

Aufgabe—Ergebnis besser herausstellen
Ziel—Aufgabe besser trennen
Erreichtes Ergebnis besser erkennen lassen

Sachbericht

FuE Projekt Reg.-Nr. IW050018

Kurztitel: Funktionselemente zur allgemeinen Anwendung an Nutzfahrzeugen für den Einsatz in schwierigem Gelände

1. Technisch technologische Zielsetzung des Projektes

Entwicklung von neuen Funktionselementen zur allgemeinen Anwendung an Nutzfahrzeugen für den Einsatz in schwierigem Gelände mit Realisierung am Beispiel eines Kleintraktors für das Mähen / Mulchen von Grünbewuchs. Einsatz des Kleintraktors nach Betrachtung des Gesamtmarktes vorrangig im gewerblichen und öffentlichen Bereich aber auch für den ambitionierten privaten Anwender.

Entwicklung und Prototypenbau eines Kleintraktors mit folgenden wesentlichen Funktionalitäten und speziellen Elementen für reale Nutzungssituationen bei

- steilen Hanglagen (Gebirgsgrünland, Obststreuwiesen etc.)
- steiler Böschungsneigung (Autobahn und Straßenböschung)
- anderen Grünflächen mit besonderen Anforderungen an Steigfähigkeit und Fahrten quer zum Hang
- Einsatz auf Grünflächen mit vergleichsweise normalen Anforderungen, jedoch mit zahlreichen seitlichen Hindernissen

Konkret sind dabei folgende bestehende Einschränkungen am Markt befindlicher Produkte durch neue Entwicklungen zu lösen.

- Die beschränkte Steigfähigkeit von meist 10-20 grad
- Das nicht sichere Nutzen der Fahrzeuge beim Betrieb quer zum Hang oder zur Böschung
- Das Schnittverhalten und die Beweglichkeit des Fahrzeuges im Verhältnis zum Schnittobjekt bedingt durch die geometrischen Abmaße des Fahrzeuges und die nicht gelöste transversale Beweglichkeit der Schneidwerkzeuge.

Schlussfolgernd daraus ergibt sich für uns als Zielstellung die Entwicklung folgender neuartiger Funktionselemente.

- 1) Dynamische Schwerpunktverlagerung für sicheres Fahrverhalten an Steigungen und Hanglagen mittels dynamischer Schwerpunktverlagerung im Fahrzeugrahmen durch eine neuartige Rahmenkonstruktion
- 2) Stütz und Verankerungskonstruktion zur Sicherung des Fahrzeuges gegen hangabwärtiges rutschen soweit sich dies als nötig und praktikabel möglich erweist

- 3) Kombinierte Transversale und Höhenverstellbarkeit des Schneidwerkes umso dicht wie möglich auch an seitlichen Hindernissen arbeiten zu können, um manuellen Nachschnitt zu verhindern und um damit Zeit und Aufwand beim Anwender zu sparen.

Betrachtung des Gesamtmarktes

Um einen Überblick über den Gesamtmarkt zu erhalten wurde zunächst eine Internetrecherche stellvertretend der drei namenhaften Hersteller John Deere, Kubota, Michael Haase GmbH durchgeführt und tabellarisch aufgearbeitet. siehe dazu die Anlage

Weiterhin besuchten wir am 14.06.2005 die Messe "Demopark" in Eisenach, auf der wir uns persönlich einen Überblick über den anvisierten Markt machen konnten.

Zusammenfassend kann man folgende Schlussfolgerung ziehen:

Es gibt eine Vielzahl von Kleintraktoren am Markt. Kompakte, klassische Kleintraktoren wie wir ihn zum Ziel haben, unterscheiden sich jedoch äußerlich und funktional nur minimal. Es sind in diesem Marktsegment weder Vorrichtungen zur Schwerpunktverlagerung noch Einrichtungen zur transversalen Verschiebbarkeit der Mähwerke vorhanden.

Der Antrieb ist in den meisten Fällen durch einen Hydrostatischen Fahrantrieb realisiert, welchen es bis dato aber nicht in Kombination mit Allradantrieb gibt.

Wenn ein zuschaltbarer Allradantrieb realisiert ist, dann kommen zur Zeit Systeme zum Einsatz, welche die Kraft mittels Ketten oder ähnliche Einrichtungen meist zuschaltbar und eher provisorisch auf die zweite Achse übertragen, was aber keine solide, zukunftssichere und langlebige Basis darstellt. Oder es handelt sich bei den größeren Geräten um Ackerschlepper die im wesentlichen aus einem großen, speziellen Motor-Getriebeblock bestehen. Ähnlich dem klassischen Traktorenbaus. Diese Traktoren können aber nicht als solche der hier zum Ziel gestellten universellen Kleintraktoren verstanden werden.

Grundlegende Betrachtungsweise der technischen Problematik

Dynamische Schwerpunktverlagerung

Für den sicheren Betrieb am Hang längs wie quer sind als wesentliche Faktoren das Gewicht, der Schwerpunkt und der Radstand für ein sicheres Fahrverhalten zuständig.

Die einzig technisch veränderliche, steuerbare physikalische Größe ist der Schwerpunkt des Fahrzeugs.

Im Antrag sind zwei generelle Ansätze zur Lösung der Problematik ausgeführt, die kurz erläutert werden sollen.

- Erstens. Ein in mindestens vier Freiheitsgraden veränderliches Gewicht, welches je nach Erfordernis stufenlos gesteuert werden kann und entsprechend im Fahrzeugchassis positioniert werden kann.
Dies ist zwar eine Möglichkeit, die Kippsicherheit am Hang zu erhöhen, bringt aber nach unserer Einschätzung einige nicht zumutbare Nachteile mit sich.
 - sehr hoher Platzbedarf
 - aufwendige Mechanik

- sehr hohes Eigengewicht des fertigen Fahrzeuges
- Insgesamt eine sehr schlechte Energiebilanz des fertigen Fahrzeuges (Treibstoffverbrauch, hohe benötigte Motorleistung)
- Durch die zusätzliche zu bewegend Masse und des benötigten Arbeitsraumes derselben ist ein Anbau der Arbeitsgeräte nur schwer realisierbar
- alle anderen benötigten Fahrzeugkomponenten könnten nur über dem Zusatzgewicht angebracht werden, so das sich der Schwerpunkt des Fahrzeuges wesentlich erhöht und die Vorteile des Gewichtes zum großen Teil aufgehoben werden.

Zweitens: Eine hydraulische oder pneumatische Höhenveränderlichkeit des Fahrzeugchassis je nach Erforderniss.

- Vorteile:
- Fahrzeug wird nicht über die maßen aufgewichtet,
 - Fahrzeug könnte recht gut an unterschiedliche Erfordernisse angepasst werden
- Nachteile:
- je nach Hangneigung (besonders quer zum Hang) kommt es zu einer sehr unvorteilhaften Rad und Reifenstellung. Der Reifen hätte je nach Hanglage nur eine sehr geringe Aufstandsfläche.
 - Der Verstellweg der hangabwärts gerichteten Fahrzeugseite müsste extrem groß sein
 - Die Höhenverstellbarkeit der angebauten Komponenten (Mähwerke, Räumschilde, etc.) müsste analog zur Höhenverstellbarkeit des Fahrzeuges erfolgen. Mit den gleichen Nachteilen der sehr langen Wege.

Stütz und Verankerungskonstruktion

Eine Abrutschsicherung am Hang kann nur durch rein mechanisch ausgeführte Elemente erfolgen. Hier ist genauer zu untersuchen inwieweit solche Elemente mit dem dynamischen Vorwärtstrieb eines Fahrzeuges in Einklang gebracht werden können und inwieweit sich solche Elemente auf die Ökologie und Beschaffenheit zum Beispiel der Grasnarbe negativ auswirken. Aussagen darüber können aber erst nach Fertigstellung des Prototyps im Feldversuch erbracht werden.

Kombinierte Transversale und Höhenverstellbarkeit des Schneidwerkes

Bei den im Moment am Markt befindlichen Mähwerken ist keine Transversale Verschiebbarkeit des Mähwerkes vorzufinden. Im wesentlichen beschränkt sich die Funktionalität auf die meist rein mechanische, per Hand zu bedienende auf und ab Bewegung des Mähwerkes zum Arbeitsbetrieb und der mechanischen Verstellung der Schnitthöhe durch Fixierung des Mähwerkes am Grundrahmen des Fahrzeuges über meist Rastungen eines Hebels. Eine teilweise elektrische Ausführung der Schnitthöhenverstellung kann sehr vereinzelt beobachtet werden. Der Antrieb der Mähwerke erfolgt über offen laufende Keilriemen. Da diese je nach Höheneinstellung des Mähwerkes mehr oder weniger Stark im Winkel auf die Riemenscheibe des Mähwerkes laufen, kommt es an diesen Punkt zu einem extremen Verschleiß der verwendeten Komponenten

2. Darstellung der erzielten Vorhabensergebnisse

Entscheidungsfindung und Konzeption des Prototyps

Grundlagen:

Abmaße:

Da die meisten Fahrzeuge dieser Kategorie zum Einsatzort gebracht werden und nur für besondere Einsatzfälle optional mit einer STVZO gerechten Ausstattung angeboten werden legen wir die äußersten Abmaße wie folgt fest:

Gesamtbreite maximal 1200mm,

Länge ca. 2000mm,

Höhe ca. 1200mm.

Basis dieser Festlegung ist die Breite. Das Fahrzeug muss wegen der Schwerpunktlage so breit wie möglich sein, sollte aber noch in die üblichen eingesetzten Kleintransporter passen.

Da die meisten Kleintransporter auf die Breite von Europaletten (1200mm) optimiert sind, wird dies als Maß festgesetzt. Ein Kleintransporter Mercedes Vito hat zum Beispiel eine Durchladebreite von 1280mm zwischen den Radkästen.

Auch wir sehen als ein späteres Marketingkonzept die Aufteilung des Fahrzeuges in ein reines Arbeitsgerät und einer Version in STVZO-gerechter Ausführung gegen Aufpreis als die optimalere Lösung an. Diese Art des Angebotes wird von nahezu allen Herstellern dieses Sektors betrieben. Bei Fahrgeschwindigkeiten im Bereich von maximal 15km/h wären längere Anfahrten auch kaum praktikabel.

Motor / Antrieb

Als Hauptantriebsmotor kommt ein luftgekühlter 2 Zylinder 4 Takt OHV Benzinmotor, 90° V-Twin mit vertikaler Kurbellwelle von Honda zum Einsatz.

Dieser Motor ist für professionelle Anwendungen von Honda spezifiziert und hat eine Leistung von 20 PS.

Als führender Hersteller von Industriemotoren unterschreiten die Hondamotoren die Grenzwerte der EU Schadstoff- Emissionsrichtlinie Phase, der strengsten Abgasrichtlinie weltweit. Hier Aggregate einzusetzen, die zu den Besten in Sachen Luftreinhaltung gehören, ist geradezu eine Verpflichtung.

Der Motor wird sich hinter dem Fahrer befinden. Dies hat für den Fahrer den Vorteil, dass die erwärmte Kühlluft nach hinten abgegeben wird und so der Fahrer keinem Warmluftstrom ausgesetzt ist.

Der weitere Antrieb wird durch einen hydrostatischen Fahrtrieb K62 der Firma Tuff Torq verwirklicht.

Als Bereifung kommen vier gleiche Standard-Rasenreifen in den Dimensionen 20x8,0 –8 zum Einsatz.

Fahrzeugchassis

Wie schon bei der grundlegenden Betrachtung der dynamischen Schwerpunktverlagerung angemerkt, kommt ein veränderliches Gewicht nicht in Frage. Vielmehr konzentrieren sich folgende Betrachtungsweisen an der Realisierung einer dynamischen

Schwerpunktverlagerung, bei der praktischerweise der Fahrer als Akteur mit einbezogen werden soll. Das bedeutet, dass der Fahrer sich nach Möglichkeit in einer waagerechten, natürlichen Sitzposition befinden soll, bei unserem Traktor im speziellen bei der Lage des

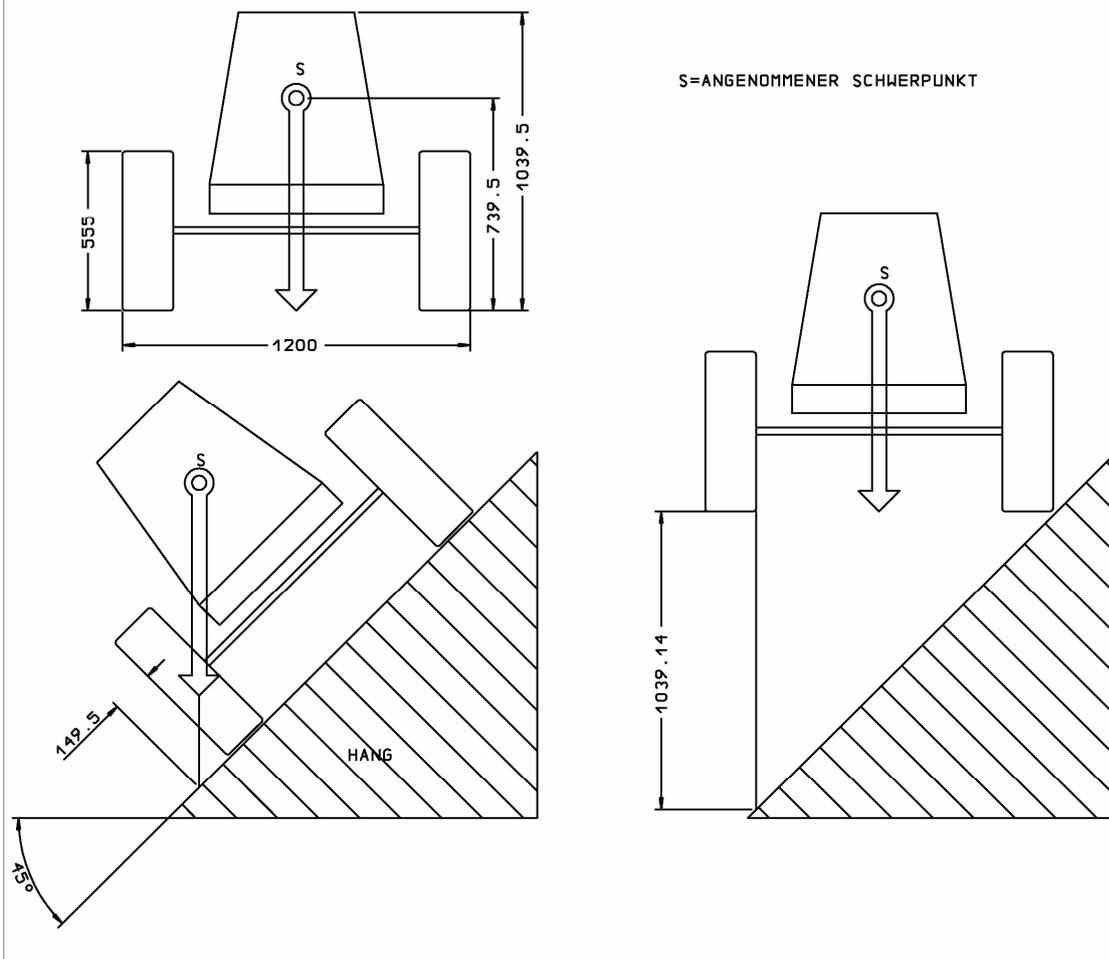
Fahrzeuges quer zum Hang. Längs zum Hang besteht diese Problematik nur zum geringen Teil. Dieser Ansatz hat folgende Vorteile:

Nicht nur die Kippsicherheit des Fahrzeuges, sondern vor allem auch die natürliche Haltung des Fahrers während der Benutzung ist berücksichtigt. Um das Fahrzeug kippsicher zu gestalten, kann man nicht nur das Fahrzeug selbst betrachten. Da der Benutzer prozentual gesehen einen nicht unerheblichen Teil des späteren Gesamtgewichtes ausmacht, ist seine Position und Schwerpunktlage zwingend mit zu berücksichtigen. Es muss also die Einheit Mensch und Maschine betrachtet werden. Für die Betrachtung der Kippsicherheit wird vereinfachend angenommen, dass sich die Schwerpunktlage im oberen Drittel des Fahrzeuges befindet, was der Realität mit allen Komponenten inklusive Fahrer recht nahe kommen sollte. Der simple physikalische Fakt ist der, dass ein Körper dann kippsicher ist, solange sich sein Schwerpunkt innerhalb seiner Aufstandsfläche befindet. Ziel ist es daher, den Schwerpunkt, oder vielmehr die resultierende Kraft daraus, innerhalb der Aufstandsfläche des Fahrzeuges zu bringen und dynamisch dort zu halten.

Betrachtung 1: - permanente Waagrechtstellung des Fahrzeuges

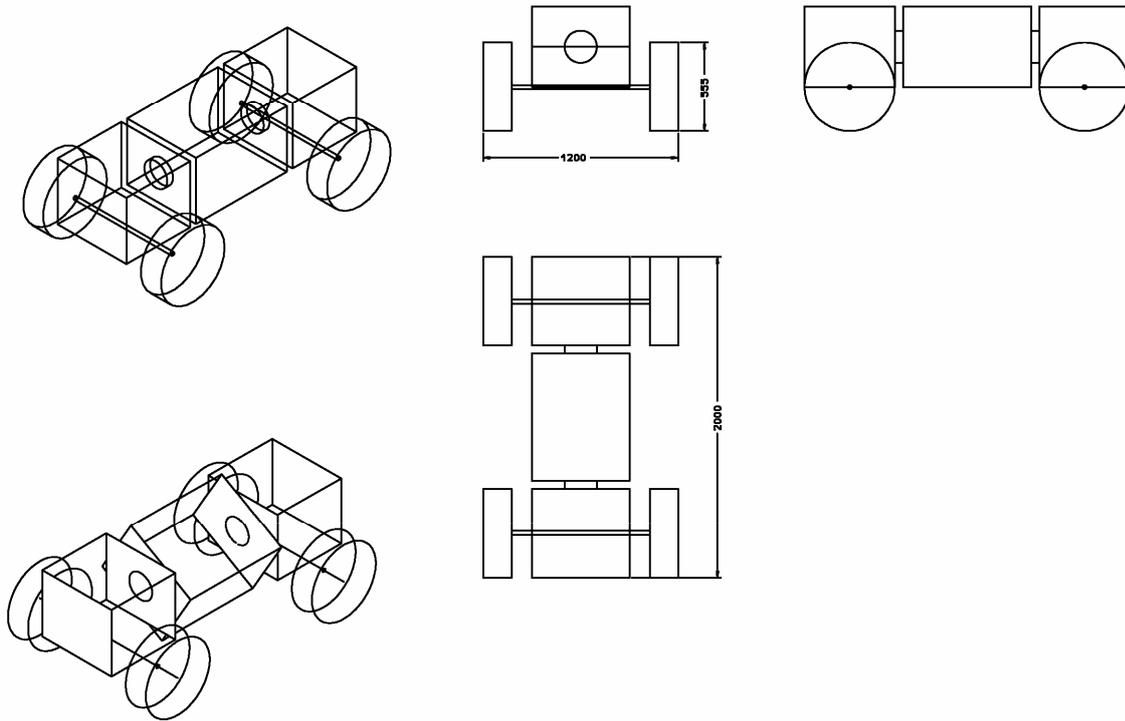
Betrachtet man die Situation am Hang, so müsste man bei einer Hanglage von 45° und einer Fahrzeugbreite von 1200mm einen Höhenunterschied der Fahrzeugkomponenten von über 1000 mm ausgleichen. Eine derartige extreme Veränderung der Fahrzeugantriebskomponenten scheint sehr aufwendig und technisch schwer zu realisieren. Auch müssten sich die Arbeitskomponenten, wie Mähwerke, dieser Gegebenheit anpassen da diese parallel zum Hang arbeiten müssen. Dieser Weg erscheint daher als nicht lohnend und wenig aussichtsreich.

Betrachtung _1



Angeregt durch einen Bericht der BBC über die Forschung an speziellen Fahrzeugen zur Erkundung fremder Planeten, kam die Idee eines segmentierten Fahrzeuges auf.

Grundidee Gewichtsverlagerung



Ein solches Fahrzeug wäre sehr geländegängig und anpassungsfähig. Wenn man vom Gewicht her wesentliche Teile in den beweglichen Mittelteil unterbringt, beeinflusst das die Schwerpunktlage sehr positiv.

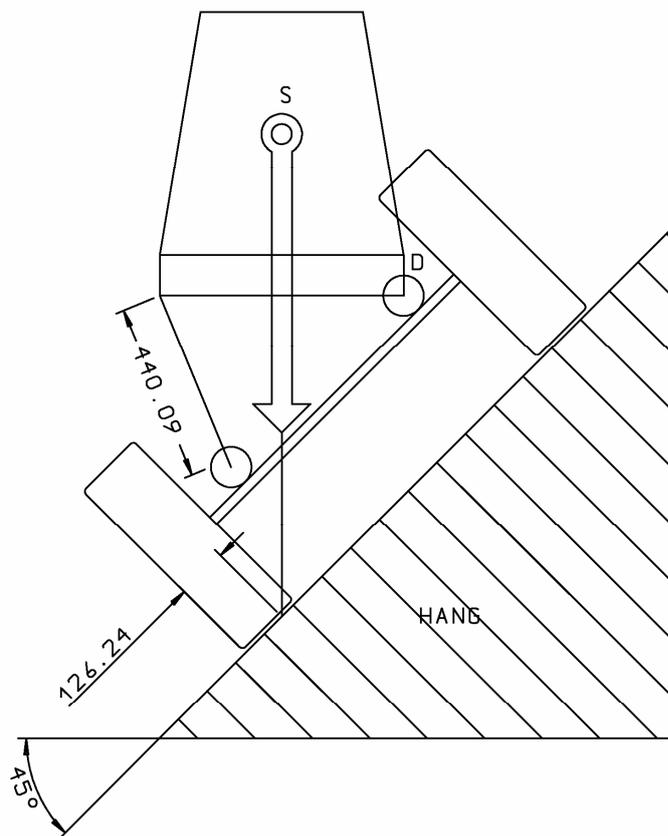
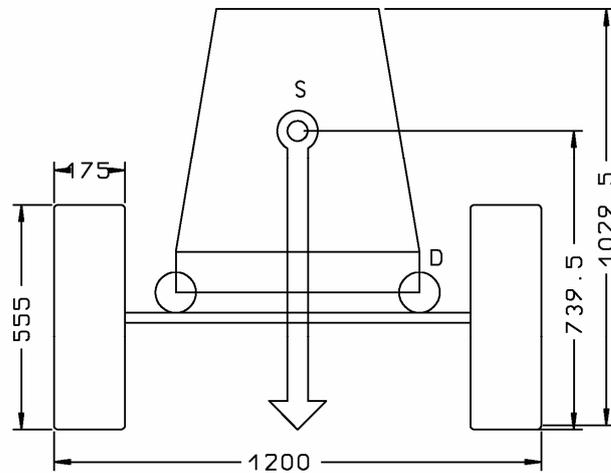
Dem entgegen steht die Problematik, dass, wenn man den Fahrer als Akteur in die Mitte des Fahrzeuges integriert, das Fahrzeug in der Länge recht groß ausfällt. Hieraus ergibt sich aber im Ansatz die Idee, eine um einen Drehpunkt veränderliche Sitzposition weiter zu untersuchen und zu verfolgen.

Betrachtung 2: - Veränderliche Schwerpunktlage mit einem Drehpunkt jeweils an der Fahrzeugaußenseite.

Diese Betrachtung folgt im Ansatz der Waagrechtstellung des Fahrzeuges, nur das hier die Sitzposition alleinig waagrecht gestellt wird.

Betrachtung 2

S=ANGENOMMENER SCHWERPUNKT
D=DREHPUNKT



Wie im Ergebnis zu sehen ist, bleibt der Schwerpunkt innerhalb der Aufstandsfläche des Fahrzeuges. Aber doch nur recht knapp mit wenig Reserven in Notsituationen.

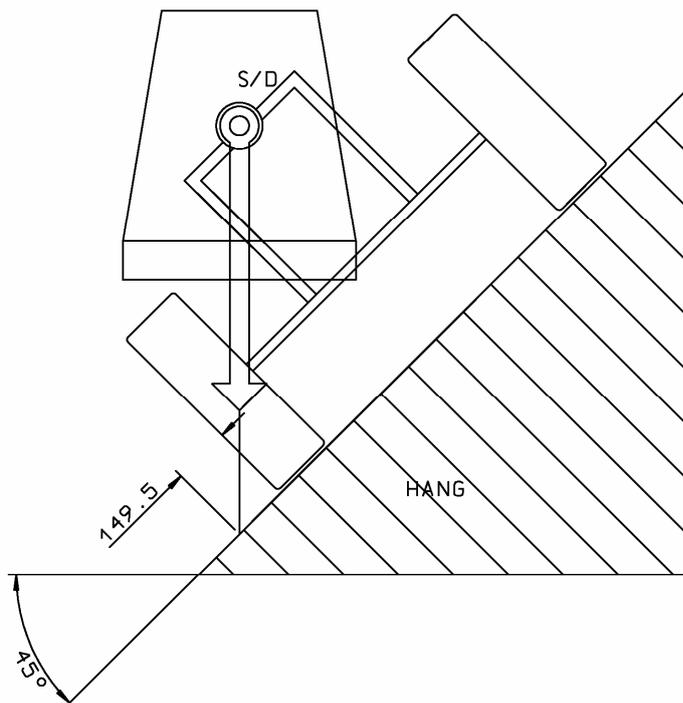
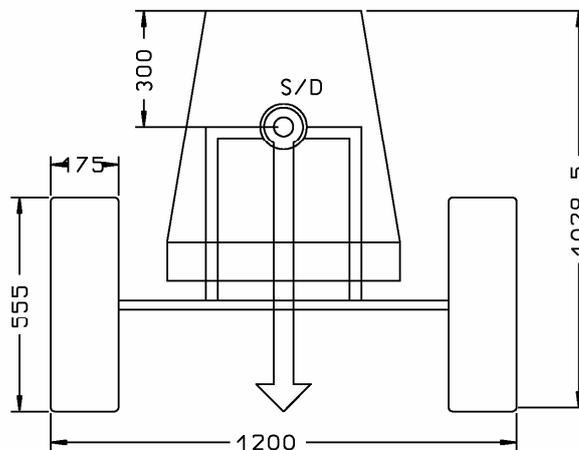
Betrachtung 3: - Veränderliche Schwerpunktlage mit einem Drehpunkt im oberen Teil des Fahrzeuges.

Vereinfachend wird hier angenommen, dass der Drehpunkt mit dem Schwerpunkt auf einer Achse liegt.

Diese Konstruktion hätte den Vorteil, dass sie ohne steuerungstechnische Elemente auskommen würde. Allein durch die Position des Drehpunktes oberhalb des Schwerpunktes der Sitzelemente und des Fahrers, würde sich der Fahrer immer waagrecht auspendeln. Wie man aber auch erkennen kann, würde der gesamte Schwerpunkt aber nur dann innerhalb der Fahrzeugaufstandsfläche liegen, wenn das Fahrzeug breit genug gebaut werden würde.

Betrachtung 3

S=ANGENOMMENER SCHWERPUNKT
D=DREHPUNKT

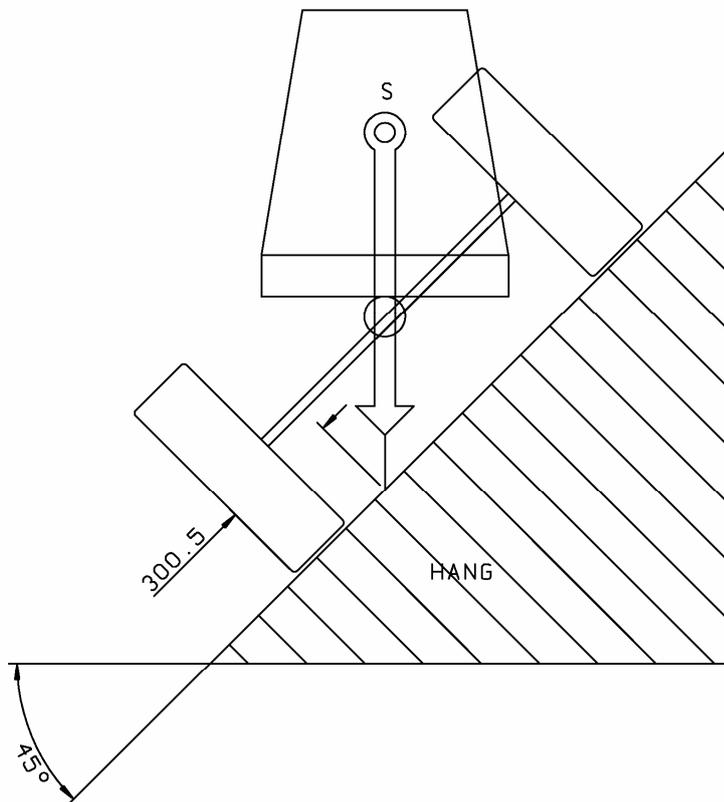
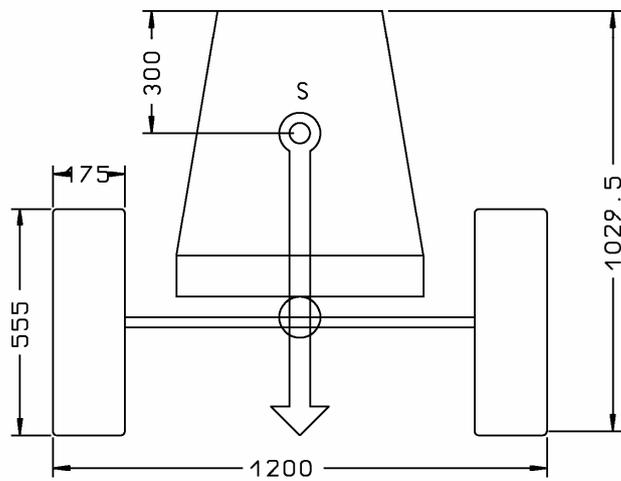


Betrachtung 4: - Veränderliche Schwerpunktlage mit einem Drehpunkt im unteren Teil des Fahrzeuges.

Wenn man den Drehpunkt unterhalb des Fahrers legt, dann ergibt sich ein insgesamt sehr positives Bild im Verhältnis von Schwerpunktlage und Aufstandsfläche des gesamten Fahrzeuges. Wobei man ersehen kann, dass das Ergebnis umso besser ist, je tiefer der Drehpunkt gelegt werden kann. Hier das Optimum zwischen Drehpunktlage und Platzbedarf benötigter Komponenten zu finden, gilt es weiter zu ermitteln.

Da hier die positiven Merkmale überwiegen, favorisieren wir diese Lösung des Problems „dynamische Schwerpunktverlagerung“.

Betrachtung 4



Durch vorgehende Betrachtungsweisen sollte das Fahrzeug folgende Eigenschaften aufweisen.

- ein möglichst tiefgelegener Drehpunkt, um den sich der Fahrersitz dreht.
- Der Fahrer selbst sollte sich in einer möglichst flachen, eher zur

Fahrzeugmitte ausgerichtetes Sitzposition befinden, um den Schwerpunkt niedrig zu halten

- Die benötigten Antriebskomponenten sollten sich ebenfalls möglichst tief liegend anbringen lassen.
- gewichtsträchtige Komponenten sollten sich mit verlagern bzw. eine vom schwerpunkt- und von der Gewichtsverteilung her günstige Position einnehmen.

Bei den gängigen Kleintraktoren besteht das Grundgestell aus einem gekanteten Stahlblech an dem die anderen Komponenten angebracht werden. Das ergibt aber eine große räumliche Trennung der Komponenten und ungünstige Gewichtsverlagerung.

In unserem Fall kommt daher ein geschweißter Stahlrohrrahmen zum Einsatz, an dem alle anderen Komponenten angebracht werden. Ein weiterer Vorteil besteht darin, dass der geschweißte Rahmen selbst wenig Volumen beansprucht und Komponenten sehr kompakt und schwerpunktünstig auch in der Längsachse des Fahrzeuges untergebracht werden können.

Antrieb/ Fahrwerk

Nahezu alle höherwertigen Kleintraktoren werden mittlerweile mit hydrostatischen Fahrtrieben ausgerüstet. Allerdings sind bis dato noch keine funktionierenden Konzepte am Markt, die in Kombination mit einem hydrostatischen Fahrtrieb einen Allradantrieb ermöglichen. Einen ersten Gedanken, den Antrieb komplett hydraulisch mittels vier einzelner Hydraulikmotoren zu realisieren, wurde wegen des unkontrollierbaren Aufwandes verworfen. Zum einen gibt es für die benötigte Anwendungsgröße keine Referenzprojekte und der Aufwand und Platzbedarf für die benötigte Regel- und Steuertechnik ließe sich kaum in einen kompakten Kleintraktor unterbringen. Bei Recherchen im Internet über hydraulische Antriebe kam noch ein weiteres wichtiges Entscheidungskriterium gegen einen reinen hydraulischen Fahrtrieb hinzu. Der Wirkungsgrad praktizierter mechanischer Antriebskonzepte liegt bei ca. 85%, der von hydraulischen Antriebskonzepten aber bei lediglich ca. 30%. Zwar beeindruckt rein hydraulische Antriebskonzepte durch ihre enormen Leistungsangaben, jedoch können sie in ihrer gesamten Energiebilanz für diesen Einsatzzweck nicht überzeugen. Wir entscheiden uns daher für einen höherwertigen hydrostatischen Fahrtrieb, wie er bei anderen Kleintraktoren schon Verwendung findet.

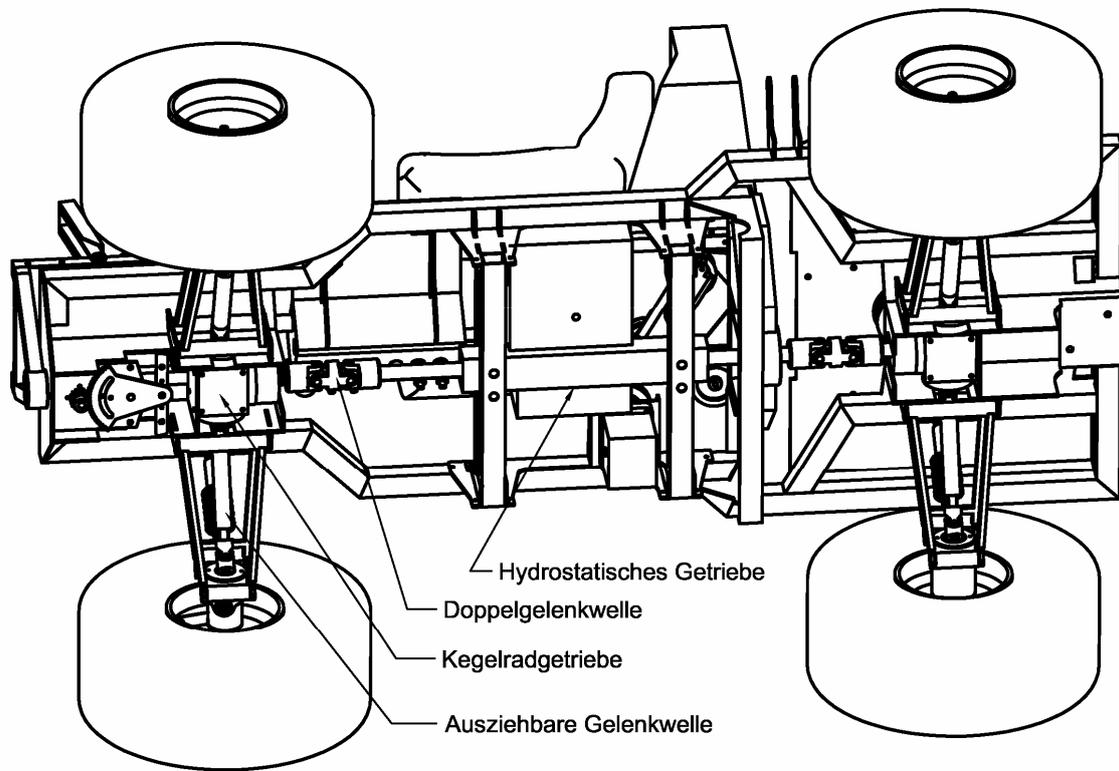
Die Vorteile sind die erprobte Technik, die kompakten und platzsparenden Abmaße, die vorhandene Integration der Antriebs und Bremskomponenten, ein integriertes sperrbares Achsdifferential und die optimierte Auslegung zu den zu verwendenden Verbrennungsmotoren und Reifengrößen.

Klassisch befindet sich das hydrostatische Getriebe hinten und treibt die Hinterräder direkt an. Ein Nachteil ist aber die Festlegung des Radstandes auf die Breite der Abtriebswellen, was je nach Getriebe und der verwendeten Reifen einen recht schmalen Radstand ergibt. Je nach Reifenbreite ergibt sich ein maximaler Radstand von ca. 900- 1000mm. Unser Ziel von 1200mm ließe sich somit nicht verwirklichen. Im übrigen wäre die Gewichtsverteilung des gesamten Fahrzeuges sehr einseitig auf eine Achse verlagert.

Auch hier beschließen wir einen völlig neuen Weg zu gehen, indem wir den hydrostatischen Fahrtrieb um 90° gedreht längs einbauen. Die Aufteilung der Antriebskräfte auf die Räder übernehmen dann zwei kompakte Kegelradgetriebe, je eines an jedem Ende des hydrostatischen Getriebes, die mit einem Wirkungsgrad von über 98% bei Vollast eine verlustfreie Kraftübertragung ermöglichen. Der Radantrieb selbst wird durch in der Länge veränderliche Gelenkwellen aus dem Maschinenbau realisiert. Das hydrostatische Getriebe

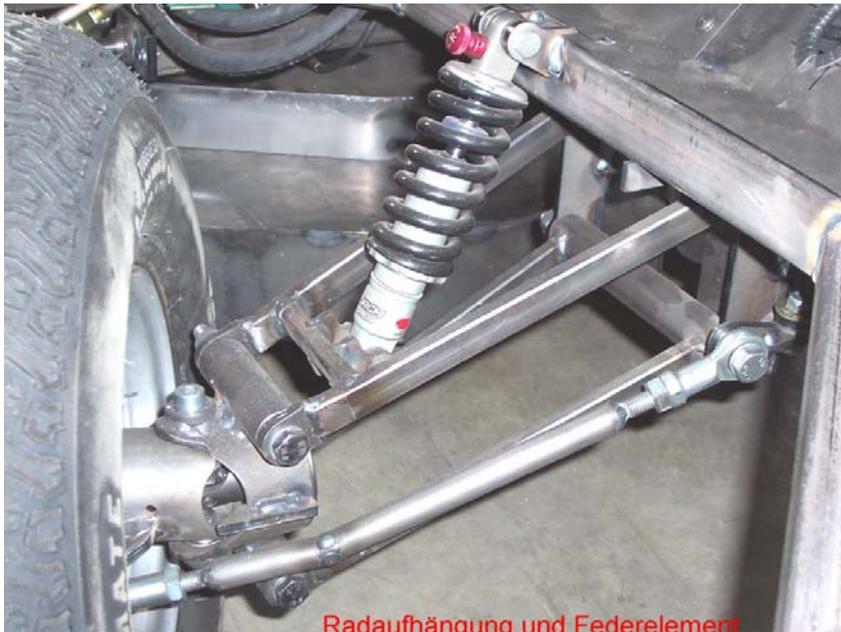
kann dadurch exakt mittig im Fahrzeug integriert werden, was eine optimale Kräfte- und Gewichtsverteilung an den Achsen zur Folge hat.

Zeichnung Antriebsstrang



Der erreichbare Fahrkomfort und die Geländetauglichkeit bisheriger Kleintraktoren kann nur als sehr eingeschränkt eingeschätzt werden. Eine Achse ist wegen des Antriebes immer starr ausgeführt. Die zweite Achse (meist die gelenkte) dagegen lediglich als ganz simple Pendelkonstruktion mit sehr geringen Ausgleichsmöglichkeiten von Bodenunebenheiten. Um eine bestmögliche Traktion und Anpassung an unterschiedlichste Bodenbedingungen zu ermöglichen, setzten wir in Anlehnung an die gängigste PKW Technik auf eine Einzelradaufhängung mit kompakten Feder/ Dämpferelementen. Diese Konstruktion soll eine bestmögliche Traktion in den verschiedensten Fahrsituationen ermöglichen und wenn man an den Einsatz als semiprofessionelles Arbeitsgerät denkt, dem Fahrer einen bis dahin nicht möglichen Fahrkomfort bieten.

FOTO



Die Verbindung zwischen Kegelradgetriebe und Radantrieb wird durch in der Länge veränderliche Gelenkwellen entsprechender Leistung aus dem Maschinenbau realisiert. Diese Gelenkwellen erhalten zur sicheren kraftschlüssigen Verbindung Vierkantaufnahmen. Bemühungen, hier eventuell Komponenten aus der Automobilindustrie zu verwenden, scheiterten an der Unmöglichkeit Kontakte mit Herstellern solcher Bauteile zu knüpfen. Die Unternehmen sind zwar zum Teil im Internet präsent, aber entweder zu 100% als Lieferant an ihre Abnehmer gebunden oder aber nur bereit für Großserien Aufträge entgegen zu nehmen.

Radantrieb / Radaufhängung

Durch die Entscheidung, eine Einzelradaufhängung inklusive Stoßdämpfern zu verwenden, gilt es das Problem der Ausführung der Radnaben, des Radantriebes und hier im besonderen der Ausführung der vorderen gelenkten Räder zu lösen. Da wir in punkto Antrieb einen völlig neuen Weg beschreiten, können kaum mehr Analogien zu vorhanden Konstruktionen herangezogen werden. Standard bei der vorderen Radführung sind jedoch simple, im höchsten Falle gleitgelagerte Rohr-in-Rohr-Konstruktionen, an deren Ende das Rad mit Nabe ähnlich der eines Schubkarrenrades aufgesteckt wird. Diese Art der Radführungen sind jedoch sehr spielbehaftet und verschleißintensiv.

Auch hier konnte auf die Verwendung von existierenden PKW-Komponenten nicht zurück gegriffen werden, da diese definitiv zu groß sind und in der benötigten eher niedrigen Leistungsklasse keine Produkte zur Verfügung stehen.

Die Ausführung der vorderen, gelenkten Konstruktion der Radnabe mit der nötigen vertikalen Beweglichkeit und der nötigen zweiten vertikalen Achse für den Lenkeinschlag, stellt somit eine besondere Herausforderung dar.

Die Realisierung solch einer Radführung bedingt den Einsatz von präzisen Lagerelementen, die jedoch auch robust, stabil und verschleißarm sein sollen.

Möchte man die gelenkten Räder antreiben, so benötigt man ein zusätzliches Wellengelenk in der Kraftübertragung. Die zu übertragende Leistung hängt im wesentlichen von seinem Beugungswinkel ab. Der maximale Beugungswinkel eines Wellengelenkes beträgt 40° - 45° . Der Lenkeinschlag beträgt also in jedem Fall ebenfalls maximal ca. 40° . Wobei dieser auch durch Anschläge mechanisch begrenzt werden muss, um Schäden am Wellengelenk zu vermeiden.

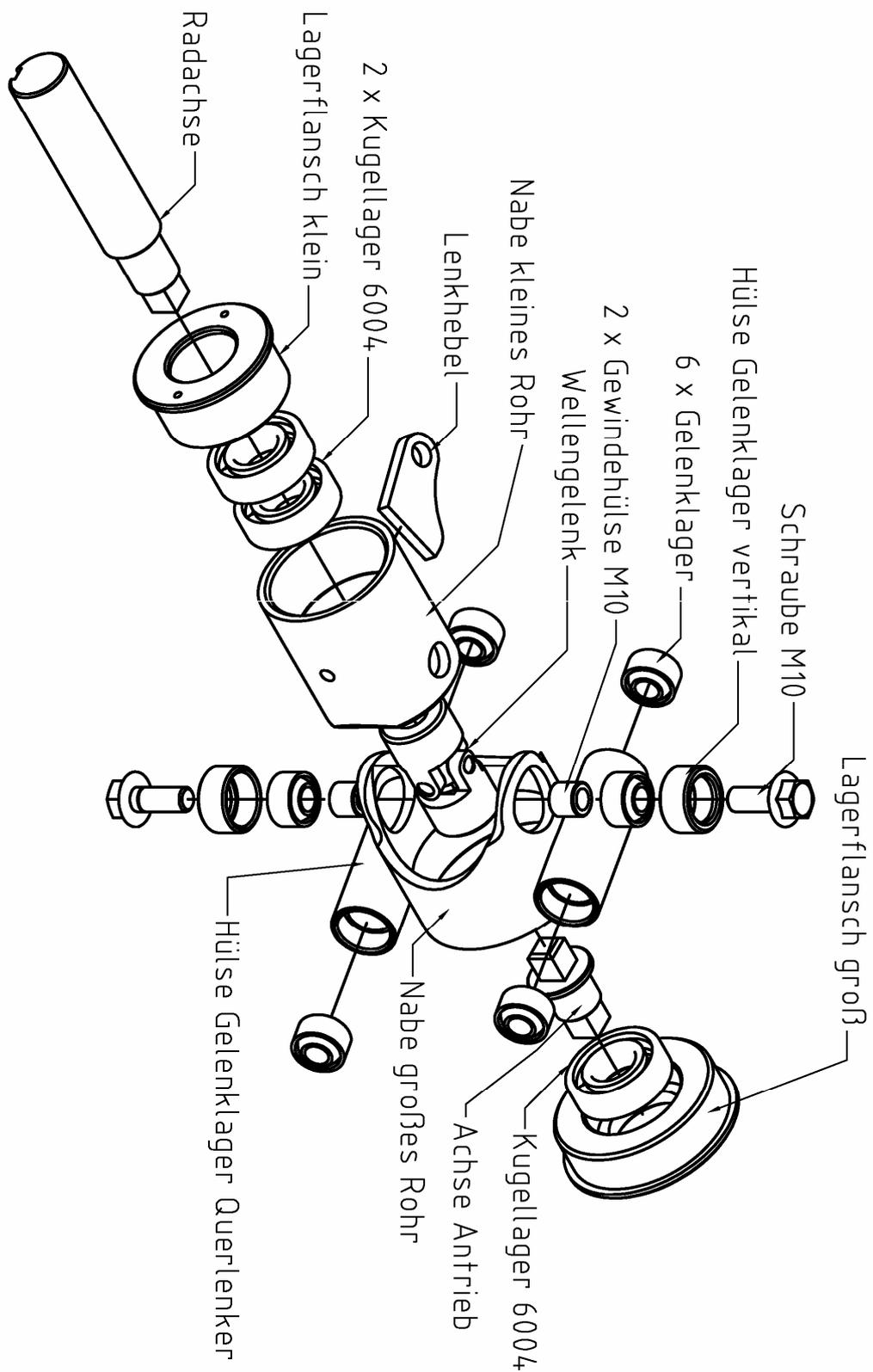
Gelöst werden muss zudem die Lagerung der Radachse und des Wellengelenkes zur Antriebswelle hin, wobei ultra kompakte Abmessungen berücksichtigt werden müssen. Unser Ergebnis ist eine vordere Radnabenkonstruktion, die im wesentlichen aus zwei, im Durchmesser unterschiedlichen 5mm starken Präzisionsstahlrohren besteht. Das im Durchmesser kleinere Rohr wird mittels zweier Gelenklager im größeren Rohr vertikal mittig zentriert. Das größere Rohr wird derart bearbeitet, dass eine Bewegung des kleineren Rohres von ca. 45° nach jeder Seite um die vertikale Achse möglich ist.

Die absolut zentrische Ausführung und das präzise Verschweißen der Gewinde- und Lagerhülsen sind hier besonders wichtig. Das Wellengelenk, welches die Kraftübertragung bei eingeschlagenen Vorderrad ermöglicht, muss sich zum einen zentrisch in den Rohren befinden und gleichzeitig mit seinem Beugegelenk in einer absoluten Flucht zu den Gelenklagern für die vertikale Bewegung des kleinen Rohres der Radnabe.

Durch die Verwendung von Rohren als Grundkörper der Radführung ist die generelle Verwendung rotationssymmetrischer Teile für die Lagerung möglich. Dadurch können die meisten Teile auf Drehmaschinen effektiv, genau und später in der Seriefertigung kostengünstig hergestellt werden.

Die Kugellager der Radantriebe werden in gedrehte Lagerflansche gepresst, die mit einem Außengewinde versehen, wiederum mit den Rohren verschraubt sind. So ist eine schnelle, reparaturfreundliche Demontage jederzeit möglich.

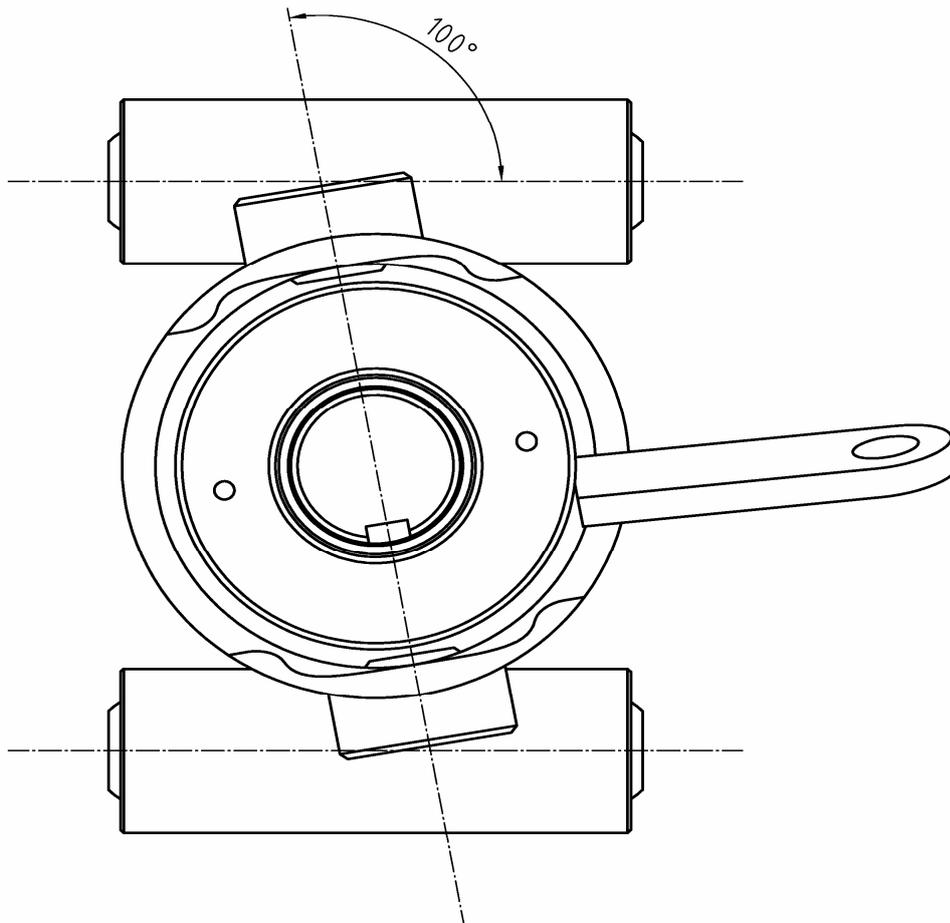
Zeichnung vordere Radnabe



Durch die entstandene Konstruktion ergibt sich ein durch drei Kugellager geführter Radantrieb. Ferner sind alle anderen Lagerstellen durch Gelenklager realisiert. Diese werden typischerweise auch in Kolben/ Zylindersystemen der Pneumatik und Hydraulik eingesetzt

und sind dort als besonders unproblematische und langlebige Lagermöglichkeit bekannt. Hier kommt eine wartungsfreie Version zum Einsatz.

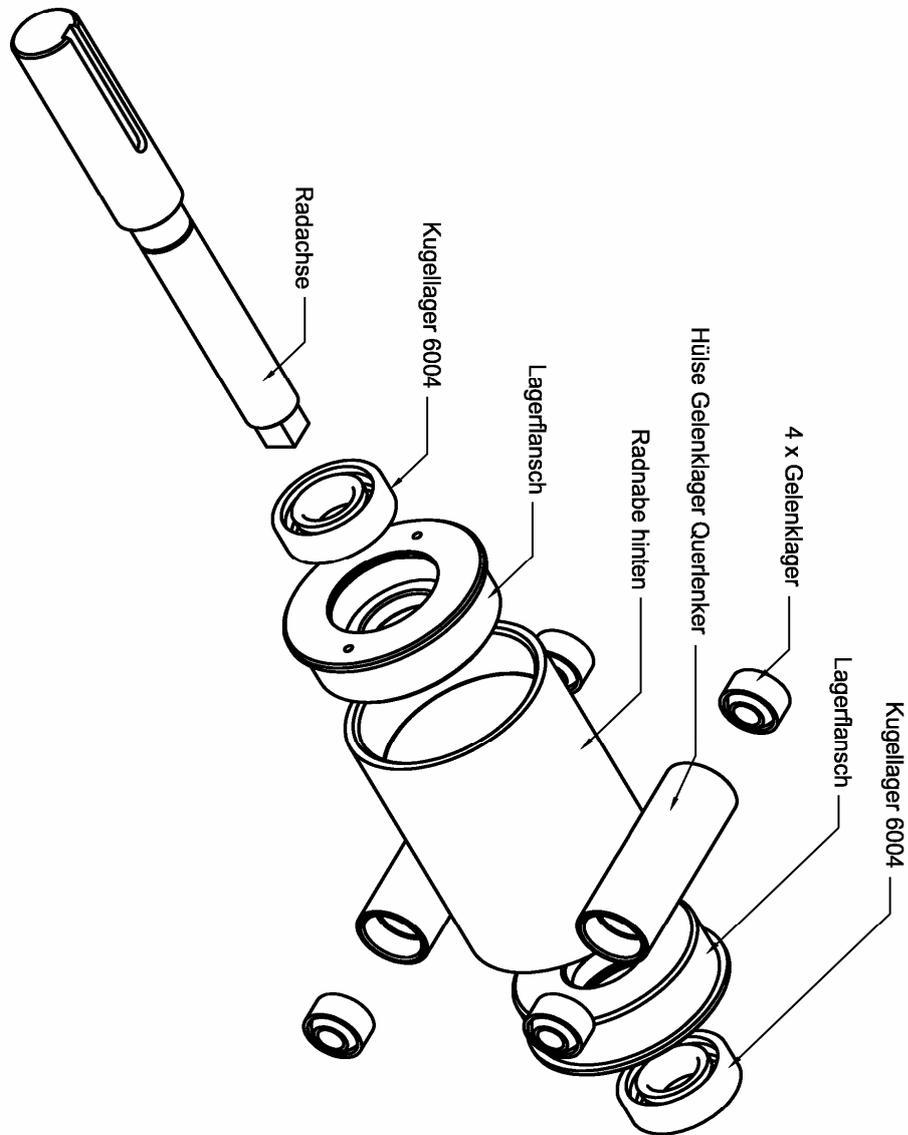
Durch Drehen der anzuschweißenden Lagerhülsen für die Gelenklager der Querlenker um die Längsachse der Radnabe kann hier der Vorlauf beziehungsweise Nachlauf der Radgeometrie eingestellt werden. Wir haben uns auf 10° Vorlauf festgelegt. Andere Winkel sind jederzeit durch einfache Anpassung der dazugehörigen Schweißlehren möglich.



Der Aufbau des hinteren Radantriebes gestaltet sich dagegen ungleich einfacher und folgt im Aufbau dem vorderen Radantrieb.

Da hier kein zusätzliches Wellengelenk im Antrieb benötigt wird, besteht die Konstruktion im wesentlichen aus dem 5mm starken größeren Präzisionsstahlrohr mit beidseitig eingeschraubten Lagerflanschen und den angeschweißten Lagerhülsen für die Gelenklager an denen dann die Querlenker angeschraubt werden. Die Radachse wird in die Lager gepresst und durch die später montierte Gelenkwelle axial fixiert.

Zeichnung hintere Radnabe

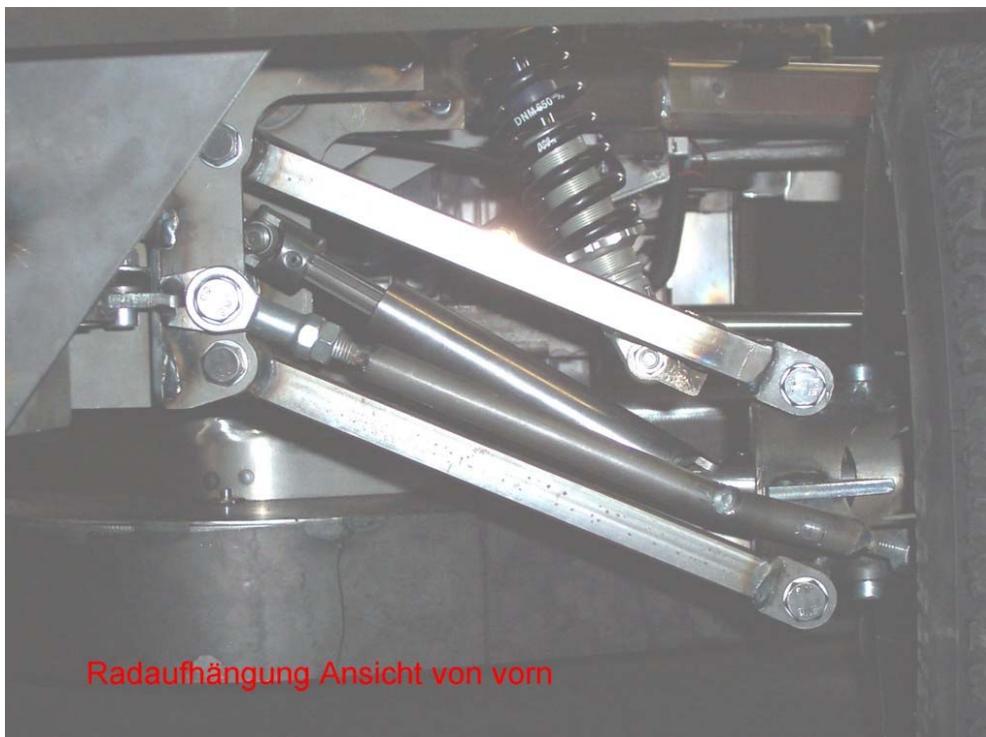


Die gesamte Radaufhängung folgt bekannten Systemen der Automobilindustrie. Durch die Ausführung mit doppelten parallelverlaufenden Querlenkern hat das Rad immer die gleiche, maximale Aufstandsfläche zum Untergrund, bewegt sich also immer perfekt vertikal in seiner Ebene. Verbaut wird hier eine Schweißkonstruktion aus rechteckigen Profilen und Profilrohren. Durch die geringe Länge von unter 300 mm wird eine außerordentliche Stabilität

erreicht. Die Lagerung am Grundrahmen des Fahrzeuges erfolgt analog der Lagerung an der Radnabe durch insgesamt 4 wartungsfreie Gelenklager. Am oberen Querlenker sitzt dann auch die Aufnahme für die Federelemente.

Als Feder und Dämpfungselemente kommen Stoßdämpfer von DNM zum Einsatz. Diese sind in ihrer Federvorspannung einstellbar und bieten zusätzlich die Möglichkeit der Zugstufendämpfung. Durch die leichte Einstellbarkeit der Zugstufendämpfung kann ein Aufschaukeln des Fahrzeuges jederzeit wirksam unterbunden werden. Der Federweg der Stoßdämpfer beträgt insgesamt 50mm. Bei unserer Auslegung entspricht dies einem effektiven Federweg am Rad von plus/minus 45mm. Der Winkel, den die Querlenker bei vollausgefederter Fahrzeug einnehmen, ist so gewählt, das sich an der ausziehbaren Antriebswelle ein maximaler Beugewinkel von ca. 38° ergibt. Auch hier wäre der maximal zulässige Beugewinkel 45°, welcher somit ohne zusätzliche Anschläge durch die Ausfederlänge des Federbeins begrenzt ist.

Foto



Dynamische Schwerpunktverlagerung/ Sitzverstellung

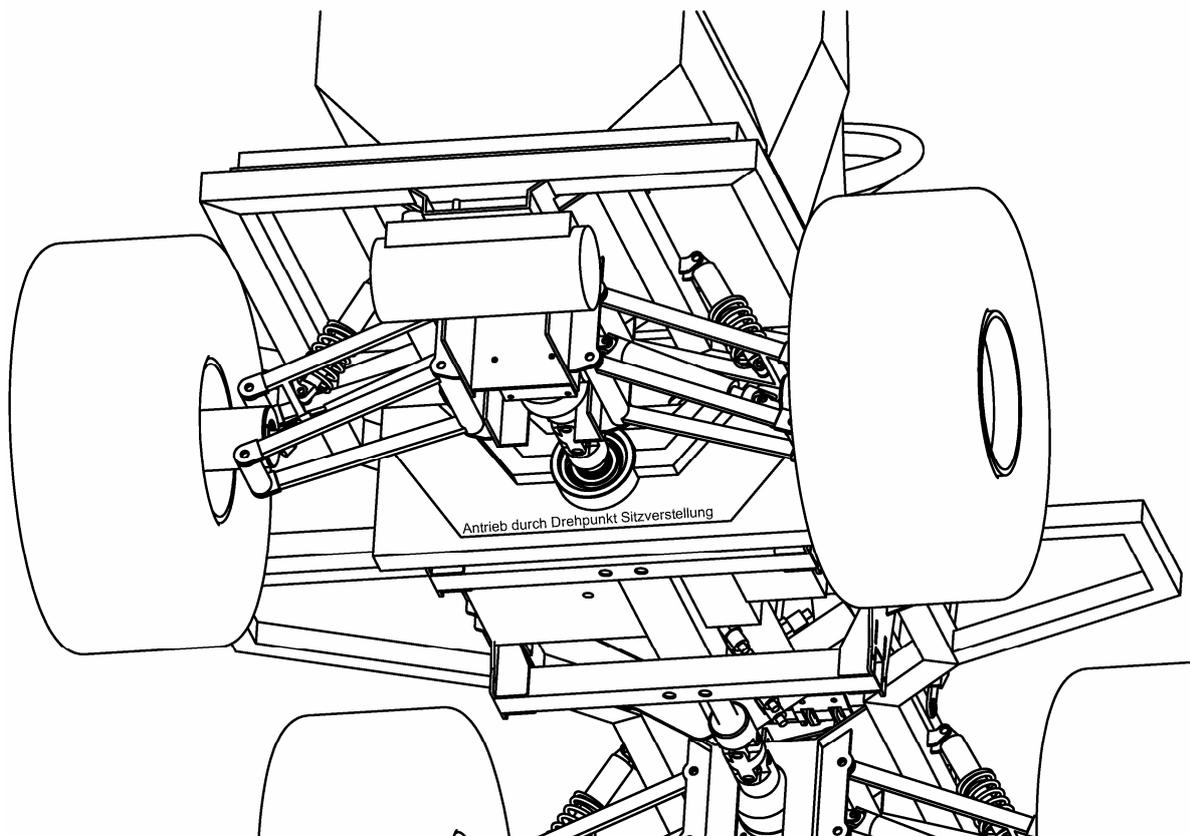
Wie vorstehend schon ausgeführt, realisieren wir die dynamische Schwerpunktverlagerung durch Verlagerung des Fahrers um einen möglichst tief liegenden Drehpunkt. Der Fahrer selbst befindet sich in einer dem Go-Kart ähnlichen Sitzposition auf einem zusätzlichen Rahmen, der sich um den Drehpunkt bewegt. Die flache Sitzposition bewirkt einen niedrigen optimierten Schwerpunkt. Der Fahrer soll sich dabei eher in die Mitte des Fahrzeuges integrieren, um die Gewichtsverteilung zwischen vorn und hinten positiv zu beeinflussen. Als Verstellantrieb bietet sich hier eine hydraulische Lösung mittels eines doppelwirkenden Zylinders an. Dieser wird über Magnetventile angesteuert, die wiederum von der zu entwickelnden Steuerelektronik angesteuert werden.

Ein besonderes technisches Problem stellt auch die Integration sämtlicher Bedienungselemente wie Lenkrad, Pedalerie, Hebel für Bremse, Differentialsperre, Schalter

für Mähwerk und Motor in den beweglichen Teil des Fahrzeuges dar. Durch die benötigte Länge des vom Fahrer benötigten Raumes, wird sich der vordere Drehpunkt ganz vorn und der hintere Drehpunkt vor dem letzten Drittel des Fahrzeuges befinden.

Ein weiteres Problem besteht darin, vom hinter dem Fahrersitz angeordneten Motor die Drehbewegung mittels Keilriemen auf das Hydrostatische Getriebe zu bringen. Ferner muss auch der Antrieb der Hydraulikpumpe realisiert werden. Nach einigen Versuchen, den optimalen Drehpunkt zu finden, entschlossen wir uns, den Drehpunkt mit der Antriebsachse des längs eingebauten Hydrostatischen Getriebes zusammen zu legen. Um dies zu ermöglichen, wird der hintere Drehpunkt mit einem größer dimensionierten Kugellager versehen, durch dessen Mitte die Antriebsachse verläuft. Platzsparender und effektiver ist diese Problematik wohl kaum zu lösen.

Zeichnung



Um die Schwerpunktlage des gesamten Fahrzeuges weiterhin positiv zu beeinflussen, wird der benötigte Hydrauliktank direkt hinter dem Fahrersitz montiert und dient somit ebenfalls aktiv der Schwerpunktverlagerung, mit einem Gesamtgewicht (gefüllt) von ca. 37 kg ein nicht zu vernachlässigender Fakt.

Die Verstellmöglichkeit der Sitzkonstruktion wird durch Endschalter auf jeweils 32° nach jeder Seite beschränkt. Nach Aussage eines Motorenhändlers läuft kein hier einzusetzender Verbrennungsmotor jenseits von 30° Kippwinkel. Selbst wenn die Motorschmierung noch funktioniert, ist die Kraftstoffversorgung ab 30° nicht mehr gewährleistet. Um das gesamte System harmonisch zu gestalten, wird der Verstellbereich daher auf ca. 32° begrenzt.

Basis der Steuerung der Schwerpunktverlagerung ist ein elektronischer Neigungssensor, wie er in Gabelstaplern und Hubarbeitsbühnen zum Einsatz kommt. Diese Sensoren liefern je nach Winkel positive oder negative Ausgangsspannungen, die es zu erfassen und auszuwerten gilt. Die Funktion ist dann folgende: Wenn das Fahrzeug aus seiner horizontalen Lage

gebracht wird, ergibt das eine Ausgangsspannung am Sensor ungleich null. Je nachdem, ob diese Spannung positiv oder negativ ist, wird das entsprechende Magnetventil für das Ein- oder Ausfahren des Hydraulikzylinders angesteuert, bis der Sensor wieder auf Null Volt Spannung geht. Die Sensibilität und Geschwindigkeit der Regelung kann zum einen über die Steuerelektronik und auch durch die Hydraulische Drosselung des Arbeitszylinders eingestellt werden. Hierzu verfügt der Hydraulikzylinder über einstellbare Ventile in den Zuleitungen. Hierbei kommt dem Abgleich des Hystereseverhaltens der elektronischen Steuerung mit den hydraulischen Drosselventilen besondere Beachtung zu. Ferner ist auf hydraulischer Seite mittels Senkbremshalteventilen sichergestellt, das bei Stromausfall oder anderen unwägbareren Ereignissen der Sitz in seiner momentanen Position verbleibt und keine unkontrollierte Bewegungen ausführen kann.

Bauartbedingt müssen wir nun die Antriebskeilriemen für das hydrostatische Getriebe und der Hydraulikpumpe am hinteren Drehpunkt vorbei nach vorn auf die Komponenten führen. Um dies zu realisieren, wird die Schweißkonstruktion für die hintere Sitzaufnahme so gestaltet, das auch bei voller Neigung von bis zu 35° in der Mitte ein Korridor von 120mm verbleibt. In diesem Korridor müssen die Keilriemen laufen. Die korrekte Führung der Keilriemen wird durch Stütz- und Spannrollen unterstützt und sichergestellt.

Bedienelemente / Lenkung

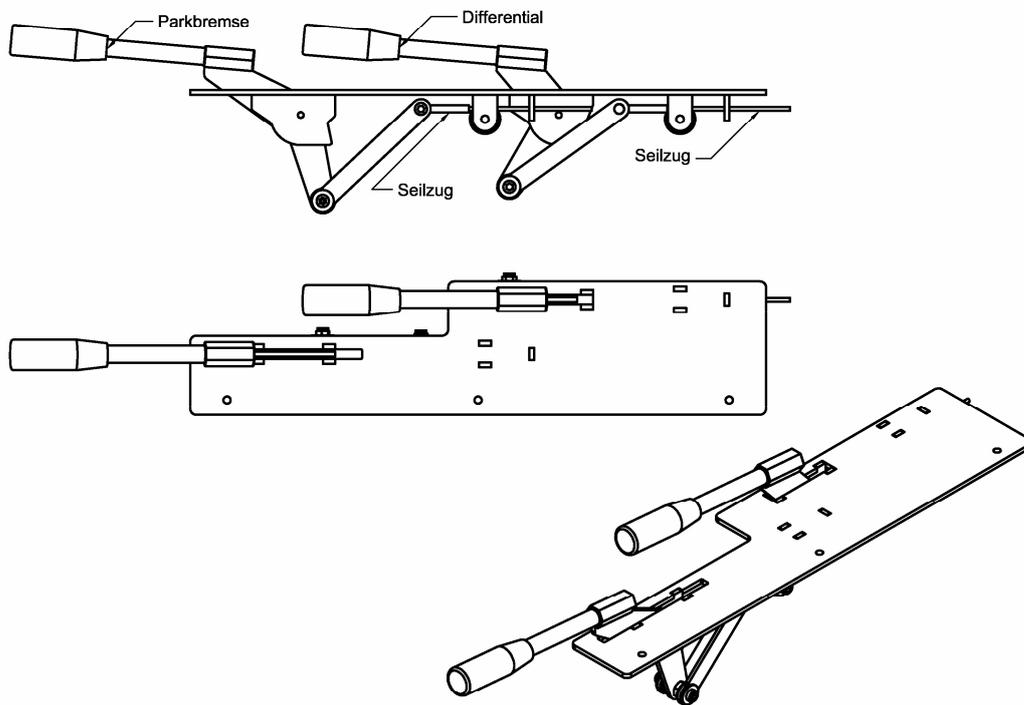
Im unmittelbaren Zusammenhang mit der dynamischen Sitzverstellung stehen die Bedienelemente. Gewöhnlich werden die Bewegung der Pedale, die Funktion der Differentialsperre und die Bedienung der Parkbremse über einfache Gestänge auf das hydrostatische Getriebe übertragen. Da in diesen Fällen einzelne Teile der Gestänge recht lang und mehrfach gekröpft sind, um von einem Punkt auf den anderen zu gelangen, sind diese Gestänge auch häufig stärkeren Deformierungen und Verbiegungen ausgesetzt. Durch unsere permanente Änderung der Position dieser Bedienelemente gegenüber dem hydrostatischen Getriebe, ist es nicht möglich, starre Verbindungselemente einzusetzen. Die sauberste und technisch gängigste Lösung bieten hier Bowdenzüge. Bowdenzüge und spezielle Seilzüge sind nach wie vor Standard bei der Bedienung von Elementen. Im Motorrad- und Automobilbau sind seilzugbetätigte Systeme nach wie vor nicht weg zu denken. Mit ihnen kann man große Kräfte flexibel sicher übertragen. Auf die Flexibilität der Seilzüge kann man durch die Gestaltung des Innenzuges direkten Einfluss nehmen. Wir setzen ausnahmslos höchst flexible Züge ein.

Ein großer Vorteil hydrostatischer Fahrtriebe ist die einfache Realisierung der Vorwärts-Rückwärts Funktion. Am Getriebe befindet sich ein Hebel, welcher entweder gezogen wird - für den Vorwärtslauf - oder gedrückt werden muss - für den Rückwärtslauf. Lässt man den Hebel los, befindet sich das Getriebe automatisch in neutraler Stellung. Beim von uns eingesetzten Getriebe ist dieser Fahrtrichtungshebel mit einem zusätzlichen Bewegungsdämpfer ausgestattet. Der Fahrer hat dadurch über den gesamten Verstellbereich einen gleichmäßigen Druckpunkt, der eine feinfühligere Bedienung auch mit groben Schuhwerk vermittelt.

Den Hebel steuern wir mittels den Bowdenzügen für das Vorwärts- Rückwärts Pedal direkt von beiden Seiten an. So entsteht eine direkte mechanische Koppelung der beiden Pedale. Betätigt man das eine Pedal, bewegt sich das andere in entgegengesetzte Richtung. Somit ist die Bedienung des Getriebes eindeutig und nicht verwechselbar.

Auf der rechten Seite der Fahrerposition befinden sich die Hebel für die Parkbremse und für die Differentialsperre. Beide Hebel sind in einer gemeinsamen Kulissee zusammengefasst. Die Hebel folgen in ihrer Ausführung dem Kniehebelprinzip. Um eine Verformung der Bowdenzüge zu minimieren, ist der Zug nicht direkt am Bedienhebel angebracht sondern zusätzlich über beweglich gelagerte starre Hebel.

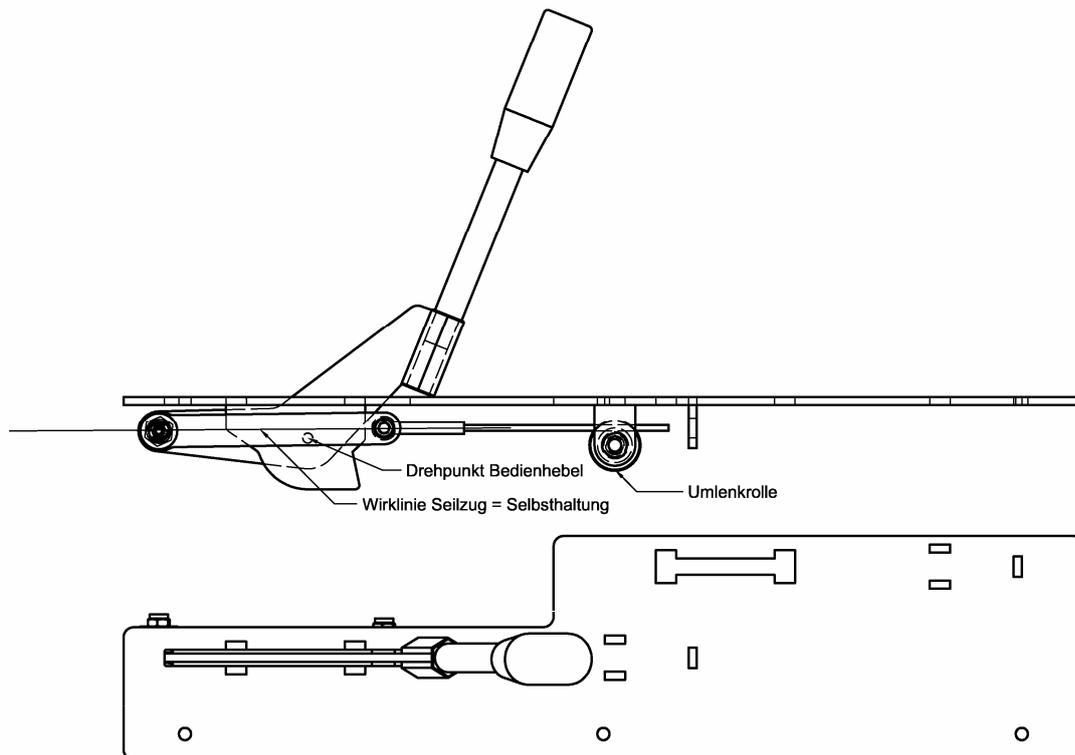
Zeichnung



Diese Art bewirkt auch eine Verkleinerung der benötigten Hebellänge. Möchte man um einen Drehpunkt herum einen linearen Weg von 70mm innerhalb eines Viertelkreises realisieren, braucht es schon sehr lange Hebel. Durch die zusätzlichen starren Hebelarme erfolgt eine Umlenkung in die Horizontale und eine Vergrößerung des Weges.

Die Hebel sind ähnlich aufgebaut, jedoch für verschieden lange Bedienungswege ausgelegt. Wenn die Hebel gezogen werden, wird der entsprechende Seilzug gespannt. Wenn sich in Folge der Spannung des Seilzuges der Drehpunkt von starren Hebel am Bedienhebel über den Drehpunkt vom Bedienhebel selbst bewegt, erhält man kräftebedingt eine Selbsthaltung der Hebel im gespannten Zustand. Die Wirklinie liegt über dem Drehpunkt des Bedienhebels, dies ist eine im Prinzip einfache aber effektive Möglichkeit Hebelsteuerungen zu realisieren, die ohne komplexe Verriegelungs- und Rastvorrichtungen auskommt.

Zeichnung gezogen



Auf der linken Seite des Fahrersitzes befinden sich die beiden Hebel für das Gas und der Choke-Funktion des Verbrennungsmotors. Beide Hebel stammen aus dem Motorradzubehör und werden üblicherweise auch zu Steuerung der Verbrennungsmotoren bei handbetriebenen landwirtschaftlichen Geräten benutzt. Auch hier erfolgt die Übertragung der Bewegung vom Hebel zum Motor durch höchstflexible Bowdenzüge.

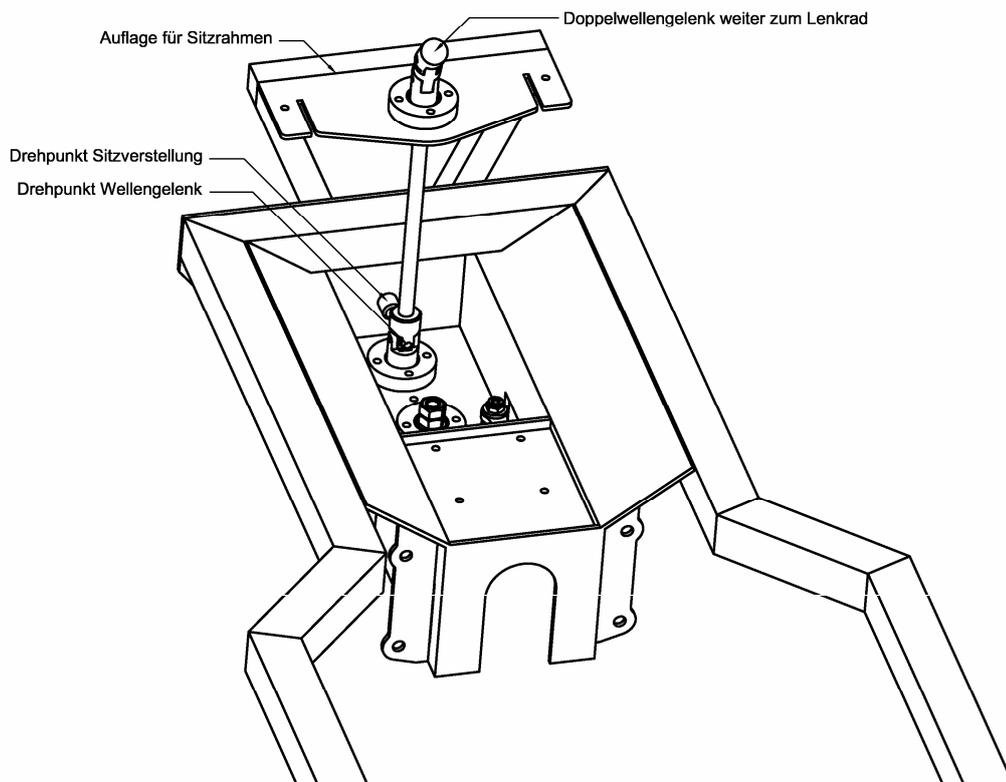
Die elektrischen Bedienelemente sind dagegen einfach an ihren gewünschten Ort platzierbar.

Mechanisch aufwändiger muss die Problematik der Lenkung gelöst werden.

Die Drehbewegung des Lenkrades muss in eine horizontale Bewegung umgewandelt werden. Dabei ist auch hier die permanent unterschiedliche Position des Lenkrades zum eigentlichen Fahrgestell zu realisieren.

Die Lenkbewegung wird mittels zweier weiterer Wellengelenke in eine vertikale Richtung geleitet, an deren Ende ein Zahnrad sitzt. Dabei fällt der Drehpunkt des unteren Wellengelenkes mit dem Drehpunkt der Sitzverstellung zusammen.

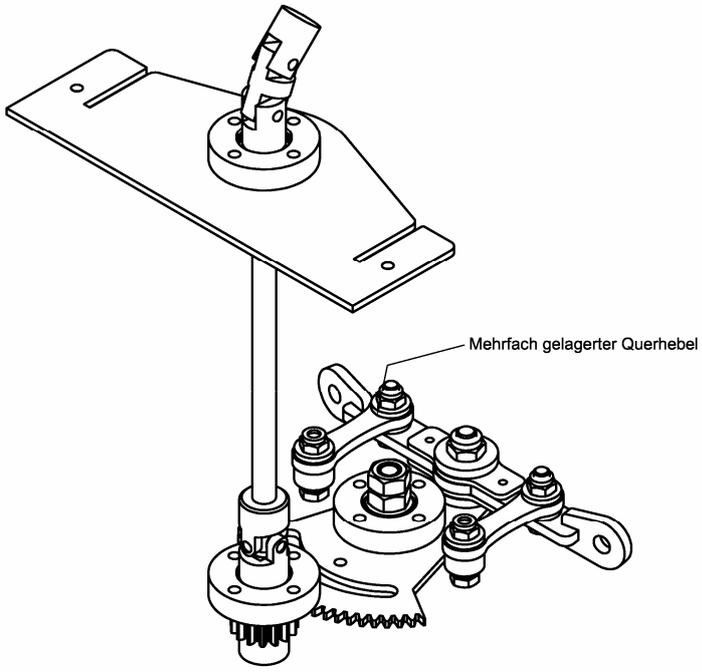
Skizze

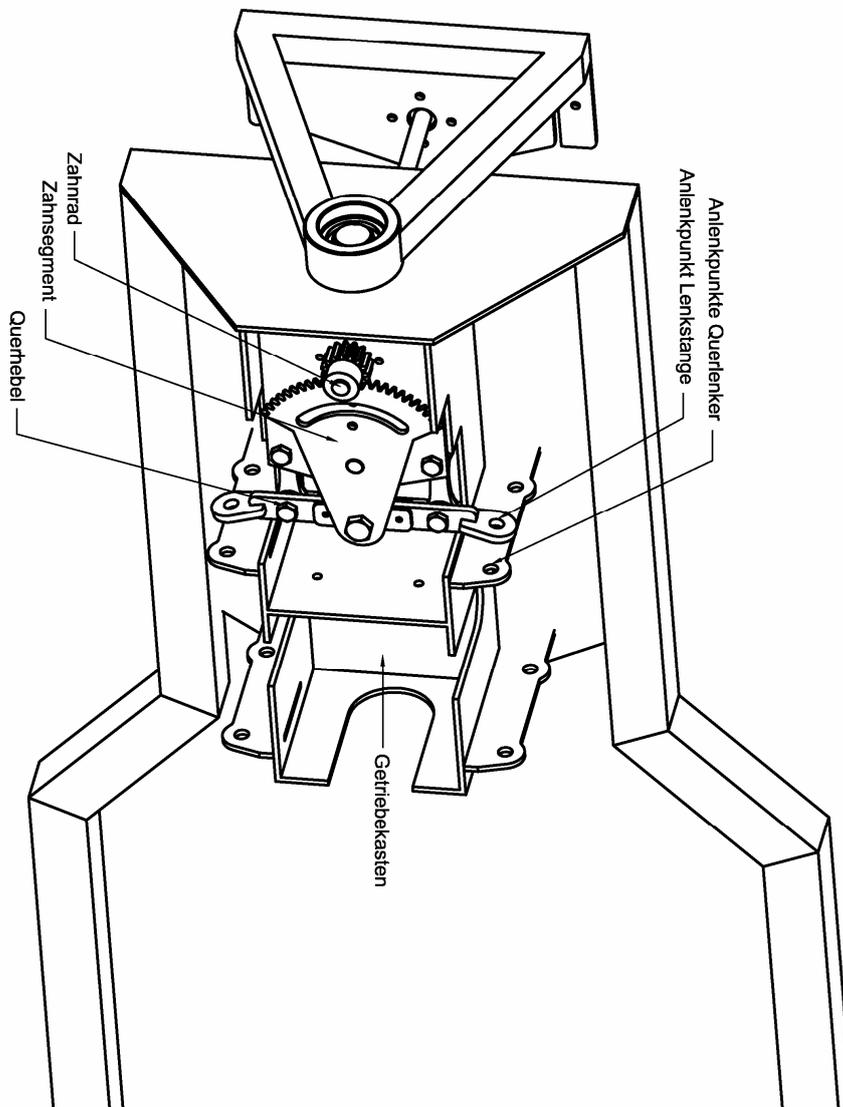


Das Zahnrad treibt ein Zahnsegment an, an dessen Ende der Querhebel sitzt, der mittels Lenkstange die Radnaben bewegt. Die Lenkstangen sind symmetrisch nach beiden Seiten ausgeführt.

Um eine exakte horizontale Führung des Querhebels sicher zu stellen und die Stabilität zu erhöhen, wird dieser ebenfalls durch zwei parallele Hebel flankiert. Alle Lagerstellen sind auch hier mittels wartungsfreier Kugellager ausgeführt.

Skizze





Der Anlenkpunkt der Lenkstange am Querhebel befindet sich in einer Achse mit den Anlenkpunkten des oberen und unteren Querlenkers. Wenn ein Rad ein- und ausfedert, verändert es auch relativ seinen Abstand zur Fahrzeuglängsachse. Wenn die Lenkstangen nicht die gleichen Anlenkpunkte hätten und nicht parallel zu den Querlenkern verlaufen würden, käme es zu mehr oder weniger starken Lenkbewegungen einzelner Räder beim Ein- und Ausfedern.

Die Lenkung ist sehr direkt ausgelegt. Ein Volleinschlag der Räder wird durch eine ganze Lenkradumdrehung bewirkt.

Mähwerk

Das Mähwerk wird als klassisches Dreimesser-Mulchmähwerk ausgelegt.

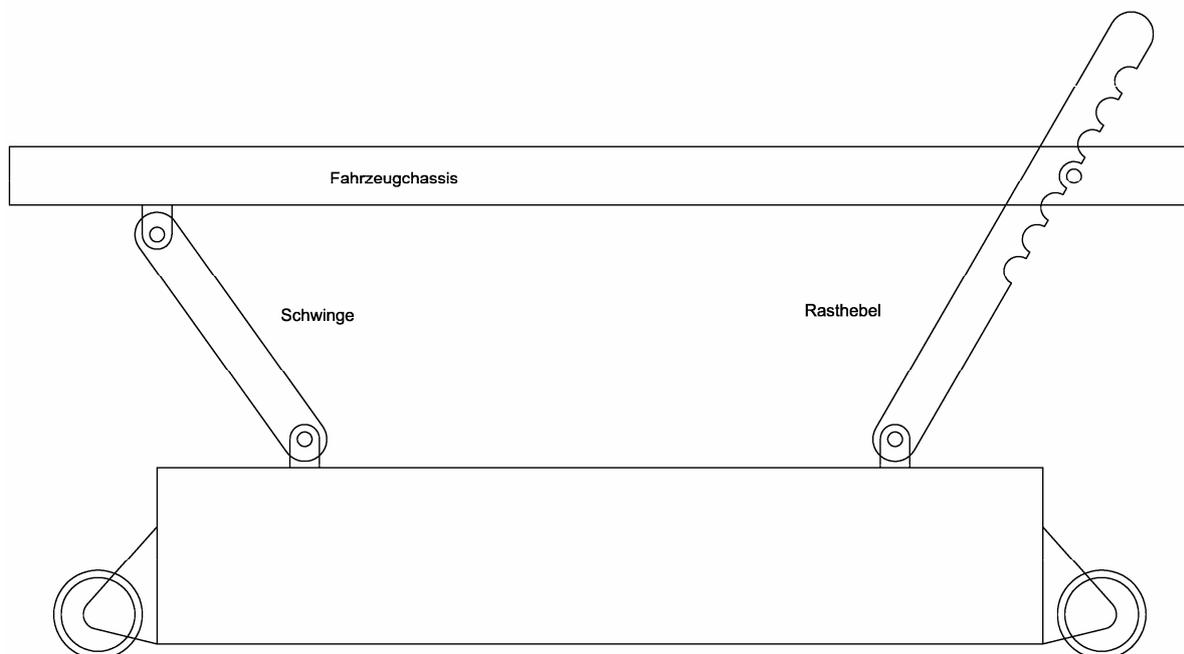
Wir entscheiden uns vorerst für eine mittige Anordnung unter dem Traktor, um auch hier noch die Schwerpunktlage günstig zu beeinflussen.

Weitere Vorteile der Dreimesser Anordnung sind die geringeren rotierenden Massen und dass das Mähwerk in der Tiefe relativ schmal baut.

Neue Wege gehen wir bei der Befestigung des Mähwerks am Fahrzeug. Standard ist hier eine Aufhängung mittels Blechprofilen in Form einer einfachen Schwingenkonstruktion.

Vereinfachend dargestellt, ist eine Seite durch einen schrägen Schwingenarm mit dem Fahrzeugchassis verbunden. Am anderen Ende ist ein Hebel angebracht, der in einer entsprechenden Rastung sitzt und somit die Schnitthöhe festlegt. Unterstützt wird das Mähwerk durch Räder oder kufenartige Gebilde, die ein Gleiten über Bodenwellen ermöglichen sollen.

Skizze Mähwerk_klasisch.



Ein Nachteil dieser klassischen Mähwerksanbringung ist die Beeinflussung der Schnitthöhe durch den Abstand des Fahrzeugchassis zum Boden, d.h bei Bodenwellen oder anderen natürlichen Unebenheiten schwankt die Schnitthöhe mehr oder weniger stark.

Unser Ansatz ist nun folgender: Durch das federnde Fahrwerk muss das Mähwerk völlig autonom arbeiten können. Die Verstellung der Schnitthöhe erfolgt direkt am Mähwerk mittels der in der Höhe verstellbaren Laufräder. Hier verfolgen wir die Philosophie, dass gerade die permanente Schnitthöhenverstellung in der Praxis wesentlich seltener benötigt wird als das Anheben des Mähwerkes zum Fahrzeug hin, um besser manövrieren zu können. Daher entscheiden wir uns für die rein mechanische Schnitthöhenverstellung, welche zeitlich gesehen kaum Nachteile bringt. Für eine vollelektronische Schnitthöhenverstellung ergibt sich aber, wie später erläutert, ein sehr universeller Ansatz. Am Fahrzeug selbst braucht es eine Vorrichtung, welche das Absenken in Arbeitsposition ermöglicht. Gleichzeitig muss das

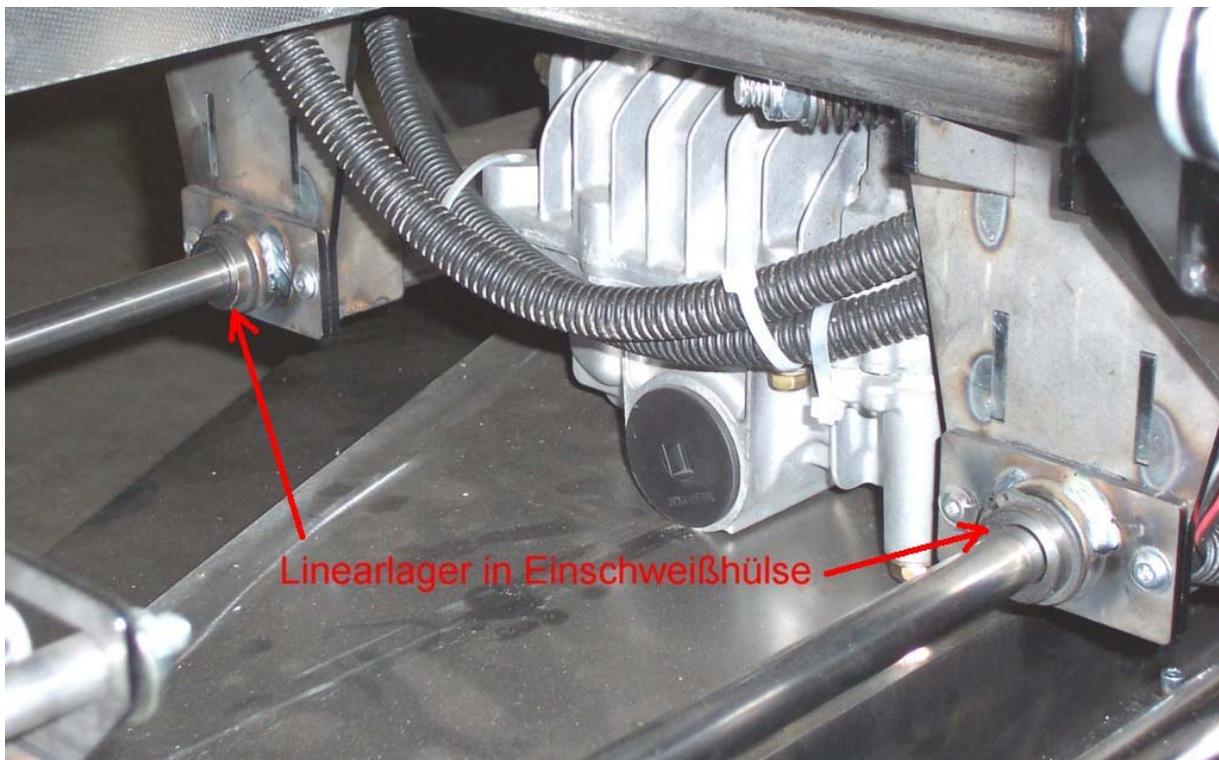
Mähwerk in seiner Arbeitsposition aber sehr flexibel sein, um auch im Fahrbetrieb mindestens die Ein- und Ausfederwege des Fahrwerkes kompensieren zu können. Auch eventuellen Bodenunebenheiten sollte das Mähwerk folgen können, was eine ständige Ausweichmöglichkeit nach oben und unten bedingt. Für die transversale Verstellbarkeit braucht es eine lineare Führung, die zum einen mit wenigen beweglichen Teilen auskommt und zum anderen robust gegen äußere Einflüsse wie Verschmutzung und Feuchtigkeit ist. Die Verstellbarkeit sollte möglichst groß und in angemessener Geschwindigkeit erfolgen können.

Lineare Führung des Mähwerkes

Als Führung zur transversalen Verstellbarkeit bietet der Markt eigentlich nur Anleihen im konventionellen Maschinenbau. Führungen wie Schwalbenschwanz oder profilierte Schienen, auf denen Kugellagerelemente rollen, erscheinen zu anfällig und sind auch vom Gewicht her recht schwer.

Die Lösung bringen hier Linearkugellager, die in den Querrohren für das hydrostatische Getriebe austauschbar montiert sind. In diesen Lagern laufen gehärtete und geschliffene Wellen, an deren Ende über dazugehörige Lagerböcke die Aufnahme der Mähwerksarme realisiert ist. Die Wellen bieten wenig Auflage und Angriffsfläche für Verunreinigungen. Sonstiger Schmutz wird über in den Lagern vorhandenen Doppellippendichtungen abgestreift. Durch die Integration der Lager in die Querrohre des hydrostatischen Getriebes ergibt sich ein Abstand der Lager außen von ca. 560mm. Bei geplanten 1200mm Gesamtbreite abzüglich des Platzbedarfes für die Lagerböcke und anderer Komponenten, ergibt sich somit eine transversale Verschiebbarkeit von ca. 260mm nach jeder Seite. Wenn man den Einsatz in Obstplantagen betrachte, so sind Stammdurchmesser jenseits der 260mm nicht zu erwarten.

Foto Lineare Führung

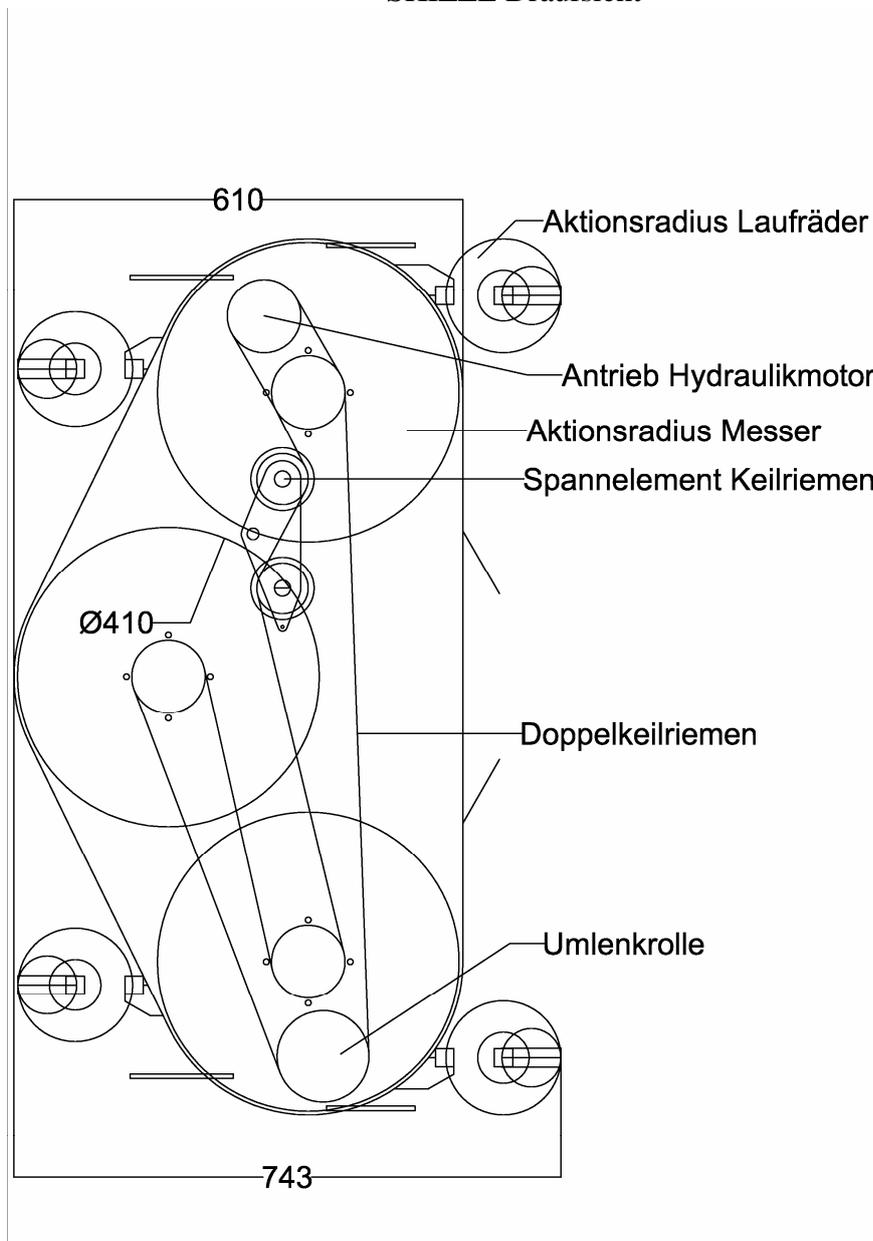


Fahr / Arbeitsposition des Mähwerkes

Zunächst soll geklärt werden, wie das Absenken des Mähwerkes realisiert werden kann.

Eine Schwingenkonstruktion, wie sie bei den klassischen Varianten Verwendung findet, kann nicht eingesetzt werden. Diese wäre zwar einfach zu realisieren, hat aber zur Folge, dass sich das Mähwerk in der Auf- und Ab-Bewegung auch zwangsweise Vor und Zurück bewegt. Ein Fakt, der bei unserer ultrakompakten Bauweise nicht möglich ist, zumal wir mit dem Chassis eine deutlich höhere Bodenfreiheit realisiert haben, was den Effekt noch verstärkt. Das Mähwerk weist eine Mindestbreite auf, die der Gesamtbreite des Fahrzeuges entspricht. 1200mm Gesamtbreite durch drei Messer ergibt 400mm pro Messer. Die Messer werden etwas größer, um sicheren Überschneit zu gewähren und gegeneinander derart versetzt, dass eine Schnittbreite von 1200 mm ermöglicht wird. Die Platzbedarf in der Tiefe liegt somit bei ca. 610mm. Hinzu kommt noch der Platzbedarf der hinteren Mähwerksräder von ca. 135mm. In der Tiefe nimmt das Mähwerk somit einen Raum von ca. 745mm ein. Zwischen den Rädern des Fahrzeuges haben wir einen Abstand von 770mm für die Unterbringung des Mähwerkes zur Verfügung.

SKIZZE Draufsicht



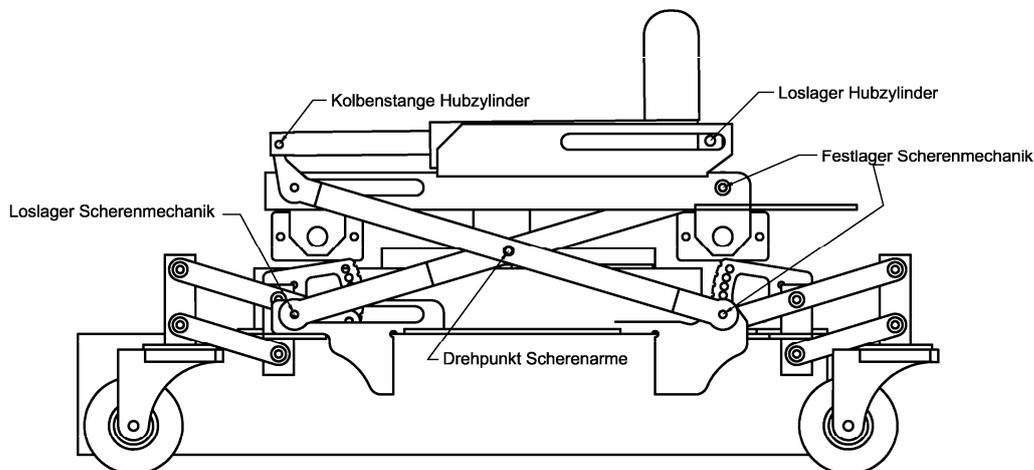
Daraus folgt, dass das Absenken in absolut vertikaler Richtung erfolgen muss. Eine lineare Führung der Vertikalbewegung analog der horizontalen Bewegung ist hier wegen des Platzbedarfes nicht möglich. Es kommt nur eine Führung in Frage, die mit dem Mähwerk

geht und selbst keinen Raum nach oben oder unten in Anspruch nimmt. Die transversale Verschiebbarkeit wäre ja sonst durch zusätzliche Ausleger nicht mehr möglich. Zuerst verfolgten wir den Gedanken, dieses Problem mittels Seilzüge zu lösen aber nach Betrachtung eines Hubtisches ergab sich die Lösung in Form einer Scherenmechanik. Eindeutige Vorteile sind die wenigen bewegten Teile. Wenn das Mähwerk angehoben wird, nehmen die beiden Streben eine immer flachere Form an, so dass eine sehr raumsparende Konstruktion möglich wird. Diese Konstruktion ermöglicht die präzise vertikale Auf- und Ab-Bewegung des Mähwerkes.

Die nächste Aufgabe besteht in der Lösung des Problems, dem Mähwerk in seiner Arbeitsstellung eine Auf- und Ab-Bewegung zu ermöglichen, die unbeeinflusst von der Scherenmechanik für das Absenken sein muss.

Für das Absenken des Mähwerkes in die Arbeitsposition, entschieden wir uns für elektrische Hubzylinder, die es mittlerweile in vielen Größen und für viele Einsatzzwecke gibt. Die hier eingesetzten Hubzylinder besitzen interne Endschalter, mit denen die beiden Endlagen eingestellt werden können. Eine separate äußerliche Erfassung der Stellungen entfällt somit. Die Hubzylinder sind in einem U-Profil untergebracht, wo sie sich mit ihrer gehäuseseitigen Befestigungsmöglichkeit in einem Langloch frei bewegen können. Die Kolbenstange ist mit dem beweglichen Arm der Scherenmechanik verbunden.

Zeichnung



Die Funktionsweise ist nun wie folgt:

Fährt der Hubzylinder aus, bewegt sich dieser mit seiner gehäuseseitigen Befestigungsmöglichkeit im Langloch bis er außen in selbigem anschlägt. Durch das nun entstandene Gegenlager und der weiteren Auswärtsbewegung der Kolbenstange, wird in Folge der bewegliche Arm der Scherenmechanik nach außen gedrückt. Die Schere verflacht sich und das Mähwerk wird angehoben. Die Endlage wird durch den entsprechenden integrierten Endlagenschalter begrenzt.



Das Absenken funktioniert logischerweise in umgekehrter Reihenfolge. Der Hubzylinder wird dabei in seiner kurzen Länge so eingestellt, das er mit seinen Befestigungspunkten ungefähr mittig in den Langlöchern steht.

Wenn das Mähwerk durch Bodenwellen ausgehoben wird oder aber das Fahrwerk vertikale Bewegungen ausführt, dann bewegt sich der Hubzylinder frei in den Langlöchern. Dadurch ist eine Entkoppelung der Hebe- Absenkmechanik von der vertikalen Beweglichkeit des Mähwerks gegeben. Oder anders ausgedrückt, durch diese völlige Entkoppelung der vertikalen Mähwerksbewegungen von der vertikalen Fahrzeugbewegung, kann das Mähwerk optimal den Bodenkonturen folgen.

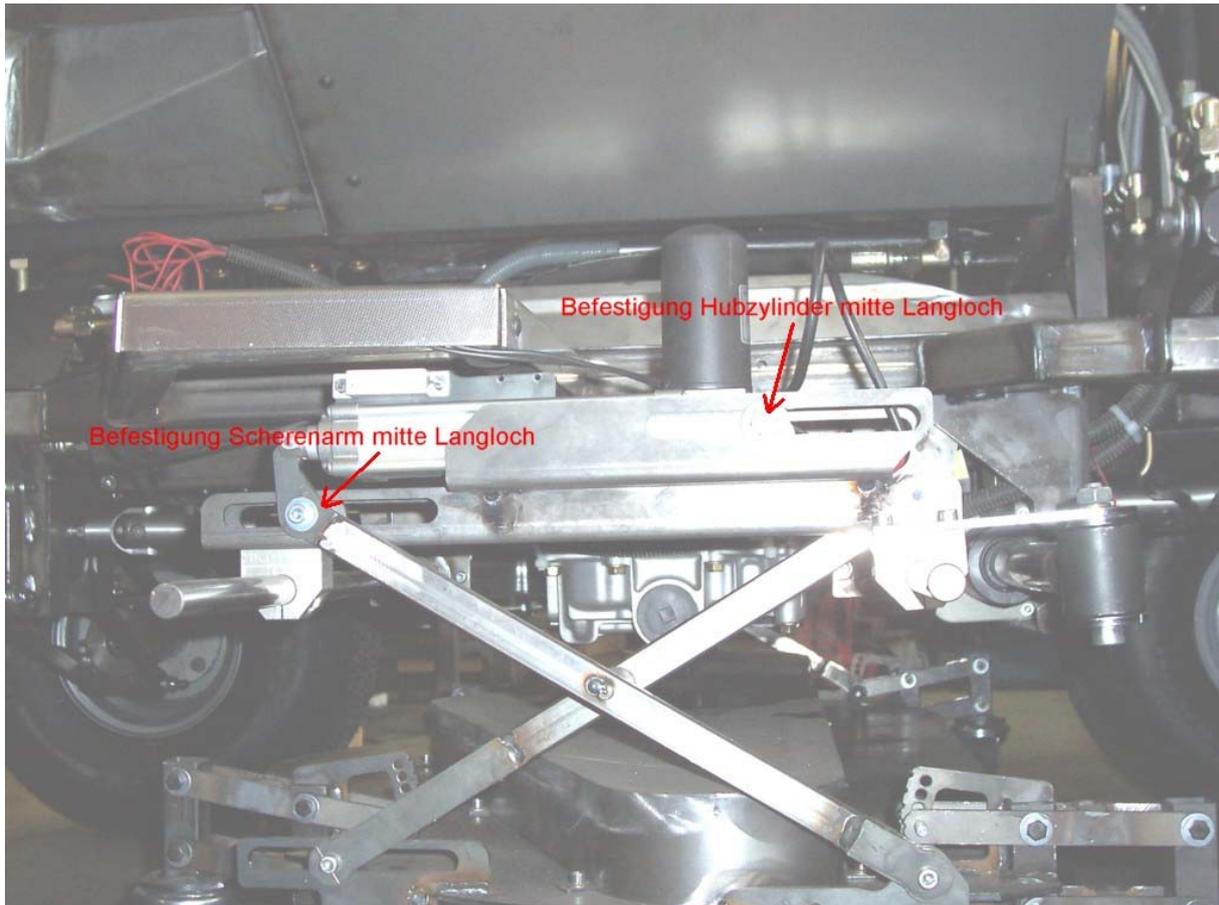


Foto ausgefahren

Hier ergibt sich ein sehr interessanter Aspekt der Adaption dieser Auslegung der Mähwerksabsenkung für andere Kleintraktoren dieser Art. Für alle Kleintraktoren, die nicht über ein gefedertes Fahrwerk verfügen, was so ziemlich auf alle Fabrikate am Markt zutrifft, kann man durch Steuerung der Hubzylinder die Schnitthöhe stufenlos einstellen. Ein autonomes Betreiben des Mähwerkes ist dort nicht gegeben. Die Schnitthöhe ist vielmehr der Abstand vom Mähwerk zum Fahrzeugchassis. Diese elektrischen Hubzylinder sind noch in Versionen mit integrierten Tachogeneratoren nebst zugehöriger Steuerung erhältlich. Hier werden über einen Sensor die Umdrehungen der Spindel gemessen und ausgegeben. Die Länge des Hubzylinders ist damit recht einfach und genau mittels Taster oder Drehregler einstellbar.

Transversale Verschiebbarkeit des Mähwerkes

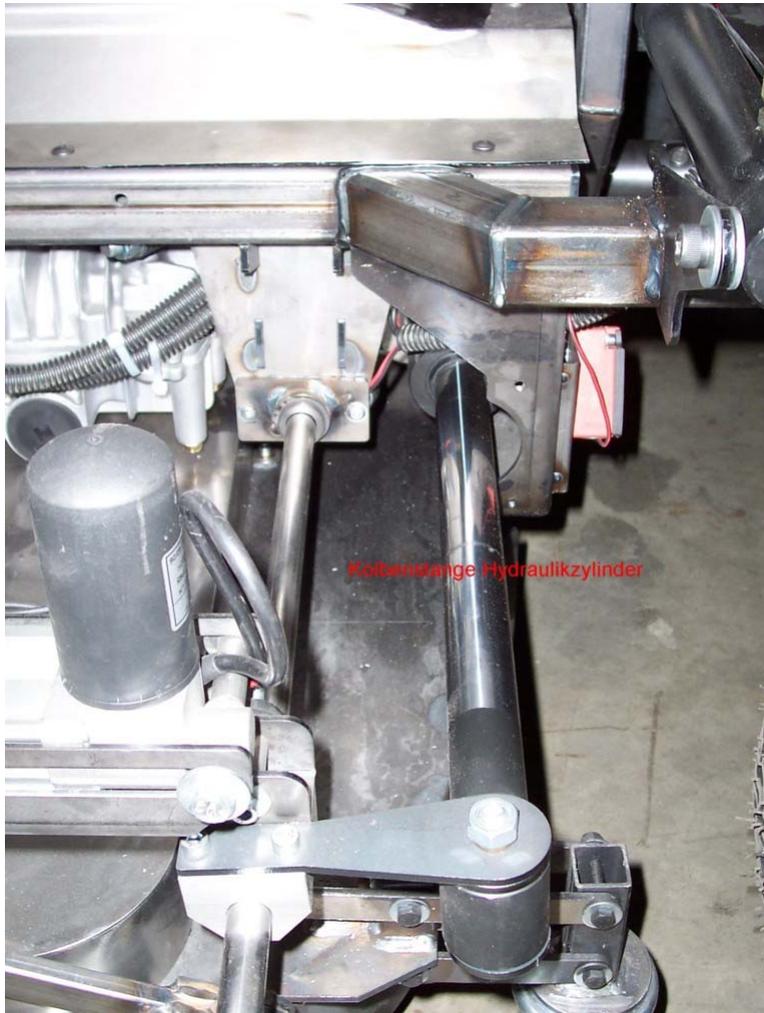
Nach dem die Problematiken der linearen Führung und der Auf und Absenkfunktion geklärt sind, befassen wir uns mit dem Antrieb der transversalen Verschiebung.

Bei einem benötigten Verstellbereich von plus/minus 260mm, wird ein gesamter Hub von fast 600mm benötigt.

Naheliegender wäre ebenfalls der Einsatz eines elektrischen Hubzylinder, der diesen Verstellbereich abdecken würde. Problematisch und als daher nicht zu Verwirklichen stellt sich jedoch die geringe Hubgeschwindigkeit heraus. Typischerweise beträgt diese um die 12mm/s, was bei einem Hub von 600mm eine Verstellzeit von 50 Sekunden bedeutet, ein Wert der eindeutig zu hoch erscheint. Da für die Sitzverstellung bereits eine Hydraulikeinheit benötigt wird, wird als Antrieb für die transversale Verstellung ebenfalls ein Hydraulikzylinder entsprechender Baugröße eingesetzt. Da sich dieser Zylinder mit seiner 30mm starken Kolbenstange parallel zur Linearführung des Mähwerkes bewegt, stabilisiert er

diese Führung zusätzlich. Der Zylinder kann über entsprechende Drossel- und Dämpfungsventile den Anforderungen an die gewünschte Ein- und Ausfahrgeschwindigkeit angepasst werden.

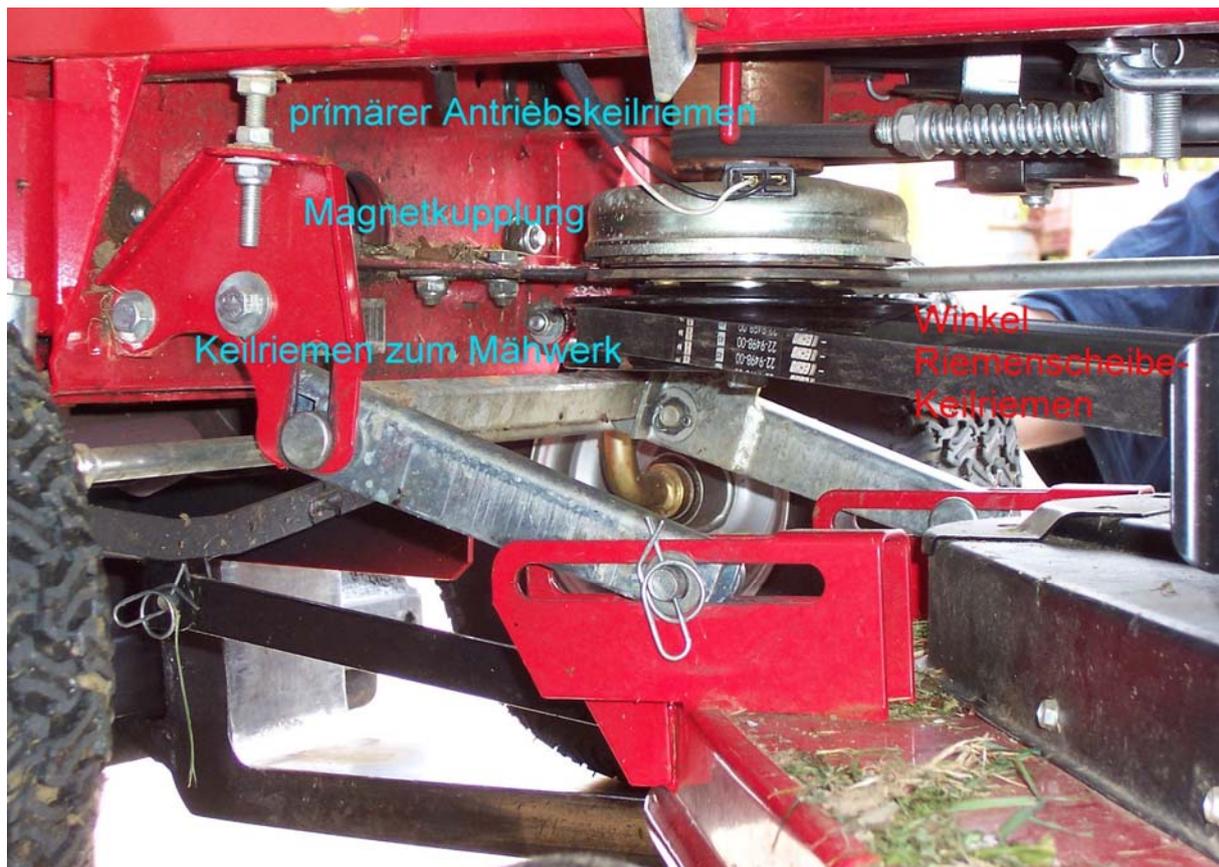
FOTO



Antrieb des Mähwerkes

Die klassischen Mähwerke werden ausnahmslos über Keilriemen angetrieben. Dabei ist zu unterscheiden zwischen dem primären Antrieb vom Verbrennungsmotor, meist mit zwischen geschalteter Kupplung, und dem Riementrieb, der die drei Mähmesser miteinander verbindet. Wie schon angedeutet, ist der praktizierte primäre Antrieb des Mähwerkes als nicht zufriedenstellend zu bezeichnen. Wenn das Mähwerk in der Höhe verstellt wird, ändert sich dabei auch die Flucht der Riemenscheiben zu einander. Dadurch läuft der primäre Keilriemen auch ständig in einem anderen Winkel auf die Riemenscheiben auf. Das führt zu starkem Verschleiß der Komponenten.

Foto handelsüblicher Kleintraktor



Desweiteren ist ein Abbau des Mähwerkes damit verbunden, dass man erst das Schutzverdeck vom primären Keilriemen entfernen muss, dann den Keilriemen und dann erst, nach Lösen der Aufhängungsteile, das Mähwerk ausbauen kann.

Wir möchten hier eine wesentlich servicefreundlichere Lösung anbieten.

Zum Einsatz kommt ein Hydraulikmotor, der direkt auf dem Mähwerk sitzt. Der Anschluss an die fahrzeugseitig vorhandene Hydraulik erfolgt mittels Schnellkupplungen. In Verbindung mit Kugelsperrbolzen aus dem Maschinen- und Vorrichtungsbau als Lagerbolzen in den Hebelarmen, kann somit das Mähwerk schnell und vor allem werkzeuglos abmontiert werden, was Pflege- und Wartungsarbeiten enorm erleichtert. Auch sind so spätere Ausbaustufen der Mähwerke in ihrer Breite jederzeit schnell und leicht anzubringen. Für den Transport könnten diese einfach abgenommen werden.

Entscheidende Vorteile des hydraulischen Mähwerkantriebes sind ferner die sofortige Stillsetzung des Antriebes bei Ausschalten oder Not- Aus Situationen ohne jegliches Nachlaufen. Gerade das Mähwerk kann wohl als das Anbauteil mit dem größten Gefahrenpotential angesehen werden.

Den Riemenantrieb der Messer miteinander, realisieren wir in bekannter Weise. Die äußeren Messer müssen gegenläufig angetrieben werden, um den entsprechenden Luftstrom für das Ablegen des Schnittgutes nach hinten zu bewirken. Das bedingt eine Umlenkung an einem äußeren Messer, was gleichzeitig den Einsatz eines Doppelkeilreimes nötig macht. Durch die Umlenkung ist einmal die innere und einmal die äußere Seite des Keilriemens die treibende Seite.

Schnitthöhenverstellung

Da wir der Ansicht sind, dass die Schnitthöhe nicht permanent verstellbar sein muss, haben wir diese als rein mechanische Variante ausgeführt. In der Regel wird sich der Nutzer im

Vorfeld auf seine favorisierte Schnitthöhe festlegen und diese nicht während des Arbeitens permanent verstellen.

Durch die allseitige Beweglichkeit des Mähwerkes und damit dieses während seines Einsatzes praktischerweise transversal verschiebbar sein sollte, kommen als Laufräder nur identische Lenkrollen in Frage. Diese müssen zum einen stabil geführt und in der Länge einfach einstellbar sein.

Die Führung realisieren wir als doppeltes Parallelogramm, wobei der obere Arm verlängert wird und der Justage der Höhe dient. Am Ende des oberen Armes befindet sich dann ein Bogensegment mit 7 Bohrungen. Je nachdem in welcher der Bohrungen der obere Arm fixiert wird, ergibt sich eine andere Schnitthöhe. Die unterste Stellung entspricht dabei 20mm, die oberste Stellung 80mm. Jede Bohrung entspricht dabei einer Änderung um genau 10mm. Zur Fixierung werden ebenfalls Kugelsperrbolzen eingesetzt, die sich einfach per Hand montieren und demontieren lassen. Somit dauert das verändern der Schnitthöhe auch nur wenige Sekunden.

Hydraulikkomponenten

Durch die Ausführung der dynamischen Schwerpunktverlagerung, der transversalen Mähwerksverstellung und des primären Mähwerkantriebes mittels hydraulischer Systeme wird ein nicht unerheblicher Aufwand an hydraulischer Regelung benötigt.

Die Bauformen der Hydraulikzylinder richtet sich maßgeblich nach der benötigten Leistung und der benötigten Hubwege. Zur Verwendung kommen hier Zylinder der Normreihe. Hydraulikpumpe und Motor sind ebenfalls standardisierte, verbreitete Bauteile.

Die Steuer- und Regeltechnik kann man entweder durch Einzelkomponenten aufbauen oder aber man wählt eine maßgefertigte Lösung. Wir wählten eine Maßgefertigte Lösung.

Einzelkomponenten gibt es in standardisierten Baugrößen, die miteinander verschraubt werden. Im Ergebnis bauen diese Einheiten sehr voluminös. Da wir auf höchste Kompaktheit bei der Realisierung angewiesen sind, kommt nur die maßgefertigte Lösung in Betracht.

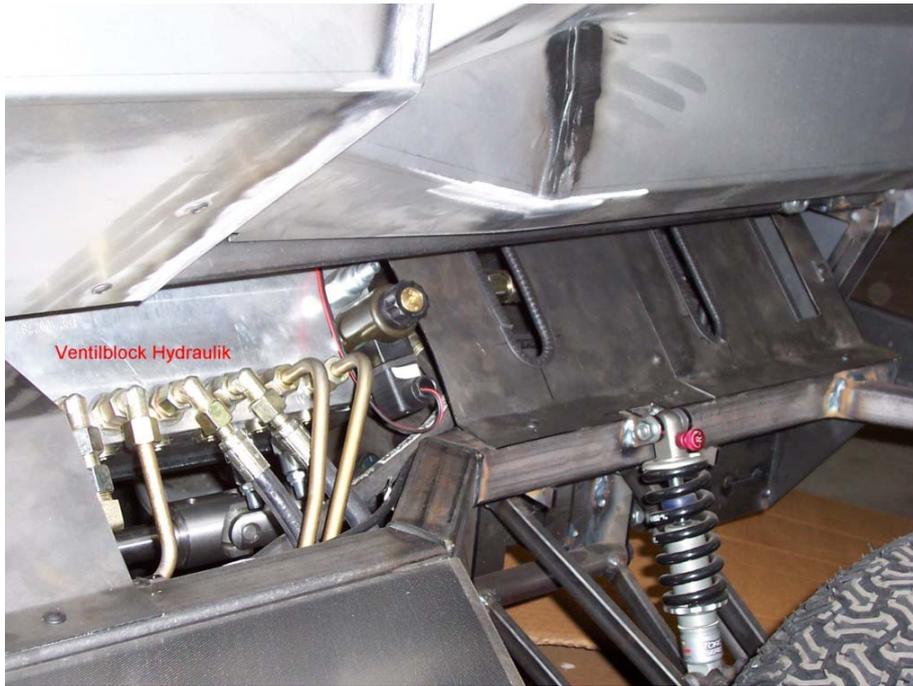
Sämtliche Regel- und Steuerventile mitsamt den dazugehörigen Drossel- und Rückschlagventilen sind in einem massiven bearbeiteten Aluminiumblock untergebracht.

Diese Variante garantiert die größtmögliche Kompaktheit dieser Regel- und Steuereinheit.

Im Fahrzeug wurde die Einheit direkt hinter der Vorderachse untergebracht. Somit trägt auch diese zur Optimierung der Gewichtsverteilung und einem tiefliegenden Schwerpunkt bei. Der Abstand des Ventilblockes zur Antriebsachse beträgt lediglich 15mm.

Die Pumpenleistung ist mit 11 ccm/ U und einem Dauerdruck von 250 bar ausreichend dimensioniert. Somit können auch später weitere Anbaugeräte mittels Hydraulischer Antriebe (Zylinder oder Motoren) betrieben werden.

FOTO



Kippsicherung / Abrutschsicherung am Hang

Um eine Basis für Untersuchungen zur Abrutschsicherung am Hang zu haben, wurde erst das Fahrzeug selbst, nebst den zu entwickelnden primären Zielen, realisiert.

Die Kippsicherung ist alleinig schon aus der Tatsache unserer technologischen Lösung der dynamischen Schwerpunktverlagerung in einen völlig außergewöhnlichen Bereich gegeben. Der Kippwinkel des fertigen Fahrzeuges liegt bei nahezu 52° .

Bei Neigungen von 35° ist durch den tiefliegenden Schwerpunkt noch keinerlei Kippneigung gegeben.



Auf zusätzliche Ausleger kann daher verzichtet werden, da eine Verbesserung der Kippsicherheit dadurch nicht zu erwarten ist.

Wie wir im Zuge der Realisierung des Projektes feststellen mussten, ist eine Arbeitslage für solche Art Kleintraktoren jenseits der 30° schon durch die Tatsache begrenzt, dass die zur Verfügung stehenden Motoren keinen sicheren Arbeitsbetrieb in solchen Betriebsstellungen ermöglichen. Die von uns realisierte dynamische Schwerpunktverlagerung versetzt den Fahrer bis zu einem Winkel von 32° in eine absolut waagerechte Position. Hinzu kommt dann noch ein Toleranzbereich, in dem sich der Fahrer dann in einer geringen Schräglage zum Hang befindet. Am Markt befindliche Kleintraktoren beherrschen kaum mehr als 17° Hangneigung um ihren Kippunkt zu erreichen. Durch schmalen Radstand in Verbindung mit hohen Aufbauten (zu beachten ist hier auch die oft hohe Sitzposition) ist ein Einsatz quer zum Hang schon bei relativ flachen Gelände mit Risiken verbunden.

Nach reiflicher Überlegung kommen wir zu dem Schluss, dass eine weitere Abrutschsicherung im Verhältnis von technologischen Aufwand zur erreichbaren Funktion kaum mehr vertretbar erscheint. Zumal weitere größere Steuerungselemente die anvisierte Kompaktheit des hier entstandenen Fahrzeuges sprengen würde. Im übrigen würden Verankerungssysteme dem Wortlaut nach schon nicht funktionieren, da das Fahrzeug ja in ständiger dynamischer Bewegung ist und demnach nicht verankert werden kann. Eine Möglichkeit, mitlaufende Stahlscheibenräder anzubringen, haben wir verworfen da dadurch die Grasnarbe stark beschädigt würde. Eine Variationsmöglichkeit besteht schon durch die Auswahl der Bereifung, entweder ein rasenschonendes Profil oder grobes Ackerstollenprofil.

Verwendete Technologien

Da wir in der Blech- und Metallbearbeitung zu Hause sind, ist die Herstellung der größten Anzahl der Teile direkt im eigenen Hause durch Stanzen, Nibbeln, Laserschneiden, Biegen und Schweißen möglich. Als Spezialist in der Blechbearbeitung spielte die Bearbeitung von Profilrohren aber bisher eine untergeordnete Rolle.

Hier konnten wir aber durch Versuche mittels dem Einsatz unserer 3D- Laseranlage vielversprechende Ergebnisse erreichen. Das Zuschneiden von Profilrohren und die Einbringung der benötigten Bohrungen erscheinen für Serienfertigungen durchaus lohnenswert.

Da der 3D- Laser mit einer zusätzlichen Achse speziell zum Schneiden von Rohren ausgestattet ist, haben wir auch Versuche unternommen, die für die Radaufhängung benutzten Präzisionsstahlrohre darauf zu fertigen. Hier stießen wir aber auf Probleme. Da der Laser-Schneidkopf technologiebedingt immer senkrecht zum Werkstück stehen muss, entstehen beim Schneiden von starkwandigen Rohren kegelförmige Bohrungen. Belässt man den Schneidkopf in einer Ebene, dann führt dies aber zu unterschiedlichen zu schneidenden Materialstärken. Nur auf der oberen Mittellinie wäre die zu schneidende Materialstärke gleich der Materialstärke des Rohres. Die im Schnitt unterschiedliche Materialstärke führt dann aber zu extremer Gratbildung. Die Nacharbeit an solch hergestellten starkwandigen Rohren ist zu unproduktiv.

Somit wurden die Rohre für die Radführung durch Fräsen hergestellt.

Alle benötigten Teile, die durch Zerspanung (Drehen, Fräsen) hergestellt werden müssen, wurden an langjährige Zulieferer vergeben, die in anderen Bereichen unserer Produktion bereits aktiv sind.

Zum Teil neue Wege gingen wir bei dem Zusammenfügen der Teile/Baugruppen durch Schweißen. Hier kamen im wesentlichen zwei Scheißverfahren zum Einsatz, das gebräuchliche MAG – Schweißen und das bei uns selten eingesetzte WIG – Schweißen.

Alle Komponenten der Radführung wurden durch WIG – Schweißen miteinander verbunden. Das ermöglicht besonders filigrane, präzise und hochfeste Schweißnähte bei optimaler Prozesssicherheit.

Im übrigen ergaben sich generell besondere Herausforderungen beim Zusammenfügen der Teile, in dem die Maßhaltigkeit und der thermische Verzug beherrscht werden musste.

Hier konnten wir durch den Bau von Schweißtischen und dem Bau von speziellen Schweißlehren für die einzelnen zu verbindenden Teilen eine hohe Genauigkeit erzielen.

Aber besonders das Beherrschen des thermischen Verzuges (hier besonders der Radführung und des Fahrzeugchassis), braucht es Erfahrung und viel „Probieren“, um optimale Ergebnisse zu erzielen.

Zu den verwendeten Technologien möchten wir hier noch den Einsatz verschiedener Software zur Konstruktion erwähnen. Da wir uns als klassischer Dienstleister im Bereich der Blechbearbeitung im flachen zweidimensionalen Bereich bewegen, hat der Einsatz von 3D-Konstruktionssoftware, obwohl vorhanden, nur untergeordnete Bedeutung.

Bei diesem Projekt kam die 3D- Software „Mechanical Desktop“ bei der Konstruktion und Dokumentation erstmals in größeren Maßstab zum Tragen. Die Erstellung und zeichnerische Aufarbeitung der maschinenbautechnischen Teile für die Zulieferer, erfolgte ausschließlich damit. Bei der Verwirklichung des Projektes wurden somit sehr wertvolle Erfahrungen im komplexen Zusammenwirken von spezieller Software zur 2D- und 3D-Konstruktion nebst Blechabwicklung, der 3D-Volumenkörper-Konstruktion (Mechanical Desktop) und der Verwendung der Software zur Programmierung der Maschinen gesammelt.

Gerade in der Entwicklung des Unternehmens weiter zu einem Dienstleister mit eigener dem Stand der Technik entsprechender Entwicklungs- und Konstruktionsabteilung hat dies sehr positive Impulse verliehen.

3. Bewertung der Ergebnisse gemessen an den Zielsetzungen

Durch die Realisierung dieses Projektes entstanden nicht nur neue Funktionselemente, sondern vielmehr ein komplett neues Fahrzeug, das für diese Klasse völlig neue Funktionalitäten aufweist und so am Markt nicht vorhanden ist. Die Zielsetzung, neue Funktionselemente zur allgemeinen Anwendung an Nutzfahrzeugen für den Einsatz in schwierigen Gelände am Beispiel eines Kleintraktors zu entwickeln, konnte durchweg umgesetzt werden. Das entwickelte Fahrzeug besitzt folgende, innovative Eigenschaften

- Kompakte Abmessungen
- Starker Antriebsmotor mit 20 PS
- Hydrostatischer Fahrtrieb
- Permanenter Allradantrieb
- Schaltbares Differential
- Einzelradaufhängung
- Gefedertes Fahrwerk mit gesamt ca. 90mm Federweg
- Einstellbare Zugstufendämpfung
- Leistungsfähige Hydraulische Anlage zur Versorgung von Anbaugeräten
- Dynamische Schwerpunktverlagerung
- Dynamische waagerechte Sitzposition bis zu 32 grad Querneigung
- Transversal verstellbares Mähwerk im Bereich von plus minus 260 mm
- Elektrische Mähwerksabsenkung
- Schnittbreite von 1200mm
- Einstellbare Schnitthöhe von 20mm- 80mm
- Werkzeugloser Mähwerkswechsel

Kippwinkel jenseits der 50 grad Neigung quer zum Hang



Die entwickelten Basiskomponenten „Dynamische Schwerpunktverlagerung“ und „transversale Verschiebbarkeit des Mähwerkes“ können mit Sicherheit auf andere Fahrzeuge adaptiert werden, wobei die Adaptierung der Mähwerkskonstruktion sicherlich leichter möglich ist.

Ein System, wie das der dynamischen Schwerpunktverlagerung, ist doch ein sehr komplexes. Die unmittelbare Wechselwirkung zwischen Schwerpunktverlagerung und konstruktiver Gestaltung des gesamten Fahrzeuges braucht eine völlig neue Betrachtung der Thematik Kleintraktor.

Hier glauben wir aber einen sehr interessanten, zukunftssträchtigen Weg beschritten zu haben. Wie sich zeigte, ist es mit der alleinigen Entwicklung einzelner lokaler Elemente nicht getan. Die Durchdringung und Wechselwirkung der eingesetzten Komponenten, stellten ständig neue Herausforderungen dar. Diese zu einen harmonischen, funktionalen Gesamtbild zu formen, stellten einen nicht minder wichtigen Teil der zu lösenden Problematiken dar. Das Potential mit dieser Entwicklung am Markt, schlecht bediente Nischen bedienen zu können, ist auf alle Fälle gegeben.

Erstaunt hat uns in der ganzen Fase der Entwicklung die Problematik auf geeignete standardisierte Komponenten zugreifen zu können. Als „Neuling“ und mit der Entwicklung vorerst eines Prototypen ist es doch sehr schwer Kontakte und Geschäftsbeziehungen zu knüpfen. Auch bei der Verwirklichung von neuen Ideen und wenn es darum geht gewohnte Pfade zu verlassen, tun sich viele Unternehmen doch recht schwer. Es brauchte gerade bei der Hydraulik viele Anläufe um eine Firma zu finden, die sich dieser für sie neuen Problematik stellte.

Das in unserer Entwicklung noch potenzial viel Feinarbeit steckt, ist uns durchaus klar.

Nicht zuletzt wird die Resonanz aus dem anvisierten Markt heraus und der Druck, nicht nur ein innovatives, sondern auch kostendeckendes Produkt anzubieten, zu Veränderungen und weiteren Entwicklungen führen. Ein sehr interessanter Aspekt ergab sich noch Ende 2006. Von der Firma Tuff Torq, gibt es seit Neuestem einen zweiteiligen hydrostatischen Fahrtrieb, der speziell für den Allradantrieb entwickelt wurde. Aus patentrechtlichen Gründen steht dieser wohl leider erst ab Ende 2007/Mitte 2008 OEM Kunden und anderen Interessierten zur Verfügung. Gerade wenn es um die kostenseitige Wettbewerbsverbesserung und Optimierung des Endproduktes geht, sollte und muss man solche Entwicklungen im Auge behalten.