

## **Todeszeitbestimmung auf der Basis simultaner Messung von Hirn- und Rektaltemperatur\***

**C. Henßge<sup>1</sup>, R. Frekers<sup>2</sup>, Reinhardt<sup>3</sup> und E.-R. Beckmann<sup>4</sup>**

<sup>1</sup> Institut für Rechtsmedizin der Universität Münster, von-Esmarch-Straße 86,  
D-4400 Münster, Bundesrepublik Deutschland

<sup>2</sup> Institut für Kernphysik der Universität Münster, Domagkstraße 71, D-4400 Münster,  
Bundesrepublik Deutschland

<sup>3</sup> Klinik und Poliklinik für Zahn-, Mund- und Kieferkrankheiten der Universität Münster,  
Waldeyerstraße 30, D-4400 Münster, Bundesrepublik Deutschland

<sup>4</sup> Institut für Rechtsmedizin der Universität Hamburg, Butenfeld 34, D-2000 Hamburg 34,  
Bundesrepublik Deutschland

### **Determination of Time of Death on the Basis of Simultaneous Measurement of Brain and Rectal Temperature**

**Summary.** Analysis of the data on 21 corpses (brain and rectal temperatures which had been recorded simultaneously) yielded the following results and conclusions with regard to separate or combined computations of time of death:

In the range of a standardized brain temperature ( $Q_H$ )  $0.5 \leq Q_H < 1.0$  (approx. up to 6.5 hpm), the most precise computations of time of death are achieved by exclusive application of brain temperature (standard deviation around  $dt = 0$  "s<sub>0</sub>" =  $\pm 0.75$ ; variation: 3.3 h). In the range of  $0.3 \leq Q_H < 0.5$  (approx. 6.5–10.5 hpm), combined computation of time of death balanced in the ratio of 6:4 (brain/rectum) is comparatively the most precise one (s<sub>0</sub> =  $\pm 1.18$ ; variation: 5 h). In the range of  $0.07 \leq Q_H < 0.03$  (beyond 10.5 hpm), the most precise computation of time of death (s<sub>0</sub> =  $\pm 1.62$ ; variation: 6.6 h) is achieved by exclusive application of rectal temperature.

An “integrated” approach composed of both computation formulae, and thus possibly eliminating temperature in the occurrence of death, seems to be appropriate in the range of about  $0.7 \leq Q_H > 1.0$  to avoid major errors in computing times of death, e.g., in cases involving fever in the occurrence of death (s<sub>0</sub> =  $\pm 0.69$ ; variation: 2.7 h).

**Key words:** Determination of time of death – Brain temperature – Rectal temperature

**Zusammenfassung.** Die Analyse der Daten an 21 Leichen simultan registrierter Hirn- und Rektaltemperaturkurven ergab hinsichtlich separater

\* Herrn Prof. Dr. W. Janssen zum 60 Geburtstag gewidmet  
Sonderdruckanforderungen an: Dr. C. Henßge (Adresse siehe oben)

oder kombinierter Todeszeitberechnungen folgende Ergebnisse und Schlußfolgerungen:

Im Bereich einer normierten Hirntemperatur ( $Q_H$ )  $0,5 \leq Q_H < 1,0$  (etwa bis 6,5 hpm) führt die alleinige Verwendung der Hirntemperatur zu den präzisesten Todeszeitrückrechnungen (Standardabweichung um  $dt = 0$ , „ $s_0$ “ =  $\pm 0,75$ ; Variationsbreite 3,3 h). Im Bereich  $0,3 \leq Q_H < 0,5$  (etwa 6,5–10,5 hpm) ist die kombinierte Todeszeitrückrechnung mit Wichtung im Verhältnis 6 (Hirn):4 (Rektum) vergleichsweise am präzisesten ( $s_0 = \pm 1,18$ ; Variationsbreite 5 h). Im Bereich  $0,07 \leq Q_H < 0,3$  (jenseits 10,5 hpm) ergibt die alleinige Verwendung der Rektaltemperatur die präzisesten Todeszeitberechnungen ( $s_0 = \pm 1,62$ ; Variationsbreite 6,6 h).

Ein „integrierter“ Rechenansatz aus beiden Rückrechnungsformeln mit dadurch möglicher Elimination der „Temperatur bei Todeseintritt“ scheint im Bereich um  $0,7 \leq Q_H < 1,0$  geeignet zu sein, größere Fehler berechneter Todeszeiten in Fällen mit z. B. Fieber bei Todeseintritt zu vermeiden ( $s_0 = \pm 0,69$ ; Variationsbreite 2,7 h).

**Schlüsselwörter:** Todeszeitbestimmung – Hirntemperatur, Todeszeitbestimmung – Rektaltemperatur, Todeszeitbestimmung

In einer kürzlich vorgelegten Untersuchung an 44 Leichen konnte in Fortführung früherer Arbeiten [1, 2] nachgewiesen werden, daß durch einzeitige Messung der zentralen Hirntemperatur in einem Umgebungstemperaturbereich zwischen 10 und 25°C Todeszeitrückrechnungen bis zu einer normierten Hirntemperatur  $Q_H > 0,3$  mit höherer Präzision möglich sind, als durch Messung der Rektaltemperatur [7]. Diese Aussage gründete sich auf den Vergleich der statistischen Maßzahlen der Abweichungen zwischen berechneten und realen Todeszeiten der genannten Untersuchungsreihe mit Messung der Hirntemperatur zu einer unabhängig davon durchgeföhrten Untersuchungsreihe mit Messung der Rektaltemperatur [3]. Daß die Todeszeitbestimmung durch Messung der Hirn- bzw. Rektaltemperatur nicht als Alternativ-, sondern als sich gegenseitig ergänzende Methoden betrachtet werden sollten, wurde bereits geäußert [5]. Durch Simultanmessung von Hirn- und Rektaltemperatur an 21 Leichen wird in vorliegender Arbeit näher untersucht, wie sich beide Teilmethoden zur Todeszeitbestimmung sinnvoll ergänzen können.

## Verwendete Symbole und ihre Bedeutung

$T$	Temperatur (°C) als Funktion der Zeit
$T_R$	Rektaltemperatur
$T_H$	zentrale Hirntemperatur
$T_0$	Hirn-, Rektaltemperatur bei Todeseintritt (Annahme: 37,2°C)
$T_U$	Umgebungstemperatur
$t$	Zeit in Stunden (dezimal) post mortem (hpm)
$t_r$	berechnete Todeszeit
$t_H$	hirntemperaturberechnete Todeszeit (Formel II)
$t_R$	rektaltemperaturberechnete Todeszeit (Formeln III–V)
$t_{H;R}^{Wichtung}$	aus Hirn- und Rektaltemperatur durch Wichtung berechnete Todeszeit (Formel VI)

$t_{H;R}^{T_0}$	aus Hirn- und Rektaltemperatur durch Zusammenfassung der Formeln II und III mit Herauskürzen von $T_0$ berechnete Todeszeit
$t_{\text{exp}}^a$	Zeit seit Todeseintritt bei Meßbeginn
$t_{\text{exp}}^f$	Zeit seit Todeseintritt bei Meßende
$Q$	normierte Temperatur als Funktion der Zeit $Q = (T - T_U)/(T_O - T_U)$ (I)
$Q_H$	normierte Hirntemperatur
$Q_R$	normierte Rektaltemperatur
$n$	Anzahl der Meßwerte
$dt$	Mittelwert der beobachteten Abweichungen zwischen berechneten und realen Todeszeiten
$s$	Standardabweichung der beobachteten Abweichungen zwischen berechneten und realen Todeszeiten um den gemeinsamen Mittelwert $dt$
$s_0$	Standardabweichung um $dt = 0$
$\text{kg}$	Körpermasse (kg)
$dt$	Abweichung zwischen berechneter und realer Todeszeit (h, dezimal)

## Material und Methodik

An 21 Leichen (Teil eines Kollektivs von 44 Leichen) wurde die zentrale Hirntemperatur gemessen [7]. Simultan wurde auch die Rektaltemperatur registriert. Auf Einzelheiten zum Material, zur Meßmethodik, zur Ableitung des für die Todeszeitrückrechnung verwendeten mathematisch-analytischen Ausdrucks, zur Aufbereitung der primären Meßdaten, zur Berechnung der Todeszeit und zur statistischen Bearbeitung der Abweichungen zwischen berechneten und realen Todeszeiten wird deshalb auf diese Untersuchung verwiesen. Wichtige Daten zum Material sind in Tabelle 1 zusammengestellt. Die Rektaltemperatur wurde bei einer Einfürtiefe der Thermosonde von mindestens 8 cm registriert.

Aus der Hirntemperatur wurde die Todeszeit nach

$$Q_H = \frac{T_H - T_U}{37,2 - T_U} = 1,135 \exp(-0,127 \cdot t) - 0,135 \exp(-1,0677 \cdot t) \quad (\text{II})$$

berechnet [7].

Aus der Rektaltemperatur wurde die Todeszeit nach

$$Q_R = \frac{T_R - T_U}{37,2 - T_U} = 1,25 \exp(B \cdot t) - 0,25 \exp(5 \cdot B \cdot t) \quad (\text{III})$$

mit

$$B = 0,0284 - 1,2815 (\text{kg}^{-0,625}) \text{ für unbekleidete Leichen [3] bzw.} \quad (\text{IV})$$

$$B = 0,0284 - 1,2815 ((f \cdot \text{kg})^{-0,625}) \text{ für bekleidete Leichen} \quad (\text{V})$$

berechnet, wobei der sog. Körpergewichtskorrekturfaktor  $f$  durch Vergleich mit den Daten einer früheren Untersuchung (Tabelle 1 in [4]) ermittelt wurde.

In vorliegender Arbeit wird eine gemeinsame Todeszeit durch Wichtung der aus Hirn- und Rektaltemperatur berechneten Zeiten ermittelt. Sie erfolgt nach:

$$\frac{\text{Wichtung Hirn} \times t_H + \text{Wichtung Rektum} \times t_R}{\text{Wichtung Hirn} + \text{Wichtung Rektum}} = t_{H;R}^{\text{Wichtung}} \quad (\text{VI})$$

Die als „selbstkonsistent“ bezeichnete Wichtung der hirn- und rektaltemperaturberechneten Todeszeiten wurde wie folgt durchgeführt:

Für alle unterschiedlichen  $Q$ -Bereiche (vgl. Tabelle 4) wurden die jeweils besseren  $dt$ -Werte ( $dt_R$  bzw.  $dt_H$ ) abgezählt und durch die Anzahl der in den jeweiligen  $Q$ -Bereich fallenden Fälle dividiert.

**Tabelle 1.** Daten zum Untersuchungsmaterial

Nr.	$T_U$	$t_{\text{exp}}^a$	$t_{\text{exp}}^a$	kg	Bekleidung	$f$
1	16,7°C	2,0 h	37 h	88,0	O-Hemd – U-Hemd – Hose – Slip; nach oben und unten verschoben → wie unbekleidet	
2	14,5°C	2,0 h	38 h	84,5	Jacke – Trikot – vorne Ledereinsatz – vorne offen – Hose – langbeinige U-Hose – O-Hemd – U-Hemd	1,2
3	16,9°C	2,5 h	19,5 h	63,0	Bekleidung stark verschoben → wie un- bekleidet	
4	16,0°C	1,5 h	20,5 h	86,5	Jacke – Hose – dünnes Silastikmieder – 2 Schläpfer – U-Hemd	1,2
5	16,1°C	3 h	24 h	65,5	Bekleidung stark verschoben → wie un- bekleidet	
6	15,5°C	3 h	10 h	68,0	Hose – 2 langbeinige U-Hosen – O-Hemd – dünner Pullover, nicht bis zur Hüfte reichend – langarmiges U-Hemd	1,1
7	14,7°C	3 h	14 h	72,0	unbekleidet	
8	13,0°C	1,5 h	29,5 h	85,0	Bekleidung stark verschoben → wie un- bekleidet	
9	12,4°C	1,5 h	25,5 h	70,0	unbekleidet	
10	13,3°C	2,5 h	26,5 h	81,5	unbekleidet	
11	14,8°C	2,0 h	26,0 h	59,5	unbekleidet	
12	13,3°C	2,0 h	24,0 h	105,0	unbekleidet	
13	12,8°C	2,0 h	30,0 h	52,0	unbekleidet	
14	13,0°C	2,0 h	31,0 h	73,0	unbekleidet	
15	17,0°C	2,0 h	25,0 h	68,5	unbekleidet	
16	20,0°C	2,0 h	25,0 h	79,0	unbekleidet	
17	19,6°C	2,7 h	28,0 h	89,0	unbekleidet	
18	19,8°C	2,2 h	30,2 h	78,0	unbekleidet	
19	19,6°C	2,25 h	31,2 h	51,0	unbekleidet	
20	18,0°C	2,17 h	26,8 h	59,0	unbekleidet	
21	19,5°C	2,0 h	25,0 h	70,0	unbekleidet	

$$\text{Wichtung Hirn} = \frac{\text{Anzahl der besseren } dt_H\text{-Werte}}{\text{Anzahl } n \text{ der Fälle im } Q\text{-Bereich}} \quad (\text{VII})$$

$$\text{Wichtung Rektum} = \frac{\text{Anzahl der besseren } dt_R\text{-Werte}}{\text{Anzahl } n \text{ der Fälle im } Q\text{-Bereich}}$$

Daraus ergeben sich die in Tabelle 4 angegebenen Wichtungsgrößen für Rektum und Hirn.

Der Rechenansatz zur Elimination von  $T_0$  ergab sich wie folgt: Bei gleichzeitiger Kenntnis von Hirn- und Rektaltemperatur lässt sich durch Division der Gleichungen II und III eine Formel herleiten, die unabhängig von der „Temperatur bei Todeseintritt“ wird.

$$\frac{Q_H}{Q_R} = \frac{T_H - T_U}{T_R - T_U} = \frac{1,135 \exp(-0,127 \cdot t) - 0,135 \exp(-1,0677 \cdot t)}{1,25 \exp(B \cdot t) - 0,25 \exp(5 \cdot B \cdot t)} \quad (\text{VIII})$$

## Ergebnisse

Die statistischen Maßzahlen der Abweichungen zwischen den separat aus  $T_H$  bzw.  $T_R$  nach (II) bzw. (III) berechneten und den realen Todeszeiten ergeben über  $Q_H$  folgendes Bild (Tabelle 2):

- die Präzision der hirntemperaturberechneten Zeiten sinkt mit abnehmen dem  $Q_H$ .
- Die Präzision der rektaltemperaturberechneten Zeiten bleibt über dem erfaßten Bereich von  $Q_H$  annähernd konstant.
- Die Präzision der hirntemperaturberechneten Zeiten ist bis  $Q_H > 0,5$  statistisch signifikant (0,01) höher als die der rektaltemperaturberechneten Zeiten.
- Im Bereich  $0,3 \leq Q_H < 0,5$  ist die Präzision bei geringeren Vorteilen für die hirntemperaturberechneten Zeiten annähernd gleichwertig.
- Unterhalb von  $Q_H <$  ist die Präzision der rektaltemperaturberechneten Zeiten statistisch signifikant (0,01) höher.

Eine Zusammenfassung der schmalen  $Q_H$ -Klassen aus Tabelle 2 zu entsprechend breiteren Klassen (Tabelle 3) verdeutlicht diese Aussagen und beweist sie für das vorliegende Kollektiv von 21 Leichen mit simultaner Registrierung der zentralen Hirn- und Rektaltemperatur.

**Tabelle 2.** Statistische Maßzahlen der Abweichungen zwischen berechneten und tatsächlichen Todeszeiten aus  $T_H$  bzw.  $T_R$  für Klassen von  $Q_H$  schmaler Breite

$Q_H = \frac{T_H - T_U}{37,2 - T_U}$	$n$	Hirntemperatur			Rektaltemperatur		
		$\bar{dt}$	$\pm s$	$\pm s_0$	$\bar{dt}$	$\pm s$	$\pm s_0$
1,0 $\geq Q_H > 0,8$	19	-0,31	0,59	0,67	-0,32	1,58	1,61
0,8 $\geq Q_H > 0,7$	21	0,56	0,77	0,77	0,09	1,67	1,67
0,7 $\geq Q_H > 0,6$	31	0,17	0,73	0,75	0,22	1,33	1,35
0,6 $\geq Q_H > 0,5$	30	-0,02	0,83	0,83	0,05	1,40	1,40
0,5 $\geq Q_H > 0,4$	41	-0,20	1,13	1,14	0,04	1,50	1,50
0,4 $\geq Q_H > 0,3$	52	-0,36	1,29	1,34	0,10	1,42	1,42
0,3 $\geq Q_H > 0,2$	74	-0,89	1,68	1,91	0,10	1,55	1,55
0,2 $\geq Q_H > 0,1$	127	-2,32	2,81	3,65	0,04	1,71	1,71
0,1 $\geq Q_H > 0,07$	50	-1,79	2,83	3,36	0,17	1,53	1,54
0,07 $\geq Q_H > 0,05$	24	-1,94	3,1	3,67	0,49	1,95	2,02

**Tabelle 3.** Statistische Maßzahlen der Abweichungen zwischen berechneten und tatsächlichen Todeszeiten aus  $T_H$  bzw.  $T_R$  für zusammengefaßte Klassen der Tabelle 2

$Q_H = \frac{T_H - T_U}{37,2 - T_U}$	$n$	Hirntemperatur			$P =$	Rektaltemperatur		
		$\bar{dt}$	$\pm s$	$\pm s_0$		$\bar{dt}$	$\pm s$	$\pm s_0$
1,0 $\geq Q_H > 0,5$	101	0,00	0,75	0,75	0,01	0,04	1,46	1,46
0,5 $\geq Q_H > 0,3$	93	-0,29	1,22	1,25	—	0,07	1,45	1,45
0,3 $\geq Q_H > 0,07$	251	-1,79	2,60	3,16	0,01	0,08	1,62	1,62

**Tabelle 4.** Statistische Maßzahlen der Abweichungen zwischen berechneten und tatsächlichen Todeszeiten aus  $T_H + T_R$  nach selbstkonsistenter Wichtung für Klassen von  $Q_H$  mit schmaler Breite

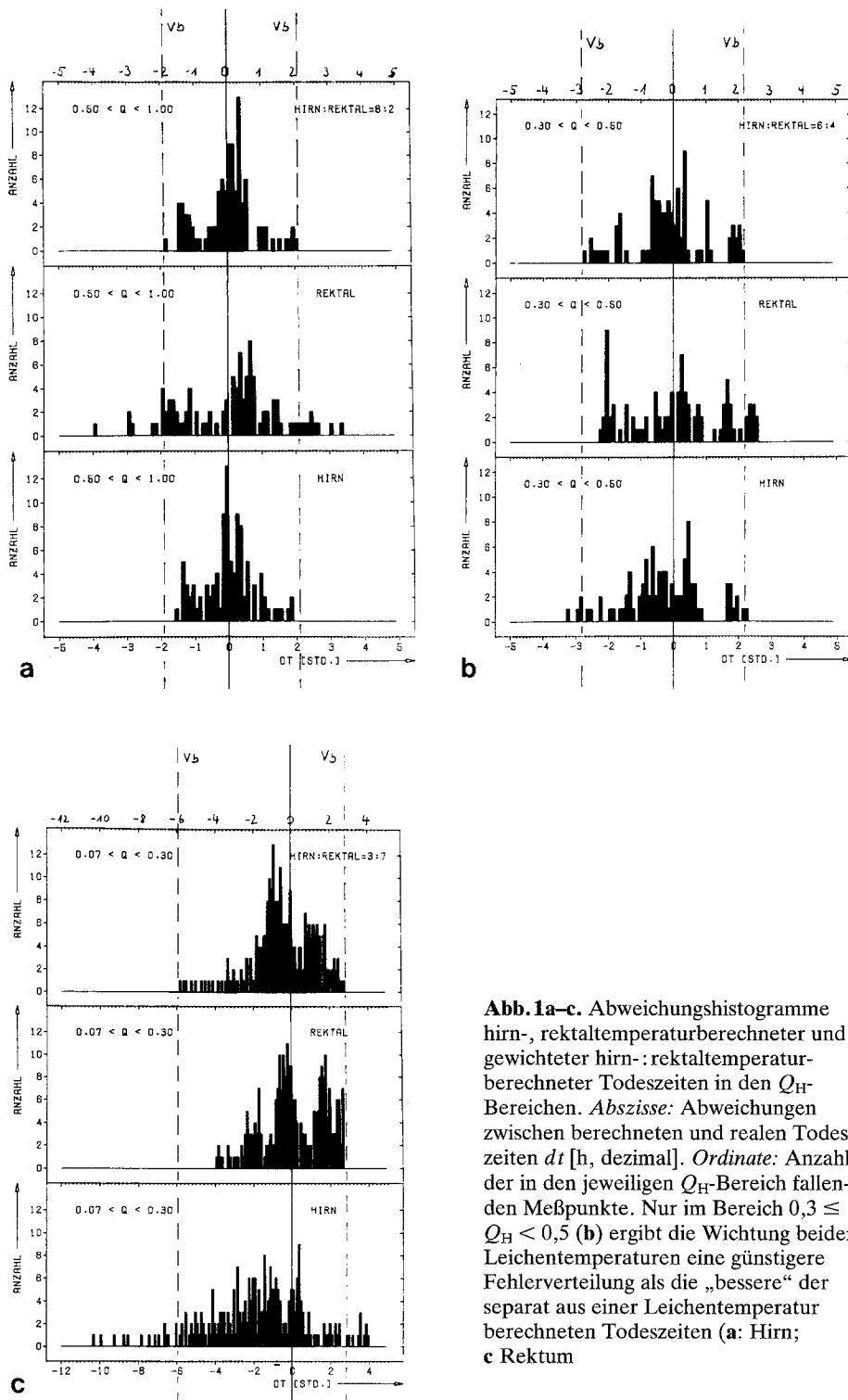
$Q_H = \frac{T_H - T_U}{37,2 - T_U}$	$n$	Selbstkonsistente Wichtung				„Bessere“ einzelne Leichentemperaturen		
		Hirn: Rektum	$\bar{dt}$	$\pm s$	$\pm s_0$	$\bar{dt}$	$\pm s$	$\pm s_0$
$1,0 \geq Q_H > 0,8$	19	95 : 5	-0,31	0,62	0,70	H -0,31	0,59	0,67
$0,8 \geq Q_H > 0,7$	21	76 : 24	0,06	0,92	0,92	H 0,06	0,77	0,77
$0,7 \geq Q_H > 0,6$	31	77 : 23	0,19	0,78	0,81	H 0,17	0,73	0,75
$0,6 \geq Q_H > 0,5$	30	73 : 27	0,00	0,87	0,87	H -0,02	0,83	0,83
$0,5 \geq Q_H > 0,4$	41	59 : 41	-0,10	1,16	1,16	H -0,20	1,13	1,14
$0,4 \geq Q_H > 0,3$	52	52 : 48	-0,14	1,20	1,20	H +0,36	1,29	1,34
$0,3 \geq Q_H > 0,2$	74	38 : 62	-0,28	1,43	1,46	R 0,10	1,55	1,55
$0,2 \geq Q_H > 0,1$	127	26 : 74	-0,57	1,74	1,83	R 0,04	1,71	1,71
$0,1 \geq Q_H > 0,07$	50	26 : 74	-0,34	1,50	1,54	R 0,17	1,53	1,54

**Tabelle 5.** Statistische Maßzahlen der Abweichungen berechneter und tatsächlicher Todeszeiten aus  $T_H + T_R$  nach selbstkonsistenter Wichtung für zusammengefaßte Klassen von  $Q_H$  der Tabelle 4

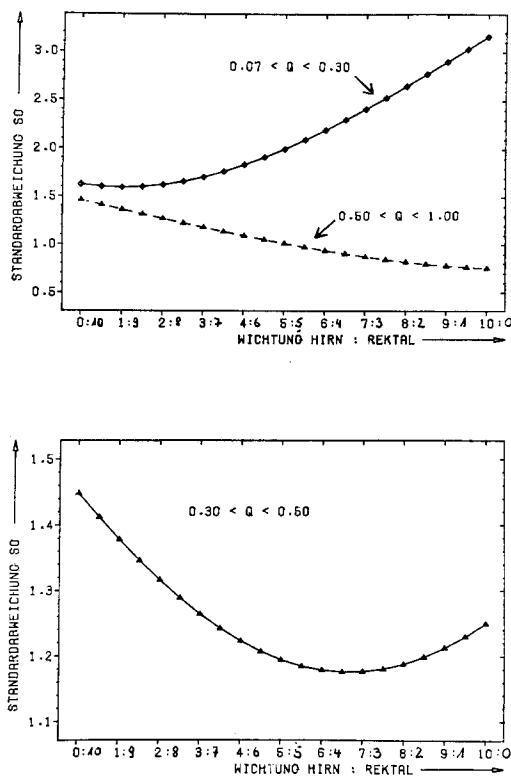
$Q_H = \frac{T_H - T_U}{37,2 - T_U}$	$n$	Selbstkonsistente Wichtung				„Bessere“ einzelne Leichentemperaturen		
		Hirn: Rektum	$\bar{dt}$	$\pm s$	$\pm s_0$	$\bar{dt}$	$\pm s$	$\pm s_0$
$1,0 \geq Q_H > 0,5$	101	80:20	0,01	0,82	0,82	H 0,00	0,75	0,75
$0,5 \geq Q_H > 0,3$	93	55:45	-0,13	1,18	1,18	H 0,29	1,22	1,25
$0,3 \geq Q_H > 0,07$	251	30:70	-0,47	1,63	1,70	R 0,08	1,62	1,62

Mit Blick auf die angestrebte Berechnung einer gemeinsamen Todeszeit aus beiden simultan gemessenen Leichentemperaturen wurde untersucht, ob bestimmte Wichtungen von hirn- und rektaltemperaturberechneten Zeiten am vorliegenden Datenmaterial zu einer höheren Präzision führen als der jeweils höheren Präzision einer der beiden hirn- oder rektaltemperaturberechneten Zeiten entspricht. Nach Tabelle 4 ist das nur in den Bereichen  $0,4 \leq Q_H < 0,3$  (52 Hirn:48 Rektum) und  $0,3 \leq Q_H < 0,2$  (38 Hirn:62 Rektum) der Fall.

Die Zusammenfassung der schmalen  $Q_H$ -Klassen zu den o. g. drei typischen Klassen (Tabelle 5) zeigt, daß die Standardabweichungen um  $dt = 0$  ( $s_0$ ) im Bereich  $0,5 \leq Q_H < 1,0$  und im Bereich  $0,07 \leq Q_H < 0,3$  etwas größer und nur im mittleren Bereich  $0,3 \leq Q_H < 0,5$  etwas geringer sind. Aus der Abb. 2 geht eindrucksvoll hervor, daß ausschließlich im mittleren Bereich  $0,3 \leq Q_H < 0,5$  durch Wichtungen in einem relativ breiten (und deshalb unkritischen) Bereich zwischen grob 50 und 80% (Hirn) eine Verringerung der Standardabweichung um  $dt = 0$  unter den niedrigeren Wert einer der beiden separat berechneten Zeiten (hier: Hirn) erreicht werden kann. In den beiden anderen  $Q_H$ -Bereichen liegen die Standardabweichungen jeglicher Wichtung mehr oder weniger über



**Abb. 1a-c.** Abweichungshistogramme hirn-, rektaltemperaturberechneter und gewichteter hirn-: rektaltemperaturberechneter Todeszeiten in den  $Q_H$ -Bereichen. *Abszisse:* Abweichungen zwischen berechneten und realen Todeszeiten  $dt$  [h, dezimal]. *Ordinate:* Anzahl der in den jeweiligen  $Q_H$ -Bereich fallenden Meßpunkte. Nur im Bereich  $0,3 \leq Q_H < 0,5$  (**b**) ergibt die Wichtung beider Leichentemperaturen eine günstigere Fehlerverteilung als die „bessere“ der separaten aus einer Leichentemperatur berechneten Todeszeiten (**a**: Hirn; **c** Rektum)



**Abb. 2.** Standardabweichungen der berechneten Todeszeiten  $dt = 0$  in den  $Q_H$ -Bereichen in Abhängigkeit von der Wichtung der hirn-rektal-temperaturberechneten Zeiten.  
Abszise: Wichtung (%) der hirn-temperaturberechneten Zeit

der geringeren Standardabweichung einer der beiden separaten Zeitberechnungen.

Obwohl die durch Gewichtung im mittleren  $Q_H$ -Bereich erzielte Verringerung von  $s_0$  nur ein sehr geringes Ausmaß besitzt (Abnahme um  $\pm 0,07$  h), offenbart ein Vergleich der Abweichungshistogramme (Abb. 1a-c) darüberhinausgehende Vorteile:

— die Verteilung der Abweichungen zwischen gewichtet-hirn-rektaltemperaturberechneten und realen Todeszeiten ist vergleichsweise symmetrischer, im Bereich zwischen  $dt + 0,5$  und  $-0,5$  h wesentlich häufiger besetzt, und sie weist engere Variationsgrenzen auf als die Abweichungshistogramme von separat hirn- bzw. rektaltemperaturberechneten Zeiten (vgl. Tabelle 6).

Eine gleichartige Betrachtung der beiden anderen  $Q_H$ -Bereiche offenbarte analog größere Nachteile der gewichtet-hirn-rektaltemperaturberechneten Todeszeiten als aus der nur geringfügig größeren Standardabweichung um  $dt = 0$  zu vermuten wäre, z. B. breitere Variationsgrenzen. (Offensichtlich ist die alleinige vergleichende Betrachtung der Standardabweichungen am vorliegenden Material kein ausreichend sensibles Kriterium für einen Präzisionsvergleich. Ursache dafür ist, daß die beobachteten Verteilungen von den der statistischen Berechnungen zugrundegelegten Normverteilungen abweichen.)

Im Bereich  $0,7 \leq Q_H < 1,0$  wurde außerdem die „integrierte“ Todeszeitberechnung aus den Rechenansätzen beider Leichentemperaturen (II, III) mit

**Tabelle 6.** Variationsbreiten von  $dt$  bei separater und gewichteter Zeitberechnung

$Q_H = \frac{T_H - T_U}{37,2 - T_U}$	Hirn	Rektum	Wichtung
$1,0 \geq Q_H > 0,5$	+ 1,9 bis – 1,4	+ 3,4 bis – 4,0	+ 2,0 bis – 1,8
$0,5 \geq Q_H > 0,3$	+ 2,2 bis – 3,3	+ 2,6 bis – 2,1	+ 2,2 bis – 2,8
$0,3 \geq Q_H > 0,07$	+ 3,9 bis – 10,3	+ 2,7 bis – 3,9	+ 2,8 bis – 5,8

**Tabelle 7.**  $dt$  von separat hirn- bzw. rektaltemperaturberechneten Todeszeiten und von „integrierter“ Todeszeitberechnung aus beiden Leichentemperaturen bei den zwei Fällen des Materials mit Fieber bei Todeseintritt

Nr.	$t_r$	$T_H$	$dt_H$	$T_R$	$dt_R$	$dt_{H;R}$
01	2,0	36,7	-1,3	37,9	-2,0	-0,8
	3,0	35,4	-1,5	37,5	-3,0	-1,2
	4,0	33,2	-1,4	36,7	-1,8	-1,3
12	2,0	34,3	-0,2	38,0	-2,0	+0,3
	3,0	33,0	-0,6	37,7	-3,0	-0,2

Elimination von  $T_0$  (VIII) darauf geprüft, ob sie geeignet sein könnte, die Fehler berechneter Todeszeiten, welche durch höhere oder geringere Temperaturen als 37,2°C bei Todeseintritt verursacht werden, zu verringern. Die Standardabweichung um  $dt = 0$  war mit  $s_0 = \pm 0,69$  geringfügig geringer als die der hirntemperaturberechneten Zeit ( $s_0 = \pm 0,71$ ).

Das vorliegende Material enthält zwei Fälle (Nr. 1 und 12), bei welchen die Rektaltemperaturen bei Untersuchungsbeginn anzeigen, daß bei Todeseintritt Fieber bestanden hat. Die Daten der Tabelle 7 deuten an, daß dieser Berechnungsmodus durchaus geeignet sein könnte, dadurch bedingte größere Fehler berechneter Todeszeiten im Bereich um  $0,7 \leq Q_H < 1,0$  zu verringern.

## Diskussion

Die statistischen Maßzahlen der Abweichungen zwischen berechneten und realen Todeszeiten liegen am vorliegenden Datenmaterial bei Berechnungen aus nur der Hirntemperatur oder nur der Rektaltemperatur in einem Bereich, wie er sich auch bei früheren Stichprobenuntersuchungen ergeben hat. Während dieses Ergebnis für die hirntemperaturberechneten Zeiten selbstverständlich ist, weil die vorliegenden 21 Fälle Teil des früher untersuchten Kollektivs [7] darstellen, handelt es sich bei den Rektaltemperaturkurven um ein bisher noch nicht ausgewertetes Datenmaterial, das deshalb als Bestätigung früherer Ergebnisse [3, 4] angesehen werden kann.

Die Zweckmäßigkeit, am Leichenfundort nicht allein die Rektaltemperatur, sondern auch die zentrale Hirntemperatur zu messen, ergibt sich bereits aus dem Ergebnis vorliegender Studie mit simultaner Messung beider Leichentemperaturen, wonach die Hirntemperatur im Bereich  $0,5 \leq Q_H < 1,0$  und die Rektaltemperatur im Bereich  $0,07 \leq Q_H < 0,3$  statistisch signifikant präzisere Todeszeitrückrechnungen ergeben. Die Tendenz zu präziserer Todeszeitrück-

rechnung im Bereich  $0,3 \leq Q_H < 0,5$  mit Wichtung der hirn-rektaltemperatur-berechneten Zeiten in einem Verhältnis um 6 (Hirn):4 (Rektum) sowie die Tendenz, größere Fehler in Fällen mit z.B. Fieber bei Todeseintritt durch „integrierte“ Berechnung einer gemeinsamen Todeszeit aus beiden Leichen-temperaturen (mit dadurch möglicher Elimination von  $T_0$  aus dem Rechenansatz) im Bereich um  $0,7 \leq Q_H < 1,0$  vermeiden zu können, unterstützen diese Aussage.

Der Untersuchungsaufwand am Leichenfundort ist durch zusätzliche Messung der Hirntemperatur (nach dem von Brinkmann et al. 1976 angegebenen einfachen und nahezu verletzungsfreien Verfahren) – zumal es sich um einzeitige Messungen handelt – nur unwesentlich größer. Die erforderlichen Zeitberechnungen könnten durch einfache zu handhabende Nomogramme in gleicher Weise ersetzt werden, wie es für die separate Todeszeitbestimmung aus Hirn- bzw. Rektaltemperatur bekannt ist [6, 7].

Die vorliegenden Datenanalysen basieren auf Untersuchungen, denen methodische Mängel (z.B. „präanalytischer Fehler und Fehler im Zusammenhang mit der „Ortsabhängigkeit“ der Leichentemperaturen) anhafteten [3, 4, 7]. Es ist zu erwarten, daß Untersuchungsreihen mit verbesserter Methodik zu geringeren Fehlerbreiten der separat aus beiden Leichentemperaturen berechneten Zeiten und damit auch der gemeinsam berechneten Zeiten führen werden.

Für besonders interessant und wert, weiter verfolgt zu werden, halten wir die „Integration“ der Rechenansätze beider Leichentemperaturen: Sie kann dazu benutzt werden, eine der „unbequemen“ Größen, entweder  $T_0$  (die unbekannte Temperatur bei Todeseintritt, sonst notwendigerweise auf 37,2°C fixiert) oder  $T_U$  (die Umgebungstemperatur) aus dem gemeinsamen Ansatz zu eliminieren. Auf der Basis von zwei verschiedenen, einmalig simultan gemessenen Leichentemperaturen könnten dadurch zwei „Achillesfersen“ der bisherigen Todeszeitrückrechnung auf der Basis nur einer Leichentemperatur bezüglich ihrer negativen Auswirkungen auf die Präzision der berechneten Zeit vermutlich stärker gemindert werden:

- die negativen Auswirkungen einer Abweichung der realen Temperatur bei Todeseintritt vom angenommenen Festwert (37,2°C), insbesondere in den ersten Stunden nach dem Tode;
- die negativen Auswirkungen einer Abweichung der Umgebungstemperatur am Leichenfundort vor ihrer Messung zum Zeitpunkt der Leichenauffindung, insbesondere bei längeren Liegezeiten. (Dieser mutmaßliche Vorteil konnte am vorliegenden Material nicht stichhaltig überprüft werden, weil die Untersuchungsdauer dafür zu kurz war.)

Von allgemeiner Bedeutung für Bemühungen um eine Todeszeitbestimmungsmethode auf der Basis mehrerer Meßgrößen scheint uns das Teilergebnis vorliegender Studie zu sein, wonach die Einbeziehung zweier Meßgrößen bezüglich der resultierenden Präzision berechneter Todeszeiten durchaus auch schlechtere Resultate ergeben kann als mit der alleinigen Verwendung nur einer der beiden Meßgrößen. In der vorliegenden Studie war dies in Abhängigkeit von der postmortalen Phase der Fall. Zu ähnlichen Überlegungen führten auch Analysen der Methode von Schourup 1950 [8].

Daraus kann zumindest die Forderung abgeleitet werden, daß die Behauptung einer verbesserten Präzision der resultierenden Todeszeitbestimmung durch Einbeziehung mehrerer Meßgrößen in Untersuchungsreihen mit Simultanmessung und durch adäquate Auswertung mit statistischer Bearbeitung belegt werden muß. Die Ergebnisse der vorliegenden Studie werden als ein Teilschritt auf diesem Wege angesehen.

## Literatur

1. Brinkmann B, May D, Riemann U (1976) Postmortaler Temperaturausgleich im Bereich des Kopfes. I. Meßtechnik, prinzipielle Untersuchungen. Z Rechtsmed 78:69–82
2. Brinkmann B, Menzel G, Riemann U (1978) Postmortale Organtemperaturen unter verschiedenen Umweltbedingungen. Z Rechtsmed 81:207–216
3. Henßge C (1979) Die Präzision von Todeszeitschätzungen durch die mathematische Beschreibung der rektalen Leichenabkühlung. Z Rechtsmed 83:49–67
4. Henßge C (1981) Todeszeitschätzungen durch die mathematische Beschreibung der rektalen Leichenabkühlung unter verschiedenen Abkühlungsbedingungen. Z Rechtsmed 87: 147–178
5. Henßge C (1982) Methoden zur Bestimmung der Todeszeit – Leichenabkühlung und Todeszeitbestimmung. Med. Habilitationsschrift, Humboldt-Universität Berlin
6. Henßge C (1982) Temperatur-Todeszeit-Nomogramme für Bezugsstandardbedingen der Leichenlagerung. Kriminalistik und forensische Wissenschaften 46:109–115
7. Henßge C, Beckmann ER, Wischhusen F, Brinkmann B (1984) Todeszeitbestimmung durch Messung der zentralen Hirntemperatur. Z Rechtsmed (im Druck)
8. Schourup H (1950) Dødstidbestemmelse på grundlag af postmortelle cisternevaedskevandringer og det postmortelle axiltemperaturfeld. Summary: Determination of the time of death. Diss Med Copenhagen. Dansk Videnskabs, København

Eingegangen am 14. Mai 1984