

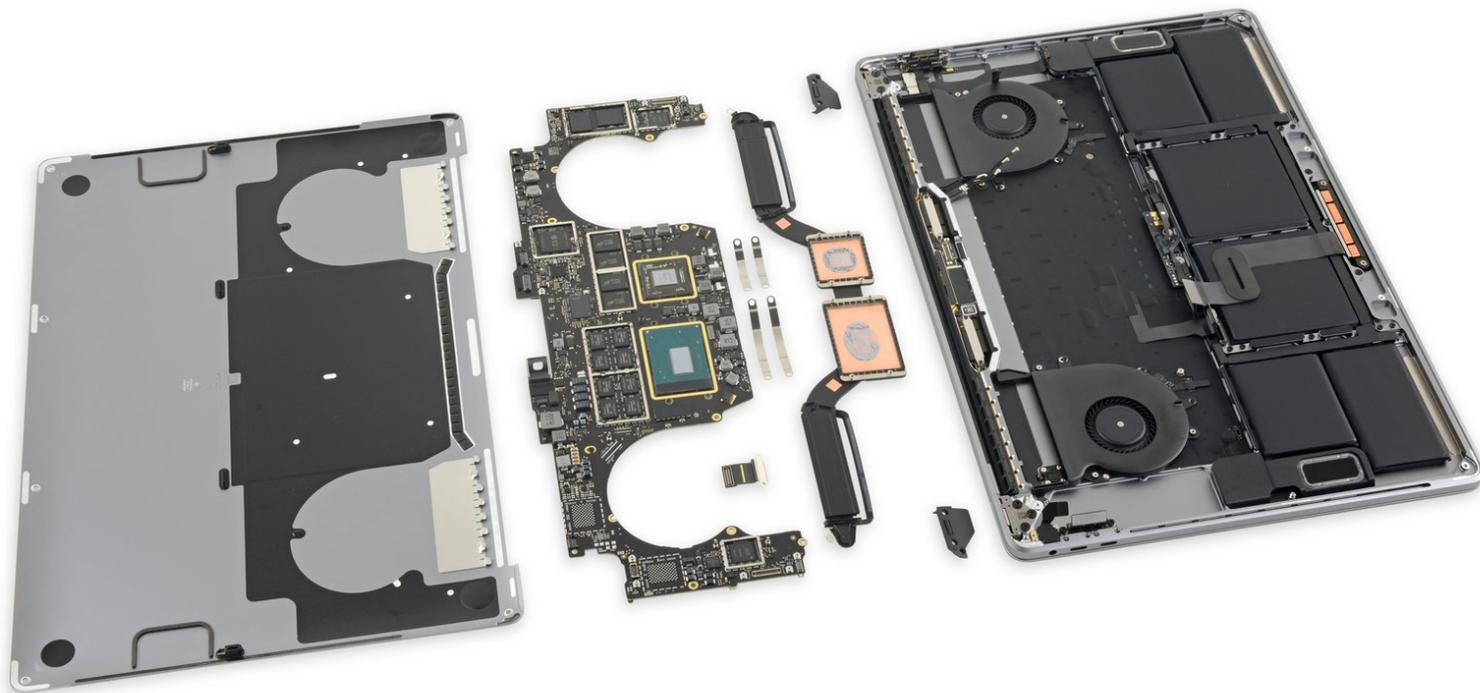


MacBook Pro (15 Zoll, 2019, Touch Bar)

Teardown

Auf der Suche nach dem neuen "Material" der Butterfly-Tastatur von Apple's 15" MacBook Pro haben wir am 22. Mai 2019 zwei wesentliche Änderungen entdeckt.

Geschrieben von: Arthur Shi



EINLEITUNG

Das neueste MacBook Pro von Apple ist das bisher schnellste mit einem optionalen Achtfach-Prozessor - dem ersten in einem MacBook - und einem mysteriösen neuen Tastaturmaterial. Da es unwahrscheinlich ist, dass Apple näher auf dieses "Material" eingehen wird, und wir uns grundsätzlich nicht mit ungelösten Rätseln zufrieden geben, ist es [wieder mal](#) Zeit, einen genaueren Blick auf die [berühmt-berüchtigte](#) Butterfly-Tastatur zu werfen. Also: Aktiviere deine Spürnase und schnüffel' mit uns in diesem neuen Gerät herum!

Du willst noch spannendere Teardown-Rätsel lösen? Folge uns auf [Facebook](#), [Instagram](#) und [Twitter](#), da bekommst du alle aktuellen News zu unseren Teardowns. Du willst die News lieber direkt an die Tür geliefert haben? Kein Problem! Abonniere einfach unseren [Newsletter](#).



WERKZEUGE:

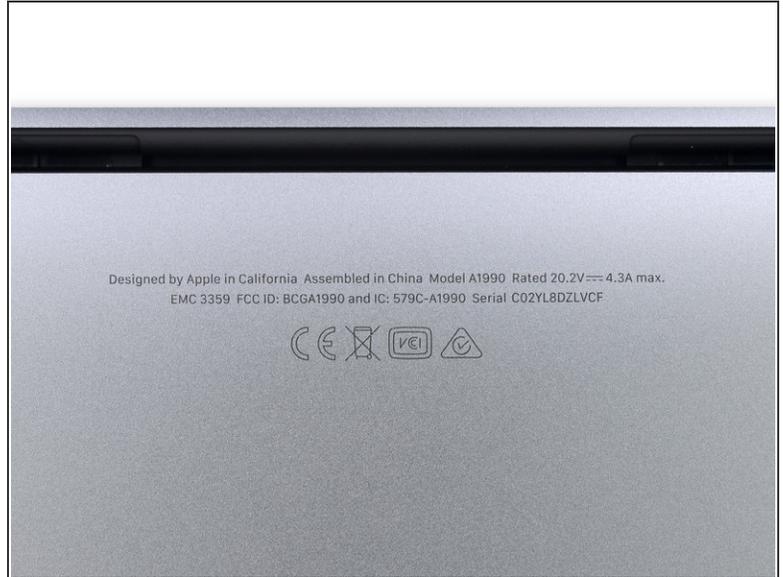
- [Mako Driver Kit - 64 Precision Bits](#) (1)
- [Spudger](#) (1)
- [Kleiner Saugnapf](#) (1)
- [iFixit Opening Picks set of 6](#) (1)
- [Pinzette](#) (1)

Schritt 1 — MacBook Pro (15 Zoll, 2019, Touch Bar) Teardown

MacBook Pro 15” 2019 with Touch Bar

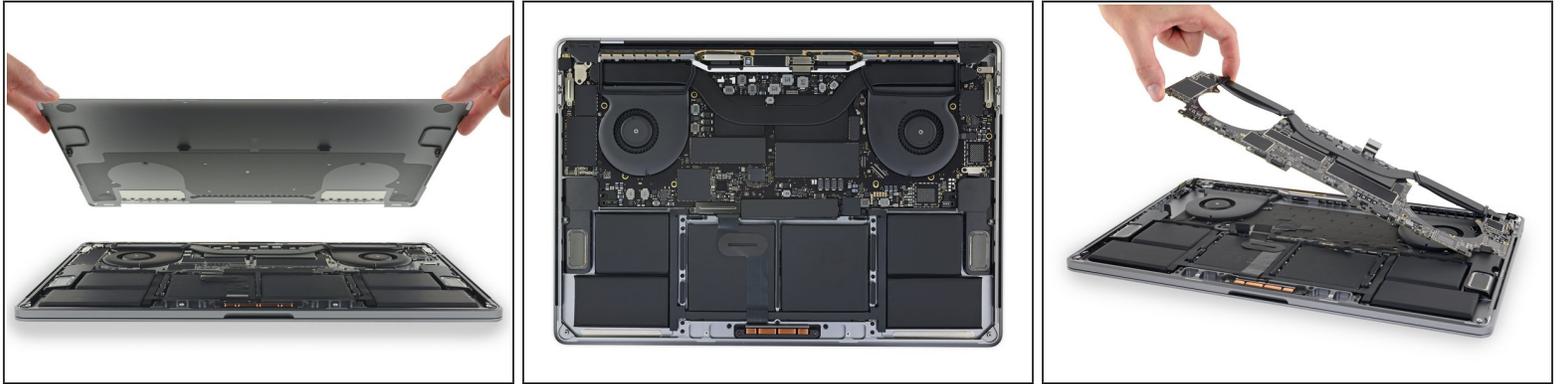


TEARDOWN



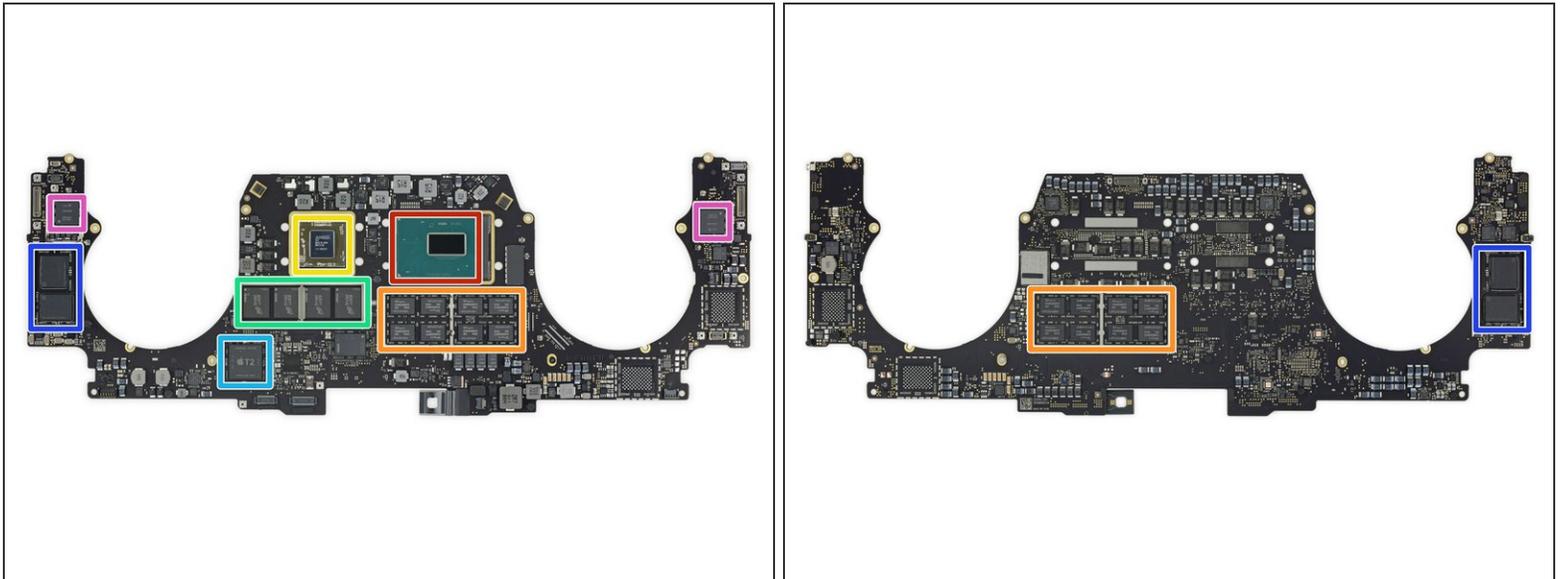
- Auf dem Papier sieht es ja so aus als sei dieses neue MacBook Pro 2019 der neue Tech-nick - aber erfindet der sich wirklich neu oder hat er schon ausgenickt bevor er richtig angefangen hat? Der technische Stand der Dinge laut Apple:
 - 15,4-Zoll-IPS-Retina-Display mit LED-Hintergrundbeleuchtung und True Tone-Funktion, 2880 x 1800 Auflösung (220 dpi), P3-Farbskala
 - 6-Core Intel Core i7 mit 2,6 GHz (Turbo Boost bis 4,5 GHz) gepaart mit einer Radeon Pro 555X
 - 16 GB DDR4-SDRAM mit 2400 MHz
 - 256 GB PCIe-basierte SSD
 - 802.11ac WLAN und Bluetooth 5.0
 - Vier Thunderbolt 3 (USB-C) -Anschlüsse
- ⓘ Das Opfer unseres Teardowns trägt die bereits bekannte Modellnummer A1990, aber eine neue EMC-Nummer: **3359**.

Schritt 2



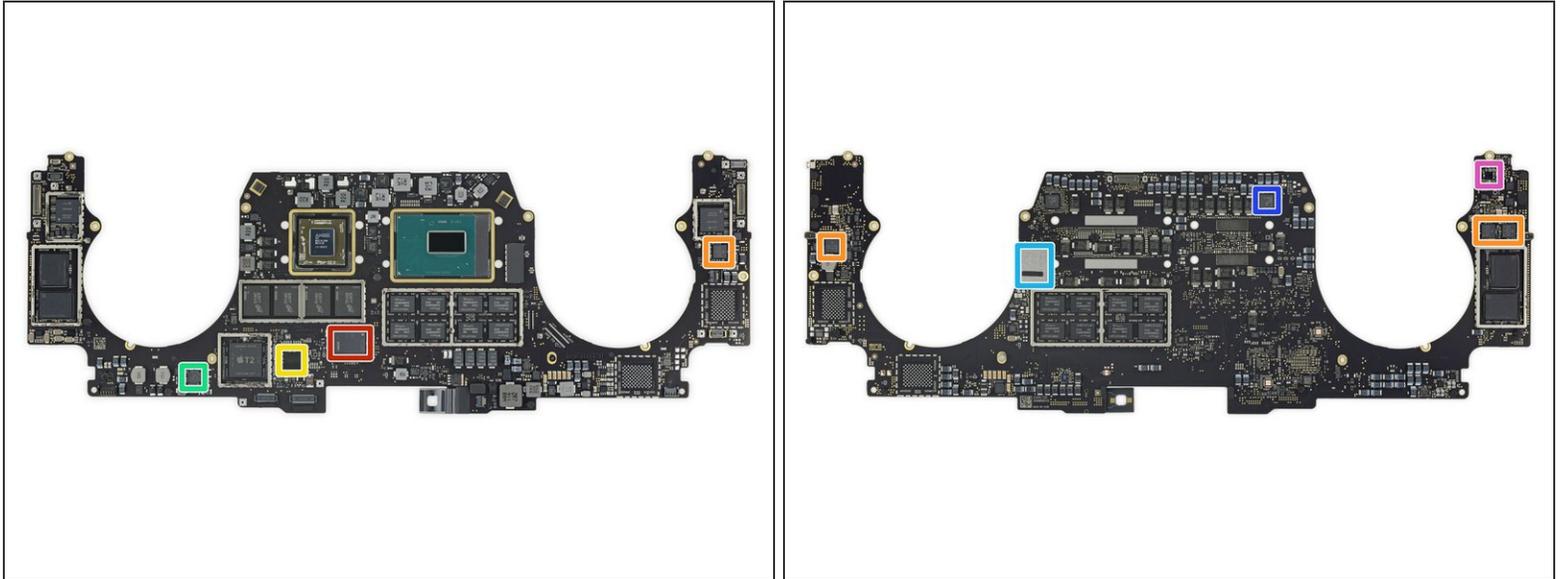
- ☑️ Letztes Mal haben wir zwei [verschiedene Anläufe](#) gebraucht, um einem dieser Laptops auf die Schliche zu kommen - also lassen wir ausnahmsweise einmal die Formalitäten weg.
- Ganz im Stil von Jean Pütz haben wir da mal was vorbereitet und - *voilà!* Der Mac ist offen!
- ⓘ Wenn du doch genauer wissen willst, wie man den aufkriegt, kannst du einfach bei [unseren Anleitungen](#) für das 2018er Modell nachschauen, das Verfahren ist nämlich genau das gleiche.
- Tatsächlich liegen die Neuerungen wohl hauptsächlich in der innliegenden Tech-Nick - die Hardware ist optisch kaum zu der vom letzten Modell zu unterscheiden. Ziehen wir mal das Motherboard raus und schauen uns das genauer an.

Schritt 3



- Da sind überhaupt keine modularen Komponenten drauf - Du hast also keine Chance, die Hardware jemals aufzurüsten. So mögest du jetzt sprechen oder für immer mit den Chips klarkommen, die eingebaut sind:
 - Intel Core [i7-9750H](#) 6-Core-Prozessor der 9. Generation
 - 16x SK Hynix H5AN8G8NAFR 8-GB-DDR4-SDRAM (insgesamt 16 GB)
 - AMD Radeon Pro 555X GPU
 - 4x Micron MT51J256M32HF-70: B 8 Gb GDDR5-RAM (insgesamt 4 GB)
 - Apple T2 APL1027 339S00533 Coprozessor, geschichtet über 1 GB Micron D9VLN LPDDR4-Speicher
 - Toshiba TSB3226AW8815TWNA1 und TSB3226XZ2939TWNA1 Flash-Speicher (insgesamt 256 GB)
 - Intel [JHL7540](#) Thunderbolt 3 Controller

Schritt 4



- Und noch mehr Chips zum Nachschnüffeln:
 - Intel [SR40F](#) Plattform-Controller-Hub
 - Texas Instruments CD3215C00Z (wahrscheinlich Leistungsregler)
 - 338S00267-A0 (wahrscheinlich Apple PMIC)
 - TPS51980A Leistungsregler
 - 339S00458 (wahrscheinlich Apple WLAN / Bluetooth-Modul)
 - Intersil 6277A PWM-Modulator
 - Cirrus Logic CS42L83A Audio-Codec

Schritt 5



- Und jetzt endlich weiter zur Tastatur! Hier mal die Zusammenfassung der bisherigen Metamorphose dieses Schmetterlings:
 - Nachdem die Schmetterlingstastatur ihre Premiere im [Retina MacBook](#) 2015 gefeiert hatte, kam sie 2016 erstmals auch in der MacBook Pro Linie zum Einsatz.
 - ⓘ Die Tastatur wurde so konzipiert, dass sie superdünn ist und gleichzeitig auch Tastendrucke unterstützt, die nicht genau mittig sind, war aufgrund ihres extrem schnellen Anschlags schnell umstritten - und hat sich dann auch noch als unzuverlässig erwiesen.
 - Mit einiger Verspätung gab [Apple im Sommer 2018 die Fehler zu](#), dabei gaben sie dem Staub die Schuld am Klemmen der Tasten. Kurz darauf wurden die aktualisierten Modelle mit einer zusätzlichen [Silikonmembran](#) zum Schutz der Tastenschaltungen veröffentlicht (mittleres Bild). Aber die Probleme waren damit nicht aus der Welt.
 - Zuletzt wurde die Butterfly-Tastatur jetzt 2019 überarbeitet, dabei wird nach wie vor die Silikonmembran verwendet, aber auch die Materialien in der federnden Metallkuppel und in deren plastikartigem Überzug überarbeitet.

Schritt 6



- Jetzt, da wir das Ganze ein bisschen geschichtlich eingeordnet haben, wollen wir mal Schicht für Schicht durch die *butterweichen* Komponenten dieser 2019er Tastatur schneiden:
 - Bedeckt wird das Ganze durch die Tastenkappe. Diese hat ein praktisches Etikett, damit der Betroffene gleich weiß, welche Taste kaputt ist.
 - Die klappbare weiße Halterung ist der "Butterfly"-Mechanismus, der die Bewegung der Taste steuert und sie so stabilisiert, dass sie beim Anschlag nicht wackelt oder verkantet.
 - In diese Halterung integriert ist eine transparente Abdeckung, die sich bei jedem Tastendruck biegt und gleichzeitig Verunreinigungen vom darunter liegenden Kuppelschalter fernhält. Der schwarze Punkt in der Mitte bündelt die Kraft des Tastendrucks auf den Schalter.
 - Der Hauptbestandteil dieser Baugruppe ist der federnde [Metallkuppelschalter](#). Er verformt sich, wenn die Taste gedrückt wird, überbrückt die sechs Kontakte der Platine und federt dann zurück, wenn die Taste wieder losgelassen wird.
 - Unter dem Kuppelschalter befinden sich [sechs Metallpads](#). Wenn das obere mittlere Pad mit einem der anderen fünf Pads kurzgeschlossen wird, wird ein Tastendruck registriert.
 - Zu guter Letzt bedeckt die Silikonmembran den Butterfly-Mechanismus, damit keine Fremdkörper eindringen und die Taste blockieren können.

Schritt 7



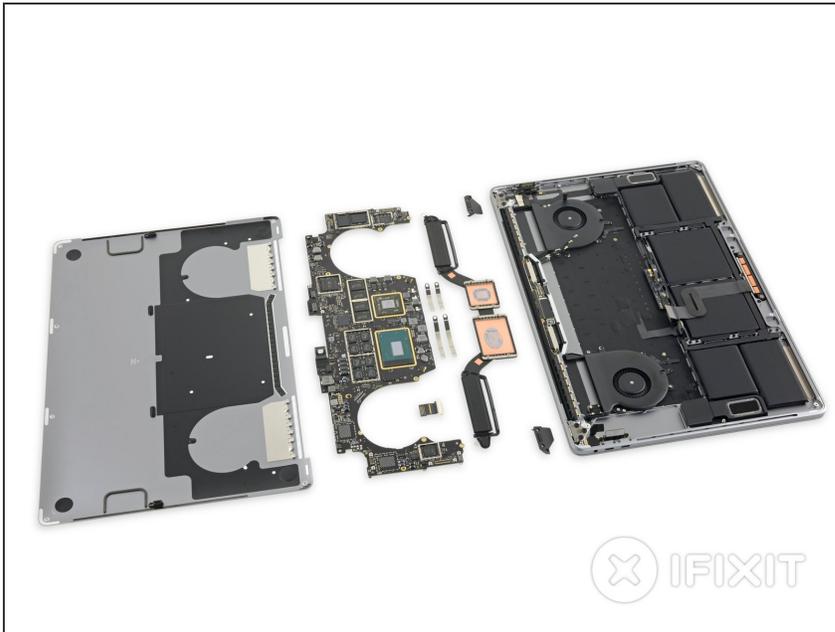
- Also, was hat sich dieses Jahr geändert? Zunächst einmal das transparente Material der Schalterabdeckung.
 - Die Abdeckung im 2018er-Modell 2018 ist halb durchsichtig, etwas klebrig und fühlt sich an wie Silikon. Das neue Modell ist transparenter und weicher anzufassen.
- Um zu bestätigen, dass die Materialien tatsächlich unterschiedlich sind, haben wir sie mit Hilfe der Fourier-Transformations-Infrarot (FTIR)-Spektroskopie analysiert. Vielen Dank an Eric Beaton und den gesamten Fachbereich für [Materialtechnik der Cal Poly Hochschule](#) für ihre Ausrüstung und ihr Fachwissen!
 - ⓘ Bei der FTIR-Analyse wird ein Material mit Infrarotlicht bestrahlt und dann gemessen, wie viel Licht absorbiert wird und bei welchen Wellenlängen. Diese Daten wirken wie ein Fingerabdruck, mit dem das Material identifiziert werden kann.
 - Da sich die [Ausschläge nach oben und unten](#) auf den FTIR-Spektren der beiden Proben unterscheiden, können wir davon ausgehen, dass es sich um unterschiedliches Material handelt. Aber was für Material?
 - Beim Vergleich der FTIR-Spektren mit denen bekannter Polymere ist das 2018er-Modell am ehesten mit Polyacetylen mit aromatischen Urmethan-Seitengruppen vergleichbar, noch mehr Übereinstimmungen finden sich mit einer Art TPU. Beim 2019er-Modell wird Polyamid (besser bekannt als Nylon) verwendet.
 - 📌 Das erklärt schon Einiges, aber noch *nicht*, welches der Probleme die Ingenieure von Apple mit dem neuen Material zu lösen versuchen. Wir sind gespannt auf eure Ideen!

Schritt 8



- Was hat sich sonst noch geändert? Vielleicht der Metall-Kuppelschalter? Schau'n wir mal genauer drauf:
 - Der Schalter ähnelt dem [Deckel eines Marmeladeglases](#) - er springt wieder hoch, wenn man ihn runterdrückt.
 - Wenn sich am Schalter etwas ändert, wenn er beispielsweise eingerissen oder verformt ist, wird die Taste unberechenbar. Ebenso, wenn die Zinken brechen oder sich verbiegen, dann hört die Taste ganz auf zu funktionieren.
- ⓘ Es gibt unzählige mögliche Gründe für eine solche Veränderung, vom Herstellungsfehler über Materialermüdung, anhaltende Hitzeeinwirkung, Feuchtigkeit, Ausgasung aus anderen Komponenten und Korrosion sind nur eine der häufigsten Ursachen.
 - Es ist auch durchaus möglich, dass eine Kombination aus mehreren dieser Faktoren zum Ausfall des Schalters führen könnten, was erklären könnte, warum Apple sich so schwer damit tut, das Problem zu lösen. Vielleicht sind ja aller guten Dinge...vier?
- ✦ Diese Schalter sind außerdem ab Werk magnetisiert. Wir vermuten, dass es sich um ferritischem Edelstahl mit einer dünnen Polymerbeschichtung auf der Unterseite handelt.
- ✦ Der Unterschied in der Oberflächenbeschaffenheit zwischen der 2018er-Version (links) und der 2019er-Version 2019 (rechts) zeigt an, dass Apple möglicherweise eine überarbeitete Wärmebehandlung oder Legierung oder möglicherweise beides verwendet.

Schritt 9



- Und das war's auch schon!
- ⓘ Oder besser gesagt "ds wr's uch schon!"
- Zumindest vorläufig. Wenn du zufällig Materialingenieur bist, würden wir gerne auch noch deine Meinung dazu hören und wir würden auch noch gern einen Blick auf alle ausgefallenen Tasten werfen, die wir in die Finger bekommen können.
- ⚠️ Unterdessen bleibt das grundlegende Problem mit diesem Laptop bestehen - wenn auch nur das Geringste schief geht, musst du gleich die halbe Hardware tauschen. Auch wenn die Tastatur diesmal perfekt sein sollte, bleibt [alles andere](#) ein Risiko. Unser Rat kann deshalb nur lauten: Spar dir das Geld.
- Und damit kannst du dir wahrscheinlich auch schon denken, wo dieser Laptop auf der Reparierbarkeitsskala landet...

Schritt 10 — Fazit

REPAIRABILITY SCORE:



- Das 2019er MacBook Pro 15" mit Touch Bar erhält **1 von 10** Punkten auf unserer Reparaturfähigkeitsskala (10 ist am einfachsten zu reparieren):
 - Das Trackpad kann ohne viel Theater entfernt und ausgetauscht werden.
 - Prozessor, RAM und Flash-Speicher sind mit dem Logic Board verlötet. Reparaturen und Upgrades sind im besten Fall unpraktisch.
 - Das obere Gehäuse umfasst die Tastatur, den Akku, Lautsprecher und Touch Bar. Alles ist als eine Baugruppe miteinander verklebt, so dass keine dieser Komponenten separat ausgetauscht werden kann.
 - Der Touch-ID-Sensor dient gleichzeitig als Netzschalter und ist mit dem T2-Chip auf dem Logic Board gekoppelt. Wenn der Netzschalter kaputt ist, muss also entweder ein Apple-Techniker ran oder gleich das ganze Logic Board ausgetauscht werden.