



Auch in der Nacht permanent exakt zu hacken, haben erst Lenksysteme möglich gemacht.

Fotos: Paar, Weninger, Hersteller

# Exakter hacken dank Kameras

*Mit Kameras wird das Hacken von Reihenkulturen exakter und für den Fahrer entspannter. Außerdem kann auch in der Nacht gehackt werden. Doch die Unterschiede der kameragestützten Lenkungen sind groß.*

Von Franz HANDLER



Die Kamera erfasst die grüne Farbe der Pflanzenreihe und/oder die Wuchshöhe der Kulturpflanzen.

Wer längere Zeit mit dem Hackgerät zwischen Mais-, Soja- oder Rübenreihen hin und herfährt, kennt das Gefühl: Mit der Zeit lässt die Konzentration nach und leichte Fahrfehler führen sofort zu Pflanzenverlusten. Kameragestützte Lenkungen können dieses Problem lösen und längeres Hacken – selbst in der Nacht – wird möglich.

Kameragestützte Lenkungen für Hackgeräte bestehen aus einem digitalen Farbkamerasystem, einem Prozessrechner, einem Bedienterminal in der Traktorkabine und der eigentlichen Lenkeinrichtung für das Gerät. Im einfachsten Fall nimmt eine Farbkamera 25 bis 30 Bilder pro Sekunde von einer Pflanzenreihe auf. Aus den grünen Bildpunkten ermittelt die Software die Mitte der Pflanzenreihe. Weicht sie von der Bildmitte ab, korrigiert die Lenkeinrichtung die Position des Hackgerätes. Noch funktionssicherer sind Kameras, die mehrere Reihen (bis zu fünf) aufnehmen. Gerade in Beständen mit Lücken oder lokalen Beikrautnestern wird so die Funktion verbessern. Schwierig wird es bei ganzflächigem Beikrautbesatz. Hier kommen Systeme, die Reihen nur aufgrund der grünen Bildpunkte erkennen, an ihre Grenzen.

Doppelkameras dagegen können dreidimensionale Bilder erstellen. Dadurch können die Reihen auch über die unterschiedliche Wuchshöhe von Kulturpflanze und Beikraut erkannt werden. Weiter entwickelte Systeme analysieren die Bilder zusätzlich nach Blattformen. Dadurch können in bestimmten Grenzen Kulturpflanzenreihen von Beikräutern unterschieden werden.

## Eine Frage der Perspektive

Die Systeme sind auf das Erkennen von grünen Pflanzen optimiert. Nur mangelhaft erkennen sie daher Reihen von nicht grünen Pflanzen wie z. B. vom Salat Lollo Rosso, von Rotkraut oder Roten Rüben. Auch Pflanzen, die aufgrund von ungünstigen Wachstumsbedingungen gelblich sind, werden nicht optimal erkannt. Bei einigen Systemen kann die Farbe der Kulturpflanzen am Bedienterminal eingestellt werden. Ist das Sichtfeld der Kamera sehr kurz, kann sie bei großen Abständen der Pflanzen in der Reihe diese womöglich nicht erkennen. Das Sichtfeld der Kamera kann man aber einfach erweitern. Dazu montiert man die Kamera höher und verändert den Kamerawinkel. Ein langes Sichtfeld kann aber bei stark ge-



Am Bedienterminal des Lenksystems kann die Kamera nach Parametern wie Pflanzenhöhe oder -breite justiert werden.





Am hydraulischen Parallelverschieberahmen können ohne großen Umbauaufwand verschiedene Geräte angebaut werden.



Hackgerät mit hydraulisch verschiebbarem Parallelogramm.

krümmten Reihen zu Problemen führen, wenn das System nur nach grünen Bildpunkten auf einer Geraden sucht.

Bei den zurzeit am Markt befindlichen Systemen ist die Kamera am Hackgerät mit Blick in Fahrtrichtung montiert. Ein System mit einer am Traktor montierten Kamera mit Blick gegen die Fahrtrichtung steht vor der Markteinführung. Der Vorteil dabei ist, dass die Lage der Reihe und damit das Steuersignal für die Lenkung unmittelbar vor den Hackwerkzeugen ermittelt werden. Dies kann vor allem beim Hacken in Schichtenlinie von Vorteil sein, da die Abdrift des Hackgerätes direkt berücksichtigt wird. Bei einigen am Markt befindlichen Systemen kann zur Berücksichtigung der Abdrift ein Korrekturwert für links und rechts am Terminal eingegeben werden. Ein Anbieter hat zum Erkennen der Hangneigung einen ei-

genen Sensor integriert. Ein Korrekturwert kann auch bei starkem Seitenwind erforderlich sein, da die Systeme durch die seitliche Neigung der Pflanzen die Reihenmitte möglicherweise nicht richtig erkennen. Stark böigen Seitenwind können sie dennoch nicht korrigieren. Damit die Geräte auch bei Dunkelheit arbeiten können, bieten alle Hersteller Lampen für das Sichtfeld der Kamera an. Probleme im praktischen Einsatz bereiten mitunter Gegenlicht, Überbelichtung oder der rasche Wechsel von Licht und Schatten, verursacht durch Bäume oder Traktorteile.

## Die einzelnen Lenksysteme

Nachdem die Software die Kamerabilder in Lenksignale umgewandelt hat, sendet sie diese an die eigentliche Lenkung des Hackgerätes. Gelenkt wird mit einem hydraulischen Parallelverschieberahmen, einem hydraulisch verschiebbaren Parallelogramm, den hydraulischen Seitenstreben der Unterlenker oder mit den Lenkscheiben am Hackgerät.

### Verschieberahmen

Der hydraulisch verschiebbare Parallelverschieberahmen wird am Dreipunkt zwischen Traktor und Hackgerät gekuppelt. Er besteht aus zwei Rahmenteilen, die mit einem doppelwirkenden Hydraulikzylinder gegeneinander verschiebbar sind. Das Hackgerät ist am hinteren Rahmenteil wie am Traktordreipunkt angebaut. Dadurch kann der Verschieberahmen für verschiedene Geräte genutzt werden. Sowohl in den Anbaupunkten zwischen Verschieberahmen und Traktorunterlenker als auch in jenen zwischen Verschieberahmen und Hackgerät darf kein Spiel sein, damit jeder Lenkimpuls des Hydraulikzylinders unmittelbar auf das Hackgerät übertragen wird. Aus dem gleichen Grund müssen auch die Unterlenker seitlich fixiert werden. Dies hat den Nachteil, dass jede Lenkbewegung des Traktors unmittelbar auf das Hackgerät übertragen wird. Der Verschieberahmen muss an die Arbeitsbreite bzw. das Gewicht des Hackgerätes angepasst sein, er kann auch mit eigenen Stützrädern ausgerüstet sein. Die Hydraulikölversorgung kommt vom Traktor über ein einwirkendes Steuergerät mit freiem Rücklauf. Der doppelwirkende Verschiebezylinder wird über das Steuerventil des Lenksystems angesteuert.

### Parallelogramm

Beim hydraulisch verschiebbaren Parallelogramm wird der durch Scheibenseche oder Stützräder geführte Rahmen des Hackgerätes am Heckhubwerk angebaut. Die Hackorgane sind dahinter auf einem separaten Rahmen montiert. Beide Rahmen sind durch ein Parallelogramm verbunden. Durch dessen hydraulisches Schwenken wird der Rahmen mit den



Hackorganen in die richtige Position gebracht. Dieses System hat den Vorteil, dass die Unterlenker seitlich nicht fixiert werden müssen, da die Scheibenseche bzw. Stützräder am vorderen Rahmen das Hackgerät stabilisieren. Dadurch werden Bewegungen des Traktors nicht unmittelbar auf das Hackgerät übertragen, wodurch das automatische Lenksystem entlastet wird. Reicht die seitliche Abstützung durch die Scheibenseche nicht aus, müssen die Unterlenker fixiert werden.

### Hydraulische Seitenstreben

Hydraulische Seitenstreben an den Unterlenkern sind eine neuere Entwicklung. Sie benötigen keinen zusätzlichen Rahmen oder Umbau des Hackgerätes. Das Gewicht wird kaum erhöht und der Schwerpunkt des Hackgerätes bleibt möglichst nahe an der Hinterachse. Bei großen Arbeitsbreiten werden am Traktor nahe der Anhängervorrichtung hydraulisch absenk- bare Scheibenseche angebaut. Dadurch werden die Querkräfte, die beim Lenken des Hackgerätes auftreten, abgestützt. Am Hang hat diese Lösung den Vorteil, dass sie die Schrägstellung des Hackgerätes, die durch das Abdriften der Traktorhinterachse entsteht, durch die Lenkbewegung teilweise ausgleichen kann. Auf ebenen Flächen verursacht diese Lenkungsart – abhängig von der Geometrie der Unterlenker und dem Grad der erforderlichen Auslenkung – eine Schrägstellung des Hackgerätes.

### Lenkscheiben

Eine weitere Möglichkeit des Lenkens ist die Verwendung von hydraulisch betätigten Lenkscheiben, wie sie auch bei der manuellen Lenkung zum Einsatz kommen.

### Unbearbeitete Bänder werden schmaler

Das Lenksystem wird über ein Terminal in der Traktorkabine bedient. Sind keine Pflanzen vorhanden oder sind die Reihen ganz mit Beikräutern zugewachsen, erscheint eine Meldung auf dem Display. Gleichzeitig ertönt ein akustisches Warnsignal und das Gerät wird in seiner Stellung fixiert. Sobald das System die Reihen wieder erkennt, übernimmt es die automatische Lenkung wieder. Ein akustisches Signal ertönt auch, wenn der Endanschlag der Verschiebevorrichtung erreicht ist. Am Terminal können bzw. müssen auch Parameter wie Kamerahöhe, Kamerawinkel, Reihenabstand, Anzahl der auszuwertenden Pflanzenreihen, Pflanzenhöhe, Pflanzendurchmesser oder Kulturart eingegeben werden. Mithilfe von Sensoren am Traktor bzw. am Hackgerät erkennt das System, ob das Hackgerät ausgehoben oder abgesenkt ist bzw. ob es steht oder fährt.

Sobald der Traktor zum Stillstand kommt, darf das System aus Sicherheitsgründen keine Lenkbewegung ausführen. Wird das Hackgerät am Feldende ausgehoben, sollte die Len-



Hydraulische Unterlenker steuern das Hackgerät, ein Zwischenrahmen ist nicht nötig.



Lenksysteme an Hackgeräten können die Handhacke reduzieren.

Foto: Agrarfoto

kung automatisch zentriert werden. Bei Straßenfahrten muss das System abgeschaltet sein.

Die Kamerasteuerung ermöglicht schmalere unbearbeitete Bänder, als dies ohne Lenkung der Fall wäre. Das reduziert eine allfällige Handarbeit und somit Lohnkosten. Wie breit das unbearbeitete Band ist, hängt vom Pflanzenbestand, der Fahrgeschwindigkeit und der Fahrweise ab. Abrupte Lenkbewegungen kann das System in der Regel nicht korrigieren – daher ist eine gleichmäßige, ruhige Fahrweise wichtig. Ergänzen lässt sich ein gesteuertes Hackgerät durch ein Traktor-Lenksystem mit RTK-Genauigkeit. Die Geräte-Lenksysteme tragen jedenfalls zur Entlastung der Bedienerperson bei. Unter günstigen Bedingungen können sie eine manuelle Lenkung ersetzen. Diesen Vorteilen der Lenksysteme stehen Anschaffungskosten zwischen 10.000 und 25.000 Euro gegenüber.

Franz Handler lehrt und forscht an der HBLFA Francisco Josephinum/BLT Wieselburg.