




# Unfälle mit Pedelecs



## AGENDA

- 01** Pedelec – Aufbau und Funktionsweise
- 02** Pedelec – rechtlicher Ausblick
- 03** Pedelec – Manipulation und Auswirkungen
- 04** Pedelec – Wahrnehmbarkeit im Straßenverkehr
- 05** Unfallrekonstruktion – Fallbeispiel



- 
- 01** Pedelec – Aufbau und Funktionsweise
  - 02 Pedelec – rechtlicher Ausblick
  - 03 Pedelec – Manipulation und Auswirkungen
  - 04 Pedelec – Wahrnehmbarkeit im Straßenverkehr
  - 05 Unfallrekonstruktion – Fallbeispiel

# 01 Pedelec – Aufbau und Funktionsweise

## Begrifflichkeiten

### PEDELEC:

- **PEDAL ELECTRIC CYCLE**
- Tretkraftunterstützung durch einen Elektromotor
- elektromotorische Unterstützung nur beim Pedalieren



### E-BIKE:

- **ELECTRIC-BIKE**
- permanenter Antrieb durch Elektromotor möglich
- elektromotorischer Antrieb auf Knopfdruck



# 01 Pedelec – Aufbau und Funktionsweise

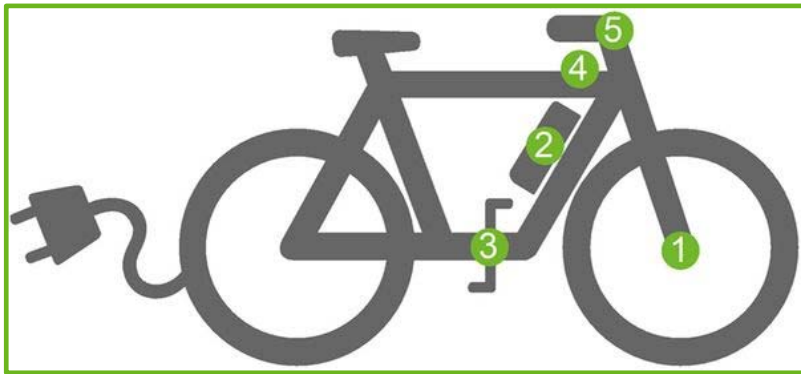
Begrifflichkeiten Fahrrad



# 01 Pedelec – Aufbau und Funktionsweise

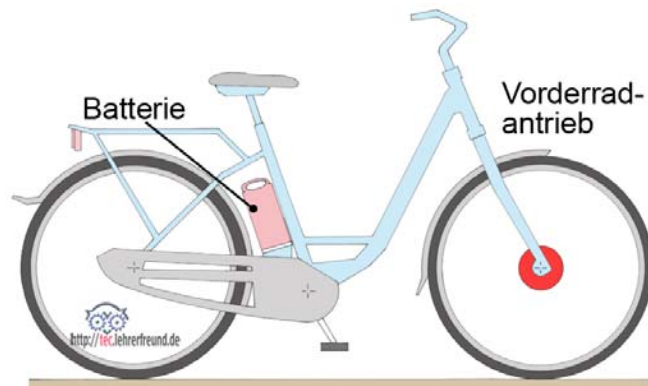


## Bauteile Pedelec

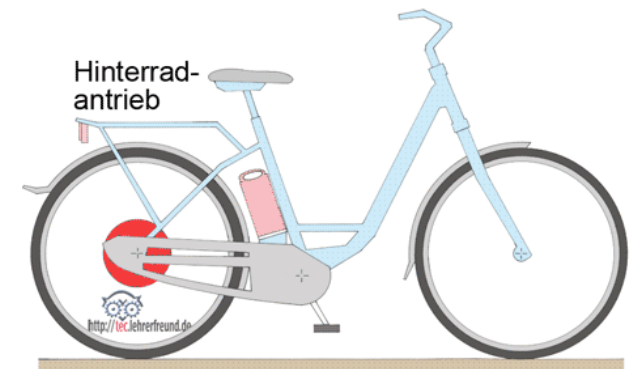
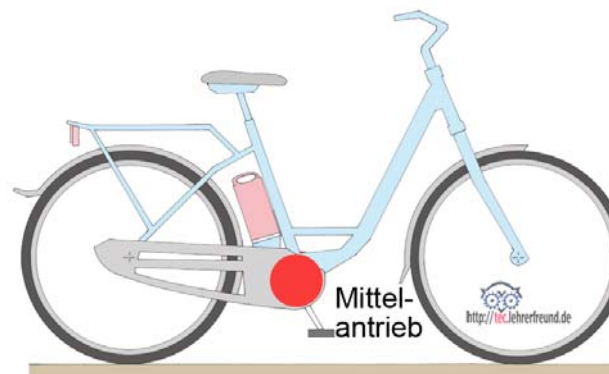


- **(1) Elektromotor:**
  - elektromechanische Antriebsunterstützung
  - Positionen: Vorderradnabe, Tretlager, Hinterradnabe

Quelle: greenfinder.de



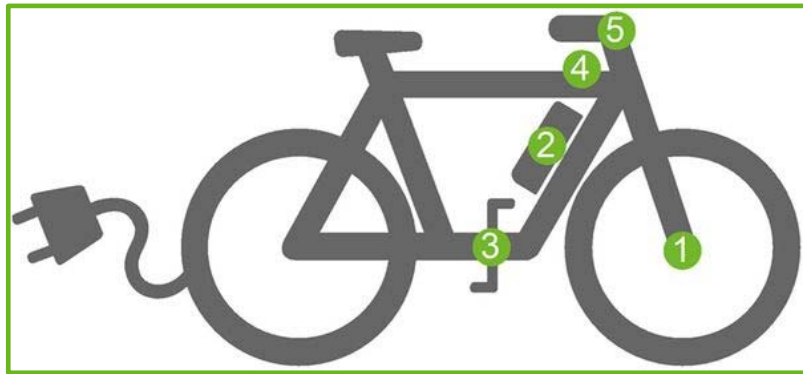
Quelle: lehrerfreund.de



# 01 Pedelec – Aufbau und Funktionsweise



## Bauteile Pedelec



Quelle: greenfinder.de

- (1) Elektromotor
- (2) Akkumulator:
  - Energieversorgung des Elektromotors
  - Reichweiten richten sich nach Kapazität (Wh)
    - Reichweiten: etwa 50 bis 200 km (je nach Einsatz und Akkugröße)
    - Kapazitäten bspw. : **300 Wh, ... , 500 Wh, ...**, 1.250 Wh
    - Nennspannungen: 24 V, **36 V, 48 V**, 52 V, 60 V
      - je größer ein Akku, desto schwerer ist er (~2,5...8,0 kg)
  - Position: im Rahmen, auf dem Rahmen, Gepäckträger

im Unterrohr



Quelle: fahrrad.de

auf dem Unterrohr



am Sitzrohr



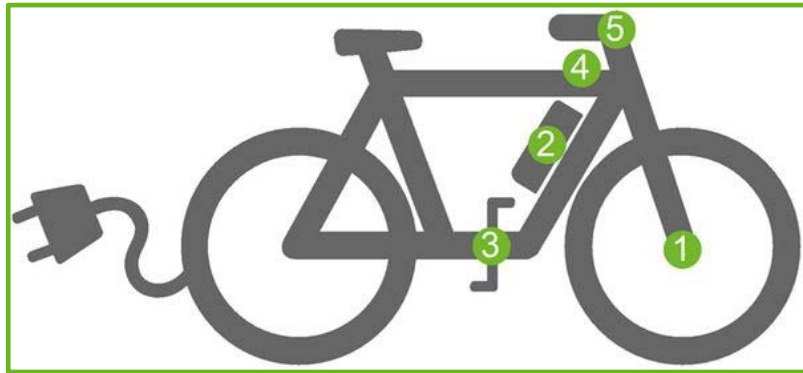
auf dem Gepäckträger



# 01 Pedelec – Aufbau und Funktionsweise



## Bauteile Pedelec



Quelle: greenfinder.de

- (1) Elektromotor
- (2) Akkumulator
- (3) Sensoren:
  - **Geschwindigkeitssensor**
    - ermittelt die gefahrene Geschwindigkeit (bspw. Raddrehzahlsensor)

- **Trittsensor**

- Bewegungssensor / Trittfrequenzsensor:
  - ermittelt Trittbewegung
  - → Trittkraftunterstützung nach manueller Einstellung bei Bewegung
- Drehmomentsensor / Kraftsensor:
  - ermittelt Trittkraft
  - → bedarfsgerechte Trittkraftunterstützung nach Kennlinie bei Fußkraftausübung

### Bewegungssensor



Quelle: windmeile.de

### Drehmomentsensor

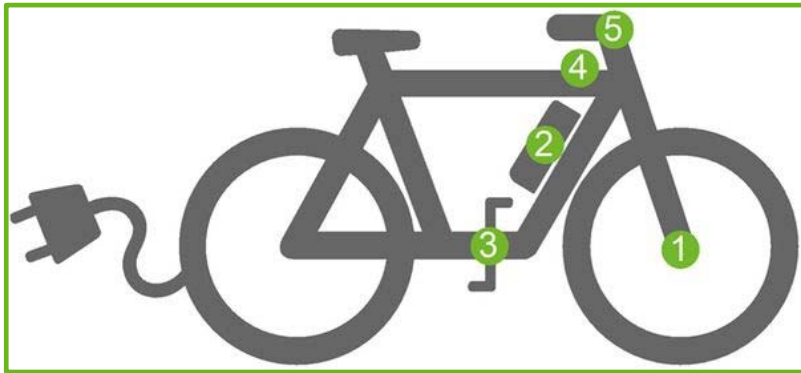


Quelle: pedelec-elektro-fahrrad.de



# 01 Pedelec – Aufbau und Funktionsweise

## Bauteile Pedelec



Quelle: greenfinder.de

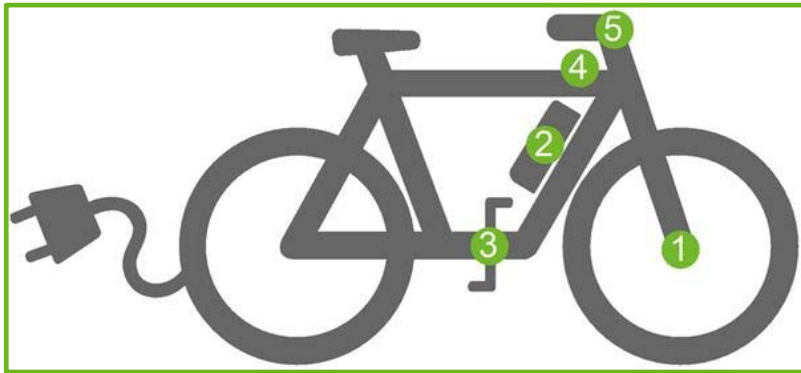
- (1) Elektromotor
- (2) Akkumulator
- (3) Sensor
- (4) **Controller:**
  - verbindet Motor, Akku, Sensorik miteinander
  - Lagepositionen: am Rahmen, am Akku, am Motor
  - steuert und regelt den Antrieb
    - empfängt Daten der Sensoren und vom „Gashebel“
    - verarbeitet Daten und errechnet Unterstützungskraft des Motors
  - steuert Motor nach Bedarfsberechnung an

Quelle: passions-bikes.de



# 01 Pedelec – Aufbau und Funktionsweise

## Bauteile Pedelec



Quelle: greenfinder.de

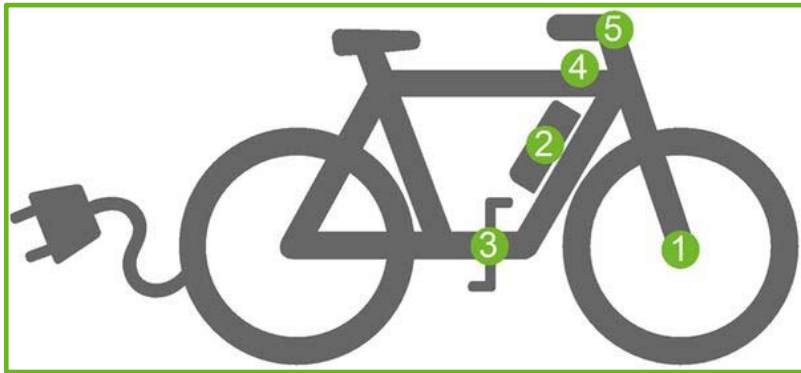
- (1) Elektromotor
- (2) Akkumulator
- (3) Sensor
- (4) Controller
- (5) **Display und Bedienelement:**
  - Informationseinheit
  - verbaut am Lenker
- **Display / Bordcomputer :**
  - Anzeige von Batteriekapazität / Reichweite
  - zus. Anzeigen von Geschwindigkeit, Navigation, Fahrstrecke, Uhrzeit, ...
  - Einstellung von Navigation
- **Bedienelement:**
  - Ein- / Ausschalten des Systems
  - Einstellen von Tretunterstützung (leicht...stark), Beleuchtung...



Quelle: mokwheel.de

# 01 Pedelec – Aufbau und Funktionsweise

## Funktionsweise



- (1) Elektromotor
- (2) Akkumulator
- (3) Sensor
- (4) Controller
- (5) Display und Bedienelement

Quelle: greenfinder.de

### Funktionsweise:

1. Einschalten des Systems über das Display oder Bedienelement (5),
2. Abgleich des durch das Bedienelement (5) eingestellten Fahrerwunsches und durch die Sensorik ermittelten Werte (3) (→ durch Drehmoment- und oder Trittfrequenzsensor)
3. Ermittlung der tatsächlich gefahrenen Geschwindigkeit durch die Sensorik (3) (→ durch Raddrehzahlsensor und Berechnungen des Controllers (4) aus dem Radumfang)
4. Abgleich der IST-Geschwindigkeit durch den Controller (4) mit einer im Controller hinterlegten Kennlinie
5. Ansteuerung der Leistungselektronik des Elektromotors (1) durch den Controller (4) (→ bis Fahrerwunsch oder max. Geschwindigkeit erreicht ist)





- 01 Pedelec – Aufbau und Funktionsweise
- 02 Pedelec – rechtlicher Ausblick**
- 03 Pedelec – Manipulation und Auswirkungen
- 04 Pedelec – Wahrnehmbarkeit im Straßenverkehr
- 05 Unfallrekonstruktion – Fallbeispiel

## 02 Pedelec – rechtlicher Ausblick

Unterschiede Pedelec / S-Pedelec / E-Bike



### PEDELEC:

- Tretkraftunterstützung / Antrieb durch einen Elektromotor mit progressiver Minderung
  - elektromotorische Unterstützung nur beim Pedalieren / Treten
  - Höchstgeschwindigkeit 25 km/h, maximale Leistung 250 W
- rechtlich als Fahrrad eingestuft → keine Versicherungs- und oder Führerscheinplicht
- Radwege müssen benutzt werden

### S-PEDELEC:

- Tretkraftunterstützung / Antrieb durch einen Elektromotor
  - elektromotorische Unterstützung nur beim Pedalieren / Treten
  - Höchstgeschwindigkeit 45 km/h, maximale Leistung 4.000 W
- rechtlich als Kleinkraftrad eingestuft → Betriebserlaubnis; Zulassungs-, Versicherungs- und Führerscheinplicht
- Innerorts: Fahren auf der Fahrbahn; außerorts: Fahren auf dem Radweg

## 02 Pedelec – rechtlicher Ausblick

Unterschiede Pedelec / S-Pedelec / E-Bike



### E-BIKE:

- permanenter Antrieb durch Elektromotor möglich
- elektromotorischer Antrieb auf Knopfdruck
- grundsätzlich keine Limitierung der Höchstgeschwindigkeit (je nach Fahrzeugklasse aber schon → 20, 25, 45 km/h)
- → **rechtlich als Kleinkraftfahrzeug eingestuft → Betriebserlaubnis; Zulassungs-, Versicherungs- und Führerscheinplicht**
- **Fahren auf der Fahrbahn**

## 02 Pedelec – rechtlicher Ausblick

Fahrzeugklassen und Einstufung nach EU-Verordnung




| Name                  | Pedelec25   | Pedelec45 / S-Pedelec  | E-Bike                           |
|-----------------------|---|--|----------------------------------|
| Fahrzeugklasse        | L1e-A   | L1e-B  | L1e-B / L3e-A1 / L3e-A2 / L3e-A3 |
| Notwendige Anbauteile | ---   | Spiegel, Reflektoren, Klingel, autom. Licht, Bremslicht, 1 mm Profiltiefe, Helmpflicht   | Je nach Klasse                   |
|                       | für den Pedalantrieb ausgelegt<br>Hilfsantrieb → Hauptzweck:<br>Unterstützung der Pedalfunktion<br>maximale Nenndauerleistung 250 W<br>Unterstützung muss mit zunehmender Fahrzeuggeschwindigkeit progressiv verringern<br>Unterstützungsabschaltung bei Erreichen von 25 km/h oder früher, wenn der Fahrer im Treten einhält | bauartbedingte Höchstgeschwindigkeit bis zu 45 km/h<br>Hubraum bis zu 50 cm <sup>3</sup> oder maximale Nenndauerleistung bis zu 4 kW |                                  |
| Notw. Führerschein    | ---   | AM, B  | A1 oder A                        |

→ ugs. E-Bike / Pedelec

nach EU-Verordnung Nr. 168/2013, Anhang I



- 
- 01 Pedelec – Aufbau und Funktionsweise
  - 02 Pedelec – rechtlicher Ausblick
  - 03 Pedelec – Manipulation und Auswirkungen**
  - 04 Pedelec – Wahrnehmbarkeit im Straßenverkehr
  - 05 Unfallrekonstruktion – Fallbeispiel



## 03 Pedelec – Manipulation und Auswirkungen

### Manipulationsmöglichkeiten

**MANIPULATION: ~10 – 15 % der Pedelecs sind manipuliert (getunt)** (Umfragewerte deutschspr. E Bike Community)

**Möglichkeiten:** (abhängig vom Antriebskonzept)

- **Software:**

- Codierungen / Einstellungen
  - Ländercodes (höhere zul. Geschwindigkeiten)
  - Einstellung Höchstgeschwindigkeiten
  - Aktivierung durch PC und entspr. Software

- **Änderungen am Geschwindigkeitssensor:**

- A) aufsteckbare Boxen → teilen Geschwindigkeitssignale ab konkreter Geschwindigkeit (~18 km/h)
  - Aktivierung durch Aufstecken auf Geschwindigkeitssensor
- B) Verlegung des Sensors und Installation eines weiteren Magneten → bspw. am Pedalarm



# 03 Pedelec – Manipulation und Auswirkungen

## Manipulationsmöglichkeiten

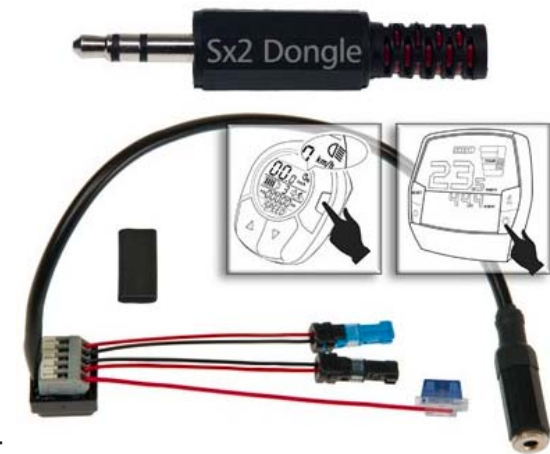
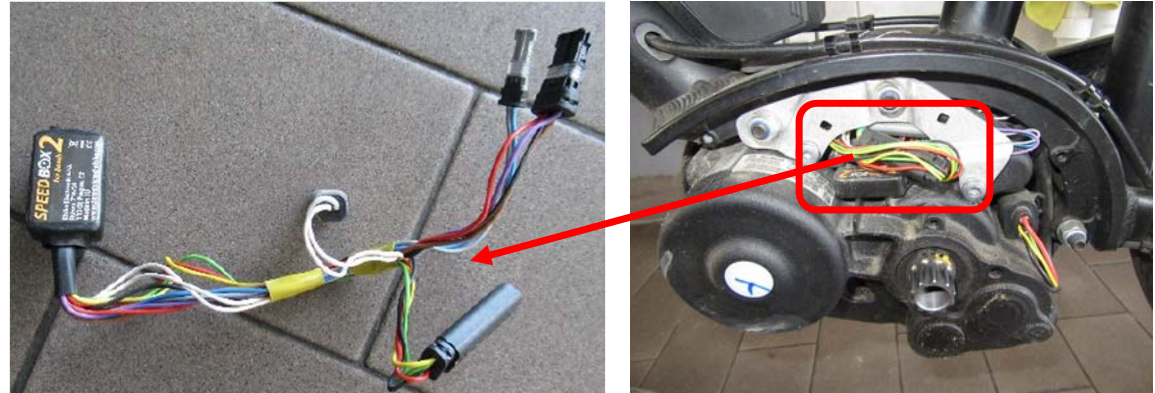
### Möglichkeiten:

#### • **Module:**

- befinden sich im Motorraum
  - verändern übermittelte Signale
- Aktivierung durch:
- Tastenkombinationen an Display und Bedienelement
  - gesonderte Taster
  - Handy-App über Bluetooths-Verbindung
  - dauerhaft an

#### • **Dongles:**

- werden am Motor angeschlossen
  - besitzen abnehmbare Steuerungseinheiten
- Aktivierung durch Anstecken und Einschalten d. Steuerungseinheit



Quelle: ebiketuningshop.com

## 03 Pedelec – Manipulation und Auswirkungen

### Manipulationsmöglichkeiten



#### Möglichkeiten:

- **weitere Einzellösungen:**

- Bausätze
- veränderte Controller
- veränderte Sensoren

**→ Geschwindigkeitsanhebung von 25 km/h auf ~ 35-43 km/h**  
(je nach Antriebskonzept und Manipulationsmöglichkeit)

## 03 Pedelec – Manipulation und Auswirkungen

Manipulationsmöglichkeiten



## 03 Pedelec – Manipulation und Auswirkungen

### Auswirkungen



### MANIPULATION → ZIEL DER GESCHWINDIGKEITSERHÖHUNG

#### Rechtliche Auswirkungen / Verstöße:

- Manipulation der Höchstgeschwindigkeit (über die gesetzliche Grenze):
  - Verlust der Betriebserlaubnis
  - Verlust des Versicherungsschutzes / Verstoß gegen das Pflichtversicherungsgesetz
  - Ahndung mit Bußgeldern oder Freiheitsstrafen
- Pflicht unterschiedlicher Führerscheinklassen je nach Kategorie, ggf. Fahren ohne Fahrerlaubnis
  - Ahndung nach §21 StVG als Straftat
- nicht gesetzeskonforme Nutzung von Rad- und Fahrwegen (bspw. S-Pedelec auf Radweg)
  - Ahndung mit Bußgeldern

## 03 Pedelec – Manipulation und Auswirkungen

### Auswirkungen



### MANIPULATION → ZIEL DER GESCHWINDIGKEITSERHÖHUNG

#### Rechtliche Auswirkungen / Verstöße:

- allg. Geschwindigkeitsüberschreitungen (bspw. 30er Zone)
  - Ahndung mit Bußgeldern
- weitere mögliche Verstöße:
  - Promillegrenze / Fahruntüchtigkeit sinkt von 1,6 ‰ auf 0,5 ‰
  - Grenzwerte für Reifenprofiltiefe (S-Pedelec: 1,0 mm)
  - fehlende Anbauteile (S-Pedelec: Spiegel, Reflektoren, Klingel, Lichtautomatik, Bremslicht)
  - Helmpflicht

## 03 Pedelec – Manipulation und Auswirkungen

Auswirkungen

**MANIPULATION → ZIEL DER GESCHWINDIGKEITSERHÖHUNG**

technische Auswirkungen:


- höhere Belastungen / höherer Verschleiß der Materialien:
  - **Bremsen** → bspw. Überlastungserscheinungen durch Verfärbungen (Hitzeentwicklungen), Riefenbildungen
  - **Rahmen** → bspw. Rissbildungen
  - **Reifen, Räder** → bspw. nicht angepasste Geschwindigkeitsbereiche
  - **Antriebseinheit** (Motor, Ketten / Ritzel, Lager, ...) → bspw. erhöhte Kettenlängung und Abnutzung der Ritzel
  - **Steuersatz Lenkung** → bspw. Rastmarken, erhöhtes Spiel



Quelle: velotal.de





- 
- 01** Pedelec – Aufbau und Funktionsweise
  - 02** Pedelec – rechtlicher Ausblick
  - 03** Pedelec – Manipulation und Auswirkungen
  - 04** Pedelec – Wahrnehmbarkeit im Straßenverkehr
  - 05** Unfallrekonstruktion – Fallbeispiel



## 04 Pedelec – Wahrnehmbarkeit im Straßenverkehr

Ausblick und Sensibilisierung



### aus Sicht des Nutzers:

#### **Unterschätzung des Pedelecfahren:**

- für eine sichere Bedienung des schnelleren „Fahrrades“ sind gewisse Erfahrungs- und Trainingszustände erforderlich
- beschleunigtes Anfahren oder konstante Geschwindigkeiten > 20-25 km/h benötigen Übung und erhöhte Konzentrationen
- längere Bremswege aufgrund höherer Geschwindigkeiten sind zu beachten

#### **Pedelec - Alleinunfälle:**

- erhöhte Quoten für Alleinunfälle und Unfälle mit anderen Fahrradfahrern
- häufige Unfallursache Alleinunfall: Kontrollverlust, unangepasste Geschwindigkeit (oft bei älteren Personen)

# 04 Pedelec – Wahrnehmbarkeit im Straßenverkehr

Ausblick und Sensibilisierung



## aus Sicht anderer Verkehrsteilnehmer (KFZ):

### Grundproblem:

- jedem Verkehrsteilnehmer ist ein Bewegungsmuster und eine zugehörige Geschwindigkeit zugeordnet (aus Vorerfahrungen)

### → konventioneller Radfahrer:

- Einschätzung der Geschwindigkeit abh. von Trittfrequenz und Sitzposition:  
aufrecht sitzend, langsamer Tritt: ~10-15 km/h; flache Sitzposition, schneller Tritt: >20/25 km/h

### → Pedelecfahrer:

- aufrecht sitzend, langsamer Tritt: ~20-25 km/h (S-Pedelec / getunte Pedelec: ~30/40 km/h )

### → Folgen:

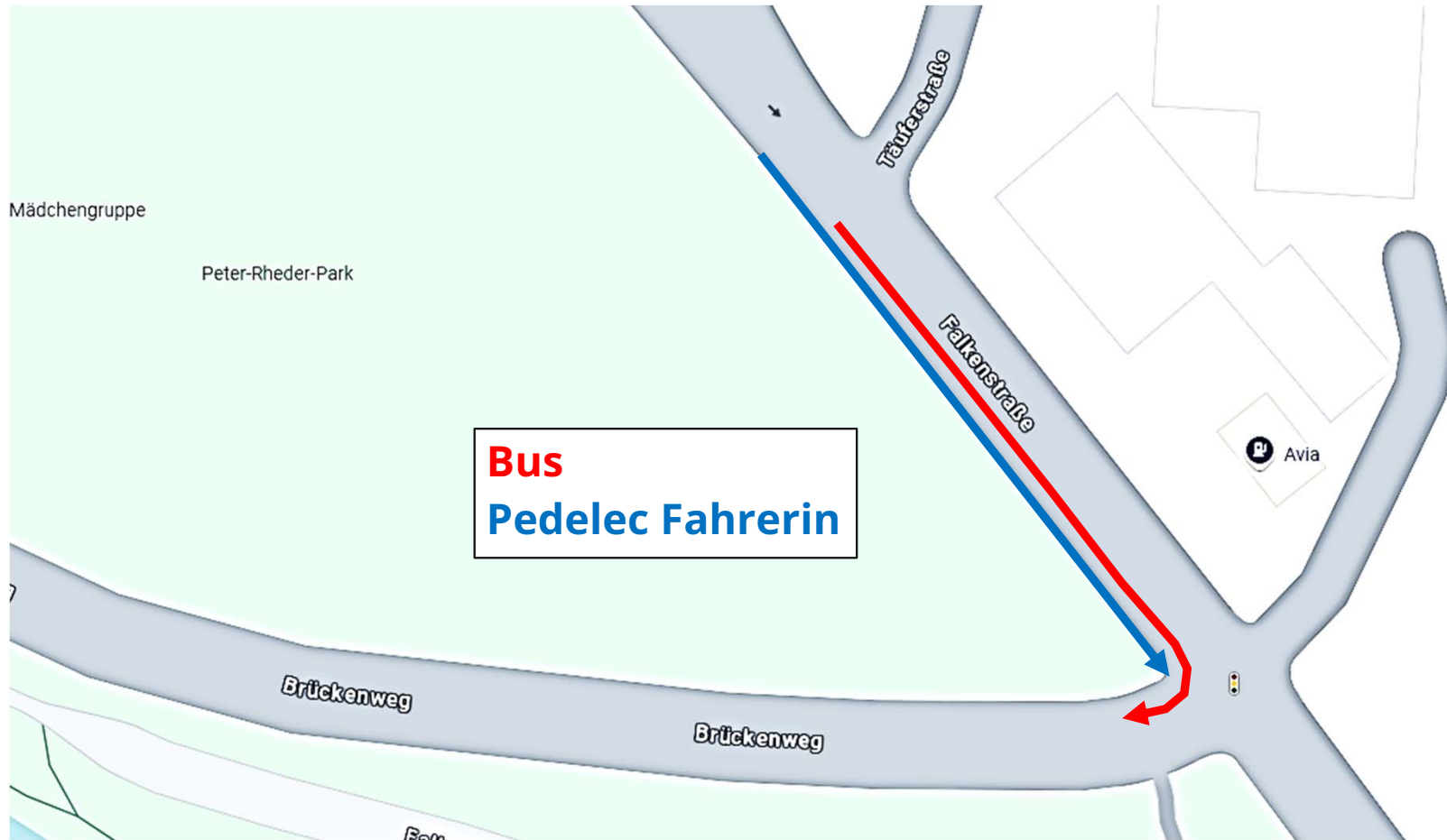
- andere Verkehrsteilnehmer sind an das Bewegungsmuster nicht gewöhnt  
→ Unterschätzung der tatsächlichen Geschwindigkeit
- führt zu kritischen Fahrsituationen - besonders bei Abbiegevorgängen (schnellere Annäherung als erwartet)



- 01 Pedelec – Aufbau und Funktionsweise
- 02 Pedelec – rechtlicher Ausblick
- 03 Pedelec – Manipulation und Auswirkungen
- 04 Pedelec – Wahrnehmbarkeit im Straßenverkehr
- 05 Unfallrekonstruktion – Fallbeispiel**

# 05 Unfallrekonstruktion - Fallbeispiel

Unfall: Bus-Pedelec vom 09.05.2019 in Lübeck-St. Gertrud



## 05 Unfallrekonstruktion - Fallbeispiel

Unfall: Bus-Pedelec vom 09.05.2019 in Lübeck-St. Gertrud



- Unfallörtlichkeit bei Eintreffen des SV
- Blickrichtung in Fahrtrichtung Bus/ Pedelec



## 05 Unfallrekonstruktion - Fallbeispiel

Unfall: Bus-Pedelec vom 09.05.2019 in Lübeck-St. Gertrud



- Blickrichtung entgegen Fahrtrichtung BUS / Pedelec



## 05 Unfallrekonstruktion - Fallbeispiel

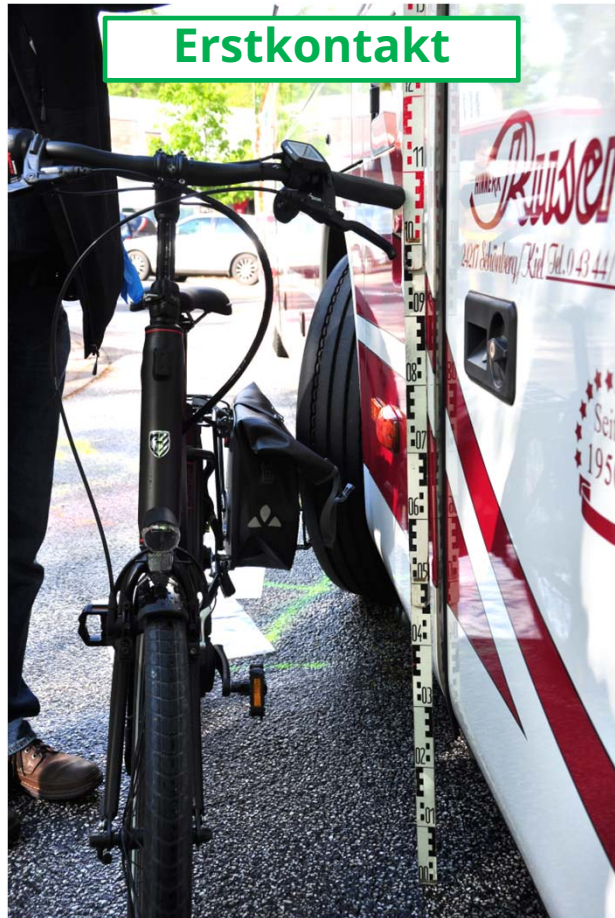
Unfall: Bus-Pedelec vom 09.05.2019 in Lübeck-St. Gertrud



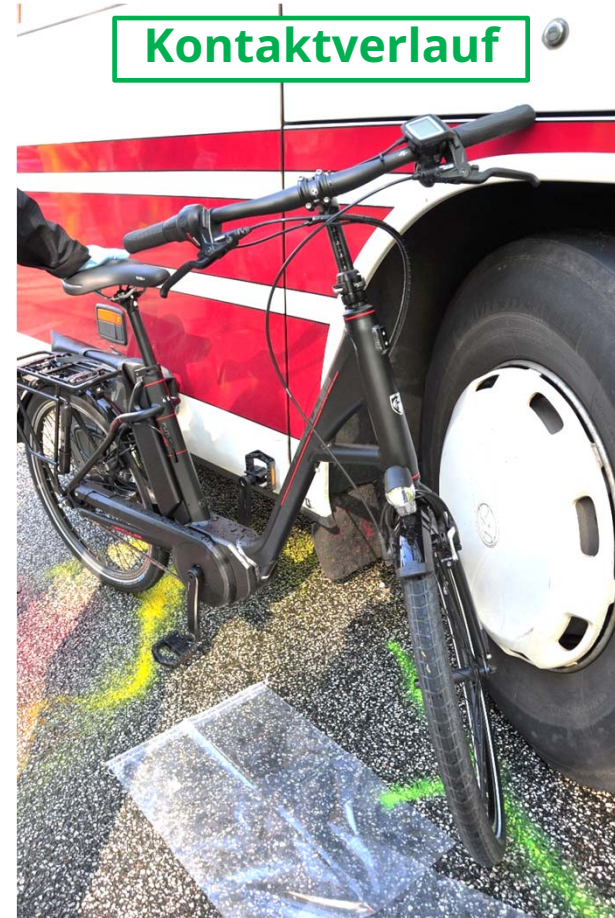
- Lageposition Pedelec-Fahrerin

# 05 Unfallrekonstruktion - Fallbeispiel

Unfall: Bus-Pedelec vom 09.05.2019 in Lübeck-St. Gertrud



rekonstruierte  
Anstoßsituation





## 05 Unfallrekonstruktion - Fallbeispiel

Unfall: Bus-Pedelec vom 09.05.2019 in Lübeck-St. Gertrud



### Bewegungsverlauf Bus :

(anhand Daten EG-Kontrollgerät)

- stand ~12,5 m hinter d. Haltelinie d. Ampelanlage
- beschleunigte auf ~14 km/h,
- bog nach rechts ab
- kollidierte mit dem Pedelec
- Reaktion auf Kollision durch Bremsung bis in Endstellung

**→ Kollisionsgeschwindigkeit: 13-14 km/h**  
(+/- 6 km/h Toleranz)

### Bewegungsverlauf Pedelec:

(anhand Zeugenaussagen, techn. Eingrenzungen)

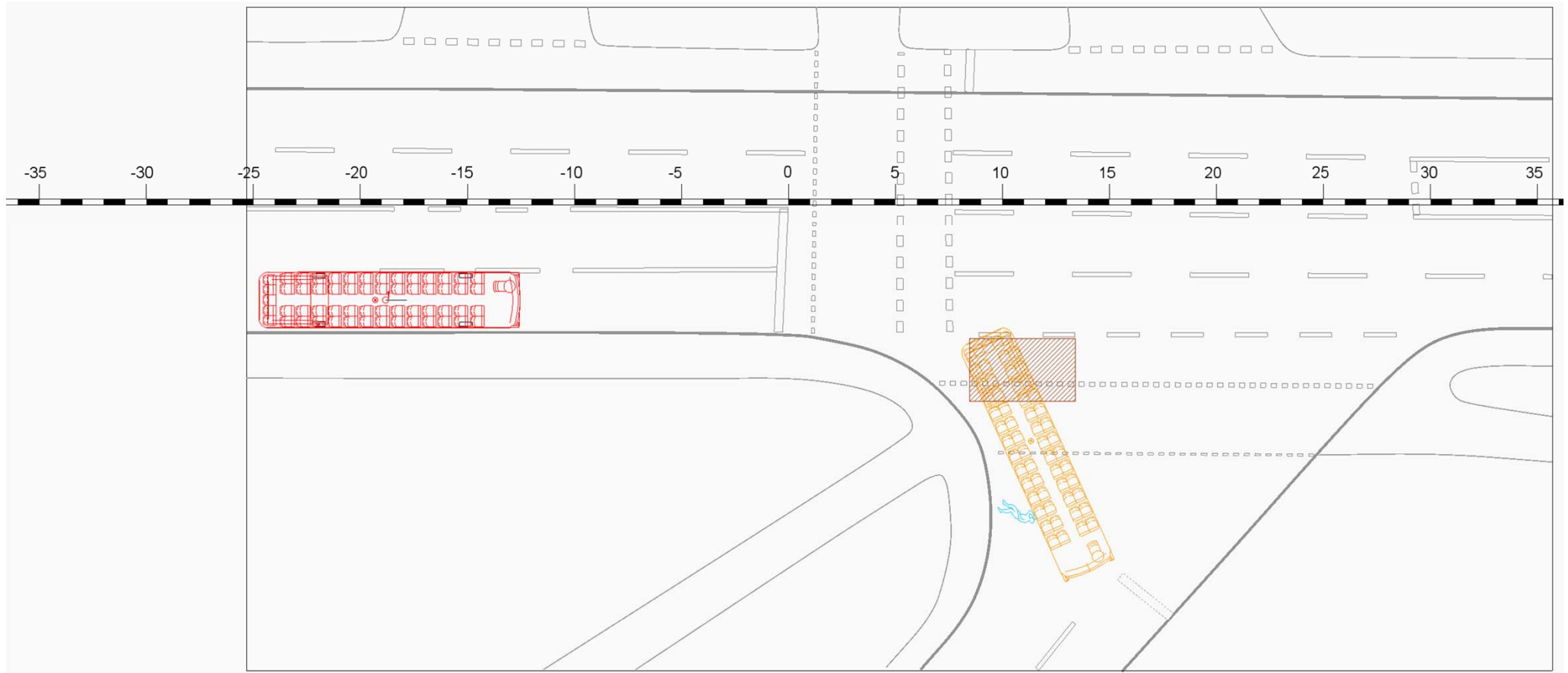
- konstante vorkollisionäre Geschwindigkeit bis in Kollisionsposition: 15-25 km/h
- keine Spurenlage oder Hinweise auf eine Reaktion des einbiegenden Busses

**→ Kollisionsgeschwindigkeit: 15-25 km/h**

# 05 Unfallrekonstruktion - Fallbeispiel



Unfall: Bus-Pedelec vom 09.05.2019 in Lübeck-St. Gertrud





**Vielen Dank für die  
Aufmerksamkeit!**