



Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft  
Institut für Landtechnik, Bauwesen und Umwelttechnik

# Entwicklung und Bau einer Meerrettich- pflanzmaschine

Endbericht



**März 2006**



Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft  
Institut für Landtechnik, Bauwesen und Umwelttechnik

Endbericht

# Entwicklung und Bau einer Meerrettich- pflanzmaschine

Institut für Landtechnik, Bauwesen und Umwelttechnik  
Vöttinger Str. 36, 85354 Freising

Projektleiter:  
LOR Dr. M. Demmel

Bearbeiter:  
Dipl.-Ing. (FH) H. Kirchmeier  
Dipl.-Ing. (FH) G. Rödel  
Werkstatt

## Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Einleitung.....</b>	<b>5</b>
<b>2</b>	<b>Zielsetzungen des Projektes.....</b>	<b>5</b>
<b>3</b>	<b>Grundsätze und Ansprüche der Meerrettichpflanzung .....</b>	<b>6</b>
<b>4</b>	<b>Schrittweise Entwicklung einer Pflanzmaschine.....</b>	<b>9</b>
4.1	Versuche/Erfahrungen mit vorhandener Pflanzmaschine .....	9
4.2	Weiterentwicklung vorhandene Pflanzmaschine.....	11
4.2.1	Prototyp ILT 2004 (1. Generation) .....	11
4.2.2	Prototyp ILT 2005 (2. Generation) .....	19
4.3	Komplette Neuentwicklung Pflanzmaschine .....	26
<b>5</b>	<b>Ergebnis der Entwicklung .....</b>	<b>37</b>
<b>6</b>	<b>Pflanzversuch auf dem Betrieb Ochs .....</b>	<b>38</b>
<b>7</b>	<b>Zusammenfassung .....</b>	<b>40</b>
<b>8</b>	<b>Ausblick .....</b>	<b>43</b>
<b>9</b>	<b>Literaturverzeichnis.....</b>	<b>44</b>
<b>10</b>	<b>Danksagung .....</b>	<b>44</b>

## Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Tatsächlicher Pflanzabstand je nach Maschineneinstellung .....	21
---	----

## Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Aufbau und Habitus Meerrettichpflanze .....	6
Abbildung 2: Fechserlagerung und –aufbereitung .....	7
Abbildung 3: Schematische Darstellung Pflanzloch und Pflanzabstand .....	8
Abbildung 4: Konstruktionszeichnung Speicheradrad Grimme Maschine..	8
Abbildung 5: Pflanzmaschine aus Österreich (Eigenbau)[1] .....	10
Abbildung 6: Pflanzmaschine aus Franken (Eigenbau) .....	10

<b>Abbildung 7: Von Hand vor geformte Dämme .....</b>	<b>12</b>
<b>Abbildung 8: Pflanzrad aus Betoplanplatten und Stahl .....</b>	<b>13</b>
<b>Abbildung 9: 2 Reihige Dammfräse zur Dammformung .....</b>	<b>14</b>
<b>Abbildung 10: 4 Reihiger Dammformer im Einsatz .....</b>	<b>14</b>
<b>Abbildung 11: Vorderer Dammformer zur Führung der Maschine .....</b>	<b>15</b>
<b>Abbildung 12: Häufelkörper zum Verschließen des Pflanzloches .....</b>	<b>16</b>
<b>Abbildung 13: Zusammenspiel Dammformer und Pflanzrad .....</b>	<b>17</b>
<b>Abbildung 14: Vorführung der umgebauten Maschine .....</b>	<b>18</b>
<b>Abbildung 15: Prototyp ILT 1. Generation .....</b>	<b>19</b>
<b>Abbildung 16: Neues Pflanzrad und Zwangsantrieb .....</b>	<b>20</b>
<b>Abbildung 17: Pflanzversuch mit Fehserdummys .....</b>	<b>21</b>
<b>Abbildung 18: Verlängerung Dreipunktanbaurahmen .....</b>	<b>22</b>
<b>Abbildung 19: Unterschiedliche Pflanzabstände .....</b>	<b>23</b>
<b>Abbildung 20: Bürstenabstreifer am linken Pflanzrad .....</b>	<b>24</b>
<b>Abbildung 21: Prototyp ILT 2. Generation .....</b>	<b>25</b>
<b>Abbildung 22: Kartoffellegemaschine von Grimme .....</b>	<b>27</b>
<b>Abbildung 23: Ist Situation vor dem Umbau der Legemaschine .....</b>	<b>28</b>
<b>Abbildung 24: Verlängerung hinter der Fahrwerksachse .....</b>	<b>29</b>
<b>Abbildung 25: Verlängerung vor der Fahrwerksachse .....</b>	<b>31</b>
<b>Abbildung 26: Rahmenverlängerung im vorderen Bereich .....</b>	<b>34</b>
<b>Abbildung 27: Umbau Halterung hinterer Dammformer .....</b>	<b>35</b>
<b>Abbildung 28: Heckansicht Meerrettichpflanzmaschine .....</b>	<b>36</b>
<b>Abbildung 29: Pflanzmaschine vor den Lackierarbeiten .....</b>	<b>36</b>
<b>Abbildung 30: Fertige Pflanzmaschine „Kren Planter“ .....</b>	<b>37</b>
<b>Abbildung 31: Beetseparierung im Feldversuch .....</b>	<b>39</b>
<b>Abbildung 32: Vorbereitetes Pflanzbett .....</b>	<b>39</b>
<b>Abbildung 33: Accordmaschine auf vorgeformten Dämmen .....</b>	<b>40</b>
<b>Abbildung 34: ILT Prototyp auf separierten Beeten .....</b>	<b>40</b>

# 1 Einleitung

Regional spielt der Meerrettich als Einkommensquelle für die Landwirtschaft eine wichtige Rolle. So pflanzen in Franken etwa 180 Betriebe auf rund 140 ha diese Spezialkultur an [1]. Es handelt sich hier um eine sehr arbeitsaufwändige aber dennoch lukrative Kultur, mit der viele Betriebe ihr Haupteinkommen erzielen. Speziell für den Meerrettichanbau werden kaum extra Maschinen angeboten, so dass beispielsweise heute noch rund ein Viertel der Fläche mit einfachsten Mitteln per Hand gepflanzt wird. Ohne den Einsatz und damit die Entwicklung von moderner Technik für den Anbau, Pflege, Ernte und Verarbeitung kann die Produktion in Zukunft nicht aufrecht erhalten werden, und der Anbau wandert verstärkt in Niedriglohnländer ab. Im Bereich der Erntetechnik konnten durch die Entwicklungsarbeit des Instituts für Landtechnik, Bauwesen und Umwelttechnik deutliche Verbesserungen und Erleichterungen eingeführt werden [2]. Ein weiterer großer Arbeitsschwerpunkt beim Anbau des Meerrettich liegt im Bereich der Pflanzung, für die es wie bereits erwähnt ebenfalls keine geeigneten Maschinen gibt. Gerade die Pflanzung mit Ihren hoch gesteckten Zielen an die optimale Pflanzgutablage stellt jedoch die Grundlage für einen erfolgreichen Anbau dar. Deshalb ist es von besonderer Bedeutung den Arbeitsbereich Pflanzung entscheidend zu verbessern und zu optimieren.

## 2 Zielsetzungen des Projektes

Derzeit werden für den Meerrettichanbau keinerlei spezielle Maschinen auf dem Markt angeboten. Neben der reinen Handarbeit setzen die Landwirte vor allem Maschinen und Geräte aus dem Feldgemüse- und Sonderkulturbereich ein. Meistens sind diese Maschinen, da sie für einen ganz anderen Zweck oder Kultur bestimmt sind, nur bedingt geeignet für den Meerrettich. Im Rahmen des Projektes soll eine auf die speziellen Bedürfnisse des Meerrettichanbaus zugeschnittene Pflanzmaschine entwickelt werden. Dabei sollen die Erkenntnisse und das Wissen der vorangegangenen Versuche und die Erfahrungen mit dem von den Landwirten übernommenen und weiterentwickelten ersten Prototypen Verwendung finden. Im Interesse der späteren Produktion dieser Maschine soll ein

Hauptaugenmerk auf die mögliche Verwendung einer umgebauten bzw. erweiterten Serienmaschine eines Landtechnikherstellers liegen.

Durch die enge Zusammenarbeit und Absprache mit dem Arbeitskreis Meerrettich e.V. soll eine schnelle und zielführende Umsetzung in die Praxis erfolgen.

### 3 Grundsätze und Ansprüche der Meerrettichpflanzung

Meerrettich wird nicht in Form von Saatgut oder Pflanzgut sondern mit sogenannten Wurzelfechsern vermehrt (Abbildung 1). Diese werden bereits bei der Ernte des Meerrettichs gewonnen. D.h. neben der reinen Verkaufsware (Stangen und Fehser) werden ausgewählte Wurzelfechser über Winter in Sand gelagert (eingeschlagen) und für die neue Pflanzung im Frühjahr aufbereitet (zugeschnitten und foliert) (Abbildung 2).



**Abbildung 1: Aufbau und Habitus Meerrettichpflanze**



**Abbildung 2: Fehserlagerung und –aufbereitung**

An die exakte Pflanzung werden sehr hohe Ansprüche gestellt, da die korrekte Ablage des Fehsers im Boden ausschlaggebend für die weitere Entwicklung des Meerrettich ist. Meerrettich wird weder senkrecht noch horizontal, sondern schräg gelegt. Dies hat mehrere Gründe. Die Wurzel wird im Sommer nochmals frei gelegt, um unliebsame Kopffehser (Seitentriebe im oberen Bereich der Stange) zu entfernen. Auch für die Ausbildung einer schönen Stange und die spätere maschinelle, verlustfreie Ernte ist eine schräge Ablage vorteilhaft, weil die Pflanze dann nicht so sehr in die Tiefe wächst. Der schematische Aufbau der Meerrettichpflanzung ist in Abbildung 3 dargestellt. Darin enthalten sind die genauen Maße bei der Fehserablage, wie sie zu Anfang des Projektes vom Arbeitskreis Meerrettich festgelegt wurden.

Im weiteren Verlauf des Projektes wurden die Maße bezüglich Ausformung der Zacken mehrmals verändert. In der zuletzt gebauten Version wurden die Zacken aus GFK Kunststoff wie in Abbildung 4 dargestellt ausgeführt. Der endgültige Durchmesser des Trägerrades wurde mit 52,5 cm so gewählt, dass bei 5 montierten Zacken ein theoretischer Pflanzabstand von 55 cm zu Stande kommt. Je nach Schlupf kann sich der Abstand etwas erhöhen, sodass im Extremfall über 60 cm möglich sind. Zwischenzeitlich wurde deshalb auch ein Zwangsantrieb eingebaut (siehe Kapitel 4.2), auf den jedoch in der Endversion verzichtet werden konnte.

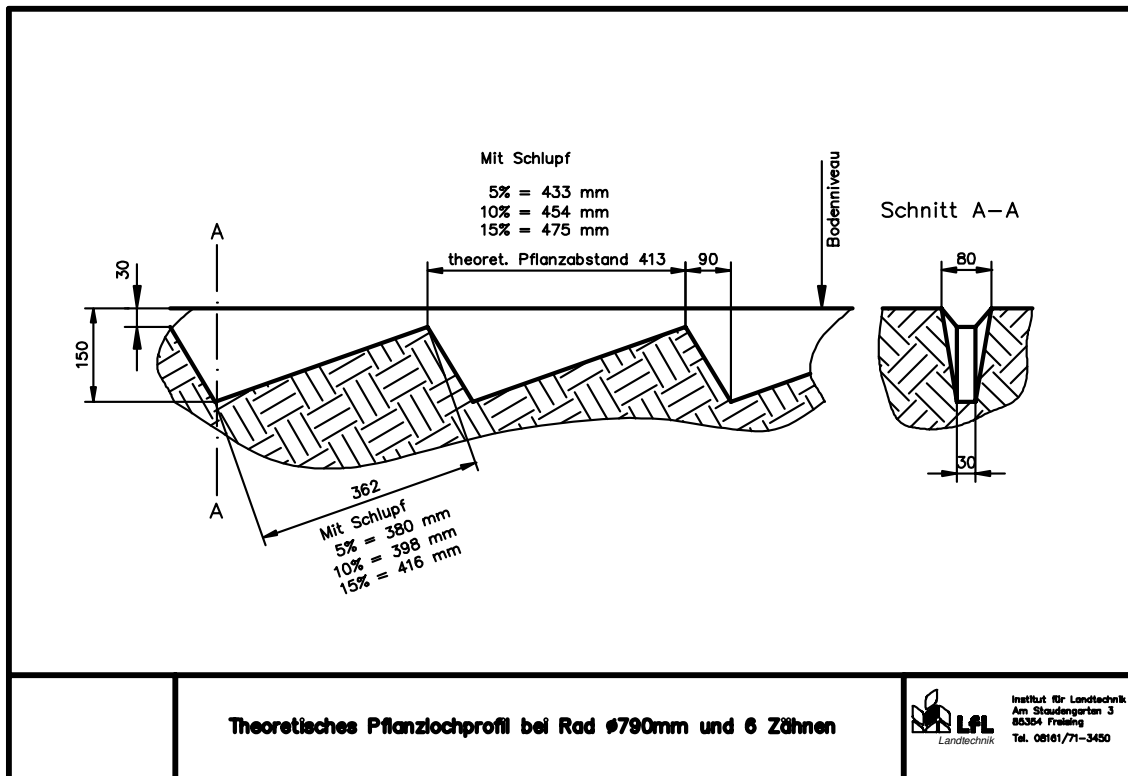


Abbildung 3: Schematische Darstellung Pflanzloch und Pflanzabstand

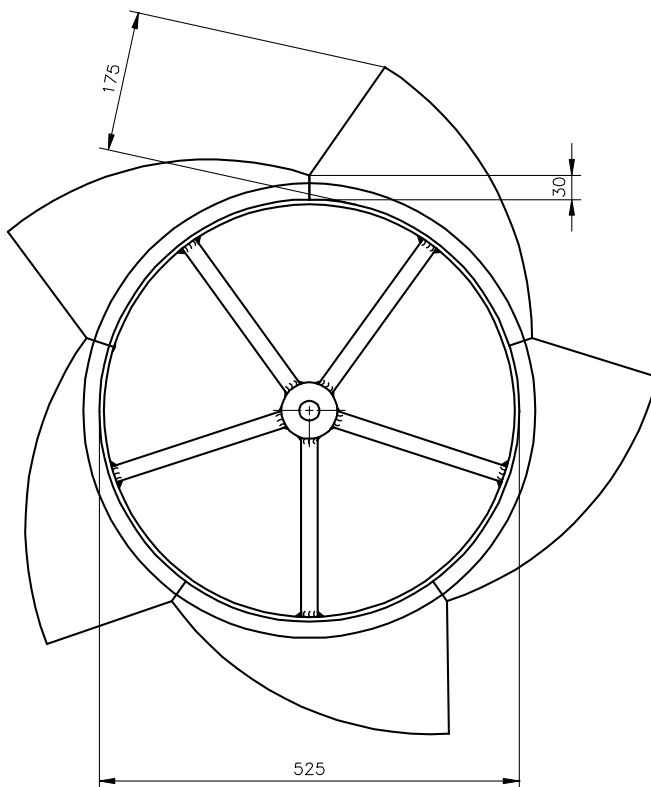


Abbildung 4: Konstruktionszeichnung Speicherad Grimme Maschine



## **4 Schrittweise Entwicklung einer Pflanzmaschine**

### **4.1 Versuche/Erfahrungen mit vorhandener Pflanzmaschine**

Einzelne Landwirte haben bereits seit mehreren Jahren versucht mit eigens gebauten Pflanzmaschinen die eben dargestellten hohen Anforderungen zu erreichen. Im Prinzip handelt es sich dabei immer um sogenannte „Sternradmaschinen.“ Auch im Österreichischem Krenanbau sind solche Eigenentwicklungen zu finden (Abbildung 5). Die Maschinen arbeiten alle mit einem sich abrollenden Rad, das mit Hilfe von aufgebrauchten Zacken (Sternrad) Löcher in den Boden stanzt, in denen der Fehser abgelegt wird. Im Anschluss zu dieser Einheit folgen Häufelkörper oder Schare zum Schließen der Löcher.

Um erste Erfahrungen mit dieser Technik zu sammeln, wurde im Jahr 2003 ein solches Gerät von den Meerrettichlandwirten übernommen und am ILT eingesetzt und genau analysiert (Abbildung 6).

Schon beim ersten Einsatz zeigte sich, dass jenes Gerät auf Grund seiner extremen Länge Schwierigkeiten hatte, die vorgestanzten Löcher anschließend exakt wieder zu schließen. Bei nur kleinen Lenkbewegungen oder Geländeunebenheiten driftet das Gerät aus der Spur und der hintere Teil der Maschine kann die Löcher nicht mehr exakt verschließen oder verschiebt den Bereich um den Fehser mitsamt diesem zur Seite. Aus diesem Grund wurde von den Landwirten eine Art Nachlenkung an das Gerät angebaut, um eine Anpassung vornehmen zu können.



**Abbildung 5: Pflanzmaschine aus Österreich (Eigenbau)[1]**



**Abbildung 6: Pflanzmaschine aus Franken (Eigenbau)**

Die Einsätze zeigten auch, dass selbst bei günstigen Voraussetzungen die schrägen Leitbleche die Löcher nicht gleichmäßig verfüllen, sondern je nach Boden-

fall mehr oder weniger viel Erde auf die Löcher schieben. Auch die folgende kleine Dammandruckwalze kann dies nicht korrigieren, sodass eine exakte Tiefenablage der Fehser nicht möglich ist.

Ein weiterer Schwachpunkt der Maschine war, dass die auf dem Speichenrad (in diesem Stadium noch als geschlossenes Rad ausgeführt) angebrachten Zacken sehr hoch (viel höher als das vorgesehene Loch tief) waren. Dies hat zur Folge, dass je nach Bodenzustand (Verdichtungsgrad Boden) die Zacken mehr oder weniger tief in den Boden eindringen. Eine exakte Tiefenführung war somit nicht möglich.

Grundlegende Verbesserungen oder sogar eine Änderung des kompletten Systems waren deshalb notwendig.

## **4.2 Weiterentwicklung vorhandene Pflanzmaschine**

### **4.2.1 Prototyp ILT 2004 (1. Generation)**

Versuchseinsätze am ILT (hauptsächlich im Winter 2003/04 in der Bodenhalle der Deula) haben gezeigt, dass nur auf optimal vorbereiteten Böden die Zacken gleichmäßig tief in den Boden eindringen können. Als sinnvoll bzw. notwendig wurde deshalb die exakte Vorbereitung des Saatbettes gesehen. Versuche zeigten des weiteren, dass auf bereits vorgefertigten Dämmen die Zacken viel leichter in den Boden eindringen können als bei einer flachen, ganzflächigen Bodenbearbeitung. Abbildung 7 zeigt von Hand vorgefertigte Dämme mit einer breiten, flachen Dammkrone auf der das Pflanzrad abrollen kann.



**Abbildung 7: Von Hand vor geformte Dämme**

Als erstes wurde das ursprüngliche Pflanzrad der Maschine durch ein völlig überarbeitetes Sternrad ersetzt, das eine glatte Lauffläche aufweist, auf dem die Zacken montiert sind (Abbildung 8). Dieses Sternrad hat den entscheidenden Vorteil, dass die Zacken immer gleich tief in den lockeren Damm eindringen (können), weil das Rad auf der Oberfläche der Dammkrone ablaufen kann und so in der Höhenführung fixiert ist. Voraussetzung hierfür sind exakt vorgeformte Dämme. Dazu müssen in einem weiteren Arbeitsschritt noch vor der Pflanzung Dämme gezogen werden, auf denen die Pflanzmaschine optimale Einsatzbedingungen findet.



**Abbildung 8: Pflanzrad aus Betoplanplatten und Stahl**

Zum Dammaufbau wurden im Rahmen des Projektes und der vorangegangenen Voruntersuchungen eine Kartoffeldammfräse (Abbildung 9) und ein Dammformer (Abbildung 10) erprobt und erfolgreich eingesetzt. Vor allem die Dammfräse hat sich auf Grund der oft schwierigen Bodenverhältnisse bewährt und liefert für die weitere Pflanzung den optimalen Dammaufbau, der eine exakte Pflanzung in einen lockeren Boden zulässt. Bis zum Ende des Projektes wurden auf Grund der durchwegs positiven Erfahrungen von den Landwirten 2 Kartoffeldammfräsen gekauft und auf mehreren Betrieben eingesetzt.

Der entscheidende Entwicklungsschritt wurde damit eingeläutet, dass im vorderen Bereich des Pflanzgerätes ein Dammformer integriert wurde. Dieser wurde aus Grimme Serienteilen kombiniert mit einer vom ILT entwickelten Aufhängung und Verstellung gebaut (Abbildung 11). Dieser Dammformer bewirkt, dass das Gerät - quasi wie auf Schienen - am vorgeformten Damm entlang fahren kann. Zudem kann der Dammformer fehlerhaft bzw. unfertig geformte Dämme bis zu einem gewissen Grad ausgleichen. Das Prinzip beruht darauf, dass der Dammformer überschüssige Erde mitnimmt und an Stellen mit weniger ausgeformten Dämmen diese wieder freigibt. Löcher bzw. Fehlstellen in den Dämmen werden somit auf-

gefüllt. Damit ist gewährleistet, dass das folgende Sternrad immer exakt mittig und bei richtiger Einstellung exakt in Höhe der Dammkrone abrollt. Eine absolut definierte Pflanzlochformung wurde so möglich.



**Abbildung 9: 2 Reihige Dammfräse zur Dammformung**



**Abbildung 10: 4 Reihiger Dammformer im Einsatz**



**Abbildung 11: Vorderer Dammformer zur Führung der Maschine**

Zur abschließenden Verfüllung der Pflanzlöcher wurden die langen Leitbleche der ursprünglichen Maschine ersetzt durch kurze, kompakte Häufelkörper aus der Kartoffeltechnik. Bei Testeinsätzen stellt sich heraus, dass diese Häufelkörper ebenso ungleichmäßig die Fehser bedeckten als die ursprünglichen Leitbleche.



**Abbildung 12: Häufelkörper zum Verschließen des Pflanzloches**

Dies lag daran, dass die Häufelkörper in der Praxis nicht so eingestellt werden können, dass immer exakt gleich viel Boden mitgeschoben wird. Dies hat zur Folge, dass die Löcher mehr oder weniger stark mit Erde bedeckt werden, je nach dem wie viel lockere Erde jeweils vorhanden ist. Außerdem war es durch die beim Pflanzen notwendige geringe Arbeitsgeschwindigkeit kaum möglich die Erde auf die Dammkrone zu schieben, weil der Erdfluss zu langsam war.

Bei der Suche nach alternativen Möglichkeiten zur Schließung der Pflanzlöcher wurde versucht mit einer erneuten Überfahrt durch den angebauten vorderen Dammformer die Löcher wieder zu zudrücken, was erstaunlich gut gelang. Im hinteren Bereich wurden deshalb ebenfalls ein Dammformer (Kombination aus Grimme Originalteilen und eigens konstruierten Befestigungen) angebracht.

Wie in Abbildung 13 zu erkennen ist beruht das Prinzip auf folgendem Effekt. Bei der Bildung der Pflanzlöcher rollt das Sternrad mit der glatten Oberfläche auf dem Damm ab und drückt diesen durch das Eigengewicht etwas auseinander. Der zweite, hintere Dammformer nimmt den verbreiterten Damm auf und presst ihn wieder zusammen. Überschüssiges Material staut sich im oberen Bereich des



Dammtunnels auf und wird bei eventuellen Senken in der Bammkrone abgegeben. Dadurch entsteht eine absolut gleichmäßiger Damm und alle Pflanzlöcher werden sauber verschlossen. Bei exakter Einstellung des hinteren und vorderen Dammformers auf das Niveau des Sternrades ist eine exakte Verfüllung des Pflanzloches und damit eine definierte Pflanztiefe vorgegeben. Außerdem war es möglich, durch die kompakte Bauweise der Dammformer die Maschine im Vergleich zur Originalmaschine deutlich zu verkürzen. Dies wirkt sich unter anderem sehr günstig auf die Geländeanpassung und Vorderachsentslastung des Schlep-pers aus.



**Abbildung 13: Zusammenspiel Dammformer und Pflanzrad**

Bei einer Vorführung des Gerätes am 8.3.04 konnten sich die Mitglieder des Arbeitskreises von der Arbeit überzeugen. Neben der Verschließung des Pflanzloches wurden auch die Fehserablage und der Pflanzabstand begutachtet und besprochen. Die Dammformung und abschließende Schließung des Pflanzloches wurde als sehr gelungen angesehen. Bei der Ausführung der Zackenform gab es noch Optimierungsbedarf.



**Abbildung 14: Vorführung der umgebauten Maschine**

Bis zur Auslieferung der Maschine zur Pflanzsaison 2004 wurden für jede Reihe je 5 neue Zacken angefertigt, die an der Spitze und an der Basis abgeschrägt wurden, um ein Zufallen des Pflanzloches zu unterbinden. Auf beiden Seiten mit dem neuen Pflanzrad und der abschließenden Dammdruckwalze ausgestattet wurde das Gerät Ende März 2004 an die Landwirte zurückgegeben (Abbildung 15).



**Abbildung 15: Prototyp ILT 1. Generation**

#### **4.2.2 Prototyp ILT 2005 (2. Generation)**

Während der gesamten Pflanzsaison 2004 wurde das Gerät bei verschiedenen Landwirten eingesetzt und erprobt. Nach der Saison im Herbst wurden die Erfahrungen zusammengetragen und gemeinsam diskutiert. Dammaufbau und Pflanzlochschießung funktionierten, von wenigen Ausnahmen abgesehen, sehr gut. Probleme gab es hier nur bei unzureichenden Bodenverhältnissen (Feuchte) und/oder schlecht vorgeformten Dämmen.

Optimierungsbedarf war bei der Pflanzlochausbildung (Einfallen der Pflanzlöcher) und beim Pflanzabstand vorhanden. Durch Schlupf beim Abrollen des Pflanzrades vergrößert sich der Pflanzabstand je nach Bodenzustand teilweise deutlich. Für die kommende Saison sollten neue Zacken entwickelt werden, die weniger anfällig für das Hineinfallen von Erde sind. Durch eine Änderung des Sternrad-durchmessers bzw. der Anzahl der Zacken sollte der Pflanzabstand reduziert werden. Zur Einhaltung eines korrekten und konstanten Pflanzabstand sollte auch über den Einbau eines Zwangsantriebes für das Pflanzrad nachgedacht werden.

Über die folgenden Monate hinweg wurden die Punkte Schritt für Schritt bearbeitet und an der Maschine verwirklicht, sodass zur Saison 2005 ein überarbeiteter Prototyp (2. Generation) zur Verfügung stand.

An erster Stelle stand die Entwicklung eines neuen, breiteren Zackens, der ein stabileres Loch formen sollte. Der neue aus GFK Kunststoff gefertigte Zacken war am Befestigungspunkt 8 cm (früher 5 cm) stark und sollte so ein oben breiteres und damit nicht so stark Einsturz gefährdetes Pflanzloch schaffen. Auf dem neu entwickelten Speichenrad mit einem Durchmesser von 70 cm sollten 4 Zacken montiert werden, um einen theoretischen Pflanzabstand von 55 cm zu erreichen. Um den je nach Bodenverhältnissen mehr oder weniger vorhandenen Schlupf zu vermeiden wurde ein Zwangsantrieb über ein in der Schlepperspur laufendes schweres Sporenrad entwickelt (Abbildung 16). Über die Anpassung der jeweiligen Zahnräder auf den Wellen wurde die Drehgeschwindigkeit synchronisiert.



**Abbildung 16: Neues Pflanzrad und Zwangsantrieb**

Die geänderten Komponenten wurden wie üblich sofort im Praxiseinsatz überprüft. Erste durchgeführte Pflanzversuche in der Bodenhalle der Deula mit Kunststoffstäben als Fehser Dummies zeigten, dass die neuen, breiten Zacken gut ausgeformte, relativ stabile Pflanzlöcher formten (Abbildung 17).



**Abbildung 17: Pflanzversuch mit Fehserdummys**

Beim Nachmessen der absoluten Pflanzabstände zeigte sich, dass die tatsächlichen Abstände deutlich größer als die angestrebten 55 cm waren, obwohl mit als auch ohne Zwangsantrieb praktisch kein Schlupf zu verzeichnen war (Tabelle 1).

**Tabelle 1: Tatsächlicher Pflanzabstand je nach Maschineneinstellung**

<b>Maschineneinstellung</b>	<b>Pflanzabstand in cm</b>	<b>Zielabstand in cm</b>	<b>Abweichung in %</b>
mit Zacken mit Antrieb	75	55	136
mit Zacken ohne Antrieb	79	55	143
ohne Zacken mit Antrieb	ca. 65	55	118
ohne Zacken ohne Antrieb	ca. 69	55	125

Daraufhin wurde bemerkt, dass sich bei der Auslegung des Speichenrades ein Denkfehler hinsichtlich Pflanzabstand eingestellt hatte. Der theoretische Pflanzabstand errechnet sich nicht - wie Anfangs angenommen - aus dem Abrollumfang des Speichenrades (Durchmesser 70 cm , Umfang 219,8 cm , Pflanzabstand 55 cm bei 4 Zacken), sondern aus dem Abrollumfang des gesamten Sternrades

(Durchmesser 103 cm, Umfang 323,4 cm, Pflanzabstand 80 cm bei 4 Zacken). Um näher an den geforderten Pflanzabstand von 55 cm heranzukommen, wurden nun 5 anstatt 4 GFK Zacken auf der rechten Seite montiert, sodass ein theoretischer Abstand von knapp 65 cm entsteht. Dazu mussten die bereits vorgefertigten Zacken an den beiden Enden etwas verkürzt werden. Auf dem linken Sternrad wurden wie vorgesehen die 4 gefertigten Zacken montiert. Bei der geplanten Vorführung am 23.03.05 sollte den Landwirten die Sachlage zur weiteren Entscheidung vorgestellt werden.

Im nächsten Schritt wurde der Dreipunktanbaurahmen des Gerätes um 58 cm in Richtung Schlepper verlängert, um Platz für zusätzliche mögliche Komponenten zu schaffen (Abbildung 18). Die Landwirte hatten dies gewünscht, um vor dem Dammformern bei erforderlichen Bedingungen zusätzlich Werkzeuge anbringen zu können. Durch den Anbau einer Original Rau Geräteschiene war es nun möglich eine Vielzahl von erhältlichen Werkzeugen zu integrieren. Parallel dazu konnte das Problem mit der zu geringen Aushubhöhe beim Originalgerät gelöst werden, indem die Koppelpunkte tiefer angeordnet wurden. Zur leichteren Anpassung an verschiedene Schlepper wurden daneben 3 Bohrungen in unterschiedlicher Höhe angeboten.



**Abbildung 18: Verlängerung Dreipunktanbaurahmen**

Bei der Vorführung am 23.03.05 in der Deula Bodenhalle brachten die Landwirte eigens Fehser mit, um die korrekte Ablage bei der Pflanzung zu überprüfen. Vorher wurde aber durch Abbau des hinteren Dammformers die Pflanzlochausbildung mit den neuen Zacken begutachtet. Sowohl die rechts angebrachten 4 als auch die links angebrachten 5 verkürzten Zacken (Abbildung 19) konnten ein stabiles, breites Loch ausbilden. Bei beiden war die Pflanzlochlänge für eine maximale Fehserlänge von 40 cm ausreichend. Der Pflanzabstand auf der linken Seite von rund 80 cm wurde jedoch als deutlich zu groß angesehen, deshalb sollten auf der linken Seite ebenfalls mehr Zacken montiert werden. Es wurde beschlossen, anstatt ebenfalls wie rechts 5 GFK Zacken, links aus Kostengründen die alten Zacken aus Betoplan der 1. Generation so abzuändern bzw. anzupassen, dass 6 Stück davon montiert werden können. So hat man einen direkten Vergleich der verschiedenen Zacken und Pflanzabstände und kann im breiten Praxiseinsatz mögliche Effekte unterschiedlicher Pflanzdichten beobachten.



**Abbildung 19: Unterschiedliche Pflanzabstände**

(links 4 Zacken ca. 80 cm, rechts 5 Zacken ca. 65 cm)

Die Fehserablage und die Verschließung des Pflanzloches wurden zur vollsten Zufriedenheit ausgeführt. Lediglich der Kopf des Fehser war mit fast 4 cm ein wenig zu tief abgelegt. Ein Nachmessen zeigte, dass die in Auftrag gegebenen zacken hier etwas von der Form abwichen. Bis zur Pflanzsaison sollte hier noch nachgebessert werden.

Ebenfalls noch vor der Saison sollten zur Sauberhaltung der Sternräder Abstreifer integriert werden. Zur Erprobung verschiedener Möglichkeiten wurde entschieden auf der einen Seite (Kunststoffzacken) Abstreifer aus Metall und auf der anderen Seite (Holzzacken) Bürsten anzubringen (Abbildung 20). Beide Systeme wurden mit Verstellmöglichkeiten versehen, um die Aggressivität der Reinigung verstellen zu können.



**Abbildung 20: Bürstenabstreifer am linken Pflanzrad**

Bei den noch anzubringenden Pflanzgutkisten gab es keine Einigung bezüglich Position. Es wurde deshalb beschlossen auf der linken Seite den Behälter neben und auf der rechten Seite den Behälter vor dem Bedienpersonal anzubringen. Großes Augenmerk wurde auf die optimale Verstellmöglichkeit gelegt, um für das Pflanzpersonal optimale Bedingungen schaffen zu können. Die beim rechten Pflanzrad angebrachte Kiste kann beispielsweise sowohl horizontal als auch ver-



tikal und um die eigene Achse verstellt bzw. gedreht werden. Beide Kisten wurden so konzipiert, dass Fehser mit einer maximalen Länge von 45 cm quer darin Platz finden (Abbildung 21).

Auch bei der Ergonomie der Sitze war eine Verstellmöglichkeit gewünscht. Um eine Anpassung der Sitze zu erlangen musste die komplette Sitzaufhängung überarbeitet werden. Dazu wurde als erstes die Aufhängung der Sitze an die Rückseite dieser verlegt, um mehr Spielraum zum gebildetem Damm zu bekommen. Daneben musste die Aufhängung der hinteren Dammformer nach hinten verlegt werden, um einen größeren Verstellweg der Sitze zu erreichen .

Anfang April wurde der überarbeitete Prototyp mit all den beschriebenen Erweiterungen pünktlich zur anstehenden Pflanzsaison fertig gestellt (Abbildung 21).



**Abbildung 21: Prototyp ILT 2. Generation**

### 4.3 **Komplette Neuentwicklung Pflanzmaschine**

Aus den Erfahrungen und Erkenntnissen der vorangegangenen Versuche mit der ersten Baureihe (Prototyp 1 und 2 auf Basis der Praktikermaschine) sollte eine Maschine gefunden werden, in der die erforderliche Technik bestmöglich integriert werden kann. Damit sollte eine praxistaugliche, voll einsatzfähige Maschine entstehen. Diese sollte im Idealfall so aufgebaut sein, dass zumindest ein Großteil davon bzw. eine Art Grundmaschine von einem Hersteller als fertige Serienmaschine zu beziehen ist.

Die Industrie bietet für den Sonderkulturbereich zahlreiche Pflanzmaschinen für verschiedenste Kulturen an. Dabei handelt es sich jedoch stets um Pflanzmaschinen, die entweder einzelne Pflanzen oder Pflanzen umhüllt mit Erdballen senkrecht in den Boden stecken. Eine Maschine, die Wurzelfechser oder ähnliches in dieser speziellen, weder senkrechten noch horizontalen Lage, im Boden ablegt ist derzeit nicht bekannt. Umfassende Recherchen auf dem Sektor Hopfen und Spargel haben gezeigt, dass Maschinen auch aus diesem Segment nicht in Frage kommen, weil die Pflanzgutablage auch hier völlig anders ist.

Die Feldversuche und die Praxis belegten, dass die Pflanzung in vorgefertigte Dämme aufgrund der vielfältigen pflanzenbaulichen und verfahrenstechnischen Vorteile einen Meilenstein in der Produktionstechnik darstellt. Für die Formung von Dämmen gibt es aus dem Bereich der Kartoffeltechnik die verschiedensten Geräte für die jeweiligen Anforderungen und Bodenverhältnisse. Es lag deshalb nahe, nicht nur beim Dammaufbau sondern auch bei der folgenden Pflanzung aufeinander abgestimmte Maschinen aus dem Kartoffelprogramm zu verwenden. In der Konsequenz dieser Vorgehensweise sollte die Pflanzmaschine ebenfalls aus dem Sektor der Kartoffeltechnik kommen bzw. auf einem Gerät dieser Produktgruppe aufbauen. Nach einer genauen Analyse der angebotenen Maschinen und Gesprächen mit möglichen Anbietern fiel die Entscheidung auf die Firma Grimme. Grimme bietet eine Legemaschine (Typ GL 32 B) an, die für den Beetanbau von Kartoffeln geeignet ist und gleich beim Legen mit Hilfe von verstellbaren Dammformern Dämme bildet (Abbildung 22). Von Grimme wurde ein Exemplar dieser Maschine in einer speziellen, vereinfachten Version im Frühjahr 2005 geliefert und sollte als Grundgerät für die neu zu entwickelnde Pflanzmaschine dienen.



**Abbildung 22: Kartoffellegemaschine von Grimme**

Die Maschine wurde komplett ohne Legeelemente und Bunker beschafft, da diese für das weitere Vorgehen nicht notwendig waren. Im Gegensatz zu einem Dammformer, der ebenfalls als Grundgerät in Erwägung gezogen wurde, verfügt diese Bunkerlegemaschine über einen äußerst stabilen Rahmen. Dies liegt daran, dass der Rahmen für das eigentliche Maschinengewicht plus einen Bunkereinhalte von bis zu 2200 kg ausgelegt ist. Für einen Anbau der notwendigen Komponenten (vorderer Dammformer, Sternrad, Sitzgelegenheit und Pflanzgutbehälter) bleibt so ausreichend Reserve.

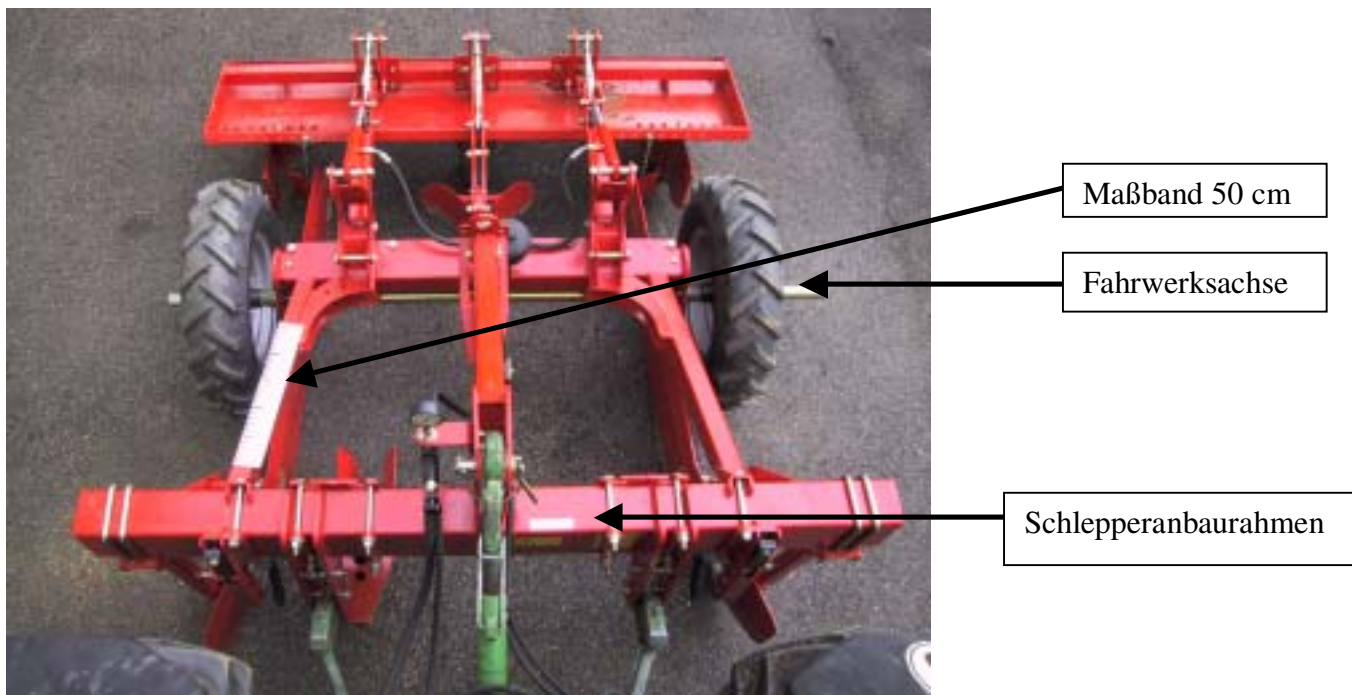
Im Unterschied zur Sternradpflanzmaschine der 1. Generation verfügt diese Maschine über ein Fahrwerk. Zum Straßentransport oder beim Wenden wird die Legemaschine über die Schlepperhydraulik per Dreipunkt ausgehoben. In Arbeitsposition trägt das eigene Fahrwerk das Gerät, d. h. die Schlepperhydraulik steht auf „Schwimmstellung“. Durch die groß dimensionierte mittig angeordnete Bereifung ist eine optimale Boden Anpassung möglich. Die Maschine verfügt serienmäßig über einen Hydraulikzylinder (Abbildung 24), der das Fahrwerk ein- bzw. ausfahren kann. Damit ist eine Höheneinstellung (Ablagetiefe der Kartoffeln im Damm bzw. Beet) möglich. Im Fall der Meerrettichpflanzung ist so ebenfalls eine exakte

Höhenführung möglich, die durch den Einbau von Senkdrosseln im Hydraulikkreislauf im Rahmen des Umbaus noch verbessert wurde.

Darüber hinaus bietet Grimme als Sonderausrüstung zahlreiche Extras an, die auch für den Meerrettichanbau sehr interessant sein können. Dazu gehört eine lenkbare Achse für hängiges Gelände oder ein Bordterminal am Schlepper. Durch das Bordterminal können zahlreiche Vorgänge überwacht und gesteuert werden. Dazu gehört zum Beispiel eine optional erhältliche automatische Niveauregulierung, die gewährleistet, dass eine voreingestellte Pflanztiefe eingehalten und wenn nötig automatisch nachgeregelt wird.

Für den professionellen Meerrettichanbau bzw. für die Erweiterung und Optimierung der Maschine gibt es deshalb zahlreiche interessante Ausstattungsvarianten für das Seriengerät. Damit ist gewährleistet, dass es für die von Grimme stammende Grundmaschine auch für möglicherweise erst in der Zukunft relevante Fragen bereits fertige oder zumindest größtenteils verwertbare Lösungen gibt.

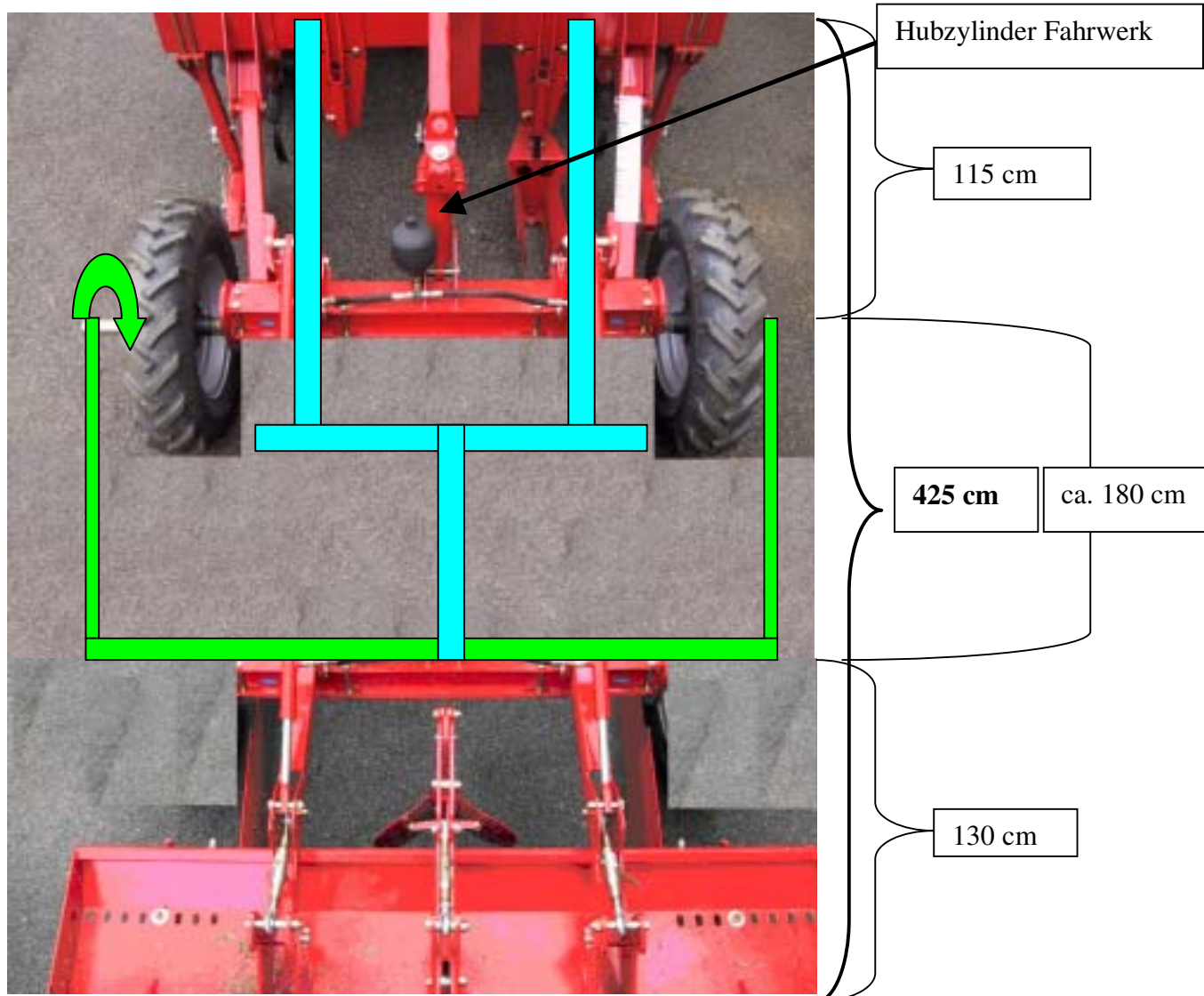
Dennoch war es natürlich notwendig, Änderungen und Erweiterungen an der Maschine vorzunehmen, um daraus erst eine Meerrettichpflanzmaschine zu entwickeln.



**Abbildung 23: Ist Situation vor dem Umbau der Legemaschine**

Um all die fehlenden und erforderlichen Komponenten in den vorhandenen Rahmen zu integrieren war es als erstes notwendig den Rahmen zu verlängern, um Platz zu schaffen (Abbildung 23). Dazu gab es grundsätzlich mehrere Möglichkeiten, die dem Arbeitskreis Meerrettich vorgestellt und genau erläutert wurden:

### 1. Verlängerung hinter der Fahrwerksachse:



**Abbildung 24: Verlängerung hinter der Fahrwerksachse**

#### zu erwartende Vorteile:

- + Sitzposition (Einsteigen!) kann (soweit möglich) optimal gestaltet werden
- + In der erforderlichen Breite sind keine Einschränkungen durch vorhandene Rahmenteile vorhanden (Rahmen wird neu gestaltet)

**zu erwartende Nachteile:**

- Aufwendige Verlängerungskinematik (Drehung Fahrwerksachse!)
- Funktionsweise des hinteren Dammformers wird möglicherweise verändert, da in den Aufbau eingegriffen werden muss
- Vordere Dammformereinheit und Pflanzrad räumlich weit getrennt (Niveau Problem bei hügeligem Gelände bzw. Nickbewegungen!?)
- Zwischenraum Anbaurahmen – Achse wird nicht optimal genutzt

Zur Integration der neu zu entwickelnden bzw. zu bauenden mittleren Einheit (Rahmen in dem sich Pflanzrad, Sitze, Pflanzgutbehälter befinden) sind grundsätzlich 2 Lösungen möglich:

**1.1 Verlängerung der Schlepperanbaurahmens**

(blau gekennzeichnet)

- Pflanzrad, Sitze, Pflanzbehälter bewegen sich gleichzeitig mit dem vorderen Dammformer => Anpassung an vorderen Dammformer gewährleistet, aber Dammformer räumlich weit getrennt vom Pflanzrad angebracht => verzögerte Reaktion auf Änderung des Hubzylinders am Fahrwerk => optimale Pflanzung ?
- Sehr stabile und damit schwere Rahmenkonstruktion notwendig
- Langer Hebelarm des Rahmens führt starke Nickbewegung aus

**1.2 Adaption an der vorhandenen Steckachse**

(grün gekennzeichnet)

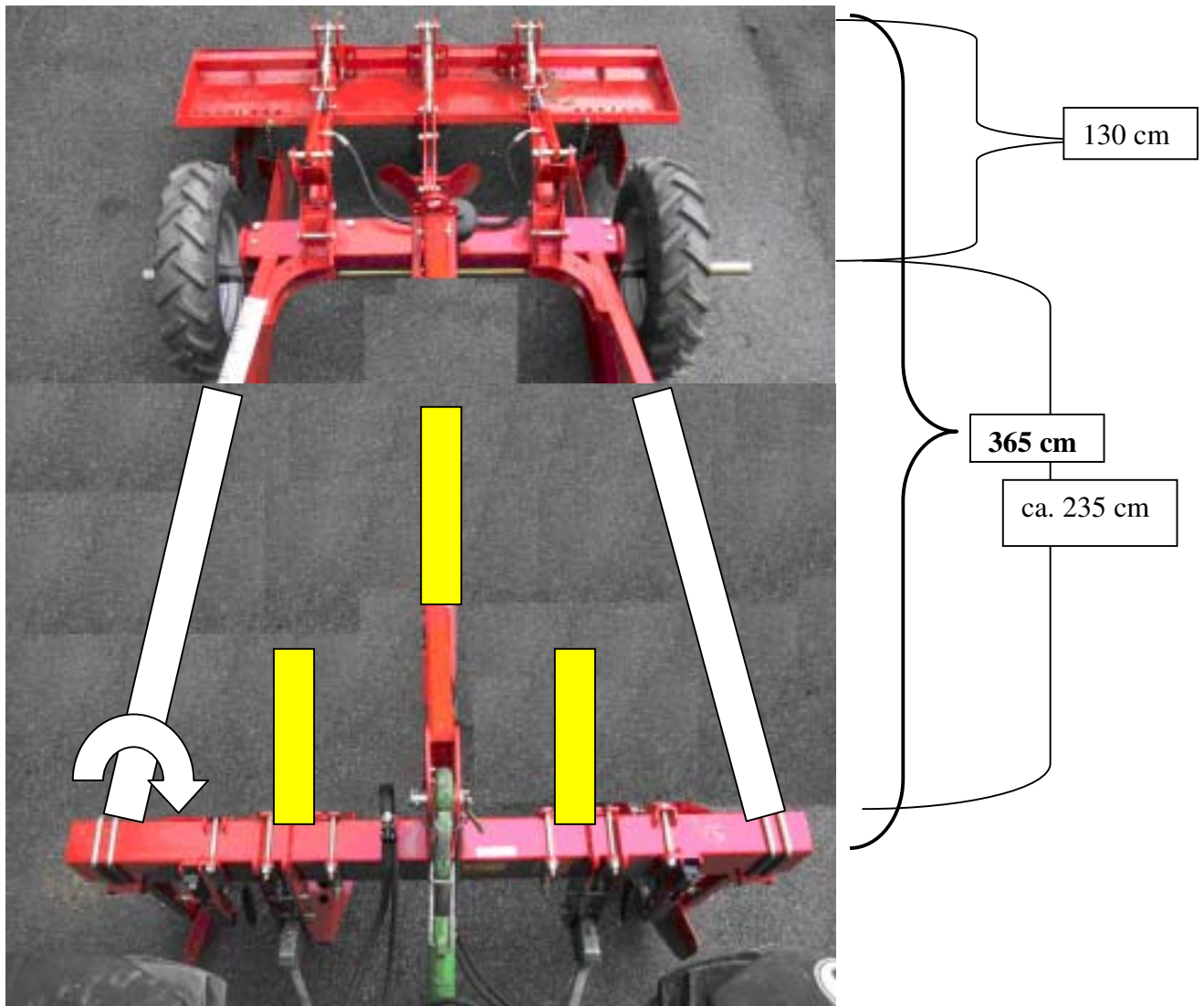
- Pflanzrad, Sitze und Pflanzbehälter unabhängig von Einstellung (Stellung Hubzylinder Fahrwerk) der vorderen Dammformer => bewegen sich nicht mit auf und ab, sondern sind drehbar (frei „schwimmend“) an der Achse befestigt
- Möglicherweise kann dadurch nicht genug Druck auf das Pflanzrad und auf den hinteren Dammformer ausgeübt werden => optimale Pflanzung ?

- Aufwendige Konstruktion für Befestigung hinterer Dammformer notwendig
- Sperrung/Begrenzung Drehgelenk (Befestigung an Steckachse) bei ausgehobener Schlepperhydraulik notwendig

**Fazit:**

- Bei beiden Umbauvarianten wird mehr oder weniger stark in den vorhandenen Maschinenaufbau eingegriffen
- Negative Folgen auf die ausgeklügelte Mechanik der Serienmaschine von Grimme sind wahrscheinlich

**2. Verlängerung vor der Fahrwerksachse:**



**Abbildung 25: Verlängerung vor der Fahrwerksachse**

**zu erwartende Vorteile:**

- + Aufwendige und schwere Verlängerungskinematik (Drehung Fahrwerksachse!) nicht notwendig
- + Vorhandene Drehmechanismus wird lediglich verlängert, in Funktion wird wahrscheinlich nicht eingegriffen
- + Pflanzrad und Dammformer folgen in optimaler, kurzer Anordnung
- + Pflanzrad, Dammformer, Sitze und Pflanzgutbehälter können am Anbaurahmen montiert werden (gelb gekennzeichnet) und bewegen sich beim Ein- bzw. Ausfahren des Fahrwerkszylinders konstant zueinander
- + An dem hinteren Element (Dammformer mit ausgeklügelter Verstellmöglichkeit) wird nichts verändert => Funktionsfähigkeit bleibt voll vorhanden
- + Zwischenraum Anbaurahmen – Achse kann optimal genutzt werden

**zu erwartende Nachteile:**

- Sitzposition (Einsteigen!) ist eventuell behindert durch Rahmen

**Fazit:**

- Bei dieser Umbauvariante wird weniger stark in den vorhandenen Maschinenaufbau eingegriffen
- Negative Auswirkungen auf die Mechanik der Grimme Maschine sind mehr oder weniger auszuschließen
- Die Anordnung Vorderer Dammformer/Sternrad bleibt identisch zur ersten Sternradmaschine => erfolgreiche Pflanzung zu erwarten

Unter Abwägung der jeweiligen Vor- und Nachteile wurde beschlossen den Rahmen vor der Fahrwerksachse (gemäß 2.) zu verlängern.



Während des Umbaues zeigte sich eine Möglichkeit, die Verlängerung des Rahmens auf das notwendige Minimum zu beschränken, in dem die Sitzgelegenheit direkt auf den hinteren Dammformern integriert werden könnte. Diese Lösung wurde von allen Beteiligten als optimal angesehen. Der Rahmen wurde im vorderen Bereich deshalb nur soweit verlängert, dass der Dammformer und die Pflanzräder integriert werden konnten (Abbildung 26). Die vorhandene Kinematik zur Höhensteuerung der Maschine wurde am verlängerten Rahmen übernommen.

Der vordere Dammformer wurde unter Berücksichtigung der Erfahrungen aus den vorangegangenen Prototypen in bewährter, platzsparender Eigenbaulösung realisiert. Die Aufhängung wurde nochmals verstärkt und die Höhenverstellung mittels Drehspindeln und Skala sehr bedienerfreundlich ausgelegt.

Das am Hauptrahmen befestigte, in der Höhe verstellbare Pflanzrad wurde völlig neu, aber wiederum in bewährter Speichenradausführung, konstruiert. Dies hat den Vorteil, dass die Zacken sehr leicht von unten verschraubt werden können. Ein Wechsel der Zacken ist somit einfach und schnell möglich. Der Durchmesser wurde mit 525 mm (Abbildung 4) so gewählt, dass bei 5 montierten Zacken ein theoretischer Pflanzabstand von 55 cm zu Stande kommt. Dieser Wert konnte auch exakt eingehalten werden, wie die Testeinsätze, die generell nach jedem entscheidendem Bauabschnitt durchgeführt wurden, zeigten.

Der beim Vorgängermodell erprobte Zwangsantrieb wurde nicht eingebaut, könnte aber in Zukunft relativ leicht nachgerüstet werden, weil die Kartoffellegemaschine über einen Antrieb der Legeelemente verfügt, der ohne weiteres für die Pflanzräder verwendet werden kann. Praxiseinsätze haben gezeigt, dass bei gut vorgeformten, lockeren Dämmen die Sternräder gut in den Boden eindringen und mit relativ geringem Schlupf abrollen. Außerdem wird über das vorhandene Fahrwerk das Gewicht der Maschine hauptsächlich auf die Komponenten Dammformer vorne und Sternräder übertragen, sodass diese stets in den Boden gedrückt werden. Die Sternradmaschine der Vorjahre dagegen wurde in der Praxis oftmals von der Schlepperhydraulik getragen, weil die vorhandenen Stützräder nicht ständig verstellt wurden.

Für die Ausführung der nochmals optimierten Zacken (Abbildung 4) wurde, wie beim Vorgängermodell auch, ein Muster aus Hartschaum gefertigt, das als Vorlage für die in Auftrag gegebenen GFK Zacken diente. Um das Hineinfallen von

lockerer Erde nochmals zu verringern, wurde der Zacken erneut um 2 cm verbreitert und damit flacher an der Flanke ausgeführt. Daneben wurde an der Basis eine breite, flache Phase angebracht um kantige, Einsturz gefährdete Ecken am entstandenen Pflanzloch zu vermeiden.



**Abbildung 26: Rahmenverlängerung im vorderen Bereich**

Um seitlich genügend Platz zum Sitzen zu schaffen wurden die beiden Halterungen für den hinteren Dammformer nach ganz außen verlegt (Abbildung 27). Ziel dabei war es die Kinematik der serienmäßigen Dammformerverstellung nicht zu verändern. Dies wurde erreicht, in dem die neuen, seitlich auf den Steckachsen des Fahrwerks befestigten Koppelpunkte, baugleich und in selber Höhe und Neigung zu den Originalkoppelpunkten gefertigt wurden. Zur Erweiterung der serienmäßigen Verstellmöglichkeiten wurden die Spindeln zur Neigungsverstellung ausgetauscht gegen eine hydraulische Verstellung vom Fahrersitz aus. Durch die Verwendung von Senkdrosseln wurde gewährleistet, dass die Verstellung sehr feinfühlig ist. Damit kommt es zu keinen ruckartigen Bewegungen, die sich sowohl auf das Bedienpersonal, die auf den Dammformern sitzen, als auch auf die gleichmäßige Fehserbedeckung negativ auswirken würden.

Leider gab es vom Arbeitskreis Meerrettich keine konkreten Vorstellungen über Art und Weise der Sitzgelegenheiten und Ausführung der Pflanzgutkisten. Zu den zahlreichen Verstellmöglichkeiten der Pflanzgutbehälter, der Sitze und Fußrasten gab es kein konkretes Resümee aus der Saison 2005 (Prototyp 2. Generation). Die Gestaltung des Bereiches „Sitzen“ wurde deshalb auf die Erfahrungen der eigenen Pflanzversuche am LFL Für das Bedienpersonal wurden vom Fachhandel Kunstleder bezogene Schleppersitze für Traktoren mit gerader Konsole und extra niedrigem Aufbau gekauft. Diese konnten so in die vorhandenen Dammformer integriert werden, dass eine optimale Sitzposition knapp über halb des Dammes realisiert werden konnte. Durch das Anbringen von verstellbaren Fußstützen an der Fahrwerksachse in Kombination mit einer entwickelten Verstellmöglichkeit (horizontal und in Neigung) ist eine Anpassung an Erfordernisse und Wünsche verschiedener Personen möglich.



**Abbildung 27: Umbau Halterung hinterer Dammformer**



**Abbildung 28: Heckansicht Meerrettichpflanzmaschine**



**Abbildung 29: Pflanzmaschine vor den Lackierarbeiten**



**Abbildung 30: Fertige Pflanzmaschine „Kren Planter“**

## 5 Ergebnis der Entwicklung

Mit der Entwicklung der neuen Pflanzmaschine auf einer Grimme Basismaschine wurde ein weiterer Entwicklungsschritt bei dem sehr arbeitsaufwändigen Meerrettichanbau vollzogen, den Anbau attraktiver und effizienter zu gestalten. Durch die konsequente Weiterentwicklung des Gerätes in mehreren Schritten über die zur Verfügung gestellte Sternradmaschine bis hin zur fertigen Maschine mit ständigen Kontrollen und Erfahrungen aus den dazwischen liegenden Pflanzsaisons 2004 und 2005 konnte in nur 2 Jahren ein voll funktionsfähiger Prototyp geschaffen werden. Dieser gliedert sich optimal in das inzwischen eingeführte und praktizierte Dammanbausystem ein und ist gekennzeichnet durch folgende Merkmale:

1. Effektives, praxistaugliches Gesamtverfahren (Saatbettbereitung, Dammaufbau, Pflanzung und Ernte mit aufeinander abgestimmten Maschinen),

2. Voll funktionsfähige, optimal einstell- / anpassbare und ergonomisch freundliche Pflanzmaschine,
3. Maschine basierend auf Serienkartoffellegemaschine des Marktführers in diesem Segment,
4. Erweiterung und Umbau der Serienmaschine ohne gravierende Eingriffe (nur 2 Schweißstellen!),
5. Sämtliche erforderlichen Änderungen und Ergänzungen wurden geschraubt oder geklemmt (Baukastenprinzip).

Auch die von den Landwirten zu Beginn des Projektes zur Verfügung gestellte Sternradpflanzmaschine wurde einer kompletten Weiterentwicklung und Umbau unterworfen, sodass zum Ende der Projektes zur kommenden Saison 2006 den Landwirten 2 voll funktionsfähige Maschinen zur Verfügung stehen.

## **6 Pflanzversuch auf dem Betrieb Ochs**

Im Frühjahr 2005 wurde eine Versuchsparzelle angelegt, in der verschiedene Anbausysteme (Beetanbau mit Sternradmaschine ILT, Dammanbau mit Sternradmaschine ILT und Dammanbau mit Accordpflanzmaschine Ochs) nebeneinander durchgeführt wurden. Durch eine intensive Betreuung über das gesamte Anbaujahr hinweg sollten etwaige Unterschiede in Feldaufgang, Entwicklung, Ertrag und Qualität der Ernteware ermittelt werden. Dazu wurde die Beetsepariertechnik (siehe Abbildung 31) eingesetzt und erprobt.



**Abbildung 31: Beetseparierung im Feldversuch**



**Abbildung 32: Vorbereitetes Pflanzbett**

(links: Pflanzbeet mit Beetseparierer / rechts: Dämme mit Dammmfräse)



**Abbildung 33: Accordmaschine auf vorgeformten Dämmen**



**Abbildung 34: ILT Prototyp auf separierten Beeten**

## **7 Zusammenfassung**



Meerrettich ist eine sehr arbeitsaufwändige aber dennoch lukrative Sonderkultur. Ohne eine verstärkte Mechanisierung kann der Anbau in Deutschland kaum aufrechterhalten werden. Neben der Ernte, die in einem vorangegangenen Projekt durch die Unterstützung des ILT wesentlich verbessert wurde, stellt die Pflanzung eine besondere Herausforderung dar. Dies liegt zum einen daran, dass der Meerrettich, der als Wurzelfechser in einer genau bestimmten Lage und Position im Boden abgelegt werden muss, besonders hohe Ansprüche an die Pflanzung stellt, damit sich die Pflanze gut entwickeln und die Pflege- und Erntearbeiten optimal durchgeführt werden können. Zum anderen liegt es daran, dass es für diesen relativ kleinen Sektor im Sonderkulturbereich keine eigenen Maschinen gibt. Die Landwirte greifen deshalb auf Eigenbaulösungen zurück oder führen die Pflanzung (35 % der Betriebe) noch per Hand durch. Die Landmaschinenindustrie bietet für diesen kleinen Sektor keine spezielle Technik an, und mit den vorhandenen zweckentfremdeten Maschinen oder Eigenbaulösungen ist keine befriedigende Pflanzung möglich.

Ziel des Projekts war es deshalb, eine Pflanzmaschine zu entwickeln und zu bauen, die den hohen Anforderungen der Anbauer gerecht wird.

Dazu wurde zu Anfangs eine sogenannte Sternradpflanzmaschine (Eigenbaulösung der Landwirte) übernommen. Diese Maschine wurde genau analysiert und erprobt und diente als Grundgerät für die weiteren Schritte. Die vorhandene Maschine wurde nach und nach in Absprache mit dem Arbeitskreis Meerrettich verbessert und umgebaut. Die Analyse landwirtschaftlicher und gärtnerischer Pflanzverfahren lässt vermuten, dass die Pflanzung des Meerrettichs als Damm- oder Beetkultur mit entsprechend sorgfältiger Pflanzbeetvorbereitung viele arbeitswirtschaftliche und pflanzenbauliche Vorteile mit sich bringen müsste. In einem ersten Schritt wurde deshalb der Einsatz von Dammformern oder Reihenfräsen aus der Kartoffelanbautechnik zur Schaffung eines optimalen Pflanzbeetes für Meerrettich erprobt. Die Untersuchungen verliefen sehr erfolgreich, obwohl sie noch ohne optimierte Pflanztechnik durchgeführt wurden. Auch der bereits vor mehreren Jahren entwickelte und seitdem erfolgreich im Einsatz befindliche Meerrettichroder arbeitete in einem solchen System mit höherer Leistung und besserer Qualität. Daraufhin wurde die neue Pflanzmaschine so konzipiert, dass sie optimal auf vorgeformten Dämmen arbeitet und dabei die Wurzelfechser in gewünschter Position

ablegen und den Damm wieder verschließen kann. Der entscheidende Entwicklungsschritt gelang dadurch, dass im vorderen Bereich der Pflanzmaschine Dammformer aus der Kartoffeltechnik angebracht wurden. Dieses System hat 2 positive Effekte. Erstens fährt die Maschine durch die Dammformer quasi wie auf Schienen entlang den vorgeformten Dämmen und zweitens können die Dammformer Fehlstellen im Damm bis zu einem gewissen Grad noch ausgleichen. Das Prinzip beruht darauf, dass der Dammformer überschüssige Erde mitnimmt und an Stellen mit weniger ausgeformten Dämmen diese wieder freigibt. Löcher bzw. Fehlstellen in den Dämmen werden somit aufgefüllt. Damit ist gewährleistet, dass das folgende Sternrad immer exakt mittig und bei richtiger Einstellung exakt in Höhe der Dammkrone abrollt. Eine absolut definierte Pflanzlochformung wurde so möglich.

Auch die sogenannten Sternräder wurden komplett neugestaltet und die Form der Zacken mehrmals überarbeitet, um die von den Landwirten vorgegebenen Pflanzabstände und Pflanzlochmaße zu erreichen.

Die zur Verschließung der Pflanzlöcher angebrachten Leitbleche wurden ebenfalls durch Dammformer ersetzt. Fahrversuche haben gezeigt, dass diese das Pflanzloch viel exakter verschließen als Häufelkörper. Bei der Bildung der Pflanzlöcher rollt das Sternrad mit der glatten Oberfläche auf dem Damm ab und drückt diesen durch das Eigengewicht etwas auseinander. Der zweite, hintere Dammformer nimmt den verbreiterten Damm auf und presst ihn wieder zusammen. Überschüssiges Material staut sich im oberen Bereich des Dammtunnels auf und wird bei eventuellen Senken in der Dammkrone abgegeben. Dadurch entsteht eine absolut gleichmäßige Damm. Bei exakter Einstellung des hinteren und vorderen Dammformers auf das Niveau des Sternrades ist so eine exakte Verfüllung des Pflanzloches und damit eine definierte Pflanztiefe vorgegeben.

Neben diesen Optimierungen bzw. Änderungen gab es noch zahlreiche Veränderungen an den Komponenten Sitze, Pflanzgutbehälter, Dreipunktbau und weiteren kleineren Details. Die Maschine wurde so zu den Pflanzsaisons 2004 bzw. 2005 jeweils dem aktuellsten Stand der Entwicklung angepasst.

Zur Saison 2006 sollte schließlich eine völlig neue Pflanzmaschine aufbauend auf den Erkenntnissen der beiden vorangegangenen Jahre entwickelt und gebaut werden. Dazu wurde eine umfassende Marktrecherche nach einem geeigneten

Grundgerät durchgeführt. Ausgewählt wurde schließlich eine Kartoffellegemaschine für den Beetanbau, die in der Lage ist in vorgeformten Beeten Pflanzgut abzulegen und anschließend mit einem nachlaufenden Formblech die Dämme wieder zu schließen. Die Legeelemente des Kartoffellegegerätes GL 32 B der Firma Grimme wurden entfernt und durch Sternräder ersetzt, welche die notwendigen Löcher für die Fehserablage in der erforderlichen Form und Position in den Boden drücken. Zur Führung der Sternräder bzw. der ganzen Maschine wurde aufbauend auf den Erkenntnissen der vorangegangenen Saisons ein nochmals ein nochmals optimierter Dammformer angebaut. Durch diese Führung und die anpassbare Anordnung von Sternrädern und nachfolgendem Dammformer ist eine gleichmäßige und genaue Fehserablage gewährleistet. Darüber hinaus bietet die Maschine zahlreiche Einstellmöglichkeiten, die sogar eine hydraulische Verstellung während der Fahrt ermöglichen. Zusätzlich angebracht wurden Sitze für das Pflanzpersonal und entsprechend positionierte Behälter für das Pflanzgut. Dazu musste der Rahmen des Gerätes verlängert werden. Die Konzeption und Konstruktion ist so ausgelegt, dass nur 2 Schweißstellen notwendig sind, um die erforderlichen Umbauten vorzunehmen. Alle weiteren Bauteile sind geschraubt oder geklemmt, sodass der Umbau einfach und kostengünstig möglich sein sollte. Bei einem weiteren Bedarf an Pflanzmaschinen kann somit von der Firma Grimme das passende Grundgerät bezogen und von einem Landmaschinen- oder Schlosserbetrieb vor Ort umgebaut werden.

Das Projekt wurde am 17.11.05 im Rahmen einer Maschinenvorführung mit feierlicher Übergabe des Gerätes an den Erzeugerverband Franken – Meerrettich e.V. abgeschlossen.

## **8 Ausblick**

Mit der Entwicklung und dem Bau des ersten Exemplars einer neuen Pflanzmaschine auf Kartoffellegemaschinenbasis wurde ein weiterer Baustein im Anbaukonzept Meerrettich geschaffen. Selbstverständlich kann mit der einzelnen Maschine nur einen begrenzten Teil der Meerrettichfläche bestellt werden. In naher Zukunft werden die zukunftsorientierten Betriebe deshalb einen Bedarf an weite-

ren Maschinen wecken, der derzeit jedoch kaum abzuschätzen ist. Durch die konsequente Verwendung von Serienbauteilen aus der Kartoffeltechnik des Marktführers Grimme und die modulare Aufbauweise auf der Kartoffellegemaschine GL 32 B ist es möglich weitere Geräte auf dieser Basis herzustellen, ohne das Grimme eine eigene Maschine dafür entwickeln muss. Trotz des notwendigen Mechanisierungsbedarfes darf nicht vergessen werden, dass es sich um einen sehr kleinen, überschaubaren Bereich handelt, der es für die Industrie deshalb kaum rechtfertigt für alle Anforderungen spezielle Maschinen zu entwickeln oder zu bauen.

Obwohl es sich um einen voll funktionsfähigen und erprobten Prototypen handelt ist es selbstverständlich, dass es im Laufe der Zeit Änderungs- bzw. Verbesserungsbedarf geben wird. Dies ist eine ganz natürliche Entwicklung, weil gerade auf dem Gebiet des Meerrettichanbaues von der Pflanzung über die Ernte bis hin zu Lagerung und Aufbereitung noch viel Entwicklungs- und damit Mechanisierungsbedarf besteht. Wie auf dem Sonderkultur Bereich generell wird es auch im Meerrettichanbau in Zukunft weitere interessante Probleme zu erforschen und lösen geben.

## 9 Literaturverzeichnis

- 1 Amt für Landwirtschaft und Forsten Fürth: Mitteilungen und Aufzeichnungen des ehemaligen Mitarbeiters Josef Graf
- 2 Neuhauser, H. et al.: Sicherung des Anbaues der bayerischen Spezialkultur Meerrettich. Endbericht Forschungsvorhaben ILT, 2003, S. 31.

## 10 Danksagung

Die Bearbeiter möchten an dieser Stelle dem Arbeitskreis Meerrettich und dessen Mitgliedern herzlich für die konstruktive Zusammenarbeit danken. Ein besonderer Dank gilt auch der Firma Grimme (vertreten durch Herrn Herbert Karl und Herrn Werner Plöger), die uns eine Kartoffellegemaschine zur Verfügung gestellt und

uns bei der Umsetzung des Projektes unterstützt haben. Besonders hervorzuheben ist auch die reibungslose Zusammenarbeit mit unserem Nachbarinstitut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung, das uns für die Versuchsphase sowohl Gerät (Karhoffeldammfräse) als auch Fläche zur Verfügung stellte. Auch von der Deula Freising wurden wir tatkräftig unterstützt, indem wir in den Wintermonaten die Bodenhalle für Maschinentests nutzen durften.

Besonders bedanken wir uns bei Herrn LLD Anton Magerl und Herrn Josef Graf vom Amt für Landwirtschaft und Forsten Fürth die uns zu jeder Zeit unterstützten und als Bindeglied zwischen den Meerrettichpflanzern und dem ILT fungierten.

Nicht zuletzt gilt der Dank auch den beiden Landtagsabgeordneten Christa Matschl und Christa Götz, die durch Ihren Einsatz im Ministerium das Projekt gestärkt haben.