



Energiekostenreduzierung beim Durchlauf Trockner



Malte Bombien

Energiekostenreduzierung beim Durchlauftrockner

Tagung Neumünster Januar 2007

Malte Bombien ist Mitarbeiter des RKL.

Herausgeber:

Rationalisierungs-Kuratorium für Landwirtschaft (RKL)

Prof. Dr. Yves Reckleben

Am Kamp 13, 24768 Rendsburg, Tel. 04331-847940, Fax: 04331-847950

Internet: www.rkl-info.de; E-mail: mail@rkl-info.de

Sonderdruck aus der Kartei für Rationalisierung 4.3.1.1

Nachdruck, auch auszugsweise, nur mit Zustimmung des Herausgebers

Was ist das RKL?

Das Rationalisierungs-Kuratorium für Landwirtschaft ist ein bundesweit tätiger Beratungsring mit dem Ziel, Erfahrungen zu allen Fragen der Rationalisierung in der Landwirtschaft zu vermitteln. Dazu gibt das RKL Schriften heraus, die sich mit jeweils einem Schwerpunktthema befassen. In vertraulichen Rundschreiben werden Tipps und Erfahrungen von Praktikern weitergegeben. Auf Anforderung werden auch einzelbetriebliche Beratungen durchgeführt. Dem RKL sind fast 1400 Betriebe aus dem ganzen Bundesgebiet angeschlossen.

Wer mehr will als andere, muss zuerst mehr wissen. Das RKL gibt Ihnen wichtige Anregungen und Informationen.

Gliederung	Seite
1. Einleitung	1295
2. Einsparpotentiale vor der Trocknung	1295
2.1 Optimaler Erntezeitpunkt.....	1295
2.2 Vorerntesikkation	1297
2.3 Vorschwitzen des Getreides	1298
3. Einsparpotentiale während der Trocknung.....	1299
3.1 Strömungswiderstand	1299
3.2 Brennerleistung.....	1300
3.3 Art des Brennstoffes.....	1301
3.4 Elektrische Anschlusswerte	1303
3.5 Wärmedämmungen.....	1303
4. Fazit	1304

1. Einleitung

Die Trocknung von Getreide bietet unterschiedliche Möglichkeiten Energiekosten zu sparen. Welche Einsparpotentiale genutzt werden können, ist von unterschiedlichen Faktoren abhängig. Je höher der erforderliche Wärmebedarf zum Trocknen des Getreides ist, umso eher können Möglichkeiten genutzt werden, die Wärme effizient einzusetzen bzw. die technischen Leistungsmerkmale eines Trockners richtig zu nutzen.

Den höchsten Wärmebedarf bei der Getreide- und Rapstrocknung hat der Durchlauf Trockner. Die üblichen Trocknungstemperaturen liegen im Bereich von 80-90°C. Einige Betriebe trocknen aber auch mit weitaus höheren Temperaturen. Diese liegen dann im Bereich von 125–130°C. Wichtig bei diesen hohen Temperaturen ist, dass sich kein Getreide in der Trocknersäule staut, da es ansonsten zu einer zu starken Erhitzung und damit Schädigung des Getreides führen kann. Außerdem steigt die Brandgefahr erheblich ansteigt.

2. Einsparpotentiale vor der Trocknung

2.1 Optimaler Erntezeitpunkt

Die Notwendigkeit zu trocknen wird von der Abreife des Bestandes sowie der Struktur und Feuchte von Korn und Stroh beim Mähdrusch bestimmt. Den Termin von Todreife und erwünschter Kornfeuchte abzuwarten, liegt an der Einschätzung

der Wetterlage aber auch wesentlich an der genügend oder knapp bemessenen Mährescherkapazität. Die Reserveleistung, ggf. im überbetrieblichen Einsatz, hilft Nerven und Kosten sparen.

Feuchtes Stroh oder grünes Unkraut belastet die Maschine, Feuchtigkeit kann in das Korn übergehen. Also helfen hohe Stoppeln oder die Sikkation. Vor dem eigentlichen Trocknungsvorgang hilft die Aufbereitung. Das Getreide wird gereinigt, damit nicht unnötig Material getrocknet wird. Zusätzlich sollte es im Zwischenlager schwitzen. Dennoch sieht sich der Praktiker häufig gezwungen, „zu früh“ zu dreschen, um eine bessere Qualität zu erzielen.

Vegetatives Wasser ist den Getreidekörnern aber schwerer zu entziehen als angeregnetes Wasser. Nach Messungen des RKL steigt dadurch der Energieverbrauch erheblich an.

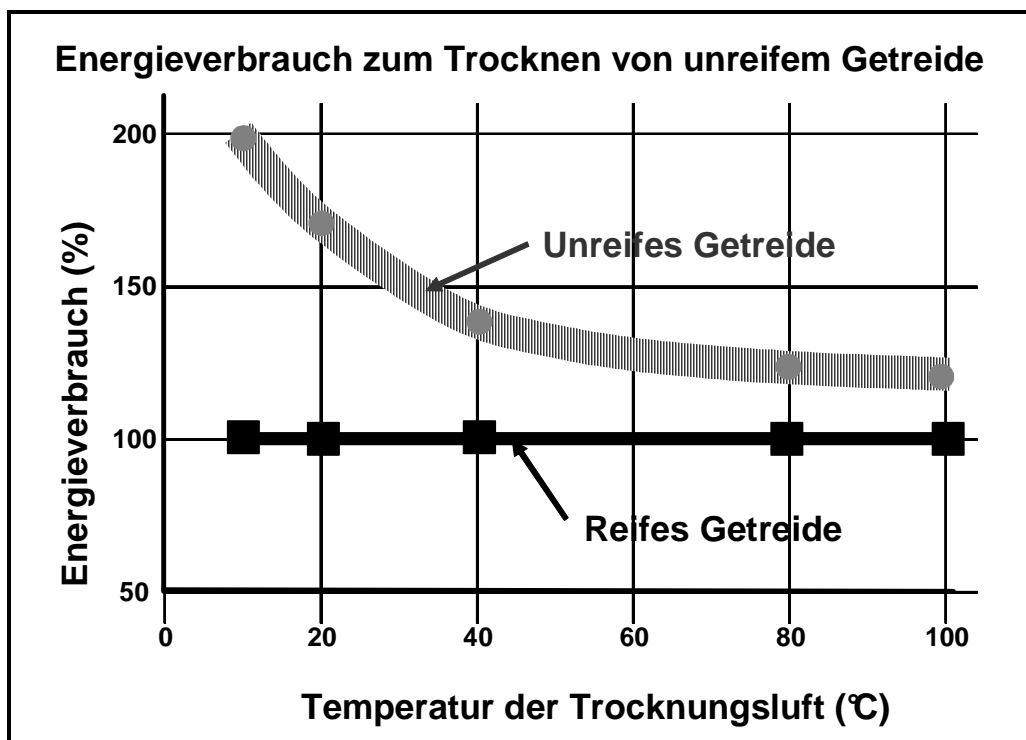


Abb. 1: Energieverbrauch zum Trocknen von unreifem Getreide

Wie in der Abbildung zu sehen, liegt der zusätzliche Energiebedarf durch Unreife im Durchlauftrockner im hohen Temperaturbereich bei 20–25 %. Das reduziert die Trocknerleistung. Andererseits lässt sich die Kapazität halten durch einen größeren oder einen Zusatzbrenner. Dieser zusätzliche Brenner verursacht aber im Verhältnis höhere Energiekosten.

2.2 Vorerntesikkation

In Jahren mit unreifem Getreide und viel Zwiewuchs kann es daher sinnvoll sein, eine Vorerntesikkation durchzuführen. Die Sikkation trägt dazu bei, dass Korn und Stroh relativ homogen geerntet werden können. Die sehr einheitlichen und meistens auch trockeneren Partien lassen sich im Durchlauftrockner wesentlich effektiver bzw. Kosten sparender trocknen. Der Einsatz eines Totalherbizides kann die Leistung des Mähdreschers um bis zu 20 % steigern sowie die Getreidefeuchte um 2 % herabsetzen. Das Getreide trocknet am Halm einheitlicher und schneller ab, das Stroh wird mürbe und lässt sich so besser dreschen.

Der Praktiker muss jedoch auf den richtigen Zeitpunkt zu achten. Dieser bereitet im praktischen Einsatz oft Schwierigkeiten. Die richtige Terminierung liegt im Bereich der Vollreife (BBCH 89) bei einer Kornfeuchte unter 25 %.

Wählt man den Zeitpunkt der Behandlung zu früh, muss mit Ertragsverlusten gerechnet werden. Tritt der Erntebeginn früher als geplant ein, ist man auf die vorgeschriebenen Wartezeiten angewiesen. Mit der Vorerntesikkation lassen sich bis zu 15 % geringere Trocknungskosten realisieren. Diese ist aber nur wirtschaftlich, wenn größere Mengen Totalherbizid preiswert eingekauft werden können und mit geringen Aufwandmengen gearbeitet werden kann (s. Tab. 1 und 2).

Tab. 1: Kostenaufstellung Vorerntesikkation

Verfahrenskosten Totalherbizid Spritzung		
	Kosten laut Liste (4 l/ha x 10 €/l)	Kosten Praktiker (2,5 l/ha x 8 €/l)
Anhängefeldspritze 3.000 l, 24 m AB inkl. Schlepper u. Lohn ¹	11 €/ha	11 €/ha
Totalherbizid	(4 l/ha x 10 €/l) 41 €/ha	(2,5 l/ha x 8 €/l) 20 €/ha
Kosten pro ha	52 €/ha	31 €/ha

¹ nach KTBL

Tab. 2: Kosteneinsparung durch Vorerntesikkation

Kosteneinsparungen	
	Einsparung
10 % geringere Druschkosten ²	10 €/ha
15 % geringere Trocknungskosten bei 9 t/ha Ertrag ³	27 €/ha
Summe Kosteneinsparung	37 €/ha

² Mähdruschkosten: 100 €/ha, ³ Trocknungskosten: 19,80 €/t

2.3 Vorschwitzen des Getreides

Ein weiterer wichtiger Punkt zur Energiekostenreduzierung im Durchlauftrockner ist der so genannte Schwitzprozess vor dem Trocknen. Der Energieverbrauch kann hierdurch um bis zu 25 % reduziert und in entsprechendem Umfang die Leistung gesteigert werden. Der Schwitzprozess soll innerhalb der Körner die Feuchtigkeit von innen an die Oberfläche führen, damit sie später schneller von der Trocknungsluft aufgenommen wird. Dieser Schwitzprozess ist aber mit der Entwicklung von Wärme verbunden. Thermometer im Stapel geben den Temperaturverlauf wieder.

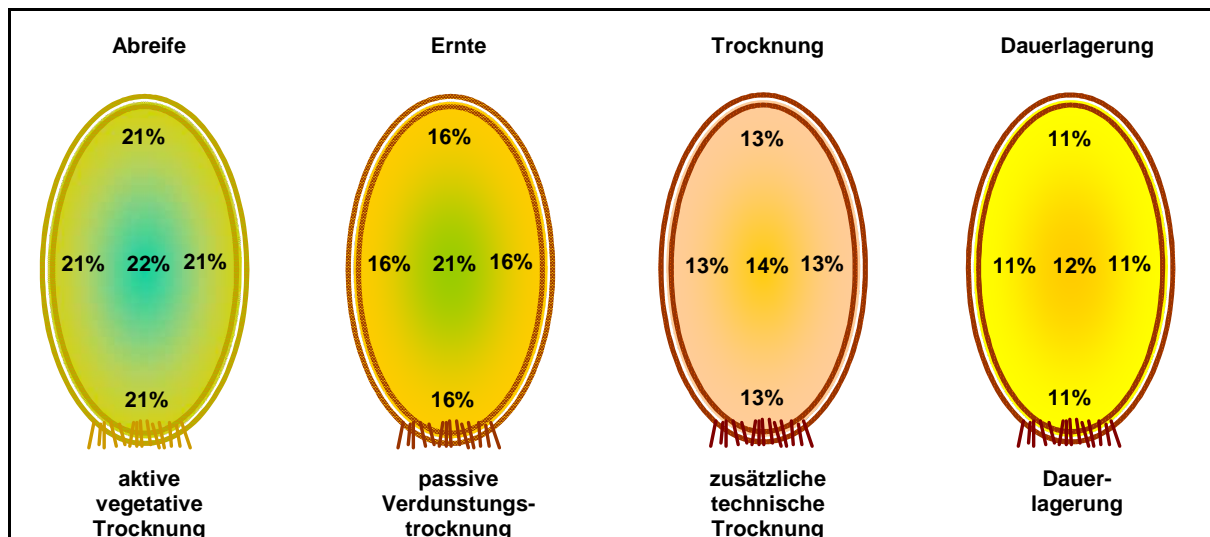


Abb.2: Feuchtigkeitsverteilung in Getreidekörnern bei versch. Reifestadien in %

Dauert der Schwitzprozess beim Getreide zu lange an, so muss mit einer Keimschädigung und enormer Vermehrung der Mikroorganismen gerechnet werden. Das Vorschalten eines Schwitzprozesses erfolgt in den Feuchtgetreidezellen. Häufig wird aber gerade bei der Planung und dem Bau von Trocknungsanlagen aus vermeintlichen Kostengründen am falschen Ende gespart. Es sollten möglichst

immer zwei Feuchtgetreidezellen bei einem Neubau mit eingeplant werden. Jede Zelle sollte dabei mindestens eine Tagesdruschmenge aufnehmen. Bei zu feuchtem Getreide besteht jedoch die Gefahr der Brückenbildung im Silo. Einige m³ trocknes Getreide im Trichter verhindern die Brückenbildung, da das feuchte Getreide auf dem trocknen Getreide abrutscht. Der Schwitzprozess sollte nicht länger als 24 h erfolgen. Während dieser Zeit darf es nur zu geringer Temperaturerhöhung (max. 25°C) im Getreidestapel kommen.

3 Einsparpotentiale während der Trocknung

Im Wesentlichen beeinflussen folgende Punkte die Leistungsfähigkeit der einzelnen Komponenten des Durchlaufrockners und die damit verbundenen Kosten. Zu diesen Punkten zählen der Strömungswiderstand, die Brennerleistung, die Art des Brennstoffes (Heizöl oder Gas), der elektrische Anschlusswert sowie die Wärmedämmung des Trockners. All diese Punkte können zu einer besseren Ausnutzung des Trockners und zu Einsparungen führen, wenn diese genau auf den entsprechenden Trockner abgestimmt sind.

3.1 Strömungswiderstand

Der Strömungswiderstand beeinflusst im erheblichen Maß den tatsächlichen Luftvolumenstrom und damit die Leistung des Durchlaufrockners. Die meisten Durchlaufrockner werden heute als so genannte Sauganlagen gebaut. Bei dieser Bauform sitzt das Gebläse direkt hinter dem Trockner und saugt die Warmluft durch den Trockner hindurch. Die Sauganlagen haben einen besseren Wirkungsgrad als Druckanlagen. Zusätzlich geben sie bei Undichtigkeit keinen Staub unkontrolliert an die Umwelt ab.

Beim Kauf sollte der Strömungswiderstand der Anlage vom Hersteller garantiert werden. Die Kennlinie des entsprechenden Gebläses sollte ebenfalls immer mit geliefert werden. Nur so lässt sich der Luftdurchsatz der Anlage nachprüfen. Axiallüfter schaffen die geforderten Leistungen meistens nicht. Kann man bei maximalem Luftdurchsatz den Weizen aus dem Trockner herausaugen, kann man sicher sein, dass ein maximaler Luftdurchsatz einzustellen ist. Der optimale Strömungswiderstand bei Dächerschacht-Durchlaufrocknern liegt im Bereich von 650–1300 Pa (ca. 65–130 mm WS). Erhöht sich dieser Strömungswiderstand, so wird der Luftdurchsatz durch die Trocknersäule verringert und die Leistungsfähigkeit der Trocknung wird dadurch behindert. Je niedriger der Strömungswiderstand in der Gesamtanlage ist, desto leichter und schneller geht die Warmluft durch die

Trocknersäule hindurch. Die Warmluft wird so effektiv im Trockner eingesetzt und trägt zur Energiekostenreduzierung bei.

3.2 Brennerleistung

Die Brennerleistung ist in einem erheblichen Maß an der Trocknerleistung beteiligt. Der Brenner des Warmlufterzeugers sollte eine Anwärmung der Trocknungsluft bei der Getreidetrocknung um 80°C und bei der Maistrocknung um 130°C ermöglichen. Bei der Wahl des Brenners sollte immer darauf geachtet werden, dass dieser genügend Leistungsreserven auch bei ungünstigen Trocknungsbedingungen aufweist. Die meisten Hersteller von Durchlauftrocknungen rechnen mit folgenden Nennleistungskonditionen:

- Feuchteentzug um 4 % (von 19 auf 15 %)
- Temperatur der Außenluft von 15°C
- Relative Luftfeuchte der Außenluft von 75 %
- Trocknungstemperaturen:
 - Durchlauftrockner bei Getreide 85°C
 - Durchlauftrockner bei Mais 130°C

Werden andere Konditionen angegeben, so ändern sich auch die Trocknerleistungen. Wird der Feuchteentzug nicht von 19 auf 15 % angegeben, sondern von 20 auf 16 %, so liegt die theoretische Nennleistung um ca. 16 % höher.

Ändern sich die Rahmenbedingungen, muss der Brenner es dennoch schaffen, z.B. bei einer geringeren Außentemperatur das daraus größer werdende ΔT zu überbrücken und die Temperatur dennoch auf 85°C zu bringen. 5°C geringere Temperatur senkt die Leistung um 10 %. Der Trocknungsprozess wird dadurch in die Länge gezogen und verursacht dadurch höhere Energiekosten.

Umgekehrt steigert die Erhöhung der Brennerleistung von 85°C auf 90°C die Leistungssteigerung um 10%. Bei der Temperaturerhöhung ist im Besonderen darauf zu achten, dass das Trocknungsgut nicht beeinträchtigt wird. Entscheidendes Kriterium ist dabei die Einwirkzeit der warmen Trocknungsluft auf das Getreide. Je kürzer diese auf die Körner wirkt, desto geringer ist die Gefahr einer Keimschädigung. Daher können in hohen schmalen Dächerschacht-Durchlauftrocknern deutlich höhere Warmlufttemperaturen toleriert werden als in kurzen breiten Trocknern. Praxisversuche haben gezeigt, dass Warmlufttemperaturen von 130°C bei einer Trocknung von 20 auf 16 % einen Rückgang der Keimfähigkeit von 3–5 % verursacht haben. Die Keimfähigkeit korreliert mit der Backqualität.

Um sich der maximal möglichen Warmlufttemperatur zu nähern, sollte die Korn-Luft-Mischtemperatur am Ende der Trockenzone kontinuierlich gemessen werden. Diese

sollte am Ende der Trockenzone 55°C nicht überschreiten. Wesentlich exakter und aussagefähiger wäre die eigentliche Korntemperatur. Diese ist aber während des Trocknungsprozesses nur sehr schwierig zu erfassen und daher nicht genau genug. Mit dieser Temperatur kann auch der Zweistufen-Brenner geregelt werden.

3.3 Art des Brennstoffes

Die Wahl des richtigen Brennstoffes beeinflusst die Energieversorgung des Trockners. Ob Heizöl oder Gas wird immer wieder diskutiert. Eine Zusammenfassung der Preisentwicklung der letzten 10 Jahre zeigt, dass Heizöl im Mittel je kWh um 25 % billiger gewesen ist als Tankgas. Diese Betrachtung ist aber nur auf den Preis des Energieträgers ausgelegt. Weitere technische Anlagendetails sind nicht berücksichtigt worden. Es wird jedoch von immer mehr Kreisbehörden beim Betrieb mit Heizöl ein indirekter Warmlufterzeuger gefordert. Beim Betrieb mit Gas wird aber ein direkter Brenner zugelassen, in der Annahme, dass beim Betrieb mit Gas keine Schadstoffe in das Getreide gelangen. Wissenschaftliche Nachweise sind jedoch bisher nicht erbracht worden. Der indirekte Warmlufterzeuger verursacht aber erheblich höhere Investitionskosten und der Wirkungsgrad liegt 5–10 % niedriger als bei einem direkten Warmlufterzeuger.

Beim Betrieb des Brenners mit Tankgas, egal ob indirekt oder direkt, kann es bei größeren Trocknern mit der Gasabnahme zu Schwierigkeiten kommen. Die Anlagenleistung eines Trockners kann ganz erheblich von der Entnahmehleistung sowie dem Füllungsstand des Gastanks abhängen. Einige Gaslieferfirmen haben Berechnungsprogramme über die mögliche Gasentnahmemenge aus Drucktanks in Abhängigkeit von Aufstellungsart, Behältergröße, Behälterisolierung, geplanter Nennleistung, Kontinuität der Gasentnahme, Jahreszeit, Tageszeit, Gaszusammensetzung u.a.m.

Abhilfe kann ein Verdampfer schaffen. Dieser arbeitet unabhängig vom Füllungsgrad des Tankes mit gleich bleibender Leistung. Dieser kann käuflich erworben werden oder vom Energieversorger gemietet werden.

Die nachfolgende Tabelle stellt die Energieabgabe je nach Füllungsstand des Gastanks dar. Um die gewünschte Leistung konstant zu halten, muss bei einigen Anlagen schon bei 50% Füllstand wieder nachgetankt werden.

Tab. 3: Gasentnahme aus einem oberirdischen nicht isoliertem Tank mit 6.000 l Füllungsvermögen, Gasentnahme im August, kontinuierliche Abnahme, Nennleistung 600 kW (= 100 %) Gas mit 14 kWh/kg

Tankfüllung (%)	Gasabgabe (kg/h)	Energieabgabe (kWh)	Leistung (%)
85	58	817	136
50	39	550	92
40	34	472	79
30	28	391	65
20	22	305	51

Die DIN 51622 schreibt vor, dass Flüssiggas zu 95 % aus Propan besteht. Vorsicht bei Butan im „Rest“! Bei kalter Witterung im Winter (bei Mais) findet keine Verdampfung von Butan mehr statt, so dass es im Tank auf Dauer eine Anreicherung von Butan in flüssiger Form gibt.

Die Leitungsquerschnitte so wie die erforderliche Mindestfüllung des Gastanks können zu einer Vereisung der Leitungen führen, so dass die Brennerleistung sehr stark reduziert wird oder im schlechtesten Fall der Brenner ganz ausfällt.

Des Weiteren wird auch der Einsatz von Rapsöl oder von Hackschnitzelbrennern in Erwägung gezogen. Wird Rapsöl im Brenner eingesetzt, erfordert dies einen speziellen Schwerölbrenner, damit das Rapsöl auch gut verbrennen kann. Beim derzeitigen Heizölpreis von 0,50 €/l rechnet sich der im Vergleich zum Rapsöl mit 0,65 €/l jedoch nicht. Einige Trocknungsanlagenhersteller bieten die Möglichkeit den Gas- bzw. Heizölbrenner durch einen Hackschnitzelbrenner zu ersetzen. Da für einen Durchlauftrockner jedoch sehr hohe Heizleistungen benötigt werden, sind die dafür erforderlichen Hackschnitzelanlagen im Investitionsbereich viel zu teuer. Es ist jedoch nicht nur der Anschaffungspreis, sondern auch der erforderliche Lagerplatz für die Hackschnitzel der um das 14-fache höher als beim Heizöl. Hinzu kommt auch noch, dass die Qualität der Hackschnitzel nicht homogen ist. Je feuchter diese sind umso schlechter ist die Leistung des entsprechenden Brenners. Der Einsatz einer Hackschnitzelanlage lohnt sich nur, wenn diese für weitere Einsatzzwecke auf dem Hof im Laufe des Jahres genutzt werden kann. Nur für die 4 Wochen Erntezeit lohnt sich solch eine Investition nicht.

3.4 Elektrische Anschlusswerte

Die elektrischen Anschlusswerte sollten bei den Energiekosten mit berücksichtigt werden. Die benötigten Anschlusswerte liegen zwischen 6 und 10 kW je t Nennleistung. Bei der Planung sollte darauf geachtet werden dass diese Anschlusswerte oben genannte Angaben nicht überschreiten. Die Energiekosten im Bereich der elektrischen Anschlusswerte lassen sich durch Abschalten gewisser Antriebsorgane um bis zu 20 % senken. Während des Trocknungsvorganges und der Einlagerung müssen nicht alle vorhandenen Förderwege permanent in Betrieb sein. Einige Förderwege können über Kontaktschalter zu- oder abgeschaltet werden, so dass diese nur bei Bedarf laufen.

3.5 Wärmedämmungen

Die hohe Temperaturabstrahlung und die große abstrahlende Oberfläche von Rohr und Trockner mit gut leitendem Stahlblech müsste große Chancen für die Wärmedämmung bieten. Zu derartigen Lösungen hat das RKL in der Praxis Messungen durchgeführt. Danach hat die Dämmung von Zuluftrrohr und Warmlufthaube den Heizölverbrauch der dort entstehenden Verluste von 560 l/a auf 25 l/a gesenkt. Es werden also ca. 535 l/a an Heizöl eingespart. Die Dämmung der Warmlufthaube war mit 3 cm Mineralwolle durchgeführt.

Bezieht man diese Einsparung an Heizöl auf den gesamten Heizöljahresverbrauch, so liegt dieser gerade mal bei 1,26 %. Die Kosten für die zusätzliche Wärmedämmung werden hierdurch nicht gedeckt.

An einem anderen Durchlauftrockner, der mit Sandwichplatten gedämmt wurde sind ähnliche Werte errechnet worden. Die Dämmung der Warmluftseite hat auch zu einer erheblichen Reduzierung des Heizölverbrauchs geführt. Doch auch der prozentuale Anteil an der Gesamteinsparung lag ebenfalls nur bei 1,30 %.

Tab. 4: Energieeinsparung durch Isolierung der Warmlufthaube

	ohne I solierung	Isolierung mit Mineralwolle 3 cm	Isolierung mit Sandwichplatten 6 cm
Heizölverbrauch pro Jahr	560 l/a	25 l/a	10,5 l/a
Heizöleinsparung pro Jahr	0	535 l/a	549,5 l/a
Kosteneinsparung (bei 0,60 €/l Heizöl)	0	321 €/a	330 €/a
Prozentuale Gesamteinsparung	0	1,26%	1,30%

Der viel entscheidendere Effekt der Dämmung ist der, dass durch die Dämmung der Warmluftseite, die Temperatur der Warmluft bis zum Trocknereingang konstant gehalten werden kann. Durch die hohe Eingangstemperatur kann das Getreide wesentlich effizienter getrocknet werden. Der Warmlufterzeuger wird so besser genutzt und benötigt keine Energie zum Ausgleich der Wärmeverluste über die Warmlufthaube. Gerade in kühleren Nachtstunden im Spätsommer bzw. Frühherbst ist dieser Effekt bemerkbar.

4. Fazit

Das Bemühen, Energie beim Trocknen zu sparen, setzt auf dem Feld ein. Hier zu zählen der richtige Druschtermin und ggf. die Sikkation.

Am Trockner liegen die größten Einsparpotentiale im Bereich des Vorschwitzens des Getreides im Feuchtgetreidelager, der Dämmung der Warmlufthaube bzw. des Zuluftrohres sowie in der richtigen Brennerleistung.

Alle Maßnahmen erbringen ein Potential von 25–30 %. Um diese im Einzelnen zu erkennen, wäre es sicher sinnvoll, Verbrauchszähler für die elektrische und thermische Energie an den richtigen Komponenten der Anlage zu installieren und die Messdaten auszuwerten.