



Diplomarbeit

Entwicklung einer Nachräumeinrichtung zur Verbesserung des Räumbildes von Schneepflügen

ausgeführt zum Zwecke der Erlangung des akademischen Grades eines
Diplom-Ingenieurs unter der Leitung von

Univ.Prof. Dipl.-Ing. Dr.techn. Georg KARTNIG

Institut für Konstruktionswissenschaften und Technische Logistik
Forschungsbereich Konstruktionslehre und Fördertechnik

eingereicht an der Technischen Universität Wien
Fakultät für Maschinenwesen und Betriebswissenschaften

von

Michael HIESBERGER

Matr.Nr. 01027244 (Kennzahl 066445)



Wien, im Jänner 2020

Vorname Nachname

Kurzfassung

Entwicklung einer Nachräumeinrichtung zur Verbesserung des Räumbildes von Schneepflügen

Die vorliegende Arbeit beschäftigt sich mit einer Nachrüstmöglichkeit für die beiden Vario-Schneepflüge Flötzinger DKV-A und Eco Technologies EPV-3 der Magistratsabteilung 48 in Wien. Diese Nachrüstung soll das Räumbild verbessern, womit weniger Schnee liegen bleibt. Es werden die Schritte der methodischen Produktentwicklung abgearbeitet, indem der Weg der Recherche nach dem Stand der Technik über das Klären und Präzisieren der Aufgabenstellung bzw. das Konzipieren bis hin zum fertigen Entwurf erörtert wird. Es wurde eine keilförmige, segmentierte Nachräumleiste entworfen, welche in Fahrtrichtung überlappende Schürfleistensegmente aufweist, um so keinen Schnee durch etwaig vorhandene Spalten zu lassen. Der Ausweichmechanismus besteht aus Trapezfedern und ist in dieser Form bei der Recherche nicht gefunden worden. Es besteht die Möglichkeit, den Anstellwinkel sowie den Anpressdruck zu variieren.

Abstract

Development of a post-clearing device to improve the clearing performance of snow plows

The present work deals with the possibility of retrofitting the two variable V-plows Flötzinger DKV-A and Eco Technologies EPV-3 from the municipal department 48 in Vienna. This retrofit should improve the clearing performance, which means that less snow remains on the street. The steps of the methodical product development are worked through, by explaining the way of research according to the state of the art, clarifying and specifying the task, making a concept and creating a draft. A wedge-shaped, segmented scraper bar was designed, which has overlapping scraper bar segments in the direction of travel, so that no snow can pass through any gaps. The evasion-mechanism consists of trapezoidal springs and has not been found in this form during research. It is possible to vary the angle of attack and the contact pressure.

Danksagung

An dieser Stelle möchte ich mich bei Herrn Prof. Georg Kartnig für die Betreuung und Korrektur dieser Diplomarbeit sowie die beratende Tätigkeit bedanken.

Weiterer Dank gilt der MA 48, vertreten durch Herrn Dr. Peter Nutz, für die Kooperation und Informationsbereitstellung.

Abschließend bedanke ich mich bei meinen Eltern für die finanzielle Unterstützung sowie den Beistand in allen Lebenslagen während der gesamten Studienzeit. Ebenso gilt es meiner Mutter sowie Philomena für das Korrekturlesen und die motivierenden Worte zu danken.

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung.....	1
1.1	Problemstellung.....	1
1.2	Ziel.....	2
2	Stand der Technik.....	3
2.1	Marktrecherche.....	3
2.1.1	Pflüge der MA 48	3
2.1.2	Internetrecherche.....	8
2.1.3	Literaturrecherche.....	22
2.2	Patentrecherche.....	22
3	Klären und Präzisieren der Aufgabenstellung.....	28
3.1	Interview mit MA 48.....	28
3.2	Normative Anforderungen.....	33
3.3	Anforderungslisten für Flötzinger und Eco.....	34
4	Konzipieren.....	37
4.1	Funktionsanalyse.....	38
4.1.1	Hauptfunktionen.....	40
4.1.2	Funktionsstruktur.....	41
4.2	Problem-Analyse des bestehenden Systems.....	41
4.2.1	Freiheitsgrad-Analyse.....	41
4.2.2	Analyse der Geometrie der Nachräumeleiste (Spaltproblem).....	45
4.3	Ideenfindung.....	45
4.3.1	Synektik	45
4.3.2	TRIZ.....	46
4.3.3	Kombinieren und methodisches Zweifeln.....	47
4.4	Morphologischer Kasten.....	47
4.5	Konzipieren – Optimaler Schneepflug.....	49
4.5.1	Ausscheiden und Bevorzugen.....	49
4.5.2	Konzept.....	55
4.6	Konzipieren – Bestehende Pflüge mit Nachrüstung.....	57
4.7	Alternativkonzept.....	57
5	Entwerfen.....	58
5.1	Geometrie der Stufenform.....	59
5.2	Abschätzung der Federdimension.....	61

5.3 Entwurf für Flötzinger.....	64
5.4 Entwurf für Eco Technologies.....	71
6 Zusammenfassung und Ausblick.....	75
7 Glossar.....	77
8 Quellenverzeichnis.....	80
9 Abbildungsverzeichnis.....	83
10 Tabellenverzeichnis.....	85

1 Einleitung

1.1 Problemstellung

Die Magistratsabteilung 48 – Abfallwirtschaft, Straßenreinigung und Fuhrpark der Stadt Wien (in weiterer Folge MA 48 genannt) ist unter anderem für den Winterdienst zuständig. Die MA 48 besitzt Einseit-Schneepflüge des Herstellers Springer, welche mit dem sogenannten „Nachräumklavier“ vom selben Hersteller ausgestattet wurden. Dabei handelt es sich um eine zweite, segmentierte Schürfleiste hinter der ersten. Die damit einhergehende, bessere Räumleistung reduziert den Streumitteinsatz.

Die MA 48 verwendet auch Kombinationsschneepflüge (=Variopflüge). Bei diesen ist das Schild in der Mitte der Räumschar in zwei Hälften geteilt, die separat vor und zurück geschwenkt werden können, siehe Abbildung 1. Somit können diese Pflüge in Keil- und V-Form sowie auch als Einseitpflug nach links bzw. rechts betrieben werden. Für diese Bauform existiert am Markt keine Nachräumeinrichtung, die dem Nachräumklavier entspricht (siehe dazu Kapitel 2 „Stand der Technik“). Nun soll überprüft werden, ob es für die beiden Variopflüge Flötzinger DKV-A 2,20m (in weiterer Folge Flötzinger genannt) und Eco EPV-3 156 von Eco Technologies (künftig als Eco bezeichnet) ebenfalls Optionen gibt, das Räumbild bzw. die Räumleistung zu verbessern. Der Flötzinger wird auf den Trägerfahrzeugen Linder Unitrac 82S und Reform Muli T10X – beide sind Motorkarren (=Transporter) – mit verschiedenen Salz-Soletanks verwendet. Der Eco wird an diversen Kleintraktoren angebaut, allen voran am Kubota STW 40-C.

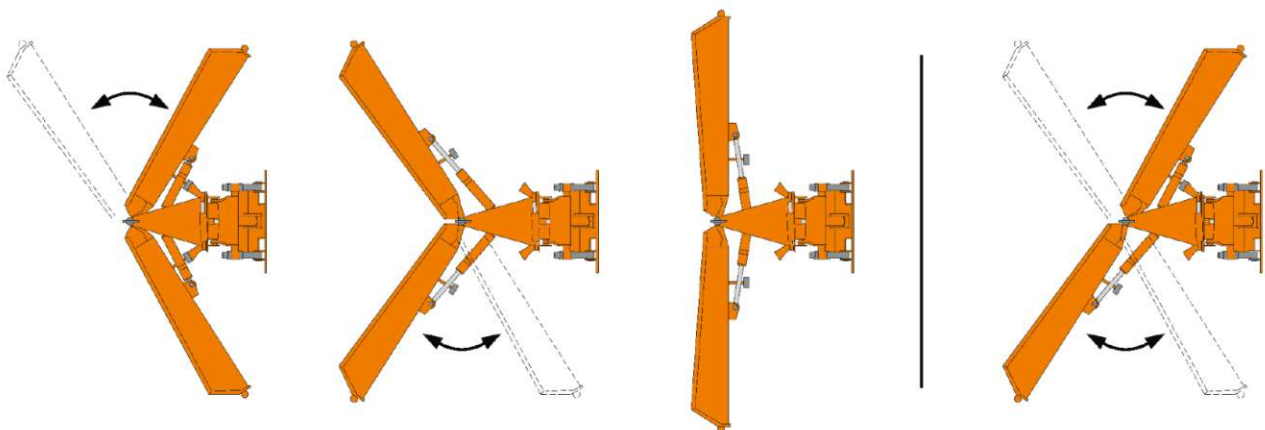


Abbildung 1: Betriebsmodi eines Vario-Pfluges [1]

Zu Beginn ist es ratsam, das spezifische Vokabular für den Winterdienst zu definieren, damit man als Außenstehender schnell mit der Thematik vertraut wird. Viele wichtige Begriffe werden in der DIN EN 15144 „Winterdienstausrüstung – Terminologie – Begriffe zum Winterdienst“ vom September 2007 erklärt [2]. Im Glossar ab Seite 77 werden die hier relevanten Bezeichnungen daraus aufgelistet.

1.2 Ziel

Ziel dieser Arbeit ist ein Konzept eines optimalen Schneepflugs bzw. ein Entwurf einer Nachrüstmöglichkeit für die Schneepflüge von Flötzinger und Eco Technologies zur Erlangung eines besseren Räumbildes. Dies muss nicht zwangsläufig eine ähnliche Konstruktion wie beim Nachraumklavier sein. Dabei soll die methodische Vorgehensweise der Produktentwicklung in Anlehnung an VDI 2221 [3] bzw. Pahl/Beitz [4] Verwendung finden.

2 Stand der Technik

In diesem Kapitel werden nur Maschinen bzw. deren Teile präsentiert, welche im Hinblick auf die später im Detail erläuterten Funktionen relevant sind (siehe Kapitel 4.1 Funktionsanalyse). Der Winterdienst, insbesondere die Schneebeseitigung, besitzt ein breites Lösungsspektrum, von dem dezidiert alle rotatorisch, kalorisch, fluidmechanisch oder auftauend arbeitenden Lösungen (wie z.B. Schneefräse, Schneeschleuder, rotierender Schneebesen, Flammenwerfer, Gebläse, Salzstreuung etc.) seitens der MA 48 ausgeschlossen werden. Weiters wird ein Seitenschneepflug, also eine Pflugschar, die seitlich am Trägerfahrzeug befestigt wird, ebenfalls exkludiert.

Als Vorgriff auf die Anforderungslisten sind folgende Punkte zu verstehen, welche die Suche nach Lösungen ein wenig einschränken:

- Da die vorhandenen Schnittstellen der Kleintraktoren und Motorkarren verwendet werden sollen, entfallen die weiteren, am Markt existierenden Möglichkeiten der Anbindung, weshalb sie in dieser Arbeit nicht dargestellt werden sollen.
- Die Niveauregelung soll hier ebenfalls nicht beachtet werden.

2.1 Marktrecherche

Bezüglich der Marktrecherche empfiehlt es sich, zuerst die von der MA 48 erworbenen Schneepflüge zu analysieren.

2.1.1 Pflüge der MA 48

Beim Flötzinger Pflug (Abb. 2) handelt es sich um einen Variopflug mit Drehklappen als Ausweichmechanismus (Abb. 3), welche mit Gummifedern in ihrer Arbeitsstellung gehalten werden. Bei den Drehklappen handelt es sich um ein Scharnier, dessen Scharnierstift nicht hinter der Schar, sondern direkt in der Scharfläche liegt. Das Heben und das Verschwenken der Scharteile geschieht hydraulisch. Das Hydrauliksystem ist gegen zu starke Stöße mit einer Überlastsicherung ausgestattet. Der Pendelausgleich erfolgt über einen horizontal liegenden Zentralbolzen. Die Rückstellung in die waagrechte Lage wird über seitlich angreifende Schraubenfedern realisiert. Es existiert keine Möglichkeit der Anpassung an das Längsprofil der Straße sowie keine Einrichtung zum Feinräumen. Die Schürfleiste besteht insgesamt aus vier Stahl-Segmenten und einem Polyurethan-Segment in der Mitte, welches durch die Eigenelastizität bei Kontakt mit Hindernissen ausweicht und von selbst wieder zurückgestellt wird. Der Anstellwinkel und die Federkraft auf ein Schürfleistensegment kann über Muttern auf der Gewindestange, die durch die

Gummifedern geht, verändert werden. Am Rand ist ein Randsteinabweiser zu sehen, welcher durch plastische Verformung bzw. Materialabtrag den Schneepflug vor Stößen auf die äußeren Ecken schützen soll.



Abbildung 2: Flötzing DKV-A im Einseitmodus

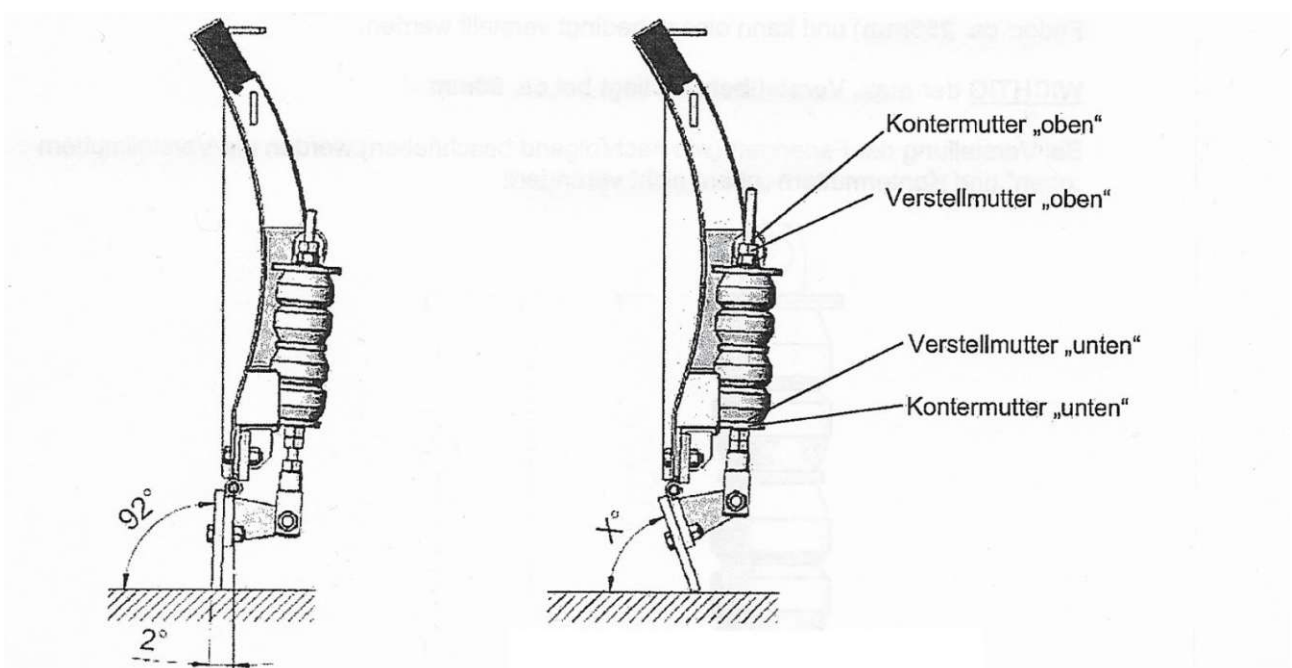


Abbildung 3: Drehklappen [5]



Abbildung 4: Eco Technologies EPV-3

Beim Eco-Pflug (Abb. 4) handelt es sich wie beim Flötzinger um einen Variopflug, bei dem der Ausweichmechanismus über Knickleisten realisiert wird. Die Stahlschürfleiste ist ebenfalls in vier Segmente unterteilt, jedoch ist in der Mitte kein spezieller Teil wie beim Flötzinger vorhanden. Dies führt bei Keilstellung zu einer Kollision der mittigen Schürfleisten, wenn das Hindernis zentral getroffen wird. Das Heben erfolgt über die Hydraulik des Trägerfahrzeugs, an das der Pflug mittels Schnellkupplungsdreieck angekuppelt wird. Gleitteller sind zwar montiert, haben aber keinen Bodenkontakt. Damit wird eine Schwarzräumung generiert, wie es in der Bedienungsanleitung geschrieben steht. Die Scharhälften werden hydraulisch verschwenkt und der Pendelausgleich wird durch einen Rotationsfreiheitsgrad um ein zentrales Rohr realisiert.

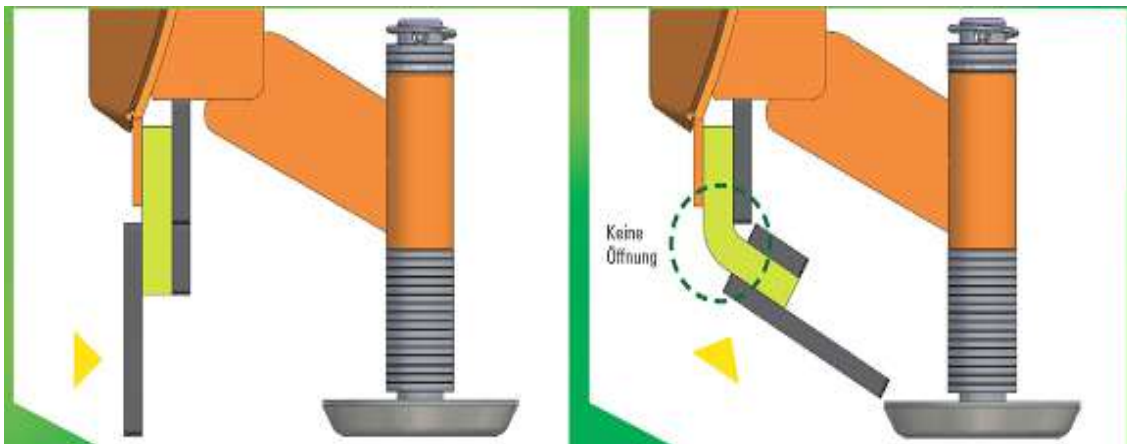


Abbildung 5: Ausweichmechanismus des Eco-Pfluges [6]

Auf Abbildung 5 sieht man die Knickleisten des Eco. Die Hersteller verwenden keine einheitliche Nomenklatur. So wird von Eco Technologies das vorliegende Prinzip als Federklappenmechanismus bezeichnet, was von Flötzinger aber Knickleiste genannt wird. Federklappen gibt es jedoch auch im Sortiment von Flötzinger, welche dort den Drehklappen ähneln, aber den Scharnierstift nicht in der Scharfläche, sondern dahinter haben. In weiterer Folge werden die Bezeichnungen des Herstellers Flötzinger verwendet.

Abbildung 6 zeigt das „Nachräumklavier“ an einem Pflug des Herstellers Springer (SHD-Z 2706-3 K3). Es handelt sich dabei um einen dreischarigen Einseitpflug, dessen Scharsegmente, separat entlang von gebogenen Rippen geführt, parabolisch bei Hinderniskontakt ausweichen können. Dadurch muss nicht die gesamte Masse des Schildes beim Ausweichen bewegt werden. Die Zugfedern sorgen für die Rückführung in die Nennstellung. Die Einstellung des Räumwinkels sowie auch das Heben bzw. Senken findet hier ebenfalls hydraulisch statt. Zu sehen ist auch der Stützfuß, der bei einem Einseitpflug bei der Lagerung sehr wichtig ist. Da im vorliegenden Bild der Schneepflug an einem Trägerfahrzeug befestigt ist, ist der Stützfuß in seiner oberen Position dargestellt. Am Unterlenker des Hubparallelogramms ist ein Bauteil montiert, in dem der horizontal liegende Bolzen für den Pendelausgleich untergebracht ist. Als Schneestaubschutz ist eine nach vorne hängende Gummimatte am oberen Ende der Scharen befestigt. Für die optimale Überdeckung der Nachräumeinrichtung mit der vorderen Schürfleiste ist eine an den Räumwinkel gekoppelte Seitenverstellung vorhanden (siehe dazu auch Abbildung 34). Die gesamte Nachräumleiste kann separat zum Pflug hydraulisch abgesenkt werden. Abbildung 7 zeigt die Anpassung der einzeln gefederten Kunststoffsegmente des Nachräumklaviers an eine Bodenunebenheit. Diese gute Flexibilität und die damit einhergehende Verminderung des Salzbedarfs veranlassten die MA 48 zur Zusammenarbeit mit der vorliegenden Diplomarbeit.



Abbildung 6: Springer SHD mit Nachräumklavier



Abbildung 7: Nachräumklavier Funktionsdemonstration [7]

2.1.2 Internetrecherche

Zu Beginn der Recherche wurde die Internetpräsenz der Aussteller der ASTRAD-Messe, einer Fachmesse für den Kommunalbereich bzw. für Straßenmeistereien, überprüft, unter denen viele renommierte Hersteller von Schneepflügen zu finden sind. Weiters wurde speziell nach Herstellern in schneereichen Gebieten, wie Österreich, Deutschland, Norwegen, Schweden, Finnland, Frankreich, Schweiz, Italien, USA, Russland etc. gesucht. Bei der Suche waren Vario-Pflüge von besonderem Interesse, da es diese zu verbessern gilt, aber auch andere Schneepflugtypen, wie Einseit- oder Triaxialpflüge, waren für die Ideenfindung inspirierend. Die nachfolgende Auflistung an gefundenen Lösungen ist nur ein kleines Exzerpt aus einer Flut von Angeboten, die es auf dem Schneepflugmarkt gibt. Im Hinblick auf die Lösungen zu den später erläuterten Funktionen (siehe Kapitel 4.1), wurden nur solche Bilder gewählt, bei denen das Lösungsprinzip am besten veranschaulicht wird.

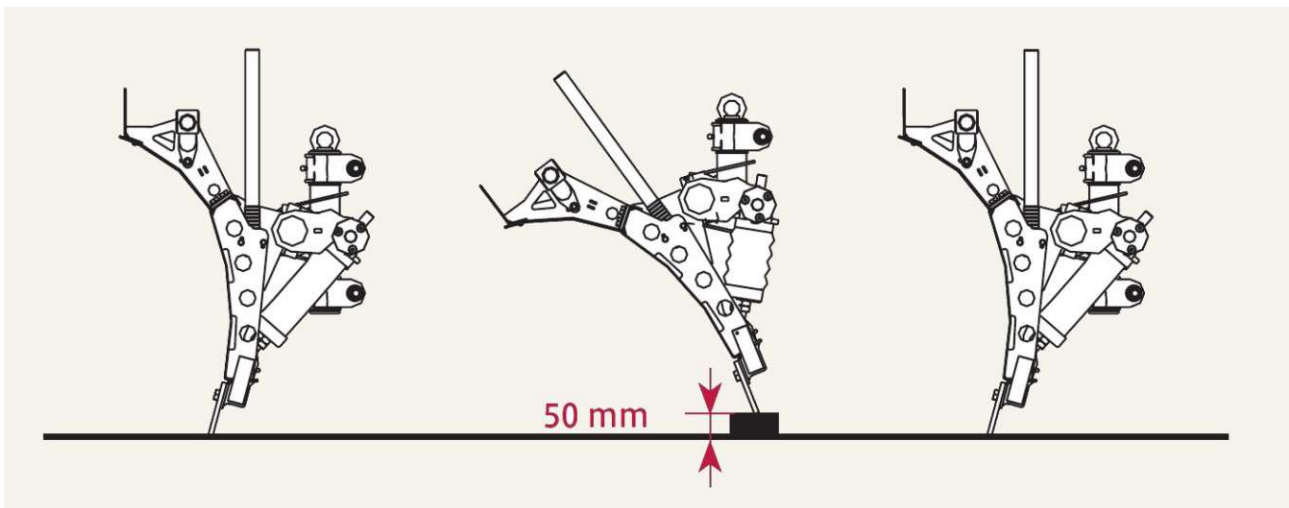


Abbildung 8: Bucher Irox – Überfahrschutz [8]

In Abbildung 8 ist ein Ausweichmechanismus dargestellt, bei dem die Räumschar um einen Punkt rotiert und dabei eine Feder komprimiert, welche wieder für die Rückstellung sorgt. Dieses System ist oft auch mit Zug- statt Druckfedern anzutreffen. Manchmal haben Pflüge, die diesen Mechanismus verwenden, zusätzlich noch eine Klinkautomatik, bei der erst eine federbelastete Klinke weggeschoben werden muss, bevor der Pflug komplett ausklinkt und das Schild nach vorne klappt (z.B. Schneeschild Uni von Hydrac). Obwohl bei manchen Pflügen keine Klinke im eigentlichen Sinn vorhanden ist, wird dennoch umgangssprachlich der Begriff „Ausklinken“ verwendet.

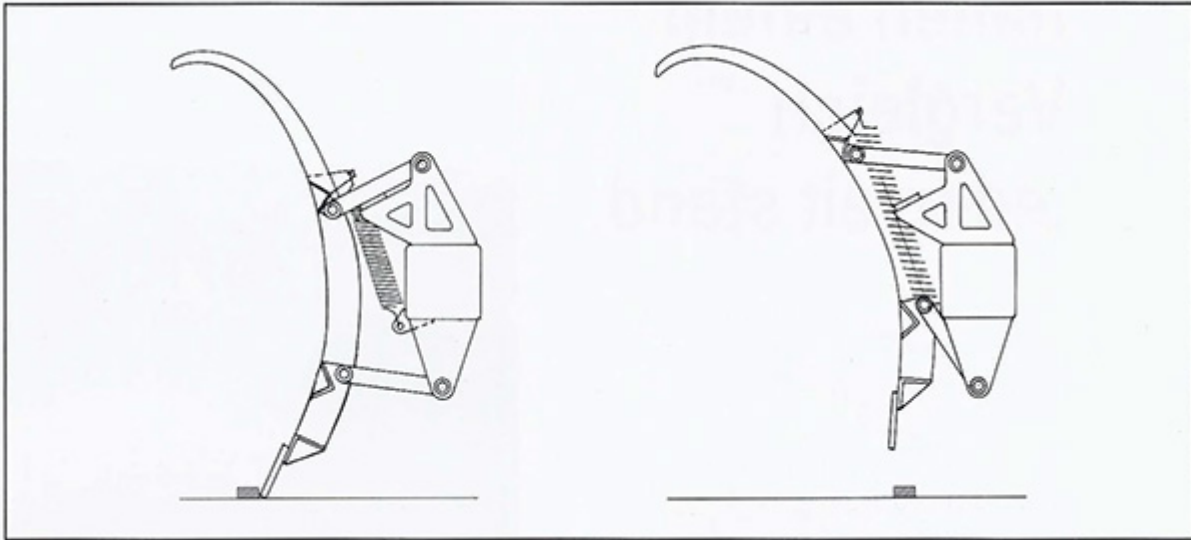


Abbildung 9: Schwinglenker [9]

Auf Abbildung 9 sind sogenannte Schwinglenker dargestellt. Das Essentielle dabei ist, dass der Befestigungspunkt des Oberlenkers am Schild bei Hinderniskontakt auf seiner Kreisbahn noch nach vorne muss, während der des Unterlenkers schon in der Rückwärtsbewegung ist. Dadurch wird erreicht, dass die Schürfleiste nach hinten und nach oben ausweicht. Die Rückstellung in die Nennposition erfolgt in der Abbildung durch die Zugfeder. Am Markt existieren auch Schneepflüge, welche dasselbe Prinzip nutzen, allerdings mit elastischen Kunststoff-Schwinglenkern und ohne Drehgelenke (siehe Abbildung 30).



Abbildung 10: Keilpflug [10]

Abbildung 10 zeigt einen herkömmlichen Keilpflug, bei dem keine Änderung des Räumwinkels möglich ist. Bei Kontakt mit einem Hindernis ist die Spitze der kritischste

Bereich, weshalb hier der vorderste Punkt, ähnlich einem Ski oder einer Kufe, nach oben gezogen wurde. So wird der Pflug bei einem zentralen Treffer durch dieses geometrische Auffahren zwangsläufig angehoben.



Abbildung 11: Gorenc Planer [11]

Auf Abbildung 11 sieht man ein Schild, das hinter dem Fahrzeug angebracht wird. Die Verstellung des Räumwinkels erfolgt über die beiden Zahnscheiben. Nachteilig bei dieser Konstruktion ist die Kompression des Schnees durch die Reifen, bevor er zum Schild gelangt.



Abbildung 12: Rasco Vertus [12]

Der in Abbildung 12 dargestellte Vario-Pflug nimmt sich des Problems mit dem fehlenden Freiheitsgrad an (siehe dazu auch Kapitel 4.2.1), indem im Oberlenker des Hubparallelogramms eine geführte Stange verbaut wird, die einen zusätzlichen Freiheitsgrad generiert. Die zwei Muttern begrenzen die Vorwärtsneigung in angehobenem Zustand, während die Neigung des Pflugs nach hinten vom Federdruck limitiert wird.

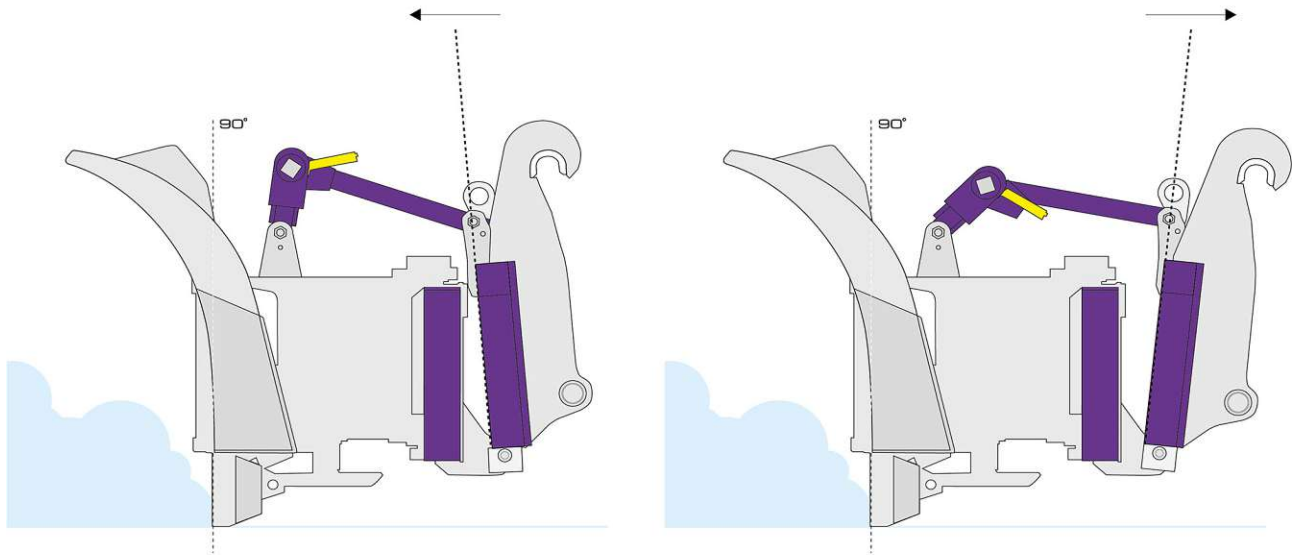


Abbildung 13: „Floatarm“ von Holms Industri AB [13]

Abbildung 13 zeigt eine schwedische Lösung für das Freiheitsgradproblem, wobei hier ein Drehgelenk im Oberlenker verbaut wird. Ähnlich ist es auch in der Patentschrift EP2762641B1 „V-form snow plough“ des slowenischen Herstellers Riko Ekos zu finden [14].



Abbildung 14: Hauer Flügel-Multischieber [15]

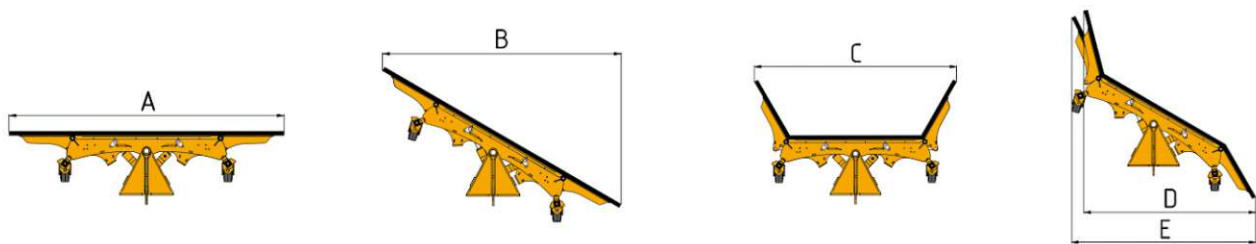


Abbildung 15: Triaxialpflug [16]

Abbildung 14 zeigt einen Triaxialpflug, von dem verschiedene Betriebsmodi in Abbildung 15 dargestellt sind. Hervorzuheben ist hier, dass das gesamte Schild aus einem elastischen Material besteht, nämlich Gummi mit Gewebereinlagen. Vom selben österreichischen Hersteller wird auch ein Variopflug mit demselben Prinzip (Hauer Vario-Multischieber) sowie ein herkömmlicher Variopflug (Hauer VS-L), also mit Stahlschar, vertrieben [17]. Bei diesem ist das letzte Stück der Schürfleiste zur Mitte hin ein elastisches Segment. Somit verfolgt er ein ähnliches Ziel wie der Flötzinger, allerdings mit Platten statt mit einem Rund.



Abbildung 16: Wintec Vario [18]

Beim Variopflug in Abbildung 16 wird eine Variante der Schwinglenker-Lösung nur für das untere Drittel des Schildes verwendet. Die Mitte kann, durch einen Führungsschlitz geleitet, nach hinten oben linear ausweichen. Am Unterlenker des Hubparallelogramms befinden sich Haken oder Nasen, die in angehobenem Zustand Kontakt zu den beidseitig angeschweißten Zapfen am querpendelnden Abschnitt sicherstellen und so zu einer waagrechten Position des Pflugs führen. Auf eine zusätzliche Federrückstellung, die automatisch in die horizontale Stellung rückführt, kann hier dadurch verzichtet werden. Ein Teil des Pfluggewichts wird von den Gleittellern getragen, von denen im Bild aufgrund der V-Stellung nur eines sichtbar ist.

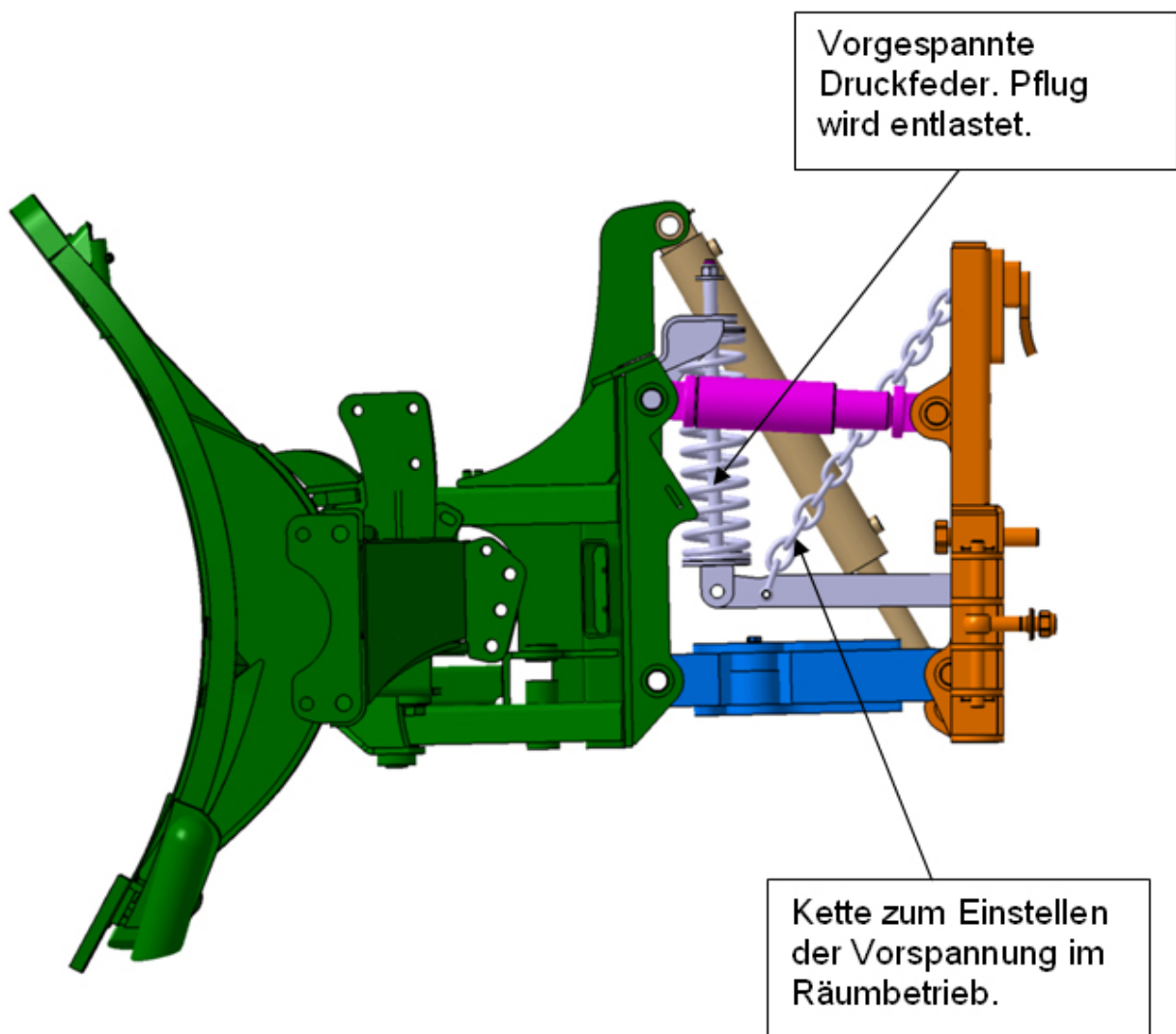


Abbildung 17: Hydrac mechanische Geräteentlastung, abgesenkt [19]

Auf Abbildung 17 ist eine mechanische Geräteentlastung dargestellt. Dabei stützt sich ein Teil des Pfluggewichts auf die Feder, welche dann auf den grauen Arm drückt, an dem die Kette befestigt ist. So wird ein Teil der Gewichtskraft auf die orange Anbauplate und somit auf das Trägerfahrzeug übertragen. Dies führt einerseits zu einer höheren Belastung der Vorderachse, was die Lenkbarkeit verbessert, und andererseits zu einer Entlastung der Schürfleiste, was die Verschleißrate senkt. Über Änderung der belasteten Kettenlänge kann die Belastung des Trägerfahrzeugs variiert werden. Abbildung 18 zeigt dieses System in angehobenem Zustand, bei dem die Kette völlig entlastet wird. Von Hydrac wurde dieser Mechanismus unter der Nummer DE102011015245A1 zum Patent angemeldet [20]. Derselbe Hersteller bewirbt auf seiner Homepage [21] neben dieser mechanischen auch eine hydraulische Geräteentlastung mit Druck- und Neigungssensor für die Fronthydraulik von Traktoren.

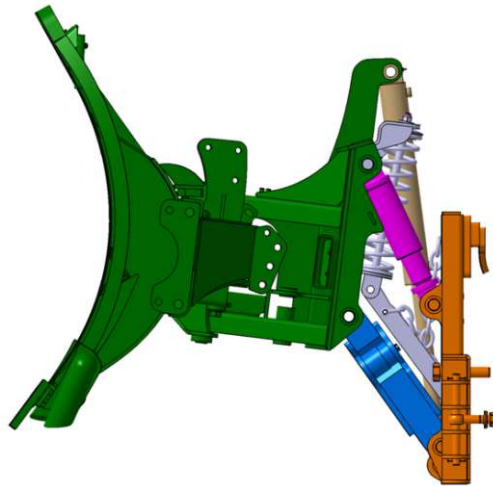


Abbildung 18: Hydrac mechanische Geräteentlastung, angehoben [22]

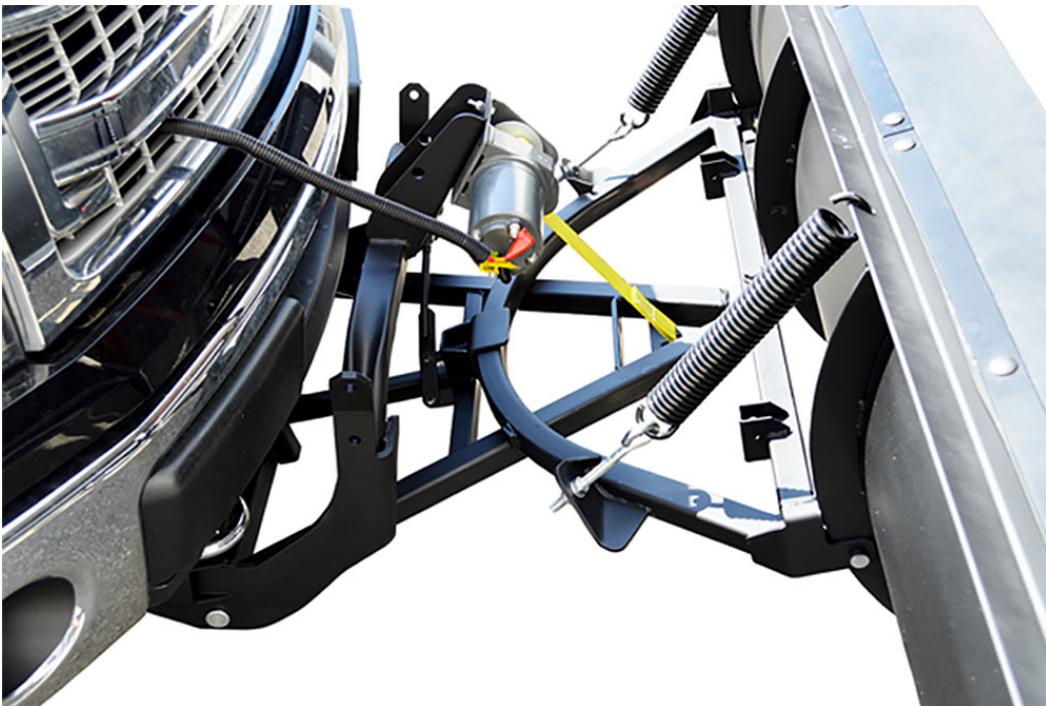


Abbildung 19: Elektrisch angetriebene Seilwinde von Snowbear [23]

Abbildung 19 zeigt einen komplett anderen Typus des Hinterbaus des Schildes. Dabei handelt es sich um einen A-förmigen Trägerrahmen, der mittels elektrisch angetriebener Seilwinde angehoben werden kann. Abbildung 20 zeigt einen Ausschnitt aus der Bedienungsanleitung eines ähnlichen Pfluges desselben Herstellers, wodurch klar wird, dass der Räumwinkel über ein Bolzenstecksystem eingestellt wird. Dieser Bolzen und das Kugelsegment, auf dem der obere A-Rahmen aufliegt (dieser wird mit der Schraube #12 mit dem unteren Rahmen zusammengehalten), bilden gemeinsam die Achse, um die der Pendelausgleich, also die Anpassung an das Querprofil der Straße, stattfinden kann.

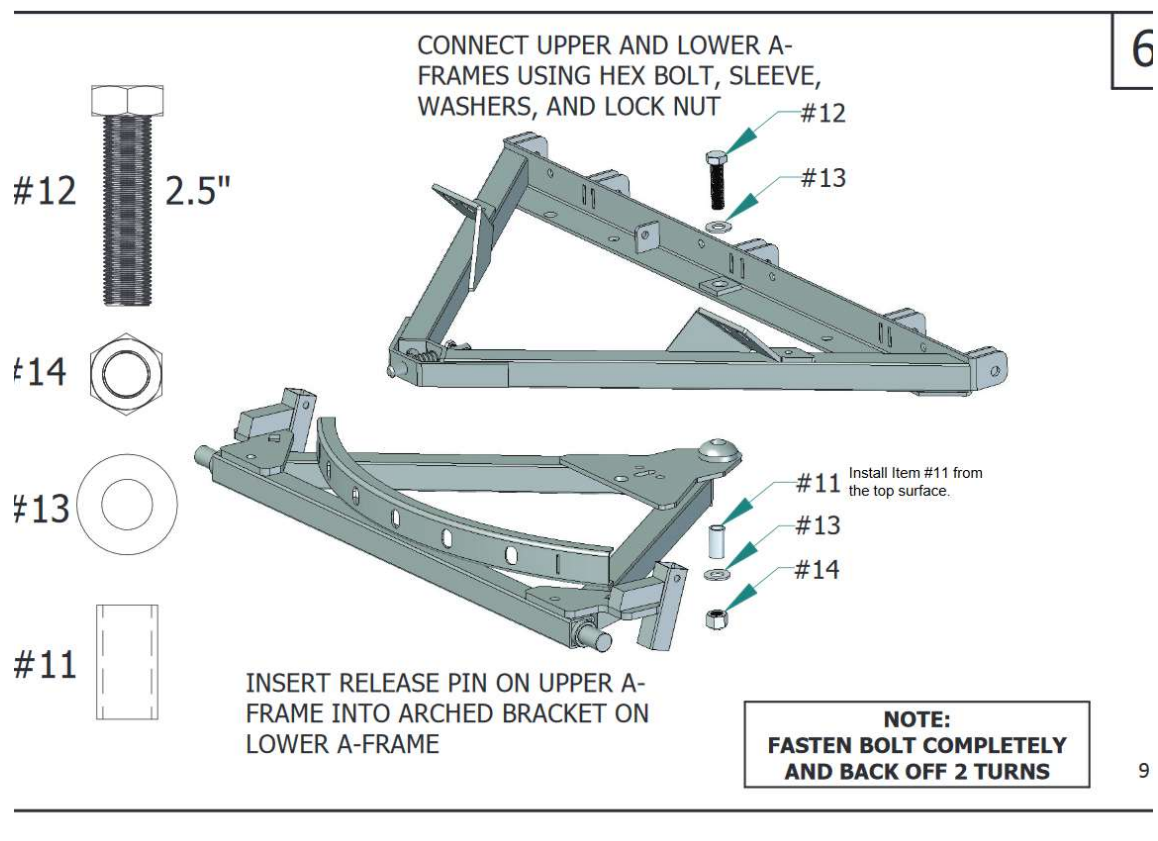


Abbildung 20: Details des Aufbaus eines Snowbear-Pfluges [24]



Abbildung 21: Springer Variowing [25]

Abbildung 21 zeigt einen Pflug mit teleskopierbarem Zusatzschild, welches mittels eines Hydraulikzylinders ausgefahren werden kann und so die Räumbreite vergrößert. Man sieht auch im Bild rechts den Rand der gelben Nachputzleiste, die als Alternative zum „Nachräumklavier“ vom selben Hersteller angeboten wird. Hinter dieser Leiste ist ein Stützrad montiert, welches die Schürfleisten entlasten soll.

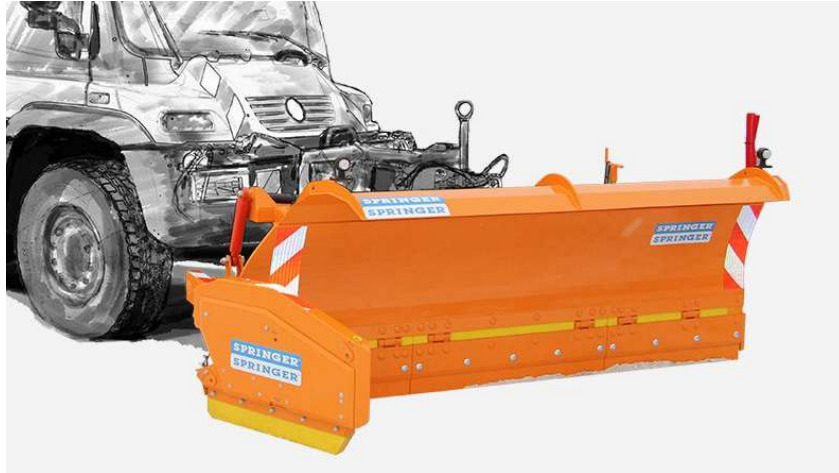


Abbildung 22: Springer Auswurfsperrre [26]

Abbildung 22 zeigt eine Vorrichtung, durch die der Schneeauswurf bei Bedarf, z.B. an einer Bushaltestelle, unterbrochen werden kann. Zu diesem Zweck wird seitlich eine Art Blende hydraulisch herabgesenkt. Es sei hier angemerkt, dass Vario-Pflüge bzw. Triaxialpflüge durch ihre Bauweise naturgemäß den Auswurf sperren können.



Abbildung 23: Zaugg-Seitenklappen [27]

Die Seitenklappen von Zaugg (Abb. 23) erfüllen eine Doppelfunktion. Einerseits dienen sie als Auswurfsperrre, falls der Schnee an einen bestimmten Ort geschoben werden soll, andererseits als Schneestaubschutz.

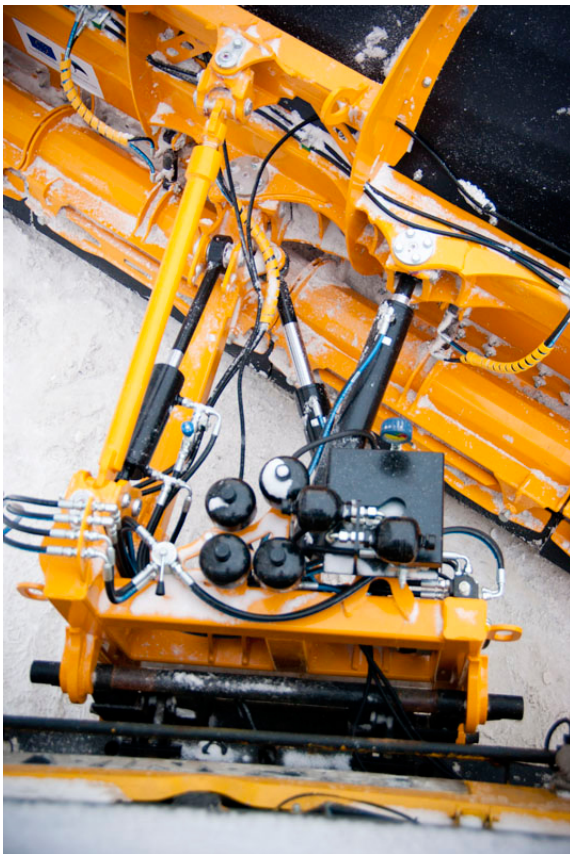


Abbildung 24: Meiren MSPN 4604 [28]



Abbildung 25: Besen [29]

Das Parallelogramm von Abbildung 24 hat eine 3in1 Funktion: das Schild heben/senken, rechts/links verschwenken und zur Seite translatorisch verschieben. Dadurch soll die Überdeckung mit einem am Trägerfahrzeug angebrachten Seitenschneepflug minimiert und so eine größere Gesamträumbreite generiert werden.

Rotierende Besen wurden bereits im Vorfeld von der MA 48 ausgeschlossen. Nicht exkludiert wurden allerdings Besen, welche mit dem Trägerfahrzeug starr verbunden sind (siehe Abbildung 25). Eine Kombination von einem Schneepflug mit einem solchen, feststehenden Besen wurde bei der Marktrecherche nicht gefunden.



Abbildung 26: Pendelausgleich an einem Schmidt-Pflug

Beim Pendelausgleich in Abbildung 26 wird auf einen zentralen Bolzen verzichtet. Die Anpassung an das Querprofil der Straße wird dadurch sichergestellt, dass der linke und der rechte Teil des Unterlenkers des Hubparallelogramms separat bewegt werden können. Diese unabhängige Bewegung ist allerdings eingeschränkt und wird erst ab einem gewissen Punkt erreicht, an dem die Kräfte hoch genug werden, um die Klemmung der beiden Seiten zueinander aufzuheben. Dabei muss die Kraft der Gummihohlfedern überwunden werden, welche den im Bild vorderen Teil des Unterlenkers zum hinteren koppeln.

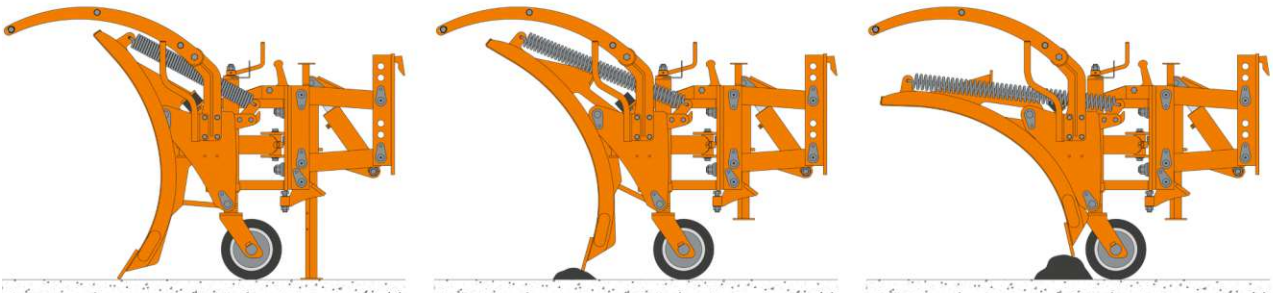


Abbildung 27: Hauer SRS-3L [30]

Viele der bisher angeführten Ausweichmechanismen sind kombinierbar, wie auch Abbildung 27 zeigt. Hier wurden im unteren Bereich ein Schwinglenker und im oberen ein Führungsschlitz miteinander fusioniert.



Abbildung 28: Anhänger-Zwischenachslösung von Tellefsdal [31]

Abbildungen 28 und 29 zeigen eine Räumvorrichtung des norwegischen Herstellers Tellefsdal. Sie besteht aus drei Schürfleistenreihen, deren Segmente aus elastischem Material stufenförmig angeordnet sind, womit das Spaltproblem von seitlich geteilten Räumleisten gelöst wird (siehe dazu auch Kapitel 4.2.2). Jedes Teilstück ist separat gefedert. Man sieht, dass die Blattfedern in ihrem Zentrum unter Zuhilfenahme eines Zwischenstücks an das orange Trägerformrohr geklemmt werden. Ihre Ränder drücken links und rechts auf die Haltekonstruktion, welche die Schürfleistenteile hält. Mit dieser Konstruktion ist somit eine reine Translation der Segmente nach oben, wie auch eine Rotation bzw. eine Kombination von beiden möglich. Der ganze Apparat ist zwischen den Achsen eines Anhängers montiert. Der seitlich über die Räder hinausragende Abschnitt kann mittels Hydraulikzylinder eingefahren werden. Das System scheint mit einer gemächlichen Änderung des Straßenprofils gut zurechtzukommen. Allerdings gibt es

Bedenken, wenn eine sprungförmige Änderung der Fahrbahn auftritt, wie z.B. eine Fräskante. In diesem Fall muss der gesamte Apparat ausweichen. Dies führt bei höheren Geschwindigkeiten wegen der Massenträgheit vermutlich zu plastischen Verformungen, was ein Ausschlusskriterium dieser Nachräumeinrichtung in der vorliegenden Form darstellt.

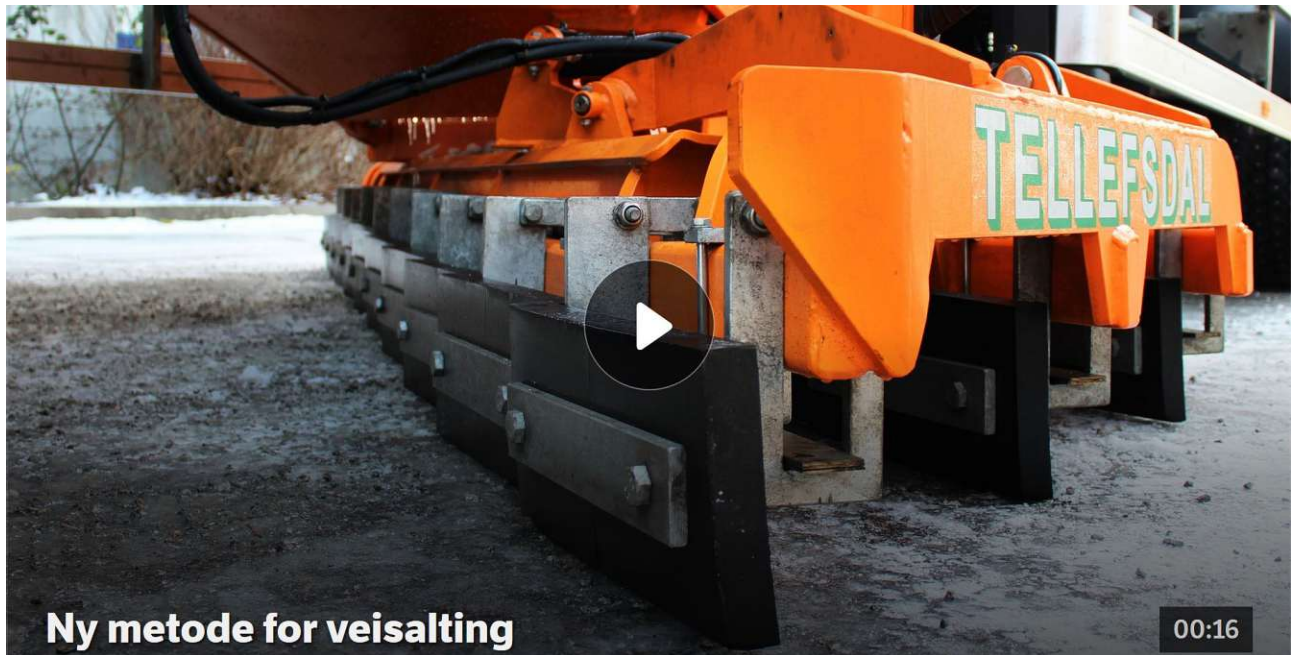


Abbildung 29: Detail der Tellefsdal-Lösung [32]

Von Fisher gibt es den HDX Schneepflug mit „adjustable attack angle“, was eine Verstellbarkeit der Schildneigung über ein Bolzenstecksystem ist, mit der auch eine Änderung des Anstellwinkels einhergeht [33].

Bei den verwendeten Schürfleistenmaterialien ist an erster Stelle Stahl, allen voran Hardox, zu nennen. Neben Gummigewebeleisten (siehe Abbildung 14) gibt es am Markt auch Schürfleisten aus Polyurethan und aus Kombinationen von Stahl, Gummi und Korundeinlagen, z.B. vom Hersteller Küper [34].

Für die Räumleisten kommen zwei Befestigungsmechanismen vor, nämlich Verschrauben (wie in den meisten Bildern) und auch Klemmen. Zum Beispiel sind für den Kahlbacher Praxos Klemmpratzen erhältlich [35].

2.1.3 Literaturrecherche

Das „Handbuch für den Straßenwinterdienst“ [36] wurde in den Siebzigerjahren des vergangenen Jahrhunderts herausgebracht. Darin befinden sich Beschreibungen von heutzutage antik anmutenden Konstruktionen, wie z.B. die Verwendung von Scherbolzen als Sollbruchstellen, falls die Kräfte bei einem Kontakt mit einem Hindernis zu groß werden. Dieser Verlust der damit einhergehenden Funktionsfähigkeit war schon damals nicht mehr zeitgemäß. Früher waren auch noch pneumatische Systeme anstatt der heute fast allgegenwärtigen hydraulischen im Einsatz. Ebenfalls werden alte Hebe- und Senkvorrichtungen mit Kettentrieben, Schraubenspindeln und Kniehebeln darin beschrieben. Auf diese soll hier aber nicht näher eingegangen werden.

2.2 Patentrecherche

Es sei darauf hingewiesen, dass die nachfolgende Patentrecherche nicht alle Patente auflisten kann, die es zum Thema Schneepflüge gibt, da dies ein zu großes Themengebiet ist. Vielmehr soll sie den möglichen Lösungsraum der bereits mittels Marktrecherche gefundenen Lösungen erweitern. Bei der Suche auf worldwide.espacenet.com bzw. google.patents wurden verschiedene Strategien angewendet. Es wurde die Trefferanzahl durch die Suche mittels der Klasse E01H 5/06 „Removing snow or ice from roads or like surfaces; Grading or roughening snow or ice - dislodging essentially by non-driven elements, e.g. scraper blades“ bzw. deren Unterklassen eingeschränkt. Einerseits wurde dann die Suche anhand renommierter Hersteller (Anmelder) durchgeführt, die aus der Marktrecherche bekannt waren. Andererseits wurde mittels Schlagwörtern wie „snow plough“, „snow plow“, „snow blade“, „Nachräumleiste“, „squeegee blade“, „slush blade“, „Matschleiste“, „Nachputzleiste“ etc. gesucht. Durch Links zu zitierenden bzw. zitierten Werken konnte die historische Entwicklung nachvollzogen werden.

Abbildung 30 zeigt eine Erfindung mit einer separat absenkbaren Matschleiste. In Abhängigkeit von der Schneebeschaffenheit wird die vordere oder die hintere Leiste mit vollem Bodenkontakt verwendet. Ist beispielsweise Schneematsch zu beseitigen, wird das Gesamtsystem angehoben, während die Nachräumleiste hydraulisch hinuntergedrückt wird. Die Schwinglenker (2, 3 und 6) sowie die Matschleiste (9) sind aus einem elastischen Kunststoff. Das System hat somit auch Ähnlichkeit mit einer Knickleiste, die allerdings waagrecht angeordnet ist. Die Nachräumeinrichtung besitzt einen positiven Anstellwinkel, was die Gefahr des Hängenbleibens an einem Hindernis erhöht.

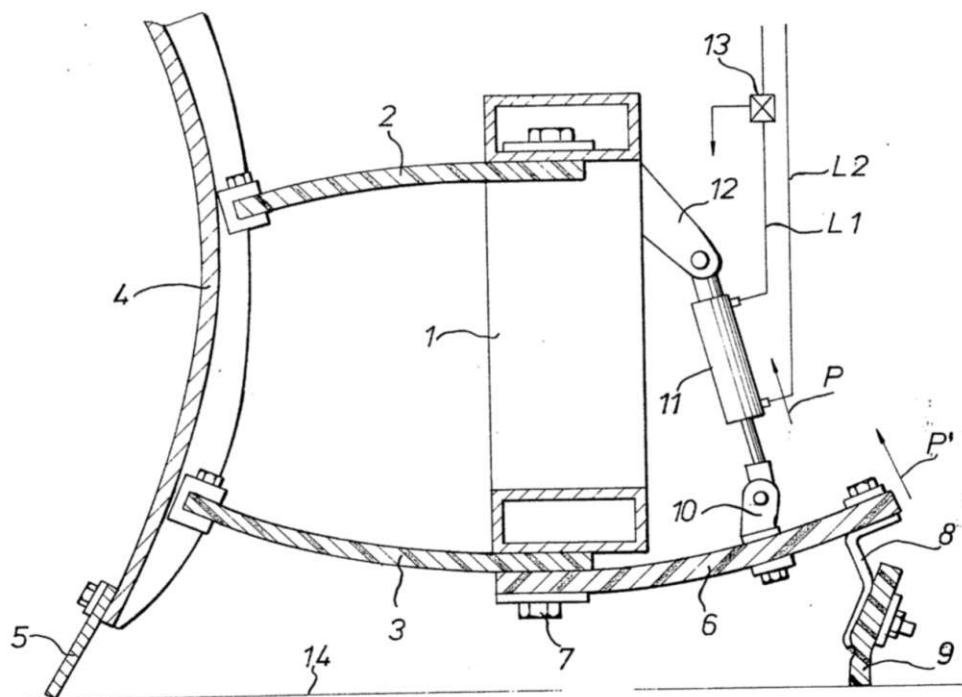


Abbildung 30: „Schneepflug mit einer hinter der Räumleiste nachlaufenden Matschleiste“ von Martin Beilhack Maschinenfabrik und Hammerwerk GmbH [37]

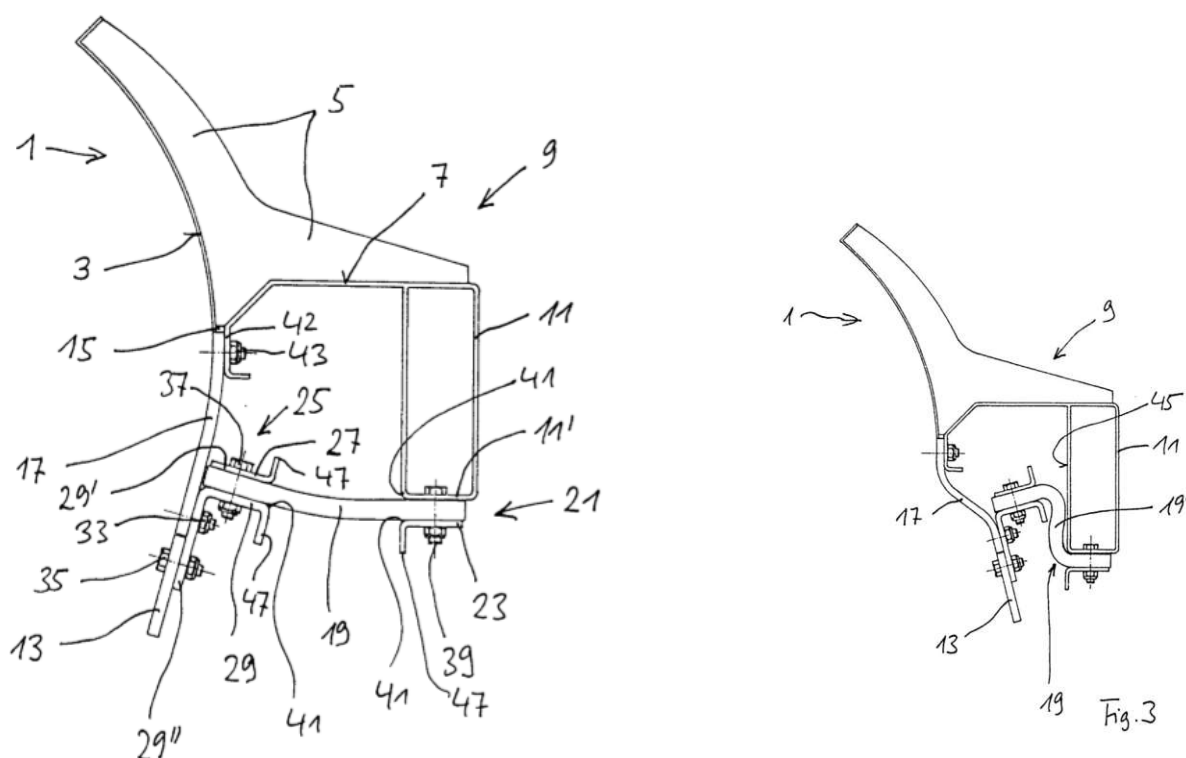


Abbildung 31: „Schneepflug“ von Beilhack-Süd Vertriebs GmbH [38]

Abbildung 31 zeigt einen Ausweichmechanismus, bei dem zwei elastische Elemente verbaut sind. Der Scharnierstreifen 17 fungiert dabei ähnlich einer Knickleiste, nur mit dem Unterschied, dass er selbst Teil der Schar ist und einen nicht unerheblichen Anteil von deren Fläche einnimmt. Der elastische Lenker 19, der auch durchgehend sein kann, sorgt für die Rückstellung nach Hinderniskontakt. Rechts im Bild ist in Kleinformat eine ausgelenkte Ansicht dargestellt.

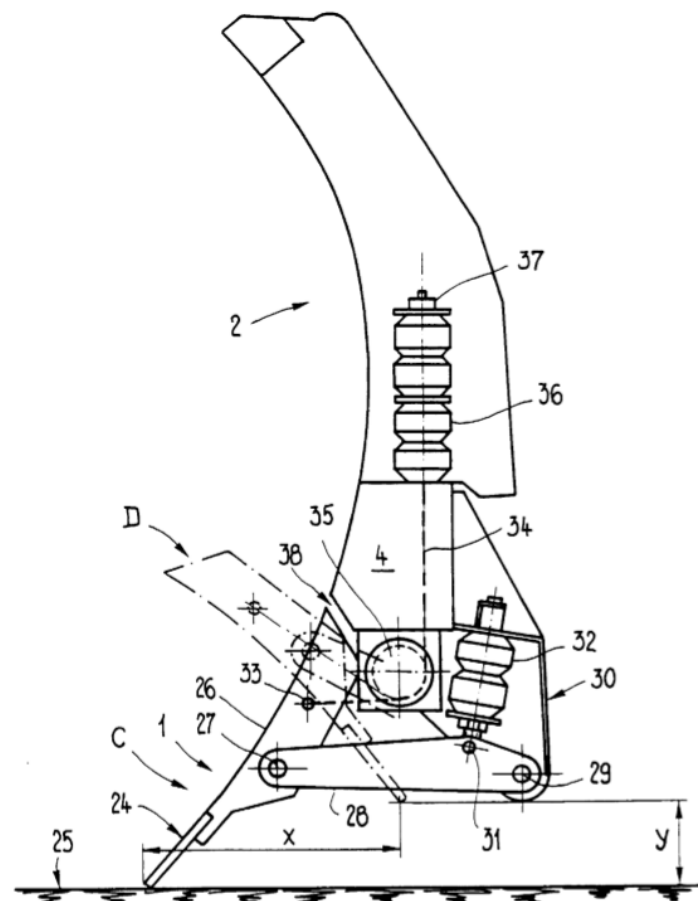


Abbildung 32: „Schneepflug“ von Zaugg AG Eggiwil [39]

Abbildung 32 zeigt einen Überfahrerschutz, bei dem die Schar in der Höhe geteilt ist und nur das untere Drittel einem Hindernis ausweicht. Die ausgewichene Position ist strichpunktiert dargestellt (D). Am oberen Abschnitt des ausweichenden Scharteils (33) ist ein Drahtseil (34) angebracht, das über eine Rolle (35) umgelenkt zu den Gummihohlfedern (36) führt, durch die das System in die Ausgangsstellung rückgeführt wird. Beim Ausweichen wird das Scharteil (26) um die Schwenkachse (27) gedreht, während der Hebelarm (28) selbst, an dem es befestigt ist, um den Drehpunkt (29) rotiert und dabei von den Gummihohlfedern (32) zusätzlich belastet wird.

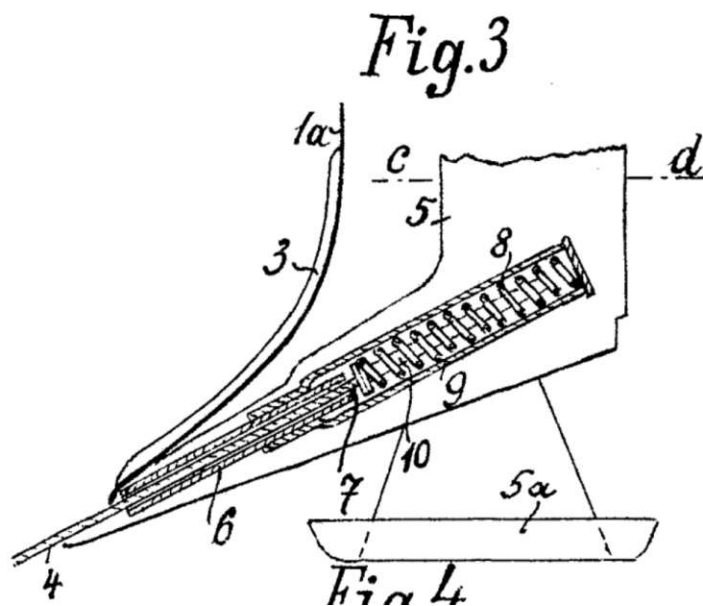


Abbildung 33: „Schneepflug“ von Josef Peitl [40]

Sogenannte Federmesserpflüge, wie z.B. den Schmidt SPM, gibt es scheinbar nur mehr am Gebrauchtmärkte. Diese weisen eine lineare Ausweichmechanik auf, bei der mehrere, nebeneinander angeordnete Stahlmesser entlang einer geraden Führung entgegen einem Federdruck ausweichen. Eine ebensolche Konstruktion ist auch auf Abbildung 33 zu sehen. Bemerkenswert dabei ist der sehr aggressive Anstellwinkel. Das Gewicht des Pfluges wird von den Gleittellern (5a) getragen.

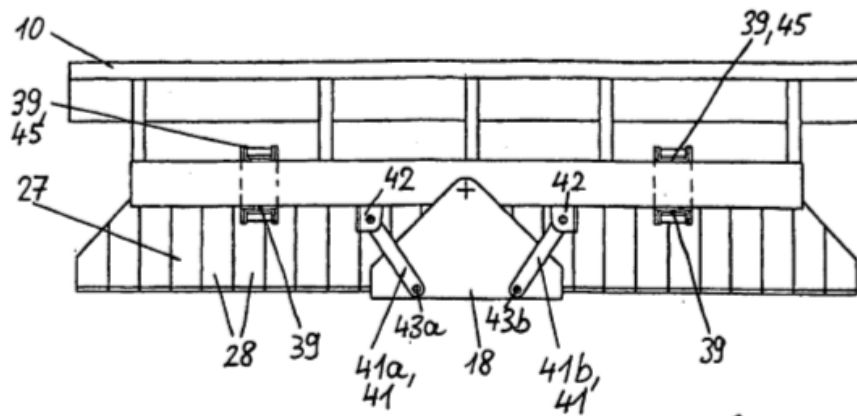


Fig. 8

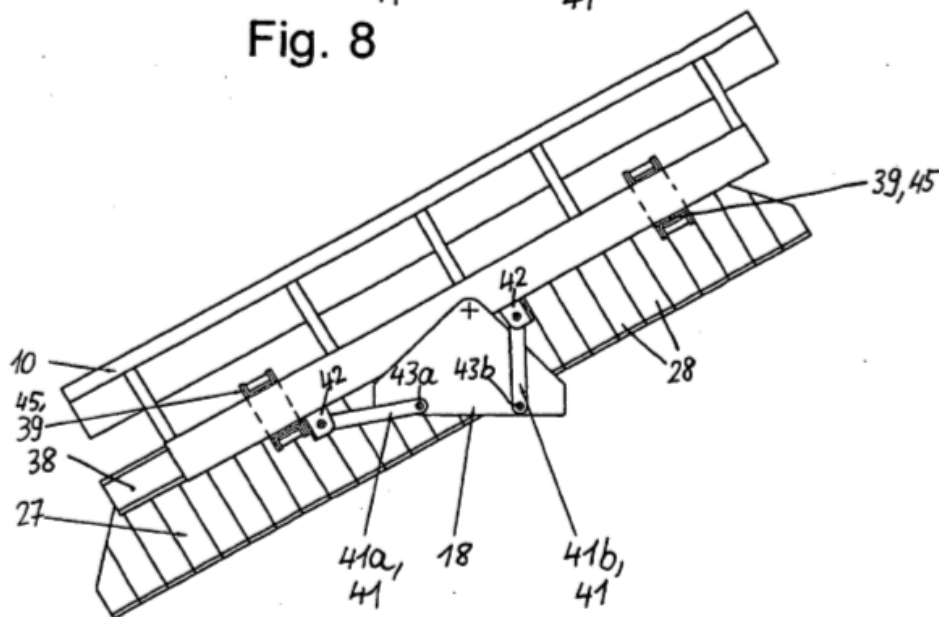


Fig. 9

Abbildung 34: „Schneepflug mit Nachräumeinrichtung“ von Springer Kommunaltechnik GmbH [41]

Das „Nachräumklavier“ von Springer erfüllt neben dem Feinräumen noch eine weitere Funktion. Die Nachräumeinrichtung wird nämlich in Abhängigkeit vom Räumwinkel seitlich verschoben, um stets eine gute Überdeckung der beiden Leisten in Fahrtrichtung zu haben (vgl. Abbildung 34).

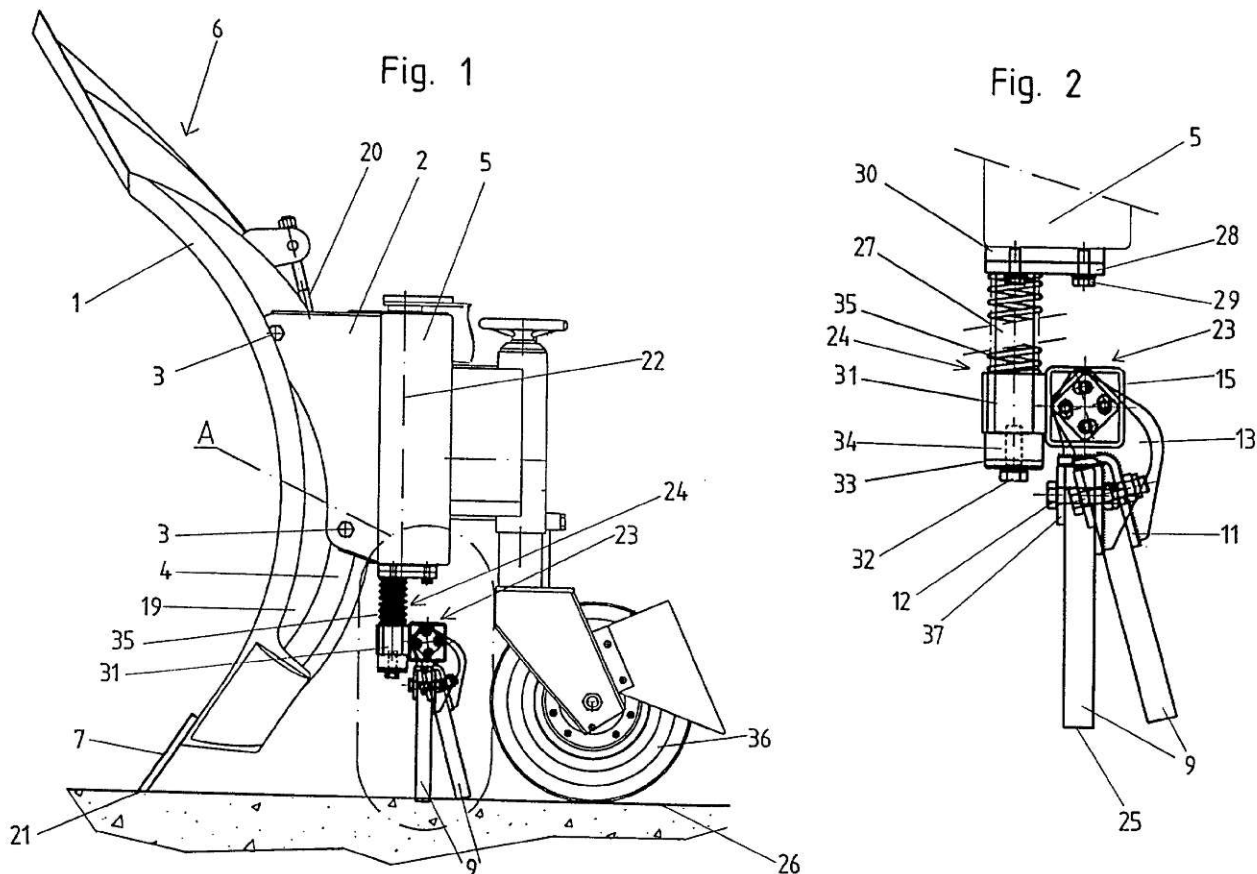


Abbildung 35: „Schneepflug mit einer aus mehreren Scharsegmenten bestehenden Pflugschar“ von Anton Kahlbacher [42]

Die vordere Schar (1) des in Abbildung 35 dargestellten Schneepflugs weicht entlang bogenförmiger Langlöcher (4) aus, während die Matschleiste (9) eine Kombination aus linearem Ausweichen entlang der Führungsstange (27) und rotatorischer Schwenklagereinrichtung (23) aufweist. Auf dem Bild sind zwei Positionen der Matschleiste überlagert dargestellt.

Es wird nun bei dieser Patentrecherche nicht weiter ins Detail gegangen, da im Wesentlichen die Grundprinzipien der Lösungen gefunden wurden, wie z.B. translatorisch und rotatorisch, parabolisch und komplex, Teilung sowohl in der Höhe als auch in der Breite, Verwendung von elastischen Materialien etc. Wie auch schon eingangs erwähnt, sollte die vorliegende Suche lediglich den Lösungsraum erweitern, weshalb hier kein Anspruch besteht, alle Patente gefunden bzw. aufgelistet zu haben.

3 Klären und Präzisieren der Aufgabenstellung

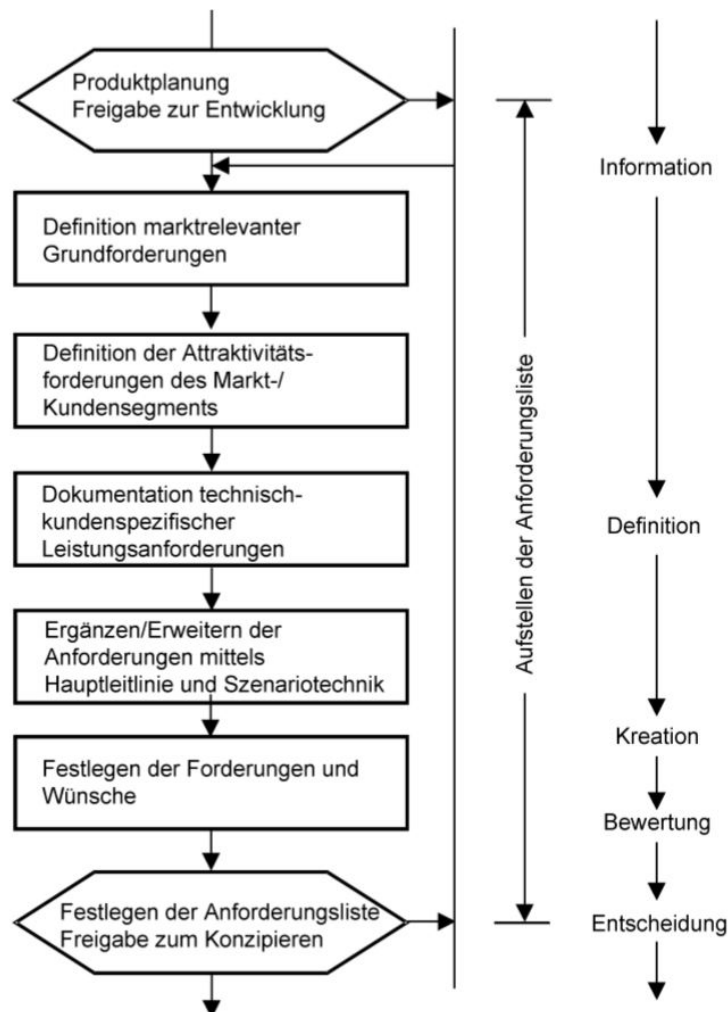


Abbildung 36: Arbeitsschritte beim Klären und Präzisieren der Aufgabenstellung [4]

Für die Definition marktrelevanter Grundforderungen wurden Normen herangezogen, siehe Kapitel 3.2 „Normative Anforderungen“. Die restlichen Arbeitsschritte der in Abbildung 36 dargestellten methodischen Vorgehensweise, wurden zusammengefasst in einem Interview mit der MA 48 abgearbeitet.

3.1 Interview mit MA 48

Durch Gespräche mit Herrn Dr. Peter Nutz von der MA 48 wurden verschiedene Betriebsszenarien geistig durchgespielt und die Hauptmerkmaliste nach Pahl/Beitz [4] durchgegangen, um zu einer möglichst vollständigen Anforderungsliste zu gelangen. Es ist zu erwähnen, dass die MA 48 immer wieder Winterdienstsysteme verschiedenster Art testet, um Verbesserungen in ihrem Aufgabengebiet bewirken zu können. Somit steht ein reichhaltiger Erfahrungsschatz zur Verfügung.

In den Gesprächen wurden folgende Punkte festgehalten:

Die beiden V-Pflüge werden hauptsächlich als Einseitpflug verwendet. Die V-Stellung kommt nur bei Kreuzungen, Parkplätzen und Bushaltestellen bzw. an Stellen, wo kein Schnee ausgeworfen werden soll, zum Einsatz. Die Verwendung als Keilpflug hat eine untergeordnete Rolle und wird dann eingesetzt, wenn die Breite des Fahrweges ein enges Fahrmanöver benötigt. Die maximale Räumgeschwindigkeit soll für den Flötzingler mit 30 km/h und für den Eco mit 20 km/h begrenzt sein.

Die Breite des Pfluges in Räumstellung soll so gewählt werden, dass er mindestens seitlich über die Räder des Trägerfahrzeuges ragt, damit der Schnee nicht von den Reifen verdichtet wird. Die Durchfahrt durch eine lichte Breite von 2,1 m beim Flötzingler und 1,45 m beim Eco soll während des Räumens möglich sein.

Der Kontakt mit Salzwasser lässt sich nicht vermeiden, weshalb darauf geachtet werden soll, dass es bei der Konstruktion keine Mulden gibt, wo sich das Salzwasser sammeln und über einen längeren Zeitraum auf den Schneepflug korrosiv einwirken kann.

Beim Flötzingler sind die mit Gummifedern belasteten Drehklappen Fluch und Segen zugleich (siehe dazu Abbildung 3, rechts im Bild ist ein negativer, nicht aggressiver Anstellwinkel dargestellt). Denn einerseits weichen sie sehr leicht aus und lassen somit Schnee liegen, andererseits hält sich eben durch dieses Verhalten der Verschleiß in Grenzen. Dieser Interessenskonflikt ist bei Schneepflügen von allgemeiner Natur. Die Einstellung eines aggressiveren Anstellwinkels würde vom Ausweichmechanismus fordern, dass erst der Totpunkt überwunden werden muss, um nach hinten oben ausweichen zu können. Bei diesem Vorgang wäre das hohe Eigengewicht des Schneepflugs anzuheben, was eine enorme Verschleißsteigerung zur Folge hätte.

Ein Problem im Betrieb stellen die in der Straße versenkten Schienen der Straßenbahn dar. Dabei geschieht es manchmal, dass die Schürfleiste von der Vertiefung gefangen wird und von dieser in eine vom Lenker nicht beabsichtigte Bewegung gezwungen wird. Die auftretenden Kräfte sind so hoch, dass ein LKW durch diesen Zwangslauf unvermittelt translatorisch zur Seite versetzt werden kann. Dies ist ein bekanntes Problem, dessen Lösung von dieser Arbeit allerdings nicht erwartet wird. Vielmehr verdeutlicht es, dass der Wunsch nach Robustheit in vielen Arbeitsbereichen Sinn macht.

Wenn man die Räumleistung verbessern will, ist eine Anpassung an das Straßenprofil unumgänglich. Straßen sind selten eben, sondern weisen oftmals eine Bombierung oder Abnutzung in Form von Spurrinnen auf. Diesbezüglich stellt die Wiener Höhenstraße mit

beträchtlichen Spurrinnentiefen einen Extremfall dar. Springer wirbt für sein Nachräumklavier auf der Homepage damit, dass ein bis zu 20 cm großer Niveauunterschied in der Fahrbahn geräumt werden kann [43]. Für die kleinen und mittelgroßen Variopflüge mutet eine Anpassungsmöglichkeit des Schneepfluges an ein so tiefes Profil eher utopisch an und soll in dieser Dimension auch nicht das Ziel sein. Dennoch sensibilisiert das Beispiel der Höhenstraße für die Berücksichtigung von verschiedenen Straßenbegebenheiten.

Es wurden bereits diverse Schürfleistenmaterialien getestet, ohne eine wirkliche Verbesserung gegenüber den Stahlleisten zu bewirken. Bei Tests der MA 48 mit Kunststoff-Schürfleisten wurde ein Hüpfen bzw. Rattern des Pflugs beobachtet. Es wurde auch ein Zwischenachs-Kehrbesen getestet, aber nicht als praxistauglich befunden, weil er nur mit einer niedrigen Fahrgeschwindigkeit des Trägerfahrzeugs sinnvoll betrieben werden kann. Schneefräsen oder -schleudern sind innerorts ebenfalls nicht erwünscht, um Verletzungen von Menschen durch rotierende Teile zu verhindern. Die MA 48 hatte auch schon Federmesserpflüge in Verwendung. Diese waren in Bezug auf ihre Räumleistung optimal, aber aufgrund des extrem hohen Verschleißes zu wartungsintensiv.

Im innerstädtischen Bereich ist es wichtig, dass der Schnee so nahe am Trägerfahrzeug wie möglich abgelegt wird, da das Auswerfen des Schnees in hohem Bogen, wie es auf Landstraßen bevorzugt wird, von Passanten sowie PKW-Besitzern nicht goutiert wird. Deshalb ist eine steile Schar einer stark gewölbten vorzuziehen, was aber dem schiebenden Fahrzeug eine höhere Leistung abverlangt. Da es viele verschiedene Arten von Schnee bzw. auch Eis gibt, soll das System auf 10 cm Schneehöhe mit einer Dichte wie Wasser ausgelegt sein.

Die MA 48 nennt eine relativ gut ausgestattete Werkstatt ihr Eigen. Dort befinden sich eine Abkantmaschine, die Bleche bis 6 mm biegen kann, eine Rundwalzmaschine, ein Stanzgerät, eine Schweißerei, Drehbänke, Fräsen etc. Demnach ist der Wunsch nach weitgehender Fertigung des Prototyps im eigenen Haus gegeben. Die Schneepflüge werden in der für den Kommunalbereich typischen orangen Farbe lackiert. Speziell bei der MA 48 befinden sich auch Wortspiele passend zum Thema Schnee bzw. Winter in schwarzer Schrift direkt an der Schar. Stahl, als bewährter Werkstoff für die Schürfleisten, soll zumindest für die erste Ebene, die den Schnee trifft, beibehalten werden. Für etwaige Nachräumleisten bleibt die Materialwahl frei, wobei generell der Pflug aus leicht verfügbaren Materialien bestehen soll, damit im Falle einer notwendigen Reparatur keine zu langen Wartezeiten entstehen. Weiters soll die Konstruktion die Anforderung erfüllen, dass die Schürfleisten, als Verschleißteile, möglichst vollständig abgenutzt werden können und dass in Relation zum Reststück möglichst viel Material ausgenutzt wird. Ein

Reststück, das als Abfall übrigbleibt, ist letzten Endes nicht zu vermeiden, weil die Schürfleiste irgendwie befestigt werden muss. Beim Flötzinger geschieht dies beispielsweise dadurch, dass die Schürfleiste einmal gewendet werden kann. Der Verschleiß, der auswurfseitig ausgeprägter ist, soll nicht wesentlich schlechter sein als bisher, wobei auf eine Quantifizierung verzichtet werden muss, da es keine fundierten Daten zur bisherigen Abnutzung gibt. Der Wechsel von Verschleißteilen soll einfach vonstatten gehen. Eine umfassendere Wartung soll nur einmal vor und einmal nach der Saison erfolgen. Wird der Schneepflug nicht verwendet, wird er abgestellt. Bei dieser Lagerung ist beim Flötzinger ein höhenverstellbarer Fuß vorhanden, um die Gelenke der Drehklappen zu entlasten. Diese Funktion soll beibehalten werden.

Für den Fahrer muss sich der Pflug als übersichtlich und bedienungsfreundlich erweisen. Es muss sichergestellt werden, dass der Fahrer gut wahrnehmen kann, wo sich die äußeren Ecken des Pflugs befinden. Diesbezüglich wäre ein möglichst niedriger Pflug erstrebenswert, bei dem im Bedarfsfall im oberen Bereich der Schar angestückelt werden könnte. Die momentan vorhandenen maximalen Abmessungen sollen für eine günstige Kurvenfahrt in engen Gassen beibehalten werden. Lediglich in der Höhe dürfen wenige Zentimeter dazukommen, je weniger, umso besser für die Übersicht des Fahrers. In Anbetracht des stark eingeschränkten Bauraumes beim bestehenden System wurden gewisse Zugeständnisse gemacht, sodass eine Erhöhung der Schar beim Flötzinger um 8 cm und beim Eco um 10 cm erlaubt sind.

Obwohl es für Pflüge und Arbeitsgeschwindigkeiten dieser Größe nicht zwingend notwendig ist, soll eine Montagemöglichkeit für einen Schneestaubschutz und Beleuchtung an den Ecken erhalten bleiben. Solange man an den besagten Stellen einfach eine Bohrung anbringen kann, genügt das bereits. Die Montage des Pflugs soll durch eine Person möglich sein, wobei die vorhandenen Anschlussmöglichkeiten, wie Anbauplatte bzw. -dreieck und Hydraulikschnittstellen, verwendet werden sollen. Die Bedienung im Betrieb soll über das bestehende Pult in der Fahrerkabine erfolgen. Hinsichtlich einer angenehmen Arbeitsumgebung ist eine möglichst hohe Vibrations- und Geräuscharmheit anzustreben. Versuche mit Dämpfungsschienen aus Kunststoff zwischen Schürfleiste und Scharblech führten im Hinblick auf die Lärmemission zu nicht signifikanten Verbesserungen.

Als die Motorkarren von Lindner und Reform mit Soletanks ausgerüstet wurden, wurde das System bestehend aus Trägerfahrzeug, Schneepflug, Fahrer mit Beifahrer und Streuautomat mit vollbeladenem Tank hinsichtlich der zulässigen Achslasten ziemlich

ausgelastet. Von der MA 48 wurden die Reserven vorgegeben, mit denen die Achsen bzw. das gesamte Fahrzeug beladen werden dürfen. Die nachfolgende Tabelle fasst dies für die verwendeten Kombinationen Flötzingerpflug-Motorkarren-Tank zusammen.

Trägerfahrzeug	Streuautomat	Reserve Vorderachse [kg]	Reserve Hinterachse [kg]	Reserve Gesamtgewicht [kg]
Lindner Unitrac 82S-E6	Springer Eco Bull EB 251 2.2 EW	32	800	732
Reform Muli T10X	Springer Eco Bull EB 251 2.2 EW	57	1135	498
Reform Muli T10X	Springer AS 250 1.7 DB FS	136	1160	398

Tabelle 1: Gegenüberstellung der Motorkarren bezüglich zusätzlicher Beladung

Weil die Nachrüstung für all diese Kombinationen verwendbar sein muss, ist also der Lindner das schwächste Glied und somit ausschlaggebend für die Dimensionierung der Nachrüstung hinsichtlich der Reserven auf den Achsen. Bezüglich des Gesamtgewichts ist es der Reform. Wegen der geringen Reserve auf der Vorderachse ist es für die MA 48 denkbar, den Soletank weniger zu befüllen. Da der Zusatzapparat den Salzverbrauch reduzieren soll, entsteht dadurch kein Nachteil. Es ist beim Befüllen lediglich darauf zu achten, dass speziell im vorderen Bereich des Tanks die Befüllung vermindert wird, damit auch wirklich die Vorderachse entlastet wird. Dies kann zum Beispiel über einen vorne im Tank platzierten, leeren Kunststoffkanister realisiert werden, der das Salz von dieser Stelle fernhält.

Für die Kleintraktoren gab es bisher noch keine Daten über die Aufteilung der Masse, weswegen die MA 48 eine Wiegung eines Kubota STW 40-C mit dem Eco-Pflug, Fahrer und Salzstreuenaufbau durchführte. Diese von der MA 48 übermittelten Werte werden in folgender Tabelle dargestellt.

Kubota STW 40-C	Vorderachse	Hinterachse	Gesamtgewicht
gewogen [kg]	600	1340	1940
höchst zulässig [kg]	920	1600	2400
Reserve [kg]	320	260	460

Tabelle 2: Massenaufteilung beim Kubota STW 40-C

Obwohl auch Iseki-Pflüge und andere Typen des Kubota bei der MA 48 verwendet werden, soll nur die gewogene Kombination für die Anforderungsliste herangezogen werden.

Da also ein Trägerfahrzeugtyp (Lindner) laut Tabelle 1 nur wenig Reserve bezüglich der vorderen Achslast aufweist, soll die Erkenntnis dieser Arbeit sein, ob es überhaupt eine machbare Lösung für die gegebenen Randbedingungen geben könnte. Als zusätzliche Einschränkung kommt noch hinzu, dass die Kosten so gering wie möglich gehalten werden sollen. Außer Acht gelassen wird eine terminliche Einschränkung, wobei die Möglichkeit eines Prototypentests im Winter 2020/21 wünschenswert wäre, was aber keine offizielle Anforderung darstellt.

3.2 Normative Anforderungen

Die DIN EN 15583-1 (Fassung vom September 2009) „Winterdienstausrüstung – Schneepflüge – Teil 1: Produktbeschreibung und Anforderungen“ besagt, dass Schneepflüge 250 mm abhebbar sein müssen [44]. Da der Geltungsbereich eigentlich nur für DIN EN 15432-1 [45] konforme Anbauplatten definiert ist, der Flötzinger aber auf einer Reformplatte und der Eco mit einem Schnellkupplungsdreieck angebracht werden, ist diese Norm hier nicht anzuwenden. Deshalb werden von der MA 48 zumindest 200 mm für beide Schneepflüge gefordert.

Die DIN EN 13021 (Fassung vom April 2009) „Maschinen für den Winterdienst — Sicherheitsanforderungen“ [46] betrachtet sicherheitsrelevante Aspekte an Schneepflügen, speziell folgende zwei Unterpunkte:

Der Abschnitt „5.8.1 Einrichtungen an Schneepflügen zur Minderung des Anfahrstoßes“ nimmt sich des Kollisionsthemas mit Hindernissen an und listet auch folgende Lösungen auf: Sollbruchstellen (Scherstifte), Ausklinkeinrichtungen für die Pflugschar-Segmente, federbelastete Klappen an der Pflugschar, Aufhängung der Pflugschar an elastischen Lenkern und hydraulische Systeme. Der Wortlaut bezieht sich auf einseitig räumende Frontschneepflüge und da ein Variopflug auch einseitig betrieben werden kann, ist diese Anforderung einzuhalten. Quantitativ bedeutet dieser Punkt, dass eine Einrichtung beim Überfahren eines Hindernisses, das 50 mm aus der Verkehrsfläche herausragt, bei einer Arbeitsgeschwindigkeit bis 40 km/h sicher auszuweichen hat.

Im Kapitel „5.8.2 Schneestaubschutz, Schneeleitschirm“ wird angeführt, dass Schneepflüge für Räumgeschwindigkeiten von mehr als 40 km/h mit Schneestaubschutzeinrichtungen ausgerüstet werden müssen. Da im vorliegenden Fall

allerdings eine geringere Geschwindigkeit gefordert wird, ist dieser Unterpunkt der Norm nichtig.

3.3 Anforderungslisten für Flötzinger und Eco

Die folgenden Anforderungslisten für den Flötzinger und den Eco sind im Hinblick darauf zu verstehen, was das Gesamtsystem, bestehend aus Schneepflug mit der Nachrüstung, leisten soll. Dass die Nachrüstung zu einem besseren Räumergebnis führen soll, versteht sich von selbst. Es ist das Ziel dieser Arbeit und daher eine Festforderung, welche in der Anforderungsliste mit F gekennzeichnet wird. W steht für Wünsche, die man unter Umständen vernachlässigen kann, falls sich sonst keine Lösung ergibt.

Anforderungsliste Nachrüstung von Flötzinger DKV-A 2,20 m	
F/W	Anforderungen
	<u>Geometrie</u>
F	Breite in Räumstellung: min. 1,91 m (handvermessen)
F	vorhandene Anschlussmöglichkeiten (Reform-Anbauplatte, Hydraulik etc.) verwenden
F	keine Stellen, wo sich Salzwasser sammeln kann
F	Vorbaumaß max. wie bisher
F	Montagemöglichkeit für Schneestaubschutz und Beleuchtung an Ecken
F	Durchfahrt durch eine lichte Breite mit 2,10 m in räumendem Modus möglich
F	max. 8 cm höherer Pflug als bisher
W	maximale geometrische Ausnutzung des Schürfleistenmaterials (verschleißbedingt)
	<u>Kinematik</u>
F	nach Kontakt von Pflug mit 50 mm hohem Hindernis sollen beide noch funktionsfähig sein (Ausweichkinematik)
F	max. Räumgeschwindigkeit 30 km/h
F	Anheben min. 20 cm über Boden möglich
F	kein rotierendes System (wie z.B. Schneefräse)
	<u>Kräfte</u>
W	max. zusätzliche Masse Vorderachse: 32 kg
F	max. zusätzliche Masse Hinterachse: 800 kg (limitierend bei diesen beiden Achsen ist Lindner Unitrac)
F	max. zusätzliche Masse bez. Gesamtgewicht: 398 kg (limitierend ist Reform T10X mit dem AS 250 Aufbau)
F	Auslegung auf 10 cm Schneehöhe mit Dichte wie Wasser
W	Robustheit
	<u>Stoff</u>
W	alles aus leicht verfügbarem Material
W	vordere Räumleiste soll die bisher verwendete Standardleiste aus Stahl bleiben

W	<u>Fertigung</u> weitgehend in MA 48 Werkstatt herstellbar
F	<u>Montage</u> durch eine Person möglich
F	<u>Gebrauch</u> bessere Räumleistung
F	Bedienung über bestehendes Pult
F	Übersichtlichkeit (Fahrer muss äußerste Ecken wahrnehmen können)
W	möglichst geräuscharm
W	vibrationsarm für Bediener
W	steht von selbst bei Lagerung, aber nicht nur auf Gelenken
W	Verschleiß nicht wesentlich schlechter als bisher
F	<u>Instandhaltung</u> oranger Anstrich und Beschriftung auf Schneeschild
W	Wartung nur einmal vor und einmal nach der Saison
W	einfacher Wechsel von Verschleißteilen
W	<u>Kosten</u> möglichst geringer Kostenaufwand

Tabelle 3: Anforderungsliste Nachrüstung Flötzinger

Anforderungsliste Nachrüstung von Eco Technologies EPV3 156 cm	
F/W	Anforderungen
	<u>Geometrie</u>
F	Breite in Räumstellung: min. 1,3 m (handvermessen)
F	vorhandene Anschlussmöglichkeiten (Anbaudreieck, Hydraulik etc.) verwenden
F	keine Stellen, wo sich Salzwasser sammeln kann
F	Vorbaumaß max. wie bisher
F	Montagemöglichkeit für Schneestaubschutz und Beleuchtung an Ecken
F	Durchfahrt durch eine lichte Breite mit 1,45 m in räumendem Modus möglich
F	max. 10 cm höherer Pflug als bisher
W	maximale geometrische Ausnutzung des Schürfleistenmaterials (verschleißbedingt)
	<u>Kinematik</u>
F	nach Kontakt von Pflug mit 50 mm hohem Hindernis sollen beide noch funktionsfähig sein (Ausweichkinematik)
F	max. Räumgeschwindigkeit 20 km/h
F	Anheben min. 20 cm über Boden möglich
F	kein rotierendes System (wie z.B. Schneefräse)
	<u>Kräfte</u>
F	max. zusätzliche Masse: VA: 320 kg ; HA: 260 kg; gesamt: 460 kg
F	Auslegung auf 10 cm Schneehöhe mit Dichte wie Wasser
W	Robustheit
	<u>Stoff</u>
W	alles aus leicht verfügbarem Material
W	vorderste Räumleiste soll die bisher verwendete Standardleiste aus Stahl bleiben
	<u>Fertigung</u>
W	weitgehend in MA 48 Werkstatt herstellbar
	<u>Montage</u>
F	durch eine Person möglich
	<u>Gebrauch</u>
F	bessere Räumleistung
F	Bedienung über bestehendes Pult
F	Übersichtlichkeit (Fahrer muss äußerste Ecken wahrnehmen können)
W	möglichst geräuscharm
W	vibrationsarm für Bediener
W	Verschleiß nicht wesentlich schlechter als bisher
	<u>Instandhaltung</u>
F	oranger Anstrich und Beschriftung auf Schneeschild
W	Wartung nur einmal vor und einmal nach der Saison
W	einfacher Wechsel von Verschleißteilen
	<u>Kosten</u>
W	möglichst geringer Kostenaufwand

Tabelle 4: Anforderungsliste Nachrüstung Eco Technologies

4 Konzipieren

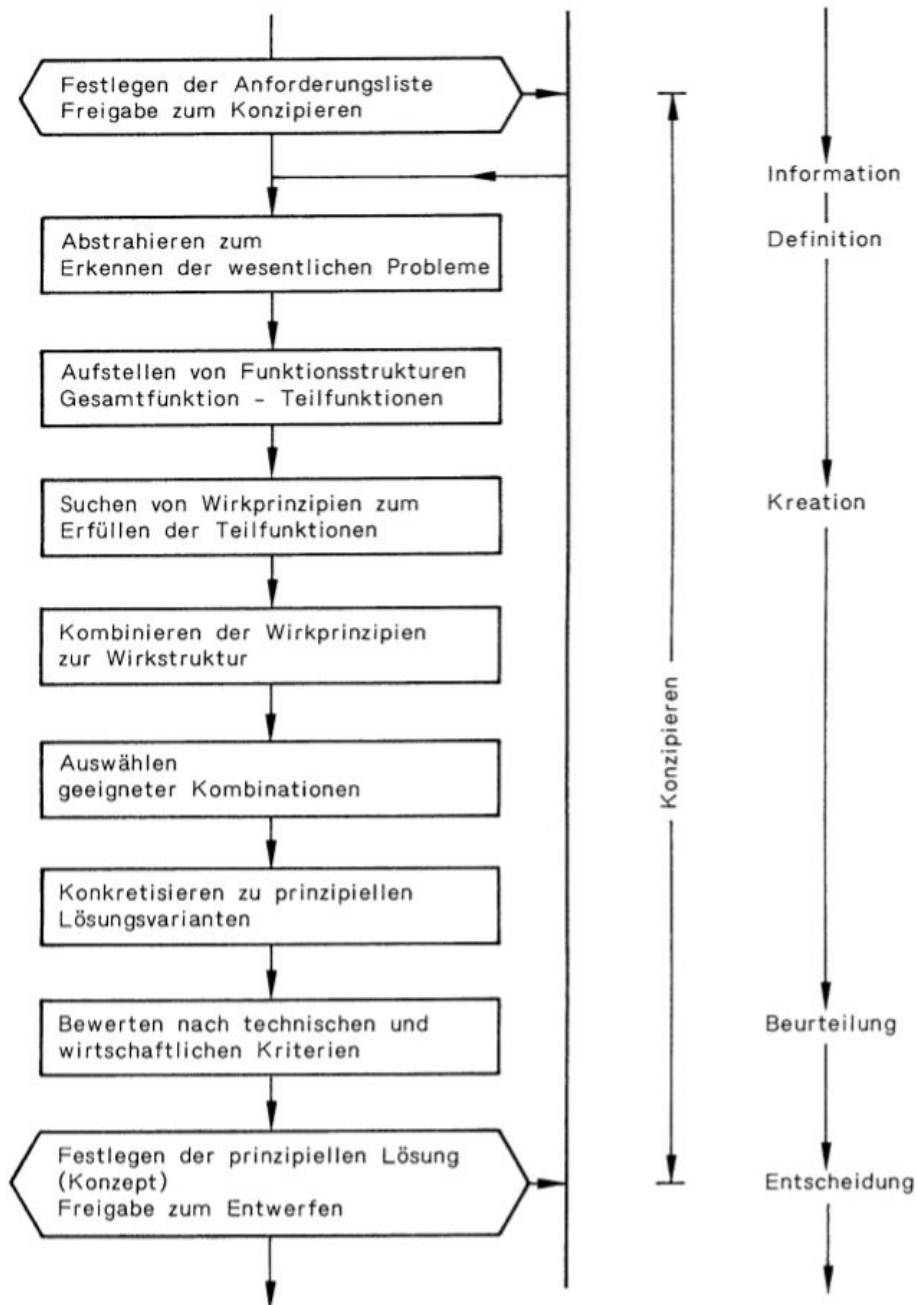


Abbildung 37: Arbeitsschritte beim Konzipieren [4]

Aufgrund der überschaubaren Aufgabenstellung konnte die in Abbildung 37 dargestellte Vorgehensweise in vereinfachter Weise umgesetzt werden. So entfiel zum Beispiel eine Bewertung für einen optimalen Schneepflug, da beim Auswählen geeigneter Kombinationen nur eine Wirkstruktur übrigblieb, siehe dazu Kapitel 4.5.1 „Ausscheiden und Bevorzugen“.

4.1 Funktionsanalyse

Für die Analyse der notwendigen bzw. möglichen Funktionen wurde die mitgelieferte technische Dokumentation des Vario-Schneepflugs DKV-A von Flötzinger, also eine Bedienungsanleitung, verwendet. Mittels der Szenariotechnik wurden verschiedene Lebensbereiche eines Schneepflugs durchdacht und die verschiedenen Betriebsmodi festgehalten. Zusätzlich dazu wurden weitere Funktionen durch die Marktrecherche identifiziert. Die einzelnen Funktionen sollen möglichst allgemeingültig formuliert werden und nicht bereits Lösungen vorwegnehmen. Allerdings werden zur Erläuterung schon die einzelnen Möglichkeiten laut Bedienungsanleitung zum besseren Verständnis herangezogen.

Die Gesamtfunktion ist **Schnee räumen**, wobei diese je nach Umgebungssituation unterteilt werden kann in **Schnee vor sich her schieben** und **Schnee zur Seite schieben/auswerfen**. Speziell beim Räumen von Parkplätzen führt die Möglichkeit, den Schnee nur gerade zu schieben, zu einer Zeitersparnis.

Es wurden folgende (Teil-)Funktionen identifiziert:

Schürfleiste befestigen

Da die Schürfleiste am stärksten dem Verschleiß unterliegt, kommt der Möglichkeit eines Wechsels eine besondere Bedeutung zu.

Pflug befestigen

Zu Beginn muss der Schneepflug an das Trägerfahrzeug angekuppelt werden. Auch etwaig vorhandene Hydraulikschläuche und Elektrokabeln müssen befestigt werden.

An Längsprofil anpassen (Pflugscharneigung einstellen)

Bei der (Erst-)Montage am Trägerfahrzeug ist es wichtig, dass die Schürfleiste bei allen möglichen Räumwinkeln zur Gänze am Boden aufliegt. Daher ist es erforderlich, die Neigung der Pflugschar nachjustieren zu können.

Anstellwinkel einstellen

Je flacher die Schürfleiste gegenüber der Fahrbahn in Fahrtrichtung geneigt ist, desto aggressiver ist das Räumverhalten. Eine Anpassungsmöglichkeit im Bedarfsfall ist sicherlich wünschenswert.

Pflug anheben/absenken

Die Schürfleiste soll nur Bodenkontakt haben, wenn auch wirklich geräumt werden soll. Bei manchen Pflügen ist – wegen der Ausweichmechanik – das Rückwärtsfahren ausschließlich mit angehobenem Pflug gestattet, z.B. Flötzinger DKV-A. Bei zu hohen Hindernissen ist das Anheben des Pflugs ebenfalls erforderlich.

Pflug abstellen

Wird der Pflug eine Weile nicht benötigt, wird er eingelagert. Bei diesem Abstellen ist eine stabile Lage wichtig.

An Querneigung anpassen (Pendelausgleich)

Da die Straßenoberfläche nicht immer eben ist, sondern auch geneigt sein kann, ist die Anpassung des Pflugs an die Querneigung des Untergrunds erforderlich. Dies ist eine eher grobe Einstellung an das Querprofil der Straße.

Niveau regeln

Soll beispielsweise ein Gehsteig geräumt werden und der Schwerpunkt des Pflugs liegt auf der Straßenseite, so kommt es zu einer Schiefstellung des Pflugs und das Räumbild des Gehsteigs ist unbefriedigend. Hier hilft eine Regelung, die das Niveau der Räumschar an die des Gehsteigs angleicht.

Auswurf sperren

Oft ist es wünschenswert, dass gewisse Flächen nicht zugeräumt werden, wie z.B. Bushaltestellen. Bei Vorbeifahrt an solchen Plätzen sollte daher der Auswurf des Schnees unterbrochen werden (vgl. Abbildung 22).

Schneepflug verbreitern/verschmälern

Um eine Fläche schneller räumen zu können, gibt es Schneepflüge mit variabler Breite (siehe dazu Abbildung 21). Beim Befahren einer engen Straße ist der schmale Modus vorteilhafter.

Schürfleiste ent-/belasten

Bei Pflügen mit doppeltwirkendem Hydraulikzylinder, der normalerweise zum Heben verwendet wird, besteht die Möglichkeit, den Schneepflug zusätzlich mit einem Teil der Masse des Trägerfahrzeugs gegen den Boden anzupressen. Beim verwendeten Flötzingerpflug ist dies allerdings laut Bedienungsanleitung verboten. Wird der zum Heben verwendete Hydraulikzylinder in Schwimmstellung betrieben, so muss die Schürfleiste das Eigengewicht des Pflugs tragen, es sei denn, es sind unterstützende Gleitteller oder Stützräder vorhanden.

Räumwinkel einstellen

Um den Schnee zur Seite bewegen zu können, muss ein von 90° verschiedener Räumwinkel eingestellt werden (siehe Abbildung 47). Beim Räumen kann der Schnee je nach Geometrie der Räumschar entweder nur zur Seite geschoben oder sogar in einem Bogen ausgeworfen werden, z.B. über eine Leitplanke. Diese Räumwinkelverstellung wird auch verwendet, um den Schneeauswurf von links auf rechts bzw. vice versa umzustellen.

Pulverschnee abschirmen

Beim Schneeräumen kann Pulverschnee aufgewirbelt werden, der dann die Sicht des Fahrers behindert. Deshalb ist jener erfolgreich abzuschirmen.

Hindernisse überleben

Beim Räumen treten betriebsbedingt Kontakte mit festen Hindernissen auf, wie Gehsteigkanten, Kanaldeckel etc. Der Schneepflug muss diesen Kontakt unbeschadet überstehen. Nach der Betätigung eines etwaigen Ausweichmechanismus muss der Pflug in seine Ausgangsposition rückgeführt werden.

Pflug translatorisch zur Seite bewegen

Speziell bei Kurvenfahrt soll der Schneepflug den Weg, den die Reifen überfahren, freiräumen, damit der Schnee nicht verdichtet wird, weshalb eine seitliche Verschiebung nützlich sein kann (siehe dazu Abbildung 24).

Straße feinräumen

Eine einzelne Reihe der Schürfleiste räumt den Schnee nicht zur Gänze zur Seite, sondern lässt meist eine geringe Menge liegen. Deshalb gibt es diese Funktion, die diesen wenigen, übriggebliebenen Schnee in einem zusätzlichen Schritt noch weiter reduziert. Diese Funktion könnte verallgemeinert auch als „übrig gebliebenen Schnee entfernen“ bezeichnet werden. Da aber Alternativlösungen in der Einleitung vom Kapitel 2 bereits ausgeschlossen wurden, wird hier der eigentlich einschränkende Begriff „räumen“ verwendet.

An Spurrinnen anpassen

Die Einstellbarkeit an die Querneigung ist nur grob und erfordert diese zusätzliche Funktion für optimale Räumleistung.

Schneepflug in oberer Position sichern

Beim Flötzingler gibt es die Möglichkeit, den Pflug beim Transport mechanisch in der oberen Position zu fixieren, damit nicht dauernd das Hydrauliksystem beansprucht wird.

Es gibt eine Reihe an Nebenfunktionen, die zwar für einen zufriedenstellenden Betrieb wichtig sind, aber hier keine weitere Aufmerksamkeit erhalten sollen. Diese Nebenfunktionen sind z.B.: Vibrationen dämpfen, Öl abdichten, Hydraulikzylinder antreiben (Öldruck generieren), Federkraft einstellen, Pflug beleuchten, bewegliche Teile schmieren etc.

4.1.1 Hauptfunktionen

Um den späteren morphologischen Kasten übersichtlich gestalten zu können, werden aus der Funktionsanalyse nun die für die Konzeptfindung wichtigsten Funktionen ausgewählt. Diese sind:

- an Querneigung anpassen
- an Längsprofil anpassen
- Pflug anheben/absenken
- Räumwinkel einstellen
- Hindernisse überleben
- Schürfleiste ent-/belasten
- Straße feinräumen
- an Spurrinne anpassen
- Anstellwinkel einstellen

4.1.2 Funktionsstruktur

Die Hauptfunktionen sind voneinander weitgehend entkoppelt und können bis auf „Pflug anheben/absenken“ synchron auftreten. Eine chronologische Reihung der Abläufe, im Sinne von „vor Inbetriebnahme“ und „während des Betriebs“, kann nicht durchgeführt werden, da manche Hauptfunktionen zwar initial eingestellt werden können, aber ebenso auch während der Benutzung realisierbar sind, wie zum Beispiel „an Längsprofil anpassen“ (siehe dazu Abbildungen 12 und 13). Bei der vorliegenden Aufgabenstellung erscheint daher die Zusammenführung der Hauptfunktionen in eine Funktionsstruktur wenig sinnvoll, weshalb darauf verzichtet wird.

4.2 Problem-Analyse des bestehenden Systems

4.2.1 Freiheitsgrad-Analyse

Bei der Durchsicht der Betriebsanleitung des Flötzingers fällt auf, dass es unterschiedliche Versionen dieses Pflugs gibt, je nachdem welche Anbindeplatte am Trägerfahrzeug vorhanden ist. Bei der MA 48 wird die Reformplatte verwendet, weswegen der Pflug den Namen DKV-A trägt und nicht DK-SA, wie er genannt werden würde, wenn die Schnittstelle zu einer Anbauplatte gemäß DIN EN 15432-1 [45] (in der technischen Dokumentation wird noch die ältere DIN 76060 genannt) vorhanden wäre. Nun unterscheidet sich der DK-SA gegenüber dem DKV-A dahingehend, dass er eine Möglichkeit zum Verstellen des Oberträgers des Hubparallelogramms mittels Verstellspindel und Kontermuttern bietet, die beim geordneten fehlt. Dieser fehlende Freiheitsgrad bedingt nun, dass, je nachdem wie die Anbauplatte gegenüber der Fahrbahnebene geneigt ist, ein mehr oder weniger großer Spalt zwischen Pflug und Fahrbahn entsteht, sofern dieser in V- oder Keilform betrieben wird. Wird er hingegen als Einseitpflug verwendet, bleibt dieser fehlende Freiheitsgrad ohne Auswirkung, da der Pendelausgleich diesen Spalt ausgleichen kann (Abbildung 42). Um dies zu visualisieren, wurde mit Lego ein kleines Modell nachgebaut, das die geometrischen Verhältnisse nachbildet. Man sieht in Abbildung 38, dass bei idealer Ebenheit des Untergrunds und Orthogonalität der Anbauplatte der Keilpflug perfekt aufliegt.

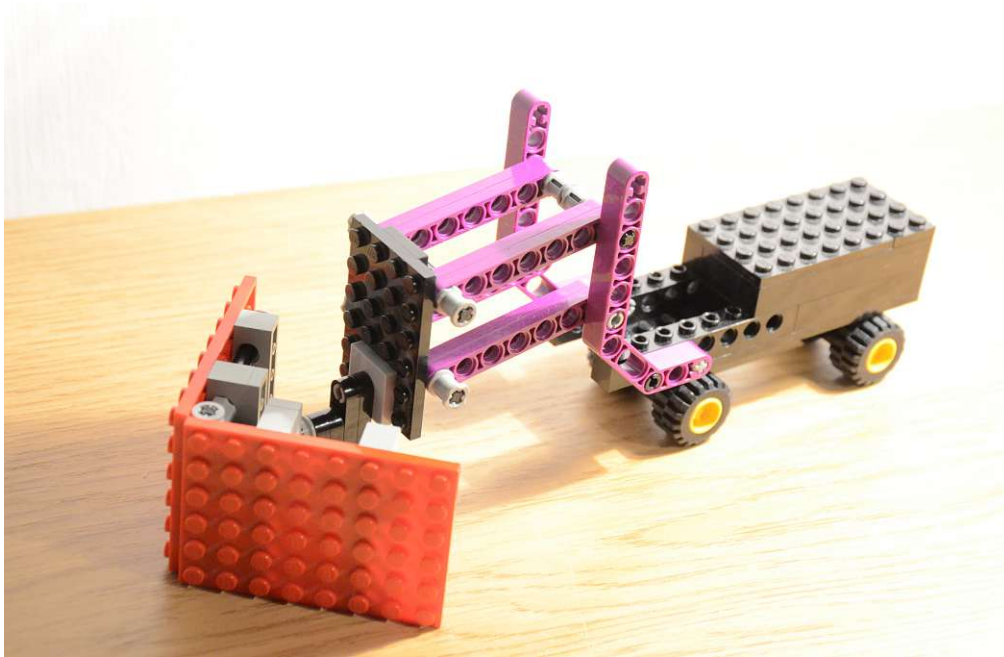


Abbildung 38: Lego-Modell



Abbildung 39: Keilpflug ohne Freiheitsgrad

Auf Abbildung 39 wird ersichtlich, dass bei einer geneigten Anbauplatte, welche unter anderem durch unterschiedliche Beladung des Soletanks zustande kommen kann, ein Spalt entsteht, der keine Schwarzräume zulässt. Beim Modell wurde für die Neigung der Anbauplatte die Hinterachse angehoben. Im nachfolgenden Bild ist im Oberträger ein zusätzliches Gelenk eingebaut, wodurch der Spalt geschlossen wird.



Abbildung 40: Keilpflug mit Freiheitsgrad

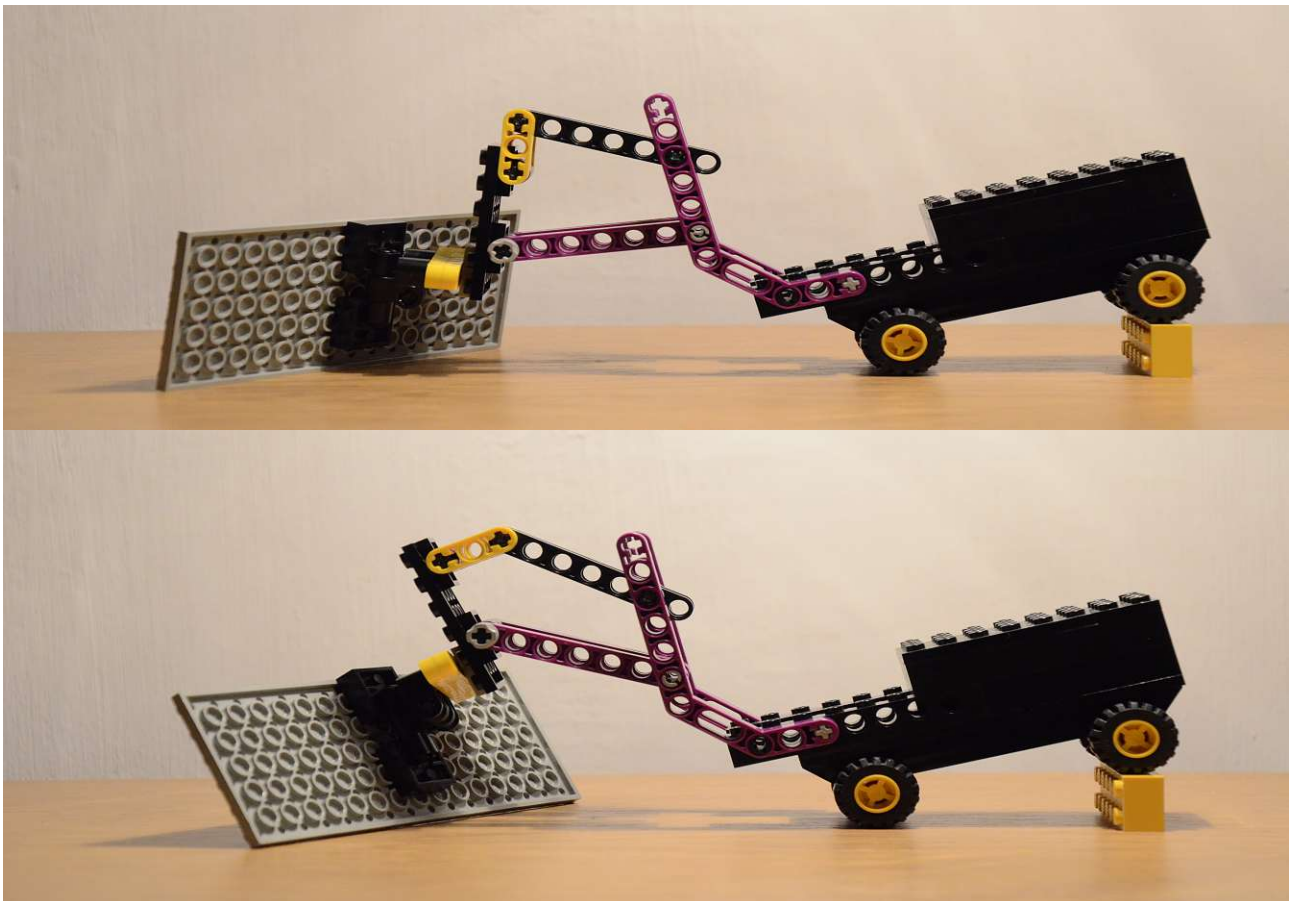


Abbildung 41: Einseitpflug mit Freiheitsgrad

Bei Verwendung als Einseitpflug ist der zusätzliche Freiheitsgrad durch dieses Gelenk hinderlich, da der Pflug in einen undefinierten Zustand gerät, wodurch der Anstellwinkel in einem gewissen Bereich variieren kann (siehe Abbildung 41). Mit Feder-Dämpfer-Elementen kann diesem zwar entgegengewirkt werden, aber im Betrieb wird aufgrund der unterschiedlichen Reibungsverhältnisse keine klar definierte Position erreicht.



Abbildung 42: Einseitpflug ohne Freiheitsgrad

Die Erkenntnis dieser Analyse ist also, dass ein Variopflug in Keil- oder V-Stellung einen Freiheitsgrad bräuchte, der im Einseitbetrieb gesperrt sein sollte. Diesbezüglich ist weiters zu sagen, dass die einmalige Einstellung des DK-SA vor jeder Inbetriebnahme für eine optimale Räumleistung auch noch zu wenig ist. Die zuvor gefundenen Lösungen (siehe Abbildung 12 und 13) passen sich im Betrieb zwar an, sperren den Freiheitsgrad aber nicht im Einseitbetrieb. Abhilfe könnte ein regelungstechnisches Konstrukt mit Hydraulikzylinder als Oberlenker in Kombination mit diversen Sensoren schaffen, das den Oberlenker bei Einseitbetrieb in einer definierten Position hält.

4.2.2 Analyse der Geometrie der Nachraumleiste (Spaltproblem)



Abbildung 43: Nachraumklavier Spaltproblem [47]

Auf Abbildung 43 ist zu sehen, dass die Springer-Lösung kleine Mengen an Schnee durch den Spalt zwischen den einzelnen Schürfleistensegmenten anhäuft und liegen lässt. Bei der Tellefsdal-Lösung wird dies behoben, indem die Segmente nicht linear angeordnet sind, sondern stufenförmig für eine Überlappung in Fahrtrichtung sorgen, sodass der Spalt ohne Einfluss bleibt. Deshalb wird für die Lösung des vorliegenden Problems ebenfalls die Stufenform gewählt (siehe dazu auch Kapitel 5.1).

4.3 Ideenfindung

4.3.1 Synektik

Zur Inspiration für Lösungen können auch Bereiche außerhalb des Winterdienstes dienen, bei denen Material mit einer weitgehend linearen Bewegung vom Untergrund entfernt werden soll. Ein Beispiel dafür ist ein Nassrasierer. Der „Gillette Fusion5 Proglide“ hat mehrere Klingen hintereinander, was eine Analogie zur Tellefsdal-Lösung darstellt (vgl. Abbildungen 28 und 29). Des Weiteren verfügt er über jeweils ein Gelenk für die Anpassung an das Quer- und Längsprofil, von denen schon einige Lösungen im zweiten Kapitel vorgestellt wurden. Man könnte auch an Glasabzieher denken, die analog zu

einem elastischen Schürfleistenmaterial sind. Vom Bauwesen sind Grader bekannt, die mit einem Schild, das einem Schneepflug eigentlich nicht unähnlich ist, den Untergrund ebnen, siehe Abbildung 44. Eine weitere Analogie liegt im Bereich der Abstreifer für Gurtförderer. Alle hier erwähnten Lösungen aus mehr oder weniger für den Winterdienst fremdartigen Gebieten haben gemein, dass ihre Lösungswege bereits von der Schneepflugentwicklung beschritten wurden. Somit kann mithilfe der Synektik im vorliegenden Fall der Lösungsraum nicht erweitert werden.



Abbildung 44: Grader [48]

4.3.2 TRIZ

Wegen der geringen Reserve der Vorderachse bezüglich der Achslast beim Motorkarren von Lindner soll die Nachräumeinrichtung sehr leicht sein. Gleichzeitig ist es aber durch die Erfüllung zusätzlicher Funktionen unumgänglich, eine gewisse Masse zu verbauen. Bei der TRIZ-Methodik wird dies ein physikalischer Widerspruch genannt, wofür Separationsprinzipien angewandt werden. Im vorliegenden Fall bietet sich die Separation im Raum an, da die Nachrüstung am Trägerfahrzeug theoretisch auch zwischen den Achsen bzw. hinten befestigt werden könnte. Ein Anhänger mit einer Räumvorrichtung wäre prinzipiell ebenso denkbar und wird so in der oben genannten Tellefsdal-Lösung realisiert. In der Praxis ist aber eine Räumeinrichtung hinter einer Salzstreueinheit sinnlos. Für eine Zwischenachslösung würde der zusätzliche Bauraum sowie die Möglichkeit sprechen, mehr Masse verbauen zu können. Dagegen spricht allerdings, dass liegengebliebener Schnee von den Vorderreifen verdichtet wird und folglich schwerer zu entfernen ist. Weiters ist diese Lösung auch im Hinblick auf Montage und Bedienung ein Mehraufwand, wobei speziell Letzteres für den Fahrer vermutlich schnell zur Überforderung führen kann. Wenn jedoch die Bedienung, wie Heben und Senken, mit dem vorderen Schneepflug gekoppelt wäre, könnte eine Zwischenachslösung (vgl. Abbildung 28) durchaus eine attraktive Alternative darstellen, sofern man sich mit den genannten Nachteilen arrangieren kann.

4.3.3 Kombinieren und methodisches Zweifeln

Es ist möglich, verschiedene Lösungen miteinander zu kombinieren, wie auch das Beispiel in Abbildung 27 zeigt. Kombinationen werden aber in der Regel eher komplizierter und sind im Sinne einer erwünschten, einfachen Konstruktion daher nicht erstrebenswert. Deshalb wird in diese Richtung keine weitere Ideenfindung betrieben. Ein oftmals erfolgreiches Prinzip, den Lösungsraum zu erweitern, wäre das „methodische Zweifeln“, also z.B. rotatorisch arbeitende Systeme in translatorische umzuwandeln. Auch dies wurde von der Markt- bzw. Patentrecherche bereits vorweggenommen. Prinzipiell können hydraulische Lösungen durch elektrische, pneumatische wie auch mechanische substituiert werden. Diese sollen hier aber bis auf die in der Recherche gefundenen Lösungen nicht weitergedacht werden, da die gegebene Infrastruktur der Trägerfahrzeuge hauptsächlich hydraulische Schnittstellen bereitstellt.

4.4 Morphologischer Kasten

Die Recherche nach dem Stand der Technik liefert nun die Lösungen zu den ausgewählten Funktionen, welche im morphologischen Kasten zugeordnet werden. Zugunsten der Übersichtlichkeit wird davon abgesehen, den Kasten mit Bildern zu bestücken. Nicht selbsterklärende Lösungen sind im Kapitel „Stand der Technik“ nachzulesen.

Der Punkt „Hindernisse überleben“ könnte einerseits kompakter dargestellt werden, indem Federklappen, Drehklappen und Ausklinkmechanismus als rotatorische Lösung zusammengefasst werden, andererseits auch viel diverser, würde man zusätzlich noch alle möglichen Kombinationen betrachten, wie z.B. die in Abbildung 27 dargestellte Lösung. Weiters könnte man Lösungen noch lokal, beispielsweise auf das untere Drittel der Schar, begrenzen, wie es beim Wintec Vario (Abb. 16) realisiert wurde. Im folgenden Kasten wird im Sinne einer guten Übersichtlichkeit und eines einigermaßen differenzierten Angebots ein Mittelweg gewählt, was die Anzahl und Auswahl der Lösungen zu diesem Punkt anbelangt.

Funktionen		Lösungen						
		1	2	3	4	5	6	7
an Querneigung anpassen	A	Rotation um Längsachse mit Bolzen und Federn	Schmidt-Lösung (Abb.26)	A-Rahmen (Abb.20)	Rotation um Längsachse mit Bolzen und Zapfen auf Unterlenker (Abb.16)			
	B	Gelenk in Oberlenker (Abb.13)	Gewindespindel in Oberlenker (Abb.26)	Hydraulizylinder in Oberlenker	Linearführung in Oberlenker (Abb.12)	von Pendelausgleich übernommen (nur in Einseitbetrieb) (Abb.42)		
Pflug heben/senken	C	hydraulisch (Abb.7)	elektrisch mit Seilwinde (Abb.19)	pneumatisch	elektrisch mit Spindel			
Räumwinkel einstellen	D	hydraulisch (Abb.1)	Zahnscheibe (Abb.11)	Bolzenstecksystem				
Hindernisse überleben	E	lineare Führung (Abb.33)	Zaugg-Lösung (Abb.32)	Federklappen	Ausweichparabolik (Führung) (Abb.35)	elastische Schürfleiste	Schild selbst elastisch (Abb.14)	Ausklunkung (Abb.8)
	F	elastisches Segment in Scharblech (Abb.31)	Drehklappen (Abb.3)	Knickleisten (Abb.5)	geometrisches Auffahren (Ski-Form) (Abb.10)	Schwinglenker (Abb.9)	plastische Verformung	Überdruck- ventil
Schürfleiste ent-/belasten	G	mechanische Geräteentlastung (Abb.17)	hydraulische Regelung	Eigengewicht in Schwimmstellung	Gleitkufen (Abb.5)	zweite Räumleiste, die die erste entlastet (Abb.30)	Stützräder (Abb.21)	
Straße feinräumen	H	zwei oder mehr Schürfleisten hintereinander (Abb.30)	Besen hinter der ersten Schürfleiste (Abb.25)					
an Spurrinnen anpassen	I	quer zur Fahrtrichtung segmentieren (Mehrscharigkeit) (Abb.7)	elastische Schürfleiste					
Anstellwinkel einstellen	J	Gewindestangen (Abb.3)	Bolzensteck- system (Fisher)	hydraulisch				

Tabelle 5: Morphologischer Kasten

4.5 Konzipieren – Optimaler Schneepflug

Wenn man sich Gedanken über den idealen Schneepfluggtyp macht, fällt die Wahl relativ rasch auf einen Variopflug, da er aufgrund seiner Vielseitigkeit und Wendigkeit einem Einseitpflug mit eventueller Auswurfsperrre und einem Triaxialpflug einen Schritt voraus ist. Wie dieser Kombinations-Schneepflug funktionsmäßig aufgebaut sein soll, wird im kommenden Unterkapitel behandelt.

4.5.1 Ausscheiden und Bevorzugen

Für die Einstellung des Räumwinkels hat sich die Hydraulik bewährt und wird im Hinblick auf die vorhandene Infrastruktur in Form von Hydraulikschnittstellen am Trägerfahrzeug klar bevorzugt. Dasselbe gilt auch für das Heben bzw. Senken des Schneepflugs. Für eine Nachräumeinrichtung ist allerdings noch eine differenzierte Betrachtungsweise vonnöten. Wenn diese nämlich vom Prinzip her einem Variopflug gleicht, der translatorisch hinter dem ersten angeordnet ist, ist es nicht günstig, wenn die beiden Scharhälften analog zur ersten Reihe mitverschwenkt werden, da so das System verstopfen kann. Deshalb ist für die Nachputzeinheit eine fixierte Keilform besser, womit auf eine Einstellbarkeit des Räumwinkels bei dieser verzichtet wird. Die fehlende Möglichkeit, die Auswurfseite zu bestimmen, ist in diesem Fall nicht weiter schlimm, da es sich einerseits um eine geringe Schneemenge handelt, die von der ersten Reihe nicht erfasst wurde, und andererseits nur die Hälfte dieses wenigen Schnees auf eine unerwünschte Seite bewegt wird. Prinzipiell wird immer eine optimale Räumleistung erwünscht sein, weshalb ein entkoppeltes Heben bzw. Senken der Nachräumeinrichtung gar nicht nötig ist. Ein nicht rotierender Besen wird nicht für fähig befunden, den Schnee zuverlässig zur Seite zu bewegen, ohne zu verstopfen, was Praxistests mit einem Straßenbesen zeigen. Wie aus dem morphologischen Kasten ersichtlich ist, gibt es für das Feinräumen somit nur mehr eine erlaubte Lösung, womit eine zweite Schürfleistenreihe nun fixiert ist. Eine dritte Reihe wird wegen Platzmangel nicht angestrebt. Um eine gute Anpassung an Spurrinnen zu gewährleisten, wird sowohl die erste, als auch die zweite Reihe mehrscharig ausgeführt. Um diesen Punkt noch weiter zu verbessern, wird für die Nachräumleisten ein elastisches Material, wie Gummigewebe, gewählt. Für die frontale Räumleiste ist aus der Anforderungsliste das Material mit Stahl schon festgelegt.

Für das Überleben von Hindernissen werden Drehklappen bevorzugt. Diese haben den Vorteil, dass nur wenig Masse bewegt werden muss, um auszuweichen. Diese Eigenschaft hätten auch Knickleisten und Federklappen. Bei diesen besteht aber aufgrund des leicht anders angeordneten Drehpunkts die Möglichkeit, dass Kieselsteine, verdichteter Schnee oder Eisstücke während einer Ausweichaktion in den entstehenden Spalt zwischen Schürfleiste und Scharblech kommen und somit eine komplette

Rückstellung behindern. Für die äußeren Ecken werden geschraubte Randsteinabweiser gewählt. Die Mitte der Pflugschar stellt erwiesenermaßen einen neuralgischen Punkt dar. Speziell bei Keilstellung ist die Wahl zwischen einer Kollision von Schürfelementen miteinander oder Spalten zwischen einem Mittelteil und den benachbarten Drehklappen zu treffen. Ein zentraler Ski-förmig aufgebogener Bauteil würde beides verhindern, würde aber bei mittigem Hindernis den ganzen Pflug aufheben und somit bis zu 5cm Schnee an dieser Stelle für die Nachräumleiste liegen lassen. Deshalb ist ein kleiner Spalt, der zwar kontinuierlich ein wenig Schnee durchlässt, aber dafür eine Menge, welche die Nachputzeinheit leicht bewältigen kann, das geringere Übel. Dass die Spitze entlang einer Führung ausweicht, wie beim Wintec Vario (Abb. 16), ist im Vergleich zu einem elastischen Element kompliziert und bietet keine Vorteile. Damit ist die Mitte der Schar festgelegt. Bei einem hydraulischen System empfiehlt sich zusätzlich der Einbau eines Überdruck- bzw. Schockventils. Für die Nachräumleiste ist ein eigener Ausweichmechanismus zu wählen, weil hier die Verhältnisse aufgrund der geringen Schneemenge völlig anders sind. In diesem Bereich werden Knickleisten als einfachster Mechanismus bevorzugt, bei dem nicht viel Masse bewegt werden muss. Weil ein elastisches Nachräumleistenmaterial bereits gewählt wurde, trägt auch dieses zu einer Minderung des Anfahrstoßes bei.

Der Schnee soll zur Seite geschoben und nicht weit ausgeworfen werden, wofür die Schar nicht stark gekrümmt sein darf. Eine Änderung des Anstellwinkels im Betrieb mittels Hydraulik ist nicht notwendig, weil für leichtgängiges Ausweichen die Drehklappen steil angestellt sein müssen. Bei Hinderniskontakt werden sie somit nicht über den Totpunkt bewegt, wobei ansonsten ein großer Teil der Schneepflugmasse anzuheben wäre. Eine initiale Einstellmöglichkeit über die Gewindestange, mit der auch die Federkraft der Rückstellung eingestellt wird, reicht vollkommen aus und nutzt dabei einen Bauteil für zwei Funktionen.

Die A-Rahmen-Lösung (Abb. 20) für den Pendelausgleich wurde nirgends in Zusammenhang mit einem wirklich massiven Schneepflug und auch nicht mit einem Variopflug gesehen, weshalb die Robustheit dieses Systems angezweifelt wird. Daher scheidet diese Variante aus. Der Pendelausgleich mittels Bolzen wird als bewährtes System gegenüber der noch verbleibenden Schmidt-Lösung (Abb. 26) bevorzugt. Somit ist ein Bolzen, dessen Achse in Fahrtrichtung angeordnet ist, ausgewählt. Es bleibt also nur noch die Wahl zwischen den Federn oder den Zapfen (Abb. 16) am Unterlenker des Hubparallelogramms für die Rückstellung in die Horizontale offen. Die Querneigungsanpassung soll nicht nur den Rotationsfreiheitsgrad beim Räumen ermöglichen, sondern soll den Pflug in angehobenem Zustand möglichst waagrecht halten, damit es nicht einseitig zu einer Bodenberührung kommt. Beide Lösungen erfüllen dies und können bei entsprechender Konstruktion sehr kompakt und leicht bauen. Der

Vorteil der Federn liegt daran, dass sie bei richtiger Positionierung nicht verschleifen und auch ihre Wirkung zeigen, wenn der Pflug noch nicht ganz angehoben ist. Die Zapfenvariante kommt dagegen mit weniger Bauteilen aus und ist eine sehr einfache Lösung. Bedingt durch die Relativbewegung, wenn ein schräger Pflug waagrecht gestellt werden muss, wird an den Zapfen Verschleiß auftreten, jedoch in wahrscheinlich nicht allzu großem Ausmaß. Die Zapfen am Unterlenker wirken zwar erst zur Gänze, wenn der Pflug vollkommen angehoben ist, jedoch wird der Pflug bis dahin trotzdem nicht seitlich wegkippen, da auch noch die Reibung zwischen den über den Bolzen verbundenen Platten existiert. Letztendlich sind beide Systeme für den vorliegenden Fall möglich, aber die Wahl fällt wegen der einfachen und kompakten Bauweise auf die Zapfenlösung. Bei einer Anordnung der Nachräumeinrichtung knapp hinter der ersten Reihe, kann sich jene die Funktionsträger des Pendelausgleichs mit dieser teilen.

Die Oberlenker als Hydraulikzylinder mit verbauter Regelungstechnik auszuführen, würde zwar das Freiheitsgrad-Problem lösen, doch stellt sich hier die Frage, ob der Aufwand in einer sinnvollen Relation zum Nutzen steht. Denn bei Vorhandensein einer Nachräumeinrichtung und einer initialen Einstellbarkeit der Längsneigung wird der Spalt im Betrieb klein sein und der Schnee von der zweiten Reihe abtransportiert werden. Deshalb soll mit der Spindel im Oberlenker das Auslangen gefunden werden.

Weil nun eine zweite Räumleiste vorhanden ist, entlastet diese die erste, indem ein Teil der Gewichtskraft über diese auf den Boden übertragen wird. Auf Gleitkufen und Stützräder kann verzichtet werden, da eine möglichst gute SchwarZRäumung erwünscht ist. Eine mechanische Geräteentlastung kann lediglich einen Teil der Masse des Pflugs auf das Trägerfahrzeug übertragen, z.B. für bessere Lenkbarkeit und geringeren Verschleiß, während eine hydraulische Regelung zusätzlich auch noch auf den Boden anpressen kann, um besonders hartnäckigen, festgefahrenen Schnee oder Eis besser abzukratzen. Hier stellt sich aber wieder die Frage nach dem gewonnenen Nutzen im Verhältnis zum Aufwand, denn auch bei der Regelung muss der Fahrer einstellen, welchen Modus er aufgrund der wechselnden Verhältnisse während eines Räumeinsatzes gerade für den richtigen hält. Somit ist eine Aktion gefordert, die aber genauso dergestalt sein könnte, dass der Fahrer selbst über den doppelwirkenden Hubzylinder den Anpressdruck im Bedarfsfall steuert und ansonsten diesen in Schwimmstellung belässt. Auf eine Regelung wird also verzichtet.

Die Wahl zwischen geschraubter oder geklemmter Schürfleiste fiel zugunsten der Verschraubung – als erprobte und bewährte Lösung – aus.

Die vorherigen Überlegungen werden übersichtlich in der Auswahlliste zusammengefasst, siehe Tabelle 6. Die sonst in einer Auswahlliste vorhandene Spalte für „Verträglichkeit gegeben“ entfällt im vorliegenden Fall, da keine verschiedenen Lösungskombinationen, sondern die einzelnen Lösungen gegenübergestellt werden. Zur Visualisierung der verbliebenen Lösungen zu den Funktionen wurden beim morphologischen Kasten die ausgeschiedenen Lösungen grau hinterlegt, vergleiche Tabelle 7. Aufgrund des Ergebnisses, bei dem nur eine Wirkstruktur für den optimalen Schneepflug übrig bleibt, kann auf eine Bewertung verzichtet werden.

Auswahlliste für das Konzept des optimalen Schneepflugs							
Lösung	Forderungen der Anforderungsliste erfüllt						Entscheidung
	Grundsätzlich realisierbar						
	Aufwand zulässig						
	Unmittelbare Sicherheitstechnik gegeben						
	Im eigenen Bereich bevorzugt						
Bemerkungen (Hinweise, Begründungen)							
A1	+	+	+	+	-	mehr Bauteile als A4	-
A2	+	+	+	+	-	Rotation um Bolzen hat sich bei MA 48 bewährt	-
A3	+	+	+	-		Robustheit wird angezweifelt	-
A4	+	+	+	+	+	weniger Bauteile als A1	+
B1	+	+	+	+	-	Freiheitsgrad müsste auch gesperrt werden können	-
B2	+	+	+	+	+	da H1 vorhanden, ausreichend	+
B3	+	+	-			komplex	-
B4	+	+	+	+	-	Freiheitsgrad müsste auch gesperrt werden können	-
B5	+	-				auch andere Betriebsmodi als Einseitmodus	-
C1	+	+	+	+	+	vorhandene Infrastruktur durch Trägerfahrzeug	+
C2	+	+	+	+	-	C1 bevorzugt	-
C3	+	+	+	+	-	veraltet	-
C4	+	+	+	+	-	C1 bevorzugt; veraltet	-
D1	+	+	+	+	+	während des Betriebs möglich	+
D2	+	+	+	+	-	nicht während des Betriebs möglich	-
D3	+	+	+	+	-	nicht während des Betriebs möglich	-
E1	+	+	+	+	-	wartungsintensiv	-
E2	+	+	+	+	-	komplex	-
E3	+	+	+	+	-	Verstopfungsgefahr	-
E4	+	+	+	+	-	mehr Masse zu bewegen als bei F2	-
E5	+	+	+	+	+	für 2. Reihe und die Mitte der 1. Reihe zulässig	+
E6	+	+	+	+	-	nicht ressourcenschonend	-
E7	+	+	+	+	-	mehr Masse zu bewegen als bei F2	-
F1	+	+	+	+	-	hat sich auf dem Markt nicht durchgesetzt	-
F2	+	+	+	+	+	keine Gefahr durch Verstopfung	+
F3	+	+	+	+	+	waagrecht angeordnet für 2. Schürfleistenreihe	+
F4	+	+	+	+	-	unterbricht Schneefluss im Einseitmodus	-
F5	+	+	+	+	-	mehr Masse zu bewegen als bei F2	-
F6	+	+	+	+	+	als Randsteinabweiser zulässig	+
F7	+	+	+	+	+	für das Hydrauliksystem	+
G1	+	+	+	+	-	für Schwarzräumung keine Entlastung erwünscht	-
G2	+	+	-			komplex	-
G3	+	+	+	+	+	für Schwarzräumung	+
G4	+	+	+	+	-	für Schwarzräumung keine Entlastung erwünscht	-
G5	+	+	+	+	+	da H1 vorhanden	+
G6	+	+	+	+	-	für Schwarzräumung keine Entlastung erwünscht	-
H1	+	+	+	+	+	für eine 2. Reihe ist ausreichend Platz	+
H2	+	+	+	+	-	nicht praxisgerecht wegen Verstopfung	-
I1	+	+	+	+	+	für 1. und 2. Schürfleistenreihe	+
I2	+	+	+	+	+	für 2. Schürfleistenreihe zulässig	+
J1	+	+	+	+	+	stufenlose Verstellmöglichkeit	+
J2	+	+	+	+	-	keine stufenlose Verstellmöglichkeit	-
J3	+	+	+	+	-	Kombination mit Ausweichmechanismus schwierig	-

Tabelle 6: Auswahlliste

Funktionen		Lösungen						
		1	2	3	4	5	6	7
an Querneigung anpassen	A	Rotation um Längsachse mit Bolzen und Federn	Schmidt-Lösung (Abb.26)	A-Rahmen (Abb.20)	Rotation um Längsachse mit Bolzen und Zapfen auf Unterlenker (Abb.16)			
an Längsprofil anpassen	B	Gelenk in Oberlenker (Abb.13)	Gewindespindel in Oberlenker (Abb.26)	Hydraulikzylinder in Oberlenker	Linearführung in Oberlenker (Abb.12)	von Pendelausgleich übernommen (nur in Einseitbetrieb) (Abb.42)		
Pflug heben/senken	C	hydraulisch (Abb.7)	elektrisch mit Seilwinde (Abb.19)	pneumatisch	elektrisch mit Spindel			
Räumwinkel einstellen	D	hydraulisch (Abb.1)	Zahnscheibe (Abb.11)	Bolzenstecksystem				
	E	lineare Führung (Abb.33)	Zaugg-Lösung (Abb.32)	Federklappen	Ausweichparabolik (Führung) (Abb.35)	elastische Schürfleiste	Schild selbst elastisch (Abb.14)	Ausklüpfung (Abb.8)
Hindernisse überleben	F	elastisches Segment in Scharblech (Abb.31)	Drehklappen (Abb.3)	Knickleisten (Abb.5)	geometrisches Auffahren (Ski-Form) (Abb.10)	Schwinglenker (Abb.9)	plastische Verformung	Überdruck- ventil
Schürfleiste ent-/belasten	G	mechanische Geräteentlastung (Abb.17)	hydraulische Regelung	Eigengewicht in Schwimmstellung	Gleitkufen (Abb.5)	zweite Räumleiste, die die erste entlastet (Abb.30)	Stützräder (Abb.21)	
Straße feinräumen	H	zwei oder mehr Schürfleisten hintereinander (Abb.30)	Besen hinter der ersten Schürfleiste (Abb.25)					
an Spurrinnen anpassen	I	quer zur Fahrtrichtung segmentieren (Mehrscharigkeit) (Abb.7)	elastische Schürfleiste					
Anstellwinkel einstellen	J	Gewindestangen (Abb.3)	Bolzensteck- system (Fisher)	hydraulisch				

Tabelle 7: Morphologischer Kasten – verbleibende Lösungen (in weißen Zellen)

4.5.2 Konzept

Zusammengefasst ergibt sich also als optimales Konzept ein hydraulisch heb- und schwenkbarer Drehklappen-Variopflug mit elastischem Mittensegment, mit Randsteinabweisern und mit einer keilförmigen Nachräumeinrichtung. Bei dieser fungiert eine eher waagrecht angeordnete Knickleiste als Ausweichmechanismus. Die Nachputzvorrichtung teilt sich den Pendelausgleich mittels Bolzen in Längsachse mit Zapfen am Unterlenker und die Anpassung an das Längsprofil mittels Spindel im Oberlenker ebenso wie den Hubmechanismus mit dem eigentlichen Pflug. Beide Räumreihen, die erste aus Stahl und die zweite aus Gummi mit Gewebeeinlagen, weisen eine Mehrscharigkeit auf (also eine seitliche Segmentierung). Die einzelnen Schürfleistensegmente werden mit dem Schneepflug verschraubt. Die Segmente der Nachräumeinrichtung weisen eine stufenförmige Gestalt auf. Dieses Konzept ist in Abbildung 45 als Prinzipskizze dargestellt, welche den Pflug einmal von der Seite und einmal von oben zeigt. Dem vorigen Ausscheiden und Bevorzugen lagen die Anforderungslisten dieses speziellen Problems zugrunde. Es sei darauf hingewiesen, dass das dadurch entstandene Konzept somit nicht allgemeingültig auf andere Systeme angewendet werden kann.

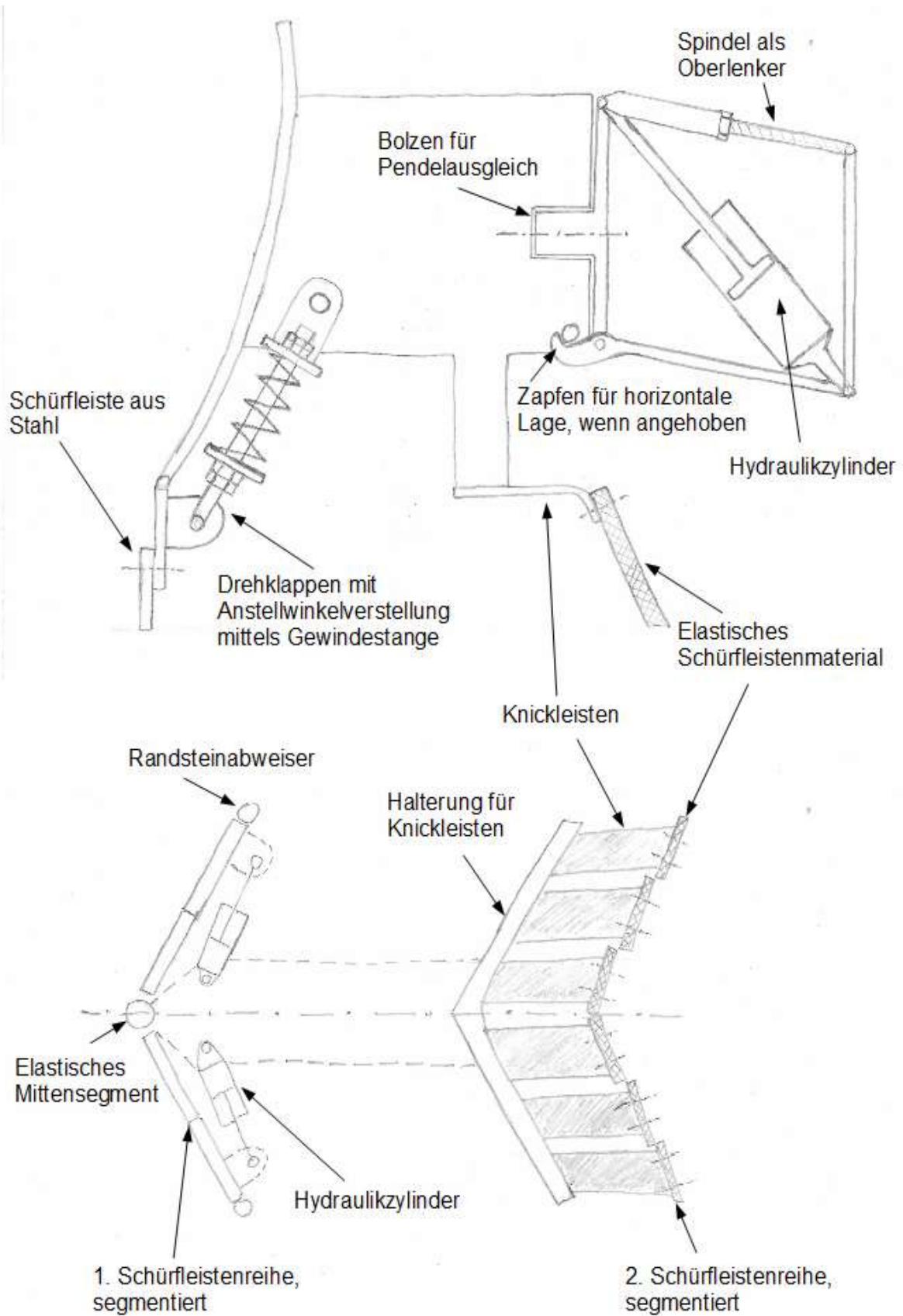


Abbildung 45: Prinzipskizze des optimalen Schneepflugs

4.6 Konzipieren – Bestehende Pflüge mit Nachrüstung

Lässt man die Nachräumeinrichtung vorerst außer Acht, fällt auf, dass der bestehende Flötzinger-Pflug von der vorher ermittelten, optimalen Lösung nur geringfügig abweicht. Sicherlich könnte die Umsetzung weniger überdimensioniert und im Bereich der Drehklappen dichter ausfallen. Generell hat sich aber das bestehende System bewährt und soll daher weitgehend unangetastet bleiben. Da es im Nachhinein ohnehin immer schwieriger ist, Lösungen zu integrieren, die nicht von vornherein schon mitgedacht wurden, wird die Bolzen-Feder-Lösung beibehalten, weil die Vor- bzw. Nachteile gegenüber der Bolzen-Zapfen-Lösung marginal sind. Auf eine Spindel im Oberlenker wird wegen des Vorhandenseins einer zweiten Räumreihe verzichtet. Ansonsten wird das System der Nachräumeinrichtung hier umgesetzt, wie es beim optimalen Pflug beschrieben wurde. Das bedeutet, dass nur die Nachräumeinheit der Handskizze zu den bestehenden Systemen hinzukommt.

4.7 Alternativkonzept

Im Sinne einer risikogerechten Entwicklung ist es ratsam eine Notlösung parat zu haben. Als alternatives Konzept wird die Idee aus Kapitel 4.3.2, nämlich der Zwischenachspflug, hier angeführt. Dieser Plan B wäre zwar auch prinzipiell realisierbar, weist aber einen höheren Komplexitätsgrad auf. Was man durch die Separation im Raum an zusätzlich möglicher Masse gewinnt, wenn die Last nicht vor der Vorderachse hinausragt, wird bei der Positionierung zwischen den Achsen wieder verloren, da man sich Funktionen, wie Heben und Senken, Anpassen an die Querneigung etc. nicht mehr teilen kann. Logischerweise werden für jede Funktion Bauteile benötigt, wodurch die Zwischenachslösung die Vorderachse in Summe sogar mehr belasten kann, wie eine zusätzliche Nachräumeinrichtung am Pflug vorne.

5 Entwerfen

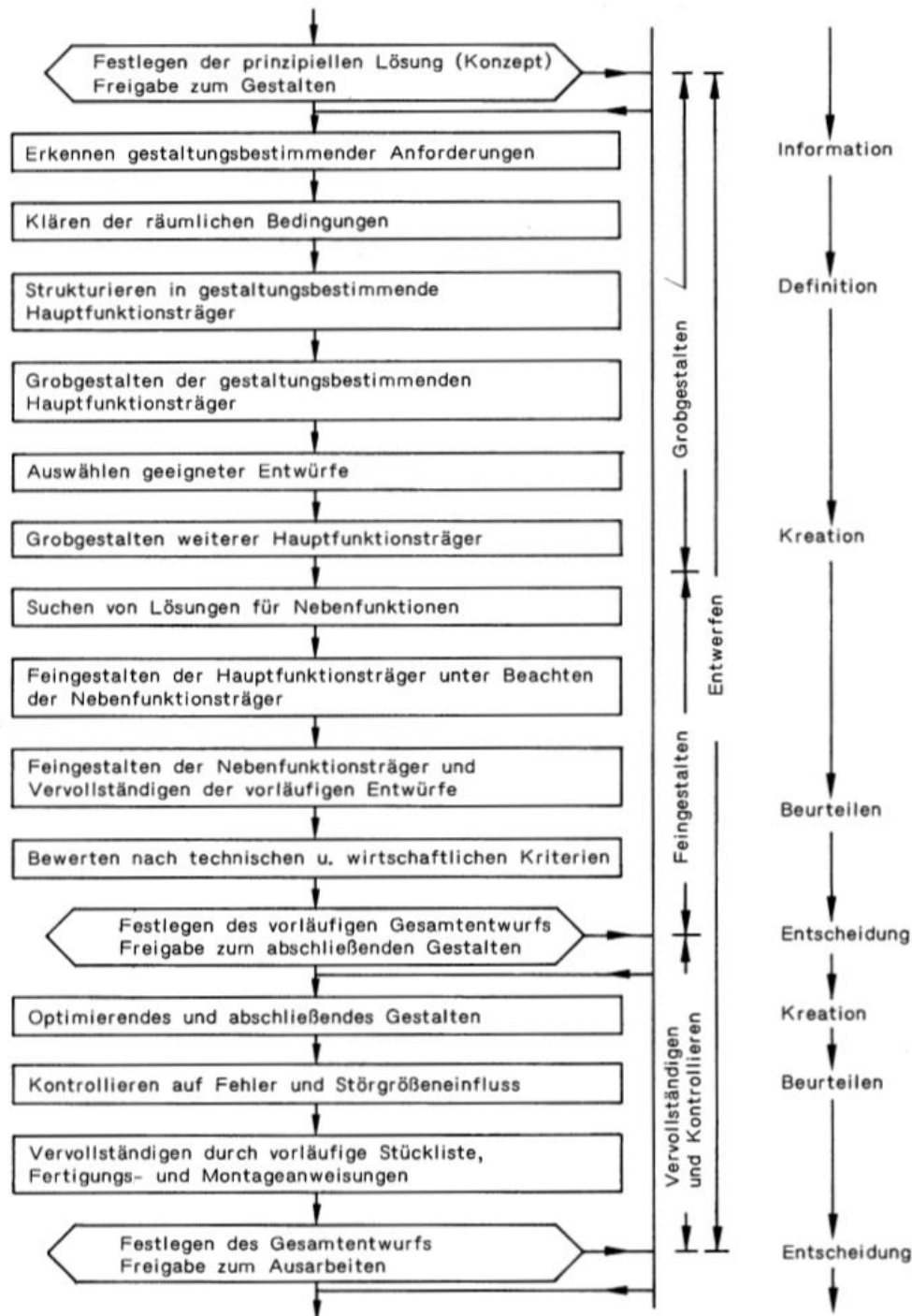


Abbildung 46: Arbeitsschritte beim Entwerfen [4]

In diesem Kapitel werden – wie auch im vorigen Kapitel „Konzipieren“ – die Arbeitsschritte gemäß Abbildung 46 in vereinfachter Weise durchgeführt. Es wird im Folgenden nicht auf jeden Arbeitsschritt explizit eingegangen, da in dieser Arbeit nur der finale Entwurf präsentiert werden soll.

Der Fokus liegt nun auf der keilförmigen Nachräumeinrichtung und auf der möglichen Anbindung an die Pflüge, die unverändert bleiben sollen. Die Idee, wie das Konzept in einen Entwurf verwandelt werden soll, ist folgende: Es wird ein Formstahl an den bestehenden Pflug angeschweißt. Auf diesen wird ein Rohr mit einem Knick, das die Keilform darstellt, geklemmt, womit auch eine gewisse Höhenverstellung möglich wird. Auf dem Rohr wiederum werden Blattfedern aus Stahl angeschraubt, welche quasi die Knickleiste abbilden. An diesen Federn sind die Schürfleistensegmente aus Gummigewebe ebenfalls mit einer Schraubverbindung befestigt. Man sieht an der Beschreibung, dass es sich dabei um eine sehr einfache Realisierung des Konzepts handelt, die somit auch auf die drei Grundregeln des Entwerfens - eindeutig, einfach und sicher - abzielt.

5.1 Geometrie der Stufenform

Zum besseren Verständnis des Räumwinkels α ist in Abbildung 47 die Definition des Räumwinkels für einen variablen V-Pflug nach DIN EN 15583-1 dargestellt.

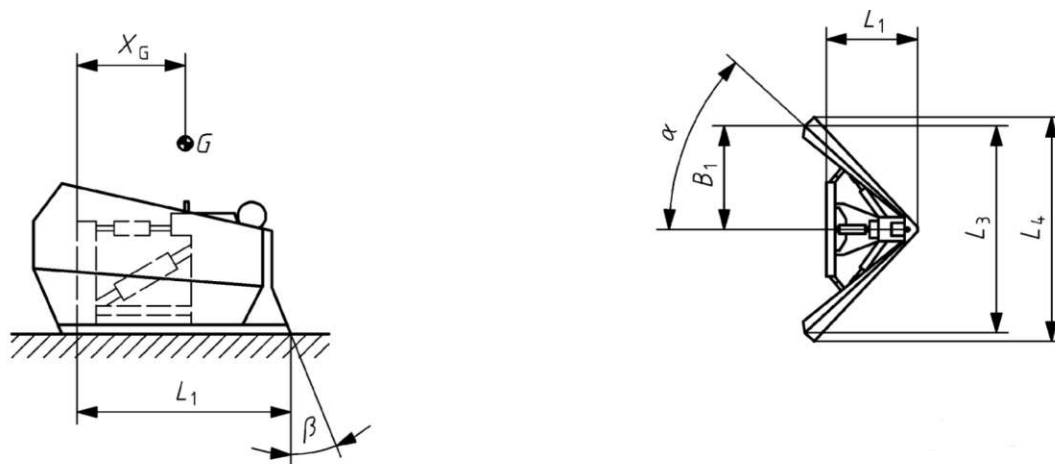


Abbildung 47: Definition des Räumwinkels nach DIN EN 15583-1

Da die Tellefsdal-Lösung das Spaltproblem löst, soll auch hier bei der Anbringung der Schürfleistensegmente eine Stufenform angewendet werden. Im Folgenden werden die geometrischen Verhältnisse qualitativ dargestellt, um zu veranschaulichen, worauf später bei der CAD-mäßigen Umsetzung zu achten ist. Der Kernpunkt ist, dass einerseits ein Spalt zwischen den Segmenten vorhanden sein muss, um ein kollisionsfreies Auslenken eines einzelnen Segments zu gewährleisten, andererseits aber in Fahrtrichtung und bei Kurvenfahrt eine Überdeckung der Segmente vonnöten ist, damit kein Schnee liegen bleibt. Weil die Federn auch tordiert werden können, ist seitlich ebenfalls ein Spalt vorzusehen. Der theoretische Räumwinkel α_{theor} , entlang dessen die Schürfleistenteile aufgefädelt werden, ist für die Praxis nur insofern interessant, als er vom bestehenden

Pflug vorgegeben wird und somit den Bauraum einschränkt. Für die Räumleistung selbst ist der effektive Räumwinkel α_{eff} relevant, der sich aus der Schiefstellung der einzelnen Blöcke ergibt. Aus Abbildung 48 ist klar ersichtlich, dass dieser effektive Räumwinkel von der Dicke D der Segmente, wie auch der Breite B und somit der Anzahl an Abschnitten abhängt. Diese beiden Parameter gilt es so zu kombinieren, dass mit geeigneten Sicherheitsabständen S bzw. S^* immer noch eine Überdeckung $\ddot{U}$ zustande kommt. Prinzipiell ist ein kleiner effektiver Räumwinkel anzustreben, da dann der Schnee zuverlässig zur Seite transportiert wird. Ein solcher Räumwinkel kommt aber nur dadurch zustande, dass die Segmente breit und/oder dünn sind. Sind sie breit, können insgesamt über die Schneepflugbreite weniger Segmente platziert werden, womit die Anpassung an die Spurrinnen bzw. Bombierung der Straße verringert wird. Sind sie dünn, so sind sie im Fall einer Gummigewebeleiste selbst sehr elastisch und weichen vielleicht zu sehr dem Schnee aus bzw. verschleißen wegen der erhöhten Flächenpressung bei gleicher Anpresskraft deutlich schneller.

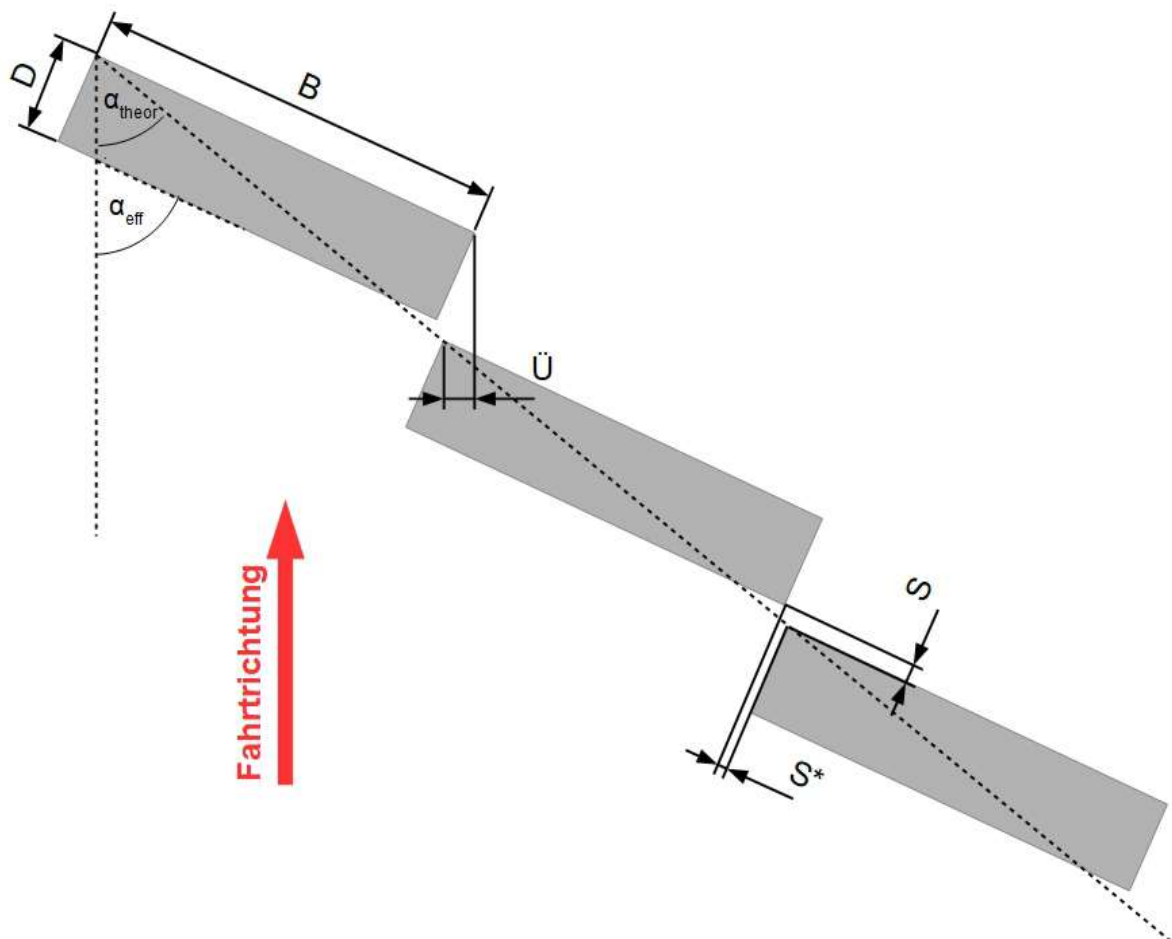


Abbildung 48: Geometrie der Stufenform

5.2 Abschätzung der Federdimension

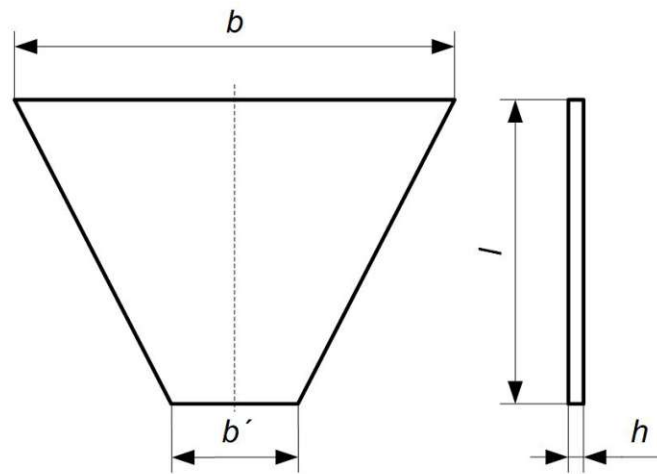


Abbildung 49: Trapezfeder - Bezeichnung der Abmaße

Nachstehende Überlegungen und Formeln inklusive Variablenkürzel gründen sich auf Roloff/Matek [49]. Da eine rechteckige Feder nicht zur Gänze den vorhandenen Werkstoff ausnutzt, wird hier eine Trapezfeder gewählt, die in diesem Punkt besser ist, siehe Abbildung 49. Diese hat den weiteren Vorteil, dass im Fall, dass eine für die Nachräumeleisten zu große Schneemenge diese erreicht, der Schnee teilweise durch die Freiräume zwischen den Federn hindurchfließen kann. An dieser Stelle wird lediglich eine Abschätzung der Federdimension durchgeführt, welche es später beim Prototyp noch zu testen gilt. Als Werkstoff wird vergüteter Federstahl 51CrV4 nach DIN EN 10089 [50] gewählt, welcher mit einem E-Modul von 206000 N/mm² und einer Zugfestigkeit von 1200 bis 1800 N/mm² angegeben wird. Für die Berechnung wird von einem mittleren Wert mit 1500 N/mm² ausgegangen, welcher mit der nachstehenden Formel die zulässige Biegespannung ergibt (vgl. TB 10-1 von [49]).

$$\sigma_{b\,zul} \approx 0,7 \cdot R_m = 0,7 \cdot 1500 = 1050 \frac{N}{mm^2} \quad (1)$$

$\sigma_{b\,zul}$ zulässige Biegespannung

R_m Zugfestigkeit

Die Breiten werden mit 180 mm auf der breiten Seite und mit 30 mm auf der schmalen Seite festgelegt. Für den Faktor zur Berücksichtigung der Bauform für die Ermittlung der Blattdicke ergibt sich daher auf fünf Nachkommastellen gerundet:

$$q_2 = \frac{2}{3} \cdot \left[\frac{3}{2 + \frac{b'}{b}} \right] = \frac{2}{3} \cdot \left[\frac{3}{2 + \frac{30}{180}} \right] = 0,92308 \quad (2)$$

q_2 Faktor zur Berücksichtigung der Bauform

b maximale Breite der Trapezfeder

b' Breite am freien Ende der Trapezfeder

Da die Nachraumsegmente in tieferliegenden Spurrinnen räumen sollen, ist eine gewisse Einfederung im Nennbetrieb, also bei ideal ebener Fläche, notwendig, welche hier mit 30 mm gewählt wurde. Zusätzlich zu diesem Federweg muss aber auch noch ein Hindernis von 50 mm Höhe ausgehalten werden. Obwohl diese 50 mm nicht allein von der Feder ausgeglichen werden, sondern auch durch die zunehmende Schiefstellung der Schürfleiste bei größer werdender Durchbiegung der Feder, sollen sie eine zusätzliche Sicherheit in die Formel bringen. Welches Ausmaß die Durchbiegung in Realität erreicht, lässt sich a priori nicht sagen, da zu viele Unbekannte, allen voran die Reibverhältnisse, eine genaue Aussage nicht zulassen. Auch der Abnutzungsgrad der Schürfleiste spielt hier eine Rolle. Letzten Endes muss die sich tatsächlich einstellende Durchbiegung getestet werden. Zusammen führt dies also zu einer theoretisch angenommenen Durchbiegung von 80 mm im schlimmsten Fall. Mit einer aufgrund des Bauraums gewählten Länge von 140 mm errechnet sich somit die Blattdicke zu:

$$h \leq q_2 \cdot \frac{l^2}{s} \cdot \frac{\sigma_{b\,zul}}{E} = 0,92308 \cdot \frac{140^2}{80} \cdot \frac{1050}{206000} = 1,15273 \text{ mm} \quad (3)$$

h Höhe bzw. Dicke der Feder

l Länge der Feder

E Elastizitätsmodul

s Federweg (Durchbiegung)

Die Blechdicke wird demzufolge zu 1 mm gewählt. Um ein Gefühl dafür zu bekommen, in welcher Größenordnung ein Gummisegment im Nennbetrieb belastet wird, wird die Federkraft ermittelt, wofür ein weiterer Faktor zur Berücksichtigung der Bauform benötigt wird, der sich folgendermaßen berechnet:

$$q_1 = 4 \cdot \left[\frac{3}{2 + \frac{b'}{b}} \right] = 4 \cdot \left[\frac{3}{2 + \frac{30}{180}} \right] = 5,53846 \quad (4)$$

q_1 Faktor zur Berücksichtigung der Bauform

Für die Federkraft F wird die Formel (10.8) in Roloff/Matek folgendermaßen umgestellt:

$$F = \frac{s_{nenn} \cdot b \cdot h_{gewählt}^3 \cdot E}{q_1 \cdot l^3} = \frac{30 \cdot 180 \cdot 1^3 \cdot 206000}{5,53846 \cdot 140^3} = 73,2 \text{ N} \quad (5)$$

Die Kraft einer einzelnen Feder ergibt sich somit gerundet zu 73,2 N. Im Nennbetrieb wirkt also diese Kraft, neben den Kräften zufolge der Reibung und der Schneemasse, auf ein Gummisegment, dessen Dimensionen später noch definiert werden, wofür die Visualisierung im CAD vorteilhaft ist. Obwohl in Roloff/Matek darauf hingewiesen wird, dass die obigen Gleichungen nur für kleinere Federwege gelten, was allerdings nicht quantifiziert wird, werden sie hier dennoch für die Grobauslegung herangezogen. An dieser Stelle ist anzumerken, dass die Trapezfeder nicht allein für das Ausweichen bei Hinderniskontakt verantwortlich ist, da das Gummisegment und dessen Umgebung ihren Teil zum Ausweichen beitragen, vergleiche dazu Abbildung 54.

5.3 Entwurf für Flötzinger

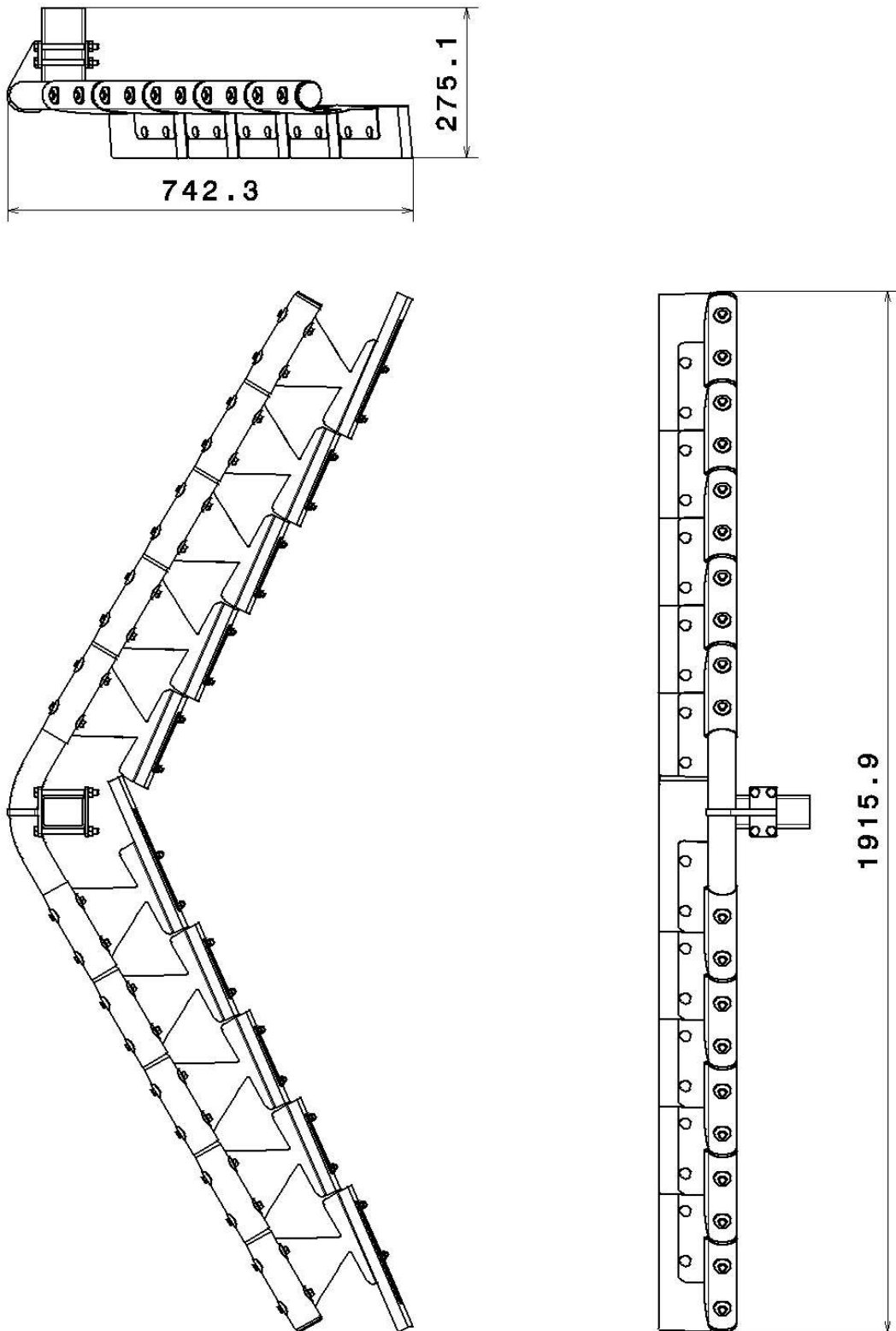


Abbildung 50: Flötzinger-Nachrüstung, 3 Ansichten

Abbildung 50 zeigt drei Ansichten der Nachräumeinheit für den Flötzinger. Sie wird an einem rechteckigen Hohlprofil (80 mm x 60 mm x 4 mm) nach DIN EN 10210-1 [51], das an den bestehenden Schneepflug angeschweißt wird, mittels einer Klemmplatte und vier M10x110 Schrauben nach ISO 4014 [52] mit M10 Muttern nach ISO 4032 [53] befestigt. Für die Verschraubung können auch andere, ähnliche Normen herangezogen werden. Da die Kräfte im Betrieb und beim Überfahren von Hindernissen nicht bekannt sind, ist eine Schraubendimensionierung schwierig. Prinzipiell ist eine hohe Schraubenvorspannung zu wählen, solange das Hohlprofil nicht nachgibt. Dies ist am besten im Vorfeld an einem Probestück zu testen. Für weniger Nachgiebigkeit im unteren Bereich des Hohlprofils ist dieses dort mit einer angeschweißten Platte verschlossen. Da alle in Abbildung 51 orange dargestellten Teile lackiert sind, ist es vielleicht nötig, Spannscheiben zu verwenden, um die Setzverluste infolge der höheren Anzahl an Trennfugen (jede Lackschicht wird vorsichtshalber als solche betrachtet) zu kompensieren. Spannscheiben wurden im CAD nicht dargestellt. Dies gilt auch für die anderen Verschraubungen an diesem System. Aufgrund der Kriechneigung von Kunststoffen, also auch Lackierungen, empfiehlt es sich, die Verschraubungen nach Erstmontage nochmals nachzuziehen. Bei der Verbindung der Federn mit dem Rohr (51 mm x 3,2 mm) nach DIN EN 10210-1 wurden M8x65 Schrauben nach ISO 4014 verwendet, welche geometriebedingt nur Querkräfte aufnehmen. Auch hier ist bei der Verschraubung im Vorfeld zu testen, ob das Rohr in Kombination mit der 1 mm dicken Feder nicht zu nachgiebig ist. Im Falle einer zu großen Nachgiebigkeit muss entweder die Wandstärke des Rohrs erhöht werden oder es sind Einschweißbuchsen bei den Durchgangsbohrungen vorzusehen. Für eine bessere Kraftverteilung werden Radienscheiben verwendet. Diese haben noch die zusätzliche Funktion, die Langlöcher für die Anstellwinkelverstellung an der Feder vor Salzwasser zu schützen, wie es in den Anforderungslisten gefordert wird.

In allen Abbildungen ist die Durchbiegung der Feder in Nennstellung dargestellt, d.h. wenn die Feder nicht belastet wird, ist der trapezförmige Abschnitt eben. Obwohl hier eine Trapezfeder vorliegt, wurde für die Generierung des Biegewinkels für die Umsetzung des Anstellwinkels davon ausgegangen, dass diese in guter Näherung kreisbogenförmig auslenkt, wie es eigentlich für eine Dreiecksfeder gilt. An der Schmalseite der Trapezfeder wird das Bauteil wieder breiter und soll so mehr Steifigkeit in diesen Bereich bringen. Dadurch soll erzielt werden, dass die gewünschten elastischen Verformungen hauptsächlich im Trapezabschnitt stattfinden. Dieser Abschnitt soll nie Hinderniskontakt haben, weshalb das Metall bei der Lasche, an der das Gummigewebe angebracht wird, so weit wie nötig nach unten gezogen wurde. Die Unterkante ist dann der Indikator, wann die Schürfleistensegmente zu wenden bzw. zu tauschen sind. Um ein Hängenbleiben an einem Hindernis zu verhindern, werden bei den 20 mm dicken Segmenten aus Gummi mit Gewebeeinlage M8x35 Flachrundschrauben nach DIN 603 [54] verwendet. Die Bilder

zeigen die Höhenposition am Hohlprofil, wenn beide Schürfleistenreihen neu sind. Es wurde darauf geachtet, dass beide Extremfälle, nämlich „Gummi neu – Stahl abgenutzt“ und „Gummi abgenutzt – Stahl neu“, vorhanden sein können. Dies führte zu einer Verstellmöglichkeit der Höhe von 90 mm.

Der Anstellwinkel hat einen Verstellbereich von ca. $\pm 11^\circ$. Es wurde ein negativer Anstellwinkel mit -5° in Nennposition gewählt, der das Rattern verhindern soll. Durch die Reibung im Betrieb und die Schneelast wird der Winkel noch weiter in den negativen Bereich wandern.

Bis auf die Federn, die Gummisegmente, Schrauben und Muttern wird für die Konstruktion als Werkstoff der gängige S355J2+N vorgeschlagen, womit dem Wunsch nach leicht verfügbarem Material aus der Anforderungsliste nachgekommen wird.

Für die Mitte eines Keilpfluges wurde ein Gummisegment asymmetrisch nach vorne gezogen, wodurch der Spalt in der Mitte geschlossen wird. Bei einem zentralen Treffer wird dies zu einem Ausweichen von zwei Federn führen. Auch am Rand wurden die beiden Gummisegmente verlängert, um ungefähr mit der Breite des Rohres abzuschließen. Deshalb sind auch die Beilagleisten am Gummi verlängert worden, um die Verformung des elastischen Materials ein wenig einzugrenzen. Da beim Rohr in einem umgeformten Bereich der Bauteil für die Klemmung angeschweißt wird, ist in der Praxis zu überprüfen, ob Reckalterung im vorliegenden Fall eine Rolle spielt. Falls dies zutrifft, muss vor dem Schweißen der Stahl normalgeglüht werden.

Mit den in Catia V5 hinterlegten Dichten für Gummi (910 kg/m^3) und für Stahl (7860 kg/m^3) wird vom CAD-Programm eine Gesamtmasse von 20,889 kg errechnet. Unberücksichtigt dabei sind die Massen des Lacks und der Schweißnähte. Somit könnte es sich mit der Reserve der Vorderachse knapp ausgehen, in Anbetracht der Tatsache, dass der Schwerpunkt der Nachräumeinrichtung vor der Vorderachse liegt. Es ist allerdings später beim Prototyp nachzumessen, ob die maximal zulässige Achslast wirklich eingehalten wird oder ob man weniger Salz tankt bzw. auf den Beifahrer verzichtet. Das Hohlprofil, an dem der Stützfuß befestigt ist, muss eventuell verlängert werden, um eine Kollision mit der neuen Zusatzausrüstung zu vermeiden.

Ein Vorteil des neuen Systems besteht darin, dass keine Schmierung benötigt wird. Auf die Zugänglichkeit zu den Schmiernippeln des bestehenden Systems wurde bei der Konstruktion geachtet. Durch die Koppelung von seitlicher Segmentierung, elastischem Schürfleistenmaterial und der Tatsache, dass die Federn eine leichte Torsion zulassen,

sollte mit dem vorliegenden Entwurf eine optimale Anpassung an die Fahrbahnoberfläche erreicht werden.

Abbildung 51 zeigt eine isometrische Ansicht der Nachrüstung, wobei der geforderte, orange Anstrich deutlich wird. Man sieht, dass das Rohr an den Enden verschlossen ist, um eine Ansammlung von Salzwasser zu verhindern.

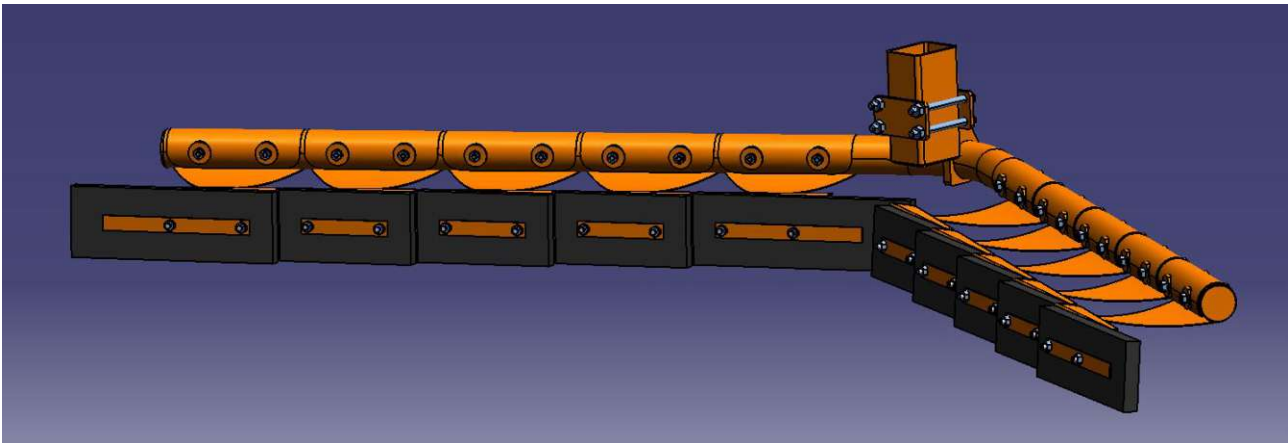


Abbildung 51: Flötzinger: Isometrische Ansicht

Abbildung 52 zeigt die Klemmung in einer Detailansicht. Dabei ist das günstige Klemmlängenverhältnis ersichtlich, womit der Einfluss des Setzeffekts verringert wird. Das Rohr wird gebogen und durch das Blech gesteckt. Danach soll beidseitig eine Kehlnaht angebracht werden. Diese Schweißnaht ist im Bild nicht ersichtlich, ebenso ist der für das Durchstecken notwendige größere Bohrungsdurchmesser nicht im 3D dargestellt.

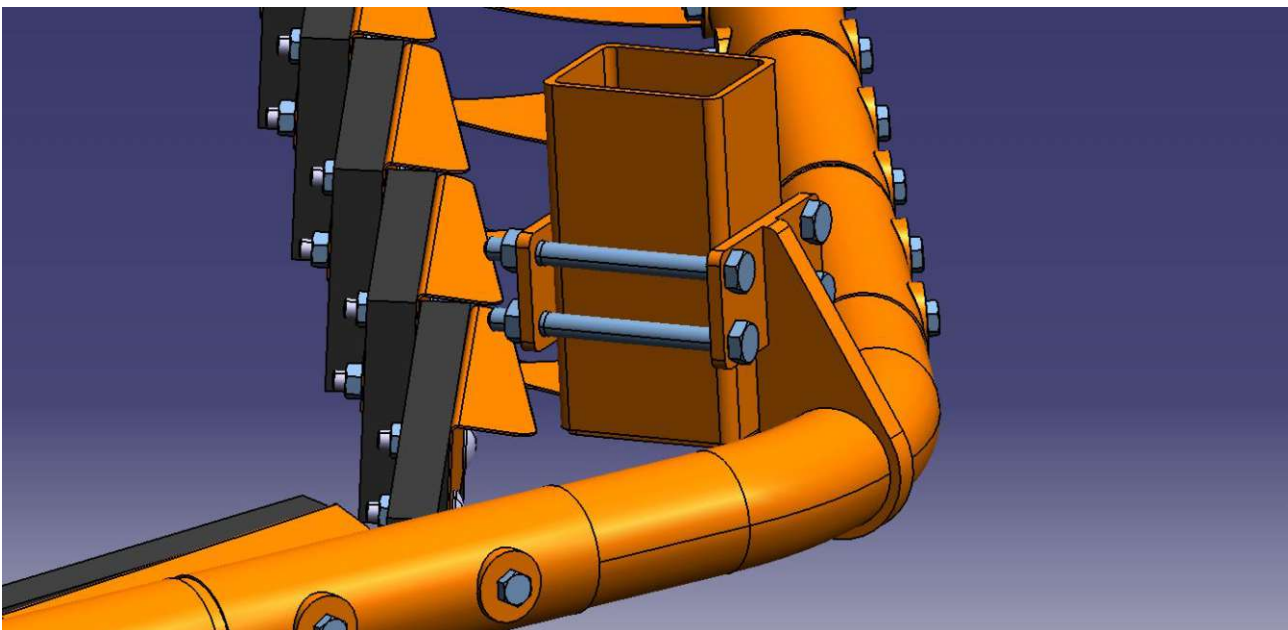


Abbildung 52: Flötzinger: Detail Klemmung

Abbildung 53 zeigt den Blechzuschnitt der Feder vor den Umformprozessen. In der Mitte ist der trapezförmige Abschnitt, welcher die eigentliche Blattfeder darstellt. Um keine scharfen Kerben zu generieren, wurde am Übergang zum Abschnitt, an dem das Gummisegment befestigt wird, eine Verrundung vorgesehen. Die Biegelinie, welche unter anderem für den effektiven Räumwinkel sorgt, ist hier klar ersichtlich.

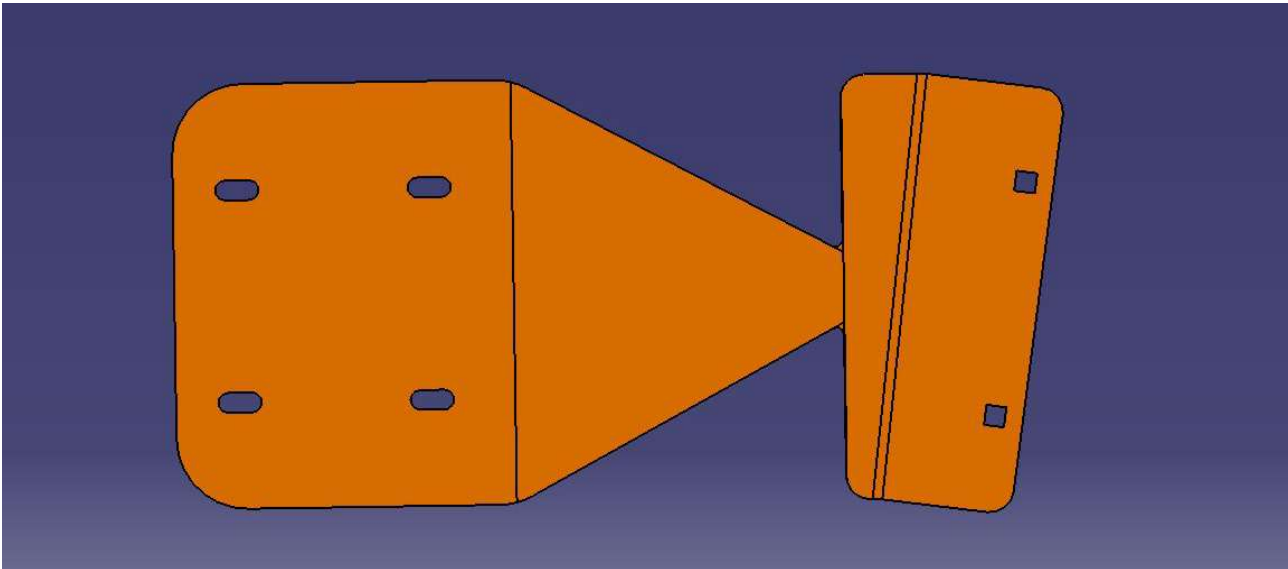


Abbildung 53: Feder, abgewinkelte Ansicht

Abbildung 54 zeigt die umgeformte Feder, wobei die Krümmung im Trapezabschnitt von der Durchbiegung im Betrieb und nicht von der Fertigung kommt. Hier wird auch die Verstellmöglichkeit des Anstellwinkels über die Langlöcher klar, welche später von den Radienscheiben erfolgreich verschlossen werden.

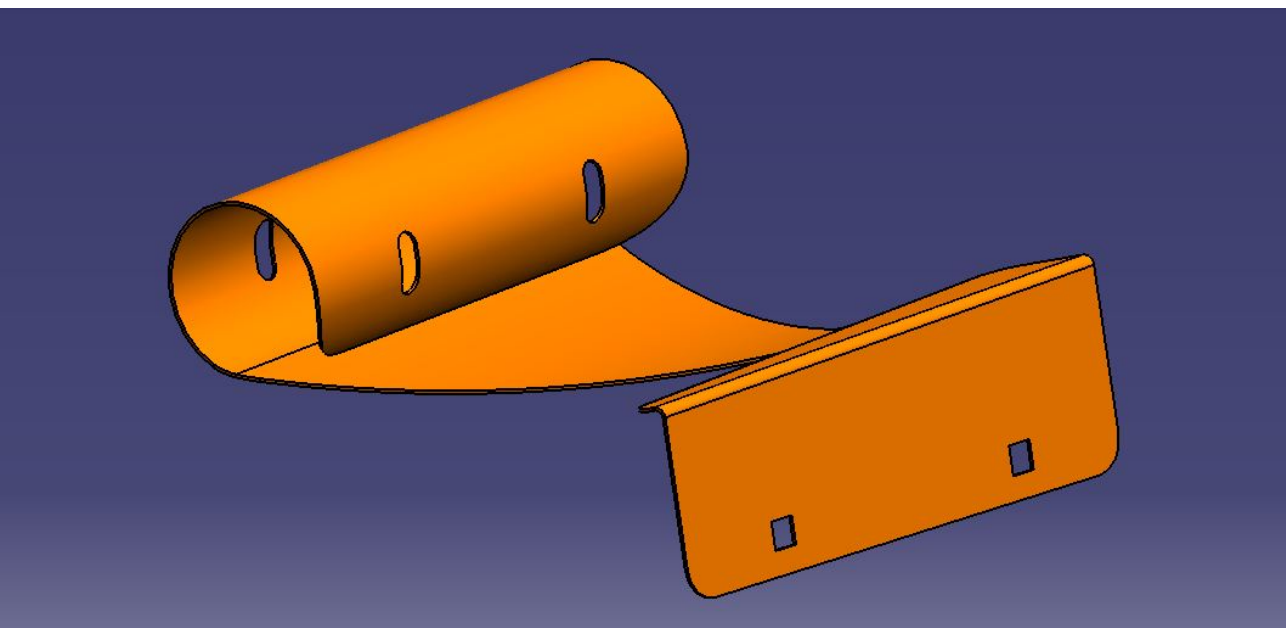


Abbildung 54: Feder, gefertigt (mit Durchbiegung der Nominalposition dargestellt)

In den Abbildungen 55 und 56 wird der bestehende Flötzinger als Dummy dargestellt, der den möglichen Bauraum festlegt. Gezeigt wird nur eine Scharhälfte. Für die Gewinnung der Abmessungen wurde der Schneepflug von Hand vermessen.

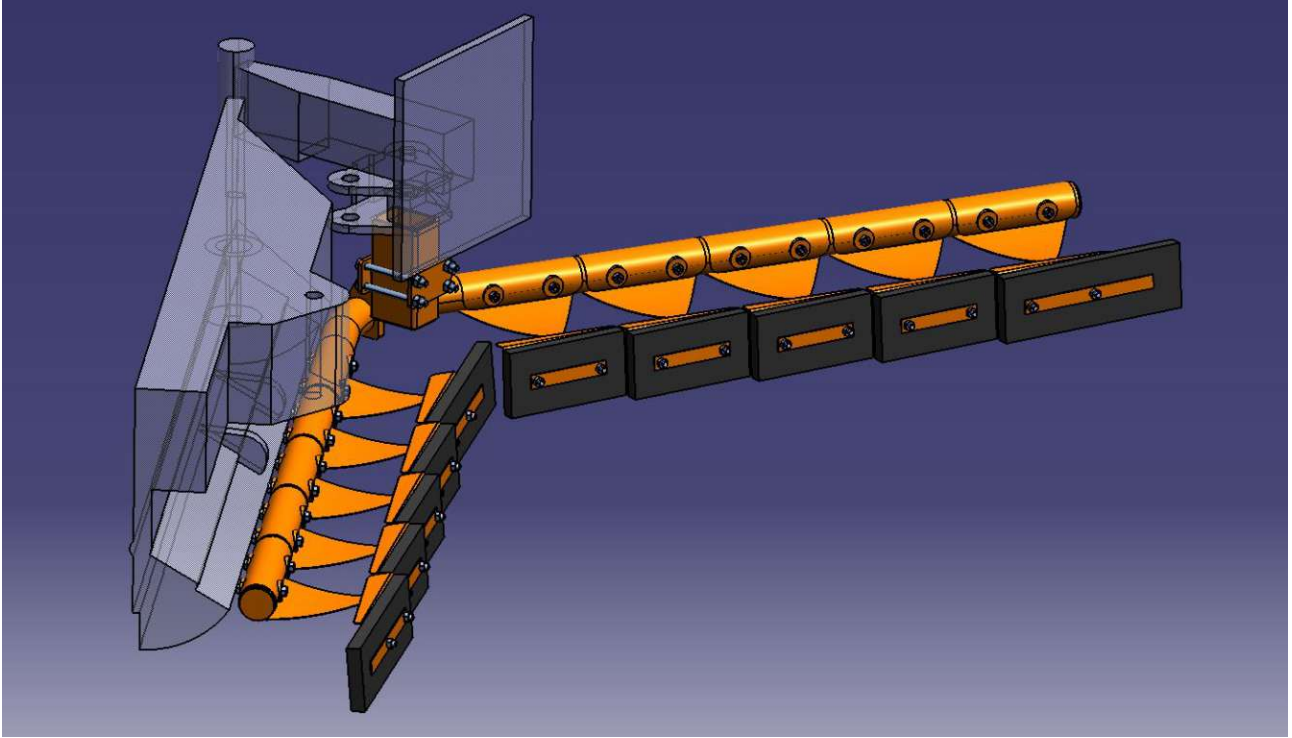


Abbildung 55: Flötzinger: Bauraum-Dummy

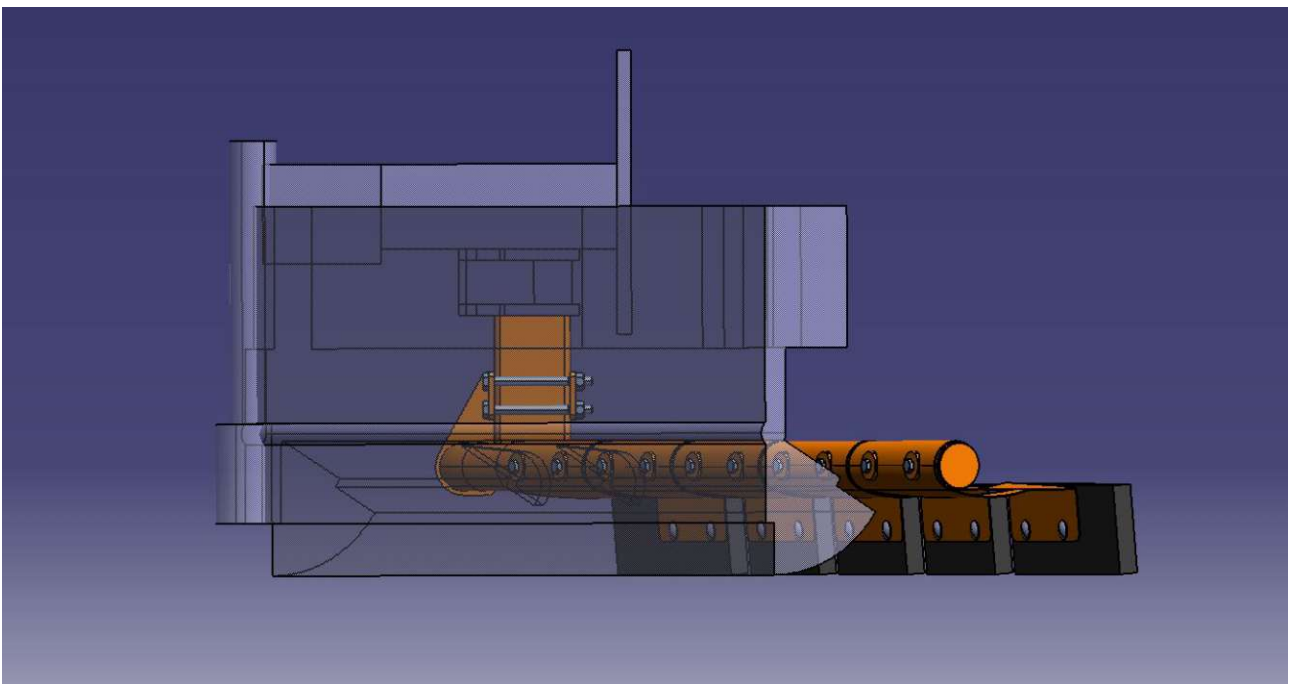


Abbildung 56: Flötzinger: Bauraum-Dummy Seitenansicht

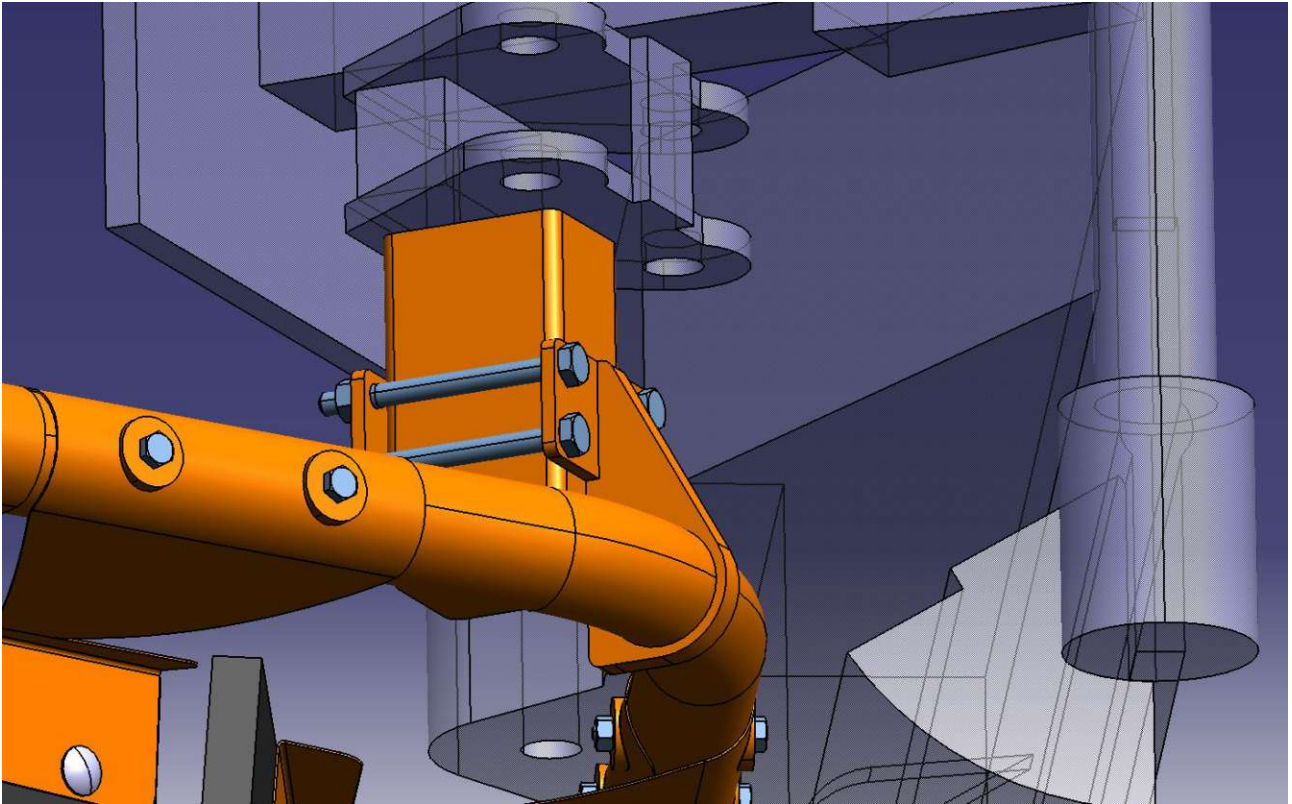


Abbildung 57: Flötzinger: Detail der Anbindeposition

Die Abbildungen 57 und 58 zeigen die Position, wo das Hohlprofil angeschweißt werden soll, einmal im 3D-Modell und einmal am realen Flötzinger.



Abbildung 58: Flötzinger: Reale Anbindeposition

5.4 Entwurf für Eco Technologies

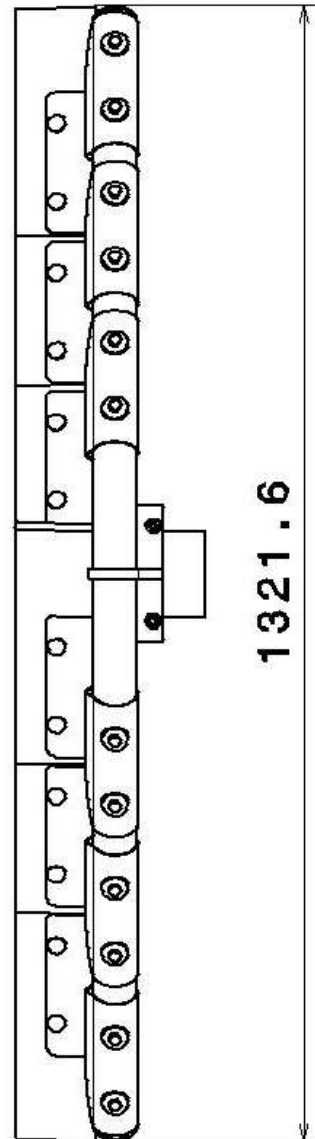
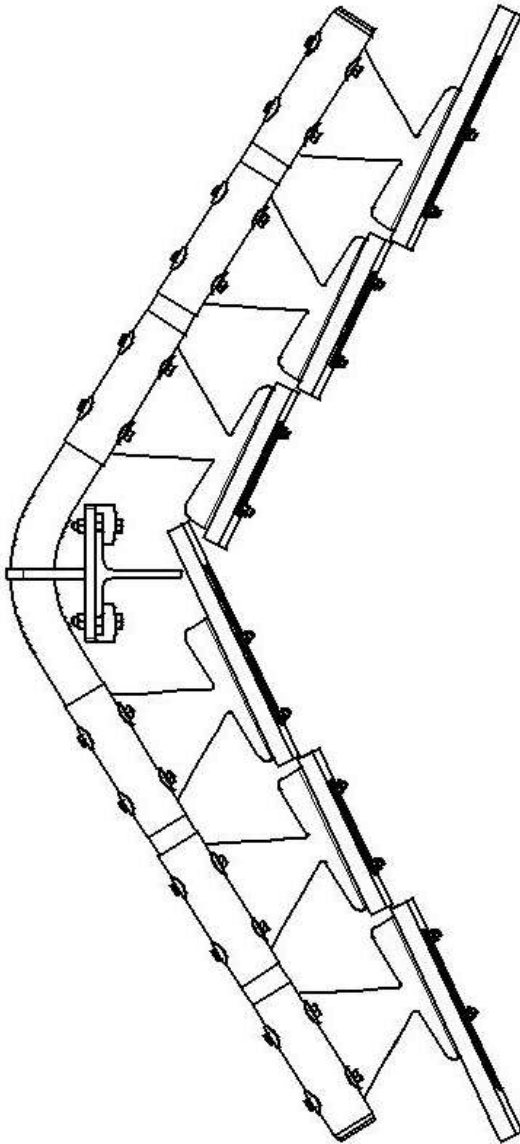
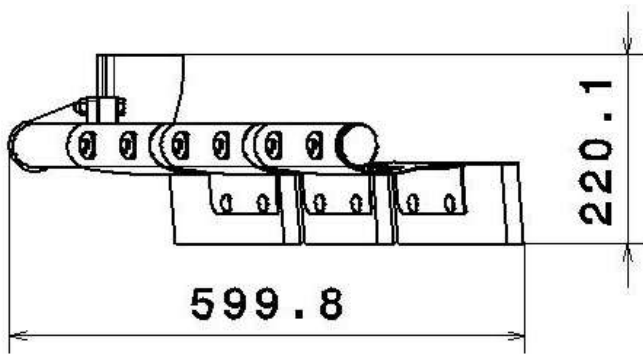


Abbildung 59: Eco-Nachrüstung, 3 Ansichten

Bei der Nachrüstung für den Eco konnte idealerweise dieselbe Feder verwendet werden. Lediglich die Anzahl wurde aufgrund der geringeren Breite reduziert. Wegen der anderen Bauraumsituation wurde ein T-Profil nach DIN EN 10055 (T 100 mm x 100 mm) [55] zum Anklemmen verwendet, da ein Hohlprofil wie beim Flötzinger nicht möglich war. Weil bei diesem Trägerfahrzeug die zusätzliche Belastung auf die Vorderachse nicht so kritisch ist, konnte das Rohr mit einer größeren Wandstärke ausgestattet werden (51 mm x 4 mm). Die Nachrüstung wiegt laut CAD 17,268 kg und stellt somit für die Achslasten unter Berücksichtigung des geringeren Achsabstands kein Problem dar. Auch hier wurde der Bauraum handvermessen (siehe Abbildung 62) und da die Anbindung in der Nähe eines umgeformten Bereichs angebracht werden soll, ist auch hier zu prüfen, ob Reckalterung eine Rolle spielt. Beim Bauraum-Dummy wurde hier ebenfalls nur eine Scharhälfte dargestellt.

Die Befestigungsmöglichkeit für die Gleitteller, die für eine Schwarzräumung ohnehin nicht verwendet werden, ist zu entfernen (siehe Abbildung 4), damit die Nachrüstung angebracht werden kann.

Abbildung 60 zeigt eine isometrische Ansicht der gesamten Nachrüstung für den Schneepflug von Eco Technologies.

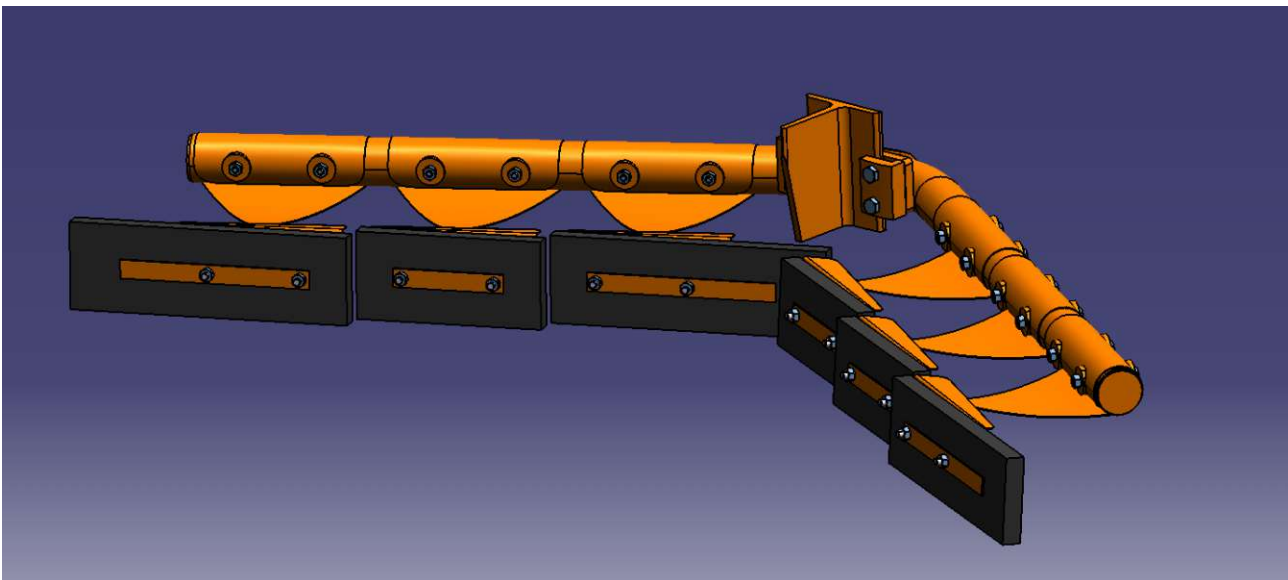


Abbildung 60: Eco: Isometrische Ansicht

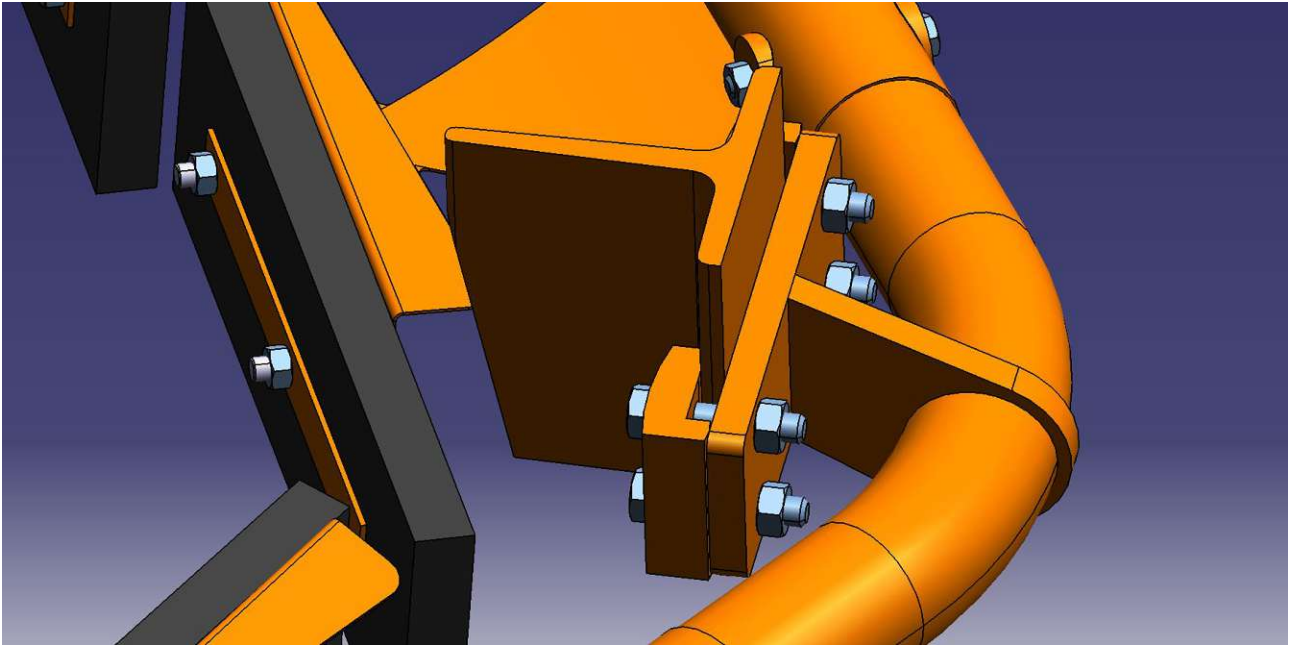


Abbildung 61: Eco: Detail Klemmung

Abbildung 61 zeigt die Klemmpratzen, welche von den Schrauben an das T-Profil gedrückt werden. Dieses ist im unteren bzw. hinteren Bereich angeschrägt, um ein problemloses Ausweichen des Gummisegments zu gewährleisten.

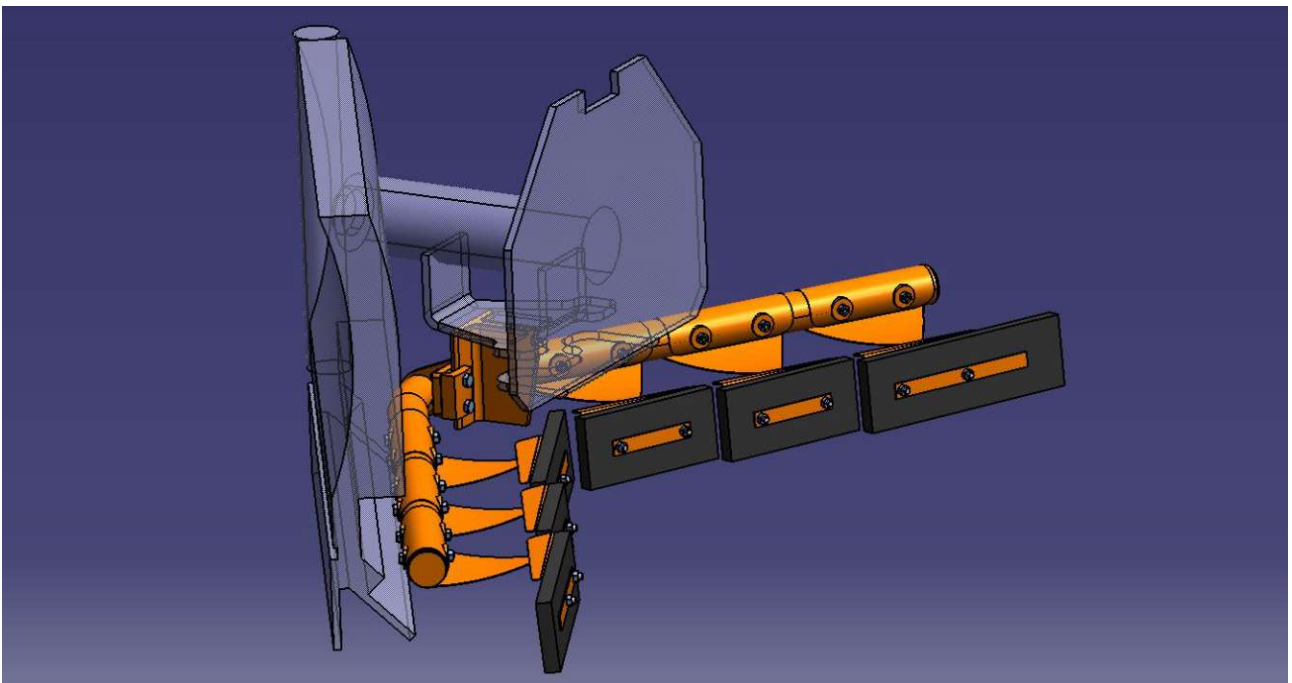


Abbildung 62: Eco: Bauraum-Dummy

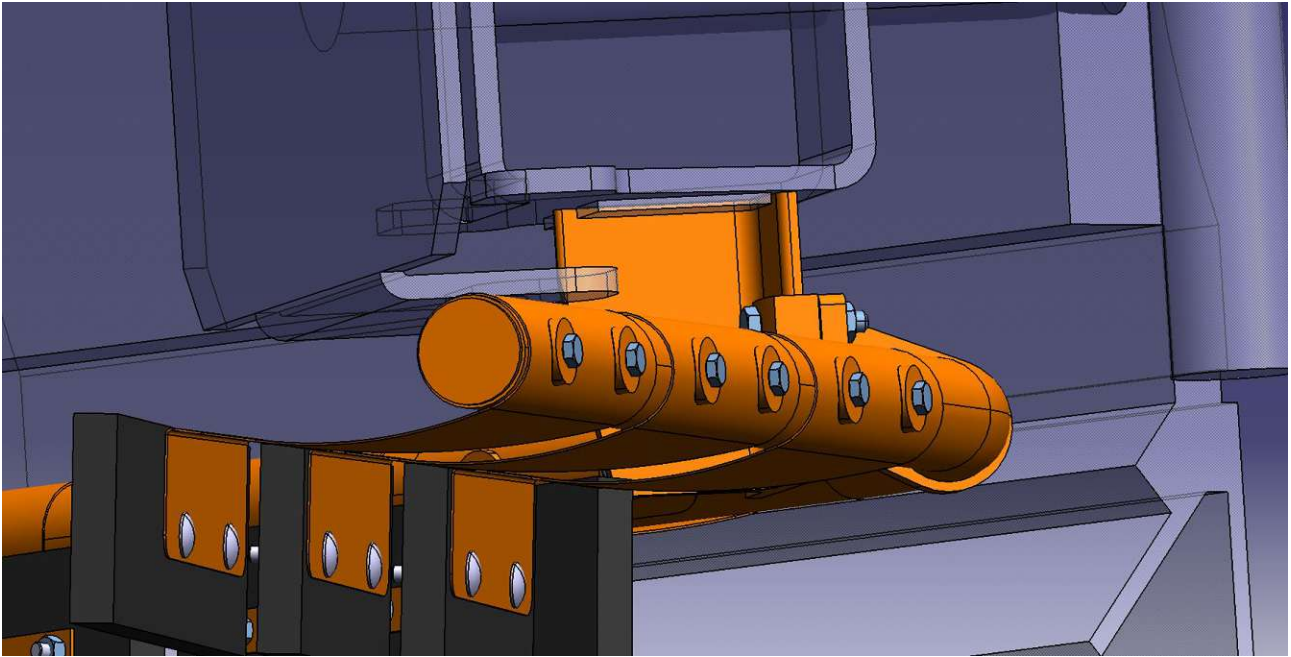


Abbildung 63: Eco: Anbindeposition

Die Abbildungen 63 und 64 zeigen die Anschweißstelle für das T-Profil.



Abbildung 64: Eco: Reale Anbindeposition

6 Zusammenfassung und Ausblick

Am Beginn dieser Arbeit stand der Wunsch der MA 48, die Räumleistung der beiden Schneepflugtypen Flötzinger DKV-A und Eco Technologies EPV-3 zu verbessern. Anlass dafür waren die positiven Erfahrungen, die in der Ausübung des Winterdienstes mit dem Nachräumklavier von Springer gemacht wurden. Da ein Trägerfahrzeugtyp für den Flötzinger bezüglich der Achslasten vom Soletank-Hersteller schon ausgereizt war, war es anfangs fraglich, ob es überhaupt eine Möglichkeit gibt, beim Räumen weniger Schnee liegen zu lassen und so den Salzbedarf zu reduzieren.

Der Stand der Technik wurde mittels Internet-, Patent-, und Literaturrecherche erforscht und ausgewählte Lösungen zu den einzelnen Funktionen wurden gezeigt. Besonders hervorzuheben sind dabei die beiden Lösungen, welche in Kombination ihren Weg in den späteren Entwurf gefunden haben. Dies ist einerseits die Tellefsdal-Lösung (Abbildungen 28 und 29), welche das Spalt-Problem (Kapitel 4.2.2) durch ihre Stufenform löst. Andererseits ist es die Beilhack-Lösung (Abb. 30), welche durch ihre Matschleiste, die an waagrechten, elastischen Lenkern angebracht ist, ihren Beitrag zur Lösungsfindung geleistet hat.

In einem Interview mit der MA 48 wurden die Forderungen und Wünsche an die Endprodukte festgehalten und in den Anforderungslisten nach den Hauptmerkmalen geordnet aufgelistet.

Die Bedienungsanleitung des Flötzingers wurde für eine Funktionsanalyse herangezogen, um sich über die benötigten Teilfunktionen klar zu werden. Für eine systematische Vorgehensweise bei der Konzeptfindung wurde ein morphologischer Kasten erstellt, um einen für die Anforderungen optimalen Schneepflug konzipieren zu können. Durch Ausscheiden und Bevorzugen, wobei besonders einfache bzw. bewährte Lösungen übrigblieben, wurde auf diese Weise ein optimales Konzept gefunden. Es zeigte sich, dass speziell der Flötzinger nicht weit von diesem entfernt war, lediglich die Nachräumeinrichtung und die Verstellspindel im Oberlenker des Hubparallelogramms fehlten. Als Alternativkonzept wurde ein Zwischenachspflug angedacht.

Beim Entwerfen entstand eine keilförmige Nachräumeinheit, welche in der Höhe durch Klemmung verstellbar ist und so auch den Anpressdruck variieren kann. Als Überfahrsicherung dienen Trapezfedern, welche ähnlich einer waagrecht angeordneten Knickleiste fungieren. Der Anstellwinkel kann durch die Langlöcher verstellt werden. Für die neuralgische Mitte wurde eine asymmetrische Anordnung der Schürfleistensegmente

gewählt. Alle Schürfleistensegmente der Nachräumeinrichtung bestehen aus Gummi mit Gewebeeinlagen. Die seitliche Segmentierung, also die Mehrscharigkeit, zusammen mit der Möglichkeit die Federn leicht zu tordieren sowie das elastische Schürfleistenmaterial führen in der gewählten Stufenform, bei der in Fahrtrichtung kein Spalt auftritt, zu einer optimalen Anpassung an Unebenheiten des Straßenprofils.

Dies ist der erste Entwurf, dessen Prototyp in der Wintersaison 2020/21 getestet werden soll. Vermutlich werden noch weitere Iterationen in der Entwicklung dieses Produkts nötig sein, um das Optimum aus der Konstruktion herauszuholen. Es besteht die begründete Hoffnung, dass mit dem Ergebnis dieser Arbeit der Salzverbrauch stark reduziert werden kann, damit auf diese Weise ein Beitrag geleistet wird für eine bessere Umwelt, für eine bessere Zukunft.

7 Glossar

Trotz dieser nachfolgenden, genormten Nomenklatur werden die Begriffe von Herstellern oft anders verwendet. So wird der hier bezeichnete Kombinations-Schneepflug auch als Variopflug/V-Pflug oder fälschlicherweise nur als Keilpflug betitelt. Als Synonyme für die Gleitschuhe sind am Markt auch Gleitkufen und Gleitteller gebräuchlich. Weiters wird die Schürfleiste oft auch Räumleiste genannt.

Anpressdruck

auf die Verkehrsfläche aufgebrachtes Gewicht beim Anpressen eines Schneepfluges

Anpressen

Übertragen eines Teils des Fahrzeuggewichts über den Schneepflug auf die Verkehrsfläche

Anstellwinkel

Winkel zwischen den Schürfleisten und der Senkrechten zur Verkehrsfläche

Durchfahrtsbreite

maximale Breite zwischen den äußersten rechten und linken Punkten eines Fahrzeugs mit Schneeräummaschine; minimale Breite, die erforderlich ist für die Durchfahrt eines Fahrzeugs mit Schneeräummaschine

Einseitpflug

Schneepflug, der den Schnee zu einer Seite räumt (links oder rechts)

Entlasten

Übertragen eines Teils des Schneepfluggewichts auf das Fahrzeug

Frontschneepflug

an die Front eines Fahrzeuges angebauter Schneepflug

Gleitschuhe

gleitende Abstützung einer Schneeräummaschine auf der Verkehrsfläche während des Räumens

Keilschneepflug

Schneepflug, der den Schnee gleichzeitig zu beiden Seiten räumt (links und rechts)

Kombinations-Schneepflug

Keilpflug, der zu einem Einseitpflug umgestellt werden kann

Laufräder

rollende Abstützung einer Schneeräummaschine auf der Verkehrsfläche während des Räumens

Pflugschar

Teil eines Schneepfluges, das den Schnee von der Verkehrsfläche erfasst und abwirft

Räumbreite

Breite des in einem Arbeitsgang geräumten Streifens der Verkehrsfläche

Räumhöhe

Schneehöhe, die maximal in einem Durchgang geräumt werden kann

Räumleistung

geräumte Schneemenge je Stunde (in Tonnen je Stunde angegeben)

Räumwinkel

Winkel zwischen dem Schneepflug in Arbeitsposition und der Senkrechten zur Fahrtrichtung

Schneebesen

Maschine zum Schneeräumen mit rotierendem Besen

Schneefräse

Maschine zum Schneeräumen mit rotierenden Werkzeugen, deren Drehachsen waagerecht und rechtwinklig zur Fahrzeuglängsachse liegen

Schneepflug

Maschine, mit der Schnee von der Verkehrsfläche zur Seite geschoben wird

Schneepflugverbreiterung

Ausfahren oder Ausklappen eines zusätzlichen Pflugsegmentes zur Vergrößerung der Räumbreite

Schnees Schleuder

Maschine zum Schneeräumen mit rotierenden Werkzeugen, deren Drehachsen parallel zur Fahrzeuglängsachse liegen

Schneestaubschutz (Schneeleitschirm)

Einrichtung, die bei Schneepflügen gezielt den aufgewirbelten Schnee zur Seite leitet

Schneewall (Randwall)

beim Räumvorgang am Rand abgelagerte Anhäufung von Schnee

Schürfleisten

Verschleißteile, die beim Schneeräumen mit der Verkehrsfläche in Berührung sind

Schwenkenschwimmstellung

druckloser Zustand bei hydraulischer Seitenumstellung

Schwimmstellung

Führen des Schneepfluges mit seinem Eigengewicht auf der Verkehrsfläche

Seitenabweiser

an einer Schneeräummaschine seitlich an den Extrempunkten angebrachte Verschleißteile

Seitenschneepflug

seitlich an einem Fahrzeug angebauter Schneepflug

Seitenumstellung

Veränderung der Räumrichtung einer Schneeräummaschine

Triaxialpflug

Schneepflug mit unabhängig voneinander nach vorne oder hinten drehbaren Segmenten

Überfahrsicherung (Anfahrsicherung)

Einrichtung, die das Anfahren von Hindernissen durch einen Schneepflug ohne Schaden an der Maschine zulässt

Wechselschürfleisten-Schneepflug

Schneepflug mit zwei Schürfleisten, die während des Einsatzes gewechselt werden können

Wurfweite (Schnee-Wurfweite)

waagerechter Abstand zwischen der Achse des Räumfahrzeugs und der Mitte des Randwalls des geräumten Schnees

8 Quellenverzeichnis

Anm.: Das Datum zeigt den letzten Zugriff an.

- [1] https://www.hfl.co.at/site/assets/files/2074/vs-l_steuerungsvarianten_1920x1020.png 07.01.2020
- [2] DIN EN 15144 „Winterdienstsausrüstung – Terminologie – Begriffe zum Winterdienst“; September 2007
- [3] VDI 2221, Methodik zum Entwickeln und Konstruieren technischer Systeme und Produkte, Mai 1993
- [4] Pahl, Gerhard; Beitz, Wolfgang; Feldhusen, Jörg; Grote, Karl-Heinrich: Konstruktionslehre, Grundlagen erfolgreicher Produktentwicklung, Methoden und Anwendung, 6. Auflage, Springer Berlin Heidelberg New York
- [5] Technische Dokumentation Vario-Schneepflug Typ: „DK-SA/DKV-A“; Hersteller Flötzinger
- [6] http://www.ecotech.at/var/ezwebin_site/storage/images/media/images/federklappen_mechanismus/17246-1-ger-DE/Federklappen_mechanismus.png 22.09.2019
- [7] https://www.springer-kommunal.at/media/art/4/IMG_7046.jpg 14.09.2019
- [8] https://winter.buchermunicipal.com/sites/winter/files/image_text_images/13%20%C3%BCberfahrssystem_1.PNG 22.09.2019
- [9] http://www.mueller-roggwil.ch/images/skizze_schaufel_sauber_small.jpg 26.08.2019
- [10] <https://henkemfg.com/wp-content/uploads/2016/11/V10-LP-02.jpg> 24.08.2019
- [11] https://www.gorenc.si/wp-content/uploads/2016/01/plug_header1.jpg 19.11.2019
- [12] https://rasco.hr/wp-content/uploads/vertus_galerija_12.jpg 24.08.2019
- [13] https://holms.com/wp-content/uploads/2018/08/floatarm_sn%c3%b6plog_illustration_1920_1080.jpg 24.08.2019
- [14] Patent EP2762641B1: „V-form snow plough“ von Riko Ekos
- [15] https://www.hauer-metall-technik.at/site/assets/files/1106/fm-4200_vonhinten_gespiegelt.1440x0.png 14.09.2019
- [16] <https://www.hauer-metall-technik.at/site/assets/files/1107/schema-moves-einzeln3.1440x0.png> 14.09.2019
- [17] <https://www.hfl.co.at/produkte/schneepfluge/vs-l-serie/> 08.12.2019

- [18] <https://media.traktorpool.com/0302/3750302/21549035/3750302-21549035.jpg>
16.07.2019
- [19] https://www.bauhof-online.de/uploads/RTEmagicC_02-09-10-hydrac1.jpg.jpg
14.09.2019
- [20] Patent DE102011015245A1: „Schneepflug“ von Hydrac-Pühringer GmbH & Co. KG
- [21] [https://www.hydrac.com/produkte/fronthydraulik-frontzapfwelle/uebersicht/?tx_products_pi1\[article\]=294&tx_products_pi1\[category\]=9&tx_products_pi1\[action\]=show&tx_products_pi1\[controller\]=Article&cHash=01129ca9f688d60c367db7117f13eda9](https://www.hydrac.com/produkte/fronthydraulik-frontzapfwelle/uebersicht/?tx_products_pi1[article]=294&tx_products_pi1[category]=9&tx_products_pi1[action]=show&tx_products_pi1[controller]=Article&cHash=01129ca9f688d60c367db7117f13eda9) 22.11.2019
- [22] https://www.bauhof-online.de/uploads/RTEmagicC_02-09-10-hydrac2.jpg.jpg
22.09.2019
- [23] <https://us.snowplowsonline.com/wp-content/uploads/2017/11/DK2-82-SNOW-PLOW-1.jpg> 22.09.2019
- [24] <https://www.snowbear.com/userContent/documents/263-349%20R518.pdf>
22.09.2019
- [25] https://www.springer-kommunal.at/media/art/58/IMG_1597.JPG 22.09.2019
- [26] https://www.springer-kommunal.at/media/art/4/Titelbild_auswurfsperr.jpg
22.09.2019
- [27] <https://www.zaugg-ag.ch/cms/upload/imgfile844.jpg> 22.09.2019
- [28] https://www.bauhof-online.de/fileadmin/news_import/13-05-13-_IGP3818.jpg
22.09.2019
- [29] <https://i.ebayimg.com/images/g/1zUAAOSwA7dbj3VO/s-l1600.jpg> 04.10.2019
- [30] https://www.hfl.co.at/site/assets/files/2058/srs_schwingrollensystem_800245_1920x490.png 24.09.2019
- [31] https://www.lufft.com/blog/app/uploads/2015/12/3_Snow-plow-with-innovative-blade-system.jpg 14.09.2019
- [32] <https://www.nrk.no/vestfold/mindre-veisalting-1.12664284> 05.10.2019
- [33] <https://www.fisherplows.com/products/hdx/> 23.11.2019
- [34] <https://www.kuepergermany.com/raeumleisten/raeumleisten/> 02.12.2019

- [35] <http://www.kahlbacher.com/shop/index.php/virtuemart/ersatzteile-zubehoer/schneepfl%C3%BCge/praxos-1/klemmpratze-20mm-detail.html>
29.11.2019
- [36] Ahlbrecht, Heinz; Croce, Karl; Kohler, Anton: Handbuch für den Straßenwinterdienst, Kirschbaum Verlag Bonn-Bad Godesberg, 1978
- [37] Patent DE2508768B1: „Schneepflug mit einer hinter der Räumleiste nachlaufenden Matschleiste“ von Martin Beilhack Maschinenfabrik und Hammerwerk GmbH
- [38] Patent DE4204109A1: „Schneepflug“ von Beilhack-Süd Vertriebs GmbH
- [39] Patent EP0656086B1: „Schneepflug“ von Zaugg AG Eggwil
- [40] Patent DE881200 (C): „Schneepflug“ von Josef Peitl
- [41] Patent EP2495368A1: „Schneepflug mit Nachräumeinrichtung“ von Springer Kommunaltechnik GmbH
- [42] Patent EP1247906A2: „Schneepflug mit einer aus mehreren Scharsegmenten bestehenden Pflugschar“ von Anton Kahlbacher
- [43] https://www.springer-kommunal.at/produkte/detail~a-24--NACHRa_UMKLAVIER
30.09.2019
- [44] DIN EN 15583-1 „Winterdienstausrüstung – Schneepflüge – Teil 1: Produktbeschreibung und Anforderungen“; September 2009
- [45] DIN EN 15432-1 „Winterdienst- und Straßenbetriebsdienstausstattung – Frontanbauausstattungen – Teil 1 : Feste Frontanbauplatten“; Oktober 2011
- [46] DIN EN 13021 „Maschinen für den Winterdienst — Sicherheitsanforderungen“; April 2009
- [47] https://www.springer-kommunal.at/media/art/4/IMG_2160.jpg 14.09.2019
- [48] https://www.baumaschinendienst.de/wp-content/uploads/2019/03/04_19_050_johndeere_grader672gp-fr.jpg 15.01.2020
- [49] Wittel, Herbert; Muhs, Dieter; Jannasch, Dieter; Voßiek, Joachim: Roloff/Matek Maschinenelemente, 22.Auflage, Springer Vieweg, 2015
- [50] DIN EN 10089 „Warmgewalzte Stähle für vergütbare Federn – Technische Lieferbedingungen“; April 2003
- [51] DIN EN 10210-1 „Warmgefertigte Hohlprofile für den Stahlbau aus unlegierten Baustählen und aus Feinkornbaustählen – Teil 1: Technische Lieferbedingungen“; Juli 2006

- [52] ISO 4014 „Sechskantschrauben mit Schaft – Produktklassen A und B“; März 2011
- [53] ISO 4032 „Sechskantmuttern, Typ1 – Produktklassen A und B“; Dezember 2012
- [54] DIN 603 „Flachrundsrauben mit Vierkantansatz“; Mai 2017
- [55] DIN EN 10055 „Warmgewalzter gleichschenkliger T-Stahl mit gerundeten Kanten und Übergängen – Maße, Grenzabmaße und Formtoleranzen“; Dezember 1995

9 Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Betriebsmodi eines Vario-Pfluges [1]	1
Abbildung 2: Flötzingler DKV-A im Einseitmodus.....	4
Abbildung 3: Drehklappen [5].....	4
Abbildung 4: Eco Technologies EPV-3.....	5
Abbildung 5: Ausweichmechanismus des Eco-Pfluges [6].....	6
Abbildung 6: Springer SHD mit Nachräumklavier.....	7
Abbildung 7: Nachräumklavier Funktionsdemonstration [7].....	7
Abbildung 8: Bucher Irox – Überfahrerschutz [8].....	8
Abbildung 9: Schwinglenker [9].....	9
Abbildung 10: Keilpflug [10].....	9
Abbildung 11: Gorenc Planer [11].....	10
Abbildung 12: Rasco Vertus [12].....	10
Abbildung 13: „Floatarm“ von Holms Industri AB [13].....	11
Abbildung 14: Hauer Flügel-Multischieber [15].....	12
Abbildung 15: Triaxialpflug [16].....	12
Abbildung 16: Wintec Vario [18].....	13
Abbildung 17: Hydrac mechanische Geräteentlastung, abgesenkt [19].....	14
Abbildung 18: Hydrac mechanische Geräteentlastung, angehoben [22].....	15
Abbildung 19: Elektrisch angetriebene Seilwinde von Snowbear [23].....	15
Abbildung 20: Details des Aufbaus eines Snowbear-Pfluges [24].....	16
Abbildung 21: Springer Variowing [25].....	16
Abbildung 22: Springer Auswurfsperr [26].....	17
Abbildung 23: Zaugg-Seitenklappen [27].....	17
Abbildung 24: Meiren MSPN 4604 [28].....	18
Abbildung 25: Besen [29].....	18
Abbildung 26: Pendelausgleich an einem Schmidt-Pflug.....	19
Abbildung 27: Hauer SRS-3L [30].....	19
Abbildung 28: Anhänger-Zwischenachslösung von Tellefsdal [31].....	20
Abbildung 29: Detail der Tellefsdal-Lösung [32].....	21

Abbildung 30: „Schneepflug mit einer hinter der Räumleiste nachlaufenden Matschleiste“ von Martin Beilhack Maschinenfabrik und Hammerwerk GmbH [37].....	23
Abbildung 31: „Schneepflug“ von Beilhack-Süd Vertriebs GmbH [38].....	23
Abbildung 32: „Schneepflug“ von Zaugg AG Eggiwil [39].....	24
Abbildung 33: „Schneepflug“ von Josef Peitl [40].....	25
Abbildung 34: „Schneepflug mit Nachräumeinrichtung“ von Springer Kommunaltechnik GmbH [41].....	26
Abbildung 35: „Schneepflug mit einer aus mehreren Scharsegmenten bestehenden Pflugschar“ von Anton Kahlbacher [42].....	27
Abbildung 36: Arbeitsschritte beim Klären und Präzisieren der Aufgabenstellung [4].....	28
Abbildung 37: Arbeitsschritte beim Konzipieren [4].....	37
Abbildung 38: Lego-Modell.....	42
Abbildung 39: Keilpflug ohne Freiheitsgrad.....	42
Abbildung 40: Keilpflug mit Freiheitsgrad.....	43
Abbildung 41: Einseitpflug mit Freiheitsgrad.....	43
Abbildung 42: Einseitpflug ohne Freiheitsgrad.....	44
Abbildung 43: Nachräumklavier Spaltproblem [47].....	45
Abbildung 44: Grader [48].....	46
Abbildung 45: Prinzipskizze des optimalen Schneepflugs.....	56
Abbildung 46: Arbeitsschritte beim Entwerfen [4].....	58
Abbildung 47: Definition des Räumwinkels nach DIN EN 15583-1.....	59
Abbildung 48: Geometrie der Stufenform.....	60
Abbildung 49: Trapezfeder - Bezeichnung der Abmaße.....	61
Abbildung 50: Flötzinger-Nachrüstung, 3 Ansichten.....	64
Abbildung 51: Flötzinger: Isometrische Ansicht.....	67
Abbildung 52: Flötzinger: Detail Klemmung.....	67
Abbildung 53: Feder, abgewinkelte Ansicht.....	68
Abbildung 54: Feder, gefertigt (mit Durchbiegung der Nominalposition dargestellt).....	68
Abbildung 55: Flötzinger: Bauraum-Dummy.....	69
Abbildung 56: Flötzinger: Bauraum-Dummy Seitenansicht.....	69
Abbildung 57: Flötzinger: Detail der Anbindeposition.....	70
Abbildung 58: Flötzinger: Reale Anbindeposition.....	70
Abbildung 59: Eco-Nachrüstung, 3 Ansichten.....	71
Abbildung 60: Eco: Isometrische Ansicht.....	72
Abbildung 61: Eco: Detail Klemmung.....	73
Abbildung 62: Eco: Bauraum-Dummy.....	73
Abbildung 63: Eco: Anbindeposition.....	74
Abbildung 64: Eco: Reale Anbindeposition.....	74

10 Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Gegenüberstellung der Motorkarren bezüglich zusätzlicher Beladung.....	32
Tabelle 2: Massenaufteilung beim Kubota STW 40-C.....	32
Tabelle 3: Anforderungsliste Nachrüstung Flötzinger.....	35
Tabelle 4: Anforderungsliste Nachrüstung Eco Technologies.....	36
Tabelle 5: Morphologischer Kasten.....	48
Tabelle 6: Auswahlliste.....	53
Tabelle 7: Morphologischer Kasten – verbleibende Lösungen (in weißen Zellen).....	54