

Extremwertanalyse der Wind- geschwindigkeiten für das Gebiet der Bundesrepublik Deutschland

T 2963

T 2963

Dieser Forschungsbericht wurde mit modernsten Hochleistungskopierern auf Einzelanfrage hergestellt.

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

Im Originalmanuskript enthaltene Farbvorlagen, wie z.B. Farbfotos, können nur in Grautönen wiedergegeben werden. Liegen dem Fraunhofer IRB Verlag die Originalabbildungen vor, können gegen Berechnung Farbkopien angefertigt werden. Richten Sie Ihre Anfrage bitte an die untenstehende Adresse.

© by Fraunhofer IRB Verlag

2001, ISBN 3-8167-5986-6

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

Fraunhofer IRB Verlag

Fraunhofer-Informationszentrum Raum und Bau

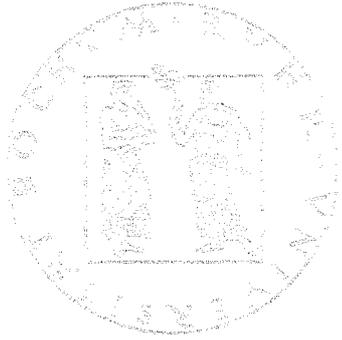
Postfach 80 04 69
70504 Stuttgart

Nobelstraße 12
70569 Stuttgart

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

e-mail info@irb.fhg.de

URL <http://www.IRBbuch.de>



FAKULTÄT FÜR
BAUINGENIEURWESEN

DR.-ING. M. KASPERSKI

PRIVAT-DOZENT
FÜR ENTWURFSGRUNDLAGEN
IM KONSTRUKTIVEN INGENIEURBAU

Extremwertanalyse der
Windgeschwindigkeiten für das Gebiet der
Bundesrepublik Deutschland

gefördert durch das Deutsche Institut für Bautechnik DIBt
Az.: IV 12-5-3.79-897/99

INHALTSVERZEICHNIS

	Seite
1. Ausgangssituation und Ziel der Untersuchung	4
2. Methodischer Ansatz	6
2.1 Extremwertanalyse für unabhängige Sturmereignisse	6
2.2 Beschreibung des Starkwindklimas	11
2.3 Richtungseinfluß	13
3. Datenmaterial	15
3.1 Allgemeines	15
3.2 Stationsübersicht	16
4. Ergebnisse	20
4.1 Gruppenbildung	20
4.2 Zusammenfassung zu Windzonen	22
4.3 Auswertung der Windrichtung	23
4.4 Windzonenkarte	24
5. Literatur	33
6. Endabrechnung	34
7. Anforderung der Rest-Mittel	35
8. Projektleitung, Sachbearbeitung, Mitglieder der Betreuergruppe	36

1. Ausgangssituation und Ziel der Untersuchung

Im Rahmen der Umsetzung des Eurocode 1 Teil 2.4 Windlasten erarbeitet der Normungsausschuß Bauwesen NABau 00.02.03 z.Zt. eine neue Ausgabe der DIN 1055 Teil 4. Im Gegensatz zur bisher gültigen Norm wird in der Neuausgabe für das Gebiet der Bundesrepublik Deutschland eine Windzonenkarte veröffentlicht, in der die anzusetzenden Windgeschwindigkeiten für den Bauwerksentwurf in Abhängigkeit der geographischen Lage angegeben werden. Im Anhang des Eurocode-Dokumentes findet sich bereits ein Vorschlag für eine Windzonenkarte (Bild 1), die - wie auch im Normungsausschuß diskutiert wurde - insbesondere folgende Unzulänglichkeiten aufweist:

- vermutlich falsche Zuordnung einzelner Stationen (z.B. Rostock und Bremen in gleicher Windzone wie Düsseldorf)
- Sprünge der Zahlenwerte zu den Nachbarländern (z.B. Dänemark 27.0, Deutschland 32.0)
- berücksichtigter Beobachtungszeitraum nur bis 1980, d.h. es stehen 20 Jahre weitere Daten zur Verfügung
- Unklarheit über den methodischen Ansatz zur Festlegung der Zahlenwerte

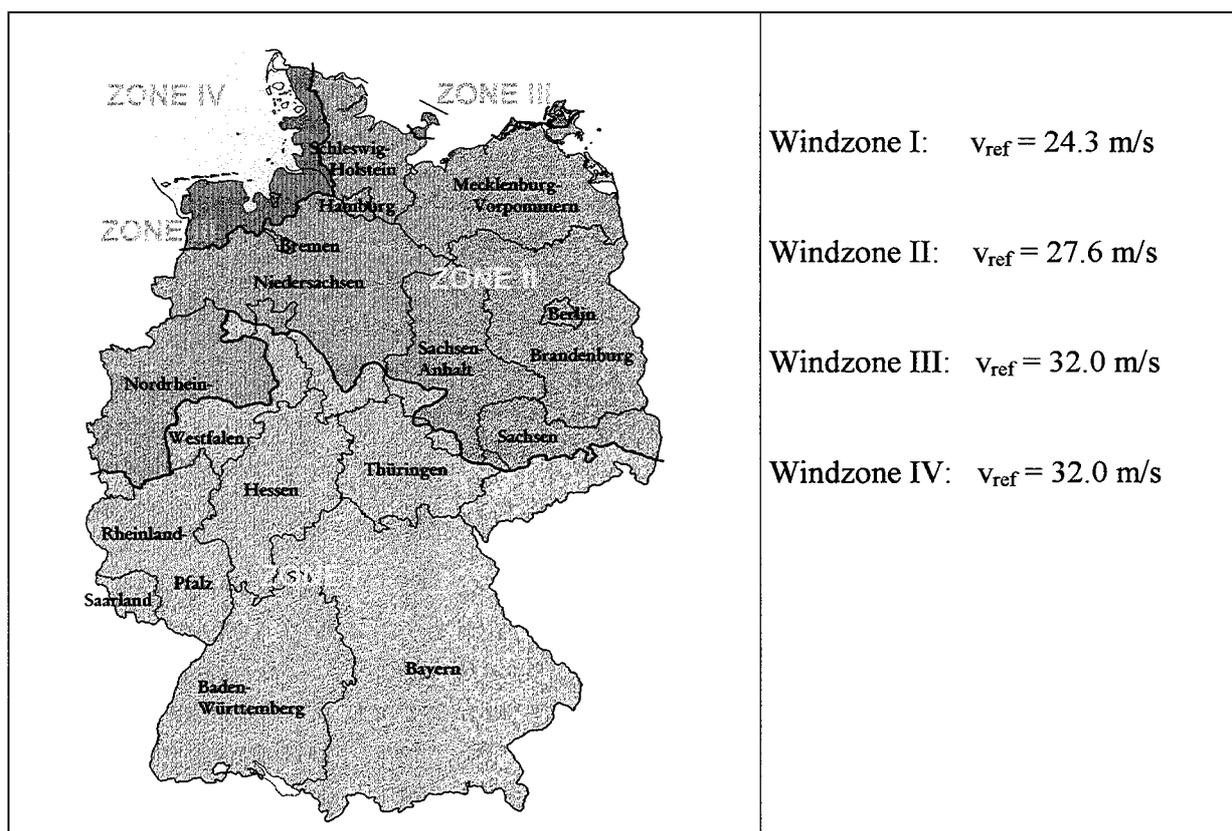


Bild 1: Aktuelle Fassung der Windzonenkarte für das Gebiet der Bundesrepublik Deutschland (Eurocode 1, Teil 4, 1995)

Vor diesem Hintergrund wurde beim DIBt ein Antrag auf ein Forschungsvorhaben 'Extremwertanalyse der Windgeschwindigkeiten für das Gebiet der Bundesrepublik Deutschland' gestellt. Wesentliches Ziel der Untersuchung ist eine Überarbeitung und Korrektur der Windzonenkarte. Zusätzlich soll untersucht werden, ob die Richtungsabhängigkeit der einzelnen Sturmphänomene sich in korrespondierende Richtungsfaktoren entwickeln läßt.

2. Methodischer Ansatz

2.1 Extremwertanalyse für unabhängige Sturmereignisse

Die Analyse des Starkwindklimas in Deutschland beinhaltet im wesentlichen die Entwicklung und Anwendung eines den Erfordernissen des Bauentwurfs genügenden statistischen Extremwert-Modells. Grundlage dieser Analyse bilden die Windgeschwindigkeitsmessungen des Deutschen Wetterdienstes.

Der erste Schritt zur Ermittlung der Extremwertstatistik besteht in der Identifikation statistisch und physikalisch unabhängiger Starkwindereignisse. Extreme Windverhältnisse sind in Deutschland insbesondere mit außertropischen Zyklonen bzw. Sturmtiefs verbunden. Als zweites wesentliches Starkwindphänomen treten Gewitterstürme in Erscheinung. Beide Phänomene unterscheiden sich hinsichtlich ihrer Entstehungsmechanismen und ihrer charakteristischen Eigenschaften. Tiefdruckstürme zeichnen sich durch hohe Stundenmittelwerte der Windgeschwindigkeit aus. Sie dauern meist über mehrere Stunden an. Gewitterstürme sind demgegenüber auf relativ kurze Zeiten von normalerweise wenigen Minuten beschränkt. Gewitter führen insbesondere zu großen Böenwindgeschwindigkeiten, während die mittlere Windgeschwindigkeit des zugehörigen Stundenmittels i.d.R. niedrig ist. Als weiterer Sturmtyp sind konvektive Prozesse, die insbesondere an der Sturmtieffront auftreten können und zu zusätzlichen hohen Böenwindgeschwindigkeiten führen, zu erfassen. Wesentliches Merkmal dieser Böenfronten ist ein merkliches Niveau der mittleren Windgeschwindigkeit und ein deutlich großer Böfaktor, der über dem üblichen Böfaktor für Sturmtiefs ohne ausgeprägte konvektive Prozesse liegt. Wie die Sturmtiefs, denen diese Prozesse aufgefropft sind, treten Böenfronten überwiegend im Winterhalbjahr auf.

Zur Separierung der drei Starkwindphänomene werden Schwellenwerte definiert, und zwar ein erster Schwellenwert für die mittlere Windgeschwindigkeit v_m , ein zweiter Schwellenwert für die Böengeschwindigkeit v_b und ein dritter Schwellenwert für den Quotienten aus Böengeschwindigkeit und zugehöriger mittlerer Windgeschwindigkeit; dieser Quotient wird auch als Böfaktor B_u bezeichnet. Im einzelnen gelten dann folgende Identifikationskriterien:

Sturmtief:	$v_m > v_{m,gr}$	und	$B_u < B_{u,gr}$
Gewitter:	$v_m < v_{m,gr}$	und	$v_b > v_{b,gr}$
Böenfront:	$v_m > v_{m,gr}$	und	$B_u > B_{u,gr}$

Für den Vergleichswert des Böfaktor $B_{u,gr}$ wird dabei einheitlich ein Wert von 1.8 verwendet. Ein sinnvoller unterer Wert für die mittlere Windgeschwindigkeit in einem Sturmtief ist 14 m/s, für die Böenwindgeschwindigkeit wird ein unterer Wert von 22.4 m/s angesetzt.

Für die weitere Analyse werden die Böengeschwindigkeiten der Gewitter bzw. der Böenfronten mittels eines einheitlichen Böfaktors in eine mittlere Windgeschwindigkeit eines äquivalenten Sturmtiefs überführt. Dieser Schritt wird notwendig, um im Rahmen der Normung zu einer einheitlichen Grundlage für alle Sturmphänomene zu gelangen. Als maßgebender Böfaktor wird $B_u = 1.6$ verwendet.

Böenspitzen werden pro Tag aufgezeichnet. Die mit der oben beschriebenen Methode identifizierten Gewitter und Böenfronten sind somit zwangsläufig unabhängige Ereignisse. Für die

identifizierten Sturmtiefs ergibt sich dagegen die Notwendigkeit, aus der identifizierten Anzahl von Starkwindstunden voneinander unabhängige Sturmereignisse zu separieren. Hierbei ist ein Auf- und Abschwelen der Sturmintensität zu berücksichtigen. Während eines länger andauernden Sturmes können sowohl Phasen mit Windgeschwindigkeiten oberhalb als auch unterhalb des Schwellenwertes aufeinander folgen. Ist der zeitliche Abstand zweier aufeinanderfolgender Windgeschwindigkeiten oberhalb des Schwellenwertes kleiner als maximal 12 Stunden, werden beide Sturmstunden dem selben Sturm zugeordnet. Ist ein größerer Zeitabstand gegeben, hat sich eine neue Tiefdruckfront ausgebildet, die von der vorhergehenden weitestgehend unbeeinflusst ist. Jeder Tiefdrucksturm geht mit dem zugehörigen maximalen Stundenmittelwert $v_{m,max}$ in die Extremwertstatistik ein. Alle übrigen Stunden eines Sturmtiefes mit $v_m < v_{m,max}$ werden nicht weiter berücksichtigt. Wie sich zeigen läßt, ist diese Vorgehensweise gestattet, wenn die weiteren Sturmstunden eines Sturmtiefes im statistischen Mittel kleiner als die stärkste Sturmstunde sind. Dies trifft für das Windklima in Deutschland zu. Eine Berücksichtigung der Dauer eines Sturmes würde dagegen erforderlich, wenn - wie z.B. bei tropischen Wirbelstürmen - das Niveau der stärksten mittleren Windgeschwindigkeit über mehrere Stunden erhalten bleibt.

Alle Sturmereignisse werden für die Tiefdruckstürme, die Gewitter und die Böenfronten in einer eigenen Stichprobe zusammengefaßt und mittels einer Reihenfolgestatistik mit aufsteigender Windgeschwindigkeit (Urliste) ausgewertet. Eine Beschränkung auf die Jahrextremwerte genügt dabei nicht. Vielmehr zeigen die vorliegenden Winddaten, daß Tiefdruckstürme nicht isoliert als einzelnes extremes Ereignis innerhalb eines längeren Zeitraums auftreten, sondern häufig in einer Gruppe von mehreren extremen Stürmen beobachtet werden. In Jahren mit größerer Sturmhäufigkeit kann dann der zweit- oder drittstärkste Sturm des Jahres die Maximalwerte der angrenzenden Jahre deutlich übertreffen, so daß eine Vernachlässigung dieser Ereignisse zu einer Verfälschung der Extremwertstatistik führt.

Mit der Reihenfolgestatistik wird die Wahrscheinlichkeit, daß die Windgeschwindigkeit nicht größer einer Geschwindigkeit v_i wird, aus der relativen Häufigkeit der Nichtüberschreitung f_{rel} geschätzt:

$$f_{rel}(v \leq v_i) = \left(\frac{i - 0,3}{N + 0,4} \right)^{\frac{N}{K}} \quad (1)$$

Der Exponent N/K in obiger Formel stellt dabei den Bezug der relativen Häufigkeit aus der Urliste zu dem Bezugszeitraum 1 Jahr her. N ist die Anzahl der beobachteten Starkwindereignisse, K ist die Länge des Beobachtungszeitraumes in Jahren; der Exponent N/K gibt somit die mittlere Anzahl der extremen Ereignisse pro Jahr an.

Wie in Gleichung (1) zu erkennen, hängt die relative Häufigkeit der Nichtüberschreitung merklich von der Wahl des Schwellenwertes ab. Ein zu geringer Schwellenwert läßt den Stichprobenumfang stark anwachsen, bei einem zu großen Schwellenwert ergeben sich zu wenig Ereignisse im Beobachtungszeitraum. Ein Kriterium zur Begrenzung des Stichprobenumfangs und damit indirekt zur optimalen Wahl des Schwellenwertes ergibt sich aus der Forderung, daß alle Ereignisse der ausgewählten Stichprobe im Wahrscheinlichkeitspapier darstellbar sein sollen. Sinnvollerweise verwendet man ein 'symmetrisches' Wahrscheinlichkeitspapier, d.h. der größte darstellbare Wert und der kleinste darstellbare Wert ergeben in der Summe den Wert 1.0. Die darstellbare Menge an Ereignissen, d.h. der optimale Stichpro-

benumfang, ergibt sich dann aus der Forderung, daß die relative Häufigkeit des ersten (kleinsten) Wertes größer gleich der unteren Grenze im Wahrscheinlichkeitspapier ist:

$$\left(\frac{1-0.3}{N_{\text{opt}} + 0.4} \right)^{\frac{N_{\text{opt}}}{K}} = P_{\text{unten}} \quad (2)$$

N_{opt} - optimaler Stichprobenumfang

Als Lösung ergibt sich ein von der Beobachtungszeit abhängiger optimaler Stichprobenumfang. Wählt man als unteren Wert der Nicht-Überschreitenswahrscheinlichkeit 0.001, ergeben sich die zu fordernden Stichprobenumfänge nach Tabelle 1.

Tabelle 1: Optimaler Stichprobenumfang in Abhängigkeit der Beobachtungsdauer

Beobachtungsjahre K	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
Stichprobenumfang N_{opt}	20	35	48	61	74	86	97	109	120	131

Mit f_{rel} liegt ein Schätzer für die Extremwertverteilung von Starkwinden vor, für die nach neueren Untersuchungen die reverse Weibullverteilung ein geeignetes Modell darstellt [Simiu & Heckert, 1996], [Kasperski, 1998], [Holmes & Moriarty, 1999]. Wesentliches Merkmal dieser Verteilung ist, daß sie einem oberen Grenzwert zustrebt. Sie erweist sich damit insbesondere für die Analyse von solchen Ereignissen, die eine natürliche obere Grenze aufweisen, als geeignet. Eine solche Begrenzung ist in Bezug auf die Windgeschwindigkeiten aus geophysikalischen Gründen sinnvoll. Dieser hinsichtlich der Windlastmodellierung günstige Effekt ist mit der häufig angesetzten Gumbelverteilung, die sich im oberen Ende unbeschränkt bis ins Unendliche erstreckt, noch unberücksichtigt.

Die reverse Weibullverteilung wird mit drei Parametern, dem Mittelwert m , der Standardabweichung σ sowie dem Krümmungsparameter τ beschrieben:

$$F(x) = \exp \left[- \left(f_1 - f_2 \cdot \frac{x - m}{\sigma} \right)^{1/\tau} \right] \quad (3)$$

m - Mittelwert

σ - Standardabweichung

τ - Krümmungsparameter

Die Koeffizienten f_1 und f_2 hängen vom aktuellen Krümmungsparameter wie folgt ab:

$$f_1 = \Gamma(1 + \tau), f_2 = \sqrt{\Gamma(1 + 2 \cdot \tau) - f_1^2} \quad (5)$$

Γ - Gammafunktion

Für den Grenzfall $\tau = 0$ geht die Verteilung Typ III in eine Verteilung Typ I (Gumbelverteilung) über:

$$F(x) = \exp \left[- \exp \left(- \left[\gamma + \frac{\pi}{\sqrt{6}} \frac{x - m}{\sigma} \right] \right) \right] \quad (6)$$

γ - Euler Konstante = 0.5772

Die Identifikation der Parameter der Verteilung erfolgt über eine Anpassung der theoretischen Vorgabe an die beobachtete Spur der Nicht-Überschreitung. Dabei ist insbesondere zu fordern, daß die extremen Ereignisse sich an eine Extremwertverteilung annähern, d.h. nur der rechte Ast der Verteilung ist anzupassen. Somit stellt sich die Frage, ab welchem Startwert p_{start} der Nicht-Überschreitenswahrscheinlichkeit die Anpassung erfolgen sollte.

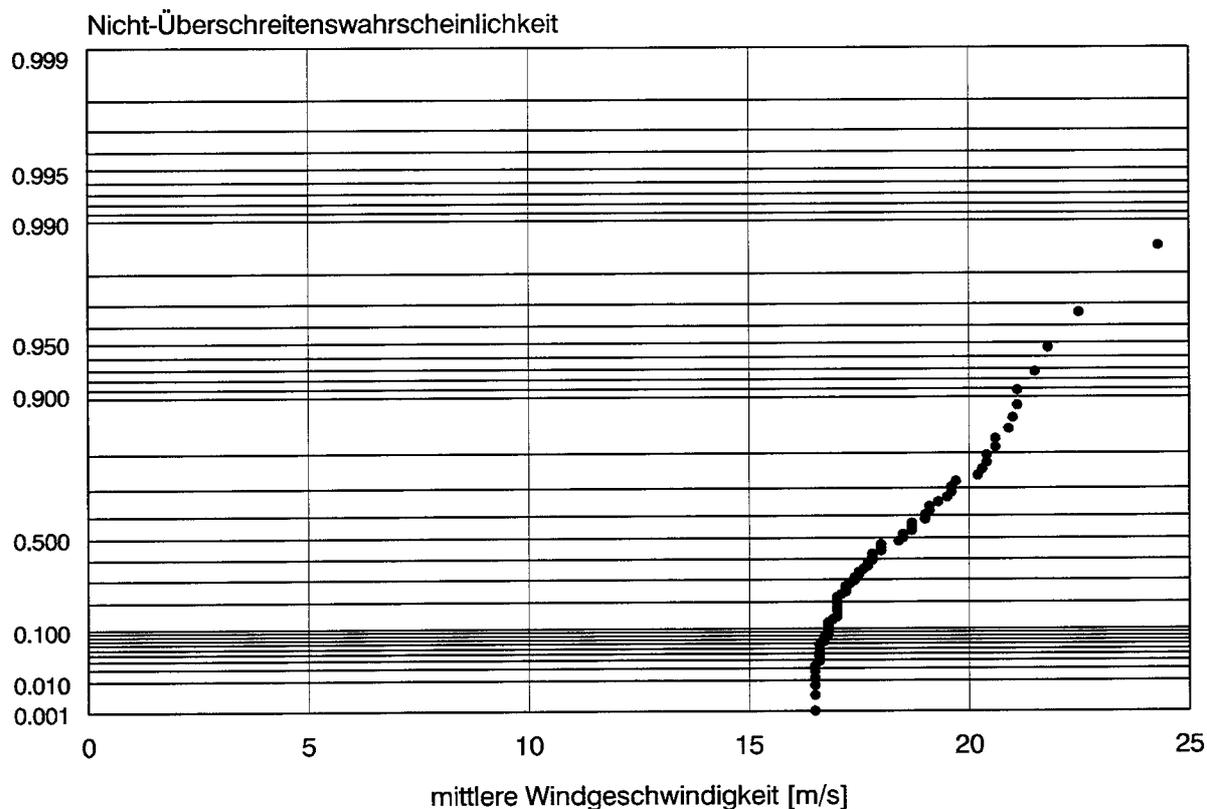


Bild 2: Typischer Verlauf einer Spur der beobachteten Nicht-Überschreitenswahrscheinlichkeit im Gumbel-Wahrscheinlichkeitspapier

Grundsätzlich zeigt sich bei Auftragung der Spur der Nicht-Überschreitenswahrscheinlichkeit der optimalen Stichprobe im unteren Bereich der geringen Nicht-Überschreitenswahrscheinlichkeiten eine große Steigung, die dann allmählich zum Bereich der mittleren Nicht-Überschreitenswahrscheinlichkeiten merklich abnimmt. Der Übergang zwischen diesen beiden Bereichen ist i.d.R. in der Graphik als mehr oder weniger scharfer Knick deutlich sichtbar, so daß hiermit ein Kriterium für die Festlegung des Startwertes vorliegt (s.a. Bild 2). Typische Startwerte liegen zwischen 0.3 und 0.4 Nicht-Überschreitenswahrscheinlichkeit, d.h. es wird unterstellt, daß ein extremes Ereignis im statistischen Mittel alle 1.4 bis 1.7 Jahre auftritt. Mit den identifizierten Parametern können die 98%- und 99.9%-Fraktilewerte ermittelt werden. Dabei ist die Schätzung der 99.9% infolge der Extrapolation um mehr als eine Größenordnung (Extrapolation auf Überschreitenswahrscheinlichkeit 1/1000 bei Beobachtungszeitraum von wenigen Dekaden) mit merklichen statistischen Unsicherheiten behaftet. Eine unmittelbare Verifikation des Teilsicherheitsfaktors für Windlasten als Quadrat des Quotienten 99.9%-Fraktile zu 98%-Fraktile ist somit auf der Grundlage der Roh-Schätzungen einer Station nicht möglich.

Es besteht die Möglichkeit, durch eine Zusammenfassung benachbarter Windmeßstationen die zugrundeliegende Stichprobe signifikant zu vergrößern. Voraussetzung hierfür ist, daß an den in Frage kommenden Nachbarstationen das gleiche Starkwindklima vorherrscht. Lokale Windeffekte sind hierbei auszuschließen. Geländeform und Oberflächenbeschaffenheiten sollten an den Stationen in der durch die Windlastnorm geforderten Detailtreue vergleichbar sein. Mit der Stationszusammenfassung ergibt sich allerdings die Notwendigkeit, aus den zusammengelegten Stichproben alle mehrfach erfaßten Starkwindereignisse zu eliminieren. Analog zu oben wird erneut ein maximaler Zeitabstand von 12 Stunden angesetzt. Sturmstunden, die in kürzerer Folge auftreten, werden dem gleichen Sturm zugeordnet. Von allen Windgeschwindigkeiten dieses Sturmes wird ausschließlich das Maximum in die Gruppenstatistik übernommen.

2.2 Beschreibung des Starkwindklimas

Die Nicht-Überschreitenswahrscheinlichkeiten eines bestimmten Geschwindigkeitsniveaus für die einzelnen Sturmtypen lassen sich bei Unabhängigkeit der beteiligten Prozesse zu einer Gesamtaussage der Nicht-Überschreitenswahrscheinlichkeit wie folgt zusammenfassen:

$$p(v \leq v_{\text{ref}}) = p_{\text{fd}}(v \leq v_{\text{ref}}) \cdot p_{\text{th}}(v \leq v_{\text{ref}}) \cdot p_{\text{gf}}(v \leq v_{\text{ref}}) \quad (7)$$

p_{fd} - Wahrscheinlichkeitsverteilung der Windgeschwindigkeiten in Sturmtiefs

p_{th} - Wahrscheinlichkeitsverteilung der Windgeschwindigkeiten in Gewittern

p_{gf} - Wahrscheinlichkeitsverteilung der Windgeschwindigkeiten in Böenfronten

Ist an einem Standort ein Sturmphänomen dominant, kann unmittelbar als charakteristischer Wert der Windgeschwindigkeit die entsprechende 98%-Fraktile des dominanten Sturmtyps gesetzt werden (s.a. Tabelle 2). Andernfalls ergibt sich der charakteristische Wert interpolativ wie in Tabelle 3 gezeigt.

Tabelle 2: Beispiel für ein Windklima mit einem dominanten Sturmphänomen

v_{ref} [m/s]	$p_{\text{fd}}(v \leq v_{\text{ref}})$	$p_{\text{th}}(v \leq v_{\text{ref}})$	$p_{\text{gf}}(v \leq v_{\text{ref}})$	$p(v \leq v_{\text{ref}})$
14	0.154	0.9546	0.7052	0.1037
15	0.3754	0.98	0.8736	0.3214
16	0.5987	0.9913	0.9491	0.5632
17	0.7644	0.9962	0.98	0.7463
18	0.8688	0.9983	0.9922	0.8606
19	0.929	0.9993	0.997	0.9255
20	0.9622	0.9997	0.9988	0.9607
21	0.98	0.9999	0.9995	0.9794
22	0.9895	0.9999	0.9998	0.9892
23	0.9945	1	0.9999	0.9944
24	0.9971	1	1	0.9971
25	0.9985	1	1	0.9985

Tabelle 3: Beispiel für ein Windklima mit einem gemischtem Starkwindklima

v_{ref} [m/s]	$p_{\text{ra}}(v \leq v_{\text{ref}})$	$p_{\text{th}}(v \leq v_{\text{ref}})$	$p_{\text{gf}}(v \leq v_{\text{ref}})$	$p(v \leq v_{\text{ref}})$
14	0.154	0.5828	0.4906	0.044
15	0.3754	0.7559	0.6748	0.1915
16	0.5987	0.865	0.8048	0.4167
17	0.7644	0.9276	0.887	0.6289
18	0.8688	0.9618	0.9359	0.782
19	0.929	0.98	0.9641	0.8777
20	0.9622	0.9896	0.98	0.9331
21	0.98	0.9946	0.9889	0.9639
22	0.9895	0.9972	0.9939	0.9806
23	0.9945	0.9985	0.9966	0.9897
24	0.9971	0.9992	0.9981	0.9945
25	0.9985	0.9996	0.999	0.9971

2.3 Richtungseinfluß

Eurocode 1, Teil 2.4 Windlasten führt explizit in seinem Hauptteil einen Richtungsfaktor c_{DIR} ein, der es erlaubt, richtungsabhängige Windlasten herzuleiten. Die Spezifizierung entsprechender Zahlenwerte ist, wie auch die Windzonenkarte selbst, Aufgabe der zuständigen nationalen Gremien.

Üblicherweise werden Sektoren von 30° unterschieden. Grundsätzlich akkumuliert sich für ein Sturmphänomen die beobachtete richtungsunabhängige Nicht-Überschreitenswahrscheinlichkeit einer bestimmten Windgeschwindigkeit folgendermaßen aus den einzelnen Sektorbeiträgen:

$$p(v \leq v_{ref}) = \prod_{i=1}^{12} p(v \leq v_{ref})^{h_i} \quad (8)$$

h_i - relative Häufigkeit der extremen Windgeschwindigkeiten im Sektor i

Dabei ist zu beachten, daß bei den Gewitterereignissen die mittlere Windrichtung der zugehörigen Stunde nicht unbedingt auch die Windrichtung der beobachteten Bö sein muß. Somit scheidet aufgrund der unsicheren Daten die Herleitung eines Richtungsfaktors für den Sturmtyp Gewitter aus.

In der Vergangenheit wurden vielfach Gutachten erstellt, mit dem Ziel, den charakteristischen Wert $v_{ref, i}$ mit $p = 0.98$ unabhängig für jede Windrichtung i zu ermitteln. Bei Akkumulation über z.B. zwölf 30° -Sektoren ergibt sich dann eine Nicht-Überschreitenswahrscheinlichkeit von $0.98^{12} = 0.785$, d.h. ein erheblich zu kleiner Wert.

Die Überschreitenswahrscheinlichkeit der richtungsscharfen Windlast ergibt sich streng genommen nicht nur aus dem Starkwindklima, d.h. der Richtungsabhängigkeit der Starkwindereignisse, sondern auch aus der Aerodynamik des Baukörpers, d.h. der Richtungsabhängigkeit der aerodynamischen Koeffizienten in Form von Druck- oder Kraftbeiwerten. Eine Trennung dieses Zusammenhanges in zwei unabhängige Richtungseinflüsse ist nicht allgemeingültig, d.h. für beliebige Baukörper, möglich. Statt dessen wird üblicherweise eine konservative Näherung eingeführt, bei der die Überschreitenswahrscheinlichkeit der richtungsabhängigen Windgeschwindigkeit gegenüber der richtungsunabhängigen verringert wird. Als neuen Zielwert der Überschreitenswahrscheinlichkeit erhält man:

$$p(v \leq v_{ref, i}) = p(v \leq v_{ref})^{1/N_i} \quad (9)$$

N_i - Anzahl der Sektoren

Bei diesem Ansatz wird aus jeder Windrichtung die gleiche Nicht-Überschreitenswahrscheinlichkeit gefordert. Verwendet man als Ausgangswert für $p(v \leq v_{ref})$ den charakteristischen Wert 0.98, führt der obige Zusammenhang bei der üblichen Einteilung in 30° -Sektoren auf den Zielwert von $0.98^{1/12} = 0.9983$ für die anzusetzende Windgeschwindigkeit in jedem Sektor.

Die anzusetzende Windgeschwindigkeit läßt sich explizit aus der Umkehrfunktion der Nicht-Überschreitenswahrscheinlichkeiten ermitteln, wenn nur ein Sturmphänomen beteiligt ist. Bei mehr als einem beitragenden Sturmphänomen ergibt sich die anzusetzende Windgeschwindigkeit $v_{\text{ref}, i}$ implizit aus der Forderung:

$$p(v \leq v_{\text{ref}, i}) = \prod_k p_k(v \leq v_{\text{ref}, i})^{h_{k,i}} \quad (10)$$

p_k - Nicht-Überschreitenswahrscheinlichkeit für Sturmphänomen k

$h_{k,i}$ - relative Häufigkeit des Sturmphänomens k im Sektor i

Für den Fall des Windklimas in Deutschland mit den drei beteiligten Sturmphänomenen Sturmtief, Gewitter und Böenfront gilt dann:

$$p(v \leq v_{\text{ref}, i}) = p_{\text{fd}}(v \leq v_{\text{ref}, i})^{h_{\text{fd},i}} \cdot p_{\text{th}}(v \leq v_{\text{ref}, i})^{h_{\text{th},i}} \cdot p_{\text{gf}}(v \leq v_{\text{ref}, i})^{h_{\text{gf},i}} = 0.9983 \quad (11)$$

p_{fd} - Wahrscheinlichkeitsverteilung der Windgeschwindigkeiten in Sturmtiefs

p_{th} - Wahrscheinlichkeitsverteilung der Windgeschwindigkeiten in Gewittern

p_{gf} - Wahrscheinlichkeitsverteilung der Windgeschwindigkeiten in Böenfronten

$h_{\text{fd}, i}$ - relative Häufigkeit von Sturmtiefs im Sektor i

$h_{\text{th}, i}$ - relative Häufigkeit von Gewittern im Sektor i

$h_{\text{gf}, i}$ - relative Häufigkeit von Böenfronten im Sektor i

Für den Fall, daß für einzelne Sturmtypen keine Information über die Richtungsabhängigkeit vorliegt, ist der entsprechende Wert der relativen Häufigkeit zu 1.0 zu setzen.

3. Datenmaterial

3.1 Allgemeines

Grundlage der Untersuchung bilden die an den Stationen des Deutschen Wetterdienstes aufgezeichneten meteorologischen Daten. Pro Tag stehen üblicherweise 24 Stundenmittelwerte der Windgeschwindigkeit sowie die mittlere Windrichtung zur Verfügung. Zusätzlich sind pro Tag die maximale Böenwindgeschwindigkeit sowie der zugehörige Zeitpunkt mit Stunde und Minute angegeben. Die Daten liegen in elektronischer Form vor.

Bereits identifizierte Fehlmessungen sind durch Zahlenschlüssel gekennzeichnet. Zumindest bei den Tageswindspitzen handelt es sich um zum Teil ungeprüfte Daten, d.h. vor der Auswertung sind eventuell fehlerhafte Aufzeichnungen zu eliminieren oder zu korrigieren. Eine erste Plausibilitätsprüfung besteht in der Forderung, daß die beobachtete Tagesspitze größer als die beobachteten Stundenmittelwerte des Tages sein muß. Ein weiteres mögliches Indiz für eine Fehlmessung ist, wenn der Abstand der Tagesspitze zum zugehörigen Stundenmittelwert sehr groß wird oder wenn die beobachtete Tagesspitze deutlich größer ist als alle anderen beobachteten Tagesspitzen im gesamten Untersuchungszeitraum.

Auf seiten der Stundenmittelwerte können Fehlmessungen erkannt werden, wenn die Stundenmittelwerte den gewählten Schwellenwert für ein Sturmtief nur einmalig und dabei erheblich überschreiten und keine typische Entwicklung einer Sturmsituation zu erkennen ist. Analog zu den Tagesspitzen kann auch hier die Forderung formuliert werden, daß ein Ereignis zahlenmäßig nicht zu weit von den anderen beobachteten extremen Ereignissen entfernt sein darf. Schließlich sind grundsätzlich Zahlenwerte innerhalb von bereits gekennzeichneten Fehlmessungen über mehrere Stunden mit entsprechender Sorgfalt zu prüfen, in dem z.B. Nachbarstationen als Referenz mit herangezogen werden.

Zur Beurteilung der Qualität der Beobachtungsdaten werden als weitere wichtige Informationsquelle die Stationsbeschreibungen des DWD herangezogen. Ein Teil der untersuchten Stationen wird durch die Bundeswehr betrieben. Entsprechende Stationsbeschreibungen konnten vom Amt für Wehrgeophysik in Traben-Trarbach zur Verfügung gestellt werden. Für eine Beurteilung der umgebenden Rauigkeiten kann für einzelne Stationen auf die DWD-Veröffentlichung von 1996 'Winddaten für Energienutzer' zurückgegriffen werden.

3.2 Stationsübersicht

Es wurde eine Auswahl von 183 Stationen getroffen, die eine für das Gebiet der Bundesrepublik Deutschland flächendeckende und repräsentative Übersicht des Starkwindklimas liefert. Tabelle 4 führt die ausgewählten Stationen mit den Ortskoordinaten, der Stationshöhe über Normalnull und der Meßhöhe über Grund auf. Zur leichteren Orientierung ist darüber hinaus das zugehörige Bundesland benannt.

Tabelle 4: Stationsliste

Ifd. Nr.	Stationsname	Breite	Länge	Höhe ü.N.N. [m]	Höhe ü.Grund [m]	Bundesland	Beobachtungszeitraum [Jahre]	Beobachtungsjahre Stundenmittel [Jahre]	Beobachtungsjahre Böen [Jahre]
1	Bellingen	4744	734	292	-	Baden-Württemberg	26	26	0
2	Bremgarten	4754	737	212	-	Baden-Württemberg	24	24	24
3	Feldberg	4752	800	1486	10	Baden-Württemberg	45	31	31
4	Freiburg	4800	751	269	45	Baden-Württemberg	45	45	45
5	Freudenstadt	4827	825	797	17	Baden-Württemberg	30	30	30
6	Friedrichshafen	4739	929	398	11	Baden-Württemberg	35	25	25
7	Karlsruhe	4902	822	112	15	Baden-Württemberg	52	52	49
8	Klippeneck	4806	845	973	10	Baden-Württemberg	31	31	31
9	Konstanz	4741	911	443	17	Baden-Württemberg	41	41	41
10	Lahr	4822	750	155	10	Baden-Württemberg	23	23	23
11	Laupheim	4813	955	538	10	Baden-Württemberg	30	30	30
12	Mannheim	4931	833	96	22	Baden-Württemberg	31	31	31
13	Oehringen	4913	931	276	10	Baden-Württemberg	48	34	32
14	Saeckingen	4734	756	358	-	Baden-Württemberg	29	29	10
15	Schauinsland	4755	755	1205	-	Baden-Württemberg	42	42	42
16	Schonach	4808	812	904	-	Baden-Württemberg	28	28	28
17	Stoetten	4840	952	734	10	Baden-Württemberg	47	46	46
18	Stuttgart	4841	913	371	10	Baden-Württemberg	29	25	25
19	Ulm	4823	957	576	12	Baden-Württemberg	30	27	27
20	Altenstadt	4750	1052	739	10	Bayern	16	16	16
21	Augsburg	4826	1056	461	10	Bayern	39	36	31
22	Bamberg	4953	1055	239	10	Bayern	29	29	29
23	Bayreuth	4958	1133	488	10	Bayern	19	19	19
24	Coburg	5017	1059	337	11	Bayern	28	28	28
25	Erding	4819	1157	462	10	Bayern	24	24	24
26	Erdinger	4822	1148	446	10	Bayern	8	8	8
27	Fuerstenfeldbruck	4812	1116	519	10	Bayern	23	20	20
28	Garmisch	4729	1104	719	10	Bayern	31	31	31
29	Hohenpeissenberg	4748	1101	977	23.3	Bayern	61	61	49
30	Hohensass (Hof)	5019	1153	567	16	Bayern	52	52	52
31	Ingolstadt	4844	1131	367	10	Bayern	26	25	25
32	Kempten	4743	1020	705	10	Bayern	34	34	30
33	Kissingen	5012	1005	262	10	Bayern	28	28	28
34	Kuemmersbruck	4926	1154	419	10	Bayern	26	26	26
35	Landsberg	4805	1055	621	10	Bayern	31	31	31
36	Lechfeld	4811	1052	550	10	Bayern	31	28	28
37	Leipheim	4826	1014	477	10.3	Bayern	19	19	19
38	Memmingen	4759	1014	634	10	Bayern	31	31	31
39	Muehldorf	4817	1230	405	10	Bayern	45	45	29
40	Muenchen	4808	1143	529	10	Bayern	43	43	43
41	Neuburg	4843	1113	380	10	Bayern	27	26	24
42	Nuernberg	4930	1103	310	10	Bayern	51	49	49
43	Oberstdorf	4724	1017	810	17	Bayern	49	49	49
44	Passau	4835	1328	409	10	Bayern	31	31	28
45	Regensburg	4903	1206	366	10	Bayern	51	38	38

lfd. Nr.	Stationsname	Breite	Länge	Höhe ü.N.N. [m]	Höhe ü.Grund [m]	Bundesland	Beobachtungszeitraum [Jahre]	Beobachtungsjahre Stundenmittel [Jahre]	Beobachtungsjahre Böen [Jahre]
46	Roth	4913	1106	388	13	Bayern	29	29	29
47	Straubing	4850	1234	350	10	Bayern	26	26	26
48	Weiden	4940	1211	438	10	Bayern	48	33	32
49	Weihenstephan	4824	1142	470	10	Bayern	28	16	16
50	Weissenburg	4901	1058	422	10.1	Bayern	31	25	25
51	Wendelstein	4742	1201	1832	6	Bayern	31	21	17
52	Wuerzburg	4946	958	268	10	Bayern	34	34	30
53	Berlin Schoenefeld	5223	1332	46	10	Berlin	27	27	9
54	Berlin Tempelhof	5228	1324	48	10	Berlin	26	26	26
55	Angermuende	5302	1400	56	18	Brandenburg	21	21	8
56	Cottbus	5147	1419	69	16	Brandenburg	17	17	9
57	Gruenow	5319	1356	55	18	Brandenburg	19	19	8
58	Lindenberg	5123	1407	98	9	Brandenburg	49	49	8
59	Neuruppin	5254	1248	38	18	Brandenburg	27	26	9
60	Potsdam	5223	1304	81	39.3	Brandenburg	107	102	8
61	Bremen	5303	848	4	10	Bremen	74	54	49
62	Bremerhaven	5332	835	7	10	Bremen	48	48	47
63	Hamburg	5338	959	11	10	Hamburg	50	50	46
64	Frankfurt	5003	835	111	10	Hessen	33	32	32
65	Geisenheim	4959	757	118	10	Hessen	49	49	49
66	Giessen	5035	842	186	21	Hessen	61	58	46
67	Kassel	5118	927	231	10	Hessen	46	46	46
68	Kl_Feldberg	5013	827	805	9.5	Hessen	34	34	34
69	Offenbach	5007	844	112	67	Hessen	21	19	19
70	Wasserkuppe	5030	957	945	10	Hessen	41	35	35
71	Arkona	5441	1326	42	24	Mecklenburg-Vorpommern	27	27	9
72	Barth	5420	1243	7	10	Mecklenburg-Vorpommern	19	19	8
73	Boizenburg	5324	1041	45	18	Mecklenburg-Vorpommern	27	20	9
74	Boitenhagen	5400	1112	15	18	Mecklenburg-Vorpommern	27	27	9
75	Greifswald_1	5406	1324	2	25	Mecklenburg-Vorpommern	22	22	0
76	Greifswald_2	5406	1327	15	18	Mecklenburg-Vorpommern	17	17	0
77	Marnitz	5319	1156	81	18	Mecklenburg-Vorpommern	19	19	8
78	Neubrandenburg	5333	1312	81	18	Mecklenburg-Vorpommern	24	24	9
79	Putbus	5422	1329	40	18	Mecklenburg-Vorpommern	18	18	8
80	Rostock	5411	1205	4	22	Mecklenburg-Vorpommern	46	46	9
81	Schwerin	5339	1123	59	22	Mecklenburg-Vorpommern	46	24	8
82	Teterow	5346	1237	46	18	Mecklenburg-Vorpommern	27	27	9
83	Ueckermuende	5345	1404	1	18	Mecklenburg-Vorpommern	18	18	8
84	Ahlhorn	5253	814	48	-	Niedersachsen	27	27	27
85	Bergen	5249	956	70	10	Niedersachsen	27	27	27
86	Braunlage	5144	1036	607	14	Niedersachsen	63	39	31
87	Braunschweig	5218	1027	81	10	Niedersachsen	34	34	34
88	Bueckeberg	5217	905	70	10	Niedersachsen	28	28	28
89	Celle Wietzenbruch	5236	1002	39	10	Niedersachsen	26	26	26
90	Cuxhaven	5352	842	5	25.9	Niedersachsen	31	31	31
91	Diepholz	5235	821	39	10	Niedersachsen	26	24	24
92	Emden	5325	714	0	10	Niedersachsen	3	1	1
93	Emden-Nesserland	5320	711	5	10	Niedersachsen	22	17	17
94	Emden-Wolthusen	5322	713	-	-	Niedersachsen	25	25	20
95	Fassberg	5255	1011	75	10	Niedersachsen	29	29	28
96	Goettingen	5130	957	167	10	Niedersachsen	31	31	31
97	Hameln	5208	920	-	-	Niedersachsen	20	20	20
98	Hannover	5228	942	55	10	Niedersachsen	50	50	47
99	Jever	5332	754	7	10	Niedersachsen	31	31	31
100	Lingen	5231	718	24	15	Niedersachsen	30	30	30
101	Luechow	5258	1108	17	10	Niedersachsen	28	28	28
102	Lueneburg	5316	1026	11	10	Niedersachsen	22	22	22

lfd. Nr.	Stationsname	Breite	Länge	Höhe ü.N.N. [m]	Höhe ü.Grund [m]	Bundesland	Beobachtungszeitraum [Jahre]	Beobachtungsjahre Stundenmittel [Jahre]	Beobachtungsjahre Böen [Jahre]
103	Meppen	5243	719	19	13	Niedersachsen	27	27	26
104	Norderney	5343	709	11	11.8	Niedersachsen	31	31	31
105	Nordholz	5346	840	25	10	Niedersachsen	26	26	26
106	Oldenburg	5311	810	11	10	Niedersachsen	31	31	31
107	Osnabrueck	5215	803	95	18	Niedersachsen	41	41	41
108	Quickborn	5344	953	13	10	Niedersachsen	14	14	14
109	Soltau	5300	950	77	15.6	Niedersachsen	48	48	47
110	Waldhof	5248	1045	72	-	Niedersachsen	17	17	0
111	Wittmundhafen	5333	740	8	10	Niedersachsen	31	30	30
112	Wunstorf	5227	925	57	10	Niedersachsen	26	26	26
113	Aachen	5047	606	202	16	Nordrhein-Westfalen	63	53	46
114	Bocholt	5150	632	21	12	Nordrhein-Westfalen	25	25	25
115	Bonn	5042	703	158	10	Nordrhein-Westfalen	25	25	25
116	Duesseldorf	5118	647	45	10	Nordrhein-Westfalen	48	48	45
117	Essen	5124	656	129	10	Nordrhein-Westfalen	37	37	37
118	Guetersloh	5156	819	72	10	Nordrhein-Westfalen	24	23	23
119	Hagen	5124	730	106	10	Nordrhein-Westfalen	21	21	21
120	Haltern	5144	713	42	10	Nordrhein-Westfalen	21	21	21
121	Hopsten	5220	732	39	10	Nordrhein-Westfalen	26	26	26
122	Kahler	5111	829	841	26	Nordrhein-Westfalen	31	31	31
123	Koeln	5053	708	69	10	Nordrhein-Westfalen	43	43	43
124	Laarbruch	5136	608	32	10	Nordrhein-Westfalen	23	23	23
125	Lippspringe	5147	850	157	10	Nordrhein-Westfalen	29	29	29
126	Luedenscheid_1	5115	739	385	13	Nordrhein-Westfalen	27	27	27
127	Luedenscheid_2	5113	738	421	15	Nordrhein-Westfalen	7	7	7
128	Muenster	5157	735	61	23.6	Nordrhein-Westfalen	27	27	27
129	Noervenich	5050	640	118	10	Nordrhein-Westfalen	31	31	30
130	Rheine	5218	723	40	10	Nordrhein-Westfalen	29	29	29
131	Salzuffen	5206	845	129	10	Nordrhein-Westfalen	31	31	31
132	Werl	5134	755	82	16.2	Nordrhein-Westfalen	20	20	20
133	Buechel	5010	704	478	10	Rheinland-Pfalz	35	34	34
134	Deuselbach	4946	703	480	10	Rheinland-Pfalz	31	31	31
135	Idar_Oberstein	4942	720	376	11	Rheinland-Pfalz	26	26	26
136	Kaiserslautern	4927	747	248	10	Rheinland-Pfalz	18	18	18
137	Marienberg	5040	758	547	10	Rheinland-Pfalz	31	31	31
138	Trier	4945	640	265	18	Rheinland-Pfalz	46	23	9
139	Weinbiet	4923	807	553	25	Rheinland-Pfalz	27	18	18
140	Berus	4916	641	363	12	Saarland	31	31	31
141	Neunkirchen	4921	710	271	27.4	Saarland	21	21	21
142	Saarbrücken	4913	707	323	10	Saarland	44	44	44
143	Chemnitz	5048	1252	418	15	Sachsen	39	39	9
144	Dresden	5108	1345	227	10	Sachsen	27	27	8
145	Fichtelberg	5026	1257	1213	21.5	Sachsen	45	45	9
146	Goerlitz	5110	1457	238	13	Sachsen	37	37	9
147	Leipzig	5125	1214	144	14	Sachsen	28	28	9
148	Plauen	5029	1208	386	18	Sachsen	27	22	9
149	Brocken	5148	1037	1142	27	Sachsen-Anhalt	44	44	8
150	Gardelegen	5231	1124	47	16	Sachsen-Anhalt	41	38	9
151	Halle	5131	1157	96	8	Sachsen-Anhalt	28	23	9
152	Magdeburg	5208	1136	79	18	Sachsen-Anhalt	43	43	9
153	Wenigerode	5151	1046	234	15	Sachsen-Anhalt	47	47	8
154	Witterberg	5153	1239	105	12	Sachsen-Anhalt	39	36	8
155	Ahrensburg	5340	1012	46	10	Schleswig-Holstein	31	31	20
156	Brunsbuettel	5353	909	5	23.5	Schleswig-Holstein	34	33	33
157	Buesum	5407	852	7	20	Schleswig-Holstein	35	35	34
158	Eggebek	5437	921	20	10	Schleswig-Holstein	28	28	28
159	Flensburg	5447	923	41	10	Schleswig-Holstein	18	18	18
160	Gluecksburg	5450	930	27	32	Schleswig-Holstein	29	29	29
161	Hallig	5435	831	4	10	Schleswig-Holstein	31	31	25

lfd. Nr.	Stationsname	Breite	Länge	Höhe ü.N.N. [m]	Höhe ü.Grund [m]	Bundesland	Beobachtungszeitraum [Jahre]	Beobachtungsjahre Stundenmittel [Jahre]	Beobachtungsjahre Böen [Jahre]
162	Helgoland	5410	754	4	10	Schleswig-Holstein	41	41	41
163	Hohn	5419	932	10	10	Schleswig-Holstein	31	31	31
164	Jagel	5428	931	22	10	Schleswig-Holstein	29	29	29
165	Kiel	5423	1009	27	10	Schleswig-Holstein	26	26	26
166	Leck	5448	857	7	10	Schleswig-Holstein	29	28	28
167	List	5501	825	26	12	Schleswig-Holstein	50	50	50
168	Luebeck_1	5353	1042	8	10	Schleswig-Holstein	35	35	35
169	Luebeck_2	5349	1042	14	10	Schleswig-Holstein	15	15	15
170	Peter_Ording	5420	836	11	11	Schleswig-Holstein	31	29	29
171	Ploen	5410	1026	26	15	Schleswig-Holstein	27	27	27
172	Schleswig	5432	933	43	16.6	Schleswig-Holstein	42	42	42
173	Schwesing	5431	909	26	10	Schleswig-Holstein	28	28	28
174	Travemuende	5358	1053	2	9.7	Schleswig-Holstein	29	29	29
175	Westerland	5455	818	12	10	Schleswig-Holstein	22	22	0
176	Westermakelsdorf	5432	1104	3	10	Schleswig-Holstein	43	43	43
177	Artern	5123	1118	164	12	Thüringen	39	39	9
178	Erfurt	5059	1058	315	10	Thüringen	27	27	9
179	Gera	5053	1208	311	12	Thüringen	27	27	9
180	Kaltennordheim	5038	1009	487	14	Thüringen	47	44	9
181	Leinefeld	5124	1019	356	13	Thüringen	27	24	9
182	Sonneberg	5023	1111	626	16	Thüringen	26	26	26
183	Weimar	5059	1119	264	17	Thüringen	50	38	2

4. Ergebnisse

4.1 Gruppenbildung

Die Auswertung von Stationsgruppen statt Einzelstationen führt grundsätzlich zu einer Verschiebung der Spur der Nicht-Überschreitenswahrscheinlichkeiten zu höheren Windgeschwindigkeiten, da bei sich überschneidenden Ereignissen jeweils nur der größte beobachtete Wert in die Spur eingeht. Die Vergrößerung des Stichprobenumfangs kommt dabei nur indirekt zum Tragen, da für die Auftragung der Spur auch für die Gruppe das Kriterium der optimalen Stichprobengröße verwendet wird.

Die Gruppenbildung erfolgt unter der Bedingung, daß sich die Spuren der Nicht-Überschreitenswahrscheinlichkeiten der einzelnen Stationen merklich durchmischen, d.h. die gemeinsame Spur soll insbesondere im oberen Ast bei den hohen Windgeschwindigkeiten von allen beteiligten Stationen beeinflusst sein. Die Umsetzung dieser relativ scharfen Forderung führt dann für 183 Einzelstationen zur Bildung von 20 Dreiergruppen und 35 Zweiergruppen. 53 verbleibende Stationen lassen sich nicht in Gruppen zusammenfassen und verbleiben in der Einzelauswertung. Typische Beispiele sind in Bild 3 anhand der Stationen Düsseldorf und Essen und in Bild 4 für die Stationen List, Westerland und St. Peter-Ording gezeigt.

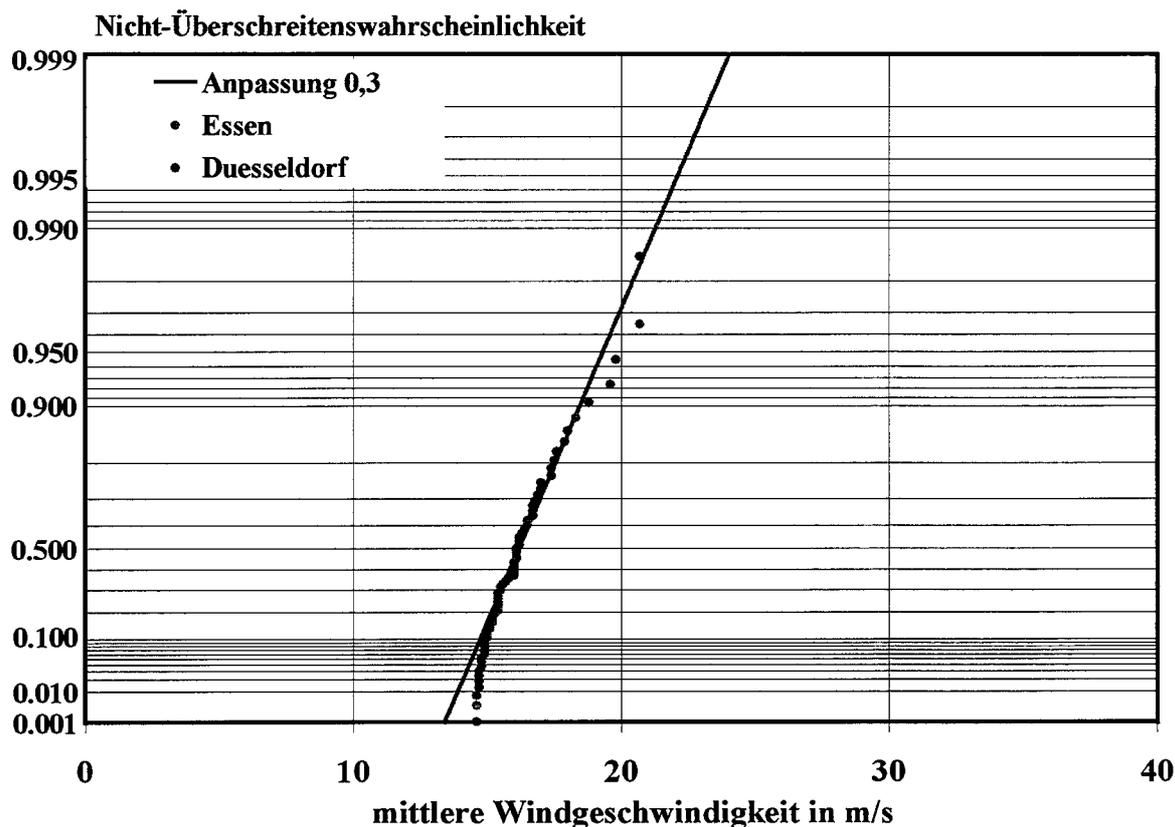


Bild 3: Gemeinsame Auswertung der Stationen Essen und Düsseldorf

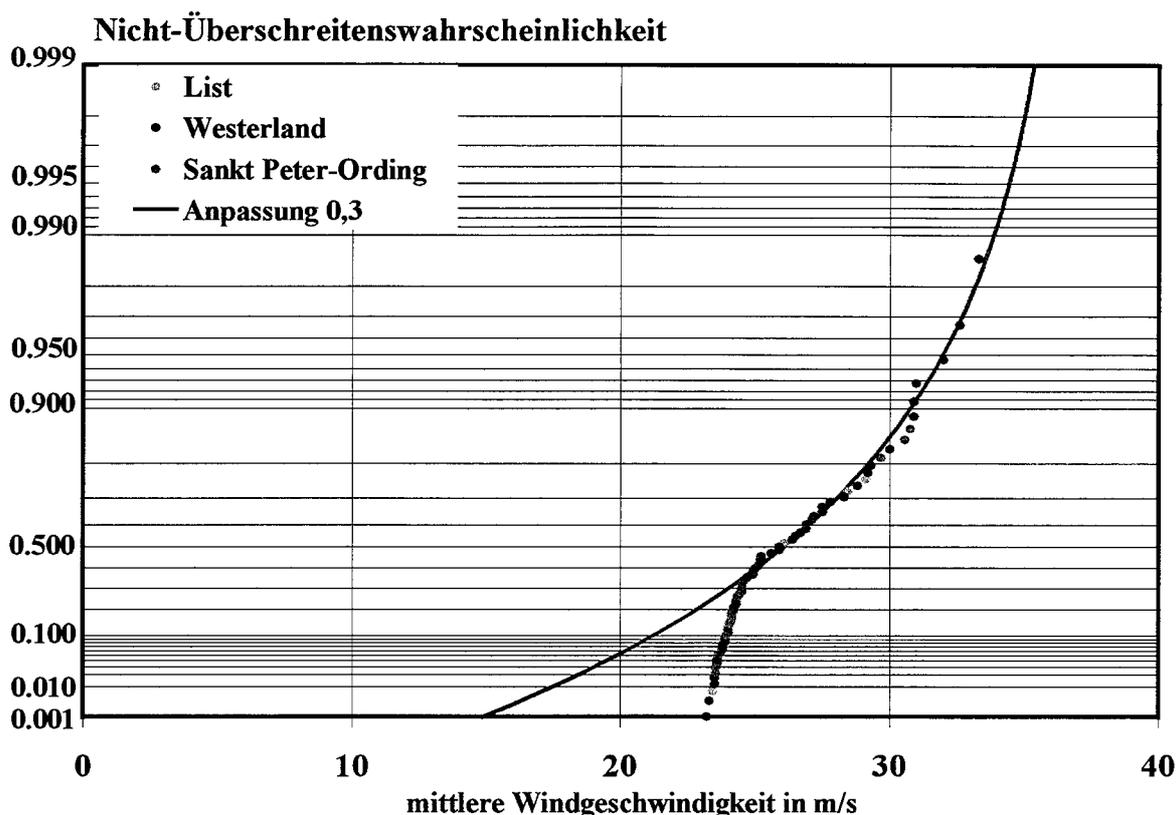


Bild 4: Gemeinsame Auswertung der Stationen List, Westerland, St. Peter-Ording

Als charakteristischen Wert erhält man für die Gruppe Düsseldorf-Essen den 98%-Fraktilewert der Windgeschwindigkeit von 20.4 m/s und für die Gruppe List, Westerland, St. Peter-Ording 33.4 m/s. Die Spur der letzteren Gruppe suggeriert dabei eine deutliche Krümmung der Wahrscheinlichkeitsverteilung, während die Spur für die Gruppe Düsseldorf/Essen praktisch nicht gekrümmt erscheint. Beide identifizierten Krümmung sind statistisch praktisch nicht abgesichert. Wie eine umfangreiche Monte-Carlo-Simulation gezeigt hat, kann bei einer begrenzten Stichprobe aus der Grundgesamt Gumbelverteilung (d.h. die 'wahre' Spur erscheint im Wahrscheinlichkeitspapier als Gerade) eine merkliche Krümmung rein zufällig beobachtet werden. Eine Extrapolation über die 98%-Fraktile wird daher im Rahmen der Auswertungen für die Erarbeitung einer Windzonenkarte in Abstimmung mit der Betreuergruppe nicht weiter verfolgt.

4.2 Zusammenfassung zu Windzonen

Die Ergebnisse der Auswertungen der Stationsgruppen bzw. Einzelstationen werden in eine Arbeitskarte übertragen, um anschließend eine weitere Zusammenfassung zu Windzonen zu ermöglichen. Da die Datengrundlage Stundenmittelwerte der Windgeschwindigkeit sind, DIN 1055 Teil 4 aber 10-Minuten-Mittelwerte verwendet, ist noch ein zusätzlicher Faktor zur Umrechnung einzuführen. In Übereinstimmung mit der Literatur [Simiu & Scanlan, 1996] wird konservativ ein Wert von 1.06 eingeführt.

Für die Einteilung in Windzonen wird eine Schrittweite von 2.5 m/s gewählt. Als kleinster Wert für die charakteristische Windgeschwindigkeit ergibt sich 22.5 m/s. Insgesamt ergeben sich 5 Windzonen, deren charakteristische Werte der mittleren Windgeschwindigkeit sowie des zugehörigen mittleren Windgeschwindigkeitsdruck in Tabelle 5 zusammengefaßt sind.

Tabelle 5: Charakteristische Werte der mittleren Windgeschwindigkeit und des zugehörigen Geschwindigkeitsdrucks

Windzone	I	II	III	IV	V
vm [m/s]	22.5	25.0	27.5	30.0	32.5
qm [kN/m ²]	0.32	0.39	0.47	0.56	0.66

Die weitere Zusammenfassung in Windzonen orientiert sich an der naturräumlichen Gliederung Deutschlands sowie den Bezirks- oder Gemeindegrenzen. Dabei ist es unvermeidlich, daß einzelne Standorte mit deutlich günstigerem Windklima innerhalb eines großräumigen Gebietes mit ungünstigem Windklima nicht gesondert ausgewiesen werden können.

Die Aufarbeitung der Ergebnisse erfolgt einerseits graphisch in einer Windzonenkarte, andererseits tabellarisch in einer Liste, in der für alle Bundesländer die Windzonen nach Bezirken und Gemeinden zugeordnet werden.

4.3 Auswertung der Windrichtung

Die Auswertungen der Richtungsabhängigkeit der Windgeschwindigkeiten zeigen, daß eine Aufarbeitung der Ergebnisse für die Normung im Sinne der Herleitung von Richtungsfaktoren nicht möglich ist. Tabelle 6 zeigt am Beispiel von ausgewählten Stationen in Nordrhein-Westfalen, die alle ein ähnliches Starkwindklima für den Sturmtyp Sturmtief aufweisen, daß die relative Häufigkeit der Windrichtungen sich merklich zwischen den Stationen unterscheidet. Eine für die gesamte Windzone gültige Zuordnung von Richtungsfaktoren ist somit nicht möglich. Die Aufarbeitung der Richtungsabhängigkeit wurde daher in Abstimmung mit der Betreuergruppe nicht weiter verfolgt.

Tabelle 6: Relative Häufigkeiten von Sturmtiefs an gleichartigen Stationen in Nordrhein-Westfalen

Sektor	Düsseldorf	Essen	Haltern	Hameln	Gütersloh	Münster	Werl
30°	0	0	0	0	0	0	0
60°	0	0	0	0	0	0	0
90°	0	0	0	0	0	0	0
120°	0	0	0	0	0	0	0
150°	0	0.11	0	0	0	0	0
180°	0.05	0	0	0	0	0	0
210°	0.40	0.24	0.10	0	0	0	0.04
240°	0.42	0.26	0.60	0.10	0.53	0.38	0.43
270°	0.13	0.30	0.20	0.52	0.43	0.54	0.54
300°	0	0.09	0	0.38	0.03	0.08	0
330°	0	0	0	0	0	0	0
360°	0	0	0.10	0	0	0	0

4.4 Windzonenkarte

Bild 5 zeigt die Verteilung der gewählten Windzonen über das Gebiet der Bundesrepublik Deutschland. Tabelle 7 faßt die Zuordnung der Bezirke und Gemeinden nach Bundesland geordnet zusammen.



Bild 5: Windzonenkarte Bundesrepublik Deutschland

Tabelle 7: Zuordnung der Windzonen zu Regierungsbezirken und Gemeinden für die Länder der Bundesrepublik Deutschland

1 Schleswig-Holstein	
1.1 Kreis Schleswig-Flensburg	
Windlastzone III :	Alle Gemeinden, soweit nicht in Zone IV; für einen 5 km tiefen Küstenstreifen gilt die Geländekategorie I
Windlastzone IV :	Amtsbereich Stapelholm mit den Gemeinden Wohlde, Bergenhusen, Norderstapel, Süderstapel, Erfde, Mengendorf, Tielen
1.2 Kreise Nordfriesland, Dithmarschen	
Windlastzone IV :	Alle Gemeinden, soweit nicht in Zone V; für einen 5 km tiefen Küstenstreifen gilt die Geländekategorie I
Windlastzone V :	Das gesamte, der Bundesrepublik Deutschland zugeordnete Gebiet der deutschen Bucht einschließlich aller Inseln und der diese ggf. mit dem Festland verbindenden Dammbauwerke (Grenze zum Land: Linie des mittleren Tidehochwassers) mit Ausnahme des Mündungstrichters der Elbe (östlich der Linie Cuxhaven-Brunsbüttel); es gilt die Geländekategorie I
1.3 Kreise Rendsburg- Eckernförde, Pinneberg, Steinburg	
Windlastzone III :	Alle Gemeinden, für einen 5 km tiefen Küstenstreifen gilt die Geländekategorie I
1.4 Kreise Segeberg, Plön, Stormarn, Herzogtum Lauburg, kreisfreie Städte Kiel, Lübeck, Neumünster	
Windlastzone II :	Alle Gemeinden, für einen 5 km tiefen Küstenstreifen gilt die Geländekategorie I
1.5 Kreis Ostholstein	
Windlastzone II :	Alle Gemeinden, soweit nicht in Zone III oder IV, für einen 5 km tiefen Küstenstreifen gilt die Geländekategorie I
Windlastzone III :	Amtsbereich Oldenburg Land mit den Gemeinden Gremersdorf, Neukirchen, Heringsdorf, Göhl, Grube, Dahme, Kellenhusen, Riepsdorf, Großenbrode, Stadt Heiligenhafen; für einen 5 km tiefen Küstenstreifen gilt die Geländekategorie I
Windlastzone IV :	Insel Fehmarn, es gilt die Geländekategorie I
1.6 Ostsee:	
Windlastzone IV :	Die gesamte der Bundesrepublik Deutschland zugeordnete Wasserfläche der westlichen Ostsee (Grenze zum Land: mittleres Tidehochwasser), ausgenommen Teile der Fören, es gilt die Geländekategorie I
Windlastzone III :	Lübecker Bucht westlich 11° Ost, Kieler Förde südlich Laboe, Eckernförder Bucht westlich 10° Ost, Schlei westlich 10° Ost, Flensburger Förde westlich 10° Ost, es gilt die Geländekategorie I
2 Hansestadt Hamburg	
Windlastzone II :	Stadt Hamburg

3 Hansestadt Bremen	
Windlastzone III :	Stadt Bremen
Windlastzone IV :	Stadt Bremerhaven, für einen 5 km tiefen Küstenstreifen gilt die Geländekategorie I
4 Niedersachsen	
4.1 Weser Ems	
4.1.1 Kreise Aurich, Wittmund, Friesland, kreisfreie Städte Emden, Wilhelmshaven	
Windlastzone IV :	Alle Gemeinden, soweit nicht in Zone V, für einen 5 km tiefen Küstenstreifen gilt die Geländekategorie I
Windlastzone V :	Das gesamte, der Bundesrepublik Deutschland zugeordnete Gebiet der deutschen Bucht einschließlich aller Inseln und der diese ggf. mit dem Festland verbindenden Dammbauwerke (Grenze zum Land: Linie des mittleren Tidehochwassers) mit Ausnahme des Mündungstrichters der Weser und Jade (südlich der Linie Hoogsiel-Wremen) und der Ems (südlich der Linie Spijk (Niederlande)-Groothusen), es gilt die Geländekategorie I
4.1.2 Kreis Wesermarsch	
Windlastzone III :	Alle Gemeinden, soweit nicht in Zone IV oder V
Windlastzone IV :	Die Gebiete Butjdingen, Stadland, Jader Marsch mit den Gemeinden Nordenham, Jade, Ovelgönne-Brake, der Mündungstrichters der Weser und Jade (südlich der Linie Hoogsiel-Wremen) Für einen 5 km tiefen Küstenstreifen gilt die Geländekategorie I
Windlastzone V :	Das gesamte, der Bundesrepublik Deutschland zugeordnete Gebiet der deutschen Bucht einschließlich aller Inseln und der diese ggf. mit dem Festland verbindenden Dammbauwerke (Grenze zum Land: Linie des mittleren Tidehochwassers) mit Ausnahme des Mündungstrichters der Weser und Jade (südlich der Linie Hoogsiel-Wremen), es gilt die Geländekategorie I
4.1.3 Kreise Leer, Ammerland, Oldenburg, kreisfreie Städte Oldenburg, Delmenhorst	
Windlastzone III :	Alle Gemeinden
4.1.4 Kreise Emsland, Grafschaft Bentheim, Cloppenburg, Vechta	
Windlastzone II :	Alle Gemeinden
4.1.5 Kreis Osnabrück	
Windlastzone I :	Gemeinden Wallenhorst, Belm, Bissendorf, Melle, Dissen, Hiltern, Bad Rothenfelde, Bad Laer, Glandorf, Bad Iburg, Hiltern, Georgs-Marienhütte, Hagen a.Tw., Hasberge, sowie die Stadt Osnabrück
Windlastzone II :	Alle Gemeinden, soweit nicht in Zone I
4.2 Lüneburg	
4.2.1 Kreis Cuxhaven	
Windlastzone IV :	Alle Gemeinden, soweit nicht in Zone V, für einen 5 km tiefen Küstenstreifen gilt die Geländekategorie I
Windlastzone V :	Das gesamte, der Bundesrepublik Deutschland zugeordnete Gebiet der deutschen Bucht einschließlich aller Inseln und der diese ggf. mit dem Festland verbindenden Dammbauwerke (Grenze zum Land: Linie des mittleren Tidehochwassers) mit Ausnahme des Mündungstrichters der Weser und Jade (südlich der Linie Hoogsiel-Wremen) und der Elbe (östlich der Linie Cuxhaven-Brunsbüttel), es gilt die Geländekategorie I

4.2.1 Kreis Stade	
Windlastzone III :	Alle Gemeinden, soweit nicht in Zone IV oder V
Windlastzone IV :	Die Gebiete Kehdingen mit den Gemeinden Freiburg, Balje, Krummendeich, Oederquart, für einen 5 km tiefen Küstenstreifen gilt die Geländekategorie I
Windlastzone V :	Das gesamte, der Bundesrepublik Deutschland zugeordnete Gebiet der deutschen Bucht einschließlich aller Inseln und der diese ggf. mit dem Festland verbindenden Dammbauwerke (Grenze zum Land: Linie des mittleren Tidehochwassers) mit Ausnahme des Mündungstrichters der Elbe (östlich der Linie Cuxhaven-Brunsbüttel), es gilt die Geländekategorie I
4.2.2 Kreis Osterholz	
Windlastzone III :	Alle Gemeinden
4.2.3 Kreis Rotenburg Wümme	
Windlastzone II :	Alle Gemeinden, soweit nicht in Zone III
Windlastzone III :	Die Gemeinden Bremervörde, Ganrrenburg, Alfstedt, Ebersdorf, Oerel, Hipstedt, Basdahl, Rhade, Breddorf, Hepstedt, Tarmstedt, Wilstedt, Vorwerk, Zeven, Heeslingen, Anderlingen, Selsingen, Seedorf, Ostereistedt, Kirchlimke, Westerlimke
4.2.4 Kreise Verden, Hamburg, Soltau Fallingb., Uelzen, Celle, Lüneburg, Lüchow-Dannenberg	
Windlastzone II :	Alle Gemeinden
4.3 Hannover	
4.3.1 Kreise Diepholz, Nienburg, Hannover, kreisfreie Stadt Hannover	
Windlastzone III :	Alle Gemeinden
4.3.2 Kreis Schaumburg	
Windlastzone II :	Gemeinde Rinteln
Windlastzone III :	Alle Gemeinden, soweit nicht in Zone II
4.3.3 Kreis Hameln-Pyrmont	
Windlastzone II :	Alle Gemeinden, soweit nicht in Zone III
Windlastzone III :	Gemeinde Bad Munder
4.3.4 Kreis Hildesheim	
Windlastzone I :	Gemeinde Duingen, Alfeld, Freden, Weenzen, Everode, Hoyerhausen, Winzenburg
Windlastzone II :	Alle Gemeinden, soweit nicht in Zone I
4.3.5 Kreis Holzminden	
Windlastzone II :	Alle Gemeinden
4.4 Braunschweig	
Windlastzone III :	Alle Gemeinden
5 Mecklenburg-Vorpommern	
5.1 Kreis Nordwest Mecklenburg	
Windlastzone II :	Die Gemeinden in den Amtsgebieten Lützwitz, Gardebusch, Gadebusch-Land, Lübstorf-Alt Meteln
Windlastzone III :	Alle Gemeinden, soweit nicht in Zone II
5.2 Kreise Bad Doberan, Nordvorpommern, kreisfreie Städte Wismar, Rostock, Stralsund	
Windlastzone III :	Alle Gemeinden

5.3 Kreis Rügen	
Windlastzone III :	Alle Gemeinden, soweit nicht in Zone IV
Windlastzone IV :	Die Gemeinden in den Amtsgebieten Insel Hiddensee, Wittow, Gingst, Jasmund, Bergen Land, Südwest-Rügen
5.4 Kreise Ludwigslust, Parchim, Müritzkreis, Mecklenburg-Strelitz, Gustrow, Ostvorpommern, kreisfreie Städte Greifswald, Neubrandenburg, Schwerin	
Windlastzone II :	Alle Gemeinden
5.5 Kreis Uecker Randow	
Windlastzone I :	Die Gemeinden in dem Amtsgebiet Penkun sowie die Gemeinden Ramin, Grambow
Windlastzone II :	Alle Gemeinden, soweit nicht in Zone I
5.6 Ostsee:	
Windlastzone IV :	Die gesamte der Bundesrepublik Deutschland zugeordnete Wasserfläche der Ostsee (Grenze zum Land: mittleres Tidehochwasser), soweit nicht in Zone III, es gilt die Geländekategorie I
Windlastzone III:	Lübecker Bucht westlich 11° Ost, Greifswalder Bodden, es gilt die Geländekategorie I
6 Brandenburg	
6.1 Kreise Ostprignitz-Ruppin, Barnim, Oberhavel, Uckermark, Havelland, Märkisch-Oderland, Spree-Neisse, Potsdam-Mittelmark, Teltow Fläming, Dahme-Spreewald, Oder-Spree, kreisfreie Städte Brandenburg, Potsdam, Cottbus, Frankfurt (Oder)	
Windlastzone I :	Alle Gemeinden
6.2 Kreis Ober-Spreewald-Lausitz	
Windlastzone I :	Alle Gemeinden, soweit nicht in Zone II
Windlastzone II :	Die Gemeinden in den Amtsgebieten Ortran, Ruhland, Senftenberg, Schipkau, Lauchhammer, Schwarzeiche Großenhain
6.3 Kreise Prignitz, Elbe-Elster	
Windlastzone II :	Alle Gemeinden
7 Berlin	
Windlastzone I :	Stadt Berlin
8 Sachsen-Anhalt	
Windlastzone II :	Alle Gemeinden
9. Nordrhein-Westfalen	
9.1 Münster	
9.1.1 Kreise Recklinghausen, Coesfeld, Warendorf, kreisfreie Städte Bottrop, Gelsenkirchen, Münster	
Windlastzone I :	Alle Gemeinden
9.1.2 Kreise Steinfurt, Borken	
Windlastzone II :	Alle Gemeinden

9.2 Düsseldorf	
9.2.1 Kreis Mettmann, kreisfreie Städte Oberhausen, Duisburg, Essen, Mühlheim, Düsseldorf, Solingen, Wuppertal, Remscheid	
Windlastzone I :	Alle Gemeinden
9.2.2 Kreise Kleve, Wesel, Viersen, Neuss, kreisfreie Städte Krefeld, Mönchengladbach	
Windlastzone II :	Alle Gemeinden
9.3 Detmold	
9.3.1 Kreise Herford, Gütersloh, Lippe, Paderborn, Höxter, kreisfreie Stadt Bielefeld	
Windlastzone I :	Alle Gemeinden
9.3.2 Kreis Minden-Lübbecke	
Windlastzone II :	Alle Gemeinden
9.4 Arnberg	
Windlastzone I :	Alle Gemeinden
9.5 Köln	
Windlastzone I :	Alle Gemeinden rechtsrheinisch sowie die Stadt Köln
Windlastzone II :	Alle Gemeinden soweit nicht Zone I
10 Hessen	
Windlastzone I :	Alle Gemeinden
11 Thüringen	
11.1 Kreise Schmalkalden-Meiningen, Hildburghausen, Sonneberg kreisfreie Stadt Suhl	
Windlastzone I :	Alle Gemeinden
11.2 Kreis Wartburg	
Windlastzone I :	Alle Gemeinden, soweit nicht in Zone II
Windlastzone II :	Gemeinden Treffurt, Creuzburg, Mihla, Behringen, Wutha-Farnroda, Ifta, Falken, Nazza, Berka, Tüngeda, Schnellmannshausen, Großlumpnitz, Reichenbach, Ruhla
11.3 Kreise Eichsfeld, Nordhausen, Kyffhäuser-Kreis, Sömmerda, Gotha, Ilm-Kreis, Weimarer-Land, Greiz, Saale-Holzland-Kreis, Altenburger-Land, Saale-Orla-Kreis, kreisfreie Städte Erfurt, Weimar, Jena, Gera, Eisenach	
Windlastzone II :	Alle Gemeinden
12 Sachsen	
12.1 Leipzig	
Windlastzone III :	Alle Gemeinden
12.2 Chemnitz	
12.2.1 Kreise Zwickauer Land, Vogtland Kreis, Aue-Schwarzenberg, kreisfreie Städte Zwickau, Plauen	
Windlastzone II :	Alle Gemeinden

12.2.2 Chemnitzer Land, Stollberg, Mittweida, Annaberg, Freiberg, Mitterer-Erzgebirgs-Kreis, kreisfreie Stadt Chemnitz	
Windlastzone III :	Alle Gemeinden
12.3 Dresden	
Windlastzone III :	Alle Gemeinden
13 Rheinland-Pfalz	
13.1 Trier	
Windlastzone II :	Alle Gemeinden
13.2 Koblenz	
Windlastzone I :	Alle Gemeinden, rechtsrheinisch
Windlastzone II :	Alle Gemeinden, soweit nicht in Zone I
13.3 Rheinhessen-Pfalz	
13.3.1 Kreise Alzey-Worms, Kusel, Donnersbergkreis, Bad Dürkheim, Kaiserslautern, Südwest-Pfalz, Ludwigshafen, Suedliche Weinstrasse, Germersheim, kreisfreie Städte Mainz, Neustadt a.d.W., Kaiserslautern, Pirmasens, Landau, Frankenthal, Worms, Ludwigshafen,	
Windlastzone I :	Alle Gemeinden
13.3.2 Kreis Mainz-Bingen	
Windlastzone I :	Alle Gemeinden, soweit nicht in Zone II
Windlastzone II :	Die Gemeinden im Gebiet der Verbandsgemeinde Rhein-Nahe
14 Saarland	
Windlastzone I :	Alle Gemeinden
15 Baden-Württemberg	
15.1 Karlsruhe	
Windlastzone I :	Alle Gemeinden
15.2 Stuttgart	
Windlastzone I :	Alle Gemeinden
15.3 Freiburg	
Windlastzone I :	Alle Gemeinden
15.4 Tübingen	
15.4.1 Kreise Tübingen, Reutlingen, Zollernalbkreis, kreisfreie Stadt Ulm	
Windlastzone I :	Alle Gemeinden
15.4.2 Alb-Donau-Kreis	
Windlastzone I :	Alle Gemeinden, soweit nicht in Zone II
Windlastzone II :	Gemeinden Dietenheim, Balzheim, Illerkirchberg, Staig, Illerrieden, Hüttisheim, Schnürpflingen,
15.4.3 Kreise Sigmaringen, Biberach, Ravensburg, Bodenseekreis	
Windlastzone II :	Alle Gemeinden, für einen 3 km tiefen Küstenstreifen des Bodensees gilt die Geländekategorie I
16 Bayern	
16.1 Unterfranken	
Windlastzone I :	Alle Gemeinden

16.2 Oberfranken	
Windlastzone I :	Alle Gemeinden
16.3 Mittelfranken	
Windlastzone I :	Alle Gemeinden
16.4 Niederbayern	
Windlastzone I :	Alle Gemeinden
16.5 Oberpfalz	
Windlastzone I :	Alle Gemeinden
16.6 Schwaben	
16.6.1 Kreise Donau-Ries, Dillingen A.D.Donau	
Windlastzone I :	Alle Gemeinden
16.6.2 Kreise Neu-Ulm, Augsburg, Aichnach-Friedberg, Unterallgäu, Lindau (Bodensee), kreisfreie Städte Memmingen, Kaufbeuren, Augsburg	
Windlastzone II :	Alle Gemeinden, für einen 3 km tiefen Küstenstreifen des Bodensees gilt die Geländekategorie I
16.6.3 Kreis Oberallgäu	
Windlastzone I :	Alle Gemeinden, soweit nicht in Zone II
Windlastzone II :	Gemeinden Altusried, Dietmannsried, Haldenwang
16.6.4 Kreis Ostallgäu	
Windlastzone I :	Gemeinden Pfronten, Hopferau, Nesselwang, Füssen, Schangau, Rieden, Roßhaupten, Seeg, Görisried, Wald, Lengenwang, Stötten
Windlastzone II :	Alle Gemeinden, soweit nicht in Zone I
16.7 Oberbayern	
16.7.1 Kreise Eichsätt, Freising, Neuburg-Schrobenhausen, Erding, Pfaffenhofen A.D.Ilm, Mühldorf A.Inn, Berchtesgarden Land, Garmisch-Partenkirchen, Altötting kreisfreie Stadt Ingolstadt	
Windlastzone I :	Alle Gemeinden
16.7.2 Kreise Dachau, München, Fürstfeldbruck, Landberg A.Lech, Ebersberg, Starnberg, kreisfreie Stadt München	
Windlastzone II :	Alle Gemeinden
16.7.3 Kreis Weilheim-Schongau	
Windlastzone I :	Die Verwaltungsgemeinschaft Steingaden, sowie die Gemeinde Bernbeuren
Windlastzone II :	Alle Gemeinden, soweit nicht in Zone I
16.7.4 Kreis Bad Tölz-Wolfratshausen	
Windlastzone I :	Alle Gemeinden, soweit nicht in Zone II
Windlastzone II :	Die Gemeinden Wolfratshausen, Icking, Münsing, Egling, Geretsried, Eurasburg, Königsdorf, Bad Tölz, Reichersbeuren, Dietramszell, Bad Heilbrunn, Sachsenkam
16.7.5 Kreis Miesbach	
Windlastzone I :	Alle Gemeinden, soweit nicht in Zone II
Windlastzone II :	Die Gemeinden Holzkirchen, Otterting, Warngau, Valley, Weyarn, Irschenberg, Miesbach, Gmund, Waakirchen, Hausham

16.7.6 Kreis Traunstein	
Windlastzone I :	Die Gemeinden Grassau, Schlechling, Staudach-Egerndach, Marquartstein, Unterwössen, Reit im Winkel, Rupolding, Bergen, Siegsdorf, Inzell, Surberg, Petting, Wonneberg, Waging, Kirchanschörling, Fridolfing, Taching, Palling, Tittmoning, Engelsberg, Tacherting,
Windlastzone II :	Alle Gemeinden, soweit nicht in Zone I
16.7.7 Kreis Rosenheim	
Windlastzone I :	Die Gemeinden Kiefersfelden, Oberaudorf, Flintsbach, Brannenburg, Nußdorf, Sammersberg, Aschau,
Windlastzone II :	Alle Gemeinden, soweit nicht in Zone I

5. Literatur

- Christoffer, J. & Ulbricht-Eissing, M. (1989)
Die bodennahen Windverhältnisse in der Bundesrepublik Deutschland
Deutscher Wetterdienst, ISBN 3-88148248-2
- Kraup, S. & Kruse, B. (1996)
Winddaten für Windenergienutzer
Deutscher Wetterdienst, ISBN 3-88148-322-5
- Simiu, E. & Heckert, N.A. (1996)
Extreme wind distribution tails: A 'Peaks over Threshold' approach.
Journal of Structural Engineering 122(5): 539-547
- Simiu, E. & Scanlan, H (1996)
Wind effects in structures
John Wiley & Sons, Inc., New York, ISBN 0-471-12157-6
- Kasperski, M. (1998)
Climate change and design wind load concepts. Wind and Structures 1(2): 145-160
- Holmes, J.D. & Moriarty, W.M. (1999)
Application of the Generalized Pareto distribution to wind engineering.
Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics, 83: 1-10
- Vorschriften und Betriebsunterlagen Nr. 8 (VuB 8) (1999)
Meß- und Beobachtungsnetze in der Bundesrepublik Deutschland
Stationsbeschreibungen der Wettermeldestationen

6. Endabrechnung

Auf seiten der Sachausgaben für das Projekt wurden bis zum Stichtag 31. Dezember 2000 die folgenden Ausgaben getätigt:

• meteorologische Daten des Deutschen Wetterdienstes	23.03.2000	853,00 DM
• Vorschriften und Betriebsunterlagen des DWD	14.04.2000	89,80 DM
• Winddaten für Energienutzer (DWD)	11.05.2000	389,10 DM
• Übersichtskarten BRD, Landesvermessungsamt NRW	26.06.2000	27,60 DM
• Übersichtskarten BRD, Landesvermessungsamt NRW	13.07.2000	33,10 DM
• Kontrastlichtpausen, Landesvermessungsamt NRW	31.08.2000	87,60 DM
• Kontrastlichtpausen, Landesvermessungsamt NRW	31.08.2000	467,93 DM
• Luftbilder Landesvermessungsamt NRW	02.09.2000	370,00 DM
• Nachlieferung meteorologische Daten DWD	24.10.2000	347,20 DM
• Bezirksgrenzen Übersichtskarten	19.12.2000	98,80 DM
	gesamt	2.764,13 DM

An Personalkosten wurden ausgegeben: 91.268,06 DM

Gesamtausgaben: 94.032,19 DM

7. Anforderung der Rest-Mittel

Wie im Werkvertrag vereinbart, werden hiermit Mittel in Höhe von 9.400 DM DM angefordert. Es wird gebeten, die Mittel auf folgendes Konto zu überweisen:

Universitätskasse Bochum

Kto. 1 300 516 bei der Sparkasse Bochum (BLZ 430 500 01)

zugunsten: 01 / 282 11 / 602 4841

8. Projektleitung, Sachbearbeitung, Mitglieder der Betreuergruppe

Projektleitung

PD Dr.-Ing. M. Kasperski
Ruhr-Universität Bochum
Fakultät für Bauingenieurwesen
44780 Bochum

Sachbearbeitung

Dr.-Ing. N. Hölscher

Dipl.-Ing. U. Versen

Betreuergruppe

Von seiten des DIBt wurden folgende Betreuer des Forschungsvorhabens benannt:

Dipl.-Ing. V. Häusler
Deutsches Institut
für Bautechnik
Postfach 620229
10792 Berlin

Dr.-Ing. M. Hortmanns
RWTH Aachen
Institut für Stahlbau
Mies-van-der-Rohe-Straße 1
52074 Aachen

Professor Dr.-Ing. U. Peil
TU Braunschweig
Institut für Stahlbau
Beethovenstraße 51
38016 Braunschweig

Auf Wunsch des Projektleiters wurde zusätzlich vom
Deutschen Wetterdienst als weiterer Betreuer eingeladen:

Dipl.-Met. J. Schorlemmer
Deutscher Wetterdienst
Postfach 100465
63004 Offenbach