

# PV-betriebene Weidetränken

## Untersuchungsergebnisse

### von V. Scholz

Die Wasserversorgung von Zucht- und Nutzvieh auf abgelegenen Weideplätzen, die über kein Oberflächenwasser verfügen, ist meist mit hohem Aufwand verbunden. Dieser Aufwand läßt sich reduzieren, wenn photovoltaisch betriebene Pumpensysteme eingesetzt werden, die ohne Netzstrom das Wasser aus einem Brunnen oder einem anderen Wasserreservoir in das Tränkbecken fördern.

Solche PV-Pumpensysteme werden verschiedentlich bereits eingesetzt. Allerdings liegen keine ausreichenden Ergebnisse und Erfahrungen zum Dauerbetrieb und zum Einsatz in der landwirtschaftlichen Praxis vor. Außerdem fehlen gesicherte Angaben zur Wirtschaftlichkeit und ingenieurtechnisch nutzbare Dimensionierungsgrundlagen für solche Anlagen.

Aus diesen und anderen Gründen hat das Bundesforschungsministerium im Rahmen des Vorhabens „Photovoltaik-Demonstrationen im bundeseigenen Bereich“ acht photovoltaisch betriebene Weidetränken gefördert. Diese Anlagen wurden wissenschaftlich betreut von der Landesanstalt für Landtechnik Freising-Weihenstephan, der Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft Braunschweig-Völkenrode, dem Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft Darmstadt und dem Institut für Agrartechnik Potsdam-Bornim. Letzterem oblag der Vergleich und die Zusammenfassung der Ergebnisse (KTBL-Arbeitspapier 208).

#### Methode

Die Anlagen sind nach folgendem Grundprinzip aufgebaut: Ein PV-Generator erzeugt bei Sonneneinstrahlung

Strom, der eine Tauchpumpe antreibt, die das Wasser in einen höhergelegenen Wassertank oder direkt ins Tränkbecken fördert. Die Batterie bzw. der Wassertank fungieren als Speicher, die an strahlungsarmen Tagen und nachts die Wasserversorgung sichern. Ein Regler verhindert das Überladen der Batterie oder das Überfüllen des Tanks (Abb.1).

Über einen Zeitraum von etwa zwei Jahren wurden insgesamt 8 verschiedene PV-Weidetränken untersucht. Die Standorte dieser Weidetränken erstrecken sich über einen weiten Bereich des Bundesgebietes. Die Betreiber sind überwiegend private Landwirte (Wagner, FAL, Schweinitz, Hennig, LVG, Feindt, Ochsenreiter, Goedecke). Die Tränken versorgen jeweils 4 bis 250 Rinder sowie 500 Schafe, die die gesamte Weidesaison, in zwei Fällen das gesamte Jahr, auf der Weide gehalten werden. Die Entfernung zum nächsten Netzanschluß beträgt bis zu 8 Kilometer.

Die technischen Daten der PV-Anlagen weisen ein breites Band auf. Die Modulflächen und die installierten Leistungen liegen zwischen 0,85 und 6,74 m<sup>2</sup> bzw. 90 und 672 W<sub>p</sub>. Insgesamt fünf verschiedene Modultypen wurden verwendet.

Die elektrische Speicherkapazität der Solarbatterien und der OPZS-Zellen beträgt 0 bis 530 Ah und die hydraulische Speicherkapazität der Wassertanks 0 bis 5 m<sup>3</sup>. Vier Anlagen (Wagner, Schweinitz, LVG, Goedecke) sind mit Kreiselpumpen ausgerüstet und die restlichen mit Membranpumpen unterschiedlichen Typs.

Vier Photovoltaikanlagen versorgen außer der Wasserpumpe noch zusätzliche Stromverbraucher, wie Lampen, Weidezaungeräte und Zusatzpumpe. Hervorhebenswert sind außerdem:

- Die Frostschutzsicherung in zwei ganzjährig betriebenen Anlagen. Dies erfolgt in der Weise, daß über einen im Tränkbecken angeordneten Temperaturfühler die Pumpe in Betrieb gesetzt wird, sobald dort die Temperatur unter +1 °C sinkt. Die Zumischung des 6 bis 10 °C warmen Grundwassers verhindert das Einfrieren des Tränkwassers. Energetisch günstiger ist jedoch der Einsatz wärmeisolierter, frostgeschützter Tränken, wie z. B. die sogenannte Kugeltränke.
- Die Mobilität einiger Anlagen. Durch Montage der Photovoltaikmodule und des gesamten Zubehörs auf einem fahrbaren Unterstell ist es problemlos möglich, die gesamte Anlage umzusetzen und diese somit im Winter gegen Vandalismus, Diebstahl und Korrosion zu schützen.

Drei der Anlagen sind mit umfangreichen Meßeinrichtungen ausgestattet (Wagner, FAL, LVG). Mit Hilfe geeigneter Sensoren werden ganz oder teilweise folgende Meßwerte erfaßt bzw. errechnet und auf Datalogger gespeichert:

- Globalstrahlung  $E$  [W/m<sup>2</sup>] in Generatorebene
- Temperatur  $T$  [°C] von PV-Modulen und Batterie
- Spannung  $U$  [V] von Solargenerator, Pumpe und Batterie
- Strom  $I$  [A] von Solargenerator, Pumpe und Batterie
- Leistung  $P$  [W] von Solargenerator, Pumpe und Batterie
- Fördervolumen  $V$  [m<sup>3</sup>] der Pumpe
- Druck  $p$  [Pa] in der Druckleitung
- Betriebsstunden  $N$  [h] der Pumpe.

Mit den zugehörigen Auslese- und Auswertprogrammen der Zentrale für Solartechnik Hilden werden die Meßwerte aufbereitet und danach mit geeigneten Programmen weiterverarbeitet.

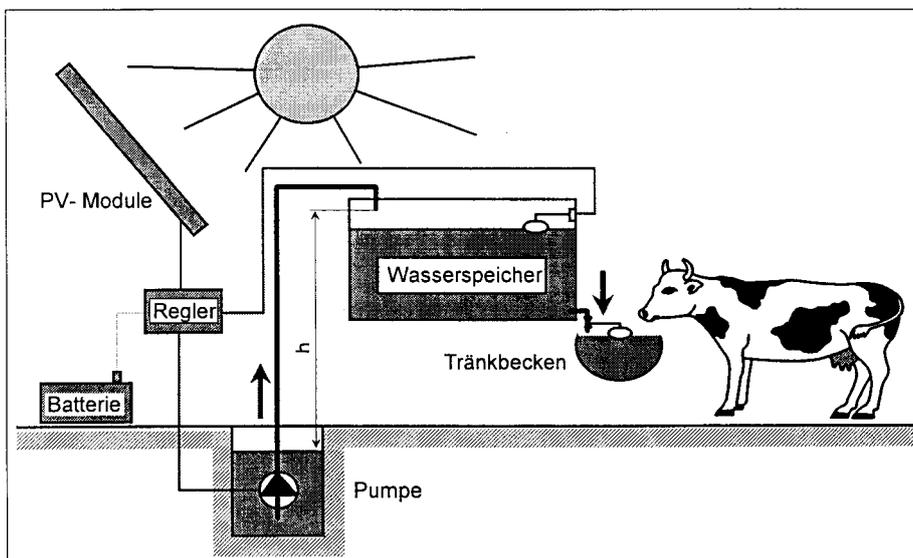


Abb. 1: Prinzipdarstellung der photovoltaisch betriebenen Weidetränken

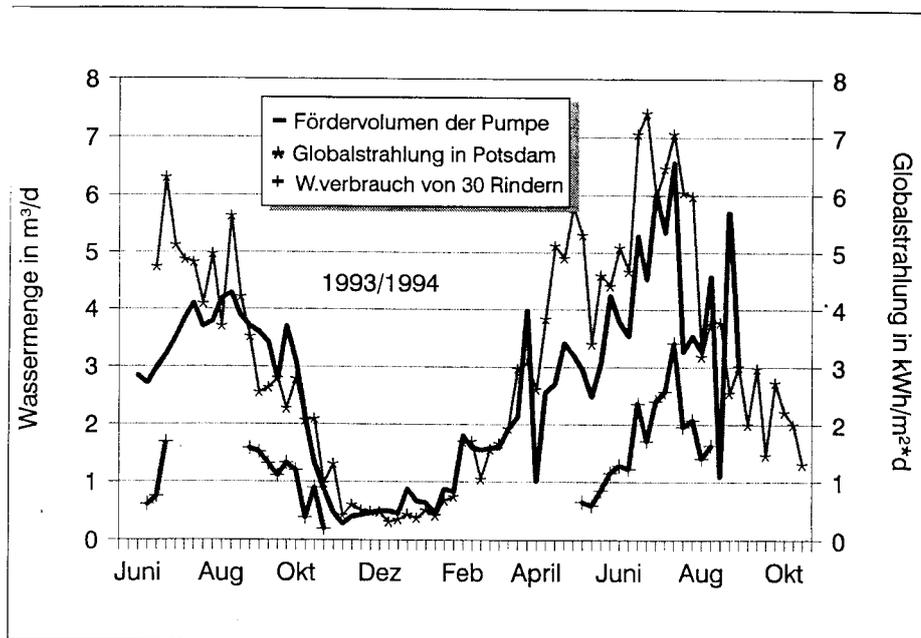


Abb. 2: Tränkwasserförderung und -verbrauch in Abhängigkeit von der Jahreszeit für die Weidetranke Hennig

**Ergebnisse**

In Abhängigkeit von der Zeit und der Konfiguration der Anlage weisen die verschiedenen PV-Tränken unterschiedliche Tages-Lastverläufe auf. In Anlagen mit stationärem Wasserspeicher oder Tankwagen steigt nach dem Einschalten der elektrische Leistungsbedarf der Pumpe sprunghaft an und bleibt je nach Speicherkapazität der Behälter über mehrere Stunden mehr oder weniger konstant. In Anlagen ohne Wasserspeicher treten dagegen häufig wiederkehrende, kurzzeitig wirkende Lastspitzen auf, deren Intervall unmittelbar vom Tränkwasserbedarf der Tiere bestimmt wird. Die Leistung des Solargenerators ist sowohl von der Ver-

braucherleistung als auch von der Globalstrahlung und dem Entladezustand der Batterien abhängig.

Der Energieverbrauch der Pumpen  $W_{Nutz}$  ist aufgrund von Regler-, Leitungs- und Batterieverlusten im Durchschnitt um 30 bis 50 % geringer als die im PV-Generator erzeugte Energie WSR. In der strahlungsarmen Zeit verringert sich zwar diese Differenz, doch die theoretisch mögliche Energie  $WSR_{O, N}$ , die mit dem gegebenen PV-Generator erzeugt werden könnte, liegt bei fast allen Anlagen deutlich über dem Verbrauch. Lediglich in der Anlage Hennig stimmen Angebot und Verbrauch an photovoltaisch erzeugter Elektroenergie annähernd überein. Hier wird im Ge-

gensatz zu den übrigen Anlagen die Pumpe nicht abgeschaltet sobald der gewünschte Wasserstand erreicht ist, sondern sie fördert bis zum Zusammenbrechen der Spannung weiter, und das überschüssige Wasser wird abgeleitet.

Die Ergebnisse dieser Anlage gestatten daher erste Hinweise zur Auslegung von PV-Weidetränken:

Die für 30 trockenstehende Milchkühe und Färsen konzipierte Anlage wird im Durchschnitt nur zu 38 % ausgelastet. Kalkulationen zeigen, daß mit der bestehenden Konfiguration ohne weiteres ca. 50 Rinder versorgt werden könnten, ohne daß zu irgendeinem Zeitpunkt zwischen Mai und Oktober die Tiere unterversorgt wären. Das heißt, solche und ähnliche Tränken würden nur etwa 1,5  $W_p$  installierte Leistung pro 1 m Förderhöhe und ausgewachsenes nichtlaktierendes Rind erfordern. Dieser geringe Leistungsbedarf ist auf die enge Korrelation zwischen Globalstrahlung und Fördervolumen sowie Tränkwasserverbrauch zurückzuführen (Abb. 2).

Das Verhältnis von tatsächlich genutzter zu theoretisch maximal nutzbarer Elektroenergie, der Qualitätsfaktor  $Q = W_{Nutz} / WSR_{O, N}$ , beträgt bei den untersuchten Anlagen im Mittel 0,12 bis 0,26. Diese niedrigen Werte resultieren insbesondere aus nutzungsbedingten Fehlanpassungen von Erzeugung und Verbrauch, wobei einige dieser Demonstrationsanlagen bewußt überdimensioniert und bei anderen Anlagen die Anzahl der zu versorgenden Tiere nachträglich reduziert wurden. Hauptursache sind jedoch die Unsicherheiten bei der Annahme des Tränkwasserverbrauchs der Tiere und dessen Abhängigkeit von der Globalstrahlung und anderen klimatischen Einflüssen. Bei Weidetränken, die auch im Winterhalbjahr betrieben werden sollen, dürfte selbst bei optimaler Dimensionierung der mittlere Qualitätsfaktor Q den Wert 0,5 kaum überschreiten, da auch in der strahlungsarmen Zeit  $Q \leq 1$  bleibt.

Der elektrische Ertragsfaktor  $Y_F$ , der das Verhältnis von elektrisch genutzter Energie  $W_{Nutz}$  zu installierter Generatorspitzenleistung  $PS_N$  angibt, beträgt im Durchschnitt 0,6 bis 0,8 kWh/kW<sub>p</sub>. Bei der Anlage des LVG Siethen liegt er infolge extrem ungünstiger Betriebsbedingungen in dem betrachteten, ersten Einsatzjahr sogar noch darunter. Der hydraulische Ertragsfaktor, der sich aus dem Verhältnis von geförderter Wassermenge  $V \times$  Förderhöhe  $h$  zu installierter Leistung  $PS_N$  ergibt, beträgt je nach Nutzung der Anlage 10 bis 50  $m^3 m/kW_p$  (Abb.3).

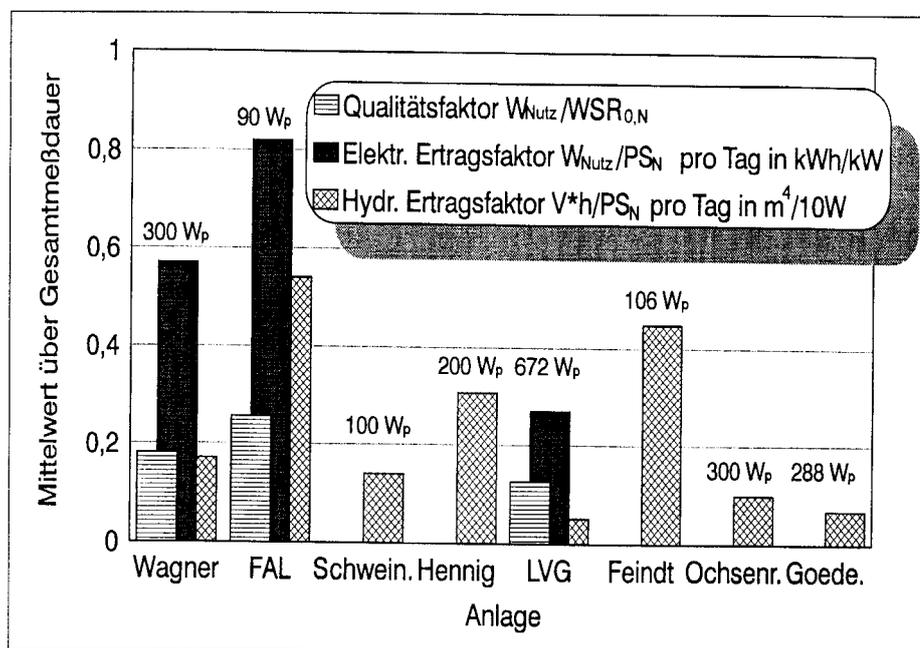


Abb. 3: Anlagen- und betriebsspezifische Kennzahlen der untersuchten Weidetränken

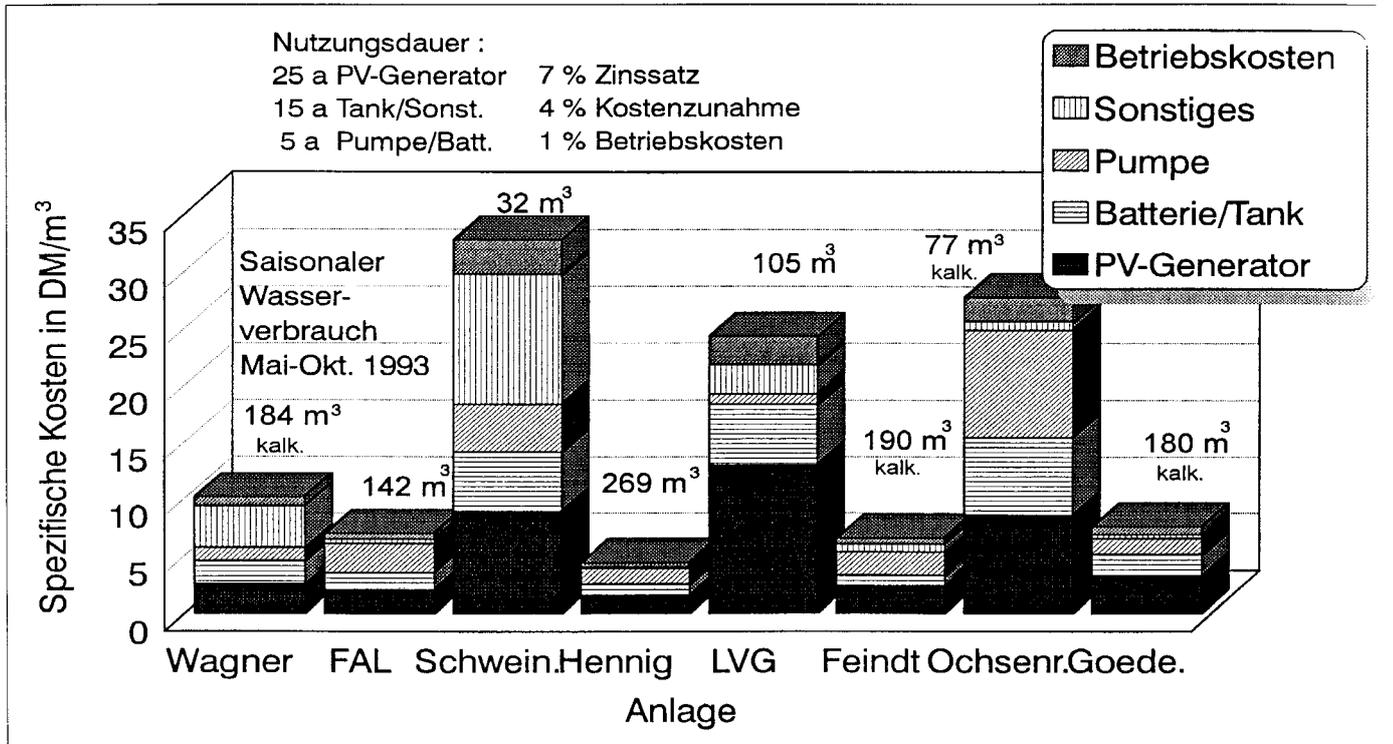


Abb. 4: Tränkwasserbereitstellungskosten

Die technische Verfügbarkeit der untersuchten Anlagen ist relativ hoch. In dem betrachteten Zeitraum traten keinerlei Ausfälle an den PV-Generatoren und den zugehörigen Regeleinrichtungen auf. Bei den übrigen Komponenten wurden lediglich folgende Defekte festgestellt:

- Ausfall einer Kreiselpumpe (Algenbildung im Brunnen)
- Funktionsstörungen bei zwei Niveauschaltern für die Wasserstandsregelung.

**Kosten**

Je nach Leistung und Ausführung liegen die Investitionen für die untersuchten PV-Wasserversorgungssysteme zwischen 8.000 und 22.000 DM. Das entspricht einem Investitionsaufwand von 33 bis 95 DM/W<sub>p</sub> installierter Leistung. Davon wird, zumindest in Anlagen ohne Zusatzkomponenten, mehr als die Hälfte allein für den PV-Generator (Module und Regeleinrichtung) benötigt. Mit steigender Gesamtleistung der Anlage verringern sich jedoch die spezifischen Investitionen.

Für den Vergleich der PV-Tränkwasserversorgung mit konventionellen Tränkwasserversorgungssystemen bzw. -technologien sind die Kosten pro Jahr oder pro 1 m³ Wasser ein geeignetes Bewertungskriterium. Bezogen auf den Tränkwasserverbrauch der Weidesaison 1993 betragen die Bereitstellungskosten für 1 m³ Tränkwasser bei obengenannten Anlagen je nach Leistung und Ausführung 4 bis 33 DM. Dabei werden allerdings keine Kosten für einen

Brunnen berücksichtigt, sondern unterstellt, daß die Entnahme aus einem vorhandenen Wasserreservoir erfolgt (Abb. 4).

Nach Angaben der LVA für Grünland und Futterwirtschaft Paulinenaue betragen die spezifischen Kosten für die Tränkwasserversorgung von 50 Kühen mit Traktor und Wasserwagen im Mittel etwa 15 DM/m³. Wenn hierzu noch der Wasserpreis von ca. 2 bis 3 DM/m³ bei Entnahme aus dem Netz addiert wird, erhält man Kosten, die um den Faktor 4 über den Kosten der günstigsten PV-Variante liegen. Durch optimale Dimensionierungen und durch Einsatz preiswerter Komponenten können die Wasserbereitstellungskosten bei PV-Weidetränken sicherlich noch weiter verringert werden.

**Schlußfolgerungen**

Die Ergebnisse der im Rahmen des BMFT-Vorhabens untersuchten 8 PV-Weidetränken gestatten folgende Schlußfolgerungen:

- Photovoltaisch betriebene Pumpensysteme sind für den Einsatz in der Landwirtschaft geeignet und mit Ausnahme einzelner Komponenten, insbesondere der Pumpen, sehr zuverlässig und funktionssicher. Die mit 15 bis 25 Jahren angegebene Grenznutzungsdauer für den PV-Teil ist mit hoher Wahrscheinlichkeit erreichbar, doch können gesicherte Aussagen hierzu erst nach Jahren getroffen werden.
- Der Einsatz solcher Pumpensysteme für die Tränkwasserversorgung

von Großvieh auf der Weide ist besonders effektiv, weil der Wasserbedarf der Tiere mit der Solarstrahlung gut korreliert und weil für die Versorgung einer ganzen Herde nur eine verhältnismäßig kleine Anlage erforderlich ist, die auch transportabel ausgeführt sein kann. Ein weiterer Vorteil ist die Möglichkeit, auf Akkumulatoren zu verzichten und stattdessen die potentielle Energie des Wassers zu speichern.

- Die untersuchten PV-Weidetränke sind bis auf eine Ausnahme deutlich überdimensioniert. Das heißt, der tatsächliche Wasser- bzw. Energieverbrauch ist wesentlich geringer als die im PV-Generator erzeugbare Elektroenergie. Für z.B. trockenstehende Rinder werden im Mittel lediglich etwa 1 bis 2 Watt installierte Leistung pro Rind und Förderhöhenmeter in Abhängigkeit von Anlagewirkungsgrad, Speichervolumen u.a. benötigt. Auf der Basis von statistischen Wetterdaten und tierphysiologischen Versuchsergebnissen werden im ATB weitere Dimensionierungsgrundlagen für PV-Weidetränke erarbeitet.
- Die Förderung von Tränkwasser aus vorhandenen Gewässern oder Brunnen auf netzfernen Weiden ist derzeit einer der wenigen wirtschaftlichen Einsatzbereiche der Photovoltaik. Optimierte PV-Weidetränke können das Tränkwasser zu einem Viertel der Kosten konventioneller Tränkwasserversorgungstechnologien (Wasserwagen) bereitstellen.