

ANLEITUNG · Version a73 · Oktober 2026

FrameForge PRO

Anleitung und Fertigungsreferenz: Aluminiumgehäuse
für CNC und Laser

- Von drei Maßen zu fertigen Dateien für die Fabrik
- Paneele, Trennwände, Würfel mit Gewinde, Klemmleisten für Transistoren
- Export: STEP ohne Fusion, DXF für Laser, Fusion-360-Skripte
- Schraubenliste „was kaufen“ und 3D-Prüfung vor der Bestellung
- Oberfläche in 4 Sprachen: Tschechisch, Englisch, Deutsch, Russisch

autoservis.shop · FrameForge PRO · Andrei Pasunko (Mechaniker) und KI-Assistenten

Inhalt

- | | |
|-----------------------------------|--------------------------------------|
| 1. Was es ist | 8. Schraubenliste |
| 2. Drei Wege zum Start | 9. Bezugspunkt und Steckerbibliothek |
| 3. Paneele und Werkzeuge | 10. 3D-Prüfung vor der Fertigung |
| 4. Lüftung PRO | 11. Export: welches Format wofür |
| 5. Befestigungswürfel und Gewinde | 12. Speichern, PIN und Projekte |
| 6. Trennwände | 13. Checkliste vor der Bestellung |
| 7. Klemmleiste — Dickenberechnung | 14. Wenn etwas komisch aussieht |

1 Was es ist

FrameForge PRO ist ein Werkzeug im Browser zum Konstruieren von **Aluminiumgehäusen** (Verstärker, Netzteile, Messgeräte), die auf CNC-Fräse oder Laser gefertigt werden. Sie geben innere Breite, Höhe und Tiefe sowie die Schraubengröße (M3/M4/M5) ein; das Programm baut sechs Paneele mit Eck- und Stützwürfeln. Danach setzen Sie Bohrungen, Fenster, Lüftung, Text, Leisten und Trennwände. Ergebnis sind Dateien für die Fabrik.

Für wen: für Bastler und Elektroniker, die ein fertiges Gehäuse ohne Monate CAD-Lernen wollen. Programmieren ist nicht nötig.

2 Drei Wege zum Start

Modus	Zweck
Schnellstart	Innenbreite/-höhe/-tiefe und M3/M4/M5. Rest sind Standardwerte.
Schritt-für-Schritt-Assistent	Gleiche Angaben, mit Erklärung zu jedem Schritt.
PRO-MODUS	Dicke jeder Wand, Spalte, Art der Bohrungsausführung, Trennwände.

Nach dem Bau des Gehäuses gibt es „Bearbeiten nach Paneelen“: Seite wählen (FRONT, REAR, LEFT, RIGHT, TOP, BOTTOM) und dieses Paneel bearbeiten.

3 Paneele und Werkzeuge

Werkzeug	Funktion
Bohrung	Runde Bohrung; X/Y und Durchmesser als Zahl.
Fenster	Rechteckiger Ausschnitt.
Lüftung	Schlitze mit halbrunden Enden: Reihen, versetzt, Neigung (schräge Lüftung), Konus.
Text	Gravur, beim Export in Konturen umgewandelt.
Leiste	Anpressleiste für Transistoren mit Bohrungen.
Würfel	Manuell gesetzter Befestigungswürfel für Sonderfälle.

- Mitte eines Elements verschiebt, Rand ändert die Größe.
- Pfeile — 0,1 mm; Shift+Pfeil — 1 mm; Entf — löschen; Esc — Auswahl aufheben.

- Shift+Klick auf mehrere Elemente gruppiert sie (Schloss), sie bewegen sich gemeinsam.
- **Lupe** — Platzierung auf hundertstel Millimeter genau.

4 Lüftung PRO

Das Werkzeug „Lüftung“ erzeugt Reihen von Schlitzten mit halbrunden Enden. Parameter: Schlitzgröße, Anzahl und Abstand, **Anzahl der Reihen und Reihenabstand**, **versetzt** (jede zweite Reihe um einen halben Abstand verschoben), **Neigung** jedes Schlitzes (schräge Lüftung), Konus. Dieselbe Anordnung geht auf den Bildschirm, in 3D, ins Laser-DXF, ins STEP und ins Fusion-Skript — die Formen weichen nirgends ab.

- Schlitzte verschmelzen miteinander oder mit einer Bohrung — rote Zeile; Steg unter 1 mm — gelb; auf der Zeichenfläche blinkt an der Stelle ein Ring.
- „Spiegeln“ spiegelt Reihen, Versatz und Neigung exakt.

5 Befestigungswürfel und Gewinde

Die Paneele werden durch Würfel verbunden. Die Würfelgröße ist die Fabrikgröße: M3 — 10 mm, M4 — 15 mm, M5 — 20 mm, bei jeder Blechdicke (Randsteg an Deckel/Boden 2,7 / 4,3 / 5,9 mm). Ein größerer Würfel kann von Hand gewählt werden.

- **Gewinde nur in den Würfeln**, nie in den Paneelen. Kernlochdurchmesser: M3 — Ø2,5 mm, M4 — Ø3,3, M5 — Ø4,2.
- Physisch gibt es nur **4 Würfelarten** (zwei Eckwürfel A und B, zwei Stützen X und Z) — die Fabrik richtet die Maschine 4-mal ein.
- Die Kanäle im Würfel schneiden sich nirgends; der Steg dazwischen ist mindestens 1,1 mm (M3).
- Paneelbohrungen gibt es in drei Ausführungen: glatt, Senkung (Senkkopf) und Zylindersenkung (Zylinderkopf). Im Laser-DXF werden Senkung und Zylindersenkung nur markiert, nicht geschnitten.

Das Fusion-Skript für Würfel ordnet sie mit Abstand an, sonst würde das Bohren eines Würfels den Nachbarn treffen.

6 Trennwände

Eine Trennwand ist ein eigenes Teil, keine siebte Seite. Sie kann **quer** (teilt in vorderes und hinteres Abteil) oder **längs** (links und rechts) sein. Die Würfel stehen unmittelbar neben der Platte, nicht darin.

- Passt sie nicht an die gewählte Stelle, wird sie an die nächste zulässige verschoben, mit der Meldung „von X auf Y mm verschoben“.
- Kreuzen sich Quer- und Längstrennwand, gibt es eine rote Warnung: eine muss geteilt werden.
- Alte Projekte: öffnen und „Paneele generieren“ drücken.

7 Klemmleiste — Dickenberechnung

Eine Klemmleiste drückt Transistorgehäuse an das Kühlpaneel. Unter dem Feld „Dicke“ zeigt das Programm, ob sie steif genug ist: Aluminium ($E = 69\,000\text{ N/mm}^2$), 100 N je Transistor, Durchbiegungsgrenze 0,05 mm; geprüft werden der Abstand zwischen den Schrauben und der Überstand hinter der letzten Schraube.

- Dünne Leiste = gelbe Zeile in der 3D-Prüfung mit empfohlener Dicke.
- Ein Transistor hinter der letzten Schraube wird deutlich schwächer angedrückt: die Schraube zum Leistenende zu versetzen ist oft besser als eine dickere Leiste.

- Das Paneel unter der Leiste wird immer nach den Bohrungen der Leiste gebohrt.

8 Schraubenliste

Die Schaltfläche „Befestigung: was kaufen“ erstellt aus der gezeichneten Geometrie eine Tabelle von Schrauben, Muttern und Scheiben (Edelstahl A2). Der STEP-Export legt dieselbe Liste als FASTENERS_KREPEZH.txt ins Archiv.

- Schraubenlänge in den Würfel = Paneeldicke + 2×d Einschraubtiefe, auf Normlänge aufgerundet (M3: 4, 5, 6, 8, 10, 12, 14, 16, 18, 20, 25, 30 mm).
- Kopf nach Bohrungsart: Senkung — DIN 7991/ISO 10642, Zylindersenkung — DIN 912, glatt — ISO 7380.
- Reserve +10 %, mindestens 2 Stk. je Position. Mit Drucken und Kopieren.

9 Bezugspunkt und Steckerbibliothek

Wurden Bohrungen mit dem Messschieber von der Ecke einer echten Platine gemessen, setzen Sie einen „Bezugspunkt“ (gelbe Marke 0,0): Sie geben $\Delta X/\Delta Y$ ein, das Programm rechnet in Paneelkoordinaten um. Der Schalter Ecke / Punkt wählt den Ursprung.

Stecker	Ausschnitt / Bohrung
IEC C14	20 × 27,5 mm
XLR D-Serie	Ø24 mm
Klinke 6,35 mm	Ø9,5 mm
Cinch / phono	Ø10 mm
Mini-Kippschalter	Ø7 mm
Potentiometer, Achse 9 mm	Ø7 mm

Die Maße der Bibliothek sind Richtwerte: vor der Serie den ersten Probeausschnitt am echten Bauteil prüfen.

10 3D-Prüfung vor der Fertigung

„3D-ANSICHT“ baut das Gehäuse zusammen und prüft, dass jede Schraube ihren Würfel trifft, Würfel nicht kollidieren, Bohrungen sich nicht überlappen und Randstege nicht zu dünn sind. Die Prüfung rechnet mit Volumen. Randabstand: unter 2 mm — gelb, unter 1 mm — rot. Ergebnis: „PRODUKTIONSBEREIT“ oder eine Liste der Gründe.

Farbe	Bedeutung	Aktion
grün	Prüfung bestanden.	Weiter.
gelb	Geometrie korrekt, aber knappe Reserve.	Ansehen und entscheiden.
rot	Echter Konflikt.	Stoppen und beheben.

3D-Prüfung vor jedem Export öffnen, besonders nach dem Verschieben eines Würfels.

11 Export: welches Format wofür

Export	Zweck
STEP ohne Fusion	Teiledaten, serverseitig mit echten Boolean-Operationen gebaut (exakte Kreise, keine Polylinien).
Fusion: 1 oder 6 Paneele	Python-Skript für Fusion 360.
Würfel (Fusion)	Würfelskript; jeder Würfel ein eigener Körper.
Laser: Kontur / Schraffur / Markierung	DXF zum Schneiden, für Lüftung und Markierung zum späteren Bohren.
Projektspezifikation	Maße, Dicken, Befestigung, Würfel, Ergebnis der 3D-Prüfung.

Vor dem Download zeigt das Exportfenster eine Übersicht von Paneelen, Schrauben und Würfeln — ein weiterer Kontrollpunkt.

12 Speichern, PIN und Projekte

- **PIN** ist der Code des PROJEKTS (Schutz vor Überschreiben), nicht das Login-Passwort. Leerer PIN = Autospeichern aus, das Programm meldet es.
- Bei Versionskonflikt überschreibt das Programm nie stillschweigend, sondern fragt nach.
- Nach einer wichtigen Änderung speichern, ggf. neu laden und vor dem Export „Laden“.

13 Checkliste vor der Bestellung

- Richtiges Projekt und richtige Version geöffnet.
- Alle Paneele geprüft, auch Trennwände.
- 3D-Prüfung: kein Rot, Gelb verstanden.
- Übersicht (Paneele, Schrauben, Würfel) wie erwartet.
- Für den Laser das richtige DXF; „Markierung“ ist kein Schnitt.
- Schraubenliste geladen, Teile mit Reserve gekauft.
- Der Fabrik schreiben: „in den Würfeln Gewinde durchgehend schneiden, Paneele ohne Gewinde“.
- Bei der ersten Bestellung ein kleines Testgehäuse.

14 Wenn etwas komisch aussieht

Was Sie sehen	Wie es zu verstehen ist
Gelbe Warnung	Meist keine Störung, nur knappe Reserve. Vor der Bestellung prüfen.
Roter Fehler	Ergebnis nicht als fertig betrachten, bis es behoben ist.
Versionskonflikt	Es gibt eine neuere Änderung; nicht überschreiben, bis klar ist, welche bleibt.
Rote Zeile zum manuellen Würfel	Würfel markieren und „Löcher ausrichten“ drücken.
Trennwand im alten Format	„Paneele generieren“ drücken.

Wer es gebaut hat. Andrei Pasunko (Mechaniker und Elektronik-Reparateur, Tschechien) — Idee, Architektur, Maße und Toleranzen aus der realen Fertigung, Tests in der Fabrik. Code und Logik gemeinsam mit den KI-Assistenten Claude (Anthropic), Gemini und DeepSeek. Kein fremder Code wurde übernommen.

FrameForge PRO, Aluminiumgehäuse, Verstärkergehäuse, CNC, Laserschneiden, DXF, STEP, Fusion 360, Befestigungswürfel, parametrisches CAD, autoservis.shop