

# Aktuelle Herz-Lungen-Maschinen im Vergleich

## ZUSAMMENFASSUNG

Im Rahmen der Planung einer Neuanschaffung von Herz-Lungen-Maschinen führten wir am Ende des Jahres 2005 Perfusionen mit den drei zurzeit in Deutschland aktuellen Maschinen der Firmen Maquet, Terumo und Stöckert durch. Die dabei gewonnenen Erfahrungen haben wir in kleinen Testberichten zusammengefasst, welche die Entscheidungsfindung für den Kauf der neuen Maschinen erleichtern sollten. Bei der Beurteilung stand dabei absichtlich nicht der objektive Vergleich der Maschinendaten im Vordergrund, sondern der Eindruck, welcher beim täglichen Gebrauch im Routineeinsatz entsteht. Die Idee, diese Testberichte zu veröffentlichen, entstand erst nach Abschluss der Testreihe.

## SCHLÜSSELWÖRTER

HLM, Herz-Lungen-Maschine, Stöckert S5, Terumo System 1, Maquet HL 30

## ABSTRACT

In the context of planning the acquisition of new heart-lung machines we performed extracorporeal perfusions with the three at present in Germany available heart-lung machines of the companies Maquet, Terumo and Stöckert at the end of 2005. We summarized the gathered experiences in small test reports to facilitate decision-making concerning the purchase of the new machines. During the evaluation the main intention was not the comparison of the machine data, but the impression of the handling during daily routine. The idea to publish these test reports developed only after the conclusion of the test.

## KEY WORDS

HLM, heart-lung machine, Stöckert S5, Terumo System 1, Maquet HL 30

## MAQUET HL 30

Wir verwendeten die Herz-Lungen-Maschine Maquet HL 30 im Routinebetrieb bei ca. 35 Perfusionen mit unserem geschlossenen SANA-Standardsystem (Dideco). Die Maschine wurde dabei von vier Mitarbeitern der Abteilung Kardiotechnik gleichermaßen benutzt. Bei der HL 30 handelt es sich um eine flexibel konfigurierbare, weitgehend Software-gesteuerte Herz-Lungen-Maschine. Pumpen-, Bedien- und Anzeigeelemente lassen sich nahezu beliebig anordnen und über die Software verknüpfen.



Abb. 1: Maquet HL 30: Die Trennung der Pumpen von der Bedieneinheit lässt unzählige Kombinationen im Maschinenaufbau zu. Schwachpunkte: mechanische Unzulänglichkeiten, schlecht entspiegelte Pumpendisplays. (Foto: Maquet)

Der flexible Aufbau ermöglicht völlig neue Wege bei der Optimierung des Perfusionssystemes, weil dieses nicht mehr an starre Pumpenkonfigurationen angepasst werden muss. Somit ist z. B. eine patientennahe Positionierung der Pumpen bzw. die Anordnung direkt am Reservoir möglich, um Schlauchlängen und somit Fremdoberfläche und Primingvolumen weiter zu minimieren. Erkauft wird dieser Vorteil mit einer Vielzahl zu verlegender Kabel von den Modulen zur Zentrale der Maschine, was sich insbesondere bei der Reinigung der Maschine nachteilig auswirken kann. Die Steckverbinder für anzuschließende Pumpen, Patientenmonitor, Sensoren (hier ist eine spezielle Sensor-Bridge verfügbar) sind sehr gut zu erreichen. Hervorzuheben ist, dass der Betrieb einer Zentrifugalpumpe vom System bereits vorgese-

hen ist und somit ohne Anbau von weiterer Peripherie (außer natürlich dem Zentrifugalpumpenkopf selbst) erfolgen kann.

Die von der arteriellen Pumpe ausgehenden Schwingungen übertragen sich bei bestimmten Umdrehungszahlen auf die gesamte Maschine und führen zu starken Bewegungen des Bedienpultes und der Anzeige. Durch Verwendung von Kunststoff und Verkleinerung der Baugröße ist es Jostra gelungen, eine kompakte und vor allem leichte Maschine zu bauen. Sie lässt sich leicht bewegen, aber aufgrund ungünstiger Gewichtsverteilung und des Fehlens eines Griffes zum Schieben sehr schwer lenken. Die Kunststoffoberfläche ist leider nicht kratzfest. Positiv fiel uns die neuartige Fixierung der Masten auf. Die Fixierung erfolgt nicht mehr mittels Schrauben und ist dementsprechend leichter lösbar. Die Infusionshaken der Testmaschine waren sehr unpraktisch. Ein sicheres Aufhängen von Infusionsbeuteln und Klemmen war nicht möglich. Inzwischen verwendet Maquet jedoch Standard-Infusionshaken, welche sich nicht mehr von denen der anderen Hersteller unterscheiden.

Als Anzeigeeinheit befindet sich ein freiplatzierbarer Touchscreen-Monitor an der Maschine, welcher trotz seiner recht kleinen Abmessungen sehr gut und in einem weiten Betrachtungswinkel ablesbar ist. Die Anzahl bzw. Anordnung der angezeigten Werte ist über die Software vom Jostra-Service frei konfigurierbar, es können mehrere Konfigurationen gespeichert werden. Bei entsprechender Verbindung zum Patientenmonitor können über diese Anzeige auch alle relevanten Patientendaten angezeigt werden. Zusatzgeräte wie das Normo-Hypothermiegerät und Gasblender werden ebenfalls hier gesteuert bzw. abgefragt.

Nach kurzer Eingewöhnung gelingt auch die Eingabe von Zahlen (z. B. für die Datenerfassung) problemlos, für die Veränderung von Grenzwerten steht auch ein Inkrementalgeber zur Verfügung.

Sicherheitsrelevante Eingaben können nur durch gleichzeitiges Drücken eines zusätzlichen Tasters durchgeführt werden. Bei ungünstiger Position eines Eingabebuttons innerhalb des Displays ist eine sicherheitsrelevante Eingabe mit einer Hand

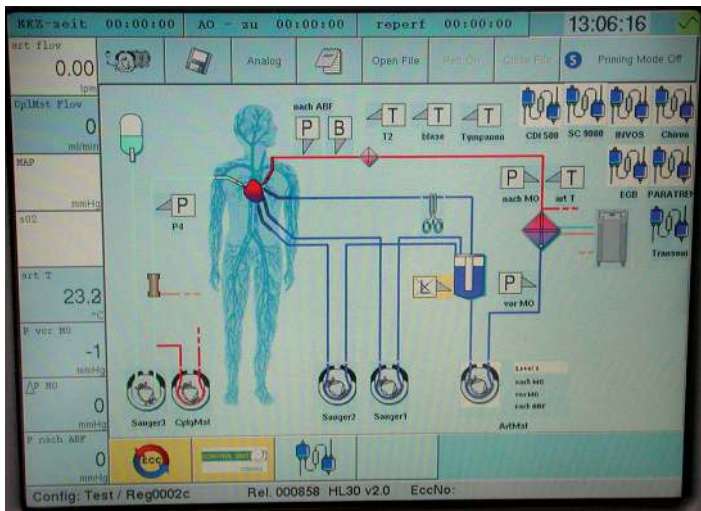


Abb. 2: Maquet HL 30: Trotz kleiner Abmessungen hohe Übersichtlichkeit bei hoher Darstellungsqualität. Nicht alle Bedienvorgänge lassen sich mit einer Hand ausführen. (Foto: Kardiotechnik Regensburg)

jedoch nicht mehr möglich. Dies wurde von einigen Mitarbeitern als bedenklich eingestuft, da im Notfall zur Weiterführung der Perfusion oder zur Verhinderung weiterer Zwischenfälle keine Hand mehr frei ist.

Bei der getesteten Maschine verstellte sich über Nacht regelmäßig die Systemuhr. Durch die Software-seitige Verknüpfung der Timer mit der Systemuhr verändern sich alle Zeiten bei Neueinstellung der Systemuhr während der Perfusion. Dieser Fehler wurde mit dem nächsten Update beseitigt.

Die Steuerung der Pumpen sowie der elektronischen venösen Klemme erfolgt über einzelne Steuermodule, welche auf der Bedieneinheit (ebenfalls frei positionierbar) zusammengefasst sind. In jedes Bedienmodul ist ein Display integriert, welches die wichtigsten Parameter anzeigt, ein Drehregler und wenige Bedienknöpfe. Eine Steuerung der Pumpen ist auch bei Ausfall der zentralen Steuerung möglich, die Pumpen sind dann aber nicht mehr mit den Sicherheitssensoren (Drucküberwachung, Bubble-Sensor usw.) verbunden.

Nach dem Einschalten erfolgt ein Selbsttest der Pumpensteuerung, welcher für Notfallsituationen zu lang ist. Erfolgt nach dem Einschalten der Maschine noch das Füllen des Systems, entstehen durch Hochfahren des Computers und der Pumpen jedoch keine zusätzlichen Verzögerungen.

Der gesamte Drehzahlbereich einer Pumpe ist in einem Drehwinkel von ca. 300° zusammengefasst, was eine präzise Steuerung der Pumpen gerade im unteren Drehzahlbereich nicht zulässt. Das macht sich zum Beispiel bei der Kardioplegiesteuerung und der Steuerung der arteriellen Pumpe zu Beginn und am Ende der Perfusion bemerkbar.

Die Displays der Steuermodule haben der jeweiligen Situation angepasst unterschiedliche Hintergrundfarben. Im Falle eines Alarmes ist somit auf den ersten Blick erkennbar, welche Pumpe betroffen ist. Die Anzeige der aktuellen Förderleistung ist durch ständige Anpassung bzw. „Nachlaufen“ etwas gewöhnungsbedürftig. Außerdem ist das Display durch schlechte Entspiegelung aus einiger Entfernung nur noch mit Mühe bzw. gar nicht ablesbar. Die Pumpen entwickeln fast keine Laufgeräusche.

Sehr positiv ist allen Mitarbeitern die elektronische Klemme aufgefallen, welche sich präziser steuern lässt als jede bis jetzt bekannte Klemme. Eine gewünschte

Entfernung nur noch mit Mühe bzw. gar nicht ablesbar. Die Pumpen entwickeln fast keine Laufgeräusche.

Sehr positiv ist allen Mitarbeitern die elektronische Klemme aufgefallen, welche sich präziser steuern lässt als jede bis jetzt bekannte Klemme. Eine gewünschte

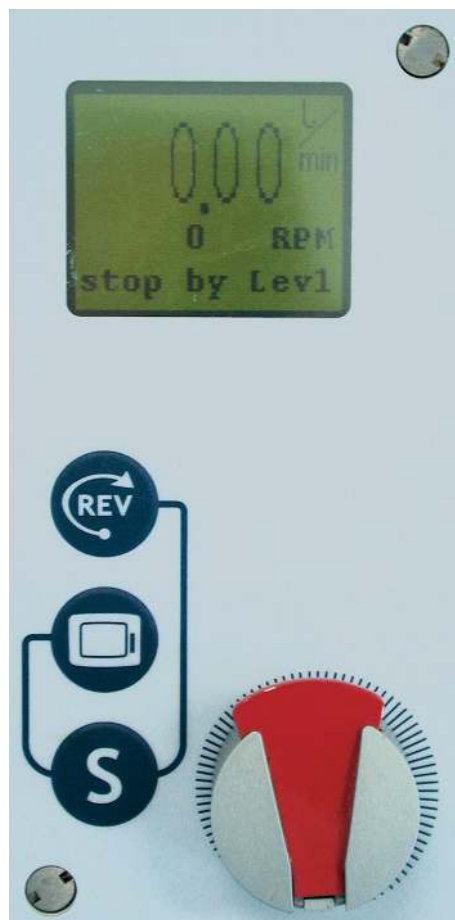


Abb. 3: Maquet HL 30: Modul (Pumpe, Drossel) und Bedieneinheit sind perfekt entkoppelt. Dies ermöglicht eine komfortable Bedienung. Die schlecht entspiegelten Displays trüben jedoch den sonst positiven Eindruck. (Foto: Kardiotechnik Regensburg)

Volumenverschiebung ist bei jeder Flussrate sehr genau steuerbar, die Klemme reagiert fast verzögerungsfrei. Im Notfall ist ein schnelles Entfernen des Schlauches aus der Klemme jederzeit möglich.

Der verwendete „elektronische“ Gasblender ist genauso genommen ein elektrifizierter Sechrist-Blender ohne jegliche Automatisierung. Lediglich die Anzeige der eingestellten Werte ist auf elektronischem Weg realisiert. Auch bei diesem Gasblender erfolgt messtechnisch keine Kontrolle des eingestellten FiO<sub>2</sub>.

Bei der letzten Test-Perfusion konnte die kontinuierliche Erfassung perfusionsrelevanter Daten und die Auswertung derselben getestet werden. Mit minimalem Hardware-Aufwand ist es möglich, elektronische Maschinenprotokolle zu erstellen, Daten elektronisch zu speichern und statistisch auszuwerten. Im Falle der Einführung einer elektronischen Patientenakte ist eine Erweiterung bzw. Vernetzung des Systems möglich. Die Eingabe von Daten während der Perfusion erfolgt über den Touchscreen, der Datentransport zum zentralen Rechner derzeit über Multimedia-Cards.

Abschließend bewerten wir die HL 30 als sehr innovatives und zuverlässiges System mit einer Vielzahl an Möglichkeiten, die Durchführung der EKZ weiter zu optimieren. Die Maschine ist durch ihre Software-Steuerung und den flexiblen Aufbau auch bei zukünftigen Veränderungen anpassbar. Nicht unerhebliche Schwächen fanden wir im mechanischen Aufbau, der Qualität der verwendeten Materialien und in kleineren Fehlern der Software.

## TERUMO SYSTEM 1

Wir verwendeten die Herz-Lungen-Maschine Terumo System 1 im Routinebetrieb bei ca. 25 Perfusionen mit unserem geschlossenen SANA-Standard-System (Dideco). Die Maschine wurde von zwei Mitarbeitern der Abteilung Kardiotechnik jeweils zwei Wochen lang benutzt.

Bei der Terumo System 1 handelt es sich um eine über einen Zentralrechner Software-gesteuerte Herz-Lungen-Maschine, bei welcher in der Entwicklung sehr viel Wert auf maximale Flexibilität gelegt wurde. Die Bedienung der HLM erfolgt über einen großen, beliebig konfigurierbaren Touchscreen. Hier werden über virtuelle Fader Pumpen und Klemmen gesteuert, Alarmgrenzen und -Zuordnungen eingestellt und bei laufender Perfusion Messwerte und Alarme angezeigt. Die Programmierung der Konfiguration kann vom Kardiotechniker durchgeführt werden, ist

aber während der Perfusion nicht veränderbar (mit Ausnahme der Alarmgrenzen). Einzelne Konfigurationen können gespeichert und bei Bedarf durch ein Passwort gesichert werden.

Größe und Gewicht sind im Vergleich zum Vorgängermodell (SARNS 9000) deutlich reduziert, auch im Vergleich zu der bei uns verwendeten SIII von Stöckert ist die System 1 kleiner und leichter. Leider haben die Entwickler keine Ablageflächen eingeplant, was sich im laufenden Betrieb als sehr störend erweist (fehlende Schreibunterlage, keine Möglichkeit, Verbrauchsmaterial zu verstauen). Die Laufräder sind sehr leichtgängig, die Maschine lässt sich jedoch wegen fehlender Griffe schwer lenken. Die Oberfläche der Konsole ist mit einer rauen Lackschicht überzogen, welche nicht kratzfest und schwer zu reinigen ist. Auch bei den Pumpen wurde kein Edelstahl, sondern Kunststoff, allerdings in einer recht stabilen Ausführung, verwendet. Der Netzschalter ist an der Unterseite der Konsole angebracht. Somit ist ein versehentliches Ausschalten der Maschine nahezu ausgeschlossen, ein beabsichtigtes Einschalten fast unmöglich. Die Betriebsgeräusche wurden von allen Mitarbeitern im OP als sehr störend empfunden.



Abb. 4: Terumo System 1: Klassischer Maschinenaufbau mit moderner zentraler Steuerung, eine Kombination mit Konfliktpotenzial (siehe Text) (Foto: Terumo)

Anzahl und Art der verwendeten Sensoren bestimmt der Kardiotechniker mittels in großer Vielfalt erhältlicher Steckmodule. Diese sind über einen CAN-Bus vernetzt und arbeiten nach der Anmeldung autonom. Im Falle eines Defekts können sie auch während der Perfusion ausgetauscht



Abb. 5: Terumo System 1: Alle Funktionen werden über einen Bildschirm gesteuert. Dieses gut gedachte Konzept zeigte jedoch noch einige Schwächen. (Foto: Terumo)

werden, dem neu eingesetzten Modul wird dann über den Touchscreen die Funktion des defekten Moduls zugeordnet. Die Anmeldung zusätzlicher Parameter ist jedoch nur im Konfigurationsmodus (außerhalb der Perfusion) möglich.

Die Pumpen sind klassisch auf einer Konsole nebeneinander angeordnet. Der notfallmäßige Wechsel einer einzelnen Pumpe ist wegen der Fixierung der Pumpe auf der Konsole nicht ohne weiteres möglich. Dafür können die Definitionen der einzelnen Pumpen während der Perfusion beliebig vertauscht werden. Die Perfusionssysteme müssten so konfiguriert werden, dass z. B. bei Ausfall der arteriellen Pumpe ein Umlegen des Schlauches auf eine Saugerpumpe möglich wäre. Diese könnte dann über die zentrale Steuerung in eine arterielle Pumpe umdefiniert werden.

Als Bedienelemente stehen je ein Drehknopf und einige Taster für die Steuerung bei Ausfall des zentralen Monitors oder während des Hochfahrens der Maschine zur Verfügung. Auf einem großen, kontrastreichen Display werden Drehrichtung, Fluss und einige Sonderfunktionen angezeigt. Bei Bedarf lassen sich die Pumpenmodule auch frei anordnen, der Grundaufbau (eckige Form, hohes Gewicht, für den Betrieb notwendige Bedienelemente) spricht allerdings gegen eine flexible Verwendung. Auch bei Terumo sind keine Doppelrollerpumpen erhältlich.

Die Schlauchfixierung der Rollerpumpen passt sich automatisch an die verwendeten Pumpenschläuche an. Damit entfällt

das Auswechseln der Schlauchführung bei Änderung der Schlauchgröße, z. B. bei einem notfallmäßigen Wechsel der arteriellen Pumpe. Durch den engen Aufbau besonders der kleinen Rollerpumpe gestaltet sich das Einlegen der Schläuche sehr schwierig und bedeutet ein hohes Verletzungsrisiko für den Kardiotechniker. Drehrichtung und verwendete Schlauchgröße werden bei der individuellen Konfiguration der Maschine über die zentrale Steuerung programmiert und gespeichert. Während der Perfusion können diese Parameter jedoch nicht mehr über den Touchscreen geändert werden, sondern nach Abschalten der Pumpe nur noch an der jeweiligen Einheit selbst. Diese Vorgehensweise ist gerade in Notfallsituationen sehr zeitaufwändig und erfordert den vollen Zugang zur Pumpe, was mit der Philosophie der beliebigen Anordnung der Pumpen im Widerspruch steht. Die nachträgliche Änderung der Drehrichtung (z. B. zum Entleeren des Systems) wird bei Auftreten eines Alarms, welcher zum Pumpenstopp führt (Hochdruck, Bubble), wieder gelöscht, so dass die Pumpe nach Alarmquittierung in die falsche Richtung dreht.

Im praktischen Einsatz erweist sich die Steuerung des Pumpenflusses über die virtuellen Fader nicht immer als sinnvoll. Dies liegt an der fehlenden (mechanischen) Rückmeldung der Faderposition, es ist also immer nötig, auf das Display zu sehen und die Position des Faders optisch zu kontrollieren. Die Reaktion des Touchscreens auf Berührung ist teilweise verzögert bzw. ungenau, eine Bedienung von mehr als einem

Element zur gleichen Zeit ist nicht möglich. Somit ist man z. B. bei Beendigung der Perfusion gezwungen, Touchscreen (venöse Klemme) und Drehregler der Pumpe gleichzeitig zu bedienen. Man muss also entweder Bildschirm oder venöses Reservoir unbeachtet lassen, ein kontrollierter Abgang wird erheblich erschwert.

Eine Weiterentwicklung auf dem Gebiet der Pumpensteuerung ist der Servomodus. Hier kann die Pumpe einen definierten Druck konstant halten, was z. B. bei der Kardioplegiegabe von Vorteil sein kann. Eine pulsatile Perfusion ist ebenfalls möglich.



Abb. 6: Terumo System 1: Der kleine Drehregler ist nicht für den ständigen Gebrauch bestimmt: Die Bedienung der Pumpen erfolgt über den Touchscreen. (Foto: Terumo)

Die verwendeten Drehregler an den Pumpenmodulen sind nicht unproblematisch. Es handelt sich um Inkrementalregler ohne Rasterung, d. h. die Auslösung des Impulses ist nicht fühlbar. Die Auflösung der Regler beim Einstellen des Flusses ist sehr klein und somit gut geeignet, um sehr kleine Flussmengen präzise zu regeln (Kardioplegie, Kopfperfusion). Für das Einstellen des arteriellen Flusses wäre eine gröbere Auflösung jedoch praktischer.

Die Drehregler werden auch zum Einstellen der Drehrichtung und der Schlauchgrößen benötigt. Das verwendete Menüsystem ist jedoch sehr kompliziert, die Umschaltpunkte sind sehr weit auseinander gelegt (ca. 90°). Hier macht sich die fehlende Rasterung sehr störend bemerkbar.

Einzigartig auf dem derzeitigen Markt für Herz-Lungen-Maschinen ist der integrierte elektronische Gasblender, denn erstmals ist neben der eingebauten Flowmessung auch eine (bei Beatmungsgeräten vorgeschriebene) messtechnische Kontrolle der eingestellten Sauerstoffkonzentration möglich. Die Bedienung des Gasblenders erfolgt standardmäßig über den Touchscreen. Im Notfall können Gasflow und O<sub>2</sub>-Konzentration direkt an der Maschine eingestellt werden, hier ist dann jedoch keine Kontrolle der eingestellten Parameter

möglich. Die System 1 ist mit einer elektrisch betriebenen venösen Klemme ausgestattet, welche ausschließlich über den Touchscreen gesteuert werden kann. Die Schlauchführung mittels einer Kunststoffabdeckung erwies sich als wenig praktikabel, weil die Abdeckung mechanisch sehr empfindlich (nach 10 Perfusionen riss die Halterung ab) und die Öffnung der Klemme nicht einsehbar ist (der verwendete Kunststoff ist nicht durchsichtig). Die Abmessungen der Klemme sind, verglichen mit den Klemmen der anderen Hersteller, zu groß und stören den Aufbau des Perfusionssystems. Das Gleiche gilt auch für den verwendeten Bubble-Sensor.

Abschließend kann man auch der System 1 von Terumo einen großen Entwicklungssprung bescheinigen. Nach einer Eingewöhnungsphase ist es möglich, mit dieser Maschine sichere Perfusionen durchzuführen. Deutliche Schwächen des Systems sind jedoch die fehlende Flexibilität der Pumpen, zu große Einzelkomponenten (Klemme, Bubble-Sensor), laute Betriebsgeräusche und eine noch nicht ausgereifte zentrale Steuerung mit nicht immer sinnvollen Funktionen (Steuerung der Pumpen über virtuelle Fader).

### STÖCKERT S5

Die S5 wurde uns direkt nach der Markteinführung zum Test zur Verfügung gestellt. Während bei den beiden anderen Herz-Lungen-Maschinen „Kinderkrankheiten“ weitgehend beseitigt waren, stand der S5 diese Phase der Entwicklung noch bevor. Wir verwendeten die HLM Stöckert S5 im Routinebetrieb bei ca. 30 Perfusionen mit unserem geschlossenen SANA-Standard-System (Dideco). Die Maschine wurde von allen Mitarbeitern der Abteilung Kardiotechnik gleichermaßen benutzt.

Bei der S5 handelt es sich wie schon beim Vorgängermodell um eine modular aufgebaute, weitgehend dezentral gesteuerte Tisch-HLM mit nebeneinander angeordneten Pumpen. Über ein zentrales Bedienpaneel, welches im Falle des Testmodells aus vier identischen Touchscreens bestand, können allgemeine Maschinendaten, Alarme und Timer eingestellt werden. Die Steuerung des Pumpenflusses erfolgt wie gewohnt über einen Drehregler an der jeweiligen Pumpe. Konzeptionell stellt die S5 lediglich eine Weiterentwicklung der S3 dar, welche in Größe und Masse reduziert und in der elektronischen Ausstattung modernisiert wurde.

Uns stand zum Test eine 4-Pumpen-Konsole mit drei Einfach- und einer Doppelrol-

lerpumpe zur Verfügung. Die Maschine war mit einem Notebook zur Datenerfassung ausgestattet. Als Gasblender erhielten wir das in der heutigen Zeit inakzeptable Modell von Sechrist. Seit Anfang 2006 steht ein modifizierter SIII-Gasblender zur Verfügung, welcher später durch ein endgültiges S5-Modell ersetzt werden soll. Eine elektronische venöse Klemme ist für die S5 noch nicht verfügbar, soll jedoch schnellstmöglich entwickelt und gebaut werden (geplant für Ende 2006). Die von der S3 bekannte mechanische Drossel wirkt, wenn man die elektronischen Drosseln von Terumo und vor allem Jostra kennt, inzwischen nahezu antik. Da wir diese Drossel auch im Langzeiteinsatz von der S3 kennen, wissen wir, dass Schwergängigkeit und Verlust der Präzision durch abgedrehte Gewinde und gerissene Bowdenzüge keine Seltenheit sind.

Die schon genannte Verringerung von Außenmaßen und Masse der HLM wirken sich positiv auf die Manövrierfähigkeit der Maschine aus. Sie lässt sich leichter schie-



Abb. 7: Stöckert S5: Hochwertige Verarbeitung und hohe Zuverlässigkeit sind die Stärken dieser Maschine, am Prinzip des modularen Aufbaus mit dezentraler Steuerung hat sich nichts geändert. (Foto: Kardiotechnik Cottbus)

ben und besser abbremsen. Eine Fixierung der Räder für die Geradeausfahrt ist jetzt nicht mehr möglich. Diese Funktion wurde von uns jedoch nur sehr selten benutzt. Die Reduktion der Außenmaße wurde durch Wegnahme der Pumpentische erreicht. Dadurch ist die Maschine schmaler und sieht wieder aus wie die CAPS-Maschine. Zum Bedienen der Pumpen ist ein deutliches Vorbeugen des Oberkörpers nötig, die Beine können nicht mehr unter den Bedienpulten „verstaute“ werden. Die Re-

duktion der Höhe um ca. 15 cm ist für uns nicht nachvollziehbar. Eine Bedienung der Maschine durch einen stehenden Kardio-techniker ist so in rückschonender Arbeitsweise nahezu unmöglich. Inzwischen kann die Arbeitshöhe der Pumpen nachträglich um 15 cm erhöht werden. Als sehr praktisch erwies sich die Ablage, welche zwischen den Masten angebracht wird. Die Arretierung der höhenverstellbaren Masten wurde mittels einer neuartigen Mechanik verbessert.

Eine deutliche Verbesserung gegenüber dem Vorgängermodell ist die neue, leise und sicher schließende Klappe der Konsole und der von außen zugängliche Hauptschalter. Die Art und Anordnung der Module in der Zentraleinheit wurde weitgehend vereinfacht, Funktionen wie z. B. der Akkutest können jetzt Software-gesteuert gestartet werden, die vielen zusätzlichen Bedienelemente an der USV-Einheit wurden wegrationalisiert. An beiden Seiten der Zentraleinheit sind jetzt Staufächer für überschüssige Kabellängen integriert, die Pumpenstecker wurden verkleinert. Diese Maßnahmen tragen zu einer besseren Übersichtlichkeit innerhalb der Konsole bei, ein Aspekt, welcher im Notfall nicht zu vernachlässigen ist.

Das Bedienpaneel ist in mehreren Ausführungen verfügbar, welche sich hauptsächlich in der Anzahl der vorhandenen Bildschirme unterscheiden. Wir testeten das mit vier Touchscreens in vertikaler Anordnung bestückte Modell. Die Bildschirme sind in ihrer Bauweise völlig identisch und können bei einem Ausfall auch im laufenden Betrieb beliebig ausgetauscht werden. Die bei der S3 starre Zuordnung von Modulart und -funktion entfällt damit. Vom Service-Techniker programmiert, ist jede beliebige Anordnung der Funktionsmodule auf den Bildschirmen möglich, bei einem Bildschirmausfall übernimmt der eingewechselte (Universal-)Bildschirm sofort die Anzeigefunktionen des defekten Vorgängers. Die Überwachung der programmierten Parameter übernimmt in dieser Zeit die Zentralsteuerung in der Konsole. Lediglich beim Einschalten der Maschine müssen alle Touchscreens funktionieren, da sonst die programmierten Grenzwerte nicht in die Zentralsteuerung geladen werden.

Auf Bedienelemente (Knöpfe, Drehregler, Schalter) wurde verzichtet, alle Einstellungen werden direkt am Touchscreen vorgenommen. Die Anzeigequalität ist sehr gut, alle Darstellungen sind in einem großen Betrachtungswinkel und auch in weiter Entfernung noch deutlich erkenn-



Abb. 8: Stöckert S5: Die Universalmodule sind auch im laufenden Betrieb beliebig austauschbar, angezeigte Messwerte verschwinden jedoch während des Programmiervorgangs. (Foto: Kardiotechnik Cottbus)

bar. Beeindruckend war das schnelle Erreichen der vollen Betriebsbereitschaft der Maschine nach dem Einschalten innerhalb von 5 bis 9 Sekunden. Die Reaktionszeit nach Bedienvorgängen ist sehr kurz, die auf den Bildschirmen dargestellten Bedienelemente sind aufgrund ihrer Größe sicher (auch mit Handschuhen) zu bedienen. Selbsterklärende Symbole und leicht ver-

ständliche Menüführung machen die Maschine auch in hektischen Situationen gut bedienbar. Negativ fiel auf, dass wichtige Parameter wie Drücke, Temperaturen oder Zeitnehmer während einer Einstellung (z. B. Verändern der Druckgrenze) nicht mehr einsehbar sind, was in manchen Situationen für Verunsicherung sorgen kann. Zum Einschalten des Bubble-Sensors muss die Empfindlichkeit der Blasenerkennung geändert werden. Ein einfacher virtueller Schalter wäre hier sinnvoller.

Die Eingabe von Texten (z. B. Bezeichnungen für einzelne Module) und Zahlen erfolgt über eine virtuelle Tastatur und ist nach kurzer Eingewöhnung relativ unkompliziert. Cursortasten (z. B. für die Korrektur einzelner Buchstaben oder Zahlen innerhalb eines Wortes, sucht man jedoch vergebens. Die drei vorhandenen Timer lassen sich nicht einzeln bezeichnen, erst über ein angeschlossenes DMS kann eine namentliche Zuordnung erfolgen. Bei Bedarf kann ein vierter Timer, welcher auch in der Laufrichtung variiert werden kann, genutzt werden. Hier ist die Zuordnung eines Namens möglich. Die Anzeige von Alarmen erfolgt sehr übersichtlich auf dem unteren der vier Touchscreens, hier ist auch eine Historie der stattgefundenen Alarme einsehbar. Je nach Priorität kann man den Alarmen verschiedene Alarmtöne zuweisen.

Die Pumpenmodule wurden in Aussehen und Technik gründlich überarbeitet. Gleich geblieben ist die hohe Qualität der verwendeten Materialien (Edelstahl) für das Gehäuse. Das gilt auch für Konsole, Masten, Ablagen usw. Die Pultform der S3-Pumpen empfanden wir als praktischer, dafür sind jetzt die Displays besser einsehbar. Es sind wie schon bei der S3 Einfach- und Doppelrollerpumpen verfügbar. Die Pumpenköpfe sind jetzt frei drehbar, bei der Doppelrollerpumpe auch jeder Kopf einzeln. Dies hat zu einer leicht versetzten Anordnung der Pumpenköpfe bei diesem Modul geführt. In Zukunft sollen auch Mastpumpen für die S5 verfügbar sein, diese haben aber Bedienpaneels, welche nicht wie bei der S3 auf der Konsole angeordnet werden, sondern ebenfalls an einem Mast befestigt werden müssen. Dies dürfte bei Verwendung mehrerer Mastpumpen schnell zu einem unübersichtlichen Anblick, aber keinesfalls zu einer sinnvollen und sicheren Bedienbarkeit führen.

Eine sehr gute Entwicklung sind die Schlauchführungen der Rollerpumpen. Die Schläuche lassen sich jetzt schnell einlegen, ohne die Halterung herauszunehmen, die Schlauchführung kann unkompliziert an mehrere Schlauchgrößen angepasst wer-

den. Somit ist ein schnelles Wechseln von Schläuchen mit minimalem Verletzungsrisiko möglich. Überschattet wird diese Entwicklung von der bei den Doppelrollerpumpen verwendeten Schlauchführung aus Kunststoff, welche all die oben beschriebenen Vorzüge nicht besitzt.

Die Abdeckungen der Pumpenköpfe bestehen wieder aus durchsichtigem Kunststoff, sind jetzt aber abgeschragt. Somit ist eine Ablage von Kleinmaterial (Klemmen) nicht mehr so einfach möglich. Das anfangs etwas schwergängige Kunststoffscharnier des Deckels führte einige Male zum Pumpenstopp (Deckel auf). Die Rollerpumpen verfügen jetzt über einen Direktantrieb, was die Laufgeräusche (hoffentlich auch die Wartungskosten) deutlich reduziert.

An der abgeschragten Vorderseite des Pumpenmoduls befinden sich jeweils ein Touchscreen und ein Drehregler (Inkrementalgeber) für das Pumpenminutenvolumen. Die Empfindlichkeit gegenüber herabfallenden Gegenständen (Klemmen) haben wir nicht getestet, die Frage nach eventuellen Reparaturkosten beim Austausch dieser Displays soll in Anbetracht der acht vorhandenen Anzeigeeinheiten jedoch gestellt werden dürfen. Bei der S3 verursachten auszutauschende Displays, bei denen nach einiger Zeit der Kontrast nachgelassen hatte, nicht unerhebliche Kosten, obwohl es sich um vergleichsweise simple Module handelte.

Für die Qualität des Bildschirms gilt das Gleiche wie für die des Bedienpaneels. Hervorzuheben ist der hohe Informationsgehalt der Pumpendisplay unter Beibehaltung der Übersichtlichkeit. Die Kennzeichnung von Alarmzuordnungen erfolgt über selbsterklärende Piktogramme. Diese färben sich bei Alarmen abhängig von der Priorität (grün, gelb, rot). Schön wäre es, wenn die der jeweiligen Pumpe zugeordneten Drücke auch auf dem Display der Pumpe angezeigt werden könnten. Neben dem Pumpenfluss wird die aktuelle Drehzahl der Pumpe und bei Bedarf (und eingegebenen Patientendaten) der relative Fluss angezeigt. Auch hier verschwindet die wichtige Anzeige der Flussrate, wenn Einstellungen vorgenommen werden. Das Menü öffnet sich schon bei Berührung des Bildschirms ab etwa der Mitte aufwärts, so dass man bei versehentlichem Berühren öfters ungewollt in den Programmiermodus gelangt. Um Fehlbedienungen zu vermeiden, kann der Bildschirm gesperrt werden. Dafür sind insgesamt 5 Bedienvorgänge notwendig. Zum Freischalten reicht dann



Abb. 9: Stöckert S5: Hoher Informationsgehalt bei guter Übersichtlichkeit durch selbsterklärende Piktogramme. Ob die Displays dem rauen Klinikalltag standhalten, wird erst der Langzeiteinsatz zeigen.

(Foto: Kardiotechnik Cottbus)

wieder ein (versehentliches?) Berühren. Dieses Missverhältnis könnte durch einfaches Platzieren eines Buttons zum Sperren/Freischalten des Bildschirms korrigiert werden.

Die Überwachung der Pumpenabdeckung lässt sich jetzt unkompliziert abschalten, eine zeitliche Begrenzung dieser Freischaltung wäre für die Sicherheit des Kardiotechnikers nicht unwichtig. Etwas mehr Zeit muss man für die Änderung der Drehrichtung der Pumpe einplanen. Bewegt sich der Pumpenkopf noch (trotz Flussanzeige 0 l/min), ist diese Funktion gesperrt.

Stöckert wirbt damit, dass jede Pumpe an beliebiger Steckposition installiert werden kann. Die Zuordnung der Pumpe erfolgt jetzt Software-seitig über die Vergabe der Pumpennummer an der jeweiligen Pumpe. Beim notfallmäßigen Austausch von Pumpen (z. B. Tausch von Saugerpumpe/arterieller Pumpe) ist der Wechsel der Alarmzuordnungen schnell erledigt, ihren programmierten Namen nimmt die Pumpe jedoch mit. Man darf sich also nicht wundern, wenn die arterielle Pumpe plötzlich „Sauger“ heißt, auf die korrekte Funktion kann man sich verlassen.

Die dynamische Anpassung der Flussänderung an die Drehgeschwindigkeit des Reglers (die Auflösung der Regelung verringert sich bei höherer Drehgeschwindigkeit) wurde im Rahmen der SCP-Evaluierung schon mehrfach bemängelt. Beim Test der S5 wirkte sie sich jedoch nicht so schwerwiegend aus, wie befürchtet. Störend wirkte sich vielmehr die recht grobe Auflösung des Drehreglers aus. Der maxi-

male Drehwinkel für den kompletten Drehzahlbereich der Pumpe ist ca. 270°, bei der S3 waren es mehr als 900°. Daran kann man sich zwar nach einiger Einarbeitung auch gewöhnen, komfortabler wäre allerdings, eine feinere Auflösung zu programmieren.

Die zum Testen mitgelieferte Datenerfassungs-Software konnte wegen fehlender Anbindung an den Patientenmonitor nur teilweise getestet werden. Für die Zukunft ist ein System zur Datenerfassung während der EKZ aus forensischen Gründen anbindbar. Die Stöckert S5 (aber auch schon die S3) bietet mit ihrer offen gelegten RS232-Anbindung auch in Zukunft viele Möglichkeiten der Integration in ein PDM-System. Im OP-Alltag praktischer einsetzbar ist aber der alternativ zum Notebook erhältliche, am Mast zu befestigende PC mit Touchscreen.

Im Test fiel uns die Stöckert S5 vor allem wegen ihrer hochwertigen, soliden Verarbeitung positiv auf. Die vielen bekannten (und bewährten) Funktionen, aber auch die Neuerungen funktionierten sehr zuverlässig. Eine nahezu grenzenlose Anpassung der Maschine an Perfusionssysteme aller Art wie bei der Maquet HL 30 ist mit der S5 nicht möglich. Die Realisierung von Software-Modulen und die flexible Einbindung der zugehörigen Hardware in die Zentraleinheit ermöglichen auch in Zukunft Anpassungen an geänderte Umstände. Bleibt zu hoffen, dass die noch nicht fertig gestellten Komponenten Gasblender und venöse Drossel von hoher, dem System(preis) angemessener Qualität sind.

Hagen Weise  
Abteilung Kardiotechnik  
Sana-Herzzentrum Cottbus  
Leipziger Straße 50  
03048 Cottbus  
E-Mail: hagen-weise@t-online.de