



Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft
Institut für Landtechnik und Tierhaltung

Unter welchen Bedingungen kann der Haselnussanbau eine wirtschaftliche und pflanzenbauliche Alternative zum Tabakanbau bieten

2. Fortsetzung: Ist der Anbau von Haselnüssen zur Fruchtgewinnung in Bayern wirtschaftlich möglich

A/06/10

Endbericht

März 2015



Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft
Institut für Landtechnik und Tierhaltung

Endbericht

Teilprojekt

Mechanisierung Ernte und Nacherntebehandlung

Institut für Landtechnik und Tierhaltung
Vöttinger Str. 36, 85354 Freising

Projektleiter:
LD Dr. M. Demmel

Bearbeiter:
Dipl.-Ing. (FH) H. Kirchmeier
T. Kammerloher

Inhaltsverzeichnis

1	Zielsetzung	4
2	Im Projektzeitraum durchgeführte Arbeitsschritte	5
3	Neue Erkenntnisse und Ergebnisse	6
3.1	Marktbeobachtung und Analyse	6
3.2	Erweiterung der vorhandenen Trommelsiebmaschine.....	7
3.3	Verbesserung der Trocknerleistung	11
3.4	Entwicklung und Bau eines Gerätes zum Entfernen von Fruchtblatthüllen	15
4	Zusammenfassung	22
5	Resümee und Ausblick	24
6	Danksagung	25
7	Literaturverzeichnis	25
8	Anhang	26

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Neue - zweite Siebtrommel	10
Abbildung 2: Unverschraubte Siebhälften	10
Abbildung 3: Kistentrocknung im Trocknungsofen	12
Abbildung 4: Brennerraum (ehemalige Tabaktrocknung).....	12
Abbildung 5: Messprotokoll „Luftgeschwindigkeit/Luftvolumen“	13
Abbildung 6: Bodenprobenmühle (Teile davon)	16
Abbildung 7: Gerät zum Entfernen von Fruchtblatthüllen	17
Abbildung 8: Umbausatz „husk remover“ (Facma)	18
Abbildung 9: Vollernter mit „husk remover“ im Einsatz	19
Abbildung 10: Fruchtblatthüllen Entferner (Konstruktion/Seitenansicht) ..	20
Abbildung 11: Fruchtblatthüllen Entferner (Konstruktion/Innenansicht) ..	21
Abbildung 12: Fruchtblatthüllen Entferner (unfertiger Prototyp).....	22
Abbildung 13: Gebläsespritze mit automatischer Baumerkennung.....	26
Abbildung 14: Gebläsespritze mit integriertem Mulcher	26
Abbildung 15: Diverse Pflegegeräte (Reihe, Gasse).....	27
Abbildung 16: Mulchgerät mit Ausleger (Reihe + Gasse)	27

Abbildung 17: Selbstfahrender Nussvollernter	28
Abbildung 18: Einfache handgeführte Aufsammelgeräte	28
Abbildung 19: Haselnusssauger (Cifarelli)	29
Abbildung 20: Haselnussvollernter (Facma)	29
Abbildung 21: Olivenvollernter mit Faltschirm und Schüttler (Sicma)	30
Abbildung 22: Schematische Darstellung: Gebläsedrehzahl	30
Abbildung 23: Schematische Darstellung: Trommelsiebmaschine	31
Abbildung 24: Schematische Darstellung: Bausatz Sieb	31
Abbildung 25: Rundlochsieb: Ausführung 15 mm	32
Abbildung 26: Rundlochsieb: Ausführung 18 mm	32
Abbildung 27: Rundlochsieb: Ausführung 28 mm	33
Abbildung 28: Langlochsieb: Ausführung 9,5 x 25,4 mm	33

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Arbeiten 2012 - 2014	5
--	---

1 Zielsetzung

Das Ziel des Vorhabens war die Erprobung, die Optimierung und die sinnvolle Erweiterung des vorhandenen Mechanisierungskonzeptes für den wettbewerbsfähigen Haselnussanbau in Bayern im Rahmen der Projektlaufzeit und der Projektmittel. Auf Grund der geringen Erntemengen in Bayern konnten in den vorangegangenen Projektphasen nur eingeschränkt Erfahrungen gesammelt werden, was die Nacherntebehandlung von der Reinigung über die Trocknung bis hin zur Lagerung betrifft. Desweiteren haben die Projektgelder nicht ausgereicht, die konzipierte Verarbeitungsstraße bis ins Detail komplett zu realisieren bzw. zu optimieren.

Deshalb sollte nun in der 2. Fortführung der Ausbau der Verarbeitungsstraße weiter vorangetrieben werden. Außerdem sollten die einzelnen Prozesse laufend genau überprüft und wenn notwendig verbessert, erweitert oder überarbeitet werden.

2 Im Projektzeitraum durchgeführte Arbeitsschritte

Im gesamten Projektzeitraum wurden die Arbeitsabläufe bei der Haselnussproduktion kontinuierlich beobachtet und bewertet. In enger Absprache mit der Projektleitung (Frau Nitsch) und dem Verein „Fränkischer Haselnusspflanzer“ wurden Schwachstellen analysiert und besprochen. Daraus sich ergebender Änderungsbedarf wurde, soweit technisch, zeitlich und finanziell umsetzbar, entsprechend der Notwendigkeiten bearbeitet und umgesetzt. In dieser Phase der Projektverlängerung lag der Schwerpunkt auf der Nacherntebehandlung und hier insbesondere bei den Themen:

1. Nachreinigung und Kalibrierung (Anpassung Trommelsiebmaschine)
2. Trocknung (Verbesserung des Trocknungsprozesses)
3. Entfernung der Fruchtblatthüllen (Optimierung des Verarbeitungsprozesses)

Tabelle 1: Arbeiten 2012 - 2014

Jahr	2012		2013		2014	
	1. Hj.	2. Hj.	1. Hj.	2. Hj.	1. Hj.	2. Hj.
Recherche	X	X	X	X	X	X
Nachreinigung Kalibrierung			X	X		
Trocknung		X	X	X		
Entfernung Fruchtblatthüllen		X				X

3 Neue Erkenntnisse und Ergebnisse

3.1 Marktbeobachtung und Analyse

Während der Projektlaufzeit wurde der Markt kontinuierlich hinsichtlich neuer Techniken und Verfahren analysiert. Neben der Suche nach spezieller Technik für den Haselnussanbau wurden immer auch ähnliche Anbaubereiche mit beobachtet. Dadurch kam es auch vor, dass „Fach fremde“ Technik als geeignet eingestuft und adaptiert im Haselnussanbau zur Anwendung kam (siehe zum Beispiel 3.4).

Neben der größten Landtechnikmesse, der Agritechnica (die letztmals 2013 besucht wurde) bieten vor allem die kleineren Spezialmessen Technik im Bereich der Sonderkulturen an.

Im Februar 2012 fand die Messe „Fruchtwelt Bodensee“ in Friedrichshafen statt. Diese im 2 jährigen Turnus wiederkehrende internationale Fachmesse für Kernobst, Steinobst, Beeren, Hopfen und Destillation bietet umfassende Informationen insbesondere über Erntemaschinen und Pflanzenschutz. In der jüngsten Vergangenheit wurden auch Erntemaschinen für Haselnüsse (siehe Anhang: Abbildung 17 und Abbildung 18) ausgestellt. Neben umfangreich ausgestatteten Selbstfahrern konnten auch einfache, handgeführte Aufsammelgeräte für den Kleinbetrieb beobachtet werden. Daneben zeigte sich, dass sehr viele Hersteller unterschiedliche Maschinen und Gerätesysteme zur Plantagenpflege anbieten (siehe Anhang: Abbildung 13 bis Abbildung 16). Neu war auch eine Gebläsespritze, die mittels Sensoren die Bäume/Sträucher in der Reihe erkennt und die einzelnen Düsen nur nach Bedarf zuschaltet. Gerade in den jungen Haselnussplantagen können hier große Vorteile hinsichtlich Pflanzenschutzmitteleinsparung erwartet werden. Derselbe Hersteller bietet auch einen Unterflurmulcher für seine Gebläsespritzten an. Damit können zwei Arbeitsgänge kombiniert werden.

Im November 2014 fand die internationale Messe „Eima“ in Bologna (Italien) statt. Diese, ebenfalls im zweijährigen Turnus veranstaltete Messe, bietet Informationen rund um die Landtechnik an. Da Italien eines der Hauptanbauländer für Haselnüsse ist, wird auch Technik für den Haselnussanbau ausgestellt. Außerdem sind viele der Unternehmen, die Maschinen zur Mechanisierung des Haselnussanbaus produzieren in Italien ansässig. Von einfachen Aufsammelgeräten bis zu hoch

technisierten Selbstfahrern (siehe Anhang: Abbildung 19 bis Abbildung 21) stellen die Hersteller unterschiedliche Maschinen aus. Neben den Geräten zum Auf-sammeln war auch der Hersteller Sicma vor Ort, der ein Schüttelgerät mit Auf-fangschirm anbietet, das grundsätzlich auch für den Haselnussanbau geeignet sein soll (Abbildung 21). Grundvoraussetzung ist, dass eine gewisse Stammhöhe vorhanden ist und sich das Gerät bzw. der Schirm um den Baum ausbreiten lässt (Pflanzabstand min. 3 - 4 m). Hersteller, die sich mit der weiteren Verarbeitung beschäftigen (z.B. Chianchia und Rivmec) waren ebenfalls vor Ort, präsentierten aber größtenteils nur Informationsmaterial und kaum komplette Maschinen. Hier zeigt sich erneut, dass es sehr schwierig ist im Bereich der Weiterverarbeitung größere (internationale) oder mittelständische Hersteller zu finden. Die betreffen-den Firmen sind meist klein und bieten nur auf Anfrage und auch nur in Italien entsprechende Technik an. Ein Vertriebsnetz ist zumeist in Deutschland nicht vorhanden.

3.2 Erweiterung der vorhandenen Trommelsiebmaschine

Durch die steigenden Erntemengen war bei der Reinigung und Kalibrierung mit der Trommelsiebmaschine ein Engpass entstanden, da die eingebauten Siebe je nach Verwendungszweck zum Teil mehrmals täglich gewechselt werden mus-sen. Aufgrund der hervorragenden Eignung der Trommelsiebmaschine sowohl für die Kalibrierung (in Schale / geknackte Ware), als auch für die intensive Nachrei-nigung (Schalenbruch, unvollständig geknackte Nüsse), sowie zum Teil auch für die Vorreinigung trockener Ernteware (lose Erde, Blätter, Äste) ist der Einsatzum-fang der Trommelsiebmaschine ständig gewachsen (Anhang: Abbildung 23). Auch in der französischen Fachliteratur [1 - Germain und Sarraquigne] ist nachzu-lesen, dass Trommelsiebmaschinen sehr vielseitig einsetzbar sind. Zitat (Über-setzung):

„Haselnüsse in der Schale

In Frankreich gibt es für alle Sorten fünf Größenklassen im Abstand von zwei Millimetern von -18 bis +24 mm. Haselnüsse mit einer Größe von weniger als 13 mm werden als Abfall betrachtet.

Geschälte Haselnüsse

Die Nüsse werden ebenfalls im Abstand von zwei Millimetern in nur vier Klassen sortiert: - 9 mm, 9-11 mm, 11-13 mm, + 13 mm. Auf Kundenwunsch können auch andere Größenklassen verwendet werden.

Es gibt verschiedene Arten von Sortiermaschinen: Die einen sind rotierende Zylinder mit einer horizontalen Achse, die aus mehreren gelochten Blechen mit wachsenden Durchmessern bestehen. Die anderen versetzen ebene, gelochte Bleche in Schwingungen und/oder eine exzentrische Bewegung mit entsprechender Amplitude und Frequenz.

Die Leistung eines Sortiergeräts hängt sehr stark von seiner Größe und seinem Funktionsprinzip ab. Das Angebot umfasst Geräte mit einer Kapazität von einigen Zentnern Haselnüssen bis hin zu Geräten, die mehrere Tonnen pro Stunde verarbeiten können.“

Die technisch optimale Lösung wäre die Anschaffung oder der Bau einer (oder sogar mehrerer) weiteren Trommelsiebmaschine, sodass für jeden Arbeitsschritt eine eigene, mit optimalen Sieben bestückte Maschine zur Verfügung stünde. Nach einer Marktrecherche und Überprüfung der vorhandenen Finanzmittel stand fest, dass keine zweite Maschine beschafft werden kann. Deshalb wurde die bestehende erweitert. Es wurde nach einer praktikablen Lösung gesucht, die vorhandenen Siebe - anders als bisher – einfach und ohne großen Zeitaufwand wechseln zu können. Bei der Verarbeitung der Nüsse müssen zum Teil täglich die vorhandenen Lochsiebe je nach Anforderungsprofil (Größensortierung „in Schale“ oder „geknackt“ beim Verkauf) bzw. Art und Umfang der Verschmutzung (Rohware) ausgetauscht werden. Um eines der 4 (Abbildung 1) miteinander verschraubten Siebe (Abbildung 2) zu wechseln, mussten bisher die beiden Hälften des Zylinders jeweils separat ausgetauscht werden. Dies war sehr zeitintensiv, gerade dann, wenn mehrere Siebe gewechselt werden mussten. Um die Rüstzeiten zu reduzieren wurde deshalb eine Lösung entwickelt, die Siebe schneller und einfacher zu tauschen. Der Lösungsansatz sieht vor, nicht mehr jedes Sieb einzeln zu wechseln, sondern den gesamten Siebstrang (4 Stück) komplett auszutauschen. Dazu wurde ein Schnellwechselsystem für die vorhandene Trommelsiebmaschine entwickelt. Hierbei wird vorne und hinten an der Trommel das jeweilige Lager gelöst und der Antriebsmotor von der Welle abgezogen. Die Welle inklusive aller Siebe wird mit dem Stapler herausgehoben und gegen eine zweite Welle (mit anderer Siebbestückung) ausgetauscht und wieder befestigt. Dies hat den entscheidenden Vorteil, dass während des Betriebes der Welle mit dem einen Siebsatz

die andere (ausgebaute) Welle mit den gewünschten Sieben bestückt und vorbereitet werden kann.

Bislang waren 6 unterschiedliche Siebe (13, 16, 18, 20, 22, 24 mm) vorhanden. Für einen kompletten Austausch des gesamten Siebstranges mit 4 Sieben waren mindestens noch 2 weitere Siebe notwendig. Aufgrund der Erfahrungen aus den vergangenen Ernten und eines Auslandsaufenthaltes des Hofnachfolgers der Versuchsplantage (Praktikum Stiegler Martin in Oregon auf Nussplantage) wurden 4 weitere Siebe gefertigt (siehe Anhang: Abbildung 24 bis Abbildung 28).

Neben noch fehlenden Größen (15, 28 mm) zur weiteren Auftrennung des Sortierspektrums wurde ein Langlochsieb (9,5 x 25,4 mm) angefertigt. Dieses soll speziell dann zum Einsatz kommen, wenn Schalenbruchstücke oder sonstige eher längliche Verunreinigungen abgetrennt werden sollen. Zusätzlich wurde ein zweites Sieb mit 18 mm gefertigt, welches so in beiden Siebsträngen zum Einsatz kommen kann.

Die Verarbeitung der Ernten 2013 und 2014 hat gezeigt, dass die schnellmontagefähige Trommelkonstruktion es ermöglicht, einen kompletten Wechsel der Siebtrommel mit 2 Personen innerhalb von 15 min. durchzuführen. Somit ist gewährleistet, dass selbst die Sortierung der sehr unterschiedlich großen Nüsse der 40 Versuchssorten den Arbeitsablauf nicht allzu sehr behindert.



Abbildung 1: Neue - zweite Siebtrommel



Abbildung 2: Unverschraubte Siebhälften

3.3 Verbesserung der Trocknerleistung

Zur Trocknung der Haselnüsse wurde in der vorangegangenen Projektphase der am Betrieb vorhandene Tabaktrockner zu einer Kistentrocknung für Haselnüsse umgebaut. Die warme Trocknungsluft wird dabei durch einen Kanal von unten in die mit einem Lochboden versehenen Trocknungskisten geblasen und verlässt mit Feuchtigkeit „beladen“ die Nüsse auf der offenen Oberfläche der Schüttung. Die Trocknung konnte wegen der geringen Erntemengen bis 2011 kaum erprobt werden. Inzwischen waren die Erträge aus der Versuchsplantage und der Plantagen im näheren Umfeld soweit angestiegen, dass im Herbst 2011 erstmals mehrere Kisten gleichzeitig (max. 6 Stück) in dem Trockenofen getrocknet werden mussten (Abbildung 3 und Abbildung 4). Dabei wurde beobachtet, dass die Nüsse an der Oberfläche der Kisten nicht richtig trocken wurden, während die weiter unten lagernden Nüsse bereits übertrocknet waren. Die Hinweise in der französischen Literatur [1 - Germain und Sarraquigne] und die Beobachtungen während der Exkursion nach Frankreich 2008 geben eine maximale Schütthöhe von 0,9 m an, die in den Kisten bauart bedingt eingehalten wird. Als Luftumwälzvolumina werden 1.500 bis 2.500 m³/h und m² (= Quadratmeter Trocknerfläche) angegeben. Die Trocknungstemperatur soll zwischen 35 und maximal 45 °C liegen. Um diese Werte zu überprüfen wurde in der Erntesaison 2012 (Abbildung 5) eine umfangreiche Luftströmungsmessung durchgeführt.



Abbildung 3: Kistentrocknung im Trocknungsofen



**Abbildung 4: Brennerraum (ehemalige Tabaktrocknung)
umgebaut zur Nusstrocknung**

Luftströmungsmessung "Haselnusstrocknung"					
(8.10.2012 Gonnersdorf)					
Sorte: Emona					
Kalibrierung: 20 mm					
Steinbesatz: -					
Schmutz: -					
(in Kiste 6 viele Nüsse in Hüllblätter / Meterstab lässt sich am leichtesten rein schieben)					
Trockner lief vor der Messung 4 Stunden mit 18 °C am Trocknerausgang (am Thermostat eingestellt)					
Füllhöhe Kisten:					
1. Kiste	2. Kiste	3. Kiste	4. Kiste	5. Kiste	6. Kiste
58 cm	55 cm	62 cm	55 cm	55 cm	52 cm
					
Kiste 6: maximale Entfernung zum Trockener (letzte Kiste)			Kiste 1: direkt am Trocknergebläse (vorderste Kiste)		
Luftströmung [m³/h/m²] bzw. Luftgeschwindigkeit [m/s] beim Austritt aus den Kisten/Nüssen Messung mit dem Flügelradanemometer: Testo 435 mit Flügelradsonde 0635 Messart: Mittelwert über 30 Sekunden Messdauer					
Kiste Nr.	ermitt. Wert	Messung 1	Messung 2	Messung 3	Mittelwert
1	Luftgeschw.	n.m.	n.m.	n.m.	
	Luftström.	n.m.	n.m.	n.m.	
2	Luftgeschw.	n.m.	0,5	0,4	0,5
	Luftström.	n.m.	1728	1382	1555
3	Luftgeschw.	n.m.	0,5	0,5	0,5
	Luftström.	n.m.	1728	1728	1728
4	Luftgeschw.	0,8	0,7	0,5	0,7
	Luftström.	2764	2419	1728	2304
5	Luftgeschw.	0,8	0,6	0,7	0,7
	Luftström.	2764	2073	2419	2419
6	Luftgeschw.	0,8	0,7	0,7	0,7
	Luftström.	2764	2419	2419	2534
errechneter Wert: 1,2m x 0,8 m = 0,96 m² Kistenfläche 0,4 m/s x 0,96 m² x 3600 s = 1382 0,5 m/s x 0,96 m² x 3600 s = 1728 0,6 m/s x 0,96 m² x 3600 s = 2073 0,7 m/s x 0,96 m² x 3600 s = 2419 0,8 m/s x 0,96 m² x 3600 s = 2764					
Feuchte [%] bzw. Temperatur [°C] beim Austritt aus den Nüssen/Kisten Messung mit dem Thermo/Hygrometer: Rotronic Hygroclip S Messart: punktuelle Messung					
Kiste Nr.	Temperatur	Feuchte			
1	15,3	96,0			
2	15,2	96,1			
3	15,3	96,1			
4	15,3	96,1			
5	15,2	95,8			
6	14,9	94,2			
Bewertung der Messungen:					
Luftgeschwindigkeit ist sehr niedrig und nahe an der Messuntergrenze					
Luftstrom/Luftvolumen liegt im Bereich der geforderten 1.500 - 2.500 m³/h/m² (laut französischer Literatur)					
Temperatur ist mit 18°C (Eingang) eindeutig zu niedrig, was die voll mit Wasser gesättigte Luft am Austritt bestätigt					
Fazit: Temperatur erhöhen (eventuell stärkeres Gebläse einbauen, da Messung bei nur 50 - 60 cm Füllhöhe und in 1. Kiste Luftstrom nicht messbar!)					

Abbildung 5: Messprotokoll „Luftgeschwindigkeit/Luftvolumen“

Zum Zeitpunkt der Messung betrug die Füllhöhe in den Kisten rund 55 cm (maximal möglich gemäß Literatur und bauart bedingt durch die Kistenhöhe sind 90 cm). Die gemessene Luftgeschwindigkeit lag zwischen 0,4 und 0,8 m/s. Multipliziert mit der Kistengrundfläche und berechnet auf eine Stunde ergeben sich Luftströmungen im Mittelwert von 1555 bis 2534 m³/h. Die Luftvolumina liegen damit im geforderten Bereich. Allerdings muss darauf hingewiesen werden, dass in der 1. Kiste keine messbare Luftgeschwindigkeit auftrat. Des Weiteren muss beachtet werden, dass die Kisten nur zu rund 60 % gefüllt waren. Es muss deshalb davon ausgegangen werden, dass bei voller Kapazitätsauslastung die Gebläseleistung nicht ausreicht.

Außerdem lag die Temperatur beim Austritt aus der Nusschüttung bei rund 15 °C und der Wassersättigungsgrad der Trocknungsluft bei rund 96 %. Dies zeigt, dass die Anlage mit deutlich höherer Eingangstemperatur betrieben werden sollte, um einen besseren und schnelleren Trocknungserfolg zu erzielen. Während der Messung lag die Trocknungstemperatur gemäß Brenneranzeige bei 18 °C am Eintritt in den Luftkanal.

Für die Ernte Saison 2013 wurde deshalb, die Gebläseleistung und die Eingangstemperatur erhöht, um einen besseren d.h. gleichmäßigeren Trocknungserfolg zu erzielen. Laut Auskunft des damaligen Importeurs [2] des Tabakofens kann die Gebläseleistung durch eine angepasste Erhöhung der Drehzahl gesteigert werden. Dazu wurde der Keilriemenantrieb am Gebläserad mit einer anderen Übersetzung ausgestattet (Abbildung 4). Vor dem Umbau wurde die aktuelle Drehzahl ermittelt und anschließend zwei Antriebsscheiben mit 25 bzw. 50 % Drehzahlsteigerung und dazu passenden Keilriemen beschafft (Abbildung 22). Vor dem Einbau wurden zusätzlich alle Undichtigkeiten an der Luftführung vom Gebläse bis unter die Kisten beseitigt. Nach der Montage der Antriebsscheibe mit 25 % Drehzahlerhöhung konnte eine deutliche Zunahme des Luftstromes im Containerraum festgestellt werden. Leider konnten im Erntejahr 2013 keine weiteren Strömungsmessungen durchgeführt werden. Herr Stiegler bestätigte jedoch, dass es bei der Trocknung zu keinen Problemen gekommen ist und die Nüsse oben und unten in den Kisten gleichmäßig getrocknet werden konnten.

Um den Luftstauraum unten in den Holz-trocknungs- und Lagerkisten zu vergrößern, wurde der Boden aus Lochblech um 5 cm angehoben. Zusätzlich wurden 2

der insgesamt 5 Tragbretter der Unterkonstruktion entfernt. Damit soll erreicht werden, dass sich die eingeleitete Trocknungsluft mit geringerem Strömungswiderstand unterhalb des Lochbleches verteilen und gleichmäßig in den Nussstapel eindringen kann.

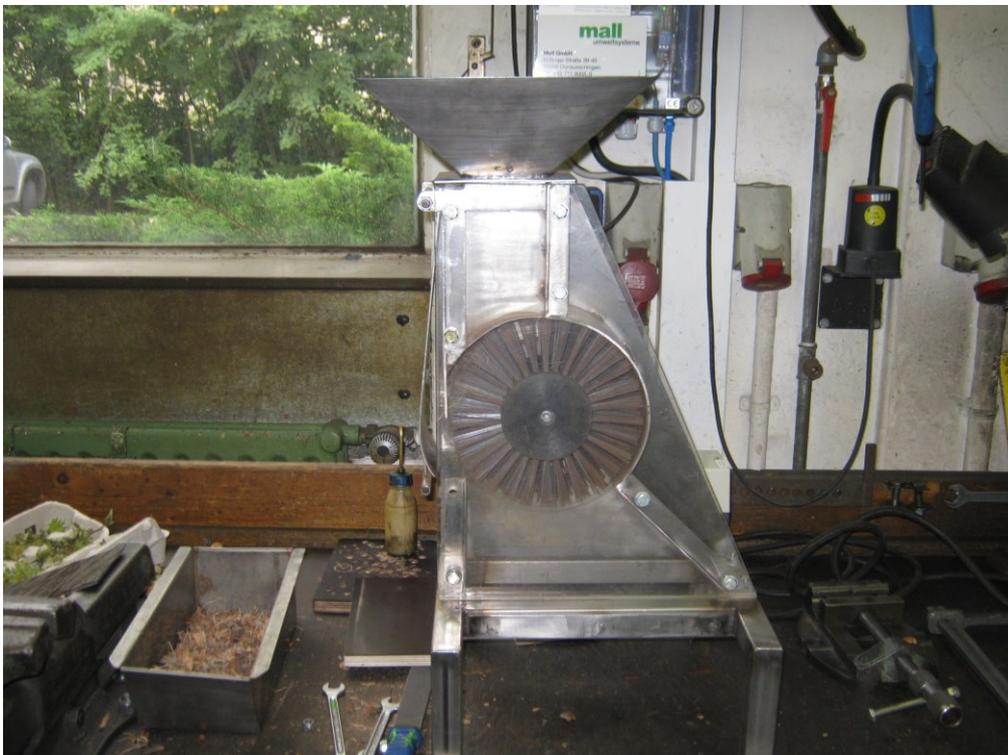
3.4 Entwicklung und Bau eines Gerätes zum Entfernen von Fruchtblatthüllen

In der Regel lösen sich die reifen Haselnüsse aus den Hüllblättern und fallen zu Boden. Es gibt aber auch Sorten, bei denen sich die Nüsse nicht lösen und als kompletter Fruchtstand (Cluster) zu Boden fallen. Dieses „Paket“ kann der Vollernter zwar genauso wie die einzelnen Nüsse aufnehmen, bei der weiteren Verarbeitung jedoch kommt es zu Schwierigkeiten. Mit der vorhandenen Technik (Windreiniger, Trommelsiebmaschine, Sedimentationsbecken, Waschmaschine) können die Nüsse nicht herausgelöst werden. Bei der Trocknung verursachen diese Cluster Störungen, weil die Luft durch diese relativ luftdurchlässigen Gebilde zu schnell entweicht und es deshalb zu einem ungleichmäßigen Trocknungsverlauf kommt. Letztendlich mussten diese Nüsse bislang von Hand aus den Hüllblättern herausgetrennt werden, was eine völlig unbefriedigende Lösung darstellt.

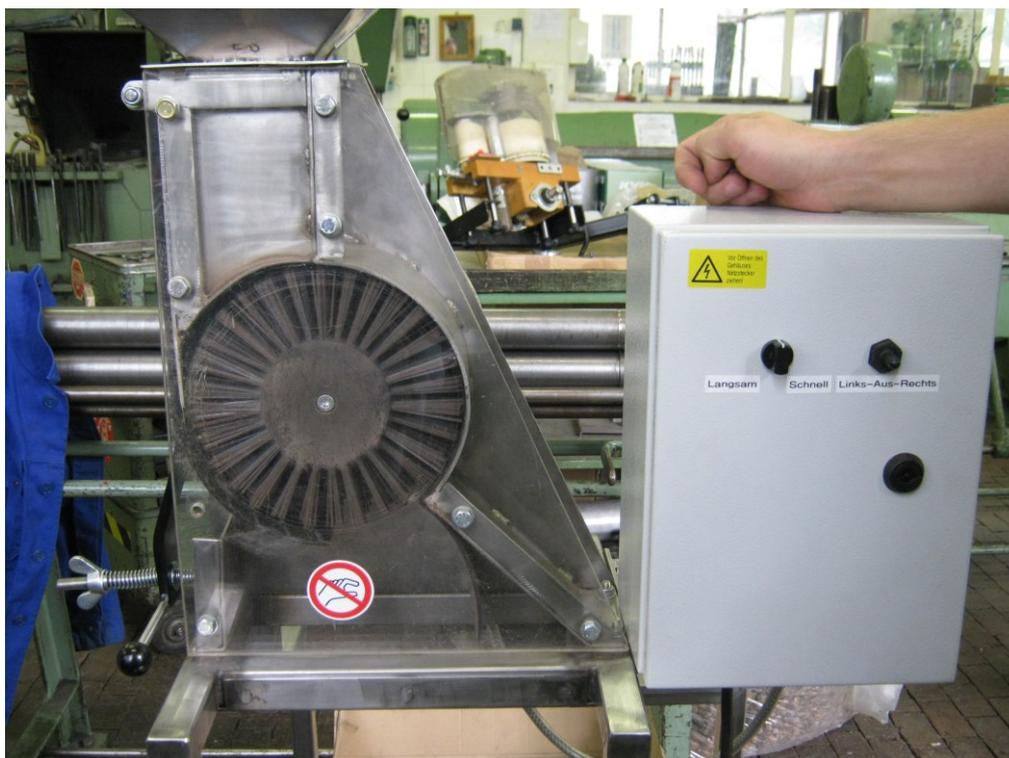
Eine Marktrecherche im Hinblick auf geeignete Techniken oder Maschinen zum Heraustrennen der Haselnüsse aus den Fruchtblatthüllen gestaltete sich sehr schwierig. Dies liegt zum einen daran, dass im deutschsprachigen Raum derzeit keine Technik dazu angeboten wird. Zum anderen gibt es offenbar auch in der Türkei oder Italien nur sehr wenige lokale Anbieter, die über keine oder nur sehr geringe Internetpräsenz verfügen.

Zudem sind die gefundenen Maschinen (bzw. Studien) für den überbetrieblichen Einsatz gedacht und für unseren Einsatzzweck nicht geeignet. Vermutlich sind diese Maschinen Einzelanfertigungen speziell für den türkischen Markt und derzeit nicht für den Export bestimmt. In der Türkei werden diese Cluster von Hand geerntet und anschließend stationär mit diesen Geräten aufbereitet.

Deshalb wurden 2012 Versuche mit verschiedenen Reibetechniken (rotierende Scheiben, Trommeln, Bürsten) in der Werkstatt am Institut für Landtechnik und Tierhaltung mit entsprechenden Nusssorten durchgeführt. Erste Tastversuche mit Grundteilen einer alten Bodenprobenmühle (Abbildung 6) waren sehr erfolgreich. Deshalb wurde entschieden, auf Basis dieser rotierenden Stahldrahttrommel ein Gerät zu entwickeln und zu bauen. Entscheidend für den Ausreibeeffekt war die Kraft, mit der die Nusspakete vom Führungsblech an die rotierende Bürste gedrückt wurden. Versuche zeigten, dass ein federbelastetes Riffelblech (Abbildung 7- links im Bild) kurz vor dem Auswurfbereich (unten) in Kombination mit der rotierenden Drahtbürste den besten Effekt hat. In Verbindung mit der in der Drehzahl und Drehrichtung verstellbaren - eigens eingebauten - Elektronik war eine exakte Einstellung und Anpassung möglich. Das Gemisch aus Nüssen und Fruchtblatt-hüllen, welches das Gerät verlässt, kann mittels der vorhandenen Windreinigung voneinander getrennt werden. In der Erntesaison 2012 zeigte sich, dass das gebaute Gerät für kleine Mengen an nicht heraus lösbaren Nusssorten in der Plan-tage ausreichend ist. Für den Einsatz bei größeren Mengen ist die Dimensionie-rung zu klein.



**Abbildung 6: Bodenprobenmühle (Teile davon)
(Fundus aus altem Forschungsprojekt)**



**Abbildung 7: Gerät zum Entfernen von Fruchtblatthüllen
(nach Umbau der Bodenprobenmühle)**

Im weiteren Verlauf des Projekts zeigte sich, dass gerade die Nussorten, die als kompletter Fruchtstand (Cluster) zu Boden fallen (z.B. Webbs Preisnuss, Nottingham's Fruchtbare und Istrische Lange) ertragreich und somit für den Anbau weiterhin interessant sind. Mit der umgebauten Bodenprobenmühle konnte der steigende Nussertrag nicht mehr bewältigt werden. Der relativ geringe Durchsatz, bedingt durch die Baugröße und die erforderliche manuelle Beschickung limitierten den Einsatz erheblich. Deshalb entstand der Bedarf nach einer leistungsfähigeren Maschine. Nach nochmaliger Recherche des Marktes konnte ein Umbausatz für den Haselnussvollernter der italienischen Firma Facma erworben werden (Abbildung 8). Der dargestellte Umbausatz wird in die Reinigungseinheit der Erntemaschine integriert und soll durch mechanische Belastung (Reiben der Gummipaddel am Siebboden) bereits bei der Ernte die Nüsse aus den Hüllen heraustrennen. Der in der Versuchsanlage eingesetzte/erworbene Vollernter stammt vom Hersteller Monchiero. Für diesen Typ/Hersteller ist kein derartiger Umbausatz erhältlich bzw. möglich. Freundlicherweise erklärte sich ein Besitzer

(Herr Heller) eines Facma Gerätes bereit, den Umbausatz an seiner Maschine zu erproben. Nach dem Einbau des Umrüstsatzes setzte der Landwirt den modifizierten Vollernter auf seiner Betriebsfläche ein. In Abbildung 9 ist hinter dem Reifen der eingebaute Umbausatz zu erkennen. Die leeren Nusshüllen fallen am Ende der Maschine zu Boden und sind ebenfalls im Bild sichtbar.



Abbildung 8: Umbausatz „husk remover“ (Facma)



Abbildung 9: Vollernter mit „husk remover“ im Einsatz

Bei günstigen, trockenen Bedingungen konnten durch den Umbausatz nahezu 100 % der Nüsse aus den Hüllen herausgetrennt werden. Bei ungünstigen, feuchten Erntebedingungen mit viel nassem Laub im Erntegut kam es nach Installation des Umbausatzes zu erheblichen Verstopfungen. Die Überlegung ging deshalb in die Richtung, das Heraustrennen der Nüsse aus den Hüllblättern vom Arbeitsgang des Erntens (wieder) zu trennen. Dies versprach mehrere Vorteile:

1. Der Vollernter wird nicht zusätzlich belastet (beim Monchiero Vollernter ist eine Integration zudem nicht möglich)
2. Nur Ernteware mit Nüssen in Clustern muss behandelt werden
3. Der Vorgang des Heraustrennens kann optimiert werden, da störende Verunreinigungen (Blätter, Schmutz, kleine Äste, Steine) vorher weitgehend abgesondert werden können

Unter Einbeziehung d.h. Mitverwendung des vorhandenen Umbausatzes (Abbildung 8) wurde im institutseigenen Konstruktionsbüro ein stationäres Gerät entworfen (Abbildung 10 und Abbildung 11) und gebaut (Abbildung 12).

Dieses Gerät arbeitet mit oben beschriebenen Funktionsprinzip, der rotierenden Trommel. Zusätzlich wurde das Gerät um folgende Optionen/Funktionen erweitert und damit verbessert:

1. Stufenlose Neigungsverstellung, Drehzahlverstellung und Verstellung des Abstandes zwischen Rotorwelle und Reibgitter => Anpassung der Aggressivität und der Durchgangsgeschwindigkeit
2. Integration in den Verarbeitungsprozess => Befüllung, Entleerung mit der vorhandenen Technik möglich – Einsatz der vorhandenen Lagerkisten möglich

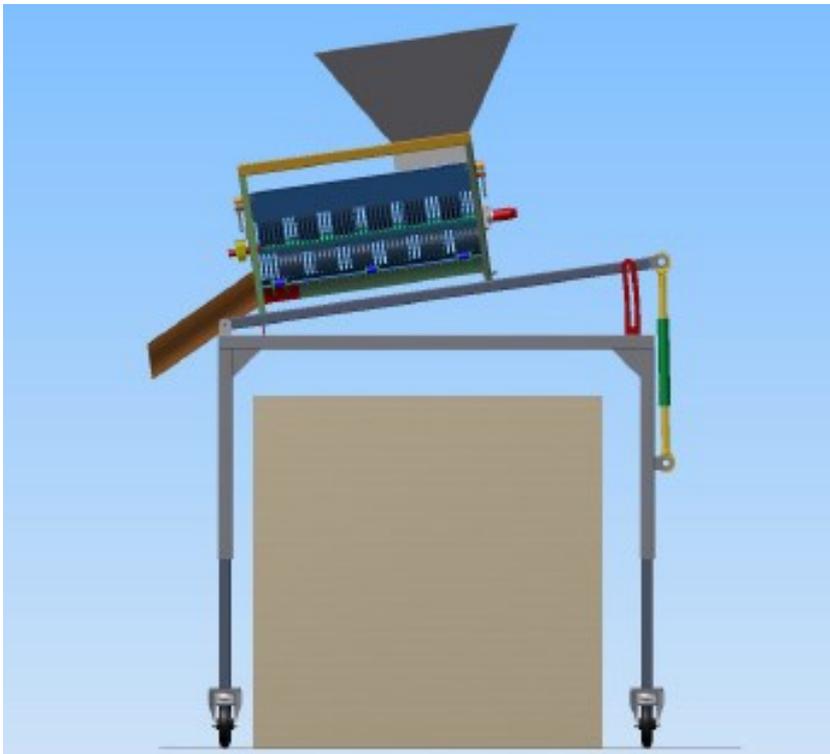


Abbildung 10: Fruchtblatthüllen Entferner (Konstruktion/Seitenansicht)

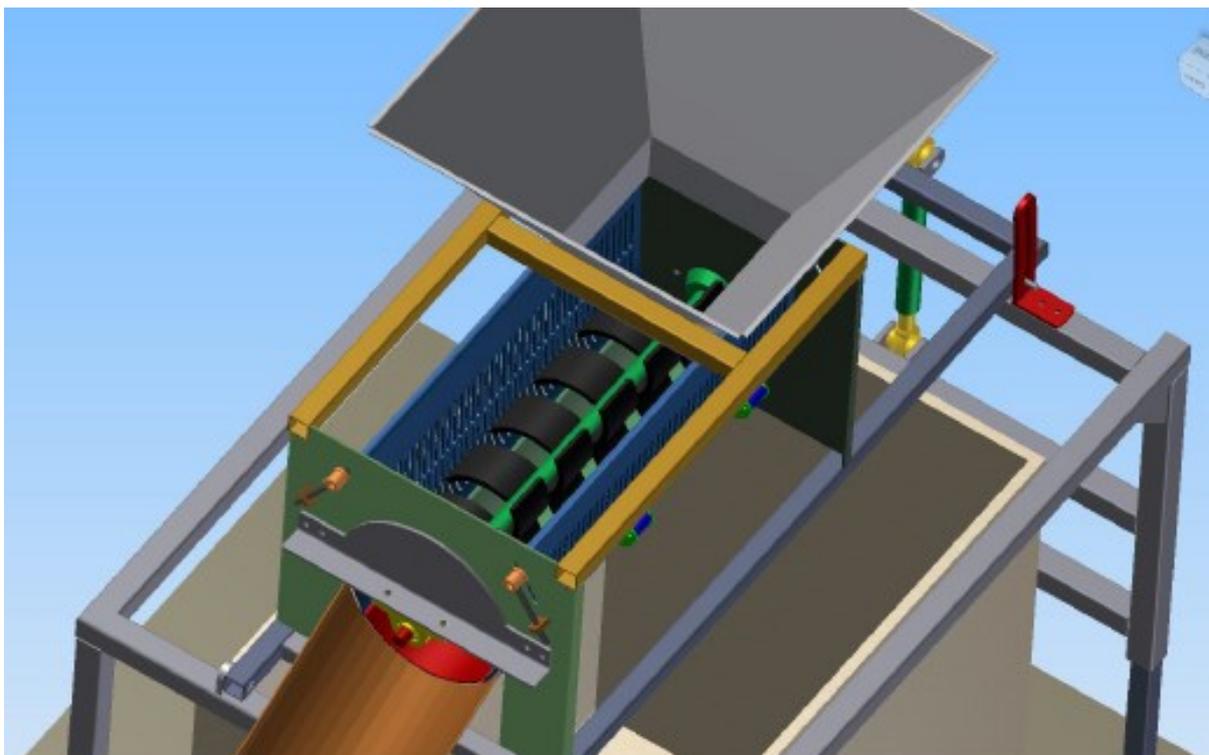


Abbildung 11: Fruchtblatthüllen Entferner (Konstruktion/Innenansicht)

Aufgrund der im Selbstfahrer bewährten Arbeitsweise kann davon ausgegangen werden, dass diese Maschine, ergänzt durch eine Vielzahl von Verstellmöglichkeiten, ebenfalls sehr gute Ergebnisse bringen wird. Wegen der Fertigstellung nach der Ernte 2014 konnte nur ein Probetrieb mit zurückgestellter, trockener Ernteware mit der Maschine durchgeführt werden (Abbildung 12).

Ein erster, größerer „praktischer“ Einsatz wird während bzw. nach der Ernte 2015 durchgeführt werden können.



Abbildung 12: Fruchtblatthüllen Entferner (unfertiger Prototyp)

4 Zusammenfassung

In der zweiten Fortführung des Forschungsprojektes „Ist der Anbau von Haselnüssen zur Fruchtgewinnung in Bayern wirtschaftlich möglich“ wurden im Teilprojekt „Mechanisierung Ernte und Nacherntebehandlung“ nochmals deutliche Fortschritte in wichtigen Bereichen erzielt.

Durch die Teilnahme an Messen und Maschinenvorfürungen sowie der Kontaktpflege zu Herstellern und auch Landwirten konnten zahlreiche neue Erkenntnisse gesammelt werden. Diese fanden Ihre praktische Umsetzung und Erprobung im Pilotbetrieb bzw. wurden in Form von Vorträgen an interessierte Pflanzler weitergegeben (www.lfl.bayern.de/ilt/pflanzenbau/sonderkulturen/index.php).

Des Weiteren wurde die Mechanisierung der Pilotanlage weiter verbessert und optimiert. Hier gab es nach Absprache mit der Projektleitung folgende Punkte, an denen weiter gearbeitet wurde:

1. Als zentrales Element bei der Weiterverarbeitung der Nüsse dient die vom Institut für Landtechnik und Tierhaltung gebaute Trommelsiebmaschine. Mit diesem Gerät können sowohl Nüsse in Schale als auch Nusskerne gereinigt und kalibriert werden. Auch eine Reinigung von trockener Ernteware ist möglich. Um diesen unterschiedlichen Anforderungen gerecht zu werden müssen die Siebe oft gewechselt werden. Erklärtes Ziel war es, diesen aufwändigen Prozess zu vereinfachen. Deshalb wurde ein Schnellwechselsystem entworfen und gebaut, welches es ermöglicht unterschiedliche Siebstränge schneller als bisher einzusetzen. Für die weitere Zukunft ist eine 2. unabhängige Siebmaschine anzustreben, um mehrere Reinigungsabläufe gleichzeitig durchführen zu können.
2. Beim Trocknen der ersten größeren Erntemenge in 2011 im umgebauten Tabak Trocknungssofen wurde festgestellt, dass die Nüsse in den Kisten ungleichmäßig abtrockneten. Eine Vermarktung ist nur mit einwandfreier Ware möglich, sodass hier unbedingt Abhilfe geschaffen werden musste. Strömungsmessungen in der Ernte 2012 haben ergeben, dass sowohl Luftgeschwindigkeit und Temperatur laut französischer Literatur am unteren Limit für eine Haselnusstrocknung liegen. Die Temperatur konnte sehr leicht durch eine Verstellung des Warmlufterzeugers erhöht werden. Für eine Erhöhung der Luftleistung musste die Drehzahl des Gebläses erhöht werden, was durch eine andere Übersetzung realisiert wurde. Zusätzlich wurden die Kanäle zur Luftführung abgedichtet und vergrößert, sodass die Strömungsgeschwindigkeit und damit das Luftvolumen (Feuchtigkeits Abtransport) erhöht werden konnte. Laut Aussage des Betriebsleiters sind seitdem keine Unregelmäßigkeiten beim Trocknen mehr vorgekommen.
3. In der Versuchsplantage sind auch Nussorten gepflanzt worden, die als kompletter Fruchtstand (Cluster) zu Boden fallen (z.B. Webbs Preisnuss). Diese Nüsse stören den weiteren Verarbeitungsablauf (Trocknung, Kalibrieren) und können unter anderem von der Knackmaschine nicht erfasst werden. Bislang mussten diese Nüsse per Hand aus den Hüllblättern herausgelöst werden. Versuche mit einer umgebauten Bodenprobenmühle zeigten, dass mittels dieser mechanischen Reibbelastung die Nüsse gut herausgelöst werden. Im weiteren Verlauf wurde bei steigenden Ernte-

mengen jedoch offensichtlich, dass eine größere, leistungsfähigere und vor allem unabhängig arbeitende Maschine erforderlich ist. In Anlehnung an einen Umbausatz, der für Vollernter der Marke Facma erhältlich ist, wurde ein eigenes Gerät entwickelt, konstruiert und gebaut. Zum Ende des Projektes konnte das Gerät an 2014 zurückgelegter Ernteware getestet werden. Ein erster Praxiseinsatz ist erst zur Ernte 2015 möglich.

5 Resümee und Ausblick

Die Mechanisierung des Haselnussanbaus von der Pflanzung, über die Pflege und Ernte bis hin zur Verarbeitung auf dem Hof ist arbeits- und auch technikintensiv. Die Summe der Arbeitsschritte und Arbeitsabläufe erfordern ein breites Spektrum an maschineller Ausrüstung. Bereits in den vorangegangenen Projektphasen konnten für den Bereich Plantagenpflege umfangreiche Erkenntnisse gewonnen werden. Im Bereich der Erntetechnik war dies schwieriger, da gerade zu Anfang keine Ernteware zur Verfügung stand. Mit der Zeit bzw. vor allem den ersten Erträgen in den Plantagen konnten auch hier Erfahrungen gesammelt werden. Aufbauend d.h. abhängig vom Vorhandensein von Ernteware ist die weitere Verarbeitung (Reinigung, Trocknung, Steinseparierung, Kalibrierung, Knacken). Auch hier konnten in den ersten beiden Projektphasen bereits erste Erfahrungen gesammelt und der Aufbau einer kompletten Verarbeitungskette realisiert werden. Gerade im Bereich der Trocknung und der Trennung der Nüsse aus dem Hüllblättern gab es jedoch noch Defizite, die in diesem letzten Abschnitt noch weiter bearbeitet und verbessert werden konnten. Abschließend betrachtet war es möglich eine durchgehende und vollständige Mechanisierungskette auf zu bauen, die den am Projektbeginn definierten Anforderungen vollends gerecht wird. Den Haselnussanbauern vor Ort steht somit eine erste Mechanisierung zur Verfügung. Zusätzlich sind die Erkenntnisse und Informationen auf unserer Homepage verfügbar und abrufbar. Leider sind die Möglichkeiten im deutschsprachigen Raum Maschinen und Geräte speziell für den Haselnussanbau zu erwerben immer noch sehr begrenzt. Dies liegt auch daran, dass der Haselnussanbau in Deutschland und Bayern mit gut 10 Jahren immer noch relativ jung ist. Eine abschließende und vollkommene Darstellung aller Arbeitsläufe und insbesondere deren technisch mögli-

che Umsetzung ist deshalb nicht möglich. Auch in Zukunft sind im Bereich der Nachernteabläufe zahlreiche Erkenntnisse und damit Neuerungen in den technischen Abläufen zu erwarten.

6 Danksagung

Zu aller erst geht der Dank an das Bayerische Staatsministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten, welches durch seine finanzielle Unterstützung das Projekt ermöglicht hat.

Herzlicher Dank geht auch an Herrn Hetzl, der uns als ehemaliger Tabakofen Importeur beratend zur Seite stand.

Besonderer Dank auch an die Landwirte Berger und Heller, mit denen wir einen regen Informationsaustausch führen konnten, und die uns bereitwillig ihre Erntemaschinen zur Verfügung gestellt haben.

Dank auch an die Mitglieder des Vereines „Fränkischer Haselnusspflanzer“, allen voran Herrn Stiegler, die uns unterstützt haben.

7 Literaturverzeichnis

- [1] Eric Germain (INRA), Jean-Paul Sarraquigne (ANPN) - Centre technique interprofessionnel des fruits et legumes Ctifl, INRA, ANPN: Le Noisetier. S. 284 – 285
- [2] Paul Muller S.A. – Tabakofen: Hans Hetzl, Ulmenweg 3, 77743 Neuried (Tel. 07807/958881)

8 Anhang



Abbildung 13: Gebläsespritze mit automatischer Baumerkennung



Abbildung 14: Gebläsespritze mit integriertem Mulcher



Abbildung 15: Diverse Pflegegeräte (Reihe, Gasse)



Abbildung 16: Mulchgerät mit Ausleger (Reihe + Gasse)



Abbildung 17: Selbstfahrender Nussvollernter



Abbildung 18: Einfache handgeführte Aufsammelgeräte



Abbildung 19: Haselnussauger (Cifarelli)



Abbildung 20: Haselnussvollernter (Facma)



Abbildung 21: Olivenvollernter mit Faltschirm und Schüttler (Sicma)

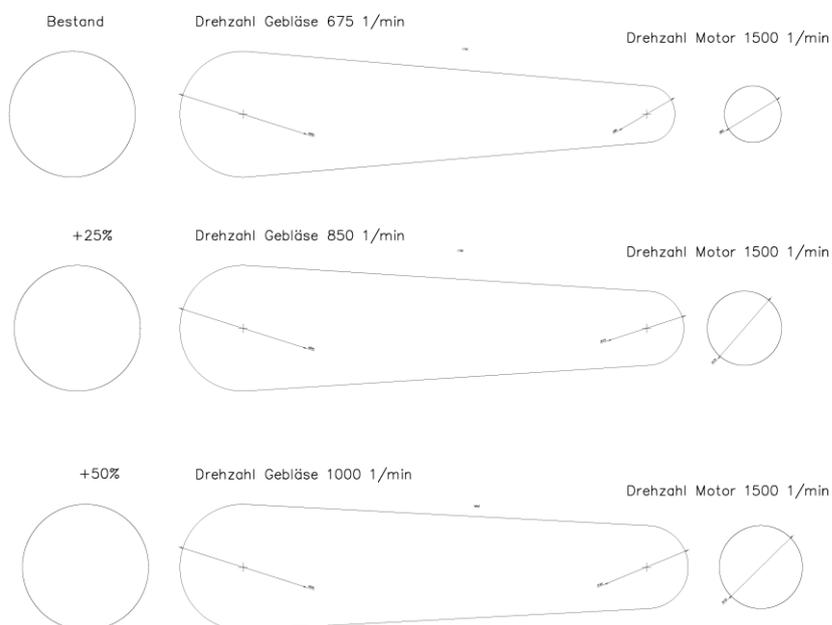


Abbildung 22: Schematische Darstellung: Gebläsedrehzahl

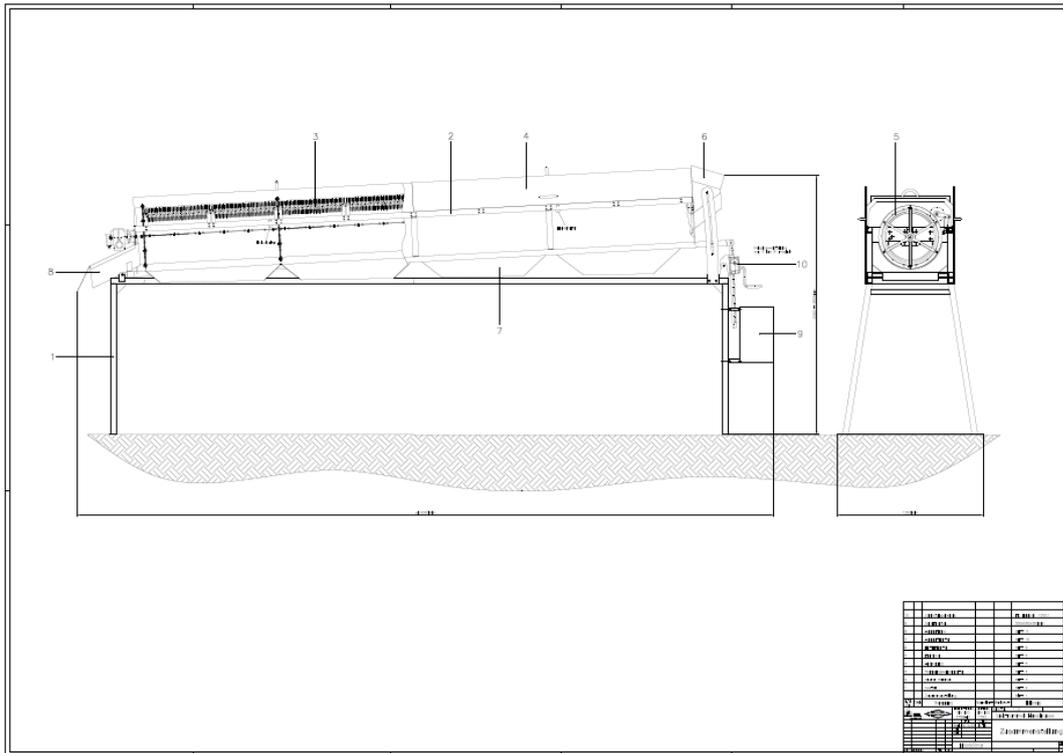


Abbildung 23: Schematische Darstellung: Trommelsiebmaschine

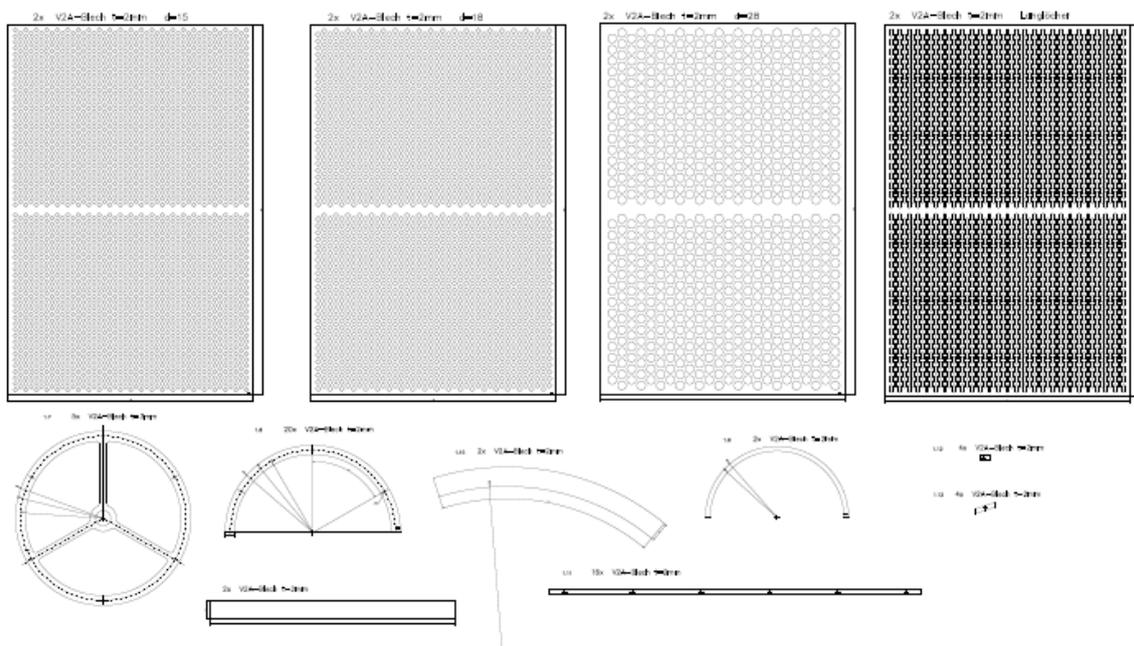


Abbildung 24: Schematische Darstellung: Bausatz Sieb

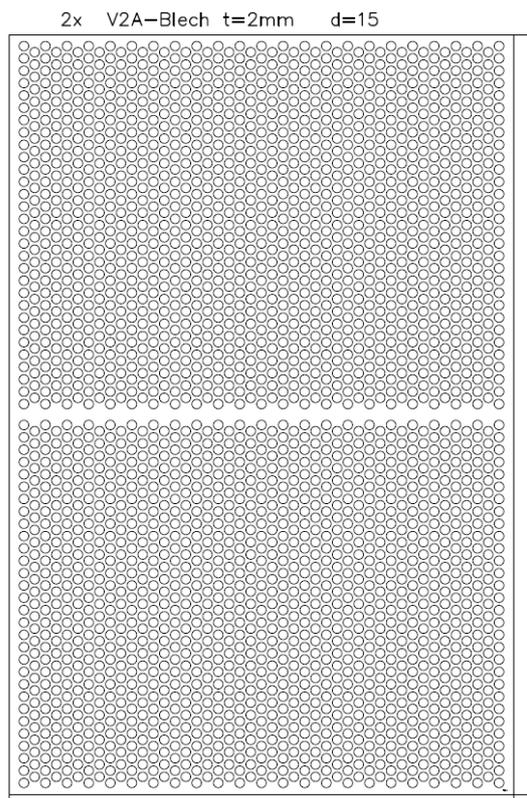


Abbildung 25: Rundlochsieb: Ausführung 15 mm

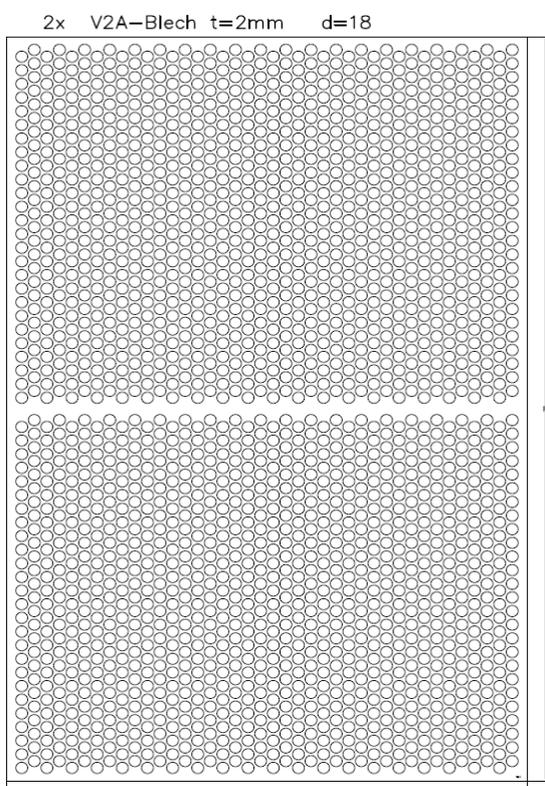


Abbildung 26: Rundlochsieb: Ausführung 18 mm

2x V2A-Blech t=2mm d=28

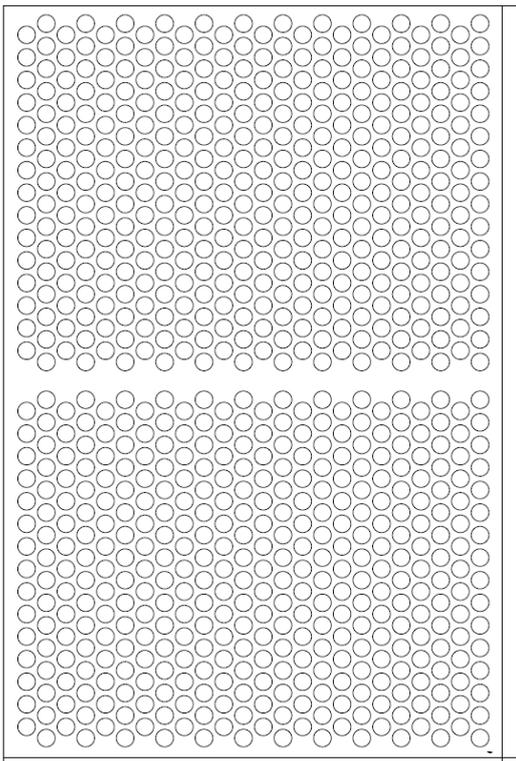


Abbildung 27: Rundlochsieb: Ausführung 28 mm

2x V2A-Blech t=2mm Langlöcher

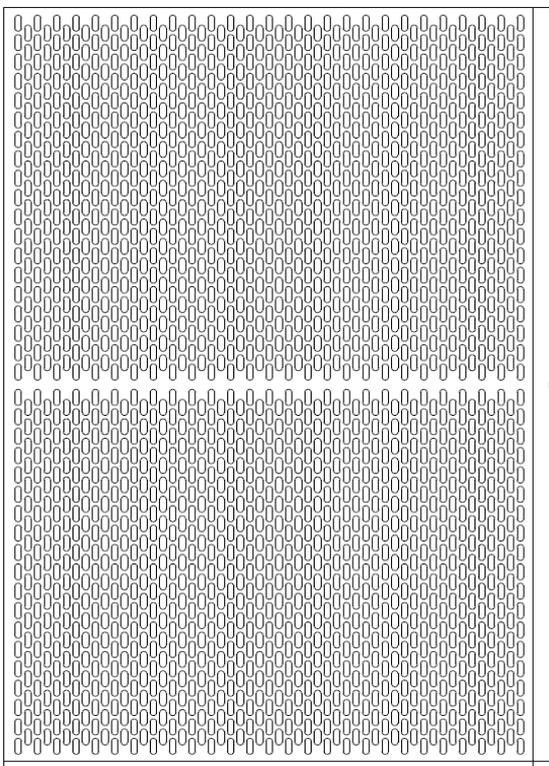


Abbildung 28: Langlochsieb: Ausführung 9,5 x 25,4 mm