

RECADA / Airholder

Zusammenfassung des Projekts — Stand 10. September 2026 (Revision 50 des Hauptdokuments)

1. Die Idee in einem Satz

Ein Dachträger wird nicht mehr konstruiert, sondern erzeugt: Die Wahrheit sind Parameter und Code, die Geometrie ist ein Artefakt. Ein Werkzeug vermisst fremde Blechteile, rekonstruiert sie, macht sie parametrisch, prüft sie nach drei Kriterien und liefert das Fertigungspaket für den Zulieferer — ohne FreeCAD in der Kette, auf dem eigenen Server in Deutschland, ohne dass Daten das Haus verlassen.

2. Was bereits gebaut und bewiesen ist

Baustein	Stand	Nachweis
Vermessung (Dicke, Biegungen mit zwei Winkeln, Radien, Bohrungen, Freischnitte)	fertig	Defender-Halter LRDE-2BR1: $t = 3,0$, 7 Biegungen, 6 Bohrungen — auf zwei Rechnern bis auf die dritte Stelle identisch
Aufteilung in Schalen (virtueller Taster + Zweifärbung des Graphen)	fertig	41 Flächen decken 93 % der Oberfläche; Seiten 21/20
Rekonstruktion (Kinematik auf allen Flächen, Neuaufbau der Biegezone, Lochverschluss)	fertig	Volumen 78 031,6 gegen 78 031,6 mm ³ Original
Drei Abnahmekriterien: Metrologie, Geschlossenheit, Erkennung durch das Lieferantenportal	fertig	Portal Blechcon: Abwicklung 299 × 168 mm — identisch mit dem Original
Strecken entlang der Wandebene mit automatischer Schnittwahl; Operationen (Spiegeln, Bohren, Trimmen, Verrunden)	fertig	Wand +10 / +20 mm — geschlossen, fertigungstauglich
Einheitliches Arbeitsfenster: Baugruppenbaum als Tabelle, Gruppierung gleicher Teile, Stapel-Reverse, Plattform anheben, Fertigungspaket als ZIP	fertig	Baugruppe 84,5 MB mit 628 Objekten geladen
Parametrischer Biegewinkel mit Freischnitt-Neuaufbau	offen	einzige unerledigte Aufgabe der Kette; Weg klar: Freischnitt-Katalog aus der Bibliothek

Drei Fehler in der eigenen Prüfung wurden gefunden und behoben — keiner durch die KI, alle durch Gegenprüfung, Negativtest und die Ablehnung des Portals. Daraus die Regel: Test vor Code, Bibliothek als Regression danach. Der Kern ist mit KI geschrieben, durch die Realität geprüft und läuft ohne KI — deterministisch, ein Eingang, ein Ergebnis.

3. Architektur

Kern: OpenCASCADE direkt über die Python-Bindung OCP (7.9.3) — derselbe Kern wie in FreeCAD, aber headless, auf dem Server, in der CI, im Stapel. FreeCAD bleibt das Cockpit des Ingenieurs für neue Formen; der Codegenerator verbindet beide Richtungen. STEP an jeder Grenze, BREP nur intern; STEP mit Namen und Baugruppenstruktur über XCAF ist Pflicht für den Export.

Zwei Welten: B-Rep (Träger, Teile, Fertigung, 0,05 mm) und Netz (Fahrzeug als FBX/Scan, visuell, kalibriert). Sechs Datenquellen in absteigendem Vertrauen: Aufbaurichtlinien der Hersteller (VW, Ford, Stellantis) als erste Quelle für Grenzen, OEM-CAD als Geometrie, 2D-Zeichnungen, STL-Scans als Realität, eigene Halter aus Metall als Bestätigung, FBX als Bild. Eine Bibliothek: Objekt → Darstellungen mit Genauigkeitsklasse — für Fahrzeuge, Zubehör und eigene Teile gleich.

Versionsmodell nach dem Vorbild von Onshape: unveränderliche Mikroversionen mit Vater und Delta, Änderungen adressieren Elemente über geometrische Fingerabdrücke statt Positionen, Wiedereinspielen des Journals auf eine neue Revision des Originals, Zweige ohne Konflikte («Quelle gewinnt»).

4. Server, Datenschutz, Rechte

Hetzner EX44 (i5-13500, 64 GB, Falkenstein) für 59 € netto/Monat plus Storage Box in Helsinki für Backups. Entscheidung: OCCT-Viewer auf dem Server, nach außen nur Pixel — keine Netze, kein STEP; WireGuard mit persönlichem Schlüssel, Guacamole (kostenlos, Apache) als einzige Tür mit Sitzungsaufzeichnung, 2FA und gesperrter Zwischenablage; Kasm in Reserve für externe Auftragnehmer. Alle Bibliotheken auf dem eigenen Server statt CDN. EX44 reicht für fünf bis sechs gleichzeitig arbeitende Nutzer; ohne GPU, Rendering auf Anforderung statt Stream.

Rechte: Rahmenvertrag mit eIDAS-Signatur einmalig, Bestätigung bei jedem Login mit Protokoll, Herkunft jedes Ergebnisses in drei unabhängigen Logs (Journal, Git, Sitzung). Die Schutzmaßnahmen erfüllen zugleich die «angemessenen Geheimhaltungsmaßnahmen» des GeschGehG — der Datenschutz gibt der Bibliothek Rechtsschutz als Geschäftsgeheimnis. Keine Rechtsberatung; Vertragsmuster vom Anwalt.

5. Produkt statt Baugruppe

Ein Dachträger hat keine beliebigen Freiheitsgrade, sondern Produktparameter: Fahrzeug, Position auf dem Dach, Höhe über Dach, Länge, Breite, Querträger, Zubehör. Beine werden nicht verschoben, sondern neu erzeugt: Befestigungspunkte am Dach fixiert, Ständerwand um 20 mm gestreckt, Abwicklungen neu, DXF neu, drei Kriterien neu. Derselbe Kreislauf bedient die Aerodynamik: CFD sagt «30 mm vor, 10 mm hoch» — zwei Zahlen in product.json statt einer Woche Handarbeit.

Prüfungen auf Produktebene mit Quelle und Schwelle: Befestigungszonen (aus Aufbaurichtlinien), Dachlast, Punktlast, Schwenkbereich der Türen, Höhe für Parkhäuser (1,85 / 1,90 / 2,00 / 2,10 m), Beladung vom Boden (DIN 33402), Abstand zum Dach (Scan), Sicht, Aerodynamik (Strouhal), Schwerpunkt, ISO 11154, Zubehörkompatibilität. Montageanleitung, Zeichnung, Stückliste und Produktseite sind Artefakte aus product.json — sie werden erzeugt, nicht gepflegt.

Produktdesign mit Systemunterstützung: Beinfamilie statt Beine je Fahrzeug (Gemeinsamkeitsanalyse), Verstellbereich $\geq 2 \times$ Streuung aus Scans, Montagezeit als Kennzahl (Ziel eine Stunde durch Vormontage), ein Werkzeug für die ganze Baugruppe, galvanische Isolation als Regel, Ersatzteile nach Stücklistennummer, Seriennummer mit QR bis zur Charge. Werkstoffe: Profile 6063 (6082 bei Bedarf), Beine 1.4301 mit Küstenvariante 1.4404, EPDM-Unterlagen, ASA/PA6-GF-Kunststoffe, Polyester-Pulver; keine Schweißung.

6. Datenquellen und Rückkopplung

Bibliothek eigener Teile mit Portalantworten: kalibriert den K-Faktor je Radius/Dicke, liefert den Freischnitt-Katalog, DFM-Regeln aus der Praxis, Ähnlichkeitssuche («bewährtes Teil strecken statt neu konstruieren») und den Hausstandard für neue Konstrukteure. Wettbewerber als Datenquelle: Anleitungen, Maße, Gewichte — Benchmark, Kennzahlen (55 mm Airholder gegen 70 mm Front Runner), Patentprüfung; Geometrie wird nie kopiert.

Rückkopplung aus dem Feld: Reklamationen als strukturierte Datensätze über die Seriennummer bis zur Charge (CAPA nach ISO 9001 mit Daten statt Ordner), QR-Code je Montageschritt, Auswertung sozialer Medien (selbstgebaute Halter = fehlendes Zubehör, gebohrte Plattform = fehlende Nutposition). Sechstes Kriterium: das Feld.

7. Geschwindigkeit — messen statt fühlen

Studie DX (September 2026, 500+ Teams): KI beschleunigt das Codieren, nicht die Auslieferung — der Engpass sind Abstimmungen, Warten, Nacharbeit. Bei uns bestätigt: Kern in zwei Tagen, gebremst durch Warten auf Daten, Portalantworten, Entscheidungen. Messmethode am Piloten Ranger: neun Tore mit Zeitstempeln, Arbeitszeit gegen Wartezeit je Stufe, Prognose vor der Messung, Vergleich mit Defender. Vier Mechanismen gegen Iterationen: Prüfungen nach links verschieben (Ziel: neun von zehn Teilen beim ersten Portaldurchlauf), Vorhersage aus dem Journal (häufig geänderte Parameter als erste Ebene, Operationsketten als Makros), Varianten über Nacht statt einzeln, Reserve dort, wo Änderungen von außen kommen. Und das Billigste: fünf Entscheidungen vor der ersten Linie.

8. Monetarisierung — drei Modelle und ein Programm

Modell	Kern	Wer zahlt
A · Zubehör-Ökosystem	externe Konstrukteure entwerfen im System für unsere Schnittstelle; wir fertigen und verkaufen; Anteil an jedem Verkauf	Umsatzanteil
B · Konstruieren im System auf unseren Fahrzeugdaten	Aufbauhersteller, Camper, Regalsysteme, Anhänger arbeiten gegen unsere Fahrzeugpässe und Regeln — Daten verlassen den Server nicht; OEM-Schicht nur mit Herstellerzustimmung	Arbeitsplatz je Monat + Passzugang
C · Offenes Ökosystem: Hersteller, Selbermacher, Händler	Hersteller von LED-Bars und Solarpanels melden drei Zahlen (Lochbild, Masse, Maß) und erhalten den Adapter aus dem Generator; Kunden erhalten STL/DXF mit Prüfung vor dem Download; Händler und Werkstätten erhalten das Werkzeug am Tresen; Klassen: zertifiziert / Partner / selbstgebaut	Partnerbeiträge, Adapter, Händlerplatz
Programm «Airholder Ready»	nach dem Vorbild «Made for iPhone»: lizenzierbare Schnittstellenspezifikation mit Marke, drei Stufen Compatible / Ready / Certified, Prüfung statt Deklaration; erster Certified-Kandidat: Dachzelt	Jahresbeitrag + Abnahmegebühr je Stufe

Verteidigbar sind nicht der Code, sondern die über Jahre gesammelten Daten (Fahrzeugpässe mit Streuung, Lieferantenkalibrierung, Portalantworten, Prüfungen je Familie) und die deutsche Jurisdiktion als Produkt: «Daten verlassen Deutschland nicht» können Zoo, Onshape und Autodesk physisch nicht bieten.

9. Team und Beschaffung

Drei Profile, drei Einstellungen: Systembediener (junior/mittel Blech, Regeln stecken im Validator), Zubehörkonstrukteur (mittel/senior mit Serienerfahrung, fest oder projektweise, Polen/Tschechien/Türkei/Serbien), Python-OCCT-Entwickler (einer, später). Prüfung durch das System selbst: Reverse mit Falle, Blechkompetenz, Lesen der Aufbaurichtlinien, Ehrlichkeitsaufgabe, Git-Disziplin, Latenzmessung, Probemonat nach Journalzahlen. Geografie nach Latenz: bis 80 ms (Osteuropa, Balkan, Türkei, Kaukasus, Nordafrika) volle 3D-Arbeit; Indien und Südostasien für Aufgaben ohne aktives Drehen.

10. Budget und Reihenfolge

Infrastruktur und KI: ~180–280 € netto/Monat; keine Lizenzen — OCCT, FreeCAD, Blender, Open3D, Streamlit sind offen. Szenario A (Inhaber + KI): Kern für das Team in zwei bis drei Monaten, null Zusatzkosten. Szenario B (ein Ingenieur mit KI): 15–50 T€ je Markt für den vollen Kreislauf in einem halben Jahr. Szenario C (zwei Personen): 60–150 T€ für ein Jahr inklusive Konfigurator und ISO 11154. Zum Vergleich: Zoo hat Dutzende Millionen für einen eigenen Kern aufgenommen — wir haben den Kern kostenlos und eine enge Aufgabe.

Nächste Schritte in dieser Reihenfolge: Server aufsetzen (OS, Schlüssel, ufw, WireGuard, restic) → Kern und Oberfläche trennen, Aufgabenwarteschlange → Bibliotheksscanner → Regression in der CI → K-Faktor-Kalibrierung über das Portal → Freischnitt-Katalog → hybrider FreeCAD-Workbench → Fahrzeugpässe im Produkteditor. Drei Kontrollpunkte für die Sinnhaftigkeit: Bibliothek mit Regression läuft; erster Ranger-Haltersatz aus dem Werkzeug besteht das Portal; nach sechs Monaten ein Fahrzeug schneller als der Defender. Alles Weitere — Anleitungen, Scans, Streaming, Monetarisierung — erst danach.