



Name:

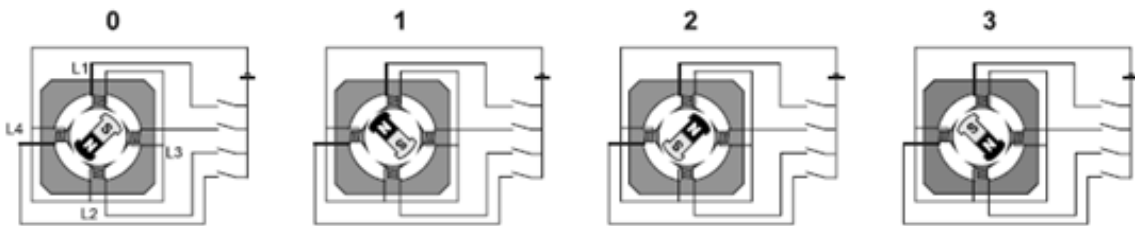
Datum:

Zugelassene Hilfsmittel

- Wörterbuch zur deutschen Rechtschreibung
- Taschenrechner
- Formelsammlung

**Aufgabe 1: Schrittmotorsteuerung.**

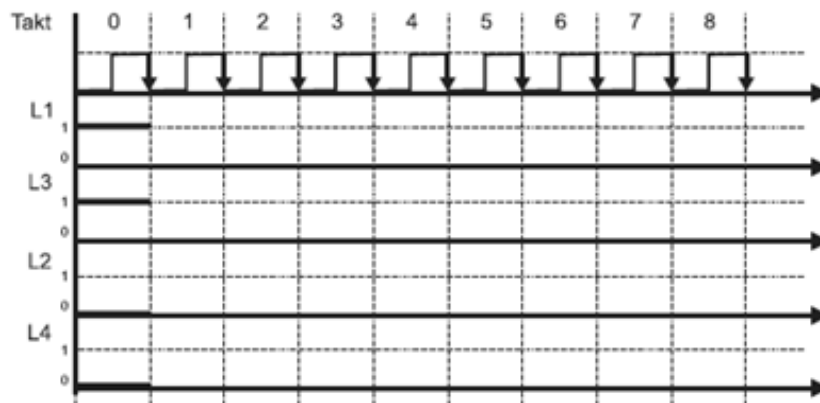
- a) Skizzieren Sie den prinzipiellen Aufbau eines Schrittmotors mit fünf Anschlussleitungen.
- b) Erläutern Sie den Unterschied zwischen einem Schrittmotor mit einer Anschlussbelegung von 8 Anschlussleitungen und dem mit 5 Anschlussleitungen.
- c) In dem folgenden Bild wird ein Schrittmotor im Vollschrittbetrieb betrieben. Ergänzen Sie die Wertetabelle und den dazugehörigen Signal-Zeit-Plan.



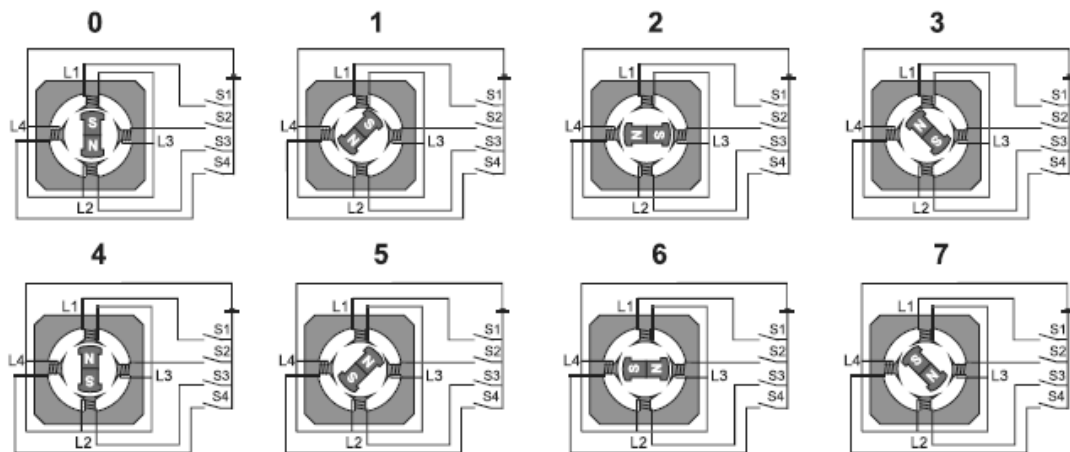
**Wertetabelle**

	L1	L3	L2	L4
0				
1				
2				
3				

**Signal-Zeit-Plan**



d) Vervollständigen Sie die Wertetabelle für den Halbschrittbetrieb eines Schrittmotors.



Wertetabelle

Rechtslauf

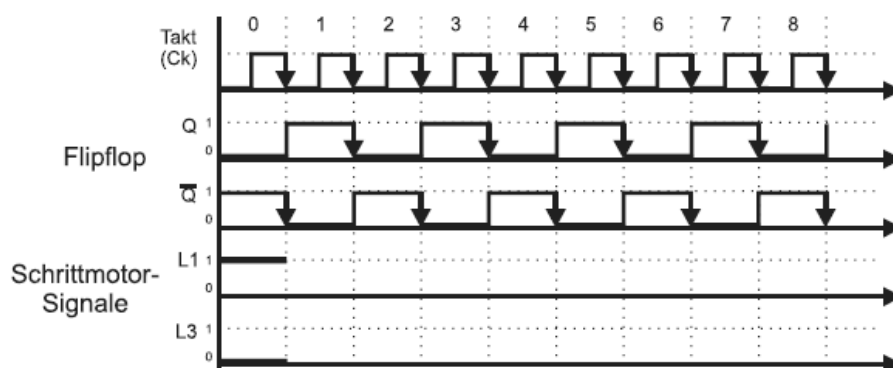
	L1	L3	L2	L4
0				
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				

e) Erläutern Sie den Unterschied zwischen Halbschritt- und Vollschrittbetrieb in ganzen Sätzen.

f) Zur Ansteuerung eines Schrittmotors kann ein Flip-Flop verwendet werden. Skizzieren Sie den Aufbau eines Flip-Flops mit einem Clock-Eingang und den Ausgängen Q und  $\bar{Q}$ .

g) An dem Clock-Eingang wird ein gleichmäßiger Takt durch einen Taster vorgegeben. Erläutern Sie, wie und wann die Ausgänge darauf reagieren.

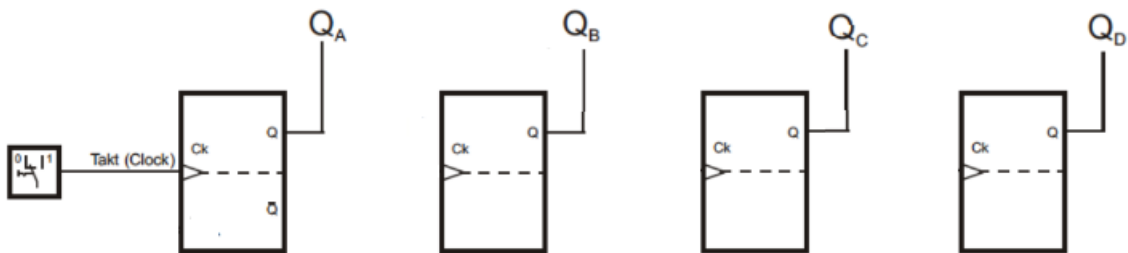
h) Mit Hilfe von drei Flip-Flops kann eine Motorsteuerung eines Schrittmotors realisiert werden. Skizzieren Sie den Schaltplan, um die Signalfolge für den Vollschrittbetrieb zu erzeugen und vervollständigen Sie den dazugehörigen Signal-Zeit-Plan.



i) Flipflops können auch dafür genutzt werden einen digitalen Zähler zu konstruieren. Hierfür werden hier vier Flipflops verwendet. Deren Ausgänge werden anschließend als  $Q_D$ ,  $Q_C$ ,  $Q_B$  und  $Q_A$  bezeichnet. Jeder Kombination von Zuständen wird nun eine Zahl zugeordnet, sodass sich folgende Tabelle ergibt. Vervollständigen Sie diese Tabelle so, dass jeder Zahl ein eindeutiger Zustand zugeordnet wird. Achten Sie dabei auch darauf, dass der sich ergebene Binärcode zur dezimalen Wertigkeit passt.

Wertigkeit				
Dezimal	D	C	B	A
0	0	0	0	0
1	0	0	0	1
2				
3	0	0	1	1
4				
5	0	1	0	1
6	0	1	1	0
7				
8	1	0	0	0
9	1	0	0	1
10				
11	1	0	1	1
12				
13				
14	1	1	1	0
15				
16	0	0	0	0

j) Verbinden Sie die vier Flip-Flops so miteinander, dass diese die oben dargestellte Wertetabelle erzeugen.



## Aufgabe 2: Bolusgabe mit Schrittmotor und Arduino

a) Ein Schrittmotor, der sich 2048 Steps für eine Umdrehung benötigt, soll an einer Infusionspumpe auf Knopfdruck eine Infusionsmenge von 1ml bzw. 0,2ml abgeben. Der Schrittmotor nutzt dafür ein Zahnrad mit einem mittleren Durchmesser von  $d=8\text{mm}$ , welches eine Zahnstange bewegt. Damit die Infusionspumpe 1ml abgibt, muss die Zahnstange um  $H_{1\text{ml}}=4\text{mm}$  bewegt werden. Berechnen Sie, wie viele Steps der Motor für die jeweiligen Abgabemengen durchführen muss.

**Formelhilfe:** *Hub:*  $H = \pi \cdot d \cdot N$        $d = \text{mittlerer Durchmesser}$      $N = \text{Umdrehungen}$

b) An der Infusionspumpe sind zwei Taster, zwei LEDs und der Schrittmotor angeschlossen. Diese Bauteile sollen über einen Arduino angesteuert werden. Der Schrittmotor ist dafür mit den Ports 3, 4, 2 und 5 mit dem Arduino verbunden. Die LEDs liegen auf den Ports 12 und 13. Die Taster liegen auf den Ports 8 und 9. Wenn ein Taster gedrückt wird, soll die entsprechende Infusionsmenge abgegeben werden und eine Statusleuchte soll dies signalisieren. Schreiben Sie das Programm für den Arduino. Nutzen Sie dafür die in a) angegebenen und berechneten Daten.

*Sollten Sie aus a) keine Steps berechnet haben, nutzen Sie folgende Werte ( $U_{1\text{ml}}=296,8 \text{ Steps}/1\text{ml}$ ;  $U_{0,2\text{ml}}=59,36 \text{ Steps}/0,2\text{ml}$ )*

c) Lesen Sie den Artikel „Hochpräzises Dosieren im Millimetertakt“ im Anhang und nehmen Sie Stellung zur Genauigkeit von Schrittmotorgesteuerten Infusionspumpen. Warum werden hier Schrittmotoren genutzt und wodurch wird die Genauigkeit dieser Geräte beeinflusst bzw. verringert.



Für eindosierende Medizingeräte hat sich weltweit der Markenname „Perfusor“, etabliert. Hergestellt werden sie von der B. Braun Melsungen AG.

# Hochpräzises Dosieren im Millimetertakt

**S**ehr, sehr langsam und ganz gleichmäßig: Das kennzeichnet die Linearbewegung von wenigen Zentimetern, die eine Infusionspumpe ausführt, wenn sie über mehrere Stunden Medikamente in die Blutbahn des Patienten eindosiert. In der neuesten Perfusor-Baureihe „Compact Plus“ wird der Linearantrieb der Pumpe mit Gleitlagern des motion plastics Spezialisten igus geführt – ruckelfrei und hoch präzise.

Mit dem Perfusor hat die B. Braun Melsungen AG erreicht, was im Marketing als eines der höchsten Ziele gilt: Ein Markenname hat sich als Gattungsbegriff für eine ganze Produktgruppe durchgesetzt. In diesem Fall für die von B. Braun erfundenen Spritzen- oder Infusionspumpen. Diese Medizingeräte sind heute in jedem Krankenhaus verbreitet. Sie dosieren das in Spritzen enthaltene Medikament mit hoher Genauigkeit und bei Bedarf über lange Zeiträume in die Blutbahn des Patienten.

Auf einer Intensivstation können pro Patienten bis zu 24 solcher Perfusoren zum Einsatz kommen. Sie versorgen den Patienten zum Beispiel mit Schmerzmitteln, Adrenalin, Nährlösungen, Betablockern oder Blut. Sie können gruppiert und am Krankenbett befestigt werden und sind über ein Kommunikationsmodul und eine Online-Suite vernetzungsfähig. Da sie auch beim Transport am Bett verbleiben, übernehmen Akkus die Stromversorgung.

## Ein „Vollversorger“ für Krankenhäuser

Die Perfusoren sind eine wichtige Produktgruppe für B. Braun, aber eben nur eine von diversen. Denn das in Melsungen bei Kassel ansässige und seit 180 Jahren in Familienbesitz befindliche Unternehmen ist in nicht weniger als achtzehn Produkt- und Anwendungsbereichen der Medizintechnik tätig. Dazu gehören u. a. Pumpen, Dialysegeräte, Einmalartikel wie Spritzen und „Braunülen“ (noch ein Produktname als Gattungsbegriff, diesmal für Venenkatheter) sowie die Chirurgieinstrumente der Tochtergesellschaft Aesculap. Im Geschäftsjahr 2017 erzielte die B. Braun AG, die weltweit rund 62.000 Mitarbeiter beschäftigt, einen Umsatz von rund 6,8 Mrd. €. Das entspricht einem

Plus von 5 % und kennzeichnet die Wachstumsstrategie: In nur acht Jahren stieg der Umsatz um 2,7 Mrd. €. Die Investitionen beliefen sich auf knapp 970 Mio. € und wurden vollständig aus eigenen Mitteln finanziert.



Bild: B. Braun Melsungen AG

Mit der Compact plus-Serie hat die B. Braun Melsungen AG eine neue Serie von Infusionspumpen („Perfusoren“) vorgestellt.

## Neue Perfusor-Baureihe

Mit der „Compact plus“ hat B. Braun in 2017/18 eine neu konstruierte Perfusor-Baureihe im Markt eingeführt. Nötig war die Neuentwicklung wegen veränderter internationaler und nationaler Vorschriften, die großen Einfluss auf die Gestaltung und die Funktionen von Medizinprodukten haben. Die neuen Perfusoren sind mit zahlreichen Sicherheitsfunktionen ausgestattet. Dr. Dirk Aljets, Lead Engineer Infusionspumpen der „Compact“-Serie: „Das Gerät erkennt z. B. die eingelegte Spritze und überwacht alle wesentlichen Prozesse selbst. Die Steuerung ist redundant; die beiden Prozessoren kommunizieren miteinander und melden sofort, wenn sie abweichende Werte erfassen.“ Und erst wenn das Gerät die Spritze erkannt hat, wird sie verriegelt und der Antrieb gestartet. Die Bedienung ist ganz auf „Usability“ ausgelegt: Viele Sprizentypen und Wirkstoffe sind in der integrierten Datenbank hinterlegt. Das OP-Personal gibt die z. B. vom Gewicht des Patienten abhängige Förderrate ein und kann sich



darauf verlassen, dass dieser Wert exakt eingehalten wird. Auch vorgegebene Infusionsprofile sind möglich. Dr. Dirk Aljets: „Bei manchen Wirkstoffen muss zunächst schnell ein Bolus, d. h. ein bestimmter Pegel erreicht werden, dann wird nur noch nachdosiert.“

## Antrieb über Schrittmotor und Spindel

Bei einer Fördermenge von 0,01 bis 999,9 Millilitern pro Stunde (Bolusraten sogar bis 1800 ml/h) – typisch sind Werte um 5 ml/h – muss der (Linear-)Antrieb des Perfusors extreme Anforderungen an die Genauigkeit erfüllen, und das bei sehr langsamem Bewegungsablauf, mit dem der Spritzeninhalt in die Zuleitung gefördert wird.



Bild: igus GmbH

Dr. Dirk Aljets, Lead Engineer Infusionspumpen der B. Braun Melsungen AG (rechts), schätzt bei igus die „High-Performance Plastics“, die schnelle Lieferfähigkeit und die gute Zusammenarbeit beim Engineering. Links im Bild: Ulf Hottung, Branchenmanager Medizintechnik, igus GmbH.

In die Konstruktion des Antriebs haben die Braun-Ingenieure deshalb sehr viel Knowhow investiert. Dr. Dirk Aljets: „Wir verwenden einen Schrittmotor, der auf eine Spindel mit einem von uns entwickelten Sondergewinde wirkt.“ So lässt sich die gewünschte Genauigkeit und Zuverlässigkeit bei den minimalen Linearbewegungen sicherstellen. Diese Genauigkeit lässt sich sogar in Zahlen ausdrücken: „Unsere Perfusoren arbeiten mit einer maximalen Abweichung von weniger als +/- 1 %.“

Bei der Antriebskonstruktion verwendet B. Braun große Sorgfalt auf die Auswahl der Lager und verwendet seit 1992 Kunststofflager aus dem igus Konstruktionsbaukasten. Für die neue Compact-Serie wurde eine neue Lagerung entwickelt. Dr. Dirk Aljets: „Beim Vorgängermodell war die Wellenführung recht aufwändig – mit zwei Führungsstangen und je einem igus Lager mit Sondertolerierung und einem als Loslager. Der neue Antrieb wird über eine Rundstange mit Schlitten geführt. Das ist einfacher, spart Bauraum und auch Kosten – und ist genauso präzise.“

Die Gleitbewegung des Schlittens auf der Rundstange erfolgt über Lagerbuchsen aus dem Hochleistungspolymer iglidur J. Dass diese Buchsen schmiermittelfrei sind, ist für B. Braun nicht entscheidend, denn die Spindel muss geschmiert werden. Viel wichtiger ist ein ruckelfreies Gleiten bei extrem geringer Geschwindigkeit der Linearbewegung. Diese Anforderung wird mit den iglidur J-Buchsen erfüllt. Zudem wird die Schubstange über ein iglidur Clipslager mit Sonderkontur an der Blechplatte befestigt. Bei dieser Anwendung haben igus und B. Braun gemeinsam eine Spezifikation entwickelt, die eine zuverlässige Lagerung gewährleistet und ein Verkanten der Schubstange unmöglich macht.

Über die Jahre ist eine kontinuierliche Zusammenarbeit entstanden, so dass in den Medizingeräten diverse iglidur Kunststofflager zum Einsatz kommen. Dr. Dirk Aljets: „Teilweise brauchen wir für solche Anwendungen gar keine High-Performance-Kunststoffe, ein PE-Bauteil täte es manchmal auch. Aber uns überzeugen Qualität und Lieferfähigkeit von igus. Deshalb nutzen wir diese Lager gern, auch wenn es technisch nicht zwingend erforderlich ist.“ Und deshalb kommen sie nicht nur in den Perfusoren zum Einsatz, sondern auch in den Dialysegeräten von B. Braun.

### KONTAKT

igus® GmbH  
Spicher Str. 1a  
D-51147 Köln  
Tel. +49 2203 964 77 06  
[www.igus.de/medizintechnik](http://www.igus.de/medizintechnik)



Wir entwickeln Ergonomie.



## Gasfedern zur Kraftunterstützung

