

gionen mit $E_{pot,10} = 250 \text{ kWh/m}^2 \cdot \text{a}$ sind WEK nur an Standorten mit einer Höhe von rd. 50 m über dem allgemeinen Geländeniveau (z. B. auf Hügeln) einsetzbar.

Zur Bestimmung der jährlichen Energieproduktion E_{WEK} ergibt sich analog zu Gl. (2):

$$E_{WEK} = \bar{P}_{WEK} (t) \cdot t. \quad (7)$$

Mit Einführung der konverterspezifischen Größen aus Gl. (3) und der Höhenbeziehung aus Gl. (6) ist die Energieproduktion eines Konverters in einer Höhe z ($\hat{=}$ Rotorachsenhöhe):

$$E_{WEK,z} = E_{pot,z} \cdot \eta_{ges} \cdot \bar{A}_R. \quad (8)$$

Des weiteren sind zur Sicherung optimaler Betriebsbedingungen für WEK bei der Standortwahl die im Bild 2 dargestellten Regeln zu berücksichtigen.

Die in diesem Abschnitt vorgestellten Beziehungen und Berechnungen – wie die Gln. (4), (4a), (6) und (8) – beruhen auf vereinfachten Ansätzen und bilden die Grundlage für

eine erste Abschätzung der Leistung von WEK beim Einsatz an unterschiedlichen Standorten in der VR Polen.

3. Produktion und Einsatz von Windenergiekonvertern

Seit dem Jahr 1981 werden im Institut für Bauwesen, Mechanisierung und Elektrifizierung der Landwirtschaft Warschau Aufgaben zur Konstruktion, Installation und Prüfung von WEK gelöst. Als ein Kriterium für die konstruktive Gestaltung der Konverter wurden Kennwerte für den Materialaufwand vorgegeben. So ist z. B. bei der Installation von WEK in einer Region mit $E_{pot,10} = 1\,000 \text{ kWh/m}^2 \cdot \text{a}$ eine spezifische Energieproduktion von $3,5 \text{ kWh/a}$ je 1 kg Konstruktionsmasse zu erreichen.

In die Serienproduktion wurden die Windenergiekonverter WE-8 und WE-10 überführt (Bild 3). Tafel 2 enthält die wichtigsten technischen Daten der Konverter. Mehr als ein Dutzend dieser Anlagen werden in landwirtschaftlichen Betrieben zur Heizwasserbereitung in Kopplung mit Speicherbehältern ein-

gesetzt. Prüfungen haben ihre Tauglichkeit für diesen Anwendungsfall bestätigt. Die Produktion der WEK haben Instandhaltungsbetriebe der Landwirtschaft übernommen.

4. Entwicklungen und Perspektiven

Im Entwicklungs- bzw. Versuchsstadium befinden sich weitere Prototypen von Windkraftanlagen:

- WP-3,5 (Antrieb einer Kolbenpumpe zur Wasserförderung)
- WS-8 und WS-8/24 (Antrieb eines Verdichters zur Belüftung von Gewässern, Bild 4)
- WE-12 und WE-18 (Elektroenergieerzeugung mit einem Synchrongenerator, Leistung $37,5 \text{ kVA}$ bzw. $62,5 \text{ kVA}$).

Weiterhin befindet sich ein Drehstromthyristorwandler für den Leistungsbereich von 5 bis 15 kW in der Projektierungsphase, und der Einsatz von Asynchrongeneratoren in WEK für den Netzparallel- und Inselbetrieb wird vorbereitet. Diese Arbeiten sollen bis zum Jahr 1990 abgeschlossen sein.

A 5459

Strom aus Sonne und Wind für die Landwirtschaft¹⁾

Dr.-Ing. J. Fraś, Landwirtschaftliche Akademie Szczecin, Institut für Mechanisierung der Landwirtschaft (VR Polen)

1. Einleitung

Windkraftwerke und photovoltaische Solargeneratoren können in Zukunft in verschiedenen Regionen der Erde die Stromversorgung unterstützen oder sogar übernehmen. Beide Technologien haben sich einzeln bereits in einer Vielzahl von Versuchs- und Demonstrationsanlagen bewährt. Die Kombination von Sonnen- und Windenergie in einer Anlage bringt unter bestimmten Voraussetzungen Vorteile. So kann im Inselbetrieb (autarkes elektrisches Netz) die Versorgungssicherheit bei gleichzeitiger Verkleinerung des Energiespeichers wesentlich vergrößert werden. Ein solches kombiniertes Solar-Wind-Kraftwerk wurde vom Institut für Mechanisierung der Landwirtschaft der Landwirtschaftlichen Akademie Szczecin (VR Polen) untersucht. Die Anlage soll die Nutzung von Sonnen- und Windenergie sowie deren erhöhte Verfügbarkeit durch die Kombination beider Energiequellen bei gleichzeitiger Energiespeicherreduzierung demonstrieren.

Die natürliche Voraussetzung für den Einsatz einer solchen Anlage ist das jahreszeitlich gegenläufige Angebot von Sonnen- und Windenergie. Im Bild 1 sind als Beispiel die jährlichen Schwankungen der Sonneneinstrahlung und der mittleren Windgeschwindigkeit im Nordwesten Polens dargestellt.

2. Aufbau des Solar-Wind-Kraftwerks

Die Anlage besteht aus einem zweiachsig nachgeführten photovoltaischen Solargenerator und einem Windenergiekonverter (WEK) mit Elektrogenerator. Über eine neuentwickelte Verbrauchersteuerung werden die Energiewandler mit den unterschiedlichen landwirtschaftlichen bzw. kommunalen Energieverbrauchern zusammengeschaltet. Im Bild 2 ist das Schaltschema des untersuchten Solar-Wind-Kraftwerks dargestellt.

2.1. Komponenten der Anlage

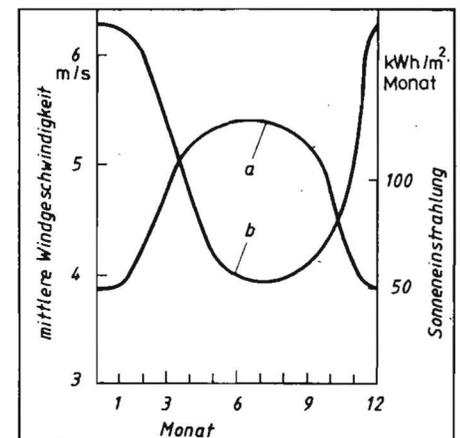
2.1.1. Solargenerator

Der Grundbaustein des Solargenerators ist die Solarzelle. Die Strahlungsenergie der Sonne wird in der Solarzelle direkt in elektrische Energie umgewandelt. Das Prinzip dieser photovoltaischen Energieumwandlung beruht auf dem Effekt der Absorption von Licht in Halbleitern. Dabei werden positive und negative Ladungsträger freigesetzt. Das elektrische Feld zwischen den beiden unterschiedlich dotierten Bereichen des Halbleiters trennt die freien Ladungsträger und führt sie über metallische Leiter den Verbrauchern zu (Bild 3). Typische Wirkungsgrade liegen bei rd. 10%. Um eine optimale Energieausbeute zu erreichen und die Stromerzeugungskosten zu senken, ist es sinnvoll, die Solargeneratoren der Sonne nachzuführen. Im Bild 4 wird das dadurch erreichbare gleichmäßige Energieangebot während eines Sonnentages verdeutlicht. Auf diese Weise erreicht man eine bis zu 50% höhere Energieausbeute als bei der sonst üblichen Aufstellung unter einem festen Winkel (Bild 5).

Die zweiachsig nachführbare Tragkonstruktion ist aus einem konzentrierenden, solarthermischen Kollektormodul entwickelt worden. Die Nachführung wird von einem Sensor gesteuert. Sie arbeitet autark und folgt dem Sonnenstand, so daß die Solarmodule stets senkrecht angestrahlt werden. Bei Störungen an der autarken Nachführung ist eine Handsteuerung möglich.

Die Tragkonstruktion ist auf einer rd. 3 m hohen Säule um zwei Achsen drehbar angebracht. Ihre Beweglichkeit um die horizontale Achse reicht von der Stellung „Solarzellen zeigen nach oben“ bis zur Stellung „Solarzellen zeigen nach unten“, z. B. nachts

Bild 1. Mittlere jährliche Klimadaten; a Sonneneinstrahlung, b mittlere Windgeschwindigkeit



1) Fachliche Bearbeitung: Dipl.-Ing. J. Schwabe, Forschungszentrum für Mechanisierung und Energieanwendung in der Landwirtschaft Schlieben

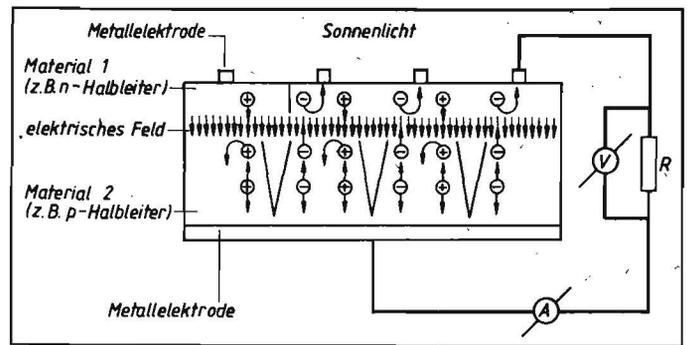
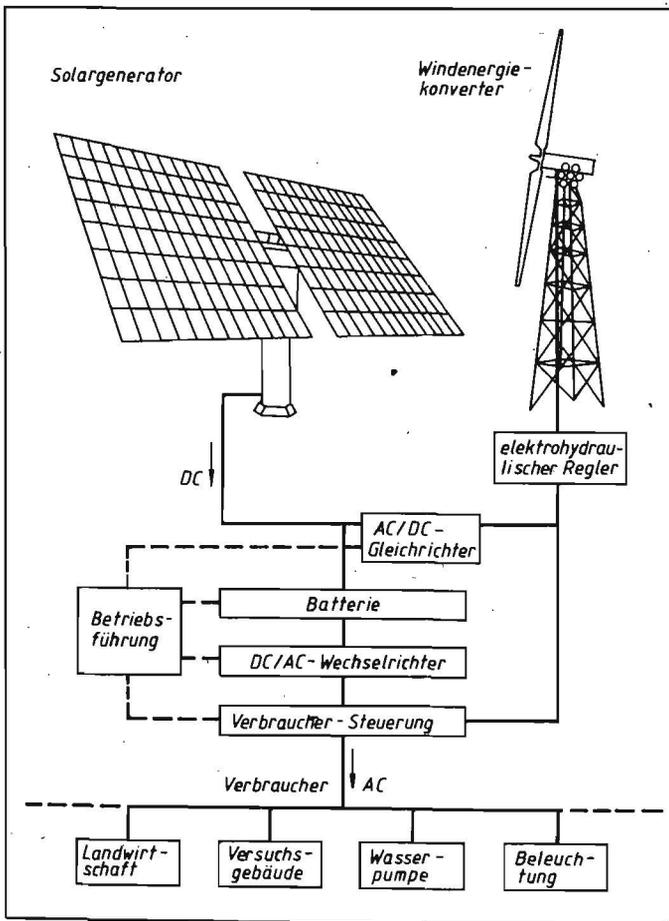
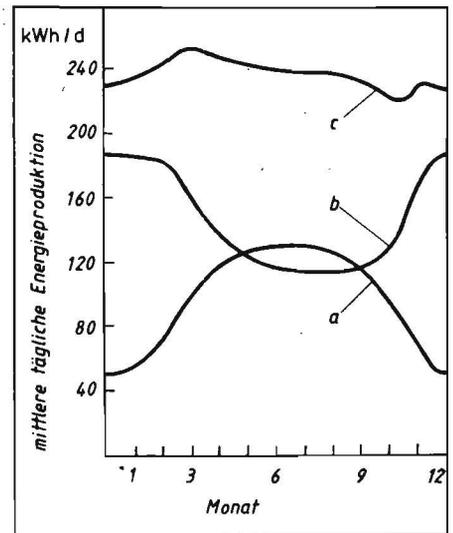


Bild 3 Aufbau und Wirkungsweise einer Solarzelle

Bild 2 Schaltschema der Energiewandler, -speicher und -verbraucher eines Solar-Wind-Kraftwerks mit Betriebsführungssystem

Bild 6 Jahresgang der mittleren täglichen Energieproduktion; a Solar-generator, b Windenergiekonverter, c Solar-Wind-Kraftwerk



oder bei ungünstigen Witterungsbedingungen. Die Drehung um die vertikale Achse beträgt maximal 220° . Die Tragkonstruktion besteht aus Stahlelementen und hält allen möglichen Sturmbelastungen stand.

Der Solargenerator hat eine Fläche von 40 m^2 und liefert mit 144 Solarzellen-Modulen, zusammengesetzt aus jeweils 20 Solarzellen, bei einer Nenneinstrahlung von 1000 W/m^2 eine elektrische Leistung von $2,7 \text{ kW}$. Die erforderliche Spannung wird durch geeignete Serien- und Parallelschaltung der einzelnen Module realisiert.

2.1.2. Windenergiekonverter (WEK)

Der Konverter gehört mit einem Rotordurchmesser von 11 m zu den kleinen WEK. Er ist als Schnellläufer mit annähernd horizontaler Rotorachse ausgelegt. Alle Baugruppen zur Energiewandlung sind in der Rotorgondel untergebracht. Durch die hydraulische Verstellung des Anstellwinkels der Rotorblätter wird die Leistungsaufnahme des WEK so geregelt, daß bei unterschiedlichen Windgeschwindigkeiten und Verbraucherlasten die Generatorzahl konstant bleibt. Der Konverter ist ein Leeläufer, dessen Rotorgondel mit Hilfe eines Seitenwindrades dem Wind nachgeführt wird.

Der WEK liefert ab einer Windgeschwindigkeit von $3,5 \text{ m/s}$ elektrische Energie. Die Nennleistung von 14 kVA wird bei 10 m/s erreicht. Oberhalb einer Windgeschwindigkeit von 24 m/s wird der Konverter abgeschaltet.

3. Betriebsführung und Energieproduktion

Die produzierte Energie des Solar-Wind-Kraftwerks fällt in verschiedenen Formen an. Der WEK liefert Drehstrom, der Solargenera-

tor und die Batterie liefern Gleichstrom. Die Verbraucher benötigen aber einphasigen Wechselstrom.

Die Zusammenschaltung erfolgt mit Hilfe von Wechsel- und Gleichrichtern, gesteuert durch ein Betriebsführungssystem (Bild 2). In diesem System werden die für die Funktion der Gesamtanlage wichtigen Daten, wie Spannung, Stromstärke und Frequenz, zusammengefaßt und angezeigt. Den Meßwerten entsprechend erfolgt eine Zusammenschaltung bzw. Trennung der einzelnen Komponenten.

Über die Verbrauchersteuerung werden, abhängig von der Generatorfrequenz des WEK, Verbraucherkreise so zu- bzw. abgeschaltet,

daß die Frequenz nicht mehr als 3% von ihrem Nennwert abweicht. Dabei läßt sich die Priorität der einzelnen Verbraucher über einen Prioritätenwahlschalter festlegen.

Mit dem Solargenerator sind die Verbraucher immer dann gekoppelt, wenn sie vom WEK nicht mehr versorgt werden können. Der Solargenerator besteht aus vier Teilflächen, die einzeln mit der Batterie koppelbar sind. Wird beim Laden die Gasungsspannung der Batterie erreicht, werden Verbraucher von der WEK-Versorgung ab- und der Batterieversorgung zugeschaltet. Bewirkt dies noch keine ausreichende Spannungsreduzierung, erfolgt der Reihe nach die Abschaltung der vier Solargeneratorflächen,

Bild 4. Leistungsabgabe von Solarmodulen bei stationärer (a) und nachführbarer (b) Installation

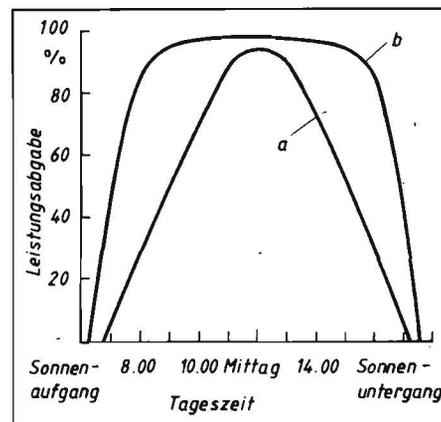
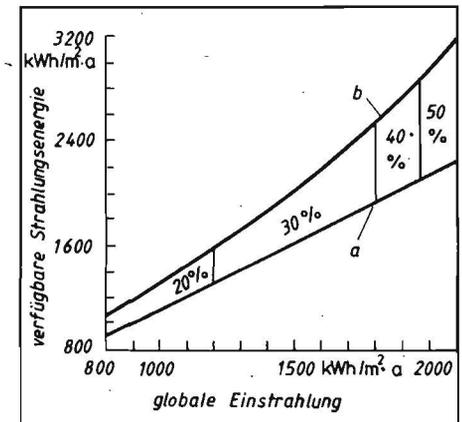


Bild 5. Vergleich der verfügbaren Strahlungsenergie bei stationären (a) und nachführbaren (b) Systemen



um eine geregelte Ladung zu sichern. Sinkt die Batteriespannung unter festgelegte Werte (Tiefenentladung), werden die Verbraucher von der Batterie getrennt. Liegen über einen längeren Zeitraum nur ungünstige Einstrahlungsverhältnisse vor, wird die Batterie über ein vom WEK gespeistes Ladegerät geladen. Der mit dem Solar-Wind-Kraftwerk erreichbare Jahresgang der Energieproduktion ist im Bild 6 dargestellt.

4. Zusammenfassung

Das Zusammenspiel der verschiedenen Energiewandler, -speicher und -verbraucher ist noch weitgehend unbekannt. In einem Versuch soll das Betriebsverhalten des Solar-Wind-Kraftwerks untersucht werden. Die theoretischen Untersuchungen und erste Experimente weisen für solche kombinierten Systeme eine höhere Ausbeute und Kontinuität in der Energieproduktion nach, als das bei getrennten Solar- bzw. Windenergiesyste-

men der Fall ist. Vor allem bei der dezentralen Energieversorgung landwirtschaftlicher Verbraucher ergeben sich hieraus zahlreiche Anwendungsmöglichkeiten. Die Kosten für solche autarken Systeme können mit den Aufwendungen für einen Anschluß an zentrale Energieversorgungssysteme konkurrieren bzw. geringer sein.

A 5460

Systematik und Tendenzen der Preß- und Bindeverfahren für die Halmguternte

Dr.-Ing. G. John, KDT/Dipl.-Ing., Dipl.-Betriebsw. G. Baumhekel, KDT
Kombinat Fortschritt Landmaschinen, VEB Erntemaschinen Neustadt, Stammbetrieb

1. Systematik

1.1. Systematik der Preßverfahren

In Tafel 1 sind die verschiedenen Verfahren zum Verdichten von Halmgut zusammengestellt. Je nachdem, ob die Preßkraft in axialer oder radialer Richtung des zu erzeugenden Preßlings wirkt, werden das Normaldruckverfahren und das Radialdruckverfahren unterschieden.

Beim *Normaldruckverfahren* entsteht der Preßling meist in einer als Preßkanal ausgebildeten Preßkammer, in der sich ein Preßkolben axial hin und her bewegt. Bei diesen Verfahren werden nur noch Geradschubkolben verwendet. Schwingkolben, bei denen der Zuführbereich des Preßkanals gekrümmt sein muß, werden nicht mehr angewendet. Der Schwingkolben war vor allem bei Niederdruckpressen verbreitet. Der im Normaldruckverfahren erzeugte Preßling ist in den meisten Fällen ein Quader, da Preßkanal und Preßkolben aus konstruktiven Gründen zweckmäßigerweise einen rechteckigen Querschnitt haben. Diese Merkmale des Normaldruckverfahrens treffen für die Quaderkleinballenpressen bzw. für die konventionellen Nieder-, Mittel-, Hoch- und Höchstdruckpressen sowie die Quadergroßballenpressen zu (Bild 1).

Eine Abweichung stellt das *Schober-setzer- oder StakHand-Verfahren* (Bild 2) dar, bei dem ein schoberbildender Preßraum mehrmals abwechselnd mit Halmgut gefüllt und dieses durch die hydraulisch absenkbar Decke des Preßraumes verdichtet wird.

Mit Pelletier- bzw. Brikettierpressen können sowohl quader- als auch zylinderförmige Preßlinge im Normaldruckverfahren erzeugt werden, bei denen das in Hammermühlen zerkleinerte Halmgut durch Matrizenöffnungen gedrückt wird.

Beim *Radialdruckverfahren* wird durch Aufrollen und Verdichten eines Schwadens ein zylinderförmiger Preßling hergestellt. Hierzu sind am Umfang eines runden oder annähernd runden Preßraumes Walzen, Bänder oder Ketten angeordnet, die das Aufrollen des zugeführten Schwadens ermöglichen, wobei mit zunehmender Füllung des Preßraumes ein immer größerer Radialdruck und damit eine immer größere Preßlingdichte entstehen.

Bei den Rundgroßballenpressen wird zw-

ischen Variokammerpressen (System Vermeer, Bild 3) und Konstantkammerpressen (System Welger, Bild 4), unterschieden. Bei Variokammerpressen erweitert sich der Preßraum mit zunehmender Füllung mit Halmgut, so daß eine annähernd gleichmä-

ßige Ballendichte entsteht. Das Konstantkammerprinzip ist durch feste Preßkammer- und Ballenabmessungen gekennzeichnet. Charakteristisch für dieses Prinzip sind der niedrig verdichtete Ballenkern und die hochverdichtete Randzone des Ballens.



Bild 1. Hochdruckpresse FORTSCHRITT K 454 B

Bild 2. Prinzip des Schober-setzer- oder StakHand-Verfahrens;

- Preßakt: Während der Schober-setzer die Schwaden aufnimmt, sorgt eine Leitvorrichtung für gleichmäßige Verteilung des Materials im Innern der Preßkammer.
- In bestimmten Abständen wird das Oberteil der Kammer hydraulisch abgesenkt und das darin befindliche Halmgut gleichmäßig gepreßt.
- Nach Erreichen der vorbestimmten Höhe wird der fertige Schober ausgestoßen.

