

## BIG B4NG challenge, 18. Wettbewerb Aufgabe 3

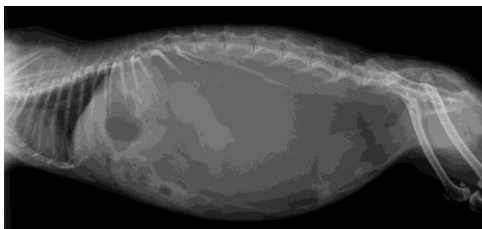
### Aus dem Labor ans Krankenbett – wie physikalische Grundlagen für die medizinische Bildgebung eingesetzt werden

In dieser Aufgabe wollen wir uns mit modernen medizinischen und tiermedizinischen Bildgebungsmethoden beschäftigen, die heutzutage schon eingesetzt werden. Die Grundlagen dieser Bildgebungsmethoden sind in der Physik anzutreffen. So kommt es auch, dass an der Entwicklung neuer Bildgebungsverfahren oft Wissenschaftler aus verschiedenen Fachdisziplinen zusammenarbeiten. Dies geschieht zum Beispiel in REBIRTH (Von **RE**generativer **BI**ologie zu **RE**konstruktiver **TH**erapie), einem durch die Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG) im Rahmen der Exzellenzinitiative seit 2006 geförderten Exzellenzcluster. In diesem Cluster beschäftigen sich Wissenschaftler aus unterschiedlichen Partnerorganisationen (u. a. Medizinische Hochschule Hannover und Leibniz Universität Hannover) mit der Entwicklung neuer Therapieansätze im Bereich der regenerativen Medizin, wozu auch die Bildgebung gehört. Auch am Niedersächsischen Zentrum für Biomedizintechnik, Implantatforschung und Entwicklung (NIFE) werden Bildgebungsverfahren etabliert, um zum Beispiel Infektionen an Implantaten besser zu verstehen. Doch welche Grundlagen liegen nun den meisten Bildgebungstechniken zu Grunde? Im Prinzip ist das einfach, entweder elektromagnetische Wellen (z. B. bei Licht) oder akustische Wellen (Schall). Doch wie funktioniert das genau?



### 1. Grundlagen

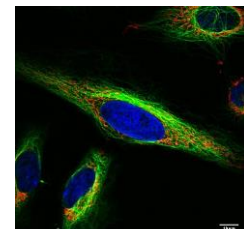
1. Zunächst interessieren wir uns für die Grundlagen verschiedener biomedizinischer Bildgebungsverfahren. Erläutert kurz in eigenen Worten die Grundlagen von mikroskopischer Bildgebung, ultraschallbasierter Bildgebung, Röntgenbildgebung und computertomographischer Bildgebung. Hebt dabei insbesondere hervor, was zur Erzeugung des Bildes verwendet wird (zum Beispiel Licht, Schallwellen...) und wie die Bildinformationen detektiert werden. **(4 Punkte)**



a) Röntgenaufnahme



b) Ultraschallaufnahme



c) Fluoreszenzmikroskopische Aufnahme

Beispielaufnahmen mit unterschiedlichen Bildgebungsmethoden aus der Tier- und Humanmedizin.

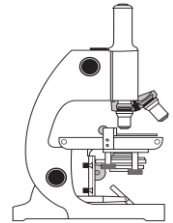
Bildnachweise:

a) [https://de.wikipedia.org/wiki/R%C3%B6ntgen#/media/File:R%C3%B6ntgenaufnahme\\_eines\\_Zwergkaninchens.jpg](https://de.wikipedia.org/wiki/R%C3%B6ntgen#/media/File:R%C3%B6ntgenaufnahme_eines_Zwergkaninchens.jpg)

b) [https://de.wikipedia.org/wiki/Sonografie#/media/File:Medecine\\_Echographie.jpg](https://de.wikipedia.org/wiki/Sonografie#/media/File:Medecine_Echographie.jpg)

c) [https://de.wikipedia.org/wiki/Fluoreszenzmikroskopie#/media/File:Multicolor\\_fluorescence\\_image\\_of\\_a\\_living\\_HeLa\\_cell.jpg](https://de.wikipedia.org/wiki/Fluoreszenzmikroskopie#/media/File:Multicolor_fluorescence_image_of_a_living_HeLa_cell.jpg)

2. In der nachfolgenden Tabelle sind sechs einfache Fallbeispiele aus dem (tier-)medizinischen Alltag geschildert, in denen einem Arzt die Verwendung eines dieser Bildgebungsverfahren sehr weiterhelfen würde. Welches der Verfahren würdet ihr einem Arzt bei dem jeweiligen Fall empfehlen, was würde er damit sehen können? Begründet eure Entscheidung, indem ihr die Tabelle vervollständigt. **(6 Punkte)**



Fallbeispiele	Welche Bildgebung würdet ihr als erstes empfehlen?	Warum würdet ihr diese Bildgebung empfehlen?
Ein Patient kommt mit einem geschwollenen Fuß zum Arzt. Der Patient ist beim Spielen stark umgeknickt und hat Angst, dass etwas gebrochen ist.		
Einem Patient wurde Blut abgenommen und der Arzt möchte auf einfache Weise den Anteil roter und weißer Blutkörperchen bestimmen.		
Ein Hund hat vermutlich ein Stück Plastik gefressen. Der Tierarzt möchte dies am Bauch überprüfen.		
Ein Patient wird in die Notaufnahme nach einem Unfall eingeliefert. Es besteht ein Verdacht auf Hirnblutungen.		
Ein Vogel mit einem stark abstehenden Flügel wird zum Tierarzt gebracht.		
Eine trächtige Katze wird zur Kontrolle gebracht, der Tierarzt möchte die Anzahl der Jungen bestimmen.		

## 2. Elektromagnetische und akustische Wellen in der Bildgebung

Wir möchten uns nun etwas genauer den elektromagnetischen und akustischen Wellen (Schallwellen) widmen. Hierbei interessieren uns ihre unterschiedlichen Eigenschaften, ihre Erzeugung und ihre Detektion.

1. Zunächst zur Schwingungsrichtung der Wellen: Bei Schallwellen sprechen wir (im Regelfall, besonders bei Gasen und Flüssigkeiten) von Longitudinalwellen und bei elektromagnetischen von Transversalwellen. Erläutert den Unterschied. **(1 Punkt)**
2. Eine wichtige Eigenschaft von elektromagnetischen Wellen ist die Polarisierbarkeit. Ihr kennt diese zum Beispiel aus dem 3D-Kino. Könnt ihr die Polarisierbarkeit von Licht in einem Experiment zeigen? Benutzt hierfür eine Glühlampe sowie Polarisatoren und Analysatoren aus eurer Physiksammlung. Lassen sich auch akustische Wellen polarisieren? **(3 Punkte)**
3. Die Wellenlänge beziehungsweise Frequenz spielt sowohl bei elektromagnetischen als auch bei akustischen Wellen eine große Rolle.
  - Bei Bildgebungsmethoden mit Licht ist die Wellenlänge unmittelbar mit der Energie des Lichts (der Photonen) verknüpft. Wie lautet der Zusammenhang zwischen Energie und Wellenlänge? Wie unterscheiden sich diese Faktoren bei der Röntgenbildgebung und Lichtmikroskopie? Was hat dies für Konsequenzen? **(2 Punkte)**
  - Bei Schallwellen sprechen wir bei Frequenzen, die oberhalb der menschlichen Hörschwelle liegen, von Ultraschall. Verwendet einen Frequenzgenerator mit Lautsprecher (oder eine entsprechende Smartphone App), um die Hörschwelle aller eurer Gruppenmitglieder zu bestimmen. Wodurch sind die wahrnehmbaren Frequenzen beschränkt? Welche Frequenzen werden in einem Ultraschallgerät verwendet? **(3 Punkte)**
4. Wie unterscheiden sich die räumliche Auflösung beim Ultraschall, bei der Lichtmikroskopie und dem Röntgen? Könnt ihr dies anhand der Wellenlänge/Frequenz erklären? **(1 Punkte)**

## 3. Noch mehr Physik in der medizinischen Bildgebung

In den letzten Aufgabenteilen haben wir die Grundlagen verschiedener Bildgebungsmöglichkeiten diskutiert. In diesem Zusammenhang haben wir uns auch mit akustischen und elektromagnetischen Wellen beschäftigt. In diesem Aufgabenteil wollen wir weitere physikalische Effekte betrachten, die zum Beispiel dazu genutzt werden können, Blutströmungen im Herzen zu beurteilen. Hiermit kann ein Arzt beispielsweise feststellen, ob Herzfehler vorliegen.

1. Zunächst einmal die (tier-)medizinische Fragestellung: Erläutert kurz, am besten anhand einer Zeichnung, wie der Blutfluss am und in Richtung des Herzens funktioniert. Was könnten potentielle Herzfehler sein, die den Blutfluss beeinflussen? **(1 Punkt)**

2. Ein medizinisches Bildgebungsverfahren zur Analyse von Blutströmungen ist das sogenannte Farbdoppler-Verfahren. Hierbei wird der Doppler-Effekt ausgenutzt. Was ist der Doppler-Effekt und könnt ihr diesen zu Hause nachstellen? Ihr braucht dazu zum Beispiel ein Handy für Audioaufnahmen und einen Frequenzgenerator zur Erzeugung eines Tons (ggf. per Handy App). Beschreibt euren Versuch mit Bildern und einem Messdiagramm, das den Doppler-Effekt zeigt. Ihr könnt zur Auswertung der Audiodatei beispielsweise die freie Software Audacity verwenden. Wie ändert sich die Frequenz mit der Bewegung des Senders zur Quelle? **(3 Punkte)**
3. Wie genau kann jetzt der Doppler-Effekt eingesetzt werden, um zusammen mit Ultraschall Blutströmungen zu messen? **(2 Punkte)**

Beim Farbdoppler-Verfahren werden akustische Wellen in Form von Ultraschall vom Sender im Schallkopf ausgesendet. Auch werden die gestreuten oder reflektierten akustischen Wellen vom Mikrofon registriert. Ist es eventuell möglich, auch elektromagnetische Wellen in Form von Licht und akustische Wellen zu kombinieren, so dass z. B. Licht eingestrahlt, aber Schall detektiert wird?

4. Entwerft und erläutert ein Konzept, wie sich Licht und Schall für die Bildgebung kombinieren lassen. Was könnten Vorteile einer optoakustischen Bildgebung sein?  
**(Tipp: Was könnte in Gewebe passieren, wenn Licht absorbiert wird?) (4 Punkte)**

---

Wir haben euer Interesse an interdisziplinärer Forschung wie in REBIRTH geweckt? Dann besucht uns doch auf der Homepage [www.rebirth-hannover.de](http://www.rebirth-hannover.de), auf der nächsten Ideenexpo oder bewirbt euch für ein Freiwilliges Wissenschaftliches Jahr. Habt ihr Fragen zu REBIRTH, dann wendet euch bitte an [Rebirth.Sekretariat@mh-hannover.de](mailto:Rebirth.Sekretariat@mh-hannover.de).

***Viel Erfolg!***

---

### **Allgemeine Hinweise**

**Einsendeschluss: Sonntag, 16. Dezember 2018, 19:59 Uhr.**

Gebt eure Lösungen über unser Portal ab: <https://portal.studienberatung.uni-hannover.de/>

Zulässige Dateiformate sind PDF für die zusammengeschriebene Lösung (mit eingebetteten Bildern) sowie unter Windows gängige Videoformate, die sich ohne Installation von zusätzlicher Software abspielen lassen, z. B. mp4.

Die Dateien sollten nicht größer als 7,5 MB sein (die Dateien können gezippt sein)! Bitte gebt auch euren Teamnamen, die Namen der Gruppenmitglieder sowie deren Schulen an. Bitte benennt eure hochgeladenen Dateien nach dem Gruppennamen.

**ACHTUNG bei Zip-Dateien!** Um sicher zu gehen, dass eure Dateien wirklich fehlerfrei und für die Korrektoren/-innen zu öffnen sind, solltet ihr eure Zip-Dateien etc. noch mal von eurem Account herunterladen und öffnen. Dateien, die sich nicht öffnen lassen, können nicht bewertet werden!



Gebt eure Lösungen auch dann ab, wenn ihr nicht alle Fragen beantworten konntet! Vielleicht gelingt euch das ja bei der kommenden Aufgabe.

Die Teilnahmebedingungen und weitere Informationen findet ihr unter [www.uni-hannover.de/bigbangchallenge](http://www.uni-hannover.de/bigbangchallenge)

Der Rechtsweg ist ausgeschlossen.