

Das Immunsystem 1

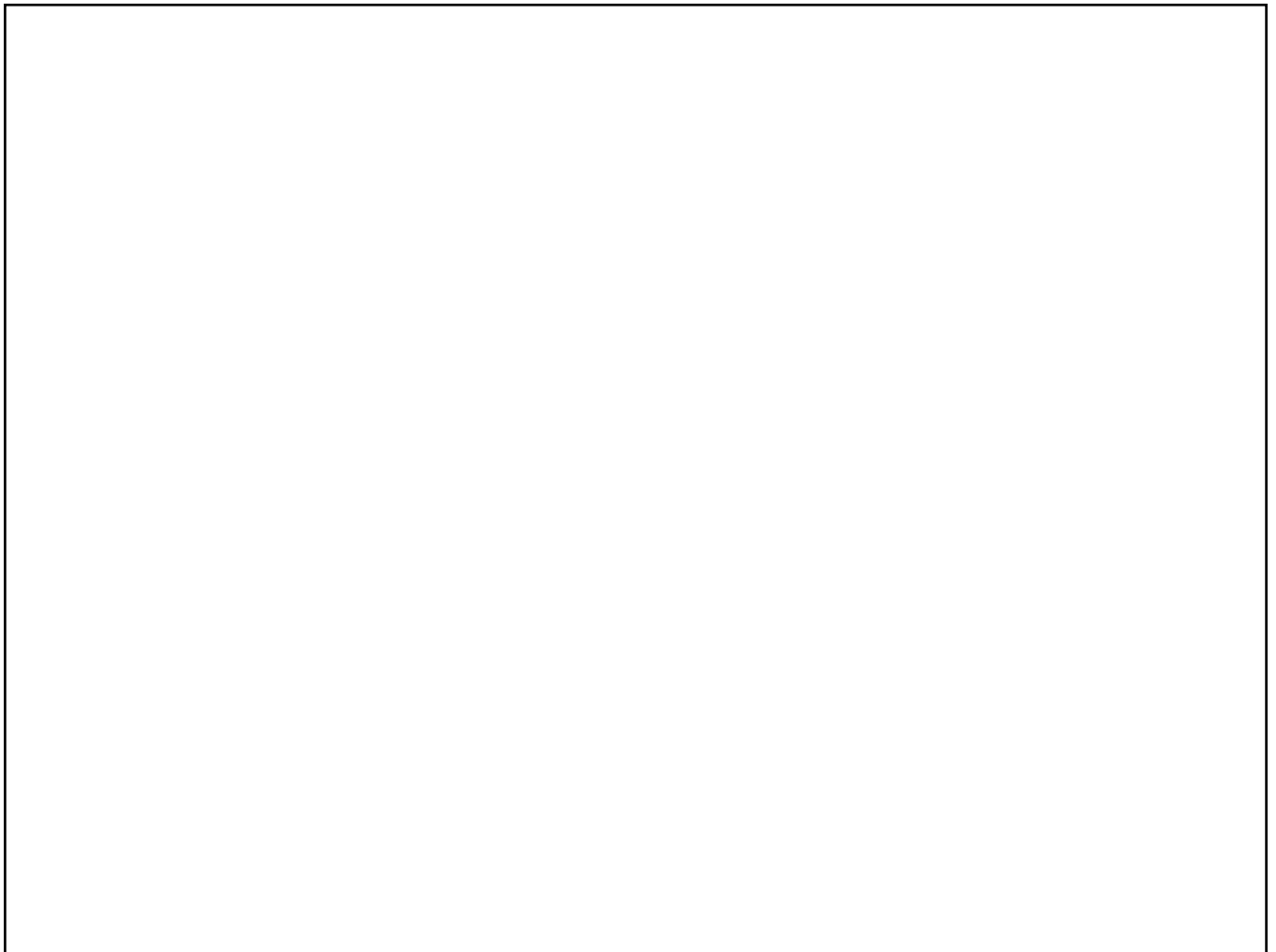
Angeborene unspezifische Immunität

Die einfachste und stammesgeschichtlich älteste Reaktion des Immunsystems auf eingedrungene Bakterien, Viren und andere Fremdkörper ist das unspezifische **Phagocytieren** ("Auffressen") der Eindringlinge bspw. durch **Makrophagen** ("große Fresser", gehören zu den Fresszellen).

Makrophagen sehen so ähnlich aus wie Amöben; sie umfließen den Fremdkörper und nehmen diesen dadurch in die Zelle auf. Auf diese Weise entstehen **Phagosomen** (membranumschlossene Vesikel mit einem Durchmesser von über 250 nm), die den Fremdkörper enthalten. Anschließend verschmelzen **Lysosomen** mit den Phagosomen. Die Lysosomen sind kleine Membranvesikel, die **Verdauungsenzyme** enthalten. Wenn die Lysosomen mit den Phagosomen verschmelzen, werden die Verdauungsenzyme in die Phagosomen freigesetzt und zersetzen den Fremdkörper.

Arbeitsauftrag:

Stellen Sie die im Text beschriebenen Vorgänge durch eine Reihe von einfachen Skizzen dar.



Das Immunsystem 2

Erworbene spezifische Immunität

Im Laufe der Evolution haben die Wirbeltiere ein zweites System zur Abwehr von Erregern entwickelt. Typisch für dieses System ist die Produktion von **Antikörpern**. Das sind besondere Proteine, die sich beispielsweise spezifisch an bestimmte Molekülstrukturen der Erreger heften. Solche Moleküle oder Molekül-Teile, an die sich Antikörper anlagern, bezeichnet man als **Antigene**. Die Antikörper sind komplementär zu ihren Antigenen; die Bindung zwischen Antigen und Antikörper erfolgt nach dem **Schlüssel-Schloss-Prinzip**.

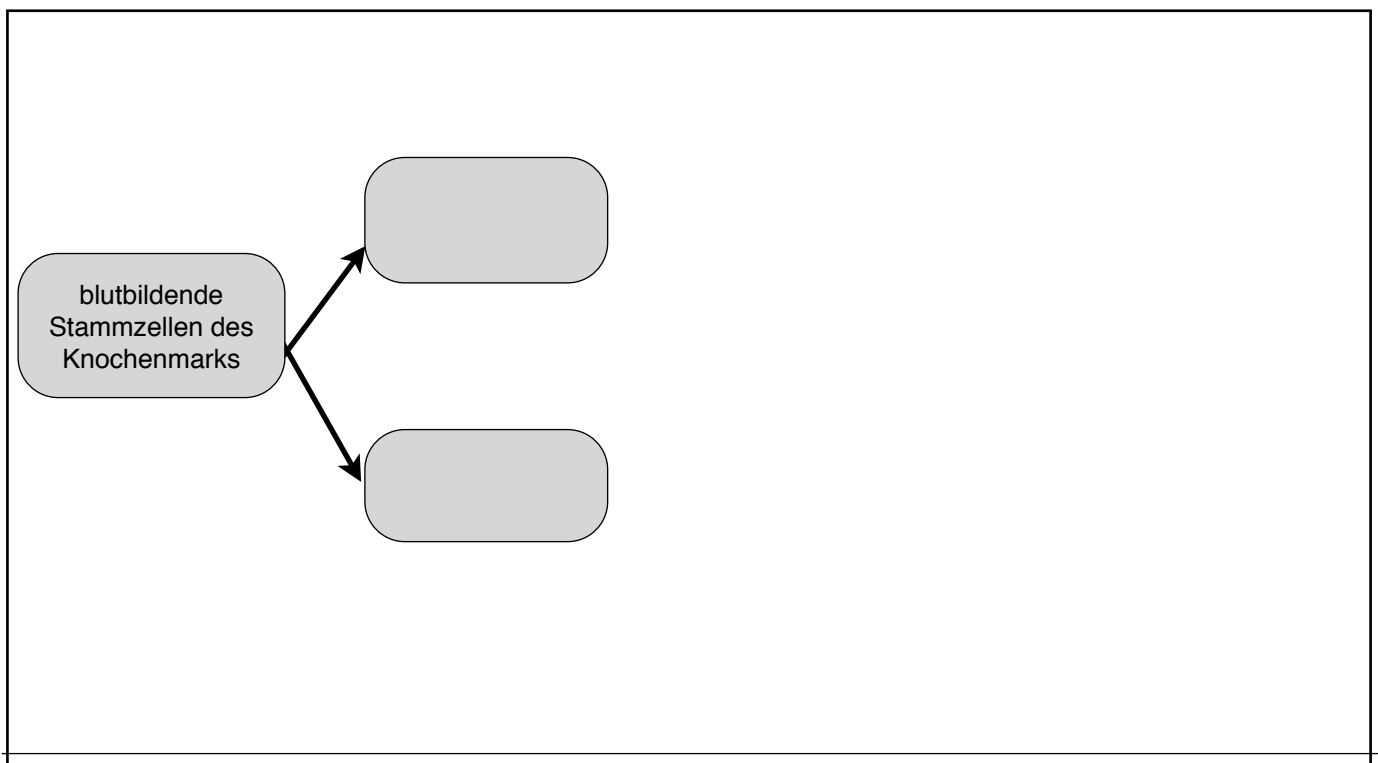
Der Körper kann durch ausgefeilte genetische Prozesse Millionen unterschiedlicher Antikörper-Moleküle auf Vorrat produzieren. Die Wahrscheinlichkeit, dass *einer* dieser vielen Antikörper komplementär zu einer Molekülstruktur eines Erregers ist, ist daher recht hoch. Produziert werden die Antikörper von bestimmten Zellen des Immunsystems, den **B-Lymphocyten**.

Zellen des Immunsystems

Alle Zellen des Immunsystems gehen aus den **blutbildenden Stammzellen des Knochenmarks** hervor. Eine solche Stammzelle kann entweder zu einer **myeloischen** oder zu einer **lymphoiden Vorläuferzelle** werden. Erstere können sich zu **Granulocyten**, **Monocyten** oder **Mastzellen** differenzieren. Aus den Monocyten gehen dann die **Makrophagen** und auch die **dendritischen Zellen** hervor. Die lymphoiden Vorläuferzellen können sich zu **B-Lymphocyten** differenzieren, aus denen dann **Plasmazellen** entstehen. Auch die **T-Killerzellen**, die **T-Helferzellen**, die **T-Suppressorzellen** (regulatorische T-Zellen) und die **Natürlichen Killerzellen** entstehen aus lymphoiden Vorläuferzellen.

Arbeitsauftrag:

Ergänzen sie die folgende graphische Übersicht.



Das Immunsystem 3

Glossar Immunsystem

Antigene

Molekülstrukturen, etwa charakteristische Teile von Molekülen eines eingedrungenen Erregers, die von Antikörpern erkannt werden können.

Antigen-Präsentation

Bestimmte Zellen des Immunsystems, unter anderem die Makrophagen, können eingedrungene Mikroorganismen durch Phagozytose aufnehmen und abbauen. Charakteristische Molekülteile des Erregers werden dann mithilfe bestimmter Proteine, der MHC-Proteine, zur Zelloberfläche transportiert und dort den anderen Zellen des Immunsystems präsentiert. Auch B-Zellen präsentieren Bruchstücke eines Antigens, das sie mittels eines membranständigen Antikörpers eingefangen und dann über einen Phagozytose ähnlichen Vorgang aufgenommen haben.

Antikörper

Kurze, aus mehreren Ketten zusammengesetzte Proteine, die von **Plasmazellen** synthetisiert und abgegeben werden. Antikörper können sich spezifisch an bestimmte **Antigene** setzen und diese dadurch unschädlich machen.

B-Gedächtniszelle

B-Lymphocyten mit einer großen Lebensdauer (Jahre bis Jahrzehnte), die im Körper umherwandern und bei erneutem Kontakt mit "ihrem" Antigen sofort das Immunsystem aktivieren, indem sie sich teilen und zu **Plasmazellen** differenzieren, die dann große Mengen von Antikörpern gegen das Antigen produzieren.

B-Lymphocyten

Zellen des Immunsystems, die im Knochenmark entstehen und reifen. Fertig ausgereifte B-Lymphocyten besitzen an ihrer Zelloberfläche ungefähr 100.000 Rezeptor-Proteine für ein- und dasselbe **Antigen**. Nur auf dieses eine Antigen kann der B-Lymphocyt spezifisch reagieren. Wenn ein Antigen an den Rezeptor eines passiven B-Lymphocyten bindet, wird der B-Lymphocyt aktiviert, wobei meistens T-Helferzellen mitwirken müssen. Er teilt sich mehrmals, es entsteht ein Klon genetisch identischer Zellen, die alle auf das gleiche Antigen reagieren. Unter dem Einfluss chemischer Substanzen, die von T-Helferzellen abgegeben werden, differenzieren sich die meisten dieser B-Lymphocyten zu Plasmazellen. Ein kleiner Teil der B-Lymphocyten wandelt sich in B-Gedächtniszellen um.

Cytokine

Chemische Botenstoffe, die von Immunzellen gebildet werden und auf andere Immunzellen wirken, zum Beispiel indem sie deren Teilung anregen oder Einfluss auf ihre Reifung nehmen. Ihre Bindung an die Zielzellen erfolgt über spezifische Rezeptoren der Zellmembran, die dann das Signal über sekundäre Botenstoffe in die Zelle weiterleiten und so Einfluss auf die DNA-, RNA- und Proteinsynthese nehmen.

Makrophagen

Wie Amöben aussehende große Fresszellen, die z.B. eingedrungene Bakterien mittels Phagozytose aufnehmen und unschädlich machen. Charakteristische Bestandteile der Bakterien werden dann mithilfe von MHC-Proteinen auf der Oberfläche des Makrophagen den anderen Zellen des Immunsystems als **MHC-Antigen-Komplex** präsentiert.

MHC-Proteine

Der Haupthistokompatibilitätskomplex (engl. major histocompatibility complex, MHC) ist eine Region der DNA, die aus über 200 Genen mit jeweils sehr vielen Allelen besteht. Die entsprechenden Proteine heißen MHC-Proteine. Die MHC-Proteine haben viele Aufgaben, unter anderem sind sie für die **Antigen-Präsentation** von **Makrophagen** verantwortlich.

MHC-Antigen-Komplexe

Makrophagen und andere Zellen des Immunsystems koppeln bestimmte kurze Moleküle oder Molekülteile von phagozytierten Erregern an **MHC-Proteine**. Es bilden sich MHC-Antigen-Komplexe. Diese werden dann zur Zelloberfläche transportiert und dort anderen Zellen des Immunsystems präsentiert (**Antigen-Präsentation**).

Natürliche Killerzellen

Große Lymphocyten, die eine wichtige Rolle bei der Zerstörung von Tumorzellen und virusinfizierten Zellen spielen. Im Gegensatz zu den **T- und B-Lymphocyten** besitzen die Natürlichen Killerzellen keine spezifischen Antigen-Rezeptoren in ihrer Zellmembran. Die Erkennung der zu zerstörenden Zielzellen erfolgt über **Antikörper**, mit denen das Immunsystem die Tumorzellen und virusinfizierten Zellen markiert hat. Natürliche Killerzellen sind noch nicht so gut untersucht wie die **T-Killerzellen**.

Phagocytose

Ein Vorgang, der von Amöben her bekannt ist. Ein Bakterium wird von der Zelle quasi "umflossen" und dann in ein Vesikel eingeschlossen. Dieses Phagocytose-Vesikel oder Phagosom verschmilzt dann im Innern der Zelle mit Lysosomen. Das sind Vesikel, die Verdauungsenzyme enthalten. Die Verdauungsenzyme zersetzen das Bakterium. Bei **Makrophagen** läuft die Phagocytose ähnlich ab, allerdings werden nicht alle Bestandteile des Bakteriums verdaut, sondern bestimmte kleine Bruchstücke, so genannte **Antigene**, werden an **MHC-Proteine** gekoppelt und dann zur Zelloberfläche transportiert, wo sie dann in Form eines **MHC-Antigen-Komplexes** präsentiert werden.

Plasmazellen

Zellen des Immunsystems, entstehen aus **B-Lymphocyten**, die durch **T-Helferzellen** aktiviert worden sind. Jede Plasmazelle setzt pro Sekunde zirka 2.000 **Antikörper**-Moleküle frei.

T-Gedächtniszellen

T-Lymphocyten mit einer sehr großen Lebensdauer (Jahre bis Jahrzehnte), die im Körper umherwandern und bei erneutem Kontakt mit "ihrem" Erreger sofort aktiviert werden und sich teilen, um massiv in ihrer ursprünglichen Funktion, beispielsweise als **T-Helferzellen**, tätig zu werden.

T-Helferzellen

T-Lymphocyten, die in der Lage sind, zum Beispiel **B-Lymphocyten** so zu aktivieren, dass sich diese zu **Plasmazellen** differenzieren. Diese Aktivierung geschieht über chemische Botenstoffe, so genannte **Cytokine**.

T-Killerzellen

T-Lymphocyten, die körperfremde Zellen oder virusinfizierte körpereigene Zellen direkt erkennen und angreifen und mithilfe zersetzender Enzyme zerstören können, wenn ihr T-Zell-Rezeptor zum Antigen passt.

T-Lymphocyten

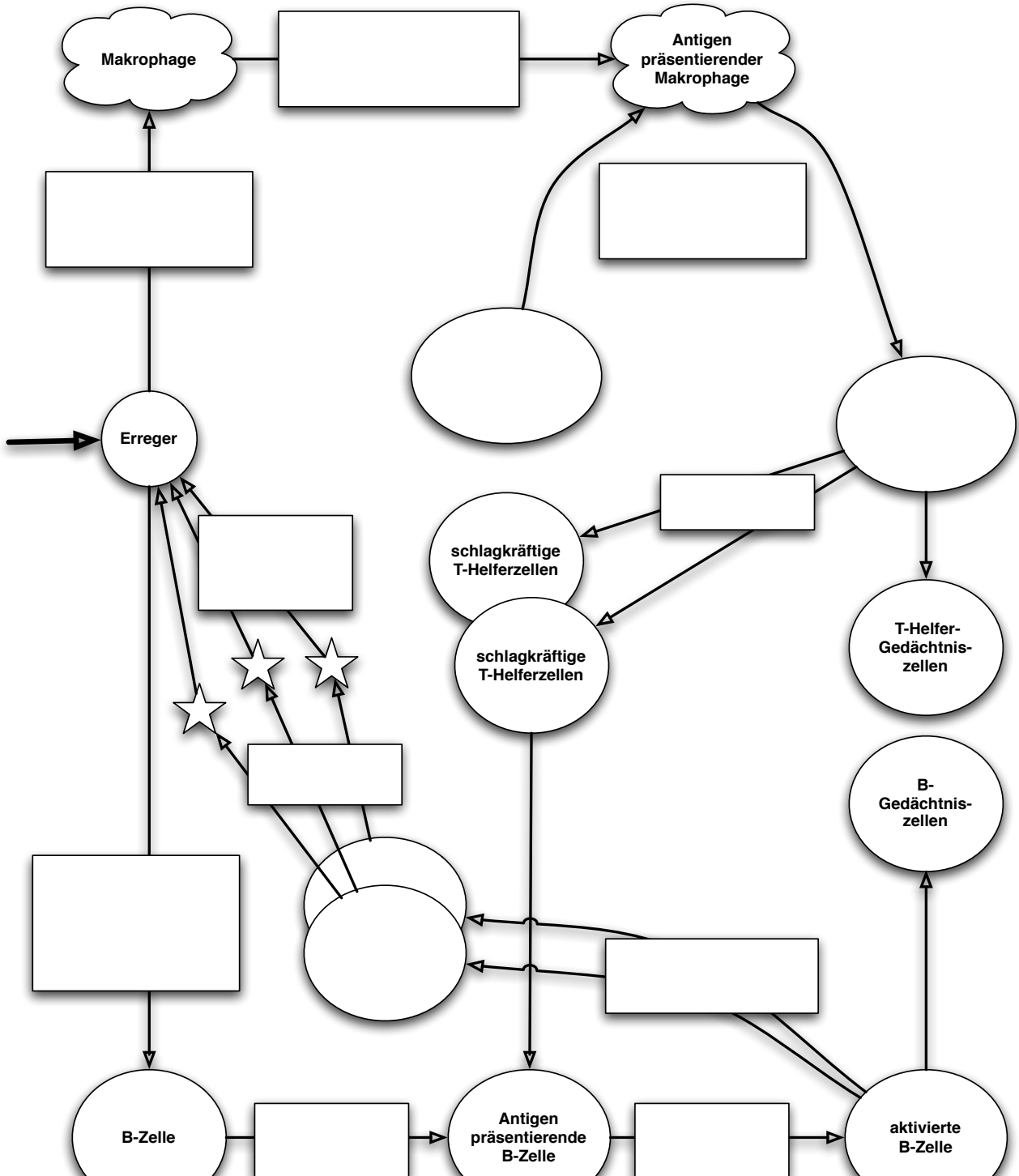
Zellen des Immunsystems, die im Knochenmark entstehen und im Thymusgewebe reifen. Fertig ausgereifte aber noch unerfahrene T-Lymphocyten haben an ihrer Zelloberfläche viele baugleiche T-Zell-Rezeptoren, die **MHC-Antigen-Komplexe** spezifisch erkennen können. Kommt es zu einem ersten solchen Kontakt zwischen T-Zell-Rezeptoren und komplementären MHC-Antigen-Komplexen, wird der T-Lymphocyt aktiviert. Ein aktiver T-Lymphocyt beginnt sich zu teilen, es entsteht ein Klon erbgleicher Zellen, die dann ihre vorgesehene Arbeit aufnehmen können.

T-Suppressorzellen (regulatorische T-Zellen)

T-Lymphocyten, welche in der Lage sind, aktive andere Lymphocyten zu hemmen. So kann eine Immunreaktion nach der Vernichtung der Erreger langsam wieder "heruntergefahren" werden.

Das Immunsystem 4

Auslösung einer Antikörperreaktion durch bakterielle Erreger



Vervollständigen Sie mithilfe des Glossars (AB 2-3) und evtl. Ihres Schulbuchs das obige Schema!

Es müssen die folgenden Begriffe bzw. Texte eingesetzt werden:

Rechtecke (Vorgänge, Beschreibungen)

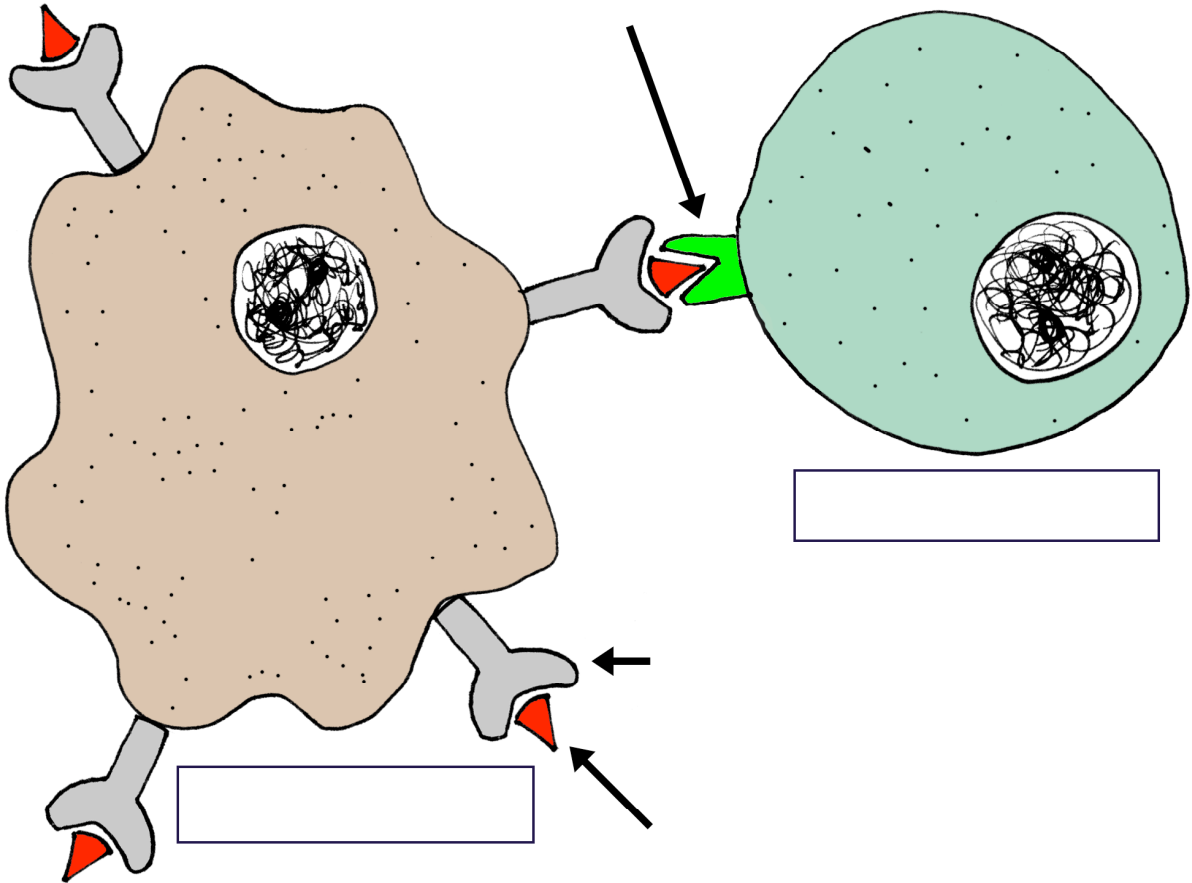
- Makrophage phagozytiert Erreger
- Vermehrung und Differenzierung
- Antikörper bekämpfen Erreger
- präsentiert Erreger-Antigene auf MHC-Molekülen
- Vollaktivierung
- Antikörper-Freisetzung
- nimmt erstmals Kontakt auf und wird aktiviert
- Vermehrung
- Teilaktivierung
- B-Zelle erkennt Erreger-Antigene und nimmt sie auf

Ovale (Zelltypen)

- unerfahrene T-Helferzelle
- aktivierte T-Helferzelle
- Plasmazellen

Das Immunsystem 5

Beschriften Sie die folgende Abbildung (die Moleküle sind stark vergrößert eingezeichnet):

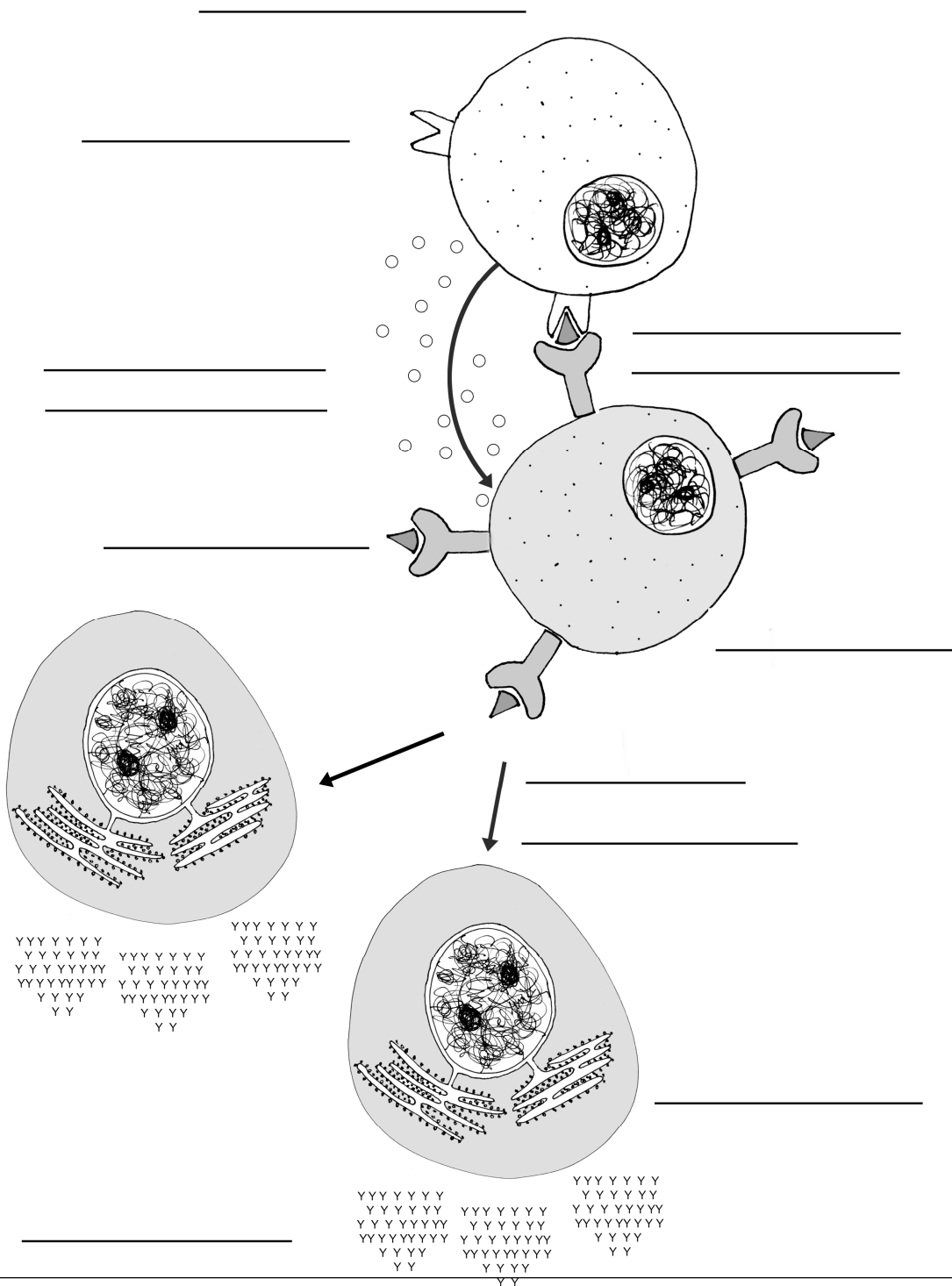


Erläutern Sie, welcher Vorgang in der Abbildung dargestellt wurde und was im Anschluss an diesen Vorgang geschieht.

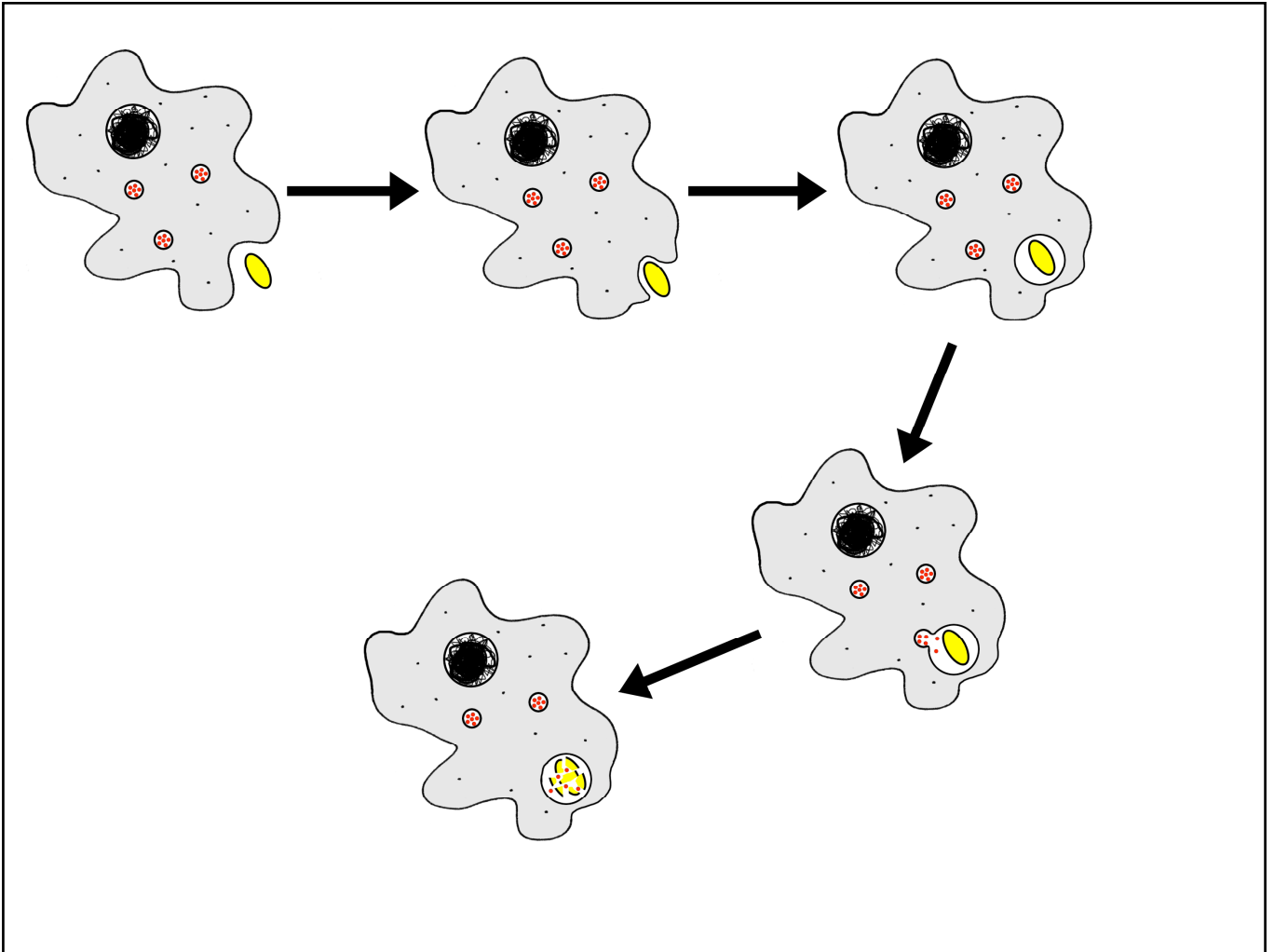
Das Immunsystem 6

Beschriften Sie die folgende Abbildung (die Moleküle sind stark vergrößert eingezeichnet): Schreiben Sie die korrekten Begriffe auf die Linien!

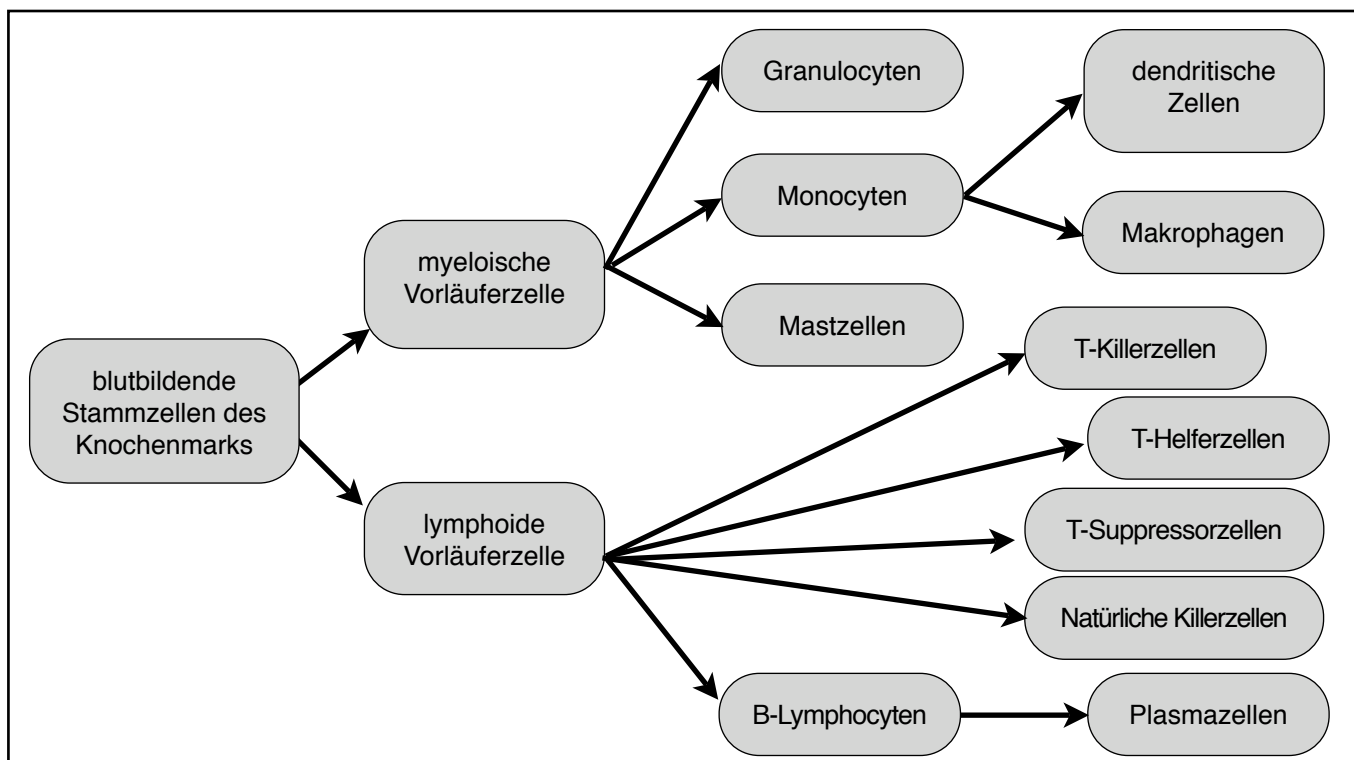
B-Lymphocyt / T-Zell-Rezeptor / Aktivierung durch direkten Kontakt / aktive T-Helferzelle / Antigen-MHC-Komplex / Vermehrung / Differenzierung / Aktivierung durch Cytokine / Plasmazelle / Antikörper



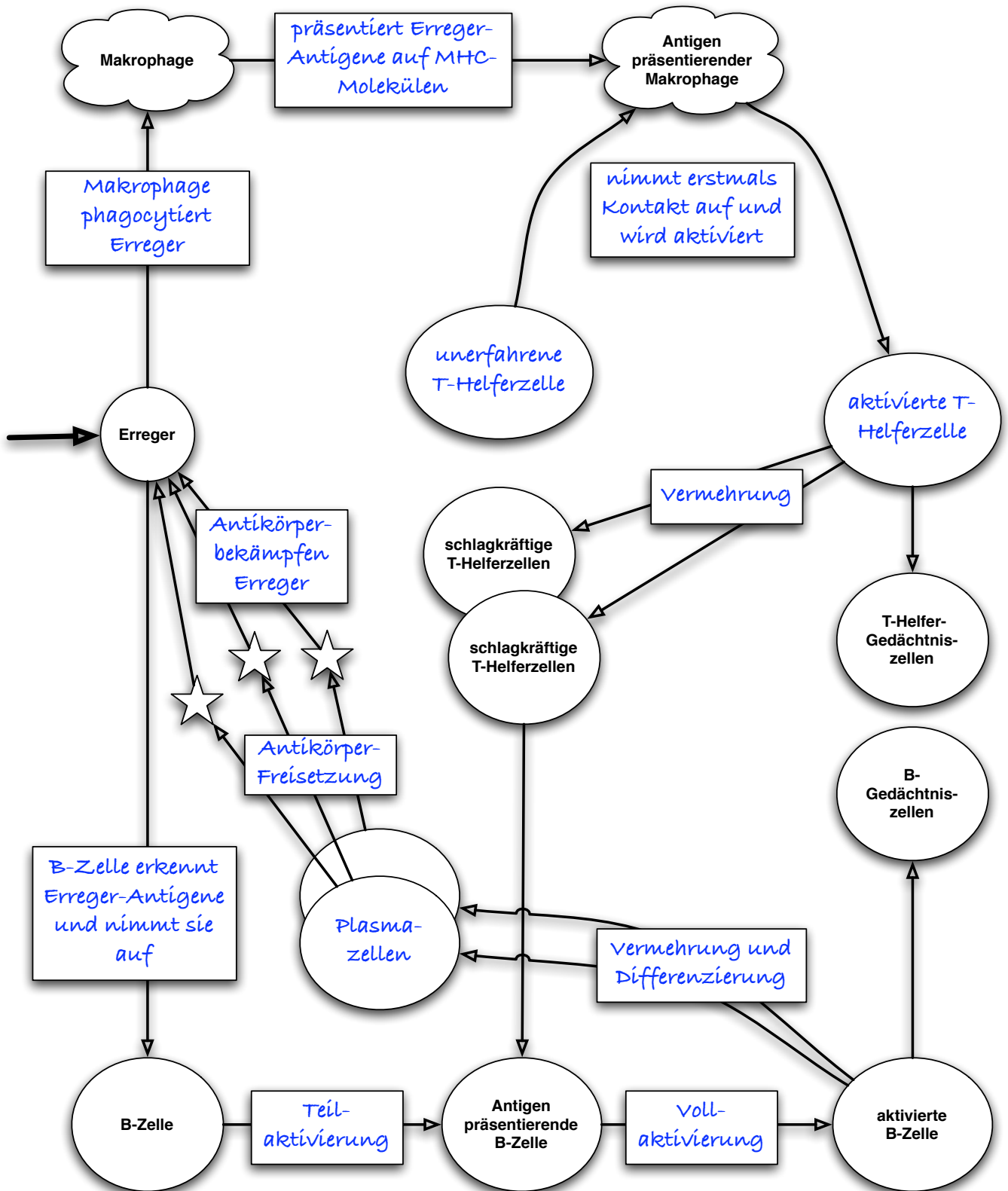
Lösung zu AB 2-1



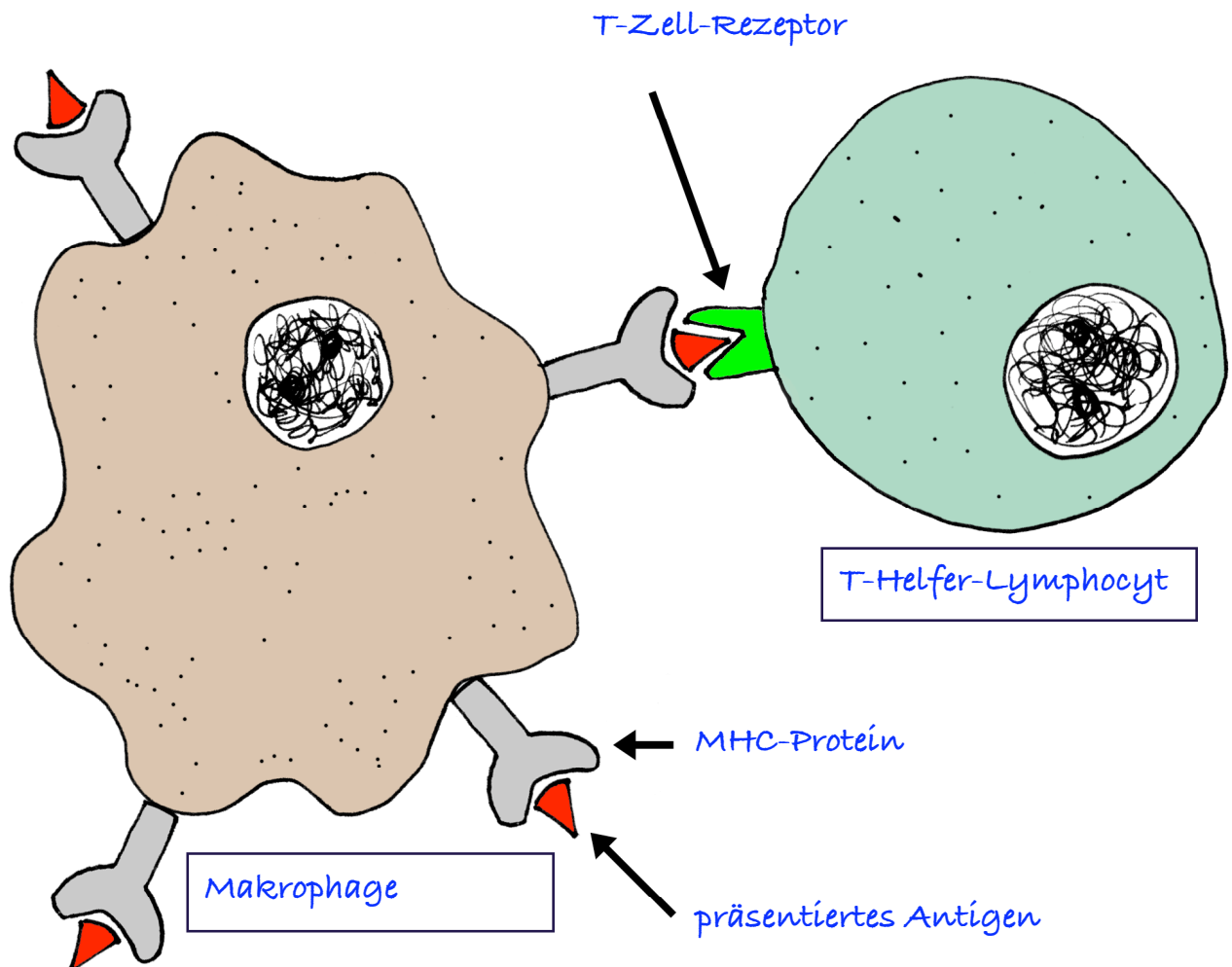
Lösung zu AB 2-2



Lösung zu AB 2-4



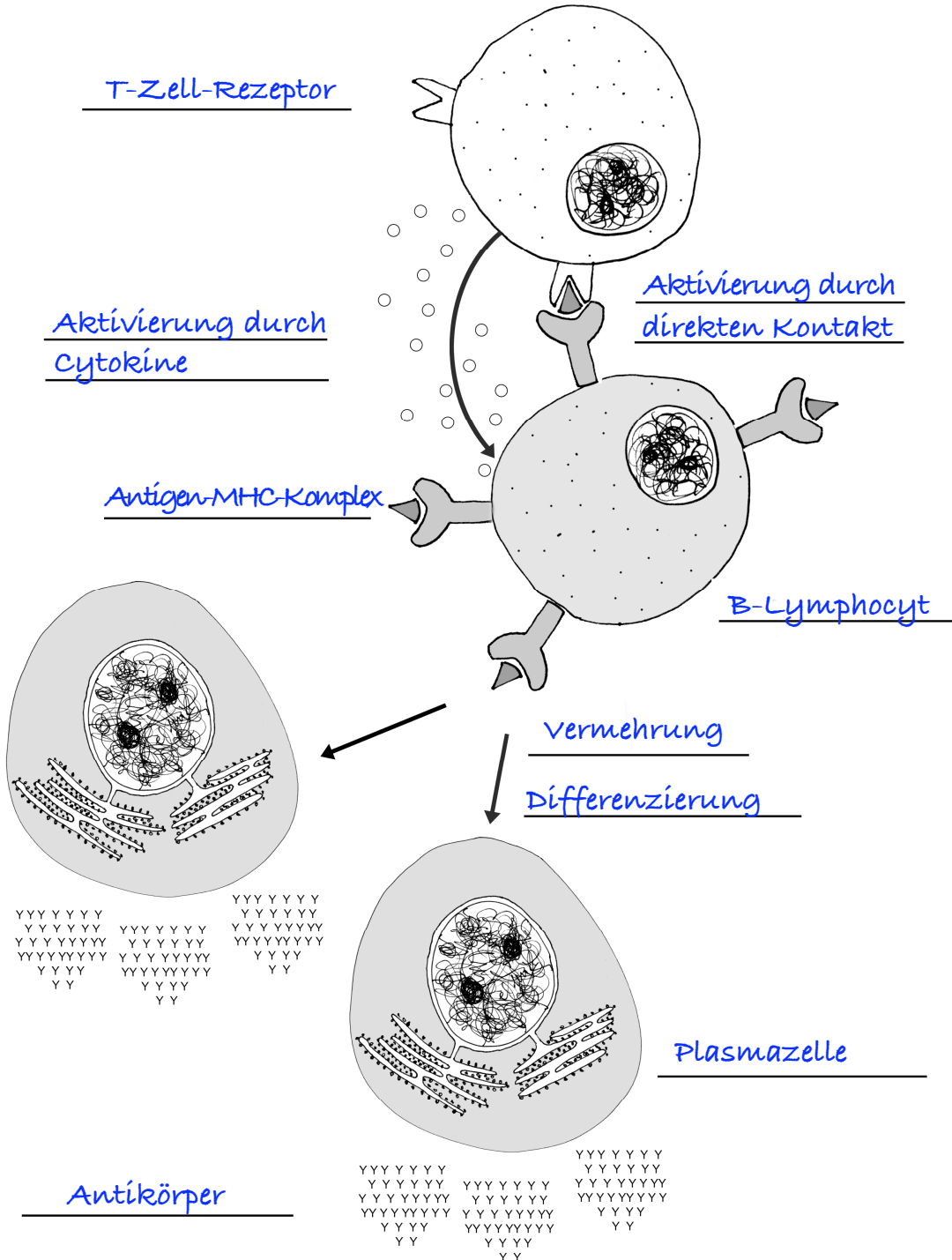
Lösung zu AB 2-5



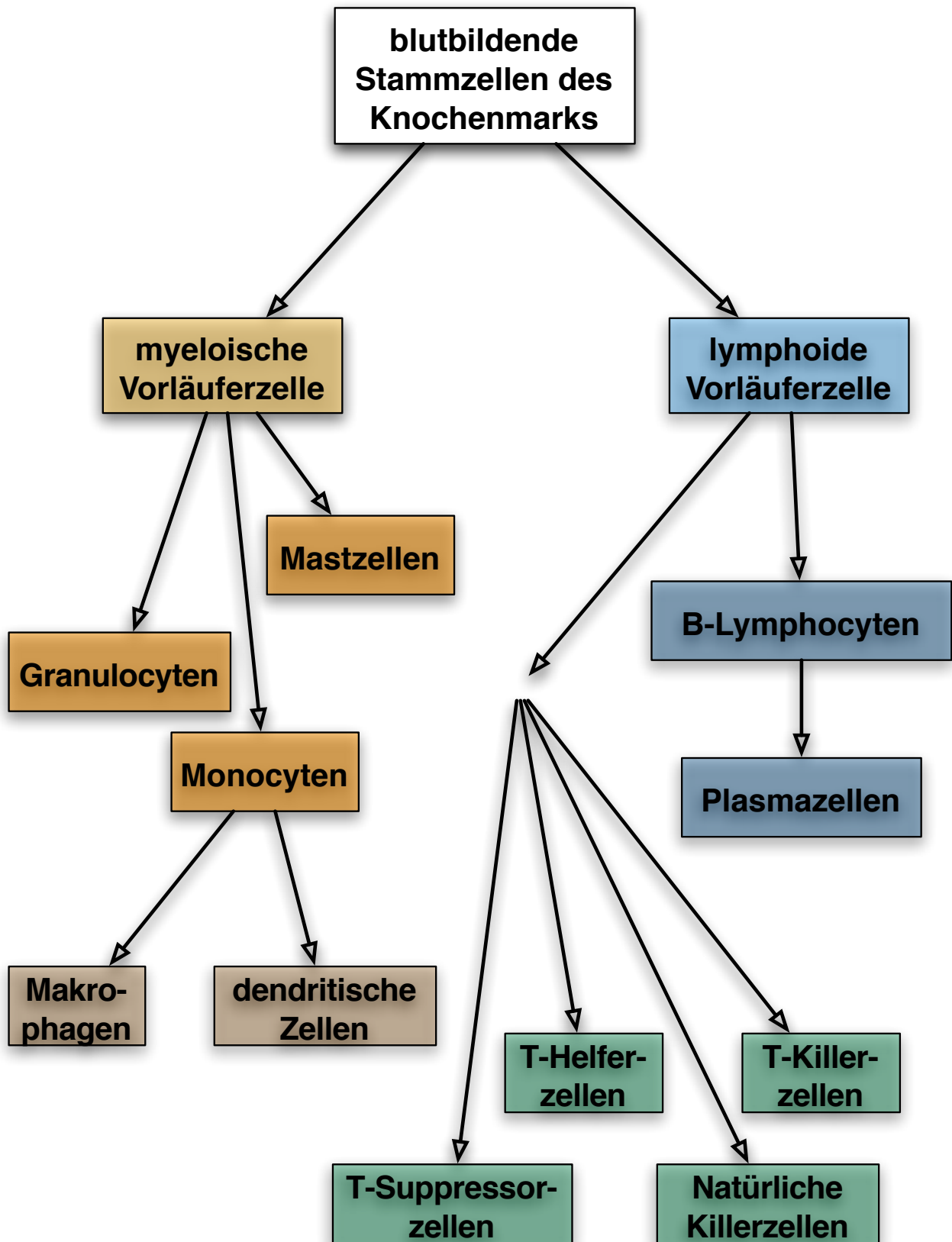
Ein Makrophage hat einen Erreger phagozytiert und präsentiert jetzt mithilfe von MHC-Proteinen charakteristische Molekülteile des Erregers, so genannte Antigene, an seiner Zelloberfläche. Ein unerfahrener T-Helfer-Lymphocyt mit einem T-Zell-Rezeptor, der komplementär zum präsentierten Antigen ist, nimmt Kontakt mit der Antigen präsentierenden Zelle auf. Dadurch wird der T-Lymphocyt erstmals aktiviert und beginnt sich zu teilen. Seine Tochterzellen können beispielsweise Stoffe abgeben, die andere Immunzellen, darunter B-Zellen, aktivieren. Ein Teil dieser Helferzellen kann sich in langlebige T-Gedächtniszellen umwandeln.

Lösung zu AB 2-6

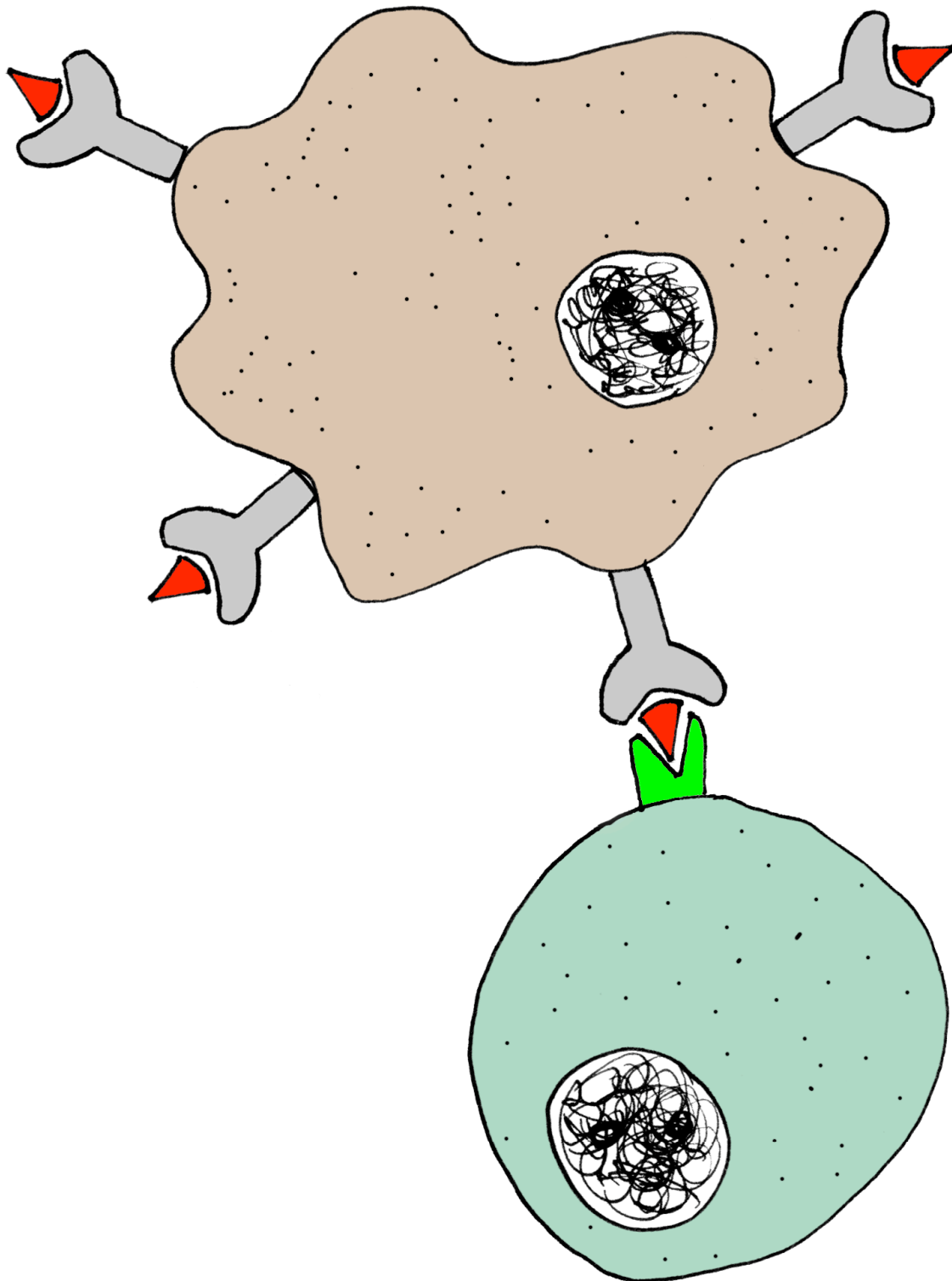
aktive T-Helferzelle



Zellen des Immunsystems



Aktivierung von T-Helferzellen



Zweifache Aktivierung von B-Lymphocyten

