

Immunzellen - stark durch Synapsen

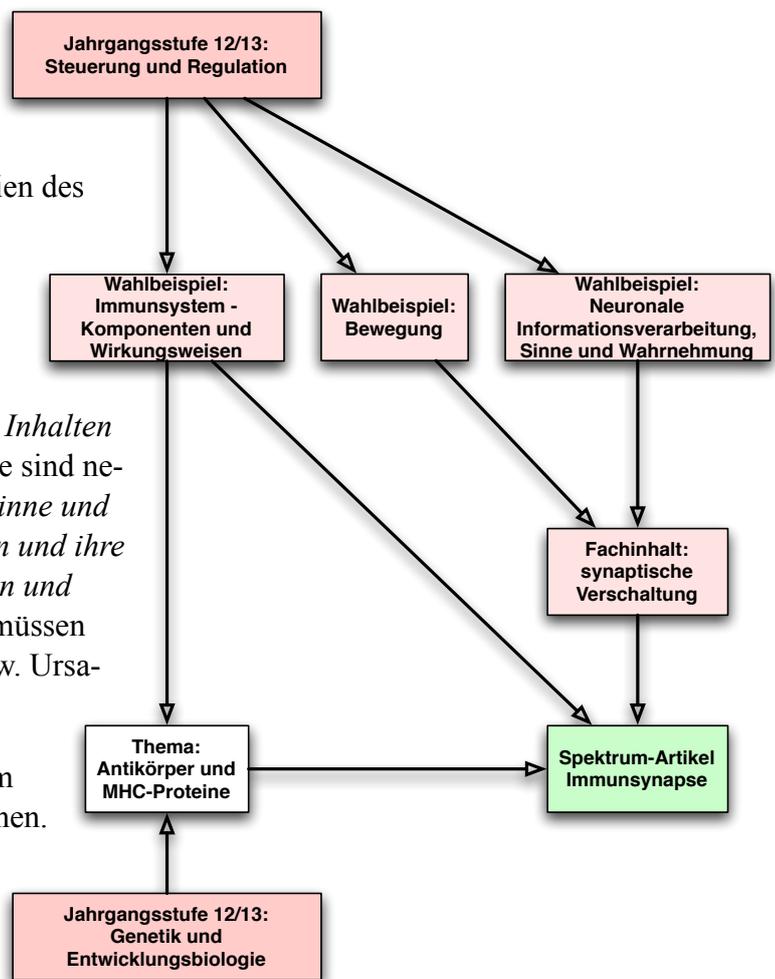
Der Spektrum-Artikel *"Immunzellen - stark durch Synapsen"* rückt die temporären Kontakte zwischen Zellen des Immunsystems in den Blickpunkt des Interesses. Makrophagen und T-Helferzellen, T-Helferzellen und B-Lymphocyten, T-Helferzellen und T-Killerzellen sowie andere Zellen des Immunsystems können Zell/Zell-Kontakte bilden, die große Ähnlichkeiten mit der neuronalen Synapse zwischen zwei Nervenzellen haben.

Einordnung des Artikels in den Lehrplan der gymnasialen Oberstufe

In den meisten Bundesländern steht das Thema "Immunbiologie" zwar in den Biologie-Richtlinien der gymnasialen Oberstufe, aber in der Regel nicht im obligatorischen Bereich, sondern eher im Vertiefungsbereich. Als Beispiel seien die Richtlinien des Landes NRW genannt. In der Qualifikationsphase 12/13 ist das Thema "Steuerungs- und Regulationsmechanismen im Organismus an Wahlbeispielen" vorgesehen: *"Phänomene der Steuerung und Regulation können in der gymnasialen Oberstufe an unterschiedlichen Inhalten erarbeitet werden..."* Mögliche Wahlbeispiele sind neben *"Neuronale Informationsverarbeitung, Sinne und Wahrnehmung"* und *"Verhaltensmechanismen und ihre Ursache"* auch *"Immunsystem - Komponenten und Wirkungsweisen"*. Bei allen Wahlbeispielen müssen molekulare und cytologische Grundlagen bzw. Ursachen behandelt werden.

Damit wäre das Thema "Immunsynapse" dem Thema "Steuerung und Regulation" zuzuordnen. Wenn die Schüler(innen) den Aufbau und die Funktionsweise der neuronalen Synapse kennengelernt haben, ist die Behandlung der Immunsynapse durchaus sinnvoll.

Die Behandlung des Themas "Immunsynapse" macht aber wenig Sinn, wenn die Schüler(innen) noch keine Grundkenntnisse des Immunsystems haben. Sie können dann das Phänomen "Immunsynapse" nicht richtig einordnen oder gar verstehen. Das Zusammenwirken der einzelnen Zellen des Immunsystems ist sehr komplex, und gerade die Unterthemen "Antikörper" und "MHC-Proteine" erfordern auch Kenntnisse der Molekulargenetik. Insofern ist die Behandlung des Spektrum-Artikels eigentlich nur in der letzten Jahrgangsstufe des Gymnasiums sinnvoll, nachdem sowohl neurobiologische wie auch molekulargenetische Grundlagen vorhanden sind.



Zusammenfassung des Artikels

Zunächst wird das Phänomen der Immunsynapse kurz vorgestellt. Genau wie die Synapsen zwischen Nervenzellen bestehen die Kontaktstellen zwischen Immunzellen aus hochorganisierten Proteinkomplexen. Die äußeren Ringe halten die beiden Zellen in Kontakt, während ein innerer Komplex die eigentlich kommunizierende Struktur darstellt.

Nach dieser Einleitung wird ausführlich dargestellt, wie Immunzellen miteinander kommunizieren. Dabei spielen Cytokine eine wichtige Rolle, die von bestimmten Zellen des Immunsystems freigesetzt werden. Allerdings wirken Cytokine nicht wie Hormone, sondern viele Cytokine sind im Blut kaum nachweisbar und werden offenbar nur bei direktem Zell/Zell-Kontakt wirksam. Funktioniert dieser Zell/Zell-Kontakt nicht korrekt, kann es zu Autoimmunerkrankungen oder zur ungestörten Vermehrung von Krebszellen kommen.

Der Artikel geht dann einige Jahre zurück und deckt die Methoden auf, mit denen die Forscher in den 80er Jahren die Struktur und Funktion der Immunsynapse aufklärten. Bereits 1984 publizierten Forscher die Vermutung, dass Immunzellen genau wie Nervenzellen Synapsen als Signalschnittstellen nutzen.

1988 wurde ein elegantes Experiment veröffentlicht, in dem gezeigt wurde, dass Immunzellen zur räumlich gerichteten Sekretion von Proteinen imstande sind. Ein Beweis für das Vorkommen von Immunsynapsen war dieser Versuch jedoch noch nicht.

Anfang der 90er Jahre konnten dann Aufnahmen von Antigenpräsentierenden Zellen gezeigt werden, die in Kontakt mit T-Lymphocyten traten. Weitere Arbeiten zeigten, dass Immunsynapsen dynamische Gebilde sind. Die Anordnung der beteiligten Proteine verändert sich im Verlauf des Zellkontakts. Die Reifung einer Immunsynapse wird dann ausführlich beschrieben. 1999 wurden dann auch Immunsynapsen bei so genannten Natürlichen Killerzellen entdeckt, ein Befund, der die Allgemeingültigkeit des Immunsynapsenkonzepts stützt.

Nun geht der Artikel auf molekularbiologische Details ein, zum Beispiel auf die Frage, welche Faktoren die Proteine dazu veranlassen, sich in die Kontaktzone zu bewegen und sich dort in charakteristischen Mustern zu organisieren. Bei diesen Ausführungen stehen im Artikel stets die Kontakte zwischen Antigenpräsentierenden Zellen und T-Lymphocyten im Vordergrund.

Am Ende des Artikels wird noch einmal auf die Gemeinsamkeiten zwischen Immunsynapse und neuronaler Synapse eingegangen, womit sich der Kreis wieder schließt.

Die Unterrichtsmaterialien

Die Materialien, die zu diesem Artikel zur Verfügung stehen, sind in drei große Module gegliedert, die unabhängig voneinander eingesetzt werden können. Jedes Modul besteht aus Arbeitsblättern mit Aufgaben und/oder Informationsblättern, aus Lösungen zu den Aufgaben und aus Overhead-Folien, die im Unterrichtsgespräch eingesetzt werden können.

Modul 1 - Die neuronale Synapse			
AB 1-1 3 Seiten	Arbeitsweise der neuronalen Synapse	Ein Informationstext, der die wichtigsten Vorgänge während der synaptischen Übertragung kurz zusammenfasst. Zeichnung einer neuronalen Synapse, die von den Schüler(innen) mithilfe des Textes erläutert werden soll.	Dieses Arbeitsblatt kann eingesetzt werden, wenn den Schüler(innen) die neuronalen Grundlagen noch nicht oder nicht mehr bekannt sind. Alternativ kann das Thema auch mit jedem Biologie-Lehrbuch erarbeitet werden (Pflichtstoff in allen Bundesländern).
Lösungen 1-1		Eine Musterlösung der Aufgabe des Arbeitsblattes 1-1	
Folie 1-1	Vorgänge an der neuronalen Synapse	Zeichnung einer neuronalen Synapse - ohne Beschriftung, jedoch mit den gleichen Ziffern wie auf dem Arbeitsblatt.	Diese Folie kann eingesetzt werden, um die Lösung des AB 1-1 im Unterrichtsgespräch zu erarbeiten oder zu erläutern. Die Folie kann auch eingesetzt werden, wenn Schüler ihre Lösungen erläutern wollen. Auch zur Wiederholung in der nächsten Stunde ist die Folie gut geeignet.
Folie 1-2	Adhäsionsmoleküle bei der neuronalen Synapse	Die gleiche Zeichnung wie bei Folie 1-1, allerdings ohne Ziffern, dafür zusätzlich mit Adhäsionsmolekülen.	Mit dieser Folie kann zum Spektrum-Artikel und zur Immunsynapse übergeleitet werden. Die Adhäsionsmoleküle sind etwas Neues für die Schüler(innen).

Modul 2 - Das Immunsystem			
AB 2-1 1 Seite	Angeborene, unspezifische Immunität	Ein Informationstext, der das Phagocytieren der Makrophagen vorstellt. Arbeitsauftrag: Darstellung der Informationen mithilfe kleiner Skizzen.	Dieses Arbeitsblatt sollte eingesetzt werden, um den Schüler(innen) wichtige Grundlagen des Immunsystems zu vermitteln.
AB 2-2 1 Seite	Erworbene, spezifische Immunität	Informationstext, in dem zunächst die wichtigen Begriffe Antigen und Antikörper erläutert werden. Anschließend werden die wichtigsten Zellen des Immunsystems vorgestellt. Arbeitsauftrag: Graphische Übersicht über die Zellen des Immunsystems vervollständigen.	Dieses Arbeitsblatt sollte eingesetzt werden, um den Schüler(innen) wichtige Grundlagen des Immunsystems zu vermitteln.
AB 2-3 2 Seiten	Glossar Immunsystem	Kleines Lexikon mit kurzen Definitionen und Beschreibungen der wichtigsten Zellen des Immunsystems. Hier werden alle Vorgänge dargestellt, die für das Verstehen der spezifischen Immunantwort notwendig sind.	Dieses Arbeitsblatt kann zusammen mit den Arbeitsblättern AB 2-4 bis 2-6 zur selbstständigen Erarbeitung des komplexen Themas in Partnerarbeit oder Gruppenarbeit eingesetzt werden.
AB 2-4 2 Seiten	Auslösung einer Antikörperreaktion durch bakterielle Erreger	Arbeitsauftrag: Ein Diagramm zur spezifischen Immunantwort ergänzen.	
AB 2-5 1 Seite	Interaktion Makrophage - T-Lymphocyt	Arbeitsauftrag: Beschriftung und Erläuterung der Abbildung.	
AB 2-6 1 Seite	Aktivierung der B-Lymphocyten	Arbeitsauftrag: Beschriftung der Abbildung.	
Lösung 2-1		Zeichnung einer typischen Phagozytose in fünf Stadien.	
Lösung 2-2		Schematische Darstellung der Differenzierung der Immunzellen.	
Lösung 2-4		Vervollständigtes Diagramm.	Diese drei Lösungsblätter können auch gleichzeitig als Folie eingesetzt werden.
Lösung 2-5		Beschriftete Abbildung / Erläuterung	
Lösung 2-6		Beschriftete Abbildung	
Folie 2-1	Zellen des Immunsystems	Farbige Darstellung der Übersicht der Zellen des Immunsystems	Kann zur Erarbeitung des Themas oder zur Besprechung der Lösungen eingesetzt werden.
Folie 2-2	Aktivierung von T-Helferzellen	Farbige Darstellung des Komplexes aus Antigen präsentierenden Makrophagen und einer T-Zelle. Die MHC-Proteine und die T-Zell-Rezeptoren sind besonders hervorgehoben.	Kann zur Erarbeitung des Themas eingesetzt werden.
Folie 2-3	Aktivierung von B-Lymphocyten	Farbige Darstellung der Aktivierung von B-Lymphocyten in zwei Schritten, die auf der Folie allerdings nur kurz erläutert sind.	Kann zur Erarbeitung des Themas eingesetzt werden. Dabei müssen die beiden Schritte im Unterricht vorher behandelt worden sein.

Modul 3 - Die Immunsynapse			
AB 3-1 1 Seite	Die Rolle der Immunsynapse	Ein englischsprachiger Text, der von den Schüler(innen) ins Deutsche übersetzt werden soll.	Die Richtlinien einiger Bundesländer sehen das Übersetzen kurzer Fachtexte im Biologieunterricht durchaus vor.
AB 3-2 1 Seite	Struktur der Immunsynapse	Eine Zeichnung, die mithilfe des Spektrum-Artikels beschriftet werden muss.	Dieses AB bezieht sich direkt auf den Artikel.
AB 3-3 1 Seite	Vergleich neuronale Synapse / Immunsynapse	Die Schüler(innen) sollen eine Tabelle ausfüllen, in der die beiden Synapsentypen miteinander verglichen werden.	Kann begleitend zum Artikel eingesetzt werden.
AB 3-4 1 Seite	Reifung der Immunsynapse	Die Schüler(innen) sollen den Reifungsprozess mit zwei Skizzen darstellen und diese anschließend erläutern.	Dieses AB bezieht sich direkt auf den Artikel.
AB 3-5 1 Seite	Experimente zur Immunsynapse	Die Schüler(innen) sollen sich den Artikel gezielt durchlesen und anschließend eines der beiden besprochenen Experimente zusammenfassen.	Dieses AB bezieht sich direkt auf den Artikel.
Lösungen 3-1 bis 3-5		Musterlösungen zu den Aufgaben der Arbeitsblätter 3-1 bis 3-5.	
Folie 3-1	Die Immunsynapse	Zeichnung der Immunsynapse zwischen einer Antigen präsentierenden Zelle und einem T-Lymphocyt.	Kann zur Erarbeitung oder zur Nachbesprechung von AB 3-2 und 3-3 eingesetzt werden.

Weiterführende Literatur

Spektrum-Artikel

Die Bodyguards des Körpers. Ein historischer Überblick über die letzten 25 Jahre Immunbiologie. Spektrum der Wissenschaft, November 2003, S. 28ff.

Das immunologische Frühwarnsystem. Eine Darstellung mit dem Schwerpunkt auf der angeborenen Abwehr. Spektrum der Wissenschaft, August 2005, S. 68ff.

Schulbücher

In den gängigsten Biologie-Lehrbüchern für die Sekundarstufe II finden sich hilfreiche Kapitel zur Immunbiologie.

Linder Biologie, Lehrbuch für die Oberstufe, Braunschweig 2005, S. 392 ff.

Cornelsen, Biologie Oberstufe, Berlin 2001, S. 88 ff.

Schroedel, Biologie heute SII, Braunschweig 2004, S. 204 ff.

Klett, Natura, Biologie für Gymnasien, Stuttgart 2005, S. 186 ff.

Autor dieser Einführung und der drei Module ist Ulrich Helmich, Lehrer für Biologie, Chemie und Informatik am Söderblom-Gymnasium in 32339 Espelkamp. Kontakt über www.u-helmich.de bzw. info@u-helmich.de.