

## *Kasuistik — Casuistry*

### **Morphologische, toxikologische und gewerbehygienische Untersuchungen zur Frage des Todes durch Hyperthermie\***

Michael Staak, Eberhard Springer und Walter Emendörfer

Institut für gerichtliche Medizin der Universität Tübingen (BRD)

Eingegangen am 5. Januar 1973

Morphological, Toxicological and Technical Investigations about Death  
from Hyperthermia

*Summary.* This report concerns two cases of sudden death by hyperthermia in two 3½- and 1½-year-old children. The different possibilities of dying are discussed, especially intoxication by CO or CO<sub>2</sub>, death from suffocation by lack of O<sub>2</sub> and death from hyperthermia. The morphological, toxicological and technical findings demonstrate that intoxication or suffocation are of no account. In view of the experimental measurement of temperature in the room and the morphological findings there is every reason to believe that death was caused by irreversible shock.

*Zusammenfassung.* Es wird über zwei Todesfälle durch Einwirkung trockener Hitze bei Kindern berichtet. Die morphologischen, toxikologischen und gewerbehygienischen Untersuchungsbefunde werden dargestellt. Danach scheiden eine CO- bzw. CO<sub>2</sub>-Vergiftung sowie eine Erstickung infolge O<sub>2</sub>-Mangels als eigentliche Todesursache aus. Dagegen sprechen die experimentellen Messungen der Raumtemperatur sowie die makroskopischen und mikroskopischen Befunde für einen Schocktod bei Hyperthermie.

*Key words:* Hyperthermie, Unfälle bei Kindern — CO-Vergiftung — CO<sub>2</sub>-Vergiftung — Erstickung.

#### **1. Einleitung**

In der Literatur finden sich Untersuchungen über Todesfälle infolge lokaler oder allgemeiner Hitzeeinwirkung vorwiegend bei Säuglingen oder bei Erwachsenen. Bei Säuglingen wird insbesondere über lokale Einwirkung durch Heizkissen bzw. Heizdecken (Schmidt u. Zink, 1963; Gradmann, 1965; Klein u. Mueller, 1966; Heifer, 1958; Gädke, 1967) im Zusammenhang mit der Gefahr des tödlichen Kreislaufzusammenbruchs berichtet. Dagegen spielt in der Pathologie des Erwachsenen der sogenannte „Hitzschlag“ im Zusammenhang mit körperlicher Belastung in der Begutachtung eine wichtige Rolle. Die pathologisch-anatomischen Veränderungen, die auftretenden Regulationsstörungen des Kreislaufsystems sowie klinische Befunde wurden eingehend beschrieben. So berichteten Kerkhoven *et al.* (1969) über zentralnervöse Störungen mit diffuser Hirnschädigung im EEG,

\* Herrn Prof. Dr. med. B. Mueller zum 75. Geburtstag gewidmet.

über Depolarisationsstörungen im EKG sowie über hämorrhagische Diathesen und über Störungen der Nierenfunktion. Auch Meikle u. Graybill (1967) beobachteten hämorrhagische Diathesen bei Todesfällen durch Hitzschlag.

Dagegen treten tödliche Zwischenfälle durch extreme allgemeine Hitzeeinwirkung im Kleinkindesalter offenbar selten auf. Nach Gädke (1967) nehmen tödliche Unfälle bei Kindern durch thermische Läsionen mit steigendem Lebensalter im Verhältnis zu anderen Unfallursachen erheblich ab. Daher erscheint es von Interesse, über die Umstände und Untersuchungsbefunde eines Unglücksfalls zu berichten, bei dem zwei Kleinkinder infolge Einwirkung trockener Hitze verstarben.

## 2. Kasuistik

Es handelt sich um zwei  $3\frac{1}{2}$  (M. L.) bzw.  $1\frac{1}{2}$  (A. L.) Jahre alte Kinder eines Gastwirtsehepaars. Die Kinder wurden an einem Dezemberabend bereits gegen 18 Uhr ins Bett gebracht, da die Eltern in der Gastwirtschaft beschäftigt waren. Die Eltern spielten Karten und tranken bis spät in die Nacht Alkohol mit verschiedenen Lokalgästen. Anschließend übernachteten sie in der Gaststube. Am nächsten Morgen ging die Mutter gegen 7.45 Uhr in das Kinderzimmer im ersten Stock des Hauses. Als sie die Tür aufschloß, schlug ihr eine Hitzewelle entgegen. Das kleinere Kind (A. L.) lag unter dem Kinderbett, das größere (M. L.) lag entkleidet auf dem Bett.

Da die Kinder sich nicht bewegten, rief sie sofort den Hausarzt, der nur noch den Tod feststellen konnte. Das Zimmer wurde mit einem Gasofen beheizt, den die Mutter am Vorabend angeblich auf „kleine Heizleistung“ eingestellt hatte. Am nächsten Morgen stellte sie jedoch fest, daß der Ofen auf „maximale Heizleistung“ eingestellt war. Das Zimmer befand sich in Unordnung, der Nachttisch war umgeworfen. Im Zimmer herrschte enorme Hitze, die Tapeten waren teilweise gewellt und bräunlich verfärbt.

Auf Grund dieser Auffindungssituation konnten als unmittelbare Ursache für den Tod der beiden Kinder folgende Möglichkeiten in Betracht kommen:

- Bildung von toxischen Gaskonzentrationen in der Raumluft.
- Extremer Anstieg der Raumtemperatur.
- Absinken der Sauerstoffkonzentration in der Raumluft.

## 3. Untersuchungsbefunde

### 3.1. Makroskopische und mikroskopische Untersuchungsbefunde

Bei beiden Kindern wurden die folgenden praktisch übereinstimmenden Obduktionsbefunde erhoben (ca. 8 Std nach dem Auffinden): Altersgemäßer Entwicklungszustand, keine äußeren oder inneren Mißbildungen. Grauviolette Totenflecken, blasenartige Abhebungen der Oberhaut im Bereich der gesamten Körperoberfläche mit pergamentartigen Vertrocknungsbezirken. Vertrocknungserscheinungen an den Acren. Denaturierung der Muskulatur. Graubräunlicher, angetrockneter Schaum in den Nasenöffnungen; grauweißlicher Schleim in der Mundhöhle, grauer blasiger Schleim in Kehlkopf und Luftröhre. Ödem der Schleimhaut des Kehlkopfes. Petechiale subpleurale Blutungen, subepikardiale Blutungen, Hyperämie und Ödem der Leber mit herdförmigen Abblassungen. Hyperämie der Pia-gefäß, Hirnödem.

Bei den mikroskopischen Untersuchungen fanden sich subepikardiale und intramuskuläre Blutungen; Hyperämie und Ödem der Herzmuskulatur. — Hochgradiges subpleurales und intraseptales Ödem der Lungen mit erheblicher Hyperämie; ödematöse Auflockerung der Schleimhäute der Bronchien, an einzelnen Stellen Fibrinausgüsse der Capillaren sowie Blutungen. Abschnittsweise Verfet-

tung der Alveolarepithelien. — Vacuolige Degeneration der Leberparenchymzellen mit diffuser feintropfiger Verfettung. — Trübe Schwellung der Nieren mit Blutungen in das parenchymatöse und interstitielle Gewebe. Diffuse Verfettung der Tubulusepithelien. — Blutungen in der Peripherie der Milzfollikel. — Ödem und hochgradige Hyperämie des Gehirns mit vereinzelten Blutaustritten.

### 3.2. Toxikologische Untersuchungsergebnisse

Da sich dieser Unfall in einer Gastwirtschaft zugetragen hatte, wurden sicherheitshalber bei beiden Kindern Blutproben auf Alkohol untersucht. In beiden Fällen ergaben sich negative Befunde. Ferner wurde die Kohlenmonoxidkonzentration im Blut der linken und rechten Herzkammer gemessen. Eine meßbare CO-Hb-Konzentration war jedoch in beiden Fällen nicht festzustellen.

### 3.3. Gewerbehygienische Untersuchungen

Bei dem Schlafzimmer handelte es sich um einen  $14,75 \text{ m}^2$  großen Raum mit  $36 \text{ m}^3$  Brutto-Rauminhalt, der ein Fenster und eine Tür aufweist. Die Beheizung erfolgte durch einen mit Stadtgas betriebenen Ofen mit einer Nennleistung von 8000 kcal/Std. Ein Raumthermostat war nicht vorhanden. Die Wärmeregulation erfolgte über vier Stellungen am Regulierungshebel (1 = Gaszufuhr abgestellt; 2 = Zündflamme brennt; 3 = volle Heizleistung; 4 = geringe Heizleistung).

In den Versuchen wurden einerseits die CO-,  $\text{CO}_2$ - und  $\text{O}_2$ -Konzentrationen in der Raumluft, zum anderen die auftretenden Raumtemperaturen ermittelt.

#### 3.3.1. Experimentelle Messungen der CO-, $\text{CO}_2$ - und $\text{O}_2$ -Konzentrationen in der Raumluft

Die Messung der CO- bzw.  $\text{CO}_2$ -Konzentrationen erfolgte mittels eines Dräger-Gasspürgerätes (Modell 19/31) in Verbindung mit den entsprechenden Prüfröhren.

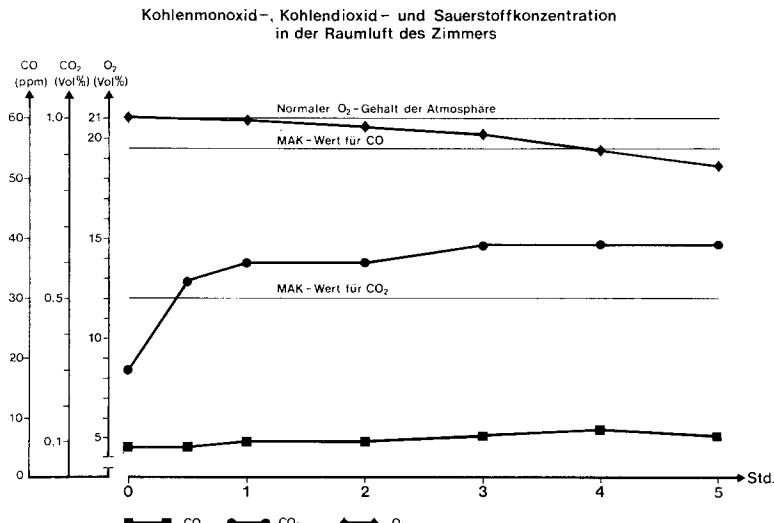


Abb. 1. Kohlenmonoxid-, Kohlendioxid- und Sauerstoffkonzentration in der Raumluft des Zimmers

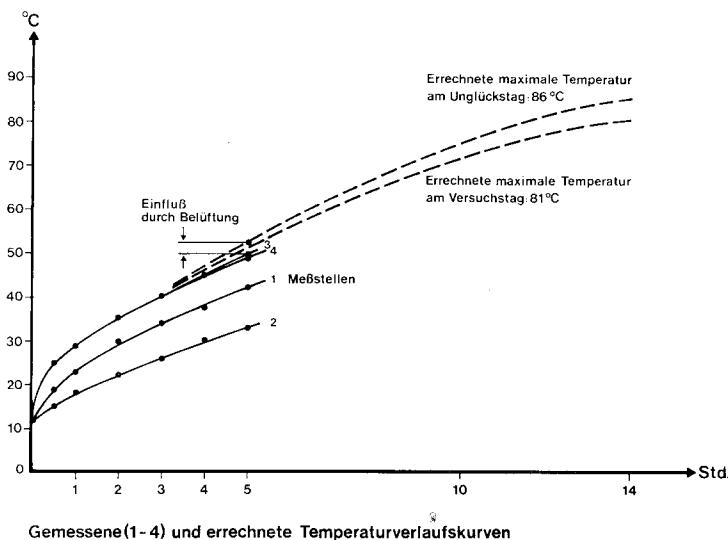


Abb. 2. Gemessene (1—4) und errechnete Temperaturverlaufskurven

chen (10/a; 0,5% a), die Bestimmung des O<sub>2</sub>-Gehaltes mit dem Ursat-Apparat. Die über einen Zeitraum von 5 Std gemessenen Werte sind im Vergleich mit den zulässigen Werten für die maximalen Arbeitsplatzkonzentrationen (MAK-Werte) dargestellt.

### 3.3.2. Experimentelle Messung der Raumtemperatur

Die Messung der Raumtemperatur erfolgte an vier verschiedenen Meßstellen:

Meßstelle 1: Lage des Kindes M. L. auf dem Bett.

Meßstelle 2: Lage des Kindes A. L. unter dem Bett.

Meßstelle 3: 1 m von der Tür entfernt; 1,1 m über dem Fußboden.

Meßstelle 4: 0,7 m vom Fenster entfernt; 1,1 m über dem Fußboden.

In Abb. 2 ist der Temperaturanstieg an den vier verschiedenen Meßstellen über einen Zeitraum von 5 Std grafisch dargestellt. Ferner wurden der weitere Verlauf der Temperaturkurve bei bis zu 14 Std dauernder Aufheizung des Zimmers rechnerisch ermittelt.

## 4. Diskussion

Angesichts der Auffindungssituation der beiden verstorbenen Kinder war die Möglichkeit einer Intoxikation durch Verbrennungsgase bzw. einer Erstickung infolge Sauerstoffmangels einerseits, andererseits einer letalen Schädigung durch Hyperthermie zu untersuchen.

Die makroskopisch erhobenen Befunde an den Leichen der Kinder sowie die chemisch-toxikologischen Untersuchungen schließen eine Vergiftung mit Kohlenmonoxid aus. Die in dem Schlafzimmer der Kinder durchgeföhrten experimentellen Messungen der CO- bzw. CO<sub>2</sub>-Konzentration ergaben darüber hinaus, daß trotz der erheblichen Hitzeeinwirkung lediglich Konzentrationen erreicht wurden, die erheblich unter den festgelegten MAK-Werten blieben. Nach Bühlmann (1972)

werden 1 bis 1,5% CO<sub>2</sub> in der Inspirationsluft gut vertragen, bei 4 bis 6% CO<sub>2</sub> ist mit beträchtlichen Funktionsstörungen und bei 7% CO<sub>2</sub> mit Bewußtlosigkeit zu rechnen. Auch die Verminderung der O<sub>2</sub>-Konzentration von ca. 21 auf 18,5% im Verlauf von 5 Std dürfte selbst bei Berücksichtigung des relativ höheren Sauerstoffbedarfs der Kinder noch nicht als kritisch angesehen werden. Durch überschlägige Berechnungen kann aber davon ausgegangen werden, daß unter Einbeziehung der örtlichen Verhältnisse nach 14 Std die Sauerstoffkonzentration auf 10 bis 11% zurückgegangen sein dürfte. Der kritische Wert von ca. 14% O<sub>2</sub> in der Raumluft wäre somit unterschritten gewesen. Erst bei dieser Konzentration werden zunehmende Funktionsstörungen beobachtet (Brüner, 1961). Immerhin wird man daher im vorliegenden Fall derartige Funktionsstörungen mit in Betracht ziehen müssen.

Von entscheidender Bedeutung für den tödlichen Geschehensablauf dürfte aber vor allem die Hitzeeinwirkung gewesen sein. Wie aus den bei der Obduktion erhobenen Befunden hervorging, lagen umfangreiche flächenhafte Hautveränderungen infolge extremer Wärmeinwirkung vor. Die Muskulatur des Rumpfes war teilweise denaturiert. In den Organen des großen und kleinen Kreislaufs bestand ein hochgradiges Ödem sowie eine Hyperämie, insbesondere aber auch im Bereich des Kehlkopfs und der Trachea. Ferner fanden sich subseröse Blutungen im Bereich des Epikards und der Pleura. Die wärmetechnischen Untersuchungen ergaben zudem, daß in dem Schlafraum bereits nach 5 Std Temperaturen von etwa 50°C erreicht worden waren, die bei längerer Heizdauer tatsächlich aber weit höher gelegen haben dürften. So ließ sich berechnen, daß über einen 14stündigen Zeitraum Temperaturen zwischen 81 und 86°C anzunehmen sind. Derartige hohe Außentemperaturen sind unter bestimmten Bedingungen kurzfristig zu ertragen. So gibt Kutz (1959) die Toleranzgrenze für Nichtarbeitende bei 38°C für 1½ Std, bei 45°C für 50 min an. Bei trockener Atmosphäre gelten 48 bis 49°C als kritisch. Bei der größeren Temperaturrempfindlichkeit von Kindern dürfte aber die Toleranzgrenze niedriger liegen, so daß auch geringere als die gemessenen Temperaturen bei langer Einwirkungsdauer den Tod herbeiführen können. Für einen derartigen Verlauf sprechen auch die mikroskopischen Untersuchungsbefunde. Im Vordergrund standen Ödem- und Hyperämie mit petechialen parenchymatösen Blutungen sowie hypoxämische Schädigungen. Ferner fanden sich auch diskrete Fibrinausgüsse in den Capillaren, so daß pathophysiologisch ein Kreislaufschock angenommen werden kann. Diese Befunde decken sich auch mit den Beobachtungen von Klein u. Mueller (1964) sowie insbesondere von Kerkhoven *et al.* (1969), die bei akuter thermischer Einwirkung Mikroangiopathien und hämorrhagische Diathesen nachwiesen.

### Literatur

- Bühlmann, A. A.: Atmung. In: Siegenthaler, W., Klinische Pathophysiologie. Stuttgart: Thieme 1973.
- Brüner, H.: Luftdruck und Luftzusammensetzung. In: Handbuch der gesamten Arbeitsmedizin, Band 1. Berlin-München-Wien: Urban u. Schwarzenberg 1961.
- Gädeke, R.: Säuglingsunfälle. Mit besonderen Hinweisen auf thermische Läsionen und subdurale Hämatome. Pädiat. Pädol. 3, 275—284 (1967).
- Gradmann, H.: Elektrische Heizkissen und Heizdecken als Gefahrenquellen. Kriminalistik 5, 247—249 (1965).

- Heifer, U.: Zwei Beiträge zum gewaltsamen Kindestod. Beitr. gerichtl. Med. **24**, 151—155 (1968).
- Kerkhoven, P., Müller, W. A., Truniger, B.: Laboratoriumsbefunde beim Hitzschlag. Dtsch. med. Wschr. **94**, 1293—1294 (1969).
- Klein, H., Mueller, D.: Tod durch Hyperthermie im Säuglingsalter. Med. Welt (Stuttg.) **15**, 1958—1960 (1964).
- Kutz, H. E.: Hitzeschäden. Z. Tropenmed. Parasit. **10**, 178—183 (1959).
- Meikle, A. W., Graybill, J. R.: Fibrinolysis and hemorrhage in a fatal case of heat stroke. New Engl. J. Med. **276**, 911—915 (1967).
- Schmidt, Gg., Zink, P.: Nil nocere!: Gefahren für Neugeborene bei der Verwendung von Heizkissen. Münch. med. Wschr. **6**, 296—298 (1963).

Priv.-Doz. Dr. med. M. Staak  
Dr. med. E. Springer  
Dipl.-Ing. W. Emendörfer  
Institut für gerichtliche Medizin  
D-7400 Tübingen, Nägelestraße 5  
Bundesrepublik Deutschland