

## Scheitelrollenprüfstand für Elektrofahrzeuge - Vorbereitungsskript

### Einleitung:

Im Rahmen des vorliegenden Versuchs an einem Scheitelrollenprüfstand für Elektrofahrzeuge soll ein Einblick in die Längsdynamik von Elektrofahrzeugen sowie in die Funktionsweise von Rollenprüfständen gegeben werden. Rollenprüfstände, wie der im Versuch verwendete „Superflow AutoDyn 30“, finden in der Industrie und Forschung verschiedene Anwendungsmöglichkeiten. Zum einen erlauben Rollenprüfstände die Messung der Maximalleistung eines Pkw. Diese Möglichkeit der Nutzung des Prüfstands ist jedoch nicht Bestandteil des vorliegenden Versuchs, weshalb auf diese nicht weiter eingegangen wird.

Zum anderen erlauben Rollenprüfstände die Simulation von verschiedenen Fahrzyklen zur Verbrauchsmessung eines Pkw. Ein Rollenprüfstand erlaubt es dem Anwender, Fahrzyklen beliebig oft mit den gleichen Rahmenbedingungen zu wiederholen. Dies ist möglich, da Zufallsabweichungen aufgrund von Verkehrs- und Umwelteinflüssen während der Prüffahrt auf dem Prüfstand ausgeschlossen werden können. Des Weiteren lassen sich einzelne Fahrzeugparameter, hier z.B. das Fahrzeuggewicht oder der  $c_W$ -Wert, für jeden Versuch anpassen. Mit Hilfe einer drehmomentgeregelten elektrischen Maschine kann die Rolle angetrieben oder abgebremst werden, wodurch sich unterschiedliche und dynamische Fahrwiderstände darstellen lassen.

### Ziele des Versuchs:

Im Rahmen des vorliegenden Versuchs werden verschiedene Fahrzyklen durchfahren und nacheinander Fahrzeugparameter verändert. Zum einen sollen die Auswirkungen dieser Einflussgrößen auf die Fahrwiderstände und schließlich auf den Energieverbrauch vermittelt werden. Zum anderen wird veranschaulicht, in welchem Umfang die Rekuperation bei diesem Elektrofahrzeug stattfindet. Hierbei sollen die Effekte ermittelt werden, welche durch starke Bremsvorgänge oder aber durch die Erhöhung der Fahrzeugmasse auftreten. Der Aufbau der einzelnen Aufgaben soll einen Vergleich der einzelnen Ergebnisse ermöglichen und erlauben, die Zusammenhänge zwischen den einzelnen Parametern besser zu verstehen.

### Versuchsaufbau:

Der Anwender steuert den Versuch über eine Online-Benutzeroberfläche, welche mit Hilfe des Programms „LabView“ der Firma National Instruments erstellt wurde. Die Benutzeroberfläche erlaubt die Betrachtung der Verläufe bestimmter Messgrößen, wie z.B. der Fahrwiderstände und des Verbrauchs des Fahrzeugs, sowie die Beobachtung verschiedener Messwerte, wie z.B. der Batterietemperatur. Das Layout der Benutzeroberfläche kann der folgenden Abbildung entnommen werden:

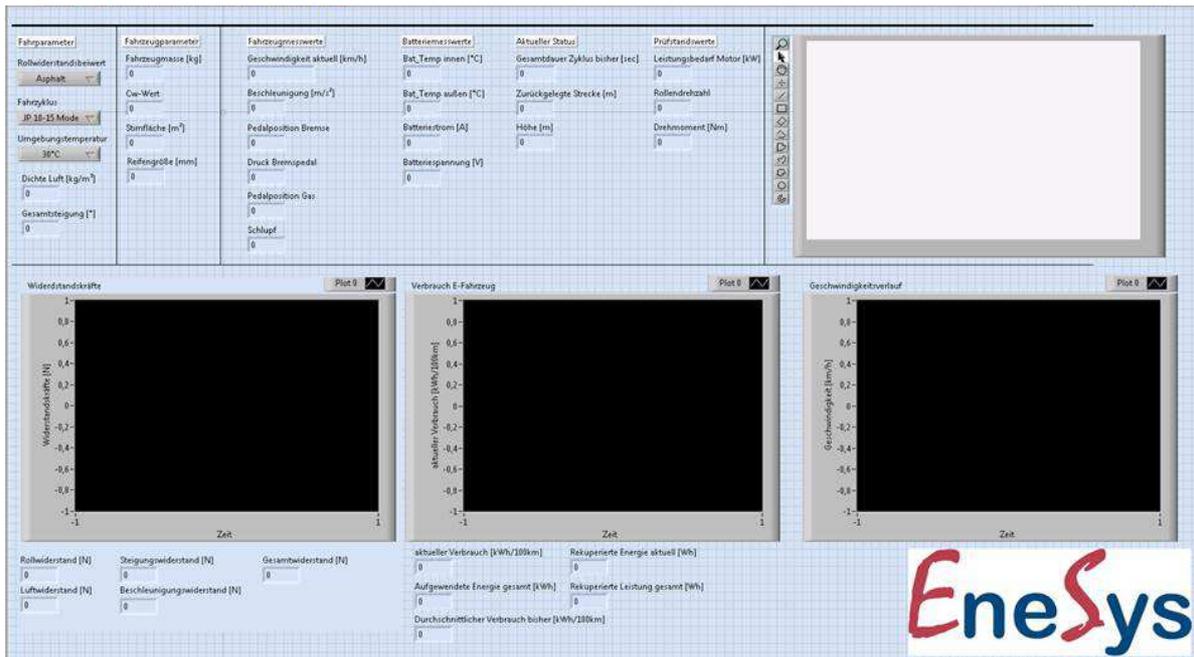


Abbildung 1: Layout der Benutzeroberfläche

Bei dem in diesem Versuch verwendeten Elektrofahrzeug Think City handelt es sich um ein kleines Elektroauto, das sich vorrangig für den Städteinsatz eignet. Der Antrieb erfolgt rein elektrisch, ein Range Extender ist nicht vorhanden. Der Elektromotor treibt über ein Getriebe mit konstanter Übersetzung die Vorderachse an, während die Hinterachse bei der Fahrt auf dem Rollenprüfstand stillsteht. Die exakten Fahrzeugparameter spielen für den Versuch nur eine untergeordnete Rolle, da in den zu erledigenden Aufgaben Werte für das Fahrzeug vorgegeben werden. Dies ist möglich, da sich die Fahrwiderstände, wie oben erwähnt, durch die Antriebsmaschine des Prüfstands simulieren lassen.

Das Fahrzeug steht während des Versuchs auf einem Superflow AutoDyn 30 Scheitelrollenprüfstand, bei dem die beiden Vorderräder des Pkw im Scheitelpunkt der Rolle angetrieben werden. Scheitelrollenprüfstände zeichnen sich durch hohe Messgenauigkeiten und eine gute Vergleichbarkeit zur Straße aus. Der Antrieb der Rolle erfolgt über eine elektrische Maschine. Da die angetriebenen Räder auf zwei starr miteinander verbundenen Rollen stehen, ist es nicht möglich, unterschiedliche Drehzahlen für die rechte und linke Fahrzeugseite einzustellen. Die Simulation von Kurvenfahrten ist somit nicht möglich.

Im vorliegenden Fall ist der Prüfstand nicht in den Hallenboden eingelassen. Damit das Fahrzeug auf dem Rollenprüfstand positioniert werden kann, wird es mit einer Hebebühne auf die notwendige Höhe angehoben. Von dort kann das Fahrzeug auf die Rolle gefahren werden. Während des Versuchs befinden sich die Hinterräder des Fahrzeugs auf der Hebebühne. Sie dient somit zusätzlich dazu, das Fahrzeug in einer waagerechten Position zu halten. Einen schematischen Aufbau des Rollenprüfstands zeigt die folgende Abbildung:

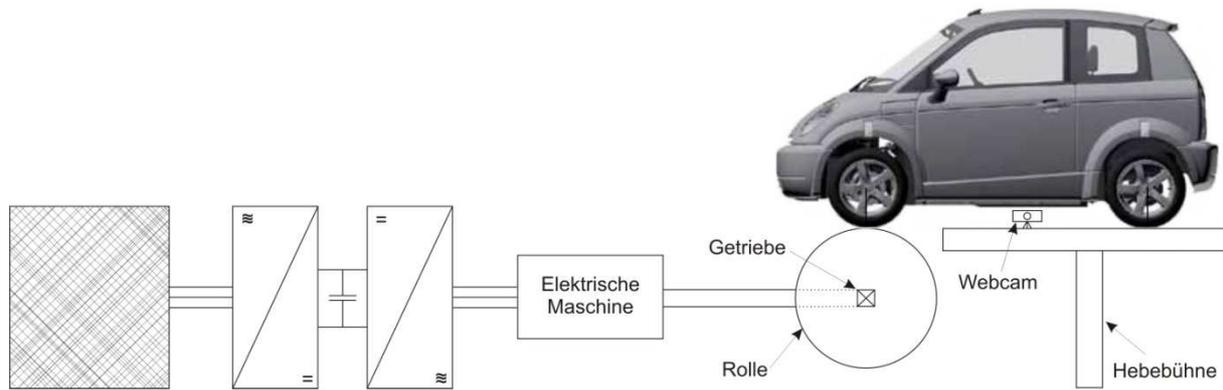


Abbildung 2: Schematischer Aufbau des Rollenprüfstands

Um die Sicherheit während des Versuchs zu gewährleisten, ist das Fahrzeug an der Front und am Heck mit Spanngurten festgezurr. Dies soll verhindern, dass das Fahrzeug sich auf der Rolle in Bewegung setzt und unkontrolliert von der Rolle abkommt. Eine vertikale Krafteinleitung durch die Befestigung wird vermieden, um die Messwerte nicht zu verfälschen.

Für eine visuelle Betrachtung des Versuchs ist auf dem Rollenprüfstand eine Webcam montiert. Die Kamera ist eine handelsübliche Webcam von Logitech mit der Modellbezeichnung B525 HD. Mit Hilfe der Kamera ist es möglich in die Benutzeroberfläche ein Live-Bild des Fahrzeugs auf dem Prüfstand zu integrieren.

Damit eine möglichst große Reproduzierbarkeit des Versuchs gewährleistet wird, erfolgt die Steuerung des Fahrzeugs durch einen Pedalroboter. Dieser Roboter bedient sowohl das Gas- als auch das Bremspedal. Durch diese Art der Pedalbetätigung können die Pedale bei jeder Versuchsdurchführung zu jedem Zeitpunkt in die exakt gleiche Position gebracht werden wie bei den vorherigen Versuchsdurchführungen. Bei manueller Betätigung der Pedale würde ein Vergleich der einzelnen Ergebnisse schwerfallen, da es immer zu kleineren Abweichungen bei der Pedalbetätigung käme.

Die Kommunikation zwischen der Benutzeroberfläche in LabView und der HiL-Einheit (Hardware in the loop), die Elektrofahrzeug und Rollenprüfstand anspricht, erfolgt seriell über eine RS232-Schnittstelle. Hierüber werden Betriebs- und Fahrzeugparameter zur Parametrierung des Fahrdynamikmodells an die HiL-Einheit und für die Auswertung relevante Messwerte mit einer Frequenz von 10 Hz von der HiL-Einheit übermittelt. Die HiL-Einheit ist eine „dSPACE-MicroLabBox“, die die Messsignale verarbeitet und unter Berücksichtigung des Fahrdynamikmodells die Sollwertvorgabe für den Pedalroboter und den Rollenprüfstand ausführt. Dieser Aufbau erlaubt eine permanente Anpassung der Fahrbedingungen.

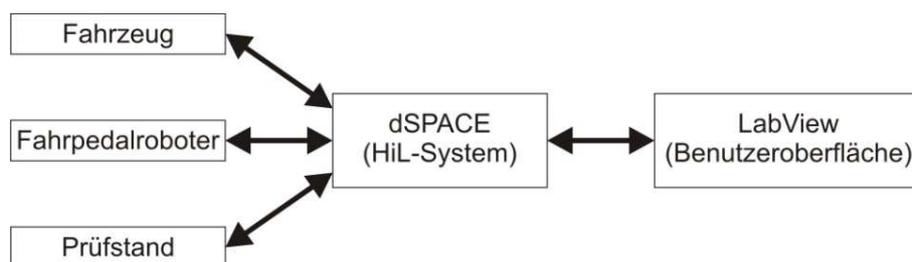


Abbildung 3: Messwerterfassung und -weitergabe

**Nomenklatur:**

$a$	Beschleunigung
$A$	Stirnfläche des Fahrzeugs
$c_W$	$c_W$ -Wert
$E_{\text{Bat}}$	Energie Batterie
$E_{\text{Bs,Rad}}$	Energie bei Beschleunigung am Rad
$g$	Erdbeschleunigung
$m$	Fahrzeugmasse
$r$	Reifenradius
$t$	Zeit
$v_{\text{Fzg}}$	Fahrzeuggeschwindigkeit
$\alpha$	Steigungswinkel
$\eta_{\text{Ant}}$	Antriebswirkungsgrad
$\eta_{\text{Bat}}$	Batteriewirkungsgrad
$\Theta_{\text{red}}$	Massenträgheit Antrieb
$\mu_R$	Rollwiderstandsbeiwert
$\rho_{\text{Luft}}$	Dichte Luft

**Formeln:**

Steigungswiderstand:

$$F_{St} = m * g * \sin \alpha \quad (1)$$

Rollwiderstand:

$$F_R = m * g * \mu_R * \cos \alpha \quad (2)$$

Luftwiderstand:

$$F_L = \frac{1}{2} * \rho_{Luft} * A * c_w * v_{Fzg}^2 \quad (3)$$

Beschleunigungswiderstand:

$$F_B = \left( \frac{\theta_{red}}{r^2} + m \right) * a \quad (4)$$

Gesamtwiderstand:

$$F_{Ges} = F_{St} + F_R + F_L + F_B \quad (5)$$

Batterieladezustand:

$$SoC = \frac{E_{Bat} - E_{Bs,Rad}}{E_{Bat}} \quad (6)$$

Beschleunigungsenergie:

$$E_{Bs,Rad} = \int_{t_1}^{t_2} \left( \frac{\theta_{Ant}}{r^2} + m \right) * (a^2 + \mu_r * g * a) * t + \frac{1}{2} * \rho_{Luft} * c_w * A * (a * t)^3 dt \quad (7)$$

Batterieenergie:

$$E_{Bs,Bat} = \frac{E_{Bs,Rad}}{\eta_{Ant} * \eta_{Bat}} \quad (8)$$

Antriebsleistung:

$$P_{Ges} = F_{Ges} * v \quad (9)$$

Reichweite:

$$s_{max} = v * \frac{E_{Bat} * \eta_{Ant} * \eta_{Bat}}{P_{Ges}} \quad (10)$$