

Heuselbstentzündung, ihre Entstehung, Nachweis und Verhütung

Dr. Wilhelm Jach

Die Heuselbstentzündung ist ein biologischer Selbsterhitzungsvorgang, der bekannt ist, solange Tierhaltung betrieben wird. In alten römischen Schriften wird dieses Phänomen erstmalig sehr plastisch bereits eingehend beschrieben. Die Erforschung der Ursachen der Erhitzung des in Stapeln gepackten Heus setzte besonders intensiv um 1950 ein. Besonders vorangetrieben wurden diese notwendigen Forschungen durch Glathe, Niese, Jach, Breindl, Knösel, Reinheimer und Hussain.

Man kann sagen, daß die mikrobiologischen Phasen zum gegenwärtigen Zeitpunkt sehr eingehend erforscht sind, so daß hier alle für die Verhütung wesentlichen Fragen als geklärt angesehen werden können.

Die biologische Selbsterhitzung, insbesondere von Heu, verläuft nach neuesten Erkenntnissen über folgende Entwicklungsphasen und -stufen:

Stufe 1: Zellatmung noch nicht vollständig abgestorbener Zellen (ungefährliche Startphase)

Stufe 2: Stoffwechsel der normalen „wärmeempfindlichen“ (mesophilen) Heuflora (ungefährliche Startphase)

Stufe 3: thermotolerante Pilze und Bakterien (Beginn der brandgefährlichen Reaktion)

Stufe 4: echt thermophile Bakterien (gesteigerte brandgefährliche Reaktionen)

Stufe 5: Cellulase und Pektinase (Enzymreaktionen), die zwischen 85 °C und 95 °C ablaufen (akute Brandgefahr)

Stufe 6: chemische Abbaureaktionen (stark exotherme, d. h. wärmeerzeugende Reaktionen mit schnell steigender Abbaugeschwindigkeit)

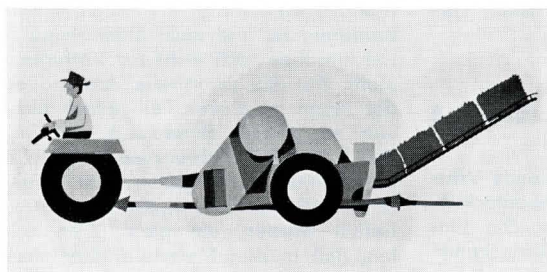


Bild 1.
Gefährliche Verdichtung durch Hochdruckpressung

Die Arbeiten, insbesondere von Glathe und Jach, haben den Nachweis erbracht, daß heute die Neigung eines Heuvorrats zur Selbstentzündung durch Probenuntersuchungen sichergestellten Heus im Labor wie folgt nachgewiesen werden kann:

- a) Durch mikrobiologische Heuprobenuntersuchungen. Wenn im Heu ein Stapel „selbstentzündungsbereit“ und anfällig ist, werden die vorbeschriebenen thermotoleranten und thermophilen Bakterien und Pilze in großer Vermehrungszahl nachgewiesen.
- b) Durch Temperaturverlaufsversuche mit sichergestellten Heumaterialien aus Brandfällen im sogenannten „Differenzialthermostaten“. Hier ist es möglich, nach neuesten Untersuchungen den Selbsterhitzungsvorgang, der im Stapel brandursächlich abgelaufen ist, mit dem Probenmaterial in diesem Gerät bis zur Entzündung nachzuvollziehen.

Der landwirtschaftliche Betriebsleiter muß also bei seiner Verantwortlichkeit heute davon ausgehen, daß es möglich

ist, das Vorliegen einer Heu- oder Futtermittelselfstentzündung jederzeit sicher nachzuweisen.

1.1 Welche Faktoren lösen eine Heuselbstentzündung aus oder begünstigen einen Selbstentzündungs- und Selbsterhitzungsvorgang wesentlich?

In der Praxis und in der Forschung konnten in den letzten Jahren folgende ganz entscheidende Fortschritte erzielt werden. Sie sind für die Einleitung der richtigen Verhütungsmaßnahmen von entscheidender Bedeutung und werden wie folgt skizziert:

1.1.1 Der p_H -Wert des Bodens:

Insbesondere durch die Arbeiten von Jach und Hussain ist es nachgewiesen, daß sandige Lehmböden mit alkalischer Reaktion (p_H größer als 7) eine deutlich gesteigerte Neigung für die Einleitung von Selbstentzündungsprozessen bei Einlagerung dieses Heus im

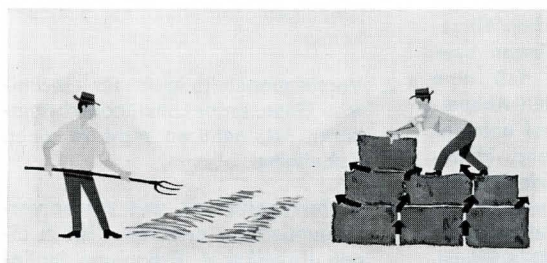


Bild 2.
Hochdruckpreßlinge sind stets mit ausreichendem Zwischenraum zu lagern zwecks Auskühlung.

Dr. rer. nat. Dipl.-Chemiker Wilhelm Jach, Institut für Schadenverhütung und Schadenforschung der öffentlichen Versicherer e.V., (IFS) Kiel

Gegensatz zu Heu zeigt, das auf Moorböden, also sauren Böden gewachsen ist.

1.1.2 Die Bodenzusammensetzung (Spurenelement-Konzentration) und die Düngungsintensität mit Stickstoffdüngemitteln (erhöhter Gehalt des Heus an Rohprotein und verdaulichem Eiweiß) begünstigt die Neigung zur Einleitung von Selbsterhitzungsvorgängen und das Erreichen akut brandgefährlicher Selbsterhitzungsstadien ebenfalls eindeutig positiv.

1.1.3 Die Bodentrocknung zeigt ebenfalls eine stark erhöhte Anfälligkeit für die Einleitung von Selbsterhitzungsvorgängen (der Anteil an ermittelten Heubränden: Gerüsttrocknung 10 % der Gesamtfälle – Bodentrocknung mindestens 90 % der erfaßten Gesamtzahl sicher nachgewiesener Heubrände).

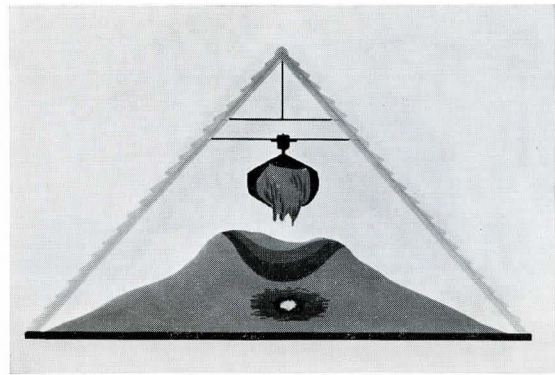
1.1.4 Die erzielbare Lagerdichte des Heus im Stapel im Gebäude spielt ebenfalls eine wichtige Rolle als eindeutig begünstigender Faktor. Großstapel von Großbetrieben mit starkem Heueinfall zeigen die höchste Zahl brandgefährlicher Selbsterhitzungsprozesse.

1.2 Folgende technische Einrichtungen der Einlagerung in modernen landwirtschaftlichen Betrieben wirken sich ebenfalls zum Teil stark begünstigend auf die Neigung zu Selbsterhitzungsvorgängen aus.

1.2.1 Mit steigender Stapelhöhe wird die Lagerdichte in den unteren Stapelbereichen stark erhöht, was die Wärmeabfuhr aus Selbstentzündungsbereichen stark behindert.

1.2.2 Heuaufzüge und Heugreifer führen mit steigender Abwurfhöhe zu starker Verdichtung unterhalb der Abwurfstellen, was das Risiko der Entstehung von lokalen Selbsterhitzungsbereichen

Bild 3. Heuabwurfteinrichtungen verursachen lokale gefährliche Verdichtungen.



in diesen Zonen stark begünstigt.

1.2.3 Der Einsatz von Heuförderungsgebläsen kann zu Entmischungsvorgängen im Fördergut führen: Nicht lagerfähig getrocknete Anteile des Heus fliegen weniger weit und können kegelförmige Zonen der Anreicherung bilden, die sich gern selbst erhitzen. Diese Gefahr ist nach unseren Untersuchungen besonders stark bei der Förderung von Häckselheu gegeben.

1.2.4 Die Einführung der Preßheutechnik führte insbesondere bei der Mittel- und Hochdruckeinpreßtechnik zu einer steigenden Anzahl von sicher ermittelten Heubränden:

Man sollte eine zu frühe Einpressung mit ungenügender Vortrocknung insbesondere bei Bodentrocknung vermeiden.

Unbelüftete Mittel- und Hochdruckpreßballen sind

stets mit einem ausreichenden Zwischenraum zu stapeln, damit eine ausreichende Querentlüftung des Stapels gewährleistet und eventuell auftretende Selbsterhitzungswärme sicher abgeführt wird.

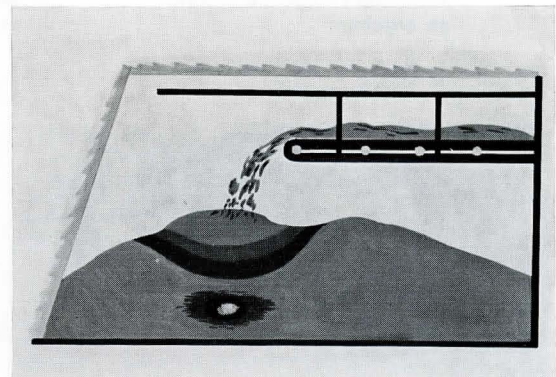
1.3 Als besonders günstig zur Vermeidung von brandgefährlichen Selbsterhitzungsvorgängen bei der Einlagerung von Heu haben sich folgende moderne Verfahren der Heunachbehandlung erwiesen:

1.3.1 Heubelüftungsanlagen unter Dach:

Hier ergeben die Untersuchungen folgende Hinweise:

a) Man sollte derartige Anlagen stets von erfahrenen Fachfirmen planen lassen, um einen ausreichenden Luftdurchsatz durch die auf der Anlage eingebrachte Heumenge zu gewährleisten.

Bild 4. Höhenförderer bewirken ebenfalls lokale gefährliche Verdichtungen.



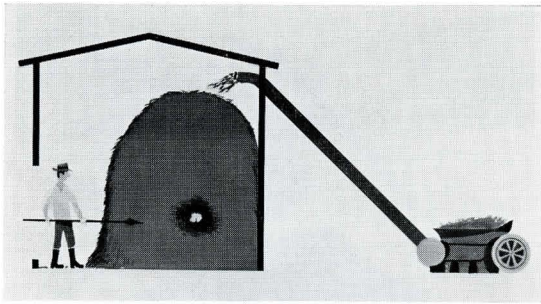
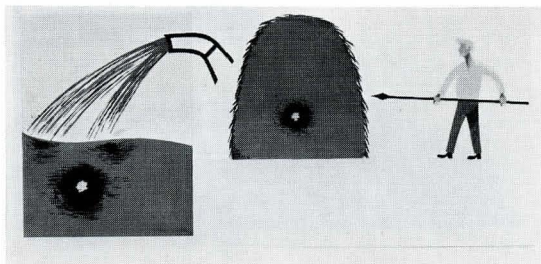


Bild 5.
Fördergebläse für Heu bewirken bei ungenügend getrocknetem Fördergut eine selbstentzündungsgefährliche Entmischung.

- b) Jede Heubelüftungsanlage muß während des Belüftungsvorganges mit einer Heumeßsonde auf die Temperaturverhältnisse des Heus hin überprüft werden.
 - c) Die Stapelhöhe in Heubelüftungsanlagen sollte 4,0 m nicht überschreiten. Dies gilt in besonderem Maße für die Belüftung von Häckselheu.
 - d) Niederdruckpreßballen lassen sich sehr gut belüften, wie unsere Erfahrungen und Untersuchungen zeigen.
 - e) Zur erfolgreichen Belüftung von Mittel- und Hochdruckpreßballen müssen diese sauber und ohne Zwischenräume gestapelt werden.
 - f) Bei Hochdruckpreßballen darf die Einlagerungsfeuchtigkeit des Heus 30 %, bezogen auf das Gewicht des Materials, nicht überschreiten.
- a) Auch bei der nicht sachgemäßen Füllung von Heutürmen und Heubergen sind nach unseren praktischen Branderfahrungen echte brandgefährliche biologische Selbsterhitzungsvorgänge mit nachfolgendem Brand möglich.
 - b) Man sollte Heutürme nicht zu hoch bei der ersten Belüftungsphase füllen. In diesem Falle wird kein ausreichender Nachrocknungseffekt durch die Belüftungsluft erreicht.
 - c) Man sollte aber auch nicht den Heuturm in einem Zuge zu voll füllen. In diesem Falle ist es möglich, wie praktische Brandfälle zeigen, daß durch den erheblichen Lagerdruck das untere Fülldr Drittel eine so hohe Verdichtung erfährt, daß eine ordnungsgemäße Durchlüftung dieser Zone nicht mehr möglich ist. Es bildet sich dann eine Vielzahl von lokalen Selbsterhitzungsnestern, die dann zum Brande führen können.

1.3.2 Der Heuturm bzw. „Heuberg“:

Hier haben unsere Untersuchungen folgende Hinweise ergeben:



1.3.3 Die Erkennung von Selbsterhitzungsprozessen in Heustapeln:

Bild 6.
Die lokalen Selbsterhitzungsnester zeichnen sich durch feuchte Flecken an der Oberfläche ab.

Die rechtzeitige Erkennung des Aufbaus von Erwärmungsbereichen in Heustapeln ist nur durch den Einsatz von geeigneten Heumeßsonden möglich. Als vielseitig einsetzbares Gerät hat sich die „Auricher Heumeßsonde“ bewährt, die gemeinsam von der Ostfriesischen Brandkasse, Aurich, dem Institut für Schadenverhütung und Schadenforschung, Kiel, und dem Institut für technische Physik der TH Delft in mehrjähriger Forschungsarbeit entwickelt wurde. Das Gerät* arbeitet unter Ausnutzung der Temperaturabhängigkeit des elektrischen Widerstandes von Dioden in einer empfindlichen Brückenschaltung. Da als Material für den Meßstabschaft glattes Polyesterharzmaterial verwendet wird, ist das Gerät auch ohne Mühe in Hochdruckballenstapel einzuführen, wie eine zweijährige Meßpraxis in der Bundesrepublik Deutschland und in den Niederlanden gezeigt hat. Es ist darauf hinzuweisen, daß mit den alten Meßsondentypen insbesondere Mittel- und Hochdruckpreßballenstapel in keiner Weise meßtechnisch befriedigend erfaßt werden konnten.

1.4. Wie kann man eine sichere Temperaturkontrolle eines Heustapels durchführen?

Nach unseren Untersuchungen ergibt sich folgendes Schema für die Durchführung einer systematischen und sicheren Temperaturkontrolle eines Stapels:

Messung der Bezugsgröße

Ein bis zwei Stunden nach Einbringen wird die Temperatur des Heus gemessen; diese dient als Bezugsgröße für die

1. Meßphase

Spätestens nach 5 Tagen Lagerung werden an je 2 folgenden Tagen

* siehe schadenprisma 2/73, Seite 17

(6. und 7. Lagerungstag) je nach Lagerplatz und Stapelgröße 6 bis 10 Messungen am Stapel durchgeführt.

Ergibt die Messung am 2. Meßtag (7. Tag nach der Einlagerung) einen Temperaturanstieg von 10° über Bezugsgröße, muß an den folgenden zwei Tagen die Messung an gleichen Meßpunkten fortgesetzt werden.

II. Meßphase

Ergibt die Messung am 2. Tag keinen Temperaturanstieg, wird auf jeden Fall am Beginn der vierten Lagerwoche wieder an zwei folgenden Tagen (22. und 23. Lagertag) an 6 bis 10 Punkten gemessen.

Wird bei diesen Messungen ein Temperaturanstieg gegenüber den vorhergehenden festgestellt, muß mindestens alle zwei Tage weiter kontrolliert werden. Ist der Temperaturanstieg in der 4. bis 6. Lagerwoche langsam, aber regelmäßig, muß der Stapel streng überwacht werden, je nach Höhe des Anstiegs (täglich mindestens an 5 Punkten messen). Bei 55 °C bis 60 °C sollte dann sofort das Heuwehrgerät eingesetzt werden.

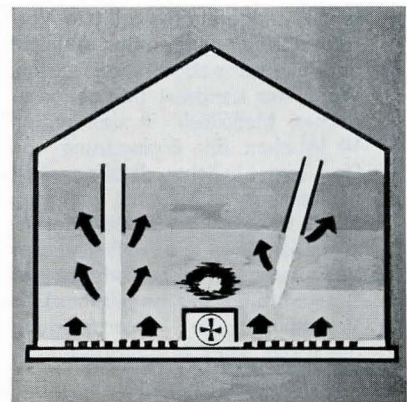
III. Meßphase

Um sogenannte Spätentzündungen von Heu (gerade nach unserer Erfahrung bei Hochdruckpreßballen) festzustellen, die in der Praxis häufig auftreten, sollten nach der 8. und der 12. Einlagerungswoche an 2 aufeinanderfolgenden Tagen letzte Kontrollmessungen an 6 bis 10 Meßpunkten durchgeführt werden. Dieses in der Praxis erprobte Meßverfahren garantiert eine hohe Sicherheit.

1.5 Beseitigung von gefährlichen Selbsterhitzungsnestern

Früher mußte bei Erreichen der kritischen Temperatur von 60 °C der gesamte Heustapel im Gebäude ab- und ausgetragen werden. Das hatte meist den Verlust der gesamten Heuernte zur Folge. Seit ca. 1962 ist auch in Schleswig-Holstein und anderen Bundesländern das in Bayern entwickelte sogenannte „Heuwehrgerät“ ein-

Bild 7. Heubelüftungsanlagen unter Dach sind richtig bedient selbstentzündungsfrei.



geführt. Es besteht aus einem leistungsstarken Gebläse, das die brandgefährlichen Zersetzungsgase aus den Selbsterhitzungsbereichen des Stapels absaugt und ins Freie ableitet. Ist die Temperatur in den Erhitzungsbereichen auf etwa 35 bis 40 °C abgesunken, wird das Gebläse „auf Druck“ umgestellt und die Restwärme durch Kaltluftereinblasung abgeführt. Der gesamte Heustapel bleibt so für die Fütterung erhalten.

1.6 Folgerungen

Insbesondere die Untersuchungen des Instituts für landwirtschaftliche Mikrobiologie an der Justus-von-Liebig-Universität, Gießen, sowie auch unsere haben ergeben, daß bei den neuartigen Techniken für Häckselheueinlagerung und die Lagerung von Mittel- und Hochdruckpreßballen optisch und geruchsmäßig das Anlaufen brand-

gefährlicher Erwärmungsprozesse in Heustapeln nicht mehr mit hinreichender Sicherheit beobachtet und erkannt werden kann. Aus diesem Grunde wurde z. B. in der letzten Fassung der Schleswig-Holsteinischen Verordnung vom 9. Mai 1968* besonders die Verantwortung der Landwirte festgelegt.

Hiernach ist der Betriebsleiter verpflichtet, die unter Absatz 1. und 2. genannten gelagerten Vorräte regelmäßig mit geeigneten Meßvorrichtungen (z. B. Heumeßsonde) auf Erwärmungserscheinungen zu überprüfen. Werden dabei Temperaturen von mehr als 60 °C gemessen, so sind die örtliche Feuerwehr und die Ordnungsbehörde unverzüglich zu unterrichten.

* Ges.-V.O.-Bl. Schleswig-Holstein 1968, S. 148 (wird z. Z. überarbeitet)

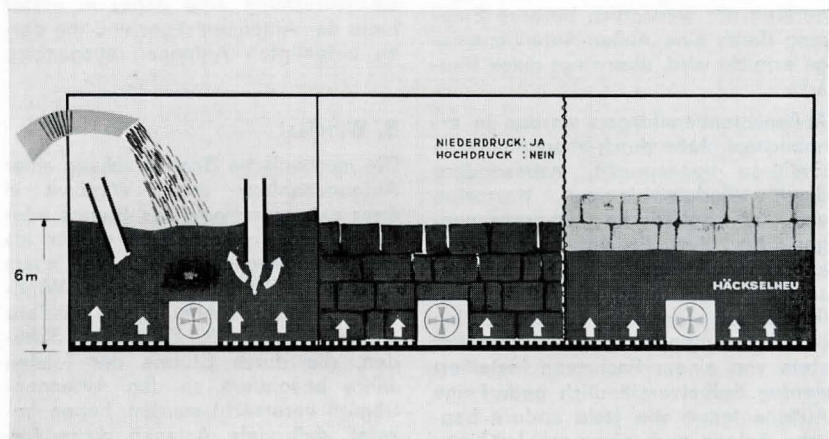


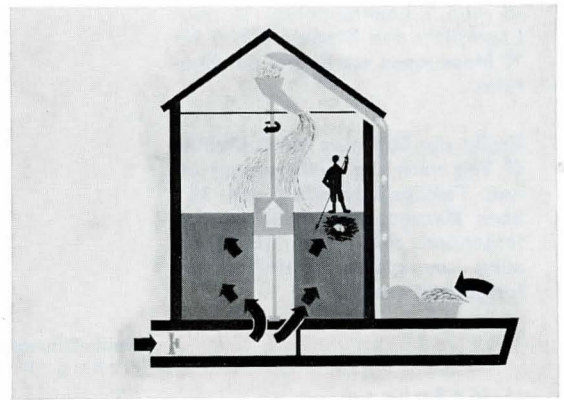
Bild 8. Folgende unsachgemäße Beschickungen führen zu Selbsterhitzungen:

- Stöpsel bei Füllungen über 6 m senkrecht hochziehen, nicht schräg!
- Hochdruckpreßballen können nur belüftet werden, wenn sie mit weniger als 30 % Feuchtigkeit eingepreßt werden.
- die gefüllten Belüftungsflächen dürfen erst nach vollständig abgeschlossenem Belüftungsvorgang (Temperaturkontrolle!) mit Preßstrohschichten u. ä. abgedeckt werden.

ten. Brandgefährlich erhitze Vorräte dürfen nur unter Aufsicht der Feuerwehr abgetragen werden. Wenn der Landwirt der obligatorischen Meßpflicht in den ersten 10 Wochen der Einlagerung von Heu und ähnlichen Stoffen nicht nachkommt, muß er bei Eintreten eines Brandes durch Selbsterhitzungsvorgänge mit strafrechtlicher Verfolgung wegen fahrlässiger Brandstiftung und gegebenenfalls Versagung der Entschädigung durch das Versicherungsunternehmen rechnen.

Nach unseren Erfahrungen muß darauf hingewiesen werden, daß man bei der Meßkontrolle und dem Einsatz des Heuwehrgerätes nicht auf Temperaturen von 60 °C warten, sondern bereits bei 50 bis 55 °C für den sofortigen Einsatz

Bild 9.
Eine besonders wirtschaftliche Form der Heubelüftung stellt der Heuturm dar.



des Gerätes sorgen sollte. Das Anstehen von Temperaturen von 50 °C bringt, auch wenn diese Temperatur nicht zum Brande führt, empfindliche Futtermittelverluste,

weil das verdauliche Eiweiß und der Vitamingehalt des Heus durch diese Temperatur, wenn sie längere Zeit auf das Heu einwirkt, zerstört und abgebaut werden.

Das ordnungsgemäße Errichten von Empfangs-Antennenanlagen

Karl-Wilhelm Werner

A. Allgemeines

Empfangs-Antennenanlagen können als Außen- oder als Innenantennen errichtet werden. Da jedoch für die meisten Aufstellungsorte von Empfangsgeräten der wesentlich bessere Empfang durch eine Außen-Antennenanlage erreicht wird, überwiegt diese Bauart.

Außenantennenanlagen werden in erheblichem Maße durch atmosphärische Einflüsse beansprucht, insbesondere durch Windeinwirkungen, Korrosion und atmosphärische Überspannungen. Für ihre Errichtung sind die anerkannten Regeln der Technik, gesetzliche Verordnungen und behördliche Bestimmungen zu beachten. Eine derartige Antennenanlage sollte daher stets von einem Fachmann installiert werden. Selbstverständlich bedarf eine Außenantenne wie jede andere bauliche Anlage auch einer regelmäßigen Beobachtung und Wartung.

Dipl.-Ing. Karl-Wilhelm Werner, Abt.-Dir. Feuersozietät Berlin.

Antennenanlagen bestehen aus Antennen, Antennenträger, Antennenleitung, dem gegebenenfalls erforderlichen Antennenverstärker und der Erdungsanlage. Der atmosphärischen Beanspruchung sind dabei in erster Linie der Antennenträger und die daran befestigten Antennen ausgesetzt.

B. Windlast

Die mechanische Beanspruchung einer Antennenanlage durch Windlast in ihrer extremen Form des Sturms oder des Orkans ist erheblich größer als häufig angenommen wird, vor allem durch die Wirkungsweise der Windlast, die nicht kontinuierlich, sondern stoßweise angreift. Zahlreiche Schäden, die durch Stürme der letzten Jahre besonders an den Antennenträgern verursacht wurden, haben gezeigt, daß viele Anlagen diese Belastungen nicht oder infolge Korrosion nicht mehr aufzunehmen vermochten. Bei richtiger Bemessung der beanspruchten Bauteile hätte sicher ein erheblicher Teil dieser Schäden vermieden werden können.

Die Grundlage zur Berechnung der Windlast, die auf ein Bauwerk oder auf einzelne Bauteile einwirkt, ist in DIN 1055 Blatt 4 – Windlast – gegeben. Die danach erforderliche Festigkeit der Antennenbauteile gegen mechanische Beanspruchung durch Windlast müßte in jedem einzelnen Fall rechnerisch nachgewiesen werden. Um die richtige Bemessung jedoch zu erleichtern, sind vom Verband Deutscher Elektrotechniker (VDE) Bestimmungen erarbeitet worden, die auch Richtwerte für die Bemessung gebräuchlichster Antennenanlagen enthalten (VDE 0855 Teil 1/7.71 – Bestimmungen für Antennenanlagen, Teil 1 Errichtung und Betrieb –).

Die wichtigsten Bestimmungen dieser VDE-Vorschrift sollen hier kurz erläutert werden.

Zur mechanischen Sicherheit (Sicherheit gegen die Einwirkung der Windlast) werden folgende Anforderungen gestellt:

1. Bauteile, die zur Befestigung von Antennen, Antennenträgern und Abspannseilen dienen, müssen aus-