

Aerodynamik an HPV-Fahrzeugen

Grundsätzliches ohne Formeln - 2. Teil

Nachdem im 1. Teil vorwiegend die Einspurfahrzeuge betrachtet wurden, sollen jetzt die Mehrspurfahrzeuge an der Reihe sein: Auch bei diesen gilt natürlich der Grundsatz, daß hinter dem Fahrzeug die Luft möglichst wenig aus dem Gleichgewicht gebracht werden darf (da sich sonst auch bei anliegender Strömung hinter dem Fahrzeug Wirbelschleppen bilden).

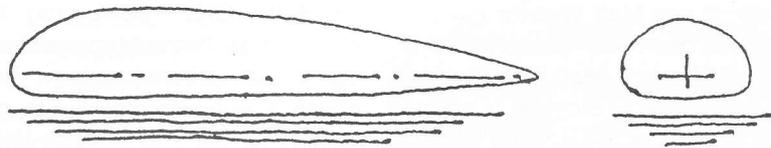
Betrachten wir die ideale Verkleidung in Bodennähe aus dem 1. Teil dieser Betrachtungen (siehe PRO VELO 31, S. 27):

Dreirad

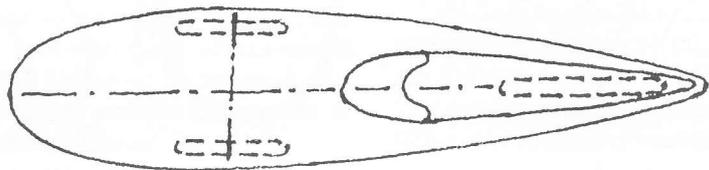
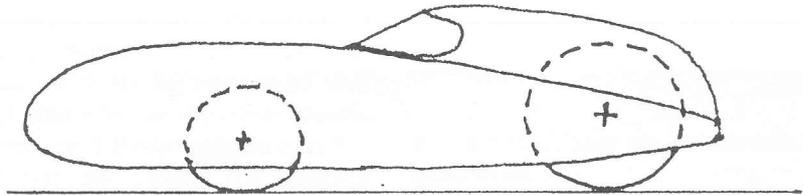
Um nun mit dieser ein Mehrspurfahrzeug ohne viele Formveränderungen zu gestalten, bietet sich das Dreirad geradezu an (vorne 2 Räder und hinten 1 Rad, der Tropfen ist ja vorne breiter als hinten). Die beiden Vorderräder sollten dabei die gelenkten sein, da ja Hecklenker zu instabilen Fahrzuständen führen können.

Der niedrige Schwerpunkt bei Rückenliegerädern kommt dem Mehrspur-HPV - anders als bei den Einspurfahrzeugen, wo ein hoher Schwerpunkt gefragt ist - sehr entgegen! Auch daß die beiden Räder vorne liegen, hat für die Fahrdynamik große Vorteile: Beim Abbremsen verlagert sich der Schwerpunkt zur Vorderachse hin, das Fahrzeug wird dadurch kippstabiler. Genau umgekehrt verhält es sich mit 2 Räder hinten! Ein Nachteil der Rückenlage bleibt aber: Der Schwerpunkt liegt weit hinten!

Da so ein Dreirad breiter gebaut werden muß als ein Einspurer, wird man es, um es nicht zu lang werden zu lassen, hinten so wenig spitz wie möglich verlaufen lassen (etwa wie beim idealen Tropfen). Das ist ja auch möglich, da das Dreirad ohne große Form-



Die ideale Verkleidung in Bodennähe



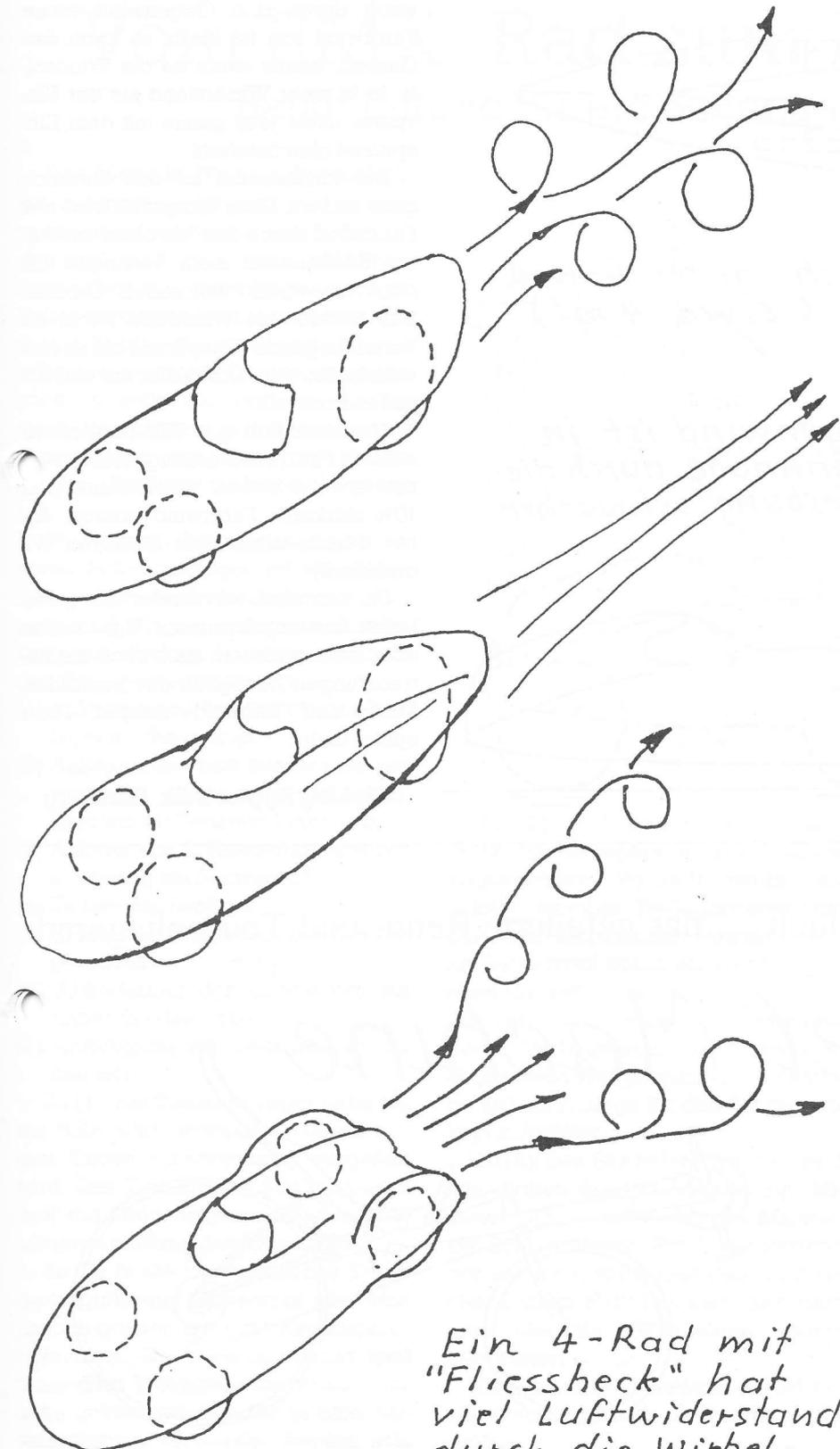
3 Räder passen gut in den "Tropfen"

veränderungen aus der idealen Verkleidung gebildet werden kann. Bedingung dabei ist dann natürlich eine sehr schmale flossenartige Kopfverkleidung. Man muß dabei auch bedenken, daß ein doppelt so stumpfes Heck die Aufprallwucht der Luft (die sich hinter dem Fahrzeug trifft), vervierfacht! Dadurch erzeugen auch kleinere Formfehler schon merkliche Widerstände.

Vierrad

Das Vierrad-HPV kann einen Aero-

dynamiker so richtig zur Verzweigung bringen: Es ist durch die beiden hinteren Räder stark von der idealen Form abweichend (hinten breit). Ein nach Pkw-Art ausgeführtes "Fließheck" kann überhaupt nicht helfen, da es fast nur Luft von oben hinter das Fahrzeug gelangen läßt, welche dadurch auf die Fahrbahn prallt und eine keilförmig auseinanderdriftende Wirbelschleppe bildet, welche besonders viel Widerstand erzeugt. Außerdem bekommt das Vierrad-HPV auch noch Auftrieb (Reaktionskraft zu dem Aufprall der



Ein 4-Rad mit "Fließheck" hat viel Luftwiderstand durch die Wirbelschleppen

Luft auf die Fahrbahn!).

Soll das Vierrad auch noch 2 Personen nebeneinander beherbergen, so wird das Ganze noch schlechter! Kein Wunder, daß Pkw-Aerodynamiker es schwer haben und trotz Windkanal und bester technischer Ausrüstung nur zu unbefriedigenden Widerstandsbeiwerten kommen.

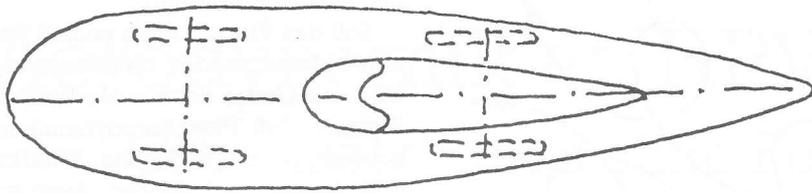
Abhilfe kann eine entsprechend größere Tropfenverkleidung bringen, so daß die vier Räder im dicken Bereich Platz finden. Das führt natürlich (auch bei einer optimalen Gestaltung) zu mehr Widerstand, einfach weil das Fahrzeug größer ist, als ein optimales Dreirad. Es ist aber immer noch erheblich besser als das "Fließheck"-Vierrad. Ein so optimal geformter Pkw würde sehr sparsam fahren, aber wohl nie einen Parkplatz finden!

Eine weitere Möglichkeit ergäbe sich, ordnet man ein Rad vorne, ein weiteres hinten und auf jeder Seite noch je ein Rad an. Aber wo bleibt da noch ein Vorteil gegenüber dem Dreirad? Die Lenkgeometrie dürfte auch recht kompliziert ausfallen!

Grundsätzlich hat ein Vierrad-HPV einen höheren Luftwiderstand als ein Dreirad. Und ein Dreirad hat einen etwas größeren Luftwiderstand als ein Einspurer. (Mehr Räder verwirbeln auch mehr Luft. Beim Dreirad läuft auch kein Rad im Windschatten eines anderen Rades).

Jetzt könnte man meinen, daß das Einspur-HPV in Bezug auf Aerodynamik das beste Fahrzeug sei. Das stimmt jedoch nicht immer. Wir müssen die Fahrzeuge noch bei Gegenwind betrachten: Das Dreirad fährt dicht über der Fahrbahn, wo der Wind durch die Bodenreibung geringer ist. Der Einspurer fährt hoch darüber und bekommt den Gegenwind viel stärker ab. Daher kann es passieren, daß ein Dreirad schneller wird als ein Einspur-HPV!

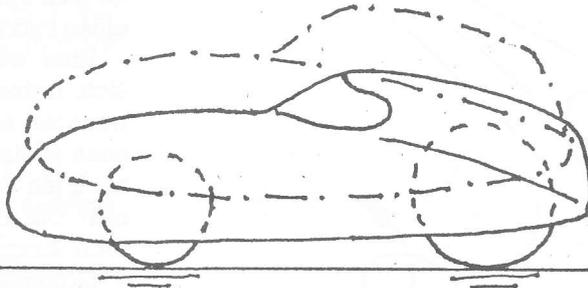
Man bedenke, daß der Luftwiderstand überproportional mit der Fahrtwindgeschwindigkeit ansteigt. Hat zum Beispiel ein Dreirad bei 40 km/h durch Gegenwind einen Fahrtwind von 58,5 km/h und ein Einspurer bei 40



Ein aerodynamisch gutes 4-Rad wird sehr lang! (etwa 4 m!)



Der Gegenwind ist in Fahrbahnnähe durch die Bodentreibung schwächer



km/h durch den Gegenwind einen Fahrtwind von 63 km/h, so kann das Dreirad, selbst wenn es bei Windstille 16 % mehr Widerstand als der Einspurer hätte, jetzt genau mit dem Einspurrad gleichziehen!

Bei Rückenwind ist das natürlich ganz anders. Dem Einspurer wird der Fahrtwind durch den "da oben" stärkeren Rückenwind mehr verringert als dem "da unten" fahrenden Dreirad. Das bereits bei Windstille leicht im Vorteil liegende Einspurrad hat es nun sehr leicht, dem Dreiradler auf und davon zu brausen!

Grundsätzlich gilt: Ein doppelt so starker Fahrtwind erzeugt bereits einen etwa 4-fachen Widerstand! (Ein 10% stärkerer Fahrtwind erzeugt daher bereits einen 21% stärkeren Widerstand!)

So, nun sind wir wieder ein gutes Stück weitergekommen! Uns fehlen aber unter anderem auch noch die Betrachtungen bezüglich der Laufräder, Kurz- und Teilverkleidungen. Dazu später mehr.

Dipl.Ing Eggert Bütk, Hamburg