

BEDIENERHANDBUCH: MAX RapTThor AERIAL

Hubrettungsfahrzeug DLK 23/12



Elektronisches Steuerungssystem "FireDeck-OS" by twinbits 3D

Modellbezeichnung: DLK 23/12 MAXRapTThor Aerial

System-Version: v2.1.0-2026 (Update: Advanced Stability Control)

Dokument-Nummer: FB-HMI-001



Status: Einsatzbereit / Verifiziert

Vorwort für den Maschinisten

Dieses Handbuch dient der Einweisung in das elektronische Steuerungssystem einer Drehleiter 23/12. Die Simulation bildet die physikalischen Grenzwerte und Sicherheitsmechanismen realer Hubrettungsfahrzeuge originalgetreu ab. Ein sicherer Betrieb ist nur bei vollständiger Kenntnis der Display-Anzeigen und der Standsicherheits-Logik gewährleistet.

Inhaltsverzeichnis

1. **Systemstart & Benutzeroberfläche** Seite 2
2. **Abstützung und Standsicherheit (TThor-System)** Seite 3
3. **Die 3D-Libelle und Nivellierung** Seite 4
4. **Das Leistungsdiagramm (Dynamische Reichweite)** Seite 5
5. **Steuerung & Adaptive Eingabegeräte** Seite 6
6. **Lastmodi und Korb-Sicherheitsbetrieb** Seite 8

7. Interpretation der Telemetrie-Daten	Seite 9
8. Notbetrieb & Sicherheits-Überbrückung	Seite 10
9. Auswertung einer Übung (Logging)	Seite 11
10. Fehlerbehebung & Rechtliche Hinweise	Seite 12



Herausgeber: twinbits 3D

Datum: März 2026

Alle Rechte an der Simulation und dem Design der Benutzeroberfläche vorbehalten.



Kapitel 1: Systemstart & Benutzeroberfläche

Das FireDeck-OS startet automatisch mit der Zündung des Fahrgestells.

1.1 Hauptanzeige-Elemente

- **2 Zentrales Statusfeld:** Zeigt den aktuellen Systemzustand (OK, LIMIT, STÜTZEN, SCHIEFLAGE).
- **3 Telemetrie-Leiste:** Echtzeitdaten zu Aufrichtwinkel, Ausbaulänge und Lastmoment.
- **4 Unten Links: Abstütz-Status**

- Überwachung der Bodenkontakte VL, VR, HL, HR (siehe Kapitel 2).
- 5 Rechts: DLK Bedienstandsfeld

Kapitel 2: Abstützung und Standsicherheit

Das System verfügt über das "TThor-Stabilitäts-Management", welches jede Stütze einzeln überwacht.

2.1 Interpretation der UI-Anzeigen

Das System unterscheidet strikt zwischen Geometrie und physischer Belastung:

1. **Horizontale Slider (Ausschub):** Zeigen die aktuelle Ausfahrbreite der Stützen (0-100%).



Dies beeinflusst die seitliche Reichweite im Leistungsdiagramm.

2. **Prozent-Text:** Digitale Anzeige des exakten Ausschubs für präzise Positionierung.

3. **Bodenkontakt-Lampen (Rundinstrumente):**

- **GRÜN:** Die Stütze hat sicheren Bodenkontakt und trägt Last.

- **ROT:** Kein ausreichender Bodendruck vorhanden.

Anzeige-Farbe	Bedeutung	System-Status
Rot / Dunkel	Stütze eingefahren oder kein Bodenkontakt.	Leiter gesperrt.
Rot	Stütze in Bewegung (Fahrmodus).	Leiter gesperrt.
Grün (Dauerlicht)	Sicherer Bodenkontakt hergestellt.	Leiter freigegeben (wenn alle 4 grün).

2.2 Variable Abstüßbreite

Das System erkennt automatisch, wie weit die Stützen ausgefahren wurden (Schmal- vs. Vollabstützung).

- **Wichtig:** Eine geringere Abstüßbreite führt automatisch zu einer Verkleinerung des sicheren Arbeitsbereichs im Leistungsdiagramm (Kapitel 3). Das System berechnet die physikalischen Grenzen in Echtzeit neu.

2.3 Sicherheitshinweise für den Maschinisten

1. **Untergrundprüfung:** Achten Sie darauf, dass die Stützen auf festem Untergrund (Asphalt, Beton) stehen. Bei weichem Boden sind die mitgeführten Unterlegplatten zu verwenden.
2. **Nivellierung:** Das System gleicht leichte Neigungen automatisch aus. Bei zu starkem Gefälle kann die Standsicherheit nicht garantiert werden; das System verweigert in diesem Fall die Freigabe.

Kapitel 3: Sichtkontrolle: Trotz der elektronischen Überwachung im HUD ist der Abstützungsvorgang immer durch eine Sichtprüfung des Maschinisten abzusichern.

2.4 Nivellierung (3D-Libelle)

Das Fahrzeug muss vor Betrieb des Leiterparks waagrecht ausgerichtet werden.



- **3D-Kugel:** Visualisiert die physische Neigung des Fahrgestells.
- **Grad-Anzeige (°):** Gibt die exakte Abweichung von der Horizontalen an.
- **Sicherheitssperre:** Übersteigt die Neigung den konfigurierten Grenzwert (z.B. > 3.5°), wechselt das System in den Modus **SCHIEFLAGE** und blockiert kritische Leiterbewegungen.

Kapitel 3: Das Leistungsdiagramm



Das dynamische Diagramm passt sich in Echtzeit der kleinsten gemessenen Stützbreite an.

3.1 Aufbau des Diagramms

Das Diagramm setzt die **Rettungshöhe** (vertikale Achse) in Relation zur **Ausladung** (horizontale Achse).

- **Die grüne Fläche (Safe Zone):** Dies ist der berechnete Sicherheitsbereich. Solange sich der Leiterpark innerhalb dieser Fläche bewegt, ist der Betrieb stabil und sicher.
- **Der Positions-Marker (Roter Punkt):** Er repräsentiert die aktuelle Position der Leiterspitze (bzw. des Korbes).
- **Die Grenzlinien (Fadenkreuz):** Die blaue Linie zeigt Ihre aktuelle Ausladung, während die rote Linie das absolute physikalische Limit für den gewählten Lastmodus markiert.

3.2 Dynamische Lastmodi

Die Größe der grünen Fläche ist nicht starr. Sie verändert sich automatisch je nach Einsatzbedingungen:

1. **Personenzahl im Korb:** Je mehr Last (1, 2 oder 3 Personen) im Korb erkannt wird, desto kleiner wird der sichere Arbeitsbereich (die grüne Fläche schrumpft).
2. **Abstützbreite:** Das System erkennt, ob die Stützen voll ausgefahren oder schmal abgestützt sind, und passt das Diagramm sofort an.

3.3 Warnstufen und Sicherheitsabschaltung

Um Unfälle durch Kippen oder Materialüberlastung zu vermeiden, arbeitet das System mit einer zweistufigen Warnlogik:

Signal	Zustand	Auswirkung auf die Bedienung
Marker in grüner Fläche	Sicherer Betrieb	Alle Bewegungen sind mit maximaler Geschwindigkeit möglich.
Pulsierendes rotes Feld	Grenzbereich erreicht	Die Leiter nähert sich dem Limit. Die Geschwindigkeit wird automatisch gedrosselt.
Dauerhaft rotes Feld + Stopp	Sicherheitsstopp	Der Leiterpark stoppt automatisch. Nur noch Bewegungen in den sicheren Bereich (Einfahren/Aufrichten) sind zulässig.

Hinweis für den Maschinisten: Achten Sie beim Ausfahren (Teleskopieren) immer auf den Abstand des roten Markers zur rechten Kante der grünen Fläche. Ein vorausschauendes Reduzieren der Geschwindigkeit verhindert ein hartes Stoppen durch die Sicherheitsautomatik.

Kapitel 4: Steuerung & Adaptive Eingabegeräte

Die Simulation unterstützt Joysticks, Gamepads und Tastatursteuerung.

4.1 Tastaturbelegung (Standard)

- **W / S:** Leiter aufrichten / ablegen (Pitch).
- **A / D:** Leiter drehen (Yaw).

- **[P]:** Autopark-Funktion (Leiter fährt automatisch in Ablage).
- **[R]:** Reset / Quittierung nach Sicherheitsstopp.
- **[M]:** Akustische Warnsignale stummschalten.

4.2 Sicherheits-Features

- **Panik-Stopp:** Bei abrupten Steuereingaben oder Grenzverletzungen schaltet die Hydraulik sofort ab.
- **Anstoßsicherung:** Ultraschallsensoren am Korb stoppen die Bewegung bei Hindernissen (0.5m Distanz).

Ergänzung zu Kapitel 4: Steuerung & Adaptive Eingabegeräte



4.3 Joystick-Steuerung (Empfohlen)

Taste / Achse	Aktion	Beschreibung
Linker Stick (L/R)	Drehen	Schwenkt den Leiterpark nach links oder rechts.
Linker Stick (A/N)	Aufrichten / Neigen	Bewegt den Leiterpark vertikal (Winkeländerung).
Rechter Stick AUS/EIN)	Teleskopieren	Fährt die Leitersegmente aus oder ein.
Player/Leiter Button	Steuerung	Schaltet die Steuerung um – Player/Leiter
Notaus Button	Not-Aus Quittierung	Setzt das System nach einer Sicherheitsabschaltung zurück.
Start / Menü	Display-Wechsel	Schaltet zwischen den Ansichten (Diagramm / Kamera) um.

Für ein realistisches Bedienerlebnis ist das System für die Nutzung von USB-Joysticks (z.B. Logitech Extreme 3D Pro oder Thrustmaster) optimiert. Die Hydraulik-Simulation "MaxRapT" sorgt dabei für ein weiches Anfahren und Abbremsen der Leiterbewegungen.

Belegung der Achsen:

- **X-Achse (Links/Rechts):** Drehen des Leiterparks (Yaw).
- **Y-Achse (Vor/Zurück):** Aufrichten und Neigen des Leiterparks (Pitch).
- **Z-Achse / Schubregler:** Aus- und Einfahren der Leitersegmente (Extension).

Sobald ein externes Steuergerät (z.B. Xbox-Controller oder Flug-Joystick) erkannt wird, wechselt das System in den **Immersions-Modus**:

- **Automatisches Ausblenden:** Die virtuellen OnScreen-Joysticks werden sanft ausgeblendet, sobald eine Bewegung an den physischen Sticks des Gamepads registriert wird. Dies maximiert die Sicht auf den Einsatzort.
- **Reaktivierung:** Durch Berühren des Bildschirms oder Bewegen der Maus werden die OnScreen-Elemente sofort wieder sichtbar.

4.3 Kombinationsbewegungen

Die moderne Steuerungselektronik erlaubt das gleichzeitige Ausführen von bis zu drei Bewegungen (Drehen, Aufrichten, Teleskopieren).

- **Hinweis:** Die maximale Geschwindigkeit einzelner Bewegungen kann sich bei gleichzeitiger Ausführung leicht verringern, um die Hydraulikpumpen und die Standsicherheit nicht zu überlasten.

4.4 Geschwindigkeitsregelung (Feinfahrt)

Die Geschwindigkeit der Leiterbewegung ist proportional zum Ausschlag Ihres Joysticks:

1. **Geringer Ausschlag:** Präzises Anfahren von Fenstern oder Balkonen ("Feinfahr-Modus").
2. **Voller Ausschlag:** Schnelles Erreichen der Rettungshöhe.
3. **Sicherheitsdrosselung:** Nähert sich der Leiterpark der Grenze des **Leistungsdiagramms (siehe Kap. 3)**, drosselt das System die Geschwindigkeit automatisch auf ein sicheres Maß ab, um ein hartes Abschalten zu vermeiden.

-

Besonderheit: Progressive Hydraulik-Glättung Das System reagiert nicht schlagartig auf Joystick-Eingaben. Je weiter der Stick ausgeschlagen wird, desto schneller beschleunigt die Hydraulik. Beim Loslassen des Sticks wird die Bewegung sanft abgebremst, um Nachschwingungen im Leiterpark zu minimieren.

4.4 Bedienung der Abstützung via Touch/Joystick

Für die Bedienung über mobile Endgeräte oder Touchscreens werden zwei virtuelle Joysticks eingeblendet:

- **Linker Joystick (Leiterpark-Rotation)/ (Hoch/Runter):** Steuert das Schwenken des gesamten Aufbaus nach links oder rechts und das Aufrichten oder Neigen des Leiterparks.
- **Rechter Joystick (Leiter-Geometrie):**
 - **Vertikal (Aus/Ein):** Aus- oder Einfahren der Teleskop-Elemente.



Im Abstütz-Modus wird der Joystick zum Ausfahren der Stützen genutzt:

- **X-Achse:** Horizontales Ausfahren der Stützbalken.
- **Y-Achse:** Vertikales Ausfahren der Stützstempel.
- **Tasten 1 & 2:** Auswahl der unabhängigen Stützensteuerung (Links/Rechts einzeln oder synchron).

☰ Tastatur-Steuerung (PC-Fallback)

Falls kein Gamepad angeschlossen ist, kann die Leiter über die Tastatur bedient werden.

- **A / D:** Leiterpark drehen.
- **W / S:** Aufrichten / Neigen.
- **Pfeil Links / Rechts:** Teleskop ein- und ausfahren

🔄 Autoparken (Taste P)

Diese Funktion unterstützt den Maschinisten beim Beenden des Einsatzes.

- **Ablauf:** Bei Betätigung berechnet das System den sichersten Weg zurück in die Halterung. Zuerst wird der Leiterpark eingefahren (Teleskop), dann zentriert und schließlich sanft abgelegt.
- **Sicherheit:** Der Vorgang kann jederzeit durch Bewegungen eines Joysticks abgebrochen werden, falls Hindernisse im Weg sind.

🔴 System-Freischaltung (Taste R)

Wenn das System aufgrund einer Überlastung oder eines Fehlbedienungs-Stopps (rotes Pulsieren im Display) blockiert:

1. Bringen Sie die Leiter manuell oder durch kurzes Gegensteuern in einen stabilen Bereich.
2. Drücken Sie [R], um die Hydraulik und die Steuerungselektronik wieder freizugeben.
3. Die Anzeige wechselt von "**NOT-AUS**" zurück auf "**SYSTEM BEREIT**".

Wichtig: Die Taste [R] dient nicht dazu, physikalische Grenzen zu ignorieren! Das System verweigert die Freigabe permanent, solange eine akute Kippgefahr (z.B. keine Abstützung) besteht.

Tastenbelegung & Steuerung

Taste	Aktion	Beschreibung
1	1 Person (90 kg)	Max. Ausladung: 27.5 m (Gelber Bereich)
2	2 Personen (180 kg)	Max. Ausladung: 24.5 m
3	3 Personen (270 kg)	Max. Ausladung: 20.5 m
P	Autom. Parken	Führt Leiter ein, legt sie ab und richtet den Turm gerade aus.
R	Reset Panik-Stopp	Entriegelt die Steuerung nach einem Not-Halt.

Kapitel 5: Lastmodi und Korb-Sicherheitsbetrieb

Die Beladung des Korbes beeinflusst die maximale Ausladung.

1. **1 Person (90kg):** Maximale Reichweite (bis zu 27.5m).
2. **2 Personen (180kg):** Reduzierte Reichweite.
3. **3 Personen (270kg):** Minimale Reichweite für maximale Sicherheit.
4. **Wasserwerfer-Betrieb:** Sonder-Modus mit berücksichtigten Rückstoßkräften.

5.1 Die vier Kernwerte

Im unteren Bereich Ihres Displays finden Sie die Echtzeit-Telemetrie. Jeder Wert hat eine spezifische Bedeutung für die Einsatztaktik:

1. **Aufrichtwinkel (°):** * Zeigt die Neigung des Leiterparks im Verhältnis zum Fahrgestell.
 - **Wichtig:** Ein Winkel von **0°** bedeutet eine waagerechte Ausrichtung. Maximale Stabilität wird oft bei hohen Winkeln (über **60°**) erreicht.
2. **Ausbaulänge (m):** * Die Gesamtlänge des Teleskopsatzes vom Drehpunkt bis zur Korpspitze.
 - Hilft dabei, die notwendige Leiterlänge für bestimmte Stockwerke vorab einzuschätzen.
3. **Rettungshöhe (m):** * Die **vertikale** Distanz vom Boden bis zur Unterkante des Rettungskorbes.
 - **Einsatzregel:** Ein Standardstockwerk wird mit ca. **3 Metern** berechnet. Bei einer Anzeige von **12m** befinden Sie sich also etwa auf Höhe des 4. Obergeschosses.
4. **Ausladung (m):** * Die **horizontale** Distanz zwischen dem Drehpunkt der Leiter und der senkrechten Projektion des Korbes auf den Boden.

- Dies ist der kritischste Wert für das **Leistungsdiagramm (Kapitel 3)**, da eine hohe Ausladung die Hebelwirkung auf das Fahrzeug massiv erhöht.

5.2 Das Zusammenspiel der Werte

Die Telemetrie arbeitet nach trigonometrischen Prinzipien. Wenn Sie den Aufrichtwinkel verändern, passen sich Rettungshöhe und Ausladung automatisch an, auch ohne dass Sie das Teleskop ein- oder ausfahren.

- **Beispiel:** Wenn Sie die Leiter bei gleichbleibender Länge steiler aufrichten, **steigt** die Rettungshöhe, während die Ausladung **sinkt**. Der rote Punkt im Diagramm wandert nach links oben.

5.3 Präzisionsanzeige (Nachkommastellen)

Ihre Anzeige arbeitet auf **0,1 Meter genau**. Dies erlaubt ein extrem feinfühliges Heranfahren an empfindliche Strukturen wie Dachrinnen oder Balkongeländer.

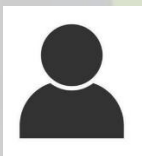
Tip vom Profi: Nutzen Sie die Ausladungsanzeige, um vor dem Schwenken sicherzustellen, dass Sie keine Hindernisse (wie Straßenlaternen oder Bäume) in der horizontalen Ebene rammen.

Kapitel 6: Lastmodi und Korbbetrieb

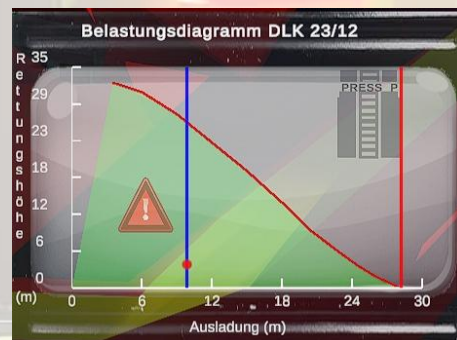
Die DLK 23/12 ist für verschiedene Einsatzszenarien konzipiert – von der Menschenrettung bis zur Brandbekämpfung. Da jede zusätzliche Last im Rettungskorb die Hebelwirkung auf das Fahrzeug verstärkt, muss der Maschinist den passenden Lastmodus wählen.

5.4 Die Korb-Traglast (Nutzlast)

Ihr System erkennt (oder erlaubt die Vorwahl), wie viele Personen sich im Korb befinden. Dies beeinflusst direkt die Berechnungen im **Leistungsdiagramm (Kapitel 3)**.



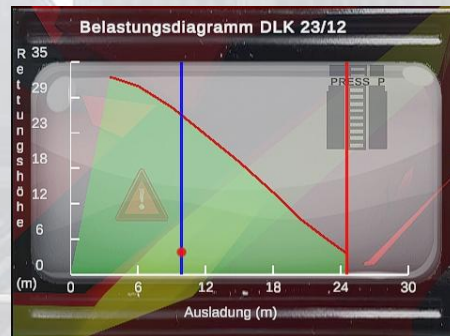
- **1-Personen-Modus (90 kg):**
- Maximale Reichweite und Ausladung. Ideal für Erkundungen oder die Rettung einer einzelnen Person aus großer Distanz.





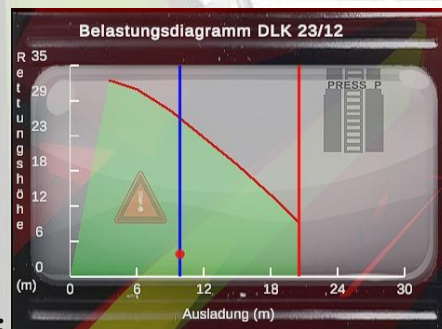
• **2-Personen-Modus (180 kg):**

Standardmodus für den Angriffstrupps unter Atemschutz. Die Reichweite wird leicht eingeschränkt.



• **3-Personen-Modus (270 kg):**

Maximale Korbbelastung. Die Sicherheitssoftware verkleinert die grüne Fläche im Diagramm deutlich, um die Standsicherheit bei vollem Korb zu garantieren.



5.5 Überlast-Sicherung (Load Control)

Sollte die Last im Korb das zulässige Maß des gewählten Modus überschreiten (z.B. durch Wasser im Korb oder zusätzliche Ausrüstung), reagiert das System sofort:

1. **Optische Warnung:** Das Meldungspanel beginnt rot zu pulsieren.
2. **Akustisches Signal:** Ein Warnsummer ertönt im Bedienstand.
3. **Bewegungsstopp:** Alle Bewegungen, welche die Ausladung vergrößern würden, werden gesperrt. Nur das Einfahren oder Aufrichten bleibt möglich.

5.5 Die Korb-Kamera (Option)

Falls Ihr Fahrzeug mit einem Kamerasystem ausgestattet ist, können Sie das Live-Bild direkt auf das Hauptdisplay zuschalten. Dies ist besonders hilfreich bei:

- Anleitern an Fenstern bei Nacht.
- Erkundung von Flachdächern ohne direkten Sichtkontakt zum Maschinisten.

5.7 Taktischer Hinweis: Das "Anleitern"

Fahren Sie Ziele immer mit einer **Sicherheitsreserve** an. Ein zu hartes Aufsetzen des Korbes auf ein Gebäude kann die Sensoren auslösen und einen Sicherheitsstopp erzwingen. Nutzen Sie im letzten Meter immer den **Feinfahr-Modus** (geringer Joystick-Ausschlag).

Typische Rettungshöhen für verschiedene Gebäudearten:

Gebäudeart	Rettungshöhe	Anmerkung
Einfamilienhäuser	bis 7 m	Einfamilienhäuser haben meist eine geringe Höhe, sodass in der Regel eine Rettung durch Leitern oder Hubrettungsgeräte möglich ist.
Mehrfamilienhäuser	10 m – 15 m	Abhängig von der Anzahl der Stockwerke und der Höhe des Gebäudes.
Wohnhochhäuser	15 m – 30 m	Hier werden größere Hubrettungsgeräte benötigt, vor allem bei Gebäuden mit mehreren Stockwerken.
Bürogebäude (bis 5 Stockwerke)	bis 15 m	Für Bürogebäude mit bis zu 5 Stockwerken sind meist Drehleitern ausreichend.
Bürogebäude (mehr als 5 Stockwerke)	20 m – 35 m	Bürogebäude mit mehr als 5 Stockwerken benötigen leistungsfähige Hubrettungsgeräte.
Hotelgebäude	15 m – 25 m	Je nach Stockwerkzahl und Höhe des Gebäudes. Auch hier werden Drehleitern oder Hubsteiger eingesetzt.
Krankenhäuser	20 m – 35 m	Krankenhäuser können je nach Stockwerkzahl und Bauhöhe unterschiedliche Rettungshöhen erfordern.
Industriegebäude	bis 20 m	Meist geringe Höhe, es sei denn, es handelt sich um Hochregallager oder spezifische Großanlagen.
Hochhäuser (> 30 m)	> 35 m	Bei Hochhäusern (> 30 m) sind spezialisierte Drehleitern und Hubrettungsgeräte mit speziellen Ausstattungen erforderlich.

Kapitel 6: Fehlerbehebung (Troubleshooting)

Meldung im Display	Ursache	Lösung
STÜTZEN!	Mindestens eine Stütze hat keinen Bodenkontakt.	Stützen vertikal ausfahren, bis Lampen GRÜN leuchten.
SCHIEFLAGE!	Fahrzeug steht schief (> Toleranzwert).	Fahrzeug über die Stützen nivellieren (3D-Libelle prüfen).

Meldung im Display	Ursache	Lösung
LIMIT!	Maximale Reichweite laut Diagramm erreicht.	Leiter einfahren oder steiler aufrichten.
NOT-AUS (R)	Panik-Stopp oder Sensor-Fehler.	Gefahr beseitigen und Taste [R] zur Quittierung drücken.

Kapitel 7: Profi-Tipp zur Nivellierung (Neu)

Um die volle Reichweite des Leistungsdiagramms auszuschöpfen, ist eine exakte Nivellierung entscheidend.

1. Beobachten Sie beim Ausfahren der Stützen die digitale Grad-Anzeige im HUD.
2. Korrigieren Sie die Stützen so lange einzeln nach, bis der Wert 0.0° (oder maximal $\pm 0.5^\circ$) erreicht ist.
3. Erst wenn die Bodenkontakt-Lampen dauerhaft Grün leuchten und die Libelle zentriert ist, gibt das System die volle Hubgeschwindigkeit frei.

Kapitel 8: Notbetrieb & Sicherheits-Überbrückung

In extremen Situationen – zum Beispiel, wenn eine Stütze im weichen Boden leicht einsinkt oder das Fahrzeug durch dynamische Schwingungen in einen dauerhaften Blockade-Zustand (NOT-AUS) versetzt wird – bietet das FireDeck-OS Möglichkeiten zur manuellen Rückführung.

ACHTUNG: Der Notbetrieb erfolgt auf eigene Gefahr und setzt voraus, dass der Maschinist die Standsicherheit visuell am Fahrzeug prüft!

8.1 Rückführung aus dem Grenzbereich

Sollte die Leiter aufgrund einer Reichweitenüberschreitung (Meldung: LIMIT) oder einer Schiefelage blockieren, ist die Steuerung wie folgt eingeschränkt:

- **Gesperrt:** Ausfahren (Extension) und Neigen nach unten (Pitch Down).
- **Freigegeben:** Einfahren und Aufrichten der Leiter. Das System erlaubt in der Regel immer Bewegungen, die das Lastmoment verringern.

8.2 Die Quittierungstaste [R]

Nach einem sensorbedingtem Stopp (z. B. kurzes Abheben einer Stütze durch Windlast) muss das System manuell freigeschaltet werden:

1. Bringen Sie die Leiter (wenn möglich) in eine stabilere Position.
2. Drücken Sie die Taste [R] (Reset) am Bedienstand oder auf der Tastatur.

3. Die Warnmeldung im Display erlischt, und die Hydraulik wird wieder mit Druck beaufschlagt.

8.3 Manuelle Stützen-Korrektur (Nivellierung im Betrieb)

Normalerweise sperrt das System die Stützenbedienung, sobald der Leiterpark die Ablage verlässt. In der Simulation kann dies im „Experten-Modus“ überbrückt werden, um ein leichtes Einsinken während des Einsatzes auszugleichen:

1. Prüfen Sie die 3D-Libelle und die Grad-Anzeige.
2. Gleichen Sie die betroffene Stütze mit kurzen, vorsichtigen Impulsen aus, bis die Bodenkontakt-Lampe wieder GRÜN leuchtet.
3. Gefahr: Zu starkes Ausfahren einer Stütze bei angehobener Leiter kann zum sofortigen Umkippen des Fahrzeugs führen!

9. Auswertung einer Übung

Nach jedem erfolgreichen Abschluss einer Übungseinheit generiert das System automatisch eine detaillierte Leistungsanalyse. Ziel dieser Auswertung ist es, dem Maschinisten eine objektive Rückmeldung über seine Fahrweise, die gewählte Taktik und die Einhaltung von Sicherheitsgrenzen zu geben.

9.1 Das Analyse-Panel (Summary)

Sobald das Einsatzziel erreicht oder die Übung manuell beendet wurde, erscheint das Auswertungspanel. Hier werden folgende Kennzahlen präsentiert:

- **Einsatzzeit:** Die reine Bewegungszeit des Leiterparks. Hierbei geht es nicht um Schnelligkeit um jeden Preis, sondern um eine flüssige und zügige Arbeitsweise.
- **Gefahrene Strecke vs. Direkter Weg:** Das System misst die Distanz, die der Korb im Raum zurückgelegt hat, und vergleicht sie mit der Luftlinie zum Ziel.
- **Effizienz-Score:** Ein Wert in Prozent, der die Wirtschaftlichkeit der Steuerung ausdrückt. Ein hoher Wert (über 80%) deutet auf eine vorausschauende Steuerung durch kombinierte Bewegungen (Gieren, Neigen und Ausfahren gleichzeitig) hin.
- **Sicherheits-Stops:** Hier werden Verstöße gegen die hardwareseitigen Begrenzungen (Abschaltgrenzen) geloggt. In der professionellen Ausbildung gilt: Ein guter Maschinist bewegt die Leiter zügig, vermeidet aber das abrupte Abschalten durch die Sicherheitsautomatik, um Schwingungen und Materialbelastung zu minimieren.

9.2 Bewertungsschlüssel

Das System vergibt basierend auf der Leistung eine Medaille:

- **Gold:** Keine Sicherheitsverstöße und eine Effizienz von über 80%.
- **Silber:** Geringe Anzahl an Stops und gute taktische Anfahrt.
- **Bronze:** Die Übung wurde erfolgreich beendet, zeigt aber Optimierungspotenzial bei der Wahl des Standplatzes oder der Hebelbedienung.

9.3 Daten-Export (CSV-Log)

Für eine langfristige Ausbildungsdokumentation wird im Hintergrund eine CSV-Datei erstellt. Diese ist im Verzeichnis des Simulators (bzw. unter AppData/LocalLow/twinbits) abgelegt. Diese Datei enthält im 2-Sekunden-Intervall:

1. **Positionsdaten:** Höhe und Ausladung für jedes Segment.
2. **Stabilitätswerte:** Den Status der Abstützung während der Belastung.
3. **Ereignisse:** Den exakten Zeitpunkt von Limit-Verstößen.

Tipps für Ausbilder: Nutzen Sie den Button „Log-Ordner öffnen“, um die Datei direkt in Excel zu importieren. So können Fortschritte eines Lehrgangs über mehrere Tage hinweg grafisch dargestellt und verglichen werden.

Kapitel 10: Troubleshooting & Rechtliches (Seite 12)

- **STÜTZEN!:** Bodendruck fehlt -> Stützen vertikal nachfahren.
- **LIMIT!:** Reichweite am Ende -> Leiter steiler stellen oder einfahren.
- **Haftung:** Diese Simulation ersetzt keine Realausbildung an Hubrettungsfahrzeugen.

Kapitel 10.1: Rechtliche Hinweise

System-Log: Das FireDeck-OS protokolliert alle Bewegungen und Sicherheitsabschaltungen intern. Im Falle eines simulierten Unfalls kann das Log-File zur Fehleranalyse herangezogen werden.

- **Kein Ersatz für Realausbildung:** Die Simulation ersetzt unter keinen Umständen die offizielle Ausbildung an der Hubrettungsmaschine.
 - **Urheberrecht:** © 2026 [Bernd Schaumburg/DLK Simulator MAX RapTThor Aerial]. Alle Rechte vorbehalten.
 - **Nutzung:** Die Vervielfältigung, Bearbeitung oder Verbreitung außerhalb der privaten Nutzung bedarf der schriftlichen Zustimmung des Urhebers.
 - **Support:** www.twinbits.de
-