

## SolTroBox®, die solare Trocknungsanlage

### Einleitung

Dieser Artikel beschreibt die Motivation sowie die zentralen Bedürfnisse, die zum Bau der solaren Trocknungsanlage der GP-Consultant GmbH führten.

#### **Hier die Eckdaten:**

- Die Anlage eignet sich zum Trocknen und Lagern von Holz aller Art (Scheitholz, Pellets, Hackschnitzel, Bretter), von Früchten und Kräutern. Das Trocknen von Wäsche hat sich zu jeder Jahreszeit bewährt. Je nach endgültigem Trocknungszweck wird die passende „Innenausstattung“ optional bereitgestellt.
- Zur Aufstellung der Anlage wird an einem geeigneten Ort (z.B. Garten) ein freier sonniger Platz ab etwa 3 x 3 m<sup>2</sup> Grundfläche und etwa 3 m Höhe benötigt.
- Die Anlage kann in Einheiten von 3 x 3 m<sup>2</sup> erweitert werden.
- Die laufenden Betriebskosten sind, Dank der Sonne, gegen Null.
- Zielgruppe sind alle Personen und Institutionen die Güter heute im Freien trocknen, jedoch dies beschleunigen und optimieren wollen.



Abbildung 1 Frontansicht der SolTroBox®



Abbildung 2 Blick auf den Solargenerator



Abbildung 3 Blick ins Innere - Scheitholztrocknung

## Aspekte der solaren Holz Trocknung

Der Betrieb eines Kachelofens oder eines Kamins wird, bedingt durch steigende Energiekosten, in Deutschland immer beliebter. Dies betrifft insbesondere die Eigenheimbesitzer, da diese meist in der glücklichen Lage sind, entsprechende bauliche Veränderungen an ihrer Immobilie ohne großen bürokratischen Aufwand vorzunehmen.

In diesem Zusammenhang kommt dann schnell die Frage nach dem Brennstoff (Scheitholz, Pellets, Hackschnitzel) und dessen Lagerung auf die Tagesordnung. Hier steht der Einkauf von fertig getrocknetem Holz zur Diskussion, was jedoch relativ teuer ist und die vielgepriesene Unabhängigkeit von Dritten konterkariert. Allgemein gilt je „verfeuerungsfähiger“ das Holz ist desto teurer ist es auch.

Eine Alternative ist Holz in Eigenarbeit zu besorgen und diese Arbeit als Fitness-Programm zu betrachten ;-). Hier muss allerdings neben der doch recht harten Arbeit mit sehr feuchtem Holz gerechnet werden, was zusätzliche Maßnahmen erfordert.

Drei Aspekte müssen in Bezug auf frisches Holz besonders betrachtet werden:

1. Nach der Ernte muss Holz über mindestens 2 Jahre im Freien getrocknet werden, um verfeuerungsfähigen Zustand zu erreichen. Entsprechend viel Lagerungsraum und auch Kapital zur Beschaffung wird benötigt.
2. Wird der Brennstoff in ungenügend getrocknetem Zustand (>15%) verfeuert, so entwickelt er nicht das volle Heizpotential. Auch die Emissionswerte des Rauchgases fallen schlecht aus (Qualm).
3. Wird der Wassergehalt von Holz von 50% auf 15% verringert, so steigt der Heizwert von 2,2 ca. auf 4,2kWh/kg. Das bedeutet fast eine Verdopplung des nutzbaren Heizwerts oder eine annähernd 50 prozentige Preisreduktion der Energie! Somit wird weniger Holz verbraucht.

Um diese Aspekte angemessen zu adressieren, entwickelten wir die Solare Trocknungsanlage.

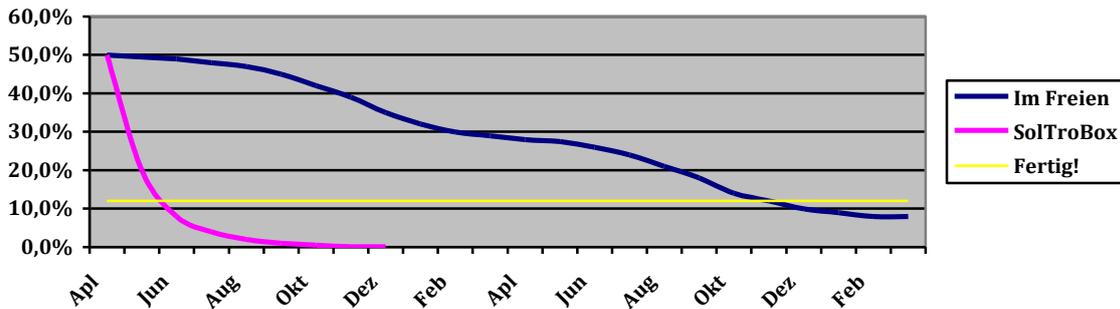
Die nutzenbringende Zielsetzung der Entwicklung des solaren Holz Trockners war:

1. Die Reduktion der Trocknungszeit vom grünen Zustand (>50%) auf Trockenniveau (<6%) innerhalb von 3 Monaten (im Sommer).
2. Die Reduktion des Lagerplatzbedarfs (ca. Faktor 3-4) durch Reduktion der Trocknungsdauer.
3. Die Reduktion des Kapitalbedarfs für das Brennholz ebenfalls durch verkürzte Trocknungszeit.
4. Die Über Trocknung des Brennholzes, wodurch das volle Heizpotential erschlossen wird.
5. Den optisch neutralen Anblick der Lagerstätte, unabhängig vom Füllstand und damit hohe Akzeptanz bei Nachbarn.
6. Die Trocknung darf keine laufenden Kosten (Energie thermisch/elektrisch) verursachen.
7. Die Lebensdauer soll >20 Jahre und die Zeitspanne bis zur ersten Wartung mindestens 5 Jahre betragen.

Die Erfahrung hat gezeigt, dass, wenn gut getrocknetes („über trocknetes“) Holz aus der Trocknungsanlage entfernt und im Freien an einem überdachten Platz gelagert wird, der Feuchtegehalt im Holz wieder steigt (siehe Punkt 4) und somit der Heizwert wieder fällt. Deshalb wird empfohlen, das Holz nach Fertig trocknung dort zu lagern und bei Bedarf auf direktem Wege zu verfeuern.

Hier noch einige in Diagramme gefasste Erfahrungen:

Es wurde die Holzfeuchte einer Holz-Charge im Trockner und zum Vergleich eines im Freien gelagerten Holzstoßes mit Hilfe eines Holzfeuchte-Messinstruments über die Zeit aufgenommen. Der Holzstoß im Freien trocknet, wie erwartet, innerhalb von ca. 2 Jahren. Hingegen erreicht das Holz im Trockner schon nach knapp 2 Monaten die 8% Marke, bei der Holz allgemein als fertig getrocknet gilt. So kann der Trockner bereits nach 3 Monaten mit einer neuen Holz-Charge bestückt werden. Aber auch die Trocknung von 8% auf unter 5% macht sich durch einen spürbar höheren Heizwert und besseres Anbrennverhalten positiv bemerkbar.



Die Konsequenz aus der kurzen Trocknungsdauer ist, dass Holz nicht über mehrere Jahre gelagert werden muss. Bei konservativer Schätzung wird bei Einsatz der solaren Trocknung nur ein Viertel der Holzmenge gelagert, als das vergleichsweise bei der Freilufttrocknung nötig wäre. Dadurch wird aber auch nur ein Viertel des Kapitals gebunden. Auch der Platzbedarf reduziert sich grob auf ein Viertel.

Hier ein kurzes Beispiel bezüglich der Kapitalkosten:

Angenommener Holzbedarf pro Saison: **12 Ster**  
(=Solar-Trocknerkapazität; entspricht 1-Familienhaus bei 80% Holzheizung)

Bedarf bei Freilandtrocknung (3 Jahre): **36 Ster**  
entspricht einem 36m langen Holzstoß bei einem Profil von 1 m x 1 m

Fazit:

Bei einem Ster-Preis von ca. 100€ (Buchenholz) entspricht das einem unverzinsten Kapital (von 24 Ster = 2 Jahre Trocknung) von 2400 €. Dieser Betrag wird über Jahrzehnte Kosten verursachen und kann besser angelegt werden.

Einmal von den vielen Nebennutzen (z.B. frostfreier Raum im Winter) abgesehen, fügt sich die SolTroBox® wirklich gut in das Landschaftsbild ein.



## Beschreibung der Anlage

Die SolTroBox<sup>®</sup> besteht aus einer schuppenähnlichen Holzkonstruktion, deren Dach als Warmluftkollektor ausgeführt ist. Die durch diesen Warmluftkollektor erwärmte Luft wird mittels eines elektrisch betriebenen Ventilators über einen Schacht in die Bodenkonstruktion des Gebäudes verblasen und so über die gesamte Bodenfläche verteilt. Die warme Luft kann nach Austritt aus dem Boden das Trocknungsgut umstreichen, um anschließend durch Öffnungen im Dachbereich auszutreten. Ein geschlossener Umluftkreislauf ist somit nicht vorgesehen.

Der Ventilator, der für die Zwangsdurchlüftung zuständig ist, wird mittels PV-Generator versorgt. Der Anschluss des Ventilators erfolgt direkt an das PV-Panel und ist somit äußerst störsicher. Stellt das Trockengut bestimmte Anforderungen an die Trocknung (z.B. Temperaturgrenzen), so wird die optionale Steuerung zur Optimierung des Trocknungsprozesses empfohlen. Die elektrischen Komponenten der Steuerung werden über ein elektrisches Inselssystem (netzautark), das ebenfalls aus dem PV-Generator gespeist wird, kontinuierlich mit Energie versorgt. Dadurch ist es möglich den Ventilator, auch zu Zeiten in denen der PV-Generator keine Energie erzeugt, kurzzeitig zu betreiben und somit Kondensatbildung im Inneren der Anlage zu vermeiden. Ferner lässt sich auch eine Innenbeleuchtung (LED-Leuchtmittel) betreiben, was sehr hilfreich ist.

Die optionale Trockenprozess-Steuerung regelt den Lüftungsprozess (Temperatur- und Feuchteführung) und überwacht den Status der Trocknung, um dem Anwender einen einfach verständlichen Status bezüglich der Reife der enthaltenen Trocknungs-Charge zu geben. Die Bedienung erfolgt mittels WEB-Interface via WLAN, das sowohl auf PC's, als auch auf modernen Smart-Phones / Tablet-PC's arbeitet. Treten Fehlerzustände auf, können unter anderem E-Mails zur Benachrichtigung verschickt werden. Diese Option betrachten wir als wirklich sinnvolle Erweiterung der SolTroBox<sup>®</sup>.

Optional ist eine Zusatzbeplankung (optisch/ästhetisch) im Außenbereich mittels Nut- und Feder-Brettern erhältlich.

Um einen hohen Solarertrag zu erzielen und dadurch effektiv zu trocknen, ist eine Süd-Ausrichtung des Daches dringend empfohlen.

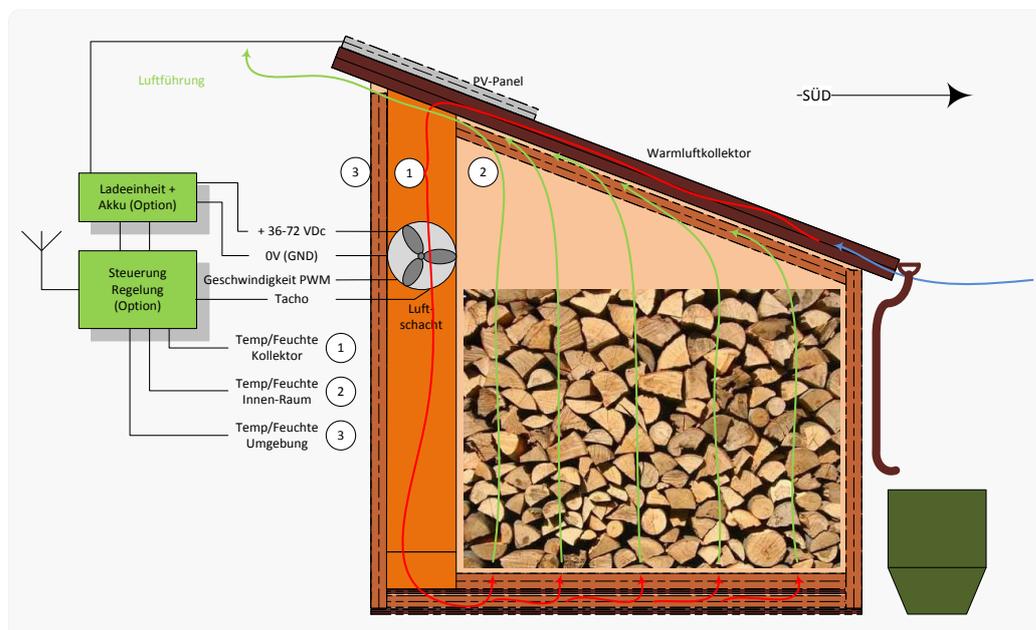


Abbildung 4 Warmluftführung bei Scheitholztrocknung

Die Anlage selbst ist bis auf die technische Ausrüstung (Aluminium) aus Holz gefertigt, so dass eine einfache Entsorgung am Ende des Produktlebenszyklus (>20 Jahre) möglich ist.

## Dimension der Anlage

Die netto Grundfläche der SolTroBox<sup>®</sup> 10 (Basismodul) beträgt ca. 2,5 m x 2,5 m. Daraus folgt eine nutzbare Grundfläche von ca. 6 m<sup>2</sup>. Bei einer durchschnittlichen Höhe von 2 m bietet der Solartrockner einen nutzbaren Raum von ca. 12 m<sup>3</sup>, was genug Platz für ca. 10 Ster Holz ist. Sondergrößen sind nach Rücksprache möglich.

Wird eine größere Kapazität gewünscht, so können mehrere dieser Einheiten aufgebaut und aneinandergesetzt werden. Optisch erscheint ein Gebäude mit einem Vielfachen (n=1..3) der Maße der Einheit (n x 2,5 m x 2,5 m). Die Erweiterung macht jedoch nur in Ost-West-Richtung Sinn.

## Sonderausstattung spezifisch für Trocknungszweck

In der Grundausstattung wird der Innenraum gleichmäßig von Warmluft durchströmt (siehe Abbildung 4). Das Trockengut kann dann vom Nutzer frei im Innenraum arrangiert werden. Alternativ werden Sonderausstattungen angeboten, die den endgültigen Trocknungszweck gezielt unterstützen.

So existieren folgende Sonderausstattungen:

- Schüttgutbehälter für Holzpellets mit Schneckenförderung zum Heizungskeller
- Trockenschränke mit Schubladen für Kräuter, Früchte, Getreide etc.
- Trockenschränke mit Schubladen für Saatgut (temperaturgeregt)
- Wäschetrocknung, ökologisch und lichtgeschützt
- Kombinationen: Holz, Früchte und Wäsche...
- Externe Nutzung des Warmluftgenerators. Dabei wird der warme Luftstrom über ein Klappensystem mittels Rohrleitung in Gebäude/Kellerräume umgeleitet, was durch gute Belüftung und Heizung die Räume trocknet und Schimmelbildung verhindert. Dieses Klappensystem wird aktiv durch die Steuerung kontrolliert.

Sollten unsere Kunden spezielle Sonderausstattung für ihren Trocknungszweck benötigen, so sind wir bemüht mit Neuentwicklungen zu unterstützen.

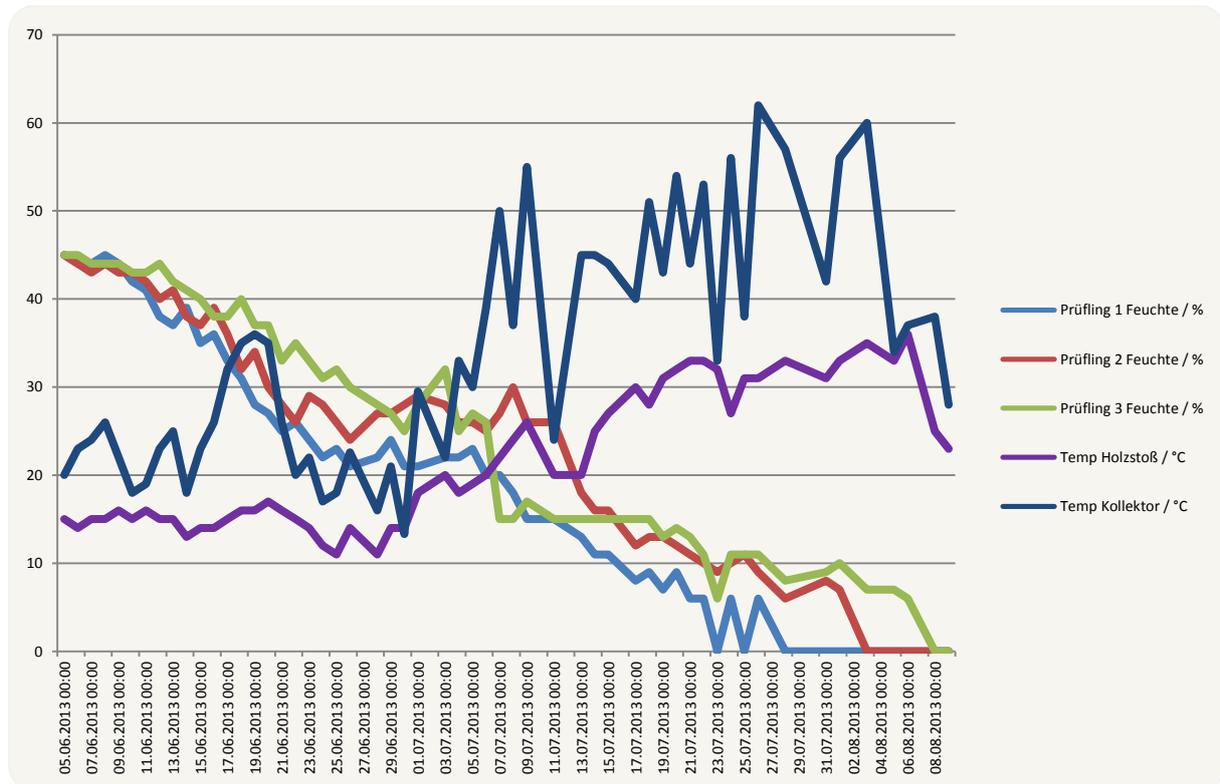
## Erfahrungen mit der Anlage

Nach ersten Probeläufen des Prototyps wurde festgestellt, dass selbst bedeckter Himmel noch einen merklichen Beitrag zur Aufheizung der Luft leistet. So wurde selbst bei Nieselregen und Außentemperaturen von ca. 12°C noch Kollektorlufttemperaturen von ca. 22°C und damit eine reduzierte relative Luftfeuchte registriert. Das ist genug um den geringen Feuchtigkeitsgrad des Trockenguts beizubehalten.

Hingegen wurden an heiteren Frühjahrstagen (März, Außentemperatur von 18°C) Lufttemperaturen am Kollektorauslauf von über 60°C gemessen, welche zur schnellen Trocknung beitragen. Sollte das Trocknungsgut (z.B. Saatgut) hierauf empfindlich reagieren, so wird der Einsatz der optional erhältlichen Trockenprozess-Steuerung dringend empfohlen.

Das folgende Diagramm basiert auf realen Messwerten, die in 2013 gewonnen wurden. Dabei wurden 3 massive Holzstücke (ca. 3kg) als Prüflinge gewählt. Diese waren über den Holzstoß verteilt, so dass eine repräsentative Abbildung des Trocknungsprozesses erreicht wurde. Auffällig ist, dass die Holzstoßtemperatur während des ersten Monats auf niedrigem Niveau verharrt, obwohl die Temperatur im Luftvorlauf relativ dynamisch war. Nach ca. einem Monat stieg diese dann kontinuierlich an, was auf den fortschreitenden Trocknungsprozess hinwies. Das bei der Messreihe benutzte Messgerät wies leider im unteren Messbereich eine starke Unlinearität (Sprung von 6% auf 0%) auf, was die Ursache der Sprünge im Graphen zum Ende der Messreihe ist.

Ergebnis war, dass die Trocknung bei diesem Versuch (ca. 6 Ster Scheitholz, Scheite: 33cm Scheitlänge, ca. 3kg Feuchtmasse auf ca. 1,5kg Trockenmasse) bereits nach ca. 2 Monaten abgeschlossen war.



## Fazit

Die Anlage ist in der Lage effektiv verschiedenste Güter zu trocknen. Selbst in den Wintermonaten, bedingt durch die sehr trockene Luft bei niedrigen Temperaturen, ist eine schnelle Trocknung möglich. Ein wesentliches Merkmal ist die absolute Autarkie der Anlage, die dadurch keinerlei Betriebskosten durch Heizen, Ventilieren und Beleuchten verursacht.