

===== README.md =====

Sculptiq — Handbuch (Deutsch)

Die vollständige Referenz zum Sculptiq-Studio: jeder Schritt, jedes Bedienelement und was es am gedruckten Objekt verändert.

Dieses Handbuch behandelt das **Studio** — die Entwurfs- und Slicing-Oberfläche unter `/studio``. Die Raspberry-Pi-Edition, der Admin-Bereich und das Drucker-Connector-Programm haben eigene Dokumente und werden hier nur verlinkt.

- > Die englische Fassung ist die Quelle der Wahrheit. Bei Abweichungen gilt
- > die englische Fassung dieses Handbuchs.

Für wen dieses Handbuch ist

Für alle, die dünnwandige Objekte drucken — Lampenschirme, Vasen, Übertöpfe, Diffusoren, Gefäße — und den Werkzeugweg direkt steuern wollen, statt mit dem Vasenmodus eines generischen Slicers zu kämpfen.

CAD-Erfahrung wird nicht vorausgesetzt. Jeder Parameter in Sculptiq ist ein Regler, ein Eingabefeld oder ein Ziehen in der 3D-Ansicht.

Kapitel

#	Kapitel	Inhalt
---	---	---
1	Erste Schritte	Zugang, Studio-Aufbau, der erste Druck, Speichern und Rückgängig
2	Schritt 1 — Form	Zeichnen, Stift, Gitter, STL-Import, Silhouetten, Querschnitte, Größe, Überhang
3	Schritte 2 und 3 — Muster und Oberfläche	Mustertypen, Bild- und Text-Maps, Formel-Engine, Oberflächentextur, gewobene Wände
4	Schritte 4 und 5 — Boden und Drucker	Boden, Deckel, Fassungsverstärkung, Maschinenprofil, Schichten, Geschwindigkeiten, Naht, Bügeln
5	Vorschau, Pre-Flight und Export	Ansichtsmodi, Simulation, G-Code-Inspektor, Druckbarkeits-Score, Exportformate und Dateinamen
6	Schritt 6 — Verbinden	OctoPrint, Moonraker / Klipper, PrusaLink, Warteschlange, Kamera
7	Sound Sculpt	Audiogesteuerte Geometrie, Mapping-Modi, die Routing-Matrix
8	Tastenkürzel und Fehlerbehebung	Vollständige Tastaturbelegung, Tablet-Eingabe, häufige Probleme und ihre Lösung

Konventionen in diesem Handbuch

- **Alle Längen sind Millimeter**, sofern nicht anders angegeben. Winkel in Grad, Geschwindigkeiten in mm/s, Temperaturen in °C.
- **„Die Wand“** meint die eine durchgehende Spiralextrusion, die *das* Modell ist. Sculptiq erzeugt niemals ein zweites Perimeter, Infill oder eine massive Decke — abgesehen von den ausdrücklichen Boden- und Deckelfüllungen.
- **Normierte Werte (0–1)** stehen dort, wo ein Regler einen Anteil des Modells beschreibt — ein Ausblenden über die ersten 8 % der Höhe ist also ``0.08``.

- Bedienelemente sind exakt so benannt, wie sie in der Oberfläche erscheinen.
- Alles wird in deinem Browser berechnet. Geometrie, Werkzeugweg oder Exporte werden nie hochgeladen (Audiospuren sind die einzige optionale Ausnahme — siehe Kapitel 7).

Verwandte Dokumente

- Funktionen — Funktionsliste je Pipeline-Schritt
- Architektur — Aufbau der Pipeline
- Studio-Zugang — Konten, Einladungs-codes, Lizenzen
- Raspberry-Pi-Edition — Pi-Edition: Kiosk, WLAN, USB-Export
- Connector-Programm — einen Drucker-Connector schreiben
- Audio-Uploads — wohin hochgeladene Tracks gehen

===== 01-getting-started.md =====

1. Erste Schritte

1.1 Ins Studio gelangen

Die öffentliche Website — Startseite, Funktionen, Ablauf, Drucker, Preise, Galerie, Kontakt und Rechtliches — steht allen offen. Nur `/studio` ist geschützt.

1. **Anmelden** unter `/auth`. Die Karte enthält Anmeldung, Kontoerstellung und die Anforderung eines Einladungs-codes an einem Ort, über einem unscharfen Live-Studio-Hintergrund.
2. **Zugang** gibt es entweder über einen **Einladungscode** oder eine über den Checkout gekaufte **Lifetime-Lizenz**.
3. Hast du einen Code angefordert, merkt ihn sich dein Browser und löst ihn in dem Moment automatisch ein, in dem er ausgestellt wird — du landest direkt im Studio.
4. Ohne beides erklärt `/access` deine Möglichkeiten und lässt dich einen Code anfordern oder eine Lizenz kaufen.

Einladungs-codes schalten die **Browser Edition** für eine Woche frei. Die **Raspberry Edition** erfordert immer die Lifetime-Lizenz für 99 €.

Konten existieren nur für Personen, die einen Code angefordert oder gekauft haben. Deshalb erscheint das Registrierungsformular nur, wenn ein Code vorliegt oder ein Kauf gerade abgeschlossen wurde.

Details: das Dokument „Studio-Zugang“.

1.2 Der Aufbau des Studios

```text



|        |                       |                               |
|--------|-----------------------|-------------------------------|
| Schr.  | Einstellungsbereich   | Bühne (3D-Ansicht)            |
| leiste | Regler des Schritts,  | Ansichtsmodi, Werte, Scrubber |
| 1..6   | in dem du gerade bist |                               |

...

- **Schrittleiste** — die sechs Schritte der Pipeline: Form, Muster, Oberfläche, Boden, Drucker, Verbinden. Klicke eine Zahl oder drücke `1`–`6`. `[` und `]` gehen einen Schritt zurück bzw. vor. Die Sculptiq-Marke oben führt zurück zur Startseite.
- **Einstellungsbereich** — alle Regler des aktiven Schritts, mit einer Zeile oben, die erklärt, was der Schritt tut.
- **Bühne** — die Live-3D-Ansicht. Sie zeigt immer das *tatsächliche* Ergebnis, keine Annäherung: in den Pfadansichten siehst du die echten Extrusionswege.
- **Ansichtsmodi** — *Form* (Volumenmodell), *Werkzeugweg* (der Extrusionspfad), *Geschwindigkeit* (derselbe Pfad, nach Vorschub eingefärbt), *Vorschau* (glühendes Filament) und *Licht* (das Objekt als beleuchteter Schirm). `V` schaltet durch.
- **Werteleiste** — laufende Höhe, maximaler Durchmesser, Schichtanzahl und Düsendgröße.
- **Vollbild** — `F` vergrößert die Bühne; `F` oder `Esc` verlässt sie.

Unter dem Bereich liegen die Projektleiste (Speichern, Laden, Presets), Rückgängig / Wiederholen, der Schnellstart-Knopf, Sound Sculpt, Hilfe und Reset.

### ## 1.3 Dein erster Druck in zehn Minuten

1. **Schritt 1 — Form.** Ziehe die Standard-Silhouette oder wähle eine aus der Silhouetten-Bibliothek. Stelle *Höhe* und *Ø max* auf Werte, die Bett und Portal verkraften (120 × 100 mm sind ein sicherer Start).
2. **Schritt 2 — Muster.** Wähle *Sinus*, Frequenz etwa 12, Amplitude 2–3 mm, Drehung 90°. Lass die Ausblendungen aktiv, damit die ersten Schichten sauber bleiben.
3. **Schritt 3 — Oberfläche.** Für den ersten Druck auf *Keine* lassen.
4. **Schritt 4 — Boden.** *Konzentrisch*, 3 Bodenschichten. Ein *Loch* nur, wenn ein Kabel hindurch muss.
5. **Schritt 5 — Drucker.** Maschine, Material und Düse wählen. Schichthöhe und Einstellungen der ersten Schicht prüfen.
6. **Prüfen.** Bühne auf *Werkzeugweg* stellen, ein paar Schichten scrubben, dann den Pre-Flight-Dialog öffnen und den Score lesen.
7. **Exportieren.** G-Code speichern oder in **Schritt 6** an den Drucker schicken.

Der **Schnellstart** (`G`) führt mit einem minimalen Beispiel durch die Schritte 1–3, bleibt verschiebbar und blockiert nichts — du kannst weiterarbeiten, während er offen ist.

### ## 1.4 Presets und Founder Picks

Die Projektleiste enthält eingebaute Presets — gerippte Lampe, gedrehter

Übertopf, gestochene Vase, facettierter Schirm, weiche Schale, hohe Säule, Kastenlaterne, Wellenzylinder, Noise-Topf, Kabelpendel, Spiralrillen-Vase, Diamantnetz-Schirm. Jedes lädt einen vollständigen, drucktesteten Parametersatz, den du danach verändern kannst.

Kuratierte **Founder Picks** und die moderierte **Community-Galerie** liegen unter `/gallery``; jeder Eintrag öffnet sich mit einem Klick im Studio, bereit zum Remixen.

### ## 1.5 Arbeit sichern

| Mechanismus | Was er tut |  
| --- | --- |  
| **Autosave** | Der aktuelle Stand wird laufend in den Browserspeicher geschrieben. Nach dem Neuladen bist du wieder dort, wo du aufgehört hast. |  
| **Speicherplätze** | Benannte Schnappschüsse im Browser. Schnelle A/B-Vergleiche. |  
| **Presets** | Eigene Parametersätze, neben den eingebauten abgelegt. |  
| **.svstudio`-Projektdateien** | Ein vollständiges Projekt auf die Festplatte exportiert — das portable Format. Teilen, archivieren oder auf einen anderen Rechner mitnehmen. |  
| **Teilen-Links** | Eine URL, die den Entwurf trägt; beim Öffnen wird das Modell im Studio des Empfängers neu aufgebaut. |  
| **Cloud-Sync** | Angemeldet können Projekte, Profile, Presets und der Report-Verlauf mit deinem Konto synchronisieren. Siehe das Dokument „Cloud-Sync“. |

Der Projektname ist für Exporte wichtig: Er wird Teil jedes Exportdateinamens (siehe Kapitel 5).

### ## 1.6 Rückgängig, Wiederholen und Reset

- **Rückgängig / Wiederholen** erfassen jede Parameteränderung, jede Kurvenbearbeitung und jedes Ziehen am Gitter.
- **Reset** (`R``) setzt das Modell auf eine einzelne schlichte Silhouette zurück. Es fragt vorher nach, weil nicht gespeicherte Änderungen verloren gehen.

### ## 1.7 Offline arbeiten

Das Studio ist local-first: einmal geladen, arbeitet es ohne Netzverbindung weiter, Exporte eingeschlossen. Auf einem Raspberry Pi neben dem Drucker läuft es im Kioskmodus mit berührungsfreundlichen Bedienelementen, WLAN-Einrichtung und USB-Export — siehe das Dokument „Raspberry-Pi-Edition“.

===== 02-shape.md =====

## # 2. Schritt 1 — Form

Die Silhouette, die du hier zeichnest, wird um die senkrechte Achse zu einer durchgehenden Wand rotiert. Nichts Späteres in der Pipeline kann ein zweites Perimeter hinzufügen: diese Kurve **ist** das Modell.

## ## 2.1 Zeichenmodi

| Modus | Funktionsweise |

| --- | --- |

| **\*\*Zeichnen\*\*** | Freihand. Ziehe in der Profilfläche; der Strich wird zu einer Knotenkurve vereinfacht. |

| **\*\*Stift\*\*** | Editierbare Knoten. Klick auf leere Fläche fügt einen Knoten hinzu, Ziehen verschiebt ihn, Alt-Klick löscht ihn, Doppelklick schaltet zwischen weichem Knoten und harter Ecke um. |

| **\*\*Gitter\*\*** | Zeigt einen 3D-Kontrollkäfig um das Modell — siehe 2.3. |

**\*\*Detail\*\*** legt fest, auf wie viele Knoten ein gezeichneter Strich reduziert wird (Standard 14). Weniger Knoten geben eine glattere, leichter zu bearbeitende Kurve; mehr Knoten folgen deinem Strich genauer. **\*\*Kurve vereinfachen\*\*** führt diese Reduktion erneut auf der aktuellen Kurve aus.

Harte Eckknoten werden von jedem Glättungsdurchlauf respektiert — sie bleiben scharf.

## ## 2.2 Die Profilfläche

Die Fläche trägt Radius (waagrecht) gegen Höhe (senkrecht) auf, normiert 0–1 und mit *\*Höhe\** und *\*Ø max\** skaliert. Der linke Rand ist die Rotationsachse; ein Punkt auf der Achse schließt das Modell auf dieser Höhe.

Bereiche, in denen die Wand stärker als die Überhangsgrenze geneigt ist, werden rot gezeichnet (siehe 2.8).

## ## 2.3 Der Gitterkäfig

Aktiviere **\*\*Gitter\*\***, um einen Kontrollkäfig um die Wand zu legen.

- **\*\*Ringe\*\*** × **\*\*Punkte pro Ring\*\*** — die Dichte des Käfigs.
- **\*\*Ziehe einen Knoten in der 3D-Ansicht\*\***, um die Wand in jede Richtung zu bewegen: nach außen und innen (radial), seitlich um das Objekt (tangential) sowie nach oben und unten (vertikal).
- **\*\*Shift-Ziehen\*\*** bewegt den ganzen Ring auf einmal.
- **\*\*Klick auf einen Knoten\*\*** öffnet den Punkt-Editor für exakte Werte — *\*Außen\**, *\*Umlauf\**, *\*Höhe\**, alle in Millimetern.
- **\*\*Kantenglättung\*\*** mischt den Einfluss des Käfigs: *`0`* gibt harte Facetten, *`1`* eine weiche, durchgehende Fläche.
- Die automatische Modellrotation pausiert, solange der Käfig sichtbar ist, damit Knoten dort bleiben, wo du sie erwartest.

Ein unberührter Käfig verändert die Form nie — jeder Versatz startet bei 0 mm.

## ## 2.4 STL importieren

Der STL-Import ist ein vollwertiger Weg, kein Anhängsel. Lege eine binäre oder ASCII-STL ab, und Sculptiq zerlegt sie in:

1. eine **\*\*Silhouette\*\*** — den mittleren Radius je Höhe, editierbar wie jede

gezeichnete Kurve, und  
2. einen **\*\*winkelabhängigen Gitterkäfig\*\*** — die Abweichung von dieser Silhouette bei jedem Winkel, sodass eckige, gelappte oder facettierte Querschnitte den Import überstehen.

Von da an ist das Modell voll editierbar: neu proportionieren, neu mustern, neu texturieren und als einwandiger Druck neu slicen.

Beachte: Das Ergebnis ist immer ein einwandiges Objekt. Ein massives Maschinenbauteil wird auf diesem Weg zur Hülle seines Umrisses.

## ## 2.5 Silhouetten-Bibliothek

Fertige Startkurven — Zylinder, Kugel, Ei, Schale, Kegel, Amphore und mehr. Sie sind ein Ausgangspunkt, keine Vorlage: zieh danach weiter daran.

Wie jede andere Katalogliste lässt sich die Bibliothek im Admin-Bereich kuratieren — Einträge können deaktiviert, umbenannt und umsortiert werden.

## ## 2.6 Querschnitte

Der Querschnitt definiert die Grundfläche, um die die Kurve geführt wird.

| Modus | Regler | Hinweise |  
| --- | --- | --- |  
| **\*\*Rotation\*\*** | — | Perfekt rund. Der Standard. |  
| **\*\*Polygon\*\*** | **\*Seiten\*** | Ab 3. Prismen mit scharfen Ecken. |  
| **\*\*Box / Rechteck\*\*** | **\*Tiefe / Breite\***, **\*Eckradius\*** | Eine Superellipse. Verhältnis 1.0 ist quadratisch. |  
| **\*\*Ellipse\*\*** | **\*Tiefe / Breite\*** | Ovale Grundflächen. |  
| **\*\*Stern\*\*** | **\*Spitzen\***, **\*Taltiefe\***, **\*Spitzenrundung\*** | Kannelierte und Sternprofile. |

**\*\*Freihand-Box-Skizze.\*\*** Im Box-Modus kannst du den Querschnitt von Hand skizzieren, statt Tiefe / Breite / Rundung einzustellen: zeichne den Umriss einmal, und er wird über die volle Umdrehung in Radiusfaktoren abgetastet. Löscht du die Skizze, übernehmen wieder die Regler. Auf dem Tablet ist das der schnellste Weg.

## ## 2.7 Größe und Öffnungen

| Regler | Bedeutung |  
| --- | --- |  
| **\*\*Profilglättung\*\*** (0–10) | Glättet die gezeichnete Kurve. Harte Eckknoten bleiben unberührt. |  
| **\*\*Höhe\*\*** | Gesamte Druckhöhe in mm. Prüfe, ob sie unter dein Portal passt. |  
| **\*\*Ø max\*\*** | Breiteste Stelle des Modells in mm. |  
| **\*\*Ø unten\*\*** | Erzwingt einen exakten Öffnungsdurchmesser am Boden. Nützlich, wenn ein Teil über eine Fassung passen muss. |  
| **\*\*Ø oben\*\*** | Erzwingt eine exakte Öffnung oben. `0` schließt das Modell an der Spitze vollständig. |

Der Bauraum des gewählten Druckers wird in der Ansicht eingezeichnet, sodass ein Modell, das nicht passt, schon vor dem Export sichtbar ist.

## ## 2.8 Überhangsgrenze

Die **Überhangsgrenze** ist die stärkste Wandneigung, die dein Drucker verträgt, in Grad zur Senkrechten (45° ist ein üblicher, sicherer Wert).

Kurvenabschnitte jenseits der Grenze werden **rot**. Drei Wege zur Korrektur:

1. diesen Teil der Kurve nach innen ziehen, damit die Wand steiler steht,
2. die Grenze anheben, wenn du weißt, dass Maschine und Kühlung das aushalten, oder
3. die Schichthöhe verringern — feinere Schichten stehen steiler, sodass dieselbe Neigung wieder innerhalb der Grenze liegt.

Überhangsbefunde erscheinen auch im Pre-Flight-Score, jeweils direkt mit dem Regler verlinkt, der sie behebt.

## ## 2.9 Mehrteilige Profile

Ein Profil lässt sich in Höhenbänder teilen, jedes mit eigenen Mustereinstellungen, die über das Grundmuster gemischt werden — siehe Muster und Oberfläche. Damit bekommst du schlichten Fuß, gemusterten Körper und schlichten Rand an einem Modell.

## ## 2.10 Wandstärke

Die Wandstärke ist kein freier Parameter: sie entspricht der in Schritt 5 gesetzten **Linienbreite** — der Extrusionsbreite in Millimetern. Die Düse begrenzt nur den nutzbaren Bereich (etwa 0,8× bis 2,2× ihres Durchmessers); sie ist nicht selbst die Wand. Änderst du die Linienbreite, folgt die Wand; änderst du die Düse, folgt der Standardwert der Linienbreite ( $\approx 1,12\times$  des Durchmessers).

---

===== 03-pattern-surface.md =====

## # 3. Schritte 2 und 3 — Muster und Oberfläche

**Muster** verschiebt die Silhouette radial. **Oberfläche** formt den Werkzeugweg selbst um. Beides staffelt sich: zuerst das Muster, darüber die Oberfläche.

---

## # Schritt 2 — Muster

### ## 3.1 Mustertypen

|                                 |
|---------------------------------|
| Typ   Wirkung                   |
| ---   ---                       |
| <b>Keines</b>   Schlichte Wand. |

**\*\*Sinus\*\*** | Klassische senkrechte Kanneluren / Rippen. |  
**\*\*Drehung\*\*** | Rippen, die beim Aufsteigen rotieren. |  
**\*\*Welle (Ripple)\*\*** | Waagerechte Ringe, die die Wand hinauflaufen. |  
**\*\*Stern\*\*** | Scharfe radiale Spitzen. |  
**\*\*Noise\*\*** | Weiches Pseudozufalls-Relief — organisch, ohne Wiederholung. |  
**\*\*Superformel\*\*** | Mathematische Rosettenformen, von weichen Lappen bis zu Spitzen. |  
**\*\*Gehämmert\*\*** | Genoppes Relief wie geschlagenes Metall. |  
**\*\*Sonnenblume\*\*** | Phyllotaktische Spirale aus Noppen. |  
**\*\*Hexagon\*\*** | Wabenzellen. |  
**\*\*Plissee\*\*** | Scharf gefaltete Falten. |  
**\*\*Blasen\*\*** | Runde Blasen über die Wand verstreut. |  
**\*\*Wellen (waagrecht / senkrecht)\*\*** | Lange fließende Wellen in beide Richtungen. |  
**\*\*Noppen\*\*** | Regelmäßiges Raster weicher Noppen. |  
**\*\*Weich\*\*** | Sehr niederfrequentes Anschwellen — subtile Körperformung. |  
**\*\*Bild\*\*** | Eigenes PNG oder SVG als Verschiebungs-Map (3.4). |  
**\*\*Text\*\*** | In die Wand gerasterte Schrift (3.5). |  
**\*\*Formel\*\*** | Eigene Mathematik (3.6). |

### ## 3.2 Grundregler

| Regler | Bedeutung |  
 | --- | --- |  
**\*\*Frequenz\*\*** | Wie viele Wiederholungen rund um bzw. über das Modell passen. |  
**\*\*Amplitude\*\*** | Wie weit sich die Wand bewegt, in mm. Das ist echte Materialverschiebung — halte sie im Verhältnis zur Wand vernünftig. |  
**\*\*Drehung\*\*** | Gesamte Rotation des Musters über die volle Höhe, in Grad. |  
**\*\*Einblenden\*\*** | Anteil der Höhe, über den das Muster unten einsetzt. Hält die ersten Schichten sauber und haftend. |  
**\*\*Ausblenden\*\*** | Dasselbe oben. |  
**\*\*Versatz\*\*** | Verschiebt die Wand radial in mm — gleichmäßiges Anschwellen oder Schrumpfen. |  
**\*\*Phase\*\*** | Dreht den Startwinkel des Musters in Grad. |

Standardwerte: Sinus, Frequenz 12, Amplitude 2,5 mm, Drehung 90°, Einblenden 0,08, Ausblenden 0,05.

### ## 3.3 Der Live-Effektor

Der Effektor beschränkt das Muster auf ein Band des Modells, statt es über die ganze Wand laufen zu lassen.

| Regler | Bedeutung |  
 | --- | --- |  
**\*\*Effektor aktivieren\*\*** | Schaltet das Band ein. |  
**\*\*Position\*\*** | Mitte des Bandes, 0 (Boden) bis 1 (oben). |  
**\*\*Bereich\*\*** | Volle Breite des Bandes als Anteil der Höhe. |  
**\*\*Weichzeichnung\*\*** | Weiche Kante auf beiden Seiten des Bandes. |  
**\*\*Stärke\*\*** | Multiplikator innerhalb des Bandes, 0–2. Über 1 wird das Muster dort überzeichnet. |  
**\*\*Invertieren\*\*** | Muster überall \*außer\* im Band. |

Der Effektor rechnet bei jeder Änderung die ganze Wand neu. Die Aktualisierungen sind gedrosselt, damit die Oberfläche beim Ziehen reaktionsfähig bleibt; auf sehr

bescheidener Hardware senkst du beim Formen die **Pfadauflösung** (Segmente pro Umdrehung) in Schritt 3 und erhöhst sie vor dem Export wieder.

### ## 3.4 Bild- und SVG-Import

Lege ein transparentes PNG oder ein SVG ab; es wird zu einer normierten Höhenkarte gerastert und um die Wand gelegt.

| Regler                     | Bedeutung                                                                    |
|----------------------------|------------------------------------------------------------------------------|
| ---                        | ---                                                                          |
| <b>Kachel X / Kachel Y</b> | Wie oft sich die Karte rundherum und nach oben wiederholt.                   |
| <b>Invertieren</b>         | Vertauscht hoch und tief.                                                    |
| <b>Alpha verwenden</b>     | Liest Transparenz statt Helligkeit. Ideal für Logos auf transparentem Grund. |

Die Amplitude bestimmt weiterhin, wie tief die Karte schneidet, und die Ausblendungen gelten weiterhin.

Praxistipp: Kontrastreiche, einfache Grafiken drucken am besten. Feine Verläufe unterhalb von etwa einer Schichthöhe verschwinden in der Wand.

### ## 3.5 Text und Schrift

Das Muster **Text** rastert Schrift in dieselbe Karte, die auch ein importiertes Bild nutzen würde.

| Regler                            | Bedeutung                                        |
|-----------------------------------|--------------------------------------------------|
| ---                               | ---                                              |
| <b>Text</b>                       | Die Zeichenkette. Mehrzeilig wird unterstützt.   |
| <b>Schrift</b> und <b>Schnitt</b> | Schriftart und Strichstärke des Rasters.         |
| <b>Laufweite</b>                  | Zusätzlicher Abstand zwischen Zeichen.           |
| <b>Zeilenabstand</b>              | Zeilenhöhen-Multiplikator für mehrzeiligen Text. |
| <b>Versalhöhe</b>                 | Buchstabenhöhe als Prozentsatz der Karte.        |
| <b>Kontur</b>                     | Umrissene statt gefüllte Buchstaben.             |
| <b>Fase</b>                       | Kantenrundung, 0 (scharf) bis 100 (sehr weich).  |

Die Fase ist bei einer einzelnen Wand wichtig: eine scharfe Kante auf dünner Wand kann eine Stufe erzeugen, die die Düse nicht auflösen kann — weiche sie also auf, wenn Buchstaben ausgefranst drucken.

### ## 3.6 Die Formel-Engine

Wähle **Formel**, um die Verschiebungsmathematik selbst zu schreiben. Der Ausdruck wird vom eigenen Compiler von Sculptiq geparkt — er wird nie als JavaScript ausgeführt und ist auf 512 Zeichen begrenzt.

**Variablen**

| Name     | Bedeutung                       |
|----------|---------------------------------|
| ---      | ---                             |
| <b>a</b> | Winkel um die Wand, 0 bis 6.283 |
| <b>t</b> | Höhe, 0 am Boden, 1 oben        |

| `f` | Der Frequenzregler |  
| `pi` | 3.14159... |  
| `tau` | 6.28318... (eine volle Umdrehung) |

**\*\*Funktionen\*\*** — `sin`, `cos`, `tan`, `abs`, `sqrt`, `exp`, `log`, `floor`,  
`ceil`, `round`, `sign`, `noise` (weiches Pseudozufalls-Wackeln, -1 bis 1) sowie  
`min`, `max` und `pow` mit zwei Argumenten.

Das Ergebnis wird mit der **\*Amplitude\*** multipliziert, halte den Ausdruck also grob  
im Bereich -1...1.

**\*\*Beispiele\*\***

```
```text
Welle  sin(a * f) * 0.6 + sin(t * tau * 6) * 0.4
Geflecht sin(a * f + t * tau * 4) * cos(a * 2 - t * tau * 2)
```
```

Fehler werden mit einem Zirkumflex an der Stelle gemeldet, an der das Parsen  
abgebrochen ist.

### ## 3.7 Musterabschnitte

Abschnitte sind zusätzliche Höhenbänder, jedes mit einem eigenen Muster, das über  
das Grundmuster gemischt wird.

Pro Abschnitt: **\*\*Aktiv\*\***, **\*\*Start\*\*** und **\*\*Ende\*\*** (0–1 der Höhe),  
**\*\*Weichzeichnung\*\*** (weiche Kante auf beiden Seiten) sowie eigene(r) **\*\*Typ\*\***,  
**\*\*Frequenz\*\***, **\*\*Amplitude\*\***, **\*\*Phase\*\*** und **\*\*Drehung\*\***.

Typischer Einsatz: schlichter Fuß, gerippter Körper, Hexagon-Kragen unter dem  
Rand — ein Modell, drei Behandlungen.

---

### # Schritt 3 — Oberfläche

Die Oberfläche formt den Werkzeugweg um, nicht die Silhouette. Das ist der  
Unterschied zwischen einer Wand, die eine Textur hat, und einer Wand, deren  
**\*Pfad\*** die Textur ist.

### ## 3.8 Oberflächentypen

| Typ | Wirkung |  
| --- | --- |  
| **\*\*Keine\*\*** | Schlichte Spirale. |  
| **\*\*Stiche\*\*** | Kurze abwechselnde Bewegungen nach innen/außen, wie eine Strickmasche. |  
| **\*\*Verzerrung\*\*** | Fortlaufendes Wackeln des Pfades. |  
| **\*\*Säulen\*\*** | Senkrechte Grate, direkt in den Pfad gebaut. |  
| **\*\*Netz\*\*** | Offene Rautenzellen — die Wand wird zum Gitter. |  
| **\*\*Facetten\*\*** | Fläche, geschliffene Felder. |

| **Gewoben** | Ein **nicht-planarer** Pfad: die Düse bogen auf und ab, sodass aufeinanderfolgende Reihen wie gewobene Schlaufen ineinandergreifen. |

### ## 3.9 Regler

| Regler | Bedeutung |  
| --- | --- |  
| **Tiefe** | Wie weit der Oberflächeneffekt die Wand bewegt, in mm. |  
| **Abstand** | Senkrechte Periode des Effekts, in mm. |  
| **Anzahl** | Winkelwiederholungen rund um das Modell. |  
| **Z-Neigung** | Neigt das Muster, sodass es spiralt statt gerade zu stapeln. |  
| **Form** | Wandelt die Wellenform von weichem Sinus (0) zu hartem Rechteck (1). |  
| **Flussmodulation** | Variiert die Extrusion entlang des Pfades, sodass Spitzen fester drucken als Täler. |  
| **Ecken runden** | Nur Netz: mildert die Zellen von scharfen Rauten zu gerundeten Öffnungen. |

### **Nur Gewoben**

| Regler | Bedeutung |  
| --- | --- |  
| **Schlaufenhöhe** | Bogenhöhe jeder Schlaufe, in mm. |  
| **Überlappung** | Wie weit Reihen ineinandergreifen, 0 bis 0,85. Zu wenig, und die Schlaufen fassen nicht. |  
| **Schlaufendrehung** | Winkelvorschub pro Reihe, in Grad. |

Gewobene Wände fordern die Maschine mehr als alles andere in Sculptiq: die Düse bewegt sich während der Extrusion in Z. Prüfe den Pre-Flight-Bericht und drucke langsam. Manche Drucker mit großem, tief hängendem Lüfterschacht kollidieren mit vorherigen Schlaufen — verringere dann die Schlaufenhöhe.

### ## 3.10 Netzwände und Licht

Netz und Gewoben erzeugen beide Öffnungen. Bei Lampenschirmen ist genau das der Sinn: schalte die Bühne auf die **Licht**-Ansicht, um das Schattenmuster zu sehen, bevor du Filament einsetzt. **Struktur** in den Lichtreglern überzeichnet streifendes Licht, damit das Relief klar lesbar wird.

---

===== 04-floor-and-printer.md =====

## # 4. Schritte 4 und 5 — Boden und Drucker

---

### # Schritt 4 — Boden und Decke

Schließt den Boden und, wenn du willst, die Oberseite des Modells. Alles dazwischen ist die eine Spiralwand.

## ## 4.1 Boden

| Regler | Bedeutung |  
| --- | --- |  
| **Bodentyp** | **Konzentrisch** (Ringe von außen nach innen), **Linear** (gerade Bahnen hin und her), **Spirale** (eine durchgehende Spirale) oder **Keiner**. |  
| **Bodenschichten** | Wie viele massive Schichten vor dem Wandbeginn gelegt werden. Zwei oder drei sind üblich; mehr, wenn der Boden Last tragen muss. |  
| **Linienbreite** | Extrusionsbreite der Füllbahnen. Etwas breiter als die Wand ergibt einen dichteren, wasserdichten Boden. |  
| **Loch** | Lässt eine mittige Öffnung frei. |  
| **Lochdurchmesser** | Größe dieser Öffnung in mm — Lampenkabel, Fassungsgründe, Abflussloch. |

**Keiner** lässt den Boden offen — praktisch für Schirme, die über eine vorhandene Fassung gleiten, und für Objekte, die mit dem Rand nach unten gedruckt werden.

**Welcher Bodentyp?** Konzentrisch ist am zuverlässigsten und am dichtesten. Linear ist am schnellsten. Spirale gibt den saubersten Boden in einer Bewegung und passt natürlich zur folgenden Wand.

## ## 4.2 Decke

Dieselben Optionen für die Oberseite des Modells: Typ, **Deckschichten**, Linienbreite, Loch und Lochdurchmesser. Beide Enden lassen sich verschließen.

Eine Decke ergibt nur Sinn, wenn sich die Wand oben weit genug geschlossen hat, damit die Füllung getragen wird. Ist  $\varnothing$  oben groß, wird die Pre-Flight-Prüfung erwartungsgemäß vor einer ungestützten Decke warnen.

## ## 4.3 Fassungs-/Leuchtmittel-Verstärkung

Rund um ein Mittelloch kannst du eine Verstärkung drucken, damit eine Lampenfassung oder ein Leuchtmittelhalter montiert werden kann.

| Regler | Bedeutung |  
| --- | --- |  
| **Verstärkung** | Schaltet die Verstärkung ein. |  
| **Speichen** | 2–12 radiale Rippen, die vom Kragen nach außen laufen. |  
| **Breite** | Breite des Kragen- und Speichenbandes, in mm. |  
| **Kragen** | Zusätzliches Kragenband außerhalb des Lochs, in mm. |  
| **Schichten** | Zusätzliche Verstärkungsschichten obenauf. |  
| **Dicke** | Extrusionsdicke von Kragen und Rippen, in mm. |

Die Verstärkung wird sowohl in den exportierten **G-Code** als auch in die **Mesh-Exporte** (STL / 3MF / OBJ) geschrieben.

- > **Wichtig** — Vasenmodus und Verstärkung schließen sich aus.
- > Mit **ausgeschalteter** Verstärkung lässt sich ein Mesh-Export im Spiral-Vasenmodus zu einer nahtlosen einwandigen Spirale slicen. Mit **eingeschalteter** Verstärkung slice im **normalen** Modus: der Vasenmodus erlaubt genau eine Wand und verwirft Kragen und Speichen stillschweigend. Oder

> drucke einfach den G-Code, den Sculptiq exportiert — er enthält bereits alles.

## ## 4.4 Spiralrampe

**\*\*Rampenumdrehungen\*\*** (Schritt 5) legt fest, über wie viele Umdrehungen die Wand aus dem Boden herausgeführt wird. `0` startet die Wand abrupt, was eine sichtbare Stufe oder eine schwache Verbindung hinterlassen kann; ein bis drei Umdrehungen blenden den Übergang weich.

---

## # Schritt 5 — Drucker

Maschine, Material und alles, was der G-Code-Writer braucht.

## ## 5.1 Maschine und Material

| Regler | Bedeutung |

| --- | --- |

| **\*\*Druckerprofil\*\*** | Fertige Profile für Bambu Lab, Anycubic, Prusa, Elegoo, Snapmaker und Creality, dazu ein eigenes Profil für alles andere. Legt Bauraum, Standardwerte sowie Start-/End-G-Code fest. |

| **\*\*Material\*\*** | Legt Temperaturen, Lüfter und die Dichte für die Gewichtsschätzung fest. |

| **\*\*Düse\*\*** | 0,2 / 0,4 / 0,6 / 0,8 mm oder ein eigener Wert. Die **\*\*Linienbreite\*\*** ergibt die Wandstärke; die Düse begrenzt nur deren nutzbaren Bereich (siehe §2.10). |

| **\*\*Filamentdurchmesser\*\*** | 1,75 mm bei den meisten Maschinen; 2,85 bei manchen. Für die Extrusionsrechnung. |

Eigene Druckerprofile lassen sich im Admin-Bereich anlegen und verwalten, und die gesamte Druckerliste kann dort kuratiert werden.

## ## 5.2 Schichten und Breiten

| Regler | Bedeutung |

| --- | --- |

| **\*\*Schichthöhe\*\*** | Steuert Detail und Druckzeit. Eine Spiralwand ist gutmütig; 0,2 mm ist ein guter Standard, 0,12 mm für feines Relief. |

| **\*\*Linienbreite\*\*** | Wie fett jede Extrusion ist. Typisch  $1,0\text{--}1,25 \times \text{Düse}$ . |

| **\*\*Höhe erste Schicht\*\*** | Eine dickere erste Schicht haftet deutlich besser. |

| **\*\*Breite erste Schicht\*\*** | Breitere Bahnen der ersten Schicht vergrößern den Bettkontakt. |

| **\*\*Segmente pro Umdrehung\*\*** | Auflösung des Kreispfades. Höher ist glatter und rechenintensiver; niedriger hält die Oberfläche beim Formen flott. |

**\*\*Variable Schichthöhe.\*\*** Aktiviere **\*\*Variable Schichten\*\***, damit die Schichthöhe auf die Geometrie reagiert: dünner in Krümmungen, dicker an geraden Wänden.

**\*\*Schichtvariation\*\*** begrenzt in Prozent, wie weit sie vom Nennwert abweichen darf (`0` schaltet sie ab).

## ## 5.3 Geschwindigkeiten

| Regler | Bedeutung |

| --- | --- |

| **\*\*Druckgeschwindigkeit\*\*** | Vorschub der Wand, mm/s. Hohe dünne Wände mögen es langsam. |  
| **\*\*Geschwindigkeit erste Schicht\*\*** | Langsamer ist besser; hier entscheidet sich die Haftung. |  
| **\*\*Fahrgeschwindigkeit\*\*** | Bewegungen ohne Extrusion. Eine Spiralwand fährt kaum. |  
| **\*\*Adaptive Geschwindigkeit\*\*** | Verlangsamt die Wand dort, wo das Muster eng dreht, damit scharfe Details genau bleiben. |  
| **\*\*Adaptives Minimum\*\*** | Der langsamste Wert, den der adaptive Durchlauf nutzen darf, in Prozent der Druckgeschwindigkeit. |

Der Ansichtsmodus *\*Geschwindigkeit\** färbt den Werkzeugweg nach Vorschub, sodass du genau siehst, wo der adaptive Durchlauf eingreift.

## ## 5.4 Temperatur, Kühlung und Fluss

| Regler | Bedeutung |  
| --- | --- |  
| **\*\*Düsentemperatur\*\*** | Aus dem Materialprofil, sofern du sie nicht überschreibst. |  
| **\*\*Betttemperatur\*\*** | Ebenso. |  
| **\*\*Lüfter\*\*** | 0–100 %. Dünne Einzelwände wollen meist viel Kühlung; die erste Schicht meist gar keine. |  
| **\*\*Fluss\*\*** | Extrusionsmultiplikator in Prozent. Etwas anheben für festere, dichtere Wände. |

## ## 5.5 Naht, Z-Hop und Rückzug

| Regler | Bedeutung |  
| --- | --- |  
| **\*\*Nahtmodus\*\*** | *\*Ausgerichtet\** hält den Wandstart auf festem Winkel; *\*Zufällig\** lässt ihn je Umdrehung wandern, sodass keine sichtbare Linie entsteht. |  
| **\*\*Nahtwinkel\*\*** | Der feste Winkel bei ausgerichteter Naht. Leg ihn nach hinten. |  
| **\*\*Weiches Z\*\*** | Führt Z-Hops über eine kurze Strecke, statt gerade hochzuspringen. |  
| **\*\*Rückzug\*\*** | Nur bei Fahrbewegungen genutzt — eine Spiralwand zieht kaum zurück. |  
| **\*\*Z-Hop\*\*** | Anheben bei Fahrbewegungen. |

## ## 5.6 Bügeln

**\*\*Boden bügeln\*\*** führt einen feinen Durchlauf mit geringem Fluss über die Bodenoberseite, um sie zu glätten. **\*\*Bügelfluss\*\*** ist der Fluss dieses Durchlaufs in Prozent einer normalen Bahn; **\*\*Bügelabstand\*\*** ist der Ringabstand in Prozent der Linienbreite.

Nützlich, wenn der Boden eine sichtbare Fläche ist — Tablett, Untersetzer, ein Sockel, der nach oben zeigt.

## ## 5.7 Eigener Start- und End-G-Code

Kopiere, füge ein, bearbeite oder setze den Start- und Endblock der Maschine zurück, damit jeder Drucker korrekt angesteuert wird. Der Block wird wortgetreu um den erzeugten Werkzeugweg geschrieben. Zurücksetzen stellt den Block aus dem gewählten Druckerprofil wieder her.

## ## 5.8 Export

Der Export sitzt am Ende von Schritt 5. Formate, Dateinamen, Metadaten-Stempel und das Pre-Flight-Tor behandelt  
Kapitel 5.

---

===== 05-preview-preflight-export.md =====

## # 5. Vorschau, Pre-Flight und Export

### ## 5.1 Ansichtsmodi

| Modus | Was du siehst |  
| --- | --- |  
| **Form** | Das Volumenmodell — der schnellste Weg, Proportionen zu beurteilen. |  
| **Werkzeugweg** | Der tatsächliche Extrusionspfad, Bewegung für Bewegung. Das ist die Wahrheit: was du siehst, steht im G-Code. |  
| **Geschwindigkeit** | Derselbe Pfad, nach Vorschub eingefärbt. Zeigt, wo die adaptive Geschwindigkeit bremst. |  
| **Vorschau** | Ein glühendes Filament-Rendering — am nächsten an der späteren Optik. |  
| **Licht** | Das Objekt als beleuchteter Lampenschirm. |

`V` schaltet die Modi durch. `F` schaltet das Vollbild um.

**Lichtregler** (Licht-Ansicht): **Intensität**, **Wärme** (kaltweiß bis warmes Glühlicht), **Leuchtmittelhöhe**, **Transluzenz**, **Raum** (Umgebungslicht) und **Struktur** — ein Streiflicht-Kontrast, der Oberflächenrelief lesbar macht. Das sind reine Ansichtseinstellungen: sie berühren weder Werkzeugweg noch Mesh oder G-Code.

### ## 5.2 Schicht-Scrubber und Simulation

In den Pfadansichten läuft ein Scrubber neben der Bühne.

- **Schichtmodus** — Schicht für Schicht durch den Druck gehen, mit aktueller Schichtnummer und Z-Höhe.
- **Bewegungsmodus** — einzelne Bewegungen durchgehen. Feature-Typ und Bewegungsindex werden angezeigt.
- **Abspielen / Pause** für den Werkzeugkopf-Durchlauf, plus schrittweises Vor- und Zurückgehen mit den Pfeiltasten.
- **Zeigen / isolieren** — alles außer z. B. der Verstärkung ausblenden, um sie einzeln zu prüfen.
- **Alles zeigen** setzt die Vorschau auf volle Höhe mit allen Features zurück.
- **Wandkontinuität** wird live gemeldet: durchgehend und stets steigend — oder eine Meldung, die dich per Klick direkt zur betreffenden Bewegung bringt.

### ## 5.3 Bauraum und G-Code-Inspektor

Der **Bauraum** des gewählten Druckers wird um das Modell gezeichnet, sodass ein

Teil, das nicht passt, schon vor dem Export offensichtlich ist.

Der **G-Code-Inspektor** zeigt die erzeugte Datei selbst — Kopf, Startblock, die Wand, den Endblock — mit hervorgehobener Bewegung unter dem Scrubber. Damit prüfst du einen eigenen Startblock, kontrollierst Temperaturen oder verifizierst, dass die Verstärkung wirklich in der Datei steht.

## ## 5.4 Pre-Flight-Prüfung

Der Pre-Flight-Dialog bewertet den Werkzeugweg **von 100** und gibt ein grünes / gelbes / rotes Urteil.

Er erklärt jeden Abzug, und jeder Befund verlinkt direkt auf den Regler, der ihn behebt — änderst du den Wert, aktualisiert sich der Score live, ohne den Dialog zu verlassen. Typische Befunde:

- Wandabschnitte jenseits der **Überhangsgrenze**,
- Wände dünner, als die Düse tatsächlich legen kann,
- ungestützte **Decke** über einer großen oberen Öffnung,
- Modell außerhalb des **Bauraums**,
- nicht-planare (gewobene) Bewegungen mit Kollisionsrisiko am Lüfterschacht,
- extreme Geschwindigkeiten oder Flusswerte.

Der Dialog spielt außerdem den **Werkzeugkopf-Durchlauf** ab, sodass du den Druck sehen kannst, bevor er passiert.

**Berichte.** Exportiere das Pre-Flight-Ergebnis als **HTML** oder **PDF**. Jeder Bericht trägt eine eigene Report-ID, den vollständigen Parametersatz und den Score, was ihn zu einem brauchbaren Nachweis für Kundschaft oder Archiv macht. Der Berichtsverlauf kann angemeldet mit deinem Konto synchronisieren.

Ein **Druckbarkeits-Badge** sitzt neben dem Export-Knopf, sodass der aktuelle Score immer sichtbar ist.

## ## 5.5 Export

### ### Formate

| Format            | Verwendung                                                                                                                                            |
|-------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| ---               | ---                                                                                                                                                   |
| <b>G-Code</b>     | Druckt direkt. Enthält alles: Wand, Boden, Decke, Verstärkung, Bügeln, Nahtbehandlung, deinen Start-/Endblock.                                        |
| <b>.gcode.3mf</b> | G-Code in einem 3MF-Container, für Maschinen und Hosts, die das erwarten.                                                                             |
| <b>STL</b>        | Wasserdichter Dünnwandkörper. Das Kabel-/Fassungsloch ist durchgeschnitten, und eine etwaige Verstärkung (Kragen und Speichen) steckt im selben Mesh. |
| <b>3MF</b>        | Dieselbe Geometrie als 3MF.                                                                                                                           |
| <b>OBJ</b>        | Dieselbe Geometrie als OBJ.                                                                                                                           |

Mesh-Exporte sind **wasserdichte Dünnwandkörper**. Ist die Verstärkung aktiv, reisen Kragen und Speichen mit dem Mesh — genau wie mit dem G-Code — und slicen mit oder ohne Spiral-Vasenmodus hohl. Ohne Verstärkung ist der Vasenmodus

optional — nutze ihn für die nahtlose einwandige Spirale. Mit Verstärkung slice im normalen Modus (siehe 4.3).

### ### Metadaten-Stempel

G-Code, 3MF und OBJ tragen den vollen Stempel: Sculptiq-Version, Drucker, Material, Düse, Wandbreite, Schichthöhe, Druckbarkeits-Score, Prüfsumme und Zeitstempel. Binäres STL hat nur einen 80-Byte-Kopf und trägt daher die identifizierende Teilmenge — Version, Prüfsumme, Score und Datum. Damit beschreibt sich eine exportierte Datei auch Monate später selbst; für den vollständigen Nachweis bewahre G-Code oder 3MF neben der STL auf.

### ### Dateinamen

Exporte werden nach deinem Projekt benannt, als Slug:

```
```text
sculptiq_ribbed-lamp.gcode
sculptiq_ribbed-lamp.stl
sculptiq_diamond-mesh-shade.3mf
```
```

Ein unbenanntes Projekt fällt auf `sculptiq.<ext>` zurück. Wiederholte Namen innerhalb einer Sitzung bekommen ein Zahlensuffix (‘sculptiq\_ribbed-lamp-2.gcode’), damit Downloads einander nie überschreiben. Der exakte Dateiname steht vor dem Export in der Pre-Flight-Fußzeile, sodass du ihn vorher bestätigen kannst.

### ### Stapel-Export

Exportiere mehrere Formate — oder mehrere Presets — in einem Vorgang, jeweils mit eigenem aufgelöstem Dateinamen.

## ## 5.6 Teilen und Galerie

- **Teilen-Link** — eine URL, die den ganzen Entwurf trägt. Beim Öffnen wird das Modell im Studio des Empfängers neu aufgebaut, bereit zum Remixen.
- **In der Galerie veröffentlichen** — einen Entwurf an `/gallery` einreichen. Einträge werden vor der Anzeige moderiert; freigegebene Entwürfe öffnen sich mit einem Klick im Studio. Kuratierte **Founder Picks** stehen über dem Community-Feed.

## ## 5.7 USB-Export (Raspberry-Pi-Edition)

In der Pi-Edition können Exporte direkt auf einen USB-Stick geschrieben werden. Übertragungen laufen in Blöcken, zeigen den Fortschritt live und setzen byte-genau fort, wenn der Stick abgezogen wird oder der Pi mitten im Schreiben neu startet. Siehe das Dokument „Raspberry-Pi-Edition“.

---

===== 06-connect.md =====

## # 6. Schritt 6 — Verbinden

Optional. Schritt 6 schickt den fertigen G-Code an einen Drucker im lokalen Netzwerk, statt eine Speicherkarte durch den Raum zu tragen.

Nichts davon ist Pflicht: du kannst die Datei immer in Schritt 5 exportieren und damit machen, was du willst.

### ## 6.1 Unterstützte Hosts

| Host                       | Was du brauchst                                                                                                                         |
|----------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| ---   ---                  |                                                                                                                                         |
| <b>OctoPrint</b>           | Host-Adresse (z. B. <code>http://octopi.local</code> ) und einen API-Key aus <i>Einstellungen</i> → API*.                               |
| <b>Moonraker / Klipper</b> | (Fluidd, Mainsail)   Moonraker-Adresse, meist <code>http://&lt;pi&gt;:7125</code> . Ein API-Key nur, wenn deine Instanz einen verlangt. |
| <b>PrusaLink</b>           | Druckeradresse und das PrusaLink-Passwort / den API-Key vom Druckerdisplay.                                                             |
| <b>Bambu Lab (LAN)</b>     | Noch nicht ausgeliefert — es ist die offene Startanfrage des Connector-Programms. Siehe 6.7.                                            |

### ## 6.2 Verbinden

1. Host-Typ wählen.
2. Adresse eingeben. Schema (`http://` oder `https://`) und Port angeben, falls nicht Standard.
3. API-Key eingeben, wo der Host einen braucht.
4. **Verbindung testen.** Sculptiq meldet Hostname und Zustand zurück.
5. **Hochladen** — der aktuelle G-Code wird gesendet, mit demselben Dateinamen, den Schritt 5 erzeugt hätte.
6. Optional den **Druck direkt nach dem Upload starten**.

Zugangsdaten bleiben in deinem Browser. Das Studio spricht direkt über dein lokales Netzwerk mit dem Drucker.

### ## 6.3 Druckwarteschlange

Uploads werden eingereiht statt blind abgefeuert, sodass mehrere Exporte nacheinander gesendet werden und jeder Fortschritt und Ergebnis einzeln meldet. Ein fehlgeschlagener Upload bleibt mit seinem Fehler in der Warteschlange, bereit für einen neuen Versuch.

### ## 6.4 Kamera

Bietet der Host einen MJPEG-Stream, zeigt ihn das Kamerapanel im Studio — praktisch, um die erste Schicht zu beobachten, ohne die Oberfläche zu wechseln. Gib die Stream-URL ein (z. B. `http://octopi.local/webcam/?action=stream`).

## ## 6.5 Überwachung und Steuerung

Läuft ein Druck, fragt das Studio den Drucker ab und zeigt **\*\*Zustand\*\*** (druckt, pausiert, bereit), **\*\*Fortschritt\*\*** (0–100 %), Düsen- und Betttemperatur sowie die verstrichene Zeit. Mit den Knöpfen **\*\*Pause / Fortsetzen / Abbrechen\*\*** steuerst du den laufenden Job, ohne das Studio zu verlassen.

Die Auto-Queue-Option startet den nächsten Job in der Warteschlange automatisch, sobald der Drucker bereit meldet.

## ## 6.6 Fehlerbehebung

| Symptom | Wahrscheinliche Ursache |

| --- | --- |

| „Host nicht erreichbar“ | Falsche Adresse oder Port; der Drucker liegt in einem anderen Subnetz; der Host ist nur über `https` mit nicht vertrauenswürdigem Zertifikat erreichbar. |

| „Nicht autorisiert“ | Falscher oder abgelaufener API-Key. Auf dem Host neu erzeugen. |

| Upload klappt, Druck startet nicht | Der Host verlangt eine manuelle Auswahl des Druckjobs, oder der Drucker ist nicht bereit. |

| Mixed Content blockiert | Das Studio läuft über `https`, der Drucker über einfaches `http`. Nutze die Pi-/lokale Edition über HTTP im lokalen Netzwerk. |

| Kamerapanel leer | Die Stream-URL zeigt auf ein Einzelbild statt auf einen MJPEG-Stream, oder der Host schränkt die Herkunft ein. |

## ## 6.7 Das offene Connector-Programm

Drucker-Connectoren sind ein öffentlicher Open-Source-Teil von Sculptiq. Jeder ist ein kleiner Adapter hinter einer festen Schnittstelle, Apache-2.0-lizenziert in `packages/connectors/`, mit vorgeschaltetem Security Guard und einer Konformitäts-Suite.

Wird deine Maschine nicht unterstützt, kannst du den Adapter schreiben — und zusammengeführte Connectoren bringen Cortex Points im Belohnungsprogramm. Der Bambu-Lab-LAN-Connector ist die aktuelle offene Startanfrage.

Siehe die Dokumentation zum Connector-Programm und die Drucker-Seite auf der Website.

---

===== 07-sound-sculpt.md =====

## # 7. Sound Sculpt

Sound Sculpt (`S` oder der **\*Sound\***-Knopf) verwandelt Audio in Geometrie.

Es erzeugt **\*\*keine\*\*** Zufallsformen. Es überführt messbare Eigenschaften einer Aufnahme deterministisch in druckbare Geometrie: derselbe Track plus dieselben Einstellungen ergeben immer dasselbe Objekt.

## ## 7.1 Was was antreibt

|                                                                                   |
|-----------------------------------------------------------------------------------|
| Eigenschaft des Klangs   Geometrische Wirkung                                     |
| ---   ---                                                                         |
| <b>**Amplitude**</b>   Stärke der Verformung                                      |
| <b>**Frequenz**</b>   Radiale Verschiebung                                        |
| <b>**Zeit**</b>   Vertikales Wachstum — der Druck steigt, während der Track läuft |
| <b>**Wellenform**</b>   Profilmodulation                                          |
| <b>**Spektrum**</b>   Detail am Umfang                                            |

Intern wird der Track zu einem normalisierten Spektrogramm analysiert: Zeilen steigen den Druck hinauf (Zeit), Spalten laufen von Bass zu Höhen.

## ## 7.2 Audio hineinbekommen

- **\*\*Audiodatei ablegen\*\*** für einen kompletten Track-Bake — der ganze Track wird analysiert und über die volle Höhe abgebildet.
- **\*\*Über das Mikrofon aufnehmen\*\*** für eine Live-Aufnahme.

Ein **\*\*Wiedergabe-Scrubber\*\*** lässt dich den Track abspielen und den Moment einfrieren, der die beste Form ergibt.

Angemeldet kann der Track zusätzlich über einen authentifizierten Proxy zu `cloud.sculptiq.eu` hochgeladen werden, damit er beim Projekt bleibt. Der Upload ist optional, und die Geometrie hängt nie davon ab — die Analyse passiert in deinem Browser. Siehe das Dokument „Audio-Uploads“.

## ## 7.3 Mapping-Modi

|                                                                                 |
|---------------------------------------------------------------------------------|
| Modus   Ergebnis                                                                |
| ---   ---                                                                       |
| <b>**Wellenform**</b>   Glatte kreisförmige Wellenform (gespiegeltes Spektrum). |
| <b>**Geometrisch**</b>   Quantisierte, facettierte Stufen.                      |
| <b>**Balken**</b>   Harte radiale Balken, einer pro Frequenzgruppe.             |
| <b>**Partikel**</b>   Beat-reaktive Blobs rund um die Wand verteilt.            |
| <b>**Spirale**</b>   Frequenz mit rotierendem Versatz abgetastet — Galaxiearme. |
| <b>**Kaleido**</b>   Ein Segment rund um den Umfang gespiegelt.                 |

**\*\*Symmetrie\*\*** legt die Zahl der Wiederholungen, Segmente oder Balken am Umfang fest.

## ## 7.4 Formungsregler

|                                                                                           |
|-------------------------------------------------------------------------------------------|
| Regler   Bedeutung                                                                        |
| ---   ---                                                                                 |
| <b>**Zeit → Höhe**</b>   Wie stark die Lautheit des Tracks die Silhouette treibt (0–1).   |
| <b>**Spektrum umlaufend**</b>   Wie stark sich das Spektrum um den Umfang legt (0–1).     |
| <b>**Umformen**</b>   Wie heftig die Silhouette zwischen leise und laut ausschlägt (0–2). |
| <b>**Bass / Mitten / Höhen**</b>   Gewicht jedes Bandes im Auslesen.                      |
| <b>**Tiefe**</b>   Millimeter radialer Verschiebung bei vollem *Spektrum umlaufend*.      |
| <b>**Glättung**</b>   Weicht die Karte auf, 0–1.                                          |

| **\*\*Empfindlichkeit\*\*** | Gamma auf dem Spektrogramm, 0,2–4. Über 1 schärft Spitzen, sodass Bassschläge herauspringen. |  
| **\*\*Dynamik\*\*** | Blendet von globaler Normalisierung zu Normalisierung je Höhenband. Bei leisem Intro und lautem Refrain bleibt so in beiden Detail erhalten. |

Die Kurve, gegen die der Klang gemischt wird, wird beim Erfassen des Audios als Momentaufnahme gespeichert, sodass du die Silhouette danach weiter bearbeiten kannst — beachte aber: die Momentaufnahme wird bei **\*\*jeder\*\*** Audioerfassung neu genommen, sodass zwischenzeitliche Änderungen am darunterliegenden Profil überschrieben werden. Audio löschen und neu erfassen, um eine frische Basiskurve zu speichern.

## ## 7.5 Die erweiterte Routing-Matrix

Schalte **\*\*Erweitertes Routing\*\*** ein, um Quellen selbst auf Ziele zu verdrahten.

**\*\*Quellen\*\*** — `amplitude` (Gesamtlautheit des Moments), `energy` (quadrierte Lautheit, punchiger und beat-folgend), `bass`, `mid`, `treble`, `time` (Position den Druck hinauf), `waveform` (gefaltete Wellenform), `spectrum` (um die Wand gelegtes Frequenzauslesen). Jede Quelle liefert für eine gegebene Höhe und einen Winkel einen normalisierten Wert von 0–1.

**\*\*Ziele\*\*** — `radius`, `height`, `twist`, `patternDepth`, `surfaceTexture`, `diameter`, `wallThickness`.

Jede Verbindung hat einen **\*\*Betrag\*\*** von –1 bis 1, kann also invertieren.

> **\*\*Hinweis zu `wallThickness`:**

- > **\*\*Dieses Ziel moduliert den Extrusionsfluss\*\***
- > entlang des Pfades — mehr oder weniger Material pro Millimeter Bahn — nicht die
- > in Schritt 5 gesetzte **\*Linienbreite\***. Die geometrische Wandbreite bleibt bei der
- > **Linienbreite** aus Schritt 5 (siehe Kapitel 2 und 4). Die Untergrenze liegt bei
- > 0,25×, damit die Bahn nie auf null fällt.

**\*\*Standard-Routing\*\*** — die Logik hinter jedem Ergebnis ab Werk:

```
Quelle	Ziel	Betrag
amplitude	radius	1,0
time	height	1,0
bass	twist	0,35
mid	pattern depth	0,4
treble	surface texture	0,4
energy	diameter	0,25
```

## ## 7.6 Praktische Hinweise

- **\*\*Kurz ist besser.\*\*** 20–60 Sekunden eines Tracks lesen sich über 120 mm Höhe meist klarer als ein ganzer Vier-Minuten-Song.
- **\*\*Perkussives Material\*\*** ergibt knackiges Relief; getragene Flächen ergeben weiche Wellen.
- Klanggetriebene Wände überschreiten schnell die Überhangsgrenze. Prüfe das

Profil auf rote Bänder und senke \*Umformen\*, wenn die Silhouette zu stark ausschlägt.

- Jedes Ergebnis ist reproduzierbar: bewahre Track und Parameter auf, und du druckst das identische Objekt erneut.

---

===== 08-shortcuts-and-troubleshooting.md =====

## # 8. Tastenkürzel und Fehlerbehebung

### ## 8.1 Tastatur

Kürzel werden ignoriert, während du in einem Feld tippst, und Modifier-Kombinationen (Strg / Cmd) bleiben dem Browser überlassen.

| Taste                | Aktion                                                                                |
|----------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|
| ---   ---            |                                                                                       |
| `1` – `6`            | Zu diesem Schritt springen                                                            |
| `[` / `]`            | Vorheriger / nächster Schritt                                                         |
| `V`                  | Ansichtsmodus durchschalten (Form → Werkzeugweg → Geschwindigkeit → Vorschau → Licht) |
| `F`                  | Vollbild-Bühne umschalten                                                             |
| `Esc`                | Vollbild verlassen oder offenen Dialog schließen                                      |
| `S`                  | Sound Sculpt umschalten                                                               |
| `G`                  | Schnellstart-Rundgang öffnen                                                          |
| `R`                  | Modell zurücksetzen (mit Rückfrage)                                                   |
| `?` oder `Shift`+`^` | Hilfedialog öffnen                                                                    |

**\*\*Regler.\*\*** Mit Tab zu einem Regler, dann `←` / `→` für kleine Schritte, `Home` / `End` für die Extreme. Jeder Regler hat außerdem ein Zahlenfeld daneben — tippe einen exakten Wert oder nutze `Shift`+`↑` / `↓` für Zehnerschritte.

**\*\*Sprunglink.\*\*** Der erste Tab-Druck bietet \*Zur 3D-Ansicht springen\*.

### ## 8.2 Tablet und Apple Pencil

- Striche sind **\*\*drucksensitiv\*\***: fester aufdrücken behält in diesem Kurventeil mehr Knoten.
- Ein **\*\*Hover-Geist\*\*** zeigt den nächsten Stiftpunkt mit Live-Anzeige von Ø / Z.
- Box-Querschnitte lassen sich **\*\*freihand skizzieren\*\***, statt sie über die Regler für Tiefe / Breite / Rundung einzustellen.
- Im Kiosk-Modus auf einem Raspberry Pi werden die Bedienelemente zu größeren Touch-Zielen, und eine Vier-Ecken-Kalibrierung richtet Tipps nach einer Bildschirmdrehung aus.

### ## 8.3 Fehlerbehebung

#### ### Form und Modellierung

| Problem | Lösung |

| --- | --- |  
| Kurve ist nach dem Freihandzeichnen klumpig | **\*\*Detail\*\*** senken oder **\*\*Kurve vereinfachen\*\*** drücken, dann **\*\*Profilglättung\*\*** erhöhen. |  
| Eine Ecke rundet sich immer wieder ab | Doppelklick auf den Knoten macht ihn zur harten Ecke; die Glättung lässt ihn dann in Ruhe. |  
| Gitter-Ziehen bewegt den falschen Punkt | Erst den Käfig einblenden; die Auto-Rotation pausiert, solange er sichtbar ist. Knoten anklicken, um exakte Werte zu tippen, statt zu ziehen. |  
| Importierte STL sieht falsch aus | Sculptiq scannt sie zu einer Silhouette plus Käfig je Winkel. Massive Maschinenteile werden zu Schalen; das ist erwartet. |  
| Rote Bänder im Profil | Die Wand neigt sich über die **\*\*Überhangsgrenze\*\***. Kurve hereinziehen, Grenze anheben oder dieses Band verlangsamen. |

### ### Drucken

| Problem | Lösung |  
| --- | --- |  
| Erste Schicht haftet nicht | **\*\*Höhe\*\*** und **\*\*Breite der ersten Schicht\*\*** anheben, **\*\*Geschwindigkeit erste Schicht\*\*** senken, Lüfter für Schicht eins aus, Betttemperatur prüfen. |  
| Klumpige, überextrudierte Wand | **\*\*Fluss\*\*** senken, prüfen ob Düse und Linienbreite der Realität entsprechen, **\*\*Druckgeschwindigkeit\*\*** senken. |  
| Sichtbare Nahtlinie am Modell | **\*\*Nahtmodus\*\*** auf *\*Zufällig\** stellen oder *\*Ausgerichtet\** lassen und den **\*\*Nahtwinkel\*\*** nach hinten drehen. |  
| Wand dünn und schwach | **\*\*Linienbreite\*\*** erhöhen — sie ist die Extrusionsbreite in mm und damit die Wandstärke — oder **\*\*Fluss\*\*** um ein paar Prozent anheben. |  
| Musterdetail verschwindet | Amplituden unterhalb etwa einer Linienbreite lösen nicht auf. **\*\*Amplitude\*\*** erhöhen oder **\*\*Frequenz\*\*** senken. |  
| Gewobene Wand kollidiert mit dem Lüfterschacht | **\*\*Schleifenhöhe\*\*** und **\*\*Überlappung\*\*** senken und langsamer drucken. |  
| Stufe oder schwache Verbindung, wo die Wand den Boden verlässt | **\*\*Rampenumdrehungen\*\*** erhöhen. |  
| Boden ist nicht wasserdicht | Mehr **\*\*Bodenschichten\*\***, etwas breitere **\*\*Linienbreite\*\*** des Bodens oder auf *\*Konzentrisch\** wechseln. |

### ### Export und Slicing

| Problem | Lösung |  
| --- | --- |  
| Exportiertes Mesh slict **\*\*massiv\*\*** | Nach dem Export nicht skalieren und nicht in einem Werkzeug reparieren, das Schalen füllt. Das Mesh ist ein wasserdichter Dünnwandkörper — slice es unverändert. |  
| Verstärkung fehlt nach dem Slicen | Der Vasenmodus erlaubt nur eine Wand und verwirft Kragen und Speichen. Im **\*\*normalen\*\*** Modus slicen oder den von Sculptiq exportierten G-Code drucken. |  
| Downloads heißen alle `sculptiq.gcode` | Benenne das Projekt. Der Name wird zum Dateinamen-Slug, Wiederholungen bekommen automatisch ein Zahlensuffix. |  
| Modell größer als der Drucker | Der Bauraum wird im Viewport gezeichnet und vom Pre-Flight gemeldet; **\*\*Höhe\*\*** oder **\*\*max. Durchmesser\*\*** reduzieren oder ein anderes Profil wählen. |

### ### Performance

| Problem | Lösung |  
| --- | --- |

| Oberfläche hakt beim Ziehen mit aktivem Live-Effektor | **\*\*Segmente pro Umdrehung\*\*** beim Formen senken und vor dem Export wieder anheben; Gitter-**\*\*Ringe\*\*** × **\*\*Punkte pro Ring\*\*** reduzieren. |  
| Das Studio braucht ein paar Sekunden | Die 3D-Bühne lädt bei Bedarf. Einmal geladen bleibt sie für die Sitzung warm. |  
| Vorschau ruckelt bei sehr hohen, sehr detaillierten Modellen | Beim Bearbeiten auf **\*\*Form\*\*** umschalten und zum Prüfen zurück auf **\*\*Werkzeugweg\*\***. |

### ### Zugang

| Problem | Lösung |  
| --- | --- |  
| „Studio-Zugang“-Bildschirm nach dem Anmelden | Dein Konto hat weder einen Einladungscode noch eine Lifetime-Lizenz. Fordere auf `/access` einen Code an oder kaufe; ein angefragter Code wird nach Ausgabe automatisch eingelöst. |  
| Kein Weg zurück zur Website | Das Sculptiq-Zeichen oben in der Schrittleiste führt zurück zur Startseite; die Abmeldung sitzt in derselben Kopfzeile. |

### ## 8.4 Aktualisierung der Raspberry Edition

Der Pi-Agent kann sich selbst aktualisieren, aber erst, nachdem das Update seine Echtheit bewiesen hat.

- **\*\*Prüfen.\*\*** Der Kiosk ruft den Endpunkt `/update/check` des Agenten auf, der das Update-Manifest und die Nutzlast von `updates.sculptiq.eu` lädt.
- **\*\*Verifizieren.\*\*** Die SHA-256-Prüfsumme der Nutzlast muss mit dem Manifest übereinstimmen, und die Ed25519-Signatur des Manifests wird gegen den im Agenten eingebauten öffentlichen Schlüssel geprüft — dieselbe Schlüsselfamilie, die auch Lizenz-Tokens schützt. Ein Update, das eine der beiden Prüfungen nicht besteht, wird verworfen, bevor irgendetwas geschrieben wird.
- **\*\*Bereitstellen und anwenden.\*\*** Ein verifiziertes Update wird auf der Festplatte bereitgestellt. Das Anwenden ist durch deine Setup-PIN geschützt (sobald du eine gesetzt hast): Der Agent-Dienst startet neu und tauscht beim Booten die neuen Dateien ein.

**\*\*Rollback-Schutz.\*\*** Der Lizenzablauf nutzt eine monotone vertrauenswürdige Uhr: Der Agent merkt sich die späteste Zeit, die er je gesehen hat, und die vertrauenswürdige Zeit kann niemals zurücklaufen. Das Zurückstellen der Pi-Uhr verlängert ein abgelaufenes Lizenz-Token nicht, und ein Stromausfall ohne Internet sperrt dich nicht aus — die vertrauenswürdige Zeit läuft einfach ab dem zuletzt beobachteten Zeitpunkt weiter.

**\*\*Hinweis offline.\*\*** Die Update-Prüfung braucht Internet. Alles andere — Modellieren, Export auf USB, Lizenzprüfung — funktioniert weiterhin offline.

### ## 8.5 Wohin geht es weiter

- Handbuch-Index
- Funktionen — die Funktionsliste, im Gleichschritt mit der App
- Roadmap — was kommt
- [bugs.sculptiq.eu](https://bugs.sculptiq.eu) — Fehler melden, Cortex Points verdienen