

**CLUB APOLLO 13, 13. Wettbewerb  
Aufgabe 4**

**Biomedizintechnik**

Diese Aufgabe wird vom Zentrum für Biomedizintechnik der Leibniz Universität Hannover gestellt.

Weitere Informationen zum Studiengang der Biomedizintechnik (Master) und des Maschinenbaus findet ihr unter

[www.uni-hannover.de/de/studium/studienfuehrer/biomedizin](http://www.uni-hannover.de/de/studium/studienfuehrer/biomedizin)  
[www.maschinenbau.uni-hannover.de](http://www.maschinenbau.uni-hannover.de).

Bei Organversagen ist die beste Therapie oft das Transplantieren von Spenderorganen und Geweben. Die Zahl der verfügbaren Organe deckt den Bedarf an Transplantaten jedoch bei weitem nicht, so dass die Medizin auf technische Lösungen angewiesen ist. In der Technik können viele Systeme wie die Dialyse bei Nierenversagen, aber auch Implantate wie Herzklappen- oder Gefäßprothesen bis zum kompletten technischen Herzersatz bereitgestellt werden. Diese sind schon heute nicht mehr aus der Medizin wegzudenken. Leider haben technische Ersatzsysteme noch Nachteile wie z.B. eine dauerhafte Gabe von Medikamenten oder nur der Ersatz von Teilfunktionen des ursprünglichen Organs. Das sogenannte „*Tissue Engineering*“ (Gewebekonstruktion) stellt für die Medizin eine vielversprechende Perspektive dar. Bei dieser Technik werden Gerüststrukturen aus künstlichen Materialien gefertigt, die die Form des späteren Gewebes oder Organe abbilden. Diese Gerüststrukturen werden in einem zweiten Schritt mit Zellen (im besten Falle mit Zellen des Patienten) besiedelt. Dies geschieht in sogenannten Bioreaktoren. In diesen Reaktoren werden die Zellen vermehrt und auf ihre „Arbeit im Körper“ trainiert. Um ein vitales (lebendes) Implantat zu erhalten, müssen die Zellen auf und in den Gerüststrukturen ernährt werden. Mit solchen Themen beschäftigt sich das Zentrum für Biomedizintechnik aus der Fakultät für Maschinenbau.

Die vorliegende Apollo13-Aufgabe befasst sich mit der Ernährung von „Zellen“, wobei hier nicht nur Nährstoffe wie Glucose, sondern auch die Lösung von Gasen (O<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub>) und die Bilanzierung von Stoffwechselfvorgängen betrachtet werden sollen.

**a) Diffusion von Glukose im Gewebe (10 Punkte)**

Ein großes Problem beim Tissue Engineering ist die Nährstoffversorgung von lebenden Zellen im künstlichen Gewebe. Der Nährstofftransport (hier: Glucosetransport) kann bei nicht vorhandener Strömung nur mittels Diffusion erfolgen.

Die folgende Aufgabe befasst sich mit der Diffusion von Glucose in 100 g Muskelgewebe mit einer Schichtdicke von  $dx=0,5 \mu\text{m}$ . Wir nehmen an, dass die Oberfläche  $A= 7000 \text{ cm}^2$  beträgt und dass es  $2 \cdot 10^9$  Poren je Quadratzentimeter gibt. Solch eine Pore hat einen Radius von  $r=3 \text{ nm}$ .

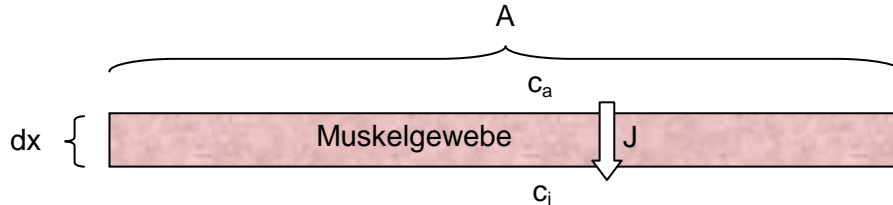
Eine Diffusion ist nur möglich, wenn sich die Konzentrationen im Muskelgewebe und im Blut unterscheiden. Typische Werte sind

Konzentration (innen)	$c_i= 0,83 \text{ mg/cm}^3$
Konzentration (außen)	$c_a= 0,92 \text{ mg/cm}^3$

Beschrieben wird der Diffusionsprozess durch das sogenannte *Ficksche Gesetz*, mit dem der Teilchenstrom  $J$  bestimmt wird:

$$J = -D \cdot A \cdot \frac{dc}{dx}$$

Hierbei bezeichnet  $dc$  die Differenz der Konzentrationen. Weiterhin benötigt man den Diffusionskoeffizienten  $D=0,9 \cdot 10^{-5} \text{ cm}^2/\text{s}$  (Glucose bei 310 Kelvin in Wasser).



Die Aufgaben:

1. Beschreibt kurz, wie der Transportmechanismus der Diffusion definiert ist.
2. Wie erklärt sich das Minuszeichen in der Gleichung nach Fick?
3. Wie hoch ist der Massenstrom von Glukose über das Fleischgewebe? (Die Einheit des Massenstroms ist mg/s).  
Es wird davon ausgegangen, dass der Massenstrom nur über die Poren geschieht.
4. Überlegt euch zwei Möglichkeiten, den Massenstrom der Glukose z.B. bei künstlichem Gewebe zu erhöhen.

### b) Aufstellen einer Bilanz (10 Punkte)

Eine verbreitete Legende ist die sogenannte „Milchdiät“: Wenn man möglichst kalte Milch trinkt, wird Energie benötigt, um sie auf Körpertemperatur zu erwärmen. Übersteigt diese Energie den Nährwert der Milch, müssen zusätzliche Reserven aus dem Körper verwendet werden, was zwangsläufig zu einem Gewichtsverlust führt.

Gegeben:

$$\text{Dichte: } \rho_{\text{Milch}} = \rho_{\text{Wasser}} = 1 \frac{\text{kg}}{\text{l}}$$

$$\text{Wärmekapazität: } c_{\text{Milch}} = c_{\text{Wasser}} = c_{\text{Tomatensaft}} = 4,1 \frac{\text{kJ}}{\text{kg K}}$$

Die Aufgaben:

1. Energie wird normalerweise in der Einheit Joule angegeben. In Ernährungstabellen wird allerdings häufig eine andere Energieeinheit verwendet: Die (Kilo-)Kalorie. Wie werden die beiden Energieeinheiten „Kilokalorien“ und „Kilojoule“ ineinander umgerechnet?
2. Stellt eine Bilanz für den Milchtrinker auf!
3. Ist es möglich, eine handelsübliche Milch mit einem Nährwert  $e = 510 \frac{\text{kcal}}{\text{kg}}$  so weit abzukühlen, dass beim Trinken/Essen keine Energie in zusätzliche Fettreserven umgewandelt werden kann?
4. Bei welcher Temperatur müsste unter diesen Umständen Tomatensaft ( $e = 210 \frac{\text{kcal}}{\text{kg}}$ ) getrunken werden?

### Hinweis zur Bilanzierung von technischen Systemen

Bei der technischen Bilanzierung wird im ersten Schritt ein Bilanzsystem mit seinen Systemgrenzen erstellt, über die bilanziert wird.

Im zweiten Schritt werden an die Systemgrenzen die Aus- und Eingänge geschrieben.

**Hierzu ein einfaches Beispiel:** Wir betrachten ein Aquarium mit einem Außenfilter. Unsere Systemgrenzen sind die Scheiben des Aquariums. Wir tragen den Volumenstrom des eingehenden wie auch den des ausgehenden Wassers an unseren Systemgrenzen ein. In unsere Bilanz des Aquariums sollte (wenn möglich) den Fischen zuliebe die gleiche Menge Wasser in das System gelangen, wie aus dem System herausfließt.

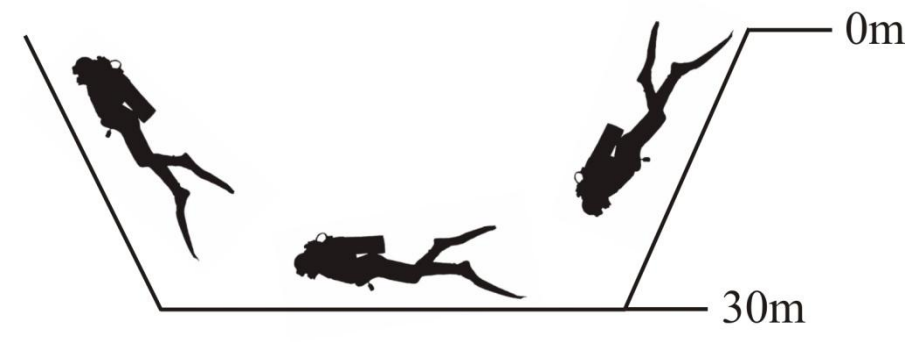


### c) Löslichkeit von Gasen im Blut (10 Punkte)

Das *Henry-Gesetz* beschreibt das Löslichkeitsverhalten von (flüchtigen) Substanzen in einer Flüssigkeit. Es besagt, dass die Konzentration eines Gases in einer Flüssigkeit direkt proportional zum Partialdruck des entsprechenden Gases über der Flüssigkeit ist. Die Proportionalität wird über die *Henry-Konstante* ( $k_h$ ) ausgedrückt:

$$p_{gas} = k_h * c_{gas}$$

An Land ist der menschliche Körper mit dem Inertgas Stickstoff gesättigt. Dieses Gleichgewicht kann z.B. beim Tauchen durch den Druckunterschied zwischen Wasseroberfläche und Tauchtiefe verschoben werden.



Die Aufgaben:

Ein Taucher atmet in 30 m Tiefe mit einer Pressluftflasche (80% N<sub>2</sub>, 20% O<sub>2</sub>).

1. Welcher Druck muss in 30 Metern Tiefe mindestens in der Pressluftflasche herrschen?

**Hinweis:** Der atmosphärische Druck sei 1 bar, die Dichte des Wassers  $1 \frac{kg}{l}$  und die Erdbeschleunigung  $9,81 \frac{m}{s^2}$ .

2. Wie viel Stickstoff (Konzentration in  $mmol/l$ ) löst sich im Blut des Tauchers an der Wasseroberfläche, in 15 m sowie in 30 m Tiefe?

**Hinweis:** Die Henry-Konstante für Stickstoff ist  $k_h(N_2) = 1,54 \frac{lbar}{mmol}$ .

3. Der Taucher taucht vom Meeresgrund direkt bis zur Wasseroberfläche, so dass der im Blut gelöste Stickstoff wieder frei wird. Welches Volumen würde der Stickstoff an der Wasseroberfläche einnehmen, wenn das Blutvolumen des Tauchers 6 l beträgt?

**Hinweis:** Die allgemeine Gaskonstante beträgt  $8,314472 \frac{J}{mol K}$ ; die Temperatur kann mit konstant 25°C angenommen werden.

4. Beschreibt kurz, was die Folgen wären, wenn der Taucher rasch bis zur Oberfläche auftaucht!

Viel Erfolg bei der letzten Aufgabe in diesem Wettbewerb!

## Allgemeine Hinweise

**Einsendeschluss: Sonntag, 09. Februar 2014, 19:59 Uhr.**

Gebt eure Lösungen über das Portal von uniKIK ab: <http://www.unikik-portal.de/portal>

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, sowie STL-Daten. Sollten Schwierigkeiten mit der Ausgabe der STL-Daten auftreten, so bitten wir um eine kurze Rückmeldung, um ein anderes Datenformat abzusprechen.

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 angehängten 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 runterladen und öffnen. Dateien die sich nicht öffnen lassen, können nicht bewertet werden!

Ihr könnt und solltet eure Lösung auch dann abgeben, wenn ihr nicht alle Fragen beantwortet konntet, insbesondere wenn ihr die letzte Teilaufgabe (die Profi-Aufgabe) nicht gelöst habt!

Die Teilnahmebedingungen und weitere Informationen findet ihr unter:

<http://www.unikik.de/apollo13>

Der Rechtsweg ist ausgeschlossen.