

6. Empfehlungen für die Bewirtschaftung von Lagerhallen mit Unterflurbelüftungskanälen

Ist die Auslegung der Belüftungstechnik erfolgt, so muß darauf geachtet werden, daß die für die Bemessung der Lüfter, Kanäle und deren Abstände vom Schüttungsende bzw. untereinander getroffenen Annahmen und Vorgaben auch eingehalten werden. Eine Verringerung zum Beispiel der Schütthöhe hat in jedem Fall eine schlechtere Belüftung des gesamten Stapels zur Folge. Die Lüfter arbeiten dann nicht mehr im Bereich der Kennlinie und vor allem die Bereiche zwischen zwei Kanälen erfahren eine zu geringe Belüftung. Grundsätzlich sollte beim Beschicken eines Lagers darauf geachtet werden, daß der gesamte durch einen Lüfter zu belüftende Bereich möglichst gleichmäßig beschickt wird. Diese Bedingung ist erfüllt, wenn die Belüftungskanäle vollständig mit Schüttgut abgedeckt werden. Somit kann auch bei noch nicht erreichter maximaler Schütthöhe bei Bedarf schon belüftet werden. Ein Abströmen der Luft über nicht oder zu gering beschüttete Kanalabdeckelelemente wird vermieden. Entmischungsvorgänge verschlechtern in jedem Fall das Belüftungsergebnis. Tritt ein Verändern des Strömungswiderstandes innerhalb des Stapels, wie zum Beispiel bei Pellets, auf, d. h., wird der Strömungswiderstand im Zentrum des entstehenden Abwurfkegels größer sein als in weiter entfernten Punkten, so hat die Beschickung des Lagers so zu erfolgen, daß sich der Abwurfpunkt zu jedem Zeitpunkt über dem jeweiligen Belüftungskanal befinden muß. Ist der Strömungswiderstand im Zentrum des entstehenden Abwurfkegels geringer als in den übrigen Bereichen des Schüttkegels, so muß sich der Abwurfpunkt beim Beschicken ständig zwischen zwei Belüftungskanälen befinden.

7. Zusammenfassung
Im vorliegenden Beitrag werden die theoretischen und experimentellen Ergebnisse aus [1, 2] auf Lagerhallen mit Unterflurbelüftungstechnik extrapoliert. Die Gültigkeit der elektrischen Analogiebetrachtung für die qualitative Einschätzung des Belüftungserfolges wird durch Gegenüberstellung von Meßwerten und theoretisch ermittelten Isobaren in einer SKG-Pelletschüttung nachgewiesen.

7. Zusammenfassung

Zur richtigen Auswahl von Axiallüftern wird ein Nomogramm aufgestellt, daß speziell für Pelletschüttungen mit verschiedenen Abriebsanteilen eine Belüftung mit einer Luftmenge von $60 \text{ m}^3/\text{t} \cdot \text{h}$ gewährleistet. Für andere landwirtschaftliche Schüttgüter kann diese Darstellung prinzipiell übernommen werden,

wobei die stoffspezifischen Einflußgrößen (Schütt- und Stoffdichte, spezifischer Luftvolumenstrom, Strömungswiderstand) beachtet werden müssen (Bild 3). Das Nomogramm ist sowohl für neu zu errichtende Lagerhallen als auch für Rekonstruktionsmaßnahmen geeignet.

Literatur

- [1] Neubüser, B.: Analogieuntersuchungen zur Lagerung von Schüttgütern mit Belüftung. agrartechnik, Berlin 32 (1982) 10, S. 469-471.
- [2] Neubüser, B.: Belüftung bei der Lagerung von Pellets. agrartechnik, Berlin 33 (1983) 8, S. 356-358.
- [3] Reinicke, J.: Untersuchungen zur Belüftung von Pelletschüttungen im MTW Pritzwalk. WPU Rostock, Sektion Landtechnik, Ingenieurbeleg 1983 (unveröffentlicht).
- [4] Matthies, H.-J.: Der Strömungswiderstand beim Belüften landwirtschaftlicher Erntegüter. VDI-Forschungshefte, Düsseldorf (1965) 454, Ausgabe B, Bd. 22.
- [5] Neubüser, B.: Theoretische und experimentelle Untersuchungen zur Belüftung landwirtschaftlicher Schüttgüter am Beispiel der Lagerung kompakterer Trockenfuttermittel. WPU Rostock, Sektion Landtechnik, Dissertation A 1983 (unveröffentlicht).
- [6] Verfahren der Lagerhaltung von Trockenfuttermitteln und Teilfertigfuttermitteln auf der Basis vorhandener baulicher Lösungen und Mechanisierungsmittel. Institut für Futterproduktion Paulinenaue, Bericht 1978. A 3801

Heubelüftung mit dem neuen Ventilator VAN 900/505

Dipl.-Ing. H. Kellner, KDT/Ing. M. Dera, KDT, Institut für Futterproduktion Paulinenaue der AdL der DDR

Verwendete Formelzeichen

C	Einflußfaktor für Gutart, Feuchte, Hohlräume usw.
h	m Höhe des Erntegutstapels
m	Exponent der Dichte
n	Exponent der Luftgeschwindigkeit
L_p	dB(A) A-Schalleistungspegel
Δp_{Anl}	Pa Anlagendruckwiderstand
Δp_{dyn}	Pa dynamischer Druck
Δp_{Heu}	Pa Druckwiderstand des Heus
Δp_G	Pa Gesamtdruckerhöhung
P_w	kW elektrischer Leistungsbedarf
v	$\text{m}^3/\text{s} \cdot \text{m}^2$ spezifische Strömungsgeschwindigkeit
\dot{V}	m^3/s Volumenstrom
ρ	kg/m^3 Lagerdichte von Heu
η	% Wirkungsgrad

1. Einleitung

Die Heuproduktion hat in der DDR seit Ende der siebziger Jahre eine wesentliche Verbesserung erfahren und beträgt gegenwärtig etwa 1 Mill. t jährlich. Die Heuqualität unterliegt jedoch erheblichen Schwankungen. Sie beruhen vor allem darauf, daß noch große Mengen als Dürreheu, also völlig witterungsabhängig, geborgen werden. Für die Ernährung der Rinderbestände ist es aber äußerst wichtig, Heu ausschließlich in guter und sehr guter Qualität zu produzieren. Als Lösungsweg kommen hierfür die Verringerung der Feldliegezeiten des Mähgutes und die Nachtrocknung des Halbheus unter Dach in Betracht.

2. Problemstellung

Aus den o. g. Gründen wurde bereits mit Beginn der 60er Jahre intensiv am Verfahren

der Nachtrocknung von Heu unter Dach gearbeitet. Dabei entstand das Teilkanalrostsystem zunächst mit dem Ventilator SK8 (Bild 1), danach mit dem LAN900/9 (Bild 2). Dieses Trocknungssystem fand rasch Eingang in die Praxis.

Der Anbau blattreicher, stengelarmer Gräser und das Bestreben, immer feuchteres Gut und in größeren Stapeln einzulagern, bewirkt, daß der Belüftungswiderstand des Erntegutes ansteigt. Diesen erhöhten Anforderungen werden die alten Ventilatoren nicht mehr gerecht. Werden sie dennoch eingesetzt, kann dies zu erheblichen Schädigungen an den Ventilatoren und u. U. auch zum Brand führen. In Kenntnis dieses Sachverhalts hat die Industrie neue Ventilatoren

entwickelt, die höhere Strömungswiderstände überwinden.

Für die Unterflurbelüftung steht anstelle des LANV1000 (Bild 3) der LANN 1000 (Bild 4) und für die Überflurbelüftung der VAN900/505 (Bild 5) anstelle des LAN900/9 zur Verfügung.

3. Ausfallursachen der bisher eingesetzten Lüfter

Aus der Analyse des Einsatzes der alten Ventilatoren SK 8 und LAN 900/9 ergeben sich nachfolgende Hinweise.

Zum Ausfall dieser Lüfter haben vor allem drei Hauptgründe beigetragen:

- Überlastung der Elektromotoren

Bild 1. Ventilator SK8

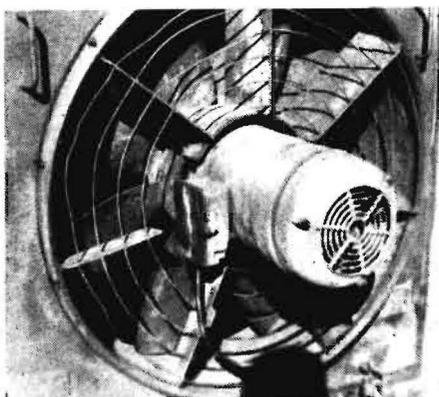
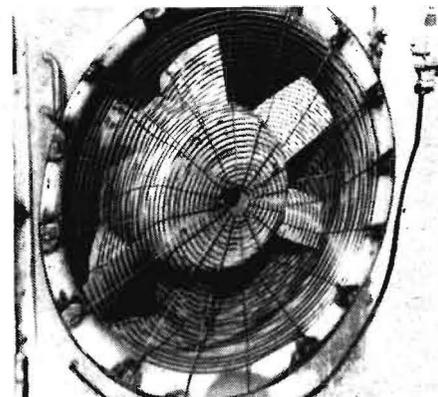


Bild 2. Ventilator LAN900/9



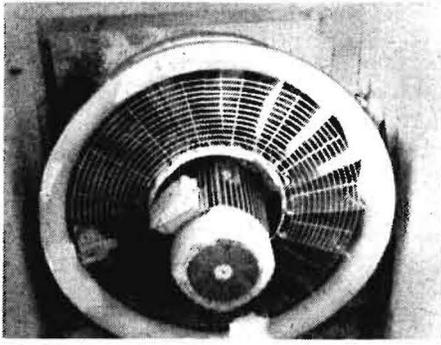


Bild 3. Ventilator LANV 1000-2,5°/50-4-15

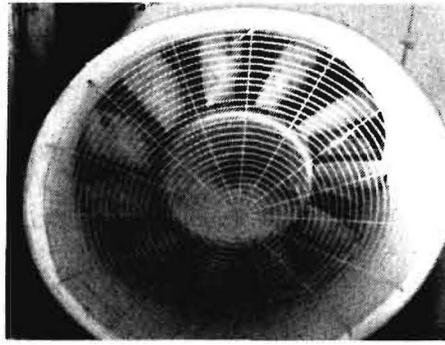


Bild 4. Ventilator LANN 1000-2...10°/50

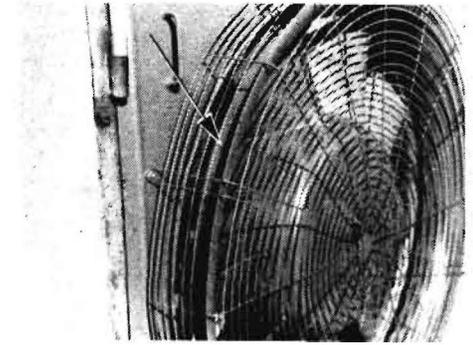


Bild 6. Einströmdüse des VAN900/505 (s. Pfeil)

- Einreißen der Luftschaufelschweißnähte am Laufrad
- Korrosion des gesamten Ventilators.

3.1. Überlastung der Elektromotoren

Die bereits angeführten veränderten Belüftungsbedingungen (Lagerdichten und Feuchte) sowie das Einlagern unzulässig hoher Lagergutschichten bewirken entsprechend Gl. (1) einen erhöhten Strömungswiderstand [1]:

$$\Delta p_{\text{Heu}} = C \rho^m h v^n \quad (1)$$

Daraus resultiert nach Gl. (2) ein erhöhter Gesamtdruckwiderstand der Belüftungsanlage

$$\Delta p_G = \Delta p_{\text{Heu}} + \Delta p_{\text{Anl}} + \Delta p_{\text{dyn}} \quad (2)$$

und es kommt entsprechend Gl. (3) für Ventilatoren zum Absinken des Volumenstroms [2]:

$$P_w = \frac{\dot{V} \Delta p_G}{\eta \cdot 100} \quad (3)$$

Die Folge kann die Überlastung des Elektromotors, zumindest aber eine wesentliche Verlängerung des Trocknungszeitraums sein.

3.2. Einreißen

der Luftschaufelschweißnähte

Das Einreißen der Schweißnähte ist eine Folge der Überlastung des Ventilators. Durch den Betrieb des Ventilators im instabilen Kennlinienbereich kommt es zu einer pulsierenden Strömung der Luft und somit zu Schwingungen an den Schaufeln. Bei längerem Betrieb des Ventilators unter solchen Bedingungen kann eine Schädigung im Dauerfestigkeitsbereich verursacht werden. Bei gründlicher Überprüfung der Ventilatoren vor der Belüftungsperiode werden diese

Risse meist erkannt. In einigen Betrieben wurden sie nachgeschweißt. Dies ist jedoch nicht zulässig, da das Schweißen Gefügeveränderungen und auch die Unwucht des Laufrades nach sich ziehen kann. Sie führt zwangsläufig zum Bruch und zum Funken schlagen der Schaufeln. Schließlich kann das zum Heubrand führen. Aus diesem Grunde ist das Schweißen des Laufrades unbedingt zu unterlassen, und die Laufräder bzw. die Ventilatoren sind bei solchen Schäden auszutauschen.

3.3. Korrosion des gesamten Ventilators

Eine Ursache für Ausfälle waren auch übermäßige Korrosionserscheinungen infolge des ständigen Witterungseinflusses auf die Ventilatoren. Schwerwiegend dabei ist die Korrosion am Motor und an der elektrischen Installation. Regelmäßige Überprüfungen der Anschlüsse und des Motors sind deshalb notwendig.

4. Ergebnisse mit dem neuen Ventilator VAN900/505

Die o. g. Ausfallursachen waren bei der Weiterentwicklung des Teilkanalrostsystems weitestgehend auszuschalten. Der VEB Turbowerke Meißen entsprach dieser Forderung mit der kurzfristigen Entwicklung des neuen Ventilators VAN900/505. Als Hauptveränderung am Ventilator ist der Stabilisator in der Einströmdüse (Bild 6) zu betrachten. Die Vorteile dieser Neuentwicklung werden anhand der technischen Daten (Tafel 1, Bild 7) bereits sichtbar.

Der Ventilator VAN900/505 zeichnet sich gegenüber dem LAN900/9 nicht nur durch größeren Volumenstrom bei gleichem Druck und erhöhtem Wirkungsgrad aus, sondern

verfügt auch über einen größeren wirtschaftlichen Arbeitsbereich und eine stabilere Kennlinie (Bild 7a). Die veränderte Einströmdüse ergibt eine wesentliche Verbesserung der Betriebsparameter. Diese Düse wirkt bei Überbelastung wie ein Überdruckventil, verschiebt den instabilen Betriebspunkt (Pumpbetrieb) des Ventilators und verhindert somit weitestgehend das Eintreten der o. g. Schadensfälle.

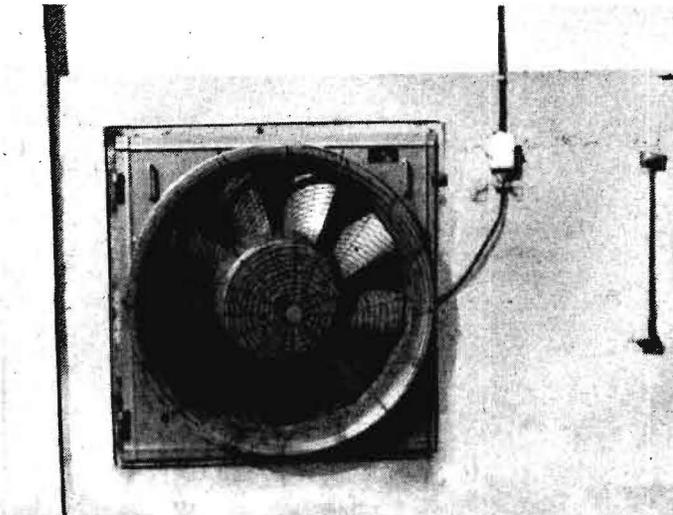
Im Jahr 1985 wurden an einer Überflurbelüftungsanlage (Teilkanalrostsystem) der LPG(T) Wagenitz, Bezirk Potsdam, die Ventilatoren LAN900/9 und VAN900/505 unter praktischen Bedingungen miteinander verglichen. Die Ergebnisse sind in Tafel 2 dargestellt. Während des gesamten Zeitraums der Belüftungstrocknung wurde beim VAN900/505 ein um 8,3% höherer Volumenstrom gegenüber dem LAN 900/9 nachgewiesen. Des Weiteren konnte bei der Trocknung der ersten Schicht die höhere Druckleistung genutzt werden. Am 12. Juni 1985 kam der LAN900/9 in den instabilen Betriebsbereich, während der VAN900/505 entsprechend seiner Kennlinie diesen Druckanstieg noch bewältigte.

Die Untersuchung zur Lärmemission fiel im Versuch entgegen den Erwartungen zugunsten des VAN900/505 aus. Bei den Messungen des Schallpegels wurden beim LAN 900/9 87 dB (A) und beim VAN 900/505 84,5 dB (A) ermittelt.

Hauptergebnis der Erprobung des Lüfters VAN900/505 war die Steigerung des Volumenstroms um rd. 8%. Unterstellt man für das Lagergut eine Dichte von 70 kg/m³, eine Lagerhöhe von 4,0 m und einen Trockensubstanzgehalt von 70% bei der Einlagerung sowie eine Belüftungsfläche von 100 m² und einen Feuchteentzug von 1 g H₂O/m³ Luft, so kann die Belüftung um etwa 23 bis 24 h früher beendet werden. Dies bedeutet eine Senkung des Elektroenergieaufwands um 8 bis 10% [3].

Mit der Entwicklung des neuen Ventilators ist es gelungen, ein neues qualitativ hochwertiges Mechanisierungsmittel für die Heuproduktion zur Verfügung zu stellen, das hö-

Bild 5 Ventilator VAN900/505



Tafel 1. Technische Daten der Ventilatoren (Herstellerangaben)

Parameter		Ventilator LAN 900/9	VAN 900/505
Gesamtdruckerrhöhung	Pa	314...186,4	340...185
Volumenstrom	m ³ /h	20 000...30 000	16 000...32 000
Leistungsbedarf	kW	2,8	2,97
E-Motor	kW	3	3
max. Lärmpegel	dB(A)	89	91
max. Wirkungsgrad	%	69	75

Tafel 2. Ergebnisse des Volumenstromvergleichs zwischen den Ventilatoren LAN 900/9 und VAN 900/505 bei der Heubelüftung in der LPG(T) Wagenitz

Datum	LAN 900/9 m³/h	VAN 900/505 m³/h	Differenz m³/h
erster Schnitt			
5. 6.	23 300	25 600	2 200
6. 6.	22 300	24 900	2 600
7. 6.	23 300	25 100	1 800
10. 6.	22 700	23 600	900
11. 6.	22 800	24 800	2 000
12. 6.	Pumpbereich 23 600		
\bar{x}			
1. Schicht	22 880	24 600	1 920
zweiter Schnitt			
9. 7.	20 500	22 200	2 200
10. 7.	20 800	23 600	2 800
11. 7.	20 500	21 900	1 400
15. 7.	21 000	22 000	1 000
17. 7.	21 100	22 400	1 300
18. 7.	20 800	22 900	2 100
22. 7.	21 200	22 800	1 600
\bar{x}			
2. Schicht	20 850	22 600	1 800
\bar{x} 1. und 2. Schicht	21 865	23 600	1 861

here Gebrauchseigenschaften aufweist und gleichzeitig einen Beitrag zur Erhöhung des Brandschutzes bietet.

5. Zusammenfassung

Im Ergebnis der Untersuchungen lassen sich folgende Vorteile feststellen:

- Erhöhung des Brandschutzes beim Einsatz des VAN900/505 gegenüber dem LAN900/9 durch einen Stabilisator in der Einströmdüse
- Trocknungsbeschleunigung bei der

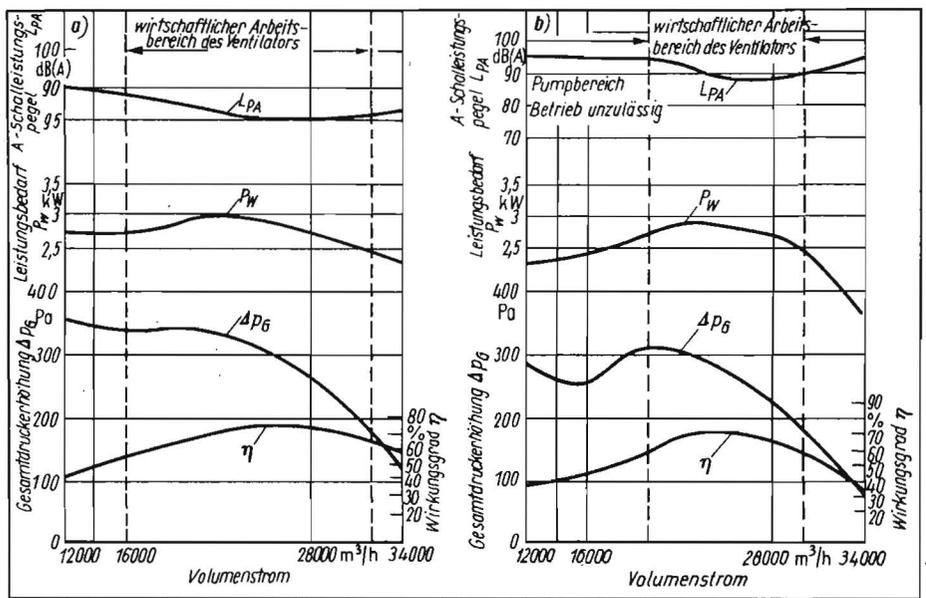


Bild 7. Ventilatorcharakteristiken; a) VAN 900/505, b) LAN 900/9

Schichttrocknung durch größeren Volumenstrom beim VAN900/505 gegenüber dem LAN900/9

- Senkung des Elektroenergieaufwands bei der Heubelüftung auf Teilkanalrostanlagen
- Beibehaltung der Anschlußmaße des LAN900/9.

In weiteren Versuchen soll die Eignung des Ventilators für die Schichttrocknung von Heustapeln mit einer Endlagerhöhe von mehr als 3,5 m untersucht werden, um die Einschränkung der maximalen Lagerhöhe von 3,5 m auf Teilkanalrostanlagen (TGL 21676) aufheben zu können und eine effektive

Auslastung des vorhandenen Lagervolumens zu erreichen.

Literatur

- [1] Matthies, H. J.: Der Strömungswiderstand beim Belüften landwirtschaftlicher Erntegüter. TH Braunschweig, Dissertation 1956.
- [2] Vogel, J.: Grundlagen der elektrischen Antriebstechnik mit Berechnungsbeispielen. Berlin: VEB Verlag Technik 1977.
- [3] Kellner, H.; Dera, M.: Erprobungsbericht zu den Landwirtschaftsventilatoren VAN900/505 und VAN900/511. Institut für Futterproduktion, Paulinenaue, Bericht zur Erprobung 1986 (unveröffentlicht). A 4736

Optimale Anstellwinkel von Sonnenkollektoren

Dr.-Ing. A. Spittel, KDT, Institut für Futterproduktion Paulinenaue der AdL der DDR

Verwendete Formelzeichen

D	kWh/m² · d	diffuse Strahlung
G	kWh/m² · d	Strahlungsenergie
I	kWh/m² · d	direkte Strahlung
n		Nummer des Tages im Jahr
R	kWh/m² · d	reflektierte Strahlung
α	°	Neigungswinkel der Fläche
β	°	Einfallswinkel der Strahlung
γ	°	Flächenazimutwinkel
δ	°	Deklination
φ	°	geografische Breite
ψ	°	Höhenwinkel der Sonne
ω	°	Stundenwinkel

Indizes

F	auf eine geneigte Fläche
0	auf eine horizontale Fläche

1. Einleitung

Wegen der begrenzten Menge an fossilen Brennstoffen und hoher Energiepreise werden international große Anstrengungen unternommen, ökogene Energiequellen für die Sicherstellung der zukünftigen Energieversorgung wirtschaftlich nutzbar zu machen. So wird an der Nutzung von Abwärme, der Erzeugung von Biogas und der solaren Erwärmung von Luft und Wasser in Kollektoranlagen intensiv gearbeitet.

Die von der Sonne ausgehende Globalstrahlung und deren tages- und langzeitlich schwankender Betrag erfordern besondere Untersuchungen zur Nutzung dieser Energiequelle. Eine wesentliche Voraussetzung für die Optimierung der Kollektornutzleistung sind neben der konstruktiven Gestaltung optimale Anstellwinkel des Kollektors.

Mit diesem Beitrag wird versucht, die Zusammenhänge zwischen Anstellwinkel und Strahlungsenergie im Jahresgang darzustellen, um Projektanten und Anwendern eine Entscheidungsgrundlage zur Aufstellung von Sonnenkollektoren zu geben.

2. Gesetze der Solarstrahlung

Die Strahlung auf eine geneigte Fläche ist die Summe aus der direkten Strahlung, der diffusen Strahlung und der vom Boden auf die Fläche reflektierten Strahlung [1]:

$$G_F = I_F + D_F + R_F. \quad (1)$$

Die direkte Strahlung auf eine geneigte Fläche ist vom Höhenwinkel der Sonne, vom Einfallswinkel der Strahlung auf die Fläche

und von der direkten Strahlung auf eine horizontale Fläche abhängig (Bild 1):

$$I_F = I_0 \frac{\cos \beta}{\sin \psi}. \quad (2)$$

Die diffuse Strahlung auf den Kollektor nimmt mit zunehmender Neigung des Kollektors ab, da sein „Sichtfeld“ kleiner wird:

$$D_F = D_0 0,5 (1 + \cos \alpha). \quad (3)$$

Für normale Bebauung der Umwelt wird mit Reflexionsgraden von 0,2 gerechnet, so daß für die reflektierte Strahlung gilt:

$$R_F = G_0 0,1 (1 - \cos \alpha). \quad (4)$$

Der Einfallswinkel der direkten Strahlung auf die Kollektorfläche errechnet sich mit den Gesetzen der Trigonometrie nach [1] in der allgemeingültigen Form:

$$\begin{aligned} \cos \beta = & \sin \delta \sin \varphi \cos \alpha \\ & - \sin \delta \cos \varphi \sin \alpha \cos \gamma \\ & + \cos \delta \cos \varphi \cos \alpha \cos \omega \\ & + \cos \delta \sin \varphi \sin \alpha \cos \gamma \cos \omega \\ & + \cos \delta \sin \alpha \sin \gamma \sin \omega. \end{aligned} \quad (5)$$

Unter der Deklination δ versteht man den Winkel zwischen Sonne bei Sonnenhöchststand und Äquatorebene. Die Deklination am