

Blutgruppen

Bei Blutübertragungen (Bluttransfusionen) zwischen verschiedenen Menschen beobachtete man früher immer wieder, dass diese manchmal erfolgreich waren, in anderen Fällen jedoch missglückten, was oft den Tod der betreffenden Person zur Folge hatte.

Der österreichische Arzt Karl Landsteiner entdeckte im Jahre 1900 die Ursache des Misserfolgs: Er beobachtete, dass es bei der Vermischung des Blutes verschiedener Personen oft zu einer **Agglutination** (Verklumpung) des Blutes kommt, die zur Bildung von Blutgerinnseln (*Thrombosen*) führen kann, wodurch es zur Verstopfung von Blutgefäßen und damit zum Ausfall der Versorgung nachfolgender Gewebe kam.

Landsteiner konnte zeigen, dass sich das Blut mancher Personen problemlos vermischen lässt, während das Blut anderer Personen bei der Vermischung agglutiniert. Er schlussfolgerte daraus, dass es verschiedene Typen von Blut geben muss, sodass immer dann, wenn Blut des gleichen Typs gemischt wird, keine Probleme auftreten, während es beim Vermischen des Blutes verschiedener Typen zur Agglutination kommt. Damit ist Landsteiner der erste, der das Blut des Menschen in **Blutgruppen** einteilte.



Gedenktafel für Karl Landsteiner (Universität Wien)

Die von Landsteiner zunächst entdeckten Blutgruppen sind jene des sogenannten **ABO-Systems**. Mittlerweile sind 34 weitere Blutgruppensysteme anerkannt, von denen das **Rhesus-System** bei Bluttransfusionen auch stets beachtet werden muss. Der Test zur Bestimmung der Blutgruppen eines Menschen ist in der Durchführung sehr einfach: Er kann mithilfe eines „Bedside-Tests“ (Test am Krankenbett) erfolgen, bei dem keine Laboruntersuchungen nötig sind, sondern das Ergebnis unmittelbar abgelesen werden kann. Jeweils ein Tropfen Blut des Menschen wird dabei auf eine speziell präparierte Stelle einer Testkarte aufgebracht. Durch Auswertung der Stellen, an denen es zur Agglutination kommt bzw. an denen sie unterbleibt, kann die Blutgruppe abgeleitet werden.



„Bedside-Test“ zur Bestimmung der Blutgruppen. Im abgebildeten Beispiel kommt es bei den Testfeldern „Anti-A“ und „Anti-D“ zur Agglutination, nicht jedoch beim Testfeld „Anti-B“. Mithilfe der ersten beiden Testfelder kann die ABO-Blutgruppe abgeleitet werden (hier: A), mithilfe des dritten Testfelds der Rhesusfaktor (hier: rhesus-positiv).

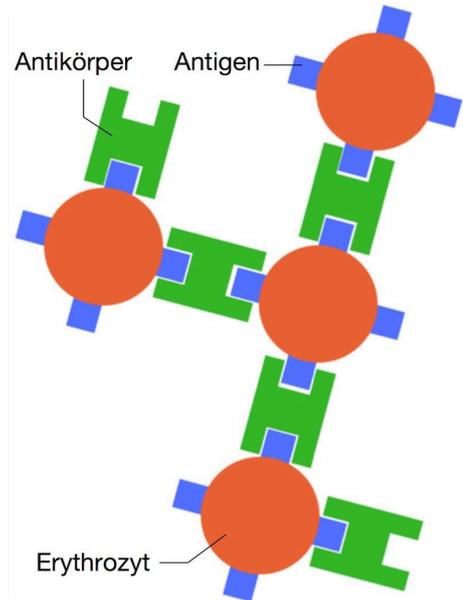
Was geschieht bei der Agglutination?

Die Agglutination des Blutes beruht auf einer **Antigen-Antikörper-Reaktion**, die mithilfe des Immunsystems bewirkt wird. Dieses produziert Antikörper: Proteine, die eigentlich bei der Abwehr von Krankheitserregern helfen.

Antikörper besitzen jeweils zwei Bindungsstellen, mit denen sie sich an nach dem *Schlüssel-Schloss-Prinzip* passende Oberflächenstrukturen von Zellen anlagern können, die man in diesem Zusammenhang als **Antigene** bezeichnet.

Da jeder Antikörper zwei gleichartige Antigene binden kann, trägt er dazu bei, dass Viren und Bakterien, deren Antigene zu seinen Bindungsstellen passen, an diesen hängen bleiben; sie werden in ihrer freien Bewegung eingeschränkt und können sich nicht weiter im Körper verbreiten. Da immer mehr der Erreger verklumpen, bilden sich ganze Haufen aus Erregern und Antikörpern, die von den Makrophagen (Fresszellen) des Immunsystems als Ganzes aufgenommen und zerstört werden können.

Im Falle der Agglutination des Blutes handelt es sich bei den Antigenen um Oberflächenstrukturen der Zellmembran der Erythrozyten (rote Blutkörperchen); die Antigene befinden sich im Blutplasma (flüssiger Teil des Blutes). Welche Antigene ausgeprägt werden, ist genetisch bedingt. Antikörper bildet das Immunsystem nur solche, die bei den eigenen Antigenen *keine* Agglutination bewirken können.



Prinzip der Agglutination

Das AB0-System

Das Gen für die AB0-Blutgruppe liegt auf Chromosom Nr. 9. In seinen Körperzellen besitzt jeder Mensch daher zwei Allele für die Ausbildung der Antigene. Die Allele A und B bewirken jeweils die Ausbildung eines eigenen Antigentyps. Das Allel 0 führt nicht zur Ausbildung von Antigenen; es ist somit gegenüber den Allelen A und B rezessiv. Die Allele A und B führen im heterozygoten Fall zur Ausbildung der Antigene A und B – sie sind **kodominant**. Liegen für ein Gen mehr als zwei Alleltypen vor (hier: A, B, 0), spricht man von **multipler Allelie**.

Blutgruppe	Antigene	Antikörper	Genotyp
A	 Antigen A	 Anti-B	
B	 Antigen B	 Anti-A	
AB	 Antigene A und B	keine	
0	 keine	 Anti-A und Anti-B	

- ① Ergänzen Sie in der Tabelle auf der vorigen Seite die jeweils möglichen Genotypen! Berücksichtigen Sie dabei die Informationen im neben der Tabelle stehenden Text!
- ② Stellen Sie eine Hypothese dazu auf, wie die Testkarten für den „Bedside-Test“ zur Blutgruppenanalyse (Seite 1) hergestellt werden!

Aufgrund der Tatsache, dass es sich bei der Blutgruppe um ein *erbliches* Merkmal handelt, dessen Phänotyp leicht bestimmt werden kann, spielt der Vergleich der Blutgruppen im Zusammenhang mit **Abstammungsgutachten** („Vaterschaftstest“) nach wie vor eine wichtige Rolle. Hierzu werden die Blutgruppen der Mutter, des Kindes und des fraglichen Vaters bestimmt. In manchen Fällen kann bereits auf diese Weise eine Vaterschaft des betreffenden Mannes zwingend ausgeschlossen werden.

- ③ Im Jahre 1943 wurde der Schauspieler Charlie Chaplin von Joan Berry als Vater ihrer Tochter Carol Ann benannt. Als Chaplin die Vaterschaft abstritt, versuchte Berry, diese gerichtlich feststellen zu lassen. Ein Bluttest wurde zwar durchgeführt, galt damals in Kalifornien jedoch noch nicht als Beweis vor Gericht. Berry gewann den Prozess; Chaplin wurde im Jahre 1945 zu Unterhaltszahlungen für Carol Ann verurteilt; der jahrelange Skandalprozess hatte seinem Ruf großen Schaden zugefügt.



Charlie Chaplin in seiner Rolle als Hynkel in „Der große Diktator“ (1940)

Die Ergebnisse des Bluttests:

Joan Berry – A

Carol Ann – B

Charlie Chaplin – 0

Begründen Sie, ob das Gericht zutreffend geurteilt hat!

- ④ Leiten Sie ab, ob es möglich ist, dass die vier Kinder eines Paares jeweils eine andere Blutgruppe besitzen!

Der Rhesusfaktor

Im Jahre 1940 gelang Karl Landsteiner und Alexander Wiener die Entdeckung eines weiteren Blutgruppensystems. Da für die Experimente Erythrozyten von Rhesusaffen verwendet wurden, nennt man es das **Rhesus-System**.

Wie das ABO-System beruht auch das Rhesus-System auf der Existenz eines Antigens in der Membran der Erythrozyten, das hier **Antigen D** genannt wird. Die Erythrozytenmembran rhesus-positiver Personen (Rh+) besitzt dieses Antigen, bei rhesus-negativen Personen (rh-) ist es dort nicht vorhanden.

Das Gen für den Rhesusfaktor liegt auf Chromosom Nr. 1 – jeder Mensch besitzt hier also zwei Allele. Da nur dann *kein* Antigen D produziert werden kann, wenn *beide* Allele mutiert sind, und es somit genügt, ein einzelnes intaktes Allel zu besitzen, um das Antigen D synthetisieren zu können, liegt ein **dominant-rezessiver Erbgang** vor: $D = Rh+$, $d = rh-$.



Rhesusaffen

Der Rhesusfaktor bei Blutübertragungen. Anders als bei der AB0-Blutgruppe besitzen auch rhesus-negative Personen zunächst *keine* Antikörper gegen das Antigen D. Gelangen jedoch Erythrozyten mit diesem Antigen in den Blutkreislauf dieser Personen, so stellt das Immunsystem als Antwort auf die als „fremd“ erkannten Antigene nun Antikörper her, die nach dem *Schlüssel-Schloss-Prinzip* an das Antigen D binden und somit zur *Agglutination* entsprechender Erythrozyten führen können. Daher ist es bei Bluttransfusionen wichtig, nicht nur die AB0-Blutgruppe, sondern auch den Rhesusfaktor zu bestimmen.

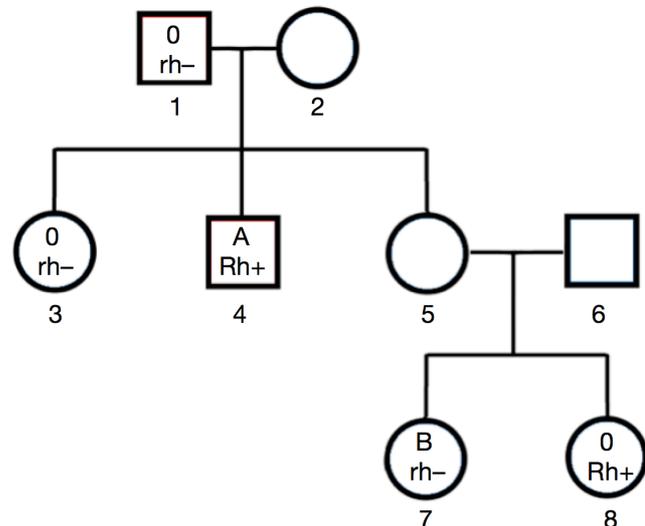
verhindert; bei der Geburt kann dieser jedoch mit geringen Mengen des kindlichen Blutes in Kontakt kommen. Wenn das Immunsystem der Mutter daraufhin Anti-D-Antikörper bildet, so befinden sich diese fortan in ihrem Blutplasma. Bei einer weiteren Schwangerschaft mit einem erneut rhesus-positiven Kind können diese Antikörper in dessen Kreislauf übertreten und dort zu Agglutinationen führen – eine Blutarmut (Anämie), schwere Entwicklungsstörungen oder gar der Tod des Kindes können die Folge sein.

Der Rhesusfaktor in der Schwangerschaft. Eine besondere Komplikation kann auftreten, wenn eine rhesus-negative Frau ein rhesus-positives Kind zur Welt bringt, denn die Erythrozyten des Kindes besitzen das Antigen D und können somit beim Immunsystem der Frau die Herstellung von Antikörpern Anti-D auslösen. Während der Schwangerschaft wird durch die sogenannte Plazentaschranke der Übertritt von Erythrozyten des Kindes in den Blutkreislauf der Mutter mehr oder weniger vollständig

Die medizinische Gegenmaßnahme gegen dieses Phänomen wird als **Anti-D-Prophylaxe** bezeichnet. Rhesus-negative Mütter erhalten in der 28. Schwangerschaftswoche sowie kurz nach der Geburt eine Injektion einer hochkonzentrierten Lösung von Anti-D-Antikörpern. Diese agglutinieren sämtliche möglicherweise in den Kreislauf der Mutter eingedrungene Erythrozyten des rhesus-positiven Kindes, so dass die Bildung eigener Anti-D-Antikörper durch das Immunsystem der Mutter unterbleibt.

⑤ Erläutern Sie, wie es dazu kommen kann, dass eine Mutter rhesus-negativ, ihr Kind jedoch rhesus-positiv ist!

⑥ Im nebenstehenden Stammbaum einer Familie sind bei einigen Personen deren AB0-Blutgruppe sowie ihr Rhesusfaktor angegeben. Leiten Sie die möglichen Genotypen der Personen 2, 5 und 6 ab!



⑦ Das Kell-System ist ein weiteres Blutgruppensystem des Menschen. Ähnlich wie beim Rhesus-System kann eine Person kell-positiv (Allel K) oder kell-negativ (Allel k) sein. Bei einem Abstammungsgutachten ermittelte man die in der nebenstehenden Tabelle angegebenen Bluteigenschaften. Geben Sie die möglichen Genotypen der Personen hinsichtlich aller drei Systeme an, und leiten Sie ab, ob der Ehemann als Vater des Kindes in Frage kommt!

	AB0	Rhesus	Kell
Ehefrau	A	Rh+	Kell pos.
Kind	0	rh-	Kell neg.
Ehemann	B	rh-	Kell pos.