

Abb. 1.10 Zugkraftdiagramm

errechnet, wie in Abschn. 1.1 eingeführt (vgl. Abb. 1.4). Das durch den Motor angebotene maximale Antriebsmoment für jede Übersetzungsstufe wird durch eine eigene Kurve repräsentiert, die Umrechnung erfolgt mit der Übersetzung  $i_i$  der jeweiligen Stufe und dem dynamischen Rollradius  $r_{\text{dyn}}$ . In diesem Fall sind insgesamt sechs Übersetzungsstufen gezeigt. Die gepunkteten Linien zeigen beispielhaft die Zugkraftbedarfe für Konstantfahrten an unterschiedlichen Steigungen.

In Abb. 1.10 ist außerdem die sogenannte Zugkrafthyperbel eingezeichnet. Sie wird durch die Punkte maximaler Leistung kombiniert mit der idealen Übersetzung für jede Geschwindigkeit gebildet, analog zu Gl. (1.7). Die Zugkrafthyperbel wird an ihren beiden Enden begrenzt. Die Reibverhältnisse zwischen Rad und Untergrund limitieren die maximale übertragbare Kraft, wird diese überschritten, kommt es zum Durchdrehen der Räder. Daher wird diese Grenze auch als Schlupfgrenze bezeichnet. Der Schnittpunkt mit der Zugkraftbedarfslinie in der Ebene ergibt die maximale Geschwindigkeit  $\dot{x}_{\max}$ .

Die Darstellung des Zugkraftdiagramms erläutert die zentrale Aufgabe des Getriebes. Abhängig von der jeweiligen Fahrsituation passt das Getriebe Drehmoment und Drehzahl des Motors innerhalb dessen Leistungsfähigkeit durch Wandlung an die Zugkraftbedarfe an. Die Differenz zwischen der Kurve des Leistungsbedarfs und der Volllastkurve im jeweiligen Gang beschreibt die für die Beschleunigung des Fahrzeugs verfügbare Be-

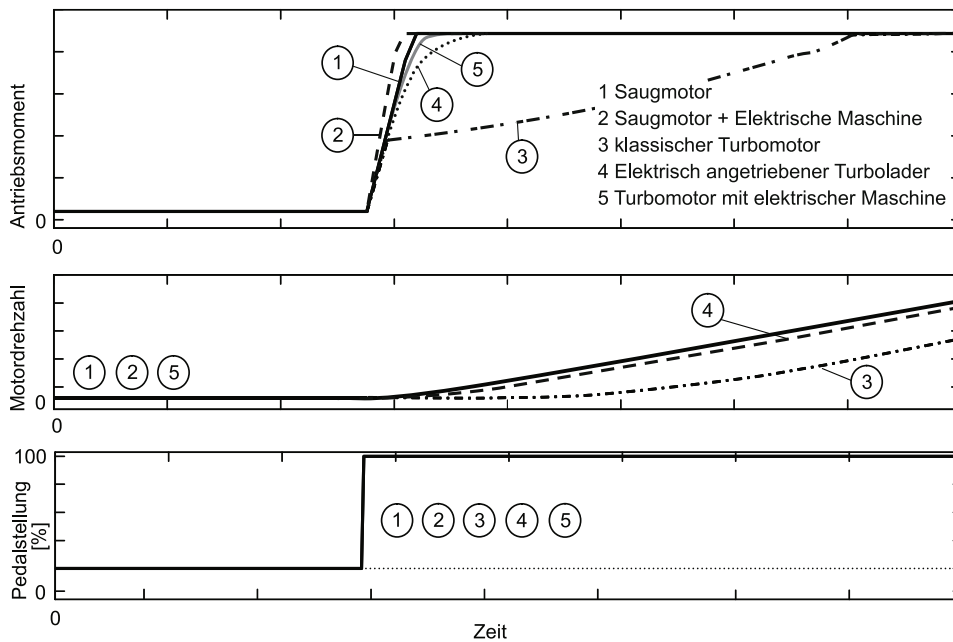
schleunigungskraft. Die Notwendigkeit von Übersetzungen zeigt auch die Darstellung des Direktantriebs,<sup>4</sup> der unteren (grauen) Kurve.

In den bisherigen Darstellungen sind die Zusammenhänge (quasi-)statisch als Antriebsmoment über Drehzahl aufgetragen. Tatsächlich handelt es sich jedoch um dynamische Übergänge, die einen zeitlichen Verlauf haben.

### 1.2.6 Ansprechverhalten

Nicht nur die Drehmomenthöhe ist von Relevanz. Auch die Aufbaugeschwindigkeit, sprich der Zeitraum, in dem das Moment bereitgestellt werden kann, sowie der zeitliche Verlauf sind von Bedeutung. In Abb. 1.11 sind die Charakteristika einiger Motorkonzepte bei Volllastbeschleunigung dargestellt. In allen Fällen wird die Fahrpedalstellung von 20 % auf 100 % erhöht und die zeitlichen Reaktionen von Antriebsmoment und Drehzahl werden gezeigt.

Verlauf 1 stellt das Verhalten eines Saugmotors dar. Das Ansprechverhalten ist abhängig vom Luftvolumen hinter der Drosselklappe.



**Abb. 1.11** Ansprechverhalten verschiedener Motorkonzepte

<sup>4</sup> Die VKM treibt die Räder direkt an, es gilt  $i_{\text{ges}} = 1$ .