

# Traktorkauf: Was sagen die Motorkenndaten?

Für den Erwerb eines neuen Traktors ist der Vergleich der Motorkenndaten ein wichtiges Element. Dabei gehören insbesondere Leistung und Antriebsmoment in die Evaluation.

Sylvain Boéchat\*

Leistung, Drehmoment, Nenndrehzahl und spezifischer Verbrauch des Motors sind die entscheidenden Begriffe für den Vergleich zwischen verschiedenen Traktormodellen. Die Grundlagen für die Einschätzung der Motorcharakteristik werden hier zusammengestellt und gewisse Details speziell beleuchtet.

## Motorkennlinien eines Landwirtschaftstraktors

Die Motorleistungen werden im Allgemeinen in Form von Kennlinien dargestellt, die sich in Abhängigkeit der Motordrehzahl ergeben, wobei die Daten entweder vom Hersteller stammen oder in einem neutralen Test erhoben worden sind. Traktorentests führt in der Schweiz namentlich die Agroscope ART, Tänikon, durch. Wir stützen uns für die Erläuterungen und Interpretationshilfen zu den Leistungskurven im Folgenden auf die Testergebnisse und Versuchsprotokolle der ART ab. Diese sind unter <http://www.traktorentest.ch> abrufbar.

## Leistungskurve

Die Leistung, in der Regel in Kilowatt (kW) angegeben, variiert in Abhängigkeit der Motordrehzahl. Dazu wird folgende Formel angewendet:

$$P \text{ (in kW)} = \frac{\text{Drehmoment Nm} \times \text{Motordrehzahl (min}^{-1}\text{)}}{9550}$$

Ein Traktor mit einem Drehmoment von 95,5 Nm weist somit für 1000 min<sup>-1</sup> eine Leistung von 10 kW auf.

Die Leistungskurve präsentiert sich in der Regel in der Form gemäss Grafik 1:

## Drehmomentkurve

Um zu wissen, ob der Traktor auf die Beanspruchung durch den Verwendungszweck gut anspricht, muss man sich das

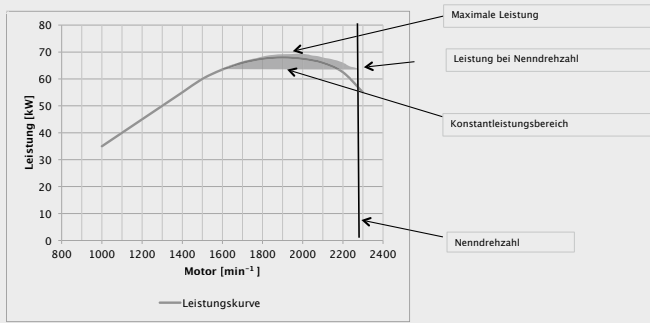
Antriebsdrehmoment ansehen. Dieser Wert, der in Newtonmeter (Nm) angegeben wird, entspricht der Leistungsfähigkeit des Motors. Aus dem Motordrehmo-



Für schwere Zapfwellenarbeit ist es wünschenswert, das maximale Motordrehmoment möglichst nahe bei der Nenndrehzahl zu haben. (Bild: Ueli Zweifel)

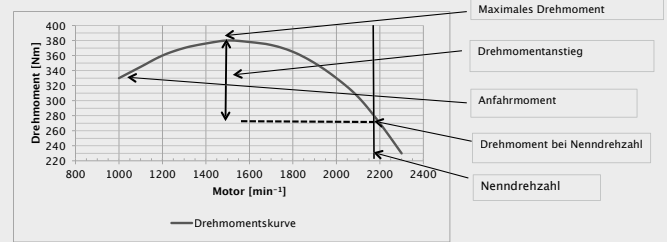
\* Sylvain Boéchat, AGRIDEA Lausanne

**Grafik 1: Darstellung einer Leistungskurve**



Um die bei einer bestimmten Motordrehzahl abgegebene Leistung zu kennen, braucht man nur in der Grafik nachzuschauen, welchen Wert die Kurve für die gesuchte Drehzahl angibt: eine Drehzahl von 1500 min<sup>-1</sup> entspricht in diesem Fall einer Leistung von 60 kW. Der «aufsteigende» Teil der Kurve (vom Anfang links bis zum Scheitel) entspricht der Leistungsentwicklung bei Volllast. Dieser Begriff bedeutet, dass ab einer gegebenen Tourenzahl die Motorleistung nicht mehr erhöht werden kann. Der «absteigende» Teil der Kurve (vom Scheitel an gegen rechts) entspricht der Leistungsentwicklung bei Teillast. Damit wird auf den Leistungsrückgang Bezug genommen, der sich aus einem Leerlauf des Motors ergibt (z.B. im Fall des Auskuppelns). Da der Motor keinen Widerstand mehr überwinden muss, steigt die Drehzahl.

**Grafik 2: Darstellung einer Drehmomentkurve**



Aus dieser Kurve wird ersichtlich, dass das Drehmoment nicht konstant ist. Es variiert je nach Motordrehzahl. Der Scheitel entspricht dem Maximum des Drehmoments bei einer gewissen Drehzahl. Hinweis für die Interpretation: Die Form der Kurve ist wichtiger als der Höchstwert des Drehmoments. Je steiler die Kurve an- und absteigt, desto schneller reagiert der Motor, weil das Drehmoment rasch und mit einem geringen Rückgang der Drehzahl zur Verfügung steht. Eine allzu steile Kurve ist allerdings nicht wünschenswert, weil damit auch der Bereich der optimalen Nutzung reduziert ist. Eine flache Kurve deutet auf einen langsamer reagierenden Motor hin, bei dem die Gefahr grösser ist, dass er ins Stocken kommt. Besonders aufschlussreich ist der Teil der Kurve, der unmittelbar an den Scheitel gegen rechts anschliesst. Hier lässt sich die Drehmomentreserve (Drehmomentanstieg) erkennen. Dieser Begriff sagt nicht direkt etwas aus über die Leistungsfähigkeit des Motors, es handelt sich um einen vorwiegend theoretischen Wert:

**Drehmomentanstieg =**

$$\frac{\text{Maximales Drehmoment} - \text{Drehmoment bei Nenndrehzahl}}{\text{Maximales Drehmoment}} \times 100$$

ment ergibt sich entweder die Zugleistung oder die Antriebsleistung für das angeschlossene Gerät an der Zapfwelle. Das Drehmoment wird mit zwei Werten charakterisiert:

- das **maximale Drehmoment:** Höchstwert des Drehmoments bei einer gegebenen Drehzahl (je nach Motor zwischen 1400 und 1800 min<sup>-1</sup>);
- das **Nenndrehmoment:** Wert des Drehmoments bei maximaler Drehzahl des Motors.

Für schwere Arbeiten mit Zugleistung (z.B. Pflügen oder Transporte mit hoher Tonnage) muss der Motor ein hohes Anlaufdrehmoment aufweisen. Das Problem eines schwachen Drehmoments beim Starten lässt sich allerdings mit einem gut abgestuften Getriebe (etwa mit Lastschaltung) entschärfen.

Für schwere Arbeiten an der Zapfwelle soll das maximale Drehmoment möglichst dann erreicht sein, wenn die Normdrehzahl der Zapfwelle erreicht wird. Damit lässt sich vermeiden, dass es bei einer zusätzlichen Beanspruchung zu einem erheblichen Rückgang der Drehzahl kommt.

**Drehmomentanstieg**

Der Drehmomentanstieg entspricht der Differenz zwischen dem Maximalwert des Antriebsmoments und dem Antriebsmoment bei Nenndrehzahl, ausgedrückt in Prozent des letzteren Wertes.

Dank einer hohen Drehmomentreserve lässt sich die Drehkraft steigern, wenn die Drehzahl zurückgeht. Wird also eine Arbeit bei Nenndrehzahl erledigt und tritt dann eine zusätzliche Belastung auf, so geht zwar die Motordrehzahl zurück, doch nimmt das Drehmoment zu. Damit kann der Traktor ohne Umschalten die zusätzlich erforderliche Leistungskraft aufbringen.

Bei einem Rückgang der Drehzahl sollte das Drehmoment eines Dieselmotors, namentlich eines Traktorenmotors, stark zunehmen und bei einer relativ niedrigen Drehzahl seinen Maximalwert erreichen. Auf der Grafik 2 wird bei einem Wert von 2200 min<sup>-1</sup> ein Drehmoment von ~270 Nm abgegeben. Wenn aus irgendeinem Grund eine Überlast auftritt, nimmt die Drehzahl ab. Aus der Grafik wird ersichtlich, dass der Rückgang der

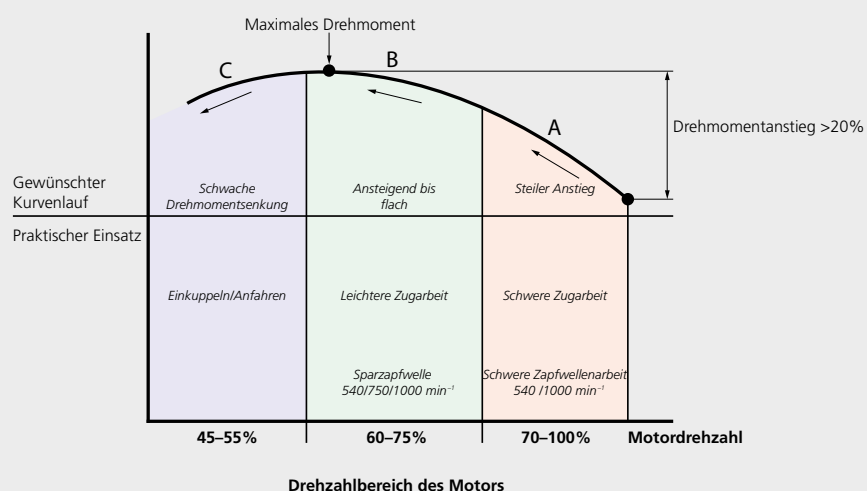
Drehzahl durch eine Steigerung des Drehmoments kompensiert wird. Dies ermöglicht eine Überwindung des zusätzlichen Widerstands.

Die Drehzahl des Motors wird sich bei einem gewissen Wert stabilisieren. Wenn der Widerstand noch weiter ansteigt, den der Traktormotor überwinden muss, nimmt die Drehzahl weiter ab, und das Drehmoment steigt an. Dieser Anstieg kommt an seine Grenze, wenn der Maximalwert des Drehmoments erreicht ist (im Musterbeispiel bei einer Drehzahl von 1550 min<sup>-1</sup>).

Wenn das maximale Drehmoment nicht ausreichend ist, um diesen Widerstand zu überwinden, sinkt die Drehzahl des Motors weiter und unterschreitet den Wert von 1550 min<sup>-1</sup>. Von diesem Punkt an geht bei abnehmender Drehzahl auch das Drehmoment zurück, denn der Motor hat keine Drehmomentreserve mehr und riskiert dadurch, ins Stocken zu kommen.

Die oben erwähnte Drehmomentreserve liegt also im Bereich zwischen 2200 und 1550 min<sup>-1</sup>. Wie der Grafik zu entnehmen ist, entspricht das Drehmoment bei einer

**Grafik 3: Die ideale Kurve für das Antriebsdrehmoment**



Die ideale Drehmomentkurve für einen Traktormotor weist eine starke Steigung im Bereich der hohen Drehzahlen (A) auf und flacht sich dann im mittleren Bereich ab (B). Das Antriebsdrehmoment sollte bei 55 bis 70% der Nennzahl sein Maximum erreichen. Im Bereich von 45 bis 55% des Nennwerts (C, bis ca. 1000 min<sup>-1</sup>), sollte es nur geringfügig zurückgehen. Der Maximalwert für das Drehmoment sollte in Bezug auf die Drehzahl möglichst tief liegen:

- unter 60% der maximalen Drehzahl = gut
- zwischen 60 und 75% = normal

Das letztgenannte Beurteilungskriterium ist nicht entscheidend, da es vor allem in der Zugleistung eine Wirkung auf die Elastizität des Motors hat und viel weniger in der Leistung bei Arbeiten, die über die Zapfwelle gehen.

Insbesondere bezüglich der Leistung und des Drehmoments ist die Interpretation der Motorcharakteristik wichtig bei der Frage, ob der zu evaluierende Traktor optimal seinem Verwendungszweck entspricht. Die Zusammensetzung des auf dem Betrieb vorhandenen Maschinenparks sowie die Anschaffungspläne für neue Gerätschaften sind ebenfalls Referenzwerte für die Bestimmung der Leistung des anzuschaffenden Traktors.

Moderne Traktoren sind schwerer als frühere Modelle und mit viel Technik und Komfort ausgestattet. Zusätzliche Aggregate aber bedingen vergleichsweise mehr Traktorleistung als früher. Man sollte speziell auf die Ausrüstungsoptionen achten, welche den Leistungsbedarf noch weiter steigern.

Drehzahl von 2200 min<sup>-1</sup> etwa 270 Nm und bei 1550 min<sup>-1</sup> einem Wert von 380 Nm.

Dies bedeutet, dass bei einer Drehzahl von 2200 min<sup>-1</sup> der Motor in der Lage ist, eine zusätzliche Belastung durch eine Erhöhung des Drehmoments von 270 auf 380 Nm zu erhöhen. Diese Differenz von 110 Nm stellt in diesem Fall die Drehmomentreserve dar, auch als Drehmomentanstieg bezeichnet.

Der Drehmomentanstieg wird meistens mit einem Prozentsatz angegeben. In unserem Beispiel ergeben die oben genannten Zahlen von 270 Nm bei 2200 min<sup>-1</sup> und die mögliche Steigerung des Drehmoments um 110 Nm, in Prozenten ausgedrückt, einen Drehmomentan-

stieg von 40,74% ( $110/270 \times 100 = 40,74$ ) Mit dieser Bezugsgrösse lässt sich die Drehmomentreserve von zwei verschiedenen Motoren in Bezug auf eine gegebene Drehzahl vergleichen. Damit der Vergleich zwischen verschiedenen Drehmomentreserven aussagekräftig ist, müssen zwingend die Nenndrehzahlen identisch sein.

Bei einem Drehmomentanstieg von mehr als 20% kann man von einem «elastischen» Motor mit einer guten Durchzugskraft sprechen.

**Spezifischer Verbrauch**

Mit dem spezifischen Verbrauch, gemessen in g/kWh, wird angegeben, wie viel Treibstoff der Traktor pro Leistungseinheit

**Tabelle: Beurteilung des Drehmomentanstiegs**

Drehmomentanstieg	Beurteilung
bis 20%	mässig
20% bis 30%	gut
über 30%	sehr gut

und Stunde braucht. Er entspricht der Menge Treibstoff, die es braucht, um eine kW-Leistung zu bekommen. Dieser Wert sollte möglichst tief sein in den Bereichen, in denen die Nutzung stattfindet (zwischen 1800 und 2200 min<sup>-1</sup>).

Es empfiehlt sich, einem «wirtschaftlichen» Motor den Vorzug zu geben. Die tiefsten Werte ergeben sich meistens im Drehzahlbereich, in dem das Drehmoment des Motors am höchsten ist.

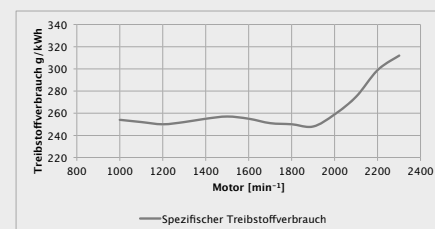
**Spezifischer Verbrauch bei Nennleistung**

- unter 270 g/kWh = gut
- zwischen 270 und 290 g/kWh = mittel
- über 290 g/kWh = hoch

Als Richtwert gilt, dass der Treibstofftank ein Fassungsvermögen von 1,5 bis 2 Liter pro kW Nennleistung aufweisen sollte.

Über die technischen Eigenschaften des Motors hinaus sollten bei der Wahl eines neuen Traktors noch weitere Aspekte Berücksichtigung finden, so der vorgesehene Einsatz und die zu verrichtenden Arbeiten sowie spezifische Bedürfnisse des Betriebs. All diese Aspekte werden detaillierter in einem weiteren Beitrag der «Schweizer Landtechnik» behandelt. ■

**Grafik 4: Darstellung des spezifischen Verbrauchs**



- Der tiefste Punkt der Kurve entspricht dem Minimalverbrauch des Traktors für eine bestimmte Motordrehzahl.
- Je flacher die Kurve, desto wirtschaftlicher der Traktor.
- Je ausgeprägter die Steigungen der Kurve, desto grösser der Treibstoffverbrauch.