

Funktionsweise automatischer Schlauchklemmen am Beispiel des arteriellen Autoclamp-Systems

Todd Romine, Principal Systems Engineer, Medtronic, Inc.

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 Autorentenspektrum 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

EINLEITUNG

In den aktuellen Leitlinien der Fachgesellschaften werden Funktionsmerkmale von Perfusionssystemen empfohlen, darunter Luftblasenerkennung, Erkennung eines retrograden Flusses, Reservoirpegelerkennung und automatisches Abklemmen der arteriellen Linie. Die Herz-Lungen-Maschine Medtronic Performer[®] CPB wie auch die Medtronic BioConsole[®] 560 unterstützen alle diese Funktionsmerkmale. Im folgenden Artikel wird unser Sicherheitssystem für das automatische Abklemmen der arteriellen Linie vorgestellt.

Bei dem in diesem Jahr vorgestellten arteriellen Autoclamp-System handelt es sich um ein pneumatisch betriebenes Sicherheitssystem, das einen retrograden Fluss in der arteriellen Linie eines extrakorporalen Blutkreislaufs verhindert. Bei einem retrograden Fluss besteht die Gefahr, dass an der Eintrittsstelle der Kanüle in die Aorta Luft in die arterielle Linie eindringt. Bleibt diese eingedrungene Luft bei der Wiederaufnah-

me des antegraden Flusses unerkannt, kann sie in die Aorta eintreten. Durch Anbringen einer automatisch aktivierten Klemme an der arteriellen Linie kann ein retrograder Fluss und damit das mögliche Eindringen von Luft an der Eintrittsstelle der Kanüle in die Aorta verhindert werden.

TECHNISCHE BESCHREIBUNG

Das Autoclamp-System besteht aus einer pneumatisch betriebenen Klemme (Abb. 1)



Abb. 1: Autoclamp

und einem elektropneumatischen Schnittstellenmodul (Abb. 2) als Bindeglied zwi-



Abb. 2: Elektropneumatisches Schnittstellenmodul

schen der Klemme und dem ansteuernden System. Von der Software des ansteuernden Systems ausgegebene Befehle veranlassen das Autoclamp-System zum Öffnen und

Schließen der Klemme. Zugleich überwacht die Software des ansteuernden Systems die Statussignale des Autoclamp-Systems.

Autoclamp-Klemme

Die Autoclamp besteht aus einem Pneumatikzylinder, der einen Abklemmmechanismus antreibt. Dieser Abklemmmechanismus drückt den Schlauch der arteriellen Leitung gegen den Klemmenverschluss und klemmt so den Schlauch ab. Wirkt Druckluft auf den Pneumatikzylinder ein, öffnet sich der Abklemmmechanismus. Wird die Druckluft abgelassen, bewirkt eine Feder das Schließen des Abklemmmechanismus. Der Klemmenverschluss kann mithilfe des Verriegelungsdrehknopfs entriegelt und geöffnet werden. Der Anschluss der Klemme an das Schnittstellenmodul erfolgt über eine zwei Meter lange elektropneumatische Anschlussleitung mit Schnellkupplungen. Nach Ausgabe des entsprechenden Befehls schließt das Autoclamp-System die Klemme innerhalb einer Zehntelsekunde. In umfangreichen Tests wurde nachgewiesen, dass das mechanische Abklemmen der arteriellen Leitung durch das Autoclamp-System keinerlei Kavitationseffekte im arteriellen Blut verursacht (Abb. 3).

Die Autoclamp ist mit einem Positions-

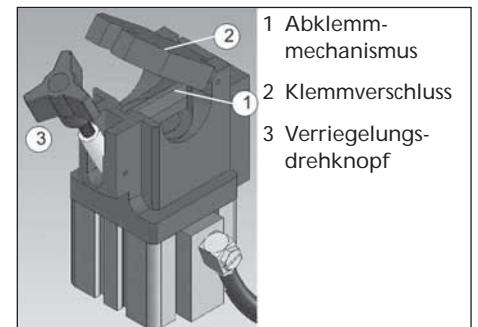
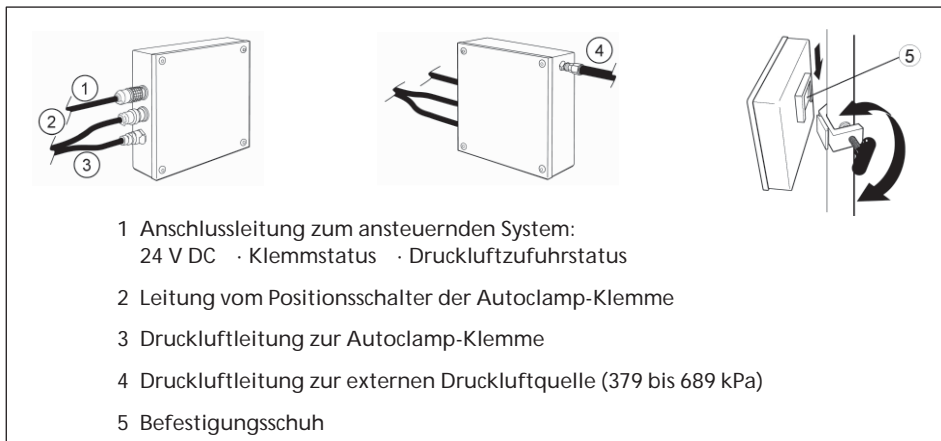


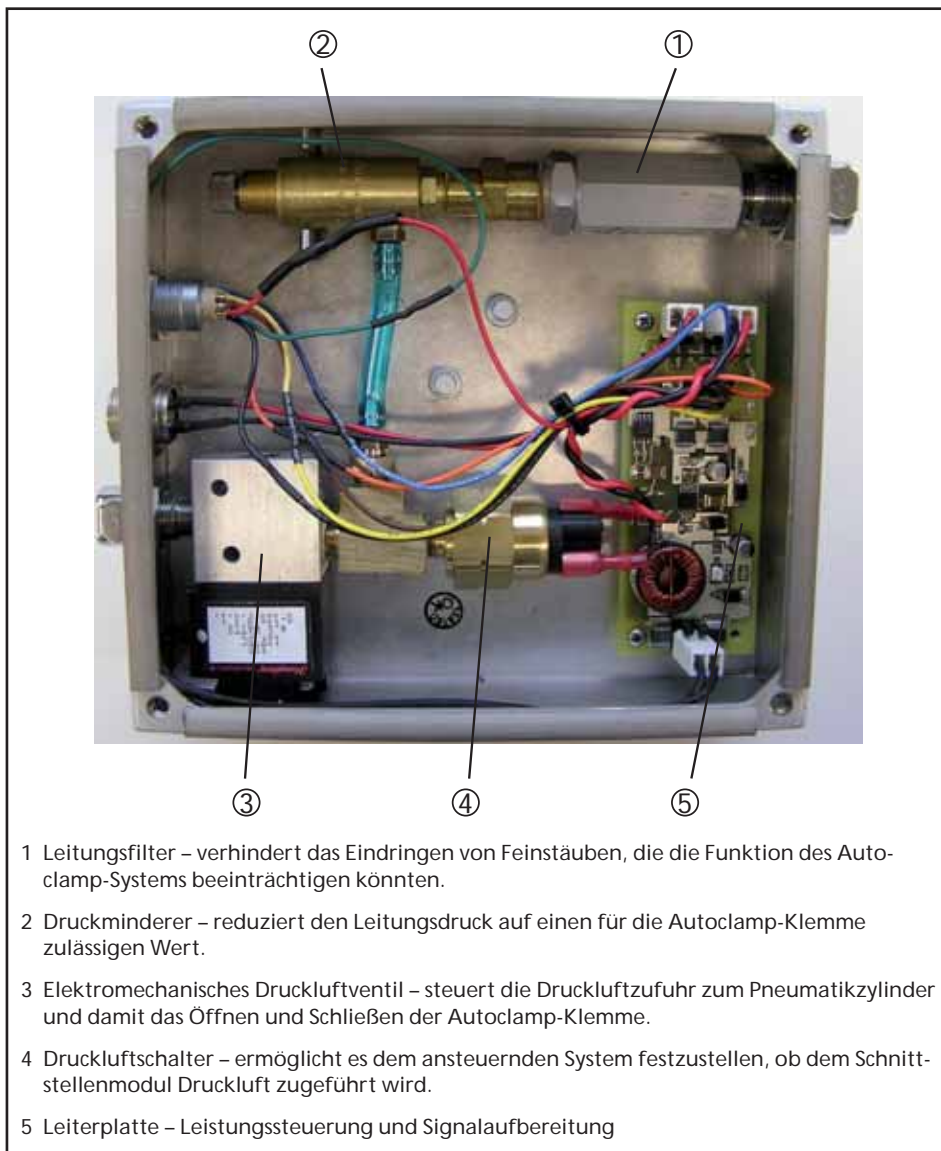
Abb. 3: Schema Autoclamp

schalter ausgestattet, der bei geschlossener Klemme ebenfalls geschlossen ist. Dieser Positionsschalter ermöglicht die softwaregesteuerte Überwachung des Klemmenstatus, d. h. das ansteuernde System kann feststellen, ob der Klemmenstatus dem an das Autoclamp-System gegebenen Befehl entspricht.



- 1 Anschlussleitung zum ansteuernden System:
24 V DC · Klemmstatus · Druckluftzufuhrstatus
- 2 Leitung vom Positionsschalter der Autoclamp-Klemme
- 3 Druckluftleitung zur Autoclamp-Klemme
- 4 Druckluftleitung zur externen Druckluftquelle (379 bis 689 kPa)
- 5 Befestigungsschuh

Abb. 4: Anschluss und Anbringung der Schnittstelle



- 1 LeitungsfILTER – verhindert das Eindringen von Feinstäuben, die die Funktion des Autoclamp-Systems beeinträchtigen könnten.
- 2 Druckminderer – reduziert den Leitungsdruck auf einen für die Autoclamp-Klemme zulässigen Wert.
- 3 Elektromechanisches Druckluftventil – steuert die Druckluftzufuhr zum Pneumatikzylinder und damit das Öffnen und Schließen der Autoclamp-Klemme.
- 4 Druckluftschalter – ermöglicht es dem ansteuernden System festzustellen, ob dem Schnittstellenmodul Druckluft zugeführt wird.
- 5 Leiterplatte – Leistungssteuerung und Signalaufbereitung

Abb. 5: Schnittstellenmodul (geöffnet)

Die Autoclamp-Klemme wird an eine Ständerhalterung mit Teleskoparm montiert, der eine Positionierung der Klemme unmittelbar an der arteriellen Linie ermöglicht. Die Autoclamp kann wahlweise horizontal oder vertikal angebracht werden.

Schnittstellenmodul

Das Schnittstellenmodul besitzt Schnellkupplungen für alle Anschlüsse. Dank des Quick-Clip-Befestigungssystems kann es direkt am ansteuernden System oder an einer Ständerhalterung angebracht werden.

Die 24-V-DC-Leitung dient gleichermaßen zur Stromversorgung wie zur Ansteuerung des Schnittstellenmoduls. Liegen 24 V DC am Schnittstellenmodul an, wird die Klemme geöffnet und offen gehalten. Liegen keine 24 V DC an, wird die Klemme durch den Federdruck geschlossen gehalten (Abb. 4).

Das Schnittstellenmodul enthält elektronische und pneumatische Komponenten. Die pneumatischen Komponenten verbinden die Druckluftzufuhr- und die Klemmendruckluftleitung miteinander und mit der Elektronik (Leiterplatte und Verkabelung) (Abb. 5).

Ein parallel zum Druckluftschalter angeschlossener 50-k Ω -Widerstand ermöglicht es dem ansteuernden System festzustellen, ob die Anschlussleitung am Schnittstellenmodul angeschlossen ist.

Zur Minimierung des Energiebedarfs verfügt die Elektronik über eine schaltgeregelt zweistufige Leistungssteuerung für das Druckluftventil. Beim Öffnen des Ventils liegt für eine halbe Sekunde die volle Leistung an der Magnetspule des Ventils an. Anschließend wird die Leistung auf 25 % reduziert, was genügt, um das Ventil geöffnet zu halten. Bei geöffneter Klemme beträgt die Leistungsaufnahme im Dauerbetrieb 2,4 W.

BETRIEBSARTEN

Die Herz-Lungen-Maschine Medtronic Performer CPB kennt drei Betriebsarten für das arterielle Autoclamp-System: Test, deaktiviert und aktiviert. Bei Aktivierung der Autoclamp-Funktion wird im Rahmen eines Selbsttests die ordnungsgemäße Funktion überprüft. Bei diesem Selbsttest verifiziert die Herz-Lungen-Maschine, ob ein zum Betrieb der Klemme ausreichender Druck an der Druckluftleitung anliegt und sich die Klemme auf Befehl ordnungsgemäß öffnet und schließt. Bei einem Scheitern dieses Selbsttests wird die Autoclamp-Funktion nicht aktiviert und der Anwender über die Fehlfunktion informiert. Ist die Autoclamp-Funktion aktiviert, wird die Autoclamp-Klemme je nach Konfiguration bei verschiedenen von der Herz-Lungen-Maschine registrierten Ereignissen (geringer Fluss, retrograder Fluss, Leerlauf der Pumpe und Anhalten der Pumpe) automatisch geschlossen. Sollte der Druck der Druckluftzufuhr unter den Mindestbetriebsdruck von 379 kPa abfallen, wird ein Alarm ausgelöst

Bei der Medtronic BioConsole 560 erfolgen Konfiguration, Test und Aktivierung des Autoclamp-Systems auf vergleichbare

Spezifikationen	
Zulässige Schläuche für die arterielle Leitung	PVC-Schlauch, 9,5 mm (3/8") Innendurchmesser x 2,4 mm (3/32") PVC-Schlauch, 6,4 mm (1/4") Innendurchmesser x 1,6 mm (1/16")
Erforderliche Druckluftzufuhr	379 bis 689 kPa (55 bis 100 psi)
Klemmkraft	14,5 kg (32 lbs)
Ansprechzeit der Autoclamp-Klemme	100 Millisekunden
Leistungsaufnahme	2,4 Watt (geöffnete Klemme, Dauerbetrieb)
Gewicht	Autoclamp-Klemme: 0,45 kg Schnittstellenmodul: 0,8 kg
Abmessungen	Autoclamp-Klemme: 9,5 cm x 6,5 cm x 5,0 cm Schnittstellenmodul: 15,5 cm x 17,0 cm x 4,5 cm

Tab. 1: Spezifikationen

Weise. Bei diesem System kann die Autoclamp-Funktion so konfiguriert werden, dass die Autoclamp-Klemme automatisch geschlossen wird, wenn das System einen retrograden Fluss oder ein Anhalten der Pumpe registriert.

Sollte sich die Autoclamp-Klemme während eines Eingriffs irrtümlich schließen, kann sie durch den Anwender manuell wieder geöffnet werden. Ist die Autoclamp-Funktion deaktiviert, steht die Autoclamp

offen und wird durch keines der vom System registrierten Ereignisse geschlossen.

ZUSAMMENFASSUNG

Das Medtronic Sicherheitssystem für das automatische Abklemmen der arteriellen Leitung bringt die Sicherheit des Patienten einen weiteren Schritt nach vorn und demonstriert das beständige Engagement von Medtronic, seinen Kunden stets nur die besten und sichersten Produkte zu bieten.

Automatische Schlauchklemmen werden neben der „Autoclamp“ von Medtronic auch von sämtlichen gängigen Herstellern von Herz-Lungen-Maschinen wie Maquet Cardiopulmonary, der Sorin Group und Terumo angeboten. Hierbei gibt es Klemmen, die speziell für den Betrieb in arteriellen oder venösen Linien gedacht sind.

Die Klemmenstellung der automatischen arteriellen Klemme der Sorin Group wird anders als bei der „Autoclamp“ durch einen Motor mit entsprechender Gewindespindel realisiert und ermöglicht Reaktionszeiten von 300–400 ms.

Venöse Klemmen, von Maquet Cardiopulmonary oder Terumo, sind als Drosselklemmen konzipiert. Hier wird ein Stempel in der Klemme über einen Schrittmotor bewegt und über ein zentrales Bedienungsfeld gesteuert. Der Öffnungsgrad der Klemme, d. h. die verbleibende Durchtrittsöffnung, wird in Prozent auf dem Bedienungsfeld angezeigt.

Die Redaktion