	c.364C>T		
GG	TT	TT	CC	A/A	A
GG	TA	TT	CC	A/b	A
GT	TT	TT	CC	A/b	A
GG	TT	T*	CC	A/b	A
GG	TT	TT	CT	A/a ^c	A
GG	AA	TT	CC	b/b	B
TT	TT	TT	CC	b/b	B
GG	TT	**	CC	b/b	B
GT	TA	TT	CC	b/b	B
GG	TA	T*	CC	b/b	B
GG	TT	TT	TT	a ^c /a ^c	C
GG	TA	TT	CT	a ^c /b	C
GT	TT	TT	CT	a ^c /b	C
GG	TT	T*	CT	a ^c /b	C

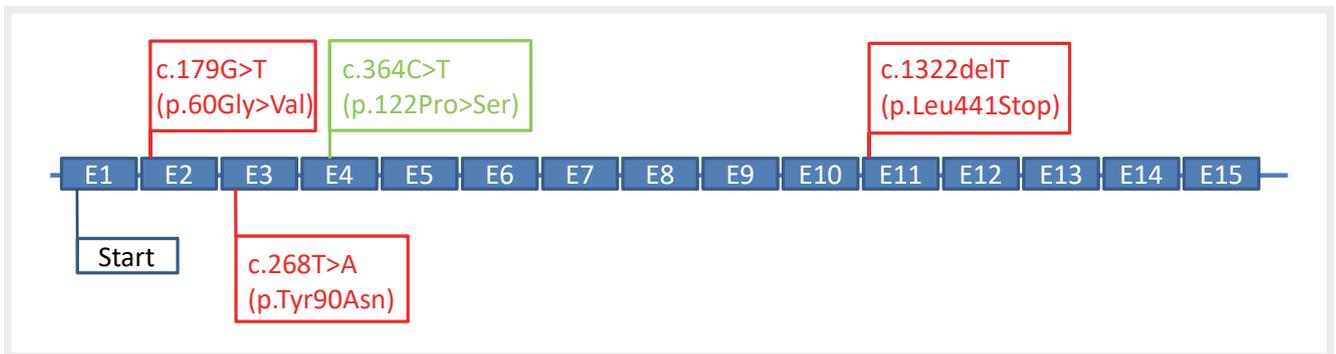
Genetische Grundlagen

Das ABC-Blutgruppensystem der Katze ist das erste und bisher einzige Blutgruppensystem bei Haustieren, das auf biochemischer und molekulargenetischer Ebene beschrieben wurde. Das Enzym Cytidin-Monophosphat-N-Acetylneuraminsäure-Hydroxylase (CMAH; EC 1.14.18.2) wandelt die Sialinsäure N-Acetylneuraminsäure (NeuAc; Blutgruppe-B-Antigen) in N-Glycolylneuraminsäure (NeuGc; Blutgruppe-A-Antigen) um [18][19][20]. In der CMAH-Gensequenz der Katze wurden viele genetische Polymorphismen beschrieben, auch als Einzelnukleotid-Polymorphismen (SNPs), Einzelnukleotidvarianten (SNVs) oder früher als Mutationen bezeichnet (► **Abb. 2**). Sie stehen für Veränderungen einzelner Basen durch Austausch, Deletion oder Insertion innerhalb der CMAH-Gensequenz, die die Aminosäure verändern können (3 Basen kodieren für eine Aminosäure) und eine Beeinträchtigung der Protein-/Enzymfunktion und -stabilität zur Folge haben. Von einigen dieser Varianten vermutet man, dass sie den Verlust oder eine Reduktion der normalen CMAH-Aktivität bewirken, die für die Ausbildung der Blutgruppe A nötig ist, und so zur Ausbildung der Blutgruppen B und C führen [4][6][20][21].

Wir konnten kürzlich zeigen, dass die CMAH-Variante c.268 T>A (die Bezeichnung gibt Position und Basenaustausch innerhalb des Gens an) zu einem nicht tolerierbaren Aminosäureaustausch von Tryptophan gegen Asparagin (p.Tyr90Asn) führt. Dieser Wechsel von einer unpolaren, aromatischen zu einer polaren, nicht aromatischen Aminosäure bewirkt höchstwahrscheinlich eine Fehlfunktion des Enzyms und somit die Ausbildung der Blutgruppe B. Tatsächlich zeigte diese Variante eine perfekte Korrelation zwischen Genotyp und Phänotyp bei den Katzen mit Blutgruppe A und B [4]. Darüber hinaus wirken sich die Varianten c.179 G>T (p.Gly60Val [Austausch von Glycin gegen Valin]) und c.1322delT (p.Leu441* [Leucin wird zu einem Stopcodon]) ebenfalls nachteilig auf die CMAH-Funkti-

on aus; es konnte gezeigt werden, dass sie mit dem b-Allel assoziiert sind [4]. Zudem konnten wir und andere Untersucher kürzlich die Variante c.364 C>T (p.Pro122Ser [Austausch von Prolin gegen Serin]) mit der Blutgruppe C bei der Ragdoll und anderen Rassen sowie bei der Hauskatze in Israel in Verbindung bringen [4][6]. Die CMAH-Varianten und ein neu eingeführtes, einfaches Genotypisierungsschema sind in ► **Abb. 2** und ► **Tab. 3** zusammengefasst.

Bei Laboklin wurden über 2500 reinrassige Katzen 31 unterschiedlicher Rassen untersucht. Darunter fanden sich 5 Rassen, denen jeweils mehr als 100 genotypisierte Katzen angehörten, und einige Rassen, von denen nur einzelne Tiere untersucht wurden (► **Tab. 4**) [7]. Im Vergleich zu früheren phänotypischen Blutgruppenuntersuchungen bei verschiedenen Rassen hatten genauso viele oder mehr Rassekatzen die Blutgruppe A. Dies mag daraus resultieren, dass Züchter auf die Blutgruppe A selektieren, und daraus, dass die Züchter ein Interesse daran haben festzustellen, ob ihre Katzen mit Blutgruppe A Träger des b- oder a^c-Allels sind. Insgesamt hatten ~8% der Rassekatzen den Genotyp b/b (Blutgruppe B) und waren homozygot für das veränderte A-Allel auf der Position 268 oder für die Deletion auf Position 1322 oder waren an beiden Lokalisationen heterozygot. Die Variante auf Position 179, verantwortlich für die Blutgruppe B, wurde bei einigen Rassekatzen und Hauskatzen nachgewiesen. Die Variante auf Position 364 ist die Ursache für die Blutgruppe C und wurde bei Ragdolls mit der Blutgruppe A (A/a^c) und der Blutgruppe C nachgewiesen, ebenso bei einigen anderen Rasse- und Hauskatzen [4][6]. Dies ist eines der ersten Beispiele für ein komplexes Merkmal bei Katzen, das verschiedene Varianten eines Gens zeigt, die jeweils verschiedene Phänotypen (die Blutgruppen A, B und C) zur Folge haben.



► **Abb. 2** CMAH-Varianten (CMAH = Cytidin-Monophosphat-N-Acetylneuraminsäure-Hydroxylase), die sich vom Wildtyp-A-Allel unterscheiden und für die Genotypisierung verwendet werden. Varianten für das Allel *b* sind rot dargestellt, für das Allel *a^c* grün. E = Exon. Quelle: © A. Kehl.

► **Fig. 2** CMAH variants (CMAH = cytidine monophosphate-N-acetylneuraminic acid hydroxylase), used in the feline ABC genotyping scheme which differ from the common (wildtype) A allele. Variants in red are for *b* allele. Variants in green are for *a^c* allele. E = exon. Source: © A. Kehl.

► **Tab. 4** Genotyp-Verteilung innerhalb des ABC-Blutgruppensystems bei verschiedenen Katzenrassen in einer internen Studie von Laboklin mit über 2500 Katzen. Für manche Rassen ist die Anzahl der getesteten Katzen zwar gering, aber insgesamt entspricht die Häufigkeit der in größeren Untersuchungen [2][4][7].

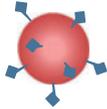
► **Table 4** Genotype distribution for the feline ABC blood group system in different breeds according to an internal Laboklin study with > 2500 cats. While the number of tested cats is small for some breeds these frequencies are similar to those reported in larger surveys [2][4][7].

Rasse	Genotyp (resultierender Phänotyp)						n
	A/A (A)	A/b (A)	b/b (B)	A/ac (A)	ac/b (C)	ac/ac (C)	
Abessinier	25	6	1				32
Bengal	136	2		9		1	148
Birma	55	49	2				106
Britisch Kurzhaar	128	189	110	2			429
Chartreux	2	3	3				8
Devon Rex	6	9	3				18
Britisch Langhaar	13	17	8				38
Maine Coon	787	159	10	2			958
Neva Masquerade	4	7	1				12
Norwegische Waldkatze	45	3					48
Perser	11	3	1				15
Ragdoll	90	61	15	24	12	2	204
Savannah	9	1					10
Scottish Fold	6	6	4	1			17
Sibirische Katze	17	8	2				27
Somali	6	8	1				15
Thai	4	4		1			6

Phänotypische Grundlagen

Das ABC-Blutgruppensystem bei der Katze ist von besonderer Relevanz, weil Katzen natürlich vorkommende Alloantikörper besitzen, die sowohl akute hämolytische Transfusionsreaktionen als auch die neonatale Isoerythrolyse verursachen können [1][3][22][23][24][25]. Alle Katzen mit Blutgruppe *B* zeigen hohe Antikörpertiter gegen Blutgruppe *A* (► **Abb. 3**). Anti-*A*-Alloantikörper werden in den ersten paar Lebenswochen gebildet und sind im Alter von

3 Monaten potente Hämolsine und Hämagglutinine, sogar nach starker Verdünnung mit Plasma (IgG- und IgM-Titer von 1:32 bis 1:2048) [22]. Im Gegensatz dazu haben Katzen der Blutgruppe *A* keine oder nur schwache/wenige Alloantikörper gegen Blutgruppe *B* (< 1:32). Und natürlich weisen Katzen mit der Blutgruppe *C* weder Anti-*A*- noch Anti-*B*-Alloantikörper auf [16][22].

Phänotyp	A	B	C
Genotyp	A/A, A/b, A/a ^c	b/b	a ^c /a ^c , a ^c /b
Antigen auf Erythrozytenoberfläche			
Alloantikörper im Plasma			keine Alloantikörper

► **Abb. 3** Das ABC-Blutgruppensystem bei der Katze: Blutgruppe, Genotyp, Alloantikörper (hoher Titer an Anti-A-Alloantikörpern bei Katzen mit Typ B und geringe bis fehlender Anti-B-Alloantikörper-Titer bei Katzen mit Typ A). Quelle: © L. Truchet.

► **Fig. 3** The major ABC blood group system in domestic cats: blood types, genotypes, and alloantibodies (high anti-A alloantibody titers in type B cats and low to non-existent anti-B antibody titers in type A cats). Source: © L. Truchet.

Blut-Unverträglichkeitsreaktionen

Neonatale Isoerythrolyse

Von der neonatalen Isoerythrolyse betroffen sind nur neugeborene Katzen mit den Blutgruppen A und C, deren Mutter Blutgruppe B hat [18]. Zudem werden die Katzenwelpen mit den Blutgruppen A und C gesund geboren, da die feline Plazenta den Übertritt von Alloantikörpern verhindert [2][26]. Maternale Antikörper, sowohl gegen Infektionskrankheiten als auch gegen Erythrozyten mit Antigen A, werden über das Kolostrum und die Milch der Kätzin übertragen. Dies findet nur während der ersten 12–16 Stunden nach der Geburt statt [26]. Danach produziert der Magen der Neugeborenen Säuren, die Proteine zersetzen, und die Verbindungen zwischen den Enterozyten des Darms schließen sich, so dass jeder weitere Übergang von Immunglobulinen oder anderen intakten Proteinen nach dem 1. Lebenstag unterbunden wird [26][27].

In Rassekatzen-Zuchten kann die neonatale Isoerythrolyse bei erst- und mehrgebärenden Katzen mit der Blutgruppe B auftreten, wenn sie mit Katern verpaart werden, die die Blutgruppe A oder C haben. Dies stellt eine bedeutende, aber vermeidbare Ursache für die Mortalität von Katzenwelpen und für das *fading kitten syndrome* dar [27]. Die Katzenwelpen mit der Blutgruppe A oder C, die gesund geboren wurden, können nach Aufnahme von Kolostrum innerhalb von Stunden eine neonatale Isoerythrolyse entwickeln. Diese manifestiert sich in Form plötzlicher Todesfälle ohne jegliche weitere klinische Anzeichen, oder betroffene Katzenwelpen zeigen eine schwere Pigmenturie aufgrund massiver Hämoglobinurie und versterben dann innerhalb der 1. Lebenswoche (► **Abb. 4**; Katzenwelpen können leicht durch Berühren des Urogenitalbereichs mit einem befeuchteten Wattebausch zum Harnabsatz gebracht werden). Manche überleben und entwickeln innerhalb von Tagen Anämie und Ikterus. Binnen 2 Wochen kann eine Schwanzspitzennekrose auftreten, die vermutlich durch Kälteagglutinine verursacht wird (► **Abb. 4**) [26][27][28][29][30]. In Einzelfällen ist die Darmschran-



► **Abb. 4** Katzenwelpen mit Typ A oder C eines Wurfes einer British-Kurzhaar-Katze (a), klinische Symptome der neonatalen Isoerythrolyse in Form von Pigmenturie aufgrund einer Hämoglobinurie (b), Ikterus (c) und Nekrose der Schwanzspitze (d) nach Säugen bei einer Kätzin mit Typ B (a). Quelle: © U. Giger.

► **Fig. 4** Type A or C kittens in a British Shorthair litter (a) showing clinical signs of neonatal isoerythrolysis in form of pigmenturia due to hemoglobinuria (b), icterus (c) and tail tip necrosis (d) after nursing from a type B queen (a). Source: © U. Giger.

ke bereits zum Zeitpunkt der Geburt geschlossen, sodass die Aufnahme der Immunglobuline durch den Katzenwelpen verhindert wird. Daher kann es vorkommen, dass einige theoretisch gefährdete Katzenwelpen keine neonatale Isoerythrolyse entwickeln [26][27]. Somit erkranken nicht alle Katzenwelpen mit den Blutgruppen A und C, deren Mutter die Blutgruppe B hat, an der neonatalen Isoerythrolyse. Katzenwelpen der Blutgruppe B, deren Mütter Blutgruppe A haben, entwickeln keine klinischen Symptome einer neonatalen Isoerythrolyse. Dies ist durch die niedrige Prävalenz von Anti-B-Antikörpern bei Kätzin mit Blutgruppe A bedingt.

In der Regel lassen sich neugeborene Katzenwelpen mit diesen klinischen Symptomen nicht wirklich erfolgreich behandeln. Die neonatale Isoerythrolyse kann allerdings verhindert werden, indem die Blutgruppen angehender Zuchtkatzen vorab bestimmt und Verpaarungen zwischen Kätzinnen mit Blutgruppe *B* und Katern mit den Blutgruppen *A* oder *C* vermieden werden. Findet allerdings eine solche Verpaarung statt, müssen Katzenwelpen mit den Blutgruppen *A* oder *C* in den ersten 16–24 Stunden nach der Geburt konsequent von ihrer Mutter mit Blutgruppe *B* getrennt und entweder mit einem geeigneten Milchaustauscher gefüttert oder am 1. Lebenstag von einer laktierenden Kätzin mit Blutgruppe *A* gesäugt werden [2][26][27]. Bei Verabreichung von Milchaustauscher sollte erwogen werden, Plasma peroral oder parenteral zu supplementieren, wobei eine Katze mit Blutgruppe *A* als Spender herangezogen werden sollte. Es wurde zwar gezeigt, dass diese Maßnahme in gut betreuten Katzenzuchten nicht erforderlich ist, sie kann aber in Katzenzuchten mit erhöhtem Infektionsrisiko hilfreich sein.

Akute hämolytische Transfusionsreaktionen

Schon die erste Transfusion von Vollblut oder Erythrozytenkonzentrat kann bei der Katze lebensbedrohliche akute hämolytische Transfusionsreaktionen hervorrufen, wenn die Blutgruppen von Spender- und Empfängertier nicht zusammenpassen. Neben experimentellen Studien wurden hierzu auch einige klinische Fallberichte publiziert [1][23][24][25]. Während die normale Lebensdauer von transfundierten *A-B*-kompatiblen Erythrozyten bei ~70–75 Tagen liegt (Halbwertszeit: ~35 Tage) [3], beträgt die Lebensdauer bei einer unpassenden Transfusion lediglich Stunden bis wenige Tage, was die Transfusion unwirksam macht [3]. Es konnte festgestellt werden, dass einige Empfängertiere ihre Blutgruppe vorübergehend änderten – verursacht durch die Transfusion von Blut nicht übereinstimmender Blutgruppen [24][25]. Darüber hinaus entwickeln Katzenpatienten, die inkompatibles Blut erhalten, keinen oder nur einen unzureichenden Anstieg des Hämatokrits, es kommt zu Hämoglobinämie, Hämoglobinurie, Ikterus und häufig zum Tod. Klinisch zeigen Katzen nach inkompatibler Transfusion keine klinische Verbesserung, sondern werden stattdessen lethargischer, hypotensiv und bradykard [1]. Bereits 2 ml an inkompatiblen Blut können ausreichen, um eine fatale akute hämolytische Transfusionsreaktion hervorzurufen [1].

Bei Katzen gibt es keinen Universalspender. Wird Blut der Blutgruppe *A* Empfängern mit Blutgruppe *B* transfundiert, kann dies Berichten zufolge schwere, lebensbedrohliche Reaktionen hervorrufen [1][3][18][23][24][25]. Die Transfusion von Blut der Blutgruppe *B* an Empfänger mit Blutgruppe *A* kann ebenso zu einer schweren akuten hämolytischen Transfusionsreaktion führen, vor allem bedingt durch die Anti-*A*-Antikörper im transfundierten Blut der Blutgruppe *B* [18]. Aufgrund der Häufigkeit der Blutgruppen erscheint es allerdings unwahrscheinlich, dass eine Katze mit der seltenen Blutgruppe *B* als Spender für eine Transfusion bei einem Empfänger mit der Blutgruppe *A* herangezogen wird. Nichtsdestotrotz ist es unerlässlich, vor der ersten Transfusion bei Katzen sowohl beim Empfänger als auch beim Spender die Blutgruppe nach dem *ABC*-Blutgruppensystem zu bestimmen, oder, falls dies nicht möglich ist, eine Kreuzprobe durchzuführen [2].

In vitro und in vivo wurde nachgewiesen, dass Hunde-Erythrozyten nach einer Transfusion an Katzen äußerst schnell zerstört wer-

den. Tatsächlich scheinen Xenotransfusionen eine schwere intravaskuläre Hämolyse und die vollständige Lyse aller transfundierten Erythrozyten vom Hund innerhalb von 4 Tagen zu bewirken [15]. Darüber hinaus werden grundsätzlich inkompatible Ergebnisse in der Kreuzprobe (Major- und Minorreaktion) zwischen Hunde- und Katzenblut beobachtet. Wegen des natürlichen Vorkommens von Interspezies-Alloantikörpern [15][31], wird jede Kreuzprobe zwischen kaninem und felinem Blut Inkompatibilitäten zeigen. Deshalb sind Xenotransfusionen, ebenso wie inkompatible *A-B*-Transfusionen, ineffektiv sowie schädlich und sollten bei Katzen unterlassen werden.

Aktuelle Methoden zur Blutgruppenbestimmung bei Katzen zur Sicherstellung der Blutkompatibilität

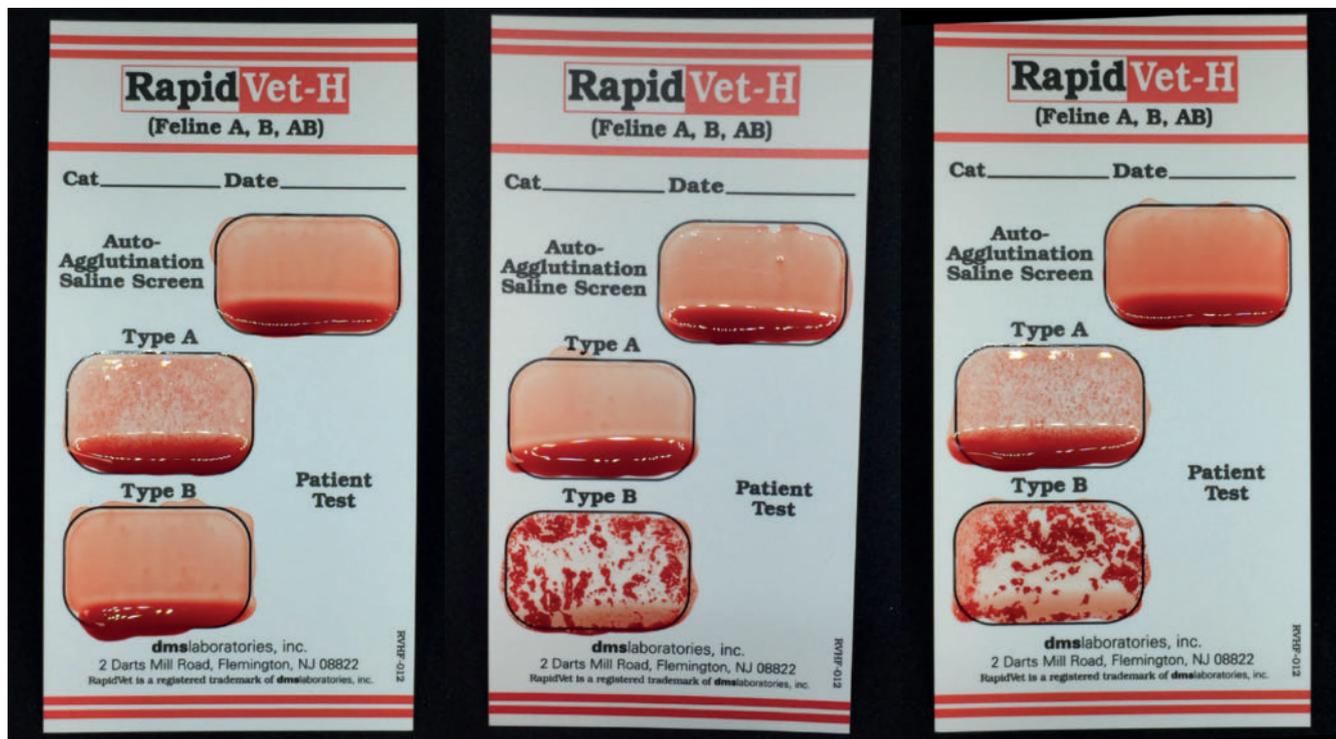
Heutzutage kann die Bestimmung der Blutgruppe des *ABC*-Blutgruppensystems bei Katzen leicht in Kliniken und/oder veterinärmedizinischen Laboren durchgeführt werden. Derzeit gibt es zwei verschiedene Ansätze:

1. Die übliche phänotypische Blutgruppenbestimmung weist die *A*- und/oder *B*-Antigene auf der Erythrozytenmembran mit immunologischen Methoden nach; die Durchführung erfolgt mithilfe von Schnelltests (Testkits) in der Klinik oder im veterinärmedizinischen Labor.
2. Die Genotypisierung basiert auf der Identifikation von spezifischen Varianten (Mutationen) des *CMAH*-Gens mithilfe der Polymerase-Kettenreaktion (PCR), die von einigen wenigen spezialisierten veterinärmedizinischen Diagnostiklaboren durchgeführt werden kann.

Während die immunologische Blutgruppenbestimmung bei Spender- und Empfängertieren in der Praxis grundsätzlich ausreicht, wird die Genotypisierung bevorzugt bzw. in Kombination mit der immunologischen Bestimmung durchgeführt, um die rezessiven Allele *b* und *a'* bei Katzen mit den Blutgruppen *A* und *C* im Rahmen der Zucht nachzuweisen [7]. Ähnlich wie beim Menschen werden die Standardmethoden der Blutgruppenbestimmung durch Assays für die Genotypisierung ergänzt, um absolute Genauigkeit bei einigen Blutgruppen zu gewährleisten [32][33].

Schnelltests zur immunologischen Blutgruppenbestimmung (Alvedia, DMS, Abaxis/QuickVet)

Die aktuell verfügbaren Testkits für die immunologische Blutgruppenbestimmung nutzen antikoaguliertes (hauptsächlich Ethylen-diamintetraessigsäure [EDTA], aber auch Zitrat) Blut (frisch oder bis maximal 1 Woche gekühlt aufbewahrt) und monoklonale Anti-*A*- und Anti-*B*-Alloantikörper (oder Lektin aus *Triticum vulgare* gegen das *B*-Antigen) für die Agglutination oder immunchromatografische Assays. Vor der Nutzung eines solchen Testkits ist es wichtig, eine Autoagglutination auszuschließen, da diese die Ergebnisse beeinflussen kann (makroskopisches Bild auf dem Testkärtchen ähnelt häufig dem einer Katze mit Blutgruppe *C*). Wird makroskopisch Autoagglutination im Blutentnahmegefäß oder bei der mikroskopischen Untersuchung eines Blutaussstrichs festgestellt, sollte das antikoagulierte Blut 3-mal mit physiologischer Kochsalzlösung gewaschen werden. Dazu wird eine kleine Menge Blut oder Erythro-



▶ **Abb. 5** Agglutinationstechnik; Ergebnisse des Tests RapidVet-H von DMS: Die Blutgruppe wird durch makroskopisch sichtbare Agglutination im jeweils markierten Bereich identifiziert. Jeweils ein Tropfen Puffer und Blut werden auf die Testfelder gegeben und vermischt. Anschließend erfolgt eine Überprüfung der Testfelder für Typ A und B auf Agglutination. Blutgruppe A (links), Blutgruppe B (Mitte) und Blutgruppe C (rechts) mit Agglutination in beiden Probenfeldern. Im Fall einer Autoagglutination muss das Blut zuvor mit physiologischer Kochsalzlösung gewaschen werden, da sonst Interferenzen auftreten können. Quelle: © U. Giger.

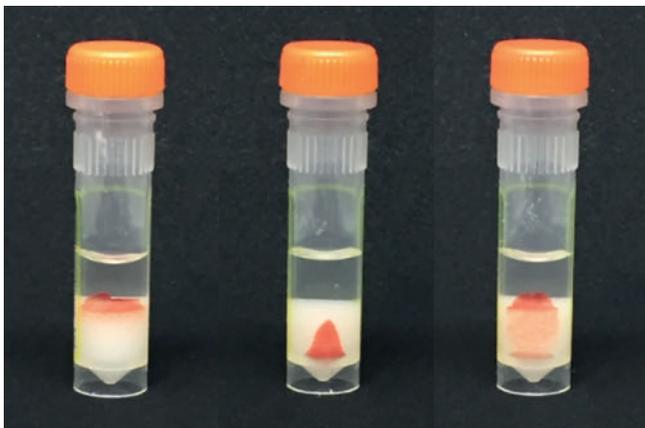
▶ **Fig. 5** Card agglutination technique; RapidVet-H by DMS laboratories results: Blood type is identified by gross agglutination in the labelled well. One drop of buffer and blood are added to each well and mixed well before reading for the presence of any agglutination in either the Type A or Type B well. Blood type A (left), type B (middle), and type C (right) where gross agglutination is present in both Type A and Type B well. Note in the presence of autoagglutination it is recommended to first wash the blood with physiological saline as autoagglutination could interfere with test results. Source: © U. Giger.

zytenkonzentrat mit der 4- bis 10-fachen Menge physiologischer Kochsalzlösung vermischt und anschließend zentrifugiert, um den Überstand zu entfernen; dieser Vorgang wird 2 weitere Male wiederholt und die Erythrozytensuspension wird dann wiederum auf Agglutination untersucht. Die immunchromatografischen Teststreifen von Alvedia und DMS werden durch Autoagglutination weniger beeinflusst, bei starker Autoagglutination kann jedoch keine ausreichende Menge an Erythrozyten den Teststreifen hinaufwandern. Es ist daher ratsam, makroskopisch auf Autoagglutination zu überprüfen und bei Vorhandensein Waschvorgänge durchzuführen. Ist die Autoagglutination behoben bzw. stark vermindert, können Blutgruppenbestimmung und Kreuzprobe durchgeführt werden.

Da Katzen mit der Blutgruppe B in den meisten Regionen und Rassen selten und Katzen mit Blutgruppe C extrem selten vorkommen (Ausnahme: Ragdolls und bestimmte Regionen) lohnt es sich, Katzen, bei denen die Blutgruppe B oder C nachgewiesen wurde, von einem etablierten veterinärmedizinischen Labor und geschultem Personal mittels „Backtyping“ oder Genotypisierung (s. u.) untersuchen zu lassen, um die Ergebnisse der Blutgruppenbestimmung zu bestätigen. „Backtyping“ bedeutet dabei nichts anderes als den Nachweis von Anti-A-Alloantikörpern im Plasma von Katzen mit Blutgruppe B und entspricht damit der großen Kreuzprobe.

Der Card-Agglutinationstest wurde vor über 20 Jahren von DMS Laboratories, Inc. (Flemington, NJ USA) entwickelt (▶ **Abb. 5**). Diese Methode ist zuverlässig, auch wenn die Bestimmung bei manchen Katzen mit Blutgruppe C schwierig sein kann [35][36][37][38]. Ein Gelsäulen-Assay wurde von DiaMed (Cressier, Schweiz) produziert und wird nun in ähnlicher Form als Gelröhrchen-Assay von DMS angeboten (▶ **Abb. 6**).

Ein immunchromatografisches Verfahren auf einem Teststreifen zur Blutgruppenbestimmung bei Katzen wurde von Alvedia (Limonest, Frankreich; ▶ **Abb. 7**) entwickelt [37][38][39][40]. Letzteres ist verfügbar als Einzelstreifentest, Multi-Test-Labor-Assay oder in Kombination mit einem Kreuztest. Dieses immunchromatografische Verfahren nutzt die Bindung von Erythrozyten der A- oder B-Blutgruppe an monoklonale Anti-A- oder Anti-B-Alloantikörper, sodass sich an einer definierten Stelle auf dem Streifen ein roter Streifen aus Erythrozyten bildet. Ein ähnlicher Teststreifen, der über Immunchromatografie funktioniert, wird mittlerweile auch von DMS produziert (▶ **Abb. 8**). Darüber hinaus bieten Abaxis (Zoetis, Parsippany, USA) und QuickVet (Zoetis, Farum, Dänemark) weitere Untersuchungen mit speziellen Typisierungskassetten im Bereich der Gerinnungsdiagnostik an. Schließlich können veterinärmedizinische Labore Plasma von Katzen mit Blutgruppe B, das natürlicherweise vorkommende Anti-A-Antikörper enthält, und das



► **Abb. 6** Ergebnisse des Gelsäulentests von DMS: Blut der Gruppe A (links) bleibt auf dem Gel, Blut der Gruppe B (Mitte) sinkt im Gel ab und bei Blut der Gruppe C (rechts) zeigen sich beide Zustände. Quelle: © U. Giger.

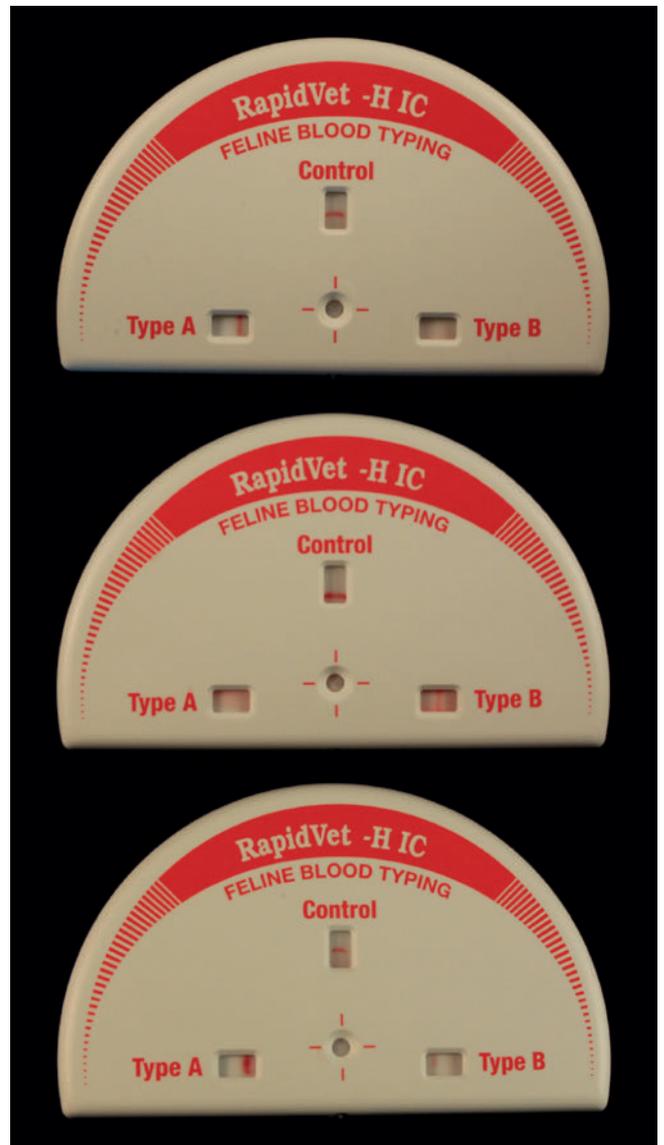
► **Fig. 6** Gel tube assay by DMS laboratories; blood typing results: Blood type A (left) stays on top of the gel, type B (middle) drops to the bottom of the gel, and type C (right) is a combination of both. Source: © U. Giger.



► **Abb. 7** Ergebnisse des immunochromatografischen Tests von Alvedia: Blutgruppe A (oben), Blutgruppe B (Mitte) und Blutgruppe C (unten). Quelle: © U. Giger.

► **Fig. 7** Immunochromatographic strip technique by Alvedia; blood typing results: Type A (top), type B (middle), and type C (bottom). Source: © U. Giger.

Lektin aus *Triticum vulgaris* dazu nutzen, B- und A-Antigene nachzuweisen. Die meisten veterinärmedizinischen Labore verwenden mittlerweile jedoch ebenfalls kommerziell erhältliche Testkits für die Blutgruppenbestimmung bei Katzen [18][19][35][37].



► **Abb. 8** Ergebnisse des immunochromatografischen Tests von DMS: Blutgruppe A (oben), Blutgruppe B (Mitte) und Blutgruppe C (unten). Quelle: © U. Giger.

► **Fig. 8** Immunochromatographic strip method by DMS laboratories; blood typing results: Type A (top), type B (middle) and type C (bottom). Source: © U. Giger.

Zusammenfassend lässt sich festhalten, dass Blutgruppen-Schnelltests eine zeitnahe und akkurate Bestimmung der 3 Blutgruppen im ABC-Blutgruppensystem der Katze ermöglichen.

Genetische Blutgruppenbestimmung – die Originalmethode versus neues, verbessertes Genotypisierungsverfahren

Katzen in Bezug auf das ABC-Blutgruppensystem zu genotypisieren, bietet gegenüber den phänotypischen bzw. immunologischen Methoden folgende zusätzliche Informationen: Durch dieses Vorgehen können rezessive (versteckte) Allele, z. B. verschiedene b- und a'-Allele, nachgewiesen werden. Diese Informationen werden zur Vermeidung der neonatalen Isoerythrolyse benötigt, wenn im Rahmen der Zucht Rassekatzen zum Einsatz kommen, bei denen

► **Tab. 5** Mögliche resultierende Genotypen abhängig vom Genotyp der Elterntiere. * Katzenwelpen sind gefährdet für die neonatale Isoerythrolyse, wenn das Muttertier Blutgruppe B hat.

► **Table 5** Possible genotypes of kittens depending on genotype of parents. * Kittens with this blood type born to type B queens are at risk of neonatal isoerythrolysis.

Elternteil 1		Elternteil 2		Welpen	
Blutgruppe	Genotyp	Blutgruppe	Genotyp	Blutgruppe	Genotypen
A	A/A	A	A/A	A	A/A
	A/A		A/b	A	A/A, A/b
	A/A		A/a ^c	A	A/A, A/a ^c
	A/b		A/b	A, B	A/A, A/b, b/b
	A/b		A/a ^c	A, C	A/A, A/b, A/a ^c , a ^c /b
	A/a ^c		A/a ^c	A, C	A/A, A/a ^c , a ^c /a ^c
B	b/b	B	b/b	B	b/b
A	A/A	B	b/b	A*	A/b
	A/b		b/b	A*, B	A/b, b/b
	A/a ^c		b/b	A*, C*	A/b, a ^c /b
A	A/A	C (AB)	a ^c /a ^c	A	A/a ^c
	A/A		a ^c /b	A	A/a ^c , A/b
	A/b		a ^c /a ^c	A, C	A/a ^c , a ^c /b
	A/b		a ^c /b	A, B, C	A/a ^c , a ^c /b, b/b
	A/a ^c		a ^c /a ^c	A, C	A/a ^c , a ^c /a ^c
	A/a ^c		a ^c /b	A, C	A/a ^c , a ^c /a ^c , a ^c /b
B	b/b	C (AB)	a ^c /a ^c	C*	a ^c /b
	b/b		a ^c /b	B, C*	a ^c /b, b/b
C (AB)	a ^c /a ^c	C (AB)	a ^c /a ^c	C	a ^c /a ^c
	a ^c /a ^c		a ^c /b	C	a ^c /a ^c , a ^c /b
	a ^c /b		a ^c /b	B, C	a ^c /a ^c , a ^c /b, b/b

Träger der Blutgruppen B und C vertreten sind. Obwohl das für die Ausprägung der Blutgruppen A, B und C verantwortliche CMAH-Gen bereits vor über einem Jahrzehnt sequenziert wurde [6][20], erwies sich die Genotypisierung der Katzen mit den Blutgruppen B und C bis vor kurzem besonders bei einigen Rassen als ungenau.

Basierend auf Laboklins letzten Genomanalysen konnten zusätzliche spezifische Genmarker (SNVs) bestimmt werden, die die Blutgruppen B und C bei Rassekatzen verursachen. Bei der Untersuchung zahlreicher Rassekatzen fanden wir auf der Grundlage der identifizierten SNVs eine ausgezeichnete Korrelation zwischen Phänotyp und Genotyp [4][7]. Anhand dieser Erkenntnis wurde bei Laboklin Ende 2017 ein spezifisches neues Genotypisierungsschema eingeführt, mit dem die häufig vorkommenden Allele A, b und a^c nachgewiesen werden können. Der Genotypisierungstest besteht aus 4 SNVs (► **Abb. 2**, ► **Tab. 3**) und hat sich als akkurat erwiesen. Es ist aber natürlich möglich, dass künftig neue genetische Varianten in anderen Katzenpopulationen entdeckt werden (z. B. bei anderen Rassen oder auch bei Hauskatzen und in anderen Regionen). Diese lassen sich dann problemlos in das aktuelle Genotypisierungsschema integrieren.

Laboklins neueste Untersuchungen auf genetischer und phänotypischer Ebene [4][7] zeigten, dass das neue Genotypisierungsschema (SNVs c.179 G>T, c.268 T>A, c.364 C>T und c.1322delT)

dem ursprünglichen Protokoll (SNVs c.142 G>A and Δ-53) [6][20] überlegen ist. Blutgruppe-C-Katzen mit den Genotypen a^c/a^c und a^c/b können nun auch exakt erkannt werden. Zusätzlich kann der B-Typ, der entweder von den SNVs c.179 G>T oder c.1322delT allein verursacht wird oder als gemischt-heterozygote Form mit dem SNV c.268 T>A vorkommt, mit dem verbesserten Protokoll identifiziert werden. Mit dem neuen Schema wurden außerdem keine Diskrepanzen mehr zwischen Genotyp und Phänotyp bei Rassekatzen beobachtet. Das neue Genotypisierungsschema zeigt seine Stärken auch beim Nachweis der „rasseassoziierten“ SNVs wie c.179 G>T, c.364 C>T, und c.1322delT bei weiteren Rassen.

Für diese genetische Untersuchung eignen sich in der Praxis Blut oder Backenabstriche; Blut wird nicht zwingend als Probenmaterial benötigt. Dies ist für Züchter, die ihre Katzen und Katzenwelpen direkt testen lassen wollen, vorteilhaft. Die gut getrockneten Tupfer können einfach in einem Umschlag verschickt werden. Die genetische Untersuchung auf die ABC-Blutgruppen wird Züchtern empfohlen, die mit Katzen aus Rassen züchten, bei denen die Blutgruppen B und C vorkommen, um Würfe mit neonataler Isoerythrolyse vermeiden und/oder vorhersagen zu können. In ► **Tab. 5** sind mögliche Verpaarungen mit verschiedenen Geno- und Phänotypen und den möglichen resultierenden Blutgruppen der Welpen zusammengefasst.

FAZIT

Die immunologische Bestimmung der ABC-Blutgruppen ist jederzeit verfügbar, sowohl als Schnelltests für die Praxis als auch in veterinärmedizinischen Diagnostiklaboren. Es wird empfohlen, die Blutgruppe jeder Spender- und Empfängerkatze vor der ersten Transfusion zu bestimmen. Nur A-B-kompatible Transfusionen sind als sicher anzusehen. Katzen mit der Blutgruppe C sollten Erythrozytenkonzentrate der Blutgruppe A nach erfolgter Kreuzprobe erhalten, wenn Blut der Blutgruppe C nicht verfügbar ist. Wegen des Vorkommens von anderen Blutgruppen und Alloantikörpern könnte empfohlen werden, zusätzlich zu der ABC-Bestimmung die Kreuzprobe vor der ersten Transfusion durchzuführen. Die Blutgruppen von Zuchtkatzen sollten ebenfalls genotypisch bestimmt werden, um die Verpaarung einer Kätzin mit Blutgruppe B mit einem Kater der Blutgruppe A oder C und somit das Auftreten der neonatalen Isoerythrolyse zu verhindern. Um die Blutgruppen von Nachkommen vorherzusagen, wird die Genotypisierung mit dem neuen, verbesserten Schema empfohlen.

Interessenkonflikt

Alexandra Kehl, Laura Truchet, Ines Langbein-Detsch und Elisabeth Müller arbeiten beim Diagnostiklabor Laboklin, das die phäno- und genotypische Blutgruppenbestimmung und Überprüfung der Blutkompatibilität anbietet. Ein Patent „Verfahren und Vorrichtung zur Bestimmung der Blutgruppe einer Katze im AB-Blutgruppensystem“ (Nr. 10 2017 124 998.2) auf die molekulargenetischen Marker und das Panel-Verfahren wurde erteilt. Urs Giger ist Leiter von PennGen an der University of Pennsylvania, ein gemeinnütziges Labor, das spezielle Blutgruppenbestimmungen und die Überprüfung der Blutkompatibilität anbietet und unterstützt wird von den National Institutes of Health (OD 010939). Er war als wissenschaftlicher Berater von Alvedia, DMS und Laboklin tätig.

Danksagung

Die Autoren bedanken sich bei den Mitarbeitern von Labogen, Laboklin, Bad Kissingen, Deutschland, für ihre Arbeit in der Routine-diagnostik und für ihre Anmerkungen zu unseren Ergebnissen.

Literatur

- [1] Auer L, Bell K, Coates S. Blood transfusion reactions in the cat. *J Am Vet Med Assoc* 1982; 180 (7): 729–730
- [2] Giger U. Blood typing and crossmatching to ensure blood compatibility. In: Bonagura JD, Twedt DC, eds. *Kirk's Current Veterinary Therapy*. XV ed. Missouri: St. Louis; 2014: 143
- [3] Giger U, Bücheler J. Transfusion of type-A and type-B blood to cats. *J Am Vet Med Assoc* 1991; 198 (3): 411–418
- [4] Kehl A, Heimberger K, Langbein-Detsch I et al. Molecular characterization of blood type A, B, and C (AB) in domestic cats and a CMAH genotyping scheme. *PLoS One* 2018; 13 (9): e0204287
- [5] Spada E, Miglio A, Proverbio D et al. Signalment and blood types in cats being evaluated as blood donors at two Italian university blood banks. *Vet Med Int* 2014; 2014: 704836
- [6] Gandolfi B, Grahn RA, Gustafson NA et al. A novel variant in CMAH is associated with blood type AB in Ragdoll cats. *PLoS One* 2016; 11 (5): e0154973
- [7] Kehl A, Mueller E, Giger U. CMAH genotyping survey for blood types A, B and C (AB) in purpose-bred cats. *Anim Genet* 2019; 50 (3): 303–306
- [8] Proverbio D, Spada E, Perego R et al. Assessment of blood types of Ragdoll cats for transfusion purposes. *Vet Clin Pathol* 2013; 42 (2): 157–162
- [9] Tasker S, Barker EN, Day MJ et al. Feline blood genotyping versus phenotyping, and detection of non-AB blood type incompatibilities in UK cats. *J Small Anim Pract* 2014; 55 (4): 185–189
- [10] Forcada Y, Guitian J, Gibson G. Frequencies of feline blood types at a referral hospital in the south east of England. *J Small Anim Pract* 2007; 48 (10): 570–573
- [11] Vieira SM, Ferreira RRF, de Matos AJ et al. Distribution of feline AB blood types: a review of frequencies and its implications in the Iberian Peninsula. *JFMS Open Rep* 2017; 3 (2): 2055116917727693
- [12] Weinstein NM, Blais MC, Harris K et al. A newly recognized blood group in domestic shorthair cats: the Mik red cell antigen. *J Vet Intern Med* 2007; 21 (2): 287–292
- [13] McClosky ME, Cimino Brown D, Weinstein NM et al. Prevalence of naturally occurring non-AB blood type incompatibilities in cats and influence of crossmatch on transfusion outcomes. *J Vet Intern Med* 2018; 32 (6): 1934–1942
- [14] Bovens C, Gruffydd-Jones T. Xenotransfusion with canine blood in the feline species: review of the literature. *J Feline Med Surg* 2013; 15 (2): 62–67
- [15] Euler CC, Raj K, Mizukami K et al. Xenotransfusion of anemic cats with blood compatibility issues: pre- and posttransfusion laboratory diagnostic and crossmatching studies. *Vet Clin Pathol* 2016; 45 (2): 244–253
- [16] Griot-Wenk ME, Callan MB, Casal ML et al. Blood type AB in the feline AB blood group system. *Am J Vet Res* 1996; 57 (10): 1438–1442
- [17] Giger U, Bucheler J, Patterson DF. Frequency and inheritance of A and B blood types in feline breeds of the United States. *J Hered* 1991; 82 (1): 15–20
- [18] Griot-Wenk ME, Giger U. Feline transfusion medicine. Blood types and their clinical importance. *Vet Clin North Am Small Anim Pract* 1995; 25 (6): 1305–1322
- [19] Griot-Wenk M, Pahlsson P, Chisholm-Chait A et al. Biochemical characterization of the feline AB blood group system. *Anim Genet* 1993; 24 (6): 401–407
- [20] Bighignoli B, Niini T, Grahn RA et al. Cytidine monophospho-N-acetylneuraminic acid hydroxylase (CMAH) mutations associated with the domestic cat AB blood group. *BMC Genet* 2007; 8: 27
- [21] Omi T, Nakazawa S, Udagawa C et al. Molecular characterization of the cytidine monophosphate-N-acetylneuraminic acid hydroxylase (CMAH) gene associated with the feline AB blood group system. *PLoS One* 2016; 11 (10): e0165000
- [22] Bücheler J, Giger U. Alloantibodies against A and B blood types in cats. *Vet Immunol Immunopathol* 1993; 38 (3–4): 283–295
- [23] Giger U, Akol KG. Acute hemolytic transfusion reaction in an Abyssinian cat with blood type B. *J Vet Intern Med* 1990; 4 (6): 315–316
- [24] Niggemeier A, Haberstroh HF, Nelson VE et al. An accidental transfusion of a type A kitten with type B blood causes a transient switch from blood type A to B. *J Vet Intern Med* 2000; 14 (2): 214–216

- [25] Koenig A, Maglaras Ryan C, Giger U. Acute hemolytic reaction due to A-B mismatched transfusion on a cat: transient AB blood type and blood compatibility testing results. *J Vet Emerg Crit Care* (in press)
- [26] Casal ML, Jezyk PF, Giger U. Transfer of colostral antibodies from queens to their kittens. *Am J Vet Res* 1996; 57 (11): 1653–1658
- [27] Giger U, Casal ML. Feline colostrum – friend or foe: maternal antibodies in queens and kittens. *J Reprod Fertil Suppl* 1997; 51: 313–316
- [28] Hubler M, Kaelin S, Hagen A et al. Feline neonatal isoerythrolysis in two litters. *J Small Anim Pract* 1987; 28 (9): 833–838
- [29] Silvestre-Ferreira AC, Pastor J. Feline neonatal isoerythrolysis and the importance of feline blood types. *Vet Med Int* 2010; 2010: 753726
- [30] Axnér E. A questionnaire on survival of kittens depending on the blood groups of the parents. *J Feline Med Surg* 2014; 16 (10): 781–787
- [31] Priolo V, Masucci M, Spada E et al. Naturally occurring antibodies in cats against dog erythrocyte antigens and vice versa. *J Feline Med Surg* 2018; 20 (8): 690–695
- [32] Reid ME, Denomme GA. DNA-based methods in the immunohematology reference laboratory. *Transfus Apher Sci* 2011; 44 (1): 65–72
- [33] El-Sayed YS, Mohamed OI, Ashry KM et al. Using species-specific repeat and PCR-RFLP in typing of DNA derived from blood of human and animal species. *Forensic Sci Med Pathol* 2010; 6 (3): 158–164
- [34] Sylvane B, Prittie J, Hohenhaus AE et al. Effect of cross-match on packed cell volume after transfusion of packed red blood cells in transfusion-naïve anemic cats. *J Vet Intern Med* 2018; 32 (3): 1077–1083
- [35] Stieger K, Palos H, Giger U. Comparison of various blood-typing methods for the feline AB blood group system. *Am J Vet Res* 2005; 66 (8): 1393–1399
- [36] Seth M, Jackson KV, Winzelberg S et al. Comparison of gel column, card, and cartridge techniques for dog erythrocyte antigen 1.1 blood typing. *Am J Vet Res* 2012; 73 (2): 213–219
- [37] Seth M, Jackson KV, Giger U. Comparison of five blood-typing methods for the feline AB blood group system. *Am J Vet Res* 2011; 72 (2): 203–209
- [38] Spada E, Proverbio D, Baggiani L et al. Evaluation of an immunochromatographic test for feline AB system blood typing. *J Vet Emerg Crit Care (San Antonio)* 2016; 26 (1): 137–141
- [39] Hourani L, Weingart C, Kohn B. Evaluation of a novel feline AB blood typing device. *J Feline Med Surg* 2014; 16 (10): 826–831
- [40] Proverbio D, Spada E, Baggiani L et al. Assessment of a gel column technique for feline blood typing. *Vet Res Commun* 2009; 33 Suppl 1: 201–203
- [41] Leidinger J, Leidinger E, Giger U. Verteilung und Bedeutung der Blutgruppen A und B bei Haus- und Rassekatzen in Oesterreich. *Wien Tierärztl Monatsschr* 1993; 80: 10–14
- [42] Jensen AL, Olesen AB, Arnbjerg J. Distribution of feline blood types detected in the Copenhagen area of Denmark. *Acta Vet Scand* 1994; 35 (2): 121–124
- [43] Barrot A, Buttin R, Linsart A et al. Frequency of feline blood types in non-pedigree cats in France. *Rev Med Vet* 2017; 168: 235–240
- [44] Haarer M, Grünbaum EG. [Blood group typing in the cat]. *Tierärztl Prax* 1993; 21 (4): 339–343
- [45] Mylonakis ME, Koutinas AF, Saridomichelakis M et al. Determination of the prevalence of blood types in the non-pedigree feline population in Greece. *Vet Rec* 2001; 149 (7): 213–214
- [46] Bagdi N, Magdus M, Leidinger E et al. Frequencies of feline blood types in Hungary. *Acta Vet Hung* 2001; 49 (4): 369–375
- [47] Juvet F, Brennan S, Mooney CT. Assessment of feline blood for transfusion purposes in the Dublin area of Ireland. *Vet Rec* 2011; 168 (13): 352
- [48] Proverbio D, Spada E, Baggiani L et al. Comparison of gel column agglutination with monoclonal antibodies and card agglutination methods for assessing the feline AB group system and a frequency study of feline blood types in northern Italy. *Vet Clin Pathol* 2011; 40 (1): 32–39
- [49] Giger U, Gorman N, Hubler M et al. Frequencies of feline A and B blood types in Europe. *Anim Genet* 1992; 23: 12
- [50] Marques C, Ferreira M, Gomes JF et al. Frequency of blood type A, B, and AB in 515 domestic shorthair cats from the Lisbon area. *Vet Clin Pathol* 2011; 40 (2): 185–187
- [51] Silvestre-Ferreira AC, Pastor J et al. Frequencies of feline blood types in northern Portugal. *Vet Clin Pathol* 2004; 33 (4): 240–243
- [52] Hubler M, Arnold S, Casal M et al. Die Blutgruppenverteilung bei den Hauskatzen in der Schweiz. *Schweiz Arch Tierheilk* 1993; 135: 231–235
- [53] Arıkan S, Gurkan M, Ozaytekin E et al. Frequencies of blood type A, B and AB in non-pedigree domestic cats in Turkey. *J Small Anim Pract* 2006; 47 (1): 10–13



Frage 1

Bei welcher Anpaarung kann es bei den Katzenwelpen zur neonatalen Isoerythrolyse kommen?

- A Katze mit Blutgruppe A – Kater mit Blutgruppe A
- B Katze mit Blutgruppe B – Kater mit Blutgruppe A
- C Katze mit Blutgruppe B – Kater mit Blutgruppe B
- D Katze mit Blutgruppe A – Kater mit Blutgruppe B
- E Katze mit Blutgruppe A – Kater mit Blutgruppe C

Frage 2

Welche Blutgruppenverteilung liegt bei Hauskatzen vor?

- A Es dominiert Blutgruppe A.
- B Es dominiert Blutgruppe B.
- C Es dominiert Blutgruppe C.
- D Blutgruppen A und B kommen etwa gleich häufig vor.
- E Alle 3 Blutgruppen finden sich zu annähernd gleichen Anteilen.

Frage 3

Bei welchen Rassen gibt es einen relativ hohen Anteil an Katzen mit Blutgruppe C?

- A Maine Coon und Siam
- B Perser und Abessinier
- C Ragdoll und Türkisch Angora
- D Birma und Sphynx
- E Norwegische Waldkatze und Britisch Kurzhaar

Frage 4

Der Genotyp bestimmt den Phänotyp. Welche Aussage dazu ist richtig?

- A Katzen mit dem Genotyp b/b haben die Blutgruppe A.
- B Katzen mit dem Genotyp A/b haben die Blutgruppe B.
- C Katzen mit dem Genotyp A/a^c haben die Blutgruppe C.
- D Katzen mit dem Genotyp A/A haben die Blutgruppe B.
- E Katzen mit dem Genotyp a^c/b haben die Blutgruppe C.

Frage 5

Was ist vor einer Bluttransfusion bei Katzen zu beachten?

- A Bei Ragdolls sollte eine genetische Blutgruppenbestimmung durchgeführt werden.
- B Bei Hauskatzen kann im Fall der ersten Transfusion auf eine Blutgruppenbestimmung verzichtet werden.
- C Eine Hauskatze mit der nachgewiesenen Blutgruppe A lässt sich als Universalspender einsetzen.
- D Die Übertragung von Hundeblood ist zwar weniger effektiv, wird aber beim ersten Mal gut vertragen.
- E Eine immunologische Typisierung auf A, B und C oder eine Kreuzprobe ist erforderlich.

Frage 6

Welche Blutgruppe(n) können die Welpen von Katzenpaaren mit den Blutgruppen A und B haben?

- A Blutgruppen A, B und C
- B Nur Blutgruppe A
- C Nur Blutgruppe B
- D Blutgruppen A und B
- E Blutgruppen A und C

Frage 7

Wie lässt sich eine neonatale Isoerythrolyse bei gefährdeten Katzenwelpen verhindern?

- A Vermeidung der Kolostrumaufnahme durch Trennung von der Mutter in den ersten 16–24 Stunden
- B Gabe von Antiallergika
- C Gabe von Antibiotika
- D Vermeidung der Aufnahme der Milch über die gesamte Sägezeit
- E Infusion von Plasma von Katzen mit Blutgruppe A

Frage 8

Was kann ein Spätsymptom der neonatalen Isoerythrolyse sein?

- A Ataxie
- B Schwanzspitzennekrose
- C Hautausschläge
- D Beeinträchtigte Leberfunktion
- E Infektionsanfälligkeit

Frage 9

Was ist zu tun, wenn die für einen Schnelltest zur Blutgruppenbestimmung vorgesehene Blutprobe Autoagglutination aufweist?

- A Überführung in ein Probenröhrchen mit einem anderen Antikoagulans
- B Probe hochtourig zentrifugieren
- C Dreimaliges Waschen mit physiologischer Kochsalzlösung
- D Vorsichtige Zugabe von Zitrat (mikroskopische Kontrolle eines Blutaussstrichs)
- E Verwerfen und neue Blutprobe entnehmen

Frage 10

Wann werden maternale Antikörper der Kätzin auf die Nachkommen übertragen?

- A Während der gesamten Trächtigkeit bis zur Geburt
- B Kurz vor der Geburt bis zur Geburt
- C Kurz vor der Geburt bis 1 Woche post partum
- D Von der Geburt bis 1 Tag post partum
- E Von der Geburt bis 1 Woche post partum

Neuigkeiten zur praktischen ABC-Blutgruppen-Bestimmung bei Katzen

Alexandra Kehl et al.



A Lernerfolgskontrolle

Bitte kreuzen Sie die richtigen Antworten an! Es ist jeweils nur 1 Antwort pro Frage richtig!

Frage 1	a	b	c	d	e
Frage 2	a	b	c	d	e
Frage 3	a	b	c	d	e
Frage 4	a	b	c	d	e
Frage 5	a	b	c	d	e

Frage 6	a	b	c	d	e
Frage 7	a	b	c	d	e
Frage 8	a	b	c	d	e
Frage 9	a	b	c	d	e
Frage 10	a	b	c	d	e

B Teilnehmer

Titel | Name | Vorname

Straße | Hausnummer

PLZ | Ort

Beruf

Abonnenntennummer

C Ihr Ergebnis wird vom Verlag ausgefüllt

Sie haben ____ von 10 Fragen richtig beantwortet und somit bestanden und 1 ATF-Stunde erhalten nicht bestanden

Stuttgart, den

Stempel | Unterschrift

D Teilnahmebedingungen

Für diese Fortbildung können Sie 1 ATF-Fortbildungsstunde anerkannt bekommen. Hierfür ...

- ▶ müssen mindestens 70 % der Fragen richtig beantwortet sein.
- ▶ muss der Antwortbogen vollständig ausgefüllt sein. Unvollständig ausgefüllte Bögen können nicht berücksichtigt werden.
- ▶ muss unter B Ihre Abonnenntennummer eingetragen sein.

E Erklärung

Ich versichere, dass ich die Beantwortung der Fragen selbst und ohne fremde Hilfe durchgeführt habe.

Ort | Datum

Unterschrift

Bitte senden Sie den vollständig ausgefüllten Antwortbogen und einen an Sie selbst adressierten Rückumschlag an den Georg Thieme Verlag KG, CVE, Kennwort: Tierärztliche Praxis K, Postfach 3011 20, 70451 Stuttgart. Die Zertifikate werden spätestens 14 Tage nach Erhalt des Antwortbogens versandt. Von telefonischen Anfragen bitten wir abzusehen. Einsendeschluss: 06.12.2020 (12 Monate, Datum des Poststempels).