

**KERNFORSCHUNGSZENTRUM  
KARLSRUHE**

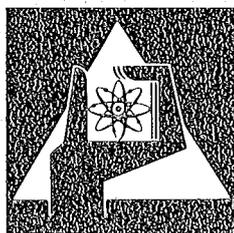
Dezember 1975

KFK 2214

Abteilung Strahlenschutz und Sicherheit

**Beständigkeit der atmosphärischen  
Ausbreitungsbedingungen in Abhängigkeit der Tageszeit**

P. Thomas



**GESELLSCHAFT  
FÜR  
KERNFORSCHUNG M.B.H.**

**KARLSRUHE**

Als Manuskript vervielfältigt

Für diesen Bericht behalten wir uns alle Rechte vor

GESELLSCHAFT FÜR KERNFORSCHUNG M. B. H.

KARLSRUHE

KERNFORSCHUNGSZENTRUM KARLSRUHE

KFK 2214

Abteilung Strahlenschutz und Sicherheit

Beständigkeit der atmosphärischen Ausbreitungs-  
bedingungen in Abhängigkeit der Tageszeit

P. Thomas

Gesellschaft für Kernforschung m.b.H., Karlsruhe



## Zusammenfassung

Die Beständigkeit der Ausbreitungsbedingungen (Windrichtung und Ausbreitungskategorie) wird in Abhängigkeit der Tageszeit am Standort des Kernforschungszentrums Karlsruhe untersucht. Die Ausbreitungskategorie bezieht sich auf das vertikale Windgeschwindigkeitsprofil; bei der Windrichtung handelt es sich um den in 60 m Höhe gemessenen Wert.

Die Beständigkeit ist hier als die Wahrscheinlichkeit definiert, daß die Windrichtung länger als eine vorgegebene Zeit in einem vorgegebenen Sektor verweilt, ohne daß sich die Ausbreitungskategorie um mehr als eine vorgegebene Stufenzahl ändert. Diese Beständigkeit ist nur für labile und stabile Wetterbedingungen stark von der Tageszeit abhängig. Wechselnde Kategorien beeinflussen die gekoppelte Beständigkeit stärker als schwankende Windrichtungen.

## Summary

Persistency of Atmospheric Diffusion Conditions as a Function of the Time of the Day

---

The persistency of diffusion conditions (wind direction and diffusion category) is studied at the site of the Karlsruhe Nuclear Research Center as a function of the time of the day. The diffusion category relates to the vertical profile of wind velocity; the wind direction is measured at 60 m height.

The persistency is defined here as the probability that the wind direction remains in a given sector longer than the pre-established duration without causing the diffusion category to change by more than a number of stages fixed in advance. Only under unstable and stable weather conditions this persistency depends very much on the time of the day. Varying categories exert a stronger influence on the combined persistency than variations in the wind direction.

INHALTSVERZEICHNIS

	Seite
1. Einleitung	1
2. Ausgewertetes Datenmaterial	2
3. Rechenmethode	2
4. Erläuterungen zu den Abbildungen	4
5. Diskussion der Ergebnisse	5

## 1. Einleitung

Bei der Berechnung einer störfallbedingten atmosphärischen Schadstoffausbreitung wird meist eine konstante Windrichtung und Ausbreitungskategorie angenommen. Tatsächlich sind aber die Fälle selten, in denen die Wetterbedingungen über den gesamten Emissionszeitraum nahezu konstant bleiben. Mit abnehmender Beständigkeit der Ausbreitungsbedingungen sinken die Maximalwerte der Immission und die Fläche des betroffenen Gebietes wächst [1].

Um eine Vorstellung von der Beständigkeit der Ausbreitungsbedingungen zu erhalten, wird die Wahrscheinlichkeit untersucht, mit der die Windrichtung länger als eine bestimmte Zeit innerhalb eines gewissen Sektors verweilt, und die Ausbreitungskategorie sich während dieser Zeit um weniger als eine vorgegebene Stufenzahl ändert. Diese Wahrscheinlichkeit ist eine Funktion der Zeit und der Sektorbreite. Sie hängt weiter ab von der Tageszeit, von der Ausbreitungskategorie und von der Windrichtung. Deshalb wird die Beständigkeit in Abhängigkeit dieser drei Parameter ermittelt. Dabei geht es um die Wahrscheinlichkeit, daß die Windrichtung nach einer bestimmten Zeit um einen bestimmten Betrag von einem anfänglichen Wert abweicht. Über das Vorzeichen der Abweichung wird keine Aussage gemacht.

Mit Hilfe der so definierten Beständigkeit der Ausbreitungsbedingungen kann bei Schadstofffreisetzungen, die sich über einige Stunden hinziehen, in Abhängigkeit von Tageszeit, Ausbreitungskategorie und Windrichtung die Wahrscheinlichkeit angegeben werden, mit der nach einer vorgegebenen Zeit an einem bestimmten Ort ein bestimmter Immissionswert erreicht wird.

Ausbreitungsexperimente [2] sind nur erfolgreich, wenn die Windrichtung innerhalb des mit Meßstellen belegten Sektors verbleibt. Bei der Planung dieser Experimente kann mit den genannten Wahrscheinlichkeitsausagen bei vorgegebener Ausbreitungskategorie der Versuchsbeginn gewählt werden, dem sich eine Zeitspanne hoher Windrichtungs- und Kategorienbeständigkeit anschließt.

## 2. Ausgewertetes Datenmaterial

Als Ausgangsdaten dienen Stundenmittelwerte der im Kernforschungszentrum Karlsruhe in der Zeit vom 1.12.1972 bis 30.11.1974 gemessenen Windrichtung und Windgeschwindigkeit. Die Windrichtung wurde in 60 m Höhe gemessen. Zur Bestimmung der Ausbreitungskategorie /3/ diente das vertikale Profil der Windgeschwindigkeit /4/, /5/.

## 3. Rechenmethode

Das Datenmaterial umfaßt jeweils drei Werte pro Stunde:

t Tageszeit,  
 $\theta$  Windrichtung in 60 m Höhe,  
S Ausbreitungskategorie .

Vorgegeben werden eine Startzeit  $t_0$ ,  
eine Ausbreitungskategorie  $S_0$ ,  
eine zugelassene Abweichung  $\Delta S$  von der Ausbreitungskategorie  $S_0$ ,  
zwei Grenzwerte der Windrichtung  $\theta_1$  und  $\theta_2$  .

Zur Zeit  $t_0$  muß die Kategorie  $S_0$  herrschen und die Windrichtung  $\theta$  im Intervall  $\theta_1 \leq \theta \leq \theta_2$  liegen. Für Zeiten  $t > t_0$  darf die Kategorie sich nur um weniger als  $\pm \Delta S$  ändern.

Aufsummiert wird die Zahl  $N = f(\Delta t, \Delta \theta)$  der Fälle, in denen die Windrichtung im Zeitintervall  $\Delta t = t - t_0$  innerhalb des Sektors  $\theta_0 - \Delta \theta \leq \theta \leq \theta_0 + \Delta \theta$  und die Kategorie innerhalb des Intervalls  $S_0 - \Delta S \leq S \leq S_0 + \Delta S$  verbleibt.  $\theta_0$  ist die Windrichtung zur Startzeit  $t_0$ .

Betrachtet werden nur Zeitintervalle  $\Delta t \leq 24$  Stunden und Sektorbreiten  $\Delta \theta \leq 90^\circ$ . Aus statistischen Gründen darf das Intervall  $\theta_1$  bis  $\theta_2$  für die anfängliche Windrichtung nicht zu klein sein.

Ist  $N_0$  die Zahl der Fälle, in denen zur Zeit  $t_0$  die Kategorie  $S_0$  herrschte und die Windrichtung  $\theta_0$  im Intervall  $\theta_1 \leq \theta_0 \leq \theta_2$  lag, so ist

$$w(\Delta t, \Delta\theta) = f(\Delta t, \Delta\theta) / N_0 \quad (1)$$

die Wahrscheinlichkeit, daß nach  $\Delta t$  Stunden die Windrichtung noch in dem Sektor  $\theta_0 - \Delta\theta$  bis  $\theta_0 + \Delta\theta$  verblieben ist.

Meist interessiert jedoch mehr als die Wahrscheinlichkeit  $w(\Delta t, \Delta\theta)$  die Überschreitungswahrscheinlichkeit oder Summenhäufigkeit

$$W(\Delta t, \Delta\theta) = \sum_{\Delta t_i = \Delta t}^{\Delta t_{24}} w(\Delta t_i, \Delta\theta), \quad (2)$$

mit der die Windrichtung länger als  $\Delta t$  Stunden innerhalb des Sektors  $\theta_0 - \Delta\theta$  bis  $\theta_0 + \Delta\theta$  verblieb, ohne daß sich die Kategorie um mehr als  $\pm\Delta S$  Stufen änderte. Summiert werden dabei alle Wahrscheinlichkeiten  $w(\Delta t_i, \Delta\theta)$ , deren zugehöriges Zeitintervall  $\Delta t_i \geq \Delta t$  ist.

Da hier Zeitintervalle  $\Delta t \geq 24$  Stunden nicht berücksichtigt werden, ist die angegebene Summenhäufigkeit stets etwas zu klein. Dieser Fehler ist jedoch für kleine  $\Delta\theta$  gering, da die entsprechenden Wahrscheinlichkeiten  $w(\Delta t, \Delta\theta)$  für  $\Delta t > 24$  Stunden rasch gegen Null gehen.

Um die Beständigkeit der Ausbreitungsbedingungen unabhängig von der Startzeit  $t_0$  zu erhalten, werden die Zahlen  $N = f(\Delta t, \Delta\theta)$  für gleiches  $\Delta t$  und gleiches  $\Delta\theta$  aufsummiert;  $t_0$  läuft dabei von 1 bis 24. Die oben definierte Wahrscheinlichkeit  $w$  und die Summenhäufigkeit  $W$  werden entsprechend berechnet.

Als Nebenprodukt fällt eine Statistik der Ausbreitungskategorien an. Die Wahrscheinlichkeit, daß zur Zeit  $t_0$  gerade die Kategorie  $S_0$  herrscht, ist der Quotient aus  $N_0$  (siehe Gleichung 1) und der Anzahl aller betrachteten Stunden. Dabei muß  $N_0$  natürlich unabhängig von der Windrichtung sein ( $\theta_1 = 0^\circ$  und  $\theta_2 = 360^\circ$ ).

#### 4. Erläuterungen zu den Abbildungen

Abb. 1 zeigt die Häufigkeit, mit der zu einer bestimmten Tageszeit eine bestimmte Ausbreitungskategorie herrscht. Anhand dieses Diagramms lassen sich sinnvolle Zuordnungen von Startzeiten und Kategorien aussuchen.

Die vom Computer gezeichneten Abbildungen 2 bis 41 zeigen die Beständigkeiten für unterschiedliche Startzeiten, Kategorien und Windrichtungen.

Die Titel der Abbildungen erklären sich meist selbst. Im einzelnen bedeuten beispielsweise:

ZUSAMMENFASSUNG: unabhängig von der Startzeit;

KATEGORIE A/B: zur Startzeit herrscht die Kategorie A oder B, und in der folgenden Zeit bleibt eine dieser beiden Kategorien ständig erhalten;

KATEGORIE C/1: zur Startzeit herrscht die Kategorie C, und in der folgenden Zeit ändert sich diese Kategorie höchstens um  $\pm 1$  Stufe .

Die oben rechts angegebenen Sektorbreiten  $\Delta\theta$  haben die Dimension Bogengrad und sind in der angegebenen Reihenfolge den Kurven von links unten nach rechts oben zugeordnet.  $\Delta\theta$  gibt nur den Betrag der Abweichung von der anfänglichen Richtung an, nicht jedoch deren Vorzeichen. Die Breite  $\Delta\alpha$  des während des Zeitintervalls  $\Delta t$  von der Windrichtung überstrichenen Sektors liegt im Intervall  $\Delta\theta \leq \Delta\alpha \leq 2\Delta\theta$ .

Die Diagramme selbst sind folgendermaßen zu lesen (siehe z.B. Abb. 34): Wenn zwischen 5 und 6 Uhr die Kategorie D herrscht und die mittlere Windrichtung in dieser Stunde zwischen  $200^{\circ}$  und  $270^{\circ}$  liegt, so verweilen die Stundenmittelwerte der Kategorie länger als 4 Stunden bei C, D oder E und die der Windrichtung länger als 4 Stunden in einem Sektor von  $\pm 10^{\circ}$  mit einer Wahrscheinlichkeit von 25 %.

## 5. Diskussion der Ergebnisse

Bei Vergleich der Abb. 2 mit den Abbildungen 3 bis 9 wird deutlich, daß Änderungen der Kategorie viel stärker als Windrichtungsschwankungen die mit beiden Größen gekoppelte Beständigkeit beeinflussen. Besonders unterstrichen wird diese Tatsache auch durch die Abbildungen 5 und 6: Werden bei einer herrschenden Kategorie D Sprünge von  $\pm 1$  Stufe zugelassen, so erhöht sich die Summenhäufigkeit der Beständigkeit um über einen Faktor 2. Beständigkeiten, die sich auf die Hauptwindrichtung beschränken ( $200-270^{\circ}$ ), liegen deutlich über denjenigen, die über alle Windrichtungen gemittelt werden (vgl. Abbildungen 5 und 7 bzw. 6 und 8). Daß die mit Kategorie und Richtung gekoppelte Beständigkeit am kleinsten für labile und am größten für neutrale Zustände der Atmosphäre ist, folgt auch zwangsläufig aus Abb. 1.

Bei Mittelung über alle Kategorien hängt die Beständigkeit nur schwach von der Tageszeit ab; sie ist am größten nach Mitternacht, nimmt dann langsam bis gegen 10 Uhr ab und bleibt bis etwa 18 Uhr annähernd konstant (Abbildungen 10 bis 13).

Daß die in den Abbildungen 14 bis 17 bzw. 38 bis 41 für labile bzw. stabile Wetterlagen gezeigte Beständigkeit ausgehend von morgens bzw. abends mit fortschreitender Zeit ständig abnimmt, liegt allein daran, daß diese Wetterlagen nur zu bestimmten Tageszeiten vorherrschen (vgl. Abb. 1). Das gleiche gilt für die Kategorie C (Abbildungen 18 bis 21).

Die von Kategorie und Richtung abhängige Beständigkeit wurde für die neutrale Wetterlage D genauer untersucht. Zu allen Tageszeiten erhöht sich die Beständigkeit beträchtlich, wenn nur die Hauptwindrichtung untersucht wird. Das gleiche gilt, wenn Sprünge der Kategorie um  $\pm 1$  Stufe erlaubt sind. Bei Mittelung über alle Windrichtungen variiert die Beständigkeit schwach, aber erkennbar mit der Tageszeit. Sie bleibt zwischen Mitternacht und morgens annähernd konstant, wächst bis mittags und nimmt bis abends wieder ab, um dann erneut zu steigen. Dieser Gang korrespondiert nicht mit dem Tagesgang der Häufigkeit der Kategorie D in Abb. 1 und ist allein durch die mit der Tageszeit wechselnde Windrichtung zu erklären. Bei Beschränkung auf die Hauptwindrichtung ist der Tagesgang der Beständigkeit komplex. Einfache Gesetzmäßigkeiten lassen sich nicht angeben.

Literatur

- [1] S. Vogt: KFK-Bericht 2215 (1975)
- [2] K. Nester, P. Thomas: KFK-Nachrichten 6/2 (1974)
- [3] F. Pasquill: The Meteorological Magazine, 90 (1961)
- [4] K. Nester: KFK-Bericht 1606 (1972)
- [5] K. Nester, H. Dilger: Meteorologische Rundschau 28 (1975)

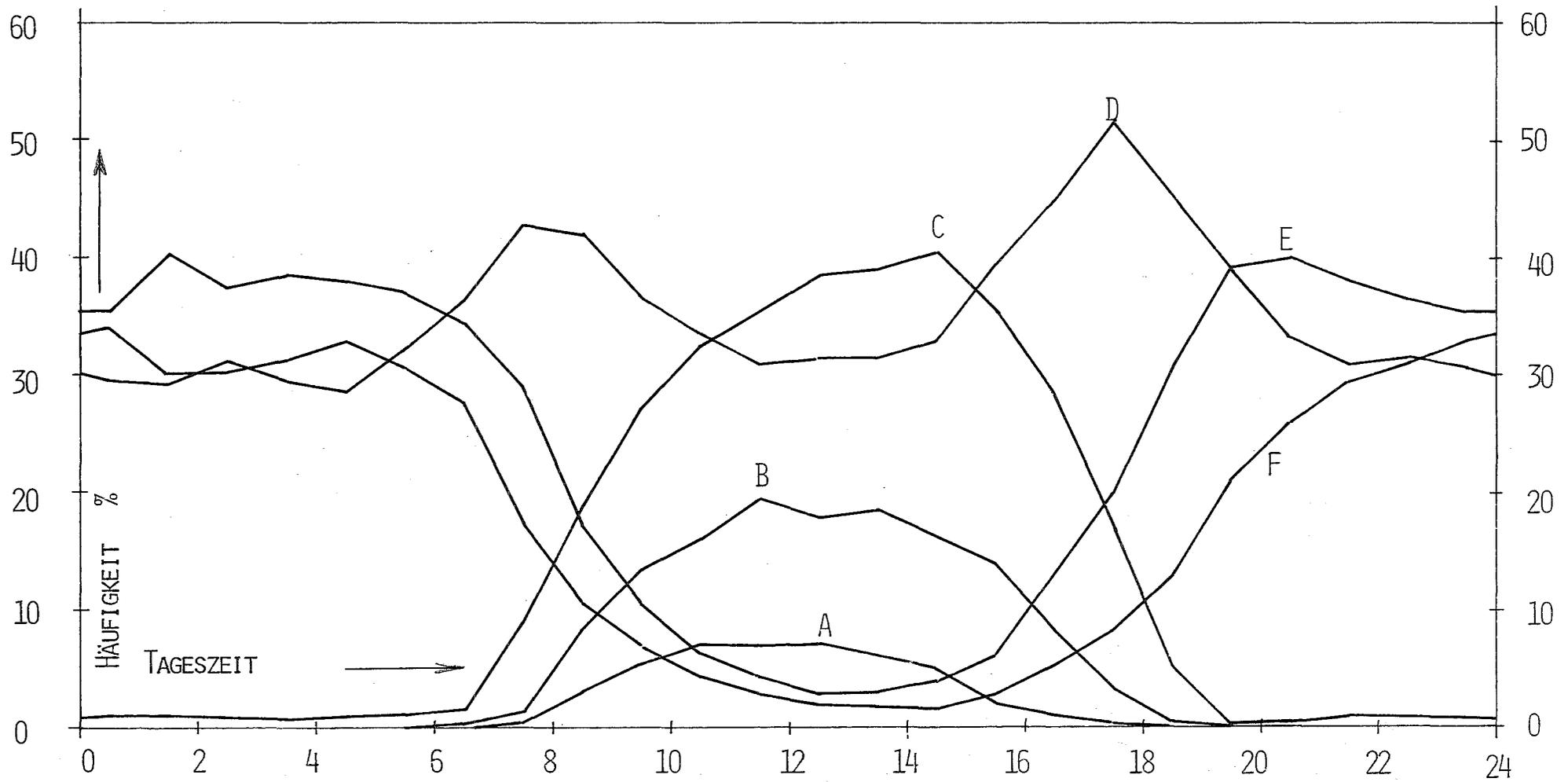


ABB. 1: HÄUFIGKEIT DER AUSBREITUNGSKATEGORIEN IN ABHÄNGIGKEIT DER TAGESZEIT

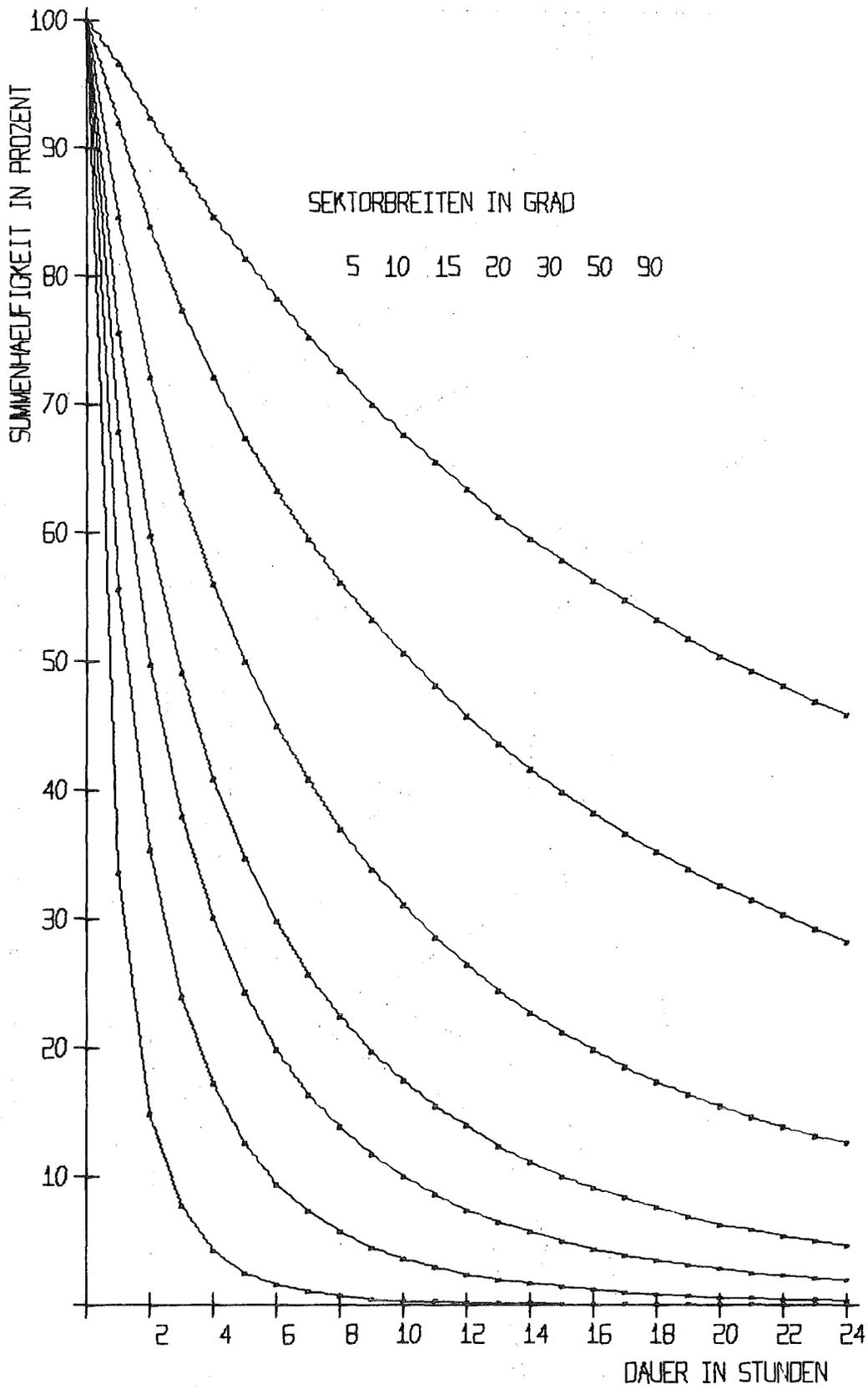


ABB. 2 UNABH. V. KAT. ZUSAMMENFASSUNG RICHTUNG 0-360

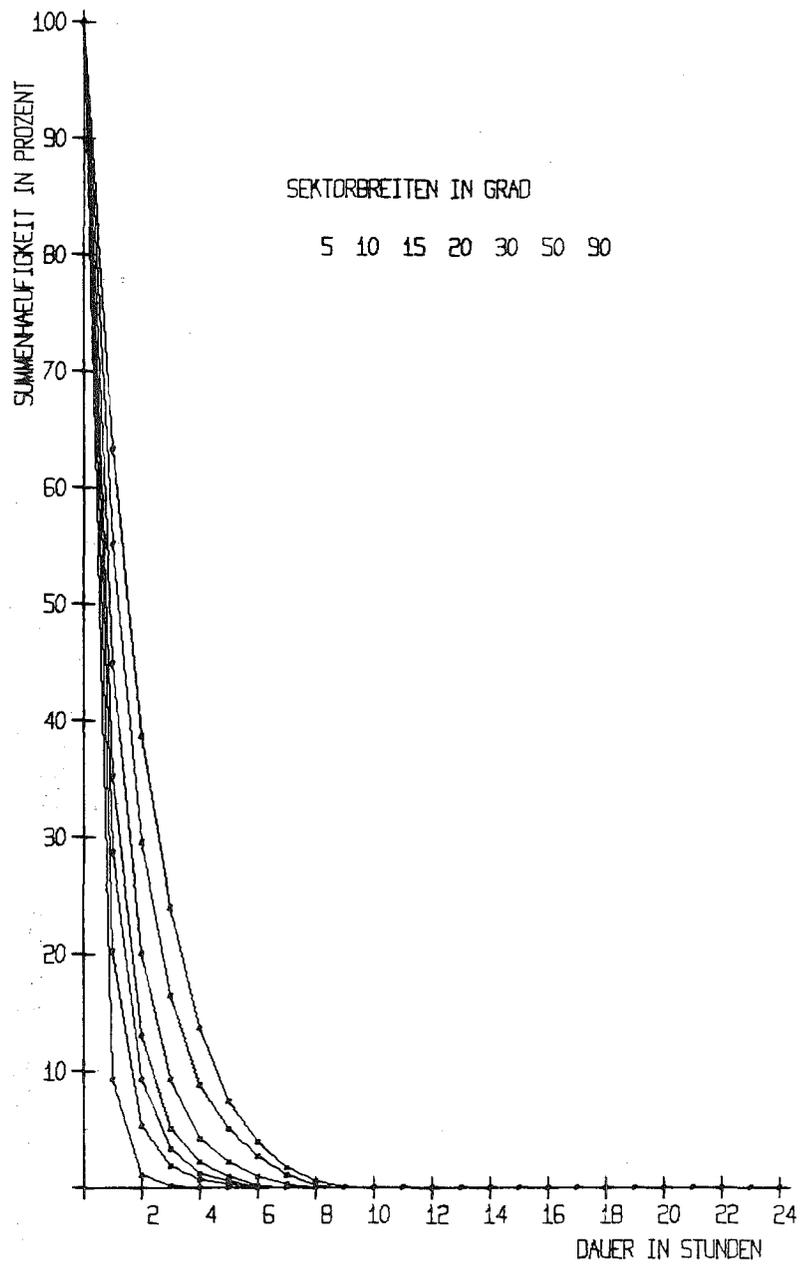


ABB. 3 KATEGORIE A/B ZUSAMMENFASSUNG RICHTUNG 0-360

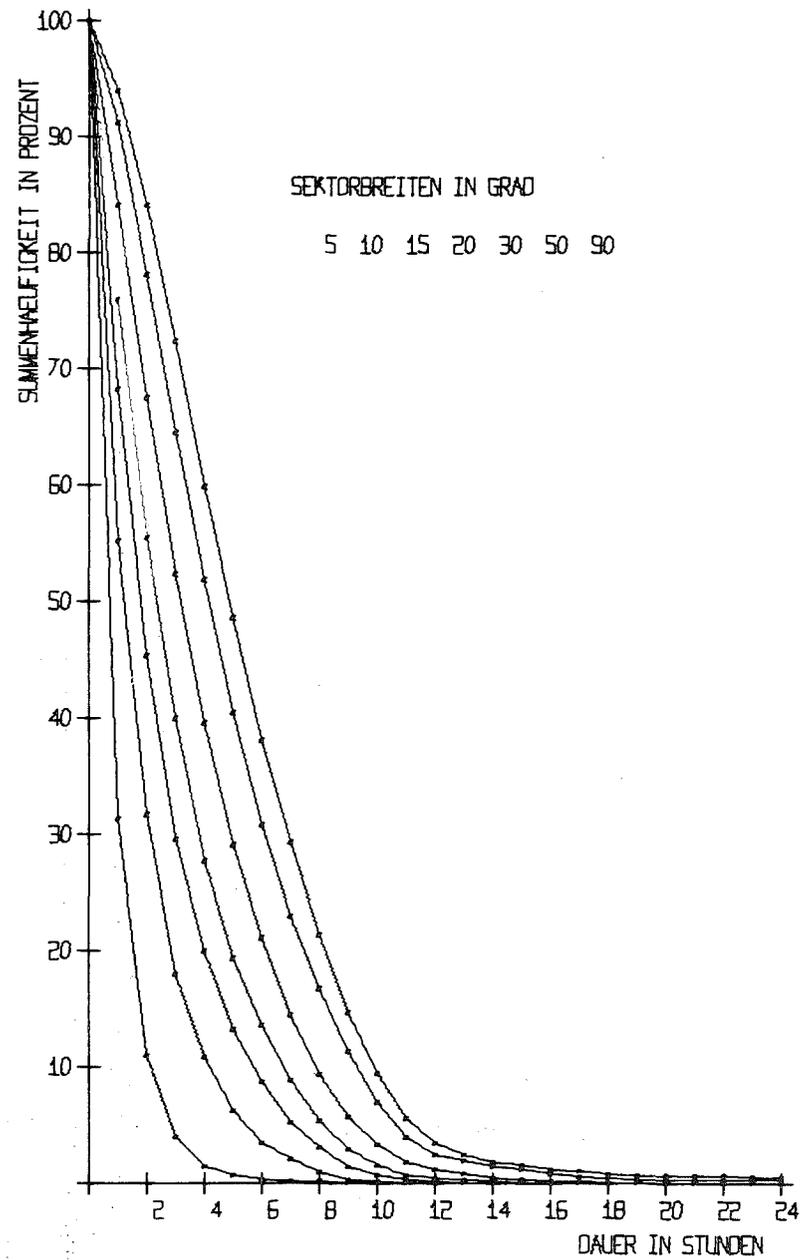


ABB. 4 KATEGORIE C/1 ZUSAMMENFASSUNG RICHTUNG 0-360

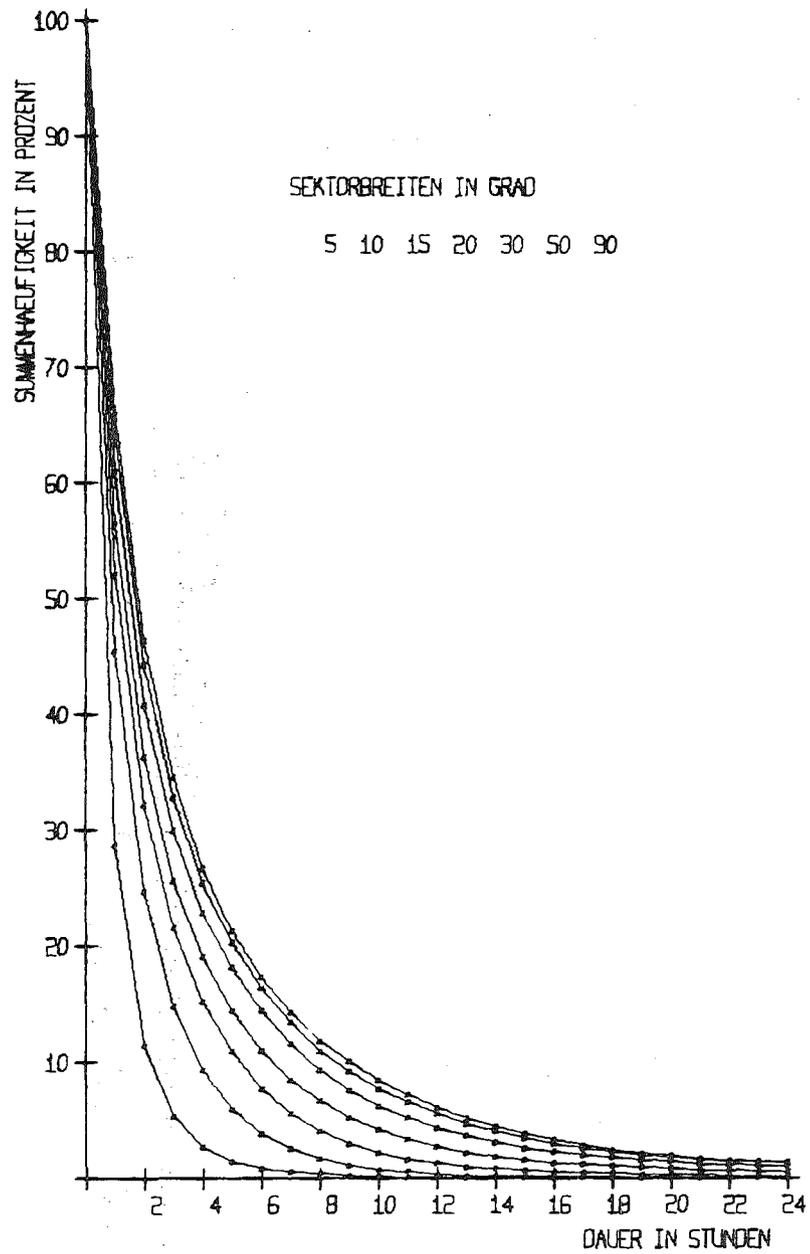


ABB. 5 KATEGORIE D/0 ZUSAMMENFASSUNG RICHTUNG 0-360

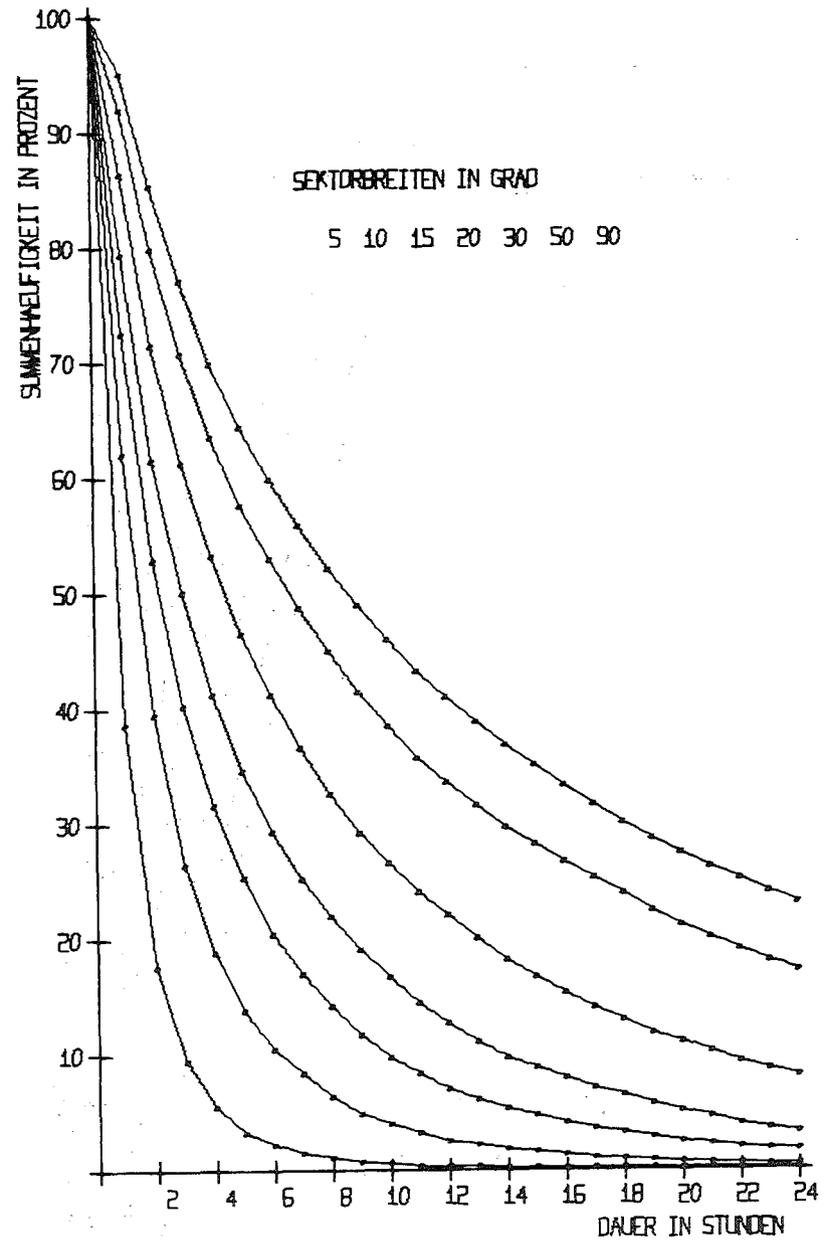


ABB. 6 KATEGORIE D/1 ZUSAMMENFASSUNG RICHTUNG 0-360

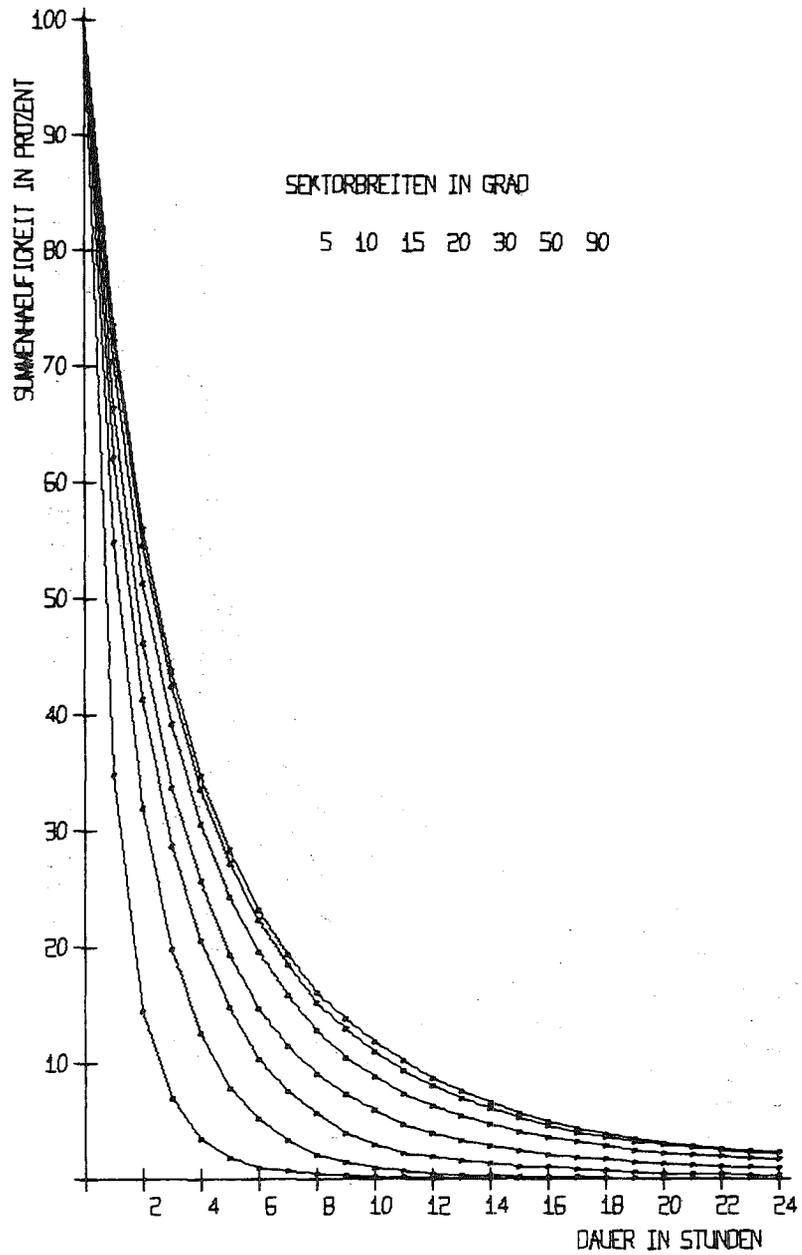


ABB. 7 KATEGORIE D/0 ZUSAMMENFASSUNG RICHTUNG 200-270

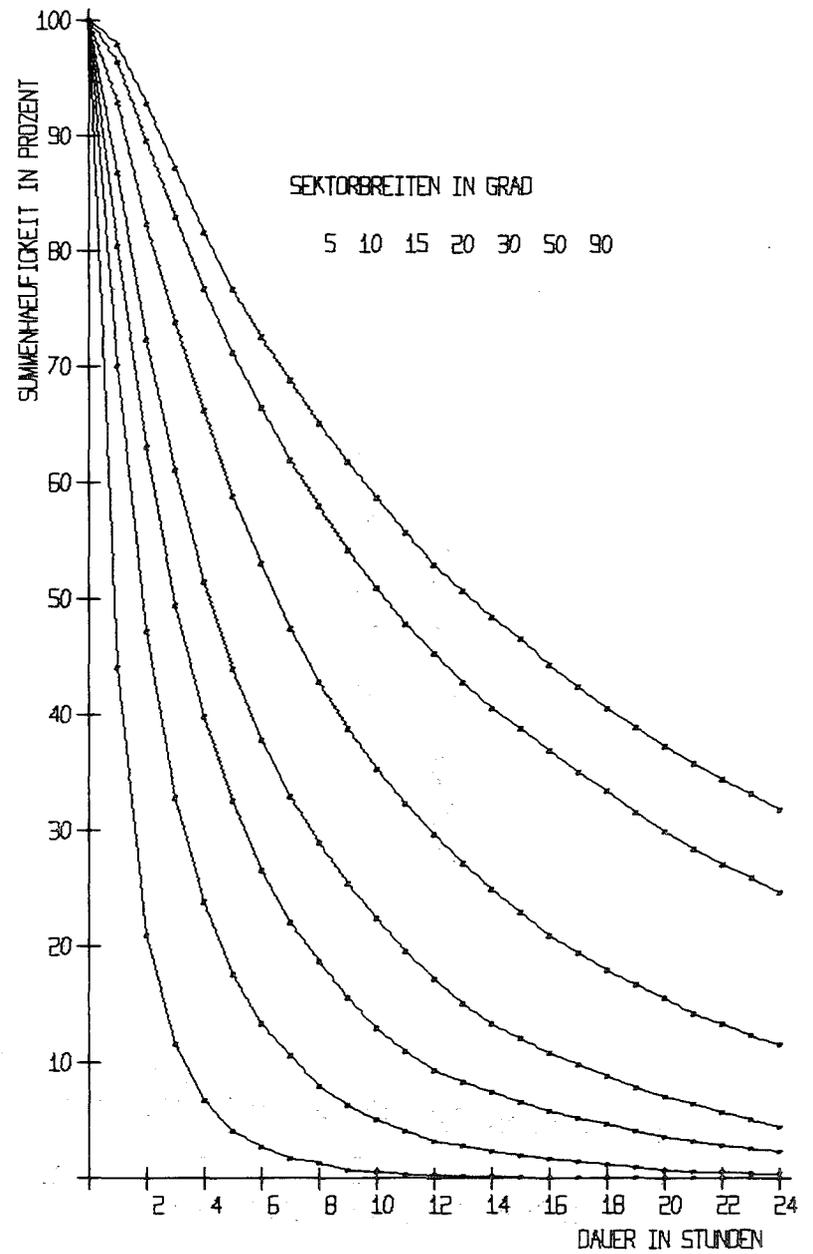


ABB. 8 KATEGORIE D/1 ZUSAMMENFASSUNG RICHTUNG 200-270

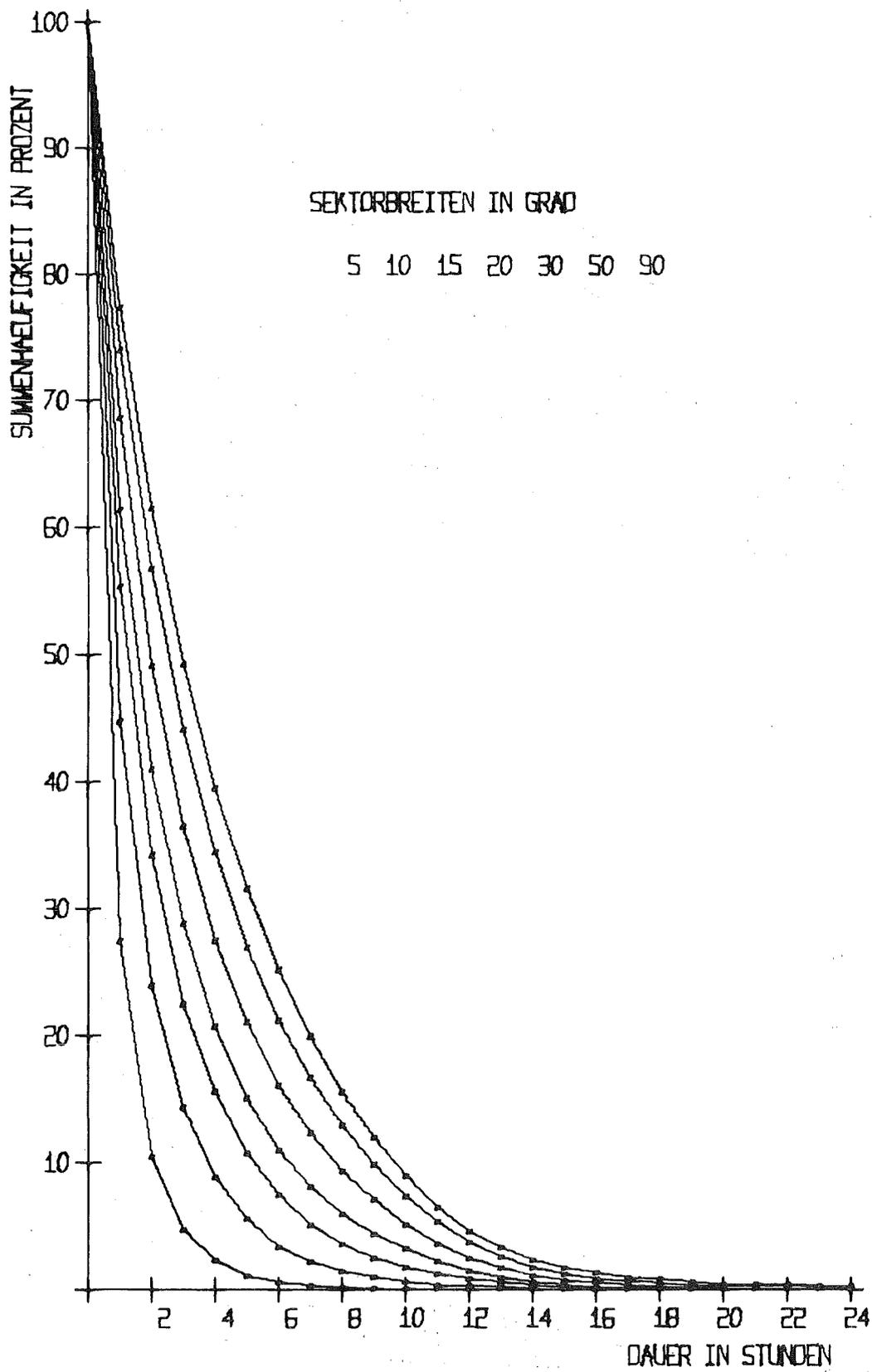


ABB. 9 KATEGORIE E/F ZUSAMMENFASSUNG RICHTUNG 0-360

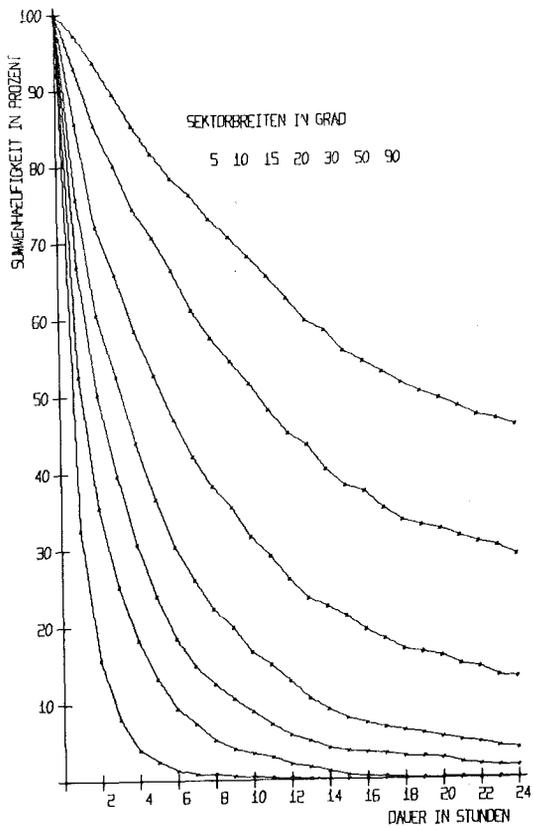


ABB. 10 UNABH. V. KAT. START 6 UHR RICHTUNG 0-360

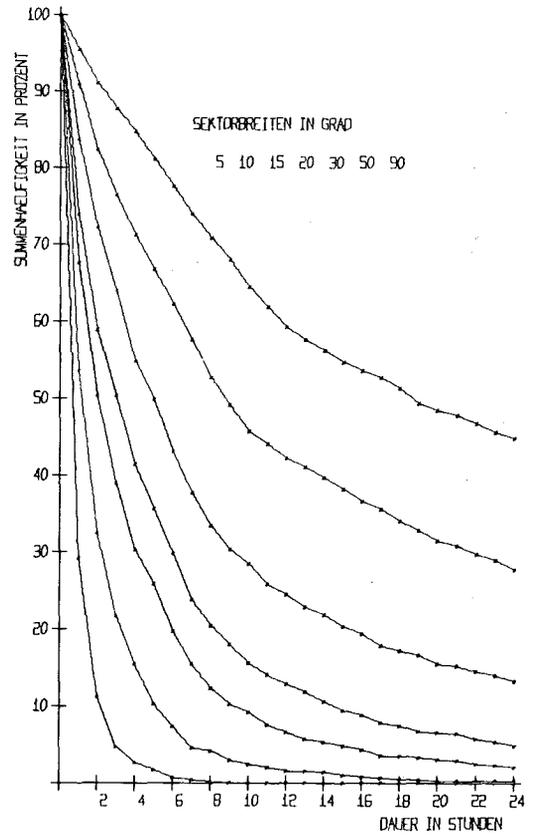


ABB. 11 UNABH. V. KAT. START 12 UHR RICHTUNG 0-360

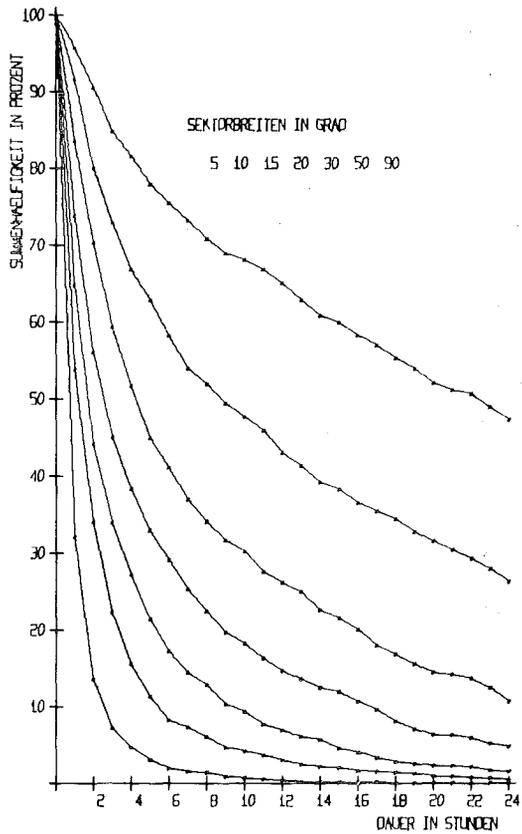


ABB. 12 UNABH. V. KAT. START 18 UHR RICHTUNG 0-360

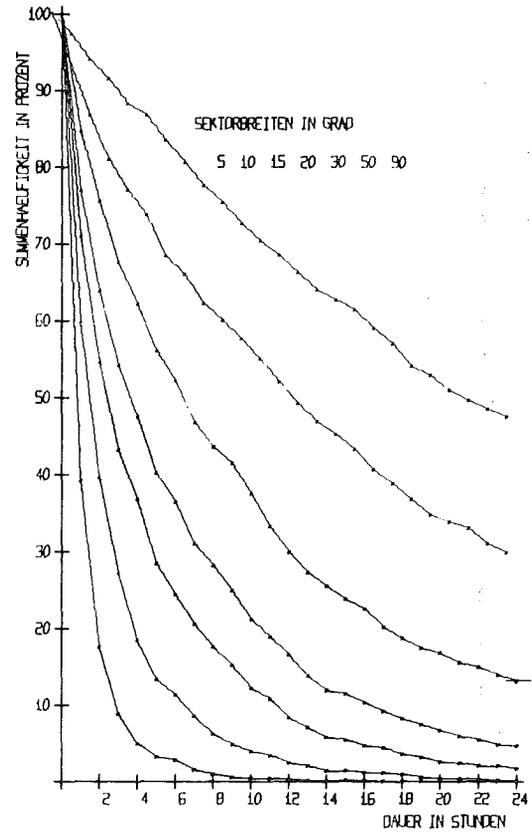


ABB. 13 UNABH. V. KAT. START 24 UHR RICHTUNG 0-360

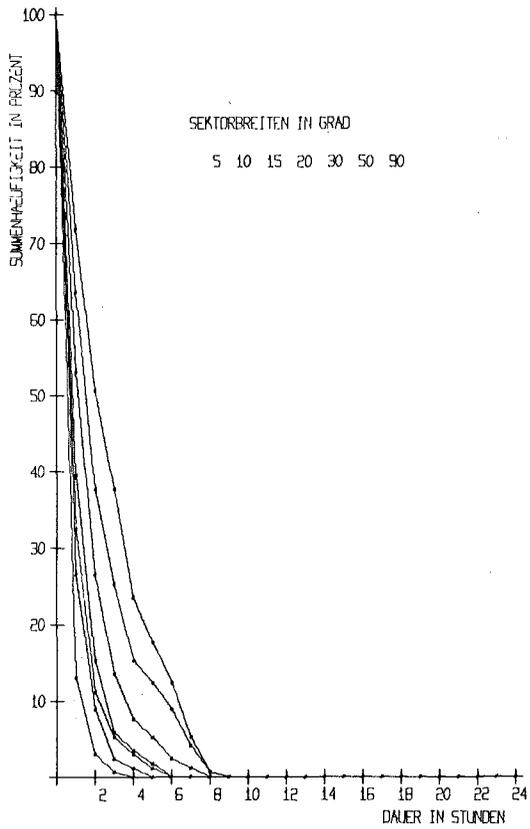


ABB. 14 KATEGORIE A/B START 10 UHR RICHTUNG 0-360

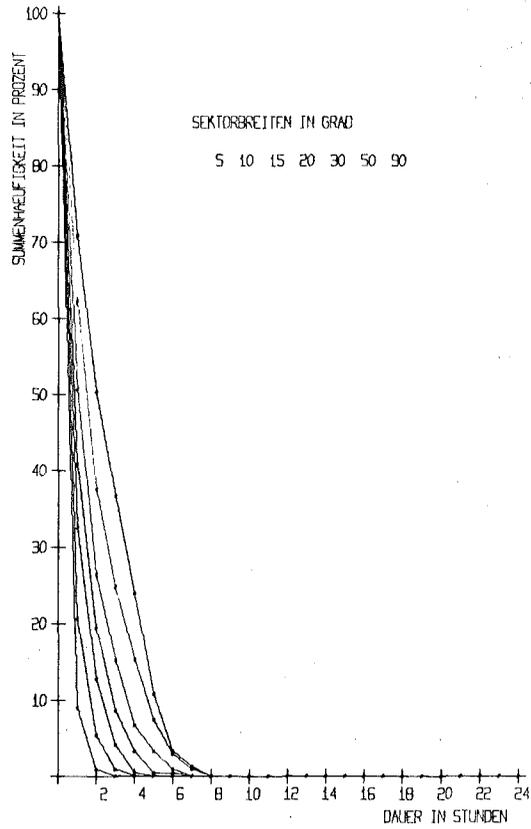


ABB. 15 KATEGORIE A/B START 12 UHR RICHTUNG 0-360

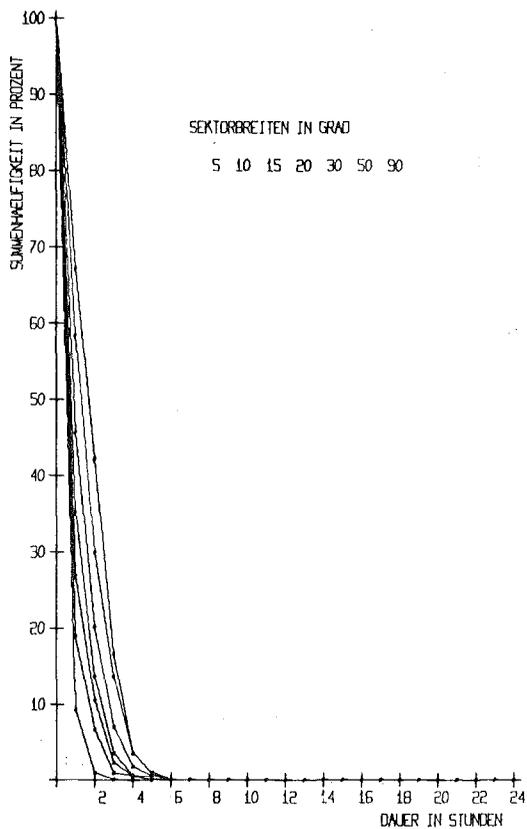


ABB. 16 KATEGORIE A/B START 14 UHR RICHTUNG 0-360

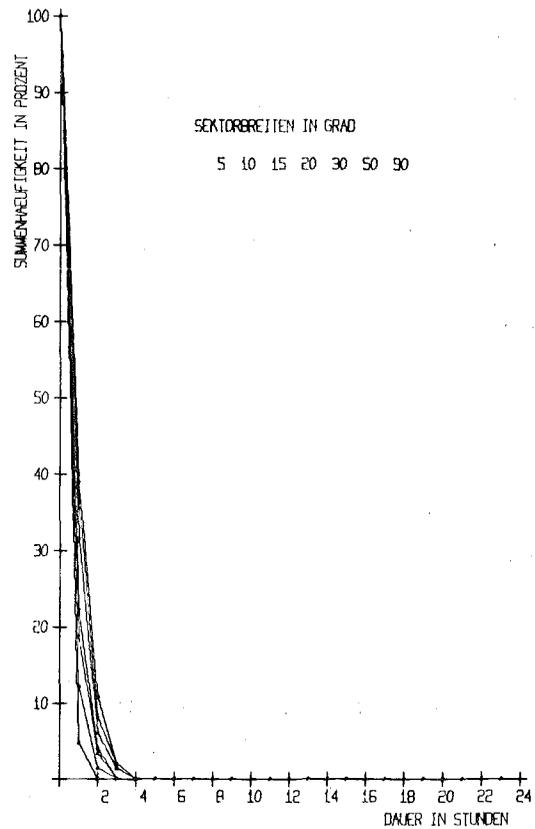
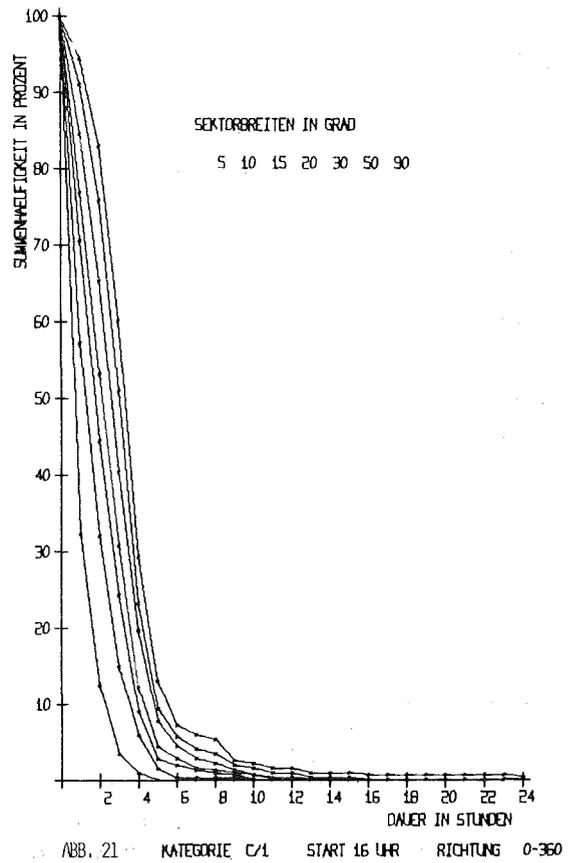
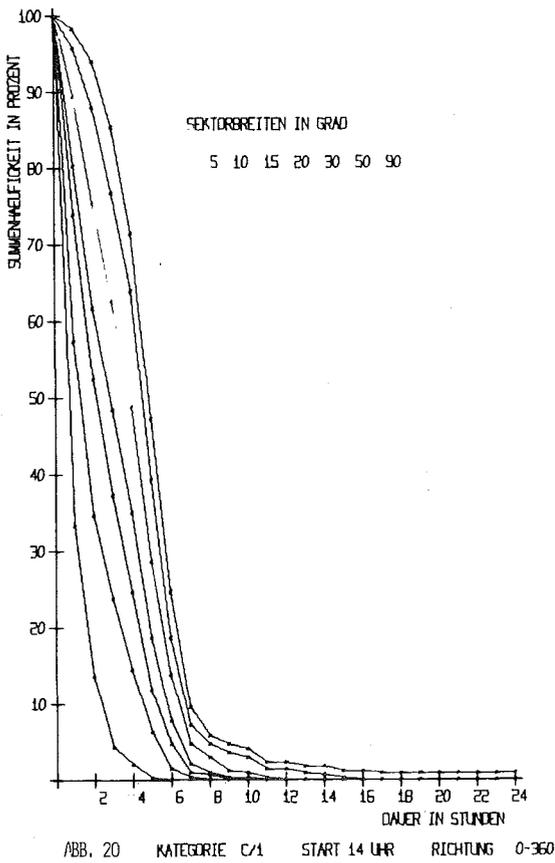
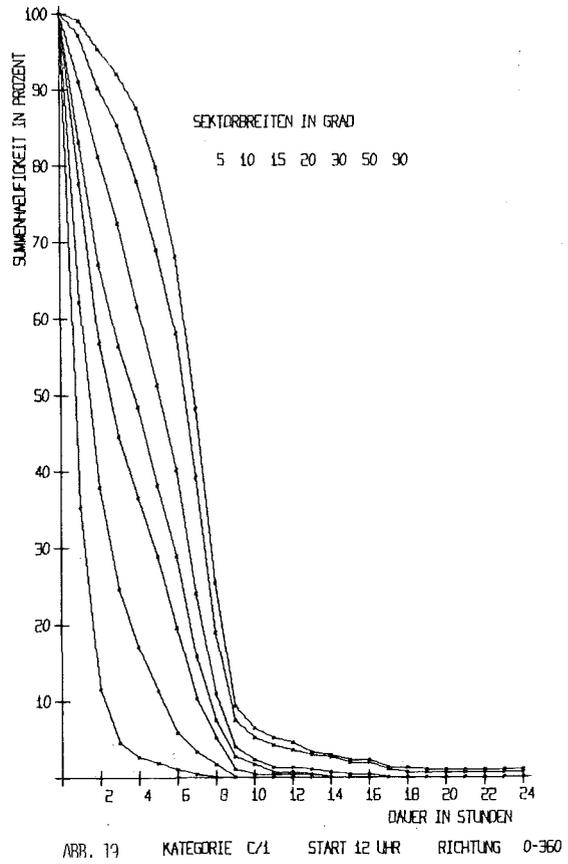
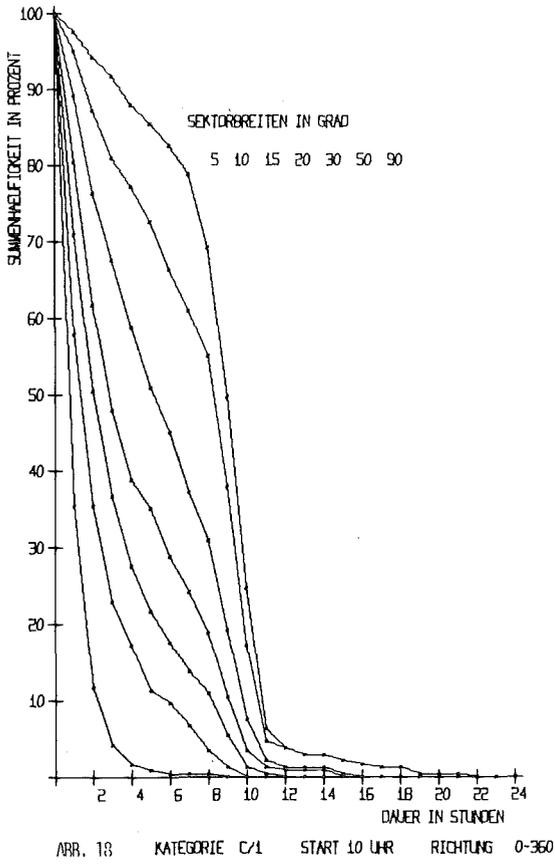


ABB. 17 KATEGORIE A/B START 16 UHR RICHTUNG 0-360



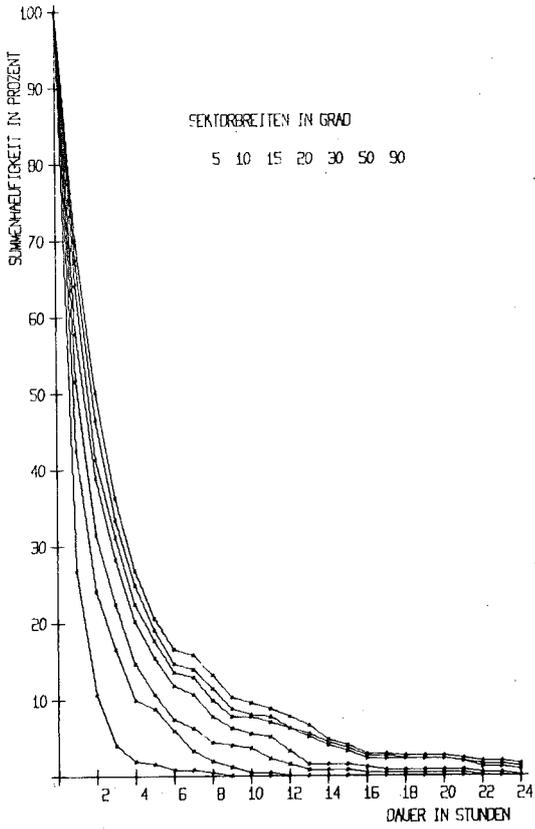


ABB. 22 KATEGORIE D/O START 6 UHR RICHTUNG 0-360

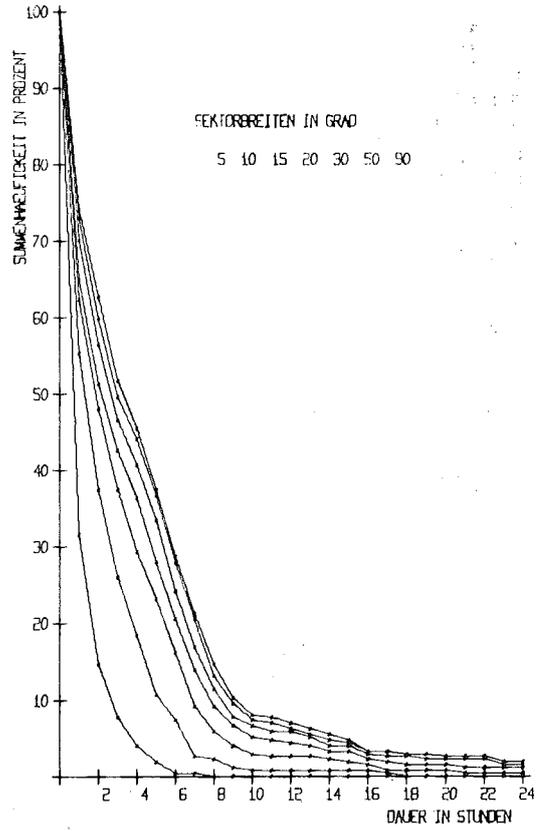


ABB. 23 KATEGORIE D/O START 12 UHR RICHTUNG 0-360

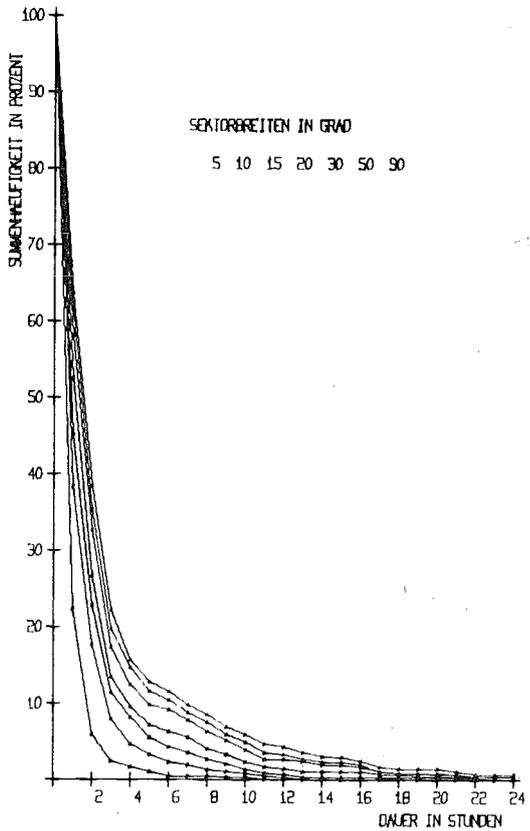


ABB. 24 KATEGORIE D/O START 18 UHR RICHTUNG 0-360

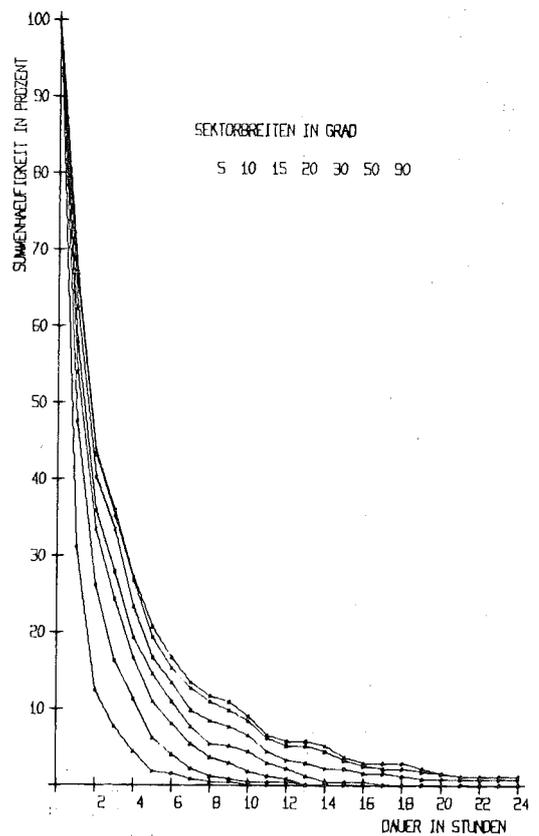


ABB. 25 KATEGORIE D/O START 24 UHR RICHTUNG 0-360

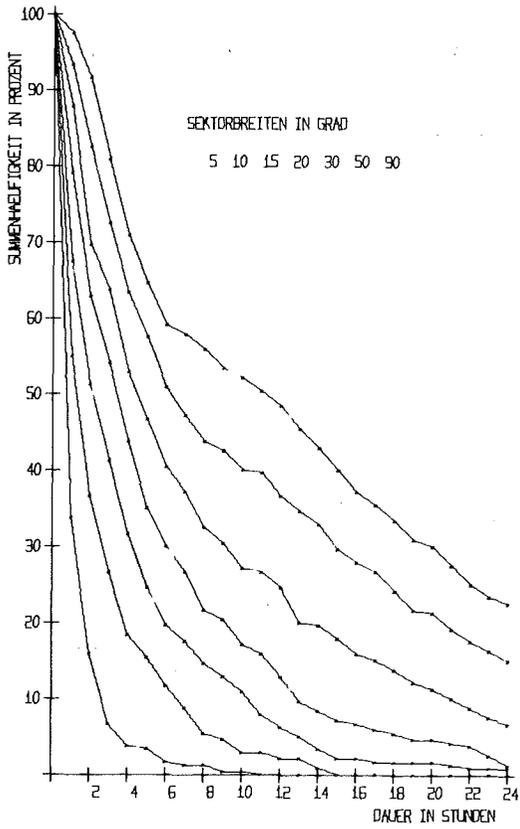


ABB. 26 KATEGORIE D/1 START 6 UHR RICHTUNG 0-360

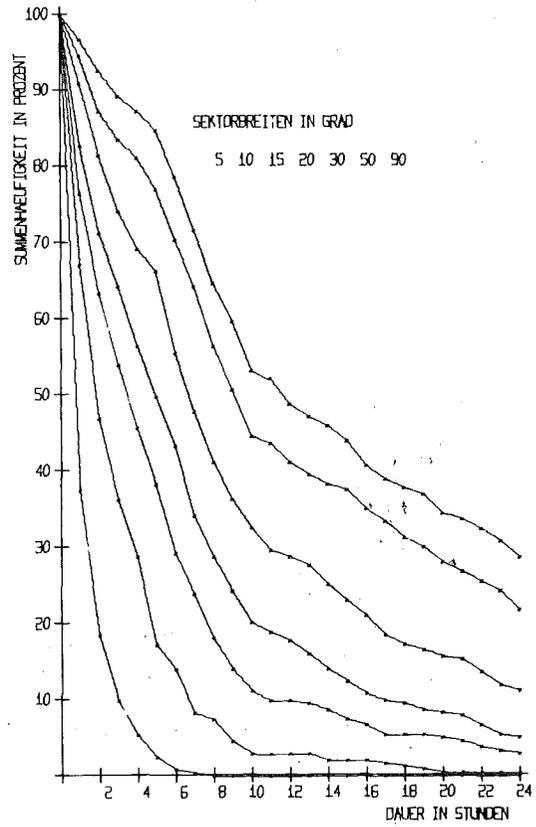


ABB. 27 KATEGORIE D/1 START 12 UHR RICHTUNG 0-360

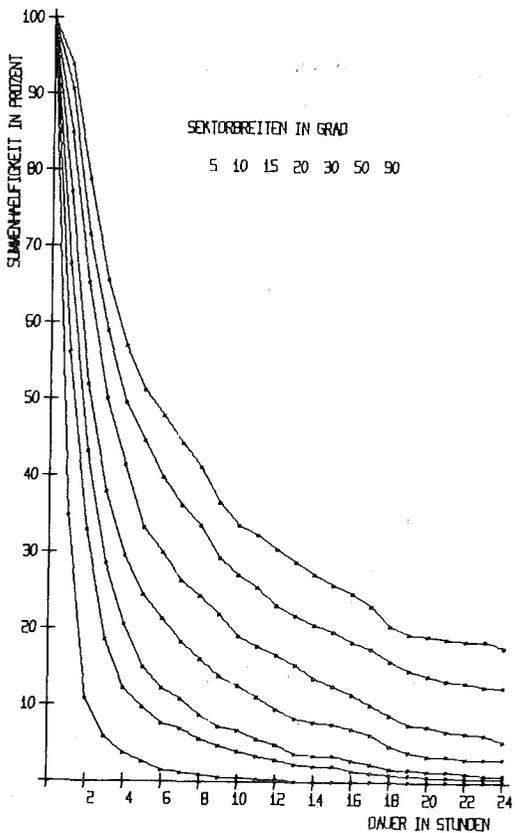


ABB. 28 KATEGORIE D/1 START 18 UHR RICHTUNG 0-360

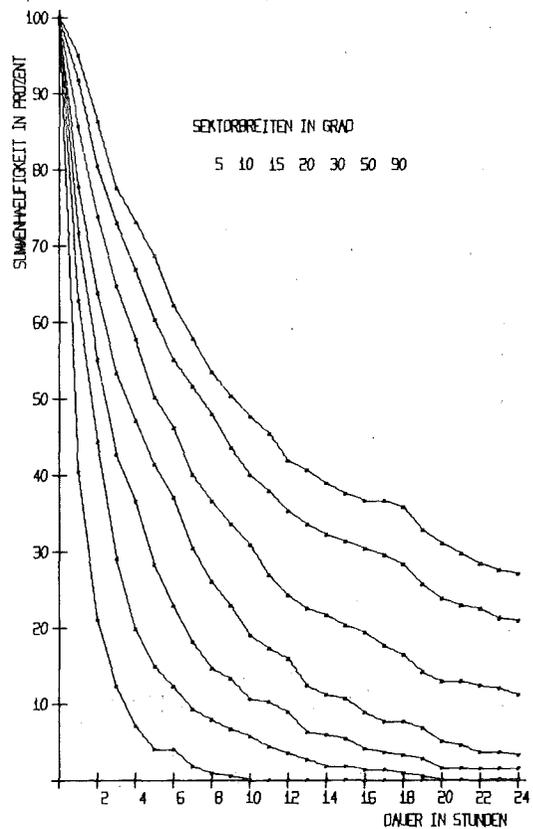


ABB. 29 KATEGORIE D/1 START 24 UHR RICHTUNG 0-360

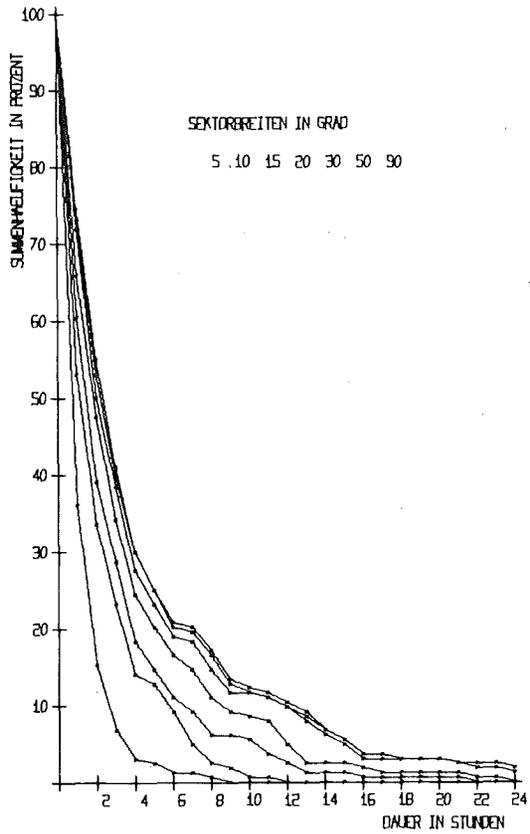


ABB. 30 KATEGORIE D/O START 6 UHR RICHTUNG 200-270

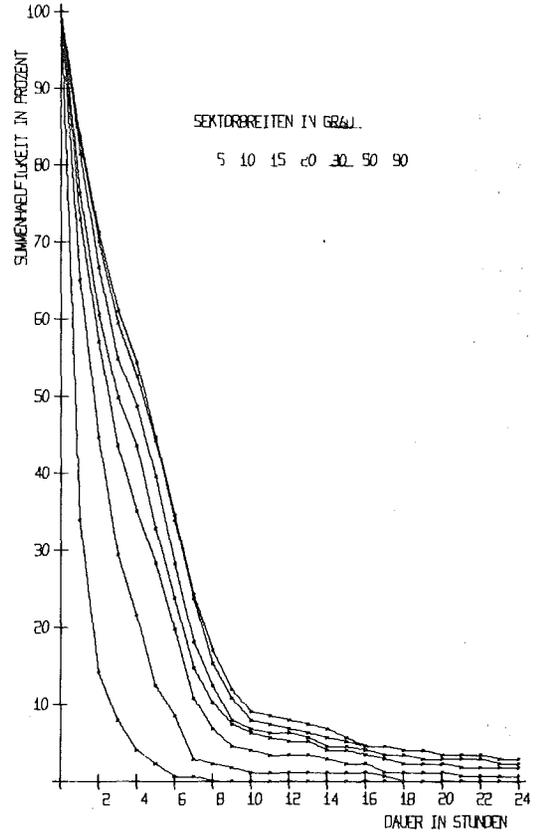


ABB. 31 KATEGORIE D/O START 12 UHR RICHTUNG 200-270

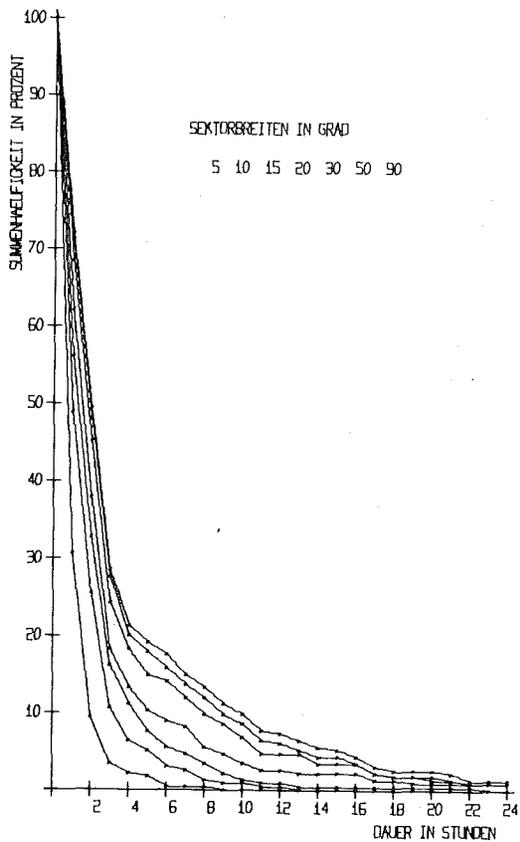


ABB. 32 KATEGORIE D/O START 18 UHR RICHTUNG 200-270

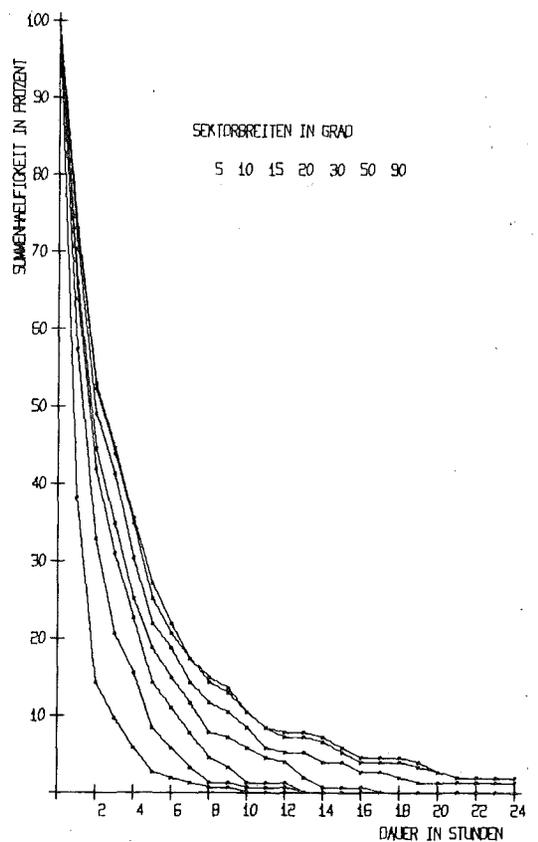
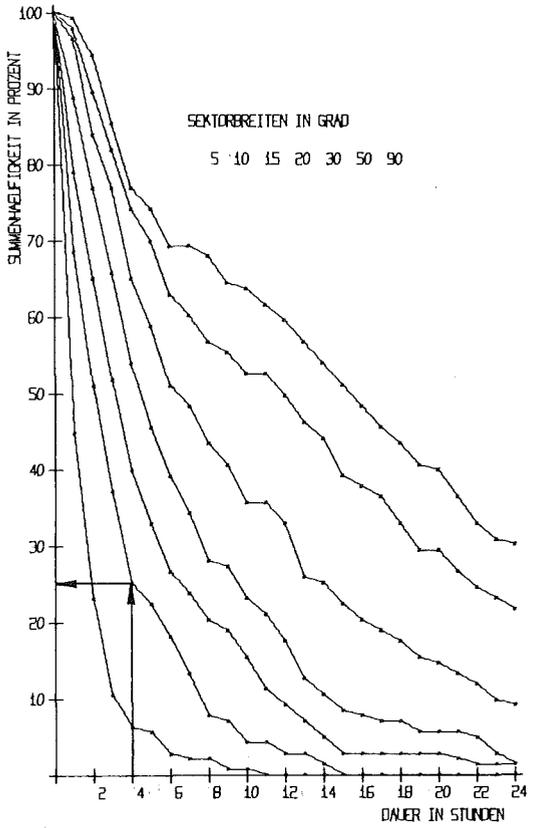


ABB. 33 KATEGORIE D/O START 24 UHR RICHTUNG 200-270



ABR. 31 KATEGORIE D/1 START 6 UHR RICHTUNG 200-270

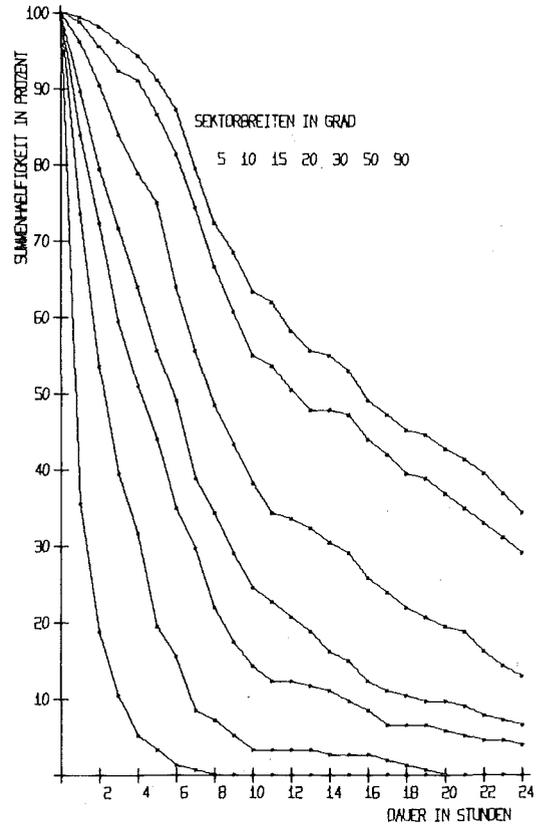


ABB. 35 KATEGORIE D/1 START 12 UHR RICHTUNG 200-270

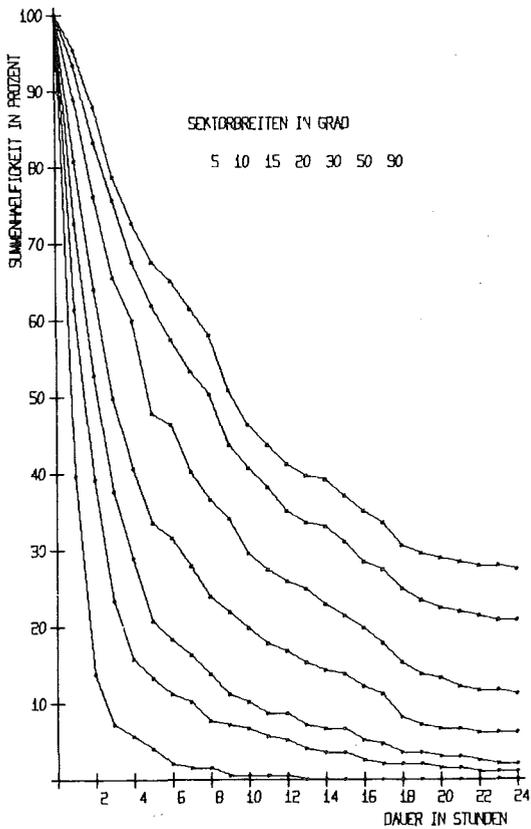


ABB. 36 KATEGORIE D/1 START 18 UHR RICHTUNG 200-270

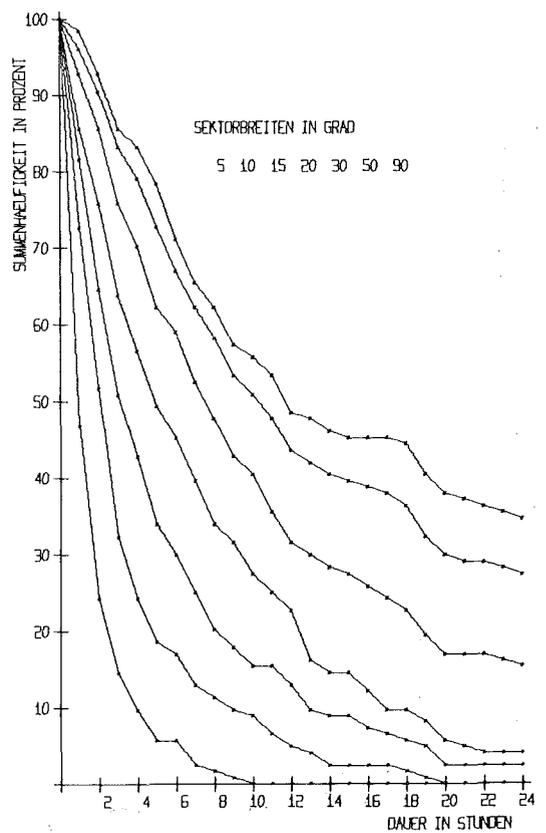


ABB. 37 KATEGORIE D/1 START 24 UHR RICHTUNG 200-270

