

Zeitschrift: Landtechnik Schweiz

Herausgeber: Landtechnik Schweiz

Band: 77 (2015)

Heft: 8

Artikel: Überlegungen zur Getriebetechnik

Autor: Gnädinger, Ruedi

DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-1082819>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

Download PDF: 04.02.2026

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>

Überlegungen zur Getriebetechnik

Jeder Traktorhersteller bietet heute eine grosse Auswahl von Getriebevarianten an. Der Wettkampf mit Neuerungen samt Fantasiebezeichnungen nimmt kein Ende. Gleichzeitig steigt auch der Preis, und das Risiko von teuren Reparaturen nimmt zu, denn es können sich im Traktorleben vorzeitig Getrieberevisionen aufdrängen, die heutzutage oftmals teurer sind als solche von Motoren.

Ruedi Gnädinger

In den 60er-Jahren hatte der übliche Traktor ein Getriebe mit vier bis fünf Vorwärtsgängen im Hauptgetriebe und nachgeschaltet zwei Gruppen für Transport- oder Feldarbeiten. Die Rückwärtsfahrt erfolgte über einen Retourgang im Hauptgetriebe, oder nebst den zwei Vorwärtsgruppen gab es noch eine Retourgruppe.

Technische Bescheidenheit

Somit standen acht bis zehn Vorwärtsgänge und zwei bis fünf Rückwärtsgänge zur Verfügung. Das Hauptgetriebe war in der Regel ein sogenanntes Leichtschaltgetriebe (Klauenschaltung ohne Synchronringe), oder einzelne dieser Gänge hatten eine Synchronschaltung wie beim Personenkraftwagen. Die Gruppengetriebe hatten eine gerade verzahnte Schieberadschaltung, bei der nur die nötigen Zahnradpaare im Eingriff stehen und bis heute noch die verlustärmste Lösung sind. Die Fachwelt erachtete diese Lösung als ausreichend, und die Anwender waren damit zufrieden. Warum also braucht es heute ein «Superpowershiftgetriebe» mit Lastschaltung,

sehr viel Gänge (bis zur Stufenlosigkeit) und Automatik (Getriebemanagement)?

Was ist eine gute Gangabstufung?

Mit der Erhöhung der zulässigen Höchstgeschwindigkeit haben sich die Anforderungen an Getriebe und Motorleistung bei Strassentransporten objektiv verändert, denn bei einer gleichen Gangabstufung sind dadurch mehr Gänge erforderlich. Die Arbeiten abseits der Strassen werden aber immer maschinen- und risikobedingt mit den ähnlichen Fahrgeschwindigkeiten ausgeführt. Mehr Gänge sind also nur im Strassenbereich wirklich nötig, wo bei schweren Transportarbeiten auch die Motorleistung die mögliche Fahrgeschwindigkeit einschränkt.

Zur Beurteilung der Gangabstufung gibt es den Fachbegriff Stufensprung. Den Stufensprung berechnet man, indem die Geschwindigkeit des grösseren Ganges (Bsp. 9 km/h) mit der Geschwindigkeit des nächst kleineren Ganges (Bsp. 7,5 km/h) dividiert wird ($9/7,5 = 1,2$). Mit dieser Verhältniszahl kann die Abstufung unabhän-

gig von der jeweiligen Nenngeschwindigkeit der einzelnen Gänge beurteilt werden. Beträgt beispielsweise die Nenngeschwindigkeit im grössten Gang 40 km/h und im nächst kleineren Gang 33,3 km/h, beträgt der Stufensprung ebenfalls 1,2. Die Abstufung ist also in beiden Fällen gleich gut, obwohl die absolute Geschwindigkeitsdifferenz bei den beiden höheren Gängen grösser ist. Ein Stufensprung von 1,2 gilt als gut, und eine Verminderung dieses Wertes bringt bei den heutigen Motoren mit hohem Drehmomentanstieg (manchmal Konstantleistung im oberen Viertel des Drehzahlbereiches) weder eine nennenswerte Arbeitszeitreduktion noch eine Verbesserung der Arbeitsqualität. In der Grafik «Zugkraft und Fahrgeschwindigkeit» wird die mögliche Zugkraft in den obersten vier Gängen bei Vollast des Motors dargestellt. Der dargestellte Geschwindigkeitsbereich der einzelnen Gänge entspricht dem Drehzahlnutzbereich zwischen einer angenommenen Nenndrehzahl von 2200 U/min und 1600 U/min. Der in diesem Drehzahl-

Die Höchstgeschwindigkeit 40 km/h, grössere Anhängergewichte und Feldentfernung verlangen nach einer guten Getriebeabstufung für Strassenfahrten. Zu viele Gänge und ein aufwendiger Kraftverlauf vermindern jedoch den Getriebewirkungsgrad.
(Bilder: Ruedi Gnädinger)



bereich angenommene Drehmomentanstieg ergibt eine durchgehend verfügbare Leistung von 90 % der Nennleistung. Das Diagramm beweist, dass sich unter diesen Voraussetzungen die maximalen Zugkräfte zwischen den benachbarten Gängen überlagern und daher über den ganzen Fahrbereich dieser vier Gänge die Zugleistung nicht eingeschränkt wird. Ein Stufensprung unter 1,2 hätte in diesem Fall keinen technischen Mehrnutzen.

Zudem nützt der Fahrer die Möglichkeiten bei noch kleineren Fahrgeschwindigkeitsveränderungen nicht ausreichend aus, weil er diese kleinen Differenzen kaum mehr wahrnimmt. Dies ist auch beim Personewagen der Fall, wenn der grösste Gang unwe sentlich länger übersetzt ist als der zweitgrösste Gang (fast gleiches Innen geräusch).

Lastschaltstufen sind sorgfältig zu bedienen

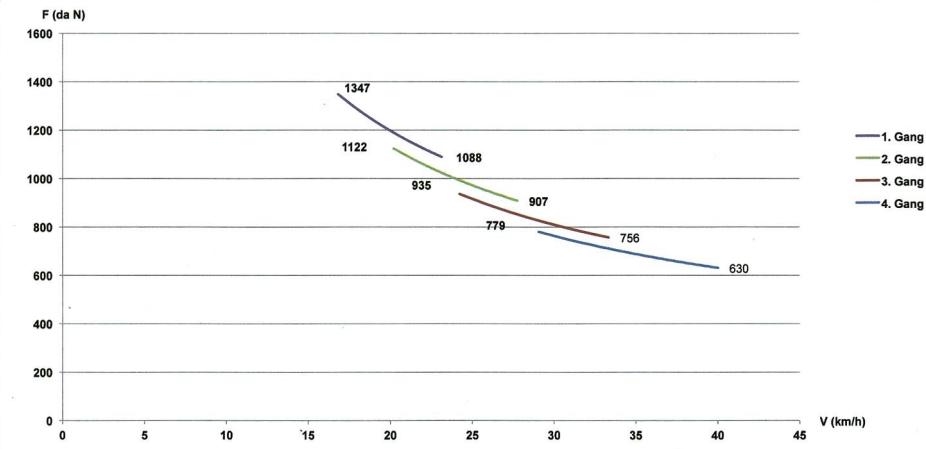
Lastschaltstufen ermöglichen einen Gangwechsel ohne Zugunterbruch. Dies hat unbestritten Vorteile, wenn mit grossen Lasten und kleinen Geschwindigkeiten in einen grösseren Gang geschaltet werden sollte. Ebenso bei Feldarbeiten wie Pflügen oder Ballenpressen. Ohne Lastschaltung steht das Fahrzeug beim Hochschalten still oder verliert zu viel an Geschwindigkeit. Dann bleibt nur die Wahl zwischen einem Wiederanfahren im gleichen Gang und der weniger kupplungsfreundlichen Variante im grösseren Gang.

Für die Lastschaltstufen werden in Traktorgetrieben Planetensätze und mit Öl druck gesteuerte Lamellenkupplungen eingesetzt. Durch den Einbau mehrerer Planetensätze und durch die gezielte Ansteuerung der entsprechenden Lamellenkupplungen können so preiswerte Getriebe mit mehreren Lastschaltstufen angeboten werden. Zusätzlich hat diese Getriebekonstruktion den Vorteil, dass das Getriebegehäuse kürzer sein kann als



Sowohl herkömmliche Fahrkupplungen (links PW) als auch die nicht lösbareren Kupplungen (rechts Traktor ohne Fahrkupp lung) haben federnde Nabens, welche die grössten Drehmomentspitzen beim Anfahren und Gangwechsel dämpfen.

Beispiel: Zugkraft F und Geschwindigkeit V bei einem Motor mit hohem Drehmomentanstieg in den grössten Gängen 1, 2, 3 und 4



Bei hohem Drehmomentanstieg des Motors und einem Stufensprung von 1,2 steht im ganzen Fahrbereich die volle Zugkraft zur Verfügung.

bei herkömmlichen Getrieben mit gleich vielen Gängen. Allerdings muss der Kraftfluss über mehrere Zahnradpaarungen erfolgen. Somit verschlechtert sich der Getriebewirkungsgrad.

Ein Schalten ohne Zugunterbruch bedeutet aber auch, dass beim Schaltvorgang innerhalb einer kurzen Zeit unterschiedlich schnell drehende Wellen und Fahrgeschwindigkeiten synchronisiert werden müssen. Diese Synchronisation erfolgt durch kurzzeitiges Schleifen der Lamellenkupplungen und hat wegen der Massenträgheit zur Folge, dass im ganzen Antriebsstrang Drehmomentspitzen auftreten, welche in der Regel mit einer verdrehbaren Druckfederkupplung zwischen Motor und Getriebe gedämpft werden (siehe Bild Kupplungsscheiben). Dabei ist zu beachten, dass die kinetische Energie im Quadrat zur Drehzahl oder Fahrgeschwindigkeit zunimmt. Bei kleineren Fahrgeschwindigkeiten und abseits von befestigten Strassen sind die auftretenden Kräfte noch klein und problemlos. Bei höheren Fahrgeschwindigkeiten und festerem Untergrund ist aber ein behutsamer Umgang mit dem Gaspedal angezeigt, da sonst bei häufiger Wiederholung kostspielige Reparaturen zu erwarten sind.

Automatische Gangschaltung – automatisch richtig?

Bei der automatischen Schaltung wird der Gang nicht nach den Überlegungen des Fahrers gewählt, sondern erfolgt gemäss dem Programm der eingebauten Steuerung (Motor-, Getriebe- und Fahrmanagement). Auf Prospekten werden diese Getriebekonstruktionen natürlich ins beste Licht



Eine ungünstige Anordnung der Gelenkwelle (Gelenkart und Beugewinkel) kann eine ungleichförmige Drehbewegung im Antriebsstrang verursachen und ihn beschädigen. Die passende Überlastkupplung schützt nicht nur die Maschine, sondern auch das Getriebe des Traktors.

gerückt und als Zukunftslösung angeboten. Objektiv geht es aber nur darum, ob diese Steuerung die Gänge besser auswählt, als ein Fahrer mit seinen Wahrnehmungen und Überlegungen dies tut, und ob die Bedienerleichterung etwas Wesentliches zur Sicherheit beiträgt.

Fakt ist, dass jeder Automat nur aufgrund der Informationen über die jeweilige Motordrehzahl, den Kraftbedarf, die Fahrgeschwindigkeit und des aktuellen Ganges eine Schaltung vollzieht. Vorausschauen und Erfahrungen in einer speziellen Situation berücksichtigen kann aber nach wie vor nur ein guter Fahrer. Es ist daher in jedem Fall von Vorteil, wenn der Automat noch die Option hat, über die Gangwahl selber bestimmen zu können.

Ein geringerer Bedienaufwand entlastet den Fahrer, und seine Sinne können allgegenwärtige Gefahren besser wahrnehmen. Ist das in jedem Fall so oder sind

nicht Übermüdung, fehlende Konzentration und Unterforderung die Ursachen, welche zu Unachtsamkeit und Sorglosigkeit führen?

Wie steht es um den Wirkungsgrad?

Energieeffizienz und Nachhaltigkeit sind häufige Themen. Rarer sind hingegen praktikable Lösungen und das Wissen, wie Neuerungen zu beurteilen sind; wie zum Beispiel über den Einfluss verschiedener Getriebekomponenten auf den Brennstoffverbrauch. Dazu wäre eine Prüfung in einem normierten Fahrzyklus nötig, welcher mit einem ausgewogenen Anteil von Kaltstarts, Feldarbeiten und Strassenfahrten, Anhängerbetrieb, Steigungen usw. einem repräsentativen Praxiseinsatz entsprechen müsste. Nur in einem solchen Vergleich können die Auswirkungen von Gewicht, Verlusten und optimierter Motorbetrieb in ihrer Gesamtheit gemessen und verglichen werden. Bei der Frage, wie es wohl um den Wirkungsgrad eines Getriebes steht, können folgende Überlegungen angestellt werden:

Reibung: Schon um die «Innereien» eines Getriebes zu drehen, muss ein Drehmoment erbracht werden, um die Reibung



Im Feld ist die Arbeitsqualität wichtiger als eine Maximierung der Fahrgeschwindigkeit.

im unbelasteten Zustand zu überwinden. Dieser lastunabhängige Energieverlust wird massgeblich durch die Anzahl der im Dauereingriff stehenden Zahnräder, der Lagerstellen der nicht kraftschlüssig geschalteten Lamellenkupplungen bestimmt und ist insgesamt auch abhängig von der Baugröße dieser Teile. Auch im Getriebeöl eingetauchte sich drehende Teile verursachen je nach Viskosität des Öls (Kaltstart) und Drehzahl Verluste. Diese lastunabhängigen Verluste werden also vorwiegend durch die «Aufwendigkeit» eines Getriebes bestimmt, denn die Mög-

Den Nutzen richtig einschätzen

Da die Auswahl des Getriebes den Kaufpreis und die Folgekosten beeinflusst, sollte der Entscheid von rationalen Überlegungen geprägt sein. Die Auswahl hat daher nach den betrieblichen Bedürfnissen und nicht nach dem Angebot zu erfolgen. Dazu ist ein Rückblick in die Vergangenheit nötig. Was hat sich beim Getriebe des alten Traktors bewährt und sollte beibehalten werden? Erst dann sind die Ansprüche zu formulieren, die man an den neuen stellt. Dabei ist fortlaufend zu klären, ob diese Ansprüche wirtschaftlich vertretbar sind. Über wirtschaftliche Interventionen wird viel diskutiert, obwohl nicht alle vom Gleichen spre-

chen. Dabei wäre hier ein gemeinsamer Nenner sehr einfach: Nach einer wirtschaftlichen Investition geht es dem Betrieb und der Bauernfamilie besser.

Auf vielen Betrieben haben die technische Ausrüstung und die Leistung der Traktoren eine eher untergeordnete Bedeutung auf die gesamte Belastung durch die Arbeit. Eine gute Arbeitsqualität ist meistens mit einem einfacheren Traktor möglich. Nach der grossen Freude mit dem neuen kehrt wieder Alltag ein und mit ihm die Erkenntnis, dass die Arbeitsbelastung nicht spürbar gesunken ist und sich die wirtschaftliche Situation auch nicht verbessert hat.

lichkeiten, diese Verluste zu minimieren, sind mancherorts schon ausgereizt.

Leistungsabhängige Verluste entstehen dort, wo eine Leistung und/oder ein Drehmoment im Antriebsstrang übertragen wird, nämlich über die unter Last stehenden Zahnradpaare. Ein Getriebe mit wenigen solcher Übertragungsstellen hat bei gleicher Zahnrädgüte (Wirkungsgrad der einzelnen Zahnradpaare) einen insgesamt besseren Wirkungsgrad.

Zahnradübersetzungen haben einen sehr guten Wirkungsgrad. Dies gilt sowohl für den leistungsunabhängigen als auch für den leistungsabhängigen Anteil. Bei einer hydraulischen Leistungsübertragung durch einen Hydrostaten ergibt sich

der Gesamtwirkungsgrad aus der Multiplikation des volumetrischen mit dem hydraulisch-mechanischen Wirkungsgrad. Um den hydraulisch-mechanischen Wirkungsgrad zu verbessern, wird zunehmend mit höherem Duck operiert. Der volumetrische Wirkungsgrad kann kaum mehr verbessert werden, verschlechtert sich aber bei fortgeschrittenem Verschleiss. Ein Hydrostat kann niemals den Wirkungsgrad einer Zahnradübersetzung erreichen. In modernen hydraulischen Fahrzeugen werden daher eine Leistungsverzweigung und mechanische Fahrstufen eingebaut, damit ein möglichst geringer Leistungsanteil über den hydraulischen Teil übertragen werden muss. ■

Sorgfalt beim Traktoreinsatz

Um es vorwegzunehmen – aufwendige Getriebe müssen ebenso sorgfältig und mit Sachverstand eingesetzt werden, sonst sind teure Reparaturen die Folgen. Bei der Bedienung ist generell Folgendes zu beherzigen:

ges vor der kraftschlüssigen Verbindung). Der Verschleiss an den Synchronringen und Lamellenkupplungen und die Belastungsspitzen im ganzen Antriebsstrang sind beim Schalten bei geringen Drehzahlen daher geringer.

- Langsames Anfahren mit erhöhter Motordrehzahl und dem passenden Gang, damit in der herkömmlichen Fahrkupplung oder den Lamellenkupplungen bei Lastschaltgetrieben nicht zu viel Energie vernichtet werden muss (Erhitzung und Verschleiss).

- Die Synchronringe halten manchmal das ganze Traktorleben, können aber auch schon bei 4000 Betriebsstunden verschlissen sein. Verschleissarm fahren heißt den Schaltvorgang so ausführen, dass dieser mit einem möglichst kleinen Kraftaufwand am Schaltthebel möglich ist. Dazu darf die Schaltbewegung nicht zu schnell erfolgen, denn der Synchronisationsvorgang braucht seine Zeit.

- Wenn vom Leistungsbedarf her möglich, ist ein frühes Heraufschalten in den grössten Gang anzustreben, denn die dynamische Energie der sich im Getriebe drehenden Wellen und Zahnräder vergrössert sich überproportional zur Drehzahl und dementsprechend auch die nötige Energie zur Synchronisation (Herstellung des Gleichla-

- Wer moderne Fahrzeugtechnik mit Umsicht fährt und einsetzt, wird in jedem Fall auch die Erkenntnisse beherzigen, die zu einer Senkung des Treibstoffverbrauchs beitragen.

Gitter-Gewebe-Blachen
www.oflynn.ch

- transparent, gewebeverstärkt
- optimaler Witterungsschutz
- UV-beständig und lichtdurchlässig
- ab CHF 1.75 pro m²
- Mengen-Rabatte, Versand ganze Schweiz.

Blachen, Netze, Witterungsschutz
O'Flynn Trading
Büro: Riedhofstrasse 8049 Zürich
T 044 342 35 13 · F 044 342 35 15

kohliag.ch | H.U. Kohli AG | Tel. 041 455 41 41
6038 Gisikon | info@kohliag.ch

VAKUTEC Güllemixer
mit dem effektivsten Rührflügel

- doppelte Rührleistung
- spart Kraftstoff und Zeit
- Video unter kohliag.ch




Schlauchhaspel EXTRA-Stark
Fassungsvermögen für 500 und 700m Flachschlauch





AKTUELL...
Verschlaufen ab Feldrand mit dem **VAKUTEC Powertanker**

Gülletechnik + Behälterbau
Beratung Verkauf Planung Service

seit 1975

> PRODUKTE UND ANGEBOTE

PUBLITEXT

Neuheit von Seppi M:
Steinbrecher – Rodungsfräse und Forstmulcher **MIDISOIL dt**

Die MIDISOIL dt ist die neueste Entwicklung von Seppi M. Die neue universelle Forstfräse und Steinbrecher MIDISOIL dt für Traktoren der mittleren Leistungsklasse von 100 bis 170 PS bricht Steine bis zu 20 cm Ø, mulcht Holz und fräst Wurzelstücke bis zu 20 cm Tiefe.

Die verschleissfeste Konstruktion und die speziell entwickelte Kombination aus Werkzeugen und Werkzeughaltern mit Wolframcarbid-Beschichtung garantieren eine hohe Widerstandsfähigkeit – auch unter anspruchsvollen Arbeitsbedingungen.

Schmale Gleitkufen erleichtern das Eindringen in den Boden und ermöglichen es, die maximale Arbeitstiefe zu erreichen. Das Antriebskonzept mit Stirnradgetriebe ist besonders schmal und platzsparend. Die integrierte Kühlung des Zahnradgetriebes vermeidet eine Überhitzung des Antriebs. Als Wahlausstattung ist die MIDISOIL dt mit dem **ADAM™-Getriebeneigungssystem** und **2SPEED™-Getriebe** für zwei Geschwindigkeiten mit integrierter Kühlung erhältlich.

Beim **2SPEED™-Getriebesystem** kann die Geschwindigkeit des Rotors durch Umschalten eines mechanischen Hebels am Hauptgetriebe von 1000 auf 500 U/min reduziert werden, wobei die Geschwindigkeit der Traktorzapfwelle weiterhin auf 1000 U/min eingestellt bleibt. Das sorgt für eine grösere Geschwindigkeit am Rotor und somit für ein besseres Arbeiten beim Mulchen von Holz.



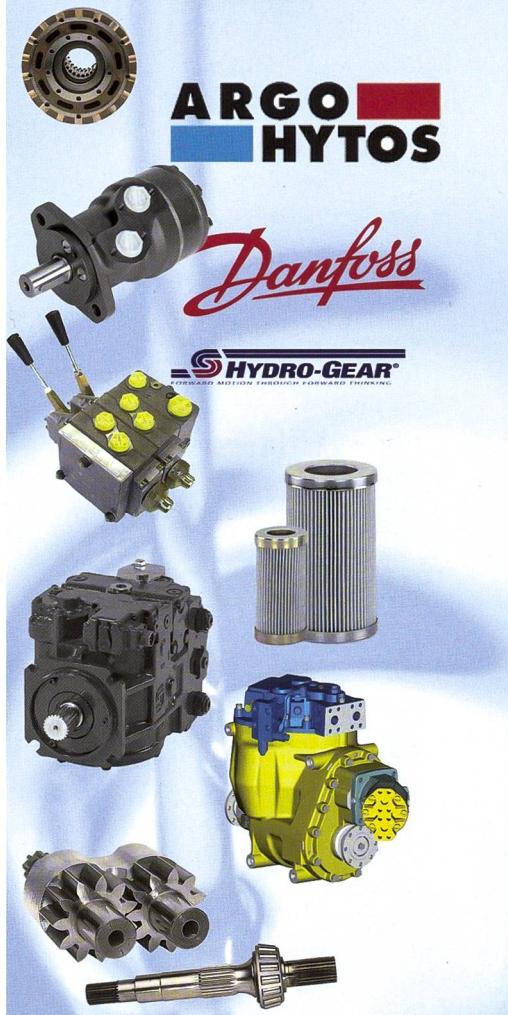
Beim Fräsen von Stein und Boden im ersten Gang verdoppelt sich das Drehmoment, und der Verschleiss wird reduziert.

Die MIDISOIL dt ist in den **Arbeitsbreiten 175 bis 250 cm** erhältlich.

Der Import der gesamten Produkte von Seppi M. erfolgt durch die Firma Agro-Technik Zulliger GmbH. Besuchen Sie uns an der Forstmesse 2015 in Luzern, Freigelände Stand C18.

Wir zeigen Ihnen einen Ausschnitt aus dem gesamten Programm von Seppi M: Böschungsmulcher, Forstmulcher, Steinbrecher, Wurzelstockfräsen, Mulchgeräte für den Baggeranbau, Weidemulcher, Mulchgeräte für den Obst- und Weinbau.

Agro-Technik Zulliger GmbH
Bernstrasse 13c
6152 Hüswil
Tel: 062 927 60 05
Fax: 062 927 60 06
www.agrotechnikzulliger.ch
info@agrotechnikzulliger.ch



Reparaturen und Wartungsdienste für Hydraulik-Anlagen und -Komponenten

Breites Produktesortiment:
Pumpen, Motoren, Filter, Ventile,
Zylinder, Zubehör, Kühlung und
komplette Systeme.

Umfassende Dienstleistungen:

- Engineering
- Hydrauliksysteme
- Montage
- Inbetriebnahme
- Wartung

BIBUS HYDRAULIK
SUPPORTING YOUR SUCCESS

Tel. 044 877 52 11
www.bibushydraulik.ch