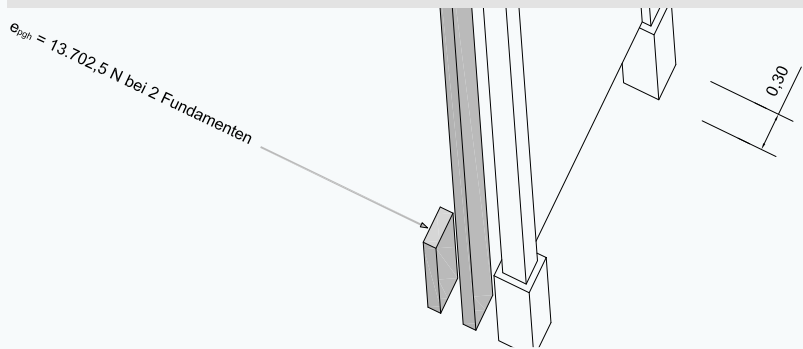


Helmut Rausch

„Steht, steht nicht ...“ –
kleine Baustatik für Landschaftsgärtner



„Steht, steht nicht ...“ –
kleine Baustatik für Landschaftsgärtner

Landespflege aktuell / 2016

Herausgegeben von:

Bayerische Landesanstalt für
Weinbau und Gartenbau
Abteilung Landespflege
An der Steige 15
97209 Veitshöchheim

Telefon: 0931/9801-402
Telefax: 0931/9801-400
E-Mail: landespflege@lwg.bayern.de
Internet: www.lwg.bayern.de



„Steht, steht nicht ...“ –

kleine Baustatik für Landschaftsgärtner

Helmut Rausch

Problemstellung

In der jüngeren Vergangenheit machen immer wieder Sturmereignisse von sich reden, die mit hohen Windgeschwindigkeiten und mit einem hohen Zerstörungspotenzial einhergehen. Wie aus Tabelle 1 hervorgeht, sind dabei nicht mehr nur küstennahe Orte oder Hochgebirgslagen betroffen, sondern auch Ortslagen weit ab von diesen Extremstandorten. Galten vor Jahren noch Windgeschwindigkeiten von 100 oder 120 km/h als außergewöhnlich, so ist seit den 1990er Jahren Orkanstärke (Windstärke 12 nach Beaufort; > 117 km/h) in den Tallagen Mitteldeutschlands gut möglich geworden.

Extreme Windgeschwindigkeiten werden in exponierten Lagen gemessen. Mit 335 km/h wurde in Deutschland die bisher höchste Windgeschwindigkeit am 12.06.1985 auf der Zugspitze gemessen. Mit aufwendigen Messverfahren konnten am 01.05.1996 über Australien 408 km/h gemessen werden und am 03.05.1999 wurden über Oklahoma in den USA sogar 496 km/h registriert.

Die genannten hohen Windgeschwindigkeiten treten zwar nur in Böen auf, trotzdem ist mit der Windgeschwindigkeit auch eine entsprechende Flächendrucklast verbunden. Die Böigkeit des Windes kann bei flexiblen Körpern auch bei relativ geringen Flächendrucklasten problematisch werden. Viele Bäume brechen nur deshalb, weil die Böigkeit des Windes den Baum in der Eigenschwingung anregt.

Auch der Garten- und Landschaftsbau erstellt in der 3. Dimension Bauwerke, die

In der jüngeren Vergangenheit wurden immer häufiger Windereignisse beobachtet, die weit ab von Meeres- oder Gipfellagen Orkanstärke erreichen. Das veranlasst, darüber nachzudenken, inwieweit freistehende Bauteile des Garten- und Landschaftsbaus noch standsicher sind. Eine Abschätzung der Standsicherheit bietet der Vergleich der Windlast auf einem Bauteil mit der Kraft, die ein Fundament aufnehmen kann, ohne sich zu verschieben (passiver Erddruck). Aus diesem Vergleich lässt sich grob abschätzen, inwieweit eine Fundamentierung standsicher sein kann. Eine derartige Abschätzung kann allerdings nicht für alle Situationen ein brauchbares Ergebnis erzielen. Für eine genaue Berechnung und komplexe Lösungen sollte besser ein Statiker hinzugezogen werden.

dem Wind ausgesetzt sind. Hierzu zählen Zäune, Sichtschutzelemente und Mauern, aber auch Pergolen, Spielgeräte und eventuell Carports und Gartenhütten. Noch anfälliger werden solche Bauwerke, wenn sie im Rahmen einer Dachbegrünung erstellt werden.

Gewöhnlich werden solche Bauwerke über Fundamenten errichtet, welche sich an der frostfreien Tiefe orientieren. Derartige Fundamente sind aber oftmals zu schwach dimensioniert, um wirklich sicheren Stand bei extremen Windverhältnissen zu gewährleisten.

Tabelle 1: Windgeschwindigkeiten ausgewählter Orte

Jahr	Ort	Windgeschwindigkeit
1990	Cuxhaven/Nordsee	160,9 km/h
1992	Saarbrücken/Saarland	166,7 km/h
1993	Kap Arkona/Rügen	164,9 km/h
1994	Helgoland	176,4 km/h
1995	Kap Arkona/Rügen	159,1 km/h
1997	Pelzerhaken/Holstein	177,8 km/h
1999	Stuttgart/Baden-Württemberg	144 km/h
2002	Glücksburg/Holstein	147,6 km/h
2005	Bonn/Nordrhein-Westfalen	178,6 km/h
2008	Chemnitz/Sachsen	151,9 km/h
28.10.2013	St. Peter-Ording/Nordsee	171,7 km/h
28.10.2013	Berlin – Alexanderplatz	131,4 km/h
12.06.1985	Zugspitze	335 km/h
10.05.1996	Australien	408 km/h
03.05.1999	Oklahoma/USA	496 km/h



Lösungsansätze und Empfehlungen

Zunächst lässt sich die Kraft ermitteln, mit welcher der Wind auf ein Bauwerk wirkt. Eine Berechnungsmöglichkeit bietet die folgende Formel:

$$W = \frac{C_w}{2} * A * P * v^2$$

Dabei bedeutet:

W die Winddruckkraft in N ($\text{kg} \times \text{m/s}^2$)

C_w ein Wert für den Luftwiderstand, bei senkrechten Wänden um 1,2, bei Stromlinienform bis 0,05

A die Fläche in m^2

P die Luftdichte, i. d. R. bei $1,204 \text{ kg/m}^3$

v die Luftgeschwindigkeit in m/s

Bei einer recht moderaten Windgeschwindigkeit von 5 m/s (18 km/h ; Windstärke 3 nach Beaufort) wirkt somit eine Kraft von $18,06 \text{ N}$ auf eine Fläche von 1 m^2 , die im Wind steht. Aus der Tabelle 2 gehen für verschiedene Windgeschwindigkeiten veränderte Winddruckkräfte hervor. Es wird deutlich, dass sich bei einer Verdoppelung der Windgeschwindigkeit die Kraft auf dieselbe Fläche vervierfacht.

Fundamente: Gewicht und Form

Bezogen auf einen modellhaften Holzpfeiler mit den Maßen $0,2 \times 0,2 \times 2,5 \text{ m}$ und einem Gewicht von 80 kg , der ohne Fundament auf einer idealen waagrechten Unterlage steht, bedeutet das, dass er schon bei einer Windgeschwindigkeit von deutlich unter 10 m/s umfällt.

Wird dieser Pfeiler mit einem Standard-Fundament aus Beton verbunden, so erhöht sich das Gesamtgewicht und die Auflagefläche. Um dieses Objekt zum

Kippen zu bringen, wird nach Abbildung 1 mit 100 N auf $0,5 \text{ m}^2$ bzw. 200 N auf 1 m^2 schon eine Kraft notwendig, die erst mit einer Windgeschwindigkeit von deutlich über 15 m/s erreicht wird.

Wird die Form des Fundamentes bei gleichem Volumen hin zu einer größeren Auflagefläche verändert, muss die Kraft, die zum Kippen notwendig wird, nach Abbildung 2 schon nahezu verdoppelt werden: erst eine Windgeschwindigkeit von deutlich mehr als 20 m/s kann das erreichen. Das entspricht wenigstens schon Windstärke 8 nach Beaufort.

Aus dieser kurzen Betrachtung geht hervor, dass schon das Gewicht und die Form des Fundamentes die Standsicherheit erheblich beeinflussen. Bei dieser modellhaften Rechnung stehen die Pfeiler jedoch auf einer gedachten waagrechten Oberfläche.

Tabelle 2: Windgeschwindigkeit, Windstärke und Winddruck

Windgeschwindigkeit		Windstärke	Winddruck bei 1 m^2 Fläche	
in m/s	in km/h	Beaufort	in N	annähernd kg
5	18	3	18,06	1,8
10	36	5	72,24	7,2
15	53,5	7	162,54	16,2
20	71,5	8	288,96	28,9
30	107	11	650,16	65,02
40	143	12	1.155,84	115,6
50	180	12	1.806,00	180,6
60	216	12	2.600,64	260,1
70	250	12	3.539,76	354

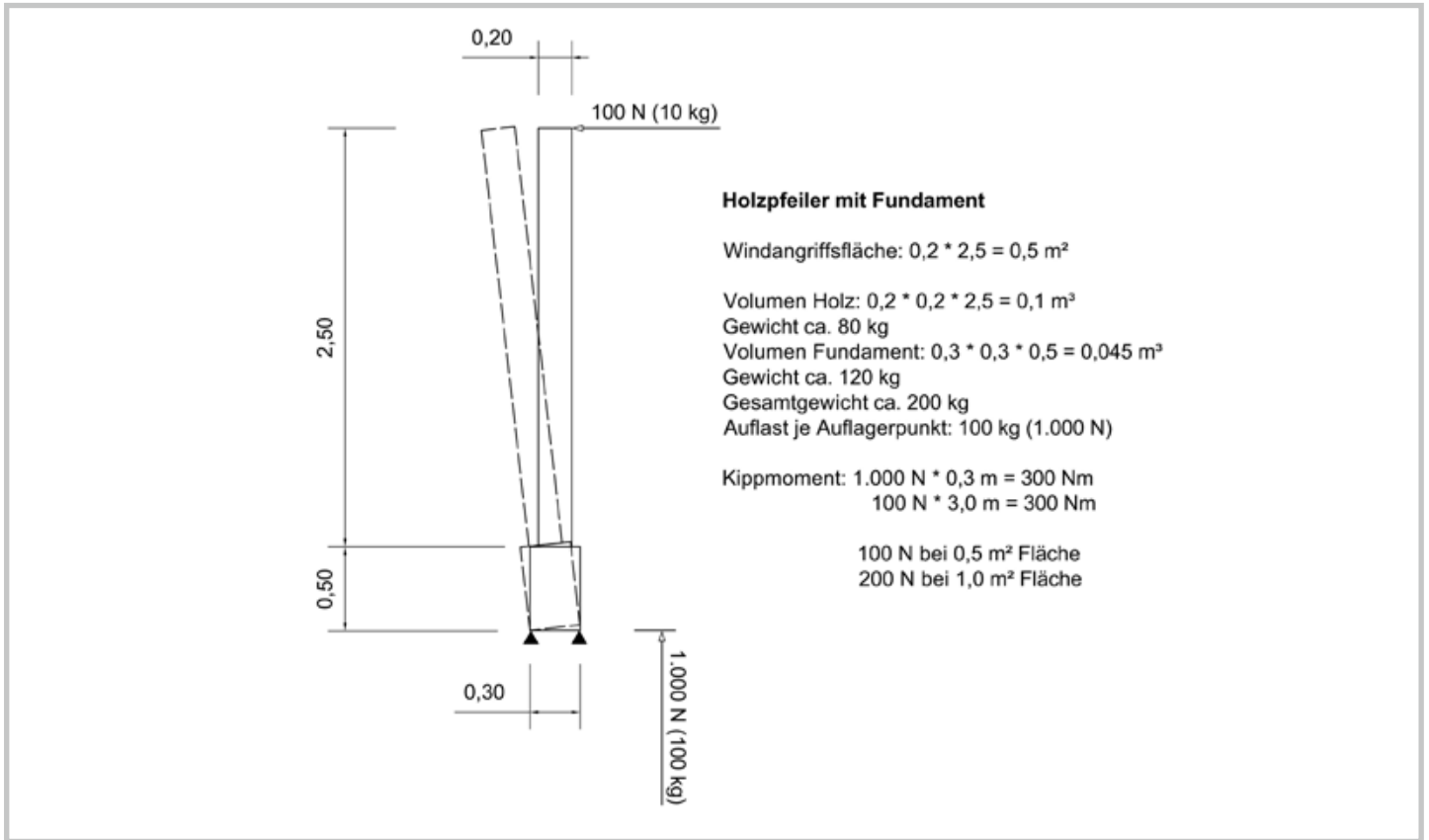


Abbildung 1: Holzpfiler mit Fundament

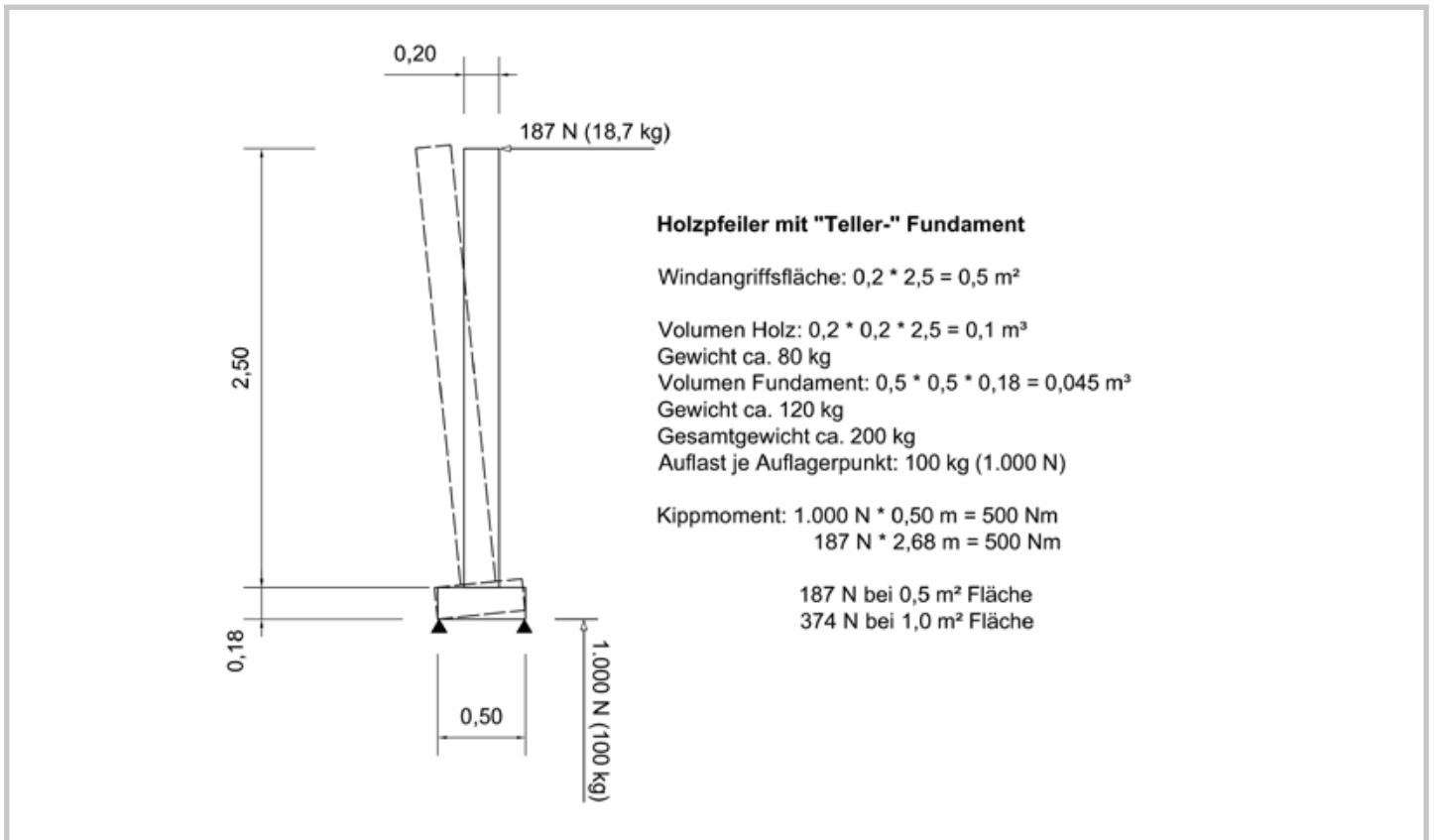


Abbildung 2: Holzpfiler mit „Teller-“ Fundament



Fundamente gegen den Erddruck

Üblicherweise sind Fundamente im Boden eingelassen. Bewegen sich Fundamente mit dem Wind, so müssen sie den Erddruck des umgebenden Bodens überwinden. Dieser sog. passive Erddruck ist abhängig vom Gewicht des Bodens, der Tiefe des Fundamentes und diversen Bodeneigenschaften. Die Bodenmechanik berücksichtigt außerdem noch die Kohäsionseigenschaften des Bodens.

Ohne Berücksichtigung der Kohäsion, die sich ja bei entsprechendem Wassergehalt verändern kann, wird der passive Erddruck berechnet:

$$e_{pgh} = \gamma * z * k_{pgh}$$

Dabei bedeutet:

- e_{pgh} der passive Erddruck in kN/m^2
- γ die Bodenwichte in kN/m^3 nach Tabelle 3
- z die Tiefenlage in m
- k_{pgh} ein Beiwert unter Berücksichtigung der Geländeneigung, der Wandneigung und des Wandreibungswinkels nach Tabelle 4

Wird der vorgenannte Holzpfiler mit Standardfundament wie in Abbildung 3 in einen lehmigen Boden gesetzt, so lässt sich hierfür der Erddruck berechnen:

$$e_{pgh} = 21 \text{ kN/m}^3 \times 0,5 \text{ m} \times 4,35 = 45,675 \text{ kN/m}^2$$

Bezogen auf eine unterirdische Druckfläche von $0,5 \text{ m} \times 0,3 \text{ m} = 0,15 \text{ m}^2$ beginnt sich das Fundament ab einem Druck von $45,675 \text{ kN/m}^2 \times 0,15 \text{ m}^2 = 6,85125 \text{ kN}$ zu bewegen. Allerdings kann diese Kraft über einen verlängerten Hebelarm von 3 m wirken.

Über die Beziehung $6.851,25 \text{ N} \times 0,5 \text{ m}/3,0 \text{ m} = 1.141,875 \text{ N}$ wird bekannt, welche Kraft bei verlängertem Hebel auf $0,5 \text{ m}^2$ Pfeiler wirken kann. Hochgerechnet zu 1 m^2 wird sich das Fundament ab einer Windauflast von $2.283,75 \text{ N}$ in

Bewegung setzen können. Das entspricht einer Windgeschwindigkeit von deutlich oberhalb von 180 km/h . Die Stehfähigkeit aufgrund des Eigengewichtes auf einer ebenen Grundlage in Höhe von ca. 200 N bezogen auf 1 m^2 Fläche im Wind fällt hier nicht mehr wirklich ins Gewicht.

Wird der beschriebene Holzpfiler mit Standardfundament in eine Schotterumgebung gesetzt, so lässt sich auch hierfür der Erddruck berechnen:

$$e_{pgh} = 18 \text{ kN/m}^3 \times 0,5 \text{ m} \times 11,74 = 105,66 \text{ kN/m}^2$$

Bezogen auf eine unterirdische Druckfläche von $0,5 \text{ m} \times 0,3 \text{ m} = 0,15 \text{ m}^2$ beginnt sich das Fundament ab einem Druck von $105,66 \text{ kN/m}^2 \times 0,15 \text{ m}^2 = 15,849 \text{ kN}$ zu bewegen. diese Kraft muss allerdings noch auf einen Hebel von 3 m bezogen werden.

Auf $0,5 \text{ m}^2$ Pfeilerfläche wirken $15.849 \text{ N} \times 0,5 \text{ m}/3,0 \text{ m} = 2.641,5 \text{ N}$. Auf 1 m^2 Pfeilerfläche im Wind hochgerechnet wird sich das Fundament ab 5.283 N bewegen. Damit hält dieser Pfeiler einer Windgeschwindigkeit weit jenseits der 250 km/h stand.

Werden die hier angerechneten Standard – Fundamente durch ein breites und weniger tiefes „Tellerfundament“ ersetzt, so wirkt sich das aufgrund der geringen Tiefenlage z negativ auf die Standfestigkeit aus.

Tabelle 3: Wichtige Bodenkennwerte

Bodenart	Wichte γ in kN/m^3	Reibungswinkel φ in $^\circ$
Kies-Sand Gemisch	19	32,5
Kies	16	37,5
Schotter	18	40
Ton	18	20
Lehm	21	27,5
Torf	11	15

Tabelle 4: Erdwiderstandsbeiwerte nach Reibungswinkel, Erdwiderstandsbeiwerte k_{pgh} für Wandneigung und Geländeneigung = 0°

Reibungswinkel φ in $^\circ$	10	12,5	15	17,5	20	22,5	25	27,5	30	32,5	35	37,5	40	42,5	45
k_{pgh}	1,59	1,80	2,05	2,36	2,71	3,15	3,68	4,35	5,17	6,22	7,59	9,36	11,74	15,03	19,66

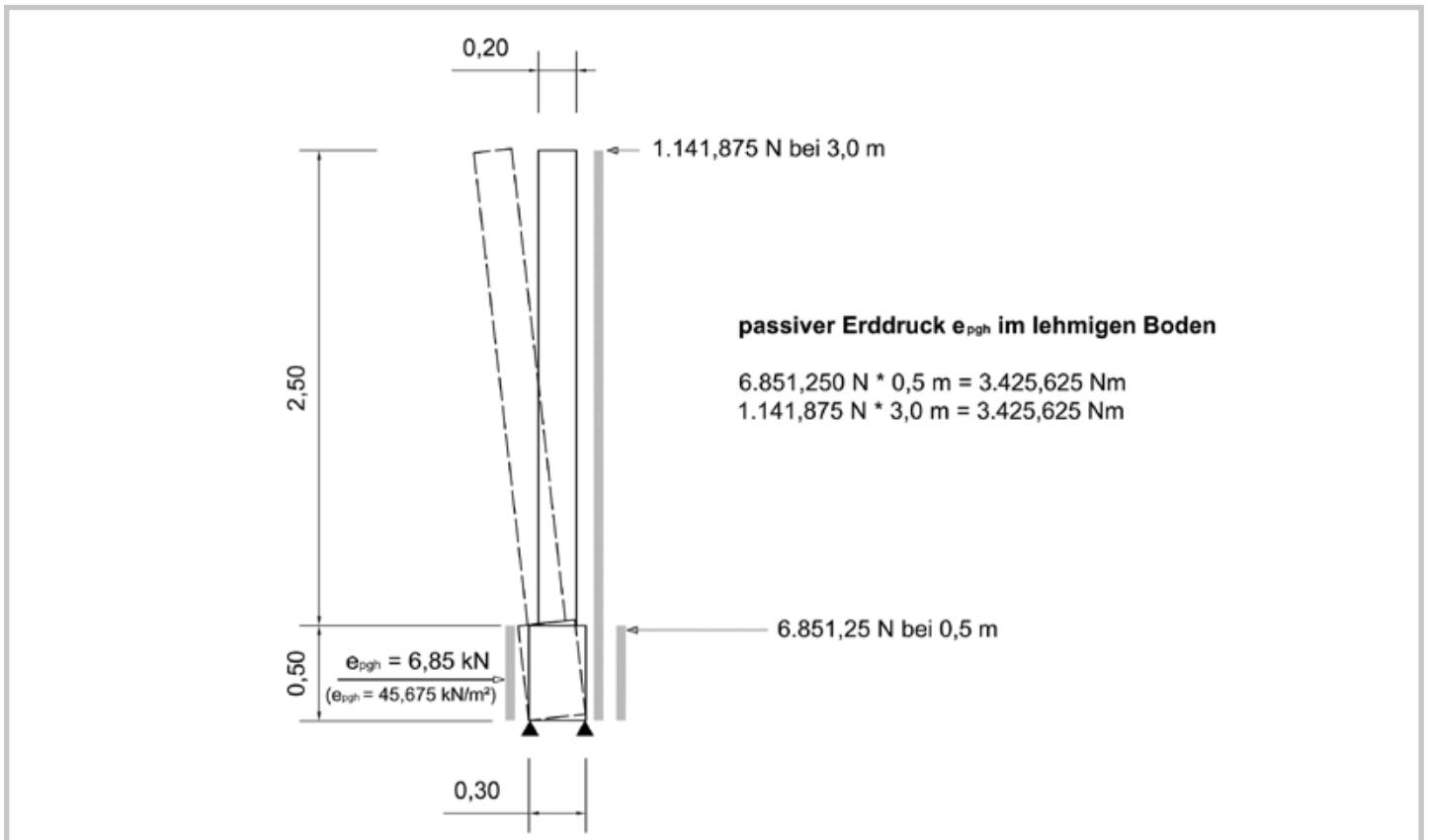


Abbildung 3: Holzpfeiler mit Fundament in einem lehmigen Boden

Kräfte an einem Sichtschutzelement

Selbstverständlich ist ein einzelner Pfeiler nicht unbedingt ein typisches Gestaltungselement. Aber die o.g. Modellrechnungen können z. B. auf ein Sichtschutzelement übertragen werden. Abgeschätzt werden 2 der vorher genannten Pfeiler, die mit einer 2 m breiten Füllung verbunden sind.

Zunächst wird der Winddruck ermittelt, der an der Sichtschutzfläche bei einer angenommenen Windgeschwindigkeit von 180 km/h oder 50 m/s anliegt:

$$W = 1,2/2 \times (2,5 \text{ m} \times 2,4 \text{ m}) \times 1,204 \text{ kg/m}^3 \times (50 \text{ m/s})^2 = 10.836 \text{ kg m/s}^2$$

10.836 kg m/s² entsprechen genau 10.836 N. Diese Druckkraft kann annähernd mit 1.083,6 kg gleichgesetzt werden.

In einem weiteren Schritt wird der passive Erddruck ermittelt, den das Erdreich in einem Lehm Boden gegen Standardfundamente der Dimension 30 cm x 30 cm x 50 cm ausübt.

$$e_{pgh} = 21 \text{ kN/m}^3 \times 0,5 \text{ m} \times 4,35 \\ = 45,675 \text{ kN/m}^2$$

Wird diese berechnete Kraft auf die Flächengröße der 2 Fundamente reduziert, so ergibt sich:

$$45,675 \text{ kN/m}^2 \times (0,5 \text{ m} \times 0,3 \text{ m}) \times 2 \\ = 13,7 \text{ kN oder } 13.702,5 \text{ N}$$

Diese Kraft wird allerdings durch einen Hebelarm von 3 m (Sichtschutzelementhöhe

incl. Fundament) übertragen. Die entsprechende Kraft am Ende des Hebelarms über Grund errechnet sich nach:

$$13.702,5 \text{ N} \times 0,5 \text{ m} / 3,0 \text{ m} = 2.283,75 \text{ N}$$

Greift also wie in Abbildung 4 am oberen Ende der Sichtschutzwand eine Windkraft von ca. 2.300 N an, so überträgt der Hebelarm von 3 m Höhe eine Kraft von 13.700 N auf das Fundament, welches sich ab dieser Kraft zu bewegen beginnt. Bei einer Windgeschwindigkeit von 180 km/h greift aber schon eine Kraft von 10.836 N am Sichtschutzelement an. Somit ist die Winddruckkraft am Sichtschutzelement deutlich größer, als die Kraft, die das Erdreich über das Fundament entgegengesetzt kann. Das Sichtschutzelement dürfte in Schräglage geraten.

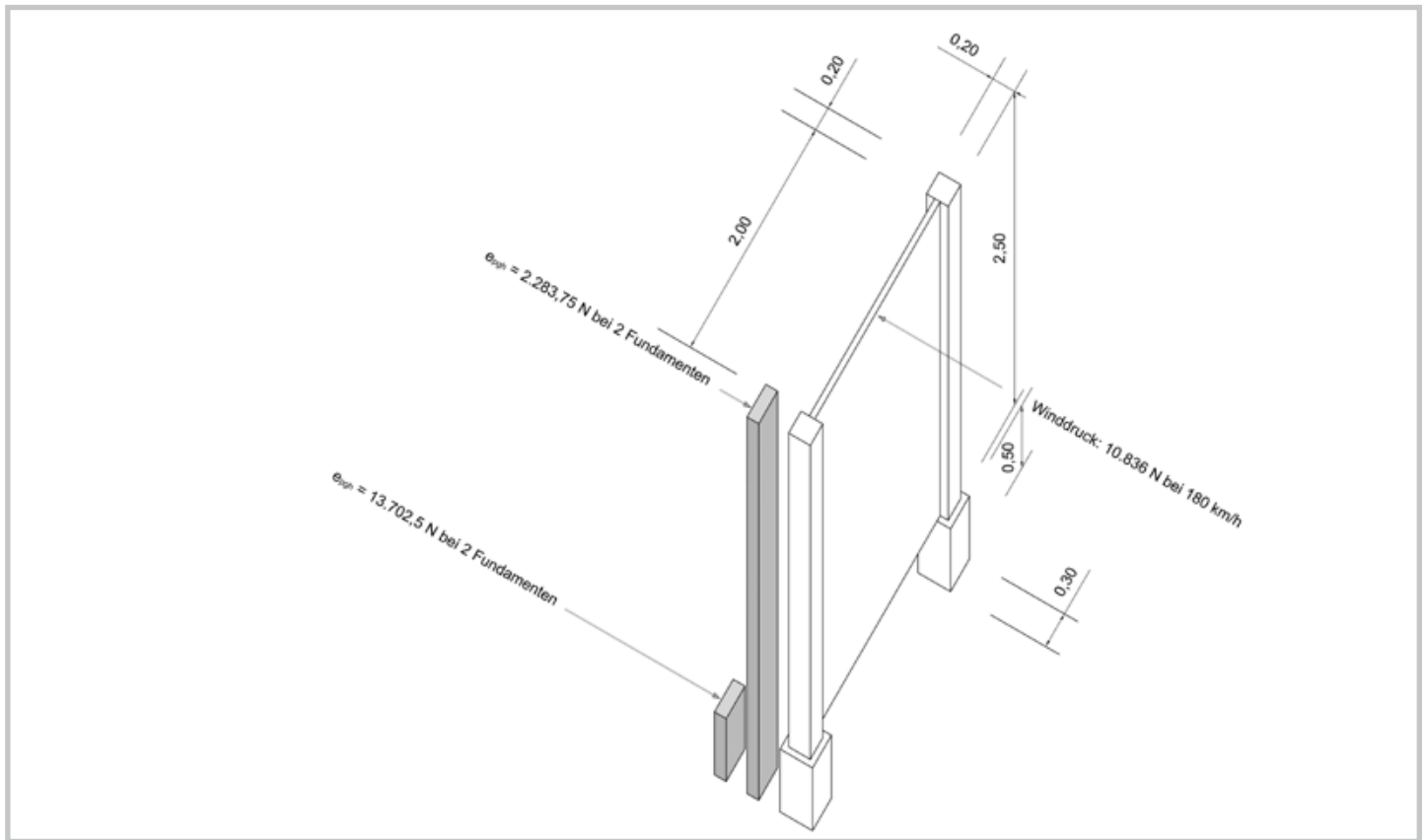


Abbildung 4: Sichtschutzelement in einem lehmigen Boden

Bei einem vergrößerten Fundament von 40 cm × 40 cm × 80 cm kann eine neue Berechnung für den passiven Erddruck durchgeführt werden:

$$e_{pgh} = 21 \text{ kN/m}^3 \times 0,8 \text{ m} \times 4,35 =$$

$$73,08 \text{ kN/m}^2$$

Wird diese berechnete Kraft auf die Flächengröße der 2 Fundamente reduziert, so ergibt sich:

$$73,08 \text{ kN/m}^2 \times (0,8 \text{ m} \times 0,4 \text{ m}) \times 2 = 46,77 \text{ kN}$$

oder 46.771,2 N

Diese Kraft wird wieder durch einen Hebelarm von 3,3 m (Sichtschutzelementhöhe incl. Fundament) übertragen. Die entsprechende Kraft am Ende des Hebelarms über Grund errechnet sich nach:

$$46.771,2 \text{ N} \times 0,8 \text{ m} / 3,3 \text{ m} = 11.338,5 \text{ N}$$

Nach dieser Abschätzung für Fundamente der Größe 40/40/80 cm in einem lehmigen Boden können am oberen Ende des Sichtschutzelementes bis zu ca. 11.300 N angreifen, ohne dass sich das Fundament verschiebt. Bei einer Windgeschwindigkeit von 180 km/h greifen nur etwa 10.800 N an, so dass damit die gewählte Fundamentierung rechnerisch (noch) standhält.

Kräfte an einer Mauer

Die Kräfteverteilung an einer Mauer enthält die gleichen Komponenten, allerdings in anderen Verhältnissen. Darüber hinaus kommt das hohe Eigengewicht zum Tragen, welches den Stand der Mauer stabilisiert.

Betrachtet wird eine übliche Mauer mit einer Fundamenttiefe von 50 cm, einer Breite von 35 cm und einer Höhe von 1,5 m. Die Berechnung wird auf eine Breite von 1 m begrenzt.

Bei einer angenommenen Dichte von 2,6 to/m³ für Naturstein wiegt die betrachtete Mauer bei:

$$0,35 \text{ m} \times 1 \text{ m} \times 2,0 \text{ m} \times 2,6 \text{ to/m}^3 = 1,82 \text{ to}$$

oder 1.820 kg.

Für diese Mauer errechnet sich ein Kippmoment von:

$$18.200 \text{ N} / 2 \times 0,35 \text{ m} / 2 \text{ m} = 1.592,5 \text{ N}$$

Auf einer idealisierten ebenen Fläche kommt dieser Mauerabschnitt von 1 m Breite ins Kippen, wenn man an der Mauerkrone mit einer Kraft von 1.592,5 N zieht.

Der Winddruck auf diesem Mauerstück wird bei 180 km/h oder 50 m/s ermittelt:

$$W = 1,2/2 \times (1 \text{ m} \times 1,5 \text{ m}) \times 1,204 \text{ kg/m}^3 \times (50 \text{ m/s})^2 = 2.709 \text{ kg/m}^2$$

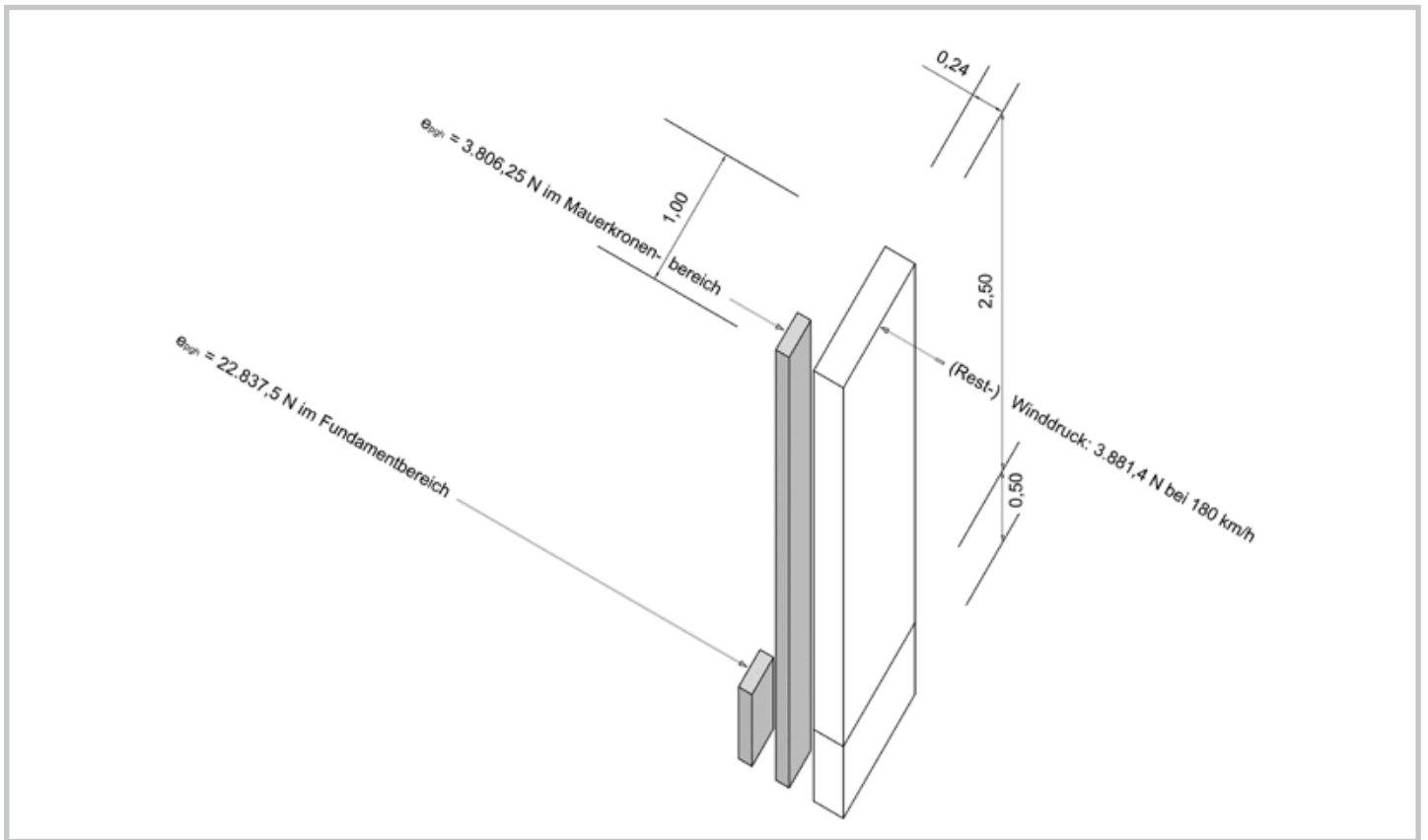


Abbildung 5: Hohe Mauer in einem lehmigen Boden

Da dieser Winddruck zunächst das Eigengewicht der Mauer überwinden muss, wirkt nur noch eine Kraft von $2.709\text{ N} - 1.592,5\text{ N} = 1.116,5\text{ N}$.

Jetzt wird der passive Erddruck ermittelt, den das Erdreich in einem Lehmboden gegen das Fundament der Dimension $1\text{ m} \times 0,5\text{ m} \times 0,35\text{ m}$ ausübt.

$$\begin{aligned} e_{\text{pgh}} &= 21\text{ kN/m}^3 \times 0,5\text{ m} \times 4,35 \\ &= 45,675\text{ kN/m}^2 \end{aligned}$$

Da die Fundamentfläche aber nur $1\text{ m} \times 0,5\text{ m} = 0,5\text{ m}^2$ beträgt, wird diese Kraft entsprechend reduziert.

$$45,675\text{ kN/m}^2 \times 0,5\text{ m}^2 = 22,8375\text{ kN} \text{ oder } 22.837,5\text{ N}$$

Auch diese Kraft wird wieder durch einen Hebelarm von $2,0\text{ m}$ (Mauerhöhe incl. Fundament) übertragen. Die entsprechende

Kraft am Ende des Hebelarms über Grund errechnet sich nach:

$$22.837,5\text{ N} \times 0,5\text{ m}/2,0\text{ m} = 5.709,375\text{ N}$$

Nach dieser Abschätzung kann an der Mauerkrone eine Kraft von $5.709,375\text{ N}$ angreifen, ohne dass sich das Fundament verschiebt. Bei einer Windgeschwindigkeit von 180 km/h und dem genannten Eigengewicht greift an der Mauer jedoch nur eine Kraft von $1.116,5\text{ N}$ an. Damit dürfte diese Mauer relativ sicher stehen.

Eine andere Einschätzung ergibt sich bei einer veränderten Dimensionierung der Mauer wie in Abbildung 5.

Betrachtet wird nun eine Mauer mit einer Höhe von $2,5\text{ m}$, einer Breite von $0,24\text{ m}$ und einer Fundamenttiefe von $0,5\text{ m}$. Auch hier wird die Berechnung auf eine Breite von 1 m begrenzt.

Bei einer angenommenen Dichte von $2,2\text{ t/m}^3$ für ein Klinkermauerwerk wiegt die betrachtete Mauer bei:

$$0,24\text{ m} \times 1\text{ m} \times 3,0\text{ m} \times 2,2\text{ t/m}^3 = 1,584\text{ t} \text{ oder } 1.584\text{ kg}$$

Für diese Mauer errechnet sich ein Kippmoment von:

$$15.840\text{ N}/2 \times 0,24\text{ m}/3\text{ m} = 633,6\text{ N}$$

Auf einer idealisierten ebenen Fläche kommt dieser Mauerabschnitt von 1 m Breite ins Kippen, wenn man an der Mauerkrone mit einer Kraft von $633,6\text{ N}$ zieht.

Der Winddruck auf diesem Mauerstück wird bei 180 km/h oder 50 m/s ermittelt:

$$W = 1,2/2 \times (1\text{ m} \times 2,5\text{ m}) \times 1,204\text{ kg/m}^3 \times (50\text{ m/s})^2 = 4.515\text{ kg m/s}^2$$



Da dieser Winddruck zunächst das Eigengewicht der Mauer überwinden muss, wirkt nur noch eine Kraft von $4.515\text{ N} - 633,6\text{ N} = 3.881,4\text{ N}$.

Jetzt wird der passive Erddruck ermittelt, den das Erdreich in einem Lehmboden gegen das Fundament der Dimension $1\text{ m} \times 0,5\text{ m} \times 0,24\text{ m}$ ausübt.

$$e_{\text{pgh}} = 21\text{ kN/m}^3 \times 0,5\text{ m} \times 4,35$$

$$= 45,675\text{ kN/m}^2$$

Da die Fundamentfläche aber nur $1\text{ m} \times 0,5\text{ m} = 0,5\text{ m}^2$ beträgt, wird diese Kraft entsprechend reduziert.

$$45,675\text{ kN/m}^2 \times 0,5\text{ m}^2$$

$$= 22,8375\text{ kN oder } 22.837,5\text{ N}$$

Auch diese Kraft wird wieder durch einen Hebelarm von $3,0\text{ m}$ (Mauerhöhe incl. Fundament) übertragen. Die entsprechende Kraft am Ende des Hebelarms über Grund errechnet sich nach:

$$22.837,5\text{ N} \times 0,5\text{ m} / 3,0\text{ m}$$

$$= 3.806,25\text{ N}$$

Nach dieser Abschätzung kann an der Mauerkrone eine Kraft von $3.806,25\text{ N}$ angreifen, ohne dass sich das Fundament verschiebt. Bei einer Windgeschwindigkeit von 180 km/h und dem genannten Eigengewicht greift an der Mauer jedoch eine Kraft von $3.881,4\text{ N}$ an. Damit dürfte diese Mauer dem Winddruck nicht mehr standhalten.

In der älteren einschlägigen Literatur findet sich für freistehende Wände die Windlastformel:

$$d = \sqrt{\frac{H}{20,5}}$$

Hierbei wird ein Mauergewicht von $2,0\text{ to/m}^3$ zugrunde gelegt. Bei einer Mauerhöhe von $H = 2,5\text{ m}$ ergibt sich daraus eine Mauerdicke $d = 0,35\text{ m}$. Wird diese errechnete Breite auf die vorher betrachtete Mauer angewendet, so ergeben sich neue Werte.

Aufgrund der erhöhten Mauerstärke liegt das Eigengewicht der Mauer bei $2,31\text{ to}$. Das Kippmoment, also die Kraft, die angewendet werden muss, um die Mauer zum Kippen zu bringen, erhöht sich auf $1.347,5\text{ N}$.

Der Winddruck W und der passive Erddruck e_{pgh} bleiben unverändert.

Mit dem erhöhten Eigengewicht der Mauer verändert sich auch die verbleibende Kraftkomponente aus dem Winddruck:

$$4.515\text{ N} - 1.347,5\text{ N} = 3.167,5\text{ N}$$

Dagegen wirkt der gleiche passive Erddruck wie vorher berechnet in Höhe von $3.806,25\text{ N}$. Mit einer Verbreiterung der Mauer von 24 cm auf 35 cm wird die Mauer unter der Belastung einer Windgeschwindigkeit von 180 km/h zumindest rechnerisch wieder standsicher.

Hinweise für die Praxis

Die bei den o.g. Abschätzungen zugrunde gelegten Formeln für die Winddruckkraft W und den passiven Erddruck e_{pgh} stellen eine grobe Vereinfachung dar. Für genauere Berechnungen werden u.a. der Windsog auf der Rückseite und die Länge des ausgesetzten Elementes bzw. die Verhältnisse zwischen Länge und Höhe berücksichtigt. Allerdings sind die vorgenannten Abschätzungen durchaus geeignet, um Gefahrenpotenziale erkennen und grob abschätzen zu können.

Die genannten Berechnungen beziehen sich auf eine untrennbare Verbindung

zwischen Bauteil und Fundament. Tatsächlich kann es jedoch vorkommen, dass die Bindekraft des Mörtels nachlässt, dann fällt die Mauer, aber das Fundament steht unverändert. Genauso können bei Holz- oder Metallkonstruktionen die Verbindungen versagen, so dass bei einem Carport z.B. die Pfeiler stehen bleiben und das Dach davonfliegt.

Berechnungen beziehen sich immer auf standardisierte Verhältnisse. Die jeweils vorliegende Situation wird in der Regel immer von diesen Standardbedingungen abweichen. So kann ein Sichtschutzelement oder eine Mauer so zwischen Gebäuden stehen, dass die Windgeschwindigkeit durch Düsenbildung erhöht wird. Andererseits können die eventuell gefährdeten Objekte auch im Windschatten stehen. Auch wird der Wind nicht immer senkrecht auf die berechnete Fläche treffen, ein schräges Anblasen wird die wirkenden Kräfte entsprechend vermindern.

Die Windangriffsfläche kann sich durch Bewuchs z.B. von Kletterpflanzen erheblich erhöhen. Andererseits kann sich die Windangriffsfläche derselben Pflanze im Winter wieder verringern, wenn das Laub abgefallen ist.

Auch ein steigender Wassergehalt kann sich destabilisierend auf eine Fundamentierung des Bodens auswirken. Einerseits werden Auftriebskräfte wirksam, andererseits verliert das Bodengefüge an Zusammenhalt. So hat im Extremfall Wasser zwar ein gewisses Eigengewicht, aber Bauteile können darin praktisch ungehindert umfallen. In sehr nassem Boden kann sich zwischen Fundament und Boden eine Gleitschicht ausbilden. Ist dann die Fundamentform noch kugelförmig ausgebildet, dann fällt das Bauteil „wie geschmiert“ um.

Werden die Abschätzungen zur Standsicherheit zu komplex, dann ist es empfehlenswert, einen Statiker einzuschalten. Ein Statiker kann mit der Unterstützung von EDV-Programmen sehr differenziert auf die jeweilige Situation reagieren und

damit auch eine Überdimensionierung verhindern. Darüber hinaus verfügt ein Statiker über eine belastbare Berufshaftpflichtversicherung. Das Honorar eines Statikers errechnet sich nach festen Sätzen aus der Honorarordnung für Architekten und Ingenieure nach § 49 ff.

Helmut Rausch

LWG Veitshöchheim

Literatur

DIN EN 1991-1-4; Eurocode 1: Einwirkungen auf Tragwerke – Teil 1 – 4: Allgemeine Einwirkungen – Windlasten, Dezember 2010

DIN EN 1996-1-1/NA: Nationaler Anhang – National festgelegte Parameter – Eurocode 6: Bemessung und Konstruktion von Mauerwerksbauten – Teil 1-1: Allgemeine Regeln für bewehrtes und unbewehrtes Mauerwerk, Mai 2012

DIN, Ulrich Vismann (Hrsg.) (2012), Wendehorst – Bautechnische Zahlentafeln, Beuth Verlag, Berlin 2012

[http://www.dwd.de: \(2013\) Orkantief CHRISTIAN am 28. Oktober 2013 am 28.11.2013](http://www.dwd.de: (2013) Orkantief CHRISTIAN am 28. Oktober 2013 am 28.11.2013)

<http://de.wikipedia.org/wiki/Winddruck am 28.11.2013>

Seifert, Werner (2013): HOAI 2013, Werner Verlag, August 2013