

CME – Anwendung der bedingten Wahrscheinlichkeitsverteilung auf die temperaturgestützte Todeszeitschätzung (CPD-Methode)

Stefan Potente

Universität des Saarlandes, Institut für Rechtsmedizin, Homburg/ Saar, Deutschland

Florian M. Biermann

Nottingham Trent University, Nottingham Business School, Vereinigtes Königreich

Zusammenfassung

Im frühen postmortalen Intervall wird zur Todeszeitschätzung die Nomogramm-Methode (NM) angewendet, um ein Todeszeitintervall zu bestimmen. Unabhängig hiervon kann, z. B. durch kriminalistische Ermittlungen, der mögliche Versterbenszeitraum eingegrenzt werden. Solche Eingrenzungen haben jedoch Auswirkungen auf die Grenzen des NM-Intervalls bzw. die darauf liegende Wahrscheinlichkeitsmasse, welche korrigiert werden müssen. Dies wird durch die Methode der bedingten Wahrscheinlichkeitsverteilung (CPD-Methode) ermöglicht. Theoretische Grundlagen, typische Szenarien und die Anwendung der Methode mittels eines speziellen Excel-Spreadsheets werden vorgestellt.

Zusammenfassung (Englisch):

In the early postmortem interval the so called Nomogram method (NM) is applied to derive a death time interval. Independently, police investigations can determine a possible death time range. Such limitations to the possible time of death however have consequences on the NM-interval's width and probability, which must be accounted for. This is made possible by means of the conditional probability distribution (CPD-method). Its theoretical foundations, typical use case scenarios and application using a dedicated Excel-spreadsheet are demonstrated.

Schlüsselwörter Todeszeit · CME · Nomogramm-Methode · CPD

1 Mit Ende der Fortbildung...

- können Sie die Ergebnisse der Todeszeitschätzung nach Henßge bezüglich der Wahrscheinlichkeitsverteilung einordnen,
- sind Sie sensibilisiert für Probleme der Zusammenführung von kriminalistischen und rechtsmedizinischen Aussagen zur Todeszeit,
- kennen Sie die unterschiedlichen Möglichkeiten der Eingrenzung des Todeszeitintervalls durch polizeiliche Ermittlungsergebnisse und/oder Befunde der Komplexmethode,
- kennen Sie Verfügbarkeit und Benutzung des Excel-Spreadsheets zur Berechnung der bedingten Wahrscheinlichkeit.

2 Kasuistik und Hinführung

Zur Einführung versuchen Sie, im folgenden fiktiven Dialog mit Ermittlern bezüglich der rechtsmedizinischen und kriminalistischen Todeszeiteingrenzung die Lücken zu füllen:

Sie: „Die Rektaltemperatur wurde um 07:00 Uhr gemessen. Nach der Methode von Henßge trat der Tod 6 Stunden davor um 01:00 Uhr ein $\pm 2,8$ Stunden, folglich in der Zeit von 22:12 Uhr bis 03:48 Uhr.“

Kriminalpolizei: „Was bedeutet dies genau?“

Sie: „(...)“

Kriminalpolizei: „Um 00:10 Uhr (= 6,83 Stunden vor Messung) wurde die Person noch von vielen Menschen lebend gesehen, als sie eine Party verließ. Wie fügen sich diese Informationen zusammen?“

Sie: „(...)“

Die Ermittlung eines Todeszeitintervalls mit der Nomogramm-Methode nach Henßge [1] (NM) stellt in weiten Teilen der Welt eine routinemäßige rechtsmedizinische Maßnahme in der Fallarbeit dar (siehe im Übrigen [2]). Im Ergebnis dieser Todeszeitschätzung erhält man ein auf der Normalverteilung basierendes Zeitintervall, welches in „Stunden relativ zur Rektaltemperaturmessung“ angegeben wird. Das Intervall ist vollständig durch die Maßzahlen Erwartungswert (engl. „expected value“) und Standardabweichung (engl. „standard deviation“ / SD) determiniert. In den Nomogrammen selbst werden die Intervallgrenzen als zwei Standardabweichungen ($\pm 2,8 / 3,2 / 4,5 / 7,0$ Stunden, abhängig von Parametern) angegeben, dabei jedoch vereinfachend als „95% permissible variation“ bezeichnet ($2 \text{ SD} = 95,45\%$). Ein Runden dieser Intervallgrenzen (z.B. von $\pm 2,8$ Stunden oder $\pm 3,2$ Stunden auf ± 3 Stunden) verbietet sich.

Von der Polizei wird unabhängig von dieser rechtsmedizinischen Todeszeitschätzung versucht,

kriminalistisch einen möglichen Versterbenszeitraum zu ermitteln. Dabei können die Standardfragen „Wann wurde die Person letztmalig lebend gesehen?“ und „Wann wurde die Person tot aufgefunden?“ durch Weg-Zeit-Berechnungen und Überlegungen zu Telekommunikation, Gerätebenutzung, Logins etc. ergänzt werden. Die sog. Komplexmethode der Rechtsmedizin, in welcher Vorhandensein und Qualitäten von Leichenerscheinungen und supravitalen Reaktionen geprüft werden, zielt letztlich ebenfalls darauf ab, solche Zeiträume zu ermitteln. Sowohl kriminalistische Ermittlungen als auch die sog. Komplexmethode haben einen Ein- bzw. Ausschluss möglicher Versterbenszeiträume zum Ziel: die Person muss zwischen X und Y Uhr verstorben sein bzw. die Person kann nicht vor X und nicht nach Y Uhr verstorben sein. Die Zusammenführung des Todeszeitintervalls nach Henßge und des möglichen Versterbenszeitraums ist jedoch nicht mittels „einfachen Abschneidens“ („dann verstarb die Person also zwischen 00:10 Uhr und 03:48 Uhr“) sinnvoll und korrekt durchgeführt. Der statistisch richtige Weg ist die Anwendung der CPD-Methode, die in diesem Artikel vorgestellt wird.

Die erste Frage des obigen Dialogs, was genau das mittels NM ermittelte Todeszeitintervall zu bedeuten habe, kann folglich so beantwortet werden, dass mit einer Wahrscheinlichkeit von 95,45% der Tod im berechneten Zeitraum sowie jeweils mit hälftiger Restwahrscheinlichkeit von ungefähr 2,27% früher oder später hiervon eingetreten ist.

Die Beantwortung der zweiten Frage, wie ein Todeszeitintervall nach Henßge und eine Einschränkung des möglichen Versterbenszeitraums zu vereinbaren seien, ist komplizierter. Unter der Bedingung, dass ein Versterben vor 00:10 Uhr ausgeschlossen ist, ist eine Wahrscheinlichkeit von 95,45% für den Intervallrest von 00:10 Uhr bis 03:48 Uhr nicht mehr gegeben. Wie weit weicht die Wahrscheinlichkeit dieses Intervallrestes von 95,45% ab? Ist die Wahrscheinlichkeit höher oder niedriger? Kann ein neues Intervall konstruiert werden, so dass die Intervallwahrscheinlichkeit wieder 95,45% beträgt? Wenn ja, welche Grenzen hat das kürzeste Todeszeitintervall mit einer Wahrscheinlichkeit von 95,45% unter der Bedingung, dass der Tod nur nach 00:10 Uhr eingetreten sein kann?

Diese Fragen beantwortet die sog. bedingte Wahrscheinlichkeitsverteilung (conditional probability distribution / CPD). Die CPD-Methode hat ihren Ausgangspunkt im auf der Normalverteilung basierenden Todeszeitintervall der NM. Liegen Bedingungen vor, die zu einem Konflikt zwischen möglichem Versterbenszeitraum und dem Ergebnis der NM führen, wird zunächst ermittelt, wie groß die Wahrscheinlichkeit ist, die dem ausgeschlossenen („abgeschnittenen“) Zeitbereich zuzuordnen war. Das verbliebene Restintervall wird durch Multiplikation mit dem Kehrwert der Komplementärwahrscheinlichkeit dann auf 100% „hochgerechnet“. Für diese bedingte Wahrscheinlichkeitsverteilung wird dann das kürzeste Intervall berechnet, welches eine Wahrscheinlichkeit von 95,45% auf sich vereint.

3 Grundlagen der CPD-Methode

Die NM und auch die Komplexmethode sind seit ihrer Vorstellung vielfach und stetig erweitert, modifiziert und kritisiert worden, z. B.:

- Korrektur der Korrekturfaktoren für extreme Körpergewichte [3]
- Kritik bezüglich Parametern der Komplexmethode [4–8]
- Anpassung für Änderungen der Umgebungstemperatur [9] und Kritik an diesem Verfahren [10]
- Angabe einer Mindestliegezeit bei angeglicherer oder stark angenäherter Rektalzur Umgebungstemperatur, bei Betrachtung der Nomogramm-Methode unter Gesichtspunkten der Wahrscheinlichkeitsverteilung [11]
- Integration von Korrekturfaktoren in Nomogramme mit einheitlicher Geometrie [12]

Als Teil der Modifikationen und Erweiterungen der NM wurde erstmals 2011 von Biermann und Potente die bedingte Wahrscheinlichkeitsverteilung (CPD) auf das Problem der temperaturgestützten Todeszeitschätzung angewendet [13]. Neben der mathematischen Herleitung erfolgte dort die Anwendung der Methode auf einen von Henßge et al. veröffentlichten Datensatz [14]. Bei 43 der 53 Fälle führte die Berechnung des exakten 95,45%-Wahrscheinlichkeitsintervalls zu einer weiteren Verengung des bereits mittels der Komplexmethode verkürzten Todeszeitintervalls, wobei für 10 Fälle diese Verengung mehr als 10% betrug, mit einer maximalen Reduktion der Intervallbreite von 15,2%. Die Methode wurde hinsichtlich verschiedener Aspekte analysiert und kritisiert von Hubig et al. [15–17] sowie Giana et al. [18].

3.1 Die un-bedingte Wahrscheinlichkeitsverteilung

Das Todeszeitintervall nach der NM basiert auf einer Normalverteilung. Für die Schätzung des Intervalls mittels der NM werden bekanntermaßen nur wenige Parameter in Ansatz gebracht. Individuelle Schwankungen und Unsicherheiten (z. B. Wärmeleitung und -speicherung, Körperposition, -proportionen, Rektaltemperatur zum Todeszeitpunkt und viele mehr) werden in dem Modell nicht berücksichtigt und können als Grund der Normalverteilung bzw. Streuung der geschätzten Todeszeit angenommen werden. Zur Illustration der NM setzen wir den bereits beschriebenen Beispielfall fort, bei dem die Normalverteilung

den Mittelpunkt 01:00 Uhr hat und der Abstand von zwei Standardabweichungen einer zeitlichen Länge von 2,8 Stunden entspricht. Wir nehmen zunächst an, dass es keine weiteren Informationen gibt, die den Todeszeitraum einschränken (d.h., der Verstorbene wurde nicht wie oben angenommen noch um 00:10 Uhr lebend gesehen). Wenn die Todeszeitschätzung alleine aufgrund der NM erfolgt, so sind in unserem Beispiel u.a. die folgenden Aussagen richtig (siehe Abb. 1):

- „Mit einer Wahrscheinlichkeit von 95,45% trat der Tod zwischen 22:12 Uhr und 3:48 Uhr ein. Mit einer Wahrscheinlichkeit von 50,0% trat der Tod vor 1:00 Uhr ein, mit einer Wahrscheinlichkeit von 50,0% nach 1:00 Uhr.“
- „Mit einer Wahrscheinlichkeit von 15,8% trat der Tod vor 23:36 Uhr, mit einer Wahrscheinlichkeit von 2,1% zwischen 3:48 Uhr und 5:12 Uhr.“
- „Mit einer Wahrscheinlichkeit von 15,7% trat der Tod zwischen 20:48 Uhr und 23:36 Uhr ein. Die Wahrscheinlichkeit, dass der Tod zwischen 20:48 Uhr und 23:36 Uhr oder zwischen 2:24 Uhr und 5:12 Uhr eintrat, ist 31,4%.“
- „Mit einer Wahrscheinlichkeit von 0,2% trat der Tod vor 20:48 oder nach 5:12 ein.“

3.2 Einschränkungen des möglichen Todeszeitraums

Jede Einschränkung des möglichen Versterbenszeitraums kollidiert mit der mittels NM ermittelten Normalverteilung, welche „nicht begrenzt“ ist, denn auch für Zeitintervalle in 3, 4 oder 5 SD Abstand zum Erwartungswert sind die Wahrscheinlichkeiten größer als Null. Die Kollision führt zunächst nur zu einem einfachen Abschneiden der Normalverteilung mit Zurückbleiben eines Restes. Ausgehend davon, wie stark das NM-Todeszeitintervall von diesem Abschneiden betroffen ist, müssen unterschiedlich starke Korrekturen der Grenzen des Restintervalls durchgeführt werden, um die Wahrscheinlichkeit von 95,45% wieder herzustellen.

Zur Eingrenzung des möglichen Versterbenszeitraums kommen neben der Komplexmethode insbesondere polizeiliche Ermittlungsergebnisse in Betracht. Zu diesen gehören Weg-Zeit-Schätzungen mit unterschiedlichen Annahmen zur Geschwindigkeit (z. B. Fußweg, Fahrrad, Pkw). Auch können im Rahmen der ersten Ermittlungen dokumentierte Handlungen des Opfers für die Berechnungen verschiedener CPD-Szenarien herangezogen werden, was immer mit der Maßgabe geschieht, dass mit Entfernen einer solchen Bedingung (z. B. „unter der Annahme, dass Herr X es war, der um 13:15 Uhr telefonierte,...“) die un-bedingten Verhältnisse wieder hergestellt werden.

Auch fallspezifische Schlüsse zur Eingrenzung des Versterbenszeitraums können möglich sein: Beispielhaft sei ein Fall beschrieben, bei dem die Kinder des Opfers nach Heimkommen von der Schule vor der nicht geöffneten Wohnungstür warteten. Erst Stunden später wurde die Mutter, durch zahlreiche Stiche getötet, in der Wohnung aufgefunden. Da die Wohnung im höheren Stockwerk gelegen war, die Stiche als unmittelbar tödlich anzunehmen waren und keine Person die Wohnung verlassen hatte, konnte begründet angenommen werden, dass bei Eintreffen der Kinder vor der Wohnung das Opfer bereits verstorben sein musste. Die Anwendung der CPD führte in diesem Fall zu signifikanten Veränderungen des anzunehmenden Todeszeitintervalls.

4 Die Anwendung der CPD-Methode

Für die Intervallberechnung mittels CPD-Methode wurde ein Excel-Spreadsheet erstellt, welches sich an den Begrifflichkeiten und verwendeten Maßzahlen der NM orientiert und für die vorliegende Arbeit übersetzt wurde (siehe Abb. 2). Wir empfehlen dem Leser, der sich mit der CPD-Methode vertraut machen will, das Spreadsheet vor dem Weiterlesen herunterzuladen (siehe [19]) und anhand einiger Beispiele zu testen, sowie die weiter unten vorgestellten Szenarien mit dem Spreadsheet nachzuvollziehen. Im Spreadsheet werden, wie bei der NM auch, für die Berechnung Dezimalstunden (z. B. 90 Minuten = 1,5 Stunden) verwendet. Die Zeit der Rektaltemperaturmessung muss einmalig als Bezugspunkt eingetragen werden. Kriminalistisch ermittelte Zeiten bzw. Daten relativ hierzu können für die Berechnung verschiedener Grenzen und Szenarien eingegeben und als Dezimalstunden abgelesen werden. Als Ergebnis werden unterschiedliche Intervallgrenzen und -wahrscheinlichkeiten für das unbedingte (NM-) Intervall, das durch die Komplexmethode und/oder kriminalistische Ermittlungen einfach abgeschnittene Intervall, sowie für das CPD-Intervall präsentiert. Weitere Fallinformationen können vom Nutzer eingefügt und abgespeichert werden. Das Spreadsheet verwendet keine Makros. Die Berechnungsformeln sind dargestellt und nachvollziehbar.

Es werden im Folgenden typische Szenarien vorgestellt, die sich bei der Anwendung der CPD-Methode ergeben können. Dieser Artikel bietet keine mathematische Herleitung der CPD-Methode, und er erklärt auch nicht, welche Gründe darüber entscheiden, welches der genannten Szenarien eintritt. Der interessierte Leser wird diesbezüglich auf [13] verwiesen.

4.1 Verkleinerung des CPD-Intervalls gegenüber einfachem Abschneiden

Meistens wird von der CPD-Methode dem verbliebenen Rest des NM-Intervalls eine Wahrscheinlichkeit zugesprochen, die oberhalb von 95,45% liegt (bei der Anwendung des Verfahrens auf einen realen Datensatz in [13] trat dieses Szenario in 43 von 53 Fällen auf). Es ergeben sich nun zwei Möglichkeiten: es kann das verbliebene Intervall mit der erhöhten Wahrscheinlichkeit akzeptiert werden oder es kann der Rest des NM-Intervalls zusätzlich verkleinert werden, bis er 95,45% Wahrscheinlichkeit abbildet.

Im Beispiel: Unter der Bedingung, dass die Person aus dem Beispieldialog frühestens nach Verlassen der Party um 00:10 Uhr gestorben sein kann, kommt dem Restintervall 00:10 Uhr bis 03:48 Uhr eine Wahrscheinlichkeit von 96,86% zu. Nach Anwendung der CPD-Methode sind die Grenzen des Todeszeitintervalls auf 00:10 Uhr bis 03:34 Uhr verschoben, was eine Verkleinerung des ohnehin stark verengten Intervalls um 6,2% entspricht. In Abb. 3 entspricht dies „A“.

Praxistipp: Die Autoren empfehlen stets eine weitere Verkleinerung des verbliebenen Restintervalls, da die Verwendung höherer Wahrscheinlichkeiten als 95,45% eine Abweichung vom Standard bedeutet und ein möglichst enges Todeszeitintervall ein erklärtes Ziel der Todeszeitschätzung, auch im Sinne der Ermittlungsbehörden, darstellt.

4.2 Keine Intervalländerung des CPD-Intervalls gegenüber einfachem Abschneiden

Im seltenen Fall, dass das Intervall genau in Höhe des Erwartungswertes beschnitten wird (in [13] trat dieses Szenario in nur 2 von 53 Fällen auf), hat die im verbliebenen Restintervall vereinigte Wahrscheinlichkeit exakt einen Wert von 95,45%. Allerdings ergibt sich ein Abfallen der Wahrscheinlichkeit vom ursprünglichen Erwartungswert ausgehend und die Restwahrscheinlichkeit von 4,55% für „außerhalb des Intervalls verstorben“ verteilt sich nicht mehr symmetrisch auf den Bereich „vor und nach“ dem Intervall, sondern nur noch einseitig. In Abb. 3 entspricht dieses Szenario dem Fall „B“.

Beispiel: Eine Person wird gesehen, wie sie ein Haus betritt. Bis zur letzten Leichenauffindung und Anwendung der NM vergehen mehrere Stunden. Es stellt sich heraus, dass der Zeitpunkt der letzten Lebendsichtung („Betreten des Hauses“) auf den Erwartungswert fällt. Es lässt sich argumentieren, dass die Person am wahrscheinlichsten unmittelbar nach Betreten des Hauses verstarb und die Wahrscheinlichkeit des Versterbens im weiteren zeitlichen Verlauf danach stetig absinkt.

Praxistipp: Auf die Einseitigkeit der Verhältnisse sollte hingewiesen werden. Die höchste Wahrscheinlichkeit besteht am vormaligen Erwartungswert und nimmt dann stetig ab.

4.3 Vergrößerung des CPD-Intervalls gegenüber einfachem Abschneiden

Die Wahrscheinlichkeit des verbleibenden Intervallrestes kann auch weniger als 95,45% betragen (dies ergab sich in 8 von 53 Fällen, auf die das Verfahren in [13] angewendet wurde). Theoretisch kann sogar die Wahrscheinlichkeit, dass die Person nicht in diesem Restintervall verstorben ist, größer sein als die Wahrscheinlichkeit, dass sie innerhalb des Restintervalls verstorben ist. Zur Korrektur muss die entsprechende Intervallgrenze vergrößert werden, bis das Intervall wieder 95,45% abbildet. In Abb. 3 entspricht dies „C“.

Beispiel: Im Beispiel des Dialoges zum Artikelanfang läge ein solcher Fall beispielsweise vor, wenn die Person nicht um 00:10 Uhr, sondern z. B. um 01:55 Uhr noch lebend gesehen worden wäre. Für diesen Fall kommt dem NM-Intervallrest 01:55 Uhr bis 03:48 Uhr nur noch eine Wahrscheinlichkeit von 91,1% zu (mit fast 9% Wahrscheinlichkeit verstarb die Person später). Das berechnete CPD-Intervall mit 95,45% Wahrscheinlichkeit erstreckt sich zwischen 01:55 Uhr und 04:10 Uhr. Es ist somit 20% breiter als das einfach abgeschnittene, jedoch unsicherere Restintervall. CPD-Berechnungen sind trotz der im Prinzip unerwünschten Erweiterung des Intervalls erforderlich, um zu verhindern, dass dem Restintervall eine zu hohe Wahrscheinlichkeit beigemessen wird, was im gerichtsmedizinischen Kontext potentiell zu Fehlentscheidungen führen kann.

Praxistipp: In der Praxis der Todeszeitschätzung muss ein solcher Fall gut kommuniziert werden, denn oberflächlich betrachtet mag ein engeres Todeszeitintervall vorzuziehen sein. Im gegebenen Szenario wird dieses enge Intervall durch die Anwendung der CPD-Methode verbreitert. Hier können Erklärungen zur Normalverteilung, der Arbeitsweise der NM, und auch die Benennung der Wahrscheinlichkeit im unveränderten Restintervall hilfreich sein. Es sollte auch darauf hingewiesen werden, dass sich die Wahrscheinlichkeiten und Intervallgrenzen der CPD-Methode aus den anzunehmenden Bedingungen ergeben und bei Entfernen der Bedingungen dem un-bedingten NM-Intervall entsprechen.

4.4 Veränderung ohne praktische Relevanz

Die Wahrscheinlichkeitsmasse, die bei Ausschluss eines Versterbens in sehr weiter zeitlicher Entfernung zum Erwartungswert verloren geht, wird nahe bei Null liegen. Der für die CPD-Berechnungen verwendete Kehrwert der Komplementärwahrscheinlichkeit ist daher nahe bei Eins. Daraus folgt, dass sich durch das

„Hochrechnen“ der Wahrscheinlichkeiten des verbliebenen Intervalls keine praxisrelevanten Änderungen ergeben, die z.B. noch in Minuten ausgedrückt werden könnten.

Beispiel: Nehmen wir an, es existiere die Sichtung auf der Party im Anfangsbeispiel nicht. Es sei lediglich bekannt, dass die Person letztmalig zwei Wochen vor Rektaltemperaturmessung lebend gesehen worden wäre. Technisch gesehen ist dem Zeitraum „früher als zwei Wochen“ auch im Rahmen des ermittelten NM-Todeszeitintervalls noch eine verschwindend geringe Wahrscheinlichkeit zuzuordnen. Die Anwendung der CPD-Methode führt dann allerdings nur zu minimalen, ebenfalls verschwindend geringen Veränderungen des Todeszeitintervalls ohne praktische Relevanz.

Praxistipp: Wird einseitig ein Zeitbereich jenseits der Intervallgrenzen nach Henßge ausgeschlossen (jenseits von 2 SD), führt dies in der Regel nicht zu Veränderungen von praktischer Relevanz. Wir empfehlen jedoch generell die Anwendung der CPD-Verfahrens als zusätzliche Methode nach Durchführung der NM. Der nicht ganz seltene Fall einer praktisch nicht relevanten Intervallveränderung kann mittels eines kurzen Textbausteins im Gutachten abgehandelt werden. Das Excel-Spreadsheet hat die obere Grenze als 0 Stunden (Zeitpunkt der Temperaturmessung, siehe Abschnitt 4.5) und die untere Grenze als -10000 Stunden (> 1 Jahr vor Messung!) voreingestellt. Dieser unteren Grenze kommt in keinem Fall eine praktische Relevanz zu, ein solcher Eintrag

wird jedoch für Hintergrundberechnungen im Spreadsheet benötigt.

4.5 Sonderfall: Konflikt mit dem Messzeitpunkt, „ultra-early measurement“

Im Kontext der Todeszeitschätzung bildet rein theoretisch betrachtet keines der nach der NM berechneten Intervalle ohne weitere Anpassung tatsächlich zwei Standardabweichungen ab, denn stets kann spätestens ab dem Zeitpunkt der Leichentemperaturmessung der Tod nicht mehr eingetreten sein. In den meisten Fällen führt dies nicht zu Veränderungen von praktischer Relevanz, denn dieser Messzeitpunkt liegt in größerer zeitlicher Distanz als 2 SD vom Erwartungswert entfernt (Abschnitt 4.4). Wird jedoch „ultra-früh“ nach dem Tod die Rektaltemperatur gemessen und die NM angewendet, können widersprüchliche Ergebnisse in der Art von „2 Stunden \pm 2,8 Stunden“ resultieren.

Praxistipp: Das Problem tritt in der Regel bei Fällen auf, wo der mögliche Versterbenszeitraum ohnehin bereits weit eingegrenzt ist, allein aufgrund des zeitlichen Vorlaufes (Tat – Eintreffen Polizei / Kripo – Temperaturmessung) und der noch geringen Abkühlung. Solche Fälle begründen quasi selbsterklärend die Notwendigkeit der CPD-Methode und können daher zur Schaffung eines Problembewusstseins beitragen. Sie sind mittels der CPD-Methode leicht aufzulösen. Dies auch deshalb, da im Excel-Spreadsheet die Rektaltemperaturmesszeit bereits als Grenze voreingestellt ist.

5 Fazit für die Praxis

- Die Todeszeitschätzung nach Henßge mittels der Nomogramm-Methode führt zu einem auf der Normalverteilung basierenden Todeszeitintervall, definiert durch Erwartungswert und 2 SD Intervallgrenzen. Falls keine Einschränkungen erfolgen, liegen auf diesem NM-Intervall 95,45% der Wahrscheinlichkeit.
- Der mögliche Versterbenszeitraum gibt an, dass eine Person „zwischen X und Y Uhr“ bzw. „nicht vor X Uhr und/oder nicht nach Y Uhr“ verstorben sein muss. Er kann kriminalistisch („wann wurde die Person letztmalig lebend gesehen/tot aufgefunden?“) und/oder durch rechtsmedizinische Methoden eingegrenzt werden. Er entspricht nicht dem NM-Todeszeitintervall.
- Die Kombination von möglichem Versterbenszeitraum und NM-Todeszeitintervall hat Auswirkungen auf die Wahrscheinlichkeit des verbliebenen NM-Restintervalls, welche korrigiert werden müssen. Berechnung der Auswirkungen und Korrektur können mittels der CPD-Methode erfolgen.
- Es können im Rahmen von Ermittlungen CPD-Berechnungen für verschiedene Hypothesen und Szenarien durchgeführt werden („unter der Bedingung, dass...“).
- Ein Excel-Spreadsheet zur Berechnung eigener Fälle kann heruntergeladen (siehe [19]), ausgefüllt und für spätere Referenz einschließlich aller Annahmen abgespeichert werden.
- Die CPD-Methode fordert und fördert die polizeilich-rechtsmedizinische Zusammenarbeit, die dann zu quantifizierbaren Verbesserungen der Todeszeitschätzung führt.

6 Kernaussagen

Die bedingte Wahrscheinlichkeitsverteilung (CPD) integriert kriminalistische Ermittlungen, Komplexmethode und Nomogramm-Methode und berechnet das engste Todeszeitintervall, auf dem bei Berücksichtigung aller Informationen 95,45% der Wahrscheinlichkeitsmasse liegen. Die Anwendung der Methode und die Kenntnis der zugrundeliegenden Problematik verhindern Fehler in der Interpretation von Todeszeitintervallen in Fällen, in denen das Intervall der Nomogramm-Methode eingeschränkt wird. Weiterhin fördert die Anwendung der CPD-Methode die Verzahnung polizeilicher Ermittlungen und rechtsmedizinischer Sachkunde.

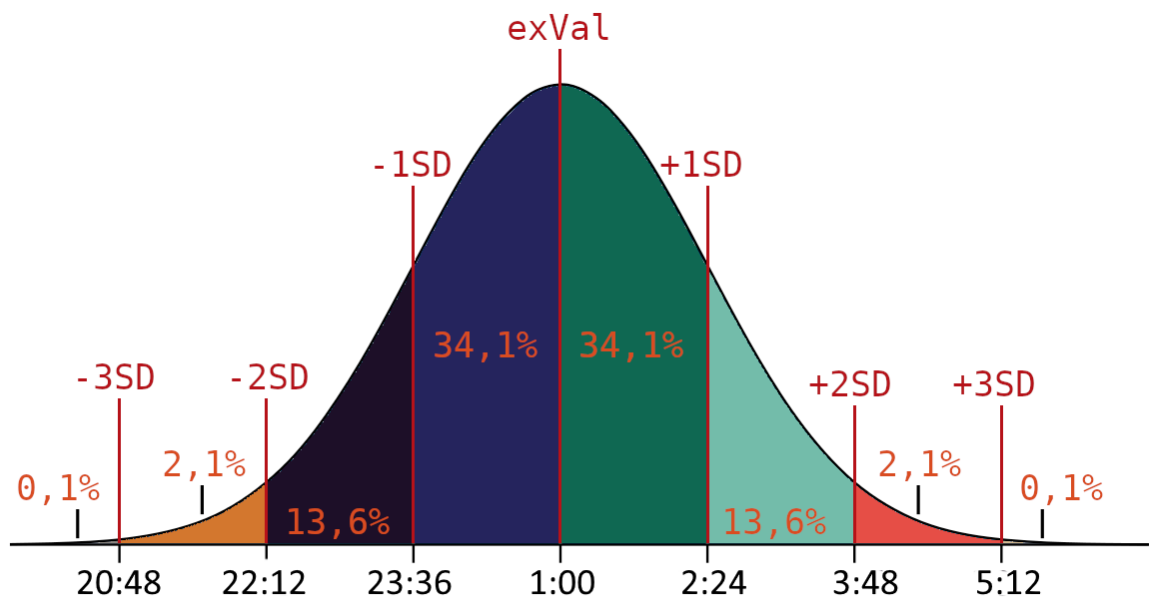


Abb. 1: Normalverteilung mit Standardabweichungen (SD), Wahrscheinlichkeiten und Uhrzeiten des Eingangsbeispiels.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I
1	Bedingte Wahrscheinlichkeitsverteilung in der Todeszeitschätzung (Conditional Probability Distribution / CPD)							1) Tragen Sie identifizierbare Fallinformationen (Sektionsnummer, Tatorbeschreibung, ...) ein (A2).	
2	(rote Felder ausfüllen, grüne Felder ablesen)							2) Nutzen Sie "Speichern unter..." mit aussagekräftigem Dateinamen.	
3	Fall XY, Sektion 1234/21, Leichenfund in Parkanlage							3) Tragen Sie Datum und Uhrzeit der Rektaltemperaturmessung ein (B2).	
4								4) Tragen Sie den Erwartungswert (negative Zahl) der Nomogramm-Methode ein (B6).	
5		Erwartungswert (Nomogramm)	Varianz (Quadrat der Standardabweichung)	Spätester möglicher Todeszeitpunkt (Obergrenze)	Frühester möglicher Todeszeitpunkt (Untergrenze)			5) Tragen Sie die Intervallgrenze wie im Nomogramm ermittelt z. B. 3,2 ein (B19).	
6		-6	1,96	-3	-6,83			6) Tragen Sie die Varianz aus (D19) ein in (C6).	
7								7) Tragen Sie den spätesten möglichen Todeszeitpunkt, in negativen Dezimalstunden, ein (D6).	
8								8) Tragen Sie den frühesten möglichen Todeszeitpunkt, in negativen Dezimalstunden, ein (E6).	
10		Untergrenze Todeszeitintervall	Obergrenze Todeszeitintervall	Intervallbreite in Stunden (90 mins = 1,5)	Wahrscheinlichkeit des Todeszeitintervalls	frühester Todeszeitpunkt	spätester Todeszeitpunkt	9) Nutzen Sie zur Berechnung der Stundendifferenzen (A21 bis I25) und bezeichnen Sie die Versionen.	
11	Nomogramm-Methode (NM):	-8.80	-3.20	5.60	95,45%	13.05.21 22:11	14.05.21 03:48	10) Lesen Sie die Ergebnisse ab.	
12	Beschneidung durch Komplexmethode (KM) / kriminalistische Ermittlungen	-6.83	-3.20	3.63	99,05%	14.05.21 00:10	14.05.21 03:48	11) Speichern Sie Ihre Arbeit.	
13	Intervall nach CPD	-6.83	-3.67	3.16	95,45%	14.05.21 00:10	14.05.21 03:19	Siefan Potente und Florian Biermann.	
14	absolute Differenz: CPD vs. NM + CM (90 min = 1,5)				-0,47				
15	Relative Intervallbreitenverbesserung in Prozent				-13,03%				
18		Varianzrechner: tragen Sie die Intervallgrenze des Nomogramms hier ein (Beispiel 2,8 für +/-2,8 Stunden)		Varianz ablesen:					
19		2,8		1,96					
21	Beschreibungen in dieser Zeile eintragen ->	Verlassen Party	Totauffindung	(z. B. Weg-Zeit-Berechnung 1)	(z. B. Weg-Zeit-Berechnung 2)	(z. B. Angabe Zeuge 1)	(z. B. Angabe Zeuge 2)	(z. B. Überleben letzter bekannter Mahlzeit / Mageninhalt)	(z. B. Telefonat)
22	Rektaltemperaturmessung (TT-MM:JJ hh:mm)	14.05.21 07:00	14.05.21 07:00	14.05.21 07:00	14.05.21 07:00	14.05.21 07:00	14.05.21 07:00	14.05.21 07:00	14.05.21 07:00
23	weiteres Datum (TT-MM:JJ hh:mm)	14.05.21 00:10	14.05.21 04:00	14.05.21 01:00	14.05.21 01:00	14.05.21 01:00	14.05.21 01:00	14.05.21 01:00	14.05.21 01:00
24	Zeitdifferenz in HH:MM (90 min = 1,50)	6:50	3:00	6:00	6:00	6:00	6:00	6:00	6:00
25	Zeitdifferenz in Dezimalstunden (90 min = 1,5)	-6,83	-3,00	-6,00	-6,00	-6,00	-6,00	-6,00	-6,00

Abb. 2: Excel-Spreadsheet. Neben der Sichtung um 00:10 Uhr ist beispielhaft eine Auffindung um 04:00 Uhr (3 Stunden vor Rektaltemperaturmessung) eingepflegt. Ein einfaches Abschneiden des mittels NM ermittelten Intervalls ergibt eine Wahrscheinlichkeit von 99,05%. Das mittels CPD berechnete Intervall für 95,45% ist knapp eine halbe Stunde bzw. 13% kürzer. Beachte auch die vermerkten Fallinformationen.

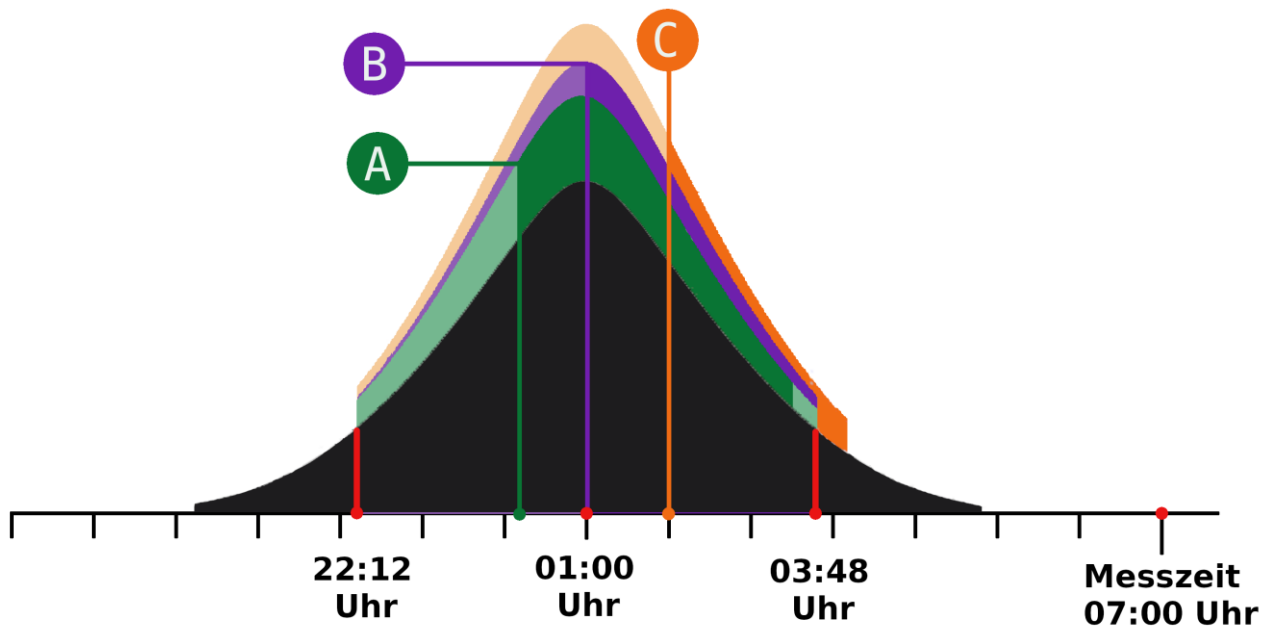


Abb. 3: Vergleich von un-bedingtem 2SD-Todeszeitintervall (rote Markierungen bzw.heller Farbton) und CPD-Intervall (dunkler Farbton). A (grün): Verkleinerung des Intervalls (analog zu 4.1) B (lila): Abschneiden am Erwartungswert (analog zu 4.2). C (orange): Vergrößerung des Intervalls (analog zu 4.3).

Literatur

1. Henssge C, Madea B. Methoden zur Bestimmung der Todeszeit an Leichen (1988). Arbeitsmethoden der medizinischen und naturwissenschaftlichen Kriminalistik. M. Schmidt-Römhild
2. Madea B (2016). Methods for determining time of death. *Forensic Sci. Med. Pathol.*, 12(4):451–485
3. Henssge C (1992). Rectal temperature time of death nomogram: dependence of corrective factors on the body weight under stronger thermic insulation conditions. *Forensic Sci. Int.*, 54(1):51–66
4. Anders S, Raupach T, Sehner S (2019). Zeitgrenzen nichttemperaturbasierter Faktoren der Komplexmethode zur forensischen Todeszeitdiagnostik. *Rechtsmedizin*, 29(4):248–252
5. K Koehler, Sehner S, Riemer M, Gehl A, Raupach T, Anders S (2018). Post-mortem chemical excitability of the iris should not be used for forensic death time diagnosis. *Int. J. Legal Med.*
6. C Crostack, Sehner S, Raupach T, Anders S (2017). Re-establishment of rigor mortis: evidence for a considerably longer post-mortem time span. *Int. J. Legal Med.*
7. Anders S, M Kunz, Gehl A, Sehner S, Raupach T, Beck-Bornholdt H-P (2013). Estimation of the time since death—reconsidering the re-establishment of rigor mortis. *Int. J. Legal Med.*, 127(1):127–130
8. Warther S, Sehner S, Raupach T, Püschel K, Anders S (2012). Estimation of the time since death: post-mortem contractions of human skeletal muscles following mechanical stimulation (idiomuscular contraction). *Int. J. Legal Med.*, 126(3):399–405
9. Althaus L, Henssge C (1999). Rectal temperature time of death nomogram: sudden change of ambient temperature. *Forensic Sci. Int.*, 99(3):171–178
10. Bovenschen M, Schwender H, Ritz-Timme S, Beseoglu K, Hartung B (2021). Estimation of time since death after a post-mortem change in ambient temperature: Evaluation of a back-calculation approach. *Forensic Sci. Int.*, 319:110656
11. Potente S, Kettner M, Verhoff M A, Ishikawa T (2017). Minimum time since death when the body has either reached or closely approximated equilibrium with ambient temperature. *Forensic Sci. Int.*, 281:63–66
12. Potente S, Kettner M, Ishikawa T (2018). Time since death nomographs implementing the nomogram, body weight adjusted correction factors, metric imperial measurements. *Int. J. Legal Med.*, 133(2):491–499
13. Biermann F M, Potente S (2011). The deployment of conditional probability distributions for death time estimation. *Forensic Sci. Int.*, 210(1-3):82–86
14. Henssge C, Althaus L, Bolt J, Freislederer A, Haffner H T, Henssge CA, Hoppe B, Schneider V (2000). Experiences with a compound method for estimating the time since death. II. integration of non-temperature-based methods. *Int. J. Legal Med.*, 113(6):320–331
15. Hubig M, Muggenthaler H, Mall G (2014). Conditional probability distribution (CPD) method in temperature based death time estimation: Error propagation analysis. *Forensic Sci. Int.*, 238:53–58
16. Hubig M, Muggenthaler H, Schenkl S, G Mall (2018). Improving stomach content based death time determination by maximum probability estimation. *Forensic Sci. Int.*, 285:135–146
17. Hubig M, Muggenthaler H, Mall G (2014). Impact of large likelihood distribution shift on bayesian estimation. *Enliven: Bioinform*, 1(1):003
18. Giana FE, Onetto MA, Pregliasco RG (2020). Uncertainty in the estimation of the postmortem interval based on rectal temperature measurements: A bayesian approach. *Forensic Sci. Int.*, 317:110505
19. Todeszeit — Institut für Rechtsmedizin. https://www.rechtsmedizin.uni-bonn.de/dienstleistungen/for_Med/todeszeit/ Zugegriffen: 22. März 2021