

EINLEITUNG

Apples beliebter Sprachassistent ist wieder zurück, dieses Mal in Form einer [Toilettenpapierrolle](#) eines Mac Pro mit Jacke. Siri kann jetzt deine Fragen mit 360°-HiFi-Sound beantworten (oder es zumindest versuchen). Wie konnte Apple einen so großen Sound auf so kleinem Raum unterbringen – und warum hat das Unternehmen so lange dafür gebraucht? Vielleicht müssen wir es einfach auseinandernehmen, um das herauszufinden!

Hey Siri, wo kann ich weitere Teardown-News bekommen? Besuche uns auf [Facebook](#), [Instagram](#) und [Twitter](#). Wenn du deinen Teardown direkt in dein Postfach geliefert kriegen willst, melde dich für unseren [Newsletter](#) an.

WERKZEUGE:

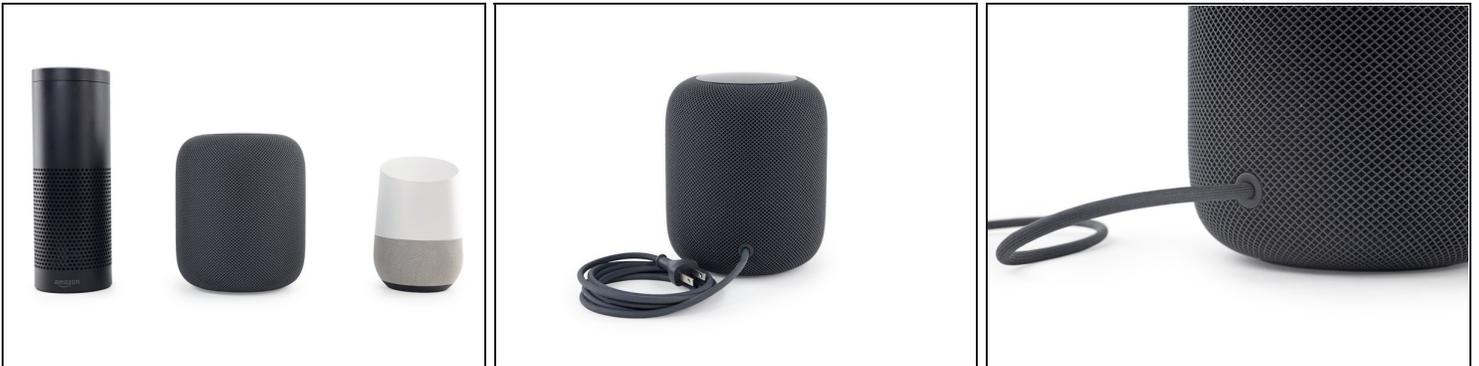
- [T5 Torx Screwdriver](#) (1)
 - [T6 Torx Schraubendreher](#) (1)
 - [Heißluftgebläse](#) (1)
 - [iFixit Plektrum \(6 Stück\)](#) (1)
 - [Pinzette](#) (1)
 - [Curved Razor Blade](#) (1)
 - [Spudger](#) (1)
 - [Halberd Spudger](#) (1)
 - [Hack saw](#) (1)
-

Schritt 1 — HomePod Teardown



- Welche Art von Technik hat Apple hier drin versteckt? Hier ist, was sie uns gesagt haben:
 - [Apple A8 Prozessor](#)
 - 4 Zoll High-Excursion, nach oben abstrahlender Tieftöner
 - Sieben-Hochtöner-Array mit Beamforming
 - Sechs-Mikrofon-Array mit Beamforming
 - Niedrigerfrequentes Mikrofon für die Echtzeit-Tieftönerkalibrierung
 - Oben montierte Touch-Fläche
 - 802.11ac WiFi mit MIMO + Bluetooth 5.0

Schritt 2



- Er ist weder der erste smarte Lautsprecher noch der größte noch der kompakteste. Aber er ist sicherlich der Apple-igste.
- Wie alle anderen besitzt er die zylindrische Grundform typisch für 360-Grad-Lautsprecher.
- Der vielleicht offensichtlichste Unterschied ist, dass er, anders als [Amazon Echo](#) und [Google Home](#), ein eingebautes Netzteil mit fest verbundenem Netzkabel besitzt. **Update:** Zeigt sich, dass es doch rausgeht, [wenn man nur fest genug dran zieht](#).
- ⓘ Kein hässlicher Trafo wölbt sich aus der Steckdose, *und* Apple hat die Tatsache, dass das Kabel doch abgesteckt werden kann, gut verborgen. (Zumindest haben sie uns drangekriegt!). Es hat einen schicken Textilmantel.

Schritt 3



- Wir finden eine Menge regulatorische Informationen unauffällig unterm Geräteboden:
 - FCC, Elektronikschrott, Regulierungsmarkierungen aus [EU](#), [Australien](#) und anderen Ländern - trotz des festinstallierten US-Steckers an unserem Modell - und ein Hinweis auf [doppelte Isolation](#).
 - Neue Modellnummer, A1639.
 - Und ein paar winzige Löcher.
 - ① Merkwürdiger Platz für Mikrofone, Könnten diese Löcher für barometrische Zwecke sein?

Schritt 4



- Als Nächstes werfen wir einen genaueren Blick auf Apples nahtfreies 3D-Akustikmesh.
 - ① Die Apple-Ingenieure haben dieses Mesh so entwickelt, dass es akustisch transparent ist, während die HomePod Innereien vor Staub und Schmutz geschützt wird.
- Ein schickes Touch-Bedienfeld (falls Siri eine Pause benötigt) und eine [bekannt erscheinende](#) LED-Anzeige sitzen oben auf dem HomePod.
- Dank der Röntgenstrahlen von [Creative Electron](#) können wir einen Blick ins Innere werfen - und es sieht so aus, als gäbe es hier einige *enorme* Magnete (erkennbar an den schwarzen Flecken).

Schritt 5



- Unsere Röntgen-Aufklärung zeigte uns einige Schrauben unter dem Standfuß, also haben wir unsere Untersuchung auf die Klebeflächen konzentriert, die ihn halten. Erst nach ordentlichem Hitzeföhnen waren wir in der Lage, den Fuß langsam freizubekommen und abzuheben.
- Sogar mit dem Wissen, dass die Schrauben da sind, haben wir uns nach dieser aufreibenden klebrigen Nummer auf das Schlimmste vorbereitet...
- ..., sind aber erleichtert, reparaturfreundliche Torx-Schrauben zu finden. Ebenfalls unter der Bodenplatte befindet sich ein 14-Pin-Anschluss, vermutlich zum Testen oder Programmieren von HomePods auf [Pogo-Pins](#) beim Zusammenbau.

Schritt 6



- Vielleicht sind diese Schrauben nicht so freundlich wie gedacht. Nach dem Ablösen ist die Kunststoffplatte, die sie halten,... immer noch fest. Scheint, als ob das Mesh die Zugangsplatte ebenfalls festhält.
- Wir wollen den Bezug *wirklich* nicht zerschneiden, also lassen wir ein Plektrum die verklebte Kante des Bezugs entlang gleiten und ziehen die Kappe ab. Der Preis? Mehr undurchdringlicher Kunststoff, der sich nicht bewegen lässt.
- ① Hey Siri, was brauchen wir, um ins Innere dieses Dings zu gelangen?

Schritt 7



- Vermutlich etwas Scharfes. Wir gaben unser Bestes, um den Bezug nahtlos zu halten, aber ohne Ergebnis. Nun, dies wird nicht das erste Mal sein, dass wir durch [irgendeinen schicken Stoff schneiden](#) mussten.
- Beim Schneiden durch das dichte, drahtartige 3D-Gewebe finden wir eine zweite, innere Stoffhülle.
- Diese dünnere, flexiblere Hülle klemmt unter der oberen Kappe, also bleibt sie erstmal, wo sie ist.
- Zum Glück ist das innere Gehäuse nicht so nahtlos wie das Gewebe und wir finden ein paar mehr Torx-Schrauben, verborgen unter (echt schönen) Gummistöpseln.

Schritt 8



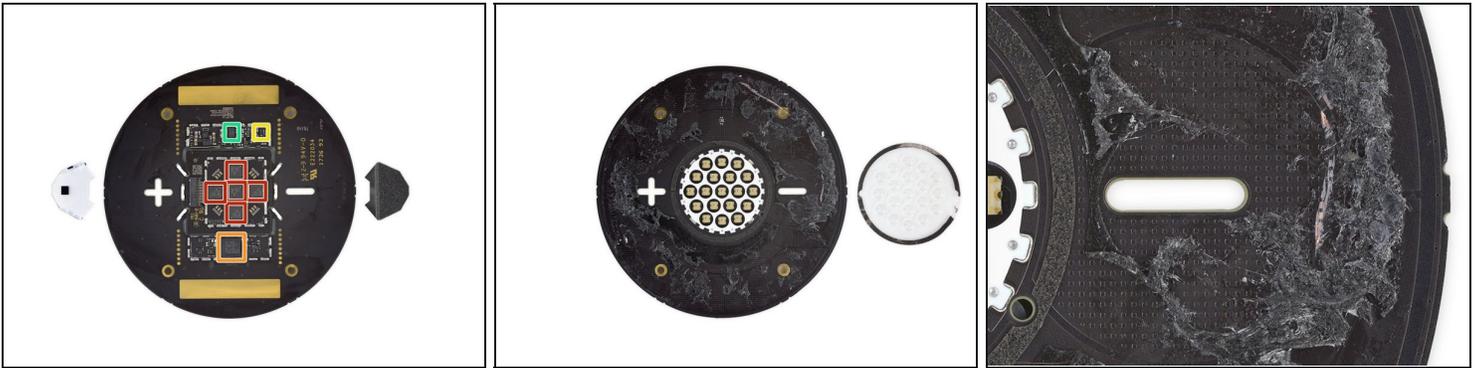
- Unser Nutzen der neu erzeugten Naht: wir können sehen, welche Faser-Magie in dieser Umhüllung steckt.
- Keine Hexerei, aber wir sehen, dass das Gewebe oben und unten aus einer netzähnlichen Schicht besteht, zwischen denen sich dünne Drahtspiralen befinden.
 - ⓘ Diese Konstruktionsweise erlaubt den Klangwellen, ohne bzw. mit wenig Reflexionen durch den Stoff zu treten, während Staub draußen bleibt.
- Jetzt, wo das Gewebe runter ist, sehen wir, dass es eine umlaufende Zugschnur hat! Heißt das, dass es einen nicht-zerstörerischen Weg in den Deckel gibt?

Schritt 9



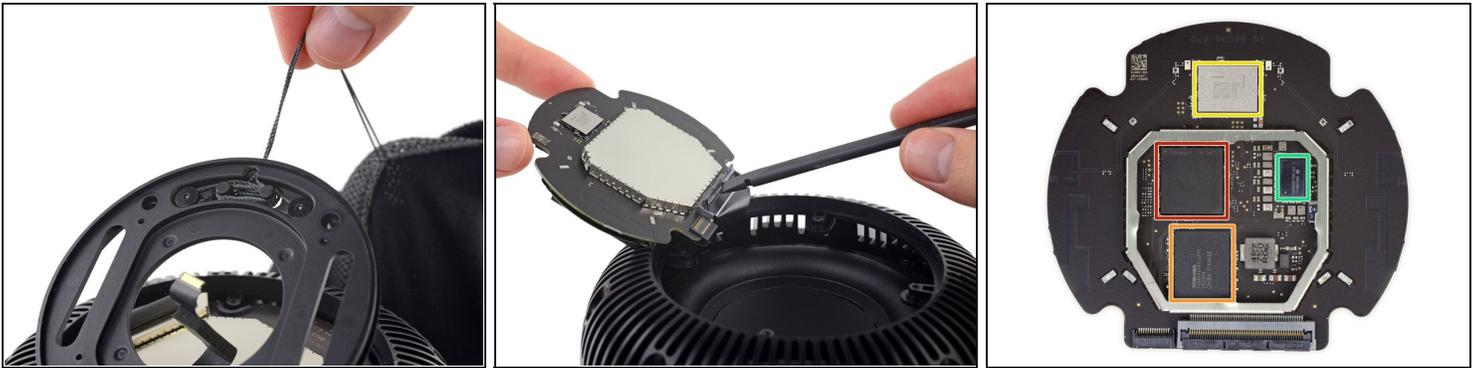
- Auf der Suche nach dem Eingang, ziehen wir den verklebten Deckel ab, um auf noch mehr Schrauben zu stoßen, die - naja, scheinbar ins Nirgendwo führen.
 - ⓘ Was von außen so einfach aufgebaut aussieht, ist tatsächlich ein Labyrinth zum Öffnen.
- Nach *noch* mehr Hitze und *noch* einem Klebedeckel tauchen wir *noch* tiefer ein und finden endlich etwas Substanzielles.
- Unter Tür Nummer drei kriegen wir: eine gut geschützte Platine, ein breites Flachbandkabel und die Poller der Zugschnur

Schritt 10



- Das Lösen der Platine zeigt uns das Spielzeug, das die Lichtshow auf dem Deckel betreibt:
 - Texas Instruments TLC5971 LED-Treiber
 - Cypress CY8C4245LQI-483 Programmierbarer System-on-Chip, vermutlich für die Touch-Steuerung
 - ON Semiconductor FPF1039 drehzahlgeregelte (slew rate) Lastschaltung
 - Texas Instruments TPS62135 4 A Abwärtswandler
- Die Rückseite der Platine beherbergt die LEDs und den Diffusor, der der Anzeige ihren verwaschenen Look gibt.
- ⓘ Die Plus- und Minus-Symbole sind direkt durch die Platine geschnitten. Jedes Symbol hat seine eigenen drei LEDs, um die Photonen dahin zu richten, wo sie am meisten gebraucht werden.
- Die Oberseite der Platine (zweites Bild) beinhaltet ein sauber angeordnetes Muster kleiner Elemente - vermutlich ein kapazitives Raster, [wie auf dem Google Home](#), um deine Berührungen und Bewegungen auf der Oberfläche darüber zu registrieren.

Schritt 11



- Die nächste Scheibe, die einem entgegenkommt, enthält die ausgefuchsten Zugschnurpoller - und dahinter die Hauptplatine
- Chip für Chip sehen wir:
 - Apple A8 APL1011 SoC ([haben wir schonmal gesehen](#), aber hier hat er einen anderen Job), vermutlich gekoppelt mit 1GB RAM (darübergelegt in typischer PoP-Konfiguration)
 - Toshiba THGBX4G7D2LLDYC 16 GB NAND Flashspeicher
 - USI 339S00450 WiFi/Bluetooth- Modul, vermutlich mit [Broadcom BCM43572](#) innendrin
 - Apple/Dialog Semiconductor [338S00100-AZ](#) PMIC
- Interessanterweise gibt es auf der [Rückseite](#) ein paar unbesetzte SMC-Sockel für einige Chips und Passivbausteine. Ob der HomePod in letzter Sekunde noch Designänderungen unterworfen war?

Schritt 12



- Nach viel fruchtlosen Herumprobierens mit Hitze und Verdrehungen aller Art sind wir ratlos, wie wir weitermachen sollen. Schließlich werden wir ungeduldig, schnappen uns die Bügelsäge (und den [Ultraschallschneider](#)) lösen die kraftvolle Bassmembran.
- ✦ **Update:** Ein [furchtloser MacRumors-Leser](#) hatte hier mehr Erfolg. Wir haben in etwa das Gleiche versucht, aber ergebnislos, vielleicht hätte wir es länger treiben müssen! Wenn Du eins dieser Dinger zerlegen *musst*, mach es so wie hier.
- Wenn der Magnet des Bass-Chassis groß aussieht für einen Lautsprecher dieser Größe, dann weil er es ist. Tiefe dramatische Bassklänge kommen daher, dass ein Lautsprecher [eine Menge Luft bewegen](#) kann.
- ⓘ Während dies üblicherweise durch Membranvergrößerung erreicht wird, hat Apple stattdessen den Schwingweg der Spule vergrößert (auf 20mm), was wiederum einen größeren Magneten erfordert. Auf diesem Wege bleibt der Lautsprecher kompakt, kann aber immer noch genug Luft für hochwertigen Bassklang bewegen.

Schritt 13



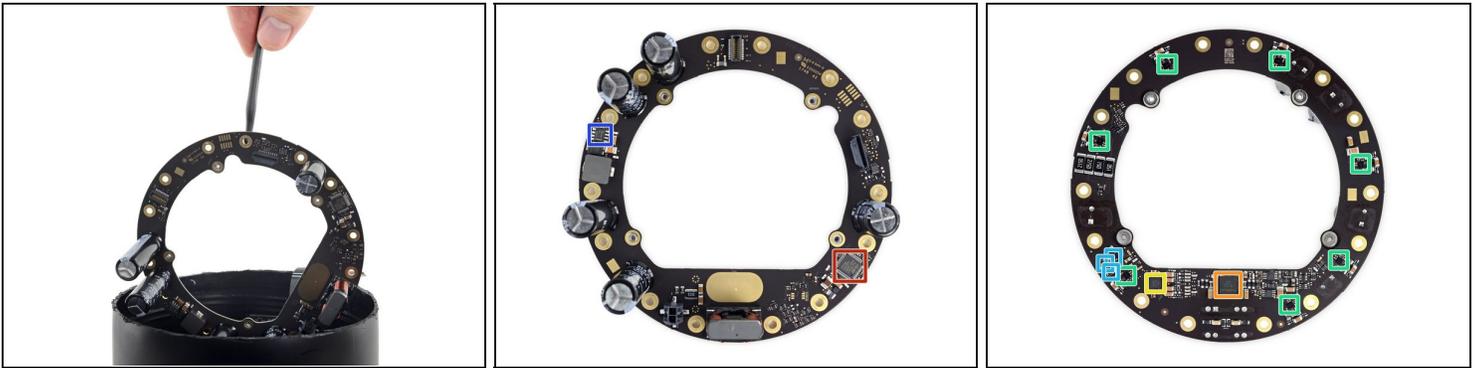
- Nach dem wir uns schneidend und biegend den Weg ins Innere dieser Lautsprecherfestung gebahnt haben, erreichen wir das letzte Hindernis: einen geschraubten Ring.
- Wir sind gezwungen zu beschließen, dass - zu einem bestimmten Zeitpunkt - der HomePod dazu vorgesehen war, für eine Trennung der Steuerung-/Bass-Einheit und der Hochtöner/Netzteil-Einheit aufgeschraubt zu werden.
- Wir fühlen uns nicht besonders schlecht, etwas gröber rangegangen zu sein; ausgehend vom Klebeband an der Unterseite der Röhre ist das Gewinde nicht für den Endkunden vorgesehen - hier wurde alles für die Ewigkeit geklebt.
- ① Kein Wunder, dass Apple [80-85% des Kaufpreises](#) für die Reparatur veranschlagt - das hier ist nicht einfach. Aber bitte, falls wir es falsch gemacht haben, teilt mit uns das magische Vorgehen!

Schritt 14



- Die nächste Schicht unserer HomePod-Zwiebel (oder vielleicht [Parfait?](#)) ist die zweiteilige Spannungsversorgung, bestehend aus innerem Ring für den Gleichrichter und äußerem Ring für die Leistungsverteilung an die acht Lautsprecher.
- Die Elemente auf der Platine des Wechselspannungseingang sind mit Epoxy geflutet, vermutlich damit sie von den entstehenden Vibrationen nicht kaputtgeschüttelt werden. Die Schaltung schickt Leistung an die Ringplatine über leitende Schraubstellen à la [Mac Pro 6,1](#).

Schritt 15



- Wir haben Teil Zwei der Spannungsversorgung, den ~~Stargate-Halo~~ Ring für Leistungsverteilung, am [Haken](#).
- Die kondensatorbesetzte Seite unserer intergalaktischen Netzteilplatine beheimatet eine STMicroelectronics [STM32L051C8T7](#) Ultra-Low-Power ARM MCU.
- Und auf der anderen Seite finden wir:
 - International Rectifier PowIRaudio 98-0431 AudioVerstärker
 - Cirrus Logic [CS4350](#) Stereo-DAC mit integriertem PLL
 - Und über den Umfang verteilt sind sieben Analog Devices SSM3515B Audioverstärker - scheint, als seien diese die jeweiligen Verstärker für die Hochtöner!
 - Maxim Integrated [MAX9938](#) and Texas Instruments [INA210](#) Stromsensor-Verstärker
 - Texas Instruments [TPS54560](#) 5 A Tiefsetzsteller

Schritt 16



- Wir lösen eine kleine Platine vom Kleber, mit dem sie am Gehäuse befestigt ist, und erkennen zwei Conexant [CX20810](#) ADC-Chips von Synaptics für das Mikrofon-Array.
- Die Karte verfügt über ein eigenes Mikrofon - wahrscheinlich das Tieftonmikrofon für die Kalibrierung des Tieftöners.
- ⓘ Dieses Mikrofon hört im Wesentlichen auf den Ausgang des Tieftöners und nimmt mit Hilfe von [schicken Signalaufbereitungen](#) eine Feinabstimmung des Tieftöners vor, um die bestmögliche Leistung zu erzielen und gleichzeitig den Basspegel im Einklang mit anderen Frequenzen zu halten.
- Zurück zu den restlichen Mikrofonen: Sie kommen in zwei langen Streifen mit je drei Mikrofonen. Jeder Streifen ist fest mit der Innenseite des Gehäuses verklebt, wobei die Mikrofone über trichterförmige Kanäle positioniert sind.

Schritt 17



- Wir ziehen einen weiteren Gewinding aus dem HomeBody und erhalten schließlich Zugang zu ~~Schneewittchen~~ und den sieben Hochtönern, komplett mit ihren Stromversorgungsposten.
 - Richtig - diese goldenen Gewindepfosten liefern Strom an die Hochtöner.
- Beim Blick auf einen der Schalltrichter haben [wir ein ganz dummes Gefühl bei der Sache](#). Vielleicht ist aber auch nur der Hochtöner nervös.
- ① Das kleine gefaltete [Horn](#) vorne am Hochtöner ist ein Trick, den Audio-Ingenieure nutzen, um den Wirkungsgrad des Lautsprechers zu erhöhen und Schallrichtung zu steuern. Dasselbe Konzept nutzt das [Grammophon](#).
- Zeit, den Ultraschallschneider rauszuholen und diese Einheit aufzuschneiden.

Schritt 18



- Mit der geöffneten Tweetet-Baugruppe haben wir einen besseren Blick auf den Hochtöner mit Horn und Lüftungsöffnungen, der dem HomePod seinen "präzisen" Sound verleiht.
- Die Öffnungen an den Seiten der [Schwingspule](#) und die vier Löcher auf der Rückseite des Hochtöners verhindern den Aufbau von Luftdruck hinter der Hochtöner- Kalotte, wenn sie sich bewegt.
 - ① [Druckminderung](#) schützt die Kalotte - und die Musik - vor Verzerrungen, während sich der Hochtöner Tausende von Malen pro Sekunde vor- und zurückbewegt.
- ☑ Bis hierhin haben wir keinen Beleg für [Diamant-Hochtöner](#)... Dr. Geaves, haben Sie Antworten für uns?

Schritt 19



- Und damit haben wir alle Teile, die aus einem Siri-Haus einen HomePod machen.
- Weißt du, wie Apple sich an so etwas heranarbeitet? Haben wir irgendeine Lautsprecher-Weisheit verpasst? Teilt uns das in den Kommentaren mit und lasst euch das Teardown-Video auf YouTube nicht entgehen.
- Zum Schluss ist es wieder Zeit, den Reparierbarkeits-Score zu vergeben. Trotz einiger positiver Punkte, steht fest, dass wenn die Öffnungsprozedur wirklich unumkehrbar ist, wir das entsprechend bewerten müssen.

Schritt 20 — Fazit



- Apples HomePod bekommt eine **1 von 10** auf unserem Reparierbarkeits-Index (10 ist am einfachsten zu reparieren).
- Der HomePod ist wie ein Panzer gebaut. Haltbarkeit dürfte kein Thema sein.
- Die äußere Stoffhülle kann trotz Fehlens von Nähten unbeschadet entfernt werden dank einer ziemlich coolen Zugschnur.

- Alle Schraubverbindungen gehören zur Standard-Torx-Familie - keine ärgerlichen Sicherheitsschrauben an dieser Stelle.
 - Das sehr schlaue Verwenden von leitenden Gewindebuchsen vermindern den Kabelwirrwarr, der mehrfach gestapelten Komponentenschichten.
 - Sehr starke Verklebungen sichern die Touch-Abdeckung, die Mikrofon-Anordnung, den Gummifuß und (am ärgerlichsten) den Hauptzugang im oberen Gerätedeckel - der ansonsten eher so aussieht, als ließe er sich einfach abschrauben.
 - Obwohl es so *aussieht*, als gäbe es einen beschädigungsfreien Weg ins Innere, haben wir diesen nicht entdecken können. Ohne Reparaturanleitung sind die Erfolgchancen gering.
-