

Abbildung 2.2: Exemplarischer Verlauf des Luftwiderstandsbeiwertes über Geschwindigkeit [44]

Beschreibung der einzelnen Anteile des Luftwiderstandes

Der gesamte aerodynamische Fahrwiderstand besitzt unterschiedliche Ursachen. Deren Analyse ist erforderlich, um zu verstehen, welche Effekte zu dessen Reduzierung führen. Die einzelnen Einflüsse Grundform, induzierter Widerstand, Rauigkeit, Kühlluftwiderstand und Interferenzverluste sind in Abbildung 2.3 dargestellt.

Grundform und induzierter Widerstand Die Grundform eines Fahrzeuges besteht aus der Außenhaut mit glattem Unterboden ohne Räder, Kühlluftöffnungen und weitere Spalten. Die Umströmung ist in weiten Bereichen durch anliegende Strömung geprägt. Im Heckbereich und im Bereich der A-Säulen treten minimale Ablösephänomene auf. Dieser Körper ähnelt sehr stark der Form eines Flugkörpers. Im Extremfall wurden an einem solchen Objekt bereits Werte von $c_w = 0,13$ gemessen, was eine äußerst strömungsgünstige Form belegt. Aufgrund der Formgebung eines realen Straßenfahrzeuges treten auf der Fahrzeugoberseite höhere Strömungsgeschwindigkeiten als auf der Unterseite auf. Diese Druckunterschiede werden durch ausgleichende Strömungen am Fahrzeugheck kompensiert, wodurch Wirbel erzeugt werden. Diese zusätzliche Widerstandskraft wird als induzierter Widerstand bezeichnet.

Rauigkeit der Anbauteile Die Rauigkeit sammelt alle Änderungen der Oberfläche gegenüber dem Grundkörper. Außenspiegel, Karoseriespalte, Türgriffe oder die Räder sind Beispiele dafür. Dieser Anteil beträgt für ein Außenspiegelpaar ca. 4 % des Gesamtluftwiderstandes und kann bei sehr großen, ungünstig angebauten Körpern wie einer Skibox auf bis zu 40 % ansteigen.



Abbildung 2.3: Zusammensetzung des Luftwiderstandes [44]

Kühlluftwiderstand Dies ist der für die vorliegende Arbeit wesentliche Anteil der aerodynamischen Verluste. Daher wird darauf im Folgenden detaillierter eingegangen. Ausgehend von den Lufteintritten wird ein Fahrzeug von vielen „Stromröhren“ durchzogen, die sowohl Wärmeübertrager mit Kühlluft als auch Fahrgastraum und Motor mit Frischluft versorgen. Diese Stromröhren stellen aus Sicht der Aerodynamik Verluste dar, die sich in einer erhöhten Luftwiderstandskraft niederschlagen. Diese Verluste sind anhand der im Motorraum abnehmenden Strömungsenergie in Abbildung 2.4 zu sehen.

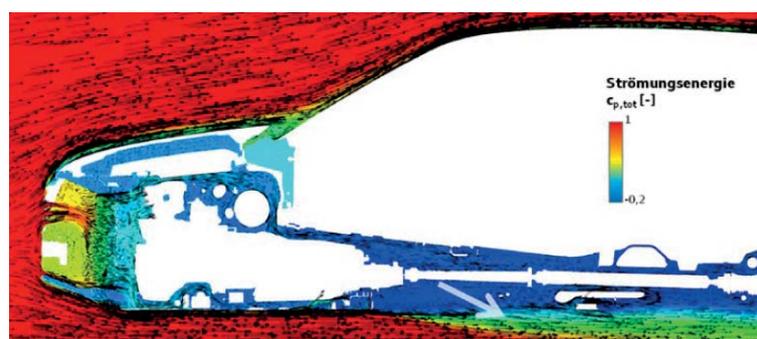


Abbildung 2.4: Strömungsenergie der Kühlluft [44]

Der Beiwert des Kühlluftwiderstandes $\Delta c_{w,K}$ wird definiert als

$$\Delta c_{w,K} = c_{w,durchströmt} - c_{w,Mock-up} \quad (2.6)$$