

Einsatz eines neuartigen Heizgewebes für die Temperaturregelung narkotisierter Patienten

H. Frank, Universität Rostock, Institut für Allgemeine Elektrotechnik

holger.frank@uni-rostock.de

O. Thätner, Elektrotechnik GmbH & CO. KG

post@elektro-thaetner.de

M. Stenzel, Michael Stenzel GmbH

m.stenzel@flemming-pehrsson.de

H. Ewald, Universität Rostock, Institut für Allgemeine Elektrotechnik

hartmut.ewald@uni-rostock.de

Zusammenfassung

Um die Hypothermie bei zeitlich langen Operationen zu verhindern, müssen Patienten möglichst auf die Körperkerntemperatur konstant gehalten werden. Dazu wurde eine textile Unterlage entwickelt, die zum einen die Körpertemperatur durch ein homogen wirkendes Flächenheizungssystem aufrecht erhält und zum anderen durch ein integriertes Luftreinigungssystem die Raumluft im unmittelbaren OP-Bereich biologisch bereinigt. Um der Gefahr punktueller Verbrennungen entgegen zu wirken, ist ein neuartiges, selbstregulierendes, textiles Heizgewebe entwickelt worden.

1 Einleitung

Anästhesie geführte chirurgische Eingriffe haben eine Absenkung der Körpertemperatur zur Folge [1]. Durch klimatisierte Operationssäle wird diese perioperative Hypothermie begünstigt. Die Folge ist eine erhöhte Anzahl von Rhythmusstörungen, Beeinträchtigung des Immunsystems und eine Störung des Wundheilungsprozesses. So führt eine leichte Hypothermie von 1 Kelvin unter der Körperkerntemperatur bereits zu hohen Blutverlusten und zur Erhöhung des Transfusionsmittelbedarfs [1].

Um einer Hypothermie entgegenzuwirken haben sich zwei Patientenerwärmungssysteme durchgesetzt. Zum einen gibt es elektrisch betriebene Heizdecken bzw. -matratzen, die zumeist auf kohlenstoffbasierten Heizfasern zurückgreifen. Zum anderen sind es Gebläsesysteme, die mit Hilfe perforierter, doppelwandiger Wärmedecken den Patienten mit Warmluft umströmen. Kohlenstoffbasierte Heizmatratzen müssen zur Wärmeregulierung mit möglichst vielen Temperatursensoren ausgestattet werden, um den Patienten vor Verbrennungen zu schützen. Es können so genannte Hotspots auftreten, die sonst nicht durch die primäre Temperaturregelung erfasst werden. Mit Blowersystemen kann die Wärme hingegen homogen verteilt werden, vorausgesetzt die Wärmedecke wird nicht durch

mechanische Belastung zusammengedrückt. Zudem wird durch den kontinuierlichen Luftstrom die Gefahr einer aerogenen Infektion erhöht.

Gegenstand dieser Arbeit war es, eine textile Unterlage mit einem selbstregulierenden Temperaturverhalten zu entwickeln, die die Körpertemperatur des narkotisierten Patienten für Langzeitoperationen aber auch im Aufwachraum und auf Intensivstationen unter sterilen Raumbedingungen aufrecht erhält. Dabei ist zum einen eine homogen wirkende Heizung in einer belüfteten Matratze vorgesehen und zum anderen wird durch ein integriertes Oxidationsgerät die angesaugte Raumluft biologisch gereinigt, so dass im unmittelbaren Patienten-Bereich die aerogene Keimbelastung herabgesetzt wird.

2 Zielsetzung

Es soll eine Matratze (Abbildung 1) entwickelt werden, die einerseits eine homogene Wärmeverteilung für die Konstanthaltung der Patiententemperatur erfüllt und andererseits die biologisch belastete Luftmenge aus dem Umfeld des OP-Tisches mittels eines neuartigen Oxidationsverfahrens reinigt. Die erzeugte Wärme soll nicht wesentlich der OP-Saalklimatisierung entgegenwirken und die Arbeitstemperaturen am OP-Tisch nicht verschlechtern.

Die Wärmequelle für den Patienten wird durch eine textile Flächenstruktur verwirklicht, die mit einer Stützfläche eine gerichtete Luftverteilung ermöglicht. Das biologische Luftreinigungsverfahren wird mit einem neuartigen Reinigungsmittel durchgeführt, das gesundheitlich unbedenklich ist und keine Nebenwirkungen durch freie Radikale zulässt.

Um die Wiederverwendung der textilen Unterlage zu sichern, ist sie so anzufertigen, dass alle medizinisch erlaubten Reinigungsmittel und die zur sterilen Bearbeitung notwendigen Temperaturen angewendet werden können.

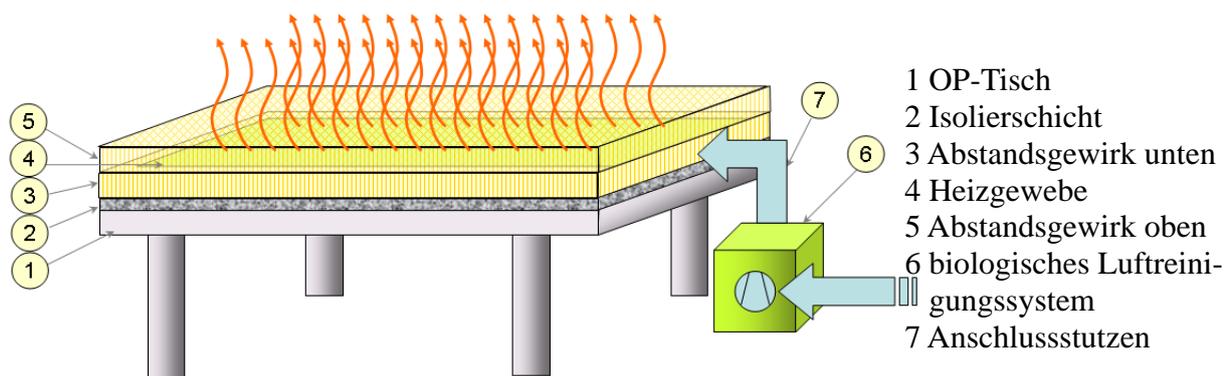


Abbildung 1: Schematischer Aufbau der Funktionsmatratze zur Temperaturregulierung narkotisierter Patienten

Der innovative Ansatz zur Lösung des Problems besteht darin, ein selbst regulierendes elektrisch beheizbares Flächenwärmesystem zu schaffen, um die Körpertemperatur des

narkotisierten Patienten aufrecht zu erhalten und ihn aber auch vor Verbrennungen zu schützen.

3 Temperaturverhalten von Flächenheizgeweben aus Kohlefasern

Da es notwendig war den textilen Charakter des Heizgewebes zu erhalten, wurde zunächst das Temperaturverhalten eines neuartigen Heizgewebes aus Kohlefasern untersucht. Kohlefasern sind elektrisch leitend, im Bündel sehr reißfest und besitzen eine hohe Wärmeleitfähigkeit. In der Abbildung 2 ist das dynamische Verhalten bei konstanter Spannung dargestellt. Der stationäre Endwert der Temperatur war bei dieser Ausfertigung nach ca. einer Stunde erreicht und die Heizgewebefläche von $0,063 m^2$ nahm einen nahezu konstanten Strom auf. Wird jedoch die Wärme nicht abgeführt, verkleinert sich der elektrische Widerstand durch das NTC- Verhalten der Kohlefasern. In der Grafik ist zu erkennen, dass durch die thermische Isolation der Heizfläche ein Stromanstieg folgt. Das Gewebe ohne selbstregulierende Funktion erwärmt sich. Durch das bekannte NTC- Verhalten wird der Temperaturanstieg derartig verstärkt, dass sich im Hotspot- Bereich die Kohlefasern entzünden. Hiermit wird die Notwendigkeit eines selbstregulierenden Flächenheizsystems verdeutlicht. Die Temperaturüberwachung mit einer gekoppelten Spannungsreglung oder einer Strombegrenzung ist nicht ausreichend, um die Gefahr punktueller Verbrennungen am Patienten mit einem NTC- Gewebe auszuschließen.

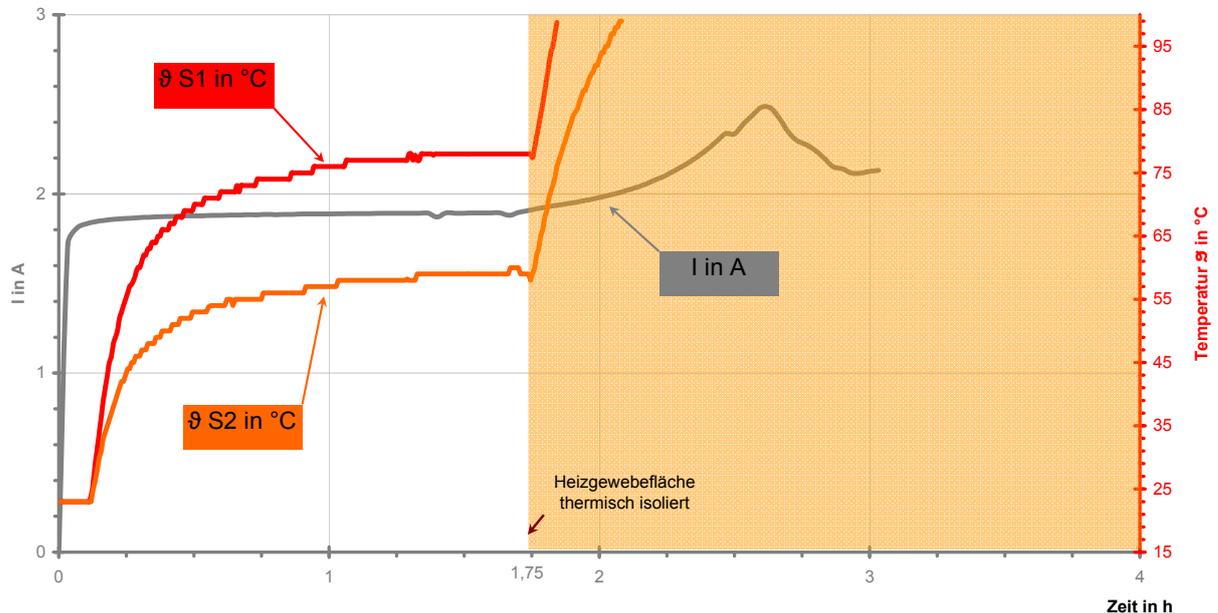


Abbildung 2: Dynamisches Temperaturverhalten eines NTC- Heizgewebes bei konstanter Spannung (unbelüftet, ca. $1100\text{W}/m^2$) bei thermischer Isolation des Heizgewebes (eingefärbter Zeitabschnitt)

4 Neuartiges Flächenheizsystem mit PTC- Verhalten

Bei der Verwendung eines Flächenheizsystems im OP-Bereich entstehen immer punktuelle „thermische Isolationsflächen“ durch den Patienten. Diese sind z.B. in Rückenlage: der Hinterkopf, die Schulterblätter, Gesäß und im Fußbereich die Fersen. Zudem werden Patienten auch teilweise oder vollständig mit OP- Tüchern abgedeckt. Mit NTC- Heizsystemen können durch Wärmestau an diesen Stellen Hotspots auftreten und damit Verbrennungen verursachen. Aus diesem Grund wurden Untersuchungen durchgeführt, ein Flächenheizsystem mit einem PTC- Verhalten zu entwickeln. Dazu wurde ein neues elektrisch leitfähiges Material zur Fadenherstellung mit der PTC- Eigenschaft (Abbildung 3) ermittelt und geprüft. Es konnte ein PTC- Verhalten nachgewiesen werden.

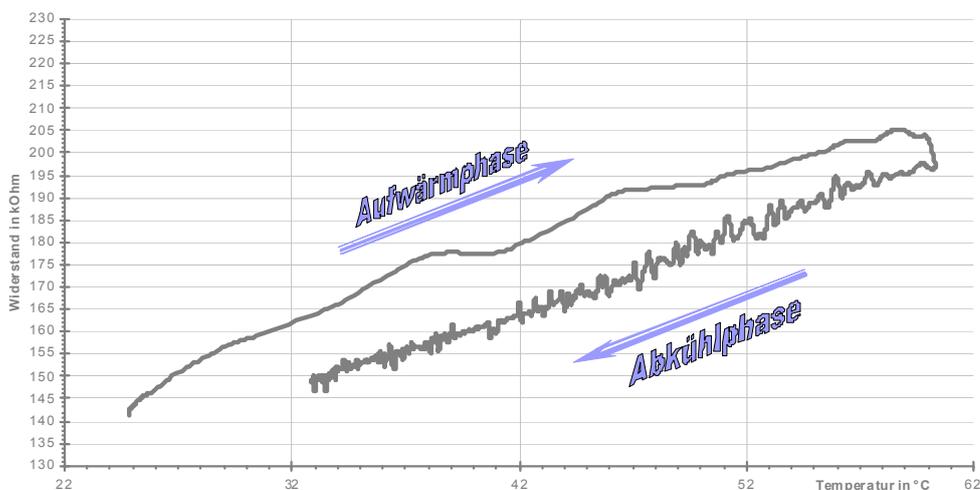


Abbildung 3: Temperaturverhalten einer Heizgarnprobe mit PTC- Verhalten ($Länge=252mm$; $Querschnitt=0,2mm^2$ und $\alpha =0,011 1/K$; entwickelt am ITTK¹)

Für die Anwendung in der OP- Matratze sind die Webe- und Kontaktierdichte dimensioniert worden. Für die Dimensionierung der Webdichte (Schussdichte Heizleiter, Kettendichte Leitlitze bzw. aufgestickte Leitlitze) wurde ein Programm implementiert, mit dem die Abstände der parallel geführten Leitlitze in Abhängigkeit der Leistungsdichte, des elektrischen Fadenswiderstands, der Fadenschussdichte, der Versorgungsspannung und der Flächenabmaße, berechnet werden können. Die daraus ergebene Gewebeprobe in der Ausführung mit $384 W/m^2$, mit einer selbstregulierenden Strombegrenzung (PTC- Verhalten) ist in Abbildung 4 analysiert. Aus dem dynamischen Verhalten ist die Eigenregulierung der Stromstärke und Temperatur zu erkennen. Nach der thermischen Isolation der Gewebefläche mit einer $2cm$ dicken Styrodurplatte erhöhte sich die Temperatur, die sich asymptotisch der Wärmestautemperatur annähert (vorher normale Konvektion). Durch den Selbstregeleffekt der Heizfäden mit PTC- Verhalten vergrößerte sich der Innenwiderstand, wodurch die eingebrachte elektrische Leistung begrenzt wird.

¹ ITTK Thüringisches Institut für Textil- und Kunststoff- Forschung e.V. : Materialforschungsinstitut für Polymerwerkstoffe

5 Status und Ausblick

Das Ziel, eine selbst regulierende Flächenheizung zu entwickeln ist erreicht. Damit können die extremen Wärmeverstärkungen in punktuellen, thermisch isolierten Zonen vermieden werden, um so narkotisierte Patienten vor Verbrennungen zu schützen. Für das finale Design müssen noch die Leistungsdichten für die Anwendung am Patienten optimiert und die Kontaktierung der Leitlitze bzw. die elektrischen Anschlüsse an das Versorgungssystem verbessert werden.

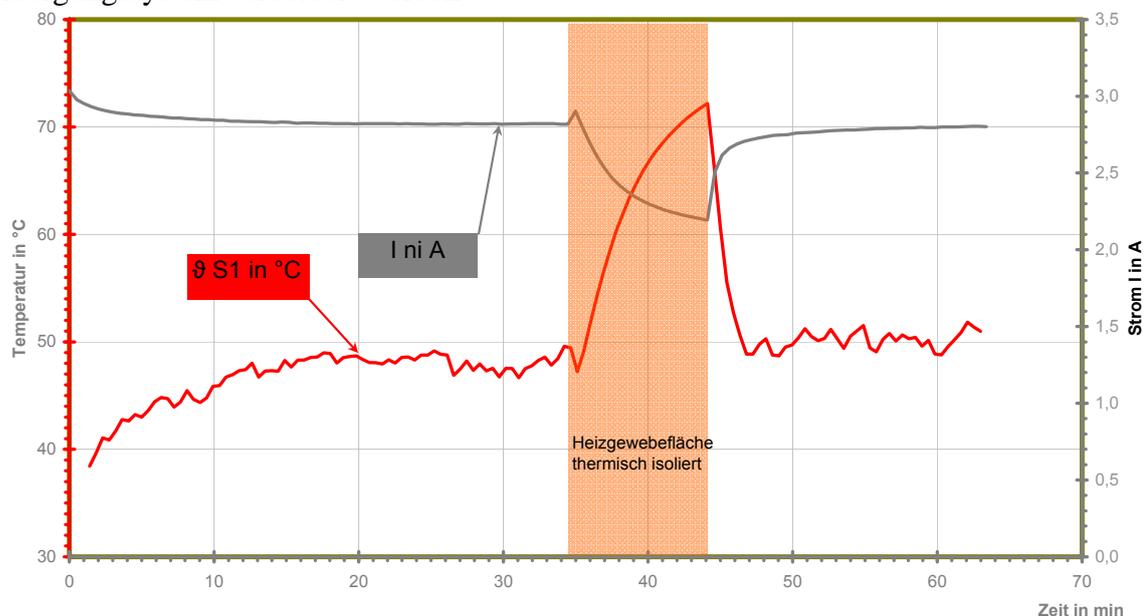


Abbildung 4: Dynamisches Temperaturverhalten des PTC- Heizgewebes bei konstanter Spannung (unbelüftet, ca. 384 W/m^2) bei thermischer Isolation des Heizgewebes (eingefärbter Zeitabschnitt)

Literatur

- [1] R. Lenhardt, C.K. Spiss, Klinik für Anästhesiologie und Allgemeine Intensivmedizin der Universität Wien; Anaesthesist 1999, 48:727–732 © Springer-Verlag 1999
- [2] DIN EN 80601-2-35; VDE 0750-2-35:2010-08; Medizinische elektrische Geräte Teil 2-35: Besondere Festlegungen für die Sicherheit einschließlich der wesentlichen Leistungsmerkmale von Decken, Matten und Matratzen zur Erwärmung von Patienten in der medizinischen Anwendung; (IEC 80601-2-35:2009); Deutsche Fassung EN 80601-2-35:2009