



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

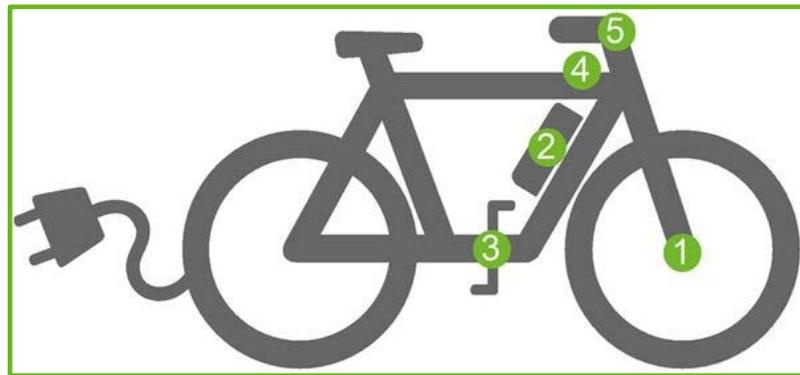
Begrifflichkeiten Fahrrad



01 Pedelec – Aufbau und Funktionsweise

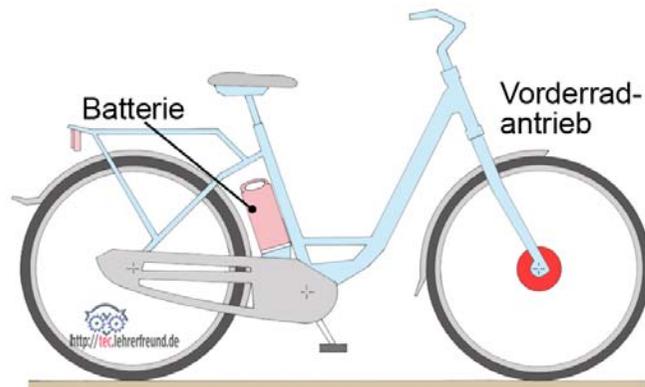


Bauteile Pedelec

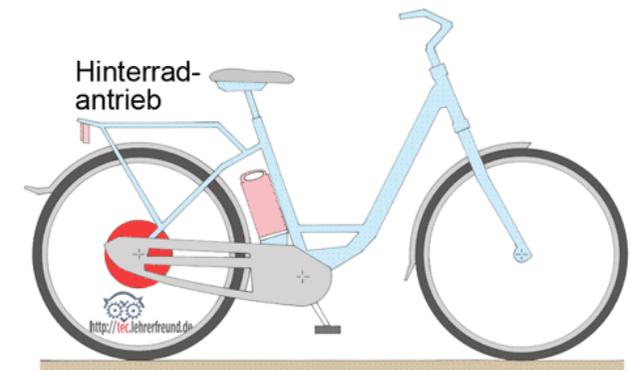
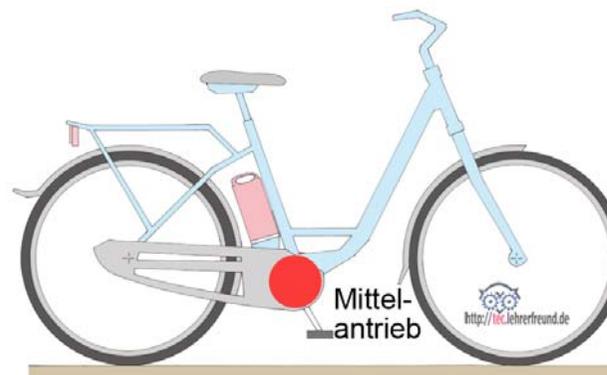


- **(1) Elektromotor:**
 - elektromechanische Antriebsunterstützung
 - Positionen: Vorderradnabe, Tretlager, Hinterradnabe

Quelle: greenfinder.de

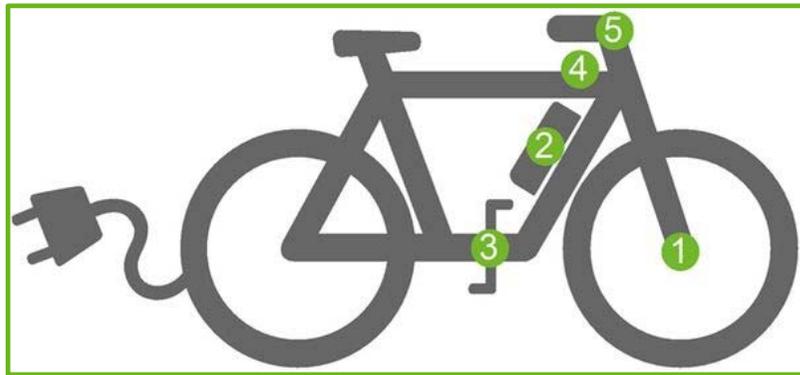


Quelle: lehrerfreund.de



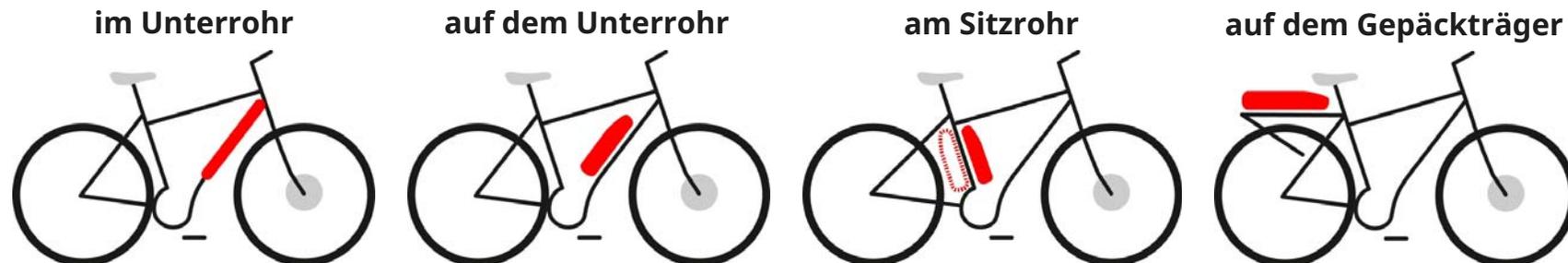
01 Pedelec – Aufbau und Funktionsweise

Bauteile Pedelec



Quelle: greenfinder.de

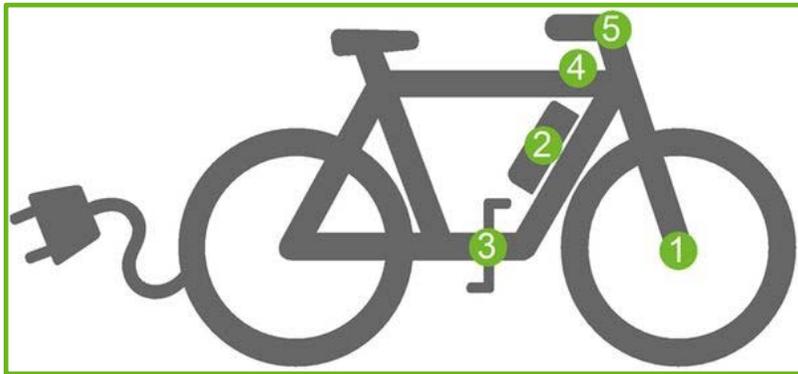
- (1) Elektromotor
- (2) Akkumulator:
 - Energieversorgung des Elektromotors
 - Reichweiten richten sich nach Kapazität (Wh)
 - Reichweiten: etwa 50 bis 200 km (je nach Einsatz und Akkugröße)
 - Kapazitäten bspw. : **300 Wh, ... , 500 Wh, ...**, 1.250 Wh
 - Nennspannungen: 24 V, **36 V, 48 V**, 52 V,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



Quelle: fahrrad.de

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

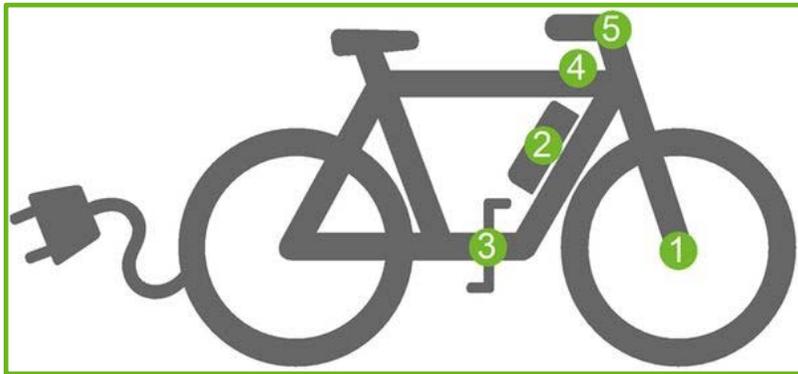


Quelle: pedelec-elektro-fahrrad.de



01 Pedelec – Aufbau und Funktionsweise

Bauteile Pedelec



Quelle: greenfinder.de

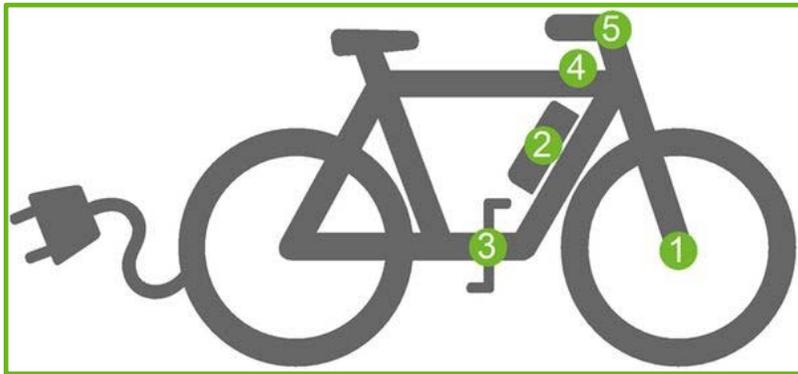
- (1) Elektromotor
- (2) Akkumulator
- (3) Sensor
- (4) **Controller:**
 - verbindet Motor, Akku, Sensorik miteinander
 - Lagepositionen: am Rahmen, am Akku, am Motor
 - steuert und regelt den Antrieb
 - empfängt Daten der Sensoren und vom „Gashebel“
 - verarbeitet Daten und errechnet Unterstützungskraft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

Quelle: passions-bikes.de



01 Pedelec – Aufbau und Funktionsweise

Bauteile Pedelec



Quelle: greenfinder.de

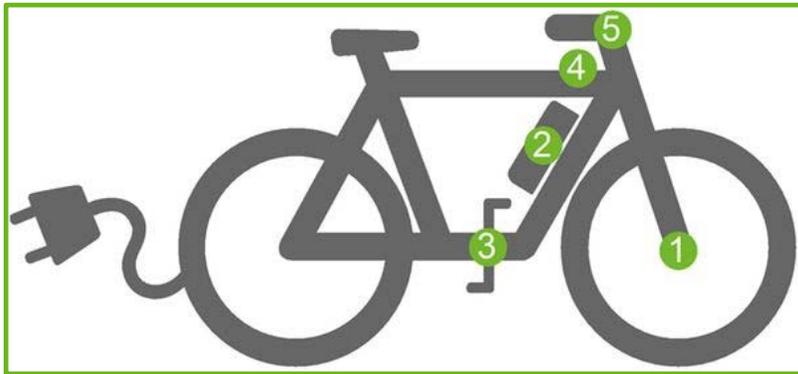


Quelle: mokwheel.de

- (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...

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 Hilfsantrieb → Hauptzweck: Unterstützung der Pedalfunktion maximale Nenndauerleistung 250 W Unterstützung muss mit zunehmender Fahrzeuggeschwindigkeit progressiv verringern Unterstützungsabschaltung bei Erreichen von 25 km/h oder früher, wenn der Fahrer im Treten einhält	bauartbedingte Höchstgeschwindigkeit bis zu 45 km/h Hubraum bis zu 50 cm ³ 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

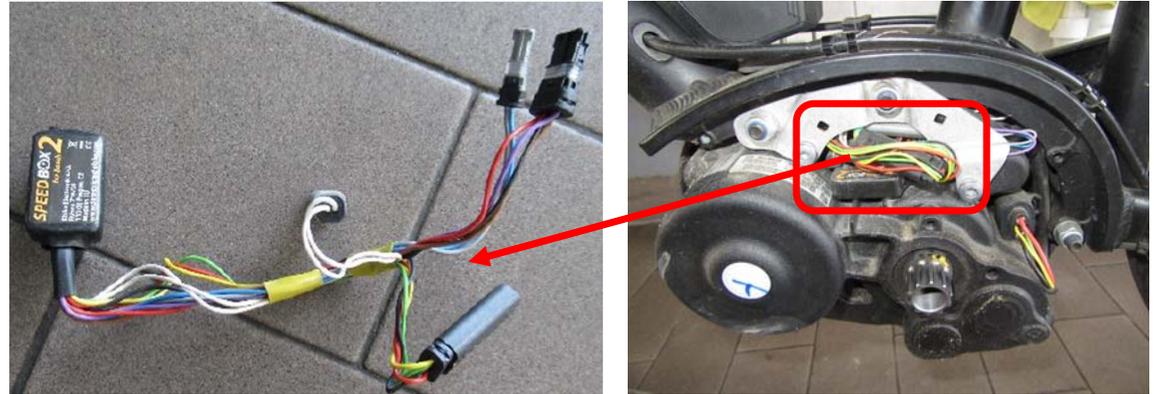
Möglichkeiten:

• **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 Pedelecfahrens:

- 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:

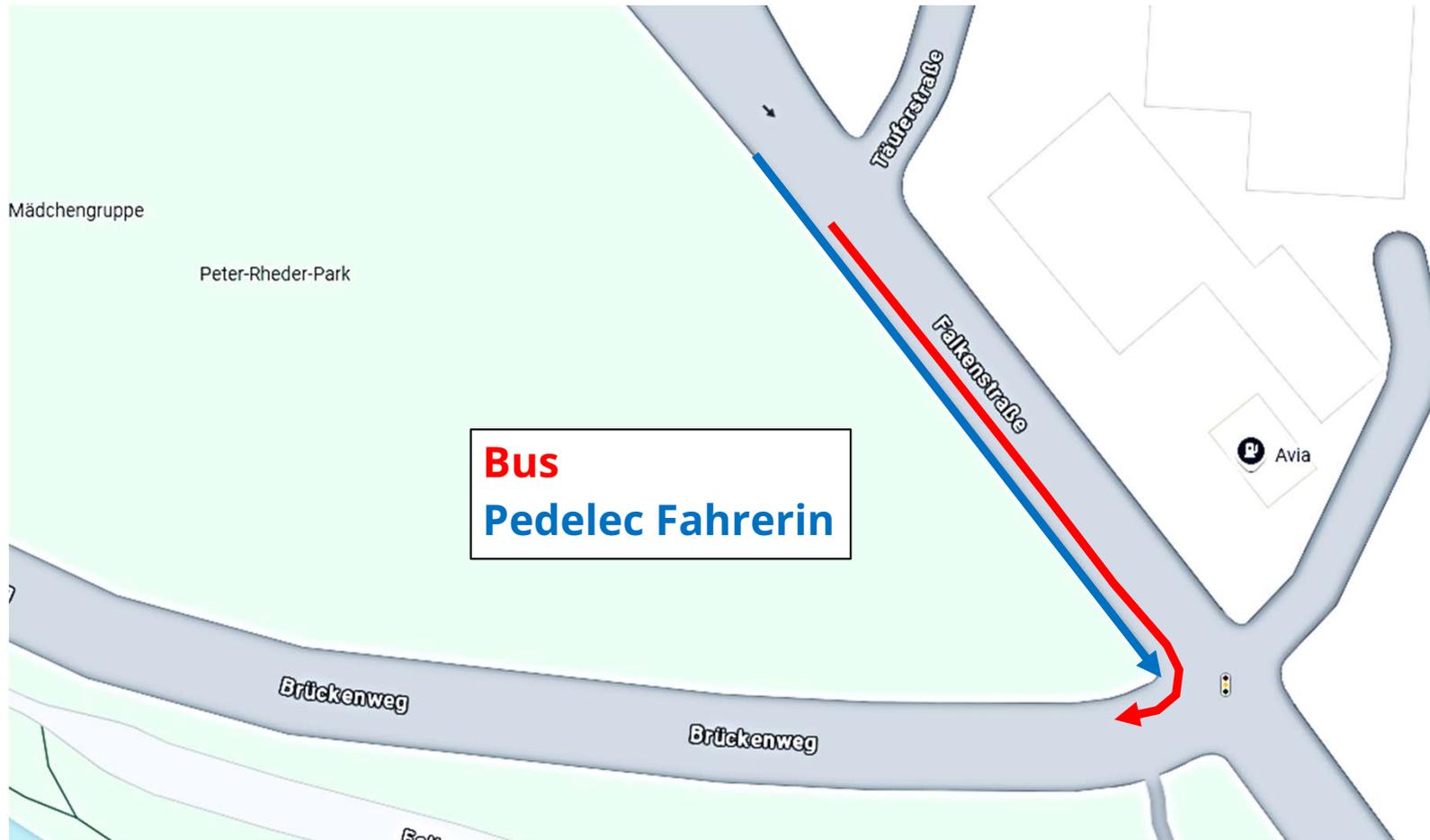
- andere Verkehrsteilnehmer sind an das Bewegungsmuster nicht gewöhnt
→ Unterschätzung der tatsächlichen Geschwindigkeit
- führt zu kritischen Fahrsituationen - besonders bei Abbiegevorgängen (schnellere Annäherung als erwartet)



- 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



Karte: google.de

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

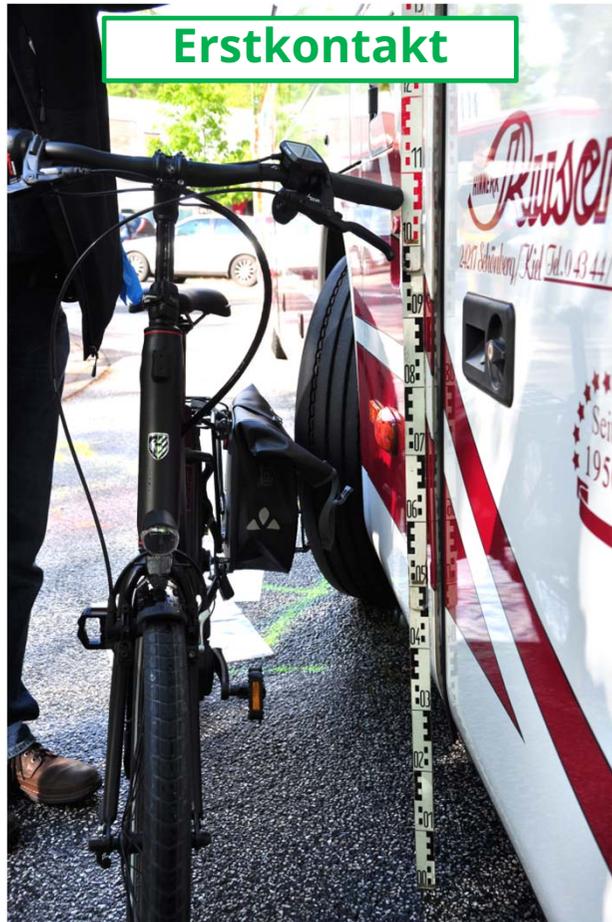
Unfall: Bus-Pedelec vom 09.05.2019 in Lübeck-St. Gertrud



- Lageposition Pedelec-Fahrerin

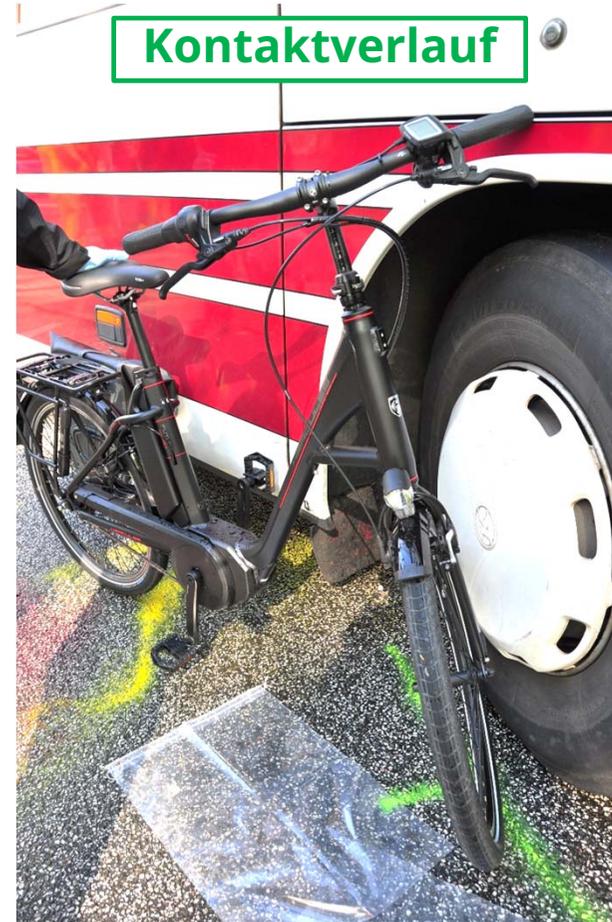
05 Unfallrekonstruktion - Fallbeispiel

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



Erstkontakt

rekonstruierte
Anstoßsituation



Kontaktverlauf

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:

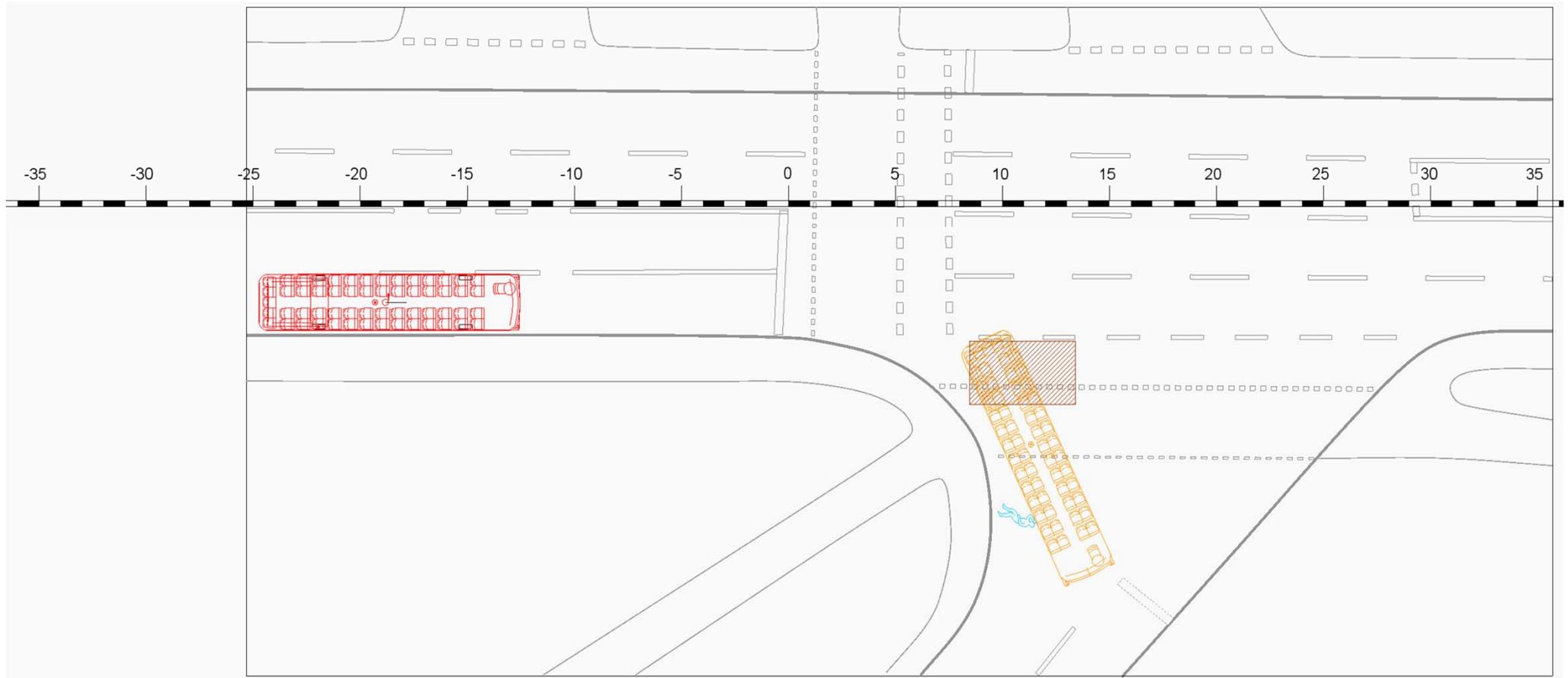
(anhand Zeugenaussagen, techn. Eingrenzungen)

- 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!**