



BETRIEBSHANDBUCH FLARM KOLLISIONSWARNGERÄT

Stand
Software Version 3.11 (16. August 2007)

© 2003-2007 FLARM Technology GmbH
Zürich-Schweiz
www.flarm.com
info@flarm.com

1. Willkommen bei den FLARM-Anwendern

Herzlichen Dank für den Erwerb von FLARM, einem modernen und kostengünstigen Kollisionswarngerät für die Kleinfliegerei. FLARM ist so konzipiert, dass es den Piloten in seiner Luftraumbeobachtung zusätzlich unterstützt. FLARM ist einfach in der Anwendung, sodass der Pilot von seiner Arbeit nicht abgelenkt wird.



Fliegen ist eine Tätigkeit, die mit erheblichen Risiken für Besatzung, Passagiere, Dritte und Gegenstände verbunden ist. **Für einen sicheren Betrieb von FLARM ist es zwingend, Risiken, Betriebsbedingungen, -einschränkungen und Limitationen von FLARM genau zu kennen, das Gerät geeignet einzubauen und die Software zu aktualisieren. Hierzu ist auch das Installationshandbuch zu beachten.** Zusätzliche Konfigurationsinformationen können dem Dokument „Data Port Specifications“ entnommen werden. Dies betrifft z.B. die Unterdrückung der Weitergabe gewisser Daten auf der seriellen Schnittstelle, was bei internationalen Wettbewerben erforderlich sein kann.

Wir nehmen Rückmeldungen, Erfahrungsberichte, Verbesserungsvorschläge und Filmmaterial gerne entgegen, um FLARM zu verbessern. Rückmeldungen sollen eine möglichst präzise Schilderung der Situation, die Angabe der verwendeten Hard- und Softwareversion sowie Flugaufzeichnungen im IGC-Format mit kurzem Aufzeichnungsintervall enthalten.

Die aktuellste Version dieses Handbuchs sowie andere Dokumente können auf der Webseite www.flarm.com bezogen werden. Ebenso steht eine umfassende Liste von „Frequently Asked Questions“ zur Verfügung.

Ebenso wird auf dieser Webseite mitgeteilt, wenn neue Software-Versionen bzw. neue Funktionalitäten verfügbar sind. Wenn Du Dich auf der Mailing-Liste einträgst, wirst Du aktiv über Änderungen informiert: www.flarm.com/mailman/listinfo/user-list_flarm.com

Um bestehende Geräte ab dem 1. März 2006 betreiben zu können, ist ein Software-Update auf Version 3.00 oder höher zwingend. Hierzu steht auf www.flarm.com kostenlos eine PC-Installationsoftware zur Verfügung. Sie benötigen dazu einen PC mit Windows 98 / ME / 2000 / XP mit einer seriellen Schnittstelle oder einen geeigneten ‚USB zu seriell‘-Konverter. Ebenfalls benötigen Sie ein Daten-Netz-Kabel, wie es für IGC-Logger üblich ist. Mit letzterem verbinden Sie den PC mit FLARM und versorgen zudem FLARM mit Netzstrom. Stellen Sie beim Update sicher, dass Sie den korrekten COM-Port am PC angewählt haben, dass bei FLARM nur die Power/Data-Buchse verwendet wird (nicht die Extension-Buchse verwenden) und dass Sie die aufgedruckte Seriennummer des Geräts kennen. Nachdem Sie das Software-Update durchgeführt haben, aktualisieren Sie bitte mit derselben PC-Software und der auf unserer Webseite verfügbaren Hindernisdatei die Hindernisdatenbank von FLARM. Konfigurieren Sie danach mit der PC-Software die Flugaufzeichnungskonfiguration von FLARM. Wir empfehlen ebenfalls, möglichst rasch ein Update allfälliger externer Displays zu machen, wie es im Installationshandbuch beschrieben ist. Bei Fragen kontaktieren Sie bitte Ihre FLARM-Bezugsquelle.



Die Software-Versionen 3.x sind nur bis Ende Februar 2008 operationell. Danach muss ein Update gemacht werden, damit FLARM in der Luft wieder genutzt werden kann.

2. Funktionsweise

FLARM bezieht Positions- und Bewegungsinformationen vom integrierten 16-Kanal GPS-Empfänger, wobei die GPS-Antenne extern angebracht ist. Ein integrierter Drucksensor¹ verbessert die Positionsmessung zusätzlich. Der zukünftige Flugweg wird vorausberechnet und über Funk geringer Leistung und geringer Reichweite als kurze digitale Meldung sekundlich verbreitet. Gleichzeitig werden diese Meldungen anderer FLARM-Geräte innerhalb der Reichweite empfangen und mit dem prognostizierten eigenen Flugweg verglichen. Ebenfalls wird der eigene Flugweg mit den in FLARM gespeicherten Daten fester Hindernisse (z.B. Kabeln, Antennen, Seilbahnen, Lawinensprengseile) verglichen.

Falls dabei eine gefährliche Annäherung festgestellt wird, warnt FLARM den Anwender vor dem gemäss Berechnung aktuell gefährlichsten Objekt. Warnungen werden über einen Piepser akustisch sowie Leuchtdioden optisch blinkend angezeigt. Daraus ist die Gefährdungsintensität sowie die horizontale und vertikale¹ Richtung des Objekts ablesbar. Beim Kreisen werden andere Berechnungsverfahren als beim ungefähren Geradeausflug verwendet.

¹ Ab Hardware Version 2. Die vertikale Peilung steht allerdings auf dem seriellen Datenausgang auch bei der Hardware Version 1 Drittgeräten zur Verfügung.

Die GPS- und Kollisionsangaben der empfangenen Flugzeuge sind zusätzlich über einen seriellen Datenausgang zur Verwendung für Drittgeräte (z.B. externe Anzeige, Sprachsynthesizer, PDA) verfügbar. Verschiedene Hersteller bieten solche Drittgeräte an.

Die erzielbare Reichweite ist wesentlich abhängig vom Einbau der Funkantenne. Sie beträgt üblicherweise etwa 2 km, in einzelnen Fällen bis 5 km, was auch für schnelle Segelflüge bis 250 kt Ground Speed eine Warnung, eine visuelle Erkennung sowie entsprechende Reaktionen der beiden Piloten ermöglicht. Warnungen werden abhängig von der verbleibenden Zeit vor dem Zusammenstoss ausgesprochen, nicht abhängig von der geometrischen Distanz. Die erste Warnstufe bei anderen Flugzeugen oder bei Hindernissen wird bei weniger als 18 s bis zum berechneten Zusammenstoss, die zweite bei weniger als 13 s, die dritte bei weniger als 8 s ausgesprochen.

Die Warnungen verbleiben solange, wie sie gemäss Berechnung zutreffen. Abhängig von der Voraussage ist es möglich, dass Warnstufen abnehmen oder Warnungen entfallen. Warnungen sind selektiv, d.h. sie erfolgen nur dann, wenn die Berechnung eine hohe Kollisionswahrscheinlichkeit in der nahen Zukunft ergibt.

Zudem zeichnet FLARM Flugdaten im IGC-Datenformat mit dem G-Record auf. Eine Homologierung als IGC-Flight Recorder ist in Arbeit.

Mit der normalen Hindernisdatenbank von Juni 2007 können bei einem Aufzeichnungsintervall von 4s (unser empfohlener Wert) über 50 Stunden Flugzeit aufgezeichnet werden. Verwenden Sie die kostenlose PC-Anwendung, um Flüge von FLARM auf den PC zu laden und FLARM für die Flugaufzeichnung korrekt zu konfigurieren. Die Flugaufzeichnung beginnt automatisch, wenn sich das Flugzeug bewegt; sie hört auf, wenn das Gerät abgeschaltet wird. Das längere Abschalten des Geräts im Flug führt zu einer Aufteilung in separate Flugaufzeichnungsdateien. Nach dem Landen soll das Gerät erst nach 2 Minuten abgestellt werden; falls das Aufzeichnungsintervall grösser als 4s ist, dann muss entsprechend länger gewartet werden, um nicht den letzten Teil der Flugdaten zu verlieren. Falls der Speicher voll ist, werden die ältesten Daten laufend überschrieben. Übertragen Sie immer die Flugdaten auf den PC bevor Sie die Hindernisdatenbank oder die Software aktualisieren.

FLARM verwendet für die Funkkommunikation zwischen den einzelnen Geräten ein proprietäres und urheberrechtlich geschütztes Protokoll an. Das Protokoll ist nicht öffentlich zugänglich, es wird jedoch durch FLARM Technology im Rahmen eines Lizenzvertrags in der Form eines kompatiblen Kerndesigns integrierbar in kompatible Systemen verwendet. Diese Systeme sind entsprechend als FLARM-kompatibel bezeichnet. Jede nicht-lizenzierte Verwendung, Kopie, Verbreitung, Umsetzung oder jeder Nachbau des Funkkommunikationsprotokolls, des Geräts oder von Teilen davon ist verboten und wird strafrechtlich verfolgt. FLARM ist eine eingetragene Marke und darf ohne Lizenzierung nicht durch Dritte verwendet werden.



3. Allgemeine Hinweise zum Betrieb

Dieses Handbuch muss im Flugzeug mitgeführt werden. Bei fest eingebauten Geräten ist zusätzlich ein „AFM Supplement“ mitzuführen.

Im Flugzeug muss einbaubedingt eine gut erkennbare Möglichkeit vorhanden sein, das FLARM im Flug durch den Piloten über einen zugänglichen Schalter und/oder eine zugängliche Sicherung („circuit breaker“) vom Bordnetz getrennt werden kann, ohne dass wichtige andere Systeme beeinträchtigt werden. Gründe dazu können sein: (vermutete) Störungen anderer Bordsysteme, (vermuteter) Rauch, Rauchgeruch oder Fliegen in einem Land, das den Betrieb von FLARM verbietet. Ebenfalls darf FLARM nicht in der Nacht oder mit Nachtsichtgeräten betrieben werden.

Ohne ausreichenden GPS-Empfang ist FLARM nicht betriebsfähig. Der Einbau der Funkantenne hat auf die erzielbare Reichweite für Senden und Empfang sehr grossen Einfluss.

FLARM ist nicht in der Lage, die Empfindlichkeit des eigenen RF-Empfängers festzustellen. Wenn der Pilot feststellt, dass andere Flugzeuge erst sehr spät oder gar nicht empfangen werden und er die Positionierung der RF-Antenne als Ursache ausschliessen kann, dann ist das Gerät durch den Hersteller zu überprüfen.


Der Einbau und Betrieb erfolgt auf einer „non-interference“ und „non-hazard“ Basis und darf bestehende und zertifizierte Geräte, die für eine sichere Flugabwicklung notwendig bzw. vorgeschrieben sind, nicht gefährden. Behördliche Vorschriften sind zu beachten. Es ist empfohlen, FLARM, die GPS-Antenne und die Funkantenne soweit als möglich, mindestens aber 25 cm von empfindlichen Geräten entfernt zu montieren. Solche Geräte sind namentlich andere GPS-Antennen und der Kompass.



Das Eindringen von festen Teilen oder Flüssigkeiten, der Betrieb bei Temperaturen ausserhalb des Bereichs -10 bis +60 °C bzw. die Lagerung bei Temperaturen ausserhalb des Bereichs -20 bis +70 °C ist zu verhindern, weil dadurch das Gerät irreparabel zerstört werden kann. Das Gerät ist am Boden vor längerer direkter Sonneneinstrahlung zu schützen, weil sonst erfahrungsgemäss die zulässigen Temperaturen überschritten werden. Statische Entladungen in die Funkantenne sind ebenfalls zu vermeiden.



Details zur Installation sind dem Installationshandbuch zu entnehmen.

4. Betriebsmodi

FLARM kann in zwei Betriebsmodi betrieben werden, nämlich „Nearest“ und „Warning“. Der Wechsel zwischen den beiden Modi erfolgt über einen Tastendruck von 2 s Dauer und wird kurz dargestellt. Danach ist der aktive Modus nicht erkennbar. Beim Einschalten des Geräts ist der „Nearest“ Modus aktiv.

 Warnungen werden in beiden Modi identisch dargestellt und weisen in den meisten Fällen auf eine unmittelbare Gefahr hin, auf die eine umgehende und geeignete Reaktion erforderlich wird. Man nimmt an, dass nach einer Warnung bis zu 12.5 s ab dem Zeitpunkt des Erkennens eines anderen Flugzeugs vergehen, bis der veränderte Flugweg die gefährliche Situation bereinigt hat².

Im Modus „**Nearest**“ werden auch dann andere Flugzeuge der näheren Umgebung angezeigt, wenn diese gemäss Berechnung keine Gefährdung darstellen. Solche Verkehrsinformationen sind auf einen Umkreis von 3 km sowie eine vertikale Separation von 500 m begrenzt. Wenn bislang kein Flugzeug angezeigt wurde und nun eines empfangen wird, erfolgt ein Klick-Laut. Dargestellt wird jeweils nur ein anderes Flugzeug, ab der Hardware Version 3 in grün. Die optische Darstellung erfolgt statisch (d.h. kein Blinken), die Gefährdungsintensität wird nicht angezeigt und es erfolgt kein Ton. Sobald FLARM eine Gefährdung vermutet, wird automatisch in den „Warning“-Modus gewechselt, danach automatisch wieder zurück in den „Nearest“-Modus. Die Wahl dieses Modus wird so dargestellt, dass nach dem Tastendruck auf der Anzeige ein auseinanderlaufendes Muster (Hardware Versionen 1 und 2:  ; ab Version 3: ) dargestellt wird.

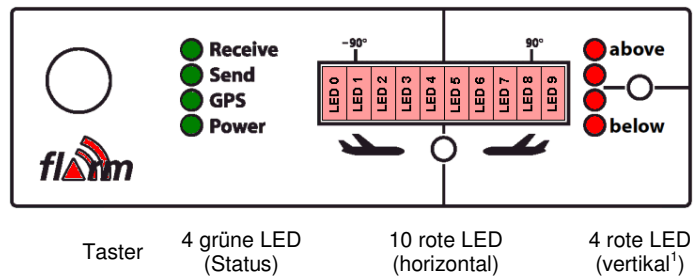
Im Modus „**Warning**“ erfolgt nur dann eine Anzeige auf den roten LED, wenn die Berechnung eine Gefahr ergibt. Warnungen erfolgen immer blinkend, zeigen die Gefährdung über die Strichbreite und Blinkfrequenz an und sind von Piepsen begleitet. Die Wahl dieses Modus wird so dargestellt, dass nach dem Tastendruck auf der Anzeige ein oben zusammenlaufendes Muster (Hardware Versionen 1 und 2:  ; ab Version 3: ) dargestellt wird.

Zusätzlich kann in beiden Modi eine **Unterdrückung der Anzeige und des Piepsens** gewählt werden: Nach einem Doppelklick unterdrückt FLARM während 5 Minuten alle optischen und akustischen Verkehrs-, Hindernis- und Gefährdungsinformationen. Die Unterdrückung wird mit einer absteigenden Tonfolge quittiert. Ein erneuter Doppelklick beendet die Warnunterdrückung vorzeitig und wird mit einer aufsteigenden Tonfolge quittiert. Die Ausstrahlung der eigenen Funkmeldung zur Verwendung durch Dritte läuft auch bei einer Warnunterdrückung weiter.

² Diese Zeiten wurden 1983 im „FAA Advisory Circular 90-48-C“ auf der Basis militärischer Daten publiziert und beziehen sich auf Piloten, welche sich in schnellen Flugzeugen befinden und keine gerätebezogene Warnung bezüglich Verkehr und Gefährdung erhalten. Die Annahme geht davon aus, dass nur ein Flugzeug Massnahmen zur Kollisionsvermeidung trifft. Von den 12.5 s werden 5 s zur Erkennung der Kollisionsgefahr und weitere 4 s zum Entscheid des Ausweichmanövers benötigt. Inwieweit sich diese Zeiten auf langsamere Klein- und Segelflugzeuge sowie Hubschrauber und den jeweiligen Piloten unter Verwendung eines Warngeräts übertragen lassen, ist offen.

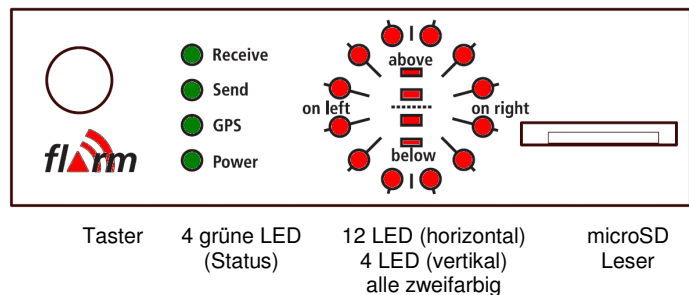
5. Frontseite

Die dunkelgraue Frontseite der Hardware Versionen 1 und 2 umfasst einen Taster, vier grüne Status-LED, zehn rote Kollisionswarn-LED und vier rote LED für die vertikale Lagedarstellung¹.



Die Frontseite der Hardware Version 3

umfasst einen Taster, vier grüne Status-LED, zwölf zweifarbige LED für die horizontale sowie vier zweifarbige LED für die vertikale Lagedarstellung. Je nach Gefahr durch andere Flugzeuge oder Hindernisse sind die LED rot oder grün. Ebenfalls ist ein microSD-Leser enthalten, über welcher Updates, Downloads und Konfigurationen *optional* möglich sind.

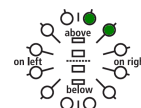


6. Inbetriebnahme

FLARM ist immer eingeschaltet, wenn am Gerät eine ausreichende Betriebsspannung vorliegt.

Unmittelbar nach dem Einschalten erfolgt ein 1 s langer Pieps, während dem die LED ein Startpattern zeigen können, danach wird während des Selbsttests die aktuelle Hardware-Version binär dargestellt. Der Selbsttest dauert je nach Grösse der Hindernisdatenbank 2 s bis 20 s, bei der Datenbank vom Juni 2007 sind es etwa 12 s.

- 0x01 Hardware Version 1 (nur rot)
- 0x02 Hardware Version 2 (nur rot)
- 0x03 Hardware Version 3 (nur grün)

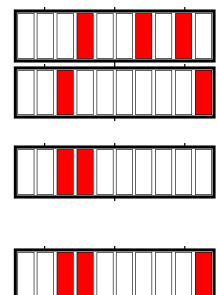
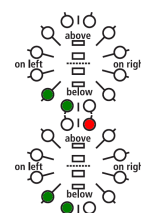


Danach erfolgt ein erneuter 1s langer Pieps, gefolgt von einer kurzen binären Darstellung der Software-Version:

- Hardware Versionen 1 und 2: LED0 bis LED3 stellen dabei die Vorkommaversion („major version“), LED4 bis LED9 die Nachkommaversion („minor version“) dar. Alles wird in rot dargestellt.
- Hardware Version 3 und später: Die ersten sechs LED im Uhrzeigersinn stellen die Vorkommaversion in rot, die nachfolgenden im Uhrzeigersinn die Nachkommaversion in grün dar.

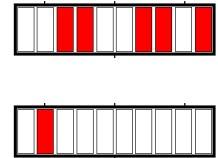
Wenn die Software-Version nicht dargestellt wird und der Pieps dazu nicht erfolgt, ist das Gerät nicht betriebsbereit.

- 0x04A Software Version 1.10 (läuft nur bis April 2005)
- 0x081 Software Version 2.01 (läuft nur bis Feb. 2006)
- 0x0C0 Software Version 3.00 (läuft bis Feb. 2008)
- 0x0C1 Software Version 3.01 (läuft bis Feb. 2008)



0x0CD Software Version 3.13 (läuft bis Feb. 2008)


0x100 Software Version 4.00 (ab Feb. 2008 verfügbar)



Danach geht FLARM in den Betriebsmodus über und wartet, bis eine ausreichende GPS-Ortung besteht. Beim Einschalten kann dieser Zustand *einige* Minuten dauern. Ohne GPS-Ortung ist das Gerät nicht betriebsbereit. Vor dem Start des Flugzeugs ist unbedingt sicherzustellen, dass von den Status-LED zumindest Power, GPS und Send alle kontinuierlich leuchten. Dieser Zustand muss auch im Betrieb ständig bestehen, damit das Gerät funktioniert.

7. Fehlerhinweise

Wenn beim Selbsttest oder im späteren Betrieb ein Fehler oder Funktionshinweis erkannt wird, dann blinken während 30 s alle vier grünen Status-LED gemeinsam, währenddessen die roten Kollisions-LED den Code des gravierendsten Problems binär darstellen. Der Fehler bzw. Hinweis *kann* vor Ablauf der 30 s quittiert werden.

 Aus Sicherheitsgründen startet FLARM nicht, wenn ein Fehler auftritt. FLARM darf beim Vorliegen eines Fehlers nicht verwendet werden. Bei den Hinweisen bezüglich Hindernisdatenbank oder Flugaufzeichnung ist ein eingeschränkter Betrieb möglich.

0x11 Fehler: Software veraltet (benötigt GPS-Empfang)

Kein Betrieb

0x21 Fehler: Unterspannung

Kein Betrieb

0x31 Fehler: interne GPS-Kommunikation

Kein Betrieb

0x32 Fehler: fehlerhafte GPS-Konfiguration

Kein Betrieb

0x41 Fehler: interne Funk-Kommunikation

Kein Betrieb

0x51 Fehler: interne Kommunikation allg.

Kein Betrieb

0x61 Fehler: Flash Speicher

Kein Betrieb

0x71 Fehler: Drucksensor

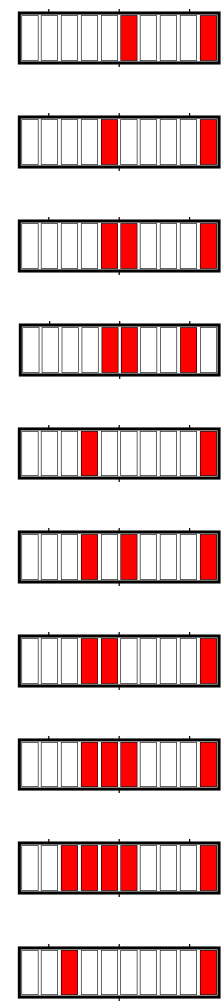
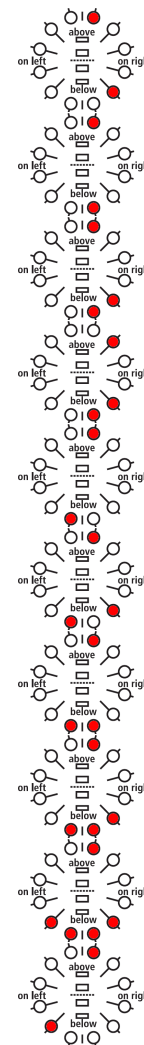
Kein Betrieb

0xF1 Fehler: Andere Fehler

Kein Betrieb

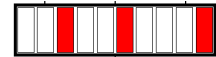
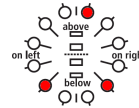
0x81 Hinweis: Hindernis-Datenbank fehlt

Betrieb möglich



0x91 Hinweis: Flugaufzeichnung nicht möglich

Betrieb möglich



Die oben aufgeführten internen Kommunikationsfehler treten auf, wenn innerhalb des FLARM-Geräts die verschiedenen Baugruppen nicht korrekt kommunizieren. Diese Fehler zeigen weder einen schlechten GPS-Empfang noch eine reduzierte Funkreichweite an.



Die Software-Versionen 3.x sind nur bis Ende Februar 2008 lauffähig. Danach muss ein Update gemacht werden, damit FLARM in der Luft wieder genutzt werden kann. Das Update mit unverändertem Funktionsumfang wird kostenlos verfügbar sein und kann durch den Anwender selbst über ein geeignetes Netz-/Datenkabel (nicht im Lieferumfang enthalten) eingespielt werden. Eine zeitlich beschränkte Gültigkeit der Software ist erforderlich, um die Kompatibilität aller Geräte sicherzustellen. Beim so nötigen Software-Update können auch die Hindernisdaten aktualisiert werden.

8. Status-Anzeigen

Die grünen Status-Anzeigen verhalten sich wie nachfolgend beschrieben. Der normaler Betriebszustand ist dabei unterstrichen:

- **Receive:** Leuchtet bei Empfang anderer Geräte mit weniger als 3 km Distanz bzw. 500 m Höhenunterschied konstant, sonst dunkel. Falls die Warnung temporär unterdrückt wird (siehe unten) aber trotzdem andere Flugzeuge empfangen werden, blinkt die LED.
- **Send:** Leuchtet im Betrieb konstant und zeigt an, dass die eigene Meldung gesendet wird. Senden bedingt GPS-Empfang.
- **GPS:** Leuchtet im Betrieb konstant (einmal pro Sekunde ganz kurz unterbrochen). Wenn die LED konstant dunkel ist und einmal pro Sekunde aufblinkt, dann besteht kein GPS-Empfang. Beim Einschalten kann dieser Zustand einige Minuten dauern.
- **Power:** Leuchtet im Betrieb konstant. Wenn die LED blinkt, dann liegt die Betriebsspannung unter 8 VDC, Unter 8.0 VDC arbeitet FLARM nicht.

Aus den Status-LED „Receive“ und „Send“ lässt sich die effektive Empfangs- und Sende-Reichweite des eigenen Transceivers grundsätzlich nicht herauslesen.

9. Taster³

Mit dem Drucktaster kann der Pilot folgende Funktionen auslösen:

- **Kurzes Drücken** (<0.8 s) ändert die Lautstärke von *<laut>* auf *<mittel>* auf *<leise>* auf *<stumm>* (und wieder *<laut>*). Kurze akustische Quittierung in neuer Lautstärke. Defaultwert auf *<laut>*.
- **Drücken** (2 s) wechselt Modus zwischen *<Nearest>* und *<Warning>*, wenn sich das eigene Flugzeug bewegt. Optische Quittierung. Defaultwert auf *<Nearest>*. Am Boden wird das Drücken zum Empfänger-Selbsttest verwendet: Zwei Sekunden nach dem Drücken des Tasters zeigt FLARM an, wieviele andere Geräte empfangen werden, dies bei einer 50% reduzierten Empfangsensitivität. FLARM wird einen langen Pieps und eine vertikale LED für jeweils 10, und einen kurzen Pieps und einer horizontale LED für jedes einzelne empfangene FLARM anzeigen. So wird z.B. beim Empfang von 14 FLARMs eine vertikale sowie vier horizontale LED's brennen und dazu "beeeep bep bep bep" ertönen. FLARM kehrt danach selbständig in den ursprünglichen Modus zurück und kann wie bisher verwendet werden. Damit ein anderes Gerät gezählt wird, muss es eingeschaltet sein und die Konfiguration 'RF-transmission on ground enabled' muss aktiviert sein.
- **Doppelklick** unterdrückt optische und akustische Warnungen für 5 Minuten. Unterdrückung wird mit absteigender Tonfolge, der normale Zustand mit aufsteigender Tonfolge quittiert. Erneuter Doppelklick beendet Unterdrückung vorzeitig.
- **Langes Drücken** (>8 s): Neustart. Bei offensichtlichem Fehlverhalten empfohlen. Keine Quittierung.
- **Sehr langes Drücken** (>20 s) konfiguriert FLARM auf Werkskonfiguration. Dabei gehen sämtliche anwenderseitigen Konfigurationen verloren. Keine Quittierung.

³ Ein rasches 4fach-Drücken aktiviert *einen* Update des externen Displays. Details siehe Installationshandbuch.

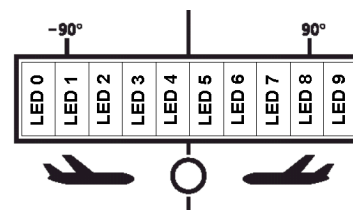
10. Warnung vor Flugzeugen

Es leuchtet jeweils diejenige LED, welche der Richtung zur aktuellen Position des gefährlichsten Flugzeugs *relativ zur eigenen Bewegungsrichtung gegenüber einem erdfesten Koordinatensystem (Ground Track)* am besten entspricht. Diese Darstellung ist dann verfälscht, wenn starker Wind herrscht, das Flugzeug relativ zur Luft schiebt (Seitenflug) oder die Geschwindigkeit gegenüber einem erdfesten Koordinatensystem (Ground Speed) gering ist (z.B. beim Hovering eines Hubschraubers). Die Anzeige wird jede Sekunde aktualisiert.

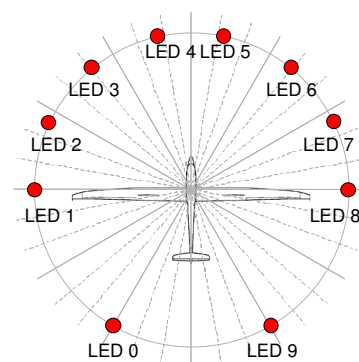
Gleichzeitig mit der rot blinkenden optischen Warnung erfolgt eine akustische Warnung (Piepsen). Die Vorwarnzeit ist kurz gehalten, sie liegt nur bei wenigen Sekunden. Die Vorwarnzeiten sind etwas kürzer als bei der Warnung vor festen Hindernissen.

Horizontale Peilung dargestellt auf Hardware Versionen 1 und 2

Die roten LED decken je einen Teil des Luftraums um das Flugzeug in einer seitlichen Ansicht ab. Zur raschen Erkennung ist in der Mitte der LED's (zwischen LED4 und LED5) auf beiden Seiten ein weisser Strich angefügt. Ebenso ist oberhalb der LED1 und LED8 eine weisse Markierung mit dem Hinweis „90°“ angebracht.



- LED 0 ~210° Quadrant hinten links
- LED 1 270° ganz-links bzw. 9 Uhr Position
- LED 2 296° links bzw. ca. 10 Uhr Position
- LED 3 321° links bzw. ca. 10-11 Uhr Position
- LED 4 347° vorne-links bzw. 11-12 Uhr Position
- LED 5 13° vorne-rechts bzw. 12-1 Uhr Position
- LED 6 39° rechts bzw. ca. 1-2 Uhr Position
- LED 7 64° rechts bzw. ca. 2 Uhr Position
- LED 8 90° ganz-rechts bzw. 3 Uhr Position
- LED 9 ~150° Quadrant hinten rechts



Horizontale Peilung dargestellt ab Hardware Version 3

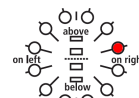
Die zwölf zweifarbigen LED stellen eine Kompassrose dar, d.h. die Aufsicht über die Verkehrslage. „Oben“ entspricht der aktuellen Flugrichtung. Jede LED deckt einen gleich grossen horizontalen Ausschnitt von 30° ab.

Gefahr von vorne oder von der Seite

Wenn sich das gefährliche Flugzeug vor mir oder seitlich, aber nicht hinter mir befindet, dann zeigt die Darstellung auch die Gefährdung. Bei mässiger Gefahr (weniger als 18 Sekunden bis zum möglichen Zusammenstoss) leuchtet eine LED, bei mittlerer Gefahr (weniger als 13 Sekunden) leuchten zwei und bei unmittelbarer Gefahr (weniger als 8 Sekunden) drei LED. Massgebliche Richtung ist das Zentrum der leuchtenden Fläche. Die Blinkfrequenz variiert abhängig von der Gefährdungsintensität.

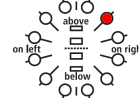
Mässige Gefährdung aus etwa 3 Uhr
(weniger als 18 Sekunden bis zum berechneten Zusammenstoss)

Blinken
langsam 2Hz



Mässige Gefährdung aus 1 bis 2 Uhr
(weniger als 18 Sekunden)

Blinken
langsam 2Hz



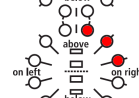
Mittlere Gefährdung aus 1 Uhr
(weniger als 13 Sekunden)

Blinken
mittel 4Hz



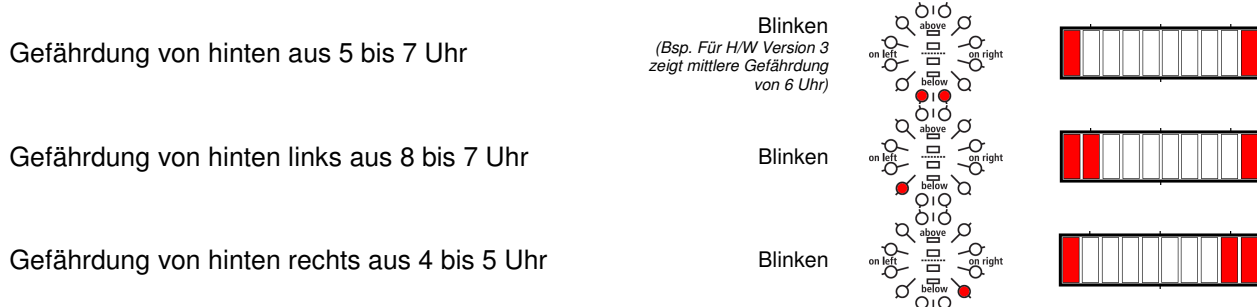
Unmittelbare Gefährdung aus 1 bis 2 Uhr
(weniger als 8 Sekunden)

Blinken
schnell 6Hz



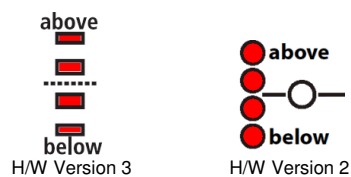
Gefahr von hinten

Wenn sich das gefährliche Flugzeug hinter mir befindet, dann ist die Gefährdungsintensität bei der Hardware Versionen 1 und 2 nur aus der Blinkfrequenz ersichtlich, nicht aber aus der Zahl der dargestellten LED.



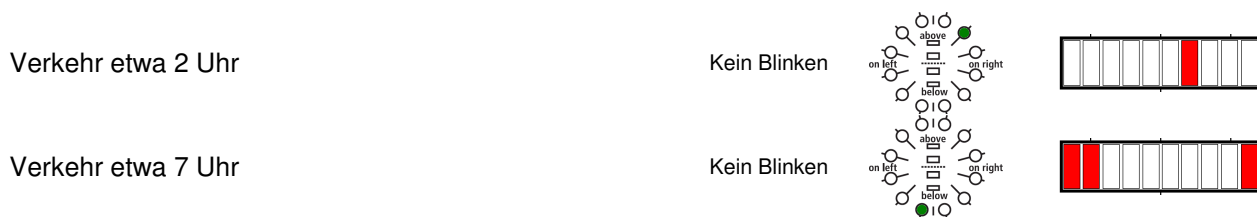
Vertikale Peilung

Die vertikale Peilung zu einem anderen Flugzeug relativ zu einer horizontalen Fläche – nicht aber zur eigenen Lage – wird über die vertikalen roten LED¹ dargestellt, wobei die äusseren LED bei einem Peilwinkel über 14° leuchten. Die Blinkfrequenz ist identisch und synchron zur horizontalen Anzeige.



Verkehrshinweise (nur im Nearest-Mode)

Im Nearest-Mode wird das nächste Flugzeug dargestellt, solange keine Warnung notwendig ist. Solche Verkehrshinweise erfolgen ohne Ton, die Anzeige blinkt nicht und die Nähe wird nicht dargestellt. Ab der Hardware Version 3 erfolgen Verkehrshinweise in grün.



11. Warnung vor Hindernissen

Die Standard-Hindernisdatenbank vom Juni 2007 – sofern enthalten – umfasst etwa 33'000 Koordinaten von rund 11'000 Hindernissen im Alpenraum⁴. Sie wird werkseitig in FLARM geladen, danach können Updates durch den Anwender selbst über eine PC-Anwendung geladen, nicht aber verändert werden. Spezielle Hindernisdatenbanken sowie Korrekturen und Ergänzungen können uns berichtet werden.

Bei festen Hindernissen werden die nachfolgenden Warnungen blinkend dargestellt, wobei sich das Objekt immer in der aktuellen Bewegungsrichtung des Flugzeugs befindet, d.h. dass keine spezifische Darstellung der Richtung erfolgt. Die Gefährdungsintensität ist davon abhängig, wann das Objekt erreicht wird (Kollisionszeitpunkt bzw. „time to impact“), entsprechend ändert auch die Blinkfrequenz. Die Anzeige wird jede Sekunde aktualisiert.

Bei Seilen und Leitungen erfolgt auch dann eine Warnung, wenn das Objekt unterflogen werden wird. Eine Darstellung der vertikalen Lage erfolgt nicht.

Gleichzeitig mit der blinkenden optischen Warnung erfolgt eine akustische Warnung (Piepsen). Die Vorwarnzeit ist kurz gehalten, sie liegt nur bei wenigen Sekunden. Die Vorwarnzeiten sind allerdings etwas grösser als bei der Warnung vor anderen Flugzeugen.

Bei den Hardware Versionen 1 und 2 werden Hindernisse wie folgt dargestellt:

Mässige Gefährdung

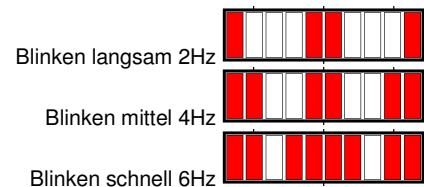
(weniger als 18 Sekunden bis zum berechneten Zusammenstoss)

Mittlere Gefährdung

(weniger als 13 Sekunden)

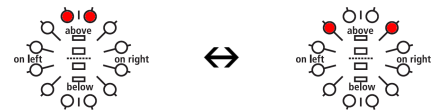
Unmittelbare Gefährdung

(weniger als 8 Sekunden)



Ab der Hardware Version 3 werden Hindernisse wie folgt dargestellt:

Hin- und Herblinken von je zwei LED's, wobei die Blinkfrequenz von der Gefährdung abhängt.



⁴ Details zu den Datenquellen und dem Datenstand sind im ‚Obstacle Data Format Specifications‘ Handbuch aufgeführt.

Weder FLARM Technology noch diese Quellen übernehmen irgendwelche Haftung bezüglich Korrektheit, Vollständigkeit und Aktualität der Daten oder direkten oder indirekten Schaden aus der Verwendung dieser Daten. Offizielle Datenquellen enthalten nur Daten, welche den Behörden gemeldet worden sind. Meldepflichtig sind beispielsweise die Besitzer, Erbauer oder Betreiber von Anlagen, welche ein Luftraumhindernis darstellen. Die Behörden überprüfen deren Angaben nicht.



12. Betriebseinschränkungen

FLARM ist als nicht-essentielles „situation awareness only“ Gerät zur Unterstützung des Piloten konzipiert und ist nicht immer in der Lage, zuverlässig zu warnen. Die Benutzung von FLARM erlaubt unter keinen Umständen eine veränderte Flugtaktik oder ein verändertes Verhalten des Anwenders und Kommandanten. Die Verwendung von FLARM unterliegt der ausschliesslich eigenen Verantwortung des Anwenders und Kommandanten und darf nur durch entsprechend sachkundige Personen nach eingehendem Studium der Anleitungen vorgenommen werden.

Die Warnung vor anderen beweglichen Objekten bedingt, dass diese ebenfalls mit einem FLARM oder einem dazu kompatiblen Gerät ausgestattet sind. FLARM kommuniziert nicht mit Transpondern Mode A/C/S und wird deshalb von ACAS/TCAS/TPAS sowie der Flugsicherung nicht erfasst. Ebenso kommuniziert FLARM nicht mit FIS-B, TIS-B und ADS-B.

Kompatible Geräte müssen innerhalb der Reichweite liegen, damit eine Warnung erfolgen kann. Diese Reichweite wird durch Art, Einbau und Lage der Funk-Antennen sowie der gegenseitigen Konstellation der beiden Flugzeuge wesentlich beeinflusst. Die internen Antennen erlauben unter *optimalen* Bedingungen eine frontale Reichweite von bis zu 5 km, üblich sind Werte um 2 km. Diese Reichweite ist für die Kleinaviatik meist ausreichend. Funkmeldungen können ausschliesslich über eine *Sichtverbindung* empfangen werden, auf gegenüberliegenden Hangseiten desselben Berges besteht keine Verbindung.

FLARM muss die eigene *aktuelle* Position kennen. Deshalb funktioniert FLARM nur dann, wenn guter dreidimensionaler GPS-Empfang herrscht. Der GPS-Empfang wird durch Einbau und Lage der GPS-Antenne sowie die Lage des Flugzeugs wesentlich beeinflusst. Insbesondere im Kurvenflug, in Hangnähe, in bekannten Störgebieten sowie bei ungeeignetem Einbau kann die Signalqualität von GPS reduziert sein, was zudem die Höhenberechnung rasch verschlechtert. FLARM nimmt sofort wieder den Betrieb auf, wenn die GPS-Qualität ausreicht.

Die Bewegungen, welche durch das GPS erfasst werden, beziehen sich auf ein *erdfestes* Koordinatensystem. Bei starkem Wind weichen Flugzeugausrichtung (Heading) und Bewegungsrichtung (Ground Track) voneinander ab, was die flugzeugbezogene Gefahrendarstellung beeinflusst. Wenn die Windgeschwindigkeit ein Drittel der True Airspeed (TAS) beträgt und das Heading des Flugzeugs bei schiebefreiem Flug gegenüber der Windrichtung um 90° versetzt ist, dann ist die Darstellung bspw. um 18° verfälscht. Bei sehr starkem Wind kann der Ground Track um bis zu 180° zum Heading abweichen. Im Fall des Kreisflugs ist dann auch die Berechnung und damit die Warnung unbrauchbar.

Die vertikale Winkelpfeilung¹ ist bei grosser Nähe bzw. ähnlicher Flughöhe der beiden Flugzeuge sowie bei mässiger GPS-Empfangsqualität ungenau und sprunghaft.

FLARM berechnet den *eigenen* Flugweg um etwa 20 Sekunden voraus. Diese Prognose basiert auf unmittelbar vergangenen und aktuellen Positions- und Bewegungsdaten sowie einem Bewegungsmodell, welches *für den jeweiligen Anwender optimiert* ist. Diese Prognose ist mit Unsicherheiten behaftet, die mit der Prognosezeit zunehmen. Es ist nicht gewährleistet, dass sich Flugzeuge effektiv dem prognostizierten Flugweg entlang bewegen. Aus diesem Grund kann die Warnung nicht in jedem Fall zutreffen. Prognosen über mehr als eine halbe Minute sind in der Kleinfliegerei *unbrauchbar*. Dies trifft im besonderen für Segelflugzeuge und Hängegleiter zu. Aus diesem Grund ist auch die Funkreichweite meist ausreichend.

Warnungen erfolgen *kurzfristig*, d.h. im Bereich von wenigen Sekunden bis zu 20 Sekunden vor der grössten Annäherung gemäss Berechnung. Die Warnintensität (Tonhöhe, Strichbreite, Blinkintervall) zeigt die Gefährdung (Kollisionszeitpunkt), nicht aber die geometrische Distanz an. FLARM spricht nur dann eine Warnung aus, wenn die Berechnung eine *erhebliche* Gefährdung prognostiziert. Deshalb ist es - je nach gewähltem Modus - üblich, dass trotz Empfang keine Meldung über andere Flugzeuge ausgesprochen wird.

Wenn mehrere bewegliche oder feste Objekte in Reichweite sind, dann entscheidet sich FLARM für *das gemäss dem Berechnungsalgorithmus gefährlichste Objekt* und warnt ausschliesslich vor diesem. Der Pilot kann diese Warnung nicht bestätigen. Er kann sich auch nicht andere Objekte darstellen lassen. Es ist trotz der Warnung vor nur einem Objekt möglich, dass mehrere oder andere Objekte gleichzeitig eine grosse Gefahr darstellen, oder sogar effektiv gefährlicher sind als das Objekt, vor welchem gewarnt wird. Wenn gleichzeitig eine Gefährdung vor beweglichen und festen Objekten festgestellt wird, dann wird vor der Gefahr mit dem früheren Kollisionszeitpunkt gewarnt.

FLARM zeigt an, wo sich das gemäss Berechnung gefährlichste bewegliche Objekt in Bewegungsrichtung aktuell befindet, bei Geräten ab Hardware Version 2 wird zusätzlich die vertikale Peilung dargestellt. Bei Hindernissen erfolgt keine spezifische Richtungsangabe. FLARM zeigt weder an, wo die grösste Annäherung geschieht noch wie ausgewichen werden soll. Ob und welches Ausweichmanöver notwendig ist, liegt in der alleinigen Verantwortung des Piloten, der sich aufgrund seiner Luftraumbeobachtung korrekt zu verhalten hat. Er hat dabei insbesondere die Ausweichregeln zu beachten sowie sicherzustellen, dass durch das Ausweichen keine anderen Gefährdungen entstehen. Abhängig von der aktuellen Flugphase verwendet FLARM unterschiedliche Prognoseverfahren, Bewegungsmodelle und Warnberechnungen, um den Piloten bestmöglichst zu unterstützen und nicht abzulenken. Beispielsweise wird beim Kreisen eines Segelflugzeugs die Empfindlichkeit reduziert. Diese Modelle und Verfahren sind optimiert, stellen aber immer einen Kompromiss dar. Aus Sicht des Piloten werden diese Modelle „unnötige“ Alarmer erzeugen, d.h. FLARM warnt vor einer Situation, die subjektiv nicht als gefährlich wahrgenommen wird. Es ist möglich, dass FLARM nicht vor der gefährlichsten Bedrohung oder überhaupt nicht warnt.

Die Warnung vor Hindernissen - beispielsweise vor Kabeln, Antennen, Seilbahnen, Lawinensprengseilen oder Stromleitungen - bedingt, dass diese in der internen Datenbank von FLARM überhaupt und mit den korrekten Daten erfasst sind. Vor Objekten, die nicht oder fehlerhaft erfasst sind, kann nicht gewarnt werden. Keine Datenbank ist absolut vollständig, aktuell und korrekt. Erfasste Hindernisse sind meist Vereinfachungen unterworfen, z.B. geht FLARM davon aus, dass Stromleitungen ohne Durchhang hängen. Ebenso sind z.B. bei Hochspannungsleitungen und Seilbahnen in der Regel nicht alle Zwischenmasten erfasst. In FLARM ist zudem das Gelände nicht erfasst. Entsprechende Warnungen können nicht erfolgen.

Die Funkkommunikation erfolgt auf einem lizenzfreien Band mit allgemeiner Zuteilung der sogenannten SRD-Klasse 3. Das bedeutet, dass verschiedene andere Anwendungen unkoordiniert das Band mitbenützen. FLARM genießt dabei keine Exklusivität in der Bandbelegung bzw. -benützung, die Verfügbarkeit bzw. Störungssicherheit durch Drittanwender ist nicht gewährleistet.

Die Verwendung von lizenz- und konzessionsfreien Funkbändern in der Luft unterliegt verschiedenen Einschränkungen, die sich teilweise national unterscheiden. Pilot und Anwender von FLARM sind alleine verantwortlich, dass FLARM gemäss den lokal gültigen Bedingungen betrieben wird. Eine Radiokonzession zum Betrieb von FLARM ist in der Schweiz, Deutschland und Frankreich nicht notwendig.

Das verwendete Funkverbindungsprotokoll erlaubt, dass die Zahl von Geräten, die gleichzeitig innerhalb der Reichweite liegt, grundsätzlich *nicht limitiert* ist. Eine zunehmende Zahl von Geräten in Reichweite führt dafür aber zu einer Reduktion der Wahrscheinlichkeit, dass eine einzelne Meldung empfangen werden kann („graceful degradation“). Die Wahrscheinlichkeit, dass auch Folgemeldungen desselben Senders nicht empfangen werden, ist in der Regel gering. FLARM ist dafür ausgelegt, über 50 Flugzeuge innerhalb der Reichweite zu empfangen und zu verarbeiten. Eine hohe Anzahl von Geräten reduziert die Reichweite nicht.

Der Sender hat *keine* Kontrolle darüber, was ein Empfänger mit den empfangenen Daten macht. Es ist möglich, dass diese Daten in anderen Flugzeugen oder vom Boden her gespeichert bzw. anderweitig verwendet werden. Damit ist eine Vielzahl von Möglichkeiten gegeben, die teilweise im Interesse des Piloten liegen (z.B. automatische Startlisten, Flugtracking, Last Position Recovery), die aber auch gegen ihn verwendet werden können (z.B. Nachfliegen, Luftraum- und Höhenverletzungen, Verhalten bei Kollisionen). FLARM versendet mit jeder Mitteilung eine Identifikation. Der Anwender kann – auch wenn nicht empfohlen – das Gerät so konfigurieren, dass diese ID zufällig erzeugt wird und minütlich ändert, so dass eine Nachverfolgung erschwert wird.

Der Einsatz von FLARM ist beschränkt auf nicht-kommerzielle Flüge bei Tageslicht unter VFR (Visual Flight Rules). FLARM darf nicht zur Navigation benutzt werden. FLARM darf nicht für Kunstflug verwendet werden.

FLARM verfügt derzeit nicht über die für in der Luftfahrt üblichen Zertifizierungen und wurde nicht mit den in der Luftfahrt üblichen Testverfahren (z.B. DO-160D) geprüft. Die Softwareentwicklung in FLARM entspricht *sinngemäß* „Level E“ von DO-178B, d.h. ein Ausfall von FLARM hat keine Auswirkung auf die Betriebsfähigkeit des Luftfahrzeugs und erhöht die Arbeitsbelastung der Besatzung nicht.

Der Betrieb von FLARM in den USA und Kanada bzw. in Flugzeugen, welche in den USA oder Kanada registriert sind, ist untersagt.

Der Verein FLARM Technology, FLARM Technology GmbH, dessen Organe, Besitzer, Mitarbeiter, Geschäftsleitung, Entwickler, Zulieferer, Produzenten und Datenlieferanten übernehmen keinerlei Haftung und keinerlei Verantwortung, namentlich nicht für irgendwelche Schäden oder Haftpflichtansprüche.