

Wärmebilanz bei Frühgeborenen

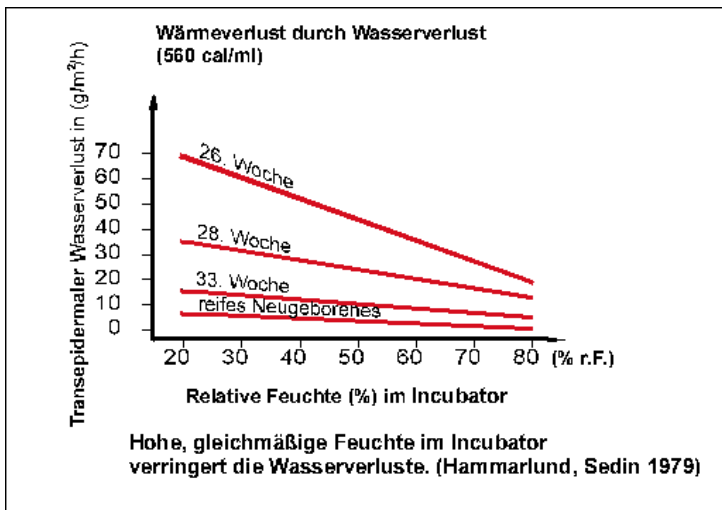


Dieses Kalkulationsprogramm ist nur ein Näherungsmodell und nicht geeignet, die Incubatoreinstellungen zu wählen.

Einleitung

Als erster geschichtlich erwähnter Pädriater entdeckte der Franzose Pierre Budin bereits 1907 den entscheidenden Einfluß der Körpertemperatur auf die Mortalität bei Neugeborenen. In seinem Buch »The Nurseling« [1] beschrieb er die Notwendigkeit von Temperaturkontrollen. Bei einer Rektaltemperatur zwischen 32,5 und 33,5 °C hatten die Neugeborenen eine Überlebensrate von nur 10 %. Wurden die Kinder erwärmt, so daß die Rektaltemperatur zwischen 36,0 bis 37,0 °C betrug, stieg die Überlebensrate auf 77 %! Keine andere medizinische Erkenntnis erzielte wohl jemals einen ähnlichen Anstieg in der Überlebensrate bei Neugeborenen.

1957, fünfzig Jahre später, fanden Silverman und Blanc [2] den wichtigen Einfluß der Feuchte auf die Mortalität. Hammarlund und Sedin [3] stellten 1979 den Zusammenhang der transepidermalen Wasserverluste auf das Gestationsalter her.



Frühgeborene haben in den ersten Lebenstagen bedingt durch die Unreife ihrer Haut extrem starke transepidermale Wasserverluste. In Incubatoren mit hoher Luftfeuchte können diese Wasserverluste und die damit verbundene starke Kreislaufbelastung deutlich verringert werden.

Wärmebilanz

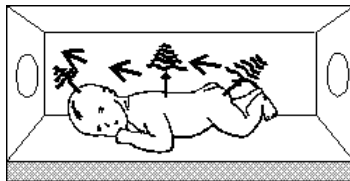
Im Drägerwerk wurde aus den für die Wärmeverluste bekannten physikalischen Algorithmen sowie klinischen Erkenntnissen ein Kalkulationsprogramm entwickelt, mit dem die Wärmebilanz von Frühgeborenen in Incubatoren näherungsweise berechnet werden kann. Es werden die Einflüsse der verschiedenen Wärmeverluste gezeigt und wie die Incubatoren die Warmhaltung der Kinder sicherstellen. Das Programm zeigt insbesondere die große Bedeutung der Feuchte in den Incubatoren auf!

Die Berechnungen des radiativen und konvektiven Wärmeaustausches wurden aus den Gesetzen der Physik abgeleitet [7]. Die Temperaturen der Deckel- und der Seitenwände leiten sich aus der Incubator-Konstruktion und der Raumtemperatur ab [8][9]. Die evaporativen Wärmeverluste wurden nach Veröffentlichungen über klinische Untersuchungen [3][10][11] berechnet. Konduktive Wärmeverluste sind auf einer Schaumstoffmatratze vernachlässigbar klein und werden in diesem Programm nicht betrachtet. Die Phototherapie ist, wenn eingeschaltet, eine zusätzliche Wärmequelle.

Die verschiedenen Arten der Wärmeverluste sind:



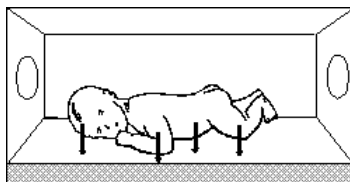
Radiation



Konvektion



Evaporation



Konduktion

Kalkulationsprogramm »Heat Balance«

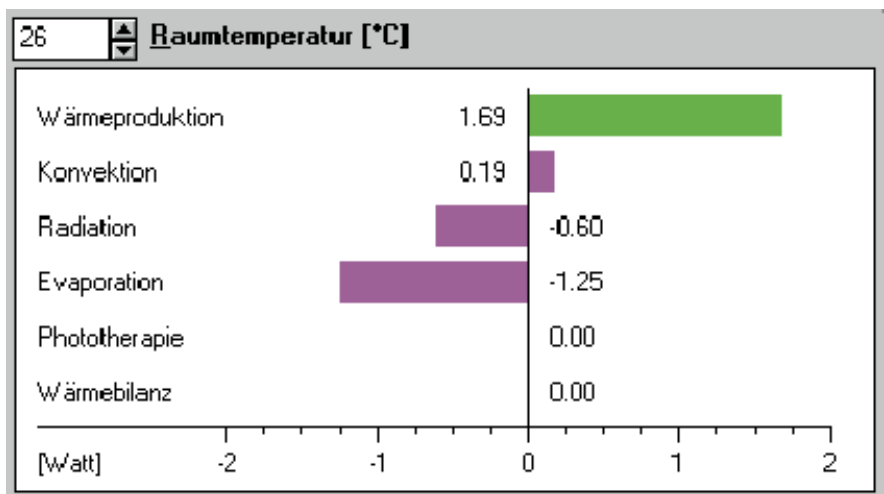
Das Programm »Heat Balance« läuft auf einem PC unter Windows 3.x und ist mit Tastatur oder Maus zu bedienen. Die Programm-Oberfläche besteht aus:

- Eingabe-Bereich für die Patientendaten,
- Incubator-Einstellungen und
- Ergebnisfeld.

Der Patient wird durch folgende Daten präsentiert: Aus den Patientendaten wird als Näherungsrechnung die Körperoberfläche [4] und die Wärmeproduktion [5][6] des Kindes hergeleitet.

Patient:	
Gewicht [g]:	1000
Alter [Tagen]:	1
Gestationsalter [Wochen]:	28

Im Ergebnisfeld sind die Ergebnisse der Kalkulation als Balken-Grafik und numerisch dargestellt. Alle Ergebnisse werden in »Watt« angegeben. Rechts von der Mittelachse ist als positiver Bereich die Wärmeproduktion bzw. Wärmezufuhr der Kindes, links der Achse sind die Wärmeverluste dargestellt. Die Länge der Balken zeigt den Anteil des jeweiligen Typs an.



Die Raumtemperatur ist eine wichtige Einflußgröße auf das Temperaturverhalten von Incubatoren und muß für die Berechnungen ebenfalls angegeben werden.

Der untere Balken zeigt als Ergebnis der Berechnungen die Bilanz. Das Baby befindet sich in thermischem Gleichgewicht, wenn die Summe aller Wärmeverluste gleich seiner Wärmeproduktion ist.

Ist das Ergebnis der Bilanz:

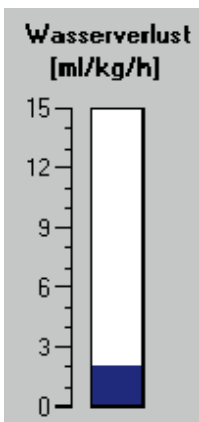
nahe Null: Das Baby ist im thermischen Gleichgewicht

negativ: Temperatur bzw. Feuchte ist zu gering. Das Baby wird kalt (hypotherm)

positiv: Temperatur bzw. Feuchte ist zu hoch. Das Baby wird zu warm

Durch Veränderung von Incubator-Temperatur und -Feuchte wird eine Einstellung gesucht, bei der die Bilanz möglichst nahe Null ist.

Incubator:	
Temperatur [°C]:	36.9
rel. Luftfeuchte [%]:	70.
<input type="checkbox"/> Phototherapie	



Rechts neben dem Ergebnisfeld zeigt eine Balkengrafik die Wasserverluste [3][10][11] in ml/kg/h an. Oberhalb von 6 ml/kg/h springt die Balkenfarbe von blau auf rot. Die Wasserverluste des Kindes sind dann so stark, daß eine parenterale Wasserzufuhr erforderlich wird [10]. Zur Vermeidung der damit verbundenen enormen Kreislaufbelastung sollte die Incubator-Feuchte so gewählt werden, daß die Wasserverluste 6 ml/kg/h nicht überschreiten.

Incubator Auswahl:	
Incubator Typ	Temperatur Seitenwände [°C]: 36.1
8000 IC	Temperatur Deckel [°C]: 33.5
	Konvektion [cm/s]: 5

Im Feld »Incubator Auswahl« können die verschiedenen Dräger Incubatoren für die Berechnung ausgewählt werden. Die Auswahl »manuelle Eingabe« ermöglicht die Berechnung mit Incubatoren anderer Hersteller. Die Werte für die Temperatur der Deckel und Seitenwände, sowie die Konvektionsgeschwindigkeit im Bereich des Kindes sind bei den Dräger-Incubatoren vorgegeben und nicht veränderbar. In der Einstellung »manuelle Eingabe« werden diese Felder aktiv und müssen entsprechend dem jeweiligen Incubator-Typ eingestellt werden.

Incubator Typ	
8000 IC	↓
8000 IC	
8000 SC	
7500 / 7300	
manuelle Eingabe	

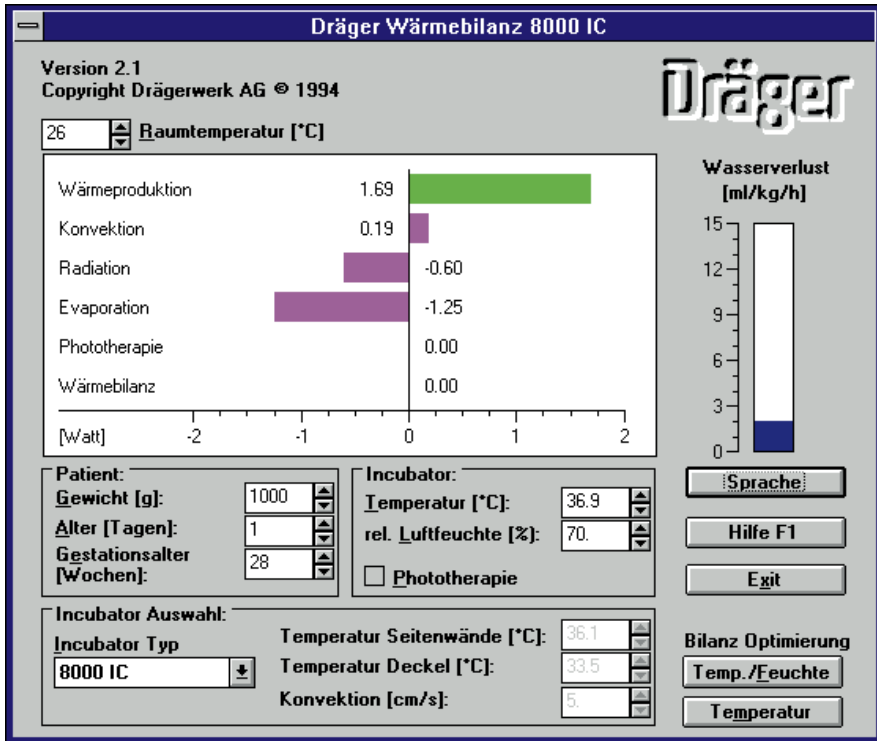
Sprache
Hilfe F1
Exit

Mit der Taste »Sprache« kann unter den Sprachen deutsch, englisch und französisch gewählt werden. Die Hilfe-Funktion beinhaltet eine ausführliche Programm-Beschreibung, die physiologischen Hintergründe zur Wärmetherapie sowie der verwendeten Algorithmen mit Literaturquellen. Mit Exit wird das Programm verlassen.

Bilanz Optimierung
Temp./Feuchte
Temperatur

Nach Betätigung der Taste »Temp./Feuchte« sucht das Programm automatisch die Einstellungen für Incubatortemperatur und Feuchte, bei der die Bilanz nahe Null ist. Mit der Taste »Temperatur« wird nur die Incubatortemperatur verändert, die Feuchteinstellung bleibt unverändert.

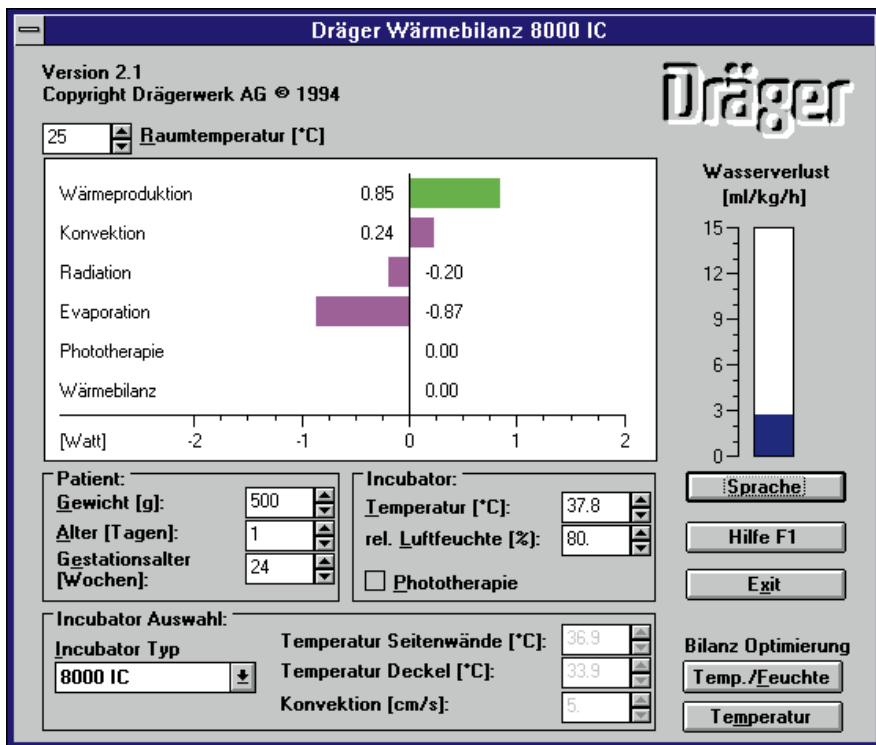
Aus den einzelnen Funktionsfeldern ergibt sich das komplette Bild:



Beispielrechnung mit einem Baby von 1000 g im Incubator 8000 IC
 Mit diesen Einstellungen befindet sich das Kind im Thermoneutralbereich. Wärmeproduktion und Wärmeverluste sind ausgeglichen, die Wärmebilanz ist gleich null!

Sehr kleines Frühgeborenes mit 500 g, 24. Woche

Auch die kleinsten Frühgeborenen werden im Thermoneutralbereich gehalten. Die Incubator­temperatur ist max. 39 °C! (Internationale Norm IEC 601-2-19.) Durch die leistungsstarke Incubator-Anfeuchtung können Wärme- und Wasserverluste ausgeglichen werden.

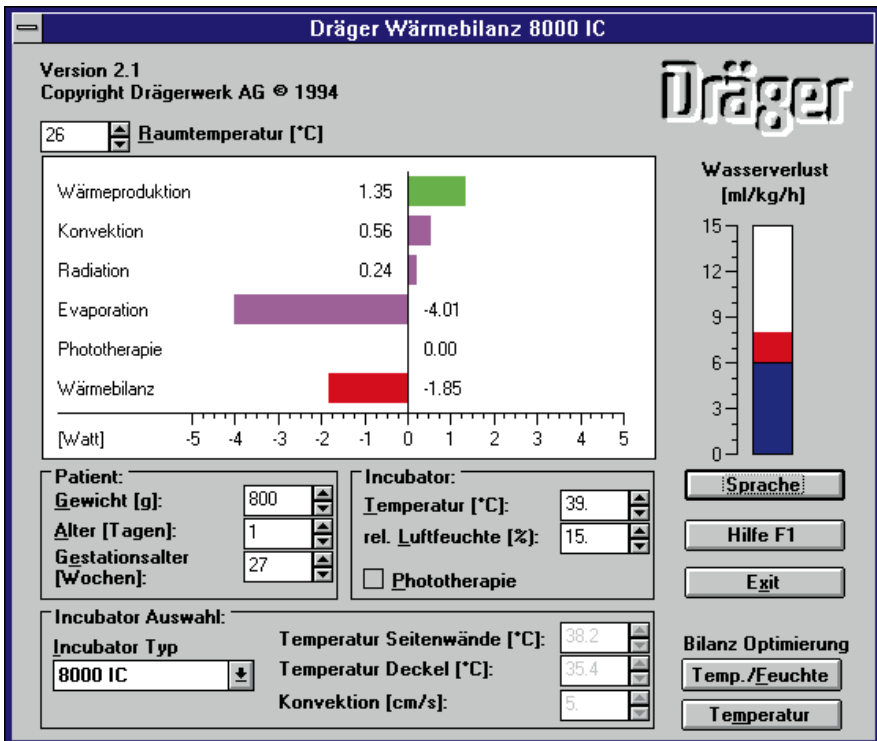


Incubator ohne Luftanfeuchtung!

In einem Incubator ohne Luftanfeuchtung herrscht eine sehr geringe relative Feuchte! (Bis zu 15% rel. Feuchte in Abhängigkeit von der Raumfeuchte und Incubatortemperatur). Die Incubatortemperatur beträgt 39 °C. Nach internationaler Norm für Incubatoren (IEC 601-2-19) ist das die maximal zulässige Incubatortemperatur. Die Wärmebilanz ist nicht ausgeglichen! Das Baby wird kalt und leidet unter Wärmeverlust (in diesem Beispiel 1,85 Watt) und Wasserverlust (hier 8 ml/kg/h)!

In einem Incubator ohne adäquate Anfeuchtung können unreife Frühgeborene nicht warmgehalten werden !

Unser Vertriebsingenieur wird Ihnen das Programm gerne bei einem seiner nächsten Besuche vorstellen.



Literatur

- [1] Pierre Budin »The Nurseling« 1907
- [2] Silverman und Blanc »The effect of humidity on survival of newly born premature infants« 1957
- [3] Hammarlund, K., Sedin, G.: Transepidermal water loss in newborn infants, III. Relation to gestational age, in: Acta Paediatr. Scand. 68, 795, (1979)
- [4] Boyd, E.: The growth in surface area of the human body. University of Minnesota Press (1935)
- [5] Brück, K.: Wärmehaushalt und Temperaturregelung, in: Physiologie des Menschen, Schmidt, R. F., Thews, G., (Hrsg.), 21. Auflage, S. 583 ff., Berlin, Heidelberg, New York (1983)
- [6] Brück, K.: Temperature regulation in the newborn infant in: Biol. Neonat. 3, 65, (1961)
- [7] Frankenberger, H., Güthe, A., Inkubatoren Verlag TÜV Rheinland (1991)
- [8] Drägerwerk Lübeck: Laboratory-Measurements 1 on Incubator 8000 IC/SC (1992)
- [9] Drägerwerk Lübeck: Laboratory-Measurements 2 on Incubator 8000 IC/SC (1992)
- [10] Hammarlund, K., Sedin, G., Strömberg, B.: Transepidermal water loss in newborn infants, VIII. Relation to gestational age and post-natal age in appropriate and small for gestational age, in: Acta Paediatr. Scand. 72, 721, (1983)
- [11] Okken, A.; Blijham, C.; Franz, W.; Bohn, E.: Effects of forced convection of heated air on insensible water loss and heat loss in preterm infants in incubators, in: The Journal of Pediatrics 101, 108, (1982)

Dräger Medical Deutschland GmbH
Moislinger Allee 53-55
D-23542 Lübeck
Tel.: +49-180-52 41 318
Fax: +49-451-8 82 7 2002
E-mail: DSC@draeger.com

Dräger Medical Austria Ges. mbH
Perfektastrasse 67
A-1230 Wien
Tel.: +43 1 609 04
Fax: +43 1 699 4597

Carbamed
Waldeggstrasse 38
CH-3097 Liebefeld Bern
Tel.: +41-31-978 74 74
Fax: +41-31-978 74 01

www.draeger-medical.de