

1. Einleitung, Zielsetzung und Aufbau der Arbeit

Trotz vieler engagierter Erfinder und hunderter Ideen während der letzten 130 Jahre gibt es bis heute Motoren mit Variabilitäten im Kurbeltrieb, wie beispielsweise variabler Verdichtung, lediglich in der Patentwelt oder im Forschungsstadium, nicht aber in der Großserie. Die einzig relevante Anwendung eines variablen Verdichtungsverhältnisses stellen Motoren zur versuchstechnischen Ermittlung der Research-Oktan-Zahl (ROZ) bei Kraftstoffherstellern dar [ZIM2005]. Dabei stammen die ersten recherchierbaren Patentanmeldungen für variable Kurbeltriebe aus dem letzten Viertel des 19. Jahrhunderts und sind damit mindestens genau so alt wie das Automobil selbst.

Im Zeitraum von 1909 bis 2008 wurden weltweit in Summe 4.660 Anmeldungen, die sich mit variablen Kurbeltrieben beschäftigen, von den Patentämtern veröffentlicht. Abbildung 1 zeigt den zeitlichen Verlauf dieser Anmeldungen.

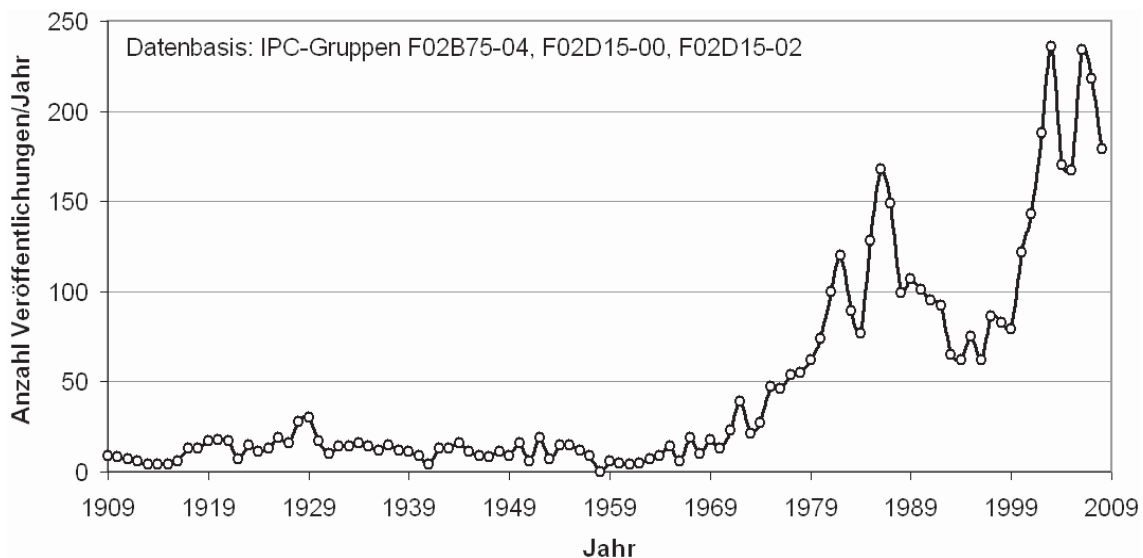


Abbildung 1: Veröffentlichte Patentfamilien zu variablen Kurbeltrieben von 1909 bis 2008

In den ersten 60 Jahren des Betrachtungszeitraums wurden im Schnitt elf Patentveröffentlichungen pro Jahr registriert. In den 1970ern stieg die Zahl der jährlichen Veröffentlichungen exponentiell an und erreichte in den 1980ern einen ersten Höhepunkt, der nach einem leichten Abfall in den 1990ern in den letzten zehn Jahren des dargestellten Zeitraums nochmals weit übertroffen wurde. Versteht man die Anzahl von Patentveröffentlichungen als Indikator für das Interesse von Wirtschaft und Wissenschaft an einer Technologie, so ist dieses für variable Kurbeltriebe demnach stetig gewachsen und heute stärker denn jemals zuvor.

Gleichzeitig treiben legislative Forderungen und die starke Nachfrage nach Fahrzeugen mit geringem CO₂-Ausstoß seitens der Verbraucher die Entwicklung verbrauchsoptimaler Antriebe bei den Automobilherstellern in der jüngsten Vergangenheit schnell voran. Die gestiegene Konkurrenz zwischen konventionellen Antrieben, Hybridantrieben und rein elektrischen Antrieben vergrößert dabei in allen drei Bereichen die Anstrengungen und steigert das Entwicklungstempo sowie die Bereitschaft, auch kleinste Verbrauchspotentiale zu erschließen. Folglich ist die Umsetzung einer



1. Einleitung, Zielsetzung und Aufbau der Arbeit

Variabilität im Kurbeltrieb in naher Zukunft sehr wahrscheinlich, weil hierdurch bisher unerschlossene Verbrauchspotentiale von Verbrennungsmotoren in konventionellen wie auch in hybridisierten Antriebssträngen genutzt werden können. Voraussetzung hierfür ist, dass der technische Aufwand und die mechanischen Nachteile, die mit der Einführung einer Kurbeltriebsvariabilität einhergehen, insbesondere Reibungserhöhung und Akustikverschlechterung, gering oder nicht vorhanden sind.

Ziel dieser Arbeit ist es, einen variablen Kurbeltrieb für variable Verdichtung oder neuartige Hubverläufe, die thermodynamische Wirkungsgradverbesserungen ermöglichen, auf Basis des am besten geeigneten Funktionsprinzips darzustellen. Die technische Basis der Untersuchungen ist ein aufgeladener Viertakt-Ottomotor in Reihenvierzylinderanordnung mit hohen spezifischen Werten für Drehmoment und Leistung. Die gesuchte Lösung muss dabei ein multikriterielles Optimum darstellen, indem sie grundsätzlich unter allen bei PKW-Antrieben auftretenden Betriebsbedingungen aktiv funktionsfähig ist und alle relevanten Anforderungen an einen Fahrzeugantrieb im Premiumsegment erfüllt. Darüber hinaus soll die angestrebte Lösung unter Großserienbedingungen umsetzbar sein, weshalb sie weitgehend auf bekannten Werkstoffen und Fertigungsverfahren basieren sollte.

Die vorliegende Dissertation ist wie folgt aufgebaut: zunächst werden in Kapitel 2 die für die Arbeit wichtigen Grundlagen dargelegt und anhand thermodynamischer Grundsatzüberlegungen sinnvolle Kurbeltriebsvariabilitäten vorgestellt sowie ihre theoretischen Potentiale aufgezeigt. Kapitel 3 behandelt den Stand der Technik variabler Kurbeltriebe. Nach der Darstellung der Vor- und Nachteile jeder Kategorie zur Generierung einer Variabilität wird eine Vorauswahl von je zwei Systemansätzen für die drei im Rahmen dieser Arbeit als sinnvoll eingestuften Kurbeltriebsvariabilitäten getroffen. Aus dieser Vorauswahl von Lösungsprinzipien wird in Kapitel 4 für jede der drei Kurbeltriebsvariabilitäten anhand von Konzeptkonstruktionsständen und detaillierter vergleichender Bewertungen jeweils eine Vorzugsvariante ermittelt. Von den ursprünglich drei Kurbeltriebsvarianten werden aufgrund des zu erwartenden realen Verbrauchspotentials schließlich nur zwei weiterverfolgt. Diese beiden Lösungen, die auf dem Prinzip des Mehrgelenkskurbeltriebs basieren, werden in Kapitel 5 anhand einer eigens hierfür entwickelten Vorgehensweise zur Kinematikoptimierung und deren Ergebnissen zu theoretisch funktions- und reibungsoptimalen Kurbeltrieben entwickelt und konstruktiv umgesetzt. In diesem Zusammenhang werden alle relevanten Aspekte von Mehrgelenkskurbeltrieben analysiert und vorgestellt. Kapitel 6 erläutert die Umsetzung der zur Erprobung entwickelten variablen Kurbeltriebe in Versuchsmotoren und fasst die durchgeführten Versuchsprogramme zusammen. Hauptbestandteil dieses Kapitels ist der praktische Nachweis der Funktionsfähigkeit der realisierten variablen Kurbeltriebe mitsamt ihrer wichtigsten, experimentell ermittelten, mechanischen Eigenschaften. Eine abschließende Bewertung der umgesetzten Mehrgelenkskurbeltriebe erfolgt in Kapitel 7. Dort werden die theoretisch zu erwartenden Verbrauchspotentiale der beiden Kurbeltriebskonzepte unter Berücksichtigung ihrer real gemessenen Reibungsverluste dargestellt. Das abschließende Kapitel 8 fasst die wichtigsten Ergebnisse der Arbeit zusammen und gewährt einen Ausblick auf weitere Handlungsfelder.