

TECHNISCHE UNIVERSITÄT MÜNCHEN

Institut für Landtechnik

(o.Prof. Dr. H.-L. Wenner)

8050 Freising-Weißenstephan

Endbericht des Forschungsauftrags 77 HS 100

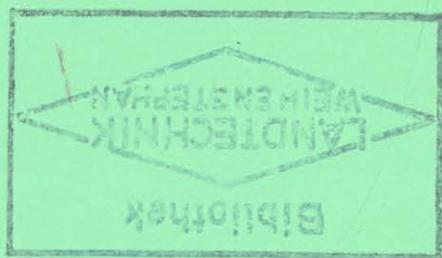
QUALITÄTSERHALTUNG VON FELDGEMÜSE
BEI MECHANISIERTER HANDHABUNG,
INSBESONDERE BEI ERNTE, TRANSPORT
UND SORTIERUNG
von Kopfkohl und Einlegegurken

Projektleiter: Obering. Dr.-Ing. Karl-Hans Kromer
Leiter der Abt. Technik im Gartenbau
und in der Landschaftspflege

Mitarbeiter: Akad.Rat a.Z. Dr. Siegfried Kleisinger
Dipl.Ing.agr. Katrin Freese

Förderung durch: Kuratorium für Technik und Bauwesen
in der Landwirtschaft e.V.
Bundesmittel - KTBL-Titel 536 09/II/3/14 (1.35)
Dauer: vom 1.11.1977 bis 31.10.1979





<u>Inhaltsverzeichnis</u>		Seite
1	Einleitung	4
2	Verfahrenstechnik der Kopfkohlproduktion	8
2.1	Bedeutung des Weißkohlanbaues	9
2.2	Anbautechnische Voraussetzungen	10
2.2.1	Sorte	10
2.2.2	Standort und Klima	13
2.2.3	Anbautechnik	15
2.2.4	Bodenbearbeitung und Pflege	18
2.3	Stoffeigenschaften von Kopfkohl	19
2.3.1	Qualitätsanforderungen	19
2.3.2	Grundgrößen	22
2.3.3	Mechanische Eigenschaften	24
2.3.4	Biologische Stoffeigenschaften	27
2.4	Qualitätsbeeinflussung durch die Ernte	28
2.4.1	Ernteverfahren	29
2.4.2	Versuchsbeschreibung	35
2.4.3	Methodik	41
2.4.4	Versuchsergebnisse	44
2.4.4.1	Kopfbeschädigung	45
2.4.4.2	Strunkschnitt	47
2.4.4.3	Fäulnis und Lagerverlust	49
2.4.4.4	Wertung der Ergebnisse	53
3	Verfahrenstechnik der Einlegegurkenproduktion	56
3.1	Bedeutung des Einlegegurkenanbaues	56
3.2	Anbautechnische Voraussetzungen	57
3.2.1	Sorte	58
3.2.2	Standort und Klima	59
3.2.3	Anbautechnik	60

3.3	Stoffeigenschaften	64
3.3.1	Qualitätsanforderungen	65
3.3.2	Biotechnische Eigenschaften	66
3.3.2.1	Grundgrößen	67
3.3.2.2	Mechanische Eigenschaften	68
3.3.2.3	Biologische Stoffeigenschaften	69
3.3.2	Methodik und Versuchsbeschreibung	72
3.4	V Versuchsergebnisse	79
3.4.1	Grundgrößen	79
3.4.2	Teilmechanisierte Ernte	80
3.4.3	Vollmechanische Ernte	82
3.4.4	Transport, Sortierung und Lagerung	87
4	Zusammenfassung	90
5	Schrifttum	92
6	Anhang	99

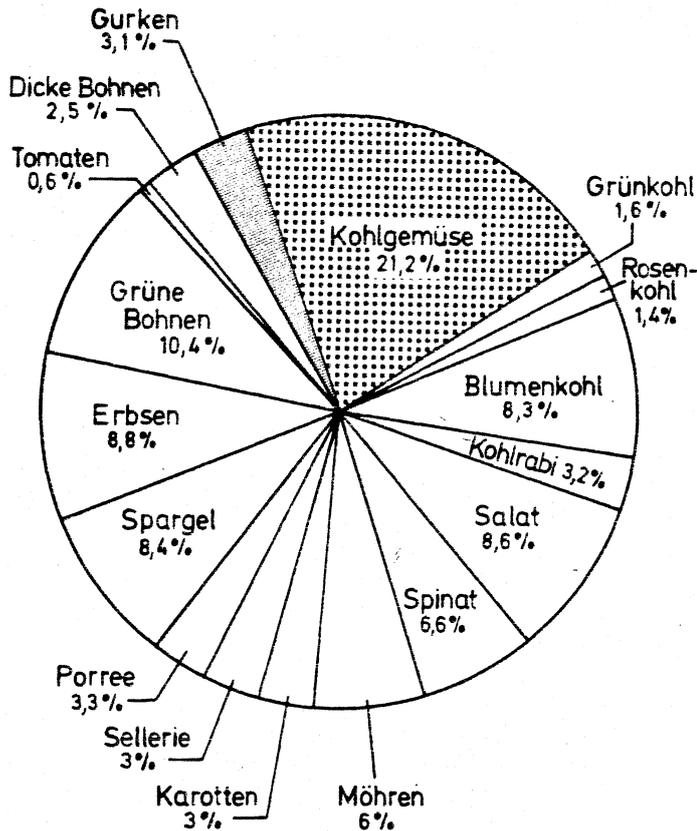
1. Einleitung

Der Feldgemüsebau in der BR Deutschland hatte 1979 einen Umfang von 46554 ha. Dies bedeutet gegenüber dem Jahr 1978 einen Rückgang um 2436 ha, das sind rund 5%.

Da der Pro-Kopf-Verbrauch gleichzeitig um ca. 5% stieg, ist das ein Hinweis auf den Importdruck ausländischer Ware. Gründe für die verschlechterten inländischen Produktionsbedingungen sind vor allem die seit 1975 um 50% gestiegenen Arbeitslöhne und um 35% gestiegenen Kosten für Betriebsmittel (34).

Vergleicht man unter diesen Gesichtspunkten die Aufteilung der Anbaufläche (Abb. 1), die Arbeitszeitspannen und den Arbeitszeitbedarf (Abb. 2) der verschiedenen Gemüsearten, so nehmen die Kohlgemüse und Einleggurken eine Sonderstellung ein. Beide Gemüsearten werden daher modellhaft für die Behandlung der Thematik ausgewählt. Eine Sicherung des deutschen Feldgemüsebaues erscheint vor allem durch mechanisierte Verfahrenstechniken bei den arbeitsintensiven Prozeßphasen und Erzeugung von Qualitätsware möglich. Bestätigt wird diese Auffassung durch die Zunahme der Anbauflächen von Kulturen mit hohen Qualitätsansprüchen wie z.B. Frühgemüse.

Ziele der Untersuchungen war daher die Minimierung der Beschädigung bei mechanisierten Arbeitsverfahren und die Auswahl der relativ vorzüglichsten technischen Lösungen. Hierzu waren auch Hinweise zur Verfahrensverbesserung und, wenn möglich, zu verbesserten technischen Lösungen zu erarbeiten. Beides war nur in Kenntnis der biotechnischen Eigenschaften und der in der Praxis auftretenden, sehr unterschiedlichen Qualitätsverluste zu verwirklichen.



Gesamtanbaufläche 46.554 ha 1979

Abb. 1: Prozentuale Aufteilung der Gemüseanbauflächen der BR Deutschland 1979

Bei K o p f k o h l ist zwischen Frischmarkt- und Industrieware zu unterscheiden. Die Industrieware macht 80-85% der gesamten Kopfkohlproduktion aus, wovon nur 20% sofort verarbeitet und die verbleibenden 80% eingelagert werden. Demnach müssen sich Untersuchungen zur Qualitätserhaltung besonders mit Industrieware und hiervon mit Lagerkohl für Kurzzeit- oder Langzeitlagerung befassen.

Die Qualität wird entscheidend durch den Beschädigungsanteil und die infolgedessen bei der Lagerung auftretenden Fäulnis- und Gewichtsverluste beeinflusst. Deshalb war das Ziel der diesem Bericht zu Grunde liegenden Versuche nicht, neue mechanische Techniken zu entwickeln, sondern die schon vorhandenen Lösungen hinsichtlich Qualitätserhaltung zu beurteilen oder zu verbessern.

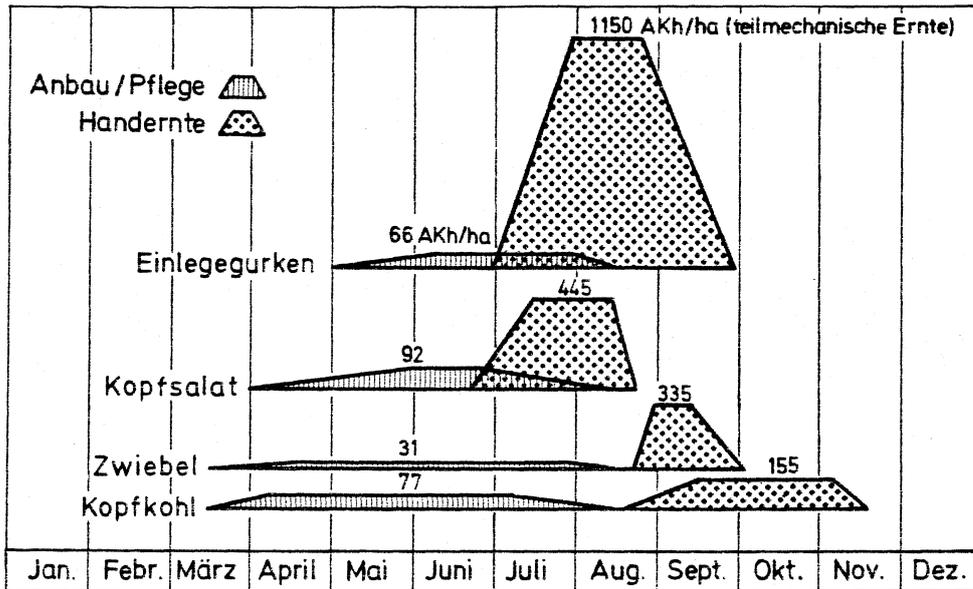


Abb. 2: Arbeitsspannen und -bedarf für Anbau, Pflege und Ernte von ausgewählten Gemüsearten

Die E i n l e g e g u r k e wird nahezu ausschließlich für die Verarbeitungsindustrie produziert und unterliegt somit deren Anforderungen für das Erntegut. Dies sind vor allem geringe äußere Beschädigung, definiertes Verhältnis von Länge und Durchmesser und vertraglich vereinbarte Größenklassenverteilung, d.h. in der Regel einen hohen Ernteanteil kleiner Sortierungen. Das Ziel der Versuche war es demzufolge die vorhandenen mechanischen Ernteverfahren zu untersuchen und hinsichtlich ihres Einflusses auf die Qualität zu beurteilen.

Der Versuchsplan umfaßte nach einem ausführlichen Literaturstudium vor allem Feldversuche auf verschiedenen Betrieben und Laboruntersuchungen der Produkteigenschaften.

Im e r s t e n T e i l dieses Berichtes sind die Versuchsergebnisse über Kopfkohl zusammengefaßt. Die Untersuchungen beschränken sich auf Weißkohl, da die Qualitätsminderung durch mechanische Beschädigung bei Rotkohl aufgrund der sofortigen Verarbeitung keine so große Rolle spielt und durch die regionalen Gegebenheiten Untersuchungen mit Rotkohl nicht möglich waren. Die Feldversuche begannen 1978 auf 6 Betrieben mit vier Kohlsorten, die von Hand und mechanisch geerntet wurden. Die

Auswertung erfolgte nach arbeitswirtschaftlichen Daten und Produktqualität.

Bei der Produktqualität interessierten besonders der Anteil und die Art der Beschädigungen. Um im weiteren das Lagerverhalten von stark beschädigtem Kohl zu ermitteln, wurden 1978 Vorversuche im Kühl- und Frischluftlager durchgeführt und Anfang 1979 ausgewertet.

Die Ergebnisse der Versuche 1978/79 wurden für weitere Feldversuche 1979/80 zu Grunde gelegt. Daraufhin mußten die Versuche hinsichtlich Betriebe und Sorten eingeschränkt und in Richtung mechanischer Ernteverfahren erweitert werden. Es wurde eine Sorte für die Versuche herangezogen und drei mechanische Einmalernteverfahren eingesetzt.

Der z w e i t e T e i l des Berichtes beinhaltet die Ergebnisse der Untersuchungen zur Qualitätserhaltung bei der Einlegegurkenernte. Für die Planung der Feldversuche konnten frühere Untersuchungen , besonders die Arbeiten von LABOWSKY 1977, herangezogen werden. Ziel der Versuche war es festzustellen, inwieweit die Fruchtqualität und der qualifizierte Ertrag, d.h. die Größenklassenverteilung, durch mechanische Verfahrenstechniken beeinflusst wird.

Der Auswertung der Versuche lagen die Beurteilungsschemen von LABOWSKY 1977 zu Grunde und sie erfolgte nach der äußeren Beschädigung der Gurke und den arbeitswirtschaftlichen Daten. und Produktqualität.

Laboruntersuchungen, besonders die Versuche zur Fruchtschalenfestigkeit ergaben entscheidende Kriterien für die Beurteilung von Fruchtbeschädigungen in den einzelnen Größenklassen. Damit wurde es möglich nicht nur eine Aussage über die Qualitätserhaltung zu machen, sondern auch den qualifizierten Ertrag der verschiedenen mechanischen Verfahrenstechniken zu beurteilen.

2. Verfahrenstechnik der Kopfkohlproduktion

Kopfkohl ist mit 21 % der Gemüseanbaufläche das bedeutendste Feldgemüse. Dadurch sind mechanisierte Arbeitsverfahren besonders interessant. Die Anbaufläche hat sich jedoch von 11 700 ha im Jahre 1977 auf 9 863 ha im Jahre 1979 verringert, gleichzeitig stieg der Anteil von Weißkohl von 57 % auf 61 %. Im folgenden wird daher nur auf den Weißkohlanbau eingegangen, zumal bei Rotkohl die mechanische Beschädigung aufgrund sofortiger Weiterverarbeitung nicht so kritisch ist.

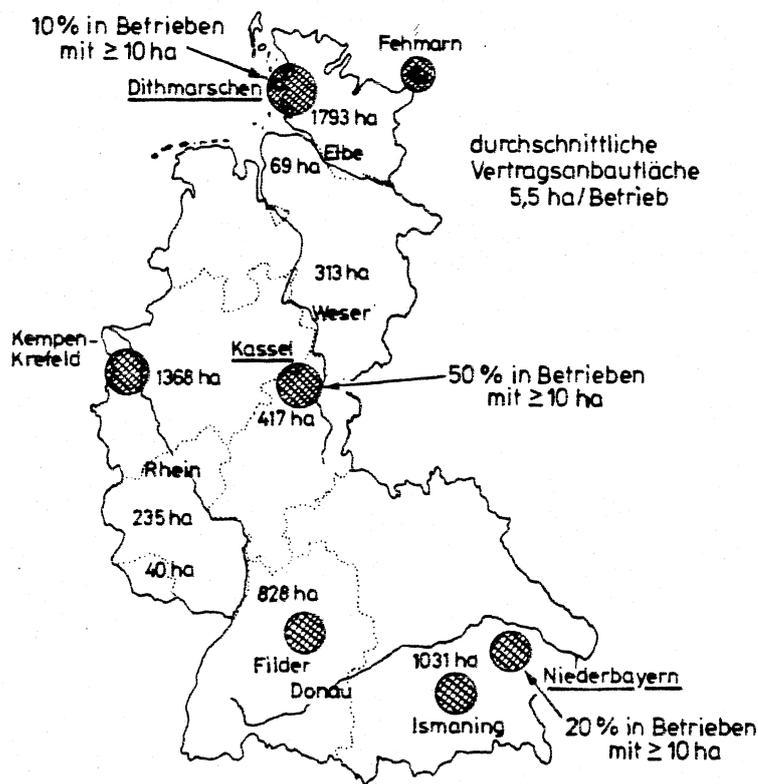


Abb. 3: Regionale Verteilung der Weißkohl-Anbaugelände der Betriebsgrößen mit Kohlanbau und der durchschnittlichen Vertragsanbaufläche

Die regionale Verteilung des Weißkohlanbaues wird in hohem Maße von marktpolitischen Faktoren beeinflusst. Der Handel und die verarbeitende Industrie bevorzugen zunehmend die Nähe der Anbaufläche bzw. der Lagerung zum Markt oder zur Verarbeitung. Hieraus ergibt sich die in Abbildung 3 herausgestellte Konzentration des Anbaues in der Nähe der Ballungszentren bzw. Sauerkonservenfabriken.

In Schleswig-Holstein, Hessen und Bayern wird großflächig angebaut, der Absatz ist vertragsmäßig mit der Industrie geregelt. Aus der Entwicklung der Anbauflächen in den letzten Jahren zeigt sich die Tendenz zu einer Anbaukonzentration in diesen, auch durch die Betriebsstruktur begünstigten Gebieten. In den anderen Anbaugebieten, wo der klein-bäuerliche Betrieb vorherrscht, ist der Anbau von Industriekohl rückläufig.

Die Themenbearbeitung erfordert eine gründliche Kenntnis der anbautechnischen und biotechnischen Voraussetzungen des Kopfkohlanbaues. Dementsprechend werden der Versuchsbeschreibung und -ergebnisdiskussion die Behandlung der Produktionsverfahren (Kapitel 2.1) und der Qualitätsanforderungen (Kapitel 2.3) vorangestellt.

2.1 Bedeutung des Weißkohlanbaues

Der Weißkohl hat infolge des hohen Anteils an der Kopfkohlproduktion von allen Feldgemüsekulturen die größte Bedeutung. Bei Weißkohl ist zwischen dem Anbau für den Frischmarkt (ca. 15 %) und dem Anbau für die Konservenindustrie (ca. 85 %) zu unterscheiden.

Der Anbau für den Frischmarkt erfolgt in der Regel auf kleineren Flächen mit unter 1 ha/Betrieb. Um den Markt kontinuierlich zu beliefern, ist ein gestaffelter Anbau von Frühkohlsorten erforderlich. Für einheitliche Qualität und Kopfgrößen ist eine selektive, d.h. mehrmalige Ernte nötig.

Der Anbau für die verarbeitende Industrie, d.h. zur Verarbeitung zu Sauerkraut, Trocken- oder Gefriergemüse und zu Naßkonserven, erfolgt auf Vertragsanbauflächen mit durchschnittlich 5,5 ha/Betrieb (Abbildung 3). Hier handelt es sich vorwiegend um Spät- und Dauerkohlarten, die in einem Arbeitsgang geerntet werden. Der Anbau ist in den meisten Fällen über

Anbauverträge geregelt, die den Anbauern den Absatz und der Industrie die terminierte Lieferung der Rohware garantieren.

2.2 Anbautechnische Voraussetzungen

Mechanisierte Verfahren für eine beschädigungsarme Ernte und Handhabung von Weißkohl setzen eine weitgehende Anpassung der pflanzenbaulichen Faktoren an die technischen Möglichkeiten voraus. Dies gilt vor allem für die Auswahl geeigneter Sorten und die Abstimmung der Anbautechnik.

2.2.1 Sorte

Bei der Sortenwahl müssen die Anforderungen des Anbauers hinsichtlich des Ertrages und die Qualitätsanforderungen der Industrie in Übereinstimmung gebracht werden. In den traditionellen Anbaugebieten herrschen Lokalsorten vor (25). Diese wurden infolge ständiger Massenauslese besonders gut an die jeweilige Klima- und Bodenverhältnisse angepaßt. In ihrer Form entsprechen sie nicht den Anforderungen für die mechanisierte Ernte.

Kohlarten müssen nach folgenden Gesichtspunkten ausgewählt werden:

- geometrische Kopfabmessungen und Standfestigkeit
- Einheitlichkeit des Bestandes
- Kopffestigkeit
- Trockensubstanzgehalt
- Gehalt an Vitamin C

Die geometrischen Kopfabmessungen, insbesondere die Standfestigkeit, sind von ausschlaggebender Bedeutung für die Funktion mechanischer Erntesysteme. Zu den geometrischen Kopfabmessungen gehören die Kopfformen, der Kopfsitz im Umblatt, die Innenstrunklänge und die Außenstrunklänge (Abbildung 4).

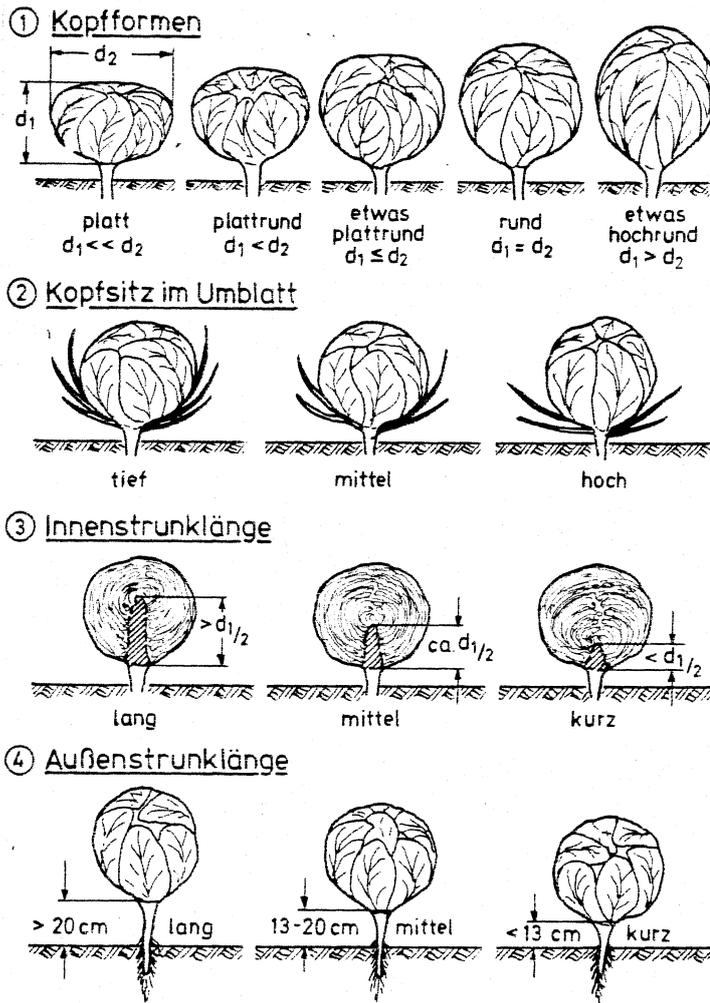


Abb. 4: Bestimmungsmerkmale bei Kopfkohl (nach HAHN, SCHMIDT)

Darüberhinaus wird die Anbauwürdigkeit einer Sorte zukünftig auch nach ihrer Eignung für die mechanische Ernte zu beurteilen sein. Hohe Standfestigkeit d.h. möglichst geringe Abweichung des Kopfes vom Standort in der Reihe (Reihentreue) ist die Voraussetzung für eine verlustarme Aufnahme und eine exakte Trennung des Strunkes in der Maschine. Für eine mechanisierte Einmalernste werden runde gleichmäßige Köpfe mit einem mittleren Kopfsitz im Umblatt, einem kurzen Innenstrunk und einem kurzen kräftigen Außenstrunk gefordert. Ein einheitlicher Bestand bezüglich der Reifeentwicklung der Einzelpflanzen ist Voraussetzung für eine einmalige Ernte des gesamten Bestandes.

Eine weitgehende Übereinstimmung der Köpfe in ihren geometrischen Abmessungen erleichtert die Einstellung der Erntemaschine und ermöglicht einen exakten Trennschnitt. Durch die Hybridsorten sind weitgehende homogene Bestände mit verhältnismäßig gleichmäßiger Abreife zu erzielen. Von der Kopfdichte wird die Festigkeit und damit die Beschädigungsempfindlichkeit einer Kopfkohlart wesentlich beeinflusst. Feste Köpfe sind innen heller gefärbt als lockere Köpfe und ergeben damit das erwünschte helle Verarbeitungsprodukt (25). Die Eigenschaft feste Köpfe zu bilden ist überwiegend sortengebunden. Die Dichte schwankt zwischen 0,3-1,0 g/cm³, sie kann jedoch auch durch Witterung und Standort beeinflusst werden, wobei die Reaktion bei allen Sorten gleich ist. Frühe Sorten haben eine geringere Kopffestigkeit als späte Sorten. Mit steigenden Erträgen nimmt die Kopffestigkeit ab.

Der Trockensubstanzgehalt kann als Maßstab für die Ausbeute an Sauerkraut angesehen werden (25). Er ist eng an die Sorte und die Reifezeit gebunden. Spätsorten weisen besonders hohe Gehalte auf (ca. 8 %), Kopffestigkeit und Trockensubstanzgehalt stehen in enger Beziehung. Der Trockensubstanzgehalt wird sowohl von der Witterung als auch vom Standort beeinflusst.

Der Vitamin C-Gehalt ist sowohl aus ernährungsphysiologischer Sicht, als auch für die Technologie von Bedeutung (25). Grauverfärbung des Sauerkrautes tritt vor allem bei niedrigem Vitamin C-Gehalt auf. Der Vitamin C-Gehalt ist sortenabhängig, Spätsorten weisen meist höhere Gehalte auf.

Der Anbauwert einer Kopfkohlart ergibt sich somit neben der Ertragsleistung, aus dem Entwicklungsrythmus, der Neigung zum Platzen, den inneren und äußeren Qualitätsmerkmalen, der Empfindlichkeit für Beschädigungen sowie aus der Lagereignung. Um diesen Anforderungen gerecht zu werden, arbeitet die Züchtung an Hybriden, deren hervorstechendes Merkmal ihre hohe morphologische Einheitlichkeit ist (8).

2.2.2 Standort und Klima

Weißkohl besitzt eine große Anpassungsfähigkeit an Boden und Klima, jedoch wird das Wachstum durch hohe Luftfeuchtigkeit und reichliche Niederschläge begünstigt. Demnach liegen die Hauptanbaugebiete entweder im feuchten Klima der Küste oder in den niederschlagsreichsten Gebieten (11). Bei den Böden werden solche mit hohem Wasserspeichervermögen bevorzugt, wie z.B. die Marschböden im Ditmarschen, die schweren Lehmböden der Filderebene und am Niederrhein und die Lehm-Niedermoor-Mischböden in Ismaning. Ebenso konzentriert sich der Anbau auf Flächen, die ohne großen Aufwand bewässert werden können, z.B. in Flußniederungen, wie die meisten bayerischen Anbaugebiete (Abbildung 5).

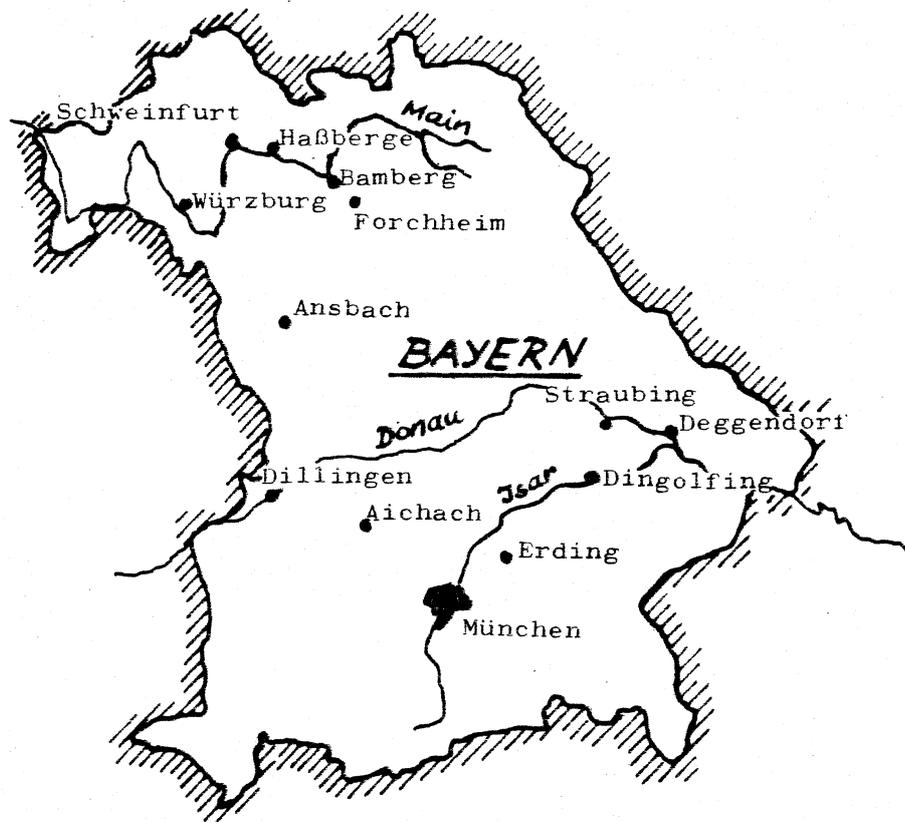


Abb. 5: Weißkohlanbau in Bayern

Günstig sind Standorte mit tiefgründigen, nährstoffreichen Böden, mit hohem Humusgehalt (16,21). Die Ansprüche der Hauptsortengruppen:

- Frühkohl
- Spät- und Dauerkohl

differieren entsprechend der Anbauzeit und dem Produktionsziel.

Frühkohl, der fast ausschließlich in die Frischmarktversorgung geht, wird in Gebieten mit zeitigem Frühjahr und rascher Frühjahrserwärmung vorwiegend auf leichten Böden angebaut. Spätfröste sollten in diesen Gebieten nur in geringem Maße auftreten und -5°C nicht unterschreiten (11).

Spät- und Dauerkohl, der vorwiegend als Industriekohl und für die Langzeit-Lagerung Verwendung findet, wird auf schweren Böden angebaut, die aufgrund ihres Wasserspeichervermögens keine Zusatzberegnung während der Vegetationsperiode brauchen.

Besonders geeignet sind LÖB- und schwere Lehmböden.

Während Früh- und Lagerkohl auf klar definierten Standorten produziert werden sollten, kann ein Teil der Frischmarkt-Produktion auch auf weniger geeigneten Flächen, in Verbrauchernähe, angebaut werden, sofern die Wasserversorgung durch Zusatzversorgung gesichert werden kann. Demnach ergeben sich aus wirtschaftlichen und pflanzenbaulichen Gesichtspunkten als traditionelle Standorte:

- Raum Ditmarschen
- Insel Fehmarn
- Raum Kemp en-Krefeld
- Filderebene
- Raum Ismaning

und als neuere Standorte:

- Niederbayern
- Raum Fritzlar

2.2.3 Anbautechnik

Für den Anbau von Kopfkohl hat neben der traditionellen Pflanzung die Direktsaat laufend an Bedeutung gewonnen. Ausschlaggebend für die Wahl der Anbaumethode sind die Standortbedingungen, die vorhandene Gerätetechnik und die Verfügbarkeit von Arbeitskräften.

Der überwiegende Anteil der Kopfkohlbestände, insbesondere in den traditionellen Anbaugebieten, wird heute noch durch Pflanzung bestellt. Im Falle ungünstiger Auflaufbedingungen, wie sie vor allem für den frühen Anbau zur Frischmarktversorgung vorliegen, ist die Pflanzung unerlässlich. Auf unkrautwüchsigen organischen Böden mit ungenügender Herbizidwirkung wird die Pflanzung ebenfalls bevorzugt (Tab.1).

Die Aussaat zur Jungpflanzenanzucht erfolgt mit kalibriertem Saatgut für Frühkohl ab Januar, für Spätkohl bis Anfang Mai. Besonders bei sehr früheren Aussaaten Anfang März ins Freiland-Saatbeet kann die Anzuchtdauer durch Bedeckung mit Flachfolie um bis zu 10 Tage verkürzt werden (86). Durch die Bedeckung mit transparenter Folie erhöht sich die Bodentemperatur um 3 bis 5°C und verschafft so den Jungpflanzen günstigere Keim- und Wachstumsbedingungen. Durch die Anzucht der Jungpflanzen in Multitöpfen oder Erdpreßtöpfen kann das Anwachsrisiko vermindert werden. Falls die Anzucht im Gewächshaus erfolgt, müssen die Jungpflanzen vor dem Auspflanzen gut abgehärtet werden.

Für frühen Kopfkohl mit dem Produktionsziel der frühen Frischmarktbelieferung wird ein Pflanztermin Ende März vorausgesetzt. Eine Pflanzung von Mitte Mai bis Anfang Juni ergibt eine höhere Ertragsleistung in verhältnismäßig kurzer Zeit, weil in den Monaten Juni und Juli bereits genügend Blattmasse gebildet worden ist, damit die hohe Sonneneinstrahlung und die hohen Temperaturen optimal ausgenutzt werden (11). Gepflanzt wird mit einer Reihenweite von 62,5 cm und einem Abstand in der Reihe je nach Sorte von

Tab.1: Anbautechnische Kenndaten für Kopfkohl
(nach BIELKA 1976, FRITZ und STOLZ 1973)

Sortengruppen	frühe Sorten	mittelfrühe Sorten	mittelspäte Sorten	späte Sorten
TKG	2,6 - 4 g	oder 10 - 15 g pilliert		
Keimfähigkeit	75 - 95 %			
Keimtemperatur	15 - 20°C			
Keimdauer	3 - 10 Tage			
Saattermin	-	-	Mitte März - Ende Mai	
Standraum	-	62,5 cm x 40	(2er oder 3er Block)	
Jungpflanzenanzucht	unter Glas ab Januar- Anfg. Februar	Frühbeet Anfang März	Frühbeet oder Freiland Mitte März	Anfang April Anfang Mai
Saatmenge	8g/m ²	2 - 3 g/m ²		
Anzuchtdauer	ab Januar 8Wo. ab Februar 7Wo.	6 - 7 Wochen		
Pflanztermin	Ende März bis Ende April	Mitte April	Anfang Mai	Anfang Mai bis Anfang Juni
Standraum	62,5cm x 40cm	62,5 cm x 50 cm		
Pflanzenbestand (Pflanzen/ha)	40.000 bis 55.000	32.000		
Vegetationsdauer	60 - 70 Tage	80 - 90 Tage	100 - 110 Tage	120 - 150 Tage
Erntetermin	Ende Mai bis Ende Juni	Anfang bis Mitte Juli	Mitte August bis September	Oktober bis November
Ertrag	300dt/ha	500dt/ha	700-1000dt/ha	

45-60 cm. Daraus ergeben sich Bestandesdichten von 26 500 bis 35 000 Pfl/ha. In den USA wird der Kohl mit einer Reihenweite von 71 cm und im Abstand von 30-50 cm angebaut, wodurch sich annähernd die gleichen Bestandesdichten ergeben (87).

Der Arbeitszeitaufwand für die Pflanzung einschließlich Pflanzenanzucht beläuft sich bei einer Bestandesdichte von 35 000 Pfl/ha auf 61 Akh/ha (49).

Die Entscheidung zum Anbau von Kopfkohl durch Direktsaat erfolgt in erster Linie wegen der möglichen Arbeitszeiterparnis. Der Arbeitszeitaufwand für die Einzelkornsaat und notwendige Vereinzelnung mit der Handhacke beläuft sich auf 32 Akh/ha (49). Damit ist eine Einsparung von 29 Akh/ha gegenüber dem vergleichbaren Arbeitszeitaufwand für die Pflanzung möglich.

Direkt gesäte Pflanzen entwickeln sich kontinuierlich, bilden frühzeitig ein weitläufiges Wurzelsystem aus und können deshalb Trockenperioden im Jugendstadium auch ohne Zusatzberegnung überstehen. Die erhöhte Standfestigkeit infolge kürzerer Strünke wirkt sich besonders im Hinblick auf die mechanisierte Ernte vorteilhaft aus. Die Direktsaat setzt günstige Auflaufbedingungen voraus d.h. Böden mit guter Struktur und geringer Verschlammungsneigung. Da die Pflanzung von Kohl auch auf Standorten mit ausreichenden Niederschlägen nur mit Zusatzberegnung risikolos möglich ist, kommt für Betriebe ohne Beregnungsmöglichkeit nur die Direktsaat in Frage.

Die Direktsaat ist über einen Zeitraum von Mitte April bis Mitte Mai möglich und ergibt der Pflanzung vergleichbare Erträge bei teilweise verkürzter Kulturzeit. Die Saat erfolgt, soweit Zellen- und Einzelkornsäegeräte aus dem Zuckerrübenbau verwendet werden sollen, mit pilliertem Saatgut. Moderne Lochband-, Löffel- und Pneumatik-Einzelkornsäegeräte arbeiten mit kalibriertem Saatgut. Mit dem Lochband-Einzelkornsäegerät kann die Standgenauigkeit von 78 % der Pflanzen im Bereich des 0,5 bis 2-fachen Sollabstandes erzielt werden (44).

Als Minimum müssen 45 % gefordert werden. Wegen der geringen Mindestkeimfähigkeit von 75 % ist allgemein Blocksaat üblich, in der Regel als Dreierblock. Unter günstigen Bedingungen genügen zwei Pflanzen pro Block.

2.2.4 Bodenbearbeitung und Pflege

Die Ansprüche des Weißkohles an die Bodenbearbeitung, die Pflege und Ausbringung der Düngung können mit den Ansprüchen anderer Hackfrüchte verglichen werden.

Die Saatbeetbereitung für die Direktsaat soll eine feinkrümelige, lockere Bodenstruktur bis zu einer Ablagetiefe von etwa 2 cm, auf einem etwas verdichteten Horizont, zum Anschluß an die Wasserführung, schaffen und eine ebene Oberfläche hinterlassen. Für diese Bearbeitung sind Geräte mit einer exakten Tiefeneinstellung bis 5 cm erforderlich (45). Häufigste Ursache für mangelhafte Auflaufergebnisse bei der Direktsaat ist die Verschlämmung der Bodenoberfläche nach starken Niederschlägen. Je nach Verschlämmungsneigung des Bodens sollte deshalb durch die geeignete Gerätetechnik Einfluß auf Struktur und Feinheit des Saathorizontes genommen werden.

Vor der Saatbeetbereitung wird je nach Bodenart und Nährstoffversorgung in der Regel eine N-Startdüngung von ca. 100 kg rein N/ha empfohlen. Der restliche N-Bedarf (max. 75 kg) wird über Kopfdüngergaben in Verbindung mit Pflanzensch.-maßnahmen verabreicht. Lagerkohl erhält die letzte Kopfdüngung nicht später als 6-8 Wochen vor der Ernte, damit die Lagerqualität nicht negativ beeinflusst wird.

Bei der Blocksaat muß das Vereinzeln noch mit der Handhacke durchgeführt werden. Bei gepflanzten Beständen ist die handarbeitsarme bis handarbeitslose Pflege in Kombination mit chemischer Unkrautbekämpfung möglich. Die chemische Unkrautbekämpfung ist eine notwendige Ergänzung zu den mechanischen Bekämpfungsmaßnahmen. Auf organischen Böden mit ungenügender Herbizidwirkung herrscht das Anhäufeln vor.

Im Hinblick auf die mechanisierte Ernte ist ein möglichst lückenloser Bestand auf ebener Bodenoberfläche bei weitgehender Unkrautfreiheit anzustreben.

2.3 Stoffeigenschaften von Kopfkohl

Der Gesamtkomplex der relevanten Stoffeigenschaften umfaßt die physikalischen biologischen und chemischen Eigenschaften. Die vorliegenden Untersuchungen beschränken sich jedoch auf diejenigen Eigenschaften bzw. Kennwerte, welche in unmittelbarem Zusammenhang mit der Qualitätsbeeinflussung durch die Ernteverfahren stehen (Tab.2). Hiervon sind jene Eigenschaften von Interesse, die den Erntevorgang und damit die Funktion der Erntemaschinen beeinflussen. Dazu gehören vor allem die Grundgrößen des Erntegutes. Eigenschaften die für die Nacherntequalität eine Rolle spielen, wie z.B. die mechanischen Eigenschaften, sind neben den biologischen unmittelbar für qualitative und quantitative Veränderungen während des Zeitraumes von der Ernte bis zur Verwertung verantwortlich.

Tab.2: Gliederung der verfahrensrelevanten Stoffeigenschaften für mechanisierte Ernte- und Lagerverfahren

physikalische Stoffeigenschaften		biologische Stoffeigenschaften
Grundgrößen	mechanische Eigenschaften	● Schwund ● Fäulnis
● Abmessungen ● Masse ● Dichte ● Schüttdichte	● Druckfestigkeit	

2.3.1 Qualitätsanforderungen

Die Qualität von Frischmarktware unterliegt überwiegend einer subjektiven Bewertung, die vom Urteil des Verbrauchers abhängt. Bei Industrieware können je nach Verwendungszweck eine Produktes objektive Kriterien und auch Prüfverfahren angewendet werden. Der Qualitätsbegriff kann demnach von einigen wenigen

oder auch sehr vielen Merkmalen definiert sein. Ganz allgemein werden verwertungsrelevante Qualitätsmerkmale eines Produktes für die Bewertung, Kaufentscheidung und evtl. Preisabschläge verantwortlich sein.

Das Problem der Bewertung von Arbeitsverfahren hinsichtlich deren Beeinflussung der Produktqualität liegt in der Auswahl objektiver Maßstäbe und reproduzierbarer Prüfverfahren.

Die Qualitätsanforderungen für Kopfkohl sind eigens in dafür aufgestellten Normen zusammengefaßt. Neben diesen Qualitätsnormen gelten zusätzlich noch andere innerdeutsche gesetzliche Vorschriften wie das Lebensmittel-, das Pflanzenschutzgesetz die Höchstmengenverordnung, die Lebensmittel-Kennzeichnungsverordnung, die Preisauszeichnungs-Verordnung und andere. Bei den Qualitätsnormen wird unterschieden in die Anforderungen für den Frischmarkt und speziell für die Weiterverarbeitung (1, 32)

Die Normen umfassen: • Begriffsbestimmung

- Güteeigenschaften bzw. -bestimmungen
- Klasseneinteilung
- Aus- und Abfall

Die Gütebestimmungen enthalten die allgemeinen Anforderungen mit den folgenden Punkten:

- ganz, nicht geplatzt und geschossen
- gesund, d.h. frei von Krankheiten und praktisch frei von Schäden durch tierische Schädlinge
- sauber, frei von Erde, schädlingen und Rückständen im Sinn der Höchstmengenverordnung. Frei von fremden Geruch und anormaler äußeren Feuchtigkeit
- kurz unter dem Blattansatz abgeschnittener Strunk mit noch festen äußeren Deckblättern

Neben diesen allgemeinen Forderungen, müssen in den einzelnen Klassen zusätzlich Sonderbestimmungen erfüllt werden.

Die Klasseneinteilung erfolgt bei Kopfkohl nach Klasse I und II für den Frischmarkt und in A und B bei der Industrieware. Da dem vorliegenden Bericht die Industrieware zu Grunde liegt, werden nur die Klassen A und B genauer betrachtet.

Klasse A: Kohl, der zu dieser Klasse gehört, muß von guter, verwendungsreifer Qualität sein, alle sortentypischen Eigenschaften in Form, Farbe und Festigkeit aufweisen. Die Kohlblätter müssen der Sorte entsprechend fest am Kopf anliegen. Folgende Abweichungen sind zulässig:

- leicht verfärbte äußere Kohlblätter
- leichte Risse in den äußeren Kohlblättern und im Strunk
- leichte Druckstellen und geringfügige Putzstellen bis zu 2 Blattlagen, höchstens aber 1/3 des Kopfdurchmessers.

Klasse B: Zu dieser Klasse gehört Kohl, der nicht in die Klasse A eingestuft werden kann, aber den Eigenschaften der Klasse B entspricht. Voraussetzung ist, das er verarbeitungsfähig ist.

Folgende Abweichungen sind zulässig:

- stark verfärbte äußere Kopfblätter
- starke Risse, bis mehrere Blattlagen
- beschädigte Köpfe, d.h. stärker nachgeputzt bis 6 Blattlagen tief und 3 Stellen pro Kopf, der Kopf muß aber noch zusammenhalten
- Köpfe mit geplatzttem Strunk
- leichte Frosteinwirkungen auf den äußeren Blättern zu erkennen

Aus- und Abfall: Hierzu gehört Weißkohl mit starken Frosteinwirkungen. Köpfe mit Krankheits- und Schädlingsbefall, stark geplatzte und lose Köpfe. Ebenso fallen darunter auch Köpfe, die unter dem absoluten Mindestgewicht liegen. Das Mindestgewicht beträgt für die Herbstsorten 2,0 kg und für die Sommer- und Wintersorten 1,5 kg.

Toleranzen: Gütetoleranz: 5 % Klasse B in Klasse A, davon 3 % geplatzte Köpfe. 5 % Ausfall in Klasse B.

Größentoleranz: 5 % nach Gewicht, Gesamttoleranz: 10 % bei beiden Klassen.

2.3.2 Grundgrößen

Die Kenntnis der geometrischen Abmessungen von Kopfkohl, d.h. der Kopfdurchmesser und der Strunklänge sowie deren Streubreite sind Voraussetzung für die konstruktive Auslegung und Einstellung von Erntemaschinen. Die Dichte kann als Maßstab für die Kopffestigkeit und die Verarbeitungsqualität herangezogen werden. Die Schüttdichte berücksichtigt zusätzlich die Kopfform und -größe.

Die rechnerische Ermittlung der Dichte (Rohdichte) erfolgt über das Gewicht m und das Volumen aus den Kopfdurchmessern in den drei Raumebenen d_1 bis d_3 nach

$$\rho_r = \frac{6 \cdot m}{d_1 \cdot d_2 \cdot d_3 \cdot \pi} \quad \left(\frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \right)$$

Bei unregelmäßigen Körpern erfolgt die Messung des tatsächlichen Volumens zweckmäßigerweise experimentell über die Flüssigkeitsverdrängung. Daraus folgt die Möglichkeit der Dichtemessung mittels einer Auftriebsswaage, wie sie gemäß Abb.6 bei Kopfkohl verwendet wurde. Der Probenaufnehmer ist ein Drahtkorb, der so an einer Gewichtskraft - Meßeinrichtung hängt, daß er in einen Wasserbehälter eingetaucht werden kann. Der Drahtkorb wirkt zugleich als Ballast bei Proben geringer Dichte. Aus den Gewichts-differenzen in Luft und Wasser kann die Dichte nach folgender Gleichung errechnet werden:

$$\rho_e = \frac{K_L}{(G_L - G_W) - (B_L - B_W)} \cdot \rho_W \quad (\text{kg/m}^3)$$

wobei

- K_L = Kopfgewicht in Luft
- G_L = Gesamtgewicht in Luft
- G_W = Gesamtgewicht in Wasser
- B_L = Ballastgewicht in Luft
- B_W = Ballastgewicht in Wasser
- ρ_W = Dichte von Wasser

Um ein Eindringen des Wassers während der Messung in die Probe zu verhindern, wurde der Kohlkopf in einem Plastikbeutel (PE 0,05 mm) vakuumverpackt.

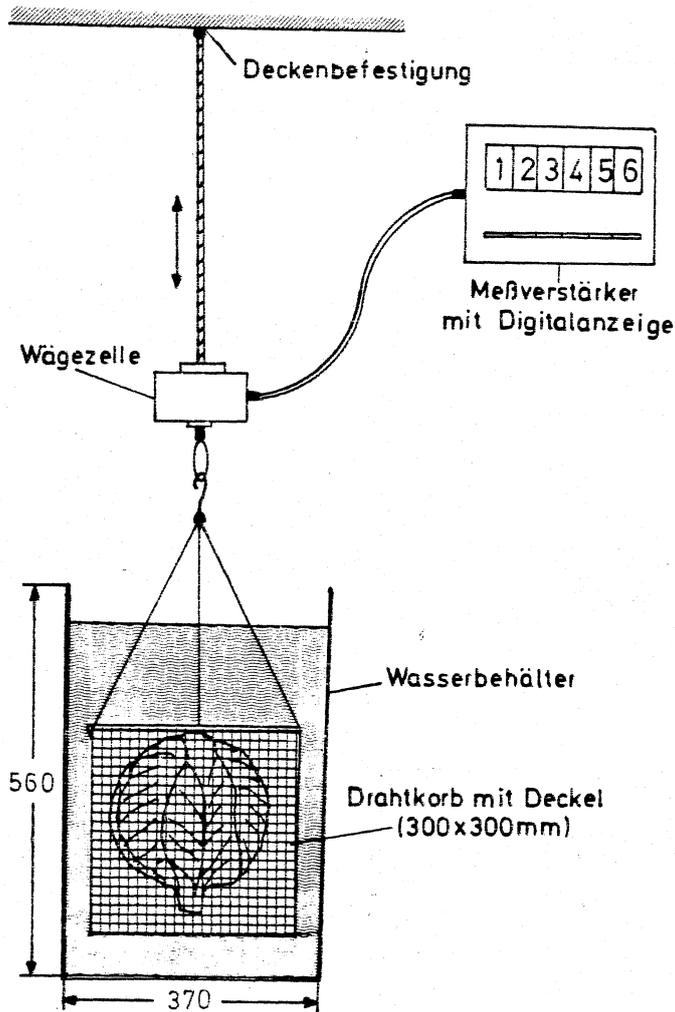


Abb.6: Auftriebswaage zur Ermittlung von Volumen und Dichte (Maße in mm)

Im Vergleich der beiden Methoden war bei 18 Kohlköpfen der Sorte Hidena die mit der Auftriebswaage gemessene Dichte ρ_e rd. 10 % höher als die errechnete Dichte ρ_r . (Wertetabelle siehe Anhang) Die beiden MeBreihen sind signifikant korreliert (0.01). Die geringere Streuung von ρ_e weist auf eine größere Genauigkeit hin. Daher wird als praxisnaher Wert abgerundet für Kopfkohl anzunehmen sein:

$$\rho_{\text{Kohl}} = 900 \text{ kg/m}^3$$

bei einer Spannweite aller Messungen von 632 bis 946 kg/m^3 .

Für die Schüttdichte von Kopfkohl gelten die folgenden Werte:

lose Schüttung	450 bis 550 kg/m^3
Schüttung in Großkiste	410 bis 420 kg/m^3

2.3.3 Mechanische Eigenschaften

Mechanische Beschädigungen an Kopfkohl entstehen durch innere oder äußere Einwirkung von Kräften. Innere Kräfte spielen im Zusammenhang mit der mechanisierten Handhabung nur insofern eine Rolle, als z.B. das Platzen von Köpfen, dessen Ursachen im physiologischen Bereich liegen, durch äußere mechanische Belastung ausgelöst werden kann. Äußere Belastungen können *s t a t i s c h* als Druckkraft ruhender Köpfe gegeneinander bzw. auf eine Unterlage, Seitenwand u.ä. oder *d y n a m i s c h* als Stoßkraft beim Kontakt mit anderen Köpfen, Maschinenbauteilen u.ä. sowie bei Fallstufen auftreten. Jede einwirkende Kraft verformt den Kohlkopf und verändert dessen Struktur, bei geringen Kräften ist es eine elastische Verformung. Im unelastischen Verformungsbereich sind biologische Materialien neben der bleibenden Verformung durch ein Fließverhalten nach der Entlastung gekennzeichnet. Verformungen führen zu Druck-, Zug- und Biegespannungen im Gewebe und beim Überschreiten der Festigkeitswerte zum Bruch oder der Zerstörung von Zellstrukturen. Die Zug- und Scherspannungen steigen mit der Verformung. Bei gleicher Belastung wird sich ein "dichter" Kohlkopf, d.h. mit dichter Schichtung der Blattlagen weniger verformen, damit sind die Spannungen und die Beschädigung geringer, als bei einem Kopf mit lockerer Schichtung. Diese Abhängigkeit von Kopfdichte und Beschädigungsempfindlichkeit hat erstmals KIRSCHKE (39) bei Ernterversuchen nachgewiesen. Zur Prüfung der Kopffestigkeit über die Kopfdichte für Sortenvergleiche können standartisierte Verfahren zur Aufnahme der Kraft - Weg - Diagramme verwendet werden z.B. der Compression Test of Food Materials of Convex Shape, ASAE R 368(1976). Die Belastungsfläche hat dabei entweder die Form einer Kugel oder ist eben als Platte oder Stempel. Zur Simulation des Auftreffens der Kohlköpfe aufeinander wurde bei den nachfolgend beschriebenen Versuchen ein kugelförmiger Prüfkörper ($r_{\text{Kugel}} = 100 \text{ mm}$) gewählt. Die Meßdiagramme sind im Anhang beigelegt und weisen auf die hohe zulässige statische Belastung von Kopfkohl hin. Kritisch ist vielmehr die Überschreitung der Festigkeitswerte durch

Fallstufen, d.h. dynamische Belastung. Daher waren für die im Versuch verwendete Sorte die Beschädigung infolge mechanisierter Handhabung und damit die kritischen Fallhöhen zu ermitteln. Vorversuche ergaben, daß bei Fallhöhen unter 80 cm auf ebene Auftreffflächen fast ausschließlich innere Beschädigungen auftreten, die ohne Zerstörung, d.h. Zerschneiden nicht beurteilt werden können. Daher wurde eine zerstörungsfreie Methode zur Beurteilung innerer Beschädigungen entwickelt. Sie beruht auf der Tatsache, daß sich das Deformationsverhalten je nach dem Anteil beschädigter Blattlagen verändert.

Zur definierten Beschädigung der Köpfe wurden ein einfacher Stoßsimulator mit einem Fallgewicht gem Abb.7 und ein Pendelprüfstand gem. Abb.8 verwendet. Für den Belastungsversuch waren die Kohlköpfe gem.Abb.7 auf eine Platte gespannt, bei definierter Orientierung. Vorab wurde auf einer Instron-Universalprüfmaschine die Hysteresekurve aufgenommen und dazu der Kopf mit dem vorgenannten kugeligen Prüfkörper bis 100 N mit einer Lastgeschwindigkeit von 1 cm/min belastet. Danach erfolgte die Beschädigung mit einem Fallgewicht von 3,5 kg auf dem Stoßsimulator an der gleichen Stelle des Kopfes und die derneute Aufnahme der Hysteresekurve. Die Weg- und damit Deformationsdifferenz DD der beiden Kraft-Weg-Diagramme ist ein Maß für die innere Beschädigung.

Tab. 3: Deformationsdifferenz DD infolge innerer Beschädigung. Prüfkörper: Halbkugel $r=100$ mm; Stoßbelastung mit 3,5 kg und unterschiedliche Fallhöhe

Belastungs- ort	Stoßsimulator		Instron		
	Fall- höhe (mm)	Fall- energie (Nm)	DD (100 N) (mm)	S (mm)	VK (%)
seitlich	500	17,2	0,99	0,26	26,7
seitlich	300	10,3	0,81	0,30	37,2
von oben	300	10,3	0,70	0,23	32,4
seitlich	200	6,9	0,66	0,25	38,0

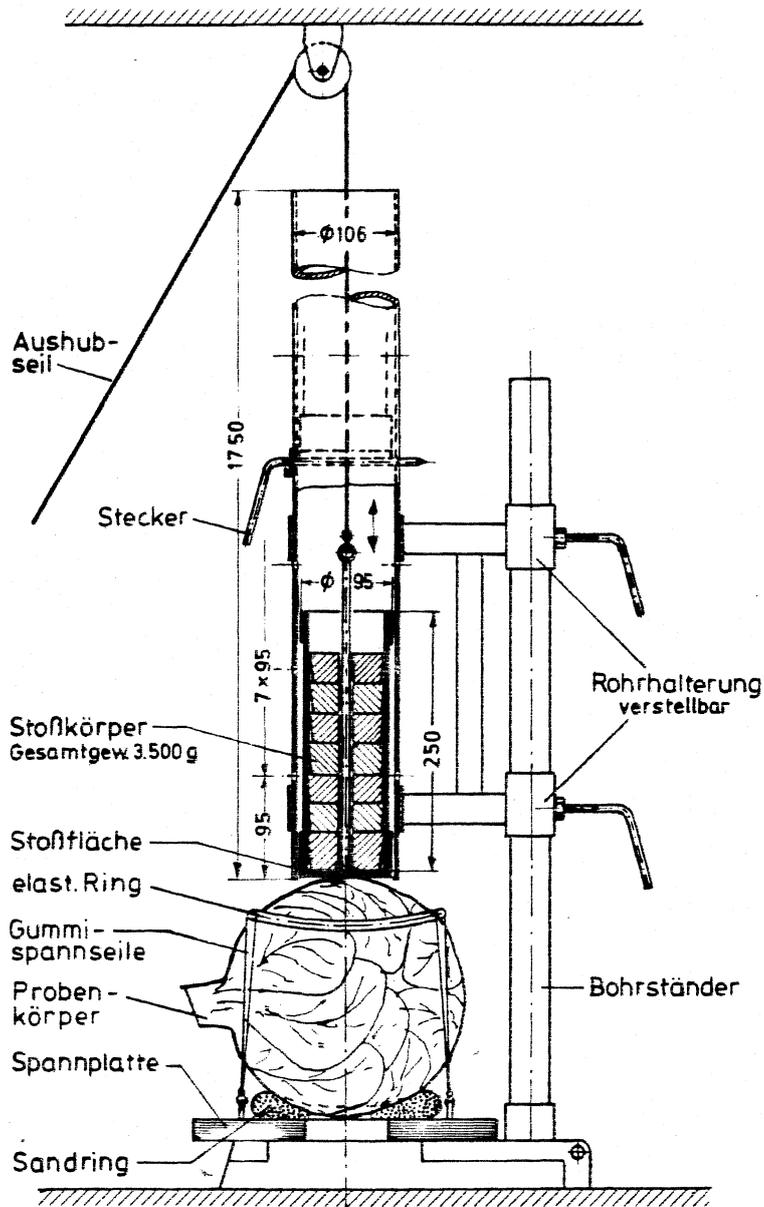


Abb. 7: Stoßsimulator, schematische Darstellung Spannplatte mit Probenkörper auch für Instron - Universal-Prüfmaschine und Pendelprüfstand

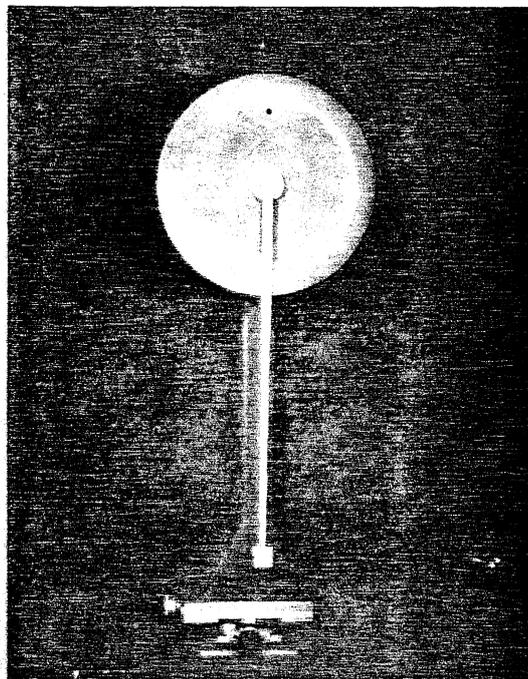


Abb. 8: Pendel-Prüfstand in Grund-ausrüstung

Die Ergebnisse in Tab.3 veranschaulichen den Einfluß der Fallhöhe, die Einzelwerte sind im Anhang tabellarisch zusammengefaßt. Die Werte für die Fallhöhe von 300 mm zeigen, daß bei Belastung der Kopfoberseite infolge der dort dichteren Blattlagen weniger Gewebe zerstört worden ist. An den Seitenflächen finden sich oft gekräuselte Blattlagen, ab 2. Lage. Diese reagieren schon bei geringer Belastung mit Bruch, ohne daß äußerlich eine Beschädigung erkennbar ist, Abb.9. Infolge der Inhomogenität der Stichproben ließen sich die Werte von Kopfdichte und DD nicht sichern. Zur Vermeidung von inneren Beschädigungen muß die Fallhöhe stets unter 200 mm betragen.

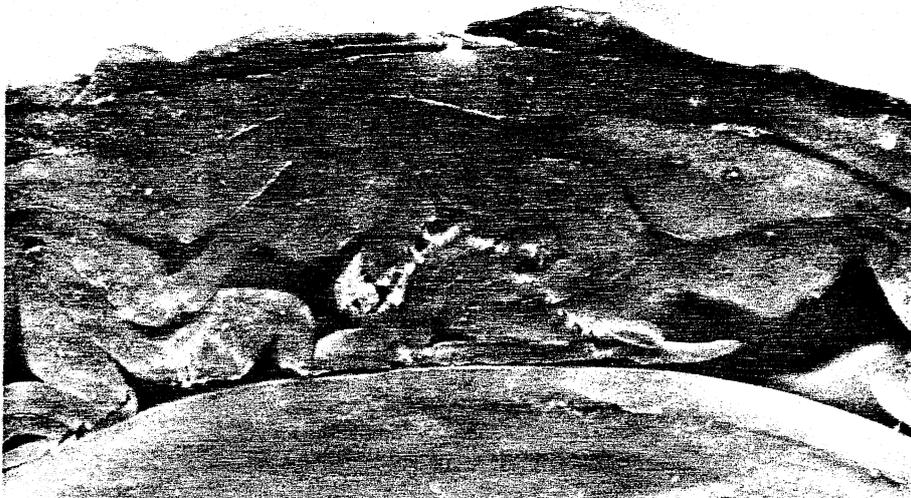


Abb.9 : Bruch der inneren Blattlagen ohne sichtbare Beschädigung der äußeren Blattlagen

2.3.4 Biologische Stoffeigenschaften

Hierbei interessiert vor allem die Beeinflussung der Lagerfähigkeit durch die vorausgegangene mechanisierte Handhabung. Die Lagerverluste hängen dabei neben dem Schwund vor allem von der Fäulnisentwicklung ab. Schon geringfügige Beschädigungen, die an sich keine Qualitätsminderung bedeuten, ermöglichen das Eindringen von Fäulniserregern in das Gewebe. Die für Lagerkohl kritischen Bakterien und Pilze sind auf "offene" Beschädigungen und Verletzungen angewiesen, da sie intakte Kutikula und Epidermis nicht durchdringen. Für möglichst geringe Lagerverluste sind daher beschädigungslose äußere Blattlagen entscheidend.

2.4 Qualitätsbeeinflussung durch die Ernte

Jeder Erntevorgang setzt eine Manipulation des Erntegutes voraus, die im Falle des Kopfkohles aus der Trennung des Strunkes und dem Transport vom Standort in ein Transportgebinde besteht. In Abhängigkeit vom Ernteverfahren bzw. den einzelnen Ernteschritten wird das Erntegut mehrfach mechanischen Belastungen ausgesetzt.

Durch sorgsame Handernnte kann eine Qualitätsminderung durch mechanische Beanspruchung weitgehend ausgeschlossen werden. Beim Einsatz von Lohnarbeitskräften für die großflächige Ernte in Verbindung mit leistungsfähigen Handernnteverfahren ist ein gewisses Maß an Qualitätsminderung allerdings nicht zu vermeiden. Für die Beurteilung mechanisierter Ernteverfahren hinsichtlich der Qualität des Erntegutes müssen diese leistungsfähigen Handernnteverfahren als Bewertungsgrundlage herangezogen werden.

Bei der mechanisierten Ernte ist das Erntegut durch die verschiedenen Teilvorgänge in der Maschine wie Ausrichten, Aufnehmen, Strunktrennen, Entblättern und Transportieren mit mehreren Fallstufen und Richtungsänderungen vielfältigen mechanischen Beanspruchungen ausgesetzt. Dabei handelt es sich vor allem um dynamische Vorgänge, d.h. Stoßbelastungen zwischen Erntegut und Maschinenteilen. Stoßbelastungen der Kohlköpfe untereinander spielen vor allem bei Überladen in das Transportfahrzeug eine Rolle.

Infolge einer Beschädigung an den äußeren Blattschichten beim Kopfkohl kann sich die Atmungsintensität bei den nachfolgenden Lagerungen um ein mehrfaches erhöhen. Zerstörtes Gewebe begünstigt das Wachstum von Mikroorganismen und ist damit häufig Ursache von Fäulnisherden. Da bei Kopfkohl nur etwa 20 % der Industrieware direkt in die Verarbeitung geht und die restlichen 80 % zwischengelagert werden, ist das Verhalten des Erntegutes im Lager für die Beurteilung von Ernteverfahren von größter Bedeutung.

2.4.1 Ernteverfahren

Die mechanisierte Ernte hat in den hiesigen Anbaubereichen bisher nur vereinzelt Eingang in die Praxis gefunden. Frischmarktkohl und Lagerkohl für die Verarbeitung wird heute fast ausschließlich von Hand geerntet. Abhängig von der Betriebsgrößenstruktur und traditionellen Bindungen in den einzelnen Anbaubereichen werden verschiedene Ernteverfahren von der reinen Handernte über die Verwendung von Landhilfen bis zur vollmechanischen Ernte angewendet.

Die Handernte wird je nach Anbaufläche, Verwendungszweck des Erntegutes und Verfügbarkeit von Arbeitskräften als Handschnitt mit Direktladung oder Schwabablage und Laden in einem getrennten Arbeitsgang praktiziert (Abb.10).

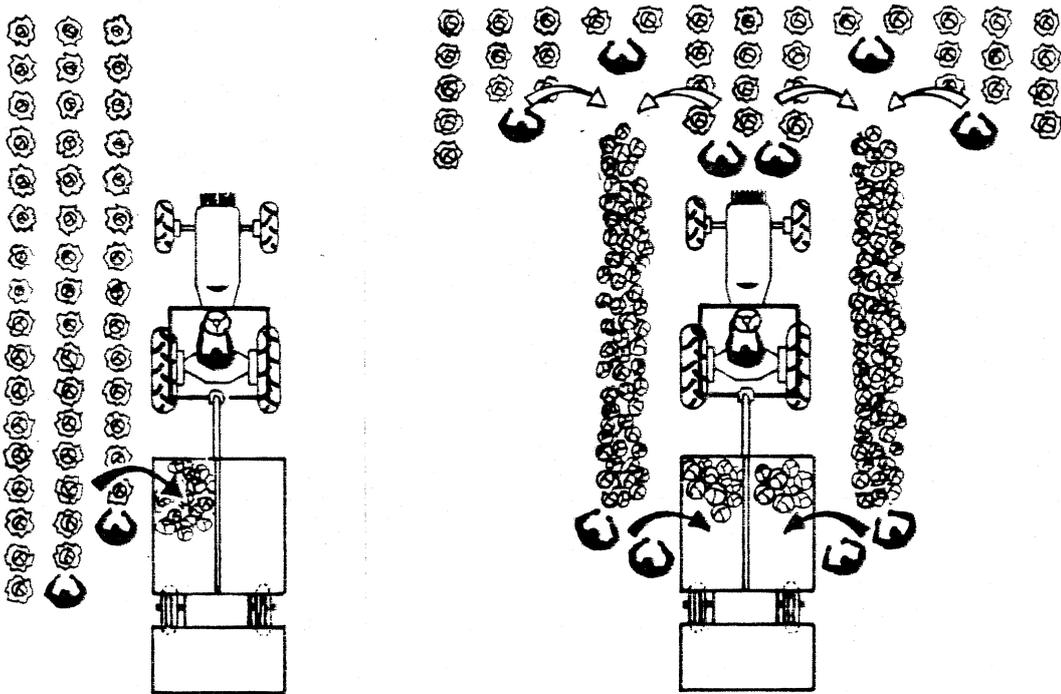


Abb.10: Handernteverfahren -Handschnitt mit sofortiger Beladung des Wagens "Direktladung"(links); Handschnitt mit Schwabablage (rechts)

Infolge der beschränkten Reichweite der Arbeitskräfte können beim Schneiden mit Direktladen nur jeweils 2 bis 4 Reihen geerntet werden. Die körperliche Belastung ist relativ hoch, so daß dieses Ernteverfahren nur für den kleinflächigen Anbau und in Verbindung mit familieneigenen Arbeitskräften in Frage kommt. Der Arbeitszeitaufwand für das Schneiden und Laden auf Anhänger oder in Großkisten beläuft sich auf 150 Akh/ha (49). Durch erhöhten Leistungsgrad bei der Ernte von kleinen Partien und der Verwendung von Tiefladern (Bordwandhöhe ≤ 1 m) kann der Arbeitszeitaufwand auf ca. 80 Akh/ha reduziert werden.

Im großflächigen Anbau werden absätzigere Verfahren bevorzugt. Beim Handschnitt mit Schwadablage legt eine Arbeitsgruppe den Kohl auf Schwad (Abb. 10), eine zweite lädt auf Tief-lader in Großkisten oder Großkontainer. Bei Industriekohl ist mit diesem Ernteverfahren abhängig von Ertragsorte und Kopfgewicht ein Arbeitszeitaufwand von 130 bis 150 Akh/ha erforderlich. Beim Laden von landwirtschaftlichen Anhängern ermöglicht die Verwendung von Gabeln eine Einsparung von rund 30 Akh/ha.

Für die Ernte von Kohlgemüse, Salat o.a. vornehmlich für den Frischmarkt sind Erntehilfen verschiedener Bauart im Einsatz (54, 56). Im großflächigen Einsatz in der DDR konnte durch den Einsatz von Ladehilfen der Arbeitszeitaufwand um 60 % reduziert werden (83).

Erste Lösungen zur vollmechanischen Ernte in den USA sind aus dem Jahre 1961 bekannt (80). Im Jahr 1967 wurden ca. 20 % der Anbaufläche in den USA vollmechanisch geerntet (71). In Europa begann zu diesem Zeitpunkt die Entwicklung erst, 1966 in der DDR und UDSSR (13), 1969 in Holland (70) und der BR Deutschland (15, 63). Die gegenwärtig in Europa verfügbaren Erntemaschinen sind in Tabelle A2 zusammengefaßt. (siehe Anhang)

Von den beiden grundsätzlichen Arbeitsverfahren der mechanischen Kopfkohlernte, dem Köpfverfahren und Raufverfahren (Abb.11) hat sich Letzteres allgemein durchgesetzt. Das Köpfverfahren, bei dem der Strunkschnitt im Stand ausgeführt und der Kopf anschließend aufgenommen wird, stellt wegen der Standungenauigkeiten, insbesondere der verschiedenen Strunklängen, hohe technische Anforderungen an die Schnittführung. Beim Raufverfahren wird der Kopfkohl mit der Wurzel ausgerissen und in der Maschine einer fixierten Strunk-Schneideeinrichtung zugeführt.

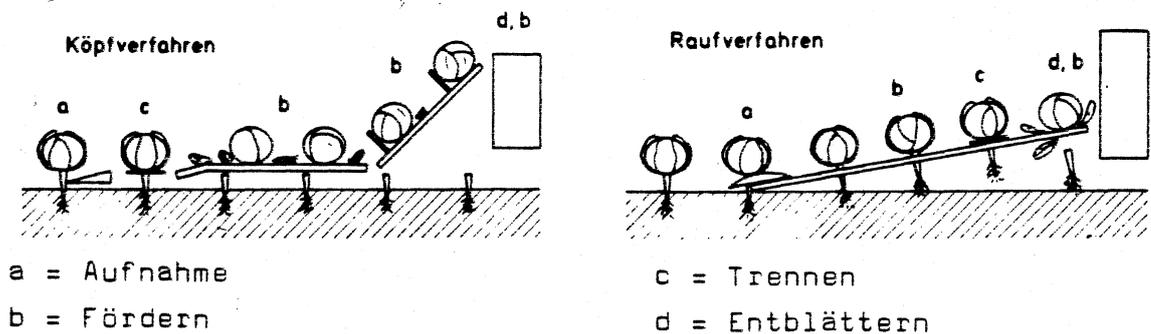


Abb.11: Arbeitsverfahren der mechanischen Kopfkohlernte
(aus Kirschke 1975)

Für die Funktionen Aufnehmen, Trennen, Entblättern und Fördern sind jeweils eine Reihe technischer Lösungen bekannt (Abb. 12). Voraussetzung für eine exakte Aufnahme ist zunächst das Ausrichten der Köpfe, die besonders infolge höherer Kopfgewichte beträchtlich vom Standort abweichen können. Dazu dienen rotierende Aufnahmescheiben, Torpedoschnecken oder Schneckenwalzen. Schräg ansteigende paarweise angeordnete Schneckenwalzen oder gezahnte Gummiriemen ziehen den Kopfkohl samt Strunk aus dem Boden. Ein Abdeckband drückt die Köpfe gegen die Raufwalzen.

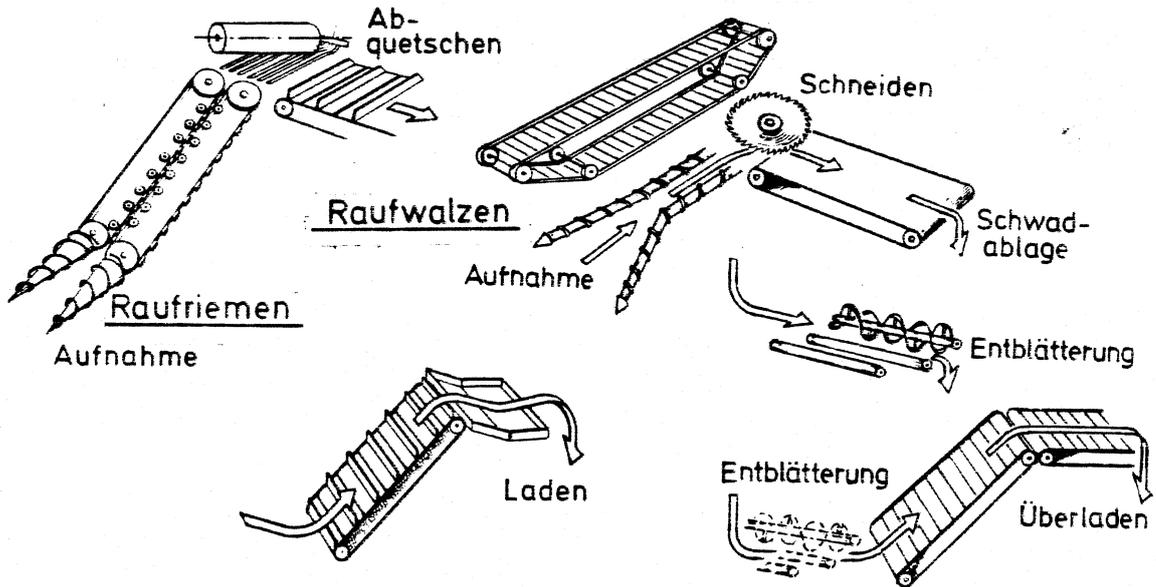


Abb.12: Erntesysteme nach dem Raufverfahren

Die Strunktrennung erfolgt durch Kreissägen oder Quetschleistung (Abb.13). Eine zusätzliche Ausrichtung der Köpfe kann durch Leitbleche über den Raufriemen bzw. durch ein weiteres Walzenpaar unter den Raufwalzen erreicht werden.

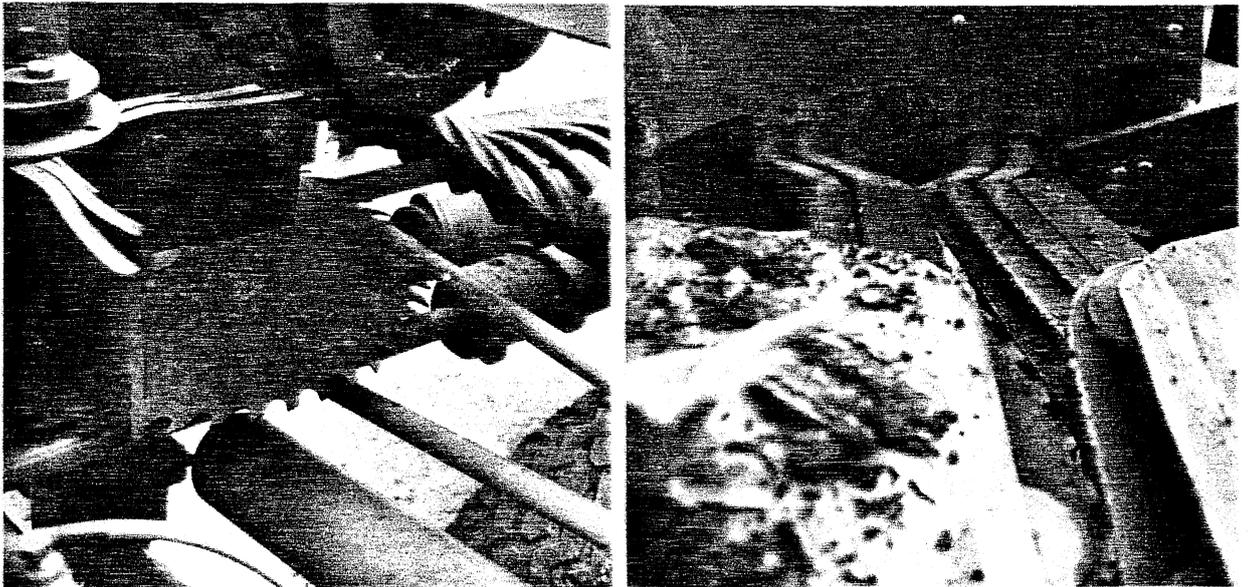


Abb.13: Strunktrennung mit Kreissäge (links) oder Quetschleisten (rechts)

Die Entblätterung, d.h. die Entfernung loser Umblätter erfolgt durch eine Kombination von zwei Entblätterungswalzen und einer Förderschnecke (Abb.14). Für die Ernte von Lagerkohl, z.B. mit Windsichtung verschiedentlich in Erprobung.

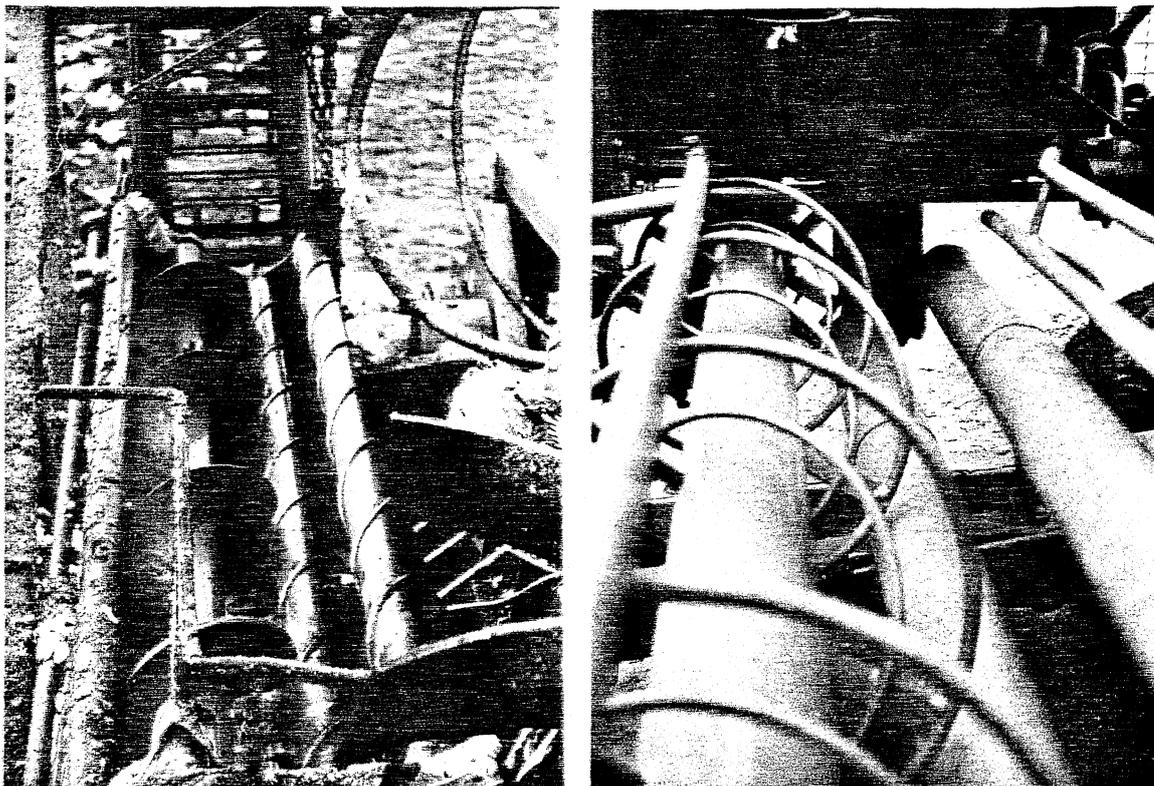


Abb.14: Entblätterungsanlagen mit geriffelten oder glatten Entblätterungswalzen (Konsimpex, Bleinroth)

Das weitere Fördern des Erntegutes erfolgt entsprechend dem Ernteverfahren auf Längsschwad, über einen Elevator auf Transportfahrzeuge oder in einen Bunker.

Durch die Mechanisierung des Schnittes und Laden von Hand in Großkisten auf Tieflader (Abb. 15) kann der Arbeitszeitaufwand gegenüber der reinen Handernte nur um etwa 80 Akh/ha gesenkt werden. Dieses Ernteverfahren muß als Übergangslösung zu vollmechanischen Verfahren mit Überladung oder Bunker betrachtet werden. Der Arbeitszeitaufwand für die vollmechanische Ernte mit Überladen auf Anhänger beläuft sich auf 23 bis 25 Akh/ha (10 ,20 ,29 ,65) .

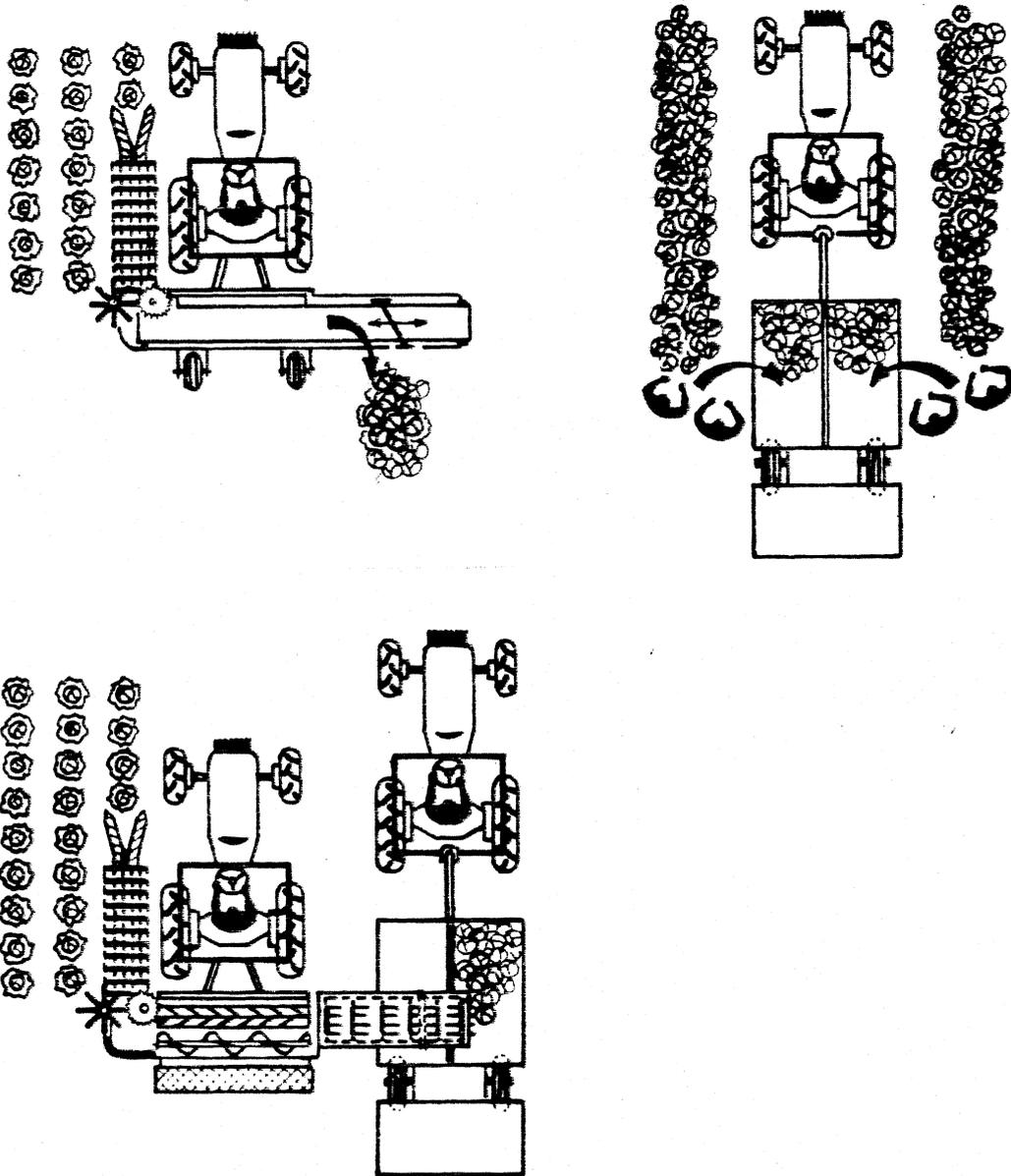


Abb.15: Ernteverfahren zur teilmechanischen Ernte (oben)
und vollmechanischen Ernte (unten)

2.4.2 Versuchsbeschreibung

Das eine vollmechanische Ernte von Industriekohl für die direkte Verarbeitung möglich ist, hat schon KIRSCHKE 1975 gezeigt (39). Nachdem die Zwischenlagerung von etwa 4/5 der Erntemenge an Industriekohl von der kurzfristigen Haufenlagerung bis zur mehrmonatigen Kühllagerung unabdingbar ist, wurden die Untersuchungen besonders auf diesen Bereich ausgerichtet. Wegen der möglichen Auswirkungen der mechanischen Beanspruchung des Erntegutes durch die Erntemaschine auf den Lagererfolg war es notwendig, neben der Nachernte-Qualität auch die Qualität nach erfolgter Lagerung zu erfassen. Die Untersuchungen wurden auf zwei Betrieben in Aufhausen in Niederbayern mit großflächigem Anbau, leistungsfähigen Handernteverfahren und Möglichkeiten zu Frischluft- und Kühllagerung durchgeführt.

Die in den Vorversuchen im Herbst 1978 verwendeten Erntemaschinen kamen mit teils erheblichen Veränderungen im Jahr 1979 wieder zum Einsatz. Damit sind die Ergebnisse der beiden Versuchsjahre nicht direkt vergleichbar, zumal die einzelnen Maschinen 1978 nicht in vergleichbaren Beständen eingesetzt werden konnten. Die nachfolgenden Ausführungen und Ergebnisse beziehen sich nur auf die im Herbst 1979 durchgeführten Untersuchungen.

Das Erntegut für die Qualitätsbeurteilung und die Lagerversuche wurde unter vergleichbaren Bedingungen am 22. November 1979 aus einem Bestand der örtlichen Hauptlagersorte "Hidena" geerntet. Die Bonitierung und Einlagerung des Erntegutes erfolgte an den folgenden Tagen.

Neben dem betriebsüblichen Handernteverfahren als Kontrolle kamen drei Erntemaschinen zum Einsatz:

Maschine A: Raufwalzensystem mit Schwadablage

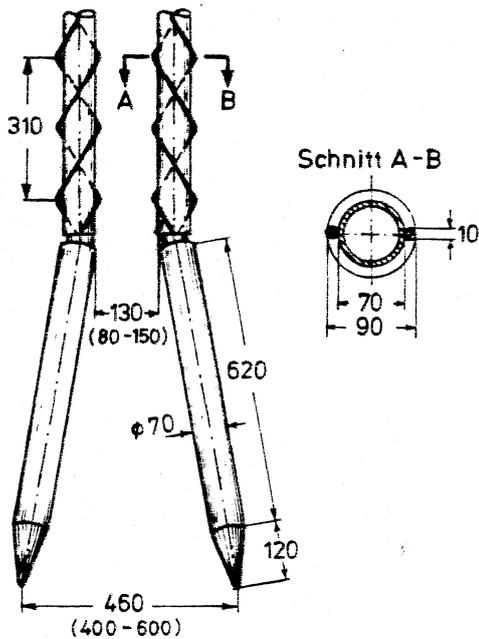
Maschine B: Raufwalzensystem mit Entblätterung und Überladeband

Maschine C: Raufriemensystem mit Elevator und Überladetisch

Beim Händernteverfahren schneiden sechs Arbeitskräfte 12 Reihen und legen die Köpfe auf 2 Schwade ab. Eine Gruppe von acht Arbeitskräften + Schlepperfahrer lädt den Kohl in einem getrennten Arbeitsgang auf Tieflader mit je 3 Kohlkisten (Bordwandhöhe 1,3 m). Beim Handladen arbeiten je zwei Arbeitskräfte zusammen, indem die eine den Kohl vom Schwad aufnimmt und der anderen zur Ablage in die Kiste weiterreicht. Die beiden Arbeitskräfte tauschen ihre Position von Zeit zu Zeit und vermeiden damit einseitige Körperbelastung.

Maschine A eine Anbaumaschine der Fa. Bächt war für die Schwadablage eingerichtet. Das Ausrichten der Kohlköpfe erfolgt hier durch gespreizte rotierende Glattwalzen (Abb.16). An diese schließen Raufwalzen mit einem 2-gängigen Schneckenprofil an. Ein synchron mit der Fördergeschwindigkeit der Raufwalzen umlaufendes Andrückband preßt die Köpfe auf die Raufwalzen und gewährleistet einen guten Griff des Schneckenprofils. Die Trennung des Strunkes erfolgt durch ein in der Höhe verstellbares (Distanzscheiben) Kreissägeblatt. Ein vertikal rotierendes Gummi-Schaufelrad über dem Kreissägeblatt fördert die Kohlköpfe auf ein quer zur Fahrtrichtung angeordnetes Gurt-Förderband. Der Abwurf auf dem Längsschwad erfolgt mit Hilfe einer großdimensionierten Förderschnecke, die auch in Hanglagen einen sicheren Abwurf gewährleistet. Die stufenlose Verstellbarkeit der Abwurfvorrichtung erlaubt den Abwurf von 5 Reihen auf einen Schwad.

Die Maschine wird über die Schlepperzapfwelle mechanisch angetrieben, die Verstellung der Abwurfvorrichtung erfolgt elektrisch. Die Anpassung der Fördergeschwindigkeit der Aufnahmevorrichtung an die Fahrgeschwindigkeit muß entsprechend der Geschwindigkeitskennlinie des gewünschten Ganges durch Wechsel eines Kettenrades erfolgen. Die Maschine wurde im Versuch im Heckanbau an einem Eicher Allrad 68 kW eingesetzt. An Trac-Schleppern kann die Maschine auch in Frontanbau betrieben werden.



Maße in mm

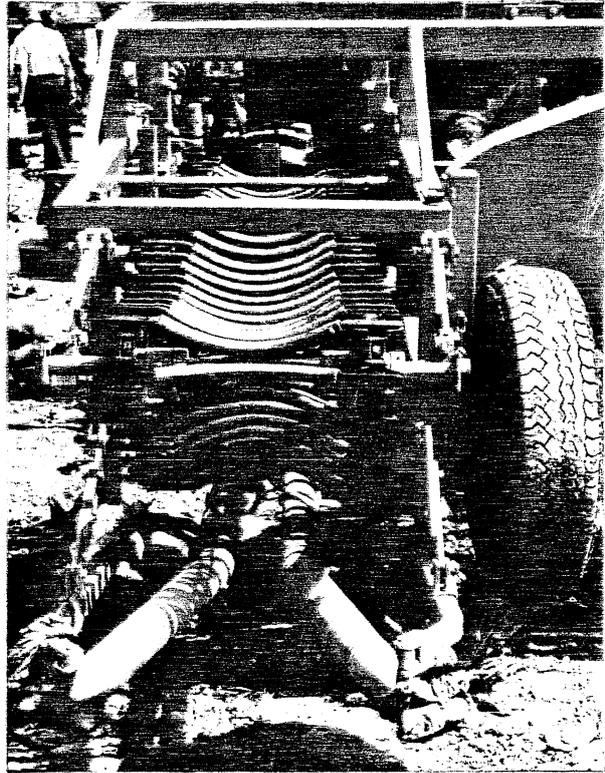


Abb.16: Kopfkohl-Erntemaschine mit glatten Aufnahmewalzen und Raufwalzen mit 2-gängigem Schneckenprofil (Fa. Bächt)

Die Maschine B der Fa. Bleinroth war als Anhängemaschine mit Überladeband ausgelegt. Das Ausrichten der Köpfe erfolgt hier im Unterschied zu Maschine A durch gespreizte Walzen mit Schneckenprofil (Abb.17). Die Raufwalzen sind mit einem 1-gängigen Schneckenprofil versehen. Das Kreissägeblatt zur Strunktrennung ist über eine Spindel höhenverstellbar. Die Kohlköpfe werden wie bei Maschine A durch ein Gummi-Schaufelrad zur Querförderung umgelenkt. Die Querförderung ist hier als Windsichtung ausgelegt. Zwei V-förmig angeordnete Querförderbänder mit unterschiedlicher Bandgeschwindigkeit versetzen die Kohlköpfe in Taumelbewegungen. Der Luftstrom eines Radialgebläses bläst das lose Umblatt nach hinten weg (Abb.18). Das Erntegut gelangt schließlich auf einen Elevator mit hydraulisch neigbaren Überladeteil zur Verminderung der Fallhöhen.

Die Anhängemaschine wird über eine zapfwellengetriebene Hydraulikpumpe voll hydraulisch angetrieben und verfügt über eine hydraulische Steuerung. Alle wichtigen Funktionen sind über Stromventile regelbar. Die Fördergeschwindigkeit der Aufnahmeeinrichtung wird über ein hydraulisches Regelsystem (Orbitrol) in allen Geschwindigkeitsbereichen exakt auf die Fahrgeschwindigkeit abgestimmt.

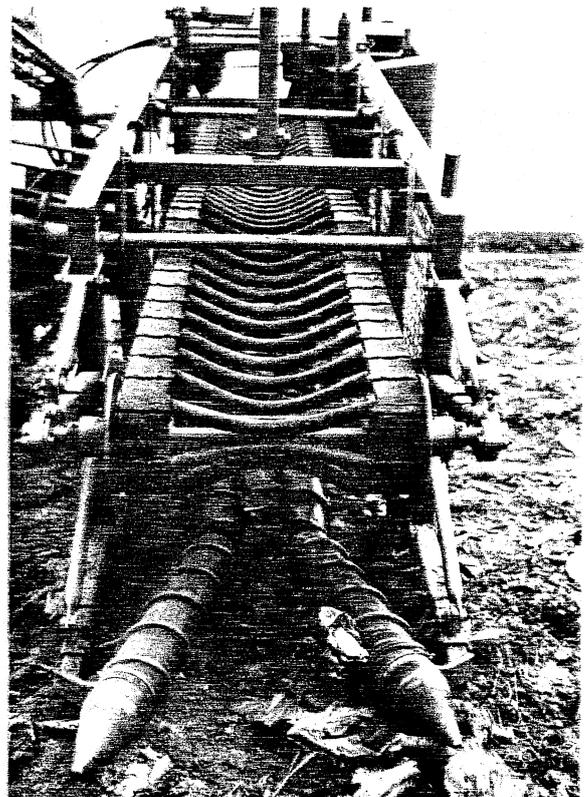
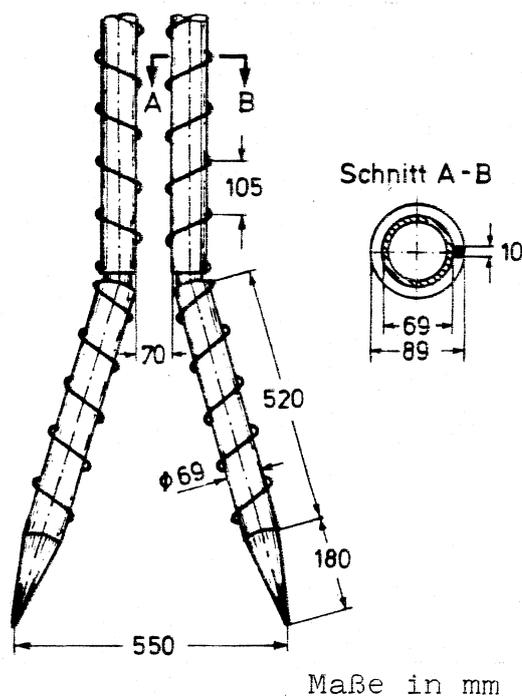


Abb.17 : Kopfkohl-Erntemaschine mit Aufnahmeschnecken und Raufriemen mit 1-gängigen Schneckenprofil (Fa. Bleinroth)

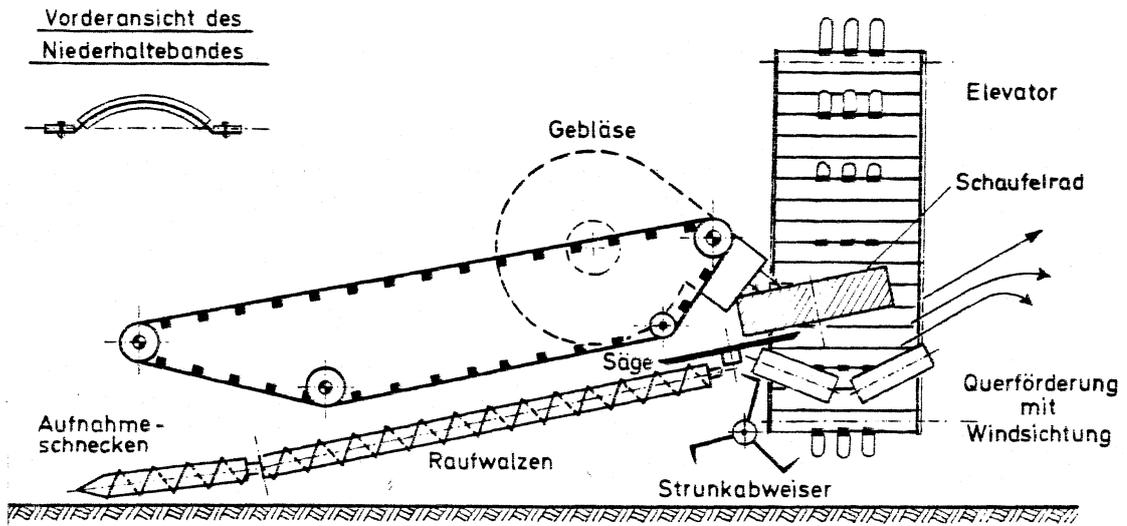
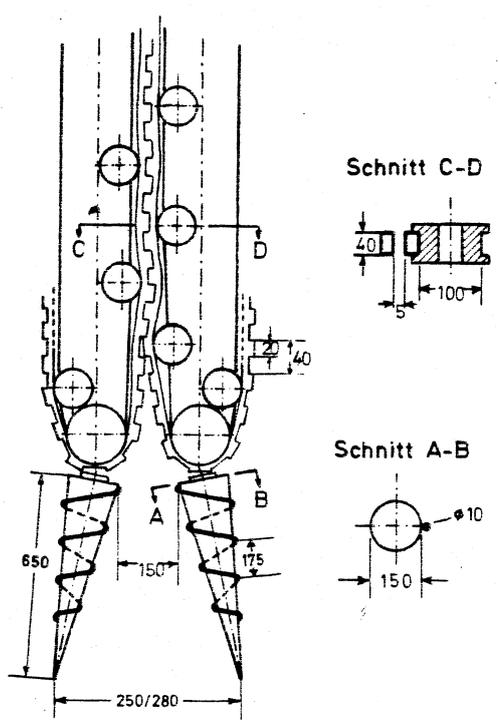


Abb.18 : Funktionsschema einer Kopfkohl-Erntemaschine mit Raufwalzen und Windsichtung

Bei der Maschine C handelt es sich um einen Prototyp der Fa. ASA-Lift mit Raufriemen. Die Kohlköpfe werden durch rotierende Torpedos mit Schneckenprofil aufgerichtet, von Gummizahnriemen am Strunk erfaßt und mit der Wurzel aus dem Boden gehoben (Abb.19). Die Strünke werden durch Quetschleisten abgetrennt. Eine Umlenkwalze aus PU-Schaum wirft die Kohlköpfe von den Quetschleisten auf einen leicht ansteigenden Querförderer ab (Abb.20). Ein Überladetisch am Ende des Querförderers ermöglicht die Handabnahme zur Befüllung von Großkisten.

Die Heckenbaumaschine wird über eine zapfwellengetriebene Hydraulikpumpe angetrieben. Alle Antriebe können über Stromventile geregelt werden. Die Maschine wurde an einem Eicher Allrad 68 kW betrieben.



(Angaben in mm)

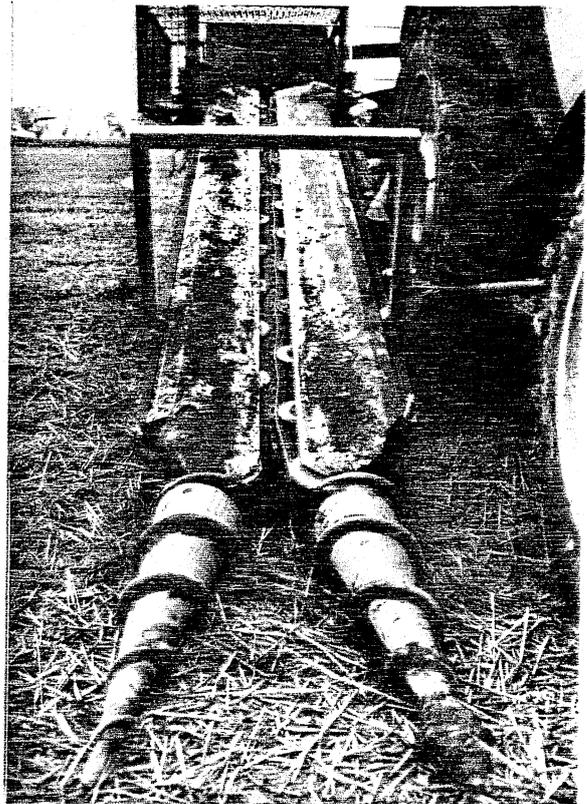


Abb.19: Kopfkohl-Erntemaschine mit Torpedoschnecken und Raufriemen (Fa. ASA-Lift)

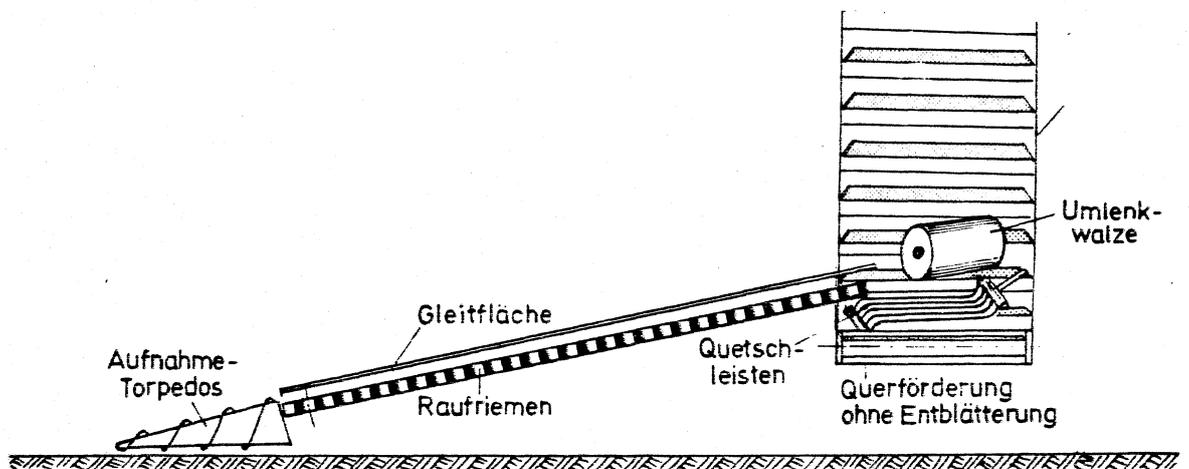


Abb. 20: Funktionsschema einer Kopfkohl-Erntemaschine mit Raufriemen

Bei den für Transport und Lagerung verwendeten Großkisten handelt es sich um ungenormte Spezial-Kohlkisten mit einem Nettovolumen von $1,65 \text{ m}^3$, entsprechend einem Fassungsvermögen von 750 - 800 kg Kohl (Abb.21). Das Leergewicht liegt bei 62,5 kg. Die Großkisten wurden zu je 3 Stück in Längsrichtung auf einem Tieflader von 0,4 m Ladehöhe transportiert und mit einem Gabelstapler eingelagert.

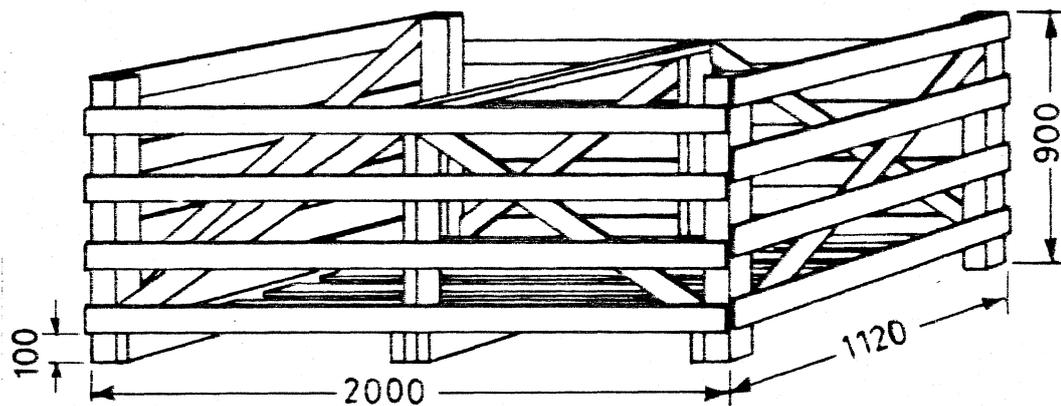


Abb. 21: Spezial-Kohlkiste
(weitere Kohl-kisten-Abmessungen im Anhang)

2.4.3 Methodik

Zur Beurteilung der Erntequalität waren die sichtbaren Beschädigungen und der Strunkschnitt, sowie Schwund, Fäulnis und Putzabfall nach erfolgter Lagerung zu beurteilen. Zur Charakterisierung des Bestandes wurden vor der Ernte die Bestandeskenndaten ermittelt. Aus dem Erntegut der zu prüfenden Ernteverfahren wurden je 4 Stichproben á 50 Kohlköpfe für die Bonitur der Beschädigung und des Strunkschnittes und jeweils die gleiche Anzahl für die Lagerung im Frischluft- und Kühllager gezogen.

Die Stichproben des Handernteverfahrens wurden aus 3 zufällig aus der Tageserntemenge entnommenen Großkisten gezogen. Der mit Maschine A geschnittene und auf Schwad gelegte Kohl

wurde entsprechend dem Handernteverfahren in Großkisten geladen. Von Maschine B mit Überladeband bzw. C mit Überladetisch wurde der Kohl von 3 Arbeitskräften abgenommen und in Großkisten auf einen parallel fahrenden Tieflader abgelegt. Ein direktes Überladen mit Maschine B schien nicht sinnvoll, da ein geeigneter Entschleuniger nicht zur Verfügung stand.

Die Vorversuche hatten gezeigt, daß eine Bonitierung der Beschädigung nach KIRSCHKE mit der Unterscheidung nach Art, Fläche und Tiefe der Beschädigung für die Untersuchung zu aufwendig war und nicht mit den Qualitätsanforderungen der Industrie übereinstimmt. Außerdem hatte sich bei den Lagerversuchen gezeigt, daß für die Ausbreitung eines Fäulnisherdes vor allem die Tiefe, d.h. die Anzahl der beschädigten Blattschichten und nicht die Fläche der Beschädigung maßgebend ist.

In Anlehnung an die Beurteilungskriterien von PINKAU 1979 (74) wurde die Tiefe der Beschädigungen d.h. die Anzahl der Blattlagen nach folgender Klassifizierung bonitiert:

- leichte Beschädigung bis 3 Blattlagen
- mittlere Beschädigung 4 bis 5 Blattlagen
- starke Beschädigung 5 und mehr Blattlagen

Gleichzeitig wurde die Lage der Beschädigung am Kopf festgehalten.

Der Strunkschnitt wurde nach Lage der Trennfläche entsprechend Abbildung 22 in Normal-, Hoch-, und Tiefschnitt klassifiziert. Entsprechend dem Verwendungszweck zur Einlagerung wurde ein Strunkschnitt angestrebt der 2 Umblätter als Schutz vor Beschädigung und Transpiration am Kopf beließ. Der Bereich von 0 bis 3 festhaftenden Umblättern wurde als Normalschnitt angesehen. War der Kopf angeschnitten, wurde als Hochschnitt bei mehr als 3 Umblättern als Tiefschnitt bonitiert.

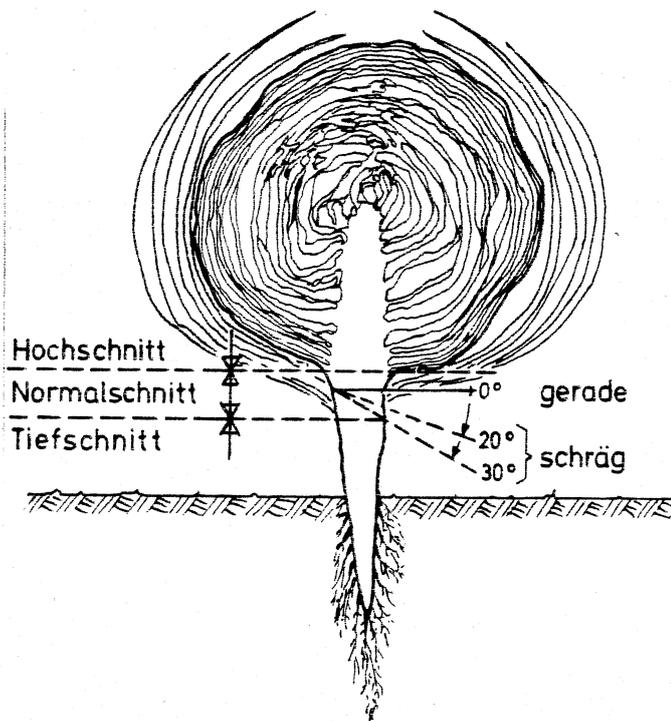


Abb. 22: Strunkschnitte bei Kopfkohl (geändert nach KIRSCHKE)

Schrägschnitte können das Ausbohren der Strünke beeinträchtigen. Erfahrungsgemäß können auf freien Bohrwerken Schrägschnitte zu einer Abweichung von 20° vom ebenen Schnitt und auf automatischen Bohrwerken bis 30° einwandfrei bewältigt werden. Entsprechend wurde bei der Bonitur in Schrägschnitte $> 20^\circ \geq 30^\circ$ und $> 30^\circ$ unterschieden. Eine Lehre mit entsprechenden Winkeln diente im Zweifelsfall als Entscheidungshilfe.

Zur Einlagerung wurden die einzelnen Stichproben gewogen und aus dem Gewicht nach der Auslagerung der Schwund errechnet. Die Bonitur der Fäulnis erfolgte entsprechend der Qualitätsanforderungen der Verarbeitungsindustrie für Lagerkohl.

Danach wurde unterschieden:

- Faulstellen mit Durchmesser ≤ 50 mm
- Faulstellen mit Durchmesser > 50 mm
- Strunkfäulnis

Maximal drei Faulstellen bis zu einem Durchmesser von 50 mm werden von der Industrie ohne Nachputzen akzeptiert, größere Faulstellen müssen vor Anlieferung entfernt werden. Köpfe mit Strunkfäulnis in fortgeschrittenem Stadium müssen meist verworfen werden. Sämtliche ausgelagerten Stichproben wurden nach erfolgter Bonitur weiß geputzt und der Putzabfall durch Wägung festgestellt.

2.4.4 Versuchsergebnisse

Die Ergebnisse der Ernterversuche werden nachfolgend jeweils getrennt nach Kopfbeschädigung, Strunkschnitt, Fäulnis, Schwund und Putzabfall dargestellt. Die Beschädigung wird als relativer Anteil beschädigter Köpfe ausgewiesen. Bei mehreren Beschädigungen ist die größte Beschädigung maßgebend. Die angegebenen Werte stellen Mittelwerte aus 4 Wiederholungen dar und wurden mit Hilfe des "multiple range-test" von DUNCAN geprüft.

Die Beschaffenheit des Kohlbestandes hat einen nicht unwesentlichen Einfluß auf die Funktion der Erntemaschinen und damit auf die Qualität des Erntegutes. Lückenlose Bestände mit einheitlichen Köpfen, hoher Dichte und guter Standfestigkeit wirken sich in dieser Hinsicht positiv aus. Zum Erntezeitpunkt wurde in dem durch Direktsaat erstellten Kohlbestand der Sorte "Hidena" folgende Bestandeskennwerte ermittelt.

Reihenabstand	:	67.0 cm	Kopfdichte	0.95 g/cm ³
Pflanzenabstand	:	46.0 cm	Kopfdurchm.vert.:	20.4 cm
Pflanzen pro ha	:	32 500	Kopfdurchm.kor	:19.2 cm
Ertrag:	:	1 021dt/ha	Strunklänge	:14.2 cm
Kopfgewicht:	:	3,1 kg	Strunkdurchm.	: 5.4 cm

Das relativ geringe Kopfgewicht in Verbindung mit kurzen Strünken ergab eine gute Standfestigkeit mit durchschnittlichen Abweichungen der Köpfe quer zur Reihe von 7 cm und in der Reihe von 5 cm. Der Pflanzenbestand von 32 500 verwertbarer Kohlköpfe pro ha weist auf einen weitgehend lückenlosen Bestand hin.

2.4.4.1 Kopfbeschädigung

Für die direkte Verarbeitung des Erntegutes können zunächst die leichten Beschädigungen bis zu drei Blattschichten tief vollkommen außer acht gelassen werden. Verarbeitung mechanisch geernteten Kohls schließt ohnehin einen Entblätterungsvorgang im Anschluß an das Strunkbohren ein, wobei die oberen Blattlagen entfernt werden. In Abbildung 23 ist deshalb neben der Gesamtbeschädigung der Anteil der "mittleren" und "starken" Beschädigungen, d.h. Beschädigungen mit einer Tiefe von 4 und mehr Blattschichten, aufgetragen. Zur Beurteilung der Lager-eignung des Erntegutes ist auch die "leichte" Beschädigung von Bedeutung, da jede Beschädigung als möglicher Ausgangspunkt für Fäulnis angesehen werden muß.

Die Ergebnisse zeigen, daß mit einem leistungsfähigen Hand-ernteverfahren über die Hälfte der Kohlköpfe beschädigt sein können, die allerdings größtenteils als "leicht" (≤ 3 Blattlagen) anzusehen sind. Nur etwa 1/4 der Gesamtbeschädigung fällt in die Klasse "mittel" (4 bis 5 Blattlagen). "Stark" beschädigte Köpfe (≥ 5 Blattlagen) treten mit weniger als 2 % nur relativ selten auf.

Die Beschädigung durch die Raufwalzenmaschinen liegt gesichert (1 % -Niveau) über der der Handernte, während die Unterschiede zwischen Maschine A und B nicht signifikant sind. Auffallend ist die Verschiebung der Beschädigungsanteile in Richtung "mittlere" und "schwere" Beschädigungen. Etwa die Hälfte der beschädigten Kohlköpfe war in diese Klassen

einzuordnen. Der Anteil der stark "beschädigten" Köpfe liegt mit 1/5 der Beschädigten vergleichsweise hoch.

Die Beschädigung durch die Raufriemenmaschine liegt überraschenderweise unter den Werten der Handernte. Diese Differenz ist allerdings nicht gesichert, während die Differenzen zu den Raufwalzenmaschinen signifikant sind. Bei der Raufriemenmaschine liegt der Anteil der Klassen "mittelstark" mit etwa 1/5 der beschädigten Köpfe noch wesentlich günstiger als bei der Handernte.

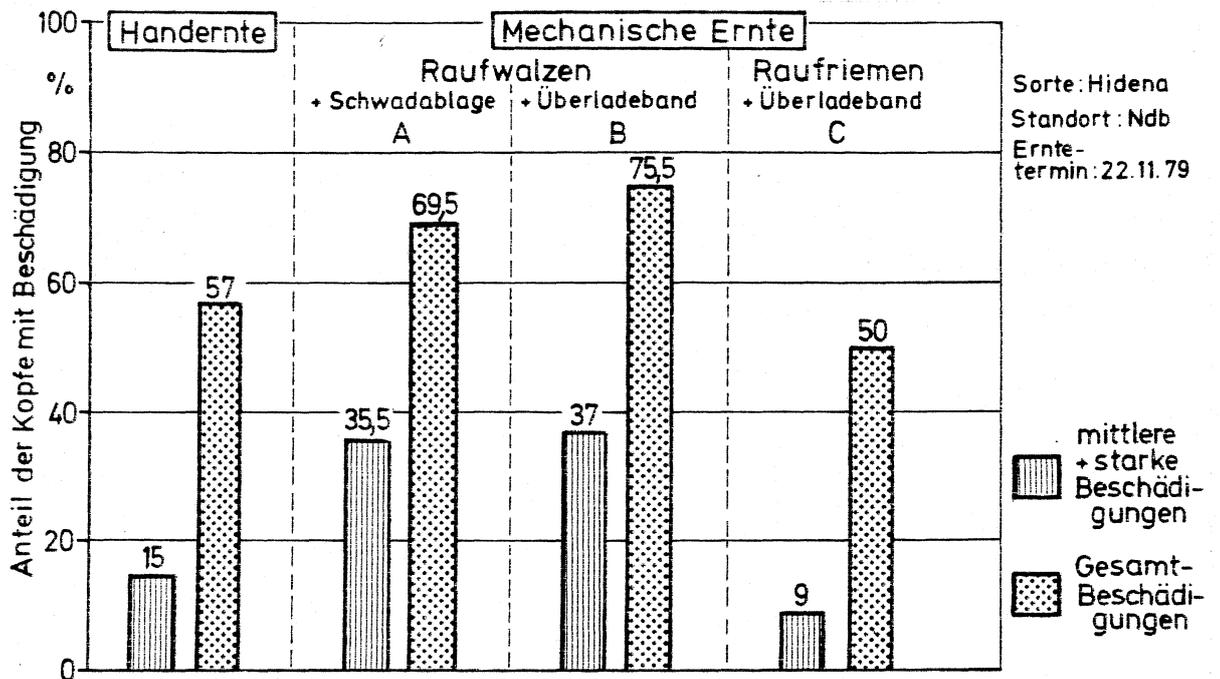


Abb. 23: Beschädigung beim Kopfkohl in Abhängigkeit vom Ernteverfahren

Beim Handernteverfahren mit Schwadablage liegen die Beschädigungsquellen bei der Ablage auf den Schwad und in der Großkiste. Auch bei allgemein sorgfältiger Arbeitsweise treten hier bedingt durch die Ermüdung der Arbeitskräfte größere Wurfweiten bzw. Fallhöhen auf, die vor allem beim Aufprall eines Kopfes auf den Strunk eines anderen auch zu mittleren Beschädigungen führen können.

Bei den Raufwalzenmaschinen kann die Beschädigung durch die Raufwalzen vernachlässigt werden, da weniger als 10 % der Beschädigungsstellen im unteren Bereich der Köpfe lokalisiert sind. Beschädigungen dürften vor allem beim Übergang von der Strunktrennung auf die Querförderung durch das Schaufelrad und den Anprall an ungeschützte Kanten der Förderbandabtrennung entstehen. Bei Maschine A kommt noch die Abwurfschnecke und die Fallstufe zum Schwad und bei der Maschine B der Übergang auf den Elevator als Beschädigungsquelle hinzu.

Bei der Raufriemenmaschine können vor allem die durch das Abquetschen oft scharfkantigen Strünke beim Aufprall auf andere Kohlköpfe auf den Überladetisch und in der Großkiste zu Beschädigungen führen.

2.4.4.2 Strunkschnitt

Der korrekte Strunkschnitt, für die Handernte im allgemeinen kein Problem, ist bei der mechanischen Ernte einer ganzen Reihe von Einflüssen unterworfen. Während die menschliche Arbeitskraft auf Abweichungen im Bestand, wie z.B. die Lage des Kopfes, Kopfform und Kopfgröße eingehen kann und einen individuellen Schnitt ansetzt, muß bei der Maschine entsprechend der Größe dieser Abweichungen mit einem gewissen Anteil von Fehlschnitten gerechnet werden. Die Qualität des Strunkschnittes hängt letztlich von der Fähigkeit des Systems ab, den Kohlkopf korrekt aufzunehmen, möglichst nachzurichten und in der Lage fixiert der Schneidvorrichtung zuzuführen.

Ein zu tiefer Schnitt hat überflüssiges Umblatt und einen vorstehenden Strunk zur Folge, der Beschädigungen an anderen Kohlköpfen verursachen kann. Ein zu hoher Schnitt verursacht einen Masseverlust durch Anschnitt des Kopfes und mangels Umblatt einen höheren Schwundverlust im Lager. Schrägschnitte sind neben eventuellen Schwierigkeiten beim Ausbohren des Strunkes mit einem einseitigen Verlust des Umblattes verbunden und können infolge scharfer Kanten am Strunk zu Beschädigungen an anderen Kohlköpfen führen. In Abbildung 24 sind nur Schrägschnitte $> 30^\circ$ dargestellt, weil davon ausgegangen werden kann, daß freie Bohrwerke nur mehr vereinzelt in Betrieb sind und moderne Bohrwerke mit automatischer Fixierung des Kopfes bei Schrägschnitten bis 30° störungsfrei arbeiten.

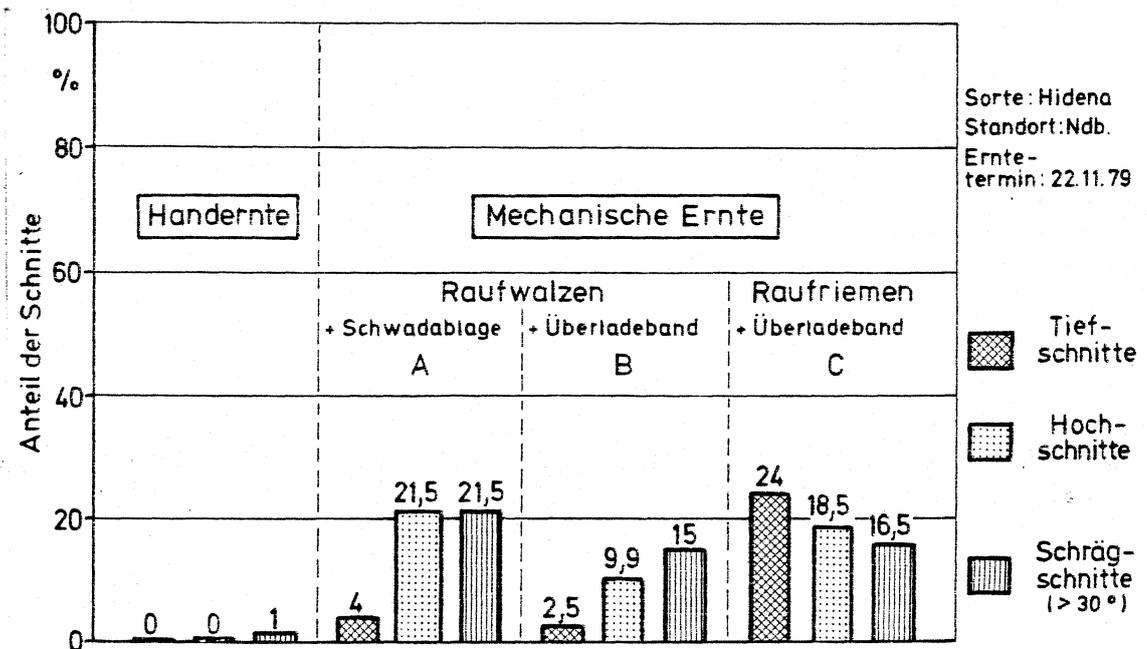


Abb.24: Anteil der Fehlschnitte bei der mechanischen Kopfkohlernte

Der Anteil von Tief- und Hochschnitten müßte sich bei korrekter Einstellung der Trennhöhe in etwa die Waage halten. Der höhere Anteil von Hochschnitten bei den Raufwalzenmaschinen war demnach auf nicht exakte Einstellung der Trennhöhe zurückzuführen. Bei Maschine A war allerdings infolge eines veränderten Strunkauswerfer der Einstellbereich erschöpft. Dieser Fehler wurde nach Auskunft des Herstellers inzwischen behoben. Die bessere Schnittqualität bei der Maschine B, besonders der geringe Anteil an Schrägschnitten, ist sicherlich zu einem großen Teil auf die wegabhängige, hydraulische Steuerung der Fördergeschwindigkeit im Aufnahmeteil zurückzuführen. Es kann nicht ausgeschlossen werden, daß auch bei Maschine A durch eine feinere Abstimmung der Geschwindigkeiten die Schnittqualität verbessert werden kann.

Bei Maschine C ist die vergleichsweise schlechte Schnittqualität systembedingt. Die Quetschleisten-Trennvorrichtung arbeitet ohne Fixierung des Kopfes. Die Schnitthöhe wird durch die Öffnung der Quetschleisten, deren Umlaufgeschwindigkeit und die Verweildauer der Köpfe auf der Trenneinrichtung bestimmt. Die Abstimmung ist entsprechend schwierig. Während die Kreissägeblätter der Raufwalzenmaschinen einen glatten Schnitt liefern, verursachen die Quetschleisten eine ausgesprochen ungleichmäßige, ausgefranste Trennfläche.

2.4.4.3 Fäulnis und Lagerverlust

Wenn, wie im Falle von Industriekohl, das Produktionsverfahren eine Lagerung des Erntegutes einschließt, dann muß für die Beurteilung der Arbeitsverfahren die Quantität und Qualität der Ware zum Zeitpunkt der Auslagerung mit berücksichtigt werden. Maßgebend für das Lagerergebnis ist neben den Transpirations- und Atmungsverlust, zusammengefaßt im Schwundverlust, vor allem der Verlust durch Fäulnis, der zum Teil im Putzverlust zum Ausdruck kommt. Schwundverlust und Putzverlust zusammen ergeben den Lagerverlust.

Im Frischlufthlager, einem ehemaligen Hähnchenmaststall, war der Kohl zwei Kisten hoch gestapelt. Die Frischluftzufuhr erfolgte über die ursprüngliche Lüftung. Das Lagerklima wurde vom Betriebsleiter sehr sorgfältig überwacht. Unter Ausnutzung günstiger Außentemperaturen konnte die Temperatur im Bereich 0°-3° C und die relative Luftfeuchte zwischen 90 und 94 % gehalten werden.

Die Stichproben wurden gegen Ende der Auslagerungsperiode nach einer Lagerzeit von 62 Tagen ausgewertet. Der Anteil der Köpfe mit Faulstellen ist in Abb. 25 dargestellt. Die Faulstellen hatten überwiegend eine Größe über 50 mm erreicht. Das Erntegut von Maschine A und B enthielt mehr als doppelt so viele Köpfe mit Fäulnis als das der Handernte, während Maschine C nur geringfügig darüber lag. Gesicherte Differenzen bestehen hier nur zwischen Handernte und Raufwalzenmaschinen bzw. Maschine C und Raufwalzenmaschinen. Die Differenzen zwischen Handernte und Maschine C bzw. zwischen Maschine A und B sind nicht gesichert. Geringfügige Strunkfäulnis trat nur beim Erntegut von Maschine C auf.

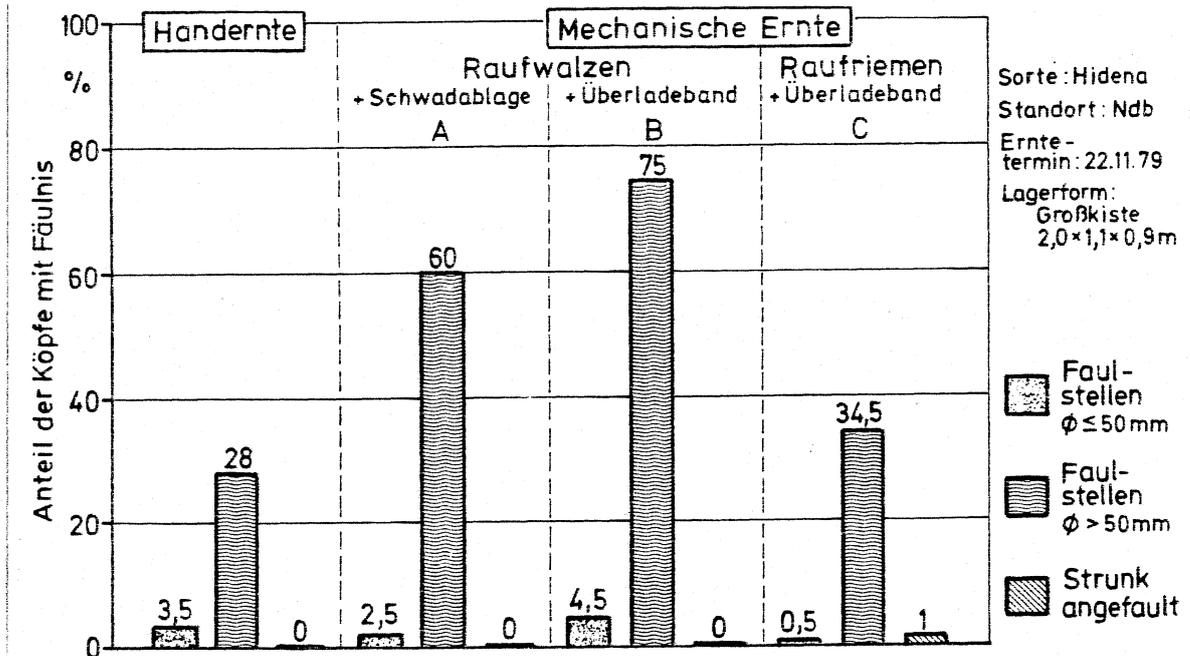


Abb.25 : Fäulnis bei Kopfkohl in Abhängigkeit vom Ernteverfahren nach 62 Tagen im Frischluftlager

Die Lagerverluste in Abb.26 zeigen der Tendenz nach einen ähnlichen Verlauf wie die Fäulnis. Die Schwundwerte liegen dicht beieinander, lediglich die Differenzen zwischen Maschine A und C bzw. B und C sind gesichert. Das Erntegut von Maschine C hatte mit umgerechnet 1,96 % pro Monat den geringsten Schwundverlust.

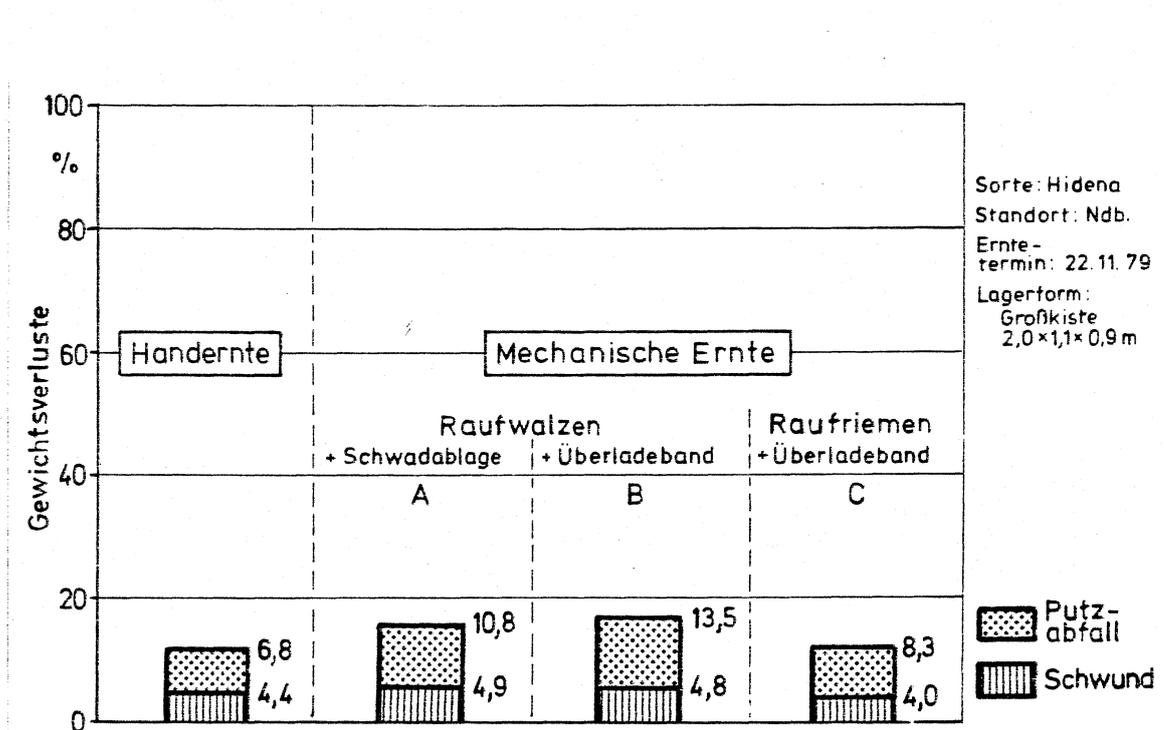


Abb.26: Schwund- und Putzverluste bei Kopfkohl in Abhängigkeit vom Ernteverfahren nach 62 Tagen im Frischluftlager

Die angefaulten Kohlköpfe konnten in allen Fällen nachgeputzt werden. Die Fäulnis hatte sich nur flächenhaft ausgebreitet ohne auf unbeschädigte Blattlagen überzugreifen. Der Putzverlust hielt sich damit auch bei der mechanisch geernteten Ware in Grenzen. Im Arbeitszeitaufwand für das Nachputzen ergaben sich allerdings deutliche Unterschiede. Für Maschine B waren mit 0,28 Akh/dt fast doppelt soviel aufzuwenden als für Maschine C mit 0,15 Akh/dt. Für die Handernte wurden 0,18 Akh/dt, für Maschine A 0,21 Akh/dt ermittelt.

Aus dem Kühllager wurde nach 102 Tagen, ebenfalls gegen Ende der Auslagerungsperiode, ausgelagert. Die Temperatur wurde hier sehr exakt zwischen $-0,5$ und $+0,5^{\circ}$ C geführt, die relative Luftfeuchte lag bei 94-96 %.

Der Anteil der Köpfe mit Faulstellen lag hier um $1/4$ bis $1/3$ niedriger als im Frischluftlager (Abb.27). Auffällig ist das verstärkte Auftreten von Strunkfäulnis, vor allem bei Maschine C. Die Gewichtsverluste durch Schwund und Putzabfall stimmen hier in der Relation, ebenso wie beim Frischluftlager, mit den Fäulniswerten überein (Abb.28). Die größte Differenz im Lagerverlust zwischen Handernte mit 14,5 % und Maschine A mit 22,8 % beläuft sich auf 8,3 Prozentpunkte.

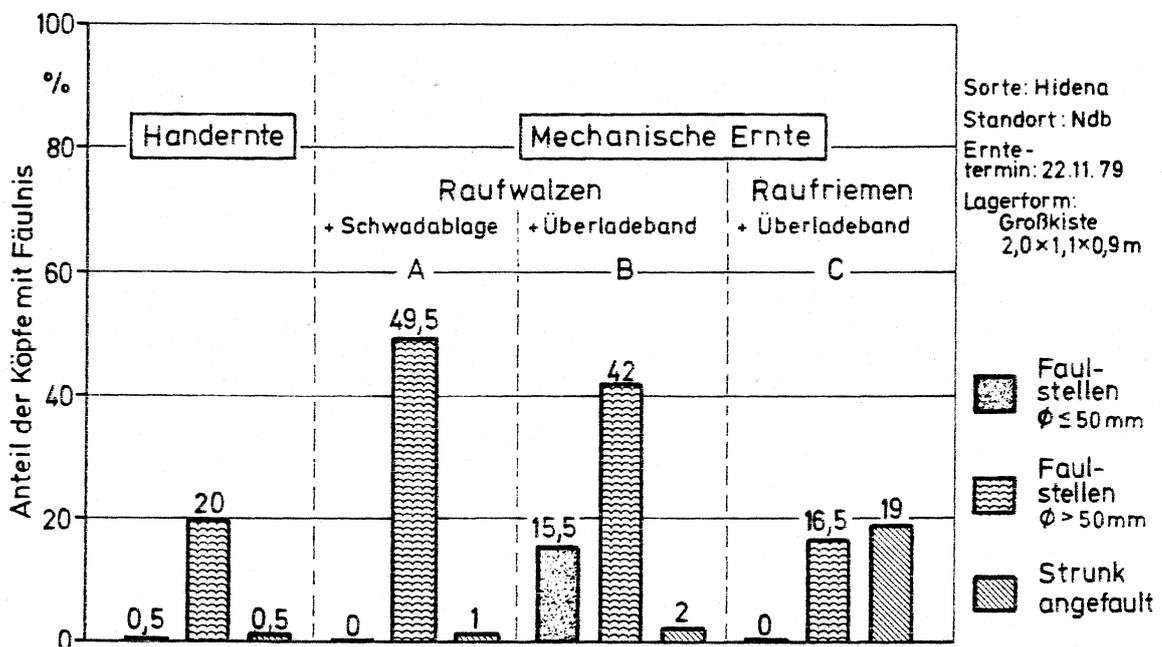


Abb.27: Fäulnis bei Kopfkohl in Abhängigkeit vom Ernteverfahren nach 102 Tagen im Kühllager

Fäulnisentwicklung, Schwund- und Putzverlust in beiden Lagern stimmen von der Relation her sehr gut mit der ermittelten Beschädigung überein. Die beiden Raufwalzenverfahren können unter Berücksichtigung aller Ergebnisse etwa gleich beurteilt werden. Die höhere Beschädigung durch das Überladeband bei

Maschine B wird offensichtlich bei Maschine A durch die Verschmutzung des Erntegutes infolge der Schwadablage kompensiert. Maschine liegt insgesamt auf dem Niveau der Handernte, abgesehen von der außergewöhnlich hohen Strunkfäulnis, die durch den gequetschten Strunk bedingt ist.

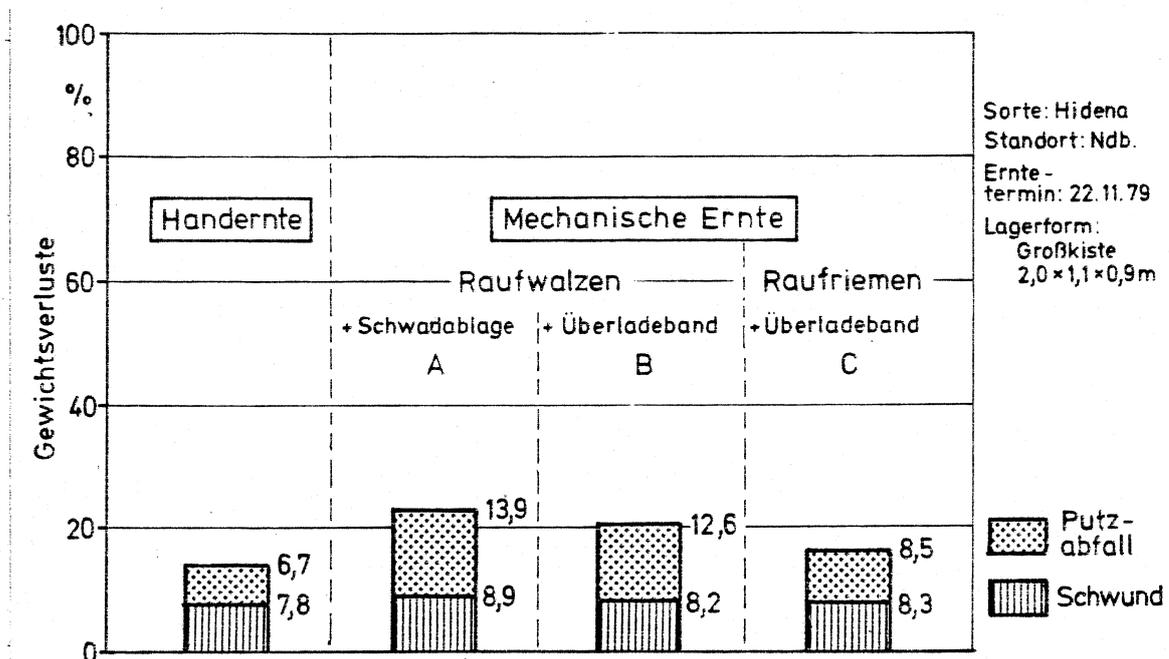


Abb.28: Schwund- und Putzverlust bei Kopfkohl in Abhängigkeit vom Ernteverfahren nach 102 Tagen im Kühllager

Beschädigungen müssen nicht in jedem Fall Fäulnis nach sich ziehen. Glatte Risse oder Anschnitte durch die Strunktrenneinrichtung trocknen ab und gehen nur selten in Fäulnis über. Diese Tatsache und die Beschränkung der Fäulnis auf die beschädigten Blattlagen weisen darauf hin, daß für eine Fäulnisentwicklung neben entsprechenden Mikroorganismen eine Beschädigung der Epidermis und gequetschtes Gewebe vorliegen muß.

2.4.4.4 Wertung der Ergebnisse

Die vorliegenden Ergebnisse zeigen, daß eine mechanische Kopfkohlernte auch für Lagerkohl möglich ist. Die Gesamtbeschädigung liegt verglichen mit leistungsfähigen praxisüblichen Handernteverfahren nur geringfügig höher. Der Anteil der

mittleren und starken Beschädigungen ist bei den mechanischen Verfahren allerdings vergleichsweise hoch und dürfte hauptsächlich für die höheren Lagerverluste verantwortlich sein. Besonders der hohe Anteil starker Beschädigungen muß durch die Verbesserung verschiedener Maschinenelemente reduziert werden.

Die Aufnahmeeinrichtungen arbeiten bei allen Maschinen störungsarm und schonend. Die Präzision des Strunkschnittes dürfte nur mit erheblichem technischem Mehraufwand zur zusätzlichen Ausrichtung der Köpfe zu verbessern sein. Deshalb sollten zunächst alle anbautechnischen und genetischen Möglichkeiten zur Erzielung gleichmäßiger Bestände mit Verzicht auf hohe Kopfgewichte zugunsten einer guten Standfestigkeit ausgeschöpft werden. Bei Maschine A ist die Einstellung der Schnitthöhe und des Abstandes der Raufwalzen bei wechselnden Beständen sehr umständlich und zeitraubend. Eine Verstellung mit Hilfe von Spindeln wie bei Maschine B wäre wünschenswert. Der gequetschte Schnitt durch die Quetschleisten in Maschine C kann als ungeeignet für die Lagerung bezeichnet werden.

Hinsichtlich der Kopfbeschädigung muß besonders bei Maschine A die Übergabestelle von der Trenneinrichtung zur Querförderung durch Polsterung der seitlichen Abtrennung verbessert werden. Die Schwadablage als weitere Beschädigungsquelle kann außer Betracht bleiben, da dieses Verfahren nur eine Übergangslösung darstellen dürfte. Für die Übergabestelle auf den Überladeelevators bei Maschine B lag zur Zeit der Ernterversuche bereits eine Verbesserung vor. Der neukonstruierte Überladeelevators konnte aber aus zeitlichen Gründen nicht mehr eingesetzt werden.

Die Entblätterung durch V-förmige Bänder und Luftstrom bei Maschine arbeitet praktisch beschädigungsfrei. Das lose Umblatt wird weitgehend entfernt. Eine derartige Entblätterungseinrichtung ist Voraussetzung für ein vollmechanisches Überladen in Lagerbehälter, da lose Blätter im Lagergut die Luftführung beeinträchtigen. Bei Handabnahme kann auf eine Entblätterung eventuell verzichtet werden.

Die technisch mögliche Ernteleistung der Maschinen kann bei Handabnahme nur ausgenutzt werden, wenn das Erntegut von 4-5 Arbeitskräften abgenommen wird. Das setzt einen genügend großen Arbeitsbereich, möglichst über die ganze Länge des Transportfahrzeuges voraus. Statt Überladetisch wird dann ein längs in Fahrtrichtung angeordnetes Band erforderlich. Auf lange Sicht wird die Entwicklung einer mechanischen Überladeeinrichtung mit automatischer oder auch manueller Steuerung für Fallhöhen unter 50 cm erforderlich. In Verbindung mit mechanischen Überladeeinrichtungen dürfte der Einsatz von Großkontainern besonders vorteilhaft sein.

3. Verfahrenstechnik der Einlegegurkenproduktion

Der Einlegegurkenanbau macht 75 % des gesamten Gurkenanbaues in der BR Deutschland aus. Dieser hohe Anteil und die vorwiegend bei den mechanisierten Ernteverfahren von Einlegegurken auftretenden Qualitätseinbußen berechtigen zur Beschränkung der Untersuchungen auf Einlegegurken. In Analogie zu der Forschungsstrategie bei Kopfkohl werden der Versuchsdiskussion die Behandlung der Produktionsverfahren (Kapitel 3.1 und 3.2) und der Qualitätsanforderungen vorangestellt (Kapitel 3.3.).

3.1 Bedeutung des Einlegegurkenanbaues

Die jährliche Anbaufläche hat sich nach einem deutlichen Rückgang in den Jahren 1970 bis 1976 auf derzeit rund 1.200 ha (1979/1121ha) stabilisiert. Es handelt sich dabei nahezu ausschließlich um Vertragsanbau für die Sauerkonserverindustrie oder Genossenschaften. Deren Vertragspreise bestimmen den Erlös. Die Deckungsbeiträge (Erlös- Kosten- Differenz) betragen bei Handernte für Erträge von 300 dt/ha im Mittel 4 675 DM (Spannweite + 3078 DM/- 3270 DM). Für die teilmechanisierte Ernte liegen sie in der gleichen Größenordnung. Der Mechanisierungsgrad wirkt sich demnach nur bei gleichzeitigem Übergang auf die Einmalernte und dadurch vermindertem Ertrag und verschlechterte Sortierungsverteilung aus. Der Einfluß von Ertrag , Anbaufläche pro Jahr und Mechanisierungsgrad auf den Deckungsbeitrag ist von LABOWSKY 1977 hinreichend untersucht. Danach wird bei vollmechanischer Ernte der Deckungsbeitrag in etwa halbiert. Der Einfluß des Mechanisierungsgrades auf den Arbeitszeitaufwand und Investitionsbedarf ist umgekehrt proportional und geht aus der folgenden Abbildung hervor.

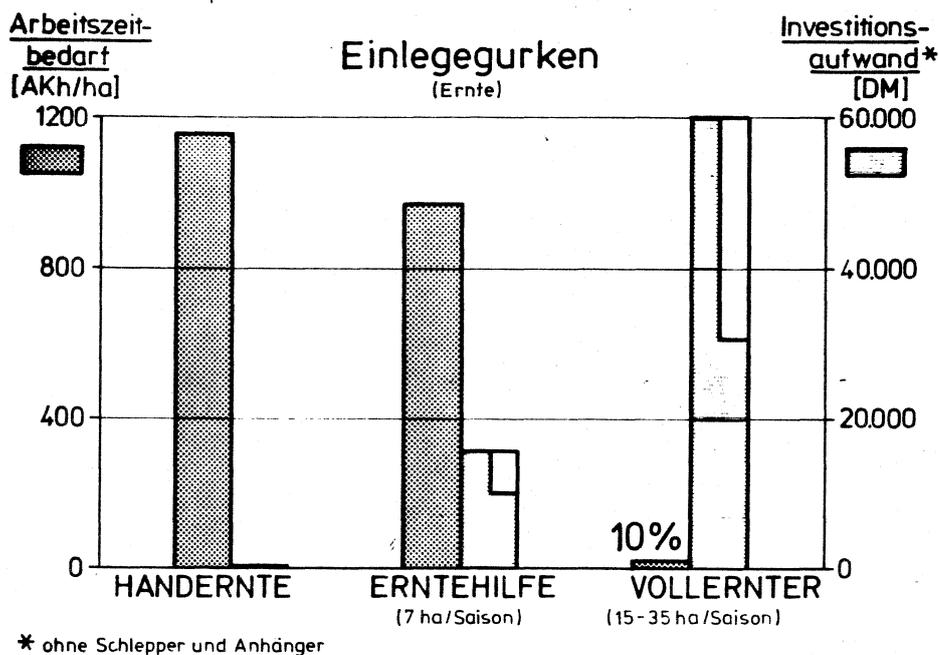


Abb.29: Arbeitszeitbedarf und Investitionsaufwand in Abhängigkeit vom Mechanisierungsgrad

3.2 Anbautechnische Voraussetzungen

Das Ursprungsland der Gurke sind die subtropisch warmen und feuchten Himalajaabhänge. Von den Ägyptern wurde sie bereits 2000 v. Chr. als Nahrungsmittel angebaut, (11,88).

Die Gurke ist eine einjährige, einhäusige und frostempfindliche Kultur. Die Kultursorten der Freilandgurke besitzen ein niederliegendes, kriechendes Sproßsystem, die Ranken. Diese sind umgestaltete Blätter und treten als einfache, unverzweigte Organe auf. Die Gurke ist ein Flachwurzler, nur wenige Wurzeln dringen in tiefere, in der Regel besser wasserversorgte Bodenschichten ein. Die sich daraus ergebenden Ansprüche an Sorteneigenschaften, Standort und Klima werden nachfolgend erläutert.

3.2.1 Sorten

Die Sortenwahl erfolgt erlösoptimierend gemäß den Qualitätsansprüchen der Verwertungsindustrie. Hierfür wird nach Wuchstypen, Vegetationszeit, Ertragspotential und Resistenzeigenschaften unterschieden. Die von der Konservenindustrie gewünschte Bitterfreiheit ist heute bei den meisten Sorten vorhanden.

Für die teilmechanisierte und vollmechanische Ernte werden die folgenden Sorteneigenschaften gefordert:

- ertragreich mit determinierten Wuchs
- konzentrierter Fruchtansatz und gleichmäßige Reife
- ausreichende Rankenlänge und geringes Laubwerk

Diese Forderungen werden von parthenokarpen Sorten besonders gut erfüllt. Überwiegend weiblich blühende Hybridsorten haben gegenüber den heimischen, gemischt blühenden Sorten ein größeres Ertragspotential und eine höhere Ertragssicherheit. Genetisch parthenokarpe Sorten vereinfachen den Anbau, da keine Sicherheitsabstände zu gemischt blühenden Sorten eingehalten werden müssen. Dies ist der Fall, wenn die Parthenokarpie durch Wachstumsregulatoren, z.B. Chlorflurenolmethyl ("Curbiset") induziert werden soll, bei einem dann konzentriertem gleichzeitigem Blütenansatz von 7 bis 10 weiblichen Blüten. Dies bewirkt eine signifikante Ertragssteigerung und ermöglicht eine exakte Ernteterminierung, (37). Der Erfolg einer Chlorflurenol-Applikation hängt jedoch entscheidend von dem kritisch zu bestimmenden Anwendungszeitpunkt ab, für den nicht nur die Pflanzenentwicklung sondern auch Klimafaktoren und die Wasserversorgung der Pflanze von Bedeutung ist.

Die Sortenversuche sind in den deutschen Anbaugebieten noch nicht abgeschlossen, zumal sich noch keine genetisch parthenokarpen Standardsorten herausgebildet haben. Den Vorteilen eines breiten Fruchtansatzes und daher bessere Pflückbarkeit,

d.h. höherer spezifischer Pflückleistung, stehen vor allem ungeklärte Fragen der Einlegequalität entgegen. Der Saatgutpreis beträgt etwa das 2,5 - 3,5 fache von Standardsorten. Bei gleicher Keimfähigkeit und Triebkraft wie bei Standardsorten ist daher die Pflanzendichte zu optimieren. Nachdem LABOWSKY 1977 und GARTE 1975 die Standardsorten hinreichend untersucht haben, wurden für die Versuche Hybrid- bzw. genetisch parthenokarpe Sorten gewählt.

3.2.2 Standort und Klima

Da die Gurke wärmebedürftig und damit frostempfindlich ist, unterliegt sie auf ungünstigen Standorten großen Ertragschwankungen. Diese sind hauptsächlich auf den Klimafaktor Temperatur zurückzuführen. Bereits bei Nachttemperaturen unter $+5^{\circ}\text{C}$ ist der Fruchtansatz gering, angesetzte Früchte werden abgestoßen und es erhöht sich der Anteil von Krüppelgurken. Aufgrund dessen ist die Gurke in warmen, windgeschützten Lagen ohne Spät- und Frühfrostgefahr anzubauen. Die Keimtemperatur liegt bei 12°C , die Pflanze wächst jedoch bereits bei Temperaturen über 10°C , d.h. Anbau in ausgeglichenem Klima und Aussaat mit Mulchfolie oder Pflanzung. Der Boden soll locker, leicht erwärmbar (d.h. nicht zu feucht) und humos sein. Auf Standorten mit starken Niederschlägen nach der Aussaat ist deshalb die Gurke auf leichten Dämmen anzubauen, auch bei Verwendung von Mulchfolie. Die Klimaverbesserung über Anlage von Windschutzstreifen z.B. mit Mais, Sonnenblumen und Winterroggen (KRUMBEIN 1977) ist in den deutschen Anbaugebieten unüblich. Dabei ist auch nachteilig, daß die Nettoanbaufläche um ca. 30 % verringert wird.

Aufgrund der vorgenannten Klimaansprüche ergeben sich in der BR Deutschland als besozugte Standorte Bayern und Baden-Württemberg, und zwar auf Standorten wo die zusätzlichen Forderungen hinsichtlich Bodenart, Betriebsstruktur und Nähe zur Verwertungsindustrie erfüllt sind. Die in Tabelle 3 angegebene Verteilung der Anbauflächen und deren Entwicklung

veranschaulicht diese Aussage.

Hinsichtlich der Nährstoffansprüche ist vorab zu beachten, daß die Gurke salzempfindlich ist und deshalb Löß- und Schwarzerdeböden mit ihrem pH-Wert von 6 bis 6,5 besonders gut geeignet sind. Zu einer guten Versorgung mit organischem Dünger kommen vergleichsweise hohe Mineraldüngergaben je ha bis 150 kg N, 120 kg P₂O₅ und 240 kg K₂O (21). Beim Folienanbau hat sich die Anwendung von Kalkstickstoff nach der Folienablage zur gleichzeitigen Unkrautbekämpfung der nicht bedeckten Flächen bewährt. Als Kopfdünger ist eine wöchentliche Blattdüngergabe möglich. Die Beregnung ist auf trockenen Standorten und zum Einregnen von mineralischen Kopfdüngergaben zu empfehlen. Wassermangel kann zu Bitterkeit führen.

Tabelle 7: Entwicklung und Verteilung des Gurkenanbaues in der BR Deutschland
Quelle: WIRTH 1977 und 1979; stat. Jahrbuch

Anbaujahr	1969	1976	1979
Anbauflächen insgesamt (ha)	1976	950	1121
anteilig (%)			
Bayern	32,4	47,3	39,2
Baden-Wttbg.	25,9	29,1	36,3
Hessen	11,5	7,5	10,4
Niedersachsen	10,0	5,9	-
Rheinl.-Pfalz	9,6	5,1	6,5
Nordrh.-Westf.	6,1	3,2	-
übrige Länder	4,5	1,9	7,9

3.2.3 Anbautechnik

Die Einlegegurke wird heute in der Regel gesät. Aussaattermin ist das Erreichen der erforderlichen Bodentemperatur von 12°C, d.h. frühestens Anfang Mai. Beim Anbau mit Folie, regional ist dies ausschließlich der Fall, war die Saat bislang nur von

Hand möglich, Arbeitszeitbedarf 36 Akh/ha (52). Im Rahmen der Untersuchungen wurde erstmals ein neuentwickeltes Einzelkornsäugerät für die mechanische Saat durch Folie erfolgreich eingesetzt. Durch die Bodenbedeckung mit schwarzer Mulchfolie (in der Regel 1 m breit und 0,04 mm dick) wird die Bodentemperatur um ca. 5°C erhöht und die Unkrautbekämpfung in der Reihe gewährleistet. Die Aussaattiefe beträgt ca. 3 cm, bei Saatabdeckung mit Erde unter Folie 1 bis 2 cm.

Neben der Folienanwendung, evt. auch als Tunnel über Mulchfolie stellt das Pflanzen eine weitere Möglichkeit der Freiland-Kulturzeitverkürzung und damit der Verfrühung dar. In Vorversuchen betrug 1980 die Verfrühung ca. 10 Tage, die Jungpflanzen-Anzuchtdauer ca. 3 Wochen. Für die Aussaat durch Folie steht ebenfalls die Pflanztechnik zur Verfügung.

Die Bestandesdichte richtet sich nach Genetik und der Wüchsigkeit der Sorte sowie dem Ernteverfahren (siehe 3.2.2). Hierzu ist grundsätzlich in die 2 verschiedenen Anbausysteme für die Handernte, auch bei Teilmechanisierung durch eine Erntehilfe und für die mechanische Einmalernte zu unterscheiden. Die verschiedenen anbautechnischen Kenndaten sind in Abb.30 zusammengefaßt.

Die Handernte ermöglicht die Ausnutzung des gesamten Ertragspotentials durch mehrmalige Pflücke. In Abhängigkeit von den klimatischen Voraussetzungen der Dünger- und Wasserversorgung wird im Mittel 10x (Niederbayern) bis 15x (Pfalz) gepflückt.

Da die Knoten der aufliegenden Ranken z.T. Adventivwurzeln bilden, ist die Pflanze beim Erntevorgang möglichst wenig zu bewegen. Beim Anbau auf Folie gilt dies nicht in dem Maße und das Erntegut ist besonders nach Niederschlägen sauberer. Für das Begehen des Bestandes durch die Pflückarbeitskräfte sollten ausreichend Wegefläche zur Verfügung stehen, d.h. Reihenabstände von 2 bis 2,5 m. Bei großflächigem Anbau richtet sich der Reihenabstand jedoch nach der vorhandenen

Schlepper- und Gerätetechnik mit Spurweiten von 1,5 bis 1,8 m.

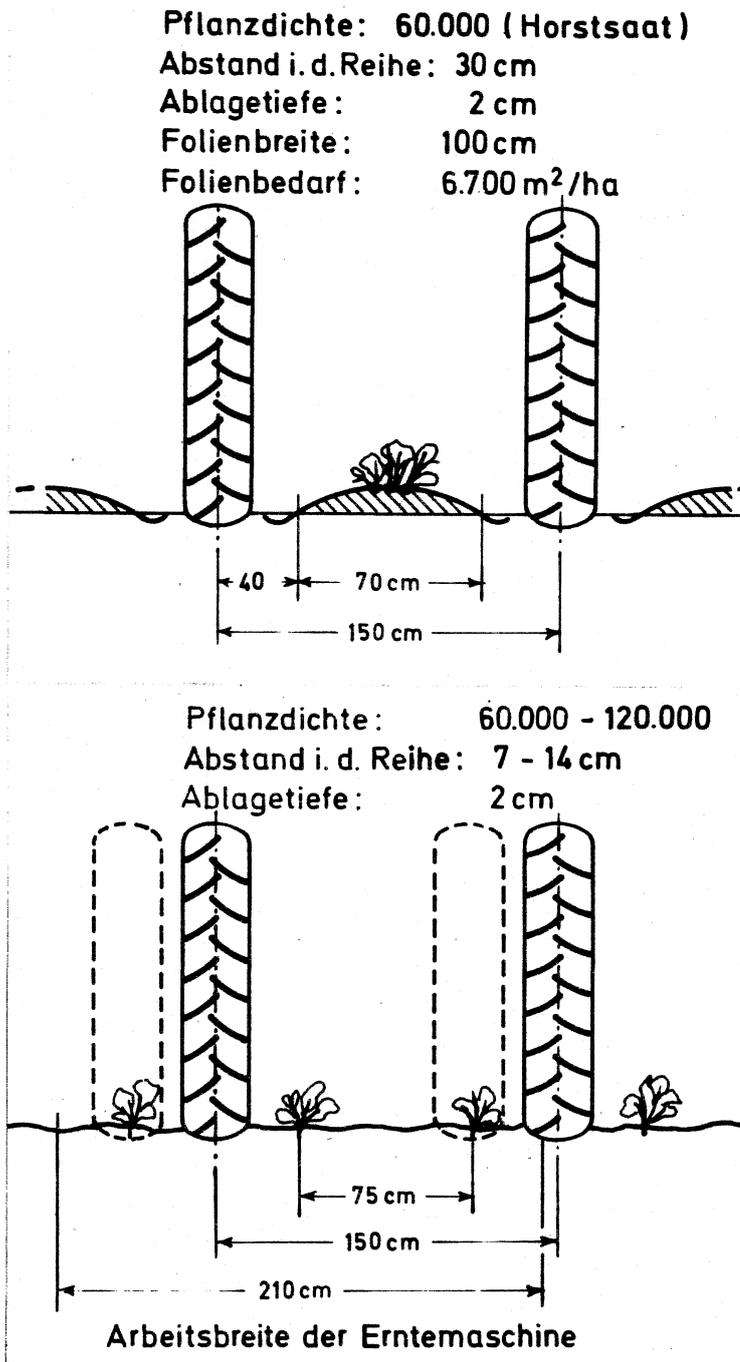


Abb. 30: Anbautechnische Kenndaten für die Handernte und die mechanische Einmalernte

Die Arbeitsbreite von Erntehilfen muß durch den von der Schlepperspur vorgegebenen Reihenabstand teilbar sein. Die Schlepperradbreiten erlauben in der Regel nicht, durch den erntereifen Bestand zu fahren, weshalb in der Praxis Fahrgassen angelegt werden. Auf den Anbau in der Fahrgasse wird überwiegend verzichtet. In Abbildung 31 ist schematisch der

Anbau bei Ernte mit dem Gurkenpflückwagen dargestellt. Unter Berücksichtigung der im Feldgemüsebau üblichen Schlaggröße und -gestaltung, des Flächenertrages sowie aus arbeitsorganisatorischen Gründen hat sich die gezeigte Lösung (siehe auch Abbildung 31) mit 2 x 4 Reihen und 18 Pflück-AK als besonders geeignet erwiesen und stellt die Standardausführung dar.

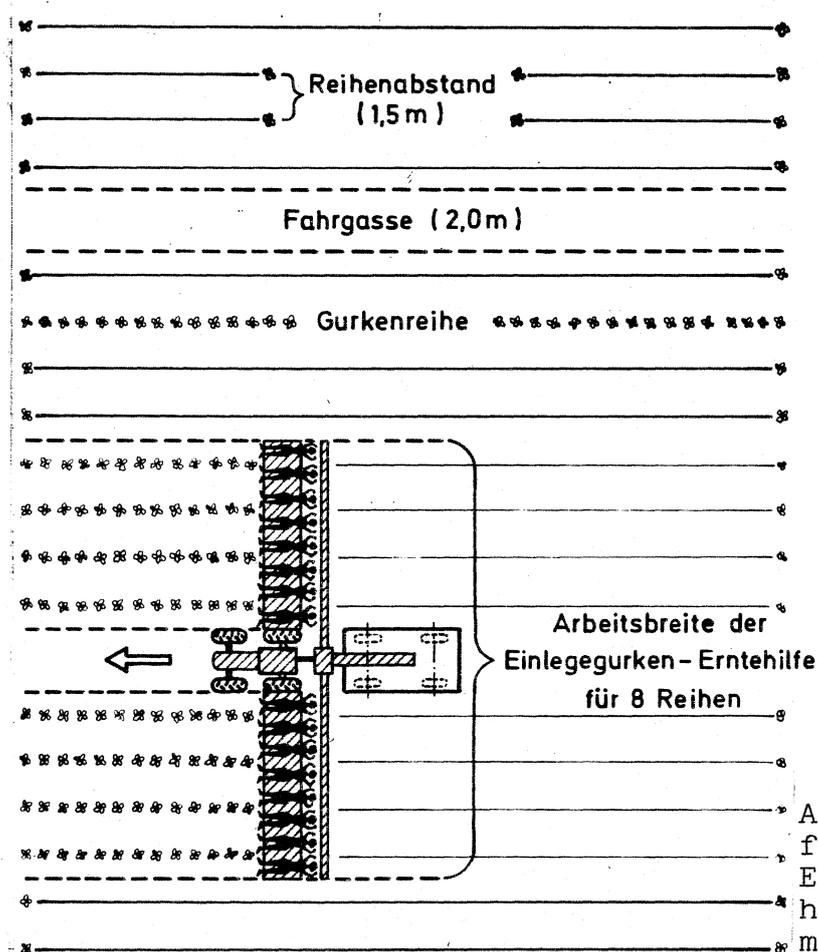


Abb. 31: Anbauschema für Einlegegurken bei Einsatz von Erntehilfen für 8 Reihen mit 1,5 m Abstand

Die Verwendung von schwarzer Mulchfolie (PE-Folie 1m breit, 0,04 stark) bewirkt auf ungünstigen Standorten eine größere Ertragsicherheit, einen Mehrertrag von ca. 30 % und eine Ernteverfrühung von 8-10 Tagen (FRITZ und STOLZ 1973). Der Folienbedarf beträgt beim Anbau für Handernte rund 6700 m²/ha und für die teilmechanische Ernte gemäß Abb. 31 ca. 5700 m²/ha. Damit entstehen Anbau-Mehrkosten, einschließlich der Arbeits-

und Maschinenkosten für Folienlegen und -räumen von 1763 DM/ha, (Labowsky 1977). Vorversuche zur Senkung der Folienkosten durch geringere Folienbreiten und damit geringen Folienbedarf lassen noch keine gesicherten Aussagen zu. Eine Verringerung der Folie auf 80 cm erscheint ohne Produktionsnachteile zulässig, nicht jedoch auf 50 cm. Ungeklärt ist der Einfluß des Standraumes z.B. bei Übergang auf Doppelreihen. Die Pflanzendichten werden zur Zeit vom Anbausystem, der Sorte, dem Saatgutpreis und dem Ernteverfahren bestimmt. Für Mehrmalernte und Anbau auf Folie sind es bei gemischt blühenden Sorten 90.000 bis 150.000 Pfl/ha und bei rein weiblichen Sorten ca. 70.000 Pfl/ha.

Die mechanische Einmalernte erfordert einen Anbau gemäß Abbildung 30 und eine Dichtsaat mit mindestens 150.000 Pfl/ha bei gemischt blühenden Sorten und auch über 100.000 bei genetisch parthenokarpen Sorten. Die Anbautechnik für die Einmalernte wurde von LABOWSKY 1977 umfassend untersucht und es sind die Ergebnisse heute noch gültig.

3.3 Stoffeigenschaften

Grundsätzlich gelten für Einlegegurken die gleichen Zusammenhänge wie bei Kopfkohl. Ohne die Kenntnis der qualitäts-determinierenden Eigenschaften ist eine Optimierung von mechanisierten Arbeitsverfahren in Bezug auf größtmöglichen vermarktungsfähigen Anteil und Erlös nicht möglich. Hierzu gehören im Unterschied zu Kap. 2.3. auch ausgewählte biologische Eigenschaften gemäß der Systematik in Tabelle 8.

Tabelle 8 : Gliederung der verfahrensrelevanten Stoffeigenschaften für mechanisierte Ernteverfahren

physikalische Stoffeigenschaften		biologische Stoffeigenschaften
Grundgrößen	mechanische Eigenschaften	<ul style="list-style-type: none"> ● Atmung ● Schwund ● Inhaltsstoffe ● Erntemengen der Größenklassen
<ul style="list-style-type: none"> ● Abmessungen ● Dichte ● Schüttgewicht 	<ul style="list-style-type: none"> ● Schalenfestigkeit ● Scherfestigkeit 	

In den folgenden Kapiteln werden die Qualitätsanforderungen definiert und die Messungen der Stoffeigenschaften erläutert bzw. die Ergebnisse unter dem Gesichtspunkt geringster Qualitätsminderung kommentiert. Ausgewählte Stoffeigenschaften in- und ausländischer Untersuchungen sind tabellarisch zusammengefaßt.

3.3.1 Qualitätsanforderungen für Einlegegurken

Die Qualitätsnormen von Einlegegurken richten sich nach denen der verarbeitenden Industrie, nicht nach den Handelsklassen und sie unterliegen ebenfalls dem Lebensmittelgesetz. Sie sind neben Anbaufläche, Liefertermin und sortierungsgebundenem Preis Bestandteil der Bedingungen des Vertragsanbaues. Die Qualitätsnormen sind wie folgt unterteilt:

- Gesundheit - frei von Krankheiten und Schädlingen
- Frische - frisches Aussehen, nicht welk
- Geruch, Geschmack - frei von fremden Stoffen
- Form - soll sortentypisch sein
- Farbe - grün, d.h. sortentypisch
- Größe - Einteilung in einzelne Sortierungsklassen

Besonders wichtig ist die optische Erscheinung, da die Früchte ganz verarbeitet werden und damit dem Verbraucher direkt sichtbar sind. In der Regel kann nur unbeschädigte Ware verarbeitet werden, da das Einlegen geschnittener Ware in der BR Deutschland unüblich ist.

Die verschiedenen Sortierungsklassen, und als Beispiel deren Vertragspreise von 1979 (Verwertungsgenossenschaft Künzing) gehen aus Tab. 9 hervor (siehe auch 3.3.2.1).

Tab.9 : Sortierungsklassen und Vertragspreise von Einlegegurken

Sortierungsklasse	I	II	III	IV	V	VI	Krüppel
Vertragspreis [DM/dt]	133	80	43	28	26	15	26

Bei der Handernte ergibt sich dann für den Anbauer ein sogenannter "qualifizierter Ertrag", der die Erntemengen der Sortierungsklassen berücksichtigt. Für maximalen Erlös ist nicht der Mengenertrag maßgebend.

LABOWSKY 1977 hat unter Berücksichtigung der sortenspezifischen Erntemengen in den Sortierungsklassen eine erlösoptimierende Vegetationszeit bei Einmalernte errechnet.

3.3.2 Biotechnische Eigenschaften

Zu den für die mechanisierte Ernte wichtigen biotechnischen Eigenschaften gehören in erster Linie die Grundgrößen, die Festigkeitseigenschaften und die biologischen Eigenschaften. Biologische Veränderungen, die nach der Ernte einsetzen, verlaufen bei der Einlegegurke relativ schnell, da es sich um eine empfindliche Gemüseart mit geringem TM-Gehalt handelt. Dabei ist die Qualitätsminderung für den Zeitraum zwischen Ernte und Verarbeitung zu ermitteln. Fruchtbeschädigungen erhöhen die Atmung und den Wasserverlust und damit den Schwund.

Um eine Aussage über die Widerstandsfähigkeit der Einlegegurke gegenüber mechanischer Belastung machen zu können, haben sich Messungen der Druckfestigkeit bewährt (51, 53, 57, 60). Bestes Kriterium ist hierbei die Schalenfestigkeit, d.h. die erforderliche Einbruchskraft für einen Druckstempel definierter Form und Größe. Erst in Kenntnis der Festigkeitskennwerte kann die Anpassung der Konstruktion an die pflanzlichen Gegebenheiten erfolgen.

3.3.2.1 Grundgrößen

Zu den Grundgrößen gehören gemäß 3.3 die Abmessungen, die Dichte und das Schüttgewicht. Für die Abmessungen ist von Bedeutung, daß die Züchtung bei den gemischt blühenden Sorten im engen Vertrauensbereich ein Längen-/Durchmesser Verhältnis von 3:1 gewährleisten. Dadurch ist bei der Klassifizierung der Gurkengrößen nach der Länge eine Durchmesser-Sortierung möglich. Enge Bereiche der spez. Stückzahl sind eine andere Folge. Die Angaben von FRITZ 1973 enthalten keine Aussage über deren Gültigkeit für rein weibliche Sorten. Sie weichen außerdem in der Klasse II erheblich von Industrieangaben (HENGSTENBERG 1978) ab. In Tab. 8 sind die den Klassen zugehörigen Gurkenabmessungen zusammengefaßt.

Die Dichte der Einlegegurken beträgt 975 kg/m^3 . Das Schüttdichte ist abhängig von der Sortierungsklasse und beträgt für

lose Schüttung	$540-600 \text{ kg/m}^3$
Schüttung in Großkiste	$400-420 \text{ kg/m}^3$.

Tab. 10: Sortierungsklassen von Einlegegurken und deren Kennwerte

Sortierungs- klasse	Einlegegurken- abmessung		spezifische Stückzahl [Stck/kg]	
	Länge [cm]	Durch- messer [mm]	FRITZ 1973	HENGSTEN- BERG 1978
I	3 - 6	20	90 - 100	95 - 120
II	6 - 9	20 - 30	40 - 45	28 - 38
III	9 - 12	30 - 40	11 - 14	10 - 15
IV	12 - 15	40 - 50	7 - 11	7 - 10
V	15 - 18	50 - 60	4 - 7	-
VI	18	60		-
Krüppel	-	-	-	-

3.3.2.2 Mechanische Eigenschaften

Die Schalenfestigkeit wurde von LABOWSKY 1974 in Reihenversuchen für verschiedene Sorten, Sortierungsklassen und in Abhängigkeit von den Belastungsstellen ermittelt und dessen Werte in punktuellen Wiederholungsmessungen bestätigt. Kennzeichen der Schalenfestigkeit war die registrierte Kraft eines Prüfstempels beim Durchbrechen der Gurkenschale.

Diese Messungen wurden auf einer Instron-Universalprüfmaschine durchgeführt. Der Prüfraum war klimatisiert mit +20°C und 70 % relativer Luftfeuchtigkeit. Die Prüfstellen an der Gurke wurden im Abstand von 10-30 mm zum Stilansatz und in der Fruchtmitte gewählt.

Die Belastung durch den Stempel mit einem Durchmesser von 6 mm erfolgte mit einer Geschwindigkeit von 10 cm/min bis

zum Durchbruch der Schale.

Um für die Messung einheitliche Voraussetzungen zu schaffen, wurde die Frucht so ausgerichtet, daß der Stempel im rechten Winkel zur Fruchtoberfläche auf die Gurke auftrat und dadurch Scherkräfte vermieden werden, die zu einem ungleichmäßigen Durchbrechen der Fruchtschale führen würden.

Meßgröße war die Einbruchskraft an 3 Einstichstellen auf der Frucht mit 5 Sortierungen bei 5 Wiederholungen. Die Meßraumklimatisierung und eine dreistündige Fruchtlagerung vor dem Versuch stellte eine einheitliche Fruchtoberflächentemperatur sicher.

In der Tab. 11 sind die Werte der Einbruchskraft in Abhängigkeit von der Sorte und der Sortierung aufgeführt, aus den Daten der 3 Einstichstellen wurde zum Vergleich der Sorten Mittelwerte gebildet.

Erwartungsgemäß nimmt die Einbruchskraft einer Sorte signifikant mit steigender Sortierung z.B. bei der Sorte Heureka von Sortierung V+VI gegenüber I um 33 % zu.

Die Hauptbelastung einer Frucht liegt beim mechanischen Pflücken durch gegenläufige Walzen im Bereich des Stielansatzes. Die Versuchsergebnisse ergaben für den unmittelbaren Bereich des Stielansatzes signifikant höhere Einbruchskräfte, d.h. eine höhere Schalen- und damit Druckfestigkeit.

Nachdem die heimischen Sorten ähnliche Werte wie amerikanische Sorten aufweisen, genügen ihre Festigkeitseigenschaften der mechanischen Beanspruchung der gebräuchlichen Einmalernte-technik.

3.3.2.3 Biologische Stoffeigenschaften

Für die Gurkenqualität und für die Gurkenlagerfähigkeit sind die relevanten biologischen bzw. pflanzenphysiologischen Eigenschaften Schwund und Atmungsintensität (WEICHMANN 1971 und 1974). Qualitätsverlust tritt bei erhöhter Atmung ein,

Tab.11: Einbruchskraft in Abhängigkeit von der Sorte und der Sortierung, Mittelwerte und Standardabweichungen von 5 Wdh. (LABOWSKY 1977)

	I		II		III		IV		V und VI		\bar{x}	
	1973	1974	1973	1974	1973	1974	1973	1974	1973	1974	1973	1974
Heureka	\bar{x} 49,6 s 8,6	45,7 9,5	54,3 4,4	52,5 10,1	62,2 3,8	51,6 7,5	66,4 4,1	56,2 6,9	66,0 7,4	55,0 5,7	59,8	52,3
Danox	\bar{x} 50,5 s 5,5		54,5 4,8		54,7 2,9		61,8 0,8		67,4 2,7		57,8	
Kescemet	\bar{x} 50,3 s 5,9		52,9 2,5		53,5 2,1		60,7 5,3		64,6 2,7		56,4	
Diadem	\bar{x} 45,7 s 7,1		50,8 1,5		56,9 1,3		53,9 2,4		70,8 5,3		55,9	
Korova	\bar{x} 47,8 s 4,3	44,1 5,7	47,8 3,0	50,3 10,2	51,4 2,2	52,9 9,1	55,3 5,4	49,9 5,7	65,5 4,5	56,5 11,6	53,6	50,7
Nimbus	\bar{x} 46,6 s 3,4		44,2 1,3		44,5 5,7		47,6 3,0		53,8 2,1		47,4	
Korbit	\bar{x} 45,7 s 9,1	45,7 9,1		52,5 7,7		51,6 5,9		56,2 13,0		55,0 7,6		52,3
Pioneer	\bar{x}	45,4 9,5		48,0 6,2		46,5 5,8		56,3 7,9		55,7 5,2		50,4
Budai	\bar{x} s	44,2 7,5		46,6 7,7		44,8 6,1		44,0 9,8		46,1 8,5		45,2

(1973) (1974)

GD 5 % (\bar{x} Sorte) : 1,3 N 2,3 N
 GD 5 % (\bar{x} Sortierung) : 1,3 N 2,6 N
 GD 5 % (Gesamt) : 2,9 N 5,3 N

was zu einem Verbrauch an Inhaltsstoffen, zur beschleunigten Reife der Früchte und Schwund führt. Gewichtsverlust tritt außerdem durch Fäulnis auf und ist in den häufigsten Fällen die Folge von Krankheiten oder von Beschädigungen.

Verantwortlich für erhöhte Fäulnis ist auch Kondenswasserbildung, z.B. unter Abdeckplanen beim Transport.

Für die Erläusoptimierung sind die eingangs erwähnten Erntemengen in den Sortierungsklassen wichtig. Die Kenntnis dieser sortenspezifischen Ertragskurven ist bei mechanischer Einmalernte unerlässlich, beim Saatguthersteller aber in der Regel nicht verfügbar. Dieser Nachteil kann durch mehrmalige Probeflücken von 5 x 1 m² in Terminnähe der Ernte ausgeglichen werden. Abbildung 32 veranschaulicht typische Ertragskurven in Abhängigkeit von der Vegetationsdauer.

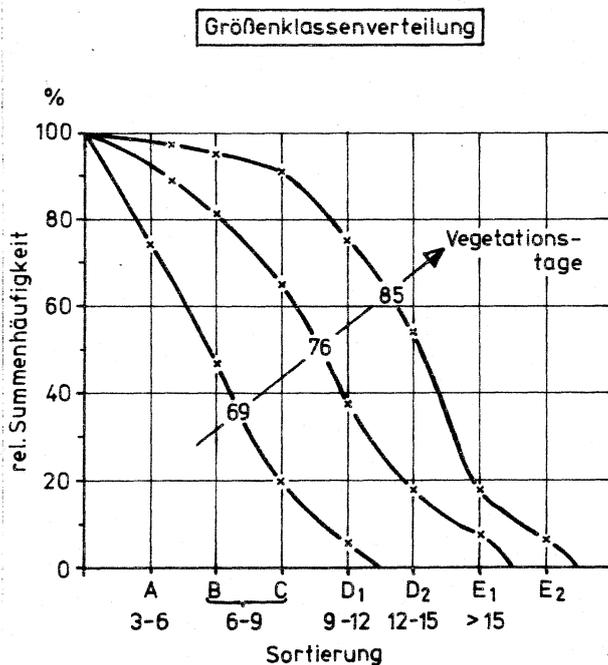


Abb. 32: Erntemengenanteil der Größenklassen in Abhängigkeit von der Vegetationsdauer

Die Atmungsintensität erhöht sich mit der Temperatur, deshalb ist bei einer Zwischenlagerung die Fruchterwärmung zu vermeiden. Mögliche Abhilfe ist niedrige Produkttemperatur bei der Ernte oder Kaltbelüftung. In den Versuchen war daher die Produkttemperatur bei gelagerten Gurken in Abhängigkeit von der Verfahrenslösung zu ermitteln.

In der Praxis läßt sich bei mechanisierten Handhabungsvorgängen eine Produktbeschädigung nicht vermeiden, jedoch deren Höhe beeinflussen. Dabei stellen die Beschädigungen durch Transport und Sortierung oft ein Vielfaches der durch die Ernte dar (46). Gemäß Kapitel 3.3 bedeutet die Verletzung der Gurke einen Qualitätsverlust und sie ist sowohl für einen Gewichtsverlust der Frucht wie auch für eine Verringerung des vermarktungsfähigen Anteiles des Erntegutes verantwortlich.

In zweijährigen Versuchen wurde der Umfang der Qualitätsminderung durch einzelne Transportvorgänge und das Ernteverfahren insgesamt gemäß der nachfolgend beschriebenen Methodik untersucht.

3.3.2 Methodik und Versuchsbeschreibung

Voraussetzung einer Bonitierung der Einlegegurken nach Qualität ist deren Definition. Da es sich um verfahrenstechnische Untersuchungen handelt, wurde auf die Ermittlung von Inhaltsstoffen verzichtet. Das gleiche gilt für sortentypische äußere Merkmale z.B. Schwarzstacheligkeit und die Einlegequalität. Die Bewertung erfolgt nach

- Art und Anteil der Beschädigung
- Beeinflussung biologischer Eigenschaften durch Beschädigung
- Veränderung der biologischen Eigenschaften mechanisierungsgerechter Sorten und Ernteverfahren

Für die subjektive Beurteilung der Beschädigung wurden die Wertungskriterien von LABOWSKY zu Grunde gelegt. Danach ist gemäß der schematischen Darstellung zu unterscheiden in:

- leichte Beschädigungen B_L : Druckstellen, Verletzungen der Schale (einschließlich Reibstellen) und Stengelansatz eingerissen
- schwere Beschädigungen B_S : Fleischwunden, Risse, Schnitte in der Schale (über 0,5 mm tief), Bruch

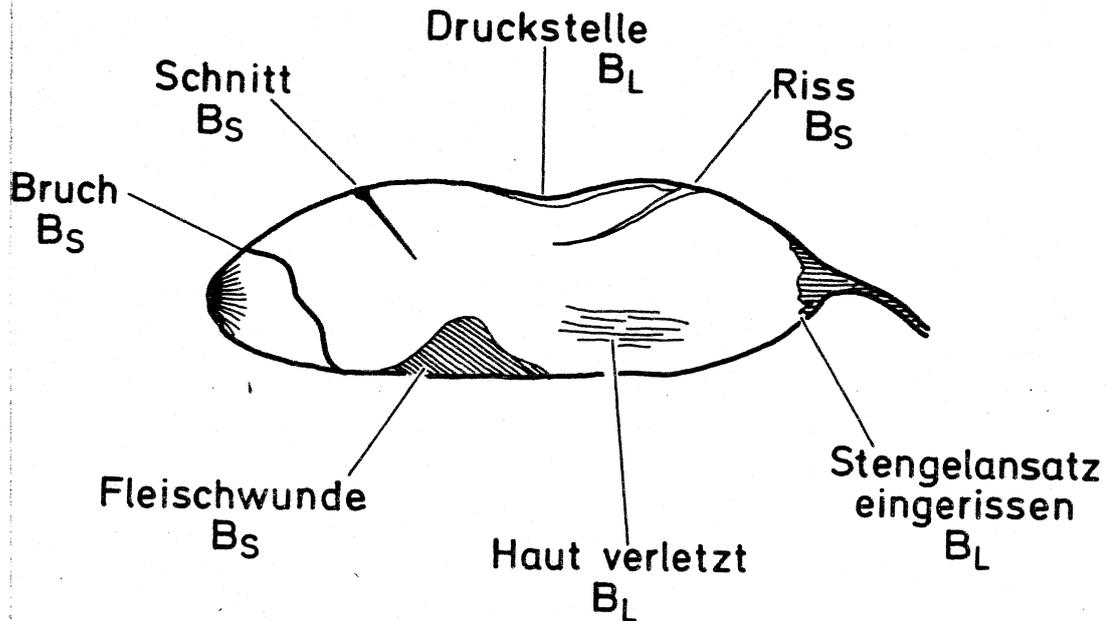


Abb.33: Schematische Darstellung der an Einlegegurken auftretenden Beschädigungen

Der Beschädigungsanteil wurde in Gewichtsprozente der Erntemenge in den Sortierungsklassen als Mittelwert aus vier Wiederholungen bestimmt. Die durchschnittliche Probemenge betrug 8kg. Die Sortierung in den Klassen I bis VI erfolgt von Hand. Anschließend wurde für die gesamte Erntemenge das gewogene Mittel aller Sortierungen gebildet.

Bei der Veränderung der biologischen Eigenschaften interessierte gem.3.3.2.3 die Produkttemperatur in Abhängigkeit von Sortierung, Schnitthöhe, Lagerform und Ernteverfahren. Als Vergleichsgrößen gelten die Werte für die Vorernte bzw. Handernste-Qualität. Der Sorteneinfluß mußte hinsichtlich der Grundgrößen, der mechanischen Eigenschaften und der arbeitswirtschaftlichen Auswirkung untersucht werden. Hierzu erfolgte die Messung der Schalenfestigkeit, der spezifischen Stückzahl und der Pflückleistung, während die anderen sortenspezifischen Werte als Sortenkennwerte und damit Randbedingungen der Versuch übernommen wurden.

Bei den genetisch parthenokarpen und für mechanisierte Ernteverfahren besonders geeigneten Sorten, haben sich noch keine Standardsorten herausgebildet.

So sind einige Sorten nur überwiegend weiblich und weisen unterschiedliche Fruchtformen auf. In Tabelle 12 sind die Kennzeichen der in den Versuch einbezogenen Sorten zusammengefaßt.

Tab.12: Versuchssorten

Sorten	Korbit F ₁ Hybride	Marbel F ₁	Korbus
Pflanzen- typ	schwach bis mäßig wachsend bildet eine Ranke	gut wachsend, offen	normal wachsend
Blüte	traubenförmig überwiegend weiblich	100 % weiblich parthenokarp	überwiegend weiblich
Länge/Dichte	3.0 : 1	3.0 : 1	3.0 : 1
Produktion	früh sehr produktiv	sehr früh und produktiv, hoher Ertrag von kleinen Sortierungen bei Handflücke	früh produktiv
Resistenzen	bitterfrei Gurkenmosaik- resistenz Krätzetolerant	Mehltautolerant CMV-resistent Krätzetolerant bitterfrei	CMV-tolerant Krätzetolerant Braunflecken- resistent tolerant gegen echte + falsche Mehltaue + Gurken

Die Auswirkungen des Ernteverfahrens wurde stets im Vergleich zur Handernte beurteilt. Dazu erfolgte jeweils Probepflücken von 1 m² mit fünf Wiederholungen. Als teilmechanisierte Ernte wurden die vor allem in Baden-Württemberg und Niederbayern gebräuchlichen Schlepperanbau-Gurkenpflückhilfen ausgewählt. Der schematische Aufbau ist aus Abbildung 34 ersichtlich.

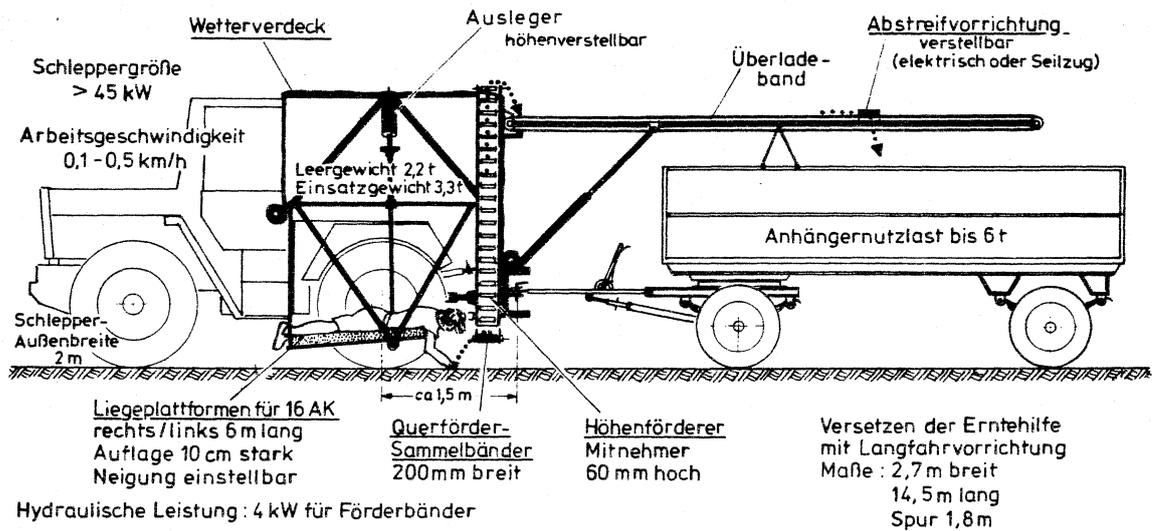


Abb. 34 : Schematischer Aufbau einer Anbau-Gurkenpflückhilfe für Handpflücke und mechanisierten Gurkentransport

Die Größe der Pflückhilfen ist unterschiedlich und reicht bei 3-reihiger Arbeitsbreite mit 6 Pflückpersonen bis 13-reihig mit 26 Pflückpersonen. Die gepflückten Gurken werden in das quer vor oder unter der Liegefläche geführte Sammel-Förderband abgelegt und dann über Steig- und Längsförderbänder in den Transportanhänger gebracht.

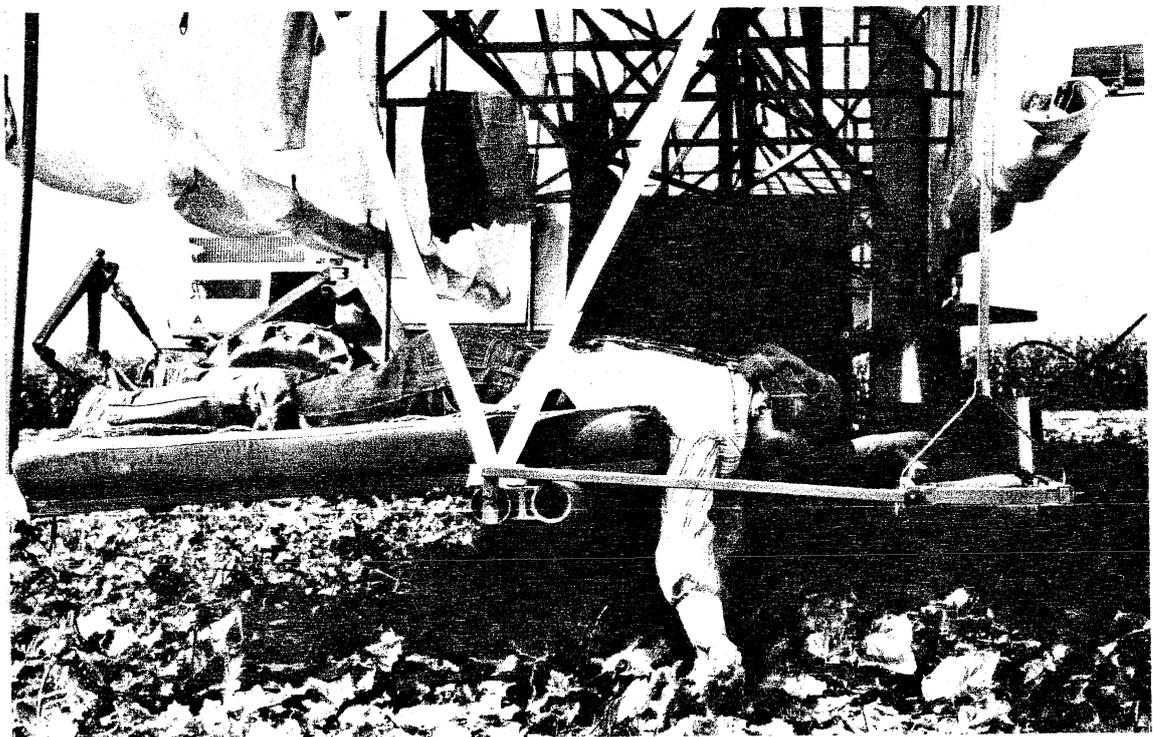


Abb.35: Einsatzbild einer Pflückhilfe

Das Anbauschema für die Ernte mit Pflückhilfen ist in Abb. 31 Kap. 3.2.3 dargestellt. Die dort aufgeführte Fahrgasse ist 2 m breit und in den meisten Fällen unbepflanzt. In kleineren Betrieben mit einer kleineren Erntehilfe wird häufig auch die Fahrgasse bepflanzt, um geringere Einbußen der effektiven Nutzfläche zu haben.

Die Probennahme erfolgt am Ende des Überladebandes (Abb. 34), also vor der Fallstufe auf den Anhänger mit vier Wiederholungen. Versuchsorte waren Liessing, Niederbayern (Betrieb Kleisinger) und Aufhausen, Niederbayern (Betrieb Graser). Neben der Qualitätsbeeinflussung waren vor allem die arbeitswirtschaftlichen Kennwerte d.h. Zeitbedarf für das Pflücken in Abhängigkeit von Leistungsgrad, Sortierung, Ertragsniveau und Wüchsigkeit (Blattmasse) über Arbeitszeitaufnahmen zu ermitteln.

Für die vollmechanische Ernte wurde das in der BR Deutschland praktizierte Verfahren mit der amerikanischen Erntetechnik System Cuke, vormals Hart Carter ausgewählt (24, 43, 53). Der schematische Aufbau ist aus Abbildung 36 ersichtlich; die technischen Randbedingungen sind im Anhang zusammengefaßt angegeben. Ebenso die in den USA und Europa angebotenen Erntemaschinen.

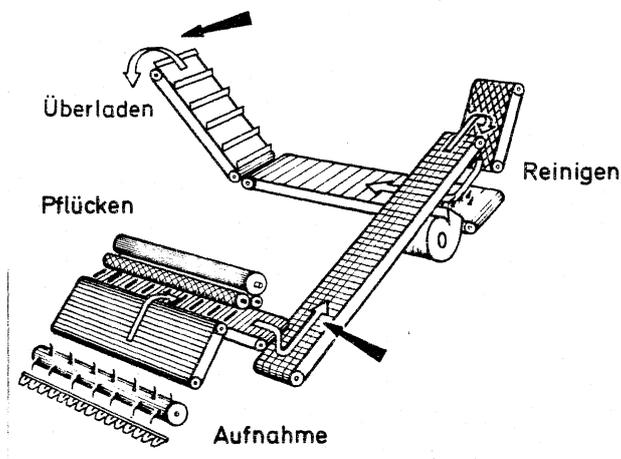


Abb. 36: Probennahmestellen beim Gurkenvollernter

Es handelt sich dabei um eine Einmalernernte, d.h. es ist die Erntemengenverteilung in den Sortierungsklassen gem. Kap. 3.4.3 gültig. Die Probennahme erfolgt an den in Abbildung 36

angegebenen Stellen in der Maschine, also nach Aufnahme und Pflücken und nach der Reinigung aber vor der Fallstufe des Überladens. Das Überladeband ist höhenverstellbar, die Anordnung ermöglicht aber nur im Parallelbetrieb ein beschädigungsarmes Laden des gesamten Anhängers.

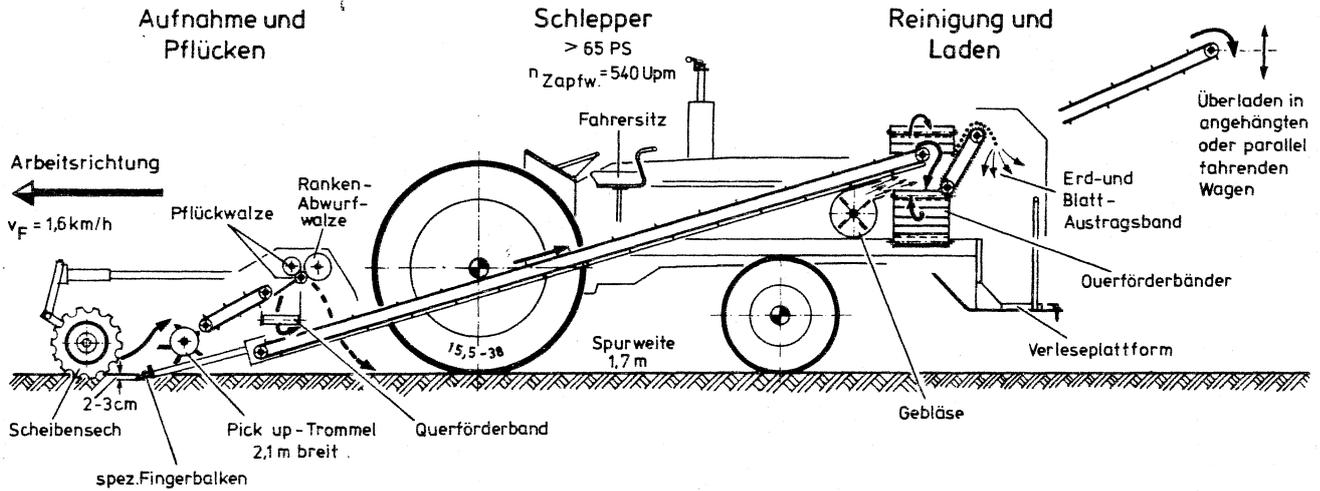


Abb. 37: Schematischer Aufbau des Gurkenvollernters der Firma Cuke

Dazu wurde der Ernteeinsatz auf drei Betrieben im Anbaubereich Freiburg-Kaiserstuhl ausgewählt. In Abhängigkeit vom Anbauvertrag erfolgte der Abtransport in loser Schüttung oder in Großkisten, so daß gleichzeitig der Einfluß der Transportform ermittelt wurde.

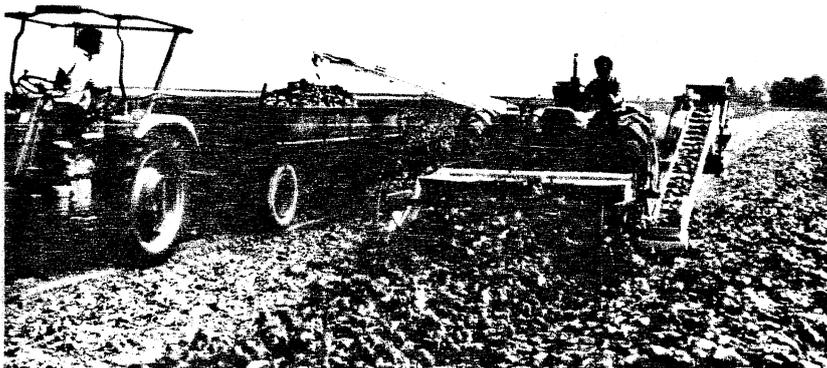


Abb. 38: Gurkenvollernter im Einsatz

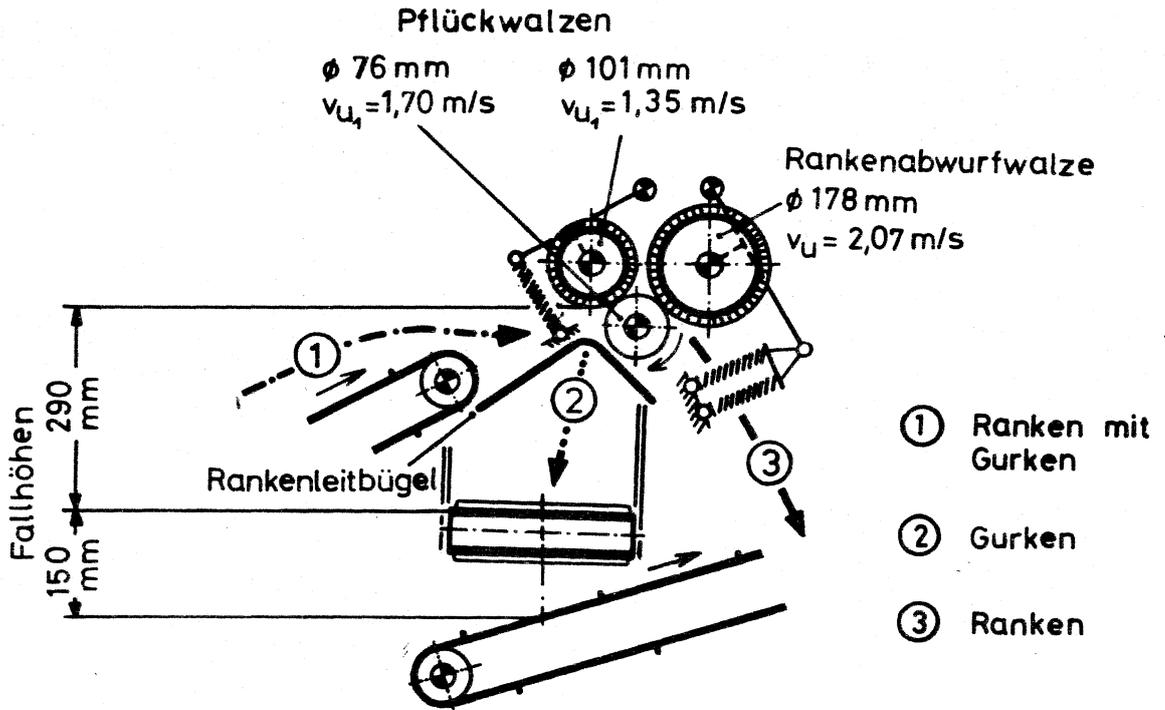


Abb.39A: Schematischer Aufbau und Fallstufen der Pflück-einrichtung (LABOWSKY 1977)

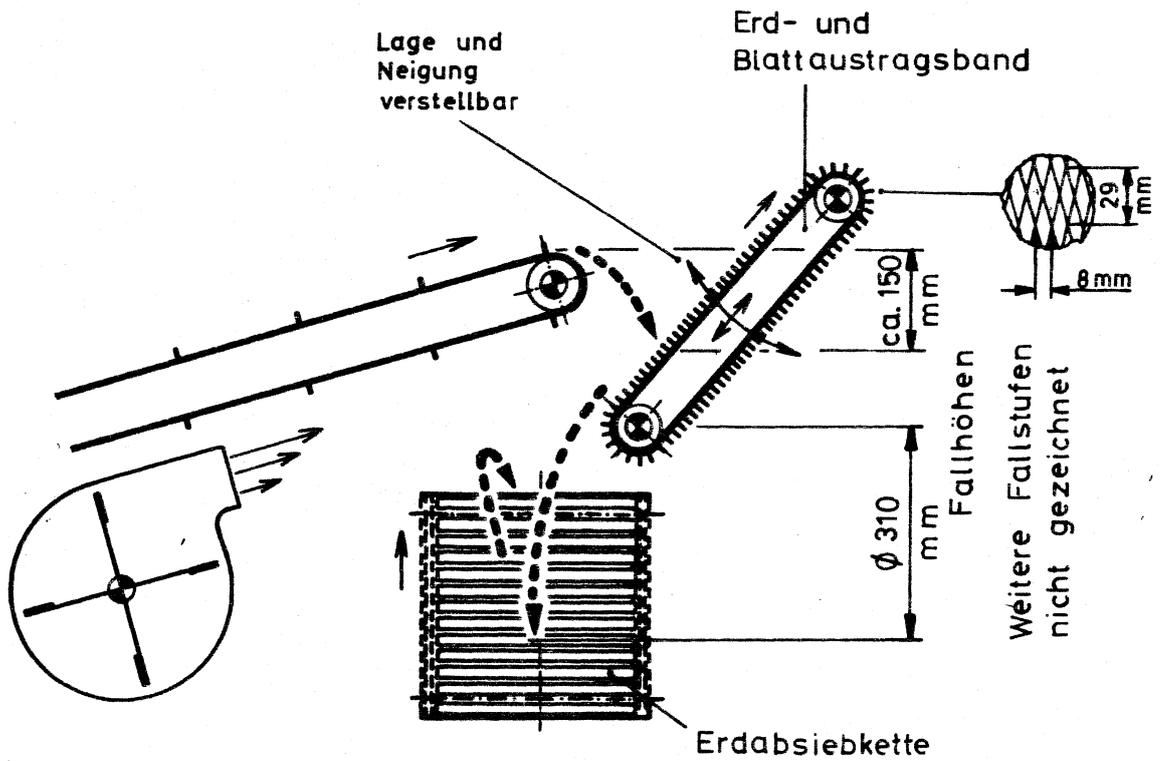


Abb.39B: Schematischer Aufbau und Fallstufen der Reinigungseinrichtung

3.4 Versuchsergebnisse

Da es sich gemäß dem methodischen Ansatz um eine Handernnte und Transportmechanisierung der Gurken und eine vollmechanische Ernte handelt, werden die Ergebnisse der beiden Ernteverfahren nach verfahrensspezifischen Gesichtspunkten getrennt dargestellt und kommentiert. Deshalb ist ein direkter Vergleich nicht möglich. Dieser muß vielmehr über die relative Vorzüglichkeit bezüglich primärer Kriterien erfolgen.

3.4.1 Grundgrößen

Die Ernteproben der verschiedenen Verfahren wurden nach Länge, Durchmesser und spezifischer Stückzahl ausgewertet. Das Ergebnis ist in Abbildung 40 dargestellt. danch gilt auch für fast oder rein weibliche Sorten mit hoher Sicherheit das Längen-Durchmesser-Verhältnis von 3:1. Demgegenüber weichen die spezifischen Stückzahlen der kleinen Sortierungen stark ab, was auf die begrenzte Aussagekraft des o.g. Verhältnisses hinweist. Für die Handernnte bedeutet die geringere spezifische Stückzahl eine höhere Pflückleistung in kg/AKh der kleinen Sortierung weiblicher Sorten. Die in Tabelle 10 angegebenen Werte sind durch erweiterte Bereichsangaben zu ergänzen:

Tab.13: Spezifische Stückzahl von Einlegegurken

Sortierungsklasse	I	II	III	IV	V	VI
Stückzahl [Stck/kg]	52-100	30-95	18-40	10-15	5-10	5

3.4.2 Teilmechanisierte Ernte ("Gurkenpflückwagen")

Ein Vergleich der Beschädigungen bei Handernte ohne und mit Erntehilfe ergab nur geringe Veränderungen nach Art und Anteil (Abb.40), jedoch zu etwa gleichen Anteilen bei leichten und starken Beschädigungen.

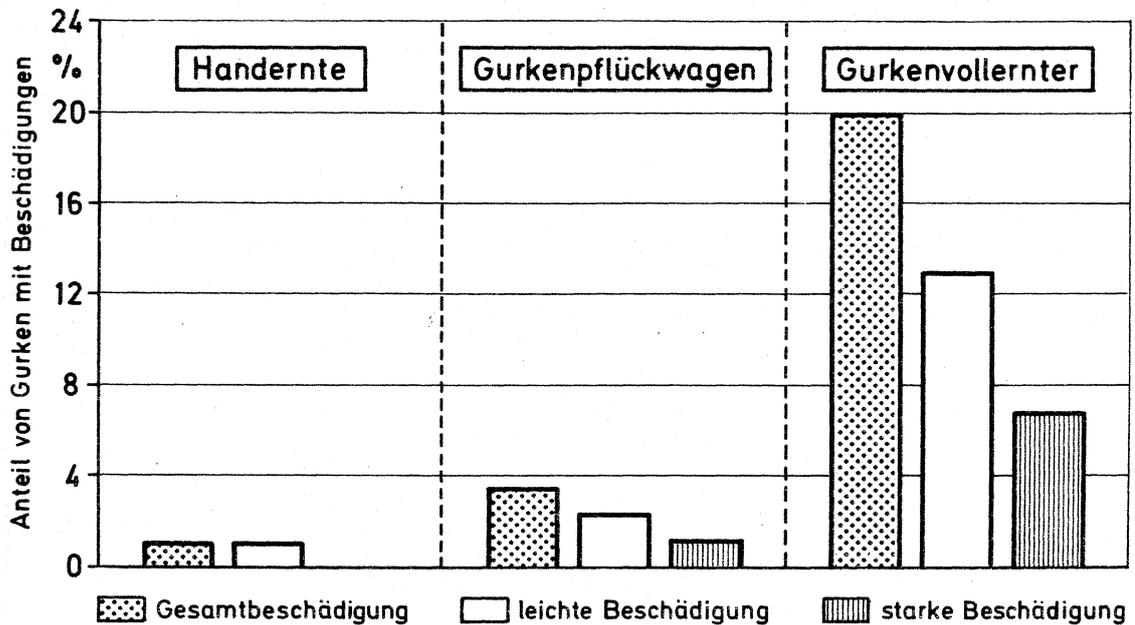


Abb.40: Anteile der Beschädigungsarten der drei Ernteverfahren (nach Versuchen 1979 in Niederbayern und Freiburg)

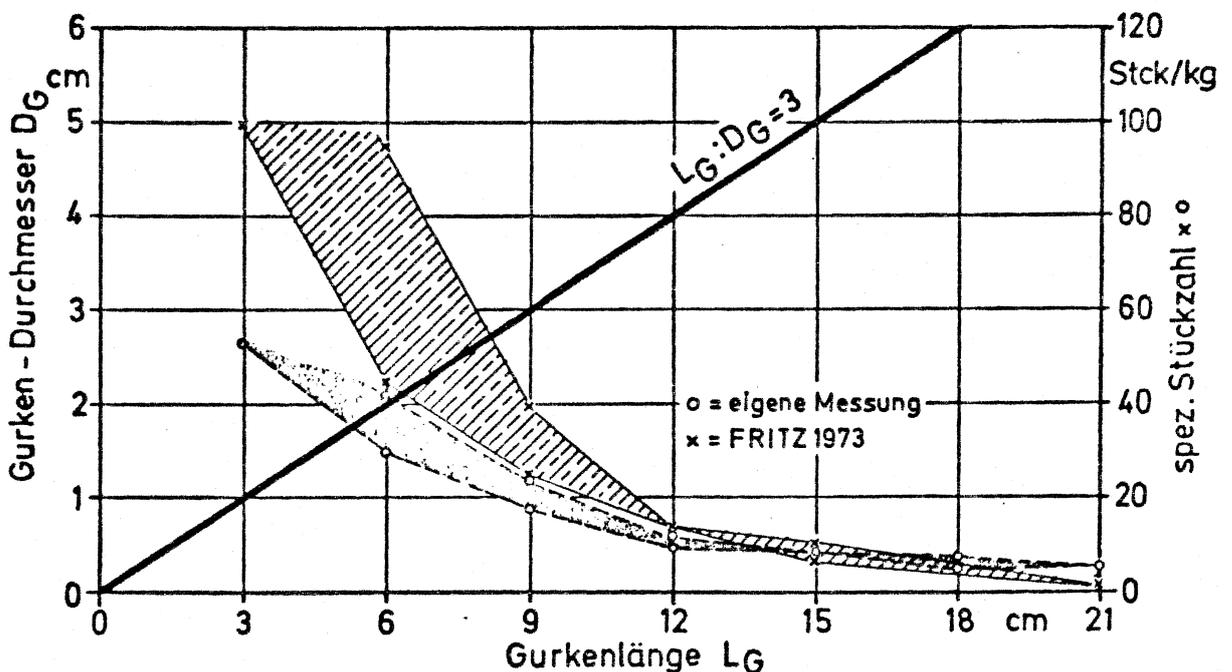


Abb.41: Spez. Stückzahlen von gen. parthen. Sorten

Unter Berücksichtigung der Fallstufen im Verfahren treten bei der Handernte die größeren Beschädigungen beim Beladen des Anhängers auf. Die praktischen Verfahren lassen für die Korbentleerung der Handernte ohne Erntehilfe höhere Fallstufen und damit größere Beschädigungen erwarten, so daß die Ernteverluste infolge Beschädigung durch die Erntehilfen vernachlässigt werden können. Voraussetzung hierfür sind höhenverstellbare Überladebänder mit variabler Abwurfstelle.

Den Beschädigungsanteilen in Abbildung 40 liegt die Erntemengenverteilung (1979) der Sortierungen der folgenden Tabelle zu Grunde.

Tabelle 14: Erntemengenverteilung der Sortierungen (1961-1970 nach Befragung, 137 niederbayerische Betriebe, 1977 MAGERL)

Sortierung	Erntemengenanteil [%]							Jahr
	3/6	6/9	9/12	12/15	15/18	Krüppel	18	
Handernte 300 dt/ha	7,5	25	25	15	10	9	8,5	1961 bis 1970
Erntehilfe 345 dt/ha .08-.14km/h	7,5	25	25	15	10	9	8,5	1977
Erntehilfe 300 dt/ha .1-.5km/h	11	18	34	16	9	4	8	1979

Im Vergleich sind die Mittelwerte früherer Erhebungen angegeben. Kann die bevorzugte Ernte der Sortierung 9-12 langjährig gesichert werden, verliert die mechanische Einmalernte einen wesentlichen Verfahrensnachteil (53). Andererseits weist der geringe Anteil von 3/6 auf den zu geringen Vertragspreis im Vergleich zu Ertrag und Pflückleistung hin.

Für diese Beurteilung ist die Kenntnis der Pflückleistung in Abhängigkeit der Sortierung und Ertragsdichte erforderlich. Große Früchte werden leichter gesehen als kleine Früchte, der Suchvorgang ist erleichtert, demgegen steht die höhere Transportarbeit für große Gurken, denn beim Pflückvorgang können große Früchte nur einzeln und kleine Früchte zu mehreren aufgenommen werden.

Ein weiterer Einfluß ist durch die Vegetationsphase gegeben. Ist der Bestand blattreich, verlängert sich der Suchvorgang besonders für kleine Früchte. Das entsprechende gilt am Ende der Ertragsphase, wenn für das Auffinden der Früchte u.U. eine längere Zeit gebraucht wird, als für den eigentlichen Pflückvorgang.

Tab.15: Pflückleistung in Abhängigkeit von Sortierung und Ertrag

Betrieb	Graser	Kleisinger
Pflückleistung (kg/Akh)	70	40
Anteil 9/12 (Gew. %)	25	65
Ertrag/Pflücke (dt/ha)	80	20
Arbeitsgeschw. (km/h)	0,1	0,35

Als Anhaltswerte können die in den Versuchsbetrieben ermittelten durchschnittlichen Pflückleistungen gelten (Tab.15) Die höheren Pflückleistungen bei Graser erklärt sich aus dem hohen Anteil größerer Sortierungen.

3.5.3 Vollmechanische Ernte

Die mengenverluste infolge Beschädigung sind Bestandteil der ernteverluste, zu denen außerdem die Aufnahmeverluste und die Pflückverluste gehören. In Analogie zu den Untersuchungen von LABOWSKY 1977 werden die Versuchsergebnisse nach gleichen Kriterien ausgewertet.

Danach errechnen sich die Aufnahmeverluste nach:

$$\text{Aufnahmeverlust (Gew.\%)} = \frac{\text{Früchte auf d. Feld (kg/m}^2\text{)}}{\text{Erntemenge Bestand (kg/m}^2\text{)}} \cdot 100$$

und der Wirkungsgrad des Aufnahmeproganges nach:

$$\eta_A(\%) = \frac{\text{Erntemenge Bestand (kg/m}^2\text{)} - \text{Früchte a.d. Feld (kg/m}^2\text{)}}{\text{Erntemenge Bestand (kg/m}^2\text{)}} \cdot 100$$

Von Parzellen mit 20 m² Gesamtgröße wurden bei einer Sorte mit zwei Wiederholungen auf dem Betrieb Gamp sämtliche am Boden verbliebene Früchte gesammelt, sortiert und gewogen. Das Ergebnis veranschaulicht die Tabelle 16.

Tab. 16: Sortierungsverteilung auf dem Betrieb Gamp, Eschbach

Sortierung	3/6	6/9	9/12	12/15	15/18	Krüppel
Gewichtsanteil %	4,7	16,5	38,3	31,5	6,9	2,1

Die Aufnahmeverluste betragen insgesamt 8,3 %, davon sind 60 % aus den Sortierungen I-III und 40 % aus den Sortierungen IV-VI. Dem gegenüber traten bei den Versuchen von LABOWSKY 1977 nur 3,6 % Gesamt-Feldverluste auf, mit 50 % aus der Sortierung I-III und 50 % aus der Sortierung IV-VI

Als Umkehrung der Verlustangaben ergaben die Versuche 1979 einen Aufnahmewirkungsgrad η_A von 91,7 % im Gegensatz zu den Versuchen 1972-1975 von LABOWSKY mit einem Aufnahmewirkungsgrad η_A von 96,4 % und Literaturwerten von 93-98 % (53). Im Mittel ist demnach mit einem Aufnahmewirkungsgrad von 94,8 % zu rechnen.

Die Pflückverluste werden wie zuvor über den Pflückwirkungsgrad angegeben:

$$\eta_P = \frac{\text{gepflückte Erntemenge (kg)}}{\text{zugeführte Erntemenge (kg)}} \cdot 100 (\%)$$

Er ist abhängig von biotechnischen Eigenschaften und den technischen Daten der Pflückeinheit (siehe Abb.39A):

- Spaltgröße zwischen den Pflückwalzen
- Reibung zwischen Walze und Ranke oder Gurke
- Durchmesser und Umfangsgeschwindigkeit der Pflückwalzen

Die gemischt blühenden Sorten öffnen infolge der großen Ranken- und Blattmasse (Ranken bis 180 cm lang) den Pflückwalzenspalt bis 30 mm. Hierdurch werden Früchte der Sortierung I und II ungepflückt mit der Rankenmasse durchgezogen oder stark beschädigt. Bei parthenokarpen Sorten mit Rankenlängen von maximal 1 m, werden die kleinen Sortierungen für gleichen Durchsatz besser gepflückt. Dadurch ergab sich bei den Versuchen 1979 ein Pflückwirkungsgrad von 81.8 % gegenüber 79,9 % bei LABOWSKY 1977.

Durch die kürzeren Ranken und damit geringerer Blattmasse verbessert sich die Einzugswirkung der Walzen und ermöglichen eine höhere Arbeitsgeschwindigkeit.

Bei den Versuchen 1979 betrug die Arbeitsgeschwindigkeit 3 km/h.

Die Beschädigungsanteile errechneten sich nach

$$B_{L,S} = \frac{\text{beschädigte Erntemenge (kg/m}^2\text{)}}{\text{Erntemenge (kg/m}^2\text{)}} \cdot 100 (\%)$$

Die mittleren Beschädigungsanteile sind in Tabelle 17 und der Einfluß der Maschinenbereiche in Abb. 42 angegeben.

Tab. 17: Beschädigungsanteil bei mechanischer Vollernte

Betrieb	leichte Besch. %	starke Besch. %
Köbele	12,6	3,6
Bauer	15,9	7,2
Gamp	12,0	9,0
Mittelwert	13,5	6,6

Einfluß der Erntevorgänge auf die Fruchtbeschädigung von Einlegegurken

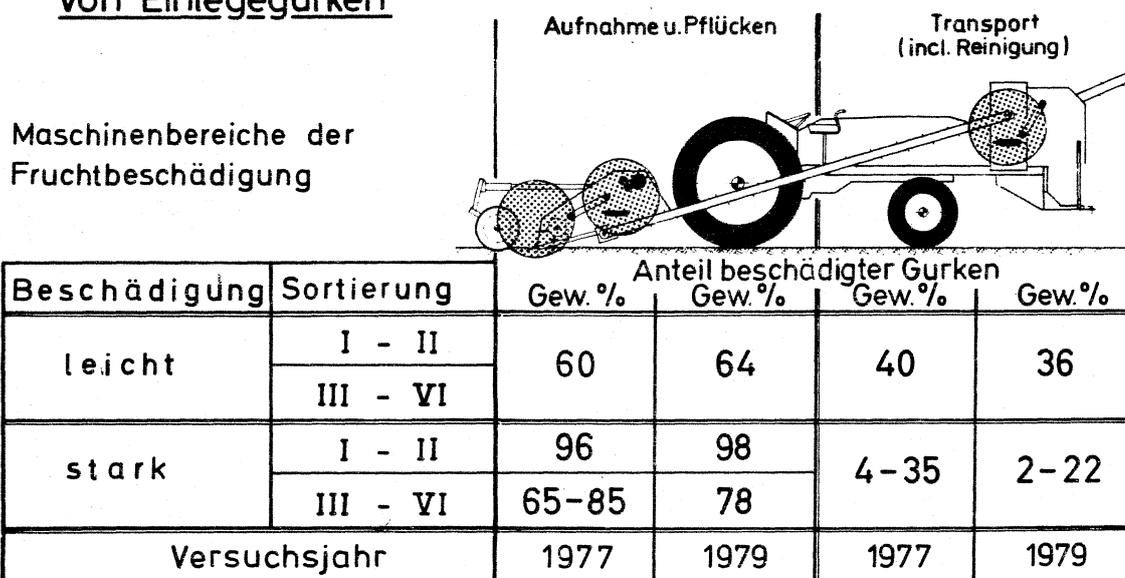


Abb. 42 : Maschinenbereiche der Fruchtbeschädigung
LABOWSKY 1977 und eigenen Versuchen 1979

Die Ergebnisse bestätigen tendentiell frühere Untersuchungen. Maschinentechnische Verbesserungen müssen vor allem bei der Aufnahme und der Pflückvorrichtung ansetzen. Nach Ausbildung der Pflückvorrichtung wird unterschieden in:

- Zweiwalzen-Pflücksystem (waagerechte Anordnung)
- Mehrwalzen-Pflücksystem (senkrechte Anordnung)

Die auftretenden Beschädigungen und der geringe Pflückwirkungsgrad der kleinen Sortierungen wirken sich erlösmindernd aus. Beide sind im wesentlichen abhängig von dem Pflanzenbestand (Rankenlänge, Sorteneigenschaft, Fruchtbesatz) und der konstruktiven Auslegung der Pflückvorrichtung (Durchmesser der Pflückwalzen, Umfangsgeschwindigkeit, Rauigkeit und Belastung). Daher ist zur Anpassung an Sorte und Sortierung der Wechsel der Pflückerichtung wünschenswert, die Anpassung der Pflückwalzenumfangsgeschwindigkeit (53) erforderlich. In Mitteleuropa werden im wesentlichen die in Abb. 43 gezeigten Systeme verwendet, eine davon ist für kleine Sortierungen umrüstbar. Derzeit beträgt der Wirkungsgrad für die Sortierung I (3 bis 6 cm lang) unter 35 % und für Sortierungen II (6 bis 9 cm) und III (9 bis 12 cm) \leq 70 %. Die Gesamtbeschädigung

für die gebräuchlichen Sorten setzt sich in Abhängigkeit von der Sortierung aus 37,5 bis 54,1 % leichten und bis 11% starken Beschädigungen zusammen. Ort und Höhe Abhängigkeit von dem Pflücksystem ist in Abb. 7 angegeben. Für eine qualifizierte Verteilung der Sortierungen ist der Unterschied in den starken Beschädigungen vernachlässigbar. Die Feldverluste sind bei dem ungarischen System (II) bis zu 7 % höher, bei einer günstigeren Sortierungsverteilung.

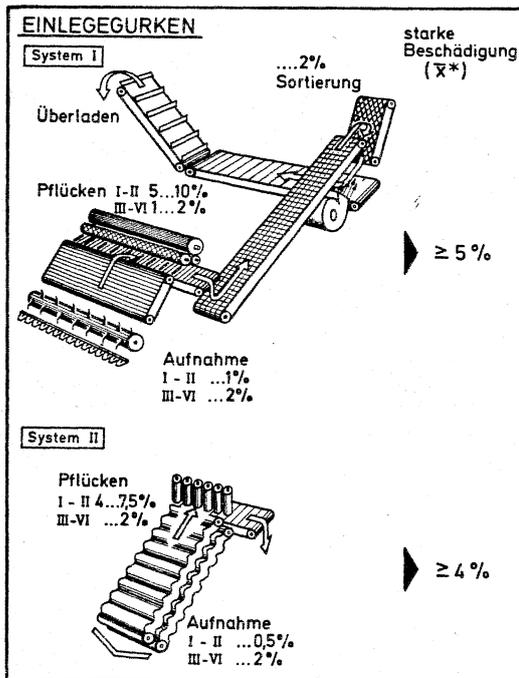


Abb.43: Ort und Höhe der starken Beschädigung von Einlegegurken durch Erntemaschinen in Abhängigkeit von Aufnahme und Pflücksystem (x^* gewogenes Mittel)

Zusammenfassend errechnet sich der Erntewirkungsgrad η_E unter Berücksichtigung der Einzelverluste wie folgt:

$$\eta_E = \frac{\eta_A \cdot \eta_P (100 - B_S)}{10.000} (\%) = 70,9 \% (70 \%)$$

wobei

$$\begin{aligned} \eta_A &= 91,7 && \text{(Aufnahmewirkungsgrad)} && \% \\ \eta_D &= 81,8 && \text{(Pflückwirkungsgrad)} && \% \\ (100 - B_S) &= 94,5 (93,4) && \text{(Fruchtbeschädigungen)} && \% \end{aligned}$$

Dieser Wert ist niedriger als bei LABOWSKY 1977 (73,8 %). Andere Feldgemüseerntemaschinen erreichen hingegen Wirkungsgrade von über 90 %, die bei Einlegegurken nur durch verbesserte pflanzenbauliche Voraussetzungen, d.h. andere Sorten erreicht werden könnten. Die mechanische Einmalernte bleibt unter den praktischen Gegebenheiten für deutsche Anbauverhältnisse nur sehr bedingt geeignet.

3.4.4 Transport, Sortierung und Lagerung

Sammeln und Transport der Einlegegurken erfolgt in Abhängigkeit vom Ernteverfahren lose auf Anhängern, in Großkisten oder in Steigen. Abb.44 zeigt die mögliche Zuordnung der verschiedenen Ernte- und Transportverfahren.

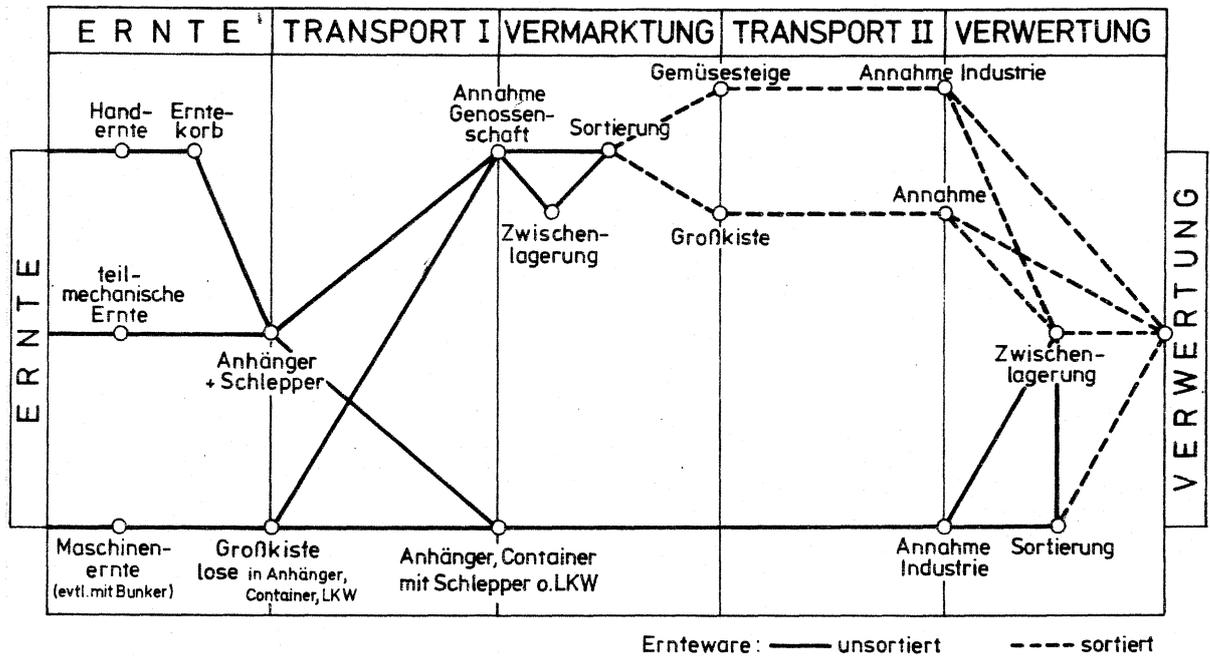


Abb. 44 Prozeßphasen der Produktionsverfahren von Einlegegurken (53)

Beim Transport sind möglichst die zulässigen Schütthöhen einzuhalten. Gurken der Sortierung 6/9 können bis 70 cm, die der Sortierung 9/12 bis 150 cm hoch geschüttet werden (46). Für unsortierte Einlegegurken gilt die Schütthöhe der kleineren Sortierung, die allerdings in der Praxis nur in Verbindung mit der Großkiste eingehalten werden kann.

Bei der mechanischen Einmalernte und in Verbindung mit Erntehilfen herrscht der lose Transport auf Anhängern vor. In Baden-Württemberg wird auch die Euro-Norm Großkiste verwendet.

Die Fruchtbeschädigung durch Transport und Sortierung wurde mit vollmechanisch geernteten und lose transportierten Einlegegurken durchgeführt. Nach einer Transportstrecke von 15 km auf Asphaltstraßen wurden Proben á 20 kg entnommen und auf einer Sortieranlage der Firma Backus (weichende Bänder) sortiert. Die sortierte Ware mit den in Tabelle aufgeführten Sortierungsanteil enthielt 1 % Schmutzanteil vermischt mit der Größenklasse 3/6, die damit mangels Trennmöglichkeit in der Regel verworfen werden muß. Die Bonitur der Beschädigung nach der Sortierung ergab eine Gesamtbeschädigung von 25 % gegenüber 16 % nach der Ernte (Tab.18) Die Differenz von 9 % entfällt somit auf Transport und Sortierung.

Tab.18 Beschädigung an Einlegegurken nach vollmechanischer Ernte, Transport und Sortierung

Probenentnahme	Beschädigungen		
	Gesamt	leicht	schwer
nach der Ernte	16 %	12,2 %	3,8 %
nach Transport und Sortierung	25 %	15,5 %	9,5 %

Die kurzfristige Zwischenlagerung und der Weitertransport der sortierten Einlegegurken erfolgt gewöhnlich in Großkisten. Für die Beurteilung der Haltbarkeit bzw. die Verluste in dieser Zeit ist vor allem die Temperatur im Haufwerk von Bedeutung. Temperaturmessungen mit einer Sonde in der Mitte der Großkisten ergaben nach 24 Stunden für die Sortierung 6/9 eine um 4°C erhöhte Temperatur gegenüber der Sortierung 12/15 (Tab. 19)

Sortierung	Temperatur
6/9	26,5°C
9/15	24,0°C
12/15	22,5°C

Tab.19: Durchschnittstemperatur in Großkisten nach 24 Std.

Als Maßstab für die Haltbarkeit von Gemüse kann nach WEICHMANN dessen Atmungsintensität, gemessen als CO_2 -Abgabe oder O_2 -Aufnahme, herangezogen werden (89,90). Ergebnisse zum Gasaustausch von Einlegegurken in Abhängigkeit vom Ernteverfahren liegen aus den Jahren 1973 vor (24,90). Danach erhöht sich die Atmungsintensität durch die maschinelle Ernte im Durchschnitt der untersuchten Sorten und Sortierungen um etwa 20 % gegenüber von Hand geernteten Gurken (90). Die eigentliche Begrenzung der Lagerfähigkeit ist durch den Schwundverlust gegeben, der bei den mechanisch geernteten Gurken schon nach 48 Stunden über 5 % erreichen kann. Dieser Wert kann als Grenze der Lagerfähigkeit angesehen werden.

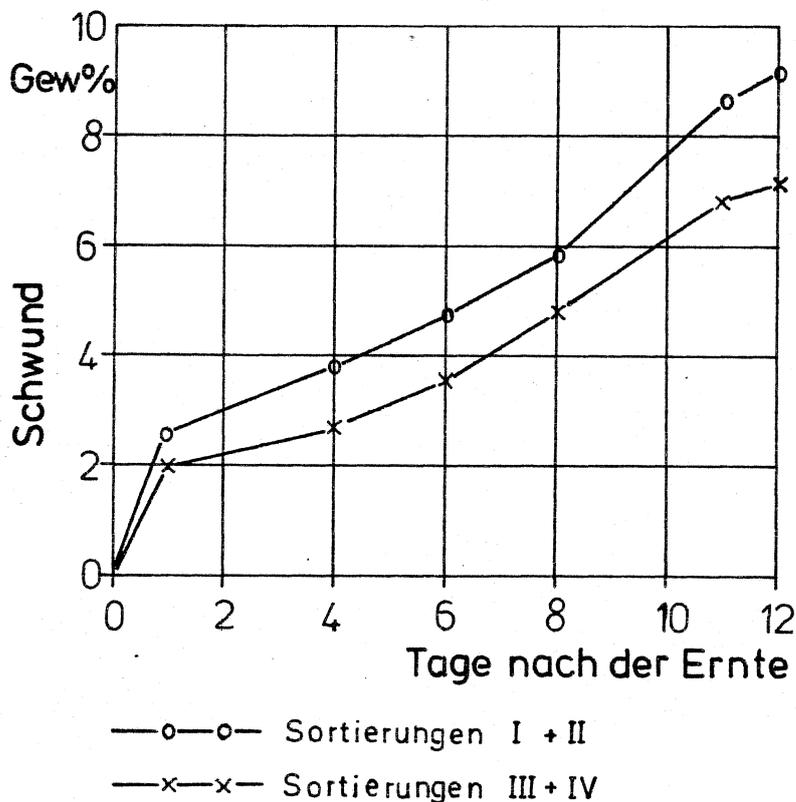


Abb.45: Schwund bei Zwischenlagerung teilmechanisch geernteter Einlegegurken unter Normalbedingungen in Abhängigkeit von der Sortierung

4. Zusammenfassung

Einleitend wurden die Bedeutung und die Probleme des Anbaues von Kopfkohl und Einlegegurken in BR Deutschland behandelt. Danach stellt Kopfkohl die bedeutendste Freilandgemüse-Kultur dar. Für Lagerkohl, der rund 2/3 der Anbaufläche ausmacht, scheiterte vorerst der Einsatz mechanisierter Ernteverfahren wegen der dabei auftretenden Qualitätsverluste. Dem-gegenüber halbiert die vollmechanische Ernte von Einlegegurken den Deckungsbeitrag infolge geringer Pflückwirkungsgrade, vermindertem Mengenertrag und Beschädigung vor allem der bestbezahlten kleinen Sortierungen. Den Untersuchungen zur Qualitätserhaltung wurden daher die Ermittlungen der erforderlichen Anbauvoraussetzungen und der für eine Verfahrensoptimierung wichtigen Stoffeigenschaften vorangestellt.

Bei K o p f k o h l mußten die relevanten Stoffeigenschaften und die Qualitätsanforderungen systematisiert und definiert werden. Erst bei Verwendung allgemein gültiger Prüfverfahren können reproduzierbare Werte und signifikante Zusammenhänge gewonnen werden. Das Wertungsverfahren bei Kopfkohl beruht auf der Registrierung der Beschädigung einzelner Blattlagen und wird in der vorliegenden Arbeit ausführlich begründet und als Standard-Prüfverfahren vorgeschlagen, ebenfalls ein Verfahren zur Dichtemessung.

In Reihenversuchen wurde die Rohdichte neuer Sorten ermittelt, da Höhe und Umfang der Beschädigung von der Dichte beeinflußt werden. Ein wesentliches Ergebnis der Untersuchungen von Beschädigungsursachen ist, daß innere Beschädigungen schon bei einer Fallhöhe von 200 mm auftreten können, äußere Beschädigungen hingegen im wesentlichen von den Auftreffflächen abhängen. Sofern keine äußeren Beschädigungen sichtbar sind, wird die Lagerfähigkeit nicht beeinflußt. Die Schüttdichten sind in Abhängigkeit von der Lagerart angegeben.

Zur Ermittlung der Qualitätsminderung durch mechanische Ernte infolge Beschädigung und der Folgeschäden im Lager wurden Ernterversuche mit 3 in Deutschland gebräuchlichen Erntemaschi-

nen durchgeführt und das Erntegut eingelagert.

Die Beurteilungskriterien für die Ernte waren die äußere Beschädigung und die Qualität des Strunkschnittes sowie nach der Auslagerung der Schwund, die Fäulnis und der Putzabfall. Danach betrug der Anteil der Köpfe mit mittlerer bis starker Beschädigung bei der Handernte 15 % und bei mechanisierter Ernte 9 bis 37 %, an Gesamtbeschädigung waren es 57 % bzw. 50 % bis 75,5 %. Kritisch für die Verarbeitung sind Strunk-Schrägschnitte mit über 30°, die bei mechanischem Schnitt zu 15 bis 21,5 % auftraten. Eine Verbesserung des Strunkschnittes ist vor allem über geeignete Sorten und Anbautechnik zu erreichen. Die Lagerverluste wurden umfangreich ermittelt und dokumentiert. Als Lagerverluste ergaben sich im Frischluftlager nach 62 Tagen für die Handernte 11,2 % und für die mechanische Ernte 12,3 bis 15,7 % . Im Kühllager betrugen sie nach 102 Tagen bei der Handernte 14,5 %, bei der mechanischen Ernte 16,8 % bis 22,8 %. Zur Verlustminderung müssen vordringlich neue technische Lösungen für das beschädigungsarme Laden in Transporteinrichtungen und Lagergebäude entwickelt werden. Bei Berücksichtigung der in diesem Bericht enthaltenen Auswahlkriterien der Verfahrenstechnik ist die mechanische Ernte auch von Lagerkohl möglich.

Bei **E i n l e g e g u r k e n** wurden analog zu Kopfkohl die relevanten Stoffeigenschaften definiert und die Prüfverfahren beschrieben. Die Rohdichte und die Schüttdichten sind angegeben. Ein Maß für die Verletzungsempfindlichkeit ist die Schalenfestigkeit, die als Einbruchskraft eines Stempels von 6 mm Durchmessers gemessen wurde. Hier ist bei den Sortierungen V und VI (12/15 u. 15/18) im Mittel um 27 % höher als bei der Sortierung I (3/6). Auch zwischen den Sorten treten signifikante Unterschiede und damit unterschiedliche Eignung für die vollmechanische Ernte auf.

Zur Ermittlung der Qualitätsminderung durch mechanische Ernte wurden Vergleichsversuche mit parthenokarpen Sorten für die Handernte, die Ernte mit Erntehilfe und die vollmechanische Ernte durchgeführt.

Bei der Handernernte treten nur 1,1 % leichte Beschädigungen und bei einer teilmechanisierten Ernte mit dem Gurkenpflückwagen 2,7% leichte und 1,1 % starke Beschädigungen auf. Demgegenüber belaufen sich die Beschädigungsanteile bei vollmechanischer Ernte auf 13,5 % leichte und 6,6 % starke Beschädigungen. Die Beschädigungsanteile haben sich damit seit Einführung dieser Erntetechnik in der BR Deutschland vermindert, wodurch sich der Erntewirkungsgrad von 73,8 % auf 81,8 % verbessert hat. Da die Versuche mit der gleichen Erntetechnik ohne wesentliche verfahrenstechnische Verbesserungen angestellt wurden, ist die Erhöhung des Erntewirkungsgrades im wesentlichen auf die Verwendung von parthenokarpen Sorten zurückzuführen. Ort und Höhe der Beschädigungen durch Bauelemente des Vollernters sind im Vergleich zu anderen in- und ausländischen Untersuchungen angegeben. Die Ermittlung der Beschädigungsanteile durch Transport und Sortierung ergab einen Anteil von 36 % der Gesamtbeschädigung.

Vollmechanisch geerntete Einlegegurken unterliegen einer erhöhten Atmungsintensität, während diese für Handernernte und teilmechanisierter Ernte etwa gleich ist. Über Temperaturmessungen in Großkisten wurde der Einfluß der Sortierung auf die Gurkenwärmung nachgewiesen, die Sortierung II (6/9) hatte eine um 4°C und die Sortierung III eine um 1,5°C höhere Temperatur als die Sortierung IV (9/12). Der Gewichtsverlust infolge Schwund beträgt in 24 Stunden mindestens 2 %, innerhalb von 48 Stunden bis 5 %. Daher ist eine schnelle Verwertung des Erntegutes innerhalb von 2 Tagen oder deren Kühlung, vor allem der kleinen Sortierung erforderlich.

Bei den Untersuchungen der Qualitätsbeeinflussung durch einzelne Prozeßphasen wurden parallel Teilzeitmessungen durchgeführt. Die so ermittelten Werte für den Arbeitszeitaufwand und die bei Einlegegurken ermittelten Pflückleistungen sind bei Behandlung der einzelnen Arbeitsteilvorgänge zusätzlich angegeben. Die für die Mechanisierung von Kopfkohl und Einlegegurken in Frage kommende Literatur ist umfangreich dokumentiert.

5. Schrifttum

1. AID - Heft Nr. 353: Qualitätsnormen für Gemüse. 1978, AID, Bonn Bad-Godesberg
2. ANONYM: Direktaussaat im Kohlanbau. Rheinische Monatschrift 61 (1971) S. 36
3. ANONYM: Mechanical Cuke Harvester Goes Commercial American Vegetable Grower 21 (1973) Nr. 9, S. 36
4. ANONYM: Statistik, Erwerbsgemüsebau in der BR Deutschland 1978. Deutscher Gartenbau 33 (1978) S. 1128-1129
5. ANONYM: Der Außenhandel mit Frischgemüse in der BR Deutschland 1978. Deutscher Gartenbau 35 (1980) S. 1010-1011
6. ANONYM: Deutscher Anteil am Gemüsemarkt sinkt. Deutscher Gartenbau 35 (1980) S. 1009
7. ANONYM: Entwurf zur Normerklärung von Kopfkohl zur industriellen Verarbeitung. Arbeitskreis Qualitätskontrolle im Verband der Landwirtschaftskammer, Bonn Bad-Godesberg 1977
8. BAUCH,W.; JOSEPH,Ingrid: Hybridzüchtung bei Kopfkohl. Gartenbau 26 (1979) 6, S. 167-168
9. BECKER,R.F.: Cabbage Harvesters are on the way. American vegetable grower 15 (1967) Nr. 1, S. 16
10. BIELKA,R.; HENDRYCH,R.; STRUCK,P.; PIEPLOW,W.: Probleme der mechanisierten Kopfkohlernte. Deutsche Agrartechnik 17 (1967) H. 3,
11. BIELKA,R.: Freilandgemüseproduktion, VEB Deutscher Landwirtschafts-Verlag, Berlin 1976, 1. Auflage
12. BIELKA,R.; PINKAU,H.; JANZEN,D.: Anzucht und Bestellung von Spätkopfkohl. Gartenbau 23 (1976) 2, S. 43-46
13. BOROTSCHIK,L.A. u.a.: Patent zum Thema "Feldgemüsebau", Kopfkohlerntemaschine. Deutsche Agrartechnik 21 (1971) H. 2. S.
14. BOMME,U.: Feldgemüsebau in Bayern. Deutscher Gartenbau 33 (1978) S. 580-582
15. DUGGER,H.: Ein deutscher Kopfkohlvollernter. Rheinische Monatsschrift 59 (1971) S. 350-352

16. EHRLE, L.: Produktion von Qualitätsgemüse-Feldanbau für Industrie und Markt. Produktionsverfahren. Verlag Paul Parey 1975, S. 97-175
17. FREESE, K.; KROMER, K.-H.: Kohlqualität - das Problem der mechanischen Kopfkohlernte. Die industrielle Obst- und Gemüseverwertung 65 (1980) Heft 5/6, S. 132-137
18. FRENZ, F.W.; HEGE, H.; LECKER, F.; KRAUS, J.: Direktaussaat von Kopfkohlgemüse im Freiland. Gemüse 8 (1972) 4, S. 104-106, 108
19. FRITZ, D.: Mechanisierung der Gurkenernte. Industrielle Obst- und Gemüseverwertung 52 (1967) H. 5, S. 119
20. FRITZ, D.: Erntemechanisierung von Kopfkohl. Vortrag 7.3.1971
21. FRITZ, D.; STOLZ, W.: Erwerbsgemüsebau, Handbuch des Erwerbsgärtners 9, Verlag Eugen Ulmer 1973, Stuttgart
22. FRITZ, D.; V. ZABELTITZ, CH.; ZORN, CH.: Vollerntetechnik bei Gemüse. Arbeiten der DLG, Band 148, DLG-Verlag, Frankfurt (Main) 1975
23. GAEDE, H.J.; KUBITZ, H.; PINKAU, H.; HARNACK, F.: Maschinensystem für die Ernte und Einlagerung von Kopfkohl. Gartenbau 26 (1979) 1, S. 8-10
24. GARTE, L.; KROMER, K.-H.: Einmalernte von Einlegegurken. Gemüse 9 (1973) S. 166-172
25. GARTE, L.: Untersuchungen über Ertrag und Qualität von Weißkohl. Die industrielle Obst- und Gemüseverwertung 60 (1975) S. 129-131
26. HAHN; SCHMIDT: Kopfkohl, Kohl- und Wurzelgemüse Arten- und Sortenkunde, Arbeiten des Sortenamtes für Nutzpflanzen. Deutscher Bauernverband Berlin 1951
27. HARTMANN, H.D. Geisenheim: Einfluß der Pflanzzeiten auf den Ertrag von Kopfkohl. Gemüse 11 (1975) 6, S. 174-176
28. HÄFNER, G.: Gemüse zum Verkauf in Bayern 1977. Deutscher Gartenbau 32 (1977) S. 1888-1889
29. HEEGE, H.J.; KIRSCHKE, J.: Die Mechanisierung der Kopfkohlernte nach dem Raufriemenverfahren. Gemüse 14 (1978) S. 6-11
30. HEGE, H.; LECKER, F.: Anbautechnik im Feldgemüsebau. Landtechnik 25 (1970) H. 1/2, S. 18

31. HENDRIK, J.P.; SCHONEVELD, J.A.: Mechanical oogsten van Sluitkool. Groenten en Fruit 27 (1972) 33. S. 1492-1493
32. HENGSTENBERG, R.: Gemüsearten und Lieferbedingungen. Information, Fa. Hengstenberg, Esslingen
33. HENZE, J.: Bau und Einrichtung von Lagerräumen für Obst und Gemüse. KTBL-Schrift 154, 1972 (Münster-Hiltrup)
34. HERMANN, CH.: Tariflöhne und Preise für gärtnerische Betriebsmittel. Deutscher Gartenbau 24 (1980) S. 1084-1086
35. HOLZMANN, S.: Konstruktion und Erprobung einer Erntehilfe für Einlegegurken. Diplomarbeit an der TU München 1980
36. HÖSSLIN, R.v.; LECKER, F.: Mechanisierung des Feldgemüsebaues. Eugen Ulmer Verlag Stuttgart 1966 S. 70-75
37. JANSEN, W.: Maschinelle Einmalernte bei Freilandgurken Gemüse 14 (1978) S. 207-208
38. JOACHIMI, A.; LINDNER, U.: Erste Erfahrungen zu den neuen rein weiblichen und genetisch parthenokarpen Einlegegurken. Die industrielle Obst- und Gemüseverwertung 65. (1980) S. 162-171
39. KIRSCHKE, J.: Die mechanische Ernte von Kopfkohl. KTBL-Schrift Nr. 190 (1975)
40. KIRSCHKE, J.; HEEGE, J.H.: Die Kopfkohlernte im Raufriemenverfahren. Landtechnik 32 (1977) H. 11, S. 472-477
41. KIRSCHKE, J.; HEEGE, J.H.: Pflanzenmorphologie und Erntetechnik bei Kopfkohl. Gemüse 14 (1978) H. 5, S. 174-178
42. KOMANDI, I.: Rolle der Produktreologische Forschungen bei der Entwicklung von Maschinen und Technologien für den Gartenbau. IV. Kongress für Mechanisierung des Gartenbaues, Sept. 1973, Keszthely.
43. KROMER, K.-H.: Einmalernte von Fruchtgemüse. Landtechnik, 30 (1975) S. 382-387
44. KROMER, K.-H.; LABOWSKY, H.-J.; LECHNER, H.: Einzelkornsaat von Kohlgemüse und Kopfsalat im Freiland. Chinakohl und Kopfsalat. Gemüse 7 (1977) S. 156-160
45. KROMER, K.-H.: Bodenbearbeitung und Anbautechnik im Gemüsebau, Berichte über die Landwirtschaft (1978) Band 56, H. 2-3, S. 502

46. KROMER, K.-H.: Mechanische Stoffeigenschaften von Gemüse und ihre Veränderung durch Ernte, Sortierung und Transport. Die industrielle Obst- und Gemüseverwertung, 64 (1979) Nr. 6, S. 157-160
47. KRUMBEIN, G.: Steigerung und Stabilisierung der Erträge von Einlegegurken unter den Bedingungen des mechanisierten Produktionsverfahrens. Feldwirtschaft 17 (1976) S. 551-554
48. KRUMBEIN, G.; AMBOS, F.; LOPENS, K.: Ergebnisse der mechanisierten Ernte von Freilandeinlegegurken 1976 beim schrittweisen Übergang zu industriemäßigen Produktionsmethoden. Gartenbau 24 (1977) 1, S. 10-12
49. KTBL-Datensammlung Feldgemüsebau 1977
50. LABOWSKY, H.-J.: Mechanische Ernte von Einlegegurken. Deutsche Zeitschrift für Lebensmitteltechnologie 25 (1974) 2, S. 36-37
51. LABOWSKY, H.-J.: Gerätevergleich zur mechanischen Einlegegurkenernte. Industrielle Obst- und Gemüseverwertung 59 (1974) S. 123-124
52. LABOWSKY, H.-J.: Mechanisierung von Anbau und Ernte bei Einlegegurken. Rheinische Monatsschrift 65 (1977) Nr. 7 S. 290-294
53. LABOWSKY, H.-J.: Untersuchungen zur Anbau- und Erntetechnik von Einlegegurken. Dissertation 1977. TU München-Weihenstephan, Fachbereich für Gartenbau und Landwirtschaft und Bayerisches landw. Jahrbuch Jg. 54, H. 6 (1977) S. 644-717
54. LABOWSKY, H.-J.: Erntehilfen für Gemüse. Landtechnik 34 (1979) H. 11, S. 502-504
55. LABOWSKY, H.-J.: Erntehilfen für Gemüse, Deutscher Gartenbau 35 (1980) S. 878-880
56. MAGERL, A.: Ein Pflückwagen zur Ernte von Einlegegurken Gemüse 7 (1971) 6, S. 172-173
57. MARSHALL, D.E.; CARGILL, B.F.; LEVIN, J.H.: Physical and quality factors for pickling cucumbers quality Trans. ASAE 15 (1972) 4, S. 604-608, 612
58. MARSHALL, D.E.; BAKER, L.; LEVIN, J.H.; CARGILL, B.F.: The effect of mechanical harvesting and handling on pickling cucumber quality. ASAE-Paper Nr. 72-885 (1972)
59. MEHWALD, J.: Erntetechnik im Feldgemüsebau. Landtechnik 25 H. 1/2, S. 24-31
60. MOHSENIN, N.: Physical properties of plant and animal materials (Vol 1) S. 69 Gordan and Breach Science Publishers, Inc., New York, 1970

61. MOHSENIN,N.N.: Application of mechanical properties of food materials in quality evaluation and control. ASAE-Paper No. 73-6510
62. MOHSENIN,N.N.; JINDAL,V.K.; MANOR,A.N.: Mechanics of impact of a falling fruit on a cushioned surface Trans. ASAE 21 (1978) S. 594-600
63. MOSER,E.: Erntemaschinen für Gurken. In: Mechanische Ernte des Obst- Gemüse- und Weinbaus in den USA. Arbeiten der UNI Hohenheim Bd. 47, Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart (1969) S. 82-85
64. MOSER,E.: Vollmechanisierung bei Kopfkohl. Gemüse 5 (1969) S. 267-269
65. MOSER,E.; SINN,H.: Erntetechnik bei Kopfkohl. Landtechnik 27 (1972) S. 122-128
66. MOSER,E.: Verfahrenstechnik in Intensivkulturen. Grundlagen Landtechnik 24 (1974) 3, S. 83-86
67. MOSER,E.: Moderne wirtschaftliche Erntetechniken im Feldgemüsebau. Deutscher Gartenbau 29 (1975) S. 1776-1782
68. PARSONS,S.D.; REHKUGLAR,E.G.: Physical properties of cabbage plants as related to mechanical harvesting. Trans. ASAE 9 (1966) S. 866-867
69. REHKUGLAR,G.E.; SHEPARDSON,E.S.; POLLACK,J.G.: Development of a cabbage harvester. Trans. ASAE 12 (1969) S. 153-157
70. REINKEN,G.: Gemüse vollmechanisch geerntet. Rheinische Monatsschrift 59 (1971) S. 74-76
71. REINKEN,G.: Kopfkohlerntemaschine. Rheinische Monatschrift 59 (1971) S. 168
72. REINKEN,G.: Die vollmechanische Ernte bei Gemüse und Obst. Rheinische Monatsschrift 64 (1976) S. 84-87
73. PINKAU,H.; HARNACK,H.; BARESEK,F.: Komplexeinsatz und Schichtarbeit bei der Ernte, Aufbereitung, Ein- und Auslagerung von Spätkopfkohl. Gartenbau 23 (1976) 10, S. 298-301
74. PINKAU,H.: Möglichkeiten zur Bewertung der Lagerqualität von Kopfkohl. Gartenbau 26 (1979) 6, S. 171-172
75. SCHONEVELD,J.A.: De Machinale oogst van Sluitkool. Landbouwmecanistic 29(Dec. 1978) S. 1311-1315
76. SCHNEIDER,H.: Mündliche Mitteilung (1979)

77. SCHONEVELD, J.A.: De Machinale oogst van Sluitkool. IMAG, Jaarverslag 1977, Tuinbouw en Recreatie, Publikatie 102 S. 58-61
78. SCHRÖDER, E.; VOGEL, F.: Erfahrungen beim Anbau von frühem und mittelfrühem Kopfkohl. Gartenbau 20 (1973) 12 S. 358-360
79. STORCK, H.: Der Einfluß der Sortierung auf die Arbeitsleistung bei der Ernte von Einlegegurken. Gemüse 5 (1969) S. 291-294
80. STOUT, B.A.; BAKKER-ARKEMA, F.W.; RIES, S.K.: Developing a Mechanical Cabbage Harvester. Trans. ASAE, 1964
81. STOUT, B.A.: Maschinensystem der Gurkenernte in den Vereinigten Staaten von Amerika. 11. Kongress für Mechanisierung des Gartenbaues in Budapest 1967
82. STRUCK, P.; HARNACK, H.; JOHN, D.: Wissenschaftliche Arbeitsorganisation der industriemäßigen Ernte und Aufbereitung von Kopfkohl. Gartenbau 20 (1973) 7, S. 204-206
83. STRUCK, P.; HARNAK, H.: Übergang zur industriemäßigen Produktion von Spätkohl in der LPG, "Am Meer des Friedens" Elmenhorst/Lambrechtshagen. Feldwirtschaft 14 (1973) S. 538-541
84. STRUCK, P.; HARNAK, H.: Möglichkeiten und Ergebnisse der Mechanisierung der Kopfkohlernte und -aufbereitung. Gartenbau 20 (1973) 12, S. 360-363
85. TITZE, W.: Zur Direktsaat von Kopfkohl. Die industrielle Obst- und Gemüseverwertung. 60 (1975) S. 131-132
86. WALTER, E.: Mechanisierung der Jungpflanzenanzucht bei Spätkopfkohl. Gartenbau 20 (1973) 12, S. 353-354
87. WARE, G.W.; MC COLLUM, J.P.: Producing vegetable crops-Cabbage. The Interstate Printers & Publishers, Inc. Danville, Illinois 1975, S. 257-271
88. WARE, G.W.; MC COLLUM, J.P.: Producing vegetable crops-Cucumbers. The Interstate Printers & Publishers, Inc., Danville, Illinois 1975, S. 313-326
89. WEICHMANN, J.: Automatische Anlage für Gasstoffwechsellmessungen von Gemüse. Gartenbauwissenschaft 30 (1971) S. 251-258

90. WEICHMANN, J.: Verhalten von Einlegegurken nach verschiedenen Ernteverfahren. Die industrielle Obst- und Gemüseverwertung 59 (1974) 5, S. 125-126
91. WIRTH, : Eingeschränkter Gemüseanbau in der Bundesrepublik Deutschland 1979. Deutscher Gartenbau 42 (1979) S. 1763-1765
92. WIRTH, H.: Geschrumpfte Markterzeugung für Gemüse 1976. Deutscher Gartenbau 9/1977 S. 364-365

Firmenunterlagen und Prospekte

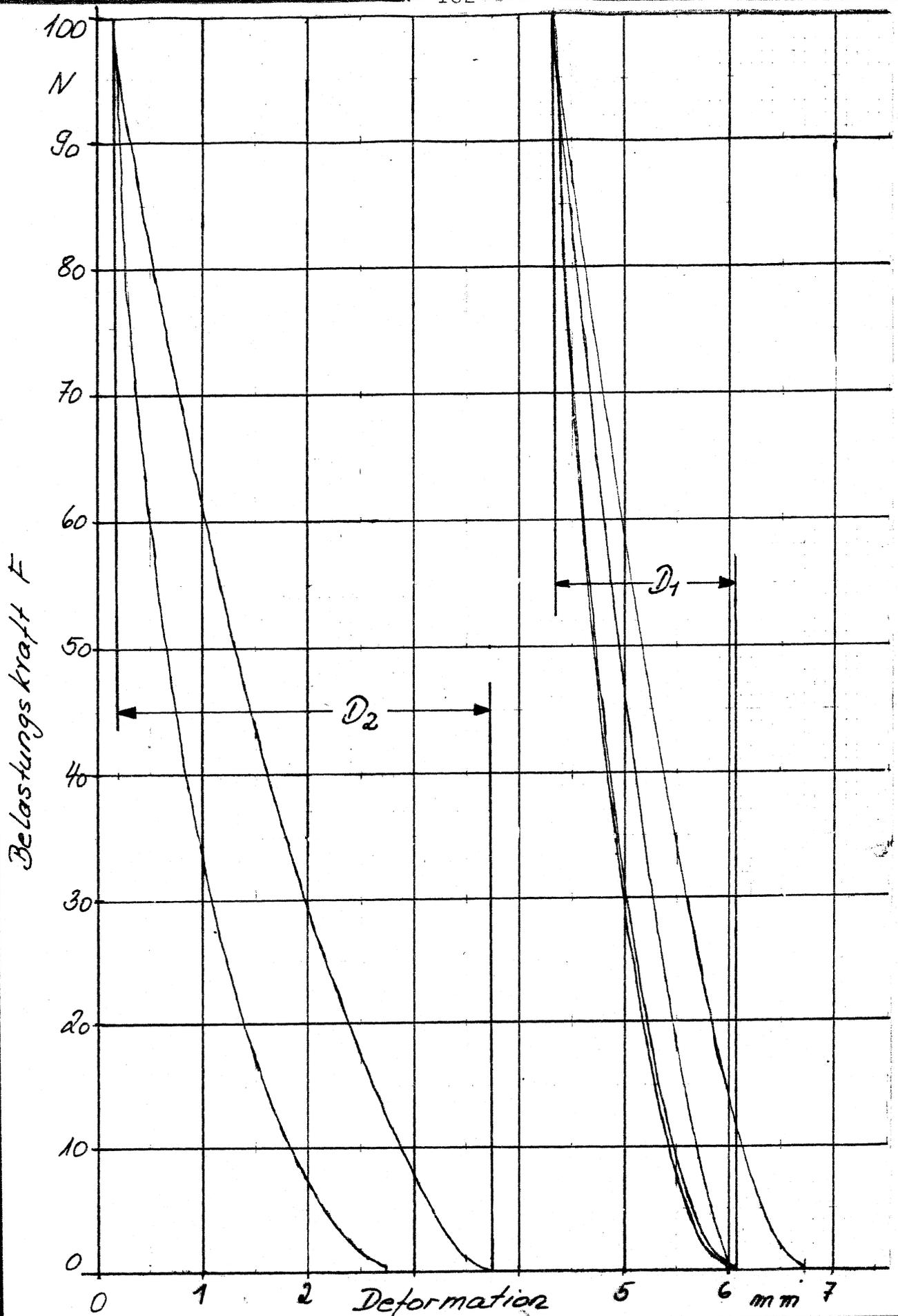
93. Royal Sluis-Gurkensortiment
94. Beschreibende Sortenliste
Einlegegurken 1977
Bundessortenamt
95. Bleinroth, Landringhausen: Prospekte über die Kohlerntemaschinen
96. Bächt, W. Wabern-Zenners: Prospekte über Kohlerntemaschinen
97. Luhn, K. KG, Suderburg: Prospekte über Kohlerntemaschinen
98. Cuke Inc., Illinois: Prospekte über Gurkenvollernter

Tab : Ergebnisse der Dichtemessung von Weißkohl, Sorte "Hidena"
 Dichte ρ_r errechnet nach geometrischen Abmessungen,
 Dichte ρ_e gemessen mit Auftriebsswaage

Nr.	Masse (g)	d_1 (cm)	d_2 (cm)	Volumen (cm ³)	Dichte ρ_r (g/cm ³)	Dichte ρ_e (g/cm ³)	
1	2745	19,3	18,9	3610	0,760	0,882	
2	4527	20,0	22,4	5254	0,826	0,924	
3	2975	19,6	19,1	3744	0,795	0,902	
4	2877	17,9	18,7	3277	0,878	0,946	
5	2080	17,8	16,7	2599	0,800	0,887	
6	3263	19,2	19,2	3706	0,880	0,944	
7	2440	18,0	17,5	2886	0,845	0,925	
8	2833	22,3	19,6	4486	0,632	0,749	
9	3160	16,6	19,9	3442	0,913	0,929	
10	2837	17,3	19,1	3304	0,858	0,917	
11	2587	18,5	18,7	3387	0,764	0,904	
12	3820	19,2	21,4	4604	0,830	0,910	
13	3763	20,0	20,9	4574	0,822	0,919	
14	3217	20,6	18,6	3732	0,862	0,935	
15	2413	19,6	20,0	4105	0,831	0,938	
16	2923	18,7	18,7	3424	0,854	0,908	
17	3487	19,9	20,7	4465	0,781	0,877	
18	3315	19,1	20,2	4081	0,812	0,910	
\bar{x}	3126	19,1	19,5	3816	0,819	0,906	
					Standardabweichung :	0,062	0,044
					v :	0,0763	0,0486

Typentabelle: Kopfkohl-Vollerntemaschine (Stand 1979)

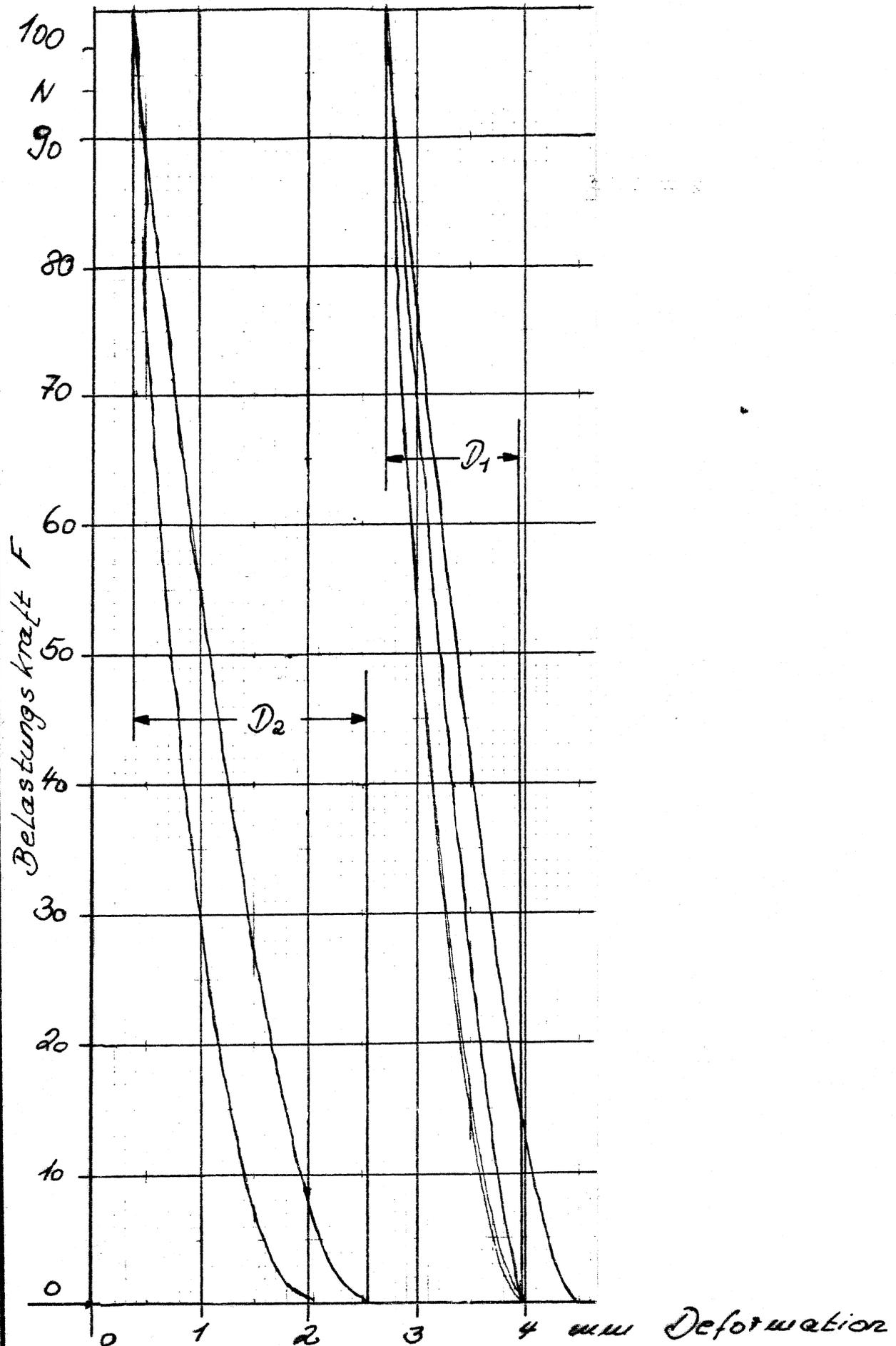
Hersteller	Typ	Reihenanzahl	Bergerleistung 10h/Tag [ha/Tag]	Geschwindigkeit [km/h]	Leistungsbedarf [kW]	Gewicht [kg]	Arbeitsweise Aufnahme	Trennung Strunk/Kopf	Preis [DM]	Bemerkungen
H. Bleinroth GmbH Am Deichfeld 3013 Barsinghausen	Rustika	1	1	1 - 4	ab 24	1200			26 930	a. Heckanbau Längsschwad
	"	1	1	1 - 4	ab 24	1200	Schneckenwalzen Raufwalzen mit Andrückband		31 500	b. Heckanbau (w.w. Entblätterung) Überladen
	K1	1	1	1 - 4	ab 43	1700		Kreissäge	39 500	c. Anhängemaschine (w.w. Entblätterung) Überladen
	"	1	1	1 - 4	ab 85	2200			52 770	d. Anhängemaschine Bunker (w.w. Entblätterung) Bunkerka- pazität 1640 kg
Kopfkohl-Vollerntemaschine										
	W. Bächt OHG Schulstraße 17 3581 Wabern-Zennern	-	1	ca. 2	3 - 6	1000	Glattwalzen, Raufwalzen mit Andrückband	Kreissäge	23 250	Heck-u. Frontanbau Längsschwad (w.w. Überladen)
Kopfkohl-Vollerntemaschine										
	Karlscholte Mas- chinenfabrik AIS PK-H 293 Diana- lund/Dänemark Vertrieb: Fa. Luhn 3113 Suderburg	Comb1 KöL	1	1 - 1,5	1 - 3	1500	Torpedoschnecken und Raufriemen	Quetschleisten	31 000	Heckanbau w.w. Überladen oder Handabnahme in Transportbehälter
	Konsimpex An den Hilligen- wöhren 7a 3000 Hannover Bothfeld	-	1	0,5-1	1 - 4	1460	Aufnahmescheiben Raufriemen	Kreissäge	45 000	Dreipunktanbau Entblätterung und Überladen
E 800/1 DDR	-	1	1,5	3	1500	Aufnahmetorpedos, Raufriemen mit Andrückband	Messerscheiben	-	Anhängemaschine	



KRAFT-DEFORMATIONS-DIAGRAMM

Prüfkörper: kugelig, $r = 100$ mm, $v = 1$ cm/min
 Kopfkohl, seitlich, D_1 unbeschädigt, D_2 nach
 Stoßbeschädigung (17,2 Nm \pm 50 cm Fallhöhe)

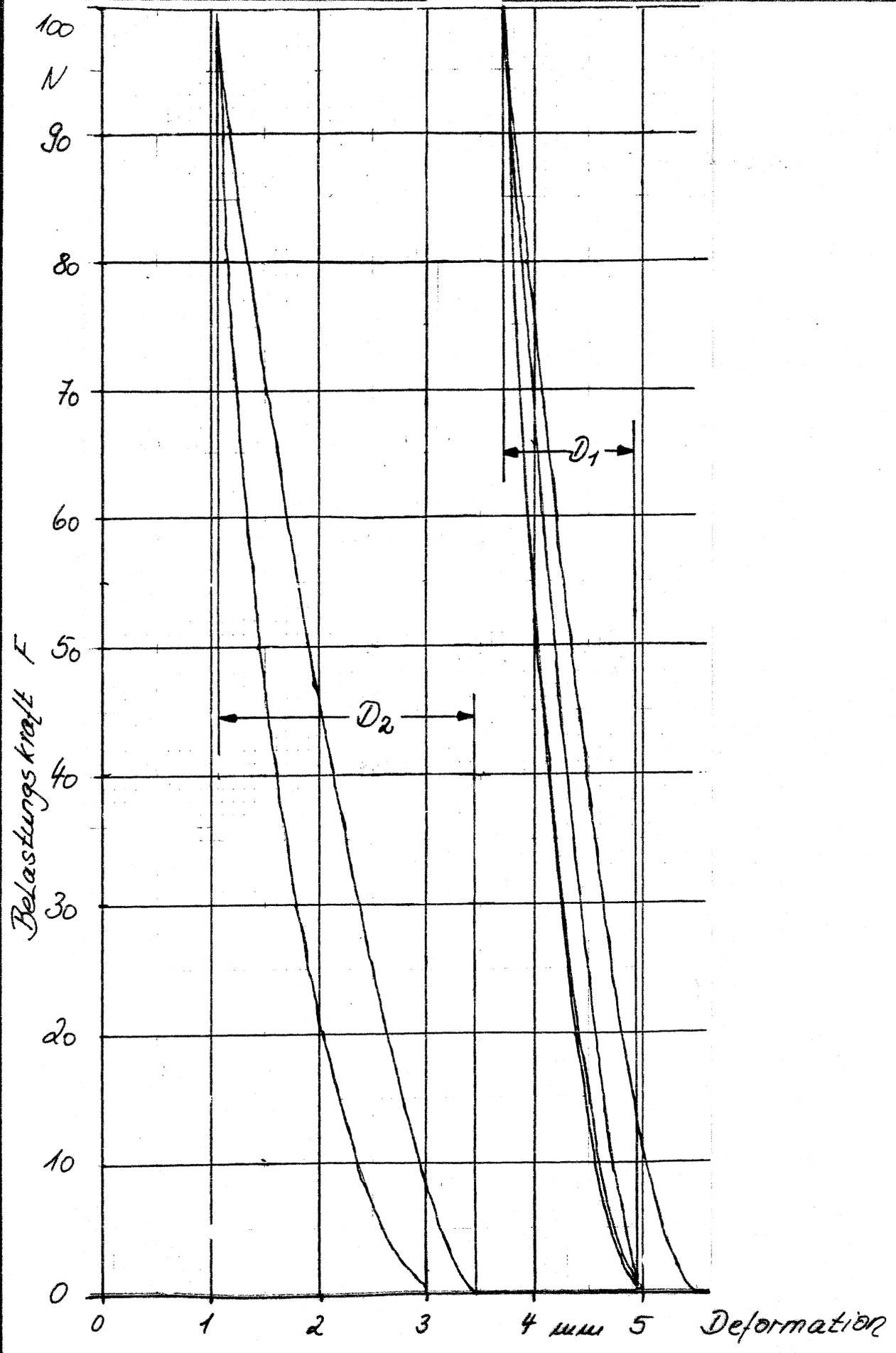




KRAFT-DEFORMATIONS-DIAGRAMM

Prüfkörper: kugelig, $r = 100$ mm, $v = 1$ cm/min
 Kopfkohl, oben, D_1 unbeschädigt, D_2 nach
 Stoßbeschädigung ($10,3$ Nm $\frac{1}{2}$ 30 cm Fallhöhe)

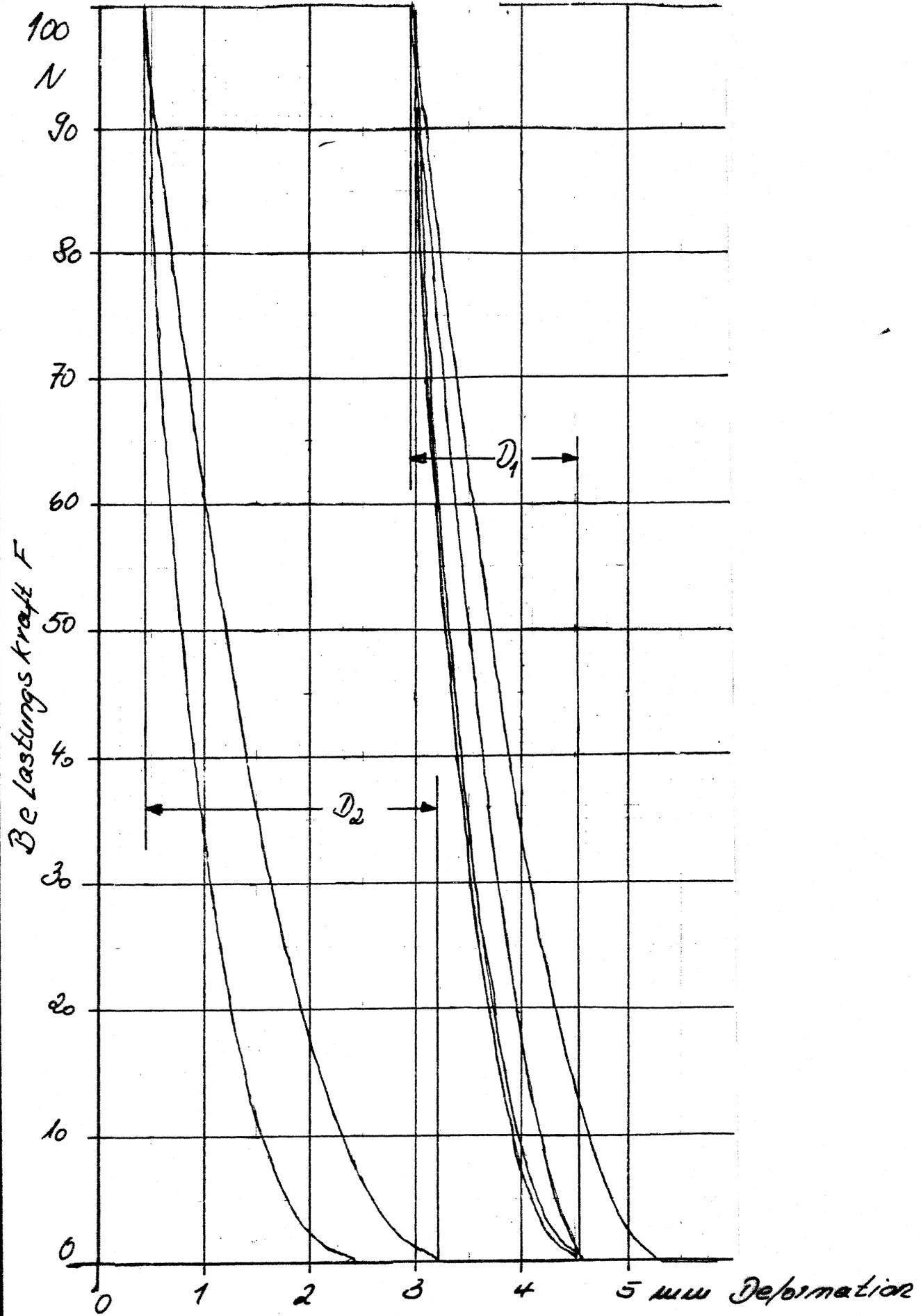




KRAFT-DEFORMATIONS-DIAGRAMM

Prüfkörper: kugelig, r = 100 mm, v = 1 cm/min
Kopfkohl, seitlich, D₁ unbeschädigt, D₂ nach
Stoßbeschädigung (10,3 Nm $\hat{=}$ 30 cm Fallhöhe)





KRAFT-DEFORMATIONS-DIAGRAMM

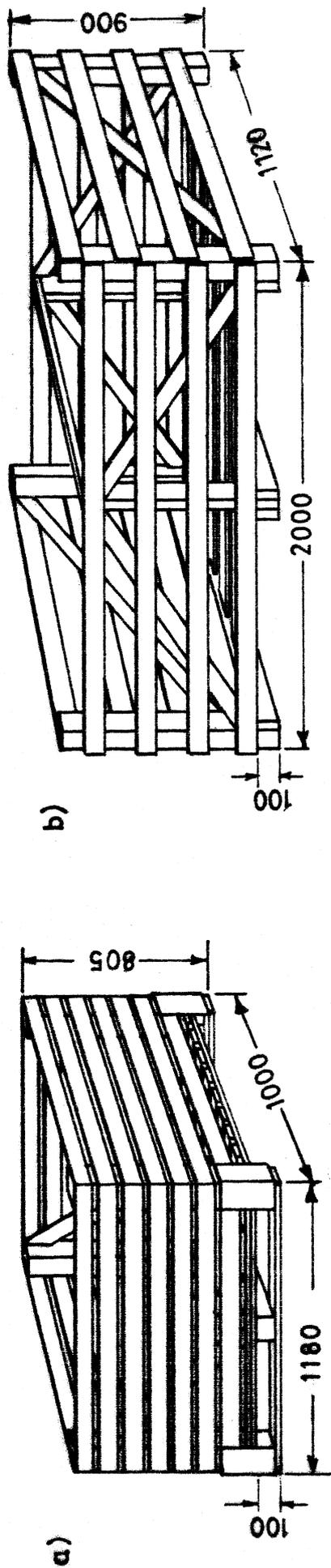
Prüfkörper: kugelig, $r = 100 \text{ mm}$, $v = 1 \text{ cm/min}$
Kopfkohl, seitlich, D_1 unbeschädigt, D_2 nach
Stoßbeschädigung ($6,9 \text{ Nm} \hat{=} 20 \text{ cm Fallhöhe}$)



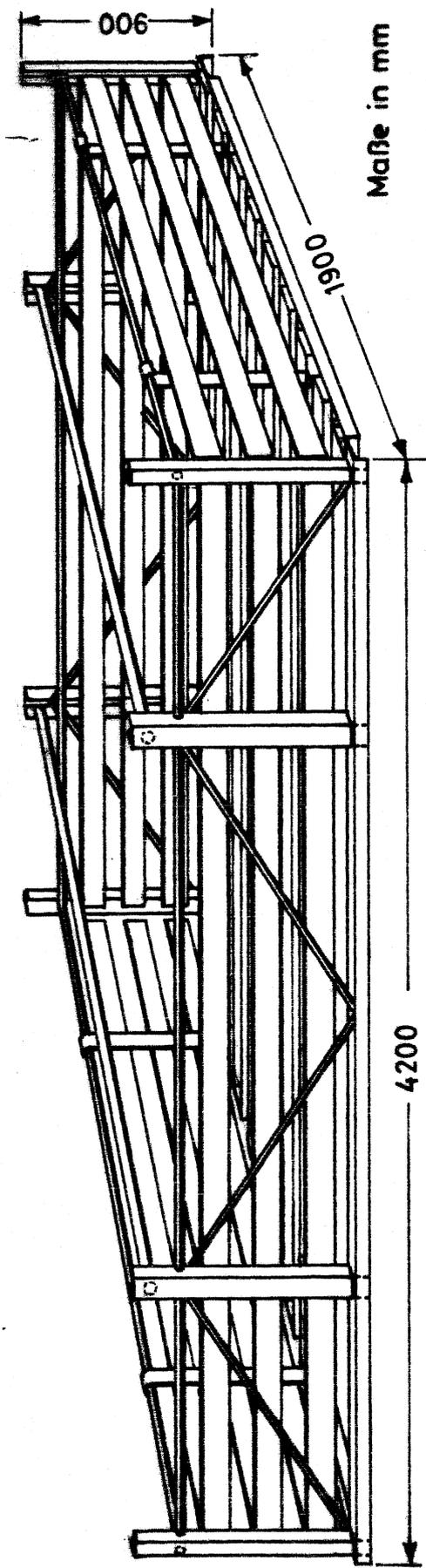
Einzelwerte zu Tabelle 3, Seite 25

Nr.	Kopfgewicht (g)	Dichte (g/cm)	Stoßsimulator			
			seitl. 500	seitl. 300	oben 300	seitl. 200
Deformations-Differenz DD als $D_2 - D_1$ (mm)						
1	2792	0,917	1,15	0,60	0,90	0,75
2	3282	0,907	0,95	0,60	0,55	0,55
3	3027	0,973	1,00	1,20	1,00	0,55
4	2686	0,994	1,05	1,00	0,55	0,85
5	3274	0,982	0,75	0,40	0,75	0,30
7	3247	0,974	0,80	0,95	1,25	0,80
8	3535	0,896	1,25	1,20	0,70	1,30
9	2534	1,033	1,20	0,80	0,70	0,80
10	2794	0,923	1,05	0,85	0,70	1,15
11	2954	0,919	0,80	0,75	0,75	0,75
12	3223	0,946	1,60	1,20	0,65	0,55
13	3197	0,964	1,20	1,35	0,95	0,50
14	3009	0,932	0,45	0,55	0,30	0,45
15	3976	0,987	0,90	0,65	0,80	0,80
16	2540	1,047	0,85	0,25	0,60	0,50
17	2567	0,893	1,05	0,90	0,70	0,60
21	3045	0,928	0,60	0,55	0,35	0,40
22	3453	0,867	1,10	0,80	0,50	0,45

\bar{x}	3103	0,949	0,99	0,81	0,70	0,66
s		0,049	0,26	0,30	0,23	0,25



a)



c)

Maße in mm

Großkiste	Type	Fass.-vermög.	Eigengewicht	Brutto-Volumen	Netto-Volumen	Tara	Transportgerät
a)	EG-Norm	250-310kg	34kg	1,00m ³	0,82m ³	21%	Gabelstapler
b)	Spezial-Anfertigung	750-810kg	62,5kg	2,00m ³	1,65m ³	22%	Gabelstapler
c)	Spezial-Anfertigung	2400-3000kg	920kg	7,20m ³	5,44m ³	32%	Portalkran

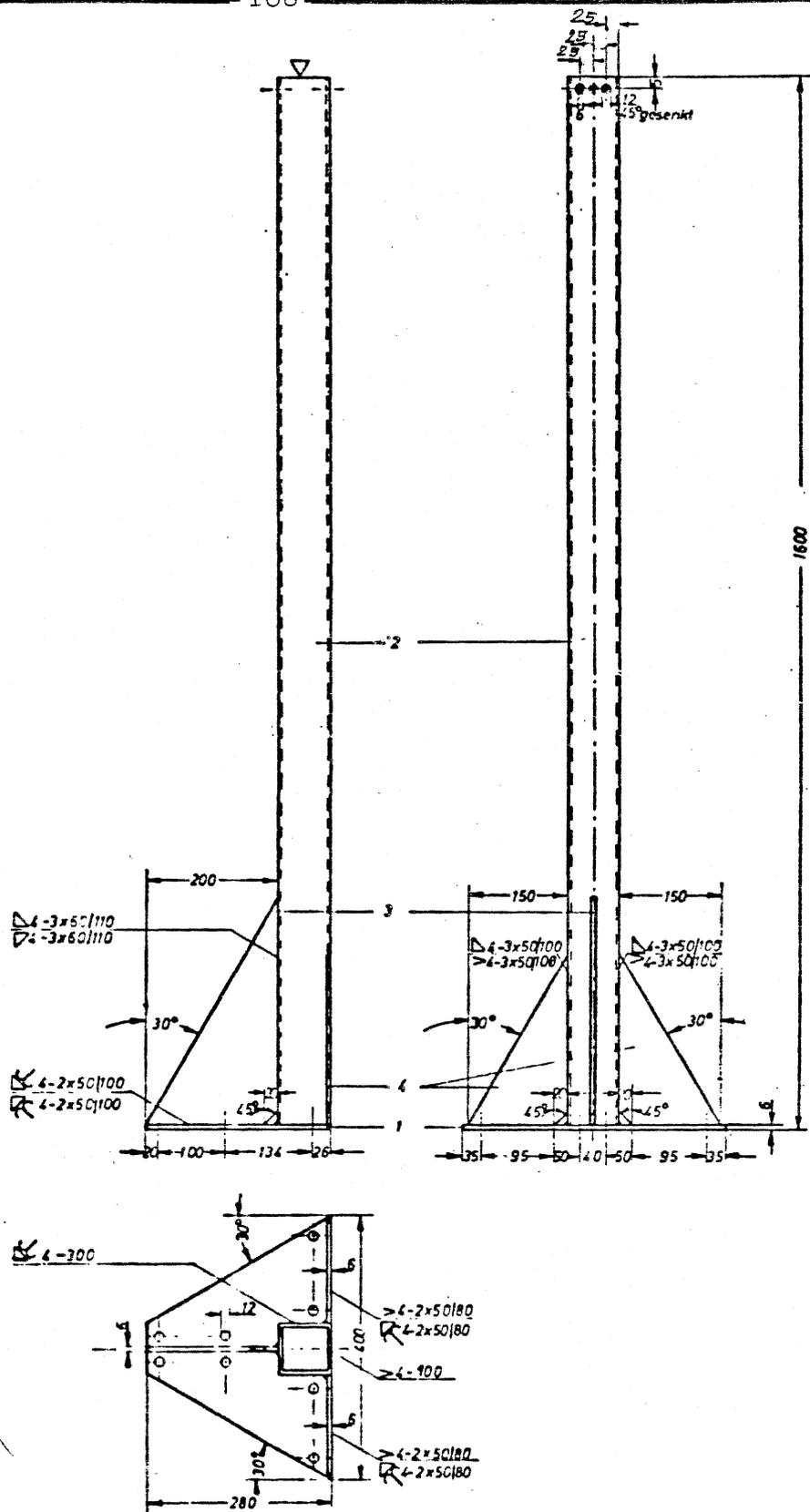
Kromer
Wiebking

Großkisten für Weißkohltransport und Lagerung

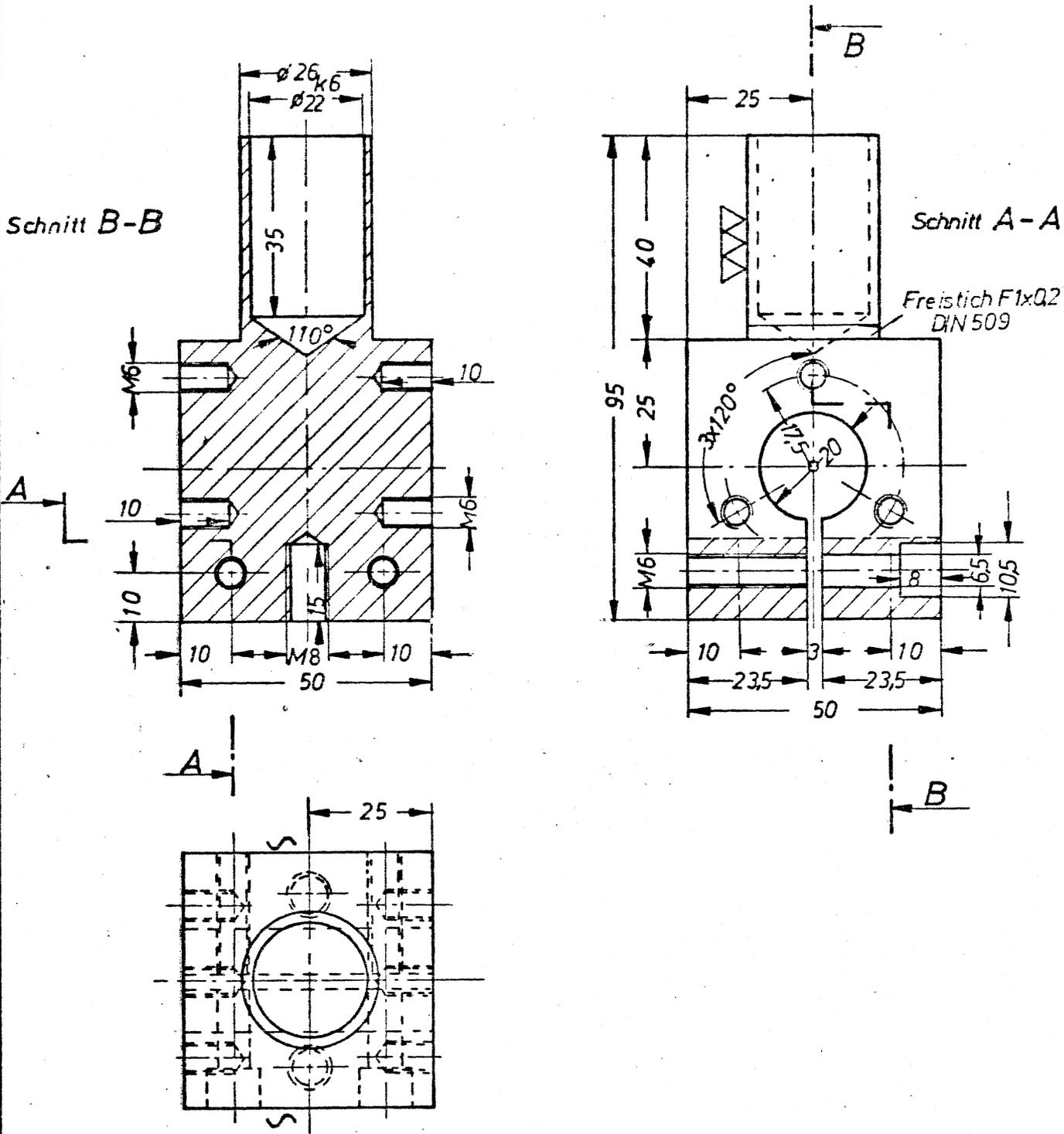


Trz

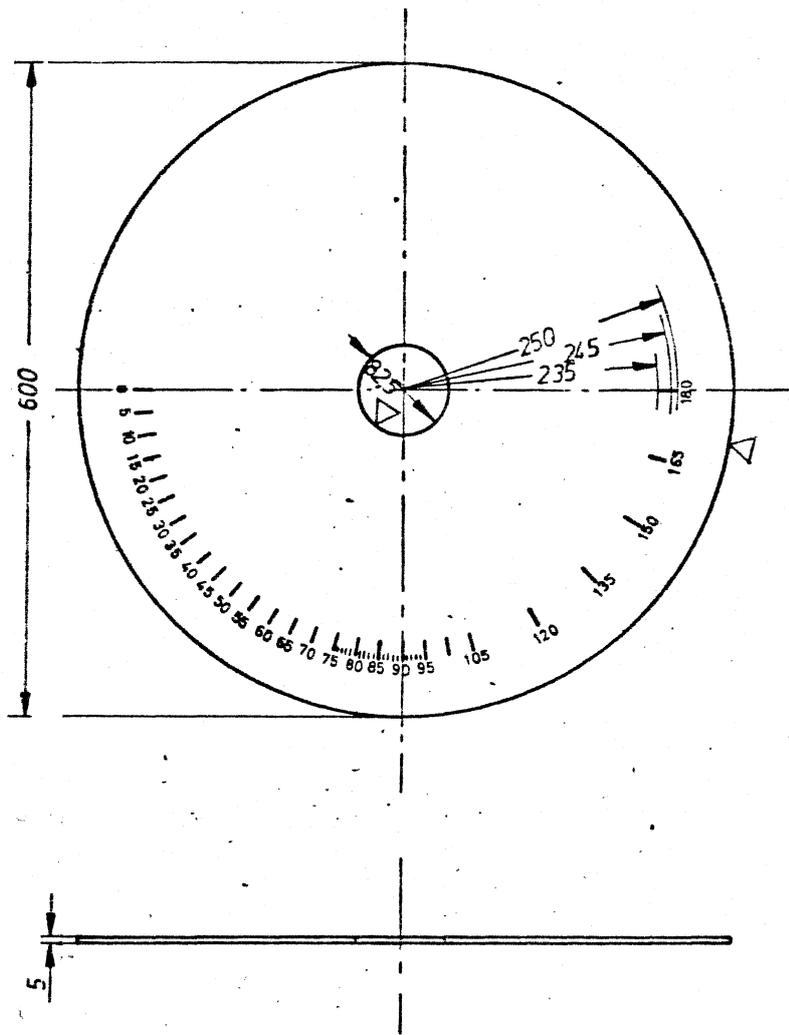
782 467



4	2		Knotenblech	Blech 6 DIN 1543 St 37-2	
3	1		Verstärkung	Blech 6 DIN 1543 St 37-2	
2	1		Vierkantrohr	100x100x6 DIN 2448 St 37-2	
1	1		Grundplatte	Blech 6 DIN 1543 St 37-2	
Pbs	Menge	Einh.	Benennung	Sachnr./Norm-Kurzbezeichnung	Bemerkung
Kanten gebrochen			Freimaßtoleranzen	Maßstab	
~ (▽)			DIN 7168 mittel	Landtechnik Weihenstephan	
			Datum	Name	<u>Pendelprüfstand</u> <u>Grundrahmen</u>
			Bearb.	10.6.79 Neumair	
			Gepr.		
			Norm		
				80 225 IV	8



Passung	Größtmaß	Kleinstmaß
$\varnothing 26_{k6}$	26,015	25,998
Kanten gebrochen	Freimaßtoleranzen	Maßstab
$\nabla (\sim \nabla \nabla)$	DIN 7168 fein	Vierkant 50 DIN 1796-AlMgSi 0,5F22
	Datum	Name
	Barb. 10.6.79	Neumair
	Gepr.	
	Norm.	
		Pendelhammer
		802.28 IV
		15



Kanten gebrochen ~ (▽)	Freimaßtoleranzen DIN 7168 mittel	Maßstab Blech 5 DIN 1543 - St37-2									
	<table border="1"> <tr> <td>Datum</td> <td>Name</td> </tr> <tr> <td>Bearb. 10.6.79</td> <td>NEHMELT</td> </tr> <tr> <td>Gepr.</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Norm</td> <td></td> </tr> </table>	Datum	Name	Bearb. 10.6.79	NEHMELT	Gepr.		Norm		Landtechnik Weißenstephan	
Datum	Name										
Bearb. 10.6.79	NEHMELT										
Gepr.											
Norm											
		Einstellscheibe									
		80 225 IV	8								

HERSTELLER	BMG Ungarn	Cuke USA	Wilde USA	FMC ²⁾ USA	Clyde ²⁾ USA	
Bauart	AH	AB	AB	SF	AH, SF	
Aufnahme- breite (m)	1, 10	2, 10	2, 10	2, 10	1-reihig	
Arbeitsgeschwin- digkeit (km/h)	1,0-2,0	2,0-2,5	2,0-3,0	- 5,0	2,0-2,4	
Ernte- leistung (ha/h)	0,15	0,27	0,35	0,6	0,2	
Schlepper-bzw. Motorleistungs- bedarf (kW)	ab 26	ab 48	ab 74	66	28	
AK-Bedarf	2	1 (+2)	1 (+1)	1 (+2)	2	
Arbeitsweise	Trennung Ranke-Wurzel	2 starre Messer	Spezial- Messer- balken	1 starres Messer	2 starre Messer	-
	Aufnahme	Gummi- Well- bänder	Pick up- Trommel	Pick up- Trommel	Gummi- Aufnahme- band	Spezial- Ranken- heber
	Trennung Ranke-Gurke	8 Walzen- paare (vertikal)	2 Gummi- walzen horizontal	2 Gummi- walzen horizontal	2 Gummi- walzen horizontal	Pflück- leisten
Maße (Transport)						
Länge (m)	4,30	7,50	8,50	7,80	-	
Breite (m)	2,40	3,20	-	2,40	-	
Höhe (m)	2,20	2,00	2,75	3,30	-	
Gewicht (kg)	2000	1500 ³⁾	5400 ³⁾	6100	1100	
Preis a.W. ohne MwSt. (DM) ¹⁾	30.000,-	40.000,-	63.000,-	a. Anfrage	a.Anfrage	
Bemerkungen	gesteuerte Aufnahme- vorrichtung, wahlwei- se für Steige, Groß- kiste oder mit Über- ladeband	Heckanbau mit Rück- wärtsfahreinrichtung wahlweise m. Überla- deband, Aussortierung der Übergrößen	Frontanbau Gerät mit Überlade- band oder Bunker (1830 kg) Gewicht ohne Schlepper	Aufnahmetiefe durch Fühler regelbar, Bunker (1500 kg) Aussortierung der Übergrößen	Mehrfachernter Bunker (450 kg)	
AH - Anhängegerät, AB - Anbaugerät, SF - Selbstfahrggerät						
1) 1 \$ = 1,75 DM (1980)		2) Prospekt- angaben		3) Gewicht ohne Schlepper		
Kromer Labowsky		EINLEGGURKEN- VOLLERNTEMASCHINEN TYPENTABELLE				
Technik im Gartenbau				80222		

