

ACCELERATION SPEED COMPENSATION [ASC]

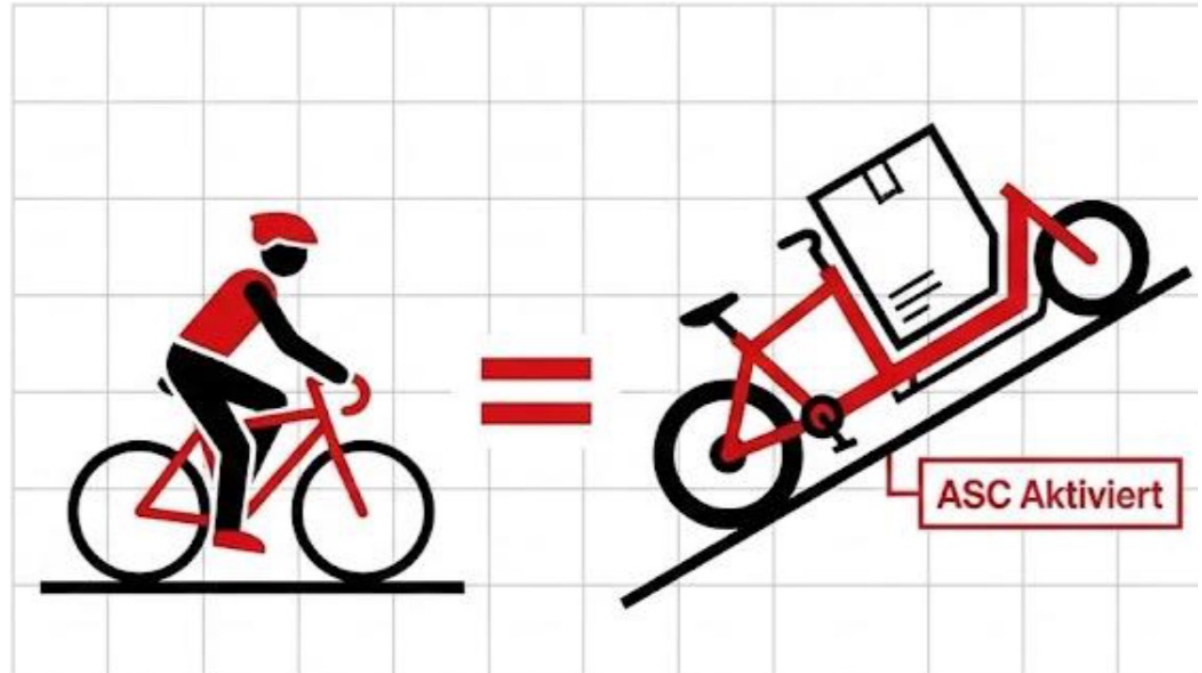
Harmonisierung des Fahrerlebnisses für Logistik,
Familien und inklusive Mobilität.



Die Kernphilosophie: „Ein Fahrrad ist ein Fahrrad“

Das entscheidende Merkmal eines Fahrrads ist seine intuitive Reaktion auf menschliche Anstrengung. Aktuelle Vorschriften unterbrechen diese Erfahrung, wenn erhebliches Gewicht oder Steigungen hinzukommen.

- Ein schweres Lastenrad, Familienrad oder adaptives Fahrrad muss sich wie ein Standardfahrrad auf ebenem Boden verhalten.
- Es muss dasselbe Fahrverhalten bergauf beibehalten und Gewicht und Steigung transparent ausgleichen.



Physik ist für alle gleich: Die Eingabe des Fahrers sollte ein vorhersehbares Ergebnis liefern, unabhängig von der Fahrzeugmasse.

Die Physik-Lücke: Warum feste Leistungsgrenzen scheitern

Aktuelle Vorschriften konzentrieren sich auf die Nennleistung des Motors. Die Physik schreibt vor, dass ein 650-kg-Fahrzeug deutlich mehr Leistung benötigt als ein 60-kg-Fahrzeug, um sich sicher gegen die Schwerkraft zu bewegen. ❌ Rotes Kreuz sind unsichere Zustände.

Vorschlag: maximal 750 W Motorleistung plus 100 W Tretleistung

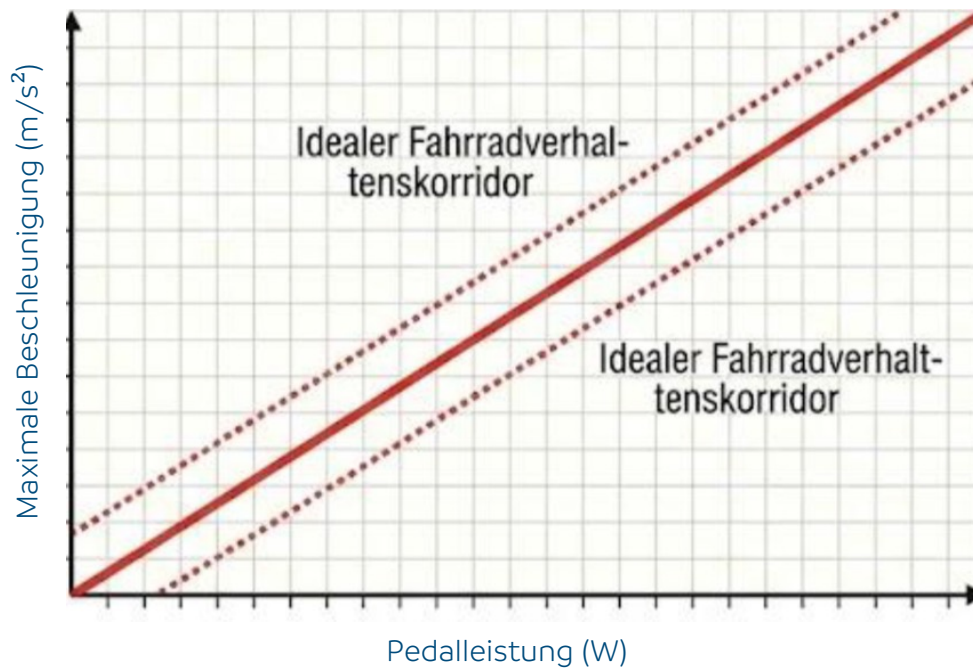


Gesamtgewicht	Pedelec: 60 kg	Lastenrad: 300 kg	Cargobike: 650 kg*
Ebene	Geschwindigkeit nach 2 sec Beschleunigung ❌ 25.3 km/h	Geschwindigkeit nach 2 sec Beschleunigung ✅ 10.7 km/h	Geschwindigkeit nach 2 sec Beschleunigung ❌ 7.1 km/h
	Maximale Geschwindigkeit mit Motor ✅ 25 km/h	Maximale Geschwindigkeit mit Motor ✅ 25 km/h	Maximale Geschwindigkeit mit Motor ✅ 25 km/h
Berg 10%	Geschwindigkeit nach 2 sec Beschleunigung ✅ 20.5 km/h	Geschwindigkeit nach 2 sec Beschleunigung ❌ 6.7 km/h	Geschwindigkeit nach 2 sec Beschleunigung ❌ 3.5 km/h
	Maximale Geschwindigkeit mit Motor ✅ 25 km/h	Maximale Geschwindigkeit mit Motor ❌ 9.4 km/h	Maximale Geschwindigkeit mit Motor ❌ 4.4 km/h

* in ZIV-Regelung nicht vorgesehen

Einführung von ASC (Beschleunigungs- Geschwindigkeits-Kompensation)

Ein dynamisches Steuerungssystem, bei dem die Motorunterstützung durch Beschleunigung und Geschwindigkeit im Verhältnis zur Fahrereingabe geregelt wird, nicht durch willkürliche feste Leistungsgrenzen.



Der Mechanismus

1. Linearisierung: Erzeugt eine lineare Beziehung zwischen Pedalleistung (Watt) und Beschleunigung.
2. Kompensation: Kompensiert automatisch für Fahrzeugmasse, Steigung und Gegenwind.



Kritische Bedeutung für die Paket-Logistik

Kontext:

Die letzte Meile verlagert sich von Lieferwagen auf schwere Lastenräder

Stakeholder:

Urbane Lieferflotten, z.B. Post, Amazon, UPS, ...

Betriebliche Realität:

- Fahrzeuge wiegen beladen 300 kg bis 600 kg.
- Müssen steile Einfahrtsrampen und städtische Hügel bewältigen.
- Aktuelle feste Grenzwerte (250W/750W) machen diese Routen unmöglich.

ASC-Vorteil:

Ermöglicht den Ersatz von Diesel-/Elektrotransportern, indem garantiert wird, dass voll beladene Fahrräder Steigungen bewältigen können.



Stärkung der Inklusion & städtischer Dienste

Innerstädtische Dienste



Gartenarbeit (z.B., Stiel), Kommunale Instandhaltung.

Das Ziehen von Geräteanhängern erfordert eine hohe Drehmomentkompensation, die feste Grenzwerte nicht bieten können.

Zielgruppe: Familientransport, ältere Fahrer, adaptives Radfahren.

Inklusive Mobilität



Die Ungerechtigkeit: Ein Fahrer mit körperlichen Einschränkungen leistet weniger Watt, verdient aber die gleiche Mobilitätsreichweite.

Die ASC-Lösung: Normalisiert den Input. Ein geringerer körperlicher Input von 35 W führt dennoch zu einer sicheren Standardausgangsgeschwindigkeit (z.B. 15 km/h), wodurch die körperliche Barriere beseitigt wird.

Technischer Nachweis: Die Mubea ASC Implementierung

ASC wurde erfolgreich auf einem Mubea Lastenfahrrad mit dem Movaria Antriebssystem implementiert und im Feld getestet.

Testszenario: 4% Steigung (Parkhausrampe)	
Fahrzeug: Schweres Lastenfahrrad	
Ergebnis mit fester Leistungsgrenze (750W): 4.4 km/h (Instabil, kaum balancierend)	Ergebnis mit ASC-Steuerung: 17 km/h (Sicherer, konstanter Verkehrsfluss)



ASC ist technologieoffen und kann bei Bedarf nachgerüstet werden.

Robuste Konstruktionslogik

Eingabe

- Fahrer Drehmoment ($\pm 5W$)
- Geschwindigkeit ($\pm 0.1 \text{ km/h}$)

Verarbeitung

- Durchschnitt über 1 Sekunde (Filter)
- Linearisierungsalgorithmus

Regler

- PID-Regler
- Rampenfunktionen (Anti-Ruck)
- Prädiktive Dämpfung

Ausgabe

- Motorstrom / Drehmoment
- Ergebnis: Digitaler Schwungraddefekt

Das System nutzt prädiktive Dämpfung, um Überschwingen zu verhindern, und Rampenfunktionen, um den Start zu glätten, wodurch ein natürliches mechanisches Gefühl entsteht.

Regulierungsvorschlag: Änderung der EU 168/2013

Ziel: Hinzufügen eines Ausschlusskriteriums für Fahrzeuge mit ASC-basierter Begrenzung.

- h) *Fahrräder mit Pedalantrieb und elektromotorischer Treithilfe, bei denen die Motorunterstützung*
~ *aufhört, wenn der Fahrer nicht mehr tritt,*
~ *nicht abrupt ein- und aussetzt und*
~ *proportional zur Tretleistung zunimmt.*
~ *nur erfolgt, bis zu einer jeweils von der Tretleistung (P_T) abhängigen*

a) *Geschwindigkeitszunahme in 2 Sekunden (a_{max}). Diese beträgt bei einer Tretleistung von:*

$$0 \text{ bis } 210 \text{ W} \rightarrow a_{max} \left[\frac{\text{km}}{\text{h} * 2\text{s}} \right] = 3,0 \left[\frac{\text{km}}{\text{h} * 2\text{s}} \right] + 0,0379 \left[\frac{\text{km}}{\text{h} * 2\text{s} * \text{W}} \right] * P_T \text{ [W]}$$

$$> 210 \text{ W} \rightarrow a_{max} \left[\frac{\text{km}}{\text{h} * 2\text{s}} \right] = 7,5 \left[\frac{\text{km}}{\text{h} * 2\text{s}} \right] + 0,0165 \left[\frac{\text{km}}{\text{h} * 2\text{s} * \text{W}} \right] * P_T \text{ [W]}$$

b) *maximalen Geschwindigkeit V_{max} . Diese beträgt im Bereich von*

$$0 - 25 \left[\frac{\text{km}}{\text{h}} \right] \rightarrow V_{max} \left[\frac{\text{km}}{\text{h}} \right] = 9,0 \left[\frac{\text{km}}{\text{h}} \right] + 0,163 \left[\frac{\text{km}}{\text{h} * \text{W}} \right] * P_T \text{ [W]}$$

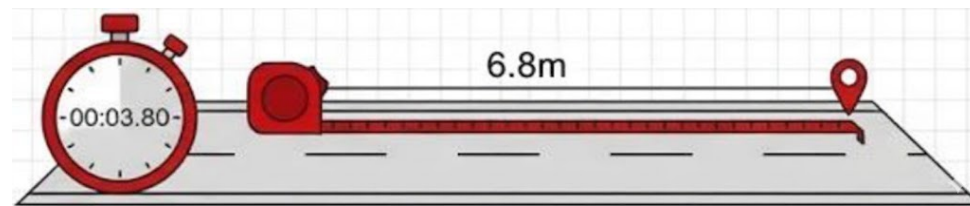
$$> 25 \left[\frac{\text{km}}{\text{h}} \right] \rightarrow V_{max} \left[\frac{\text{km}}{\text{h}} \right] = 25,0 \left[\frac{\text{km}}{\text{h}} \right]$$

Vereinfachte Durchsetzung & Anti-Tuning

Die Herausforderung

Die Messung der 'Nominalen Dauerleistung' (250W) erfordert komplexe thermische Tests im Labor. Tuning ist am Straßenrand schwer zu erkennen.

Die ASC-Lösung: Der Stoppuhr-Test

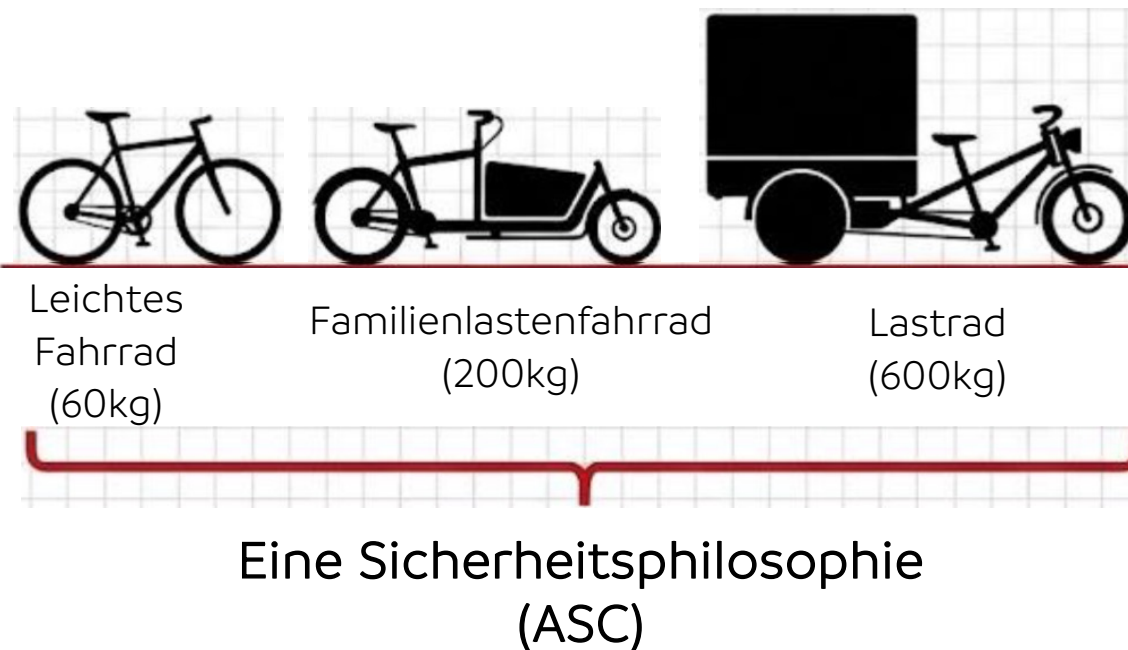


Feldtest-Protokoll:

1. Fahrer gibt leichtes Treten ein (ca. 100W).
2. Zeit: 3.8 Sekunden.
3. Distanzlimit: Max 6.8 Meter.

Schlussfolgerung: Wenn das Fahrrad diese Distanz überschreitet, ist es getunt. Dieses verifizierbare physikalische Verhalten macht unerlaubtes Tuning sofort erkennbar.

Die Mobilitätswende erschließen



Skalierbarkeit: Die Industrie kann von 60 kg bis 600 kg skalieren, ohne regulatorische Fragmentierung.

Sicherheit: Dynamische, auf Physik basierende Steuerung ersetzt willkürliche Leistungsobergrenzen.

Inklusion: Demokratisiert die Mobilität für ältere und behinderte Menschen.

ASC ermöglicht es dem 'Fahrrad', sich zum primären städtischen Verkehrsmittel zu entwickeln, ohne seine Seele – oder seine Sicherheit – zu verlieren.