

Zero FXS 6.5 (2017) – Diagnose- und Reparaturanleitung (Motor dreht nur rückwärts)

Symptom: Beim Aufdrehen des „Gasgriffs“ dreht der Elektromotor nur rückwärts (Rückwärtslauf), eine Vorwärtsrotation findet nicht statt. Dieses ungewöhnliche Verhalten weist auf eine Fehlfunktion im Antriebssystem hin, die von einem Sensorfehler bis zu einer Vertauschung von Steuerleitungen reichen kann. Im Folgenden finden Sie eine umfassende Anleitung zur **Diagnose** und **Behebung** dieses Fehlers – mit Schaltplänen, Messwerten, Reparaturstrategien und Sicherheitsanweisungen.

1. Elektroschaltpläne & Verdrahtungskonfigurationen

Überblick: Die Zero FXS 6.5 (Modelljahr 2017) besitzt ein vollelektrisches Antriebssystem. Wesentliche Komponenten sind der **Gasgriff-Sensor** (Hallgeber), das **Motorsteuergerät** (Sevcon Gen4 Controller), die **Hauptplatine** (Main Bike Board, MBB) als zentrale Steuereinheit, der **3-Phasen-Antriebsmotor** (Innenläufer-IPM-Motor) und die **Hochvoltbatterie** (Z-Force Power Pack). Das Zusammenspiel dieser Komponenten ist im Schaltplan dargestellt. Fehler im Signalfloss können dazu führen, dass der Motor nicht wie erwartet vorwärts läuft.

Signalfluss der Antriebseinheit

1. **Gasgriff-Sensor (Hall-basiert)** – Der Fahrer betätigt den Gasdrehgriff, welcher zwei Hall-Sensor-Ausgänge erzeugt. Diese analogen Signale repräsentieren die gewünschte Motorleistung (0% bis 100% Gas). Seit 2015 verwendet Zero einen **Bitron**-Gasgriff mit Hall-Effekt-Sensoren (anstelle des früheren potentiometerbasierten Magura-Griffs)
zeromanual.com
. Der Gasgriff ist direkt mit dem Motorsteuergerät verbunden
zeromanual.com
.
2. **Hauptplatine MBB** – Die MBB fungiert als zentrale Steuereinheit und überwacht Sicherheitsschalter und Systemzustände (z.B. Seitenständer, Notausschalter, Batterie) über entsprechende Eingänge. Zudem kommuniziert sie mit dem Motorsteuergerät über CAN-Bus und gibt Freigabe- oder Sperrsignale (z.B. „**Motor freigegeben**“ oder „**Fahrtrichtung**“) an den Controller weiter. Beispielsweise koppelt die MBB den **Notausschalter** („Motor Stop Switch“) und den **Seitenständerschalter** an ein „**Throttle Enable**“-Signal für den Motorcontroller: Ist einer dieser Schalter offen (Stop = OFF oder Ständer unten), wird das Gas-Signal gesperrt
media.zeromotorcycles.com

media.zeromotorcycles.com
. Die MBB stellt außerdem die Zündung (Keyswitch) her und steuert das Hauptrelais, das die Hochvolt-Batteriespannung zum Controller durchschaltet.
3. **Motorsteuergerät (Controller)** – Das **Sevcon Gen4** Motorsteuergerät verarbeitet die Gasgriffsignale und wandelt die Batteriespannung in getaktete 3-Phasen-Wechselspannung für den Motor um
zeromanual.com
. Es erhält vom Gasgriff zwei analoge Eingangssignale (für Redundanz) sowie digitale

Eingänge von der MBB für **Fahrfreigabe** und **Fahrtrichtung** (Vorwärts/Reverse). Unter normalen Umständen legt die MBB den *Fahrtrichtungs-Eingang* auf „Vorwärts“ (z.B. durch ein High-Signal auf der Leitung)

zeromanual.com

, da Motorräder standardmäßig nur vorwärts fahren. Der Controller überwacht zudem den Motorpositionssensor (Hallsensoren oder Sinus/Cosinus-Encoder) und den Motor-Temperaturfühler. Stimmen alle Freigaben und Sensorwerte, moduliert der Controller die drei Phasenströme synchron zur Rotorposition

zeromanual.com

. Bei dem IPM-Motor der Zero FXS sind die Ströme als sinusförmige Sequenzen ausgeführt und exakt auf die Rotordrehwinkel abgestimmt (Kommutierung). Eine falsche Phasenlage oder Sensorrückmeldung kann zu ineffizienter oder falscher Drehrichtung führen.

4. **Motor und Rückmeldung** – Der **Motor** ist ein bürstenloser dreiphasiger Innen-Permanentmagnet-Motor (**IPM**) mit hohem Drehmoment. Dieser hat entweder digitale Hallsensoren (drei Phasen-Sensoren) oder einen analogen Winkelgeber (Sinus/Cosinus-Sensor) zur Lageerfassung. Die Zero-Modelle ab 2015 mit IPM-Motor nutzen spezielle Sensoren und Controller-Programmierung für optimierte Effizienz

zeromanual.com

. Der Motor liefert dem Controller Rotorpositionssignale und verfügt über einen internen **Thermistor** zur Temperaturüberwachung. Die Leistungsphasen (drei dicke Kabel) verbinden Motor und Controller direkt (M1, M2, M3 Anschlüsse).

5. **Hochvoltbatterie** – Die Z-Force Lithium-Ionen Batterie (Nominal ~90 V, 6.5 kWh Kapazität) speist den Motorcontroller über ein Hauptrelais und Sicherungen. Orangefarbene Hochvoltkabel führen vom Akku zum Controller

media.zeromotorcycles.com

. Eine DC-DC-Wandlereinheit versorgt das 12V-Bordnetz; diese wird ebenfalls durch die MBB ein- und ausgeschaltet (im Schaltplan durch ein *DC Enable*-Signal gekennzeichnet)

zeromanual.com

.

Hinweis: Das Symptom „**Motor dreht rückwärts**“ deutet darauf hin, dass der Controller fälschlicherweise im **Rückwärtsmodus** betrieben wird oder dass Phasen/Sensoren vertauscht sind. Obwohl die Zero FXS serienmäßig **keinen** Rückwärtsgang hat, lässt sich der Sevcon-Controller grundsätzlich auf einen Reverse-Mode konfigurieren

zeromanual.com

zeromanual.com

. Normalerweise wird dieser Modus von Zero deaktiviert oder durch einen stets aktiven „Forward“-Eingang erzwungen. Eine Störung im *Forward-Signal* oder eine fehlerhafte Konfiguration kann also bewirken, dass der Controller nur den Rückwärtsbetrieb erlaubt. Ebenso kann ein vertauschter Phasenanschluss oder ein falsches Sensorsignal dazu führen, dass bei „Vorwärts-Gas“ der Motor rückwärts läuft – dazu später mehr.

Steckverbinder und Schaltplan-Details

Nachfolgend sind die wichtigsten Steckverbindungen und Signalbelegungen aufgeführt, um den Diagnoseprozess zu unterstützen. Entnehmen Sie die Kabelfarben und Pin-Nummern dem Schaltplan (siehe z.B. Wiring Diagram Zero FX 2016

zeromanual.com

, welches für das 2017er Modell weitgehend gilt):

- **Motorsteuergerät (Sevcon Gen4) – 35-poliger AMPSEAL-Steckverbinder:**
Dieser zentrale Stecker führt alle Steuer- und Sensorleitungen zum Controller. Relevante

Pins sind u.a.:

- **Pin 1 (Keyswitch In):** Zündung/Schlüsselschalter-Eingang (12 V Versorgung für die Steuerelektronik)
zeromanual.com
. Dieser wird über das Zündschloss und Notausschalter gespeist, damit der Controller weiß, wann das System aktiviert ist.
- **Pin 13 & 27 (CAN High / Low):** CAN-Bus Kommunikation mit der MBB
zeromanual.com
. Darüber erhält der Controller z.B. Modi-Wechsel oder diagnostiziert Fehler.
- **Pin 35 (Analog 1 Power):** Versorgung für Sensoren (+10 V, max. 15 mA)【43†】.
Zero nutzt diesen Ausgang als Referenz für den Gasgriff und ggf. den Motorpositionssensor. (Obwohl +10V angegeben, arbeiten die Hall-Sensoren des Gasgriffs im Effektbereich ~0,5–4,5 V, siehe unten.)
- **Pin 12, 23 (Analog Inputs):** Analoge Eingänge für den Gasgriff. Der Bitron-Drehgriff liefert zwei getrennte Signale (*primär* und *sekundär*). Diese werden typischerweise an zwei Analog-Eingänge des Controllers geführt. Zero's Gasgriff hat entgegengesetzte Kennlinien: Bei geschlossenem Gas etwa 0,5 V auf Kanal 1 und ~4,5 V auf Kanal 2, bei Vollgas ~4,5 V auf Kanal 1 und ~0,5 V auf Kanal 2
zeromanual.com
. Dadurch kann der Controller die Plausibilität prüfen. (Die genaue Pinzuordnung auf dem AMPSEAL-Stecker ist nicht offiziell veröffentlicht, aber aus dem Schaltplan ersichtlich: z.B. **BLU/RED** Kabel = *Throttle Signal*, **BLU/BRN** = *Throttle 5V* Versorgung
zeromanual.com
.)
- **Pin XY (Digital Input – „Forward“):** Digitaler Eingang für Fahrtrichtung (Vorwärtssteuerung). Im Schaltplan markiert als **ORN/GRY** Leitung „Forward“
zeromanual.com
. Ist dieses Signal *HIGH*, ist Vorwärtsfahrt erlaubt; bei *LOW* würde ein konfigurierter Sevcon in den Rückwärtsmodus schalten
zeromanual.com
. Standardmäßig hält die MBB diesen Eingang auf Vorwärts (in der Regel durch Anlegen von Batteriespannung oder einem 5V-Signal). Ein Ausfall hier bewirkt unter Umständen, dass der Controller fälschlich auf Rückwärts schaltet.
- **Pin YZ (Digital Input – „Throttle Enable“):** Digitaler Sicherheits-Eingang, der das Antriebsdrehmoment freigibt oder sperrt. Diese **BLK/WHT** Leitung wird von der MBB basierend auf Sicherheitsbedingungen gesteuert
zeromanual.com
. Z.B. muss der Seitenständer oben und der Kill-Schalter auf RUN sein, damit die MBB „Throttle Enable“ auf HIGH setzt. Andernfalls bleibt dieser Eingang LOW und der Controller ignoriert Gasbefehle (Fehlercode „*Kill Switch Disable*“ oder „*Kickstand Switch Disable*“ im Display)
media.zeromotorcycles.com
. Im Fehlerfall (Motor dreht rückwärts) ist dieses Signal wahrscheinlich **aktiv** (sonst gäbe es gar keine Reaktion auf Gas). Dennoch sollte es geprüft werden.
- **Pin AB (Motor-Positionssensor Eingänge):** Je nach Sensortyp des IPM-Motors nutzt der Controller entweder digitale Hall-Eingänge (z.B. 3 Hall-Signale) oder analoge Sinus/Cosinus-Eingänge. Im Schaltplan sind **SIN Input** und **COS Input** angegeben
zeromanual.com
– dies deutet auf einen analogen Encoder hin. Diese liefern phasenverschobene

Spannungen passend zur Rotorstellung. Auch hier gibt es eine 5V-Versorgung (vom Pin 35) und eine Masse. Fehlerhafte oder vertauschte Signale könnten die Kommutierung invertieren.

- **Pin CD (Motor Thermistor):** Analoger Eingang für den Motor-Temperaturfühler (Thermistor). Im Diagramm als *Motor Thermistor In* bezeichnet
zeromanual.com
. Ein Überhitzungssignal kann die Leistung drosseln, sollte aber nicht allein einen Richtungswechsel verursachen.

Hinweis: Die genaue Pinbelegung des AMPSEAL-Steckers ist werksseitig vorbelegt. Bei Reparaturen ist auf korrekten Sitz aller Pins zu achten. Die CAN-Bus Abschlusswiderstände sind z.B. integriert (Pin 2 und 24 mit 120 Ω Brücke für Terminierung am Ende des Bus)
zeromanual.com

- **Gasgriff-Sensor – Stecker und Leitungen:**

Der **Bitron-Drehgriff** ist über einen 8-poligen Sumitomo-Steckverbinder mit dem Fahrzeugkabelbaum verbunden

zeromanual.com

. Aus dem Gasgriff kommen zwei Dreileiter-Sensoren (Hall-Effekt), die gegenläufig arbeiten. Wichtige Adern und ihre typische Belegung sind:

Farbe (Gasgriff)	Signal	Spannung (ca.)
Blau	+5 V Versorgung vom Controller (über Pin 35)	+5,0 V (Referenz)
Schwarz	Masse (Signalrückführung zum Controller)	0 V
Braun	Hall-Sensor Ausgang 1 (primär)	0,5 V (Leerlauf) bis 4,5 V (Vollgas) zeromanual.com
Braun/Rot	Hall-Sensor Ausgang 2 (sekundär, invertiert)	4,5 V (Leerlauf) bis 0,5 V (Vollgas) zeromanual.com

Zusätzlich sind ggf. noch zwei weitere Drähte vorhanden, die mit dem zweiten Hall-Sensor assoziiert sind (ggf. eigene Referenz). Laut inoffizieller Quelle besitzt der Bitron-Gasgriff 8 Adern, wobei je drei Adern ein Sensorkreis bilden und zwei Adern ungenutzt oder zusammengeführt sind

zeromanual.com

. Wesentlich ist: **Braun** und **Braun/Rot** führen das eigentliche Signalsignalpaar. Sie dürfen nicht vertauscht werden, außer man beabsichtigt die Wirk-Richtung des Griffs zu ändern (z.B. bei Montage links statt rechts)

electricmotorcycleforum.com

. Ein Fehler in diesem Bereich würde aber nicht den Motor rückwärts laufen lassen, sondern höchstens das Gas falsch herum interpretieren (was der Controller jedoch in der Regel als Fehler erkennt und sperrt).

Steckerinfo: Der Gasgriff-Stecker ist vom Typ Sumitomo 6188-0779 / 6189-1240 (Gegenstück)

zeromanual.com

, wasserdicht verriegelt. Beim Messen der Gasgriffspannung kann man an der Rückseite des Kabelsteckers mit feinen Prüfspitzen die Spannungen abnehmen (vorsichtig, nichts kurzschließen).

- **Motor-/Phasenanschlüsse und Motorkabelbaum:**

Die Leistungsanschlüsse des Controllers zu den drei Motorphasen sind mit **M1, M2, M3** gekennzeichnet

zeromanual.com

. Beim Zero FXS befinden sich diese als verschraubte Kabelösen am Controller (M8 Schrauben, 11±2 Nm)

zeromanual.com

. Die Phasen sind farblich meist alle identisch (z.B. orange oder gelb) – Verwechslungen sind nur anhand Markierungen auszuschließen. Wichtig: Die Reihenfolge der Phasen und der Rotorlagersensoren muss übereinstimmen, sonst dreht der Motor verkehrt oder ruckartig.

Der **Motorkabelbaum (Signalleitungen)** führt vom Motor zum Controller-Stecker. Er enthält:

- **Positionssensor-Leitungen:** Entweder drei digitale Hall-Signale (U, V, W) **oder** zwei analoge Sin/Cos-Signale, jeweils plus Versorgung (+5V) und Masse. Im Jahr 2017 hatten die FX/FXS-IPM-Motoren vermutlich einen Sinus-Cosinus-Positionssensor für präzisere Regelung
zeromanual.com
. Diese Sensoren sind intern fest montiert; die Leitungen enden im Controller-Stecker (Pins für SIN+, SIN-, COS+, COS- o.ä.). Sie sind ebenfalls typischerweise mit dünnen, farbcodierten Drähten ausgeführt (z.B. Gelb/Grün, Gelb/Braun etc., wie im Schaltplan angedeutet
zeromanual.com
).
- **Thermistor-Leitung:** Zweiadrig, führt den Temperaturfühler vom Motor zum Controller (ein Pol an Thermistor-Eingang, der andere an Masse). Bei Überhitzung reduziert der Controller die Leistung; eine defekte Thermistorleitung kann Fehlermeldungen auslösen, sollte aber nicht allein den Drehsinn beeinflussen.
- **Sonstige:** Gegebenenfalls führt der Motorkabelbaum noch Leitungen für einen optionalen Neutralpositionssensor oder Resolver, falls vorhanden (bei Zero jedoch unwahrscheinlich, da Sin/Cos analog genutzt wird).

Alle genannten Leitungen und Stecker sind im Schaltplan *2016 Zero FX ZF6.5* dokumentiert
zeromanual.com

. Zur Übersicht ist dort ersichtlich, welche Pins der MBB (Main Bike Board) mit welchen des Controllers verbunden sind und welche Farben die Leitungen haben. Beispielsweise ist MBB Pin 19 (orange/grau) als Forward-Signal mit dem Controller verbunden

zeromanual.com

, Pin 22 (schwarz/weiß) als Throttle-Enable usw. Diese Angaben nutzen wir in der Diagnose.

Schnittstellenspezifikationen: Alle Steuersignale (Gasgriff, Schalter) arbeiten auf Niederspannung (5–12 V). Die Hall-Sensoren des Motors werden mit +5 V versorgt und liefern TTL-ähnliche Signale (~0V/5V). Die Sin/Cos-Sensoren liefern ~0–5 V Sinuswellen. Der Controller stellt eine **+10 V Referenz** bereit, aber der Gasgriff nutzt davon effektiv ~5 V Spannungsbereich【43†】. Digitale Eingänge (Forward, Enable) erkennen High/Low-Zustände (typisch High >~4 V für 5V-Logik, oder 12V-Logik je nach Pull-Up). Die Hochvolt-Batterie liegt spannungsmäßig im Bereich ~102 V DC (voll geladen), diese ist nur auf den Orangen HV-Leitungen präsent und im Controller intern. Zum Messen oder Arbeiten an HV-Komponenten sind besondere Sicherheitsmaßnahmen (siehe Abschnitt 4) strikt einzuhalten

media.zeromotorcycles.com

media.zeromotorcycles.com

.

2. Diagnoseanleitung

Die systematische Fehlersuche beginnt mit einfachen Prüfungen und führt bis zu detaillierten Messungen mit dem Oszilloskop. Ziel ist es, die Fehlerquelle einzugrenzen: Liegt ein elektrischer Defekt (z.B. Kabelbruch, Sensorfehler) oder ein Konfigurationsproblem (z.B. Steuergerät im Falschmodus) vor? Gehen Sie Schritt für Schritt vor und vergleichen Sie Ist-Werte mit den Sollangaben.

Wichtiger Hinweis: Vor jeglicher Diagnose **Zündung AUS und Hochvoltssystem spannungsfrei** machen, sofern Leitungen getrennt werden müssen! Für Messungen an aktiven Systemen das Motorrad sicher aufbocken (Hinterrad frei) und für ungewolltes Anlaufen sichern. Tragen Sie stets geeignete Schutzausrüstung (isolierte Handschuhe, Schutzbrille), insbesondere wenn Hochvoltkreise berührt werden müssen (Details in Abschnitt 4).

2.1 Sicht- und Grundlagenprüfung

1. **Fehlerspeicher und Anzeigen:** Schalten Sie die Zündung ein (**ohne Gas zu geben**) und beobachten Sie die Instrumentenanzeigen. Leuchtet eine Warnleuchte oder wird ein Fehlercode im Display angezeigt? Insbesondere achten auf Symbole für Seitenständer oder „Kill Switch“. Die Zero zeigt bei Problemen Codes an, z.B. „*Batterie-Fehler*“, „*Kontroller-Fehler*“, „*Kill Switch Disable*“ etc. (Codes 44/45 wären Kickstand/Kill, Code 3 *High Throttle Disable* etc.)

media.zeromotorcycles.com

- **Wenn ein Safety-Interlock-Code erscheint:** Stellen Sie sicher, dass der **Seitenständer hochgeklappt** ist und der **Notausschalter (Motor Stop Switch)** auf **RUN** steht. Ein versehentlich betätigter Schalter könnte die Vorwärtsfahrt verhindern. Allerdings würde dann der Motor **gar nicht** reagieren, auch nicht rückwärts. Da in unserem Symptom der Motor ja reagiert (nur eben rückwärts), ist es unwahrscheinlich, dass Kickstand oder Kill-Switch dauerhaft auf aus stehen – trotzdem prüfen und ausschließen.

- **Andere Fehlercodes:** Notieren Sie etwaige Fehlernummern. Ein **Hall-Sensor-Fehler** oder **Encoder-Fehler** könnte vom Steuergerät erkannt worden sein. Ebenso könnte ein „**Throttle error**“ abgelegt sein, falls die beiden Hall-Signale im Gasgriff nicht zueinander passen. Diese Hinweise helfen, die Fährte einzugrenzen (z.B. ob Gasgriff oder Motor-Sensorik verdächtig ist). Nutzen Sie ggf. die Zero Motorcycles App (via Bluetooth) oder ein OBD-II-Diagnosetool, um Fehler auszulesen. Die Zero FX/FXS verfügt über einen OBD-II-Serviceanschluss (unter dem Sitz links)

zeromanual.com

– mit dem passenden Kabel und Adapter können Diagnosetools oder ein Laptop (via CAN-USB-Adapter wie IXXAT) verbunden werden

zeromanual.com

. Bei einfachen Mitteln genügt das Ablesen der Blinkcodes bzw. Displayanzeigen.

2. **Mechanische Prüfung:** Dreht der Motor mechanisch frei und gleichmäßig? Stellen Sie sicher, dass keine Blockade das Vorwärtsdrehen verhindert (obwohl ein solches Problem normalerweise auch den Rückwärtslauf hindern würde). Überprüfen Sie den Zustand des Antriebsriemens bzw. der Kette. Ein extrem falsch gespannter Riemen oder eine Übersetzungskomponente, die evtl. ein Freilauf hat (z.B. im Nabenfreilauf, falls vorhanden), könnte theoretisch ein Vorwärtsdrehen unterbinden. Bei der Zero FXS ist jedoch kein Freilauf im Antriebsstrang vorgesehen – der Riemen treibt starr. Daher ist es unwahrscheinlich, dass das Problem mechanisch ist, aber ein kurzer Check schadet nicht (Rad lässt sich per Hand vorwärts und rückwärts drehen?).

3. Kabel und Steckverbindungen: Inspizieren Sie den Kabelbaum visuell: Alle Stecker fest eingesteckt? Besonders der **Gasgriff-Stecker** im Cockpitbereich, der **Controller-Stecker** und die **Motor-Sensorleitung** am Controller. Suchen Sie nach Scheuerstellen, Korrosion oder gebrochenen Kabeln. Achten Sie auf den **Forward-/Reverse-Schalter** – wobei es serienmäßig keinen separaten Schalter gibt, jedoch manche Besitzer einen Reverse-Schalter nachgerüstet haben (z.B. für Rangierhilfe)

zeromanual.com

. Falls an Ihrem Motorrad ein ungewöhnlicher Schalter oder veränderte Verkabelung erkennbar ist (nachgerüstete Schalter an Lenker oder ein modifizierter Kabelbaum), dokumentieren Sie dies. Eine Bastellösung könnte das Problem ausgelöst haben (z.B. ein Reverse-Mod, der fehlerhaft aktiviert ist). Stellen Sie den Originalzustand her, falls machbar (Schalter entfernen oder korrekt anschließen).

- Hauptstecker MBB & Controller:** Trennen Sie die 35-polige Verbindung zum Controller nur bei ausgeschaltetem Fahrzeug und mindestens 5 Minuten nach Abschalten (Kondensatoren entladen lassen!). Prüfen Sie die Pinbelegung auf Verbiegungen oder Feuchtigkeit. Reinigen/trocknen Sie ggf. und stecken Sie neu zusammen. Ein schlecht sitzender Pin (insbesondere Pin für Forward-Signal oder Gas) kann zum Ausfall jener Funktion führen.

- Batterie-Hochvolt:** Der Vollständigkeit halber: Stellen Sie sicher, dass die Hochvoltbatterie korrekt eingesetzt und verbunden ist. Bei FX/FXS-Modellen mit herausnehmbaren Akkus (Power Packs) prüfen Sie den Verriegelungszustand und die Hauptsicherung(en)

media.zeromotorcycles.com

. Ein teilweiser Kontakt kann seltsame Effekte haben, jedoch würde ein HV-Problem eher Totalausfall als reinen Richtungswechsel bedeuten.

Wenn nach diesen Basis-Checks keine offensichtliche Ursache (wie ein aktiver Schalter oder lose Steckverbindung) gefunden wurde, gehen Sie zur detaillierten elektrischen Diagnose über.

2.2 Gasgriff und Eingangssignale prüfen

Da der **Gasgriff** direkt vorgibt, was der Motor tun soll, ist dies ein kritischer Prüfpunkt. Ein **falsches Signal vom Gasgriff** könnte theoretisch den Controller verwirren. Allerdings: Selbst wenn der Gasgriff invertiert wäre, dürfte der Motor nicht einfach rückwärts laufen – stattdessen würde der Controller einen „High Throttle at Power-On“-Fehler setzen und das System sperren

media.zeromotorcycles.com

. Dennoch müssen wir sicherstellen, dass beide Hall-Signale korrekt funktionieren.

Vorgehen:

1. **Gasgriff-Sensor messen:** Ziehen Sie den Gasgriff-Stecker (8-polig Sumitomo, typischerweise unter dem Vorbau/Lenker verdeckt) auseinander. Identifizieren Sie die Leitungen gemäß Abschnitt 1 (z.B. Blau = +5V, Schwarz = Masse, Braun = Signal1, Braun/Rot = Signal2). Schalten Sie die Zündung ein (Hauptbatterie bleibt verbunden, da die 12V vom DC/DC kommen). **Vorsicht:** Motor dabei nicht einschalten (Kill-Switch auf OFF), um unbeabsichtigtes Drehen zu verhindern. Messen Sie mit einem Multimeter die Spannungen zwischen:

- Blau und Schwarz:** Sollte ca. +5 V betragen (Referenzspannung vom Controller). Toleranz $\sim \pm 0,2$ V. Fehlt diese Spannung (0 V), liefert der Controller keine Sensorversorgung – möglicher Controllerfehler oder Kabelbruch. Ohne 5V würden beide Hall-Ausgänge nichts liefern.

- Braun und Schwarz:** bei geschlossenem Gas (Leerlaufposition) ca. 0,5 V

zeromanual.com

. Bei **voll aufgedrehtem Gas** ca. **4,5 V**

zeromanual.com

. Der Wert sollte sich gleichmäßig erhöhen, wenn man den Griff langsam dreht.

Achtung: Die Werte 0,5–4,5 V sind grobe Richtwerte; wichtig ist, dass **Leerlauf deutlich über 0 V** und **Vollgas deutlich unter 5 V** liegt, damit der Controller keine Fehlererkennung (Out-of-range) macht. Wenn hier Abweichungen auftreten (z.B. Leerlauf >1 V oder Vollgas <4 V), könnte der Griff falsch justiert oder defekt sein.

- **Braun/Rot und Schwarz:** sollte **gegenteilig** verlaufen: ~4,5 V bei geschlossenem Gas, ~0,5 V bei Vollgas

zeromanual.com

. Prüfen Sie auch hier den stufenlosen Übergang.

- **Verhältnis beider Signale:** In Leerlaufstellung sollten **Signal1 + Signal2** \approx **~5 V** (0,5 + 4,5) ergeben, in Vollgasstellung ebenso (4,5 + 0,5). Dazwischen ergänzen sie sich. Weicht das Verhältnis stark ab oder springt ein Wert, liegt wahrscheinlich ein Gasgriffdefekt vor. Beispiel: Signal2 bleibt immer hoch (~4,5 V) und ändert sich nicht -> Hall-Sensor 2 ausgefallen.

- **Throttle-Enable Leitung:** Diese liegt nicht im Gasgriffstecker, sondern am Controllerstecker (BLK/WHT). Sie können jedoch indirekt prüfen, ob der Controller das Gas freigibt: Schließen Sie den Gasgriff wieder an, schalten Sie Zündung an, Klappen Ständer hoch, Kill-Switch auf RUN. **Ohne Gas** sollte nun der Leerlaufspannungswert (~0,5 V auf Braun) anliegen **und** keine Fehleranzeige „High Throttle“ am Display erscheinen. Falls doch, liegt evtl. *Throttle-Enable* nicht an (z.B. weil ein Schalter nicht erkannt wird). In diesem Fall messen Sie die Spannung an der **BLK/WHT** Leitung (an Pin 22 am MBB/Controller, falls Zugang): ist sie ~5V oder ~12V (je nach Auslegung) gegenüber Masse, ist Throttle freigegeben

zeromanual.com

. Ist sie 0 V, hält die MBB den Motor gesperrt (Ursache dann in Kickstand/Kill-Switch-Sensorik suchen).

Ergebnisbewertung:

- Sind **beide Hall-Signale plausibel** (gegensätzlich steigend/fallend von ~0,5 bis ~4,5 V) und die 5V-Versorgung vorhanden, funktioniert der Gasgriff-Sensor aller Wahrscheinlichkeit nach. Notieren Sie die genauen Endwerte. Ein Wert von 4,5 V zeigt, dass der Controller die Sensoren mit korrekter Spannung versorgt (wahrscheinlich ~5,0 V intern).
- Sollten **Auffälligkeiten** auftreten (z.B. keine 5V, oder ein Signal klemmt), beheben Sie diese *bevor* Sie weitergehen. Ein defekter Gasgriff muss ersetzt werden, da redundante Sensorik sicherheitsrelevant ist. (Eine provisorische Lösung könnte sein, den defekten Kanal temporär zu überbrücken oder im Steuergerät auszublenden, falls möglich – jedoch ist das ohne Softwarezugriff bei Zero schwierig. Siehe alternative Ansätze in Abschnitt 6.)

2.Forward-/Reverse-Signal überprüfen: Dieser Schritt ist entscheidend, da wir vermuten, dass das „**Vorwärts**“-**Signal nicht beim Controller ankommt** und er deshalb in Reverse läuft. Verfahren Sie wie folgt:

- **Signalverfolgung:** Gemäß Schaltplan geht die Forward-Leitung (ORN/GRY) vom MBB zum Controller

zeromanual.com

. Finden Sie den entsprechenden Pin am MBB-Stecker. Laut Diagramm ist es Pin 19 des 34-poligen MBB-Steckers (orangener/grauer Draht)

zeromanual.com

. Dieser Pin verbindet intern einen Ausgang der MBB mit dem Forward-Eingang des

Controllers.

- **Spannungsmessung:** Lassen Sie die Zündung **ein**, Notausschalter **RUN**, Seitenständer **oben** – also Zustand, in dem Vorwärtsfahrt normal erlaubt wäre. Messen Sie die Spannung zwischen der Forward-Leitung (z.B. am MBB-Stecker, Pin19 Rückseite) und Masse. **Sollwert:** *High-Pegel*. Die genaue Höhe hängt von der MBB-Auslegung ab – möglich sind 12V-Bordnetz oder ein 5V-Ausgang. Wahrscheinlich verwendet Zero 12V dafür (da MBB Pin 19 mit „Forward“ bezeichnet ist, könnte es Batterie- oder Bordspannung sein). Ein Wert von nahe 12 V oder 5 V würde bedeuten, dass die MBB ordnungsgemäß „Vorwärts“ anfordert.
- **Variieren:** Schalten Sie testweise den Kill-Schalter auf OFF (Motor Stop). In manchen Systemen wird dadurch auch das Forward-Signal gekappt (um jegliche Bewegung zu verhindern). Beobachten Sie, ob sich die gemessene Spannung ändert (z.B. auf 0 V fällt). Ebenso mit Ständer runter probieren. Diese Tests zeigen, ob die MBB das Forward-Signal steuert oder ob es statisch immer anliegt.
- **Wenn möglich,** prüfen Sie auch direkt am Controller-Stecker (ORN/GRY Leitung) ob dort derselbe Spannungspegel ankommt. Ein Abfallen zwischen MBB-Ausgang und Controller-Eingang würde auf Kabel/Verbindungsprobleme hindeuten.

Ergebnisbewertung:

- **Sollte kein High-Pegel messbar sein (0 V):** Dann sendet die MBB **kein Vorwärtssignal**. Dies ist ein klarer Hinweis auf die Ursache – der Controller befindet sich im Rückwärtsmodus, da die Forward-Leitung low ist. Ursachen dafür könnten sein: Defekter MBB-Ausgangstreiber, Kabelbruch in der ORN/GRY-Leitung oder ein Konfigurationsfehler (MBB glaubt evtl., es soll im Rückwärtsmodus sein).
 - Bestätigen Sie dieses Ergebnis durch einen Versuch: **Überbrücken Sie versuchsweise** die Forward-Leitung mit einer bekannten Spannungsquelle (nur wenn Sie sicheres Wissen im Umgang mit Kfz-Elektrik haben!). Z.B. legen Sie vom MBB-Stecker Pin19 eine Verbindung zu +12V (von Pin 4, dem Zündplus-Ausgang am MBB)
zeromanual.com
. Tun Sie dies *vorsichtig* und *nur kurz*, während das Motorrad aufgebockt ist. Schalten Sie dann Kill-Schalter auf RUN und drehen vorsichtig am Gas. Wenn der Motor nun **vorwärts** dreht, haben Sie bestätigt, dass allein das Forward-Signal fehlte.
Sicherheitswarnung: Improvisierte Brücken können zu Schäden führen; verwenden Sie möglichst einen Widerstand (1kΩ) in Reihe, um Ströme zu begrenzen. Dieser Test dient nur der Diagnose, nicht als Dauerlösung!
Sicherheitswarnung: Improvisierte Brücken können zu Schäden führen; verwenden Sie möglichst einen Widerstand (~1kΩ) in Reihe, um Ströme zu begrenzen. Dieser Test dient nur der Diagnose, nicht als Dauerlösung!
Sicherheitswarnung: Improvisierte Brücken können zu Schäden führen; verwenden Sie möglichst einen Widerstand (1kΩ) in Reihe, um Ströme zu begrenzen. Dieser Test dient nur der Diagnose, nicht als Dauerlösung!
 - In diesem Fall überspringen Sie zu Abschnitt 3 (Reparatur) – Fehlerquelle Forward-Signal gefunden.
- **Wenn High-Pegel anliegt:** Dann scheint die MBB ordnungsgemäß „Vorwärts“ zu signalisieren. Der Motor dreht aber dennoch rückwärts – das bedeutet, der Fehler liegt **nachgelagert** im Controller/Motor-Bereich. Entweder interpretiert der Controller das Signal falsch (Software/Parametrierungsproblem) oder der Motor wird trotz Vorwärtskommando in falscher Richtung bestromt (Phasen-/Sensorfehler).
Fahren Sie mit den nächsten Schritten fort.

3., **Motor Enable** / **Kill-Signal verifizieren:** Obwohl der Motor ja reagiert (wenn auch

rückwärts), überprüfen wir der Vollständigkeit halber noch das generelle Enable-Signal:

- Messen Sie am Controller-Stecker die **BLK/WHT Leitung (Throttle Enable)** gegen Masse, wenn alle Bedingungen auf Fahrt stehen. Diese sollte **HIGH** sein (vermutlich 12 V oder 5 V). Im Schaltplan ist diese Leitung Pin 22 an der MBB-Seite zeromanual.com. Ist sie low (0V), würde der Motor gar nicht drehen (was hier nicht der Fall ist). Falls Sie dennoch Abweichungen feststellen, liegt ein Interlock-Problem vor, das vorrangig behoben werden muss (z.B. defekter Seitenständer-Schalter, siehe Fehlertabelle im Handbuch: „Kickstand Switch Disabled... Raise kickstand.“ media.zeromotorcycles.com).
- Zusätzlich können Sie kontrollieren, ob **beide Bremshebel** eventuell einen „Rekuperations-Befehl“ geben. Die Zero deaktiviert den Gasbetrieb, wenn die Bremse betätigt wird (dann wird ggfs. Rekuperation aktiviert). Prüfen Sie die **Bremslichtschalter** an Vorder- und Hinterbremse (sind die Kontakte ggf. dauerhaft geschlossen und signalisieren Bremse aktiv?). Ein ständig leuchtendes Bremslicht wäre ein Indiz. Ist dies der Fall, reparieren Sie den entsprechenden Schalter, da sonst das Beschleunigen gesperrt bleibt. (Allerdings würde auch das eher zu keiner Motorbewegung führen, nicht zu einer Rückwärtsbewegung.)

Bis hierhin haben wir das **Eingabesystem** überprüft: Gasgriff liefert Sollwert korrekt, die Freigaben sind gesetzt, und Forward ist vermutlich vorhanden (oder wir haben dessen Fehlen als Ursache detektiert). Nun richten wir den Fokus auf den **Motor und Controller** selbst.

2.3 Motorsteuergerät & Motorprüfungen

Angenommen, die Eingangssignale sind alle unauffällig (Forward-Signal ok, Gas ok), bleibt als Ursache ein Problem **innerhalb des Motor-Controller-Motor-Kreises**. Die Hauptverdächtigen hier: **Phasenanschluss vertauscht, Sensorsignal fehlerhaft, Controller-Softwareeinstellung falsch**.

Führen Sie folgende Tests durch:

- 1.**Phasenleitungs-Prüfung:** Die drei dicken Phasenkabel zwischen Controller und Motor müssen in der korrekten Reihenfolge angeschlossen sein. Normalerweise sind die Klemmen beschriftet (M1, M2, M3 am Controller und U, V, W am Motor). Ab Werk ist die Reihenfolge passend angeschlossen. Wenn jedoch kürzlich Arbeiten erfolgt sind (Controller oder Motor getauscht, Kabel demontiert), könnte eine Verwechslung passiert sein.

Überprüfen Sie die Phasenzuordnung:

- Schalten Sie das System spannungsfrei (Hauptsicherung raus, Service-Stecker ziehen oder Akku entnehmen) und lösen Sie nacheinander die drei Phasenschrauben am Controller leicht, um zu sehen, welche Kabelfarbe/Markierung zu welcher Klemme geht. Oft sind Markierungen (Farbkleckse oder Nummern) an den Kabeln. Vergleichen Sie mit den Angaben im Werkstatthandbuch oder Servicedokumenten, falls vorhanden. In der Regel gilt: gelabelte Leitung A->M1, B->M2, C->M3.
- Vertauscht?** Sollte z.B. zwei der Phasen gekreuzt sein, ergibt sich genau ein invertierter Drehsinn. Ein BLDC-Motor dreht bei Tausch zweier Phasenanschlüsse in die Gegenrichtung reddit.com. Dies ist ein bekanntes Phänomen: „If the motor runs backwards, swapping any two phase wires will flip rotation“ reddit.com. Allerdings darf man nicht vergessen, dass auch die Rotorlagersensor-Signale

passend dazu gehören. Wenn nur die Phasen vertauscht wurden, aber die Hallsensor-Zuordnung nicht, kommt es meist zu heftigem Ruckeln oder Fehlererkennung (Phasenabfolge falsch). Wenn **ausschließlich** der Drehsinn sauber invertiert ist (wie in unserem Fall, Motor läuft ruhig rückwärts), könnte es sein, dass *sowohl* die Phasen, *als auch* die Hall/Encoder-Signale um 180° vertauscht sind. Das könnte passieren, wenn z.B. der Motor getauscht wurde und dessen interner Sensor nicht zum Controller-Setup passt (möglicherweise ist ein „Commissioning“/Abgleich nicht erfolgt).

- Maßnahme:** Falls Sie eine Vertauschung feststellen, schließen Sie die Phasen korrekt an (Mutter festziehen mit 11 Nm). Testen Sie anschließend, ob der Motor nun vorwärts dreht. (HINWEIS: Bei IPM-Motoren kann es sein, dass nach Phasen-Änderung erst eine *Sensor-Neuabstimmung* erfolgen muss – dazu ggf. im Reparaturabschnitt mehr.)

•Ist äußerlich keine Verwechslung erkennbar, gehen Sie zum nächsten Schritt.

2. Rotorpositionssensor prüfen (Hall/Encoder): Ein falsches oder fehlendes Positionssignal kann den Controller ebenfalls aus dem Tritt bringen. Beispielsweise könnten **Hall-Sensoren falsch angeschlossen** sein (z.B. Reihenfolge U/V/W vertauscht), was eine Phasenverschiebung verursacht, oder ein Hall ist defekt. Bei analogen Sin/Cos-Sensoren könnte ein Kanal ausgefallen sein. Testen Sie:

- Digitale Hall-Sensoren (falls verbaut):** Suchen Sie den Motor-Sensor-Stecker (meist ein kleiner mehrpoliger Stecker nahe am Motor oder am Controller-Stecker integriert). Identifizieren Sie die Hall-Leitungen (z.B. Farben: meist 3 bunte wie grün, gelb, blau und rot/schwarz als +5V/GND). Mit Zündung EIN (und idealerweise Controller im Diagnosemodus falls möglich) drehen Sie das Hinterrad von Hand langsam. Messen Sie mit dem Voltmeter an jeder Hall-Leitung gegen Masse: Ein Hall-Signal sollte zwischen ca. 0 V und ~5 V springen, wenn der Rotor sich dreht (jede 60° elektrisch einmal). Ohne Oszilloskop sieht man das am Multimeter als Wechsel zwischen ~0 und ~5. Prüfen Sie alle drei. Jede sollte ab und zu schalten. Falls nicht: Sensor defekt oder Kabelproblem. Bei einem Totalausfall aller Halls (alle konstant 0 oder 5) würde der Controller meist gar nicht drehen. Bei Vertauschung zweier Halls: Der Motor könnte in falscher Richtung laufen oder stottern.

- Sin/Cos-Analogsensor (wahrscheinlicher bei 2017 FX):** Hier ist ein Oszilloskop hilfreich. Verbinden Sie die Tastköpfe mit dem Sinus- und Cosinus-Ausgang gegen Masse. Drehen Sie das Rad langsam. Sie sollten zwei nahezu sinusförmige Spannungsverläufe sehen, die um 90° phasenversetzt sind. Die Amplitude dürfte um ~2 Vpp liegen um einen Offset (z.B. zwischen ~0,5 und ~4,5 V). Wenn einer der Kanäle fehlt oder deutlich abweicht, liegt ein Sensorfehler vor. Ein fehlendes Encodersignal würde der Controller normalerweise ebenfalls erkennen (-> Fehlercode). Allerdings, wenn zum Beispiel Sin+ und Sin- vertauscht wären, könnte der Controller eine phaseninvertierte Rückmeldung bekommen, was dazu führt, dass er denkt, er müsse in entgegengesetzter Richtung drehen um dem Soll nachzukommen.

- Temperatursensor:** Messen Sie den Widerstand des Motor-Thermistors (üblicherweise einige kΩ bei Raumtemp, z.B. ~10 kΩ). Ein unendlicher Widerstand (Unterbrechung) könnte vom Controller als Übertemperatur interpretiert werden, worauf er Leistung begrenzt. Normalerweise begrenzt das aber Drehmoment, nicht die Richtung – also weniger relevant hier, es sei denn, extreme Algorithmen greifen ein (unwahrscheinlich).

Ergebnisbewertung:

- Wenn **Hallsensoren/Encoder abnormal** reagieren (fehlendes Signal, keine Änderung):

Der Sensor oder dessen Leitung ist defekt. Das würde erklären, wieso ggf. der Motor nur rückwärts läuft – z.B. wenn der Controller auf *Sensorlos-Modus* umschaltet oder default-mäßig rückwärts. Zero's Sevcon-Controller könnte bei fehlenden Sensorsignalen evtl. einen Notlauf im Reverse-Limit-Modus erlauben (limitiert auf 5 km/h rückwärts)

zeromanual.com

. Tatsächlich wird im Zero-Werkstattwissen erwähnt, dass bei neueren IPM-Modellen ein Standard-Sevcon-Reverse-Setup „glitchy“ ist und Zero eigene Firmware nutzt

zeromanual.com

. Das ist ein Indiz, dass ohne korrekte Sensoren eigenartiges Verhalten auftreten kann.

- Bestätigt sich ein Sensorfehler, siehe Reparaturabschnitt – i.d.R. muss der Motor bzw. das Sensormodul getauscht oder instandgesetzt werden.

3.Controller-Parameter (Software) prüfen: Sollten alle Hardware-Tests unauffällig sein, muss in Betracht gezogen werden, dass ein **Software-/Konfigurationsfehler** vorliegt:

- Reset/Power Cycle:** Führen Sie einen kompletten Reset durch: Schalten Sie das Bike aus, nehmen Sie die 12V- und HV-Versorgung für einige Minuten ab (z.B. Hauptsicherung ziehen, 12V-Batterie falls vorhanden abklemmen – wobei FX keine separate 12V-Batterie hat, also HV-Pack entnehmen). Danach wieder verbinden und einschalten. Dies stellt sicher, dass keine temporären Fehlerzustände bestehen.
- Diagnosetool:** Falls verfügbar, schließen Sie ein Diagnosetool an den CAN-Port an. Mit der Zero Diagnostic Software (sofern Sie Zugang dazu haben) oder einem CAN-Analyzer könnten Sie auslesen, ob der Controller im **Reverse Mode** ist. Es gibt bei Sevcon die Einstellung „Directional Mode“ und Bits für Forward/Reverse. Kontrollieren Sie, ob im Status irgendwas auffällig ist (z.B. Forward Input wird nicht erkannt obwohl High, etc.). Diese Ebene erfordert jedoch meist Spezialtools (Zero NextGen Diagnostic Tool oder Sevcon DVT).
- MBB-Logs:** Die Main Bike Board speichert Fehler. Mit einem offiziellen Tool oder der Handy-App im Händlermodus könnte man Logs auslesen. Achten Sie auf **SEVCON errors** um die Zeit des Auftretens. Ein Beispiel aus einem Log: Error Code 0x5000 / Sevcon Code 0x46C3 bedeutet z.B. „Encoder signal fault“
zeromanual.com
. Solche Codes würden die Richtungssache erklären. Ohne Tools bleibt dies jedoch spekulativ.
- Software-Update Historie:** Ist an dem Bike kürzlich ein **Firmware-Update** durchgeführt worden? Wurde ggf. ein falsches Mapping geladen (z.B. falsches Motorprofil)? Zero hat unterschiedliche Controller-Setups für verschiedene Modelle. Ein FXS-Controller der versehentlich eine falsche Konfiguration hat, könnte invertierte Phasenfolge drin haben. Im Zweifelsfall sollte ein Zero-Vertragshändler den Controller neu programmieren oder zumindest verifizieren. Im inoffiziellen Manual wird erwähnt, dass ab 2017 evtl. Änderungen (Gen4.5 Controller) vorgenommen wurden
zeromanual.com
– ein inkompatibles Firmware-File könnte Probleme machen.

Durch die obigen Schritte sollte sich herauskristallisieren, **wodurch der Rückwärtslauf verursacht** wird. Fassen wir typische Befunde zusammen:

- Forward-Signal fehlend:** Motor läuft nur rückwärts trotz Gas (Hauptursache gefunden – Steuerbefehl falsch).
- Phasen (Stromlauf) vertauscht:** Motor dreht invertiert (ggf. ruckfrei, wenn auch Sensor 180° versetzt, sonst mit Störungen).

- Sensorik vertauscht/defekt:** Controller „verwirrt“ – evtl. Notlauf in Reverse oder fehlerhafte Kommutierung.
- Gasgriff liefert unrealistische Werte:** Eher Abschalten als Reverse, aber trotzdem prüfen.
- Unbekannt (Software):** Keine Hardware-Ursache auffindbar – dann Verdacht auf Parametrierung.

Haben Sie die Ursache identifiziert, lesen Sie weiter zu Reparaturstrategien (Abschnitt 3). Falls nicht, konsultieren Sie technische Foren oder den Zero Support mit den gesammelten Messdaten.

2.4 Verwendung von Multimeter und Oszilloskop

Während der obigen Diagnose-Schritte kamen Multimeter-Messungen zum Einsatz. Zur **Vertiefung** und für schwer erkennbare Fehler kann ein **Oszilloskop** wertvolle Einblicke geben:

- Darstellung der Hall-Signale:** Mit dem Oszi lassen sich die 120° phasenverschobenen Rechtecksignale der digitalen Hallsensoren live betrachten. So erkennt man, ob eventuell eine Phase aus dem Tritt läuft. Beispielsweise würde ein invertierter Hall-Stecker sich als Phasenverschiebung zeigen (nicht 120° versetzt, sondern anders). Das kann man mit Solltabellen vergleichen.
- Sin/Cos-Analyse:** Wie erwähnt, kann man Sinus-Encoder direkt prüfen. Unterschiede in Amplitude oder Offset lassen sich sichtbar machen. Ein Rauschen auf der Leitung könnte z.B. auf Abschirmungsprobleme hindeuten.
- Gasgriff-Dynamik:** Ein Oszilloskop (oder auch einfach ein Logging-Multimeter) kann die **Anstiegs- und Abfallraten** der Gasgriffspannung beim Drehen prüfen. Ein *stotterndes* Signal (Sprünge) würde mechanische Defekte im Poti/Sensor anzeigen. Im Normalfall ist die Kurve schön glatt.
- PWM-Ausgänge Controller:** Für Experten: Man könnte mit Differenz tastköpfen die PWM-Ansteuerung der Phasen messen, um zu sehen, ob der Controller tatsächlich die falsche Richtung ansteuert. Im Rückwärtslauf würde er vermutlich eine bestimmte Sequenz ausgeben, die man mit einer korrekten Sequenz vergleichen könnte. Das ist jedoch hochkomplex und meist nicht nötig, wenn man über logische Signale bereits Gewissheit hat.

Denken Sie daran, das Oszilloskop **richtig zu erden und gegen Hochvolt zu isolieren**. Verwenden Sie im Zweifelsfall batteriebetriebene Hand-Oszis oder Differenzial-Tastköpfe, um Kurzschlüsse zu vermeiden. Messen Sie Steuerleitungen immer gegen Fahrzeug-Masse (die bei Zero aufs Chassis und B- gelegt ist), außer bei differenziellen Signalen (Sin-/Cos-Plus/Minus falls differenziell ausgeführt).

Abschließend der Diagnosephase sollten Sie nun wissen, *welche Komponente oder Verbindung fehlerhaft* ist. Im nächsten Abschnitt folgen konkrete Reparaturanweisungen für die häufigsten Befunde.

3. Reparaturstrategien

In diesem Abschnitt werden basierend auf den diagnostizierten Fehlerquellen konkrete Reparaturmaßnahmen beschrieben. Für jeden wahrscheinlichen Defekt gibt es Tipps zur Prüfung, zum Austausch defekter Teile sowie zur erforderlichen Kalibrierung nach der Reparatur.

Wichtig: Vor Reparaturarbeiten an elektrischen Komponenten der Zero FXS sind stets die in Abschnitt 4 beschriebenen Sicherheitsmaßnahmen zu befolgen (Hochvoltsystem deaktivieren, etc.). Zudem erlischt bei eigenmächtigen Veränderungen unter Umständen die Garantie; im Zweifel autorisierte Werkstätten hinzuziehen.

3.1 Fehlerquelle: Forward-Signal (Fahrtrichtungsleitung)

Befund: Die Forward-Leitung (MBB -> Controller) liefert kein Signal (0 V) obwohl Vorwärtsfahrt gewünscht, wodurch der Motor nur im Reverse-Modus läuft.

Mögliche Ursachen: Defekter Ausgang an der MBB, Wackelkontakt/Kabelbruch im Kabelbaum, Korrosion am Steckverbinder, oder (seltener) ein Softwarefehler in der MBB-Logik.

Vorgehen:

- **Kabelbaum reparieren:** Prüfen Sie den Kabelstrang vom MBB zum Controller auf Beschädigungen. Wenn z.B. ein Kabelbruch am Lenkkopf (durch Lenkbewegungen) vorliegt, ersetzen oder reparieren Sie die entsprechende Leitung. Man kann eine neue Leitung parallel einziehen oder den Bruch löten und schrumpfschlauchisolieren. Achten Sie darauf, dass die Flexibilität erhalten bleibt.
- **Steckverbinder reinigen:** Oftmals sind Pins oxidiert. Speziell Pin 19 am MBB-Stecker (Forward) und der zugehörige Pin im Controller-Stecker sollten blank und gerade sein. Reinigen Sie sie mit Kontaktreiniger. Biegen Sie verbogene Pins vorsichtig zurück. Nach dem Zusammenstecken einen leichten Zugtest machen, ob der Pin richtig greift.
- **MBB ersetzen:** Sollte die MBB (Main Bike Board) selbst keinen Forward-Ausgang schalten (z.B. Transistorausgang durchgebrannt), muss die Einheit ersetzt werden. Die MBB sitzt meist unter der „Tank“-Verkleidung. Ausbau per Werkstatthandbuch-Anleitung vornehmen (Stecker ab, Befestigungen lösen). Die neue MBB muss auf das Fahrzeug konfiguriert werden (Firmware und Fahrzeug-ID laden). Dies ist üblicherweise nur beim Zero-Händler möglich, da spezielle Software nötig ist.
- **Interimslösung:** In seltenen Fällen, wo sofortige Ersatzteile nicht verfügbar sind, könnte man die Forward-Leitung **fest auf High legen** (z.B. auf den Zündungsplus koppeln), um vorübergehend vorwärts fahren zu können. Diese Bastelei muss mit einem Schalter versehen sein, um Reverse abwählen zu können. Da Motorräder i.d.R. keinen Rückwärtsgang benötigen, ist es vertretbar, Forward fest zu verdrahten, *bis* eine ordentliche Reparatur erfolgt. Beachten Sie aber: Wenn der Controller jemals Reverse bräuchte (z.B. falls doch mal gewünscht zum Rangieren), ginge es dann nicht. Auch ist unklar, ob eine dauerhafte 12V-Anlegung ggf. dem Controller schadet, falls er nur 5V-tolerant ist. Insofern nur kurzzeitig nutzen. **Besser:** Fehler richtig beheben.

Nach der Instandsetzung des Forward-Signals: **Testen** Sie ausführlich die Fahrfunktion. Der Motor sollte nun auf Gas vorwärts reagieren. Vergewissern Sie sich, dass keine neuen Fehler (z.B. Interlock durch falsche Schalter) auftreten. In der Regel ist keine besondere Kalibrierung notwendig, da es sich nur um eine On/Off-Leitung handelt.

3.2 Fehlerquelle: Vertauschte oder fehlerhafte Phasenanschlüsse

Befund: Die Prüfschritte deuteten auf vertauschte Phasenkabel zwischen Controller und Motor hin (oder Sie haben kürzlich Komponenten gewechselt, wonach der Fehler auftrat). Der Motor dreht falsch herum, obwohl die Steuersignale stimmen.

Lösung:

- **Phasen rekonfigurieren:** Schalten Sie das Fahrzeug spannungsfrei. Markieren Sie die drei Phasenkabel und ihre Zielklemmen. Korrigieren Sie die Anschlüsse gemäß Beschriftung (M1->U, M2->V, M3->W). Ziehen Sie die Schrauben mit vorgeschriebenem Drehmoment an (11 Nm). Oft sind die Kabel steif; achten Sie auf korrekten Sitz ohne Zug oder Quetschung am Stecker.
- **Prüfung:** Nach Anschluss prüfen Sie erneut die Drehrichtung. **Achtung:** Heben Sie das Hinterrad an, bevor Sie testen, da bei falscher Zuordnung starke Rucke auftreten können. Wenn Sie Glück haben, war das die alleinige Ursache und nun dreht der Motor korrekt

vorwärts.

- **Wenn weiter rückwärts oder unrund:** Dann sind entweder immer noch Anschlüsse falsch oder die Rotorpositionssensoren passen nicht zur neuen Phasenreihenfolge. Gehen Sie dann wie folgt vor:

- Vertauschen Sie **alternativ** zwei Phasen (falls Sie sich nicht sicher waren). Es gibt insgesamt $3! = 6$ mögliche Phasen-Permutationen. Davon sind 2, die einen sauberen Vorwärtslauf ergeben würden (die richtige und die komplett invertierte), 2 die Reverse bewirken und 2, die wilde Fehler verursachen. Probieren Sie systematisch aus, falls Sie keine anderen Anhaltspunkte haben.

- Sollte der Motor jetzt zwar vorwärts drehen, aber stottern oder kaum Drehmoment haben, stimmt die Phasen-Sensor-Synchronisation nicht exakt. Dann ist ein **Kommutierungs-Abgleich (Motor commissioning)** erforderlich

zeromannual.com

. Diese Prozedur führt der Zero-Händler mit der Software durch: der Controller lernt die genauen Versätze der Halls/Encoder zu den Phasen. Ohne dieses Alignment kann es sein, dass zwar die Richtung stimmt, aber die Effizienz schlecht ist oder das System im Grenzbereich aus dem Tritt kommt. Im Handbuch wird dieser Prozess erwähnt

zeromannual.com

– es ist also ein bekannter Schritt nach Motor-/Controller-Tausch.

- **Komponentenprüfung:** Stellen Sie sicher, dass nicht ein **Phasenkabel selbst beschädigt** ist (z.B. innen gebrochen). Ein Motor kann bei zwei aktiven Phasen auch drehen, aber mit weniger Kraft und ggf. in falscher Richtung. Messen Sie den Widerstand aller drei Motorwicklungen (zwischen den Phasenkabeln bei getrenntem Controller). Alle drei sollten nahezu identisch niedrigen Widerstand haben (einige $m\Omega$, schwer messbar, aber zumindest keinen offenen Stromkreis). Auch eine Masseschluss-Prüfung (jede Phase gegen Motorengehäuse = unendlich Ω idealerweise) ist ratsam. Bei einem Wicklungsschaden wäre jedoch eher gar kein sauberes Drehen möglich, egal ob vorwärts oder rückwärts.

Nach Korrektur der Phasenanschlüsse sollte **keine spezielle Kalibrierung** notwendig sein, außer dem angesprochenen Kommutierungsabgleich falls Sensoren getauscht/angepasst werden müssen. Testen Sie vorsichtig das Fahrverhalten: zieht der Motor sauber und geräuschlos? Gibt es ungewöhnliche Vibrationen? Wenn alles normal erscheint, haben Sie die richtige Phasenkonfiguration wiederhergestellt.

3.3 Fehlerquelle: Gasgriff-Sensor defekt oder fehlerhaft kalibriert

Befund: Während der Diagnose zeigten sich Auffälligkeiten am Gasgriff (z.B. keine Spannungsänderung auf einem Kanal, oder *High Throttle Disable*-Fehler im Display). Dies kann zwar nicht direkt einen Reverse-Lauf verursachen, aber es ist essenziell, die Gassteuerung in Ordnung zu haben, bevor man weiter testet.

Reparaturmaßnahmen:

- **Gasgriff austauschen:** Der Gasdrehgriff der Zero FXS ist ein separates Teil, meist mit zwei Schrauben an der Lenkerarmatur befestigt. Lösen Sie die Befestigung, ziehen Sie den Stecker ab und demontieren Sie den Griff. Der Ersatz **Bitron Throttle** sollte identisch sein (Achtung: 2013–2014 Modelle hatten Magura, ab 2015 Bitron – Sie brauchen das richtige Teil). Schließen Sie den neuen Gasgriff an. In der Regel ist **keine Kalibrierung** nötig, da der Controller feste Schwellen erwartet (0,5–4,5 V). Dennoch überprüfen Sie nach Einbau die Spannungswerte erneut, um sicher zu sein, dass der neue Sensor korrekt arbeitet.

- **Tipp:** Bitron-Gasgriffe sind im offiziellen Zero-Ersatzteilkatalog oder über Händler erhältlich. Notfalls könnte auch ein universeller Hall-Gasgriff adaptiert werden, doch wegen der doppelten Potentiometer-Ausgänge ist das komplizierter. Bleiben Sie beim

Original, um Kompatibilität zu gewährleisten.

- **Kill-Schalter und Bremslichtschalter prüfen:** Diese Schalter beeinflussen ebenfalls die Gasfreigabe. Ein wackeliger Kill-Schalter könnte während der Fahrt kurz das Gas sperren (was vielleicht indirekt zu Steuerfehlern führt). Reinigen Sie die Kontakte oder tauschen Sie den Schalter aus, wenn er auffällig ist. Ebenso bei den Bremshebel-Mikroschaltern (falls einer klemmt).
- **Lenker-Kabelbaum inspizieren:** Da der Gasgriff Teil des Lenkerkabelstrangs ist, schauen Sie sich diesen Strang genau an. Wurde evtl. bei Montage von Zubehör (Spiegel, Hebel) ein Kabel gequetscht? Ist eventuell der Stecker nicht richtig verriegelt? Manchmal sind es banale Dinge.
- **Kalibrierung:** Der Zero-Controller hat intern Parameter für *Throttle Deadband* etc., aber der Nutzer kann nur über die Mode-Einstellungen (Eco/Custom Mode) die Wirkcharakteristik ändern. Nach Austausch eines Gasgriffs ist keine Software-Kalibrierung vorgesehen – das System lernt die Endanschläge selbst, solange sie im erwarteten Bereich liegen
zeromanual.com
. Stellen Sie jedoch sicher, dass bei Loslassen des Griffs das Motor-„Leerlauf“-Mapping erreicht wird (ggf. kleinen Spiel am Griff einstellen, falls mechanisch nötig).

Nach Behebung von Gasgriff-Problemen: **Überprüfen Sie erneut das ursprüngliche Symptom.** Dreht der Motor jetzt ggf. korrekt vorwärts? Es kann sein, dass ein Gasgrifffehler eine Schutzfunktion ausgelöst hatte, die nach Reset nun weg ist. Beispielsweise wenn der Controller ein Hall-Signal als ungültig markiert hatte, hätte er in einen Sicherheitsmodus (vielleicht Reverse-Limit) geschaltet. Mit neuem Gasgriff und einem Reset könnte das System wieder normal arbeiten.

3.4 Fehlerquelle: Motorpositions-Sensor (Hall/Encoder) defekt

Befund: Die Untersuchungen legten einen Fehler im Rotorpositionssensor nahe (Hall-Sensoren kein Signal / Encoder defekt). Dies kann dazu führen, dass der Controller entweder gar nicht läuft oder in einem Notlauf (ggf. Reverse) arbeitet, um wenigstens etwas Motorbremse bereitzustellen
zeromanual.com

Lösungen:

- **Hall-Sensoren ersetzen:** Bei manchen BLDC-Motoren können die Hall-Sensoren ausgetauscht werden. Sie sitzen auf einer kleinen Leiterplatte im Motorstator. Dafür muss der Motor ausgebaut und zerlegt werden. **Warnung:** Bei der Zero IPM-Motor ist dies nur für versierte Techniker – das Motorgehäuse ist versiegelt und ein Wiedereinbau der Sensoren muss exakt positioniert erfolgen. Zero liefert das i.d.R. nicht als Einzelteil, sondern tauscht den gesamten Motor aus bei defekten Halls. Wenn Sie Zugang zu Ersatz-Halls (typisch 120° Hall ICs, z.B. Honeywell SS41) haben und handwerklich geschickt sind, können Sie versuchen, sie einzulöten. Markieren Sie vorher die alte Position (Winkel). Nach Tausch unbedingt den Motor neu kommutieren (Softwareabgleich), da minimale Positionsabweichungen sonst Effizienz kosten.
- **Encoder reparieren/ersetzen:** Falls es ein analoger Encoder (Sin/Cos) ist, ist dies vermutlich noch schwieriger, da es evtl. ein spezieller Baustein (z.B. ein magnetischer Drehwinkelsensor IC) sein könnte. Hier wäre **Motortausch** wahrscheinlich wirtschaftlicher.
- **Motortausch:** Der Tausch des kompletten Motors ist die sichere, wenn auch teure Variante. Ausbau des Motors (alle Kabel ab, Befestigungsschrauben am Rahmen lösen, Motor entnehmen) erfordert laut Handbuch bestimmte Schritte (z.B. vorher Kühlrippen ab, etc.). Ein neuer oder gebrauchter Zero-Motor muss *zum Controller passen*. Bevor er betrieben wird, **unbedingt motorcommissioning durchführen** (vom Händler) – der Sevcon muss die genauen Parameter dieses Motors erfahren (Induktivität, Fluss, Sensorversatz). Ohne Commissioning kann es sein, dass er gar nicht dreht oder nur rückwärts! Daher, wenn Motor

gewechselt, immer mit dem Laptop anschließen und die Prozedur laut Sevcon-Handbuch machen lassen.

- Kabelreparatur:** Wenn der Sensor selbst ok ist, aber z.B. das Kabel oder der Stecker defekt war (z.B. Korrosion an den kleinen Pins): Tauschen Sie den Stecker aus oder vercrimpen Sie neue Pins. Verwenden Sie die korrekten Mikrokontakte (falls Hall: oft JST-VH oder Sumitomo 6-polig). Eine kalte Lötstelle auf der Sensorplatine ließe sich nachlöten, wenn identifiziert.

Nach einer Sensor-Reparatur oder Motorsersatz ist eine **Neu-Konfiguration** des Controllers unumgänglich:

- Der Zero-Händler führt einen **Controller-Reset und Alignment** durch. Dabei werden die Phasenlage und der Sinus-Offset neu eingelesen
zeromanual.com
.
- Prüfen Sie danach in einer sicheren Umgebung das Fahrverhalten gründlich, insbesondere beim Übergang von Rekuperation zu Beschleunigung (hier merkt man Sensorfehler zuerst).
- Kontrollieren Sie auch, ob der Tachometer korrekt läuft – dieser erhält sein Signal aus dem Motor-Rotor (über die Sensoren). Falls der Tacho nichts anzeigt oder falsche Werte, deutet das auf verbleibende Sensorprobleme hin.

3.5 Fehlerquelle: Motorsteuergerät (Sevcon-Controller) defekt oder falsch programmiert

Befund: Keine andere Ursache hat sich erhärtet – es bleibt der Verdacht, dass das Motorsteuergerät selbst fehlerhaft arbeitet. Entweder liegt ein interner Defekt vor oder die Parametrierung (Firmware) ist verstellt.

Ansatz:

- Software-Neuaufspielen:** Falls Sie Zugang zur Zero-Programmiersoftware (oder einen kooperativen Händler) haben, versuchen Sie ein **Firmware-Update oder Reflash** des Controllers. Manchmal können bitflip oder Memoryfehler auftreten und ein frisches Aufspielen der korrekten Konfigurationsdatei (für Modell FXS ZF6.5) kann Wunder wirken. Stellen Sie sicher, dass sowohl die Firmware-Version als auch die Konfigurationsdaten dem Modell/Jahr entsprechen – laut inoffiziellen Infos 2017 evtl. „Gen4.5“ Settings für höhere Ströme
zeromanual.com
.
- Controller tauschen:** Der Sevcon Gen4 (Size4) Controller ist modular tauschbar. Ausbau: HV stromlos machen, alle Steckverbinder ab (inkl. CAN, etc.), Kühlmittelkreis prüfen (hat FX keinen separaten, passive Kühlung reicht). Ein Ersatzcontroller muss zwingend mit dem passenden Zero-Parameter-Set geflasht werden – im Originalersatzteil ist dies normalerweise vorgenommen, wenn man es über Zero bezieht
shop.koups.com
. Einige Händler liefern den Controller unprogrammiert; dann muss ein Laptop mit DVT (Sevcon Software) und Interface angeschlossen werden, und die Config-Datei (von Zero zu beziehen) eingespielt werden. Ebenso wird der Controller mit der MBB „verheiratet“ (ID-Abgleich).
- Interne Prüfung:** Bevor man wechselt: es könnte sein, dass nur ein *Teilbereich* des Controllers defekt ist – z.B. der Digitaleingang für Forward. Test: Man könnte den Controller in einen anderen Zero (wenn verfügbar) einbauen und sehen, ob der Fehler mitwandert. Das ist aber praktisch selten machbar.
- Umgebung prüfen:** Der Controller-Ground (B-) sollte einwandfrei verbunden sein (dicke

Masseverbindung zum Akku). Ein Masseproblem kann kuriose Effekte haben. Reinigen Sie die B- Verbindung und prüfen Sie das Massekabel auf Durchgang. Ebenfalls die 12V/Key-In Verbindung prüfen (Pin1): Ist die Versorgung stabil >12 V? Niedrige Spannung könnte den Controller in Reset zwingen. Im Manual der S/DS-Modelle finden sich z.B. HV-Komponenten-Spezifikationen, die analog gelten media.zeromotorcycles.com

– dort wird klargestellt, dass HV-Teile nur von Trainierten getauscht werden sollten.

Nach dem Tausch/Neuprogrammieren des Controllers:

- Führen Sie ein komplettes **Lernverfahren** durch: Motor alignment, möglicherweise Throttle re-learn (manchmal muss der Controller Min/Max Gas neu erkennen, dazu Gas langsam von 0 auf 100% drehen bei eingeschalteter Zündung, falls vom Hersteller vorgesehen).
- Überprüfen Sie die **CAN-Bus Terminierung** – Pin2/24 etc. Ein falsch terminierter CAN kann zu Kommunikationsfehlern führen, worauf das System evtl. default actions setzt.
- Machen Sie eine Probefahrt auf abgesperrtem Gelände. Achten Sie auf sanfte Leistungsabgabe in beiden Richtungen (vorwärts – sollte normal, rückwärts – sollte garnicht oder nur minimal im Stand gehen).
- Sollte der Fehler *immer noch* bestehen, haben Sie entweder ein sehr exotisches Problem oder eine Kombination. In diesem unwahrscheinlichen Fall ist es ratsam, sich direkt an Zero Motorcycles technischen Support zu wenden, mit allen durchgeführten Schritten und Messwerten.

Zusammenfassend: Die meisten Rückwärtslauf-Probleme werden durch **Signalleitungs- oder Konfigurationsfehler** verursacht. Nach Austausch/Behebung der betroffenen Komponente ist keine fortgeschrittene Kalibrierung nötig, außer bei Motor/Controller-Tausch (dann Alignment erforderlich). Vergessen Sie nicht, alle Schrauben mit dem korrekten Drehmoment anzuziehen, alle Stecker richtig zu verriegeln und etwaige ausgetauschte Sicherungen wieder einzusetzen.

3.6 Kalibrierungsanweisungen nach Komponententausch

In einigen Fällen wurde bereits erwähnt, dass nach Tausch bestimmter Komponenten eine Kalibrierung bzw. Initialisierung erfolgen sollte. Hier eine kurze Übersicht solcher Abläufe speziell für die Zero FXS:

- Nach Gasgriff-Tausch:** In der Regel *keine* spezielle Kalibrierung. Der Controller erkennt den neuen Gasgriff automatisch. Eine gute Praxis ist dennoch, das Motorrad im Stand einzuschalten, Gas einmal voll aufzudrehen (natürlich ohne dass der Motor losfährt – ggf. im Leerlaufmodus) und wieder zu schließen, um zu sehen, ob Fehler wie „High Throttle“ auftreten. Wenn nicht, ist alles ok.
- Nach Hall-/Encoder-Tausch:** Den Motor **nicht sofort belasten!** Erst eine *Kommutierungsroutine* durchführen. Oft geschieht dies in der Zero-Software durch einen Befehl „Measure inductance“ oder „Align Motor“. Der Motor ruckt dabei etwas hin und her, ohne Last. Diese Routine stellt die richtige Ausrichtung sicher. Ohne das sollte man nicht voll beschleunigen, da es zu Fehlgriffen kommen kann. Leider kann diese Kalibrierung nur mit passendem Tool gemacht werden. Wenn man es nicht sofort tun kann, sollte man nur sehr vorsichtig mit minimaler Leistung fahren.
- Nach Controller-Tausch:** Neben der Übernahme der Config muss eventuell auch das **BMS/MBB und Controller synchronisiert** werden (z.B. korrekte Baudrate, CAN-ID etc., sollte aber in Config enthalten sein). Eine Kalibrierung hier betrifft vor allem den **Stromsensorabgleich** (Werkseitig gemacht) und die **Regenstufen**. Testen Sie die Rekuperation (verzögert das Fahrzeug beim Gas schließen? Funktioniert die EBS richtig?). Manche Parameter wie maximale Reku-Geschwindigkeit sind in der MBB gespeichert zeromanual.com

- , andere im Controller.
- **Bremsdrucksensor (nur falls relevant):** Die FX/FXS haben keinen ABS-Drucksensor (außer den Schalter für Bremslicht). Sollte aber z.B. an einem Polizeimodell einer nachgerüstet sein, müsste man den auch kalibrieren (hier irrelevant vermutlich).
- **ABS-System (falls EU-Modell):** Nach Arbeiten am Motor/Controller ggf. einmal mit Diagnosetool ABS-Fehlerspeicher lesen/löschen, um sicherzustellen, dass keine Raddrehzahlsensor-Fehler wegen der ungewöhnlichen Rückwärtsdrehung hinterlegt sind. Normalerweise sollte ABS sich selbst prüfen und ok sein.

Halten Sie sich ansonsten an die Zero-Werkstatthandbücher für Kalibrierungen. Im Zweifel: „Don't fix what ain't broken“ – also nichts neu kalibrieren, was nicht muss, um nicht neue Variablen einzuführen.

4. Sicherheitsmaßnahmen

Arbeiten an einem Hochvolt-Elektromotorrad erfordern höchste Sorgfalt. Die Zero FXS arbeitet mit Batteriespannungen über 100 V DC – Spannungen in diesem Bereich sind lebensgefährlich. Zusätzlich können hohe Ströme fließen. Daher sind **elektrische** ebenso wie **mechanische** Sicherheitsvorkehrungen strikt einzuhalten.

4.1 Hochvolt-Sicherheitsprotokolle

- **Spannungsfrei schalten:** Bevor Sie Abdeckungen entfernen oder an elektrischen Komponenten arbeiten, **trennen Sie das Hochvoltssystem**. Schalten Sie das Bike aus, ziehen Sie den Schlüssel ab. Warten Sie mindestens 5 Minuten, damit die Zwischenkreiskondensatoren im Controller sich entladen können. Entfernen Sie dann den **Service-Stecker** (bei Zero FX/FXS oft als kleines gelbes Steckmodul im Batteriegehäuse, „Power Pack Connector“ bezeichnet) oder nehmen Sie die Akku-Module heraus, falls dies vorgesehen ist
media.zeromotorcycles.com
. Prüfen Sie anschließend mit einem geeigneten Voltmeter die Spannungsfreiheit an den DC-Hauptklemmen des Controllers (sollte $< \sim 5$ V sein).
- **Kennzeichnung und Zugangssicherung:** Wenn Sie am offenen Fahrzeug arbeiten, stellen Sie sicher, dass niemand unbefugt die Zündung einschaltet. Hängen Sie ein Schild an den Lenker („NICHT EINSCHALTEN – Arbeit an HV-System“) und bewahren Sie den Schlüssel bei sich. Bei Werkstattarbeiten sollten Kollegen informiert sein (Lockout-Tagout Verfahren).
- **Hochvoltkabel erkennen:** Alle HV-Leitungen sind in Orange isoliert
media.zeromotorcycles.com
. Berühren oder bearbeiten Sie **niemals** orange Kabel, ohne sicherzustellen, dass das System spannungsfrei ist
media.zeromotorcycles.com
. **Nicht schneiden, quetschen oder aufscheuern lassen**
media.zeromotorcycles.com
. Im Fehlerfall (z.B. Unfall mit beschädigtem Orangekabel) Abstand halten und Fachleute rufen.
- **Isolationsprüfung:** Nach jeder grösseren Reparatur am Antrieb empfiehlt es sich, eine **Isolationsmessung** zwischen den HV-Klemmen und dem Chassis durchzuführen. Verwenden Sie ein geeignetes Isolationsmessgerät (Megger) mit z.B. 500 V Prüfspannung. Zwischen Plus und Rahmen sowie Minus und Rahmen sollte ein unendlicher Widerstand ($> M\Omega$) bestehen. Ein Absinken deutet auf Kriechströme oder Isolationsfehler hin – gefährlich wegen Stromschlaggefahr und Fehlerstromerkennung des BMS.

- **Erste-Hilfe-Bereitschaft:** Arbeiten Sie idealerweise nie allein an Hochvolt. Ein zweiter im Raum sollte im Notfall eingreifen können. Stellen Sie sicher, dass geeignete **isolierende Rettungsmittel** verfügbar sind (Holz- oder Gummihaken, Feuerlöscher Klasse C). Informieren Sie sich über Erste-Hilfe-Maßnahmen bei Elektrounfällen (Herz-Lungen-Wiederbelebung, Notruf).

4.2 Persönliche Schutzausrüstung (PSA)

- **Isolierende Handschuhe:** Tragen Sie geprüfte Hochvolt-Schutzhandschuhe (Klasse 0 bis 1000V) bei Arbeiten an Batterie, Controller oder Motoranschlüssen. Diese verhindern Stromfluss durch den Körper beim versehentlichen Berühren spannungsführender Teile. Kontrollieren Sie die Handschuhe vor jeder Nutzung auf Risse oder Löcher.
- **Schutzbrille/Visier:** Beim Arbeiten an Batteriepacks oder wenn Funkenflug möglich ist (z.B. Anschlüsse trennen) unbedingt Augen schützen. Auch mechanische Arbeiten wie Hammer usw. am Fahrzeug nie ohne Brille.
- **Nicht leitende Werkzeuge:** Verwenden Sie bevorzugt isolierte Werkzeuge (Schraubenschlüssel mit Isoliermantel, Seitenschneider mit VDE-Griff etc.). Achten Sie darauf, keine Kurzschlüsse zu verursachen: Ein fallen gelassener Metallwerkzeug auf die HV-Klemmen kann verheerend sein.
- **Körperhaltung:** Berühren Sie nie mit beiden Händen unterschiedliche HV-Potentiale (z.B. eine Hand am Plus, andere am Minus/Chassis) – **Ein-Hand-Regel**. So minimieren Sie den Stromweg durch das Herz. Halten Sie Ihre Füße möglichst isoliert (Gummimatte).
- **Keine leitenden Gegenstände:** Entfernen Sie Schmuck, Uhren, Ringe, Ketten während der Arbeit. Diese könnten Kurzschlüsse verursachen oder sich bei Stromfluss stark erhitzen.

4.3 Sicherheitsregeln beim Messen und Testen

- **Multimeter richtig einstellen:** Stellen Sie sicher, dass Ihr Messgerät und die Messleitungen für die zu erwartende Spannung und Kategorie geeignet sind (mind. CAT III 600V empfehlenswert für Fahrzeug-HV). Falsch gesteckte Messleitungen (z.B. in A-Messbuchse statt V) können beim Anlegen an HV zu Explosion des Geräts führen.
- **Oszilloskop und Laptop:** Wenn Sie Diagnosegeräte anschließen, verwenden Sie optisch isolierte Schnittstellen oder galvanisch getrennte Messaufbauten. Ein PC, der über Netzteil geerdet ist und per USB an einem ungeerdeten Fahrzeug hängt, kann Masseschleifen verursachen. Im Zweifel das Fahrzeug auf Erdpotential bringen (Erdungsband ans Chassis, sofern das keine Isolationsfehler provoziert – bei Elektrofahrzeugen allerdings normalerweise isoliert vom Erdpotential). Viele nutzen Batterielaptops, um solche Probleme zu umgehen.
- **Fahrversuche sichern:** Wenn Sie das Motorrad aufbocken und Motor im Leerlauf drehen lassen, sichern Sie es gegen Herunterfallen. Das Hinterrad sollte frei drehen, aber nichts im Weg stehen (Verhedderungsgefahr). Denken Sie daran, dass auch rückwärts drehend das Rad sehr schnell werden kann. Überschreiten Sie nicht 5–10 km/h im Leerlauf. Tragen Sie keine lose Kleidung, die sich in drehenden Teilen verfangen kann.
- **Temperatur:** Komponenten wie Motor und Controller können heiß werden. Nach Testläufen vorsichtig anfasen. Der Motor kann über 80°C erreichen, das kann Verbrennungen geben. Ebenso die Leistungskabel.

4.4 Besondere Hinweise

- **Ersthelfer-Info im Fahrzeug:** Die Zero hat in der Bedienanleitung einen Abschnitt „First Responder – Hochvoltkomponenten Lage“. Kennzeichnen Sie an Ihrem Bike ggf. wo der Service-Trennstecker ist, falls Rettungskräfte es abschalten müssen. Entfernen Sie diesen

- beim Parken, wenn Sie anderen deutlich machen wollen, dass am Fahrzeug gearbeitet wird.
- **Kein Wasser/Feuchtigkeit:** Arbeiten Sie nicht in nasser Umgebung an offenen Elektrikteilen. Selbst Niedervolt-Steckverbinder können Kurzschlüsse verursachen, HV-Teile umso mehr.
- **Sicherer Umgang:** Zögern Sie nicht, bei Unklarheiten einen zertifizierten Hochvolttechniker zu Rate zu ziehen. Die Hinweise in dieser Anleitung sind nicht vollständig genug, um untrainierte Personen ohne Gefährdung an HV-Systemen arbeiten zu lassen
media.zeromotorcycles.com

Zitat aus dem offiziellen Handbuch: „Hochvoltsystem-Komponenten sollten nur von speziell geschulten Technikern gewartet werden. Hochvoltkabel sind orange ummantelt. Versuchen Sie nicht, diese zu prüfen, zu verändern, zu schneiden oder zu öffnen.“

media.zeromotorcycles.com

. Halten Sie sich daran – Safety First!

5. Technische Dokumentationsquellen

Bei der Fehlersuche und Reparatur ist verlässliche Dokumentation unerlässlich. Im Folgenden sind wichtige Quellen und Hilfsmittel aufgeführt:

- **Offizielle Handbücher von Zero Motorcycles:**
Dazu zählen das *Benutzerhandbuch* (Owner's Manual) und gegebenenfalls *Service-Handbücher* (letztere sind meist nur für autorisierte Händler). Im Benutzerhandbuch finden Sie allgemeine Wartungshinweise, Sicherheitshinweise und technische Daten. Beispielsweise sind dort die Sicherungsbelegungen und Anzugsdrehmomente zu finden
media.zeromotorcycles.com
media.zeromotorcycles.com, sowie Erklärungen der Fehlercodes und der Sicherheitsverriegelungen
media.zeromotorcycles.com
. Das Handbuch enthält auch einen Abschnitt für Ersthelfer, der die Position der Hochvoltkomponenten zeigt – hilfreich zur Orientierung. (Für 2017 FX/FXS ist das Owner's Manual als PDF verfügbar
media.zeromotorcycles.com
).
- **Unofficial Zero Manual (Online-Wiki):**
Eine sehr wertvolle inoffizielle Ressource ist das Wiki unter zeromanual.com. Dort haben Zero-Enthusiasten viele Informationen gesammelt, darunter **Schaltpläne**, Steckverbinderbelegungen, und Tipps zu typischen Problemen. Besonders relevant:
 - Der **Schaltplan Zero FX 2016** (erstellt von User Keith)
zeromanual.com
– dieser zeigt detailgetreu alle Verbindungen und kann beim Verständnis der Signalwege helfen.
 - Artikel zum **Throttle (Gasgriff)**, sowohl der Magura- als auch Bitron-Version
zeromanual.com
, incl. Farben und Messwerten
zeromanual.com
 - **Controller-Artikel:** etwa zum *Sevcon Gen4* und dessen **Connections**
zeromanual.com

, **Feature Usage** (was nutzt Zero von den Sevcon-Features?)

zeromanual.com

, etc. Hier erfährt man zum Beispiel, dass Zero den Dual-Input-Throttle und einen Forward-Eingang verwendet

zeromanual.com

.

- **Advanced Modifications:** Im Wiki werden auch Erweiterungen wie Reverse-Mode beschrieben

zeromanual.com

zeromanual.com

, was helfen kann zu verstehen, wie der Reverse-Modus hardwaremäßig implementiert würde.

- **Fehlercodes und Logs:** Es gibt Sektionen, die typische MBB-Log-Einträge dokumentieren

zeromanual.com

und Interpretation bieten.

Beachten Sie, dass das Unofficial Manual in Englisch ist. Es wird jedoch ständig ergänzt und basiert auf praktischen Erfahrungen vieler Nutzer – ein großer Vorteil bei Diagnose von seltenen Problemen.

- **Electric Motorcycle Forum (online Community):**

Unter electricmotorcycleforum.com gibt es einen eigenen Bereich für Zero Motorcycles (2013+ Modelle). Hier tauschen sich Besitzer und Experten aus. Man findet dort oft Berichte zu ähnlichen Problemen. Beispielsweise:

- Diskussion „*Help needed on 2017 Zero throttle wiring...*“ – in der geklärt wird, wie die Farben des 2017er Gasgriffs zu deuten sind
electricmotorcycleforum.com
- Thread „*Wiring Diagram for 2016 FX*“ – dort wurde der Schaltplan vorgestellt und man kann Fragen dazu sehen
electricmotorcycleforum.com
- Viele Beiträge von Usern wie *flarup*, *Tekkor*, *Matty* etc., die tiefer in Technik gehen.
- Suchen Sie nach Stichworten wie „*runs backwards*“, „*reverse*“ oder dem Fehlercode, falls vorhanden.

Tipp: Nutzen Sie die Suche im Forum, aber filtern Sie nach dem Zero-Bereich, da es auch allgemein Elektromotorrad-Themen gibt. Oft sind die relevanten Informationen in langen Threads versteckt, aber eine gezielte Frage stellen (Problem schildern, was gemessen, etc.) bringt oft hilfreiche Antworten von der Community.

- **Ersatzteilkatalog und Bezugsquellen:**

Zero Motorcycles hat einen offiziellen Ersatzteilkatalog (meist nur für Händler einsehbar). Allerdings kann man über Händler-Websites oder Drittanbieter viele Teilenummern herausfinden. Beispielsweise:

- Die **Sevcon Gen4 Size4** Motorsteuerung für Zero FXS wird unter Teilenummer **60-03535** geführt
shop.koups.com
, erhältlich über Händler.
- Der **Gasgriff** (Bitron) hat ebenfalls eine Zero-Teilenummer; manche Forenbeiträge nennen sie oder man bekommt sie vom Support. Alternativ passt ggf. der Gasgriff

der SR/F? (Ungesichert – lieber original).

- Das **MBB** (Main Bike Board) und das **BMS** (Batteriemanagement) sind spezifisch. Hier nur über Zero direkt bestellen, da programmierungspflichtig.
- **Kabel & Stecker:** Viele der verbauten Stecker sind Standardtypen von Sumitomo, Molex etc. Im Wiki sind einige aufgelistet (z.B. OBD-II Stecker, Gasgriff-Stecker) zeromanual.com
. Diese können bei Elektronikversand (Mouser, DigiKey) bestellt werden, um Adapter oder Reparaturen zu machen.
- **Sicherungen:** Die Zero hat spezielle Hochvolt-Sicherungen (z.B. 100A JLLN für Ladezweig, 4A ABC für 12V) media.zeromotorcycles.com
. Diese sind z.B. bei Autoelektrik-Shops oder online zu bekommen (Auf Beschriftung achten).
- **Diagnosetools und Software:**
Zero verwendet CAN-Bus Diagnostik. Es gibt ein offizielles Tool namens **“Zero Diagnostic Utility”** (oder ähnlich), welches aber nur an Händler lizenziert ist. Alternativ benutzen technisch Versierte das generische **Sevcon DVT (Device Verification Tool)** zusammen mit einem **IXXAT USB-to-CAN Adapter**, um direkt auf den Controller zuzugreifen zeromanual.com
zeromanual.com
. Für MBB/BMS gibt es proprietäre Protokolle – hier bietet sich an:
 - Einfache OBD-II Adapter (Bluetooth OBD-II) in Kombination mit der **Zero Motorcycles App** für Smartphone. Die offizielle Zero-App kann in den *Dealer Mode* geschaltet werden (durch langen Druck auf Logo, Code eingeben – Code oft 0000), um erweiterte Daten zu sehen. Dort werden z.B. die einzelnen Zellspannungen, Fehlercodes etc. sichtbar. Es ersetzt kein echtes Diagnosetool, hilft aber für Basisdaten.
 - **Open-Source Tools:** Es existieren Projekte auf GitHub, die versuchen, die Zero-CAN-Bus-Daten auszulesen (z.B. für Logging). Diese sind experimentell, können aber genutzt werden, um z.B. Gasgriffstellung, Temps, etc. live am PC zu sehen. Namen wie *ZeroTap* oder *CanZero* sind hier Stichworte.
- **Technische Service-Bulletins (TSBs):** Zero veröffentlicht gelegentlich TSBs an Händler, z.B. wenn Serienschwächen auftreten (wie Austausch des Seitenständersensors bei bestimmten VIN-Bereichen o.ä.). Fragen Sie bei Ihrem Händler nach, ob es bekannte Issues mit Ihrem Modelljahr gibt, die evtl. in Zusammenhang stehen könnten. Für 2017 FXS ist uns nichts von einem „Motor runs backward“ bekannt, aber Nachfragen schadet nicht.

Dokumentation eigener Arbeiten: Führen Sie ein **Reparaturprotokoll**, wo Sie alle Messwerte, Änderungen und Teiletausch notieren. Das hilft, falls Sie doch noch professionelle Hilfe brauchen, weil Sie dem Mechaniker so gezielt Infos geben können und nicht alles nochmal getestet werden muss.

Zum Schluss stellen wir einige direkte **Quellenverweise** bereit, die in dieser Anleitung zitiert wurden, damit Sie bei Bedarf dort nachlesen können:

- Offizielle Zero Doku: *2017 Zero FX/FXS Owner's Manual* (Kapitel Troubleshooting & Safety) media.zeromotorcycles.com
media.zeromotorcycles.com
- Unofficial Zero Manual Wiki: Schaltplan und Throttle-Infos zeromanual.com

zeromanual.com

- Electric Motorcycle Forum Threads: Throttle wiring
electricmotorcycleforum.com
, Reverse mode
zeromanual.com
etc.
- Reddit-Quelle zum Phasentausch-Prinzip
reddit.com

Diese Quellen sind auf Englisch, bieten aber tiefergehende Details. Nutzen Sie bei Bedarf Übersetzungsprogramme, um sprachliche Hürden zu überwinden, oder fragen Sie in deutschen EV-Foren nach Hilfe bei der Interpretation.

6. Alternative Lösungsansätze

Manchmal benötigt man eine **temporäre Lösung**, sei es aus Zeitgründen oder mangels Ersatzteilverfügbarkeit. Hier einige alternative Ansätze, **die jedoch mit Vorsicht zu genießen sind** – sie ersetzen keine fachgerechte Reparatur, können aber unter Umständen das Fahrzeug kurzfristig funktionstüchtig halten:

- Manuelle Überbrückung des Forward-Signals:** Wie bereits in der Diagnose erwähnt, kann man, falls die Vorwärtsleitung ausgefallen ist, diese überbrücken. Z.B. durch Anlegen von Zündplus an den entsprechenden Pin am Controller, sodass dieser denkt, Forward ist immer aktiv. Dies macht das Motorrad wieder fahrbereit (nur vorwärts). **Risiko:** Bei falscher Spannungshöhe kann der Eingang beschädigt werden; außerdem verliert man jegliche Reverse-Funktionalität (die allerdings serienmäßig eh nicht genutzt wird). Diese Maßnahme sollte wirklich nur vorübergehend genutzt werden, z.B. um das Bike in die Werkstatt zu überführen. Entfernen Sie provisorische Brücken wieder, sobald das eigentliche Problem gelöst ist.
- Umkonfiguration auf einen Eingang ohne MBB:** Eine radikalere Idee: Den Controller so umprogrammieren, dass er gar keinen Forward-Digitaleingang mehr braucht, sondern nur auf CAN-Befehle der MBB hört. Zero könnte theoretisch per Firmware-Setting den Reverse-Mode ganz deaktivieren, dann wäre egal was die Leitung tut. Dies kann aber nur mit Zugriff auf die Sevcon-Parameter geschehen (Parameter *DRIVE_DIR_SRC* etc.). Für einen Nutzer ohne diese Möglichkeiten nicht durchführbar.
- Swappen der Gasgriff-Signale (Hack):** Sollte z.B. der Gasgriff mechanisch anders eingebaut werden müssen (etwa links), könnte man wie im Forum erwähnt einfach die beiden Hall-Ausgänge tauschen, damit Vorwärtsdrehen des Griffs weiterhin Beschleunigen bedeutet electricmotorcycleforum.com. In unserem Kontext „Motor dreht rückwärts“ ist das nicht wirklich hilfreich, da das Problem tiefer liegt. Aber falls tatsächlich der Gasgriff verkehrte Signale gegeben hätte, wäre das eine Notlösung gewesen (die aber wie gesagt vom Controller i.d.R. erkannt und blockiert würde).
- Sensorlos-Modus (nur Theorie):** Der Sevcon-Controller könnte manuell auf sensorlosen Betrieb gestellt werden (also ohne Halls). Dann würde er nach Anlauf den BEMF auswerten. Wenn unser Problem z.B. ein defekter Hall war, könnte man so trotzdem vorwärts fahren. Allerdings ist sensorloses Anfahren aus dem Stand problematisch bei so einem Fahrzeug (ruckelig). Zero nutzt diesen Modus standardmäßig nicht. Ohne tiefes Eingreifen in die Controller-Config (wieder nur mit Software möglich) lässt sich das nicht mal eben

umschalten.

- **Rangiermodus nutzen:** Sollte der Motor partout nicht vorwärts wollen und Sie müssen das Bike bewegen, nutzen Sie den vorhandenen Rückwärtslauf sehr vorsichtig: Bei minimalem Gas dreht das Hinterrad ja rückwärts – setzen Sie sich NICHT drauf, sondern schieben Sie mit Gefühl, während Sie den „Rückwärtsgashebel“ dosieren, um das Fahrzeug z.B. eine Rampe hochzurollen. Da normalerweise kein Rückwärtsgang vorgesehen ist, ist wahrscheinlich auch keine Geschwindigkeitsbegrenzung programmiert – seien Sie extrem vorsichtig, dass das Rad nicht hochdreht. Lieber öfter kurz stoßen als Vollgas geben. **Dies ist gefährlich** und wirklich nur in Betracht zu ziehen, wenn keine Alternative (z.B. Personenschieben) möglich ist.
- **Externe Gleichspannungsquelle zur Simulation:** Denkbar wäre auch, dass man den Motorcontroller testweise mit einer geregelten DC-Quelle von geringer Spannung versorgt (z.B. 20V Labornetzteil) und dann die Steuersignale ausprobiert. Damit ließe sich gefahrloser experimentieren, ob das Vorwärtssignal wirkt, etc., da bei 20V der Motor nur langsam dreht. Allerdings benötigt der Sevcon i.d.R. eine gewisse Mindestspannung (>60V) um überhaupt zu initialisieren, daher fällt dieser Ansatz weg.
- **Verwendung gebrauchter Teile:** Sollte ein Ersatzteil (Controller, MBB, Motor) neu nicht schnell beschaffbar sein, schauen Sie nach *gebrauchten* Komponenten. Es gibt Online-Marktplätze (ebay, Kleinanzeigen) oder Schlachtbikes. Achten Sie darauf, dass sie vom selben Modelljahr stammen oder kompatibel sind. Beispielsweise ein Controller aus einer 2016 FXS könnte in 2017 passen, solange man Firmware ggf. updatet. Für den Motorpositionssensor: Vielleicht findet man jemanden mit defektem Motor, von dem man die Sensorplatine übernehmen kann.
- **Dokumentation studieren:** In manchen Fällen hilft es, die Denkweise zu ändern: Eventuell übersehen Sie eine offensichtliche Kleinigkeit. Machen Sie eine Pause, lesen Sie nochmals Schaltplan und Dokumentation in Ruhe durch. Manchmal springt einem ein Zusammenhang ins Auge (z.B. „Oh, die DC/DC Minus war an MBB Pin XY *auch* mit dem Forward verbunden, vielleicht Masseproblem“ etc.).

Im Endeffekt ersetzen diese Alternativansätze nicht die **fachgerechte Fehlerbehebung**. Sobald es möglich ist, führen Sie die Reparatur nach Herstellerempfehlung durch. Gerade sicherheitsrelevante Systeme (Gasgriff, Interlocks) sollten nicht dauerhaft mit Workarounds betrieben werden. Temporär kann man sich behelfen – aber bedenken Sie Haftungs- und Unfallrisiken.

Fazit: Die Diagnose „*Motor rotiert nur rückwärts, keine Vorwärtsrotation*“ beim Zero FXS erfordert ein strukturiertes Vorgehen durch das gesamte Antriebssystem. Mit Hilfe der bereitgestellten Schaltplaninformationen, Messanleitungen und Reparaturhinweise lässt sich die Ursache in den meisten Fällen eingrenzen – sei es ein einfaches Signalleitungsproblem oder ein komplexerer Steuerfehler. Nach erfolgter Reparatur sollte die Zero FXS wieder wie gewohnt kraftvoll **vorwärts** beschleunigen und ein sicheres Fahrverhalten zeigen. Bei allen Schritten gilt: Sicherheit hat Priorität, im Zweifel professionelle Hilfe hinzuziehen. Viel Erfolg bei der Instandsetzung!