

### Einlagerungsarten und -methoden

Der Grossteil der Kartoffeln wird lose eingelagert, auf eine Vorsortierung wird zum Teil verzichtet. Das gilt vor allem, wenn die Kartoffeln in Kisten geerntet und in das Lagerhaus gebracht werden. Die Kisten werden mit Hilfe einfacher Rollenbänder (Abb. 7) in die Boxen transportiert und dort entleert. Natürlich gibt es auch moderne Schräg- und Steilförderer zur Befüllung der Boxen. Lagerung in Kisten fordert viel Platz und ist daher nur für Saatgut gebräuchlich. Die Sacklagerung erfreut sich zunehmender Beliebtheit, weil sich Kartoffeln hinter der Sortiermaschine leicht ein-

sacken lassen und die gesackte Ware bequem zu handhaben ist (Abb. 9).

Die aufgezeigte Entwicklung des holländischen Kartoffellagerhausbaues innerhalb weniger Jahre war nur möglich durch die fruchtbare Zusammenarbeit von Wissenschaft und Praxis. Aus diesem Blickwinkel gesehen verdient das, was auf dem beschriebenen Gebiet von Holland geleistet wurde, unsere Beachtung und Anerkennung.

Dipl.-Ing. W. Hillendahl

Institut für landwirtschaftliche Bauforschung

## BRANDGEFAHR DURCH INFRAROTSTRAHLER?

Infrarotstrahler haben in den letzten Jahren als Hilfsmittel bei der Jungtieraufzucht grosse Bedeutung gewonnen. Leider sind aber auch durch Infrarotstrahler in weniger als drei Jahren für mehr als zwei Millionen DM Brandschäden und mehrere tödliche Unfälle vorgekommen. Mit Eintritt des Frostwetters Anfang 1954 stieg die Zahl der Brandschäden durch Infrarotstrahler ungewöhnlich stark an, so dass sich die Notwendigkeit ergab, durch neue VDE-Vorschriften die Konstruktion der Strahler und Armaturen sowie den Umgang mit Infrarotstrahlern in der Landwirtschaft zu regeln. Fast gleichzeitig begannen auch im Ausland die Bemühungen um solche Vorschriften, weil dort die gleichen bedauerlichen Erfahrungen gemacht wurden wie in Deutschland. Die Herausgabe von Vorschriften zur Abstellung von Mängeln setzt natürlich die Kenntnis der Ursachen solcher Mängel voraus. Da diese Ursachen bei den Infrarotstrahlern aber nicht ohne weiteres erkennbar waren, mussten Untersuchungen über die Temperaturverteilung an der Oberfläche und über die Strahlungsleistung von Infrarotstrahlern angestellt werden. Über einige Ergebnisse dieser Untersuchungen soll hier berichtet werden.

### Hellstrahler – Dunkelstrahler

Es gibt im wesentlichen zwei Typen von Infrarotstrahlern, die sogenannten Hellstrahler und die Dunkelstrahler. Hellstrahler haben die bekannte Form der Glühlampen, d.h. eine Heizwendel befindet sich in einem Schutzgas, das von einem Glaskolben umschlossen wird. Zur Dämpfung des sichtbaren Anteiles der Strahlung wird häufig Rubinglas verwendet, das als Hartglas gegen plötzliche Temperatursprünge (Wasserspritzer) unempfindlich sein soll. Bei Hellstrahlern wird die Wärme also unmittelbar von der sehr heissen, aber im Schutzgas und Glaskolben untergebrachten Heizwendel abgestrahlt. Bei Dunkelstrahlern ist die Heizwendel fast immer von einem Keramikkörper umschlossen, der durch Wärmeleitung von der Wendel erwärmt wird und seinerseits dann die Wärme von seiner Oberfläche abstrahlt. Nach

dem *Stefan-Boltzmannschen* Gesetz wächst die Strahlung eines Körpers mit der vierten Potenz seiner absoluten Oberflächentemperatur. Bei Hellstrahlern beträgt diese Temperatur an der Wendel über 2000°C, beim Dunkelstrahler an dessen Oberfläche zwischen 600 und 700°C. Da weder das Schutzgas noch der Glaskolben wesentliche Anteile der von der Heizwendel abgegebenen Strahlung absorbieren, ist es einleuchtend, dass dort, wo es auf die durch Strahlung und nicht durch Wärmeleitung oder Luftkonvektion abgegebenen Wärmemengen ankommt, die hohe Temperatur der Heizwendel in Hellstrahlern günstiger ist, als die geringere Oberflächentemperatur der Dunkelstrahler. Für die Brandentstehung ist aber fast ausschliesslich die Temperatur an der von der Aussenluft berührbaren Oberfläche der Strahler entscheidend, denn mit den heutigen Infrarotstrahlern kann Stroh und Heu durch Wärmestrahlung schon in 15 cm Entfernung praktisch nicht mehr entzündet werden. Berührt jedoch leicht entzündliches Material den äusseren Mantel der Dunkelstrahler, der meist eine Temperatur von über 600°C hat, so brennt Stroh und Heu sofort, während bei der Berührung einzelner Halme mit dem Glaskolben von Hellstrahlern, der Temperaturen von ca. 200°C annehmen kann, eine Entzündung nur möglich ist, wenn gleichzeitig die Wärmeabfuhr durch Luftströmung erschwert wird. Der Dunkelstrahler ist also wegen seiner höheren Temperatur an der Oberfläche trotz geringerer Strahlungsleistung eine ungleich höhere Brandgefahr als der Hellstrahler. Die Brandgefahr durch Wärmestrahlung ist in beiden Fällen sehr gering. Würde ein Hellstrahler mit seinem Glaskolben in Stroh oder Heu fallen, oder würde sich auf dem Glaskolben leicht entzündliches Material und Staub in grösserer Menge ablagern, so würde es nach einiger Zeit auch hier durch Wärmestau zum Brand kommen. Es muss also dafür gesorgt werden, dass eine unmittelbare Berührung zwischen Glaskolben und leichtentzündlichem Material durch ein Schutzgehäuse vermieden wird. Dieses Schutzgehäuse muss so konstruiert

sein, dass es durch ausreichende Luftkonvektion an seiner Oberfläche keine gefährlichen Temperaturen (über 100°C) annimmt. Die Luftströmung soll gleichzeitig dafür sorgen, dass die Fassung des Strahlers keine zu hohen Temperaturen annimmt. Es ist wahrscheinlich, dass ungeeignete Fassungen in zahlreichen Fällen die Brandentstehung begünstigt haben. Sowohl vom Hell- als auch vom Dunkelstrahler wird die Fassung durch aufsteigende Hitze erwärmt, was bei Dauerbetrieb zur Zersetzung des Materials der Fassung führen kann, wenn dieses nicht hitzebeständig ist. Fassungen für Infrarotstrahler sollen deshalb aus keramischem Material bestehen. Die Anschlussklemmen der Zuleitungen dürfen im Betrieb keine Temperaturen über ca. 60°C annehmen, weil sonst die Isolierung der Drähte durch Hitze zersetzt wird und Kurzschlüsse dann leicht zu Bränden führen.

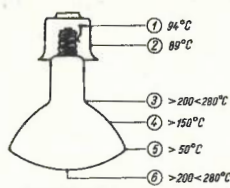


Bild 1 Hellstrahler

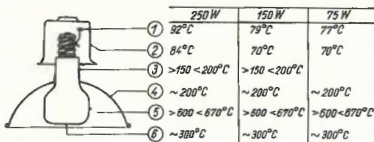


Bild 2 Dunkelstrahler

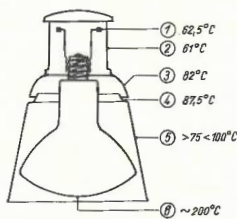


Bild 3 Hellstrahler im Schutzgehäuse

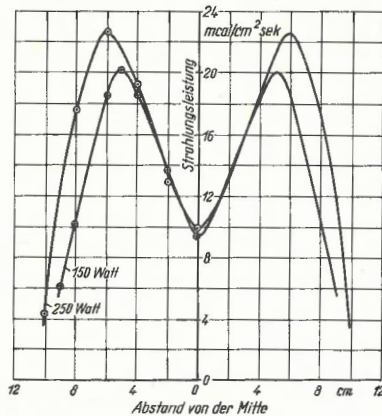
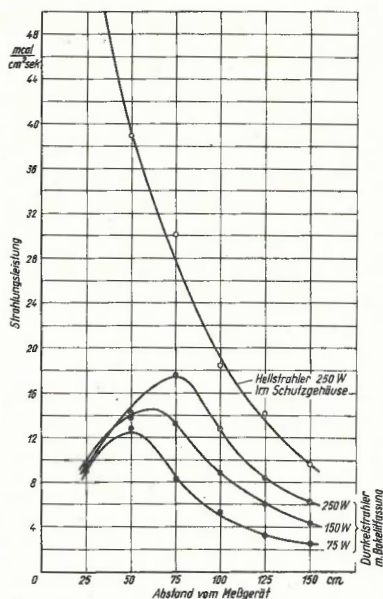
### Messung der Oberflächentemperatur und Strahlungsleistung

Für die technische Untersuchung der Brandgefahr durch Infrarotstrahler wurden die Temperaturverteilung an der Oberfläche und die Strahlungsleistung ( $\text{cal}/\text{cm}^2/\text{sec}$ ) gemessen. Die Temperaturverteilung an der Strahloberfläche und im Schutzgehäuse wurde

Abb. 1

Abb. 2 links

Abb. 3 unten



mit Thermoelementen und mit Thermochromstiften festgestellt. Es ergaben sich die in Abb. 1 dargestellten Temperaturen. Man erkennt, dass beim Hellstrahler die heissesten Stellen am Übergang vom Glaskolben zum Glashals und vorn an der vordersten Glaskuppe liegen. Dabei wurden Temperaturen von 200 bis 280°C festgestellt. Der Dunkelstrahler hat dagegen seine höchsten Temperaturen nicht vorn, sondern an einer ringförmigen Zone dort, wo der Keramikkörper seinen grössten Durchmesser hat. An dieser Zone wurden Temperaturen bis ca. 650°C gemessen, so dass es erklärlich ist, dass Heu, Stroh, Holzwole usw. an dieser heissen Zone bei der geringsten Berührung entflammt werden. Die Zündtemperatur von Heu und Stroh liegt sicher über 200°C und nach einigen Angaben noch etwas über 300°C. Die untersuchten Dunkelstrahler waren fest mit einem Reflektorspiegel verbunden, der die Strahlung der heissen Ringzone des Dunkelstrahlers in die Nutzrichtung umlenkt, dabei aber selbst auch Temperaturen von ca. 200°C annimmt. Der Einfluss des untersuchten Schutzgehäuses liess sich nur bei Hellstrahlern feststellen, weil die vorhandenen Dunkelstrahler nicht in das Schutzgehäuse eingeschraubt werden können. Die Schornsteinwirkung des Schutzgehäuses und die Wärmeverteilung in dem verhältnismässig starkwandigen und grossen Metallgehäuse sorgen dafür, dass am Schutzgehäuse keine Temperaturen über ca. 90°C und an den Anschlussklemmen der keramischen Fassung nur ca. 60°C auftreten. Von entscheidender Bedeutung für die Wirksamkeit des Schutzgehäuses zur Herabsetzung der Oberflächentemperaturen wird deshalb die sichere Abführung der am Hellstrahler erwärmten Luft sein. Beim Einsatz solcher Geräte darf auf keinen Fall die Abführung der Luft durch aufgelegtes Stroh etc. verhindert werden. Ausserdem muss die Wandung des Gehäuses so stark sein, dass durch inneren Wärmeausgleich im Gehäuse die aufgenommene Wärmemenge nicht zu lokalen Temperaturspitzen führt.

Von besonderem Interesse war es schliesslich, ob bei den untersuchten Infrarotgeräten Heu oder Stroh durch Wärmestrahlung entzündet werden konnte und wie weit die Abnahme der Strahlungsleistung mit der

Entfernung dem allgemeinen quadratischen Gesetz folgte. In den Abb. 2 und 3 sind die ersten Ergebnisse dargestellt. Abb. 2 zeigt die Abnahme der Strahlungsleistung mit der Entfernung vom Strahler auf der verlängerten Mittelachse des Gerätes. Während beim Hellstrahler mit kleiner werdendem Abstand die Strahlungsleistung je  $\text{cm}^2$  erwartungsgemäss steil ansteigt, fällt sie bei den Dunkelstrahlern bei Abständen von weniger als 75 cm wieder ab. Dies ist leicht erklärlich, weil die grösste Hitze der ring-

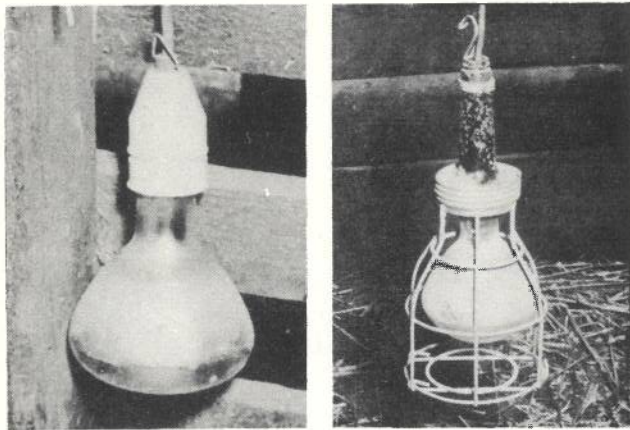


Abb. 4 und 5. Feuergefährliche Anbringung und fahrlässige Aufhängung am Gummikabel.

förmigen Zone auch ringförmig vom Reflektor abgestrahlt wird. Bei Entfernungen unter 75 cm kommt auf der Mittelachse vor dem Strahler nur noch die Strahlung der kühleren vordersten Kalotte des Keramikkörpers in das Messgerät. Man erkennt dies sinnfällig auch ohne Messgerät daran, dass bei Abständen von ca. 2 cm vom Heu oder Stroh zunächst eine ringförmige Zone im Stroh gebräunt wird. Die Abb. 2 zeigt ausserdem noch, dass die Strahlungsleistung des Hellstrahlers trotz gleicher Leistungsaufnahme (250 Watt) und erheblich ungefährlicherer Oberflächentemperatur deutlich über der Strahlungsleistung des Dunkelstrahlers liegt. Für die praktische Anwendung als Infrarotstrahler ist aber eben nur die in Nutzrichtung abgestrahlte Leistung massgebend. Auf Abb. 3 ist für einen Abstand von 25 cm vor dem Dunkelstrahler die ringförmige Erhöhung der Wärmestrahlung dargestellt. Die tiefe Einsattelung der Strahlungsleistung vor der Mitte des Strahlers wird natürlich bei grösserem Abstand immer geringer werden und schliesslich in eine normale Verteilung übergehen. Aus der Strahlungsverteilung der Abb. 2 und 3 lässt sich noch auf den Wirkungsgrad der Geräte in Nutzrichtung schliessen. Summiert man die gesamte in Nutzrichtung aus dem Schutzgerät mit Hellstrahler abgestrahlte Energie und vergleicht das Ergebnis mit der in Form von elektrischer Energie in das Gerät hinein geschickten Energie, so ergibt sich ein Wirkungsgrad von etwa 12%. Die in das Gerät hineingeschickten 250 Watt werden zwar fast vollständig in Wärme umgewandelt, aber von der erzeugten Wärme stehen in Nutzrichtung nur etwa 30 Watt als Strahlungsleistung zur Verfügung. Die übrigen 220 Watt gehen durch Wärmeleitung und Konvektion nutzlos verloren. Zugleich erkennt man hieraus die Bedeutung der Wärmeabfuhr und -verteilung (Leitung der Wärme in der Gehäusewand) für die Verhütung feuergefährlicher Temperaturen. Für den Konstrukteur der Strahler ergibt sich andererseits aus dem schlechten Wirkungsgrad die wichtige und schwierige Aufgabe, bei geringerem Stromverbrauch eine höhere Strahlungsleistung in Nutzrichtung zu erzielen.

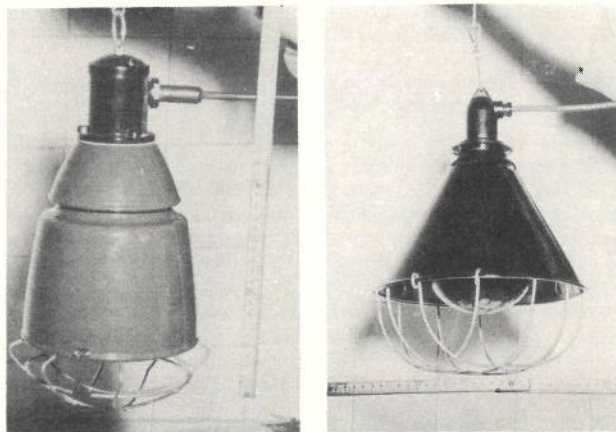


Abb. 6 und 7. Vorschriftsmässige Leuchten für Infrarotstrahler.

#### Untersuchungen zur Brandgefahr

Wie sehr es für die Beurteilung der Brandgefahr auf die Abführung der Verlustwärme durch Konvektion und Leitung ankommt, veranschaulicht noch folgender Versuch. Ein Hellstrahler wurde in ein Schutzgehäuse eingeschraubt und flach auf trockenem Stroh liegend noch mit ca. 50 cm Stroh bedeckt. Es wurde angenommen, dass die dauernde Zufuhr von 250 Watt mit Sicherheit durch Wärmestau im Stroh zum Brand führen müsste. Dies trat jedoch nicht ein. An der höchsten Stelle des fest angedrückten Strohaufens trat ein heisser Luftstrom mit einer Temperatur von ca. 110°C aus, der jedoch nicht einmal das Stroh braunfärben konnte. Auch unmittelbar vor dem Schutzkorb des flach liegenden Schutzgehäuses war das Stroh nach vier Stunden noch nicht verfärbt, d.h. es bestand nicht die geringste Brandgefahr. Danach wurde der Schutzkorb vom Gerät abgenommen und der Strahler unmittelbar auf das Stroh aufgesetzt, so dass der vorderste Rand des Schutzgehäuses das Stroh ringförmig berührte. Die Luftventilation war dabei so stark behindert, dass nach 20 Sekunden ein offener Brand entstand. In 15 cm Abstand von der Strohoberfläche war jedoch die Luftführung schon wieder so gut, dass auch nach achtstündiger Bestrahlung keine Braunfärbung des Strohes feststellbar war.

Hier muss noch auf die Bedeutung der Wärmeabsorption im Stroh für die Brandentstehung hingewiesen werden. Nur die im Strohalm absorbierte Wärmemenge kann zur Temperatursteigerung beitragen. Der dauernd eingestrahlt Wärme wirkt die Abführung der Wärme durch die Luftkonvektion entgegen. Die Wärmeabsorption einzelner Strohhalme ist immerhin so gering, dass sie auch 1 cm vor dem Glaskolben des Strahlers nicht entzündet werden konnten. Die mit einem Quecksilberthermometer gemessene Temperatur vor einigen Strohhalmen war nur etwa 20% höher als hinter den Strohhalmen. Je dichter das bestrahlte Material aber ist, desto grösser wird natürlich die in ihm absorbierte Wärmemenge. Es verwundert also nicht, dass z.B. ein Holzbrett in 15 cm Entfernung

## Grosses Bundesverdienstkreuz für Professor Dr. Dr. h. c. Zorn

Im Rahmen einer kleinen Feierstunde erhielt Professor Dr. Dr. h. c. Zorn durch Staatssekretär Dr. Sonnemann das Grosse Bundesverdienstkreuz.

Professor Zorn wurde am 12. August 1884 in Memmingen/Allgäu geboren. Er studierte Landwirtschaft, wandte sich jedoch bereits mit seiner Dissertation und betonter mit seiner Habilitationsschrift der landwirtschaftlichen Tierzucht zu. Nachdem er drei Jahre wissenschaftlicher Assistent am Zootechnischen Institut der Techn. Hochschule München bei Prof. Pott und vier Jahre bei Prof. Holdefleiss in Breslau war, wurde er 1920 o.ö. Professor für Tierzucht und Milchwirtschaft an der Universität Breslau und Direktor des dortigen Universitäts-Instituts. 1923 übernahm er im Nebenamt Aufbau und Ausbau der Preuss. Versuchs- und Forschungsanstalt für Tierzucht in Tschechnitz-Kraftborn bei Breslau und brachte diese Anstalt zu hohem Ruf in der tierzüchterischen Welt. 1945 musste er Schlesien unter Zurücklassung von Haus und Werk verlassen. In seiner Heimat Bayern wurde ihm 1947 die Leitung der Bayerischen Landesanstalt für Tierzucht in Grub übertragen. Die Anstalt ist seitdem im In- und Ausland zunehmend bekannt geworden. Auf seine Anregung wurde 1949 das Institut für Konstitutionsforschung der Forschungsanstalt für Landwirtschaft in Grub-Völknerode gegründet, deren Leitung und Aufbau er übernahm.



Prof. Dr. Dr. h. c. Zorn



Staatssekretär Dr. Sonnemann bei seiner Festansprache.

Freunde, Kollegen und Mitarbeiter von Prof. Zorn hatten sich in der Landesanstalt für Tierzucht in Grub versammelt, um dem Dank Ausdruck zu geben, den die deutsche Landwirtschaft und insbesondere die deutsche Tierzucht diesem grossen Forscher schuldig ist. Dem Begründer und heutigen Direktor des Instituts für Konstitutionsforschung der Forschungsanstalt für Landwirtschaft überbrachte der Präsident der FAL, Professor Dr. O.E. Heuser, die herzlichsten Glückwünsche und den Dank der Forschungsanstalt. Er würdigte vor allem die Verdienste von Professor Zorn: Seine Bestrebungen auf dem Gebiet des Grünlandes, die Verbesserung der Futtergrundlage mit der daraus resultierenden Leistungssteigerung, wodurch der wirtschaftliche Nutzeffekt der gesamten Tierzucht gehoben wurde, sowie seine frühzeitige Erkenntnis der besonderen Bedeutung der Konstitutionsforschung für die Züchtung und schliesslich ihre Auswertung durch die Einführung des Kalt- und Offenstalles. Der warme Dank galt aber auch dem Menschen Zorn, der als Chef und Kollege in gleicher Weise beliebt ist. Es seien gerade diese warmen, menschlichen Beziehungen, so führte Professor Heuser aus, die uns wünschen lassen, dass Professor Zorn uns zum förderlichen Gedeihen der Wissenschaft und zu Gunsten der Praxis noch lange erhalten bleibe.

vom Strahler nach einer Stunde geschwärzt wurde, während Stroh noch nach acht Stunden keine Spuren einer Bräunung zeigte. Im Holzbrett wird eben die gesamte eingestrahlte Wärmemenge absorbiert und trägt zur Temperaturerhöhung bei, im Strohalm wird nur ein sehr geringer Teil der Energie absorbiert und kann ausserdem durch die Luftströmung wieder teilweise abgeführt werden. Im Stall darf also der Infrarotstrahler nicht zu nahe an Holzwänden oder über einer Holzpritsche hängen, s. Abb. 4.

Viele Brände sind dadurch entstanden, dass der Infrarotstrahler nicht sicher aufgehängt war und in die Einstreu fiel. Hierzu ist vorgeschrieben, dass das Schutzgehäuse eine zuverlässige, zugfeste Aufhängevorrichtung besitzen muss, die vom Praktiker aber auch benutzt werden soll. Eine Aufhängung des Gerätes an der Gummizuleitung ist in jedem Falle äusserst fahrlässig und geschieht doch in der Praxis immer wieder, s. Abb. 5. Zwei brauchbare Ausführungen von Schutzgeräten für Infrarotstrahler zeigen schliesslich noch die Abb. 6 und 7.

### Lehren für die Praxis

Für den Praktiker ist es wichtig zu wissen, dass die Konstruktion und Anbringung von Infrarotstrahlern für den Gebrauch in der Tieraufzucht jetzt durch VDE-

Vorschrift 0133 geregelt ist. Die Betriebsvorschriften dieser kleinen Schrift lassen sich in wenigen Sätzen zusammenfassen: Infrarotstrahler sollen einen allseitigen Mindestabstand von leicht entzündlichem Material von 40 cm haben. Sie sollen zuverlässig an einer Kette oder einem Draht unverrückbar aufgehängt sein. Zwischenwände und Decken aus Stroh oder dergleichen müssen so gesichert sein, dass sie sich nicht unabsichtlich dem Strahler nähern können. Infrarotstrahler mit Leistungsaufnahmen über 250 Watt sind verboten. Irgendwelche Heizgeräte, die an ihrer Oberfläche rotglühend werden, gehören nicht in den Stall. Wer gegen diese an sich selbstverständlichen Dinge verstösst, läuft Gefahr, im Brandfall der fahrlässigen oder grobfahrlässigen Brandstiftung beschuldigt zu werden. Andererseits bedeutet die Veröffentlichung der VDE-Vorschrift 0133 jetzt eine erfreuliche Hilfe für den Landwirt bei seinem Bemühen, Gut und Leben gegen die Gefahren durch unbrauchbare Infrarotstrahler zu schützen. Das VDE-Zeichen auf elektrotechnischen Geräten ist zwar noch nicht obligatorisch, aber wo man es als Aufdruck auf Geräten findet, darf man annehmen, dass das Gerät in Bezug auf Sicherheit dem neuesten Stand der Technik entspricht.

Dr. H. Jäger

Institut für Landtechnische Grundlagenforschung