

# Entwicklung und Einsatz von Forstreifen

Forstreifen und Fahrzeugtechnik sind im Hinblick auf den Bodenschutz weiterzuentwickeln

Günther Weise

**Forstmaschinen benötigen auf Grund des oftmals schwierigen Geländes und der zu verrichtenden Arbeiten spezielle Bereifungen. Forstreifen müssen hohe mechanische Belastungen überstehen und dem Fahrzeug einen sicheren Halt geben. Sie sollen aber gleichzeitig den Boden möglichst schonend belasten. In diesem Spannungsfeld versuchen Reifenkonstrukteure, die Forstreifen ständig zu verbessern, sie arbeiten an neuen Bauarten, Reifendimensionen und Profilen. Um dieses Ziel zu erreichen, ist es notwendig, vor allem breitere Radialreifen, Niederquerschnittsreifen und Bogiebänder einzusetzen sowie die Entwicklung elektronischer Reifendruck- und Schlupfregelanlagen weiter voranzutreiben.**

Moderne selbstfahrende Forstmaschinen sind entweder als CTL-Maschinen (»Cut-To-Length« wie Harvester und Forwarder) oder Skidder (Rückeschlepper) konstruiert. In gewissem Umfang werden auch Kombinationen dieser drei Grundtypen verwendet. Daraus leiten sich die grundlegenden Anforderungen an die Reifen ab. Sie müssen eine Plattform für die Maschine bieten und den Anforderungen des Geländes standhalten. Dieses kennzeichnen ein ausgeprägtes Mikrorelief (Unebenheiten, Steine, Stubben, Stufen), lokal ganz erhebliche Steigungen (bis zu 40 Prozent) und wechselnde Bodenzustände mit teilweise erheblicher Bodenfeuchte. Zudem beanspruchen spitze Gegenstände (Äste, Dornen etc.) und Quetschungen die Reifen. Neben diesen grundlegenden Anforderungen, die vor allem für Harvester zutreffen, kommt für Forwarder die Lastübernahme beim Holztransport hinzu. Dabei müssen Radlasten von drei bis fünf Tonnen abgestützt werden. Bei den Maschinen, die Langholz rücken (Skidder und entsprechende Kombinationsmaschinen) werden außerdem noch Zugkräfte von den Reifen übertragen. Darüber hinaus sollen diese Funktionen in bodenschonender Weise erfüllt werden.

## Die Bauart: Diagonalreifen versus Radialreifen

Die Reifenkonstrukteure verfolgten bisher das Konzept der Diagonalreifen hoher PR-Zahlen (PR: Ply Rating = Lagenzahl). Diesen Reifentyp (Abbildung 1 oben) kennzeichnet ein Grundkörper (Karkasse), den mehrere gekreuzte Lagen von diagonal zur Laufrichtung angeordneten Kunststoffäden zusammenhalten. Die Anzahl und Festigkeit dieser Lagen bestimmen die PR-Zahl des Reifens; je größer diese Zahl, desto fester ist der Reifen. Bei solchen Reifen bilden Lauffläche und Flanke eine feste Einheit. Die Reifenflanke weist eine der Lauffläche ähnliche Festigkeit auf. Deshalb hält der Reifen den hohen Belastungen im Forst stand. Auf Grund der Maschinengewichte werden im Forst heutzutage meist Reifen mit Werten von 16 PR gefahren, schwerere und leistungsstarke Maschinen verwenden zum Teil bereits Reifen mit PR-Zahlen von 20. Die Einfederungen des Reifens (an der Flanke) werden auf die Lauffläche mit übertragen. Dadurch sinkt die mögliche Ein-



- ① Stahllagen
- ② tragende Gewebelagen (Karkasse)
- ③ Stahlgürtel
- ④ Flankenschutz

Abbildung 1: Reifenkonstruktionen für den Forst: Diagonalbauweise oben, Radialbauweise unten Grafik: Nokian

federung und der Reifen passt sich nicht immer optimal an den Boden an. Die Erhöhung der PR-Zahl steigert zwar die Tragfähigkeit von Reifen, trotzdem ist oft ein höherer Luftdruck erforderlich als bei Reifen mit geringerer PR-Zahl. Die steiferen Karkassen müssen für den korrekten Betrieb und zur planen Auflage (etwa auf der Straße) zunächst mit einem höheren Innendruck betrieben werden, damit sie richtig arbeiten können. Gerade wenn Reifen nicht voll ausgelastet sind, ergeben sich einsatztechnisch Nachteile auf Grund unnötig hoher Bodendrucke. Zum Schutz der Lauffläche weisen moderne Diagonal-Forstreifen Stahllagen als Stichschutz auf, sie übernehmen jedoch keine Tragfunktionen.

Auf Grund der bekannten Nachteile der Diagonalreifen wurde mehrfach versucht, im Forst Reifen in Radialbauart zu verwenden. Bei dieser Bauart (Abbildung 1 unten) verlaufen die Fäden der Gewebelagen auf dem kürzesten Weg radial von einer Seite der Karkasse auf die andere und sind nicht kreuzweise angeordnet. Daraus ergibt sich ein weicherer Reifenaufbau, der eine funktionale Trennung von Flanke und Lauffläche zulässt. Zur Gestaltung und Stabilisierung sind mehrere Stahlfadenlagen in die Karkasse eingebracht. Sie machen die Lauffläche standfest und nehmen gleichzeitig die Stichschuttfunktion wahr. Wegen der Entkopplung von der Flanke kann der Reifen gleichzeitig mit der Lauffläche satt aufliegen und in der Flanke gut einfedern. Dies verringert den Bodendruck, verbessert die Traktion und erhöht den Komfort. Aus diesem Grund ist das Konzept des Radialreifens bei Pkw und in der Landwirtschaft heute Standard. Allerdings ergeben sich relativ weiche Flanken, die nicht ohne weiteres den hohen Belastungen im Forst standhalten. Aus diesem Grund sind in der Flanke des in Abbildung 1 unten vorgestellten Radialreifens des Herstellers Nokian spezielle Flankenschutz einlagen eingearbeitet. Diese bestehen aus Kunststoff und erhöhen die Widerstandsfähigkeit der Reifenflanke gegen Durchstiche.

Bei der Produktion von Reifen gewinnen Umweltaspekte ebenfalls an Bedeutung. Beispielsweise teilte die Firma Nokian vor Kurzem mit, für die Produktion ihrer Reifen künftig nur noch Öle mit niedrigen Anteilen aromatischer Kohlenwasserstoffe zu verwenden.

### Reifendimensionen

Neben der Bauart des Reifens bieten die Reifendimensionen noch gewisse Entwicklungsmöglichkeiten. Unter der Lauffläche bildet sich ein Spannungsfeld aus, das in Abhängigkeit von Bodenzustand, Reifenbreite und Auflast unterschiedlich tief in den Boden hinein reicht. Grundsätzlich bemisst sich der Druck als Kraft, die sich auf eine Aufstandsfläche verteilt. Daher reduziert sich die Bodenbelastung, wenn beim Reifen Länge oder Breite erhöht werden. Leider ist die Druckverteilung über die Reifenlänge bzw. -breite nicht gleichmäßig, sondern der Druck unter dem Reifen nimmt zur Mitte hin zu, dort erreicht er sein Maximum (Abbildung 2). Da sich die Traktionskräfte vor allem in Reifenlängsrichtung entwickeln, wäre es zunächst günstig, den Durchmesser der Reifen zu erhöhen. Die Bauart heutiger Forstmaschinen gestattet jedoch, zumindest bei Bogieachsaggregaten mit ihren zwei nahe stehenden Achsen (Abbildung 3), kaum noch eine Vergrößerung der Reifendurchmesser. Deshalb können Forstreifen eigentlich nur noch in die »Breite wachsen«. Bei großen Harvestern und Forwardern sind heute Reifen mit einer Breite von 700 bis 750 Millimetern Stand der Technik, die meisten Hersteller bieten auch Reifenbreiten bis zu 800 Millimetern an. Noch breitere Reifen, wie sie zum Teil in der Landwirtschaft vorkommen (1.000 mm), finden zumindest derzeit nur Nischenanwendungen, da sie einerseits sehr teuer sind und zum Teil auch deutlich über die für den Straßenverkehr zulässige Brei-

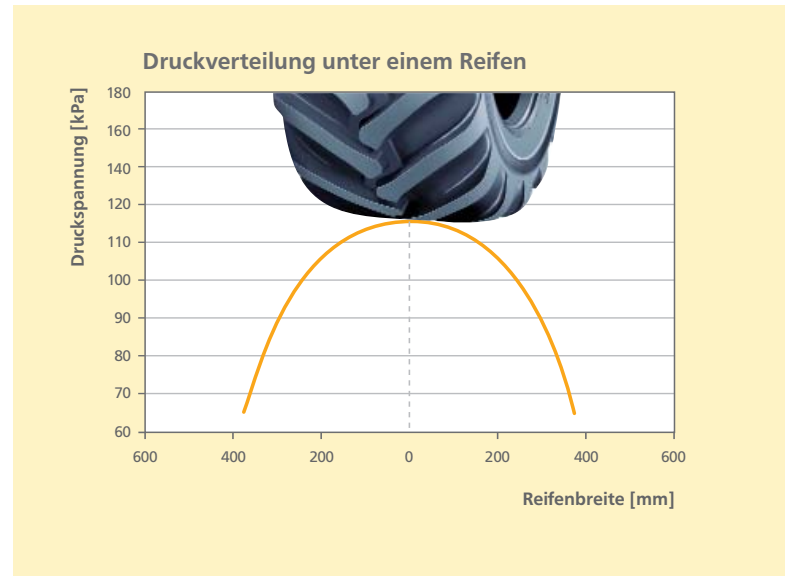


Abbildung 2: Angenäherte Druckverteilung in 20 cm Tiefe unter einem Reifen in weichem Boden (gerechnet nach Söhne und Fröhlich)



Abbildung 3: Bogieachsaggregat im Forsteinsatz; zwischen den Rädern verbleibt nur wenig Platz.

te hinaus ragen. Auch die Dimensionen der Rückegassen setzen hier Grenzen. Eine konsequente Optimierung könnte allerdings noch Potentiale schaffen.

Ergänzend ist auf die seit einigen Jahren zunehmende Verwendung von Niederquerschnittsreifen hinzuweisen. Bei dieser Bauart beträgt die Breite des Reifens weniger als 80 Prozent der Flankenhöhe. Bei heutigen Forstmaschinenreifen finden sich häufig Verhältnisse von Flankenhöhe zu Reifenbreite zwischen 45 und 65 Prozent. Neuere Forschungen (Jacke und Ebel 2006) deuten darauf hin, dass bei korrekter Anwendung diese Bauart eine gleichmäßigere Druckverteilung unter dem Reifen ergibt als dies bei Standardreifen möglich ist. Die Radialbauart kann diesen Effekt noch verstärken.



Abbildung 4: Traktionsprofil (links) und Implement-Traktionsprofil (rechts) Grafik: Nokian

## Profile

Auf Grund der Scherbelastung bzw. des Abscherens des Untergrundes bauen die Reifen Traktion auf. Bis zu einem gewissen Grad entsteht sie durch Reibung und Anhaftung des Bodens am Reifen. Um diesen Kraftaufbau zu verbessern, greift der Reifen mit den Stollen seines Profils in den Untergrund ein. Die Reifenhersteller bieten für selbstfahrende Forstmaschinen inzwischen mehrere Profilbauarten an, die generell in Traktionsprofil und Implement-Traktionsprofil unterschieden werden (Abbildung 4). Pfeilförmig angeordnete, gerade, hohe Stollen mit großen Zwischenräumen charakterisieren die in mehreren Untervarianten vorkommenden Traktionsprofile. Die Reifenschulter bildet eine relativ scharfe Ecke. Diese Profilform dringt zwangsläufig in den Boden ein und ermöglicht so das Abscheren der Bodenblöcke zwischen den Stollen und damit eine hohe Zugkraft. Außerdem ergibt sich eine große Kontaktfläche zwischen Reifen und Boden. Eine weitere Funktion des Profils ist es, die Selbstreinigung des Reifens zu gewährleisten. In der Regel bewirken das Teilen des Bodens zwischen den Profilblöcken und die Walkbewegungen des Reifens die Selbstreinigung auch bei ungünstigen Bodenverhältnissen. Nachteilig ist bei dieser Form die beinahe zwangsläufige Bodenverwundung durch die Stollen und das vergleichsweise unkomfortable Abrollverhalten auf festen Fahrbahnen.

Das Implement-Traktionsprofil besitzt deutlich flachere, abgewinkelte Stollen mit geringeren Zwischenräumen als bei den Traktionsprofilen und eine eher runde Reifenschulter. Daraus resultiert ein deutlich weniger tiefer und weniger aggressiver Bodeneingriff. Die quer zur Laufrichtung liegenden Stollenanteile bilden in der Reifenmitte eine Profilverdichtung, die auf festem Untergrund das Abrollverhalten deutlich verbessert, weil sie wie ein annähernd glattes Rad wirkt. Insgesamt rollt das Rad damit eher über den Boden ab als in diesen einzugreifen. Unter ungünstigen Bodenverhältnissen und bei hohem Zugkraftbedarf kann die Traktion dieser Profilbauart nicht mehr ausreichen. In solchen Fällen bietet sich die Verwendung von Bogiebändern an. Reifen mit Implement-Trakti-

onsprofilen eignen sich zudem wegen der abgerundeten Schulter und der geringeren Stollenhöhe für den Einsatz von Bändern besser als die klassischen Traktionsprofile. Neue Profilentwicklungen versuchen, die Eigenschaften der beiden Profilformen zu vereinen, indem, ausgehend vom Implement-Traktionsprofil, der Reifen breiter angelegt wird und die Stollen im Außenbereich höher und schärfer ausgeführt werden, während in der Profilmitte Stollenverdichtung und flacherer Profilaufbau weiter beibehalten werden.

## Forstreifen für leichte Forstmaschinen

Für Traktoren werden Forstreifen in Diagonalbauart mit reduzierten Tragfähigkeitswerten und damit niedriger PR-Zahl angeboten, auf die Stahlverstärkung zum Stichschutz wird verzichtet. Je nach Einsatzzweck finden sich hier Reifen mit Traktionsprofil für Traktoren unterschiedlicher Motorleistung, die entweder überwiegend im Wald oder mit hohem Straßenfahranteil arbeiten. Unterschiede ergeben sich vor allem bei der Anstellung der Stollen, bei Stollenabstand und -breite sowie bei der Gestaltung der Reifenmitte. Trotz des vorherrschenden Traktionsprofils wird versucht, für den Straßeneinsatz eine gewisse Stollenverdichtung herbeizuführen. Für Traktorreifen im ausschließlichen und schweren Forsteinsatz ist jedoch ein Stichschutz unerlässlich.

## Verdichtungswirkung

Insbesondere vertikale Auflasten verdichten den Boden. Wenn die Verdichtung Bodenfunktionen (z. B. Luftaustausch, Wasser- und Nährstoffleitung) nicht mehr gewährleistet, spricht man von Schadverdichtung. Während Verdichtungen für die Bodenfunktion grundsätzlich problematisch zu sehen sind, können sie befahrungstechnisch vorteilhaft sein, da sie die Tragfähigkeit der Fahrbahn erhöhen und Rollwiderstände senken. Grundsätzlich können Verringerungen der Maschinengewichte, Vergrößerung von Aufstandsfläche, Reifendurchmesser und Reifenbreite sowie Absenkung des Reifenfülldrucks Verdichtungen reduzieren. Dem entgegen steht allerdings, dass in den letzten Jahren die Maschinengewichte eher gewachsen sind und bei den Reifendimensionen gewisse Grenzen erreicht wurden. Eine wenn auch geringe Vergrößerung der Reifenbreite erscheint noch möglich. Darüber hinaus kann die konsequente Verwendung von Radialreifen die Bodenbelastung noch weiter reduzieren.

Kritisch sind in diesem Zusammenhang die hohen PR-Zahlen heutiger Forstreifen zu sehen. Damit der Reifen auf festem Untergrund korrekt abrollt und die notwendige Festigkeit gegen äußere Belastung bietet, sind häufig Fülldrücke zwischen drei und fünf bar erforderlich. Auf weichem Untergrund ist eine Absenkung des Reifenfülldrucks unter Umständen möglich. Dies würde allerdings die Einführung von Reifendruckregelanlagen erfordern. Sie stehen für den Forst zwar zur Verfügung, werden bis heute aber kaum verwendet.

## Schlupf und Spurgleisbildung

Auf Grund der Belastung von Boden und Reifen ergeben sich zunächst Verformungen längs des Reifeneingriffs in Reifen und Boden. Der Reifen dreht sich weiter als das Fahrzeug vorfährt, Schlupf entsteht. Wird die Zugkraftbedarf zu hoch, so schert der Boden ab und wird vom Rad aus der Fahrspur herausgefördert. Das Rad sinkt dadurch in den Boden ein, Spurgleise bilden sich. Dieser Effekt ist grundsätzlich unerwünscht, da Rückegassen nach mehrmaligem Befahren nicht mehr zu benutzen sind. Im Betrieb ist daher anzustreben, den Schlupf möglichst gering zu halten. Dies ist nur bis zu einem gewissen Grade sinnvoll möglich, da ohne Schlupf keine Zugkraft aufgebaut werden kann. Schlupfwerte deutlich über 20 Prozent sind jedoch möglichst zu vermeiden; dies lässt sich etwa mit Hilfe einer Schlupfregelung erreichen.

## Ausblick

Bisher prägte vor allem die Optimierung hinsichtlich Widerstandsfähigkeit und Tragfähigkeit unter sehr schwierigen Geländebedingungen die Entwicklung der Forstreifen. Für diesen Zweck werden sehr steife Reifen aus relativ harten Gummimischungen hergestellt, die vergleichsweise hohe Reifeninnendrucke benötigen. Aus Gründen der Robustheit dominiert die Diagonalbauart weiter die Forstfahrzeugreifen. Bei den Profilen werden verhältnismäßig aggressive Traktionsprofile bevorzugt. Implement-Traktionsprofile lassen sich nur eingeschränkt einsetzen, falls sie nicht mit Bändern gefahren werden. Der Einsatz von Radialreifen, die verstärkte Anwendung breiter Reifen, gegebenenfalls auch in Niederquerschnittbauweise, sowie der Einsatz von Bändern tragen derzeit zu einer besseren Schonung der Böden bei. Längerfristig sollte der Einbau von Reifendruck- und Schlupfregelungen erwogen und nach Reifenbauarten gesucht werden, die eine Reduktion des Fülldrucks erlauben.

## Literatur

Auf Anfrage beim Verfasser und unter [www.lwf.bayern.de](http://www.lwf.bayern.de)

---

Dr. Günther Weise leitet den Fachbereich »Prüfwesen und Normung« im Kuratorium für Waldarbeit und Forsttechnik. [guenther.weise@kwf-online.de](mailto:guenther.weise@kwf-online.de)

## Mehr Geld für den Aufbau von Mischwäldern



Foto: Riebli Forst AG

Um Bayerns Wälder auf den Klimawandel vorzubereiten, wird der Aufbau zukunftsfähiger Mischwälder jetzt noch stärker gefördert. Den Waldumbau als eine der wichtigsten Zukunftsaufgaben können die Waldbesitzer allein kaum bewältigen. Deshalb stellt der Freistaat in diesem Jahr den bayerischen Waldbesitzern dafür insgesamt 23 Millionen Euro zur Verfügung. Gleichzeitig verdoppelte der Freistaat die Prämie für aufwendige Pflegemaßnahmen in jungen Mischbeständen auf 400 Euro je Hektar. Zudem wurde die förderfähige Höchstfläche für Naturverjüngung mit standortsgemäßen Baumarten um 100 Prozent auf zehn Hektar erhöht. Auch die Nachbesserung geschädigter Neukulturen kann künftig mehrmals bezuschusst werden. Ein besonderes Augenmerk legt das Forstministerium auf den Bergwald. Zur Sicherung seiner Schutzfunktionen sind bestands- und bodenschonende, meist mit einem hohen Aufwand verbundene Pflege- und Verjüngungseingriffe notwendig. In schwierigen Lagen ist beispielsweise der Einsatz der sehr teuren Seilkrantechnik unerlässlich. Deshalb wird die Seilkrantechnik künftig nicht nur im ausgewiesenen Schutzwald, sondern auch im gesamten Bergwald der bayerischen Alpen gefördert. red

---

Anträge nehmen die Ämter für Landwirtschaft und Forsten entgegen. Für Fragen zum Waldumbau und zur Förderabwicklung stehen auch die örtlichen Revierförster als Ansprechpartner zur Verfügung. Die Adressen der Ämter und Revierförster sind unter [www.forst.bayern.de](http://www.forst.bayern.de) zu finden.