

Statistische Auswertung langjähriger
Schneemessungen zur Ermittlung der
Schneelastverteilung im Bundesgebiet

T 1248

T 1248

Dieser Forschungsbericht wurde mit modernsten Hochleistungskopierern auf Einzelanfrage hergestellt.

Die in dieser Forschungsarbeit enthaltenen Darstellungen und Empfehlungen geben die fachlichen Auffassungen der Verfasser wieder. Diese werden hier unverändert wiedergegeben, sie geben nicht unbedingt die Meinung des Zuwendungsgebers oder des Herausgebers wieder.

Die Originalmanuskripte wurden reprototechnisch, jedoch nicht inhaltlich überarbeitet. Die Druckqualität hängt von der reprototechnischen Eignung des Originalmanuskriptes ab, das uns vom Autor bzw. von der Forschungsstelle zur Verfügung gestellt wurde.

© by Fraunhofer IRB Verlag

Vervielfältigung, auch auszugsweise,
nur mit ausdrücklicher Zustimmung des Verlages.

Fraunhofer IRB Verlag

Fraunhofer-Informationszentrum Raum und Bau

Postfach 80 04 69
70504 Stuttgart

Nobelstraße 12
70569 Stuttgart

Telefon (07 11) 9 70 - 25 00
Telefax (07 11) 9 70 - 25 08

E-Mail irb@irb.fraunhofer.de

www.baufachinformation.de

! 1248: Statistische Auswertung langjähriger Schneemessungen
zur Ermittlung der Schneelastverteilung im Bundesgebiet.

Statistische Auswertung langjähriger Schneemessungen
zur Ermittlung der Schneelastverteilung im Bundesgebiet

Schlußbericht

Landesstelle für Baustatik Baden-Württemberg

Bearbeiter: Dr.-Ing. M. Gränzer

Dipl.-Ing. H. Riemann

Tübingen, im Dezember 1980

Dieses Forschungsvorhaben wurde im Auftrage des
Instituts für Bautechnik, Berlin, durchgeführt.

<u>Übersicht</u>	Seite
Literaturverzeichnis	
1. Ziel der Forschungsarbeit: Nachprüfung der Schneelastannahmen	1
1.1 Abweichende Ergebnisse bei Sonderauswertungen	2
1.2 Berücksichtigung neuerer statistischer Erkenntnisse	2
2. Datenmaterial	
2.1 30jährige maximale Schneehöhen von 1821 Meßstationen	5
2.2 11jährige Fortführung für 240 Stationen	7
3. Hauptauswertung (30-Jahreswerte)	
3.1 Auswertungsverfahren	7
3.2 Umrechnung max. Schneehöhen in max. Schneelasten	8
3.2.1 ISO - Vorschlag	9
3.2.2 DWD - Lastfaktor, Näherungskurve	9
3.2.3 Entscheidung für die DWD-Funktion	11
3.3 GUMBELsche Extremwertverteilung (bzw. FISHER/TIPPET Typ I)	12
3.3.1 Verteilungsgesetz	12
3.3.2 Bestimmung der Parameter α und u nach GUMBEL	14
3.3.3 95% - Fraktile, charakteristische Schneelast	20
3.4 Einzonung der Stationen	21
3.4.1 Regelschneelasten nach DIN 1055/5, Näherungskurven	22
3.4.2 Interpolationsfunktion	22
3.4.3 Zahlenbeispiel	27
3.4.4 Ergebnis, neue Zonenkarte	31
3.5 Folgerungen für die Norm	37
3.5.1 Mängel der Regellastentabelle, Variationskoeffizient	37
3.5.2 Genauigkeitsgrenzen	38
3.6 Vereinfachungsmöglichkeiten, Vorschlag	40
4. Auswertung längerer Beobachtungsreihen	42
4.1 Auf 41 Jahre erweiterte Beobachtungsperiode	42
4.2 Auswertung der jüngsten 30 Jahre	46
5. Sicherheitsbetrachtungen	52
6. Zusammenfassung	53

Literaturverzeichnis

- [1] CASPAR/KREBS "Auswertung langjähriger Beobachtungen über Schneehöhen und Schneelasten" Forschungsbericht des Deutschen Wetterdienstes Offenbach vom Dezember 1974
- [2] DIN 1055, Teil 5 Lastannahmen für Bauten; Schneelast und Eislast, Ausg. Juni 1975
- [3] GUMBEL, E. Statistics of Extremes.
Columbia University Press, N.Y./London,
1967
- [4] International Organization for Standardization (ISO)
"Bases for design of structures -
Determination of snow loads on roofs"
Draft Internat. Standard ISO/DIS 4355,
1978
- [5] MARTINEC, J. "Periodizität der Schneelasten in der Schweiz" Interner Bericht Nr. 545 des Eidgen. Instituts für Schnee- und Lawinenforschung, CH-7260 Weißfluhjoch/Davos, 1975
- [6] MÜLLER, K.F./
RACKWITZ, R. "Einige Überlegungen zur wirklichkeitsnahen Erfassung von Schneebelastungen" in: Sicherheiten von Betonbauten, Beiträge zur Arbeitstagung des Deutsch. Betonverein am 7./8. Mai 1973 in Berlin
- [7] GHIOCEL Dan/
LUNGU Dan Wind, snow and temperature effects on structures based on probability.
Abacus Press Tunbridge Wells, Kent (GB), 1975
- [8] Règles définissant les effets de la neige et du vent sur les constructions (NV 65).
Société de Diffusion des Techniques du Bâtiment et des Travaux Publics, Paris, 1965
- [9] Der große ADAC - Generalatlas (mit Ortsregister)
Mairs Geografischer Verlag, Stuttgart, 1979
- [10] Topografische Übersichtskarte der BRD 1 : 200 000
Institut für Angewandte Geodäsie,
Frankfurt/M.
(Benützt wurde das Kartenwerk beim Geografischen Institut der Universität Tübingen)

1. Ziel der Forschungsarbeit:

Nachprüfung der Schneelastannahmen

Bis Juni 1975 war die Schneelast auf einer waagrechten Dachfläche nach der seit 1936 gültigen Norm DIN 1055 Blatt 5 mit mindestens $0,75 \text{ kN/m}^2$ anzunehmen, bei "Bauten im Gebirge" den örtlichen Verhältnissen entsprechend höher. Die Neufassung der Norm [2] brachte eine differenziertere Festlegung der rechnerischen Schneelast: Eine Zonenkarte teilt das Gebiet der Bundesrepublik Deutschland auf in vier Schneezonen von I (schneearm) bis IV (besonders schneereich). Nachdem festgestellt ist, in welcher Zone ein Bauobjekt liegt, liest man für die geografische Höhe des Standortes aus folgender Tabelle 2 der Norm die anzusetzende Schneelast ab.

Tabelle 2. Regelschneelast s_0 in kN/m^2 (kp/m^2)

	1	2	3	4	5
1	Geländehöhe des Bauwerkstandortes über NN m	Schneelastzone nach Bild 1			
		I	II	III	IV
2	≤ 200	0,75 (75)	0,75 (75)	0,75 (75)	1,00 (100)
	300	0,75 (75)	0,75 (75)	0,75 (75)	1,15 (115)
	400	0,75 (75)	0,75 (75)	1,00 (100)	1,55 (155)
3	500	0,75 (75)	0,90 (90)	1,25 (125)	2,10 (210)
	600	0,85 (85)	1,15 (115)	1,60 (160)	2,60 (260)
	700	1,05 (105)	1,50 (150)	2,00 (200)	3,25 (325)
4	800	1,25 (125)	1,85 (185)	2,55 (255)	3,90 (390)
	900	1,50	2,30 (230)	3,10 (310)	4,65 (465)
	1000	1,85		3,80 (380)	5,50 (550)
5	> 1000	Wird im Einzelfalle durch die zuständige Baubehörde im Einvernehmen mit dem Zentralamt des Deutschen Wetterdienstes in Offenbach festgelegt.			

In Berlin beträgt die Regelschneelast $s_0 = 0,75 \text{ kN/m}^2$ (75 kp/m^2).

Regelschneelasten nach DIN 1055 Teil 5 (Ausg. 6.75)

1.1 Abweichende Ergebnisse bei Sonderauswertungen

Nach Einführung der neuen Schneelastnorm hatte der Fachnormenausschuß "Schneelasten" (Obmann LtdRBD Krauß, Tübingen) Anfragen aus verschiedenen Gebieten der Bundesrepublik zu beantworten: Die rechnerische Nachprüfung anhand statistischer Unterlagen ergab vielfach andere Schneelasten als sie die Norm für diese Orte festlegt. Zwar kann man nicht erwarten, daß eine klare und einfache Vorschrift jeden einzelnen Meßwert abdeckt. Die festgestellten Abweichungen weckten jedoch Zweifel, daß die Norm nicht noch verbessert werden könnte.

1.2 Berücksichtigung neuerer statistischer Erkenntnisse

Die Schneelastfestlegungen der Norm gehen wesentlich auf das Ergebnis der Forschungsarbeit [1] zurück, die CASPAR und KREBS beim Deutschen Wetterdienst zwischen 1967 und 1974 geleistet haben. Der dort beschrittene Weg gibt keinen Aufschluß über die in den Normwerten enthaltenen Sicherheiten, d.h. er liefert keine Aussage darüber, in welchen Zeiträumen damit zu rechnen ist, daß einmal mehr Schnee liegt als es der Rechenannahme entspricht.

Ohne das seinerzeit gewählte Auswertungsverfahren hier im einzelnen zu untersuchen, sei nur festgestellt, daß dort vorwiegend gemessene Schneehöhen statistisch ausgewertet wurden, obwohl der Bauingenieur Schneelasten wissen will. Da Schneelast und Schneehöhe nicht in einem festen Verhältnis stehen, sondern beispielsweise über die von CASPAR/KREBS angegebene veränderliche Funktion zusammenhängen, erhält man bei Auswertung von Schneelasten größere Streuungen und somit andere Ergebnisse.

Die Orte wurden nach dem mittleren Jahresmaximum der Schneehöhen in die entsprechende Schneezone eingeordnet. Maßgebend müßte jedoch auch hier der Rechenwert der Schneelast sein.

Schließlich wurden die Regelschneelasten der Norm (vgl. [2] Erläuterungen) für jede Zone aus den mittleren Jahresmaxima der Schneehöhen \bar{h}_s nach der einfachen Beziehung

$$s_{95\%} = 3,2 \cdot \bar{h}_s \quad \bar{h}_s \text{ in m} \quad (1)$$
$$s_{95\%} \text{ in kN/m}^2$$

bestimmt. Der Faktor 3,2 kommt wie folgt zustande:

Die 95 % - Fraktile der Extremwertverteilung nach GUMBEL liegt — wie im Abschnitt 3.3 noch näher ausgeführt wird, vgl. dort Gl. (8b) — bei

$$x_{95\%} = \frac{-\ln(-\ln 0,95)}{\alpha} + u$$

Die Parameter α und u der Grundgesamtheit werden einfach aus dem Mittelwert \bar{h}_s der Schneehöhenmaxima und aus deren Standardabweichung

$$s = \sqrt{\frac{\sum h_{s,i}^2 - \frac{1}{n} \left(\sum h_{s,i} \right)^2}{n - 1}} \quad \text{berechnet:}$$

$$\alpha = \frac{\pi}{\sqrt{6}} \cdot \frac{1}{s} \quad u = \bar{h}_s - \frac{0,57722}{\alpha}$$

$$x_{95\%} = \frac{\sqrt{6}}{\pi} s \left[-\ln(-\ln 0,95) - 0,57722 \right] + \bar{h}_s$$
$$= \bar{h}_s \left\{ 1 + \frac{\sqrt{6}}{\pi} \left[-\ln(-\ln 0,95) - 0,57722 \right] \frac{s}{\bar{h}_s} \right\}$$
$$= \bar{h}_s (1 + 1,8658 \cdot V)$$

Der Variationskoeffizient der Meßreihen $V = \frac{s}{\bar{h}_s}$ wurde pauschal mit dem festen Wert

$$V = 0,45$$

abgeschätzt. Auch für die Umrechnung von Schneehöhen in Schneelasten wurde vereinfachend der feste Wert $\gamma = 2,15 \text{ kN/m}^3$ eingesetzt, so daß sich mit dem Abminderungsfaktor $\alpha = 0,8$ für die geringere Schneelast auf dem Dach gegenüber dem Boden ergibt:

$$\begin{aligned} s_{95\%, \text{Dach}} &= \alpha \cdot \gamma \cdot x_{95\%} \\ &= 0,8 \cdot 2,15 \cdot \bar{h}_s (1 + 1,8658 \cdot 0,45) \\ &= 3,2 \cdot \bar{h}_s \qquad \text{vgl. (1)} \end{aligned}$$

\bar{h}_s ist darin der Mittelwert von 30 an einem bestimmten Ort gemessenen Schneehöhenmaxima in Metern.

Die abweichenden Einzelergebnisse und methodische Bedenken ließen es dem Institut für Bautechnik geraten erscheinen, durch einen an die Landesstelle für Baustatik Baden-Württemberg vergebenen Forschungsauftrag die Festlegungen der Norm überprüfen zu lassen.

2. D a t e n m a t e r i a l

2.1 30jährige maximale Schneehöhen von 1821 Meßstationen

Die vorliegende Arbeit stützt sich in der Hauptsache auf das gleiche Datenmaterial, das auch der Ausarbeitung von CASPAR/KREBS [1] zugrunde lag: die auf dem Boden gemessenen jährlichen Schneehöhenmaxima für 1821 Meßstationen in der BRD aus den 30 Wintern von 1936/37 bis 1967/68 (ohne 1944/45 und 1945/46). Die Daten wurden in z.T. berichtigter Form vom Deutschen Wetterdienst zur Verfügung gestellt.

Für die spätere Auswertung mußten all diese Daten in der Rechenanlage der Landesstelle (WANG PCS 2200) gespeichert werden. Die folgende Seite zeigt ein Beispiel der Eingabedaten. In der vierstelligen Stationsnummer gibt die Tausenderstelle den Länderschlüssel an, es folgt die laufende Nummer der innerhalb jedes Landes alphabetisch geordneten Stationen.

Länder-

schlüssel

1	Baden-Württemberg	224	Stationen
2	Bayern	695	"
3	Berlin	2	"
4	Hessen	257	"
5	Niedersachsen, Hamburg, Bremen	294	"
6	Nordrhein-Westfalen	158	"
7	Rheinland-Pfalz, Saarland	105	"
8	Schleswig-Holstein	86	"

1821 Stationen

Aus dem ebenfalls vom Deutschen Wetterdienst zur Verfügung gestellten Stationenkatalog konnten weitere Angaben entnommen werden: Stationsnummer des Wetterdienstes, Koordinaten u. geographische Höhe der Meßstationen. Die Einordnung aller Stationen in die

MAX. SCHNEEHÖHEN IN DEN WINTERN 1936/37 BIS 1967/68

(ohne 1944/45 u. 1945/46)

1001	[70191]	7291 AACH KR.KONSTANZ SCHNEEHÖHEN in cm:	BADEN-WUERTT.	KOORD. Br. 47°51' Lg. 8°51'	478 m ue.NN	Schneezone(IST)= 1
	10	24 24 24 44 62 22 20 12 18 8 5 14 30 17 24 10 11 10 19 20 8 9 20 23 7 12 20 15 36				
1002	[90147]	7481 ABLACH SCHNEEHÖHEN in cm:	BADEN-WUERTT.	KOORD. Br. 48° 2' Lg. 9°15'	610 m ue.NN	Schneezone(IST)= 1
	12	16 20 22 28 56 10 20 15 12 15 11 20 36 30 20 10 18 11 25 26 12 28 55 54 16 35 21 13 33				
1003	[71524]	7091 ADELMANNSFELDEN SCHNEEHÖHEN in cm:	BADEN-WUERTT.	KOORD. Br. 48°57' Lg. 10° 0'	470 m ue.NN	Schneezone(IST)= 3
	18	34 35 40 38 67 24 48 16 18 8 15 22 55 56 40 37 29 14 70 48 20 13 30 47 8 55 15 27 65				
1004	[71645]	6962 ADELSHEIM SCHNEEHÖHEN in cm:	BADEN-WUERTT.	KOORD. Br. 49°24' Lg. 9°24'	235 m ue.NN	Schneezone(IST)= 3
	8	20 24 33 35 67 20 14 6 12 11 8 22 24 40 26 17 17 10 22 32 6 13 11 16 3 24 6 18 18				
1005	[71643]	6968 ALTHEIM SCHNEEHÖHEN in cm:	BADEN-WUERTT.	KOORD. Br. 49°31' Lg. 9°26'	320 m ue.NN	Schneezone(IST)= 3
	8	15 26 50 45 60 14 9 12 16 7 9 28 45 36 22 34 29 15 23 45 11 12 20 43 5 27 6 11 18				
1006	[70545]	7570 BADEN-BADEN SCHNEEHÖHEN in cm:	BADEN-WUERTT.	KOORD. Br. 48°46' Lg. 8°15'	280 m ue.NN	Schneezone(IST)= 2
	10	36 17 22 33 45 11 14 10 20 8 17 6 17 30 17 19 30 8 54 24 10 3 10 22 3 23 8 7 22				
1007	[70277]	7847 BADENWEILER SCHNEEHÖHEN in cm:	BADEN-WUERTT.	KOORD. Br. 47°48' Lg. 7°40'	412 m ue.NN	Schneezone(IST)= 2
	10	44 27 30 40 40 14 32 12 32 10 14 11 30 19 13 15 17 20 20 10 15 8 35 26 10 32 25 17 27				
1008	[71043]	7460 BALINGEN-HESELWANGEN SCHNEEHÖHEN in cm:	BADEN-WUERTT.	KOORD. Br. 48°17' Lg. 8°52'	571 m ue.NN	Schneezone(IST)= 1
	17	25 23 9 32 52 15 26 7 15 4 8 7 25 35 28 8 22 12 25 45 10 8 13 13 12 32 18 9 32				

10

Schneezonen nach gültiger Norm (= "Ist"-Zone) sowie die Postleitzahlen stellte freundlicherweise Herr Dr.-Ing. Rackwitz, München, zur Verfügung. In mühevoller Kleinarbeit wurden manche Fehler und Unstimmigkeiten in den Stationsdaten unter Benützung von Atlas [9] und Karten [10] ausgemerzt. Dort, wo die Meßstation während der Beobachtungszeit auf eine andere Höhe verlegt worden war, wurde die Höhe berücksichtigt, die am längsten zutraf.

2.2 11jährige Fortführung für 240 Stationen

Zusätzlich zu den alten Daten für 30 Jahre bis 1967/68 lieferte der DWD für 240 Stationen die Fortführung bis zu dem in Norddeutschland sehr schneereichen Winter 1978/79.

Allerdings stellte sich beim Vergleich der Stationen heraus, daß nur bei 140 der insgesamt 240 Stationen auch die 30-Jahreswerte vorliegen, um eine zusammenhängende Kette von 41 Schneehöhenmaxima bilden zu können.

3. H a u p t a u s w e r t u n g (30-Jahreswerte)

3.1 Auswertungsverfahren

Aufgabe dieses Forschungsvorhabens war es nicht, die Arbeit von CASPAR/KREBS [1] zu wiederholen oder auch nur nachzuprüfen. Es sollte nur herausgefunden werden, inwieweit die Schneelastannahmen nach Norm durch die gemessenen Werte bestätigt werden.

Um den Einfluß der Streuung zutreffender zu erfassen, werden alle gemessenen 30 Schneehöhen vor Beginn der statistischen Auswertung in Schneelasten umgerechnet. Die Auswertung liefert dann für jede Station eine rechnerische Schneelast. Unter Beibehaltung der in DIN 1055/5 gegebenen Tabelle der höhenabhängigen Regellasten wird für jede Station die "Soll"-Zone berechnet und daraus eine "Soll"-Zonenkarte entwickelt. Diese ist dann mit der Zonenkarte der Norm zu vergleichen. Bleibt die "Soll"-Zone unter der "Ist"-Zone, so ist die Sicherheit ausreichend, anderenfalls ist mit der geltenden Norm das übliche Sicherheitsniveau nicht erreicht.

Während CASPAR/KREBS nach Festlegung der Zonenkarte eine Tabelle der Regellasten entwickeln mußten, können hier die Regellasten der Norm vorausgesetzt werden, um daraus eine Zonenkarte zu erarbeiten.

3.2 Umrechnung max. Schneehöhen in max. Schneelasten

Da für Schneehöhen ein viel umfangreicheres Datenmaterial vorliegt als für die schwieriger zu messenden Schneelasten, liegt es nahe, sich durch Umrechnung die größere Datenmenge zu erschließen.

Bei großer Schneehöhe werden die unteren Schichten stärker zusammengedrückt, so daß sich als Durchschnittswert über die ganze Höhe eine größere Schneerohwichte ergibt als für eine dünne Schicht. Die mittlere Rohwichte γ nimmt also mit der Schneehöhe zu. Für den funktionalen Zusammenhang $\gamma = f(h_s)$ liegen zwei Vorschläge vor.

3.2.1 ISO - Vorschlag

Im Papier [4] der Internationalen Normenorganisation wird eine analytische Schneelastfaktor-Funktion empfohlen:

$$\gamma = 3 - 2 \cdot e^{-1,5 h_s} \quad (2)$$

h_s Schneehöhe in m

γ Schneelastfaktor in kN/m^3

Die Schneelast einer Auflage von der Höhe h_s beträgt danach

$$s = \gamma \cdot h_s = h_s \cdot (3 - 2 \cdot e^{-1,5 h_s})$$

Der Schneelastfaktor γ nach ISO beginnt bei 1,0 und steigt asymptotisch auf 3,0 an (vgl. Bild 1).

3.2.2 DWD - Lastfaktor, Näherungskurve

CASPAR und KREBS [1] behandeln im Abschnitt 5.1.1 die Ermittlung des Verhältniswertes zwischen Schneelast und Schneehöhe. Es handelt sich genau genommen nicht um die Rohwichte des Schnees, sondern um das Verhältnis der an einer Station gemessenen größten Schneelast (Wassergewicht) zu der an derselben Station im gleichen Winter festgestellten größten Schneehöhe. Beide Extremwerte müssen dabei nicht am gleichen Tage aufgetreten sein, so daß das so gewonnene Verhältnis zwar zur Umrechnung von maximaler Schneehöhe auf maximale Schneelast dienen kann und auch die Dimension einer Rohwichte hat, aber neben der physikalischen Bedeutung noch eine statistische Komponente enthält. Das Ergebnis ist die empirische Schneelastfaktor-Funktion des DWD (vgl. [1], Abb. 1).

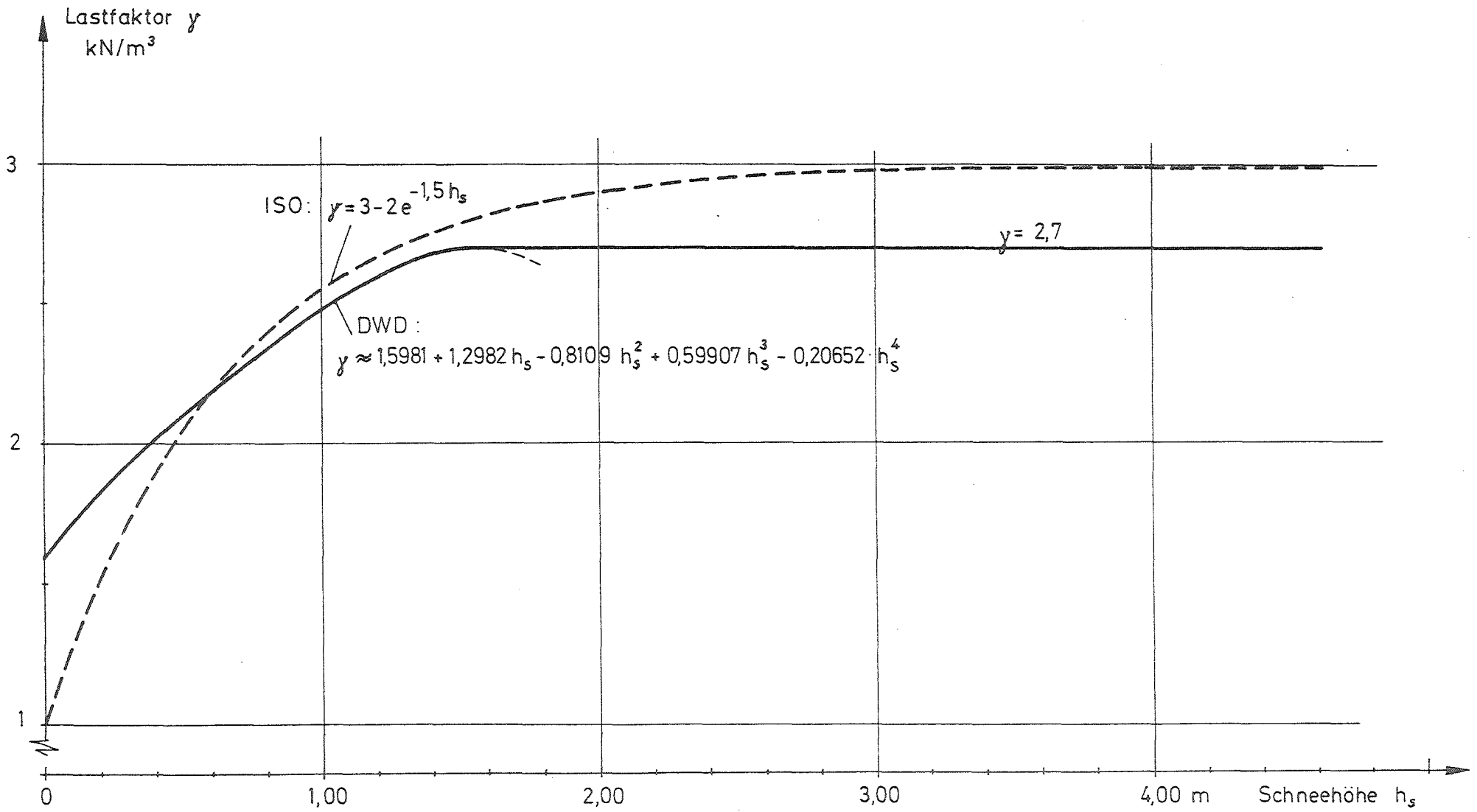


Bild 1 Lastfaktorfunktion des Deutschen Wetterdienstes und ISO-Vorschlag

Die Kurve, die hier in Bild 1 nochmals dargestellt ist, läßt sich gut durch ein Polynom 4. Grades annähern. Für größere Schneehöhen muß sie nach rechts weitergeführt werden. Dabei wird (im Gegensatz zu früheren Teilauswertungen, z.B. für Baden-Württemberg) die ab etwa $h_s = 1,53$ m waagrecht verlaufende Kurve mit $\gamma = 2,7 = \text{const}$ nach rechts verlängert (Bild 1).

$$h_s < 1,53 \text{ m} \quad \gamma = 1,5981 + 1,2982 h_s - 0,8109 h_s^2 + 0,59907 h_s^3 - 0,20652 h_s^4 \quad (3)$$

$$h_s \geq 1,53 \text{ m} \quad \gamma = 2,7 \text{ kN/m}^3$$

Schneelast

$$s = \gamma \cdot h_s$$

3.2.3 Entscheidung für die DWD-Funktion

Zugunsten der empirisch gewonnenen Lastfaktorfunktion des Deutschen Wetterdienstes spricht, daß sie auf Meßdaten des gleichen Gebietes beruht, für welches die Auswertung gelten soll. Auch die erwähnte statistische Komponente kommt der hier zu behandelnden Fragestellung entgegen.

Vergleicht man beide Kurven in Bild 1, so liegt die ISO-Kurve bei kleinen Schneehöhen unter der DWD-Funktion. Mit ihr würden die Schneelasten möglicherweise unterschätzt (Lastrisiko!). Bei größeren Schneehöhen und folglich höheren Schneelasten wäre dagegen ein Abweichen nach unten von geringerer Bedeutung.

Aus diesen Gründen wurde der Datenauswertung die DWD-Funktion zugrundegelegt. Die aufgestellten Rechenprogramme lassen jedoch wahlweise auch die Auswertung mit der ISO-Funktion zu.

3.3 G U M B E L s c h e E x t r e m w e r t v e r t e i l u n g

(bzw. FISHER/TIPPET Typ I)

Wenn an einem bestimmten Ort 30 Jahre lang jeden Winter die größte gemessene Schneehöhe festgehalten wird, dann erhält man eine Stichprobe vom Umfang 30 aus der unendlichen Anzahl der möglichen Jahresmaxima, der sogenannten "Grundgesamtheit". Für statistisch exakte Vorhersagen müßte man die Summenverteilung der Grundgesamtheit, oder wenigstens deren Charakter kennen.

3.3.1 Verteilungsgesetz

Mehrere Untersuchungen haben gezeigt, daß die Größtwerte klimabedingt schwankender Größen wie Hochwasserwellen, Regenmengen und die hier interessierenden Schneehöhen in guter Näherung der Extremwertverteilung von GUMBEL entsprechen (vgl. MARTINEC [5], MÜLLER/RACKWITZ [6], GHIOCEL/LUNGU [7]). GUMBEL hat in [3] diese doppel-exponentielle Verteilung (auch FISHER/TIPPET Typ I genannt) eingehend untersucht. Die Summenfunktion des Verteilungsgesetzes lautet in einfachster Form

$$F(y) = e^{-e^{-y}} \quad (4a)$$

F(y) ist darin die Summenwahrscheinlichkeit, y die Merkmalsgröße. Die allgemeinere Form lautet

$$F(x) = e^{-e^{-\alpha(x-u)}} \quad (4b)$$

Ähnlich der bekannten GAUSSschen Normalverteilung enthält die allgemeine GUMBEL-Verteilung zwei noch zu bestimmende Parameter α und u . Da deren Größe vom Stichprobenumfang abhängt, versteht sie GUMBEL mit dem Index n , der hier jedoch weggelassen werden kann. Durch die Transformation

$$y = \alpha(x - u) \quad (5)$$

kann die allgemeine Verteilung (4b) auf die einfachere Form (4a) zurückgeführt werden. Dies ist die normierte Form, bei der die Parameter $\alpha = 1$ und $u = 0$ sind.

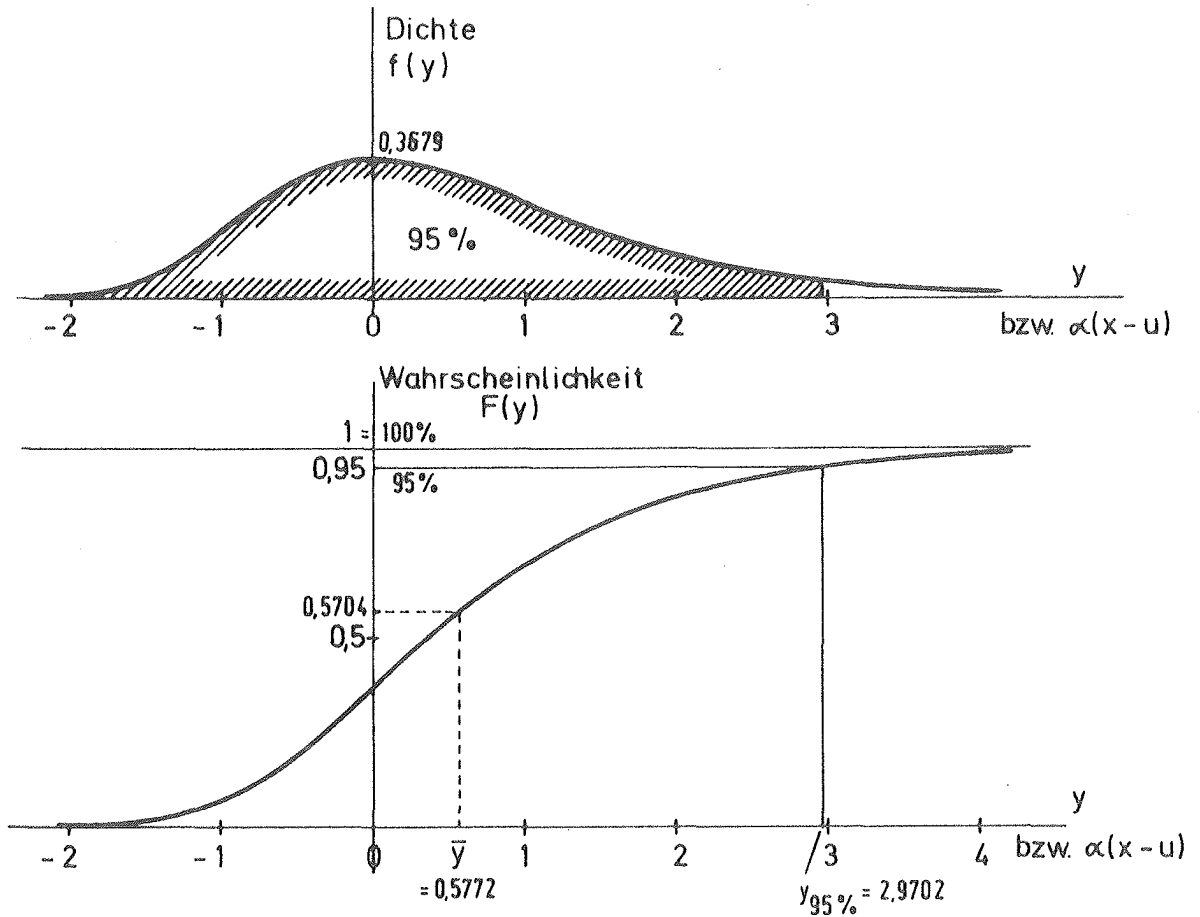


Bild 2 Normierte GUMBEL - Verteilung

Der Erwartungswert (Mittelwert) der Verteilung liegt bei

normiert $\bar{y} = \gamma = 0,577216$ (EULERSche Konstante) (6a)

nicht normiert $\bar{x} = \frac{\bar{y}}{\alpha} + u = \frac{0,577216}{\alpha} + u$ (6b)

Die Standardabweichung beträgt

$$\text{normiert} \quad \sigma_y = \frac{\pi}{\sqrt{6}} = 1,28255 \quad (7a)$$

$$\text{nicht normiert} \quad \sigma_x = \frac{\pi}{\sqrt{6}} \cdot \frac{1}{\alpha} \quad (7b)$$

Ihre 95 % - Fraktile liegt bei

$$\text{normiert} \quad y_{95\%} = -\ln(-\ln 0,95) = 2,9702 \quad (8a)$$

$$\text{nicht normiert} \quad x_{95\%} = \frac{y_{95\%}}{\alpha} + u = \frac{2,9702}{\alpha} + u \quad (8b)$$

3.3.2 Bestimmung der Parameter α und u nach GUMBEL

Es gilt nun, die beiden Parameter α und u so zu bestimmen, daß die gegebene Stichprobe von dreißig Extremwerten gut hineinpaßt.

Dazu sind die folgenden Überlegungen notwendig: Bei jedem Schluß von der Stichprobe auf Eigenschaften der Grundgesamtheit, hier auf die Zahlenwerte ihrer Parameter, muß eine gewisse Unsicherheit in Kauf genommen werden. Da jede Stichprobe nur einen zufälligen Ausschnitt aus der Grundgesamtheit darstellt, können Mittelwert und Standardabweichung der Stichprobe nicht unbeschadet auch der Grundgesamtheit zugeschrieben werden. Dies wäre nur richtig, wenn man praktisch eine unendlich große Stichprobe hätte. Deshalb kann man nicht mehr sagen, als daß die Kenngrößen der Stichprobe die wahrscheinlichsten Schätzwerte für die Kenngrößen der Grundgesamtheit sind.

Muß die Bauwerkssicherheit aufgrund kleiner Stichproben beurteilt werden, so versucht man durch besonders vorsichtige Abschätzung der Parameter ("wird mit einer hohen Aussagewahrscheinlichkeit von ... % nicht unter- bzw. überschritten")

mit den Kenngrößen auf der sicheren Seite zu bleiben. Dieser Sicherheitsabstand kann um so kleiner sein, je größer und damit zuverlässiger die Stichprobe ist.

GUMBEL legt die Parameter jedoch ohne Sicherheitszuschlag auf den wahrscheinlichsten Wert fest. Das von ihm vorgeschlagene quasigrafische Verfahren führt allerdings letzten Endes ebenfalls zu einer bei kleinem Stichprobenumfang etwas größeren (vorsichtigeren) rechnerischen Schneelast.

Zur Bestimmung der Parameter α und u : Zunächst sind die 30 Schneehöhenmaxima der Größe nach zu ordnen und in Schneelasten umzurechnen. Jedem der 30 Werte wird nun nach GUMBEL [3] S. 34 ff nicht die Häufigkeit $1/30$, sondern $1/(30+1)$ zugeordnet, um im Summenhäufigkeits- oder Wahrscheinlichkeitsdiagramm sowohl den kleinsten als auch den größten Wert noch darstellen zu können. Es entsteht eine S-förmig ansteigende Linie. Durch Optimierung der Parameter α und u in der allgemeinen Verteilungsfunktion (4b), bzw. ihrem Abbild, der zugehörigen S-förmigen Kurve, müßte die größtmögliche Annäherung an die Linie der Stichprobe angestrebt werden.

Rechnerisch wesentlich einfacher als die Anpassung einer mathematisch nicht einfachen Kurve an die Linie der Stichprobe ist das Einpassen einer Geraden (lineare Regression). Deshalb wird die Wahrscheinlichkeitsachse so verzerrt, daß sich die Kurve des Bildes 2 zu einer Geraden streckt. In das so gewonnene Wahrscheinlichkeitspapier der GUMBEL-Verteilung können die Summenhäufigkeiten der 30 Schneelastmaxima eingetragen werden (vgl. Beispiel Bild 3).

Bei der Regressionsrechnung, also dem Aufsuchen der beiden optimalen Geradenparameter α und u , können entweder die Abweichungsquadrate der Punkte in x-Richtung oder die in y-Richtung minimiert werden. Beide Verfahren führen auf etwas unterschiedlich geneigte Geraden durch den Schwerpunkt $S(\bar{x};\bar{y})$ aller 30 Punkte.

GUMBEL schlägt als mittlere Neigung den Quotienten aus Standardabweichung der y-Werte und Standardabweichung der zugehörigen x-Werte vor:

$$\alpha = \frac{s_y^*}{s_x^*}$$

Während er s_y^* (dort mit σ_n bezeichnet) als spezielle Standardabweichung definiert

$$s_y^* = \sqrt{\overline{y^2} - \bar{y}^2}$$

$$\text{mit den Mittelwerten } \bar{y} = \frac{1}{n} \sum y_i$$

$$\overline{y^2} = \frac{1}{n} \sum y_i^2$$

gibt er für den Nenner s_x^* — trotz völlig analoger Herleitung — eine andere, nämlich die übliche Definition der Standardabweichung an (vgl. [3] S. 35 Gl. (2))

$$s_x^* \text{ GUMBEL} = \sqrt{\frac{(\overline{x^2} - \bar{x}^2) n}{n - 1}}$$

Es kann sich hier nur um einen Druckfehler handeln. Zwar ist der Unterschied $\frac{n}{n-1}$ gegen 1 bei $n = 30$ nicht mehr groß und hat keinen entscheidenden Einfluß auf die Ergebnisse, in der vorliegenden Auswertung wird aber die richtiggestellte Beziehung für die Neigung der Regressionsgeraden benützt.

$$\text{Mit } s_x^* = \sqrt{\overline{x^2} - \bar{x}^2} \quad (9)$$

$$\text{und den Mittelwerten } \bar{x} = \frac{1}{n} \sum x_i$$

$$\overline{x^2} = \frac{1}{n} \sum x_i^2$$

wird
$$\alpha = \frac{s_y^*}{s_x^*} = \frac{\sqrt{\overline{y^2} - \bar{y}^2}}{\sqrt{\overline{x^2} - \bar{x}^2}} \quad (10)$$

Die x_i -Werte sind hierbei die Schneelasten der Stichprobe.

Die y_i -Werte sind die mit der Umkehrung von Gl. (4a) als Maßstabsverzerrung umgerechneten Summenhäufigkeiten bzw. Wahrscheinlichkeiten WS

$$y_i = -\ln \left[-\ln(\text{WS}) \right] \quad (11)$$

Für eine festgelegte Stichprobengröße, z.B. $n = 30$, lassen sich die y_i -Werte vorausberechnen:

n = 1	WS = $\frac{1}{31}$	= 0,0323	→	$y_1 = -1,2337$
2	$\frac{2}{31}$	= 0,0645	→	$y_2 = -1,0083$
3	$\frac{3}{31}$	= 0,0968	→	$y_3 = -0,8482$
:		:		:
30	$\frac{30}{31}$	= 0,9677	→	$y_{30} = 3,4176$

Daraus folgen sofort die für die Weiterrechnung benötigten Größen, die auch GUMBEL [3] auf Seite 228 angibt:

Mittelwert der y_i	$\bar{y} = 0,53622$
spez. Standardabweichung der y_i	$s_y^* = 1,11237$

Die entsprechenden Werte \bar{x} und s_x^* sind für jede Stichprobe aus den Schneelasten x_i zu berechnen.

Für das Zahlenbeispiel der Station AACH, das zusammenhängend auf Seite 27 dargestellt ist, sei hier die Regression im GUMBEL-Papier aufgezeichnet.

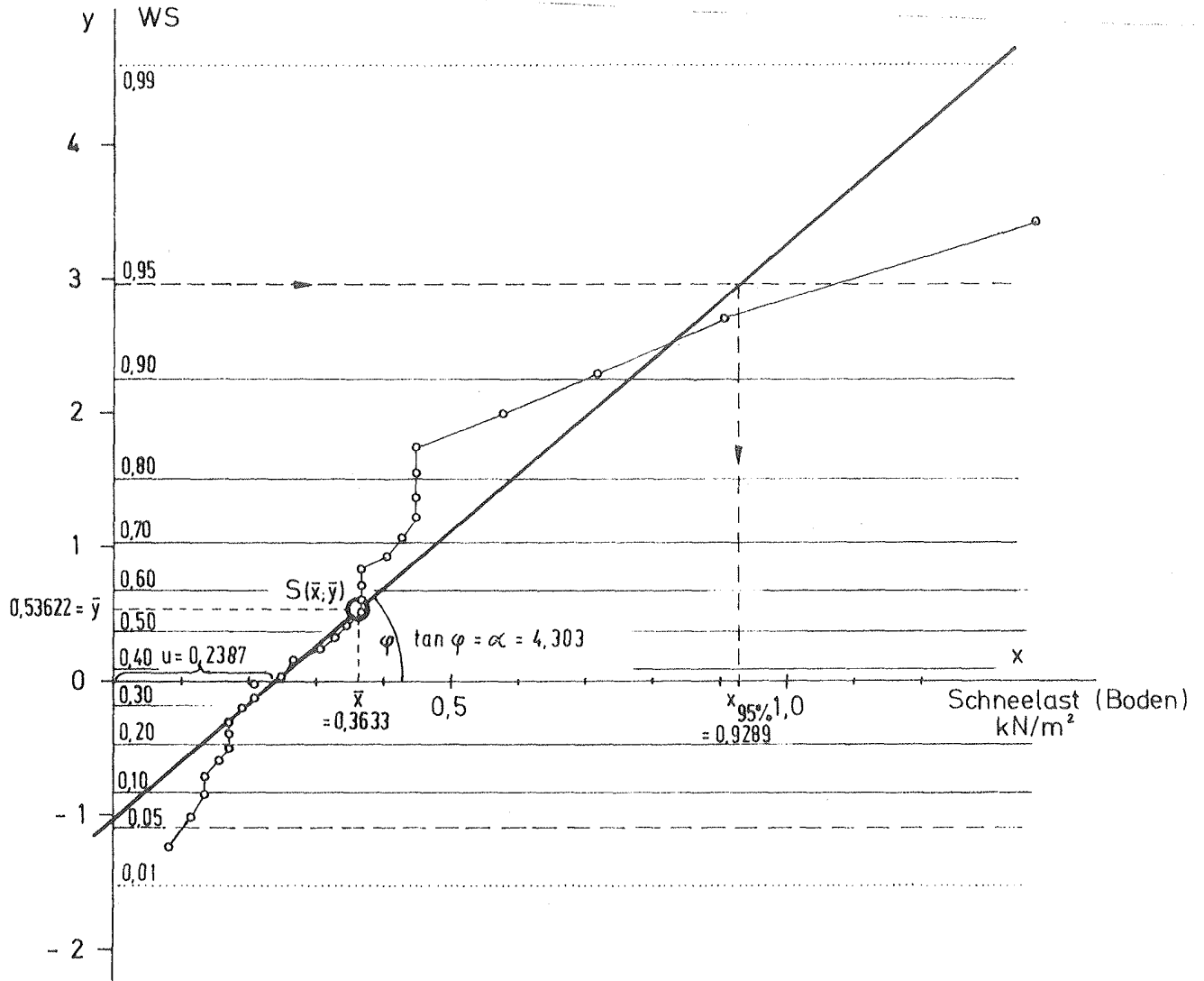


Bild 3 Stichprobe und vermutete Verteilung der Grundgesamtheit im WS-Papier nach GUMBEL (Beispiel: AACH KR. KONSTANZ)

Wie man in Bild 3 an den ungleichen Abständen der Wahrscheinlichkeiten auf der Ordinatenachse erkennt, ist ihr Maßstab verzerrt und zwar so, daß die ebenfalls angeschriebenen y-Werte, die mit der Skalentransformation (11) gewonnen werden, linear verlaufen. Der Polygonzug stellt die Summenlinie der Stichprobenwerte dar.

Bei der Darstellung der Verteilung im GUMBEL-Papier erscheinen die Abweichungen der extremen Werte durch die Ordinatenverzerrung vergrößert. Es ist zu beachten, daß daraus auch rechnerisch ein gewichtiger Einfluß dieser Randwerte auf die Lage der Regressionsgeraden folgt.

Die Regressionsgerade $y = \alpha (x - u)$, vgl. (5), durch den Schwerpunkt S ($\bar{x} = 0,3633$; $\bar{y} = 0,53622$) hat die Steigung

$$\alpha = \frac{s_y^*}{s_x^*} = \frac{1,11237}{0,2585} = \underline{\underline{4,303}}$$

Aus dem Ausdruck (6b) für den Mittelwert \bar{x} läßt sich der zweite Parameter u bestimmen

$$\begin{aligned} u &= \bar{x} - \frac{\bar{y}}{\alpha} \\ &= 0,3633 - \frac{0,53622}{4,303} = \underline{\underline{0,2387}} \end{aligned} \quad (12)$$

Für dieses Beispiel lautet die GUMBEL-Verteilung

$$F(x) = e^{-e^{-4,303(x - 0,2387)}}$$

Anmerkung

Hätte man — ohne die Regressionsrechnung — Mittelwert \bar{x} und Standardabweichung s_x der Stichprobe einfach auf die entsprechenden Größen der Grundgesamtheit übertragen, so hätten die Gln (7b, 6b) folgende Parameter ergeben:

$$\alpha = \frac{\pi}{\sqrt{6}} \cdot \frac{1}{s_x} = \frac{\pi}{\sqrt{6}} \cdot \frac{1}{0,2585 \sqrt{\frac{30}{30-1}}} = 4,878$$

$$u = \bar{x} - \frac{y}{\alpha} = 0,3633 - \frac{0,57722}{4,878} = 0,2450$$

Der Rechenwert der Schneelast wäre dann um etwa 8 % zu klein geworden.

3.3.3 95%-Fraktile, charakteristische Schneelast

Ähnlich wie bei den Festigkeiten von Baustoffen wurde in den Erläuterungen zu DIN 1055/5 [2] als rechnerische Schneelast derjenige Grenzwert angesehen, der in 95 % der Winter nicht erreicht oder überschritten wird. Dieser Wert, der auch in den sicherheitstheoretischen Überlegungen von MÜLLER/RACKWITZ [6] empfohlen wird, liegt auch dieser Schneelastermittlung zugrunde. Er besagt, daß im statistischen Durchschnitt in einer Periode von $n = \frac{1}{1 - 0,95} = 20$ Jahren diese Schneelast mindestens einmal auftritt. Diese Rechengröße wird auch charakteristische Schneelast genannt.

Nach Gl. (8b) liegt die 95% - Fraktile der GUMBEL-Verteilung bei

$$x_{95\%} = \frac{2,9702}{\alpha} + u$$

Setzt man für α und u die Ergebnisse der linearen Regression ein, so erhält man den charakteristischen Wert zu

$$x_{95\%} = \bar{x} + (2,9702 - \bar{y}) \frac{s_x^*}{s_y} \quad (13)$$

und speziell für den Stichprobenumfang $n = 30$

$$\begin{aligned}x_{95\%} &= \bar{x} + (2,9702 - 0,53622) \frac{s_x^*}{1,11237} \\ &= \bar{x} + 2,1881 s_x^*\end{aligned}\quad (13a)$$

bzw. für einen Stichprobenumfang $n = 41$

$$\begin{aligned}x_{95\%} &= \bar{x} + (2,9702 - 0,54420) \frac{s_x^*}{1,14358} \\ &= \bar{x} + 2,12141 s_x^*\end{aligned}\quad (13b)$$

Darin ist \bar{x} der Mittelwert der Schneelasten, s_x^* die spezielle Standardabweichung $s_x^* = \sqrt{\overline{x^2} - \bar{x}^2}$

3.4 Einzonung der Stationen

Die charakteristische Schneelast kann auf verschiedene Art mit der auf den Boden umgerechneten Regellast nach gültiger Norm ("Ist"-Wert) verglichen werden. Naheliegender wäre es, z.B. für jede Station das Verhältnis beider Werte auszurechnen. Daraus ließe sich ersehen, ob und wie weit die Normwerte gegenüber der statistischen Wirklichkeit auf der sicheren oder unsicheren Seite liegen.

Hier wurde jedoch ein Weg gewählt, bei dem unabhängig von der gegenwärtigen "Ist"-Einzonung die geografische Verteilung der berichtigten Zonen sichtbar wird. Jede Station wird — auf der Grundlage der Regelschneelasten nach Norm (vgl. S. 1) — neu in eine "Soll"-Zone eingestuft. "Soll"-Zone ist die Zone, in welche die Station eingeordnet werden müßte, damit die Norm

mindestens denselben Rechenwert der Schneelast liefert wie die Statistik für diesen Ort. Der "Soll" / "Ist" - Vergleich reduziert sich dann auf den Vergleich einer neuen "Soll" - Zonenkarte mit der "Ist" - Zonenkarte der Norm.

Im folgenden wird der Vorgang der Neueinzonung erläutert.

3.4.1 Regelschneelasten nach DIN 1055/5, Näherungskurven

Die Neueinzonung geschieht im Prinzip aufgrund der Regelschneelasten der Norm. Diese, in Bild 4 dünn gestrichelt eingetragen, enthalten aber gegenüber den mit Gl. (1) aus den Schneehöhen von CASPAR/KREBS [1] ermittelten Ausgangswerten Zahlenrundungen und feste Sockelbeträge, so daß danach nicht immer eindeutig eingezont werden könnte. Für die Auswertung wurde deshalb auf die Ausgangsdaten zurückgegriffen, die im Bild 4 durch schwarze Kreise und Kreuze gekennzeichnet sind.

Da die geografische Höhe der Stationen bis auf 1652 m (Kreuzeckhaus) reicht, müssen die vier Regellastkurven bis in diese Höhen brauchbare Werte liefern, wogegen die Norm bei 1000 m endet. Es wurde jeweils ein Polynom 7. Grades angesetzt, die Koeffizienten wurden durch Regressionsrechnung bestimmt. Um im ganzen Bereich "vernünftige" Kurven zu erhalten, wurden bei der Regression zusätzlich einige sinnvoll gewählte Außenpunkte eingeführt (vgl. Bild 4).

3.4.2 Interpolationsfunktion

Ausgehend von der geografischen Höhe der betrachteten Station lassen sich mit den Polynomen 7. Grades die Regelschneelasten für die vier Zonengrenzen errechnen. Die charakteristische Schneelast des Ortes wird irgendwo zwischen diesen vier Punkten,

Regelschnee-
last s_o
auf dem Dach
kN/m²

Bild 4: Regelschneelasten auf dem Dach

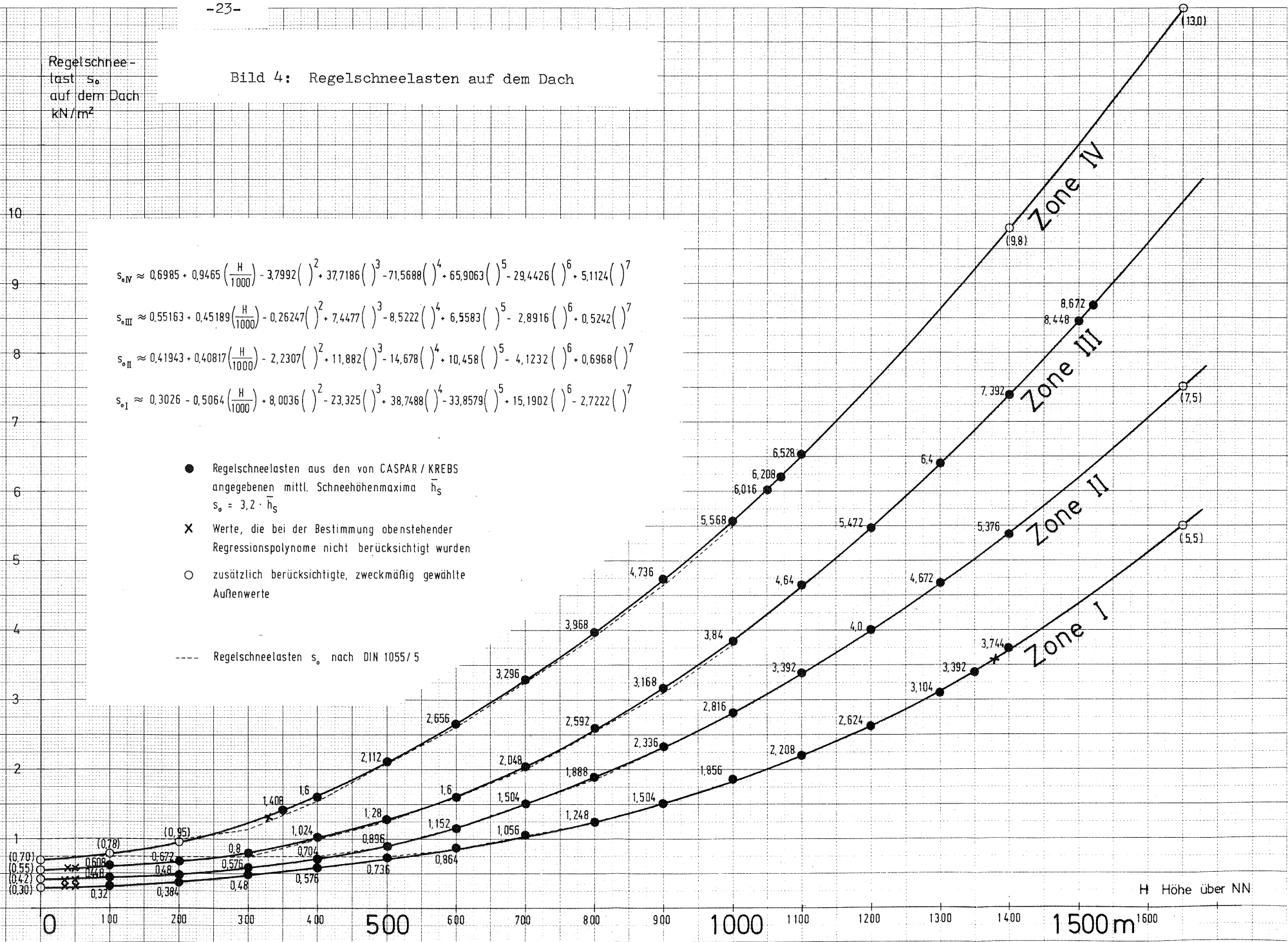
$$s_{oIV} \approx 0,6985 + 0,9465 \left(\frac{H}{1000}\right) - 3,7992 \left(\frac{H}{1000}\right)^2 + 37,7186 \left(\frac{H}{1000}\right)^3 - 71,5688 \left(\frac{H}{1000}\right)^4 - 65,9063 \left(\frac{H}{1000}\right)^5 - 29,4426 \left(\frac{H}{1000}\right)^6 + 5,1124 \left(\frac{H}{1000}\right)^7$$

$$s_{oIII} \approx 0,55163 + 0,45189 \left(\frac{H}{1000}\right) - 0,26247 \left(\frac{H}{1000}\right)^2 + 7,4477 \left(\frac{H}{1000}\right)^3 - 8,5222 \left(\frac{H}{1000}\right)^4 + 6,5583 \left(\frac{H}{1000}\right)^5 - 2,8916 \left(\frac{H}{1000}\right)^6 + 0,5242 \left(\frac{H}{1000}\right)^7$$

$$s_{oII} \approx 0,41943 + 0,40817 \left(\frac{H}{1000}\right) - 2,2307 \left(\frac{H}{1000}\right)^2 + 11,882 \left(\frac{H}{1000}\right)^3 - 14,678 \left(\frac{H}{1000}\right)^4 + 10,458 \left(\frac{H}{1000}\right)^5 - 4,1232 \left(\frac{H}{1000}\right)^6 + 0,6968 \left(\frac{H}{1000}\right)^7$$

$$s_{oI} \approx 0,3026 + 0,5064 \left(\frac{H}{1000}\right) + 8,0036 \left(\frac{H}{1000}\right)^2 - 23,325 \left(\frac{H}{1000}\right)^3 + 38,7488 \left(\frac{H}{1000}\right)^4 - 33,8579 \left(\frac{H}{1000}\right)^5 + 15,1902 \left(\frac{H}{1000}\right)^6 - 2,7222 \left(\frac{H}{1000}\right)^7$$

- Regelschneelasten aus den von CASPAR / KREBS angegebenen mittl. Schneehöhenmaxima \bar{h}_S
 $s_o = 3,2 \cdot \bar{h}_S$
- X Werte, die bei der Bestimmung obenstehender Regressionspolynome nicht berücksichtigt wurden
- zusätzlich berücksichtigte, zweckmäßig gewählte Außenwerte
- Regelschneelasten s_o nach DIN 1055/5



gelegentlich aber auch außerhalb liegen. Für eine genauere Einzonung (Bestimmung der Zone auf zwei Dezimalstellen) benötigt man eine Interpolationsvorschrift. Vorher müssen aber die vier Regellastwerte, die zunächst Schneelasten auf dem Dach sind, mit dem Faktor $1/0,8$ auf den Boden umgerechnet werden, denn die charakteristische Schneelast gilt für den Boden. Als Interpolationsvorschrift könnte man einfach zwischen den vier umgerechneten Regellasten linear interpolieren, in der Darstellung des Bildes 5 würde dies einen mehrfach geknickten Linienzug bedeuten. Statt dessen wurde eine stetigere Kurve benützt: Die Koeffizienten eines Polynoms 4. Grades werden so bestimmt, daß die Kurve durch die vier gewünschten Punkte x_1 bis x_4 (bzw. s_{0I} bis s_{0IV}) geht und außerdem bei x_4 die gleiche Endtangente hat wie eine durch die drei letzten Punkte x_2, x_3, x_4 gelegte quadratische Parabel. Die genannte Endtangente wird für eine eventuelle Extrapolation über x_4 hinaus benützt. Zwischen dem unteren Endpunkt bei x_1 und dem gedachten Außenpunkt 0 (Schneelast $x_0 = 0$; Zone $z = 0$) wird linear interpoliert.

Die gewählte Interpolationsvorschrift führt in allen Höhen zu eindeutigen und immer positiven Zonenergebnissen. Zwischen den vier vorgegebenen Regelwerten verläuft die Kurve stetig.

Bild 5 veranschaulicht das Verfahren am Beispiel der Station 1001 AACH KREIS KONSTANZ:

Die mit dem DWD-Schneelastfaktor errechnete charakteristische Schneelast ist $x_{95\%} = 0,9289 \text{ kN/m}^2$. Die auf den Boden umgerechneten Regelwerte sind:

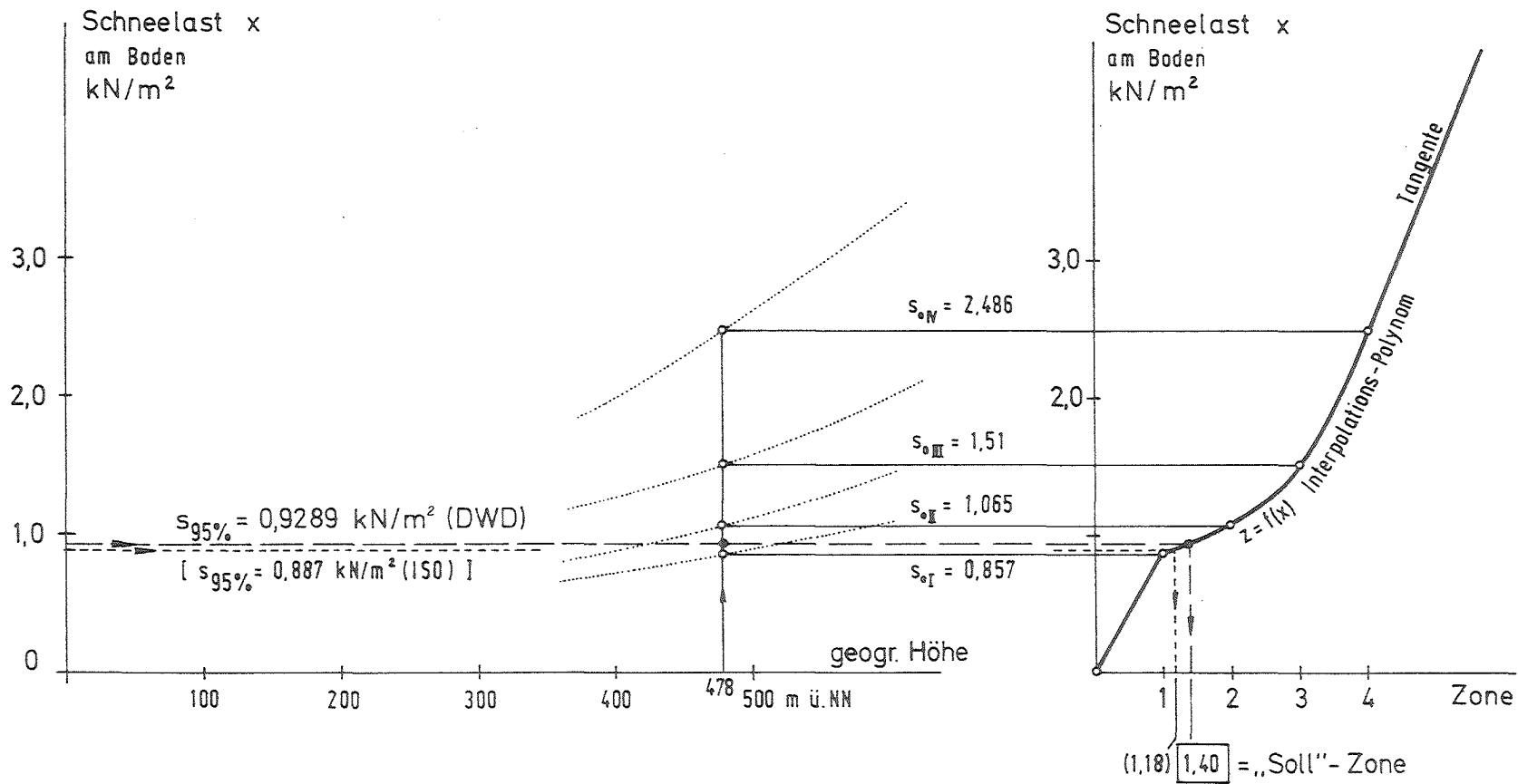


Bild 5: Einzonung mit Interpolationsfunktion (Beispiel Station AACH KR.KONSTANZ 478 m ü.NN)

Zone I	$s_{oI, \text{Boden}}$	=	0,8568	kN/m^2	=	x_1
Zone II	$s_{oII, \text{Boden}}$	=	1,0651	kN/m^2	=	x_2
Zone III	$s_{oIII, \text{Boden}}$	=	1,5104	kN/m^2	=	x_3
Zone IV	$s_{oIV, \text{Boden}}$	=	2,4858	kN/m^2	=	x_4

Die charakteristische Schneelast liegt hier also zwischen den Schneezonen 1,0 und 2,0 ; mit Hilfe des Interpolationspolynoms findet man genauer: "Soll"-Zone = 1,40.

Hätte man die charakteristische Schneelast statt mit der Lastfaktorfunktion des DWD mit der der ISO berechnet, so hätte man $0,887 \text{ kN/m}^2$ erhalten und — wie in Bild 5 mit eingezeichnet — als "Soll"-Zone 1,18. Man erkennt an diesem Beispiel, daß in manchen Bereichen kleine Veränderungen der charakteristischen Schneelast die "Soll"-Zone erheblich beeinflussen.

3.4.3 Zahlenbeispiel

Um die Auswertung nachvollziehbar zu machen, sei hier die Zahlenrechnung für die erste Station dargestellt. Die gemessenen Schneehöhen gelten für den Boden.

Stat.Nr. DWD-Nr. PLZ
 1001 [70 191] 7291 AACH KR.KONSTANZ Bad.-Württ.
 Koordinaten Breite 47° 51'
 Länge 8° 51'
 Höhenlage 478 m ü.NN
 nach DIN 1055/5 - Zonenkarte: Schneezone (IST) = 1

max.Schnee- höhen h_s cm	Schneelast- faktor(DWD) γ kN/m ³	Schnee- last $x = h_s \cdot \gamma$ kN/m ²	x^2	Wahr- schein- lichk.	$y = -\ln(-\ln WS)$	y^2	
10	5	1,661	0,083	0,00690	1/31= 0,0323	- 1,2337	1,5221
24	7	1,685	0,118	0,01392	2/31= 0,0645	- 1,0083	1,0166
24	8	1,697	0,136	0,01843	0,0968	- 0,8482	0,7194
24	8	"	"	"	0,1290	- 0,7167	0,5137
44	9	1,709	0,154	0,02365	0,1613	- 0,6013	0,3616
62	10	1,720	0,172	0,02960	0,1935	- 0,4961	0,2461
22	10	"	"	"	0,2258	- 0,3975	0,1580
20	10	"	"	"	0,2581	- 0,3035	0,0921
12	11	1,732	0,191	0,03629	0,2903	- 0,2125	0,0452
18	12	1,743	0,209	0,04376	0,3226	- 0,1235	0,0152
8	12	"	"	"	0,3548	- 0,0355	0,0013
5	14	1,766	0,247	0,06109	0,3871	0,0523	0,0027
14	15	1,777	0,266	0,07101	0,4194	0,1404	0,0197
30	17	1,798	0,306	0,09344	0,4516	0,2295	0,0527
17	18	1,809	0,326	0,10600	0,4839	0,3203	0,1026
24	19	1,819	0,346	0,11949	0,5161	0,4134	0,1709
10	20	1,830	0,366	0,13392	0,5484	0,5095	0,2596
11	20	"	"	"	0,5806	0,6095	0,3715
10	20	"	"	"	0,6129	0,7143	0,5102
19	20	"	"	"	0,6452	0,8250	0,6805
20	22	1,850	0,407	0,16571	0,6774	0,9430	0,8892
8	23	1,861	0,428	0,18311	0,7097	1,0702	1,1453
9	24	1,871	0,449	0,20154	0,7419	1,2090	1,4617
20	24	"	"	"	0,7742	1,3628	1,8573
23	24	"	"	"	0,8065	1,5366	2,3611
7	24	"	"	"	0,8387	1,7379	3,0203
12	30	1,929	0,579	0,33492	0,8710	1,9794	3,9181
20	36	1,985	0,715	0,51057	0,9032	2,2849	5,2208
15	44	2,056	0,904	0,81806	0,9355	2,7077	7,3315
36	62	2,204	1,366	1,86648	0,9677	3,4176	11,6802

$\sum x_i = 10,900$ $\sum x_i^2 = 5,96566$ $\sum y_i = 16,0866$ $\sum y_i^2 = 45,7472$

Der Schneelastfaktor wird nach Gl. (3) berechnet. Die Tabelle liefert die Summe der Schneelasten x_i , deren Quadrate, die der reduzierten Wahrscheinlichkeiten y_i und auch deren Quadrate, so daß die charakteristische Schneelast berechnet werden kann.

Mittelwerte:

$$\bar{x} = \frac{\sum x_i}{30} = \underline{0,3633} \text{ kN/m}^2 \quad \bar{y} = \frac{\sum y_i}{30} = \underline{0,53622}$$

Spez. Standardabweichungen:

$$\begin{aligned} s_x^* &= \sqrt{\frac{\sum x_i^2 - \frac{1}{n}(\sum x_i)^2}{n}} & s_y^* &= \sqrt{\frac{\sum y_i^2 - \frac{1}{n}(\sum y_i)^2}{n}} \\ &= \sqrt{\frac{5,96566 - \frac{1}{30} \cdot 10,9^2}{30}} & &= \sqrt{\frac{45,7472 - \frac{1}{30} \cdot 16,0866^2}{30}} \\ &= \underline{0,2585} \text{ kN/m}^2 & &= \underline{1,11237} \end{aligned}$$

Spez. Variationskoeffizient:

$$v^* = \frac{s_x^*}{\bar{x}} = \frac{0,2585}{0,3633} = \underline{0,7115}$$

Charakterist. Schneelast (am Boden) nach Gl. (13)

$$\begin{aligned} s_{95\%} &= \bar{x} + (2,9702 - \bar{y}) \frac{s_x^*}{s_y^*} \\ &= 0,3633 + (2,9702 - 0,53622) \frac{0,2585}{1,11237} \\ &= 0,9289 \text{ kN/m}^2 \\ &===== \end{aligned}$$

Einzonung der Station AACH

Durch Auswerten der in Bild 4 angeschriebenen Polynome 7. Grades für die geogr. Höhe der Station AACH ($H = 478$ m) erhält man die vier Regellasten:

$$\begin{aligned}x_1 &= 0,3026 - 0,5064 \left(\frac{478}{1000}\right) + 8,0036 \left(\frac{478}{1000}\right)^2 - \dots \\ &\dots - 2,7222 \left(\frac{478}{1000}\right)^7 \\ &= 0,6854 \text{ kN/m}^2 \text{ Dach} \\ x_2 &= 0,8520 \text{ kN/m}^2 \text{ Dach} \\ x_3 &= 1,2083 \text{ kN/m}^2 \text{ Dach} \\ x_4 &= 1,9887 \text{ kN/m}^2 \text{ Dach}\end{aligned}$$

Die Regellasten gelten für den Schnee auf dem Dach und sind mit dem Faktor $1/0,8$ auf den Boden umzurechnen (vgl.S. 26)

$$\begin{aligned}s_{oI} &= \frac{0,6854}{0,8} = 0,8568 \text{ kN/m}^2 \text{ Boden} \\ s_{oII} &= \frac{0,8520}{0,8} = 1,0651 \text{ kN/m}^2 \text{ Boden} \\ s_{oIII} &= \frac{1,2083}{0,8} = 1,5104 \text{ kN/m}^2 \text{ Boden} \\ s_{oIV} &= \frac{1,9887}{0,8} = 2,4858 \text{ kN/m}^2 \text{ Boden}\end{aligned}$$

Das Interpolationspolynom für die Zonenbestimmung hat die Form

$$z = c_1 + c_2 \cdot s_{95\%} + c_3 \cdot s_{95\%}^2 + c_4 \cdot s_{95\%}^3 + c_5 \cdot s_{95\%}^4$$

...

Die Koeffizienten c_i müssen folgendem linearen Gleichungssystem genügen:

$$c_1 + s_{0I} \cdot c_2 + s_{0I}^2 \cdot c_3 + s_{0I}^3 \cdot c_4 + s_{0I}^4 \cdot c_5 = 1$$

$$c_1 + s_{0II} \cdot c_2 + s_{0II}^2 \cdot c_3 + s_{0II}^3 \cdot c_4 + s_{0II}^4 \cdot c_5 = 2$$

$$c_1 + s_{0III} \cdot c_2 + s_{0III}^2 \cdot c_3 + s_{0III}^3 \cdot c_4 + s_{0III}^4 \cdot c_5 = 3$$

$$c_1 + s_{0IV} \cdot c_2 + s_{0IV}^2 \cdot c_3 + s_{0IV}^3 \cdot c_4 + s_{0IV}^4 \cdot c_5 = 4$$

$$c_2 + 2s_{0IV} \cdot c_3 + 3s_{0IV}^2 \cdot c_4 + 4s_{0IV}^3 \cdot c_5 =$$

$$= \frac{2}{s_{0II} - 4s_{0III} + 3s_{0IV}} \quad (= \tan \varphi)$$

$$c_1 + 0,8568 c_2 + 0,7341 c_3 + 0,629 c_4 + 0,5389 c_5 = 1$$

$$c_1 + 1,0651 c_2 + 1,1344 c_3 + 1,2082 c_4 + 1,2868 c_5 = 2$$

$$c_1 + 1,5104 c_2 + 2,2813 c_3 + 3,4457 c_4 + 5,2043 c_5 = 3$$

$$c_1 + 2,4858 c_2 + 6,1793 c_3 + 15,3606 c_4 + 38,1838 c_5 = 4$$

$$c_2 + 4,9716 c_3 + 18,5379 c_4 + 61,4426 c_5 = 0,80615$$

Lösungen: $c_1 = - 12,2678$

$$c_2 = 28,9845$$

$$c_3 = - 21,1602$$

$$c_4 = 7,0588$$

$$c_5 = - 0,8761$$

Wird das somit bekannte Interpolationspolynom für die charakteristische Schneelast $s_{95\%} = 0,9289 \text{ kN/m}^2$ ausgewertet, so erhält man die "Soll"-Schneezone für die Station AACH KR. KONSTANZ:

$$\begin{aligned} z &= -12,2678 + 28,9845 \cdot 0,9289 - 21,1602 \cdot 0,9289^2 + \\ &\quad + 7,0588 \cdot 0,9289^3 - 0,8761 \cdot 0,9289^4 \\ z &= \underline{\underline{1,40}} \quad \text{"Soll" - Zone (vgl. auch Bild 5)} \end{aligned}$$

3.4.4 Ergebnis, neue Zonenkarte

Die folgende Seite gibt den Anfang des Ergebnis-Ausdrucks wieder. "Schneelast Mittelwert x " bezeichnet das Mittel der dreißig Schneelasten, die aus den Schneehöhenmaxima errechnet wurden. Die ausgedruckte Standardabweichung dieser Schneelastwerte ist — wie im Tabellenkopf erkennbar — die mit s_x^* bezeichnete Größe nach Gl. (9), v der daraus berechnete Variationskoeffizient. Neben der charakteristischen Schneelast $s_{95\%}$ ist schließlich die "Soll" - Zone auf zwei Stellen genau angegeben.

AUSWERTUNG MAXIMALER SCHNEELASTEN

n = 30 Jahre

Lastfaktor nach DWD

sx*

1001 [70191]	7291 AACH KR.KONSTANZ	BADEN-WUERTT.	KOORD. Br 47'51' Lg 8'51'	478 m NN	Schneelast Mittelw. x= 0.363 kN/m ² s= 0.259 v=0.71	Char.Schneelast s95= 0.929 kN/m ²	Schneezone(IST) = 1 Schneez.(SOLL)= 1.40
1002 [90147]	7481 ABLACH	BADEN-WUERTT.	KOORD. Br 48' 2' Lg 9'15'	610 m NN	Schneelast Mittelw. x= 0.449 kN/m ² s= 0.288 v=0.64	Char.Schneelast s95= 1.079 kN/m ²	Schneezone(IST) = 1 Schneez.(SOLL)= 0.98
1003 [71524]	7091 ADELMANNSFELDEN	BADEN-WUERTT.	KOORD. Br 48'57' Lg 10' 0'	470 m NN	Schneelast Mittelw. x= 0.688 kN/m ² s= 0.417 v=0.61	Char.Schneelast s95= 1.601 kN/m ²	Schneezone(IST) = 3 Schneez.(SOLL)= 3.14
1004 [71645]	6962 ADELSHEIM	BADEN-WUERTT.	KOORD. Br 49'24' Lg 9'24'	235 m NN	Schneelast Mittelw. x= 0.369 kN/m ² s= 0.281 v=0.76	Char.Schneelast s95= 0.984 kN/m ²	Schneezone(IST) = 3 Schneez.(SOLL)= 3.21
1005 [71643]	6968 ALTHEIM	BADEN-WUERTT.	KOORD. Br 49'31' Lg 9'26'	320 m NN	Schneelast Mittelw. x= 0.455 kN/m ² s= 0.325 v=0.72	Char.Schneelast s95= 1.167 kN/m ²	Schneezone(IST) = 3 Schneez.(SOLL)= 3.13
1006 [70545]	7570 BADEN-BADEN	BADEN-WUERTT.	KOORD. Br 48'46' Lg 8'15'	280 m NN	Schneelast Mittelw. x= 0.349 kN/m ² s= 0.254 v=0.73	Char.Schneelast s95= 0.906 kN/m ²	Schneezone(IST) = 2 Schneez.(SOLL)= 2.88
1007 [70277]	7847 BADENWEILER	BADEN-WUERTT.	KOORD. Br 47'48' Lg 7'40'	412 m NN	Schneelast Mittelw. x= 0.413 kN/m ² s= 0.217 v=0.53	Char.Schneelast s95= 0.888 kN/m ²	Schneezone(IST) = 2 Schneez.(SOLL)= 1.92
1008 [71043]	7460 BALINGEN-HESELWANGEN	BADEN-WUERTT.	KOORD. Br 48'17' Lg 8'52'	571 m NN	Schneelast Mittelw. x= 0.370 kN/m ² s= 0.249 v=0.67	Char.Schneelast s95= 0.915 kN/m ²	Schneezone(IST) = 1 Schneez.(SOLL)= 0.90
1009 [71633]	6961 BALLEMBERG	BADEN-WUERTT.	KOORD. Br 49'24' Lg 9'33'	290 m NN	Schneelast Mittelw. x= 0.379 kN/m ² s= 0.280 v=0.74	Char.Schneelast s95= 0.992 kN/m ²	Schneezone(IST) = 3 Schneez.(SOLL)= 3.00
1010 [71710]	6951 BALSACH	BADEN-WUERTT.	KOORD. Br 49'29' Lg 9'10'	490 m NN	Schneelast Mittelw. x= 0.660 kN/m ² s= 0.403 v=0.61	Char.Schneelast s95= 1.540 kN/m ²	Schneezone(IST) = 3 Schneez.(SOLL)= 2.98
1011 [71763]	6901 BAMMENTAL	BADEN-WUERTT.	KOORD. Br 49'21' Lg 8'47'	131 m NN	Schneelast Mittelw. x= 0.318 kN/m ² s= 0.239 v=0.75	Char.Schneelast s95= 0.842 kN/m ²	Schneezone(IST) = 3 Schneez.(SOLL)= 3.28

Aufgrund der ausgedruckten Ergebnisse wurden alle 1821 Stationen in eine Karte der Bundesrepublik eingezeichnet (Anlage 1) und mit der jeweiligen "Soll" - Zone beschriftet. Schließlich wurden die Stationen gleicher Einzonung zu Gebieten zusammengefaßt, wobei folgende Zuordnung gilt:

"Soll" - Zone			
0	...	1,0	= Zone I
1,01	...	2,0	= Zone II
2,01	...	3,0	= Zone III
3,01	...	4,0	= Zone IV
≅ 4,01			= Zone V

Die so entwickelte "Soll" - Schneezonenkarte zeigt Bild 5 . Manchmal sind die Einzonungen benachbarter Stationen sehr unregelmäßig. Bei der Zusammenfassung zu Zonengebieten kann nicht jede Station exakt berücksichtigt werden, sinnvolle Ergebnisse erhält man nur bei einer gewissen Großzügigkeit, die aber angesichts der zufallsbehafteten Ausgangswerte durchaus berechtigt ist. In einigen Regionen West- und Norddeutschlands ist das Stationennetz sehr weitmaschig, so daß der Verlauf der Zonenabgrenzungen dort etwas unsicher bleibt.

Vergleicht man Bild 5 mit der Schneezonenkarte der Norm (die gleichen Maßstab hat), so fällt trotz großräumig ähnlicher Tendenz folgendes auf:

- .) Die "Soll" - Zonen sind viel kleinteiliger; offenbar sind die Regellasten zu fein differenziert.
- .) In mehreren Gebieten tritt Zone V auf (Schleswig-Holstein, Harz, Frankenwald, Bayer.Wald, Alpenrand),

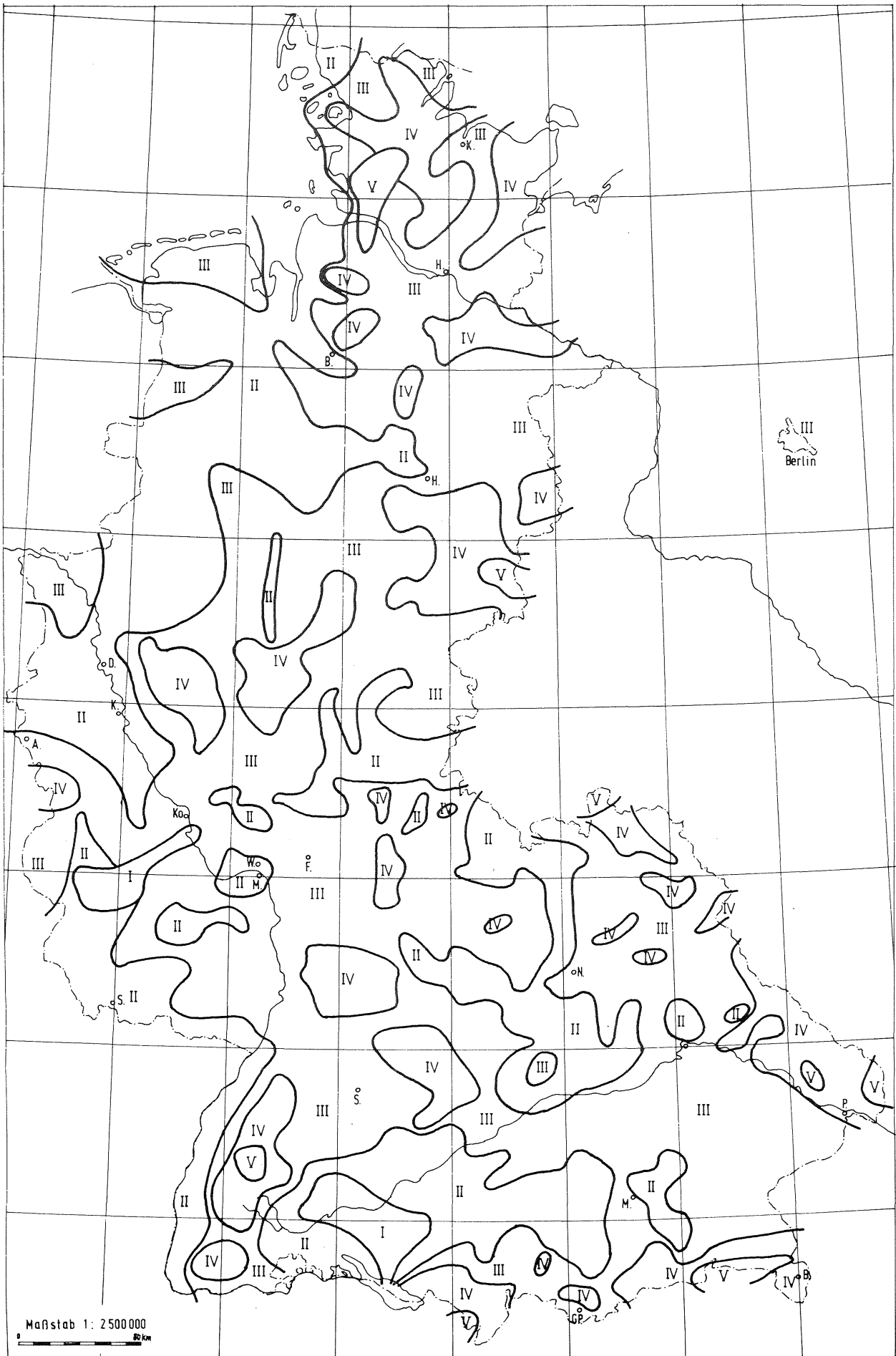


Bild 5 Soll - Schneezonen

während die bisherige Zonenkarte höchstens Zone IV erreichte. Bei einigen Stationen ergibt sich nach der Extrapolationsvorschrift (vgl. S. 24) die "Soll" - Zone sogar über 5,0.

- .) Die Zone I ist auf zwei kleine Bereiche (Moseltal, nördl. Bodenseevorland) zusammengeschrumpft.
- .) An einigen Stellen werden Zonen übersprungen (z.B. Mosel: I grenzt an III oder Schleswig-Holstein: III grenzt an V)

Generell müßten die meisten Gebiete um eine, manche sogar um zwei Zonen höher eingestuft werden ! Die Rechenlasten nach Norm liegen überwiegend unter der statistisch alle 20 Jahre zu erwartenden Schneelast.

Das Ergebnis wurde auch in einem Diagramm dargestellt (Bild 6). Für jede Station ist die charakteristische Bodenschneelast über ihrer geografischen Höhenlage aufgetragen. Der entstandene Punkthaufen zeigt zwar für niedrige Höhen bis etwa 300 m ü.NN ein relativ geschlossenes Band mit ansteigender Tendenz. Für größere Höhen fächert der Punkthaufen so weit auf, daß kaum noch ein funktionaler Zusammenhang zwischen charakteristischer Schneelast und geografischer Höhe feststellbar ist. Der Verlauf der ebenfalls eingetragenen Regellastkurven erscheint ab etwa 300 m ü.NN recht willkürlich.

Die bisher zu niedrige Einzonung der meisten Stationen wird am oberen Rand erkennbar, wo überraschend viele Punkte über den Regellasten der Zone IV liegen, also auch bei Einstufung in die bisher höchste Zone IV noch zu geringe Rechenwerte haben.

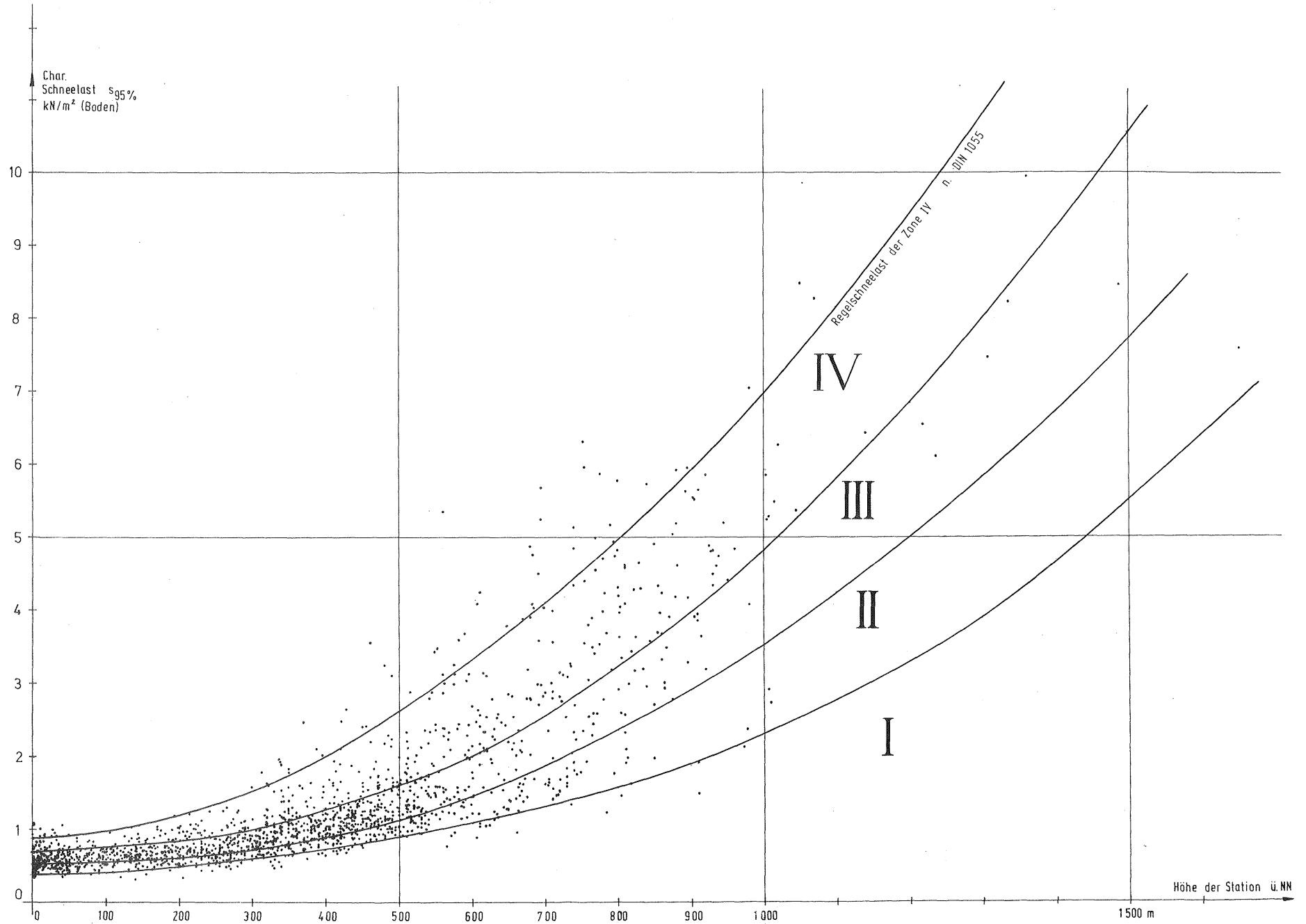


Bild 6: Charakter.Schneelasten am Boden für 1821 Meßstationen
Mit eingezeichnet sind die auf den Boden umgerechneten Regelschneelasten der Zonenabgrenzung nach DIN 1055/5, Tabelle 2

Im norddeutschen Flachland und in Schleswig-Holstein steigen die "Soll" - Zonen bis IV und V an. Betrachtet man das Diagramm Bild 6, so erkennt man, daß hier nicht etwa extrem hohe Schneelasten auftreten, sondern lediglich die Regellastkurven sehr eng zusammenlaufen. Charakteristische Schneelasten bis $0,75/0,8 = 0,9375 \text{ kN/m}^2$ (Boden) sind noch durch den ersten Mindestwert der Norm abgedeckt, liefern aber in Meereshöhe schon "Soll" - Zonen von IV und V. Die bisher gültigen Mindestwerte von $0,75$ (bzw. $1,00$) kN/m^2 Dach decken alle Stationen bis 200 m ü.NN voll ab.

Das Diagramm bestätigt im übrigen die "Soll" - Zonenkarte darin, daß nur wenige Stationen in Zone I verbleiben.

3.5 F o l g e r u n g e n f ü r d i e N o r m

Die Absicht, die Regellastentabelle der Norm unverändert zu lassen und die Anpassung der Rechenwerte an die statistischen Einzelergebnisse lediglich über die neue Einzonung zu erreichen, führt zu einer unbefriedigenden, weil wenig praktikablen Zonenkarte. Die Verbesserung muß deshalb schon einen Schritt vorher bei der Regellastentabelle ansetzen.

3.5.1 Mängel der Regellastentabelle, Variationskoeffizient

Wie Bild 6 zeigt, liefern die Regellastkurven der Norm bei größeren Höhenlagen keine zweckmäßige Einteilung der Stationen in Schneezonen (vgl. Punkthaufen Bild 6). Offenbar streuen die jährlichen Schneelastmaxima oft viel mehr als es mit dem der Norm zugrundegelegten Variationskoeffizienten $V = 0,45$ erfaßt wird. Schon durch die Anwendung einer ansteigenden Schneelastfaktor-Funktion bei der Umrechnung streuender Schneehöhen

in Schneelasten wird die Streuung größer. Größere Streuung bedeutet höhere charakteristische Schneelast. Die Punkte in Bild 6 wandern nach oben, von den Regellastkurven weg. Auf der folgenden Seite sind die Stationen mit den größten und den

kleinsten Variationskoeffizienten $V = \frac{s_x^*}{\bar{x}}$ zusammengestellt. Die

großen Variationskoeffizienten bis maximal $V = 1,49$ ergeben sich i.a. für Stationen im norddeutschen Flachland mit durchschnittlich wenig Schnee (maritimes Klima), wo aber doch vereinzelt sehr hohe Schneelasten anzutreffen sind. Mit sehr gleichmäßigen Schneelasten ist dagegen im bayerischen Alpenland (kontinentales Klima) zu rechnen; dort geht der Variationskoeffizient bis auf 0,29 zurück.

3.5.2 Genauigkeitsgrenzen

Die exakte elektronische Auswertung darf nicht den Blick für die vielfältigen Unsicherheiten trüben, die den Ergebnissen anhaften: Mögliche Meßfehler gerade bei den extremen Schneehöhen wirken sich stark auf die charakteristische Schneelast aus. Die verwendete Schneelastfaktor-Funktion des DWD gilt nur "im Mittel", genaugenommen ist das Verhältnis von Schneelast zu Schneehöhe für jede Station ein anderes und ist außerdem selbst wieder eine streuende Größe. In der Voraussetzung der Extremwertverteilung nach GUMBEL liegt ebenso eine Unsicherheit wie in der Bestimmung der Parameter. Schließlich zeigt die Auswertung längerer Meßreihen (vgl. Abschnitt 4), daß vor allem im Flachland eine Beobachtungszeit von 30 Jahren nicht immer ausreicht, um die Extremwerte der weit streuenden Schneehöhenmaxima ausreichend zu erfassen.

AUSWERTUNG MAXIMALER SCHNEELASTEN

n = 30 Jahre

Lastfaktor nach DWD

sx*

8048	[30312]	2223	MELDORF	SCHLESW.-HOLST.	2 m	NN	v= 1.49
4050	[74351]	6000	FRANKFURT-ESCH. (STADT)	HESSEN	125 m	NN	v= 1.32
8042	[30108]	2251	LANGENESS	SCHLESW.-HOLST.	6 m	NN	v= 1.18
2079	[73535]	8711	CASTELL	BAYERN	405 m	NN	v= 1.16
8053	[30136]	2251	NORDSTRAND-ENGLAND	SCHLESW.-HOLST.	5 m	NN	v= 1.16
2627	[0]	8781	THUENGEN	(A) BAYERN	200 m	NN	v= 1.12
5111	[56155]	2149	HEPSTEDT	NIEDERS.+HB+HH	28 m	NN	v= 1.11
8015	[27116]	2435	DAHME	SCHLESW.-HOLST.	0 m	NN	v= 1.10
5275	[32103]	2946	WANGEROOGE	NIEDERS.+HB+HH	6 m	NN	v= 1.08
6019	[33164]	4290	BOCHOLT (MARIENSCHULE)	NORDRH.-WESTF.	25 m	NN	v= 1.08
7102	[75365]	6551	WOLFSHEIM	RHEINL.PF.+SAAR	222 m	NN	v= 1.08
1207	[70719]	6831	WACHAEUSEL	BADEN-WUERTT.	106 m	NN	v= 1.07
5168	[31046]	2179	NEUHAUS /OSTE	NIEDERS.+HB+HH	3 m	NN	v= 1.07
7071	[72249]	6504	OPPENHEIM	RHEINL.PF.+SAAR	140 m	NN	v= 1.07
8012	[30325]	2212	BRUNSBUETTEL	SCHLESW.-HOLST.	2 m	NN	v= 1.05
8075	[27237]	2301	STDHL	SCHLESW.-HOLST.	32 m	NN	v= 1.05
8005	[30363]	2211	BESDORF	SCHLESW.-HOLST.	16 m	NN	v= 1.03
2023	[90723]	8831	AUERNHEIM	BAYERN	631 m	NN	v= 1.02
7006	[77801]	5470	ANDERNACH	RHEINL.PF.+SAAR	62 m	NN	v= 1.02
6115	[33145]	4231	RINGENBERG	NORDRH.-WESTF.	20 m	NN	v= 1.01
8067	[27250]	2341	SCHLEIMUENDE	SCHLESW.-HOLST.	3 m	NN	v= 1.00
•							•
•							•
•							•
2110	[92035]	8100	ECKBAUER	BAYERN	1236 m	NN	v= 0.35
2142	[92007]	8171	FALL	BAYERN	770 m	NN	v= 0.35
2200	[91311]	8371	GROSSER FALKENSTEIN(WST)	BAYERN	1307 m	NN	v= 0.35
2276	[92037]	8951	KALTENBRUNN	BAYERN	860 m	NN	v= 0.35
2658	[92006]	8171	VORDERRISS	BAYERN	803 m	NN	v= 0.35
2047	[90215]	8980	BIRGSAU	BAYERN	950 m	NN	v= 0.34
2193	[92027]	8104	GRAINAU	BAYERN	760 m	NN	v= 0.34
2438	[92531]	8240	OBERSALZBERG	BAYERN	930 m	NN	v= 0.34
2301	[92032]	8100	KREUZECKHAUS	BAYERN	1652 m	NN	v= 0.33
2508	[92406]	8216	REIT IM WINKEL	BAYERN	695 m	NN	v= 0.32
2650	[92304]	8162	VALLEPP	BAYERN	910 m	NN	v= 0.32
2178	[92323]	8641	GLASHUETTE	BAYERN	895 m	NN	v= 0.31
2521	[90223]	8982	ROHRMOOS	BAYERN	1070 m	NN	v= 0.31
2394	[92541]	8243	NEUE TRAUNSTEINER HUETTE	BAYERN	1560 m	NN	v= 0.30
2031	[70101]	8981	BALDERSCHWANG	BAYERN	1050 m	NN	v= 0.29
2121	[92026]	8104	EIBSEE	BAYERN	1010 m	NN	v= 0.29
2578	[92302]	8973	SCHWARZENKOPFHUETTE	BAYERN	1336 m	NN	v= 0.29

Diesen Überlegungen, die eine immer weitergehende Verfeinerung und Spezialisierung verlangen würden, steht die berechnete Forderung der Praxis nach einer leicht verständlichen und einfach anzuwendenden Vorschrift gegenüber. Die Ausarbeitung der "Soll" - Zonenkarte machte deutlich, daß eine zu feine Abstufung der Zonen höchstens zu einer scheinbaren Genauigkeitserhöhung führt, die Abgrenzungsschwierigkeiten aber vervielfacht. Mehr als vier Schneezonen sollten mit Rücksicht auf die praktische Handhabung keinesfalls vorgesehen werden.

Angesichts der in den ausgewerteten Ergebnissen enthaltenen Unsicherheiten und der Lückenhaftigkeit des Stationennetzes in manchen Regionen können die Abgrenzungslinien der Schneezonengebiete nur als ziemlich grobe Hilfe für den Ingenieur angesehen werden. Für die Umsetzung auf Verwaltungsgrenzen — die sich übrigens auch ändern — fehlt die Grundlage. Besser als eine solche, der Sachlage nicht gerecht werdende Verwaltungsregelung wäre es, dem Ingenieur bei nicht eindeutiger Zonenzuordnung wieder einen sachgerechten Entscheidungsspielraum einzuräumen. Er kann solche Zweifelsfälle aus der näheren Kenntnis der topografischen Lage und Orientierung, der Nachbarbebauung, eventueller Schadensfolgen u.a.m. sachgerecht entscheiden. Die französischen Vorschriften N.V. 65 [8] enthalten z.B. eine einfache Übergangsregelung für einen Streifen beidseits der Zonenbegrenzungen.

3.6 Vereinfachungsmöglichkeiten, Vorschlag

Beschränkt man sich auf vier Schneezonen, so muß die Regel-
lastkurve der Zone IV in Bild 6 so angehoben werden, daß
alle Stationen — außer einigen besonders zu regelnden Fällen

wie z.B. Schluff im Harz — auf der sicheren Seite, d.h. darunter liegen. Da der in den Regellastkurven enthaltene funktionale Zusammenhang im oberen Bereich durch die Punktwolke nicht mehr bestätigt wird, könnten die Kurven durch Geraden ersetzt werden, was die Anwendung erleichtert und den Vorschriften anderer Länder entspricht (vgl. LUNGU [7] , S.354). Schließlich ist eine Zonendifferenzierung im unteren Bereich, wo ohnehin die Sockelbeträge maßgebend sind, nicht nötig.

Für die Regelschneelasten wird anstelle der Normtabelle (vgl. S. 1) folgende Tabelle vorgeschlagen:

V o r s c h l a g

Regelschneelasten in kN/m^2 (auf dem Dach)

Höhe des Bauortes über NN m	Schneelastzone			
	I	II	III	IV
200	0,75	1,00	(1,00)	(1,00)
300	0,90	1,30	1,50	1,75
400	1,05	1,60	2,00	2,50
500	1,20	1,90	2,50	3,25
600	1,35	2,20	3,00	4,00
700	1,50	2,50	3,50	4,75
800	1,65	2,80	4,00	5,50
900	1,80	3,10	4,50	6,25
1000	1,95	3,40	5,00	7,00
⋮				
⋮				
⋮				
(1500)	2,70	4,90	7,50	10,75
(1650)				11,20

Dieser Vorschlag wurde in das Diagramm Bild 7 eingetragen, das direkt mit Bild 6 verglichen werden kann.

Man sieht, daß die neue Zone I die große Masse der Stationen mit geringer Schneelast abdeckt. Damit läge fast das ganze norddeutsche Tiefland in dieser Zone I. Zone IV wäre wieder den wenigen ausgesprochen schneereichen Gebieten (Harz, Alpenrand) vorbehalten. Die zugehörige Zonenkarte würde sehr wahrscheinlich wesentlich einfacher aussehen als die bisher gültige. Sie aus den vorhandenen Daten zu erarbeiten, wäre über den finanziellen und zeitlichen Rahmen dieses Forschungsvorhabens hinausgegangen. Da die Daten aber fest eingespeichert und jederzeit abrufbereit sind, könnte für diesen oder auch für einen anderen Vorschlag die Zahlengrundlage zur Erstellung der zugehörigen Zonenkarte relativ schnell geliefert werden.

4. Auswertung längerer Beobachtungsreihen

Alle bisherigen Auswertungen beziehen sich auf die dreißig zwischen 1936/37 und 1967/68 erhobenen Jahresmaxima. Ist eine Stichprobe vom Umfang 30 ausreichend, um auch seltene Wetterlagen genügend zu beinhalten? Können diese 30 Jahre als repräsentativ für die Gesamtheit gelten?

Um hier zu Anhaltswerten zu kommen, wurden mehrere Vergleichsrechnungen durchgeführt.

4.1 Auf 41 Jahre erweiterte Beobachtungsperiode

Ganz analog zur Hauptauswertung (vgl. Abschn. 3) wurden bei 140 Stationen die auf 41 Jahre erweiterten Meßreihen ausgewertet (vgl. Datenmaterial Abschn. 2.2).

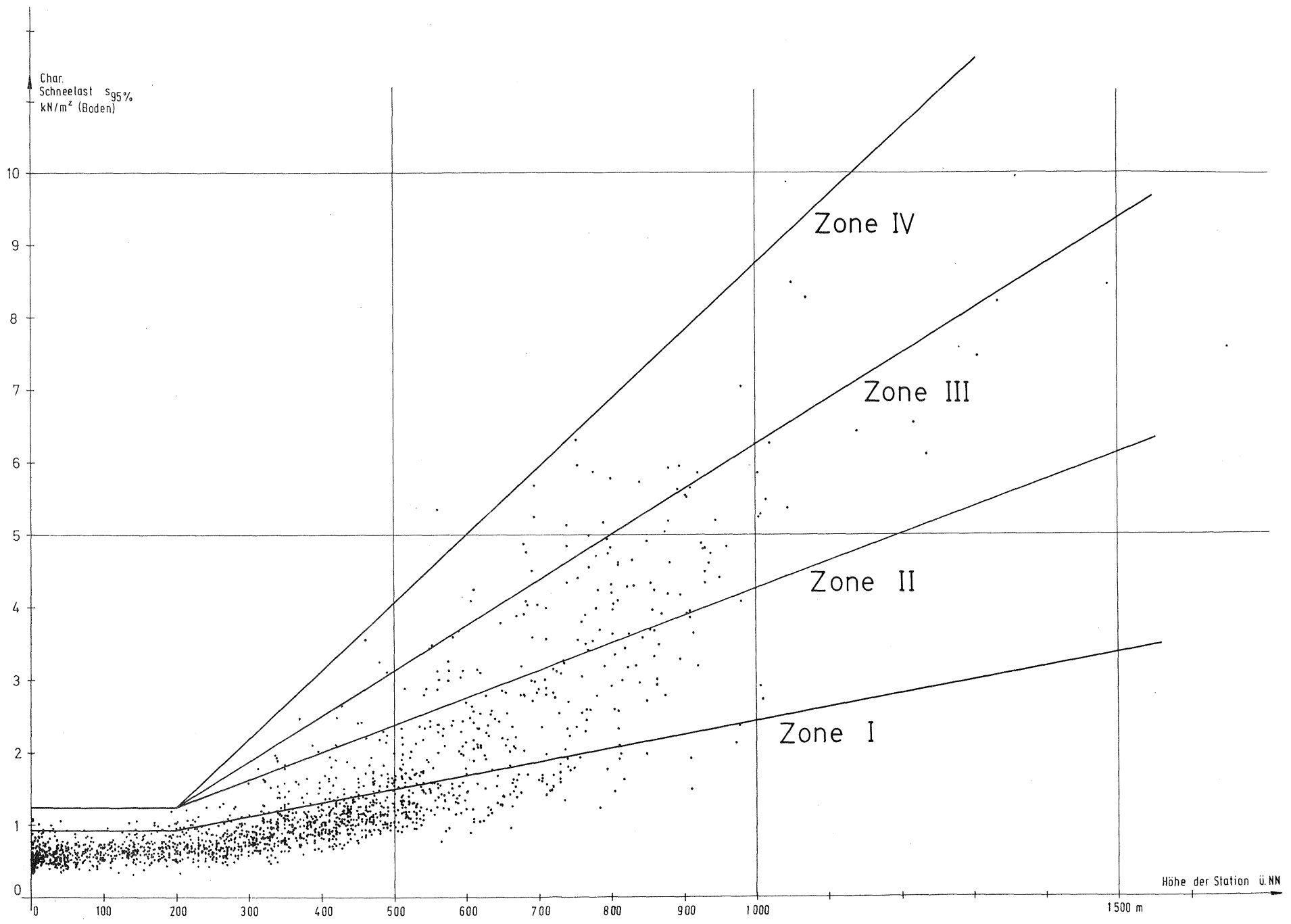


Bild 7: Charakt. Schneelasten am Boden, Vorgeschlagene Zonenabgrenzung

Die charakteristische Schneelast ist nun nicht mehr nach Gl. (13a) sondern nach Gl. (13b)

$$x_{95\%} = \bar{x} + 2,12141 s_x^*$$

zu berechnen; die Ergebnisse müßten also wegen des größeren Stichprobenumfangs etwas niedriger liegen.

In Bild 8 ist das Verhältnis der charakteristischen Schneelast aus 41 Jahren zu der aus den 30 Jahren der Hauptauswertung in Abhängigkeit von der geografischen Höhe aufgezeichnet. Das Verhältnis ist zwar i.a. nahe bei 1, einzelne Stationen liegen aber auch deutlich höher. Die durch Regression ermittelte Potenzfunktion soll die Tendenz der Punktwolke verdeutlichen: Vor allem in niedrigen Höhen, also bei durchschnittlich geringer Schneelast, treiben wenige, aber hohe Einzelwerte (Winter 1978/79 in Norddeutschland) die charakteristische Schneelast deutlich hinauf. So verursachte am Flughafen Bremen die in den 41 Jahren einmalige Schneehöhe von 68 cm im Winter 78/79 eine Erhöhung der charakteristischen Schneelast von $0,471 \text{ kN/m}^2$ auf $0,734 \text{ kN/m}^2$, also einen Anstieg um 56 %. In Bad Meinberg (Nordrhein-Westfalen) brachte der Winter 1969/70 62 cm Schnee, wodurch die charakteristische Schneelast um 29 % zunahm. Auf Höhe des Feldbergs (Schwarzwald) sind die Schneelasten dagegen so konstant, daß die Auswertung der verlängerten Meßreihe fast dasselbe Ergebnis liefert wie die Hauptauswertung. Nach unten weichen die Ergebnisse für 41 Jahre nur relativ wenig von der Hauptauswertung ab.

Aus Bild 8 ist zu folgern, daß die aus 30 Messungen berechnete rechnerische Schneelast bei den niedrig gelegenen Stationen Norddeutschlands nicht überall ausreicht, um das ganze Wettergeschehen zutreffend zu erfassen. Als sehr vorausschauend erweisen sich hier die in der Norm eingebauten Mindestschneelasten. Die gewählten Werte decken diese Unsicherheiten gerade

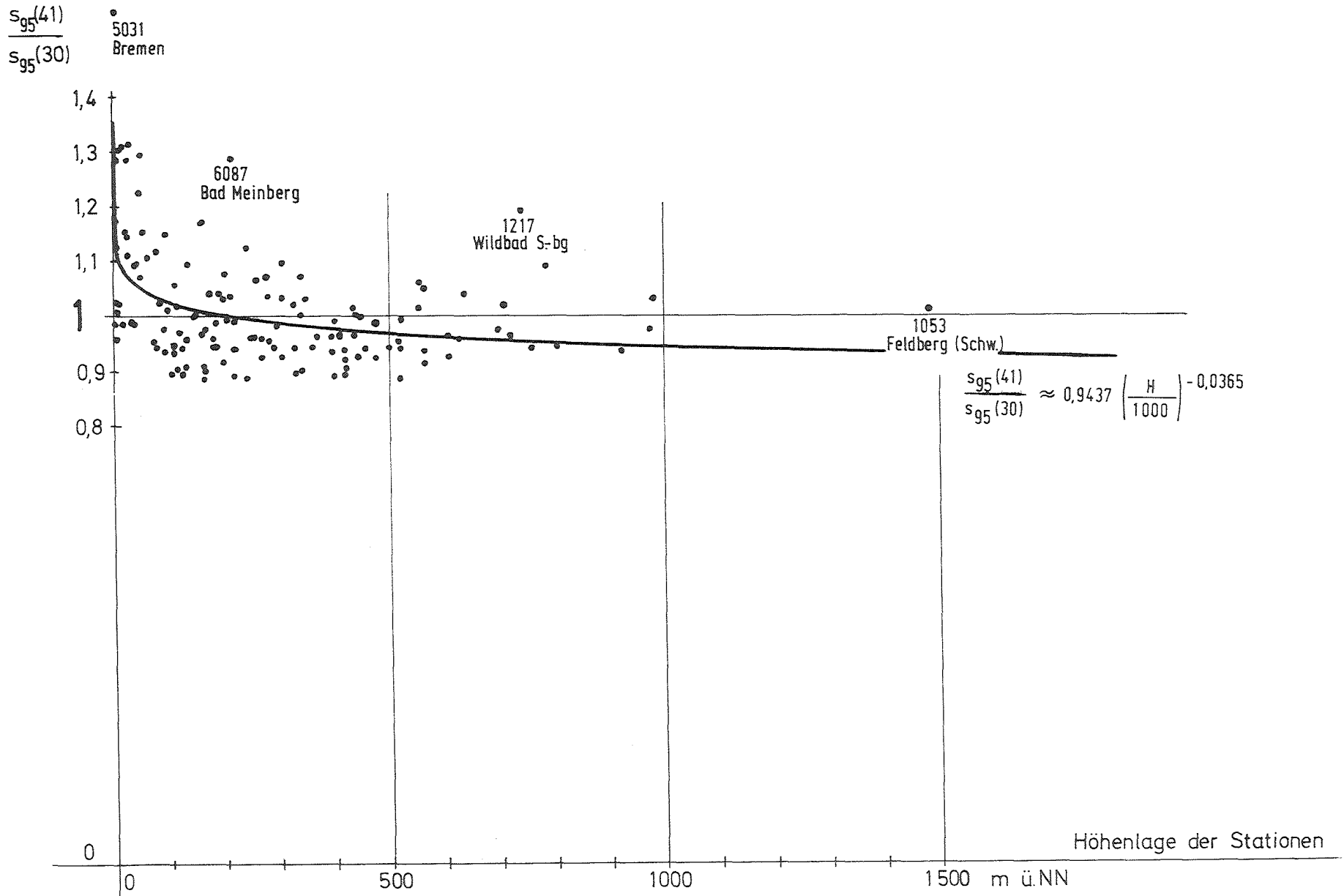


Bild 8: Verhältnis der char. Schneelasten aus 41 Jahren zu denen aus 30 Jahren (140 Stationen)

ab. Tatsächliche Überschreitungen der rechnerischen Schneelast bleiben natürlich bei Beschränkung auf den 20 Jahres - Schnee immer möglich.

Im Häufigkeitsdiagramm a) des Bildes 9 ist der Verhältniswert der charakteristischen Schneelasten noch einmal in einer anderen Form dargestellt. Auch hier erkennt man die geringen Abweichungen nach unten. Der Mittelwert aller 140 Verhältnis-zahlen liegt bei 1,014 , also leicht über 1 . Die Rechenwerte aus 41 Jahren sind demnach im Mittel geringfügig höher als die aus 30 Jahren. Der kleinere Faktor bei s_x^* in Gl. (13b) schlägt somit nicht durch. Die mittlere Abweichung ist so klein, daß sie zufallsbedingt sein kann. Dies wird auch durch einen anderen Vergleich bestätigt.

4.2 Auswertung der jüngsten 30 Jahre

Um den in Gl. (13) enthaltenen systematischen Einfluß des Stichprobenumfangs auf das Ergebnis auszuschalten, wurden auch zwei gleich lange Perioden miteinander verglichen. Während sich die Hauptauswertung auf die ersten 30 Meßwerte der 41-Jahres-Reihe stützt ("30 A"), liegen dieser Vergleichsauswertung die letzten 30 Jahre zugrunde ("30 E" = 1949/50... ..78/79). Wieder werden die charakteristischen Schneelasten bei jeder der 140 Stationen ins Verhältnis gesetzt.

Im Häufigkeitsdiagramm b) des Bild 9 ist das Ergebnis zusammengefaßt. Das Verhältnis liegt im Mittel bei 0,981; die Rechenwerte wären auf der Basis der letzten 30 Meßwerte im Mittel geringfügig kleiner als die der Hauptauswertung. Es fällt allerdings auf, daß das Verhältnis zwischen 0,54 (Bayreuth) und 1,77 (Bremen, Flughafen) sehr weit streut.

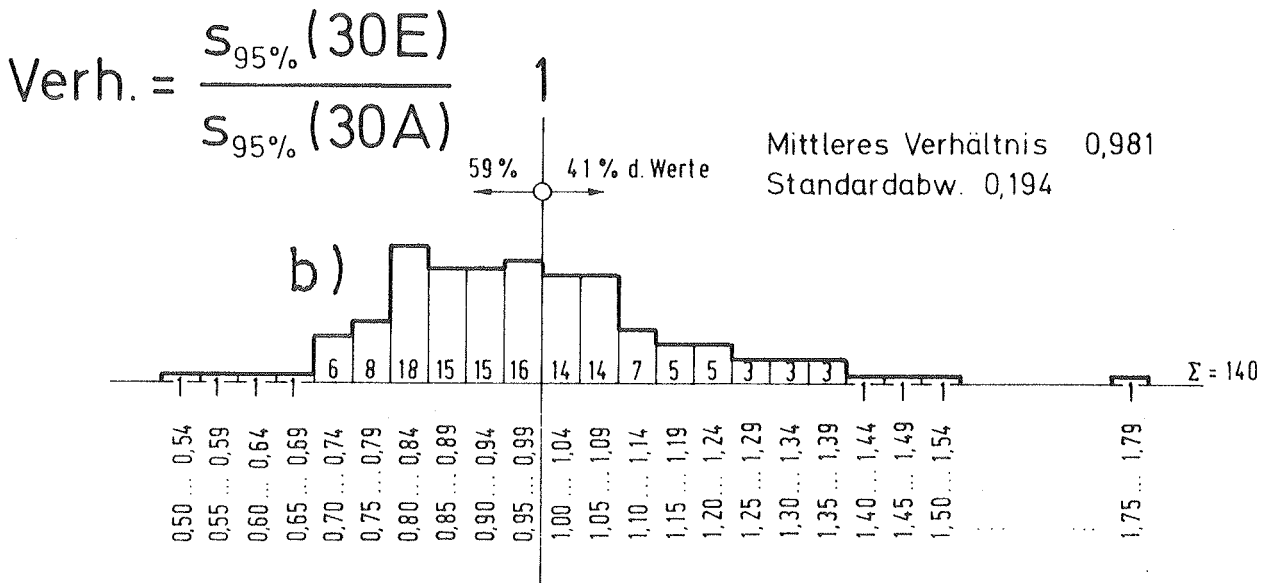
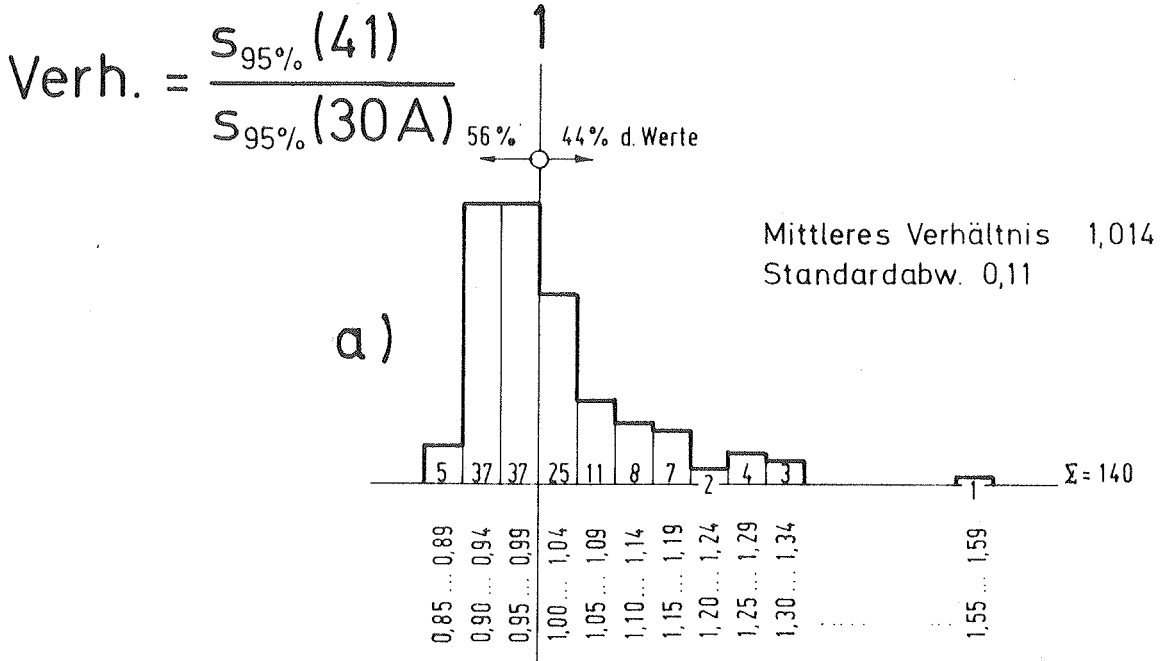


Bild 9: Charakteristische Schneelast für andere Zeiträume, ins Verhältnis gesetzt zu der aus den 30 Jahren der Hauptauswertung (140 Stationen)

Aus den z.T. starken Abweichungen allein könnte man noch nicht schließen, daß die letzten 30 Jahre eine ungeeignete Basis gewesen wären als die tatsächlich benützten ersten 30 Meßwerte; es könnte ja auch umgekehrt sein. Die aus Bild 9 ersichtliche bessere Übereinstimmung der Hauptauswertung mit der längeren und somit zuverlässigeren Reihe spricht jedoch zugunsten der getroffenen Wahl. Die Zahlen-ergebnisse sind im einzelnen auf den folgenden drei Seiten zu finden.

Die mittleren Abweichungen sind so gering und zudem gegensätzlich, daß aus den Ergebnissen für verschiedene Zeitabschnitte nicht auf einen möglichen Langzeittrend der Schneelast geschlossen werden kann.

VERHAELTNISWERTE CHAR. SCHNEELASTEN

	Hoehe	s95(30A)	s95(41)	Verh.	s95(30E)	Verh.
		kN/m ²	kN/m ²		kN/m ²	
1001 AACH KR.KONSTANZ	478 m	0.929	0.914	0.98	0.773	0.83
1006 BADEN-BADEN	280 m	0.906	0.970	1.07	1.005	1.11
1007 BADENWEILER	412 m	0.888	0.858	0.97	0.753	0.85
1036 DONAUESCHINGEN	710 m	1.408	1.438	1.02	1.545	1.10
1040 EBERBACH/NECKAR	176 m	0.791	0.824	1.04	0.802	1.01
1045 ELLWANGEN	443 m	1.313	1.216	0.93	1.200	0.91
1049 EPPINGEN	188 m	0.720	0.681	0.95	0.631	0.88
1053 FELDBERG (SCHW.)	1486 m	8.452	8.567	1.01	9.172	1.09
1055 FORCHHEIM	116 m	0.540	0.641	1.19	0.654	1.21
1056 FREIBURG (WA)	269 m	0.545	0.504	0.92	0.509	0.93
1067 GERLACHSHEIM	199 m	0.533	0.488	0.92	0.391	0.73
1079 HEIDELBERG	111 m	0.769	0.729	0.95	0.619	0.80
1081 HEILBRONN	167 m	0.744	0.669	0.90	0.543	0.73
1101 KARLSRUHE (WST)	112 m	0.649	0.613	0.94	0.533	0.82
1105 KLIPPENECK (WST)	973 m	2.118	2.066	0.98	2.234	1.05
1107 KNITTLINGEN	200 m	0.502	0.517	1.03	0.546	1.09
1112 KUENZELSAU	222 m	0.762	0.716	0.94	0.651	0.85
1119 MANNHEIM	96 m	0.615	0.575	0.93	0.514	0.84
1123 MENGAN	565 m	0.768	0.703	0.92	0.632	0.82
1124 MERGENTHEIM BAD	250 m	0.600	0.577	0.96	0.557	0.93
1126 MUENSINGEN	721 m	1.688	1.631	0.97	1.606	0.95
1127 MURRHARDT	344 m	1.389	1.252	0.90	0.998	0.72
1150 RAVENSBURG	435 m	0.927	0.941	1.02	0.892	0.96
1162 SAECKINGEN BAD (NST)	297 m	0.844	0.828	0.98	0.794	0.94
1164 SANKT BLASIEN	785 m	3.690	4.025	1.09	4.324	1.17
1176 SCHOPFLOCH	758 m	1.926	1.812	0.94	1.812	0.94
1195 STUTTGART-HOHENHEIM	401 m	0.935	0.829	0.89	0.727	0.78
1206 VILLINGEN	698 m	1.822	1.771	0.97	1.799	0.99
1213 WEINSBERG	219 m	0.803	0.715	0.89	0.601	0.75
1217 WILDBAD-SOMMERBERG	740 m	2.325	2.780	1.20	3.026	1.30
1218 WILDBAD (STADT)	420 m	1.659	1.528	0.92	1.460	0.88
2014 AMBERG	395 m	0.876	0.843	0.96	0.719	0.82
2032 BAMBERG	282 m	0.580	0.554	0.96	0.470	0.81
2037 BAYREUTH	330 m	1.074	0.964	0.90	0.579	0.54
2049 BISCHBRUNN	411 m	1.362	1.308	0.96	1.147	0.84
2080 CHAM	420 m	0.807	0.758	0.94	0.717	0.89
2082 COBURG (STADT)	326 m	0.659	0.673	1.02	0.691	1.05
2108 EBRACH	360 m	0.900	0.849	0.94	0.790	0.88
2124 EICHSTAETT	397 m	0.861	0.805	0.93	0.715	0.83
2135 ERLANGEN	270 m	0.549	0.527	0.96	0.449	0.82
2150 FRAMMERSBACH	222 m	1.005	0.947	0.94	0.715	0.71
2247 HOF/SAALE STADT	474 m	1.163	1.073	0.92	1.010	0.87
2252 HOHENPEISSENBERG	977 m	2.373	2.450	1.03	2.465	1.04
2273 KAISHEIM-NEUHOF	516 m	1.114	1.061	0.95	1.093	0.98
2303 KRONACH	305 m	0.825	0.763	0.92	0.615	0.75
2318 LANGENLEITEN	520 m	1.403	1.395	0.99	1.494	1.06
2360 MEMMINGEN	634 m	1.177	1.224	1.04	1.218	1.03
2381 MUENCHEN	520 m	1.187	1.121	0.94	1.040	0.88
2406 NEUSTADT/AISCH	328 m	0.832	0.784	0.94	0.625	0.75
2451 OELSCHNITZ	553 m	1.588	1.612	1.02	1.557	0.98
2480 POMMELBRUNN	368 m	1.051	1.011	0.96	0.957	0.91
2504 REICHENHALL BAD	455 m	2.420	2.272	0.94	2.101	0.87
2528 ROTHENBURG O.T.	421 m	0.892	0.808	0.91	0.680	0.76
2604 STEINBACH B.LOHR	161 m	0.697	0.675	0.97	0.576	0.83
2631 TIRSCHENREUTH	521 m	1.660	1.468	0.88	1.313	0.79
2641 UFFENHEIM	337 m	0.551	0.590	1.07	0.600	1.09
2670 WEIDEN	438 m	0.874	0.842	0.96	0.796	0.91
2674 WEISSENBURG	422 m	0.900	0.806	0.90	0.648	0.72

	Hoehe	s95(30A)	s95(41)	Verh.	s95(30E)	Verh.
		kN/m ²	kN/m ²		kN/m ²	
3001 BERLIN-DAHLEM (ALT)	55 m	0.690	0.796	1.15	0.806	1.17
3002 BERLIN-TEMPELHOF (WA)	48 m	0.656	0.803	1.22	0.870	1.33
4006 AROLSSEN-LANDAU	305 m	0.771	0.846	1.10	0.876	1.14
4011 BEERFELDEN	450 m	1.150	1.146	1.00	1.080	0.94
4015 BIEDENKOPF	349 m	0.797	0.823	1.03	0.816	1.02
4023 DARMSTADT (WST)	133 m	0.607	0.580	0.96	0.492	0.81
4029 DILLENBURG	220 m	0.675	0.668	0.99	0.653	0.97
4044 ESCHWEGE	208 m	0.524	0.520	0.99	0.449	0.86
4048 FRANKENBERG-SCHREUFA	305 m	0.716	0.740	1.03	0.756	1.06
4050 FRANKFURT-ESCH. (STADT)	125 m	0.907	0.812	0.90	0.502	0.55
4059 FULDA	255 m	0.538	0.517	0.96	0.471	0.88
4061 GEISENHEIM (AMF)	109 m	0.495	0.461	0.93	0.408	0.82
4065 GERNESHEIM	90 m	0.616	0.601	0.98	0.507	0.82
4067 GIESSEN (WST)	186 m	0.524	0.518	0.99	0.513	0.98
4068 GILSERBERG	340 m	0.778	0.780	1.00	0.777	1.00
4073 GREBENHAIN-HERCHENHAIN	608 m	2.626	2.428	0.92	2.242	0.85
4099 HERLESHAUSEN-FRAUENBORN	291 m	1.005	0.947	0.94	0.806	0.80
4100 HERSFELD BAD	212 m	0.695	0.721	1.04	0.657	0.95
4107 HOFGEISMAR	162 m	0.600	0.703	1.17	0.717	1.20
4129 KLEINER FELDBERG /TS.	805 m	2.600	2.452	0.94	2.630	1.01
4142 LIMBURG /LAHN	118 m	0.589	0.531	0.90	0.386	0.66
4147 MARBURG	181 m	0.641	0.606	0.95	0.611	0.95
4149 MELSUNGEN	166 m	0.587	0.573	0.98	0.538	0.92
4162 NEUKIRCHEN-HAUPTSCHWENDA	500 m	1.251	1.178	0.94	1.238	0.99
4212 SONTRA	242 m	0.680	0.764	1.12	0.741	1.09
4214 SOODEN BAD -ALLENDORF	147 m	0.753	0.755	1.00	0.631	0.84
4238 WASSERKUPPE	921 m	3.188	2.992	0.94	2.997	0.94
4251 WILLINGEN	562 m	2.383	2.238	0.94	2.445	1.03
4253 WITZENHAUSEN	133 m	0.555	0.608	1.10	0.582	1.05
5009 AURICH	4 m	0.472	0.554	1.17	0.609	1.29
5013 BEDERKESA	27 m	0.522	0.686	1.31	0.786	1.51
5026 BRAUNLAGE (WST)	607 m	4.084	3.945	0.97	4.054	0.99
5027 BRAUNSCHWEIG-VOELK. (WST)	81 m	0.661	0.677	1.02	0.687	1.04
5031 BREMEN FLUGHAFEN	4 m	0.471	0.734	1.56	0.834	1.77
5032 BREMERVOERDE	5 m	0.829	0.849	1.02	0.857	1.03
5040 CLAUSTHAL	563 m	3.004	3.156	1.05	3.398	1.13
5043 CUXHAVEN (WST)	5 m	0.523	0.672	1.28	0.725	1.39
5049 DIEPHOLZ	37 m	0.457	0.499	1.09	0.517	1.13
5057 EINBECK	105 m	0.963	0.862	0.90	0.592	0.61
5076 GOETTINGEN (WST)	175 m	0.610	0.635	1.04	0.579	0.95
5088 HAHNENKLEE	553 m	3.480	3.695	1.06	3.805	1.09
5094 HAMBURG-WANDSBEK	21 m	0.631	0.729	1.16	0.737	1.17
5099 HANNOVER-HERRENHAUSEN	50 m	0.482	0.624	1.29	0.701	1.45
5101 HARZBURG BAD	260 m	1.253	1.334	1.06	1.405	1.12
5108 HELMSTEDT	144 m	0.940	0.937	1.00	1.034	1.10
5146 LANGEBOG	5 m	0.552	0.528	0.96	0.421	0.76
5155 LUECHOW (WST)	17 m	0.647	0.637	0.98	0.586	0.91
5156 LUENEBURG	11 m	0.733	0.750	1.02	0.738	1.01
5170 NIENBURG	26 m	0.597	0.684	1.15	0.776	1.30
5175 NORDERNEY	13 m	0.560	0.731	1.31	0.778	1.39
5183 OLDENBURG	5 m	0.516	0.581	1.13	0.632	1.22
5184 OSNABRUECK (WEWA)	95 m	0.523	0.601	1.15	0.645	1.23
5209 ROTENBURG /WUEMME	24 m	0.690	0.765	1.11	0.847	1.23
5241 SOLTAU	77 m	0.678	0.759	1.12	0.786	1.16
5263 UNTERLUESS	98 m	0.705	0.714	1.01	0.764	1.08
6001 AACHEN-OBSERV. (WST)	202 m	0.616	0.663	1.08	0.641	1.04
6007 ARNSBERG	191 m	0.863	0.898	1.04	0.935	1.08
6033 DUESSELDORF-SUEDFRIEDHOF	37 m	0.477	0.470	0.99	0.466	0.98
6087 MEINBERG BAD	214 m	0.708	0.912	1.29	0.982	1.39
6095 MUENSTER (WST)	63 m	0.449	0.497	1.11	0.516	1.15
6119 ROETGEN	440 m	1.075	1.080	1.00	1.119	1.04
6139 WAHN (FLUGWEWA)	73 m	0.510	0.487	0.95	0.444	0.87
6140 WALBECK	32 m	0.465	0.459	0.99	0.436	0.94
6155 WUPPERTAL-RONSDORF	242 m	1.255	1.115	0.89	1.193	0.95

	Hoehe	s95(30A)	s95(41)	Verh.	s95(30E)	Verh.
		kN/m ²	kN/m ²		kN/m ²	
7005 ALZEY	166 m	0.558	0.506	0.91	0.450	0.81
7009 BERGZABERN BAD	180 m	0.552	0.530	0.96	0.515	0.93
7010 BERNKASTEL-KUES	120 m	0.347	0.337	0.97	0.306	0.88
7014 BLANKENRATH	400 m	0.900	0.891	0.99	0.840	0.93
7024 EMS BAD	77 m	0.648	0.610	0.94	0.558	0.86
7051 KREUZNACH BAD	132 m	0.592	0.537	0.91	0.494	0.83
7060 MAINZ	125 m	0.551	0.519	0.94	0.426	0.77
7064 NEUENAHN BAD-AHRWEILER	111 m	0.527	0.557	1.06	0.549	1.04
7066 NEUSTADT A.D.WEINSTR.	163 m	0.688	0.608	0.88	0.497	0.72
7069 NUERBURG (WST)	627 m	1.906	1.827	0.96	1.881	0.99
7073 FIRMASENS	280 m	0.700	0.725	1.04	0.721	1.03
8017 EUTIN	49 m	0.927	0.993	1.07	0.874	0.94
8018 FLENSBURG (FLUGH.)	41 m	0.733	0.802	1.09	0.788	1.08
8029 HELSE	2 m	0.418	0.474	1.13	0.527	1.26
8036 KIEL (WST)	17 m	0.556	0.729	1.31	0.783	1.41
8045 LIST AUF SYLT (WST)	26 m	0.480	0.617	1.29	0.619	1.29
8046 LUEBECK (WST)	8 m	0.792	0.799	1.01	0.845	1.07
8079 TRAVEMUENDE-PRIWALL	3 m	0.752	0.739	0.98	0.724	0.96

5. S i c h e r h e i t s b e t r a c h t u n g e n

Zwar gehen in fast jedem Winter Meldungen über spektakuläre Dacheinstürze unter Schneelast durch die Presse, bei genauerer Untersuchung stellen sich dann aber oft schwerwiegende Konstruktions- oder Materialmängel als Mitursache heraus. Daraus könnte man folgern, daß die bisher gültigen Schneelastannahmen im großen und ganzen ausreichend sind. Die vorliegende Arbeit kommt demgegenüber zu dem Ergebnis, daß weite Gebiete der Bundesrepublik um mindestens eine Schneezone höher eingestuft werden müßten, um wenigstens den sogenannten "20-Jahresschnee" abzudecken.

Woher nun diese Diskrepanz zwischen Theorie und Praxis? Höchstwahrscheinlich profitieren die Dächer von der bisher üblichen Berechnung mit einem Globalsicherheitsbeiwert. Zur Schneelast tritt zumindest das Eigengewicht der Dachkonstruktion als weiterer Lastfall hinzu. Da das Eigengewicht wenig streut, kann es seine nicht ausgeschöpften Überlastungsreserven dem Schnee abtreten.

In Zukunft wird die Berechnung mit Teilsicherheitsbeiwerten dem Eigengewicht kaum noch nennenswerte Überlastungssicherheiten zubilligen, so daß spätestens dann die Schneelast wirklichkeitsnäher festgelegt werden muß. Hinzu kommt, daß moderne Dachkonstruktionen auf extreme Gewichtseinsparung ausgelegt sind (z.B. Trapezblechdächer) und dann das Eigengewicht schon "mangels Masse" nicht mehr zum Ausgleich erhöhter Schneebelastung zur Verfügung steht. Diese besondere Problematik der Schneelast leichter Dächer hatte im Jahre 1971 (vor Neufassung der DIN 1055 Teil 5) zur Herausgabe eines Ergänzungserlasses mit höheren Lastannahmen geführt. Die Entwicklung zwingt also zu realistischeren Schneelastannahmen, d.h. in fast allen schneereichen Gebieten wird sich eine Erhöhung der Werte nicht vermeiden lassen.

6. Z u s a m m e n f a s s u n g

Ausgehend von jährlichen Schneehöhenmaxima, die an über 1800 Stationen 30 Winter lang beobachtet wurden, wird in der vorliegenden Arbeit überprüft, ob die in DIN 1055 Teil 5 [2] festgelegten Schneelastannahmen ausreichen.

Als charakteristische Schneelast (Rechenwert) wird die 95%-Fraktile der nach GUMBEL verteilt angenommenen jährlichen Schneelastmaxima betrachtet. Dies entspricht der Schneelast, die statistisch etwa alle 20 Jahre überschritten wird.

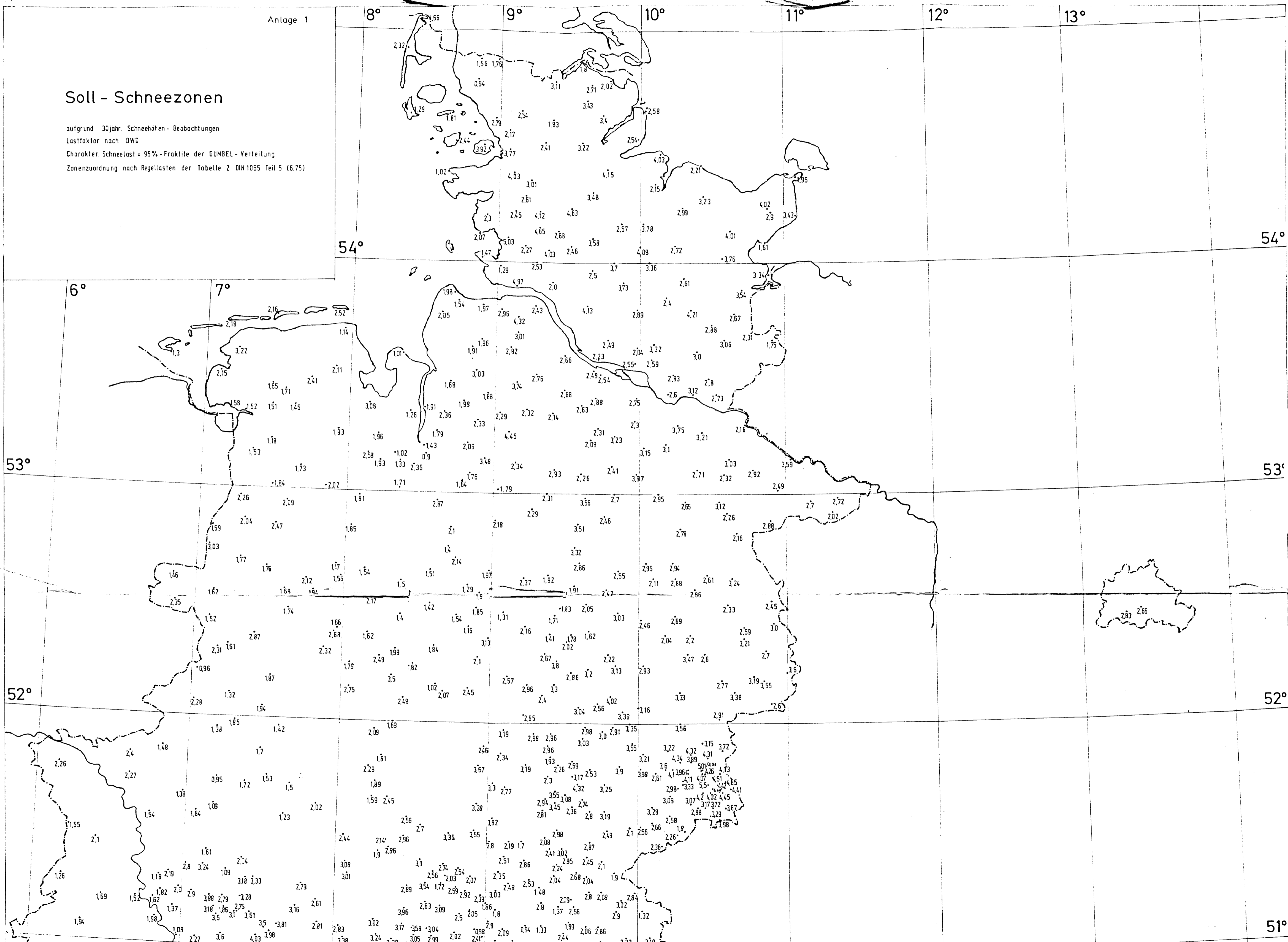
Unter Beibehaltung der in der Norm festgelegten Regellasten wurde die Schneezonenkarte neu erarbeitet. Sie erfordert in den meisten Gebieten eine Höherstufung um ein bis zwei Schneezonen. Die Schneezone V tritt mehrmals auf.

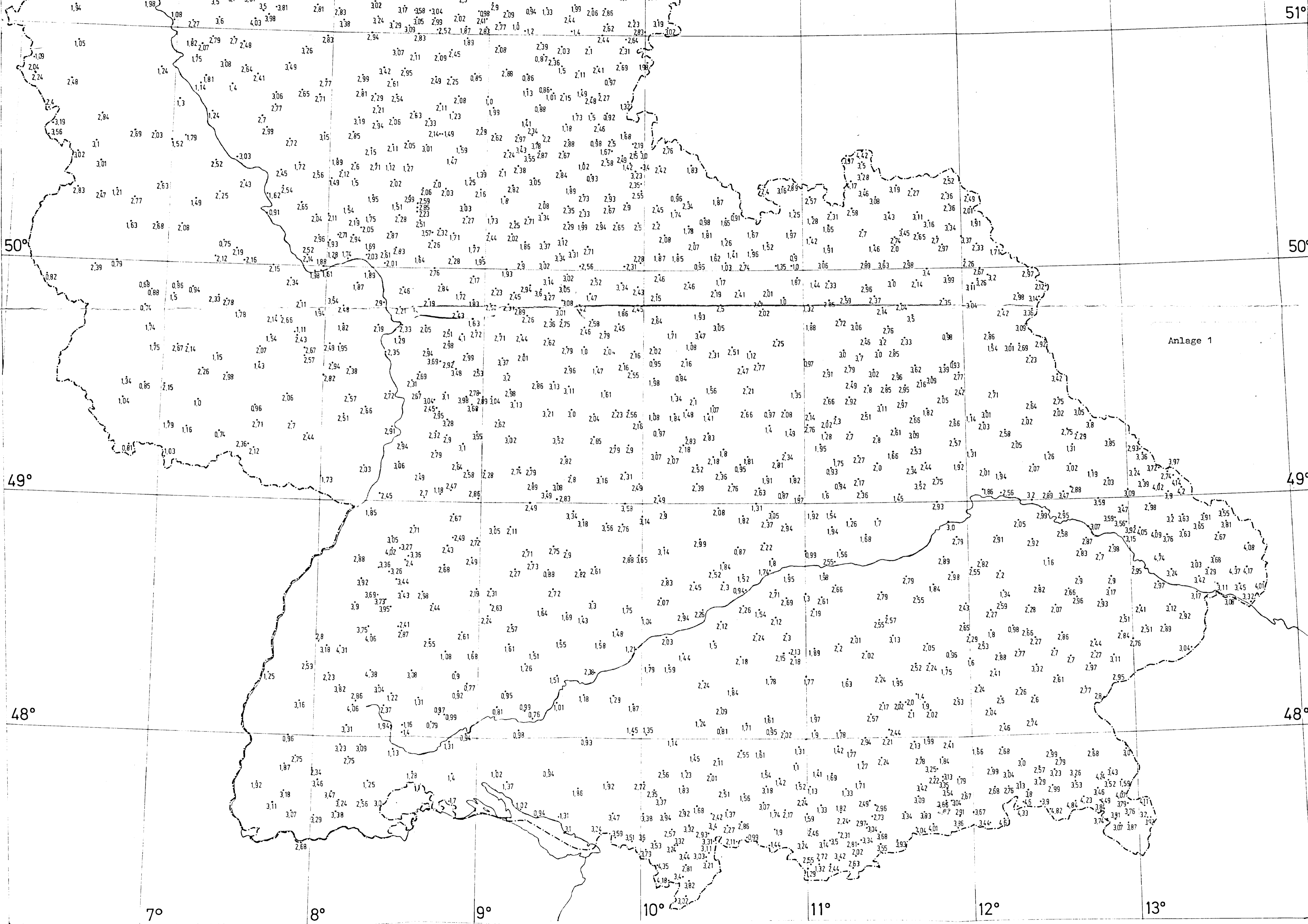
Ein praxisgerechter und anwendungsorientierter Verbesserungsvorschlag geht dahin, auch die Regellastentabelle der Norm abzuändern und zu vereinfachen.

Aus einer auf 41 Jahre erweiterten Untersuchung konnte die Basis der Auswertung bestätigt, aber kein Langzeittrend abgeleitet werden.

Soll - Schneezonen

aufgrund 30jahr. Schneehöhen- Beobachtungen
Lastfaktor nach DWD
Charakter Schneelast = 95%-Fraktile der GUMBEL- Verteilung
Zonenzuordnung nach Regellasten der Tabelle 2 DIN 1055 Teil 5 (6.75)





Anlage 1