

Druckaufnehmer heute

Hermann Glowka, CODAN pvb Critical Care GmbH, Forstinning

Liebe Leserinnen und Leser,

in der Rubrik Fortbildung stellen wir Ihnen ausgewählte Funktions- oder Messprinzipien von Medizinprodukten aus der Herzchirurgie vor. Für die Vermittlung dieser technischen Basics wenden wir uns an Entwickler und Herstellerfirmen, um Ihnen die Kenntnisse aus erster Hand zu liefern.

Der Redaktion ist es ein großes Anliegen, die Rubrik weiterhin neutral und weitestgehend werbefrei zu gestalten. Aus diesem Grund dürfen Sie erwarten, dass wir Ihnen über den gesamten Zeitraum ein abwechslungsreiches Autorenpektrum bieten und zu den jeweiligen Beiträgen auch Produkte anderer Anbieter erwähnen. Gerne nimmt die Redaktion der KARDIOTECHNIK auch Anregungen und Vorschläge für Beiträge dieser Rubrik entgegen.

Alexander Vehling, Schriftleiter

EINFÜHRUNG

Um physiologische Druckverhältnisse zu überwachen und zu registrieren, verwendet man im medizinischen Bereich Druckmesswandler, so genannte Transducer. Mit diesen können sowohl statische als auch dynamische Druckverläufe dargestellt werden.

Um eine Austauschbarkeit dieser Druck-Transducer an verschiedenen Mess- und Anzeigeräten (z. B. Intensivmonitoren) der verschiedensten Hersteller zu gewährleisten, wurde eine Norm (AAMI) herausgegeben. An diese müssen sich Hersteller von Druckaufnehmern und Monitorhersteller halten.

Der wichtigste Parameter hierbei ist die Empfindlichkeit, die mit 50 Mikrovolt je Volt Versorgungsspannung und mmHg (50 $\mu\text{V}/\text{Volt}/\text{mmHg}$) festgelegt wurde. Weitere Festlegungen betreffen Mindestanforderungen an das dynamische Verhalten und die elektrische Sicherheit der Transducer (z. B. Isolation zwischen Flüssigkeitsweg und elektrischen Anschlüssen).

FUNKTION UND AUFBAU EINES DRUCKMESSWANDLERS

In einer elastischen Membran aus monokristallinem Silizium mit definierter Kris-

tallgitterorientierung sind vier, durch Ionenimplantation (mit diesem Verfahren werden an festgelegten Bereichen im Kristallgitter sogenannte „Störstellen“ erzeugt, die dem in reinem Zustand nicht leitfähigen Halbleiter eine definierte Leitfähigkeit verleihen) hergestellte Widerstände so angeordnet, dass bei einer Verformung dieser Membran durch einen anliegenden Druck zwei dieser Widerstände komprimiert werden, während die anderen beiden Widerstände gestreckt werden. Der elektrische Widerstand der gestreckten Widerstände erhöht sich mit steigendem Druck, während sich der Widerstand der komprimierten verringert. Diese vier Widerstände sind als „Wheatstone-Brücke“ geschaltet (Abb. 1).

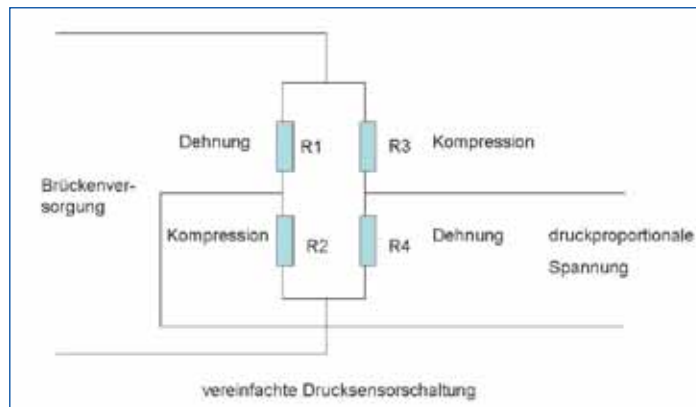


Abb. 1: Wheatstone-Brücke

Die Wirkungsweise dieser Wheatstone-Brücke wird durch das abgebildete Prinzipschaltbild eines Drucksensors verdeutlicht. Für die Beschreibung wird von einem idealen Drucksensor ausgegangen, welcher allerdings nur in der Theorie existiert. Die Brücke wird über die mit „Brückenversorgung“ gekennzeichneten Leitungen vom Mess- bzw. Anzeigerät mit einer konstanten Gleich- oder Wechselspannung versorgt. Liegt über der Membran kein Differenzdruck an, haben alle vier Widerstände der Brücke denselben Wert. Nach dem Ohm'schen Gesetz ergibt sich an den Verbindungspunkten von R 1 zu R 2 und R 3 zu R 4 jeweils die halbe Versorgungsspannung, d. h., die als druckproportionale Spannung gekennzeichneten Anschlüsse besitzen dasselbe Potenzial, die Differenz der beiden Ausgangsanschlüsse ist null.

Wirkt ein Druck auf die Membran ein, so werden R 1 und R 4 gedehnt, ihr Widerstandswert steigt an und damit der Span-

nungsabfall über diese Widerstände. Gleichzeitig werden R 2 und R 3 komprimiert, ihr Widerstandswert sinkt und damit auch der Spannungsabfall über diesen Widerständen. Während die Spannung am Verbindungspunkt R 1 zu R 2 sinkt, steigt die Spannung am Verbindungspunkt R 3 zu R 4 an. Die Differenz der beiden Spannungen ergibt die Ausgangsspannung des Drucksensors. Diese steht, zumindest beim idealen Drucksensor, in direkter linearer Beziehung zum auf die Membran einwirkenden Druck.

Leider existieren in Wirklichkeit keine idealen Drucksensoren. Obwohl alle vier Brückenwiderstände mit den identischen Verfahrensschritten hergestellt werden, lassen sich geringfügige Differenzen in ihren

Ausgangswerten nicht vermeiden. Hieraus resultiert eine „Offset-Spannung“, d. h., eine Restspannung, die auch bei null Druck über dem Druckausgang anliegt. Die Materialstärke der Membran lässt sich nicht bei jedem Exemplar exakt gleich herstellen, deshalb ist auch die Empfindlichkeit je-

des Sensors etwas anders.

Aufgrund verschiedener physikalischer Prozesse sind auch noch die Empfindlichkeit und die Ausgangswerte der Widerstände von der Temperatur des Sensors abhängig (die Empfindlichkeit nimmt mit steigender Temperatur ab, die Widerstandswerte nehmen zu). Außerdem ist der linear proportionale Zusammenhang zwischen Druck und Ausgangsspannung nur über einen bestimmten Druckbereich annähernd gegeben. Außerhalb des Messbereichs sind relativ große Abweichungen feststellbar.

Da in der Praxis austauschbare Drucksensoren benötigt werden, müssen diese Toleranzen so weit wie möglich „kompensiert“ werden. Hierzu dient ein Widerstandsnetzwerk, das zusammen mit dem Sensorelement auf einer Keramik-Grundplatte untergebracht ist und individuell, meist mittels Laser, abgeglichen wird.

Zur Kompensation der Restausgangsspannung (Offset) bei null Druck werden



Abb. 2: xtrans-Druckaufnehmer im Einsatz an der HLM

die Brückenweige R 1 und R 3 mit Hilfe externer Parallelwiderstände auf Balance abgeglichen. Die Empfindlichkeit der Sensorelemente ist normalerweise ca. 3- bis 5-mal höher als benötigt. Mit Hilfe von Serienwiderständen wird die Versorgungsspannung des Sensorelements so herabgesetzt, dass der Sensor exakt seine Soll-empfindlichkeit aufweist. NTC-Widerstände, die auch Teil der Vorwiderstandsschaltung sind, kompensieren weitgehend den Empfindlichkeitsverlust bei steigender Temperatur.

Ein weiterer Abgleichwiderstand liegt zwischen den beiden Ausgängen der Brücke und sorgt für einen definierten Ausgangswiderstand. Dieser ermöglicht, dass durch Anlegen eines Stroms, der durch einen Widerstand erzeugt wird, ein definiertes Ausgangssignal erzeugt werden kann, das einem Druck von ca. 100 mmHg entspricht. Dieses erlaubt eine schnelle Prüfung des gesamten elektrischen Systems.

ANWENDUNGSGEBIETE VON DRUCKSENSOREN

Druck-Transducer werden in der Regel mit so genannten Druckmesslinien kundenspezifisch konfiguriert, um z. B. für die invasive Blutdruckmessung eingesetzt zu werden. Im kardiologischen Bereich finden sie Verwendung im Herzkatheterlabor, um über Katheter die diagnostisch wichtigen Druckparameter aufzuzeichnen. Bei Verwendung von Herz-Lungen-Maschinen im operativen Bereich werden diese Druckaufnehmer an wichtigen Punkten des Gesamtsystems eingesetzt, um die verschiedenen Parameter zu überwachen. In der neurochirurgischen Disziplin werden die Druckaufnehmer zur Überwachung des Hirn- und Ventrikeldrucks eingesetzt.

hermann.glowka@pvb-cc.com

Das Grundprinzip der Druckmessung anderer Hersteller wie Smiths Medical oder Becton Dickinson (BD) beruhen ebenso auf den elektrischen Beziehungen einer „Wheatstone-Brücke“ mit der Verwendung spezieller dehnungs- und stauchungsempfindlicher Widerstände.

Ein Anspruch auf vollständige Nennung sämtlicher Anbieter und Funktionsprinzipien ist nicht gegeben!

Die Redaktion