

**High-End-Audio-Player
auf Basis eines x86-Computer
(x86-Audio-Player)**

Version 2.09 - August 2023

Josef Tröszter

In theory, theory and practice are the same. In practice, they are not. (Yogi Berra)

Inhalt:

Vorwort

Die Komponenten des x86-Audio-Player

Der Computer - x86 für Windows & Linux

Audio-Player-Software - bitte bitgenau mit Daphile und Winyl

Der Digital-Analog-Konverter

USB-Isolatoren

Die Stromversorgung

Die USB-Stromversorgung des DAC

Das Gehäuse

***Daphile-kompakt-System mit linearem Netzteil und integriertem
Android-Tablet als Steuerung***

***All-In-One: Daphile-Player mit spo-book Tech 92F, integriertem
DAC und Kopfhörerverstärker***

Einen x86-Audio-Player mit einem USB-Hub verwenden

Audio-CD-Tracks in FLAC-Dateien umwandeln

Audio-CD-Player und x86-Audio-Player im Vergleich

Ist HiRes-Wiedergabe das Maß der Dinge?

Endabrechnung: Die Kostenseite eines x86-Audio-Player

Lohnt sich das Ganze?

Die x86-Audio-Player im echten Leben - meine Erfahrungen bis August 2023

Zum Schluss

Vorwort

Während vieler Jahre war für mich die Audio-CD die optimale Wiedergabequelle schlechthin, der erst durch das Audio-Streaming ernsthafte Konkurrenz erwachsen ist. Für einen zweiten Wohnsitz und mein Büro habe ich mir auf Basis des RaspberryPi zwei Audio-Streamer/Audio-Player selbst gebaut, aber so richtig anfreunden konnte ich mich mit dem Einplatinencomputer nie und deshalb wollte ich als Hardware einen x86-PC verwenden. Eine Ahnung von so einem x86-Audio-Player-Projekt hatte ich anfangs nicht, was mir einige Recherchen und etliche Experimente beschert hat. Ich will die Sache nicht unnötig in die Länge ziehen und die monatelangen Vorarbeiten beschreiben, nur so viel sei erwähnt: ich habe zuerst zwei und dann einen dritten „Prototypen“ mehrmals verändert und ergänzt um am Ende wirklich gut funktionierende Systeme zu bekommen. Der vierte x86-Audio-Player vom Sommer 2018 hat sich schließlich aus dem Umstand ergeben, dass ein Eigenbau-Gehäuse für vorhandene Hardware ungewollt zu einem kompletten x86-Audio-Player-Projekt mutiert ist. In der Folge wurde auch dieses Dokument komplett überarbeitet, damit es zu meinen Projekten passt. Es soll nicht als Rezept verstanden werden, aber wer einen Eigenbau riskieren will, der findet hier Daten und Fakten, die ausgezeichnet als Ausgangspunkt für eigene Konstruktionen dienen können.

Ich mag Audiowiedergabe auf hohem Niveau aber ich möchte und kann dafür keine exorbitanten Geldsummen ausgeben. Daher kann ich auch mit Kompromissen leben und bin für ungewöhnliche Lösungen zu haben, Hauptsache es klingt sehr gut, hervorragend oder exzellent. Meine Ansicht ist, dass gutes Studio-Equipment highendig ist, weil damit gemischt und gemastert wird. Wenn die Abstimmung eines Audio-Datenträgers also mit ähnlicher Ausstattung wie das Abhören erfolgt, sollte ein ähnliches Klang-Ergebnis dabei herauskommen. Für mich klingt das dann so, wie es der Künstler oder der Tonmeister gewollt hat. Da will ich nichts hinzugefügt oder weggelassen wissen (zumindest in der Theorie). Klingt die Sache schlecht, ist wahrscheinlich etwas bei der Produktion danebengegangen. In audiophilen Kreisen wird aber immer wieder die umfassende Optimierung versucht. Alles muss bestens klingen, dabei gibt es tatsächlich technisch schlechte Aufnahmen und die sollten auch so wiedergegeben werden. Nachdem das Hören eine individuelle und sehr persönliche Angelegenheit ist, erlaube ich mir meine eigene Meinung zu diesem Thema. Die darf ich auch revidieren, wenn ich etwas dazugelernt habe. Und jeder darf auch eine andere Meinung haben, denn weder bin ich im Besitz des absoluten Gehörs, des absoluten Wissens und der uneingeschränkten Wahrheit, noch verbreite ich Dogmen.

Seit Jahren liege ich beim Hören auf der neutralen Seite und bin an Studio-Equipment gewöhnt. Mein bei weitem nicht perfektes Gehör ist quasi auf die relativ neutrale Wiedergabe von Studio-Equipment kalibriert und wenn neue Gerätschaften dazukommen, die eine völlig andere Abstimmung haben, wird das Hören für mich ungewohnt und unbefriedigend. Genau deshalb verwende ich gerne Studio-Equipment, welches noch den Vorteil hat sehr oft viel preiswerter zu sein als sogenannte audiophile Ware. Also bitte nicht enttäuscht sein, wenn ich mir keinen Nagra-DAC für 14.000 Euro zugelegt oder allein für einen Netzfilter ein paar Tausender angelegt habe und jetzt dutzende Seiten darüber philosophiere. Eine ausgewogene Zusammenstellung an Komponenten, eine Menge an Pragmatismus und die bei mir so beliebte Keep-it-simple-Methodik waren gefragt und es hat geklappt. High-End-Audio gibt es heute schon um erstaunlich wenig Geld.

Bevor man loslegt sollte man sich ein Ziel stecken und die eigenen Ansprüche kennen. Das hier vorgestellte Projekt ist auf meine Bedürfnisse abgestimmt, orientiert sich also primär an der bitgenauen Wiedergabe von gerippten Audio-CDs nach dem Redbook-Standard, weil ich mehr als fünfhundert Audio-CDs besitze. Als Nebenprodukt habe ich zudem die Möglichkeit bekommen höher aufgelöste Dateien abzuspielen. Ob das ein Must-Have ist, wage ich nach meinen Erfahrungen mit hoch aufgelösten Audio-Dateien zu bezweifeln. Aber in diesem Bereich soll jeder für sich entscheiden, wie viel HiRes er tatsächlich braucht.

Zum Thema Geld sei nur angemerkt, dass es ganz ohne finanziellen Aufwand nicht geht. Meine RaspberryPi-Varianten waren mit einem Preis von 100 bis 150 Euro wesentlich preiswerter als die x86-PC-Version. Auf x86-Basis muss man ab 400 Euro für das Projekt rechnen. Sparen kann man, wenn Teile aus der persönlichen Bastelkiste oder dem heimischen PC-Teile-Lager verwenden kann. Preistreiber ist Luxusausstattung wie z.B. ein Touchscreen. Verglichen mit so manchen kommerziell angebotenen High-End-Lösungen, für die man sehr schnell Preise im vierstelligen Eurobereich zahlen muss, sind die 400 Euro allerdings preiswert. So eine Lösung hat natürlich auch ihre Limitationen, die man akzeptieren sollte. Für mich ist ein Glas immer halb voll (und nicht halb leer). Deshalb freue ich mich, wenn etwas gut funktioniert und jammere nicht, was noch alles besser sein könnte. Projekte wie dieses lassen immer Raum für Verbesserungen, die man realisieren kann, wenn man sich immer mehr Fachwissen aneignet und bereit ist immer wieder (viel) Geld hineinzustecken.

Stellt sich nur noch die Frage, warum man sich die ganze Sache mit der Optimierung von Stromversorgung und Audio-Wandler antun soll und die ist leicht erklärt: Onboard-Soundkarten klingen niemals wirklich gut. Die Mainboard-Hersteller verwenden preiswerteste Bauteile und standardisierte Lösungen, die dem Computer eine rudimentäre Tonwiedergabe ermöglichen. Mehr nicht - und das reicht auch für wahrscheinlich 98% aller Anwender aus. Die Unterschiede zu allen nachfolgend beschriebenen Digital-Analog-Konvertern sind enorm und für jeden sofort hörbar. Die Unterschiede zwischen den vorgestellten DACs untereinander sind schon geringer und benötigen zumindest durchschnittliches Abhör-Equipment um Nuancen erkennen zu können.

Die Komponenten des x86-Audio-Player:



Lüfterlose x86-Computer sind die Hardware-Basis für den Player. Ein kompaktes Gerät mit durchschnittlicher Leistung ist für dieses Projekt ausreichend.



Der USB-DAC ersetzt den Onboard-Sound und sorgt für den feinen Klang. Die Auswahl ist groß und wird täglich größer, es sollte also für jeden Geschmack und jede Geldbörse der richtige Wandler zu haben sein.



Die passende Wiedergabesoftware verwaltet das Musikarchiv, steuert die Wiedergabe und sorgt unter anderem dafür, dass der DAC auch bitgenau arbeitet.



Ein lineares Netzteil eliminiert Störungen in der Stromversorgung und auf der 5-Volt-Schiene am USB-Bus. Sauberer Strom bedeutet weniger Störungen in der Stromversorgung und damit besseren Klang.



So sehen meine x86-Audio-Player aus: Die oberen vier Bilder zeigen die von mir zuerst gebauten Versuchsgeräte, die aktuell noch existieren, ausgezeichnet funktionieren und in naher Zukunft an Freunde abgegeben werden. Die Version mit Vinyl als Software und Touchscreen-Bedienung hat mich nicht überzeugt, weshalb ich dieses Konzept nicht weiter verfolgt habe. Der erste Player mit Daphile wurde in ein schlichtes Schachtelgehäuse mit einem großen Lüftungsgitter verpackt, während der zweite Daphile-Player ein kompakteres Box-Gehäuse bekommen hat und mit allerhand zusätzlicher Elektronik wie Kopfhörerverstärker und aktivem USB-Hub versehen wurde. Dieses Gerät habe ich bisher am häufigsten benutzt und am öftesten umgebaut. Die Bilder unten zeigen den vierten und neuesten x86-Audio-Player, der auch ein vollständiges Gehäuse erhalten hat.



Der Computer - x86 für Windows & Linux:

Im Internet kursieren viele Aussagen, was denn alles an Hardware-Anforderungen zu erfüllen ist, um einen PC überhaupt als audio-tauglich in Frage kommen zu lassen. Es gibt nur wenige kommerziell angebotene Geräte um weniger als 1.000 Euro Kaufpreis - tolle Komponenten und Designergehäuse manchmal inklusive. Natürlich lobt jeder Händler seine Ware über den grünen Klee und preist die Vorzüge seiner Angebote. Händler wollen gutes Geld verdienen und dank Mystifizierungen so gut es geht vom Verkauf ihrer Geräte leben. Das ist ihr gutes Recht, denn wer kommerzielle Lösungen vertreibt, muss diverse Vorschriften einhalten sowie Garantie und Gewährleistung gewähren um seine Produkte unter die Leute zu bringen. Und die Kunden wollen auch ihre Show und ihre Statussymbole bekommen, sonst kaufen sie nicht. In verschiedenen Foren werden dann die „Vorgaben“ der kommerziellen Anbieter manchmal unreflektiert übernommen. Dort liest man elendslange Fachsimpeleien über Hardwareanforderungen und dass mit wenig Leistung und geringer Ausstattung ein Audio-PC gar nicht funktionieren würde. So weit die Theorie mit der sich ein echter DIYer sicher nicht zufrieden geben wird.

Die Praxis kann für den Bastler und Tüftler glücklicherweise etwas einfacher aussehen. Wer sich informiert und recherchiert kann sich seinen x86-Audio-Player um wenig Geld bauen. Wer akzeptieren kann, dass ältere Hardware nicht schlecht sein muss, kauft preiswerter ein. Als Beispiel: In Maschinensteuerungen laufen Industrie-PCs zehn Jahre und länger. Qualitativ hochwertige Hardware hält so einen Zeitraum locker aus, sogar im 24/7-Betrieb. Solche Industrie-PCs gibt es in verschiedenen Leistungsklassen und Formfaktoren als Gebrauchtgeräte. Aus diesem Grund schaue ich mich im Internet in lokalen Kleinanzeigenbörsen und auf diversen Verkaufsplattformen nach günstiger gebrauchter Hardware um. Zeit und Geduld vorausgesetzt kann dort immer wieder ein gutes Geschäft oder ein Schnäppchen machen.



Gut & günstig: Der ursprünglich für die ersten x86-Audio-Player von mir gewählte Nexcom VTC6200 ist ein Automotive-PC mit einem energiesparenden Intel Atom D510 Dual-Core Prozessor. Leistungsmässig für die gestellten Anforderungen als Audio-Player völlig ausreichend. Das stabile Aluminiumgehäuse ist gleichzeitig Kühlkörper und HF-Abschirmung.

Je nach Ausführung befinden sich verschiedene Schnittstellen wie RS-232, VGA oder GPIO auf der Rückseite. Meine beiden Geräte sind sogar mit einem GPS-Modul ausgestattet - ein für einen Audio-Player eher wenig gefordertes Feature. Kaufpreis für die neuwertigen Geräte € 120,00 pro Stück.

Zum Vergleich auf den drei Bildern unten links Micro-PC-Angebote vom November 2016 bei Aliexpress, die für die vorgesehene Aufgabe ebenfalls gut geeignet wären. Ab etwa 90 US-Dollar gibt es die günstigsten Barebones, also nur Gehäuse und Mainboard ohne RAM-Speicher, Festplatte usw. Hat man diese Teile vorrätig, ist das eine preiswerte Lösung zu ein Micro-PC zu kommen.

Bei chinesischen Versendern muss man allerdings die Umrechnung von US-Dollar in Euro und zuzüglich noch Einfuhrabgaben (mindestens rund 30%) in den Kaufpreis einkalkulieren, was eine Menge Mehrkosten bedeutet. Bild unten: Der Intel NUC DE3815TYKHE ist ein Markenprodukt und als Barebone in der EU ab etwa 150 Euro zu haben. Foto: Intel

Ende Dezember 2016 habe ich zwei Lanner LEC-7020D, das sind Intel-Atom-Single-Core-Geräte ähnlich dem Nexcom VTC6200, um je 20 Euro gekauft, im März 2017 zwei Stück sportbook TECH um je 50 Euro, die alle als x86-Audio-Player gut geeignet sind.

ack

New 2016 Atom MINI PC Gaming computer Nettop PC Z3735F 1.33GHZ Support RS232 with 2G ram and 32G ssd
★★★★★ 4.7 (10 votes) | 10 orders

Price: **US \$89.00** / piece

Shipping: **Free Shipping to Austria via HongKong Post Air Mail**
Estimated Delivery Time: 18-29 days

Quantity: 1 (988 pieces available)

Total Price: **US \$89.00**

Buy Now Add to Cart

mini pc Bay Trail-D quad-core J1900 BAREBONE mini computer 2LAN usb3.0 htpc hdmi 1080p a SIM GSM card slot RJ45-COM

Price: **US \$169.00** / piece

Color: **J1900L MINI PC**

Bundle: **2GRAM 32GSSD** 4G RAM 32G S5D WIFI 4G RAM 12BG S5D WIFI barebone

Shipping: **US \$24.38 to Austria via China Post Registered Air Mail**
Estimated Delivery Time: 23-36 days

Quantity: 1 (10 pieces available)

Total Price: **US \$193.38**

Industrial Computer Mini PC of Windows 10/8.1 2GB/32GB VGA/HDMI Mini PC Quad Core WIFI BT4.0 Lower Power Consumption Mini PC

Price: ~~US \$200.00~~ / piece

Discount Price: **US \$150.00** / piece **20% off** (09h02m54s)

Shipping: **Free Shipping to Austria via China Post Registered Air Mail**
Estimated Delivery Time: 23-36 days

Quantity: 1 (2 pieces at most per customer)

Total Price: **US \$150.00**

Buy Now Add to Cart



Für das Projekt x86-Audio-PC braucht man nicht zwangsläufig Highend-Hardware. Das Betriebssystem bestimmt den Prozessor. Wer unbedingt Windows 10, Windows 8 oder Windows 7 verwenden will, dem rate ich zu einer etwas leistungsfähigeren 64bit-kompatiblen Hardware. Wer auf Windows XP setzt, der kann 32bit-Hardware verwenden. Persönlich sehe ich bei Windows 10 bzw. Windows 8.1 keine Vorteile gegenüber Windows 7 oder Windows XP, wenn man das in diesem Projekt vorgestellte Winyl als Audioabspiel-Software verwendet. Im Lauf meiner Tests habe ich immer wieder erfolgreich 32bit-Hardware für wohlklingende Abspielgeräte verwendet. Was man nicht übersehen sollte: Wenn das Betriebssystem für grafische Effekte und diverse Hintergrundprozesse schon die Hälfte seiner Leistung verpulvert, wie das bei nicht optimierten Windows-Systemen sehr oft der Fall ist, dann wird ein Singlecore-Prozessor mit Windows XP 32bit zur lahmen Ente. Windows-Betriebssysteme kann und sollte man feineinstellen um die Systemlast zu verringern und gerade bei Windows-Betriebssystemen sollte man sich sehr gut überlegen, welche Version man einsetzt.

Linux in allen seinen Varianten geht verglichen mit Windows-Betriebssystem sparsamer mit Systemressourcen um. Auch wenn in diesem Dokument Winyl auf Windows-Systemen beschrieben wird, bin ich im Lauf der Zeit komplett auf das ebenfalls in diesem Dokument beschriebene Daphile umgeschwenkt und rundum zufrieden. Mehr dazu an anderer Stelle.

Ein PC für Audioproduktion und ein Audio-PC zur reinen Wiedergabe unterscheiden sich in den Systemanforderungen beträchtlich. Das hier beschriebene Projekt x86-Audio-Player/Streamer benötigt die meiste Rechenleistung für das Auslesen der (FLAC-)Dateien und die Weiterleitung an den Digital-Analog-Konverter. Mehrkern-Prozessoren, Unmengen von Arbeitsspeicher und Festplatten mit aberwitzig kurzen Zugriffszeiten werden von kommerziellen Anbietern als Must-Have vermarktet, irgendwie müssen die ja die 1.000 Euro und mehr als Kaufpreis rechtfertigen, aber wirklich notwendig sind sie nicht. Natürlich ist ein ausrangierter Pentium III mit 64MB RAM keine Option, aber wer Realitätssinn beweist, wird mit Durchschnittshardware ab einem Intel Atom N270 über die Runden kommen.

Nichts gegen einen großen Arbeitsspeicher, aber meine Daphile-Installationen kommen mit 153MB RAM aus - da ist das System mit einem oder zwei Gigabyte Hauptspeicher ganz gut bestückt. Auch die tolle Grafikkarte kann man sich sparen, beim Windows-System reicht die auf Intel-Mainboards fast immer vorhandene Onboard-Grafik aus, bei Daphile als Headless-System braucht man sie überhaupt nur für die Erstinstallation.

Das DIY-Netzteil ist ein weiterer Bestandteil eines preiswerten Systems. Das hier vorgestellte Netzteil ist keine Neuentwicklung, da wurden bestehende Konzepte nur optimiert. Es besteht aus gut verfügbaren Standardbauteilen und ist relativ einfach aufgebaut. Für den x86-Audio-Player ist es ausreichend impulsfest. Wie ich im März 2017 zufällig erfahren habe, wird ein sehr ähnliches Fertiggerät im Internet als der Weisheit letzter Schluss um 500 Euro angeboten. Nach dem Vornamen von Herrn Nikola Tesla in Verbindung mit dem Begriff „power supply“ suchen und schon weiß man, worüber ich hier schreibe.



Diese vier gebrauchten Mini PCs habe ich in meinen x86-Audio-Playern verwendet. Alle Geräte sind für das Projekt ausreichend leistungsfähig und werden passiv gekühlt betrieben.



Als absolut untere Prozessor-Leistungsgrenze gilt für mich ein Singlecore-Prozessor mit 1GHz. Beim Hauptspeicher ist 1GB das Minimum, auch wenn Daphile sogar mit 512MB einwandfrei funktioniert. Die optimale Konfiguration ist ein Intel Atom D510 Dualcore mit 1,65GHz Taktfrequenz, 2GB RAM und eine 128GB Solid-State-Festplatte. Ein lüfterloses Design und die Verwendung einer SSD machen den x86-Audio-Player komplett geräuschlos. An die Grafikkarte braucht man grundsätzlich keine großen Anforderungen zu stellen. Ein Headless-Player wird über ein Tablet oder Smartphone ferngesteuert und braucht keinen Monitor. Für Windows und Winyl reichen Grafikkarten, die mindestens 1280x1024 Pixel an Auflösung darstellen können aus.



Industrie-PCs haben oft ein Aluminium- oder Blechgehäuse. Das dient zur großflächigen Wärmeableitung vom Prozessor und ist zugleich auch ein guter HF-Schutz - ebenfalls Vorteile für den x86-Audio-Player.



Der Nexcom NIC3100 hat zwar nur einen Intel Celeron M Prozessor mit 1,6 GHz, dafür aber einen vollwertigen PCI-Steckplatz für eine USB-2.0-Schnittstellenkarte, welche nochmal helfen soll die Audioqualität zu verbessern. Dieses Gerät wurde im Juli 2018 um 50 Euro gekauft und funktioniert mit Daphile sehr zufriedenstellend.

Datenspeicherung: Audiodateien von einem externen Datenspeicher oder einer lokalen Festplatte abspielen?

Eine Sammlung an Audiodateien erzeugt riesige Datenmengen, die man irgendwo unterbringen muss. Ob man Audiodateien lokal im x86-Audio-Player speichert oder an einem anderen Ort im Netzwerk, zum Beispiel einem Server, ist grundsätzlich egal. Die Wiedergabequalität wird durch das Auslagern auf einen externen Datenträger nicht verändert. Solange keine Datenpakete während des Transports im Netzwerk verloren gehen oder verändert werden, bleibt die Wiedergabequalität erhalten. Der Vorteil des externen Datenspeichers in einem Netzwerk ist, dass alle Netzwerk-Benutzer auf die Audiodateien zugreifen können und die Daten nur einmal gespeichert sein müssen sowie nur einmal Festplattenkapazität in Anspruch nehmen. Die Verwaltung großer Bestände an Audiodateien auf einem Server im Netzwerk wird vereinfacht, weil man ein zentrales Archiv und nicht Archivteile auf verschiedenen Festplatten und verschiedenen Geräten unter Kontrolle haben muss. Nachteil dieser Lösung: Fällt der Server aus irgendeinem Grund aus, bleibt der x86-Audio-Player stumm. Man kann den x86-Audio-Player unter den Arm klemmen und ihn zum Beispiel übers Wochenende in den Schrebergarten mitnehmen, nur wird er stumm bleiben, solange man dort keinen Server oder mindestens ein NAS aufgestellt hat.

Die Strategie eine möglichst große Festplatte im x86-Audio-Player zu integrieren macht Sinn und den x86-Audio-Player unabhängig vom Server. Was man einbaut, gehört überlegt. Mechanische Festplatten sind sehr preiswert, dafür aber nicht ganz geräuschlos. Wer alle Musikdaten lokal am Gerät speichern will und viel Speicherplatz braucht, sollte zu einer großen mechanischen Festplatte mit 5.400 Umdrehungen greifen. Diese Typen sind relativ leise und verursachen nur geringe Vibrationen. Solid-State-Drives sind völlig still aber in der Anschaffung teuer, wobei sich Speichergrößen bis 500GB preislich in einem Rahmen bewegen, der für dieses Projekt erschwinglich ist. Egal ob eine HDD oder eine SSD verbaut ist, der x86-Audio-Player wird dadurch bei den Audiodateien unabhängig vom Rest des Netzwerkes. Man kann mit ihm auch schnell und einfach den Standort ändern und hat seine Musiksammlung dabei.



Glücklicherweise ist man nicht auf eine der Varianten beschränkt. Die persönlich wichtigen Audiodateien kann man auf der lokalen Festplatte ablegen und weniger oft Gehörtes auf dem Server. Der x86-Audio-Player bleibt unabhängig, weil er auch ohne Server abspielen kann. Die lokale Festplatte kann kostengünstig optimiert werden, weil man nicht Terabyte an Daten speichern muss. So kommt man auch mit einer erschwinglichen SSD durch. Ein x86-Audio-Player, welcher sowohl vom Server als auch von der lokalen Festplatte abspielen kann ist aus meiner Sicht die sinnvollste Konstruktion.

Mini- oder Micro-PCs bieten manchmal die Möglichkeit eine CompactFlash-Karte als Bootmedium zu verwenden. Findet man diese Möglichkeit vor, sollte man sie auch nutzen, denn von CompactFlash bootet das System schneller. Der Tausch des Bootmediums ist einfach und schnell realisierbar. Man kann sich verschiedene Betriebssystemversionen auf CF-Karten vorbereiten und blitzschnell austauschen - vorausgesetzt bei der Hardware ist der CF-Slot leicht erreichbar. Beim nachfolgend beschriebenen Daphile wird auch das Versions-Upgrade super einfach, wenn die im Betriebssystem integrierte Update-Funktion aus unerfindlichen Gründen nicht (mehr) funktioniert. Es gibt Kartengrößen bis 256 bzw. 512GB, was nicht bedeutet, dass man CF als Festplattenersatz verwenden sollte. CompactFlash sollte nur als Systemdatenträger und nicht zur Datenspeicherung eingesetzt werden.



Die Audio-Player-Software - bitte bitgenau mit Daphile und Winyl:

Die Wiedergabe-Software ist bei einem x86-basierten Computersystem ist ein ganz eigenes Thema. Bezogen auf Windows als Betriebssystem ist die Auswahl erst einmal grenzenlos und man muss sich klar werden, was man sich von der Software überhaupt erwartet und welche Bedienlogik man zu akzeptieren bereit ist.

Für mich persönlich steht die Audioqualität ganz oben, gefolgt von einer möglichst einfachen Installation, Konfiguration und Bedienung. Bei der Bedienung würde mir ein ganz einfaches Konzept reichen. An sonstigen Features brauche ich im Grunde genommen nur die Möglichkeit direkt von Ordnern lokal und im Netzwerk abspielen zu können. Eigene Wiedergabelisten möchte ich auch noch erstellen und verwalten können, denn man will ja nicht immer eine ganze CD hören. Die Möglichkeit Audiodateien nach verschiedenen Kriterien wie Album, Interpret, Genre usw. sortieren zu können wäre auch noch nützlich. Und damit das Leben ein wenig bunter und hübscher wird, wünsche ich mir die Anzeige von Album-Cover. Alles in Allem keine besonderen Wünsche und fast jede Abspiel-Software kann das alles.

Besteht man auf bitgenauer Wiedergabe, wird das Softwareangebot schon deutlich übersichtlicher. Es gibt verschiedene Kaufsoftwareprodukte, die alle von sich behaupten das ultimative Hörerlebnis zu bieten. Da wird mit Superlativen geworben und es entsteht der Eindruck man könne ohne genau diese Software eigentlich nicht Musik hören. Die Preise für diese Super-Player-Software sind teilweise ganz schön happig und auch die Konfiguration ist bei manchen dieser Produkte eher eine Wissenschaft, denn ein Vergnügen. Auch da hat mich die Recherche eine Menge Zeit gekostet, denn ich wollte analog zu meinen RaspberryPi-Projekten eine kostenlose Software, die bitgenau abspielt und einfach zu administrieren ist.



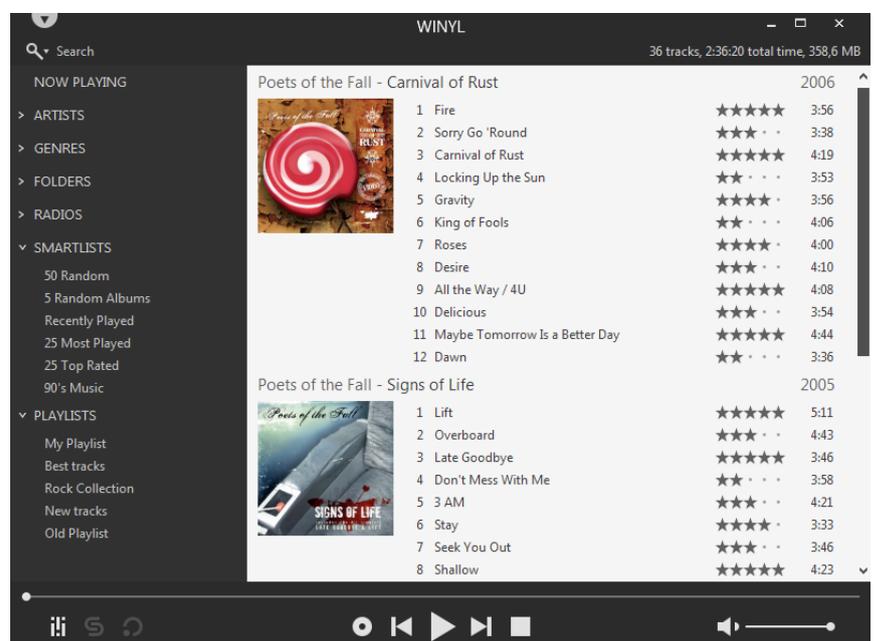
Daphile ist ein auf Gentoo-Linux basierendes Embedded-System. Betriebssystem und Wiedergabesoftware bilden eine Einheit und passen nahtlos zusammen. Bedient wird Daphile über ein externes Gerät, egal ob es sich um ein Tablet, ein Smartphone oder einen anderen Computer handelt. Ein aktueller Browser reicht aus.

Die Daphile-Homepage:
<https://www.daphile.com/>

Winyl ist eine Windows-x86-Anwendung und benötigt Windows XP oder Windows 7 als Betriebssystem. Die Benutzeroberfläche ist gut strukturiert und einfach zu bedienen. Für Touch-Screen- oder Trackball-Bedienung gibt es nichts Besseres.

Details zu Winyl und Daphile gibt es auf den nächsten Seiten.

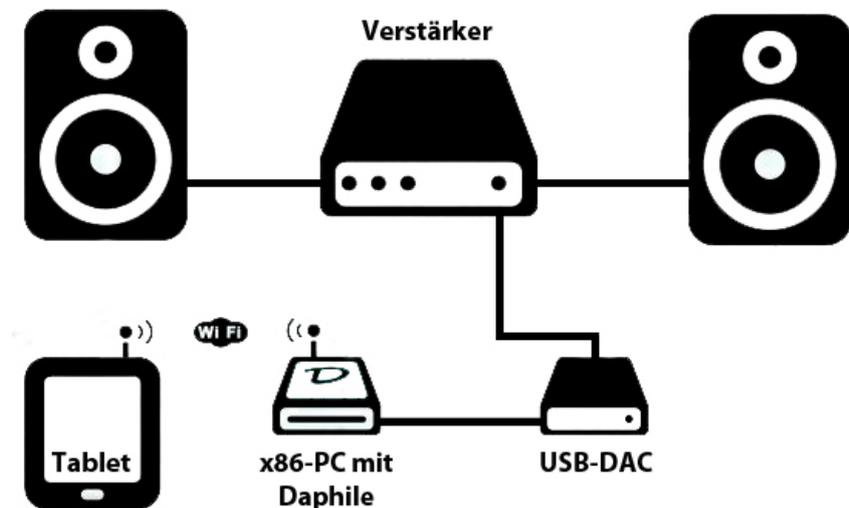
Die Winyl-Homepage:
<http://winylsoft.com/>



Nach langer Suche und intensiven Tests verschiedenster Softwareprodukte vorerst auf einem uralten Notebook, welches gerade noch für Windows-7 tauglich war, sind zwei kostenlos nutzbare Produkte übrig geblieben, die für meine persönlichen Anforderungen am besten geeignet erschienen.

Beide unterscheiden sich sehr stark voneinander, denn der Winyl-Player ist ein Softwareprodukt, welches auf einem Windows-PC installiert wird, während Daphile eine auf Gentoo-Linux basierende Komplettssoftware ähnlich einem Embedded-System ist. Bei Winyl muss man sich zuerst um das Betriebssystem, Windows XP oder vorzugsweise Windows 7 in einer x64-Version, kümmern und Optimierungen vornehmen. Das ist eine Spielerei, denn erst wenn man nicht benötigte Dienste deaktiviert hat, wird der Fußabdruck des Microsoft-Betriebssystems richtig schlank. Leistungsschwächere Systeme profitieren davon und danken es mit flüssiger Performance. Ich will mich hier nicht in Konfigurations-Orgien ergehen, aber auf einer der nächsten Seite befindet sich eine Setup-Anleitung und eine Auflistung jener Dienste, die man bei Windows XP bzw. Windows 7 abschalten kann bzw. die in Frage kommen abgeschaltet zu werden. Die eigentliche Programmkonfiguration von Winyl ist sehr einfach und mit wenigen Mausklicks zu bewerkstelligen. In dieser Hinsicht ist Winyl fast eine Vorzeigesoftware. Winyl bietet übrigens auch die Möglichkeit Skins zu verwenden und selbst zu erstellen. Damit kann man die Benutzeroberfläche weiter an persönliche Vorgaben anpassen. Eigene Skins habe ich noch nicht programmiert aber etliche downloadbare Varianten schon ausprobiert.

Winyl ist eine konventionelle Windows-Software und man benötigt auf alle Fälle einen Monitor, sonst kann man das Programm nicht nutzen. Die Bedienung erfolgt am bequemsten über einen Touchscreen. Der Touchscreen ist zugleich die teuerste Lösung und wer keinen Touchscreen billig auftreiben kann, nimmt einen normalen Monitor oder die heimische Flachbildglotze samt einem kabellosen Trackball. Damit hat man eine Art Daumensteuerung, die ebenfalls bequem ist und die man auch uneingeschränkt verwenden kann, wenn man z.B. auf dem Sofa herumlungert. Klanglich und funktional einwandfrei ist das Bedienkonzept von Winyl ein Schwachpunkt, denn wirklich bequem ist es weder mit Touchscreen, noch mit Trackball und auch nicht mit einem Gamepad.



Ein Tablet als Fernbedienung mit Bildschirm steuert Daphile. Über den DAC ist die Anbindung an diverse Endgeräte möglich. Der M2Tech hiFace DAC liefert ein standardisiertes Line-Signal.

Daphile wird in einer nicht allzu komplizierten Installationsroutine als komplettes x86- oder x64-Embedded-System auf eine leere Festplatte aufgesetzt. So weit ich mich informieren konnte besteht Daphile aus Gentoo-Linux und einem Logitech Squeezebox Server. Als Anwender hat man weder mit Linux noch mit dem Squeezebox Server zu tun. Die Installation erfolgt weitgehend automatisch und auch bei der Basiskonfiguration ist keine Benutzer-Interaktion notwendig. Lläuft das System, kann man es über ein übersichtliches Menü und einen Browser feintunen. Daphile bietet dabei eine Vielzahl an Möglichkeiten und ist in diesem Bereich wesentlich umfangreicher als der Winyl-Player. Ob man so umfangreiche Einstellungen tatsächlich braucht, ist eher fraglich, man kann aber sehr gut am System herumspielen. Eine Einschränkung habe ich am Schluss doch gefunden: Daphile kennt veränderbare Hintergrundbilder aber keine veränderbaren Skins. Wem der Standard-Skin nicht gefällt hat Pech gehabt. Die FAQs von Daphile sollte man durchlesen, dort finden sich nützliche Zusatzinformationen: <http://www.daphile.com/download/FAQ.txt>

Als Headless-Player kann man das gesamte System plattformunabhängig über jeden modernen Browser steuern. Das geht von jedem Gerät im Netzwerk. Daphile WLAN am Daphile-PC ist dazu nicht verpflichtend aber mit aktueller Hardware selbstkonfigurierend und demnach leicht realisierbar. Möglich wäre sogar ein eigener Daphile-Hotspot. Ich habe ein ausgemustertes 10-Zoll-Billig-Tablet mit Android 4.1.1 eigens für die Steuerung abgestellt. Nach einem Factory-Reset verwende ich es mit dem vorhandenen Browser ausschließlich zur Daphile-Steuerung. Das große Tablet ermöglicht eine bequeme Bedienung bei ausreichend großer Text- und Graphikdarstellung.

Eine eigene grafische Benutzeroberfläche hätte Daphile für den Fall, dass man einen Monitor angeschlossen hat. Mich spricht diese Benutzerschnittstelle mit ihren rudimentären Funktionen überhaupt nicht an, weshalb ich mich auch nicht weiter damit beschäftigen will. Daphile ist als Headless-Player einfach besser.

Winyl oder Daphile - welche Software ist besser?

Diese Frage ist nicht eindeutig zu beantworten, an dieser Stelle aber ein paar Vergleiche:

Hardwareanforderungen: Windows benötigt mehr Leistung, Daphile ist weniger anspruchsvoll und genügsamer. In die Jahre gekommene Hardware ist daher besser für ein Daphile-System geeignet. Wenn nichts anderes als eine einfache Singlecore-Plattform zur Verfügung steht, dann diese eher für Daphile verwenden. Die Kombination Windows und Winyl eher auf Dualcore-Systemen installieren.

Betriebssystem: Besteht man auf das Betriebssystem Windows ist man auf Winyl festgelegt. Will man ein Embedded-System landet man unweigerlich bei Daphile.

Installation: Beide Systeme haben ihre Tücken. Bei Windows liegen sie im Fine-Tuning für optimale Leistung, bei Daphile in der Herstellung des Boot-Mediums und der Partitionierung der Festplatte.

Kompatibilität zu einem vorhandenen Windows-Netzwerk: Beide Systeme kann man uneingeschränkt in ein Windows-Netzwerk integrieren ohne ein IT-Spezialist zu sein.

Kompatibilität mit dem USB-DAC: Alle in diesem Dokument vorgestellten USB-DAC funktionieren mit Windows XP, Windows 7 und Daphile. Ich habe keine Kompatibilitätsprobleme festgestellt. Mit entsprechender Treibersoftware funktioniert sogar USB-Class-2 mit UAC2-Highspeed unter Windows XP, das Betriebssystem kann also (bis zu einem gewissen Grad) auch Hochauflösendes abspielen, aus Kompatibilitätsgründen ist Windows 7 die bessere Wahl. UAC2 wird von Linux-basierenden-Betriebssystemen nativ unterstützt.

Systemstabilität: Da scheinen beide Systeme gleich langzeitstabil zu sein. Wird ein Windows-Rechner ausschließlich für Winyl benutzt, vermüllt und verreckt er auch nicht. Bei Daphile ist eine anderweitige Nutzung erst gar nicht möglich, daher ist auch hier nur eine geringe Gefahr für die Integrität des Systems gegeben.

Bedienkonzept: Da ist Daphile eindeutig besser, weil man die Steuerung übers Netzwerk mit vornimmt. Ein Headless-Player ist Stand der Technik, während bei Winyl alle von mir bisher getesteten Eingabe- und Steuerungsgeräte Kompromisslösungen sind.

Audioqualität: Daphile ist einfach und übersichtlich in der Konfiguration. USB-DAC anstecken, warten und nach einem eventuellen Neustart die Musik genießen. Ohne weitere manuelle Aktion laufen die von mir verwendeten USB-DACs sehr gut bis ausgezeichnet. Finetuning bringt manchmal noch eine geringfügige Qualitätssteigerung. Bei Windows kommt man um die Beschäftigung mit USB-Class-Audio, ASIO, WASAPI und anderen Treibern wohl nicht herum. Das macht die Sache ein wenig komplizierter.

Der Bling-Bling-Glitzer-Faktor: Wie hübsch die Benutzeroberfläche ist, lässt sich bei Winyl mittels Skins anpassen. Die könnte man sogar selbst programmieren. Daphile ist da weniger anpassungsfähig. Es kennt zwar Wallpapers, verfügt aber nur ein einziges Thema in Orange, welches man auf hell oder dunkel umschalten kann. Das helle Thema ist nicht so mein Ding, aber die dunkle Version mit viel Schwarz und Orange gefällt mir gut und ich kann damit leben.

Fazit: Bei mir hat sich Daphile durchgesetzt. Ich habe schon mehrere Systeme installiert und schätze die Bedienung über Smartphone, Tablet oder PC.

Daphile installieren - eine Kurzanleitung für Windows-Nutzer

Zu Daphile gibt es ein PDF-Dokument mit einer Installationsanleitung in englischer Sprache. Nachdem ich mittlerweile einige Daphile-Systeme aufgesetzt habe und einige Stolpersteine aus dem Weg räumen musste, gibt es hier eine Art „Installations-Konzentrat“ nach der Keep-it-simple-Methode.

1. Systemanforderungen: Daphile hat einen ganz schmalen Fußabdruck und ist hinsichtlich der Hardware für aktuelle Verhältnisse sehr bescheiden. Theoretisch läuft Daphile ab einem Pentium I mit 512MB RAM und einer 2GB großen Festplatte. In den Nexcom VTC6200-PCs sind Intel Atom D510 mit 1,65GHz Taktfrequenz, 2GB RAM und ausreichend großen Festplatten verbaut. Damit läuft Daphile schnell und stabil. In der Folge habe ich die bereits eingangs erwähnten Lanner LEC-7020D für 20 Euro pro Stück erworben, die mit ihren Intel Atom N270 Single-Core-Prozessoren (1,6GHz) keine wirklichen Raketen sind. Bei einem Gerät war auch noch das 2GB-RAM-Modul defekt und dieses wurde durch ein vorhandenes Modul mit lediglich einem Gigabyte Kapazität ersetzt. Sogar damit werkelt Daphile ausreichend schnell und wie gewohnt stabil. Ich persönlich meine, dass ein Single-Core-Atom-Prozessor und 1GB RAM die untere Grenze an Hardware ist, die man einsetzen sollte. Wer lange sucht, findet derartige Mini-PCs um echt wenig Geld und vermeidet Experimente mit grenzwertiger Hardware. Was man noch braucht ist zumindest ein Ethernet-Anschluss, der aber auf jedem halbwegs modernen Mainboard vorhanden ist. WLAN ist vielleicht auch ein Thema. Ich habe einen TP-Link TL-WN823 ausprobiert, der von Daphile einwandfrei und ohne Konfiguration erkannt wird.

2. Mit USBWriter einen bootfähigen USB-Stick erstellen: Man braucht dazu einen leeren USB-Stick mit mindestens 4GB Kapazität und die kostenlose Software USBWriter. Der Rest ist ein Kinderspiel, wie man an der Anleitung rechts sehen kann.

Wichtig - der USB-Stick wird von USBWriter komplett gelöscht und mit einer startfähigen DaphileLive-Version überschrieben.

3. Das PC-BIOS so einstellen, dass vom USB-Stick gestartet wird: Meist gelangt man unmittelbar nach dem einschalten des Gerätes mit [F2] oder [ENTF] ins BIOS und stellt bei den Einstellungen Boot Device Select den angeschlossenen USB-Stick als erstes Laufwerk ein. Das zweite startfähige Laufwerk sollte die Festplatte im PC sein. Wie das im BIOS ungefähr aussieht zeigen die zwei Bilder rechts unten (der SanDisk-USB-Stick ist das erste und die SATA-Festplatte das zweite Startlaufwerk).

Die Festplatte im Daphile-PC sollte komplett leer sein und keine Partition enthalten. Die Festplatte sollte so groß sein, dass das Betriebssystem und die beabsichtigte Musiksammlung darauf Platz findet. Daphile kann weitgehend automatisiert installiert werden und das klappt (vor allem wenn man es das erste Mal macht) mit einer unpartitionierten Festplatte am besten. Daphile partitioniert die Festplatte wie benötigt und legt die entsprechenden Daten- und Ordnerstrukturen an.

Die Festplatte „entpartitioniert“ man vorab in einem Windows-System mit dem EaseUS Partition Manager. Die Software ist in einer freien Version verfügbar und darüber hinaus qualitativ sehr hochwertig. Im Bild rechts ein Beispiel bei dem die Disk2 keine Partition enthält. So sollte auch die für die Daphile-Installation vorgesehene Festplatte aussehen.

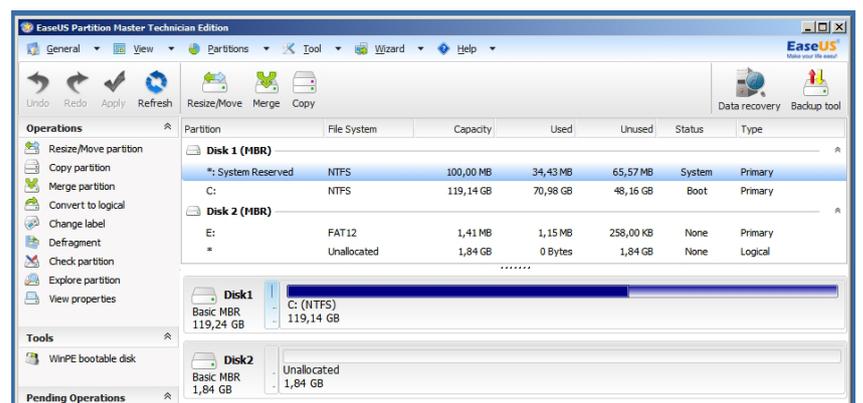
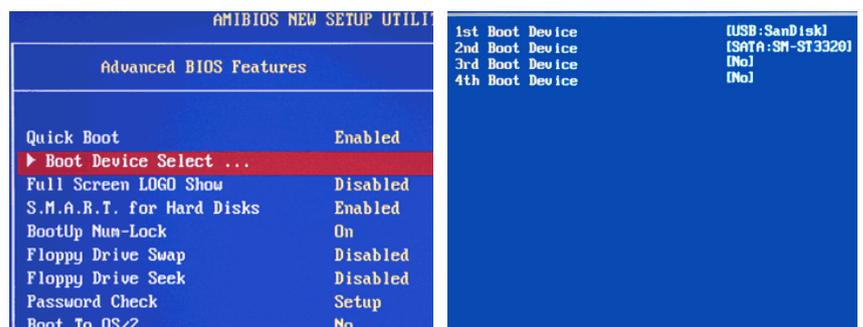
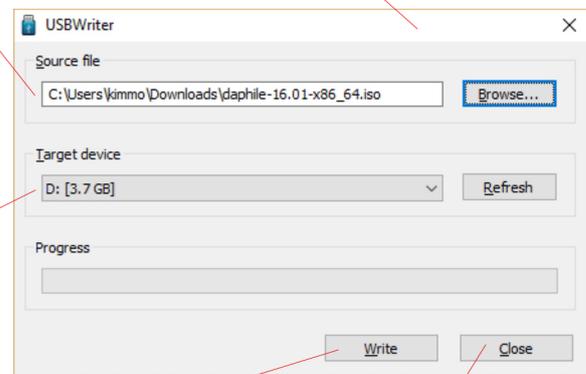
1. Daphile herunterladen und auf der Festplatte speichern. Als Quelldatei in USBWriter eintragen.

USBWriter ist ein Tool zum Erstellen bootfähiger USB-Sticks. Alternativ empfehle ich Rufus, wenn es mit dem USBWriter aus irgendeinem Grund nicht klappt.

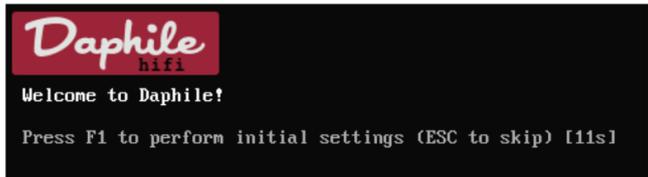
2. Einen leeren USB-Stick mit mindestens 4GB Kapazität bereitstellen und als Ziellaufwerk eintragen.

3. Einstellungen nochmals kontrollieren und danach mit WRITE die Erstellung des bootfähigen USB-Stick starten.

4. Der Balken „Progress“ zeigt den Fortschritt an. Der Schreibvorgang dauert etwa zwei Minuten. Danach wird USBWriter mit CLOSE beendet.



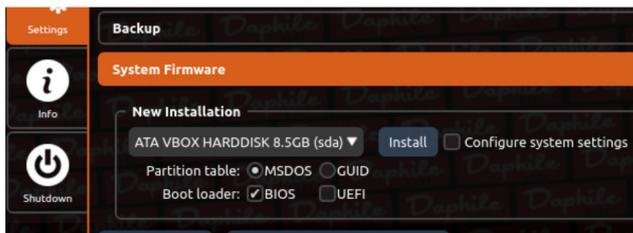
4. *Daphile vom USB-Stick auf die Festplatte bringen*: Die Festplatte ist im Daphile-PC eingebaut, der USB-Stick mit DaphileLive angesteckt und im BIOS haben alle Einstellungen die richtigen Parameter. Monitor, Tastatur und Maus bleiben noch angestöpselt. So weit ist jetzt alles klar für den ersten Systemstart. Den Daphile-PC einschalten und abwarten, bis die folgende Meldung am Bildschirm erscheint:



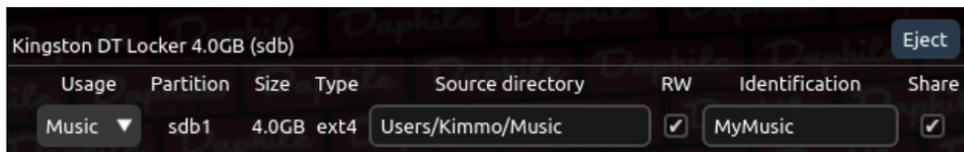
Ich habe bisher noch nie die *Initial Settings* verwendet, weil die automatische Installation immer einwandfrei abgelaufen ist. Wenn man Änderungen an der Konfiguration wünscht, kann man diese später am laufenden System immer noch vornehmen. Man verpasst hier also nichts und kann Daphile einfach werkeln lassen. Nach einer weiteren kurzen Wartezeit - bei mir weniger als zwei Minuten - taucht dann die folgende Meldung auf:



Jetzt ist das DaphileLive System gestartet und kann über einen Browser zum Beispiel von einem Windows-PC aufgerufen werden. Dazu gibt man die IP-Adresse (im Beispiel 10.0.2.15) einfach in einem Browser-Fenster ein. Daphile startet einen Media-Server und initialisiert die Audio-Hardware. Beide Vorgänge müssen erfolgreich abgeschlossen werden. Für den Benutzer ist es Zeit Daphile auf der PC-Festplatte einzurichten. Dazu wechselt man in die *Settings* und sucht in der *System Firmware* den Punkt *New Installation*:



Hier muss die PC-Festplatte angezeigt werden und auch verfügbar sein. Ist die PC-Festplatte grau unterlegt (disabled), dann ist sie nicht leer und Daphile hat Probleme mit der Partitionierung. In diesem Fall heißt es zurück in den Windows-PC und die Festplatte mit EaseUS Partition Master „entpartitionieren“. Dieses Problem war für mich das einzige immer wiederkehrend auftretende, wenn ich ungenügend gesäuberte Festplatten verwendet habe. Ist die Daphile-Festplatte verfügbar sind bei einem System mit BIOS die Einstellungen *MSDOS* und *BIOS* zu aktivieren. Danach auf *Install* klicken und Daphile die Arbeit (Bootloader schreiben, etc.) erledigen lassen. Der Neustart erfolgt bereits von der Daphile-PC-Festplatte (der USB-Stick ist schon entfernt worden). Nun ist es an der Zeit die Zugriffsberechtigungen für die *Music*-Partition zu prüfen. Dort werden die Musikdateien gespeichert und dieser Partition sollten volle Schreib- und Lese-Rechte gewährt werden. Wenn nicht schon erfolgt die Kästchen *RW* und *Share* aktivieren und das System neu starten.

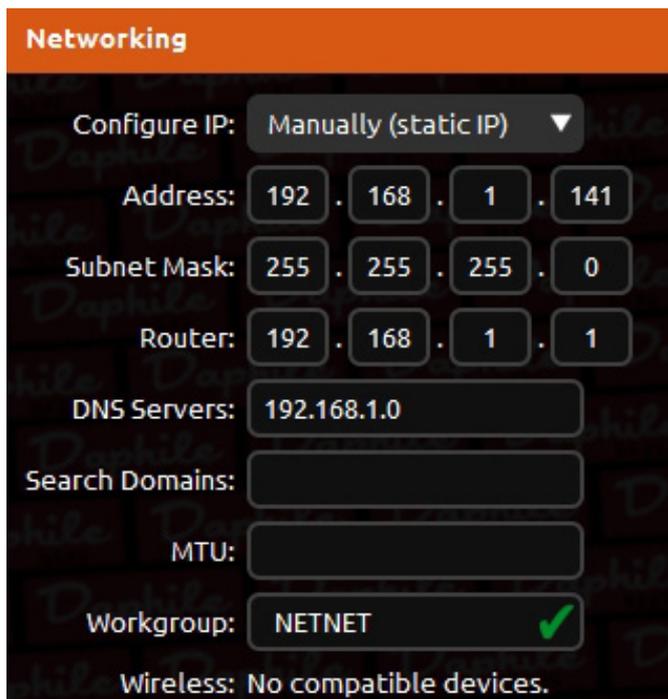


Daphile sollte in diesem Stadium bereits einwandfrei funktionieren. Der nächste Schritt ist die Konfiguration des *Audio Device*. Bei meinen Systemen habe ich die integrierten Audio-Lösungen durchwegs im BIOS deaktiviert und den Digital-Analog-Konverter auf bitgenaue Wiedergabe eingestellt. Danach geht es in die *Advanced Player Settings*, wo man das System feineinstellen kann. Die Einstellungen sind weitgehend selbsterklärend mit zum Teil zusätzlich aufrufbarer Online-Hilfe.

Manche Intel-Atom-Mainboards haben Probleme, wenn mehr als ein DAC angeschlossen ist. Dann setzt nach einigen Minuten die Wiedergabe aus und Daphile lässt sich nicht mehr bedienen. Ein Neustart ist nur mehr mit der Reset-Taste oder dem Netzschalter möglich. In diesem Fall muss man sich auf einen angeschlossenen DAC beschränken und dann ist man dieses Problem wieder los. Die genaue Ursache ist unbekannt, sie hat aber wahrscheinlich mit dem USB-Controller am Mainboard zu tun.



5. *Daphile mit einer statische IP-Adresse betreiben* beugt auf Dauer Frustrationen vor. Die Installation mit dynamischer IP-Adresse ist zwar einfach und schnell erledigt, will man Daphile immer über ein und die selbe IP-Adresse erreichen, dann stellt man auf eine statische, also fix eingestellte IP-Adresse um. Damit erspart man sich nach dem Systemstart die Suche nach dem x86-Audio-/Dpahile-Player weil sich wieder einmal die IP-Adresse geändert hat.



Bevor man loslegt sollte man seine Netzwerk-Daten kennen und einen Überblick über Netzwerk-Geräte und vergebene IP-Adressen haben. Dann wechselt man in einem bereits konfigurierten System in die *Settings* und ruft *Networking* auf. Die Abbildung links zeigt die Einstellungen für mein Netzwerk. 192.168.1.xxx mit Subnetz 255.255.255.0 ist ein „Allerwelts-Netz“ und mein Router hat ebenfalls die sehr oft verwendete Default-IP-Adresse 192.168.1.1. Meine Arbeitsgruppe hat den anspruchsvollen Namen NETNET. Diese Werte werden eingetragen und müssen alle stimmen. Sonst klappt die fixe IP-Adresse auf keinen Fall.

Beim DNS-Server funktioniert bei mir jede IP-Adresse solange sie nicht von einem anderen Gerät belegt ist. 192.168.1.0 oder auch 192.168.1.180 werden als Werte von Daphile akzeptiert. Die Felder *Search Domains* und *MTU* bleiben leer. Wie man sieht habe ich meinen x86-Audio-Player mit Daphile nur am kabelgebundenen Netzwerk im Einsatz, deshalb wird in den Netzwerkeinstellungen kein WLAN angezeigt. Sind alle Werte eingetragen muss man mit *Save & Restart* einen Neustart auslösen.

Dieser Abschnitt ist nur eine Kurzanleitung für eine schnelle Erstinstallation, die etwas umfangreichere Installationsanleitung findet man auf der Daphile-Seite im Internet unter <https://www.daphile.com/>. Insgesamt ist Daphile nicht wirklich umfangreich dokumentiert, man findet sich aber in den relativ übersichtlichen *Settings* im Programm sehr gut zurecht. Für bitgenaue Wiedergabe benötigt man überdies nicht wirklich viele Einstellungen.

Ein Winyl-System installieren

Winyl ist eine Anwendung für Windows 32-Bit-Betriebssysteme. D.h. man muss um Winyl nutzen zu können zuerst ein komplettes Betriebssystem installieren. In Frage kommen Windows XP oder Windows 7. Bei entsprechend leistungsstarker Hardware spricht nichts gegen Windows 7 in einer 64-bit-Version. Wer sich billig mit älterer Hardware versorgt hat, sollte ruhig einen Blick auf Windows 7 32-bit oder Windows XP werfen. Ein Audio-Player ist eine Insellösung, die weit abseits sicherheitskritischer Einsatzbereiche eingesetzt wird. Mit Winyl ist nicht einmal eine permanente Netzwerkanbindung erforderlich, wenn man Musik von einer lokalen Festplatte abspielt. Also kein Grund den unverwüsthlichen Oldtimer Windows XP zu verteufeln.

Neben einem Windows-7-System habe ich auch ein Windows-XP-System auf einem Lanner LEC-7020D Mini-PC installiert. Ein Single-Core-Atom-Prozessor und 1,5GB RAM waren der Grund dafür. Die Sache funktioniert einwandfrei und das System ist für den angedachten Zweck ausreichend leistungsfähig.

Ich installiere Windows XP immer von der originalen CD-ROM. Die Installation dauert etwa eine halbe Stunde, wenn man alle Treiber parat hat. Auch auf nicht mehr ganz taufischer Hardware ist eine gute Performance gegeben und Windows XP ist grundsätzlich eine sehr stabile Plattform. Bei den beiden von mir aufgesetzten Winyl-Systemen habe ich auf zusätzliche Software verzichtet. Einen Virenschoner habe ich installiert, obwohl das Winyl-System bei mir nur für die Übertragung von Musikdateien an ein Netzwerk angeschlossen wird. Der kostenlose *EMCO Malware Destroyer* leistet in diesem Fall gute und ausreichende Arbeit. Die physikalische Trennung vom Netzwerk ist zwar noch immer der beste Virenschutz, ein Virenschoner aber bei so einem alten Betriebssystem ein Muss. Egal wenn er ein wenig Leistung kostet.

Nach der Betriebssystem-Installation und einem Performance-Test kommt beim Winyl-System die Verwaltung benötigter und nicht mehr benötigter Windows-Dienste. Mit dem msconfig-Tool kann man experimentieren bis das System tot ist oder schnell und stabil läuft. Vor den Experimenten sollte man noch eine Sicherung vornehmen, ich empfehle Acronis True Image, eine zuverlässige und preiswerte Backup-Lösung. Auf der nächsten Seite befindet sich eine Zusammenstellung diverser Dienste, die man wahrscheinlich nicht braucht, deren Abwesenheit nicht auffällt und das System schneller machen.

Zum USB-DAC gehören auch noch die Treiber installiert, damit die bitgenaue Wiedergabe klappt. Das erledigt man am besten jetzt. Im nächsten Schritt wird das System auf höchste Leistung optimiert. Im *Control Panel -> System -> Advanced System Settings -> Performance* setzt wählt man *Adjust for best performance* (als echter Geizkragen habe ich einige englische Windows XP Lizenzen um einen Bettel gekauft, daher die englischen Bezeichnungen). Den Desktop räumt man bis auf den Papierkorb und eine Verknüpfung zu Shutdown.exe komplett ab und setzt die Taskleiste auf automatisches Ausblenden. Danach wird Winyl zum Autostart hinzugefügt und im Vollbildmodus ausgeführt. Beim Start wird Winyl gestartet und bildschirmfüllend angezeigt. Mein Lieblingsskin ist übrigens Nera (unten) wegen der Farbkombination und der übersichtlichen Bedienung, die sogar auf einem Touch-Screen noch brauchbar bequem ist.

WINYL 35 TRACKS, 2:33:42 TOTAL TIME, 304,3 MB

SEARCH ARTIST

FOO FIGHTERS - SONIC HIGHWAYS 2014

1	Something From Nothing	*****	4:48
2	The Feast and the Famine	*****	3:49
3	Congregation	*****	5:11
4	What Did I Do?/God as My Witness	*****	5:43
5	Outside	*****	5:14
6	In the Clear	*****	4:03
7	Subterranean	*****	6:07
8	I Am a River	*****	7:08

FOO FIGHTERS - WASTING LIGHT 2011

1	Bridge Burning	*****	4:46
2	Rope	*****	4:19
3	Dear Rosemary	*****	4:26
4	White Limo	*****	3:22
5	Arlandria	*****	4:28
6	These Days	*****	4:58

FOO FIGHTERS BRIDGE BURNING 1:42



Windows XP Desktop minimal: Die Taskleiste wird ausgeblendet und alle Verknüpfungen entfernt. Bis auf ein Icon zum System-Shutdown mit shutdown.exe und den Papierkorb bleibt der Arbeitsplatz leer, wenn Winyl beendet wurde. Das sieht gut aus und erspart die Programmierung einer eigenen Shell für das Winyl System.

Die sogar auf einem Touch-Screen noch brauchbar bequem ist.

Das Winyl-System funktioniert leider nicht als Headless-Player, man kann aber verschiedenen Tasten Befehle zuordnen. Derzeit laufen Versuche mit einer drahtlosen Zahlentastatur die vollständige Bedienung eines Winyl-Systems ohne Touch-Screen zu ermöglichen.

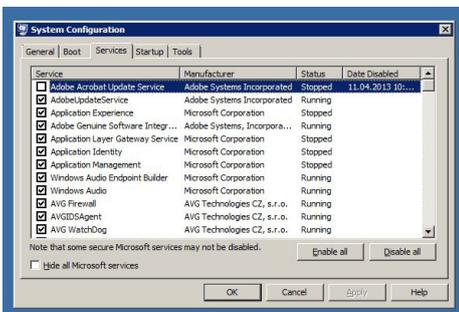
Wer sich mit Windows (XP) und Winyl intensiv beschäftigt, bekommt einen hervorragenden Audio-Player auf x86-Basis.

Dienste in der Windows-Systemregistrierung, die man (vielleicht) abschalten kann:

Eine wahrscheinlich unvollständige Zusammenstellung an Diensten, die man deaktivieren kann, wenn der PC als Audio-Player im Einsatz ist. Ich empfehle die schrittweise Abschaltung der Dienste, damit man mitbekommt, warum etwas nicht mehr funktioniert, wenn etwas nicht mehr funktionieren sollte. Also dokumentieren, was man abgeschaltet hat und dann testen, ob die Kiste noch läuft. Dann zu den nächsten Diensten, bis man die Liste abgearbeitet hat. Wie immer: Benützung auf eigene Gefahr. Know what you are doing, before you're doing!

Fax	kein Faxdienst
Windows Media Center-Empfänger	kein TV oder Radio über das Windows Media Center
Windows Media Center-Planer	kein TV oder Radio über das Windows Media Center
Windows Media Player Netzfreigabe	keine Anbindung des Media Player an das Netzwerk
Anmeldedienst	deaktivieren, wenn es nur einen Benutzer gibt
CNG-Schlüsselisolierung	keine Verschlüsselung
Routing- und RAS	keine Internetfreigabe
Remoteregistrierung	kein Fernzugriff auf einen anderen Computer
Adaptive Helligkeit	Helligkeitssensor aus
Erkennung interaktiver Dienste	keine interaktive Benutzerbenachrichtigung
Windows-Fehlerberichterstattung	keinen Problebericht an Microsoft senden
Telefonie	keine Telefonie - Skype u.ä Dienste funktionieren dann auch nicht
Anschlussumleitung	Terminal funktioniert nicht
Druckwarteschlange	kein Drucker verwendbar
Server	Druck- und Dateifreigabe im Netzwerk aus
Server für Threadsortierung	Druck- und Dateifreigabe im Netzwerk aus
Heimnetzgruppen-Anbieter	kein Heimnetzwerk
Heimnetzgruppen-Listener	kein Heimnetzwerk
SNMP-Trap	kein Heimnetzwerk
SSTP-Dienst	kein VPN-Tunnel möglich
RAS-Verbindungsverwaltung	keine VPN-Verbindung möglich
IKE- und AuthIP IPsec-Schlüsseld.	keine VPN-Verbindung möglich
Automatische WLAN-Konfiguration	für PC ohne WLAN-Anbindung abschalten
Peernetzwerk-Gruppenzuordnung	kein Peer-Netzwerk
Peernetzwerkidentitäts-Manager	kein Peer-Netzwerk
Peer Name Resolution-Protokoll	kein Peer-Netzwerk
Bluetooth-Unterstützungsdienst	keine Bluetooth-Funktion
Anwendungserfahrung	Aero-Oberfläche wird abgeschaltet
Designs Diagnoserichtlinie	Problemerkennung, Problembehandlung und -lösung für Windows-Komponenten aus
IP-Hilfsdienst	keine automatische IPv6-Konnektivität über ein IPv4-Netzwerk
Geschützter Speicher	kein geschützter Speicher für Kennwörter usw.
Sekundäre Anmeldung	kein Start von Prozessen mit verschiedenen Anmeldeinformationen
Sicherheitscenter	Systemsicherheit wird nicht mehr überwacht
Tablet PC-Eingabedienst	Stift- und Tabletfunktion nicht nutzbar
TCP/IP NetBIOS Hilfsdienst	keine Mehrbenutzerfunktionen wie Daten gemeinsam nutzen, drucken und am Netzwerk anmelden
Windows Search	keine Windows 7 Suchfunktion
Windows Zeitgeber	Uhrzeit wird nicht mehr aus dem Internet bezogen (würde ich nicht abschalten)
Remote-Registrierung	kein Zugriff auf die Registrierung von einem fremden PC
Shellhardwareerkennung	Autostartverhalten externer Datenträger wird ausgeschaltet
Parental Controls/Jugendschutz	Jugendschutzeinstellungen werden ausgeschaltet
Enumerator für tragbare Geräte	Datenaustausch zwischen Win-Mediaplayer und externen Geräten wird ausgeschaltet, externe Geräte werden vom System aber weiterhin erkannt und angezeigt
Distributed Transaction Coordinator	braucht man nur, wenn der PC auf im Netzwerk verteilte Datenbanken zugreift

Der Zugriff auf die Dienste-Steuerung erfolgt bei Microsoft Windows mit „msconfig“, man braucht für so etwas keine externe Anwendung. Das Microsoft-Tool ist ganz gut und man kommt damit sofort zurecht. Änderungen an der Systemregistrierung benötigen einen Neustart um wirksam zu werden.



Noch drei Tipps:

1. Desktop sauber halten, denn jede Datei auf dem Desktop verbraucht Arbeitsspeicher.
2. Ein Virenprogramm und einen USB-Stick-/USB-Autorun-Virenentferner installieren.
3. Mit zusätzlichen Anwendungen sparsam sein, ein Audio-Player braucht z.B. kein Office-Paket und keinen Drucker (wirklich nicht).

Was die Verbindung zur Umwelt betrifft lassen sich sowohl Daphile als auch Winyl perfekt in das eigene Netzwerk integrieren. Das geht wirklich ganz schnell, fast immer ohne weitere Konfiguration und ist viel einfacher als z.B. einen Raspberry Pi ins Netzwerk zu integrieren. Wer, so wie ich, die Audio-Dateien auch auf einer lokalen Festplatte im Audio-Player gespeichert haben will, der kann Inhalte ganz leicht auf den Daphile- oder Winyl-Player kopieren oder verschieben. Beide Player können aber auch von einem NAS oder einem Server Daten abrufen und wiedergeben. Welche Art der Datenspeicherung man bevorzugt ist Geschmackssache.

USB Audio Class1 & Class2:

Bei USB Audio handelt es sich um einen digitalen Übertragungsstandard für Audiodateien, der in zwei Geschwindigkeitsklassen unterteilt ist. Höhere Geschwindigkeiten und größere Bandbreiten bedeuten mehr Auflösung. Class1 erreicht bis 24bit/96kHz-Auflösung während Class2 bis zu 24bit/192kHz an Auflösung ermöglicht. Beide Standards sind hochauflösend, umgehen interne Soundkarten und liegen qualitativ bis auf wenige Ausnahmen weit über Onboard-Audio-Lösungen. Die Welt könnte so einfach sein, wenn es nicht auch hier Details zu beachten gibt, die einem das Leben schwer machen können.

Wie die untere Tabelle zeigt wird man von USB Audio Class1 & Class2 bei jedem Betriebssystem heimgesucht, nur fällt diese Heimsuchung nicht gleichmäßig aus:

Betriebssystem	Class1	Class2
Windows	nativ	Treiber
Linux	nativ	nativ
MacOS	nativ	nativ
iOS	nativ	nativ
Android	nativ	Treiber

Bei Linux, MacOS X und iOS wird sowohl Class1 als auch Class2 nativ unterstützt. Out-of-the-Box und ohne darüber nachdenken zu müssen gibt es bei diesen Betriebssystemen die Unterstützung für hohe Auflösungen. Bei Windows sieht die Sache anders aus. Ab Windows (XP und später) wird Class1 unterstützt, Class2 aber ignoriert. Das ist suboptimal wenn man einen DAC verwendet, der mehr als 24bit/96kHz abspielen kann. Einige DAC kann man umschalten bzw. auf Class1 limitieren, was nicht Sinn der Sache ist. Daher wird in einem solchen Fall Treibersoftware mitgeliefert, welche das Betriebssystem auf Class2 aufrüstet. Üblicherweise genügt eine einmalige Installation und das Betriebssystem erkennt danach automatisch, wann Class2 für eine Übertragung angefordert wird. Bei Windows XP ist die Verwendung von Class2-Treibern eine Glückssache, denn eine Funktionsgarantie gibt es nicht.

	Class1	Class2
max. Kanalanzahl	realistisch zwei bis vier unidirektional	Multi-Channel bidirektional
Latenz	4 mS für Wiedergabe ausreichend	500uS für Live-Monitoring & Recording
Auflösung	24bit/96kHz Stereo	24bit/192kHz bidirektional
für CD-Wiedergabe	ausreichend	nicht benötigt
für HiRes-Wiedergabe	nicht ausreichend	ausreichend
Stromverbrauch	max. USB Full Speed 5V/0,1A	max. USB High Speed 5V/0,5A

Betrachtet man die obere Tabelle erkennt man, dass Class1 für die Wiedergabe bis zur Qualität der Audio-CD und sogar noch ein wenig darüber eigentlich völlig ausreichend ist. Stereo-Wiedergabe braucht zwei Kanäle in einer einzigen Richtung und da kommt Class1 auf jeden Fall mit.

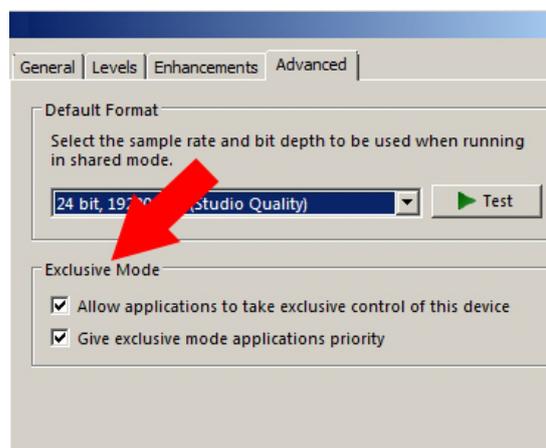
Bei diesem Projekt bedeutet das für die Benutzer von Windows, dass man einen Class2-Treiber für den USB-DAC installiert, wenn es mit hohen Auflösungen nicht klappt. Kommen mehrere Wandler in Frage, dann eben für jeden einzelnen den Class2-Treiber installieren, sonst gibt es nur Class1-Verbindungen und das wäre pure Verschwendung an der Hardware. Meist sind Class2 Treiber in den Softwarepaketen gemeinsam mit ASIO-Treibern enthalten, was die Installation und Verwaltung erleichtert. Wie schon erwähnt trifft das nur auf WinyL-Systeme unter Windows zu, Daphile-Player sind davon nicht betroffen.

Windows-Kernel Mixer, ASIO und WASAPI - und warum man sich bei diesen Begriffen sehr oft nicht auskennt:

Das Betriebssystem Windows gibt es seit Jahrzehnten in verschiedenen Ausführungen. Aus guten Gründen kommen für mich beim x86-Audio-Player nur zwei Versionen in die engere Wahl: Windows 7 und mit Einschränkungen Windows XP. Prinzipiell würde ein 32bit-Betriebssystem reichen, bei Windows XP rate ich sogar dringend von der 64bit-Version ab, doch bei Windows 7 und entsprechend leistungsfähiger Hardware ist eine 64bit-Variante durchaus überlegenswert. Gut zu wissen, dass Windows XP und Windows 7 beim Audio-Layer verschiedene Audio-Stacks verwenden. In Windows XP kommt der Kernel-Mixer („KMixer“) zum Einsatz und in Windows 7 die Windows Audio Session API („WASAPI“). Um die Sache noch komplizierter zu machen, haben Hersteller von Audio-Hardware auch noch ihre eigene Software entwickelt, die den besten Klang ermöglichen soll. Audio Stream Input/Output („ASIO“) wurde von der Firma Steinberg entwickelt und hat sich zu einem weiteren Standard im Computer-Audio-Bereich entwickelt.

Der KMixer ist laut einigen Spezialisten völlig unbrauchbar, weil er jeden Audiostream zwangsweise auf 16bit und 48kHz Neuberechnet. Schaut man sich die Spezifikationen von Microsoft für den KMixer genauer an, merkt man sehr schnell, dass das nicht stimmt. Der KMixer spielt immer dann bitgenau, wenn nur *ein einziger* Audiostream zur Soundkarte bzw. zum DAC geschickt wird und dieser Datenstrom vom Endgerät ohne Neuberechnung wiedergegeben werden kann. Dann wird vom KMixer keine Neuberechnung vorgenommen. Die Akzeptanz des Datenstroms ist dabei nicht auf 16bit/48kHz beschränkt, sondern hängt vom Chipsatz der Audio-Hardware ab. Gibt es bei der Kommunikation des KMixer mit der Audio-Hardware Unklarheiten oder eine schlechte Konfiguration, wird im Zweifel vom KMixer neu berechnet. Dazu kommt noch, dass die Lautstärke durchgehend auf 100% gesetzt sein muss, denn bei verringerter Lautstärke verringert sich auch die Auflösung. Bei mehreren gleichzeitig übertragenen Sounds wird die höchste Samplerate als Referenz genommen und der/die anderen Sounds auf diesen Wert hoch gerechnet. Das Gerücht mit den zwangsweisen 16bit/48kHz stammt übrigens aus jener Zeit, in der ein auf diese Werte beschränkter Sound-Chipsatz eines bekannten Herstellers eine übermächtige Marktdominanz verzeichnen konnte. In vielen Softwareprodukten könnte man die Ansteuerung des KMixer auf einen Datenstrom begrenzen und eine zum DAC passende Bandbreite definieren, was aber sehr oft vergessen wird. Daher ist der KMixer zwar besser als sein Ruf, tückisch bleibt er trotz allem.

WASAPI in Windows 7 ist nichts anderes als ein weiter entwickelter und verbesserter KMixer. Auch WASAPI verwendet den Windows-Audio-Layer für den Zugriff auf die Audio-Hardware und würde sich genau wie der KMixer verhalten, wenn da nicht die bereits angesprochene Verbesserung in Form des sogenannten *Exclusive Mode* wäre. Das ist eine Betriebsart, in der nur einer einzigen Anwendung Zugriff auf die Audio-Hardware gewährt wird. Die Kommunikation zwischen WASAPI-Treiber und Audio-Hardware wird direkt und mit Datenraten abgewickelt, die der DAC ohne Neuberechnung verarbeiten kann. Der Exclusive Mode muss in den Windows-Audio-Einstellungen aktiviert werden und für die Audio-Hardware wird ein passender WASAPI-Treiber benötigt. Ein brauchbarer Lösungsansatz, wenn die Qualität der Treiber stimmt.



Der Exclusive Mode des WASAPI-Treiber muss aktiviert werden, erst dann ist die bitgenaue Wiedergabe sichergestellt.

Auch ASIO benötigt sauber programmierte Treiber, denn ASIO umgeht den Windows-Audio-Layer und kommuniziert direkt per Treiber mit der Audio-Hardware. ASIO ist demnach der „direkteste“ Weg um auf Audio-Hardware zuzugreifen und das Betriebssystem zu umgehen. ASIO-Treiber gibt es für jede ernstzunehmende Audio-Hardware und mit ASIO4ALL (<http://www.asio4all.com/>) steht sogar ein Universaltreiber zur Verfügung, den man benutzen kann, wenn es zur Hardware gerade keine ASIO-Software gibt. Für Windows XP User gibt es auch noch ASIO2KS (<http://www.asio2ks.de/>), wie ASIO4ALL eine kostenlose Lösung oder man probiert USB-ASIO (<http://www.usb-audio.com/>) einen kostenpflichtigen Treiber, der allerdings vorab getestet werden kann. Man sollte nie außer acht lassen, dass auch bei ASIO die Audio-Qualität treiberabhängig ist.

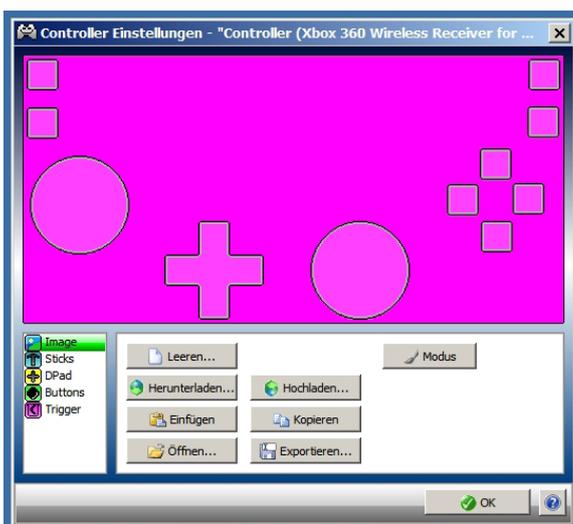
Welchen Weg man geht, ist eine Sache des Probierens, denn bitgenaue Wiedergabe ermöglicht im Prinzip jede Software, die ASIO- oder WASAPI-Treiber zur Kommunikation mit dem DAC verwendet und mit entsprechender Sorgfalt sogar der KMixer. Die beiden erstgenannten Treibermodelle umgehen bei Windows-basierten Betriebssystemen den internen Windows-Mixer, weil der hinsichtlich seiner Funktion so ausgelegt ist, dass er unter Umständen viel zu viel an Resampling-Rechenarbeit vornimmt. Den KMixer würde ich, wenn es keinen zwingenden Grund gibt, nicht wählen und mich auf WASAPI und ASIO konzentrieren aber letztendlich jene Variante wählen, die für mich (subjektiv) die bessere Audioqualität liefert.

Alternatives Bedienkonzept: Winyl mit einem Game-Controller bedienen

Ein Winyl-System benötigt einen Bildschirm sowie ein Eingabegerät. Dabei hat man die Wahl zwischen Touchscreen, Tastatur mit Maus, Trackball oder anderen Lösungen bzw. Kombinationen. Ein Touchscreen ist sehr elegant, rundum zufrieden bin ich damit aber auch nicht gewesen, weil man immer zum Gerät gehen muss, wenn man eine Eingabe vornimmt. Zudem ist Winyl über einige Tastenkürzel bedienbar, die über einen Touchscreen nicht verfügbar sind. Ein zusätzliches Eingabegerät mit dem man einen Mauszeiger steuern kann ist die komfortable Ergänzung oder Alternative zum Touchscreen. Eine kabellose Maus funktioniert zwar, braucht aber eine stabile Unterlage und hat deshalb wenig Glamour. Ein kabelloser Trackball funktioniert besser, aber ein wirklich guter Trackball kostet ab etwa 50 Euro aufwärts. Das hat mich auf die Idee gebracht meinen vorhandenen Microsoft PC-Xbox 360 Wireless Controller zusätzlich zum Touchscreen zu verwenden, der Maus, Trackball und Tastatur ersetzen kann, wie das ja bei der Xbox 360 auch sehr gut funktioniert.

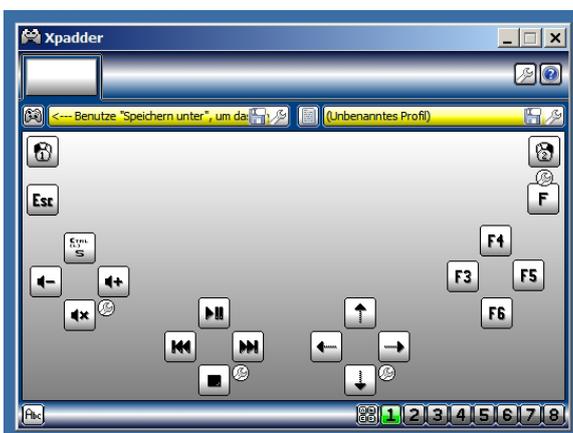


Der Microsoft Xbox 360 Controller für Windows oder ein anderer Game-Controller kann mittels zusätzlicher Software zum Eingabegerät konfiguriert werden und ersetzt oder ergänzt einen Touch-Screen (Fotos oben: Microsoft)



Hard- und Software: Man braucht einen Game-Controller, vorzugsweise eine kabellose Version. Der von mir verwendete PC-Xbox 360 Wireless Controller ist nicht obligatorisch, es passen auch Game-Controller anderer Hersteller. Bei Windows benötigt man nur die für die Betriebssystem-Version dazugehörige Treiber-Software und eine kostenpflichtige Software namens Xpadder. Die kann man auf der Homepage des Herstellers (<http://www.xpadder.com>) um 8 Euro kaufen.

Der Kaufpreis ist gut angelegtes Geld, denn mit Xpadder kann man die Bedienelemente des Game-Controllers programmieren. Je nach Zuweisung wird ein einzelner Tastendruck oder auch eine vordefinierte Tastenkombination ausgeführt und an Winyl geschickt. Mit Xpadder kann man auch eine komplette Maussteuerung emulieren.



Nachdem man die Treibersoftware des Game-Controllers installiert hat, kontrolliert man, ob der Game-Controller korrekt im System verankert wurde und funktioniert. Jetzt wird zusätzlich Xpadder installiert und gestartet damit man die Bedienelemente (Joysticks, DPad, Tasten, Trigger) nach seinen Vorstellungen definiert. Das geschieht im nächsten Schritt. Dort weist man den Bedienelementen Funktionen (Tasten, Tastenkombinationen, Mausfunktionen) zu. Das macht man in Abstimmung mit Winyl und dessen Shortcuts bzw. Tastenzuordnungen. Die Bedienelemente am Game-Controller können nach dem persönlichen Geschmack und persönlichen Anforderungen (Rechtshänder/Linkshänder) vorgenommen werden. Xpadder erlaubt pro Game-Controller insgesamt acht verschiedene Profile. Das genügt nicht nur für Winyl, da könnte man auch noch andere Anwendungen steuern. Xpadder kann man so einstellen, dass beim Windows-Start automatisch in einem stillen Modus gestartet wird. Dann „übersetzt“ Xpadder die Eingaben vom Game-Controller an Winyl so, als würden sie von der Tastatur oder einer Maus kommen. Die Steuerung von Winyl wird spürbar verbessert, egal ob man nur einen normalen Monitor oder zusätzlich einen Touchscreen eingebaut hat.



Gut und teuer: Winyl mit dem kabellosen Logitech MX Ergo Trackball

Ich habe schon erwähnt, dass ein kabelloser Trackball eine (näherungsweise) optimale Lösung für die Bedienung von Winyl ist. Dem habe ich nichts hinzuzufügen, vor allem seit ich mir einen Logitech MX Ergo gekauft habe. Den Trackball benütze ich primär für andere Aufgaben, ich habe ihn aber einige Male an mein Winyl-System angeschlossen und es damit endlich bequem bedienen können. Der MX Ergo ist schön groß und schwer, man braucht deshalb bei der Bedienung von Winyl nicht unbedingt eine stabile Unterlage. Im Vergleich zum Xbox-Controller ist die Steuerung des Mauszeigers exakter und wesentlich schneller möglich. Auch die Eingabe über eine Bildschirmtastatur ist mit dem MX Ergo bequem und einfach. Auf diversen kleinen und großen Monitoren, bis hin zum 55-Zoll-Smart-TV, hat dieser Trackball die bisher beste Winyl-Bedienung geboten. Der MX Ergo funktioniert unter Windows XP wie eine übliche Maus, also ohne spezielle Treibersoftware. Die Logitech Options Software ist für Windows 7 und höher vorgesehen, ich habe sie deshalb erst gar nicht unter Windows XP zu installieren versucht.

Fazit: Einen Trackball muss man mögen und in diesem Fall ist der Logitech MX Ergo im täglichen Betrieb ein hervorragendes Produkt. Das lässt sich der Hersteller auch üppig honorieren, denn ob man allein rund 80 Euro in das Eingabegerät eines Winyl-Systems investieren will, ist eine andere Geschichte. Nachdem man zum Trackball aber einen zweiten Unifying-Empfänger kaufen kann, lässt er sich abwechselnd am PC oder Notebook und an einem Winyl-System verwenden, was ihn für diesen Einsatzzweck wieder interessant macht. Für mich ist er das derzeit (März 2019) beste Eingabegerät für Winyl.



Der Digital-Analog-Konverter:

In diesem Bereich gibt es mittlerweile eine fast unüberschaubare Anzahl an bezahl- und nicht bezahlbaren Geräten. Wenn ich mich recht erinnere war die Auswahl des ersten geeigneten USB-DAC mehr als ein halbes Jahr Recherche, Tests von Leihgeräten und Endauswahl. Übrig geblieben sind ein paar sehr unterschiedliche Konzepte, die mich aus verschiedenen Gründen überzeugt haben. Als Endgeräte verwende ich überwiegend ein SPL 2Control als Kopfhörer-verstärker und einen AKG K702 oder Beyerdynamic DT 880 Pro Kopfhörer, mit denen ich momentan sehr gerne höre.

M2Tech hiFace USB-DAC:

Sehr viel habe ich zum M2 Tech hiFace USB-DAC nicht zu sagen bzw. zu schreiben. Für mich gehört er derzeit zu den audiophilen DACs mit dem besten Preis-/Leistungsverhältnis. Ein nahezu jitterfreier, asynchroner DAC, technisch bis 384kHz tauglich und klanglich über jeden Zweifel erhaben.

Insgesamt sehr ausgeglichen im Klangbild. Er liefert schönen, satten und druckvollen Bass. Hält sich bei Mitten und Höhen nicht zurück, ist aber frei von jeder Schärfe und klingt niemals „zischelig“ oder übertrieben. Der hiFace DAC klingt sehr lebendig und weniger analog wie die Pro-Ject DAC BOX S FL aber überhaupt keine Spur digital. Er meistert seine Arbeit mit einer gewissen Raffinesse ohne jedoch ein Schmeichler oder Schönfärber zu sein. Mit dem hiFace DAC meint man sehr oft mitten im Geschehen zu sitzen statt nur davor. Eine schöne breite Bühne mit ausgeprägter räumlicher Stafelung öffnet sich bei entsprechend guten Aufnahmen sogar mit einem guten Kopfhörer. Stimmen hören wird mit dem hiFace DAC zum Vergnügen. Mit diesem Wandler klingen hervorragende Aufnahmen hervorragend, gute Aufnahmen gut und schlechte Aufnahmen schlecht. That's it.

Was mir noch gefällt: Die Stromversorgung erfolgt zwar über USB, der M2Tech hiFace DAC enthält aber eigene Low-Noise-Linearregler mit galvanischer Trennung. Eine externe Stromversorgung erübrigt sich damit und Experimente in diese Richtung sind nicht zielführend.

Hat das Ding auch Schattenseiten? Wenn man danach sucht, kann man das Gehäuse aus knallorangem Billigplastik als dickes Minus finden. Oder dass das Gerät wie ein zu groß geratener USB-Stick aussieht und kein „Sexy-Bling-Bling-Gehäuse“ hat. Mich stört das alles nicht. Alles Geld in den Klang und so wenig wie möglich in die Verpackung hat schon seine Richtigkeit. Kontakt und Service von M2Tech sind übrigens ausgezeichnet, nur die Preispolitik des Herstellers ist etwas eigenartig. Im Online-Shop von M2Tech wird der hiFace DAC für € 157,00 angeboten. Man kann ihn dort aber nicht bestellen, weil es einen Distributor für Österreich (und Deutschland) gibt, der das M2Tech-Gerät als Manunta hi-Face DAC um € 219,00 loswerden will. Das sind stolze € 62,00 Differenz, die der Distributor dafür einsteckt, dass der hiFace DAC dann nicht einmal prompt lieferbar ist. Jeder muss für sich selbst beurteilen, ob so etwas seriös ist.



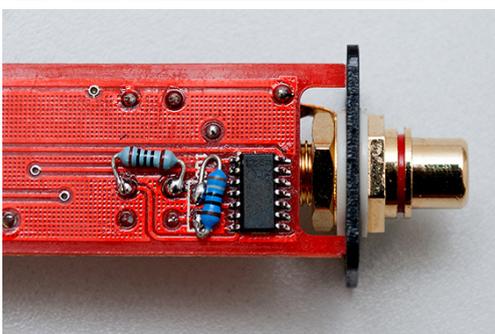
Fanmusic FM-6011 und Pro-Ject DAC BOX FL:

Eine Kombination aus USB-zu-SPDIF-Wandler und einem High-End-Wandler mit vier parallelen Philips TDA1543.

Die DAC BOX S FL und ihr Vorläufer die DAC BOX FL ist eine filterlose Non-Oversampling-Lösung und ausschließlich auf das CD-Format mit 16bit und 44,1kHz abgestimmt. Mit dem FM-6011 gibt es kein asynchrones USB und ich habe keine Ahnung, wie es mit Jitter und Timing-Issues aussieht. Meßtechnisch würde ich dieser Kombination vor allem wegen dem Fanmusic FM-6011 nicht über den Weg trauen. In UK würde man die Kombination aus Fanmusic FM-6011 und der DAC BOX als eine „little bit weird solution“ bezeichnen, der Audio-CD-Freak bekommt aber genau jene klangliche Abstimmung, die er von seinem Philips-CD-Player gewohnt ist. Ein Frequenzbereich 5 bis 20.000 Hz und eine Dynamik unter 100dB lassen heute kaum jemanden mehr vom Sofa springen. Das tut man erst, wenn man die Kombination zum Laufen gebracht und gehört hat. Wer ausgeprägten, druckvollen aber nicht übertriebenen Bass liebt, wird bestens bedient. Mitten und Höhen sind gut abgestuft, allzeit präsent aber niemals überbetont. Stimmen kann man völlig unangestrengt hören. Zwar gibt es nicht die allergrößte Bühne, Instrumente sind mit einem adäquaten Kopfhörer räumlich gut zu orten. Die Auflösung erreicht wahrscheinlich nicht die super-allerfeinste Präzision, die heute möglich ist, was einem im Hörbetrieb allerdings nicht auffällt. Man kann sich zurück lehnen, denn entspanntes Hören ist mit der DAC BOX angesagt. Die klangliche Abstimmung der Wandler sorgt dafür, dass sich Besitzer eines CD-Spielers mit einem TDA1541 oder TDA1543 sofort wohlfühlen. Jene, die so etwas das erste Mal hören, werden erstaunt feststellen, wie gut die vor dreißig Jahren entworfenen Wandler auch heute noch klingen. Die Entwickler bei Pro-Ject haben (nicht nur bei diesem Kästchen) ganze Arbeit geleistet.

Der Fanmusic FM-6011 ist übrigens eine preiswert-Lösung mit einem Texas Instruments PCM2902E-Chip, der als Konverter vor der DAC BOX unauffällig seinen Dienst tut. Klanglich hat das Gerät bedingten Einfluss, weil es die Umsetzung von USB auf Koaxial erledigt. Ein kleiner Tweak bestehend aus zwei Widerständen (Bild unten links) soll das Signal noch besser gegen Jitter aus dem PC schützen, das Signal sauber halten und dem DAC die Dekodierung erleichtern. Der Tweak stammt nicht von mir und ich habe leider keine Ahnung mehr, wo ich ihn her habe. Obwohl ich anfangs, auch bedingt durch den günstigen Preis, dem Gerät gegenüber sehr skeptisch eingestellt gewesen bin, funktioniert der getweakte FM-6011 zu meiner vollen Zufriedenheit. Eine preislich interessante und möglicherweise qualitativ etwas höherwertige Alternative wäre der InLine 33053I, dessen Anschaffung ich derzeit aber nicht plane.

Ebenfalls ohne Oversampling: Im Abschnitt *Die USB-Stromversorgung des DAC* gibt es Details zum Moodlab Dice, der einen Philips TDA1543A als Wandlerbaustein besitzt und sich sehr ähnlich der Pro-Ject DAC BOX FL verhält.



44,1 kHz und 16bit mehr schafft die Pro-Ject DAC Box S FL (und der fast identische Vorgänger DAC Box FL) in Verbindung mit dem Fanmusic FM-6011 nicht. Trotzdem kann sich das Duo hören lassen. Wer keine höheren Datenraten braucht, sollte sich diese Kombination anhören.

Bild links: Ein Tweak bestehend aus zwei Widerständen soll der FM-6011 zu weniger Jitter verhelfen (1 Stück 100R und 1 Stück 390R)

iCON Cube:

Für meinen CD-Ripper-PC habe ich ein preiswertes USB-Interface gebraucht, mit dem ich mich in die gerippten Daten schnell und in guter Qualität kurz hineinhören kann. 24bit/192KHz reichen für diesen Einsatzzweck völlig - eine Audio-CD hat ja „nur“ 16bit und 44,1kHz.

Im Sonderangebot für rund 30 Euro im Sonderangebot bei Amazon erworben, ist an dem Gerät nur wenig auszusetzen. Das Icon Cube ist ein externes Kästchen aus Aluminium und Plexiglas. Es sieht gut aus, ist gut verarbeitet und wirkt stabil, dank vier Gummifüßen ist es auch rutschfest auf dem Arbeitstisch aufzustellen. Technische Daten zum Wandler und ob das Gerät im asynchronen Modus arbeitet gibt es nicht. Das Icon Cube wird mit einer Treiber-CD und einem wirklich hochwertigen USB-Verbindungskabel geliefert. Die Treiberinstallation unter Windows 7 Ultimate 64bit war in weniger als einer Minute erledigt, unterstützt wird Direct Sound, WDM und ASIO 2.0 für optimale Tonqualität.

Gerippte Dateien gibt das Icon Cube neutral und lebendig mit ausreichender Bühne wieder. Bei einer guten Orchesteraufnahme kann man sehr gut erkennen, wo sich die einzelnen Instrumente befinden. Tadellos auch die Leistung bei Stimmen, verglichen mit der originalen Audio-CD auf einem High-End-CD-Player merkt man kaum Unterschiede. Da verschluckt das Icon Cube höchstens ganz feine Details. Hinsichtlich des Frequenzverlaufes gibt es auch keine Klagen. Der Höhenbereich gibt sich eher bedeckt und könnte gerne noch ein bisschen luftiger sein. Ähnliches gilt für Mitten und Bässe, auch da übt sich das Icon Cube jeweils in Zurückhaltung. Insgesamt ein ausgeprägt neutrales Wiedergabeverhalten. Das Icon Cube spielt alle Dateien ab ohne irgendeinen Bereich schön zu färben. Da wird im Bassbereich nichts fetter gemacht und Mitten sowie Höhen bleiben so wie sie sind. Wer ein Interface sucht, welches einen gewissen „Spaß-Faktor“ in die Wiedergabe bringt, wird enttäuscht. Auch bei Fans von Bass (und z.B. Techno) wird da eher weniger Freude aufkommen. Wer aber analytisch hören will, dem wird das Icon Cube ein super Helferlein sein.

Lediglich die Kopfhörerstufe des Icon Cube ist vom Einfachsten. Da kommt kein Klang heraus, der befriedigt und eigentlich verhunzt die Kopfhörerstufe ein ansonsten sehr gutes Gerät. Einfach vergessen und über einen externen Kopfhörerverstärker hören. Auf der Rückseite befindet sich eine Steckverbindung für den Anschluss einer externen 5 Volt Stromversorgung, die vielleicht die Audioqualität noch verbessern könnte, allerdings habe ich noch keine Tests mit einem externen Netzgerät gemacht. Unterm Strich ist das Icon Cube ein sehr leistungsfähiges USB-Audio-Interface und auf alle Fälle viel besser als jede durchschnittliche Soundkarte im Computer. Sieht man von der Kopfhörerstufe einmal ab handelt es sich um preiswerte Studio-Hardware für alle, die nicht zu viel Geld in Audio-Hardware investieren möchten.



Das iCon Cube ist eine preiswerte Lösung mit guter Wiedergabequalität. Für manche Anwender gewöhnungsbedürftig sind die Anschlüsse mit 6,3mm-Klinkenstecker (Typ TS). Verarbeitungsqualität und Haptik sind bei diesem Produkt ebenfalls tadellos.

Yoyodyne ODAC-revB:

Der ODAC-revB ist eine Co-Entwicklung von Yoyodyne Inc. und einem Entwickler mit dem Pseudonym NwAvGuy. Das Gerät ist eine vergleichsweise einfache und minimalistische Lösung zu einem mehr als vernünftigen Preis. Ohne jeden Schnick-Schnack und rein auf das klangliche Ergebnis getrimmt soll der ODAC eine Alternative zu wesentlich komplexeren und teureren DACs sein und den Beweis antreten, dass einfache Lösungen klanglich ganz weit oben zu finden sein können. So in etwa beschreibt NwAvGuy in seinem Blog die Entstehungsgeschichte und die Konstruktion dieses Digital-Analog-Konverters. Eine Menge sehr empfehlenswertes Hintergrundwissen zum ODAC findet man auf <http://nwavguy.blogspot.com/>

Obwohl von einem Mitglied der DIY-Community entwickelt kann man den ODAC nicht selber bauen. Die Platine ist mit winzigen SMD-Bauteilen bestückt und einige der integrierten Schaltkreise könnten ohne Bestückungsmaschine gar nicht eingelötet werden. Man bekommt den ODAC als komplett vorbestückte Platine oder als Komplettgerät über verschiedene Händler. In Europe tut man gut daran bei *Head 'n' HiFi* (www.headnhifi.com) in der Schweiz zu bestellen. Man wird dort vor die Wahl gestellt den ODAC in seiner Ursprungsversion oder als optimierten ODAC-revB zu erwerben. Dann hat man noch die Wahl ob man nur die Platine oder ein fertiges Gerät haben will.

Ich habe mir einen ODAC-revB in der XL-Standalone-Version bestellt. Die beiden Bilder unten zeigen das Gerät. Ein USB-Anschluss sowie eine 3,5mm-Stereo-Klinke und ein Satz RCA-Stecker befinden sich auf der Rückseite, eine rote LED befindet sich als Verbindungskontrolle auf der Vorderseite.



Ich bin bei meinen DAC-Recherchen erst recht spät auf den ODAC-revB aufmerksam geworden, weil niemand für das Gerät die Werbetrommel rührt und Leute, die sich mit DIY-Projekten beschäftigen ohnehin seltsame Typen sind, die nur selten dem Mainstream folgen. Der ODAC-revB beweist, dass DACs nicht nur durch ihre Bauteile Höchstleistungen bringen. Dem Konstrukteur kommt der wichtigste Part zu, nämlich die Ansammlung von Bauteilen zu einem wohlklingenden Gerät zu kombinieren. Ehrlich gesagt bin ich nach der Lektüre von NwAvGuys diversen Blogbeiträgen sicher keiner seiner Follower geworden. Sehr oft sind mir seine Ansichten zu provokant und radikal, bei seinen Projekten Objective2 (ein Kopfhörerverstärker) und dem ODAC hat er aber ganze Arbeit geleistet.

Den ODAC-revB habe ich vor dem Kauf noch nie gehört und war gespannt auf seine Leistung, denn dem ODAC-revB fehlt eine kanalgetrennte Signalverarbeitung und er ist nicht frei von Oversampling. Er kann auch kein Hi-Res-Audio, denn bei 24/96 ist Schluss. Kopfhörer können an ODAC und ODAC-revB nicht direkt angeschlossen werden, weil die Platine einen Line-Ausgangspegel liefert. Für den ODAC-revB gibt es optional einen ASIO-Treiber von SaviAudio. Die Installation des DAC ist sowohl unter Windows 7 als auch bei Daphile unauffällig weil vollautomatisch. Bei beiden Systemen ist bitgenaue Wiedergabe problemlos möglich.

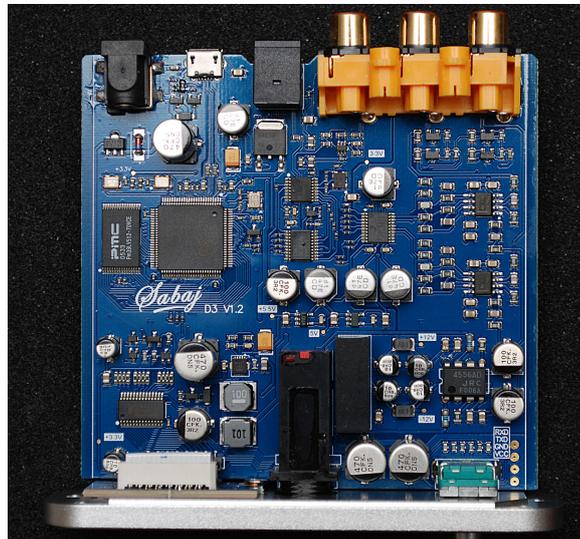
Beim Klang gibt sich der ODAC-revB keine Blöße. Wie von NwAvGuy vorausgesagt liefert der Wandler ein transparentes und harmonisches Klangbild. Das Ding klingt keine Spur digital, bildet Höhen, Mitten und Bässe schön akzentuiert ab ohne einen Frequenzbereich zu überhöhen. Meiner Meinung nach ist der ODAC-revB dem hiFace DAC sehr ähnlich, unterscheidet sich aber im Bereich der tiefen Frequenzen kaum merkbar von seinem Rivalen. Das Bassfundament ist beim ODAC-revB einen Hauch anders. Es ist nicht schlechter, nur etwas anders - vielleicht kann man das am besten mit weniger raffiniert und mehr analytisch abgestimmt beschreiben. Auch die schön ortbare räumliche Staffellung und eine breite Bühne ähneln dem teureren Mitbewerber und genau wie beim hiFace DAC klingen gute Aufnahmen gut und schlechte Aufnahmen schlecht, wie das eben sein soll. Insgesamt eine Leistung, die auch hohe Ansprüche zufrieden stellen wird. Der ODAC-revB kostet „Board only“ ab ca. 100 Euro bis zu knapp unter 150 Euro für die XL-Version. Eigentlich wenig Geld für viel DAC. Wie der hiFace DAC ist auch der ODAC-revB eine Empfehlung für den Connaisseur der mit einer bescheidenen Investition eine höchstwertige Performance erreichen will.

Sabaj D3 DAC-AMP (Dezember 2017):

Nach dem Kauf des ODAC-revB habe ich gedacht, dass ich mit der bereits erworbenen Anzahl an USB-DACs für meine x86-Audio-Player das Auslangen finden werde. Bis zu dem Tag, an dem mir Amazon in einem sogenannten Blitzangebot den Sabaj D3 DAC-AMP verscherbeln wollte. Angesehen hatte ich mir das Amazon-Angebot zum Sabaj D3 schon viele Male und wahrscheinlich hat sich der große Amazon-Computer gedacht, ich würde schon kaufen, wenn der Preis stimmt. Wie recht er da hatte, denn um 45 Euro inklusive Versand ist der D3 ein echtes Schnäppchen. Zum Normalpreis von rund 80 Euro übrigens auch.



Den Sabaj D3 DAC-AMP gibt es mit schwarzer und silberner Front. Das Gerät besitzt nur zwei Bedienelemente, eine Kopfhörerbuchse 6,35mm sowie einige LEDs zur Statusanzeige. Wie man sehen kann ist der D3 erstaunlich kompakt. Man kann ihn auch leicht mitnehmen und die Audioausgabe eines Notebook entscheidend verbessern.



Alle Bauteile sind auf einer Platine zusammengefasst. Das Interface und der Dekoder befinden sich auf der linken Seite. Die Vorverstärkerstufe ist im rechten Teil der Platine positioniert. In meinem Sabaj D3 ist ein NJM4556AD für den Betrieb des Kopfhörers zuständig, in den Spezifikationen von Sabaj ist aber manchmal auch ein NE5523 angeführt.

Der Sabaj D3 DAC-AMP wird von der Shenzhen Dahao Technology Co. Ltd. hergestellt und ist demnach unschwer als ein Chi-Fi-Produkt erkennbar. Audiotechnik aus China genießt den Ruf meistens gut und günstig zu sein, was auch auf den Sabaj D3 zutrifft. Die Technik steckt in einem soliden und gefälligen Metallgehäuse, die Stromversorgung erfolgt über ein kleines 5-Volt-DC-Schaltnetzteil und zur Anbindung an einen x86-Audio-Player oder einen PC wird ein Micro-USB-Verbindungskabel mitgeliefert. Das Gerät ist also out-of-the-Box ohne zusätzliche Hardware und damit ohne weitere Zusatzkosten verwendbar. Die Verarbeitung des Sabaj D3 ist bei meinem Gerät tadellos und die Haptik erinnert an Geräte, die sicher mehr als 45 bzw. 80 Euro kosten.

Technisch besteht der Sabaj D3 ebenfalls aus hochwertigen Komponenten. Der Decoderbaustein ist ein Cirrus Logic CS4932 und das Interface ein LC89091 von ON Semiconductor. Einfach erklärt ist der Sabaj D3 ein asynchroner 32bit DAC mit maximal 384kHz über USB bzw. 192 kHz bei 16bit über den koaxialen und optischen Eingang. Ausgangsseitig verfügt der D3 über einen Kopfhörerverstärker mit einem NJM4556AD Operationsverstärker. Auch hier verwendet Sabaj eine bewährte Technologie, die hochwertige Resultate erwarten läßt.

Klanglich muß man beim Sabaj D3 unterscheiden ob man ihn als reinen Wandler bzw. Vorverstärker einsetzt oder ob man ihn in Verbindung mit dem integrierten Kopfhörerverstärker abhört. Als reiner Wandler hört man dem D3 überhaupt nicht an, dass er eigentlich ein Billiggerät ist, wenn ich das einmal drastisch abwertend formulieren darf. Er liefert ein schönes und durchaus räumliches Klangbild mit sehr guter Auflösung und einem für meine Begriffe sehr gut ausgewogenem Frequenzverlauf. In den Höhen ist er mir manchmal einen Tick zu scharf ohne aber zischelig zu klingen. Das Bassfundament ist für ein Gerät dieser Preisklasse völlig in Ordnung und im mittleren Frequenzbereich gibt es grundsätzlich nichts auszusetzen. Man bekommt einen gut klingenden DAC ohne besondere Stärken und Schwächen. Vergleicht man ihn mit den anderen in diesem Dokument beschriebenen USB-Wandlern wird man bei kritischen Vergleichen feststellen, dass sein Klangbild etwas weniger raffiniert als beim ODAC-revB oder beim hiFace herüberkommt. Mainboard-eigene Soundlösungen hängt der D3 problemlos ab, da liegen Welten dazwischen. Er schlägt auch den iCON Cube wegen dem besseren Bassbereich und einer lebendigeren Wiedergabe, bei meinen Wandlern mit dem Philips TDA1543 kann ich nicht wirklich objektiv sein und behaupte, dass sie mir persönlich gefälliger sind, weil sie analoger klingen.

Bezogen auf den Kaufpreis sind die ab und zu etwas scharfen Höhen oder die geringere Raffinesse meckern auf einem hohen Niveau und eigentlich ungerecht. Da gibt es teurere Geräte, die auch nicht besser sind. Für mich ist der Sabaj D3 als DAC bzw. Vorverstärker ein Einsteigermodell mit solider Leistung, wenn man nicht zu viel Geld ausgeben will.



Die LED-Anzeigen informieren über den aktiven Eingang (USB/optisch/koaxial) sowie die Samplingrate. Ein kurzer Druck auf den kleinen Schalter wählt einen von drei Eingängen, ein langer Druck schaltet den Sabaj D3 ein bzw. wieder aus.

Die Lautstärkeregelung erfolgt digital, was bedeutet, dass es einen 100%igen Gleichlauf zwischen den beiden Kanälen gibt. Ein Druck auf den Regler schaltet das Signal stumm. Auch das Ausgangssignal an den Chinch-Buchsen wird über den Lautstärkeregler gesteuert, wodurch man den Sabaj D3 auch als Vorverstärker verwenden kann.



Das Gehäuse ist aus Aluminium und sehr robust. Auch der Tastschalter, der Drehregler und die Chinch-Buchsen sind sehr solid ausgeführt.

Mir persönlich gefällt aber der Micro-USB-Anschluß nicht, weil er mechanisch anfälliger als eine größere Anschlussbuchse ist. Die Stromversorgung erfolgt über USB oder mit externen 5-Volt-Gleichstrom aus einem Netzgerät oder einer Batterie.

Kommen wir zum integrierten Kopfhörerverstärker mit dem NJM4556AD, der erst einmal für Zufriedenheit sorgt. Mein Sabaj D3 ist auch mit In-Ears ohne Signal unhörbar, sprich stumm und eine saubere Kopfhörerstufe ohne Rauschen oder Störgeräusche. Mit Kopfhörern im Bereich 16 bis 75 Ohm (AKG K270 Studio) ist die Kopfhörerstufe tadellos. Sie spielt recht dynamisch und liefert ein äußerst gefälliges Klangbild entsprechend den Signalen, die der DAC anliefern. Da bin ich durchaus zufrieden damit. Man wird schon zu einem teureren Kopfhörerverstärker wie dem SPL 2Control greifen müssen, um das Qualitätsniveau deutlich hörbar anzuheben. Für ein 80-Euro-Gerät ist die Leistung völlig in Ordnung. Bei höheren Impedanzen und wirkungsgradschwachen Kopfhörern treibt man den NJM4556 an seine Grenzen. Mit dem Beyerdynamic DT 880 Pro (250 Ohm) wird die Sache zwiespältig. Die Lautstärke stimmt zwar und man kann sich das Hirn aus dem Kopf hämmern, aber irgendwie wirkt die Kopfhörerstufe kraftlos so als ob der Operationsverstärker ständig in der Nähe seines Limits betrieben wird. Es wird dann nur laut mit verringerter Dynamik und das ist nicht so ganz das Wahre. Auch die räumliche Abbildung leidet und mit dem 250-Ohm-Hörer wünscht man sich ein offeneres Klangbild und bessere Instrumentenortung.

Relativieren möchte ich meine Aussagen zum Kopfhörerverstärker dennoch. Ich höre mit dem Sabaj D3 gerippte CD-Tracks mit 16bit und 44,1kHz. Die Stromversorgung erfolgt aus dem mitgelieferten Schaltnetzteil und genau dieses Schaltnetzteil könnte der Grund dafür sein, dass die Kopfhörerstufe nicht gut funktioniert. Das Schaltnetzteil ist ein Leichtgewicht von ein paar Gramm und höchst verdächtig nicht genügend Leistung zu bringen. Bekommt der Operationsverstärker nicht genügend Saft, dann fehlt ihm auch die Kraft. Der NJM4556 als Verdächtiger scheidet aus, weil er mit seiner Leistungsabgabe von 70mA eigentlich konkurrenzlos ist. Mit Opamp-Swapping wird die Sache nur schlimmer, das braucht man gar nicht zu probieren. Bleibt nur ein großes Linearnetzteil mit genügend Leistungsreserven, dann klingt vielleicht auch ein 250-Ohm-Kopfhörer sehr gut. Ich werde dieses Projekt bald in Angriff nehmen, denn einen brauchbaren Netzteil-Schaltplan dafür habe ich ja schon.

Fazit: Den Sabaj D3 DAC-AMP kann man kaufen und dabei nichts falsch machen. Eine gute Verarbeitung und solides klangliches Niveau weit über jenem von Onboard-Lösungen gibt es für lediglich 80 Euro. Als Highend-Killer würde ich das Gerät zwar nur bedingt bezeichnen, denn er ist definitiv keine eierlegende Wollmilchsau und hat seine Limitationen. Kann man mit Kopfhörern leben, deren Impedanz 100 Ohm nicht überschreitet, dann stimmt die Qualität nicht nur beim DAC, sondern auch beim Kopfhörerverstärker. Als reiner DAC ist der Sabaj D3 uneingeschränkt empfehlenswert. Will man im finanziellen Rahmen bleiben und legt man auf sehr guten Klang wert, ist man mit dem Sabaj D3 bestens beraten. Ohne direkten Vergleich mit einem teureren und besseren DAC wird man mit dem Kästchen lange zufrieden sein.



Foto: Henry Audio

Ich habe den Henry Audio 128 USB DAC 128 schon länger auf meinem Radar gehabt und schließlich Anfang Oktober 2018 ein Gerät der dritten Generation bestellt. Der Henry ist mit einem Kaufpreis von 249 Euro der bisher teuerste USB-DAC und um so viel Geld darf man sich auch entsprechende Leistung erwarten.

Der Henry Audio USB DAC 128 Mk 3 stammt ursprünglich aus Norwegen und wird in Deutschland gefertigt. Man könnte ihn verbessern, verändern und/oder erweitern, weil es sich um ein Opensource-Projekt handelt und zum Gerät sogar der komplette Schaltplan samt der Aufforderung zur weiteren Optimierung veröffentlicht worden ist. Ich werde aber nichts dergleichen tun, sondern das Gerät so wie es ist verwenden. Die Firmware umzuprogrammieren ist mir zu hoch, ich habe da keinerlei Erfahrung und lasse daher die Finger davon. Die Möglichkeit den Henry mit einem externen Netzteil auszurüsten interessiert mich schon eher, auch wenn die Stromversorgung über USB schon sehr hochwertig ist. Vielleicht wäre das ein Projekt, wenn mir zum x86-Audio-Player gar nichts mehr einfällt.

Die Bestellung über die Webseite des Herstellers ist einfach und sensationelle drei Tage später ist das Gerät bei mir eingetroffen. Wie alle anderen in diesem Dokument vorgestellten USB-Wandler fällt auch der Henry Mk 3 in die Kategorie der Unauffälligen. Ein schlichtes Aluminiumgehäuse umschließt die Elektronik. Es gibt eine rot oder grün leuchtende LED auf der Vorderseite sowie zwei unsymmetrische Chinch-Stecker, eine USB-Buchse und einen Programmierknopf auf der Rückseite. Das wars dann auch schon. Die Form folgt beim Henry der Funktion - mehr kann man zum Gehäuse nicht sagen. Technisch gesehen ist der Wandler mit asynchronen 24bit/192kHz für Hochauflösendes geeignet und über den bereits erwähnten Programmierknopf auf der Geräte-Rückseite kann man zwischen USB-Class1 und USB-Class2 umschalten. Das ist für Windows-Systeme wichtig, denn nur mit USB-Class1 funktioniert der Henry als Plug-and-Play-Gerät ohne Treiberinstallation. Bei Linux und Mac braucht man sich um eine Treiberinstallation auch bei USB-Class2 nicht zu kümmern. Bei Daphile reicht es den Henry anzustecken und abzuwarten, bis er vom System erkannt worden ist. In den Systemeinstellungen unter *Audio Devices* kann man den Henry noch optimieren und mit diversen Einstellungen herumspielen, bis man davon überzeugt ist, das Verbesserungspotenzial ausgeschöpft zu haben. Bei mir läuft der Henry mit den Default-Settings, weil ich mit geänderten Einstellungen keine Verbesserung heraushören konnte.

Der Henry ist, wie der ODAC-revB oder der hiFace-DAC, ein Plädoyer für preiswertes Audio-Highend. Der USB-DAC verrichtet seine Arbeit wirklich gut, auch wenn man so wie ich vorwiegend gerippte Audio-CDs hört. Vom Fleck weg begeistert der Henry mit detaillierter und erfrischend lockerer Wiedergabe, die alle Musikgenres einschließt. Das Frequenzspektrum wird schön ausgewogen wiedergegeben und Stimmen sind schön akzentuiert. Was mir am Henry noch gefällt ist seine schöne breite Bühne und das man sogar mit Kopfhörer ein sehr schön dreidimensionales Klangbild vermittelt bekommt. Der Henry ist nicht übermäßig analytisch aber auch kein Schönfärber. Entspannt und unverkrampft mit einer eher ins Neutrale tendierenden (angenehm modernen) Wiedergabe beschreibt den Wandler am besten. Den Henry als Einsteigergerät abzuqualifizieren ist ungerecht. Ich habe keine direkten Vergleichsmöglichkeiten mit viel teureren USB-Wandlern, wage aber die Behauptung, dass die Unterschiede zum Henry, dem hiFace-DAC und dem ODAC-revB nur mehr sehr gering sein können, weil die drei genannten Geräte auch hohe Ansprüche zufrieden stellen. Nur weil andere Wandler besser aussehen und teurer sind, müssen sie nicht „highendiger“ sein. Der Henry Audio USB DAC Mk 3 reiht sich für mich in die Kategorie jener Audioprodukte ein, mit denen man nichts falsch machen kann. Ein Kauf ist gut investiertes Geld, denn der Henry ist einfach in der Konfiguration, bietet ein Klangspektrum für den anspruchsvollen Hörer, sieht gut aus und ist, wenn man sich die Elektronik anschaut, wahrscheinlich auch sehr standfest und hält lange. Was braucht man mehr.

Sonst noch in Frage kommende (recherchierte/getestete) DACs in willkürlicher Reihenfolge, die es nicht bis hier her geschafft haben: Audioengine D1 und D3, Behringer UCA-222, NuForce uDAC 3 und 5, Cambridge DACmagic Plus, LogiLink UA0211, SMSL M3, Audioquest Dragonfly 1, Korg DS-DAC-100M, M-Audio MicroDAC.

Noch ein paar technische Bemerkungen zum DAC, wie immer pseudowissenschaftlich aber leicht verständlich:

- Die Verwendung von USB-Anschlüssen am Computermainboard ist nie optimal. Besser wäre eine (PCI-)Einsteckkarte, weil diese ihren eigenen Taktgeber mitbringt. Intel Atom-Boards haben nur selten einen zusätzlichen Steckplatz, also bleibt einem dieser Workaround versperrt, wer nachrüsten kann sollte bedenken: USB 3.0 oder 3.1 ist bei Computer-Audio nicht notwendig, ebenso wie teure „audiophile“ USB-Kabel. Der einzige Vorteil an USB 3.x ist, dass die 5-Volt-Leitung eine Leistung bis zu 900mA liefern kann. Braucht man ein USB-Kabel, dann einfach darauf achten, dass es garantiert die Spezifikationen für USB 2.0 einhält. Die Kabellänge ist hier ein immer wieder unterschätztes Kriterium, nicht jedoch ob das Kabel bei Vollmond erzeugt und verpackt worden ist. Nicht das billigste Noname-Kabel aus dem Ramsch-Laden kaufen. Ich schaue mich immer nach folgenden Marken um: Lindy, Monoprice, Amazon Basics (manchmal baugleich mit Monoprice), Ugreen, deleyCon oder Anker. Diese Hersteller liefern eine gleichbleibend gute Qualität, die für Computer-Audio ausreichen sollte.

- Asynchrones USB wird bei fast allen teuren DACs verwendet und hat den Vorteil, dass der Digital-Analog-Konverter den Datenfluss vom Computer kommend kontrolliert und abwickelt. Aus diesem Grund hat ein asynchroner DAC immer auch jenen Zeitgeber (Clock) integriert, der für den Datenfluss als Zeitbasis dient und den Datenfluss steuert. Der DAC holt sich die benötigten Daten direkt vom PC, dessen Taktgeber außen vor bleibt. Asynchrone DACs müssen aber nicht zwangsläufig besser sein, was heißen soll, dass auch andere Konstruktionen höchste Anforderungen an die Klangqualität erfüllen können. Also bitte kein Dogma „asynchrones USB ist immer besser“ und die Auswahl deshalb zwanghaft auf diesen Typus eingrenzen.

- Jitter ist jene unerwünschte Variation in der Zeitbasis, die auftritt, wenn diese zum Beispiel durch ungenügende Hardware, unsaubere Stromversorgung oder mit HF-Störungen verseuchte Datenleitungen nicht konstant gehalten werden kann. Dabei geht es um Schwankungen im Picosekunden-Bereich, die mitunter hörbare Artefakte im dekodierten Signal verursachen. Eine Picosekunde ist übrigens 0,000.000.000.001 Sekunde, also unfassbar kurz und trotzdem ein Faktor für guten Klang. Der Begriff Jitter war den Entwicklern bei Philips und Sony bis Anfang der 1990er-Jahre zwar bekannt aber Überlieferungen nach hatte man sich damals um Ungenauigkeiten in der Zeitbasis wenige bis gar keine Gedanken gemacht. Man war froh, dass man das leidige Problem der Gleichlaufschwankungen bei Cassetten- und Plattenspieler-Laufwerken endlich losgeworden war, auch wenn das primär nichts mit Jitter zu tun hatte. Tatsache ist, dass es keine zu 100% jitterlosen Systeme gibt, auch wenn man uns das weismachen will. Ein ausgewogenes System jitters fast gar nicht und dieser Rest an Jitter sollte für den Menschen unhörbar sein. Ein DAC-Entwickler sollte sich so weit mit der Materie auskennen, dass er Jitter nicht dem Hörer überlässt und einen DAC konstruktiv und messtechnisch entsprechend auslegt, sprich Jitter in den für Menschen unhörbaren Bereich verschiebt. Zusätzliche Clock-Updates sind damit obsolet.

- Bei SPDIF (= S/PDIF oder Sony/Philips Digital Interconnect Format) werden Datenbits und Zeitbasis zu einem Datenstrom zusammengerechnet und in Richtung DAC losgeschickt. Der DAC bekommt ein Signal aus dem er die Zeitbasis extrahieren und die Datenbits damit möglichst genau rekonstruieren muss. Kodierung und Dekodierung erfolgt dabei in quasi-Echtzeit und weil aus einem Datengemisch etwas berechnet wird, ist der rekonstruierte Datenstrom am Ende ungenauer als vor der Kodierung. Dazu können noch negative Einflüsse von außen kommen, wie zum Beispiel Interferenzen aus dem Computer oder Einstreuungen durch Verbindungskabel, die ebenfalls die Dekodierung negativ beeinflussen können. So gehen Bits verloren und es entstehen Artefakte. SPDIF jitters also auch. Der Vorteil von SPDIF ist die Übertragung über lediglich zwei Datenleitungen. Ob SPDIF ein minderwertiges Signal ist, wird kontrovers diskutiert. Wer genau nachmessen will kann sich z.B. ein Kikusui KJM6755 oder KJM6765 Jitter-Meter für Jittertests an CD-Laufwerken anschaffen. Meine SPDIF-Kombination funktioniert für mich ausgezeichnet und es erübrigen sich für mich Jitter-Messungen.

- PCM oder DSD: Seit sich DSD (Direct Stream Digital) weit verbreitet hat, hört man immer wieder, dass sich die seit mehr als 30 Jahren in Verwendung befindlichen PCM-Verfahren überholt haben. Dazu gibt es in einschlägigen Foren endlose Diskussionen. Ich habe mir die Sache erklären lassen, weil ich mich nicht selber zum Formatkrieger entwickeln wollte. DSD ist ein weiteres Datenformat wie MP3, PCM, eine Schallplatte oder das jedem aus der CompactCassette bekannte Magnetband. Entgegen vieler Behauptungen stammt DSD nicht aus 2010er-Jahren, sondern aus den 1990ern und der Zeit der 1-Bit-Sigma-Delta-Wandler. Aufnahmen in DSD können nicht direkt nachbearbeitet werden und müssen in PCM umgewandelt werden. In Studios erfolgt daher noch immer die Aufnahme und das Mastering in PCM mit Datenraten ab 24bit/88,2kHz aufwärts. Erst wenn die Produktion vollständig abgeschlossen ist, erfolgt die Wandlung nach DSD. PCM ab 24bit/88,2kHz ist demnach DSD zumindest ebenbürtig, wenn nicht sogar überlegen, wie manche Tontechniker behaupten. Für den Hausgebrauch denke ich, dass man mit PCM auskommen wird. Mehr zu hochauflösenden Audio-Dateien im Abschnitt *Audio-CD-Player und x86-Audio/Daphile-Player im Vergleich*.

- Latenz ist die zeitliche Verzögerung zwischen Ein- und Ausgang des (USB-)Interface bzw. die Zeit, die das Computersystem, der serielle Bus und der Wandler für ihre Arbeit brauchen. Da entstehen Laufzeiten im Millisekunden-Bereich. Latenzen sind bei Recording ein großes Thema. Bei reiner Audiowiedergabe über einen DAC sind sie eher bedeutungs-

los, denn beim reinen Hören ist es prinzipiell egal, ob der Datenstrom ein paar Millisekunden früher oder später an den Ausgangsbuchsen des Wandlers anliegt. Wichtig ist nur, dass der Datenstrom kontinuierlich abgewickelt wird und nicht abreißt. Im Normalfall ist USB so leistungsfähig, dass die Bandbreite für den alleinigen Audiobetrieb von Winyl und Daphile ausreicht, wenn nicht der Computer eine unterdimensionierte lahme Ente ist. Wegen Latenzzeiten sollte man sich überlegen, ob man mehrere USB-DAC an einen PC anschließt: USB-Geräte werden grundsätzlich immer angemeldet, wenn man sie anschließt. Das bedeutet auch, dass sie einen (kleinen) Teil der Bandbreite von USB benutzen, um sich dem System als angemeldet mitzuteilen. Sind viele USB-Geräte angemeldet, werden sehr viele Datenpakete mit nur wenigen Bytes Größe generiert und über USB transportiert. Kommen noch viele andere aktive Geräte am Bus zu den vielen kleinen Datenpaketen dazu, kann das gerade bei leistungsschwachen Computersystemen dazu führen, dass der gesamte Datenverkehr ins Stottern kommt. Kurz zusammengefasst: In diesem Projekt sind Latenzen vernachlässigbar, wenn die Hardware geeignet ist, das System nur für den Audiobetrieb genutzt wird und nicht übermäßig viele USB-Geräte angeschlossen sind. Dann wird die Wiedergabe weder stottern noch von Aussetzern unterbrochen werden.

USB-Isolatoren

verwendet man, wenn die Audio-Wiedergabe summt, saust und brummt, wenn also die gefürchtete Brummschleife ihr Unwesen treibt. Ground-Loops gehören zu den unangenehmsten Ereignissen im Audio-Bereich. Im Verlauf meiner verschiedenen Basteleien bin ich ein einziges Mal von ihr heimgesucht worden. Ein RaspberryPi im Metallgehäuse in Verbindung mit einer Creative SB270 externen USB-Soundkarte hat leise vor sich hin gebrummt, dass es nur so eine Freude war. Ein extra verlegtes Massekabel von der Schirmung des USB-Anschlusses an der Soundkarte mit Verbindung zum Gehäuse bis zur Schirmung des USB-Anschlusses am RaspberryPi hat die Sache verbessert aber nicht ganz beseitigt. Deshalb habe ich mich mit dem Thema USB-Isolator beschäftigt und mich ein wenig schlau gemacht.

Die Auswahl an USB-Isolatoren ist ziemlich begrenzt, wenn man einen USB-Isolator für DACs mit mehr als 96kHz/24Bit benötigt. Der Isolator muss USB 2.0 Hi-Speed mit 480 Mbits/s bei *allen* Datenraten unterstützen, sonst funktioniert die Sache nicht. Nicht täuschen lassen, denn die Bezeichnung USB 2.0 Full Speed erreicht nur 12 Mbits/s an Geschwindigkeit und ist somit ungeeignet. Ein tolles in Frage kommendes Gerät ist der Alldaq ADQ-USB 3.0-ISO mit SuperSpeed bis 5 Gbit/s ab ca. 280 Euro. Im Oktober 2016 ist der Hifime High-Speed-Isolator um relativ günstige 85 Euro auf den Markt gekommen, der ebenfalls Hi-Speed unterstützt. Meiner Meinung nach das aktuell interessanteste Gerät. Ich habe sofort nach Ankündigung einen Isolator bestellt und eines der ersten ausgelieferten Exemplare erhalten.



Der Hifime High-Speed USB-Isolator ist ein unscheinbares schwarzes Kunststoffkästchen. Man steckt es zwischen USB-Port und USB-DAC. Das ist alles, denn eine Treiberinstallation erübrigt sich. Der USB-Isolator führt keine Berechnungen durch, er ändert nichts am eigentlichen Signal und er greift auch nicht in den Datenfluss ein. Alles was der USB-Isolator tut, ist die Quelle vom Wandler galvanisch zu trennen. Und zwar sowohl auf der Datenseite als auch hinsichtlich der Energieversorgung. Sehr einfach ausgedrückt kann man sich die Wirkungsweise des USB-Isolators wie einen 1:1-Transformator vorstellen, bei dem eine Spannung oder ein Signal auf der einen Seite eine Spannung oder ein Signal auf der anderen Seite umsetzt. In der Praxis ist diese galvanische Trennung mittels virtual ground natürlich viel komplexer mit dem Ziel Signalstörungen auf der Ausgangsseite nicht auf die Wandlerseite hinüberschwappen zu lassen.

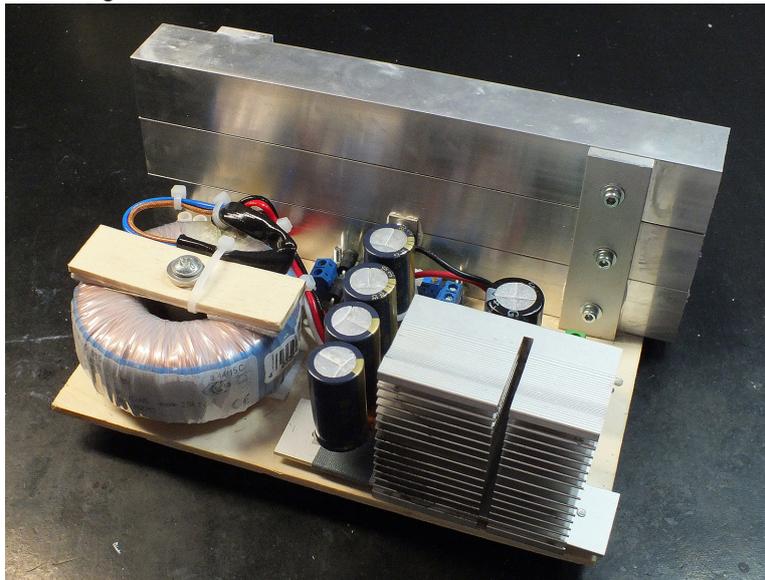
Beim brummenden RaspberryPi leistet der Hifime High-Speed USB-Isolator ganze Arbeit. Dort ist Schluss mit dem Brummen und auch der zusätzliche Draht an der USB-Abschirmung entfällt. Anders sieht die Sache beim Nexcom-Daphile-PC aus, wo ich den USB-Isolator prophylaktisch angeschlossen habe um noch mehr Klangqualität aus dem System zu holen. Bei meinem Daphile-PC bringt die Verwendung des USB-Isolators vor dem M2Tech hiFac DAC keine Vorteile sondern macht sich nachteilig bemerkbar. Bei leisen Musikpassagen treten immer wieder Störungen auf, die wie statische Klicks klingen. Das ist so ähnlich Clipping oder wie bei einer LP, wenn die Abtastnadel über ein Staubkorn hüpfte, nur eben leiser. Die Klicks treten in unregelmäßigen Abständen auf, sind nicht auf einen Kanal beschränkt und sobald man sie wahrnehmen kann, stören sie. Nimmt man den USB-Isolator weg, sind auch die Klicks verschwunden. Scheinbar ist die Stromaufbereitung im hiFac DAC so perfekt, dass ein zusätzliches Element eher schädlich als nützlich ist.

Ich meine, dass man bei einem einwandfrei funktionierenden System auf einen USB-Isolator verzichten kann. Keinen Overkill betreiben, denn jede zusätzliche Komponente ist auch eine potentielle Fehlerquelle, wie man hier sehen kann. Wenn Ground-Loop dann den Hifime High-Speed USB-Isolator verwenden, sonst bitte weglassen.

Die Stromversorgung

ist ein wichtiger und nach dem Gehäuse wahrscheinlich der aufwendigste DIY-Bestandteil des Projektes. Warum man sich den ganzen Aufwand antun soll ist kurz erklärt: Jeder Computer hat einen oder mehrere DC-zu-DC-Konverter eingebaut. Da werden, je nach Gerät, 12 bis 20 Volt auf 5 Volt, auf 3,3 Volt oder auch 5 Volt auf 3,3 Volt umgewandelt. Diese DC-zu-DC-Konverter sind nicht immer die hochwertigsten Ausführungen mit integrierten Filtern etc., denn viele Mainboard-Hersteller sparen auch bei diesen Bauteilen. Kommt die aus dem Netz gewonnene Kleinspannung schon mit Störungen verseucht beim DC-zu-DC-Konverter an, dann wird sie von einem billigen und/oder einfachen DC-zu-DC-Konverter nicht verbessert aber auch gute Hardware tut sich schwerer, als mit einer üppig dimensionierten und schön sauberen Kleinspannung. Wer glaubt die absolut reine und audiophile Stromversorgung haben zu müssen, der sollte seinen Player/Streamer über eine Batterie bzw. einen Akku mit Energie versorgen. Gleichstrom aus Batterie und Akku ist noch immer die optimale Stromversorgung, auch wenn sogar hier Störungen vorhanden sein können. Netzteile werden an das Stromnetz angeschlossen und wandeln Wechselstrom in Gleichstrom um. Da liegt auch das Grundproblem, nämlich, dass Wechselstrom niemals zum reinen Gleichstrom gewandelt werden kann und Stromnetze auch Störungen übertragen (können).

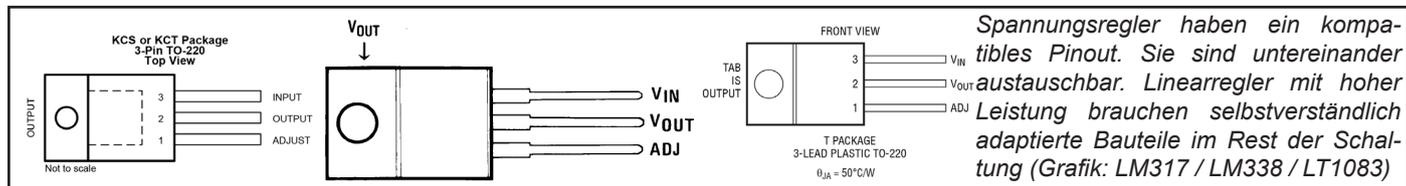
Es gibt verschiedene Typen von Netzteilen: lineare Netzteile und Schaltnetzteile. Grundsätzlich gilt, dass lineare Netzteile einen relativ schlechten Wirkungsgrad und eine gute bis ausgezeichnete Stromqualität haben. Schaltnetzteile haben einen hohen Wirkungsgrad bei relativ schlechter Stromqualität. Sie liefern sehr oft Spannung mit einer hohen Restwelligkeit und Unmengen von HF-Störungen. Zwar kann man auch Schaltnetzteile sauber kriegen, wie das einige Hersteller audiophiler Geräte laufend beweisen, ich habe mich aber für ein lineares Netzteil entschieden. Die Technologie liefert hervorragende Ergebnisse und ist im Eigenbau beherrschbar. Ein weiteres Plus: auch eine hochwertige lineare Schaltung kommt mit sehr wenigen Bauteilen aus. Die hier beschriebenen Netzteile wurden in sehr ähnlicher Form auch in vielen CD-Playern von Philips verwendet und entsprechen demnach den Anforderungen für Audiogeräte. Ein Mehr an Technik halte ich bei diesem Projekt für glatten Overkill und reine Geldverschwendung. Die Schaltungsaufbauten für zwei Netzteilvarianten mit bis zu 7 Ampere Leistung mit einem LM338- bzw. dem LT1083-Linearregler gibt es später, vorher noch ein paar Hintergrundinformationen.



Einen PC mit Energie zu versorgen ist an sich recht simpel. Man geht von der maximalen Leistungsaufnahme aus und dimensioniert das Netzteil dementsprechend. Bei Geräten wie dem Nexcom oder dem Intel-NUC reicht, wie auch bei Notebooks, eine einzige positive Versorgungsspannung. Ein komplizierteres Netzteil mit einer symmetrischen Versorgungsspannung bzw. Mehrfachspannungen erübrigt sich daher. Meine Nexcom-PC verlangen Spannungen zwischen 8 und 60 Volt, einige Intel-NUCs laufen mit 12 bis 19 Volt, andere Mini- oder Micro-PCs benötigen 18 oder 19 Volt, Notebooks benötigen zwischen 16 und 20 Volt Spannung. In den technischen Daten zum Gerät findet man die benötigten Werte, die Nennspannung sollte möglichst genau eingehalten werden, die meisten Mainboards laufen aber im Bereich von +/- 2 Volt rund um den Nennwert stabil.

Der grundsätzliche Aufbau eines linearen Netzgerätes ist relativ einfach und fast immer gleich: Es besteht idealerweise aus einem Ringkerntransformator oder preisgünstiger aus einem einfachen Transformator. Der Transformator erledigt im ersten Schritt die Anpassung der Netzwechselspannung auf die benötigte Kleinwechselspannung. Dann erfolgt im zweiten Schritt die Gleichrichtung, meistens durch vier Gleichrichterdioden in Brückenschaltung. Im dritten Schritt erfolgt die Glättung und Pufferung der gleichgerichteten Spannung. Mindestens ein Kondensator oder besser gleich mehrere Kondensatoren sorgen dafür, dass die Spannung hinter dem Gleichrichter geglättet wird und bei wechselnder Belastung nicht sofort zusammenbricht. Danach folgt als vierter Schritt die Spannungsstabilisierung durch den Linearregler. Der stellt die gewünschte Gleichspannung ganz genau ein, unabhängig davon, ob sich die Eingangsspannung netzbedingt geringfügig ändert. Danach kommt noch ein weiterer Kondensator, der dafür sorgt, dass die Schaltung auf keinen Fall zu schwingen beginnt. Dieser Aufbau ist bei praktisch allen linearen Netzteilen gleich, denn die derzeit verfügbaren Spannungsregler unterscheiden sich in ihrem Layout nur unwesentlich voneinander und das ist gut so.

Wer einen Micro-PC mit einer Leistungsaufnahme bis zu maximal 2 Ampere versorgen muss, hat es leicht. Lineare Spannungsregler wie der LM317 oder der LM7812 liefern je nach Ausführung bis zu 2 Ampere, im Überlastbetrieb mit ausreichend dimensioniertem Transformator kurzfristig sogar 2,5 Ampere bei entsprechender Wärmeentwicklung. Braucht man mehr Leistung, wird es komplizierter. An eine Parallelschaltung mehrerer kleiner Spannungsregler sollte man erst gar nicht denken, denn das geht nicht so ohne weiteres (ist aber grundsätzlich möglich). Die verschiedenen Schaltregler würden bildlich gesprochen gegeneinander regeln und das Schaltungskonstrukt wahrscheinlich zum Schwingen bringen. Um den Leistungshunger von Intel Atom-Boards bis in Bereiche von 5 Ampere zu stillen, kommt der bereits seit langer Zeit verfügbare LM338 Spannungsregler zum Einsatz, der in der Lage ist die eben erwähnten 5 Ampere als Dauerleistung zu liefern. Für hohe Einschaltströme liefert der LM338 sogar kurzfristig bis zu 7 Ampere, wenn der vorgeschaltete Transformator mitspielt. Der LM338 in TO-220-Bauform ist kostengünstig und einfach verfügbar, was die Beschaffung erleichtert. Aus dem Datenblatt ist zu entnehmen, dass zum Aufbau eines stabilisierten Netzteils nur wenige externe Komponenten erforderlich sind und das ist für das Projekt genau richtig.



Bevor es losgeht sollte man sich mit der Dimensionierung der Bauteile, dem Aufbau der Schaltung und dem Wirkungsgrad auseinandersetzen. Der LM338 ist grundsätzlich im Spannungsbereich 1,2 Volt bis 32 Volt regelbar. Wollte man den kompletten Spannungsbereich mit voller Leistung nutzen, z.B. bei der Anwendung in einem Labornetzgerät mit großem Regelbereich, wäre das ein enormes Problem bei der Kühlung des Spannungsreglers. Bei 1,2 Volt Ausgangsspannung müsste die Differenz zur Eingangsspannung (von maximal etwa 34 Volt) in Wärme umgewandelt werden. Bei so einem großen Regelbereich nimmt der Wirkungsgrad des Linearreglers rapide ab. Je größer die Differenz zwischen Ein- und Ausgangsspannung ist, desto geringer wird der Wirkungsgrad, denn bei großer Eingangsspannung und kleiner Ausgangsspannung geht der Hauptteil der Energie in Form von Wärme verloren. So ein Netzteil ist nicht wirklich toll.

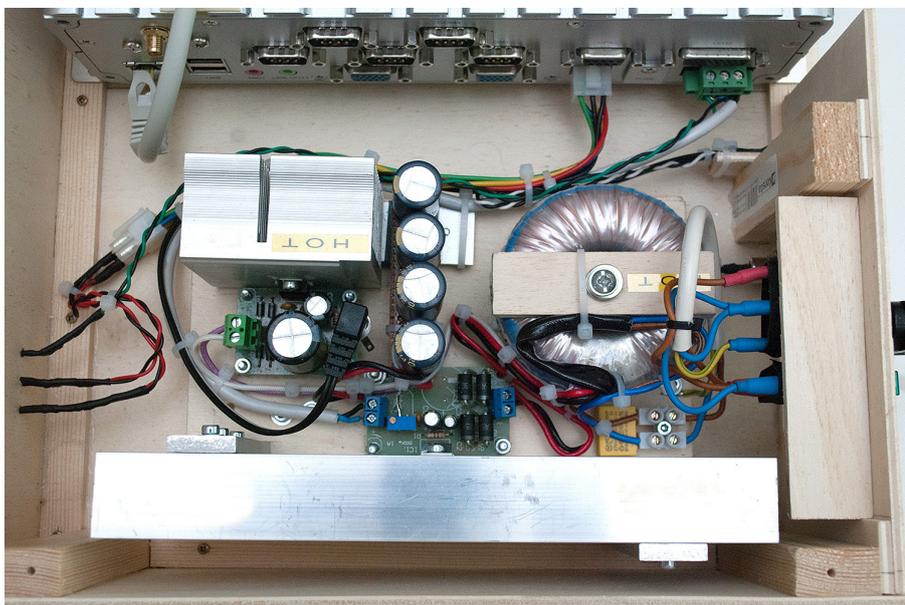
Benötigt man wie im aktuellen Fall ein Netzteil mit einem eingeschränkten Regelbereich ist der thermische Haushalt des LM338 kontrollierbar. Für das Projekt 12- bis 15-Volt-Computernetzteil benötigen wir nur einen relativ kleinen Spannungsbereich im Beispiel eben zwischen 12 und 15 Volt, dafür wollen wir aber maximale Leistung. Als Eingangsspannung habe ich 18 Volt gewählt, es würde auch ein Transformator mit 15 Volt Spannung ausreichen, allerdings wäre dann die maximal erreichbare Spannung nur rund 12 Volt. Will man einen anderen Spannungsbereich, zum Beispiel 7 bis 9 Volt, dann verwendet man einen Transformator mit 12 Volt, als einfache Faustregel gilt ein Unterschied von 3 Volt (Low-Drop-Regler nur 2 Volt) und maximal 10 Volt zwischen Transformatorspannung und erreichbarer Ausgangsspannung.

Die Balance zwischen der Eingangsspannung aus dem Transformator und der Ausgangsspannung nach dem LM338 gehört aus den dargelegten Gründen wirklich gut überlegt. Wem Geräuschbelastung egal ist, der kann einen Kühlkörper samt mechanischem Lüfter zur Kühlung einsetzen. Die Grundregel lautet ganz einfach: je größer der Kühlkörper, desto besser. Gleiches gilt auch für den Lüfter. Konvektionskühlung von Linearreglern ist für mich zu einer echten Herausforderung geworden. Ein Aluminiumkühlkörper von einem alten AMD-Pentium-Prozessor war völlig inadäquat und hat den Regler bis zu 90° Celsius aufheizen lassen. Erst ein Eigenbaukühlkörper aus Aluminiumprofilen hat den gewünschten Erfolg gebracht. Der Spannungsregler werkelt jetzt bei 45 bis 55° Celsius dahin und gilt für mich als ausreichend gekühlt. Einen weiteren Abschnitt zur Kühlung gibt es ein paar Absätze weiter, weil dieses Thema ziemlich wichtig ist.

Ich habe schon erwähnt, dass ich eine möglichst einfache und leicht beherrschbare Schaltung haben wollte. Bei Conrad Electronic gibt es unter Bestellnummer 115967 eine Spannungsregler-Platine für den LM317, die genau dem klassischen Konzept „transformieren-gleichrichten-glätten-puffern“ entspricht und die ich mit abgewandelten Bauteilen bestückt habe. Eine weitere Variante ist über Aliexpress zu beziehen. Dort gibt es einen Bausatz auf Basis des LT1083 mit max. 7 Ampere Leistungsabgabe, bei dem man nur die Bauteile geringfügig zu verändern braucht und ebenfalls mit einer professionell gestalteten Platine arbeiten kann. Dort könnte man sogar den LM338 anstatt dem LT1083 einbauen, wenn einem das besser gefällt. Noch ein Hinweis: bei Aliexpress (<https://de.aliexpress.com>) nach *LT1083 Power Supply* suchen und man bekommt alle verfügbaren Kits angezeigt. Genau auf die Preise achten, denn da gibt es reichlich Spielraum von unter fünf Dollar bis zu fast vierzehn US-Dollar für ein und denselben Bausatz.

Die Schaltung könnte man auf einer Lochrasterplatte aufbauen. In der Experimentalphase meiner Arbeiten war aber der Rückgriff auf die Spannungsregler-Platinen bequem, weil man Bauteile auch einige Male wechseln konnte ohne die Platinen zu beschädigen. Für weniger Geübte ist die Verwendung einer professionell gestalteten Spannungsregler-Platine deshalb die bessere Möglichkeit beim Aufbau. Bei einem Preis von weniger als 10 Euro pro Bausatz lohnt es sich kaum, auf einer Lochrasterplatte aufzubauen und auf der professionell gestalteten Platine weiß man, wo jeder Bauteil hingehört. Das gibt beim Aufbau und experimentieren eine gewisse Sicherheit und hilft Fehler zu vermeiden.

Es versteht sich von selbst, dass bei Arbeiten mit 230 Volt Netzspannung alle in Frage kommenden Sicherheitsvorschriften einzuhalten sind (Berührungsschutz, etc.) und den Testbetrieb immer mit einem Trenntrafo vornehmen. Im Internet sind diesbezügliche Vorgaben und Vorschriften abrufbar. Wer's nicht kann, lässt am besten die Finger davon.



So hat die gesamte Stromversorgung für meinen ersten x86-Audio-Player ausgesehen.

Der große gelbe Kondensator am Netzanschluß dient als Entstörfilter. Daneben befindet sich der Ringkerntransformator. In der Mitte liegt die Platine für die Computerstromversorgung (in meinem Fall 12 Volt) und ganz links gibt es noch eine Platine für 5 Volt um ein Tablet oder ein Smartphone aufladen zu können. Wichtig: werden die Spannungsregler nicht isoliert montiert, liegen an den Kühlkörpern die Ausgangsspannungen an.

Alle 230-Volt-Verbindungen sind berührungsgeschützt und zusätzlich noch mit einer Holzabdeckung gesichert.

- Neben dem Linearregler spielt auch der Transformator eine gewaltige Rolle, denn es gibt drei verschiedene Bauformen, die nicht gleich gut für diese Stromversorgung geeignet sind. Über Transformatoren wurden viele Bücher und Diplomarbeiten geschrieben, hier gibt es nur eine kurze und unvollständige Übersicht, warum man einen Ringkerntransformator verwenden soll, auch wenn er teuer ist.

Ein Transformator ist vereinfacht ausgedrückt ein Übertrager bestehend aus zwei Spulen mit Kupferdrähten, durch die ein in sich geschlossener ringförmiger Eisenkern geführt ist. Je nach dem Verhältnis der Windungen in der primären und sekundären Spule wird die Spannung gleich groß, vermindert oder vergrößert übertragen. Transformatoren funktionieren übrigens nur mit Wechselstrom, darum ist der Trafo immer vor einem Gleichrichter.

Die preiswerteste Variante ist der EI- oder M-Kern-Transformator (der Eisenkern sieht wie ein E und I bzw. wie ein M aus). Er besteht aus einem einfachen geschichteten Eisenpaket und einfachen Wicklungen. An diesem Typ ist meistens alles Low-Cost, weil er relativ einfach und damit preiswert zu fertigen ist. Die Effizienz dieses Typs ist bescheiden und das magnetische Streufeld ist so, wie es sich kein Entwickler wünscht, nämlich groß und kräftig. Werden die Spulen nicht exakt gewickelt und die einzelnen Lagen dicht-an-dicht gepackt brummt so ein Blechkern-Transformator auch noch recht deutlich hörbar mit der Netzfrequenz von 50 Hertz. Einen Vorteil haben Blechkern-Transformatoren dann doch: ihr Einschaltstrom ist relativ gering und bei durchschnittlich ausgelegten Transformatoren keine besondere Herausforderung für Konstrukteur und Stromnetz. Trotzdem, für Audioanwendungen sind EI- und M-Kern-Transformatoren suboptimal.

Schnittbandkern-Transformatoren wären für unser Projekt schon besser geeignet. Höhere Effizienz verbunden mit geringerer Erwärmung, geringes magnetisches Streufeld, geringe Brummneigung und ein noch ausgewogenes Verhältnis aus Produktionsaufwand und Verkaufspreis zeichnen diesen Typ aus. Aber es geht noch ein bisschen besser. Ringkerntransformatoren verbinden geringe Baugröße und relativ geringes Gewicht mit hoher Leistung und exzellenter Effizienz. Leistungsstabil bei maximaler Belastung ist ein Ringkern-Transformator auch noch. Bis auf wenige Ausnahmen sind Ringkern-Transformatoren mit einem Speziallack vakuumvergossen. Mit diesem Verfahren wird jegliche Luft aus den Spulen entfernt und die Drähte soweit stabilisiert, dass sie sich nicht mehr bewegen können. Diese Behandlung ist zeitaufwendig und kompliziert, garantiert aber die absolute Brummfreiheit des Transformators. Erkauft werden alle diese Vorteile aber mit einer sehr aufwendigen und damit teuren Herstellung. Ist man bereit den hohen Kaufpreis zu investieren, erhält man als Belohnung für das viele Geld einen Transformator mit nahezu perfekten Eigenschaften, der in diesem Projekt leicht handhabbar ist und vorhersehbar gute (ich würde sogar sagen exzellente) Ergebnisse garantiert. Genau deshalb ist ein Ringkern-Transformator für den x86-Audio-Player die beste Wahl.

Die Trafospannung kann man auf zwei Arten ermitteln. Man schätzt sie oder man berechnet sie ganz exakt. Die Formel dazu lautet:

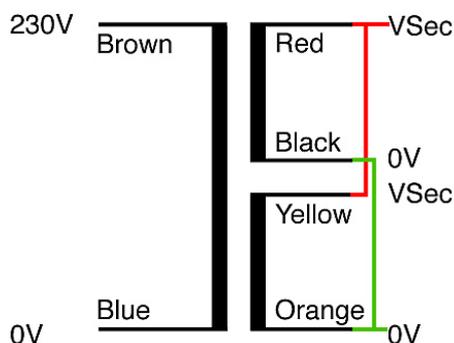
$$[\text{Trafospannung} = (((\text{Ausgangsspannung} + 2.5\text{V}) / 0.8) + 2\text{V}) / (1.414 * 0.9)]$$

Oder für die Schätzmeister unter den Konstrukteuren ganz kurz erklärt: Die Transformatorspannung auf der Sekundärseite sollte mindestens 3 Volt höher als die gewünschte Ausgangsspannung des Netzteils sein. Ein Spannungsregler braucht in etwa diese Differenz um einwandfrei seinen Dienst zu tun. Das Datenblatt des Linearreglers gibt Auskunft über die minimal zulässige Differenzspannung. Gerade bei Low-Drop-Spannungsreglern sollte man die minimal zulässige Spannungsdifferenz aber nicht ausreizen, weil sich dann auf der Ausgangsseite Transienten bilden können. Dieses unerwünschte Phänomen wird im Zusammenhang mit Low-Drop-Linearreglern immer wieder beschrieben. Besser also bei den 3 Volt Differenzspannung bleiben. Ebenfalls ganz wichtig: Liegt die Trafoausgangsspannung um mehr als 10 Volt über der gewünschten Ausgangsspannung des Netzteils, handelt man sich unweigerlich thermische Probleme ein.

Mich hat auch interessiert was passiert, wenn die Trafospaltung nahe an der Ausgangsspannung liegt. Thermische Probleme gibt es da keine, wie ein kurzer Test gezeigt hat. Die Schaltung wurde auf 11,8 Volt Ausgangsspannung in Verbindung mit einem 12-Volt-Transformator eingestellt. Das ist für die beim LT1083 benötigte Differenzspannung von 1,3 Volt eindeutig zu wenig. Im Leerlauf passiert erst einmal recht wenig und die eingestellte Spannung erscheint konstant. Unter Belastung, auch wenn diese sehr gering ist, bricht die Spannungsregelung aber sofort ein. Die Spannung kann nicht mehr konstant gehalten werden und schwingt irgendwo zwischen 11 Volt und 12,5 Volt ohne sich auf einen Wert zu stabilisieren. Sobald sich die Schaltung wieder im Leerlauf befindet, ist sie (scheinbar) wieder stabil. Aus meinem kleinen Experiment ergibt sich demnach, dass man sich um die Differenzspannung kümmern soll und vorab das Datenblatt des Linearreglers zum zulässigen Minimum befragt. Beim LT1083 sind das 1,3 Volt und beim LM338 3,0 Volt.

- Beim Transformator sollte man sich um die sog. Lastverluste (=Kupferverluste) Gedanken machen. Dabei geht es um die Dimensionierung eines Transformators. Ein Transformator sollte etwas - aber nicht zu viel - überdimensioniert werden. Bei großen Transformatoren in Industriemaschinen und Schaltschränken ist das eine komplizierte Angelegenheit, für dieses Projekt kann man sich die Sache aber einfach machen: man rechnet die Leistung aller Verbraucher zusammen und gibt noch zwanzig Prozent dazu.

- Parallschaltung von Transformatorwicklungen: Viele kleine Computer benötigen 60 Watt oder etwas mehr an Leistung. Das bedingt die Verwendung des LT1083-Linearregler und eines entsprechend großen und etwas überdimensionierten Ringkerntransformators. Als Beispiel ist ein Ringkerntrafo mit 80 Watt Leistung und einer einzigen Sekundärwicklung ziemlich groß, recht schwer und nicht leicht zu bekommen. Besser man verwendet ein Modell mit zwei Mal 40VA und betreibt die Sekundärwicklungen in Parallelschaltung. Man verbindet dazu die beiden Sekundär-Pins und beide 0V-Pins wie in der Skizze links abgebildet. Mit der Parallelschaltung verdoppelt sich die zur Verfügung stehende Leistung. Es wäre in der Elektrik bzw. Elektronik alles viel zu einfach, wenn es nicht auch hier einige Fallen geben würde. Zwei beliebige Transformatoren darf man nicht parallel schalten, denn die in Frage kommenden Trafos müssen zwei völlig identische Sekundärwicklungen haben. Gleichsinnige und gegensinnige Verschaltung der Trafo-Wicklungen ist vor allem für Anfänger geheimnisvoll und schafft Unsicherheit. Im Internet findet man eine Menge Informationen zum Thema „Trafo parallel schalten“ und der damit verbundenen physikalischen Gesetzmäßigkeiten. Wer die Sache einfach halten möchte, verwendet einen Trafo, der vom Hersteller für die Parallelschaltung freigegeben ist, wie z.B. den Ringkerntransformator Bestellnummer 671-8987 von RS Components mit 2x15 Volt und 2x40 Watt,



der die erforderlichen Eigenschaften besitzt. Den Trafo gibt es auch mit abweichenden Spannungen und Leistungen. Im laufenden Betrieb erwärmt sich ein ausreichend dimensionierter Ringkerntransformator nur geringfügig und wird kaum handwarm.

- Auch wenn alle Ringkerntransformatoren eine interne Sicherung besitzen, gehört ein Netzteil mit einer richtig dimensionierten Schmelzsicherung abgesichert. EI-Transformatoren bekommen träge Sicherungen. Ringkerntrafos würden superträge Sicherungen vertragen, ich verwende aber ebenfalls träge Sicherungen und bisher gab es damit keine Ausfälle. Den passenden Sicherungswert kann man so berechnen:

$$[\text{Sicherungswert in Ampere} = (((\text{Leistung Sekundärseite} * 1,2) / \text{Spannung Primärseite}) * 2,0)]$$

- Ein ordentlicher zweipoliger Netzschalter mit vollständiger Netztrennung bei Abschaltung ist bei Prototypen und Einzelstücken eine zusätzliche Absicherung.

- Die Kapazität von Glätt- und Pufferkondensatoren kann nicht beliebig vergrößert werden, weil ihr Ladestrom unter Umständen die Gleichrichterdiode in den Tod treibt. Wer rechnet ist feig, deshalb ein Tipp, den ich von einem altgedienten Profi vor einiger Zeit bekommen habe, nämlich „pro Ampere Leistung etwa 3.400uF Kapazität nicht zu überschreiten“. Diese Faustregel bedeutet: 1 Ampere Ausgangsleistung = 3.400uF, 2 Ampere = 6.800uF, 3 Ampere = 10.200uF usw. Diese Faustregel funktioniert für mich tadellos. Ein Computernetzteil unterscheidet sich grundlegend von einem Audionetzteil. Bei der Computerstromversorgung ist gleichbleibende Leistung gefragt, während ein Audionetzteil auf Impulsleistung getrimmt werden muss, was die Kapazitätsberechnung kritischer machen würde.

- Die Parallelschaltung von Kondensatoren ist relativ einfach: die Gesamtkapazität aller Kondensatoren entspricht der Summe der Einzelkapazitäten und die Gesamtladung ist gleich der Summe der Einzelladungen. In der Parallelschaltung liegt an allen einzelnen Kondensatoren die gleiche Spannung an. Man braucht also nicht sehr viel zu beachten. Sonst habe ich die Schaltung belassen, wie sie ist. Auf größere Elektrolytkondensatoren sollte man ausgangsseitig verzichten. Es gibt sogar die Meinung, dass ausgangsseitig als Puffer nur ein kleiner Folien- oder Keramikkondensator ausreichend wäre um Oszillation zu vermeiden. Mit den 47uF funktioniert mein Netzteil aber ausgezeichnet und damit verzichte ich auf weitere Experimente. Ebenso unverändert bleiben die in der Schaltung vorgesehenen Keramikkondensatoren, die für das Schaltungskonzept nahe am Linearregler sehr wichtig sind. Stichwort Spannungsfestigkeit: Mit Kondensatoren für 35 bis 63 Volt Spannung liegt man genau richtig. Mehr Spannungsfestigkeit braucht man nicht.

- Wenn man den Netzteilbausatz der Firma Conrad Electronic verwendet, sollte man beachten, dass er für eine maximale Eingangsspannung von 25 Volt Wechselstrom vorgesehen ist. Ich empfehle daher im Bereich unter 25 VAC zu bleiben. Gleiches gilt für den Bausatz von Aliexpress, auch wenn in dessen Spezifikationen höhere Eingangsspannungen angegeben werden.

- Das Einschaltverhalten des Netzteils ist in den hier beschriebenen Konfigurationen unauffällig. Auch wenn bei Ringkerntransformatoren hohe Einschaltströme fließen können, ist nicht damit zu rechnen, dass Sicherungsautomaten in der Hausinstallation auslösen. So groß ist dieses Netzteil nicht. Der hohe Einschaltstrom führt auch dazu, dass die Kondensatoren hinter den Gleichrichterdiode sehr schnell geladen werden und der Computer problemlos hochfährt. Eine elektronische Zeitverzögerung für den Start des Computers nach dem Einschalten des Netzteils erübrigt sich damit.

- An dieser Stelle nochmals der wichtige Hinweis bezüglich der Montage des Linearreglers: ist ein Spannungsregler direkt am Kühlkörper montiert, liegt am gesamten Kühlkörper die in diesem Fall positive Ausgangsspannung an. Ein Transistor-Montage-Kit bestehend aus einer Isolierunterlegscheibe und einer Isolierhülse passend zum TO-220-Gehäuse des Linearreglers wie z.B. Bestellnummer 402-456 von RS Components gewährleistet einen spannungsfreien Kühlkörper. Wer zum Beispiel aus Gründen besserer Wärmeableitung auf das Isolations-Kit verzichtet, sollte einen Hinweis-Aufkleber am Kühlkörper anbringen, damit bei zukünftigen Wartungsarbeiten der elektrisch heiße Kühlkörper nicht übersehen wird.

- Die Kühlung im Detail I - Ein Netzteil mit Konvektionskühlung als empfohlene Standardvariante:

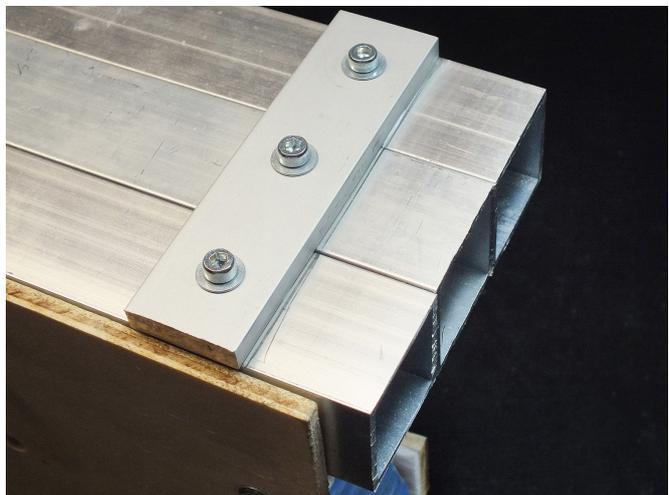
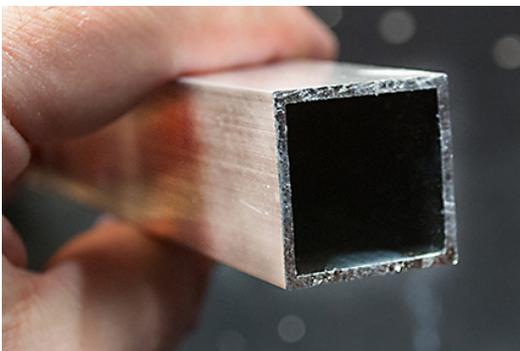
Mechanische Lüfter sorgen für eine entsprechende Geräuschkulisse, die man bei diesem Projekt nicht brauchen kann. Im Audiobereich will man geräuschlose Wärmeableitung. Über Lüftungsöffnungen an der Gehäuseunterseite kann Luft eintreten, über große Kühlkörper strömen und an der Oberseite des Gehäuses wieder austreten. Das nennt man Konvektionskühlung und diese Art der Kühlung stellt jeden Gerätebauer vor große Aufgaben. Wie schon erwähnt, habe ich bei beiden Netzteilen beim Kühlkörper nachbessern müssen, weil die Temperaturen viel zu hoch geworden sind. Als Faustregel empfehle ich eine Dimensionierung so groß wie möglich. Die passende „Faustregel“ dazu lautet: $[(\text{Eingangsspannung} - \text{Ausgangsspannung}) * \text{Laststrom} = \text{Verlustleistung in Watt}]$. Diese Verlustleistung muss man über einen Kühlkörper loswerden.

Wie hoch darf die Temperatur an den Spannungsreglern sein? Diese Frage ist leicht zu beantworten: So niedrig es eben geht. Die Bauteile halten schon einiges an Temperatur aus, trotzdem sollte man so effizient wie möglich kühlen. Theoretisch halbiert sich die Lebensdauer mit jedem Temperaturanstieg um 10°C. Bei Spannungsreglern versuche ich eine Grenze von 60°C nach zwei Stunden Dauerbetrieb niemals zu überschreiten. Aktuelle Werte bei meinen zwei Eigenbauten sind maximal 48°C bis 52°C am LM338 oder LT-1083 und maximal 58°C für den 78S05 bei 23°C Raumtemperatur.

Die Temperatur am Kühlkörper baut sich über einen längeren Zeitraum auf. Der Temperaturanstieg erfolgt in den ersten Minuten sehr schnell und flacht dann ab. Nach etwa zwei Stunden ist die Schaltung dann schön betriebswarm mit nur mehr sehr geringer Temperaturschwankung.

Als Material für die Kühlkörper verwende ich Aluminiumprofil mit einem Querschnitt von 25x25mm und einer Länge von 20cm. Aluprofile in verschiedener Ausführung bekommt man problemlos im Baumarkt z.B. bei Hornbach und diese sind viel günstiger als „echte“ Kühlkörper vom Bauteilelieferanten. Man kann einzelne Profilstücke auch zusammenschrauben um die Fläche und damit die Wärmeabgabe zu erhöhen. Dabei sollte man auf Wärmeleitpaste zwischen den Profilen nicht vergessen. Aluminium empfehle ich nicht nur wegen der Wärmeleitfähigkeit, sondern auch weil es vergleichsweise leicht zu bearbeiten ist.

Ein Wärmeleitpad aus Kapton isoliert den Schaltregler gegenüber dem Kühlkörper und sorgt für eine sehr gute Wärmeübertragung. Der Kühlkörper ist in diesem Fall spannungsfrei. Ohne Kapton-Pad benötigt man Wärmeleitpaste. An Schaltreglern und Kühlprofilen sollte man sparsam aber nicht zu sparsam umgehen. Eine feine Schicht reicht. Die Wärmeleitpaste sollte nicht aus allen Öffnungen und Ritzen quellen.



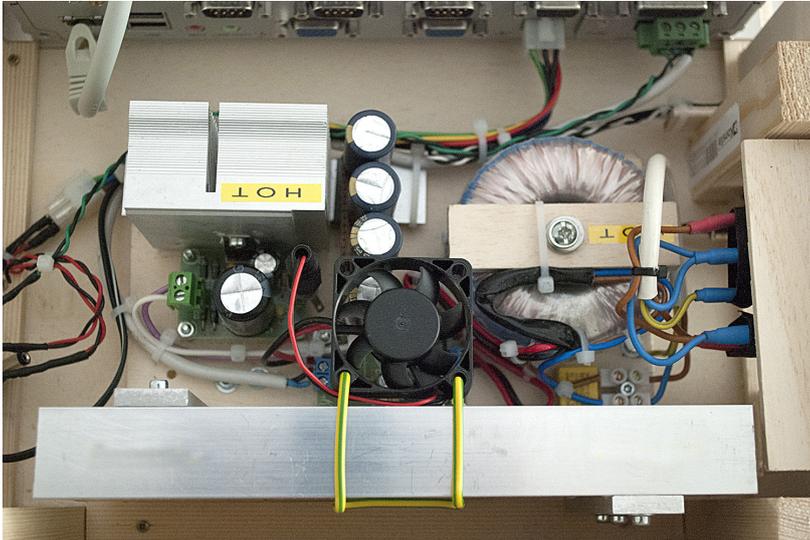
Das Bild oben links zeigt ein Aluminiumprofil 25x25mm aus dem ich mir meine Kühlkörper zusammenbaue. Das ist wesentlich preiswerter als wenn man große Kühlkörper beim Elektronikversender kauft.

Im Bild oben rechts sieht man einen Ausschnitt meiner Kühlkörper-Eigenkonstruktion. Verschraubt sind die einzelnen Teile mit Zylinderkopfschrauben 3x10mm, zur besseren Wärmeleitung wurde zwischen den Profilen Wärmeleitpaste aufgetragen. Ob voneinander abgesetzt angeordnete Aluprofile eine bessere Wärmeabstrahlung haben, werde ich irgendwann ausprobieren. Die hier gezeigte Anordnung ohne Zwischenräume als solider „Alublock“ mit Wärmeableitung durch die Profile und über die Außenseiten ist jedenfalls betriebssicher.

Lüftungsöffnungen in der Geräteunterseite gehören zum Konzept der Konvektionskühlung. Bei meinem Gehäuse reichen zwei Öffnungen mit ca. 95mm Durchmesser, die sich unter dem Nexcom-PC befinden (Bild links).

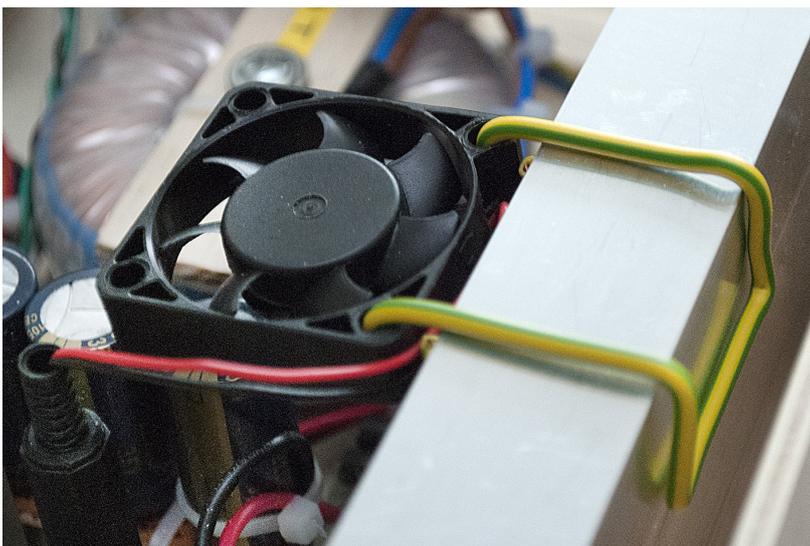
- Die Kühlung im Detail II - Das Netzteil mit einem kleinen 40x40mm-Lüfter ausrüsten:

Eine Line-Verbindung aus einem DAC verträgt keine großen Kabellängen zu einem Verstärker und so wird der x86-Audio-Player immer irgendwo in der Nähe des Musikliebhabers aufgestellt sein. Dort ist kein Platz für laute Lüfter, also wurden bisher alle Überlegungen und Anleitungen in Richtung völlig Lüfterloses Design betrieben. Einer Idee meiner Frau ist es zu verdanken, dass ich mich mit der Integration eines Lüfters beschäftigt habe. Sie meint, dass man beim Hören mit Kopfhörer immer eine gewisse Abschirmung vom Umgebungslärm erhält und da würde ein Lüfter wenig auffallen und die Kühlleistung verbessern. Nachdem der Lüfter in ihrem Notebook nicht immer den selben Lärm macht, könnte man den Lüfter in meinem x86-Audio-Player auch mit variabler Drehzahl aufbauen und damit die Kühlung im Netzteil optimieren.



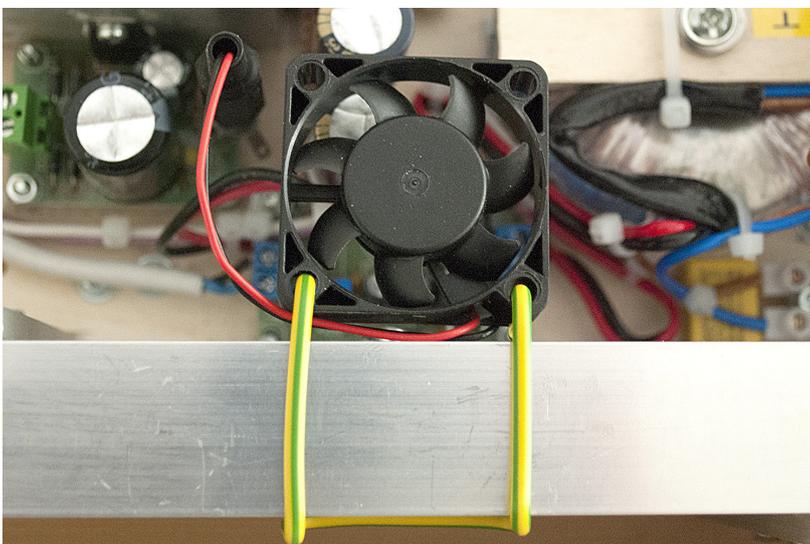
Die Ideen meiner Frau sind fast immer (mit der Betonung auf *fast*) ein Arbeitsauftrag für mich. Also habe ich in meiner Bastelkiste gekramt, mich ans Werk gemacht und eine einfache aber durchaus effiziente Lösung entwickelt.

An einem simplen Bügel aus 1,5mm-Einziehdraht habe ich einen 40x40 Lüfter eines 80486-Prozessor am Kühlkörper aufgehängt. Die Luft wird über das Lüftungsgitter an der Gehäuse-Oberseite angesaugt und in Richtung Platine und Spannungsregler geblasen. Eine variable Spannungsreglung wollte ich für den ersten Test nicht aufbauen und so habe ich mir für Versuchszwecke 5 Volt Spannung von der USB-Ladeplatine ausgeborgt und die Konstruktion in Betrieb genommen.



Überraschenderweise funktioniert die Sache sogar sehr gut (war ja auch die Idee meiner Frau). Der Lüfter dreht dank Unterspannung mit weniger als der Hälfte der Maximaldrehzahl und ist nur dann leise zu hören, wenn es im Raum ganz still ist. Bei üblichen Umgebungsgeräuschen geht das Lüftergeräusch komplett unter. Mit offenen oder halboffenen Kopfhörern ist der Lüfter auch in ruhiger Umgebung nicht zu hören. Mit geschlossenen Modellen logischerweise auch nicht.

Bei einem an und für sich ausreichend gekühlten Netzteil ist die Wirkung des kleinen Lüfters erstaunlich hoch. Die Temperatur reduziert sich um maximal 9°C und liegt dann bei 39°C bis 40°C. Gemessen wurde am LM338-Spannungsregler bei 23°C Raumtemperatur. Für mich erübrigen sich weitere Experimente.



So ein kleiner Lüfter ist ein Ausstattungsdetail für x86-Audio-Player, die unter ungünstigen Aufstellungsbedingungen leiden. Da kann man der Kühlung auf einfache Weise nachhelfen. Die Lärmbelastung kann man mittels regulierbarer Drehzahl unter Kontrolle halten, wenn es sein muss. Ein Thermoschalter (z.B. Sensata Airpax 67F070) als Temperatursicherung ist eine Option mit der ein Lüfter nur dann läuft, wenn es temperaturkritisch wird.

Ich habe den Lüfter einige Zeit verwendet, mittlerweile aber wieder ausgebaut weil er nicht in mein völlig geräuschloses Konzept passt.

- Die Kühlung im Detail III - Ein leises Netzteil mit Lüfter:

Als Vorarbeit für einen x86-Player ohne internes Netzteil, bei dem die Stromversorgung in einer „falschen Lade“ in einem Möbel versteckt werden soll, habe ich ein wenig getüftelt und bin zu einer überraschend einfachen Lösung gekommen. Das Ergebnis sieht man auf den Bildern dieser Seite. Technisch entspricht das Netzteil dem hier auf den folgenden Seiten beschriebenen Aufbau mit LM338- oder LT1083-Spannungsregler, lediglich bei der Kühlung gibt es Unterschiede.

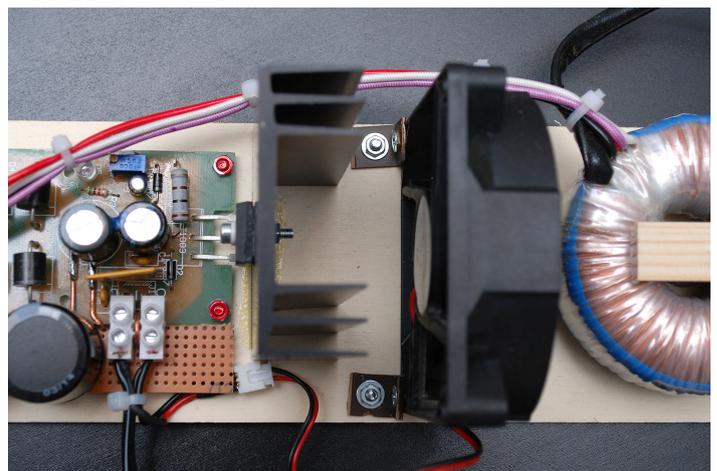
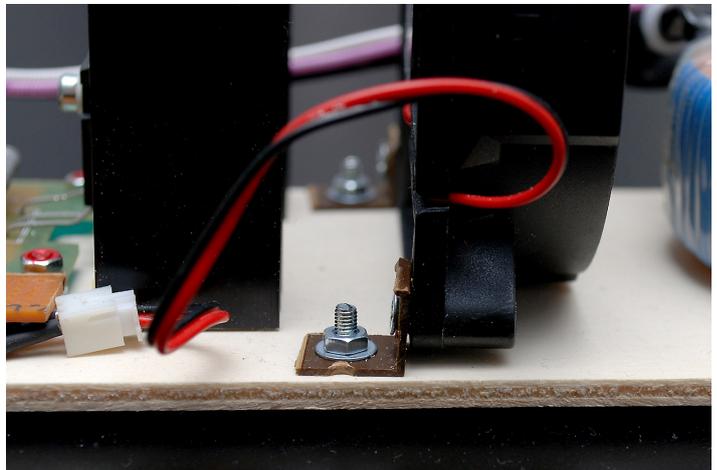
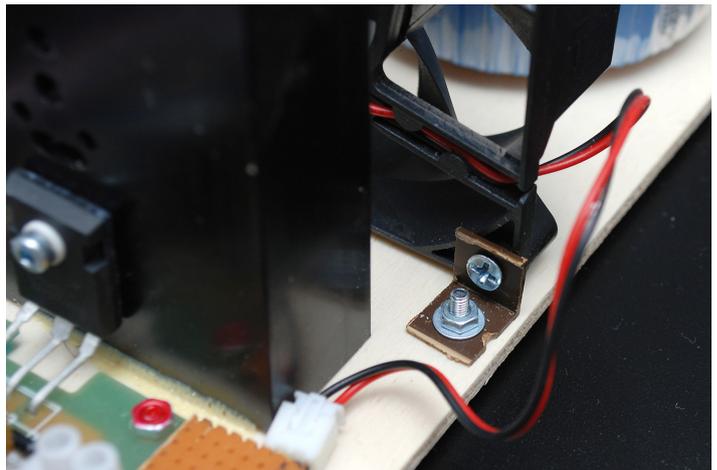
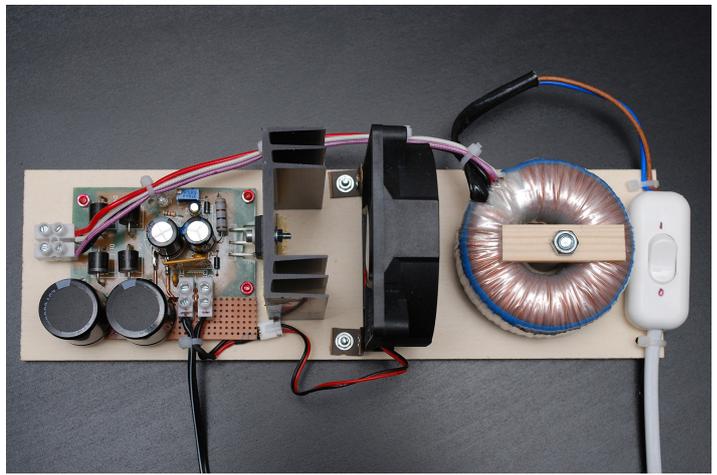
Das Bild rechts oben zeigt meinen ersten Aufbau mit Grundplatte aber ohne Gehäuse und ohne Absicherung in der Netzzuleitung. Die Spannungsregler-Platine braucht man nicht zu verändern. Der Spannungsregler wird mit einer Kapton-Scheibe isoliert an einem Aluminium-Kühlkörper 70x80mm montiert. Die Seite mit den Kühlrippen zeigt zum Lüfter. Der Kühlkörper ist aus Stabilitätsgründen mit Montagekleber auf die Grundplatte geklebt. Der Lüfter wird in einem Abstand von 15mm von den Spitzen der Kühlrippen entfernt montiert. Ungefähr 10mm rechts vom Lüfter befindet sich der Transformator, in diesem Fall ein Typ, dessen Sekundärwicklungen parallel geschaltet werden dürfen. Damit steht bei 15 Volt Spannung eine Gesamtleistung von 4,76 Ampere oder rund 71 Watt zur Verfügung.

Das Netzteil ist auf eine Ausgangsspannung von 12,8 Volt eingestellt und ein 12-Volt-Lüfter dreht bei dieser Versorgungsspannung mit voller Drehzahl und ist relativ gut hörbar. Ehrlich gesagt ist er richtig laut. Deshalb habe ich die Drehzahl mit einem einfachen 100R Widerstand abgesenkt. Bei 100R Vorwiderstand läuft der Lüfter zuverlässig an und ist während des Betriebes kaum zu hören. In einer „falschen Lade“ mit großer Lüftungsöffnung an der Möbelrückseite ist der Lüfter unhörbar, wenn sich die Vibrationen des drehenden Lüfters nicht auf Grundplatte und Lade übertragen.

Das zweite und das dritte Bild von oben zeigen die von mir konstruierten Schwingungsdämpfer aus einem Rest von einem Kabelkanal. Da habe ich einfach zwei Plastikwinkel ausgeschnitten und mit zwei Löchern versehen. Eine Low-Tech-Lösung, die den Lüfter senkrecht in Position hält und ihn nirgends aufliegen lässt. Er schwebt sozusagen an seinen zwei Aufhängungen wenige Millimeter über der Grundplatte und die reduzierte Drehzahl tut ihr übriges um Vibrationen zu verringern. Das Bild rechts ganz unten zeigt nochmals die beiden absichtlich leicht schräg ausgerichteten Kunststoffwinkel, die den Lüfter in seiner schwebenden Position halten.

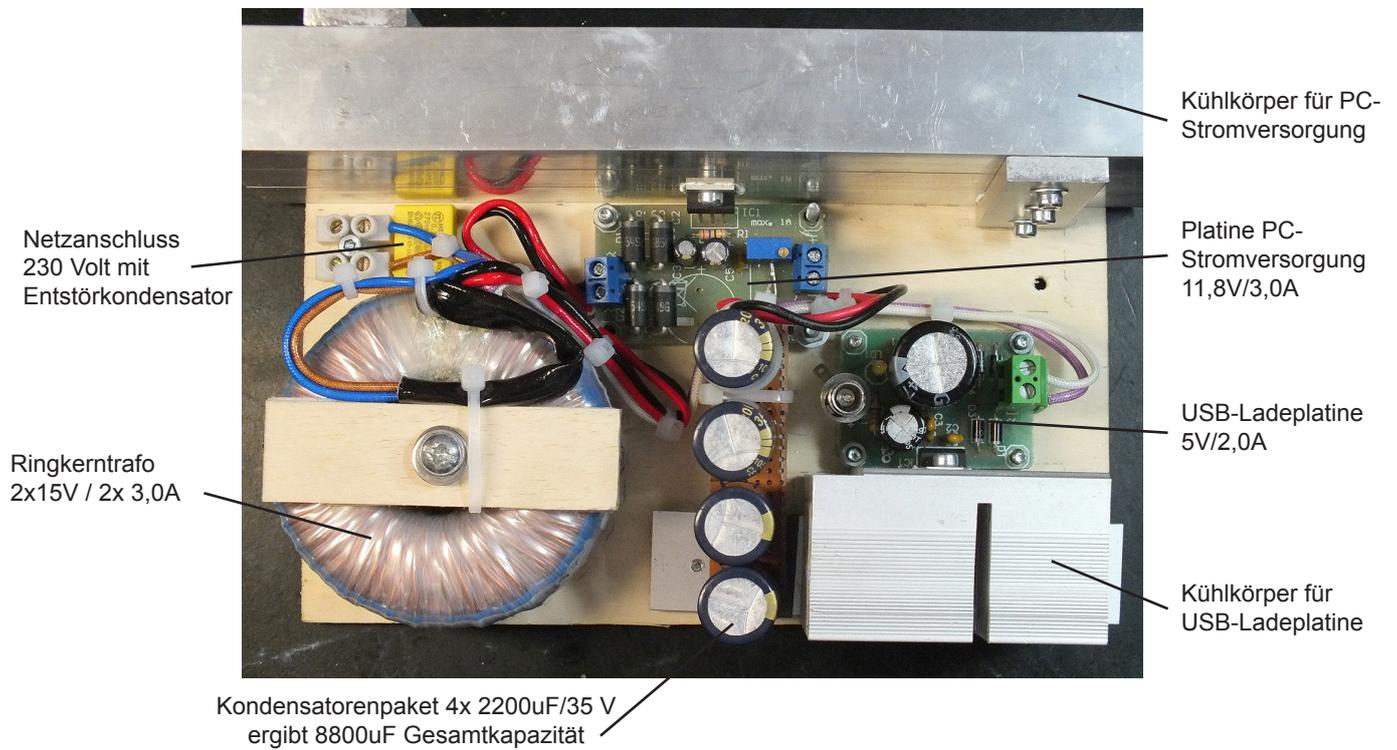
Die Performance des Netzteiles geht in dieser Konfiguration völlig in Ordnung. Bei etwa 3 Ampere Leistungsaufnahme und ohne Gehäuse habe ich am Spannungsregler eine Temperatur von 34°C bis 36°C gemessen. In der „falschen Lade“ sind es zwischen 39°C und 41°C, alles Werte, die für den LT1083 unbedenklich sind. Im Vergleich mit der vollständig passiv gekühlten Version ist dieses Netzteil deutlich kompakter. Es ist auch schneller aufgebaut, weil man sich die Herstellung des großen Aluminiumkühlkörpers erspart.

Was hier noch fehlt: Ein vernünftiges Kabel zwischen Netzteil und dem x86-Audio-Player. Da werde ich ein Kabel aus einem ausgedienten Notebook-Netzteil organisieren. Außerdem gehört eine Netzsicherung nachgerüstet und der Netzschalter verbessert. Ein einfacher Gitterkäfig anstelle eines Gehäuses gehört angebaut. Damit stimmt dann auch der Berührungsschutz wieder, wenn das Netzteil in der Lade liegt.

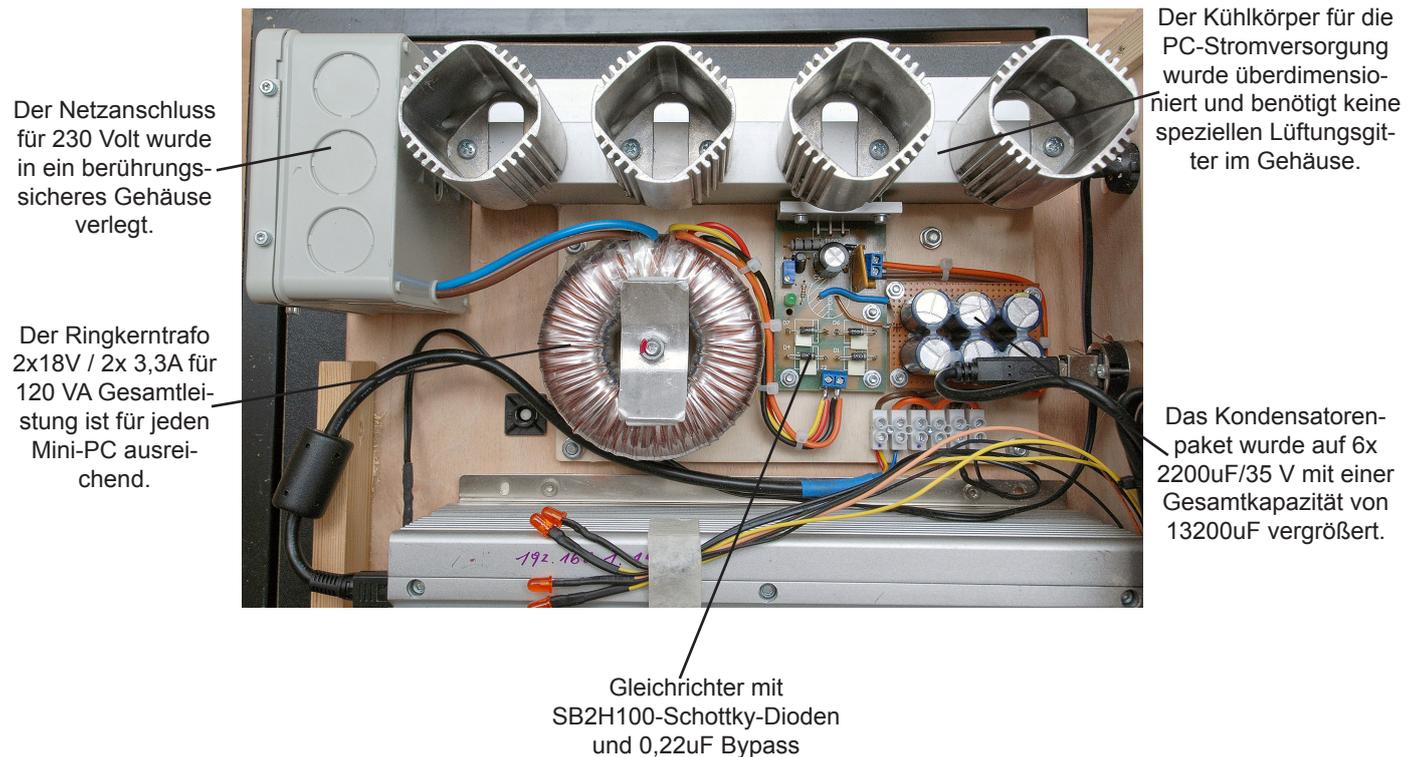


- Modularer Aufbau: Die Stromversorgung habe ich als eine eigene Einheit konstruiert, die mit dem Rest der Komponenten über Schraub- oder Steckverbinder verbunden ist. Sie ist mit nur vier Schrauben im Gehäuse befestigt und sehr leicht auszubauen, wenn man etwa zum Beispiel ein weiter verbessertes Netzteil testen möchte.

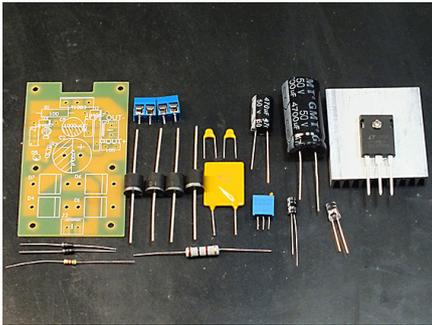
Das Bild unten zeigt das Netzteil in seiner ersten Variante aus dem Jahr 2016 mit einem LM338-Linearregler. Zwischenzeitlich wurde ein Kondensator 2200uF/35V wurde nachgerüstet, sonst wird dieses Netzteil unverändert verwendet.



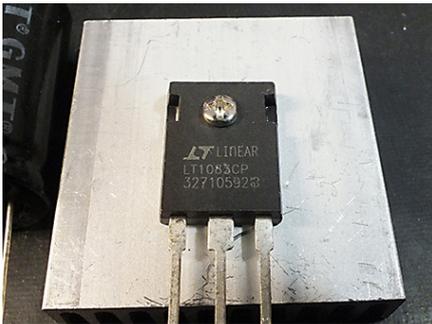
Das Netzteil für den vierten x86-Audio-Player vom August 2018 wurde in einigen Bereichen etwas angepasst. Der Linearregler ist ein LT1083, das Kondensatorenpaket hat jetzt eine Kapazität von 13200 uF und der Kühlkörper wurde, bedingt durch den Einbau in ein nur an der Rückwand offenes Gehäuse, sehr üppig dimensioniert. Bei den Gleichrichterdiodeen handelt es sich um SB2H100 die für die Leistung dieses Netzteils ausreichend sind.



- Hochwertige Bauteile verwenden: Der Bausatz von Aliexpress mit einem LT1083 für ca. € 6 bis € 10 sieht gut aus und ist eine gute Ausgangsbasis für ein brauchbares Netzteil. Die Schaltung ist in Ordnung und soll bis zu 7,5 Ampere Leistung abgeben. So viel wie der LT1083 laut Datenblatt schafft. Der mitgelieferte Kühlkörper ist dafür aber völlig ungeeignet und viel zu klein. Die Platine ist übersichtlich, die Bauteile, so man sie überhaupt verwenden will, sind ausreichend dimensioniert und der Aufbau stellt keine besonderen Anforderungen an Mensch und Lötcolben.

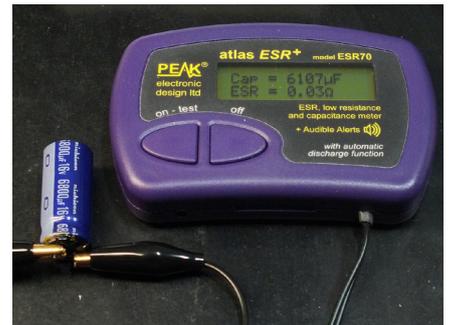


Die Bauteile sowohl von Conrad Electronic, als auch von Aliexpress sind No-name-Produkte, wie sie in industriellen Elektronikprodukten verwendet werden. Möchte man höchste Betriebssicherheit und Langlebigkeit, sollte man die Bauteile ersetzen. Ich habe einige Bausätze bestellt und deren Komponenten, so weit mir das möglich war, durchgemessen. Die gelieferten Bauteile haben alle ihre Toleranzen (siehe Elko-Messung unten), wobei die Qualität im Neuzustand nicht schlecht gewesen ist. Industrieware eben, wie man sie in Millionen Geräten findet.



Was mich an den Aliexpress-LT1083-Bausätzen gestört hat: Die blaue Kontroll-LED strahlt viel zu hell. Da gehört der Vorwiderstand geändert. Auch das Einstell-Potentiometer läuft ungleichmäßig und man tut sich bei der exakten Spannungseinstellung schwer. Die 10A10-Dioden sind Allerweltsware aber wenigstens üppig dimensioniert und reichen für den Einsatzzweck PC-Netzteil prinzipiell völlig aus.

Den LT1083 gibt es nur mehr bei Versandhändlern in Asien, wie z.B. bei Aliexpress. Ob die angebotenen LT1083-Regler Originalware von Linear Technology sind und alle Spezifikationen erfüllen, kann ich nicht sagen. Man kann auch nicht erkennen, ob die LT-1083 New-old-Stock aus irgendeinem Lager oder gar Gebrauchtware sind. Ich habe bisher aber noch keine Probleme mit China-Ware gehabt und deshalb gibt es für den Bausatz eine Kaufempfehlung.



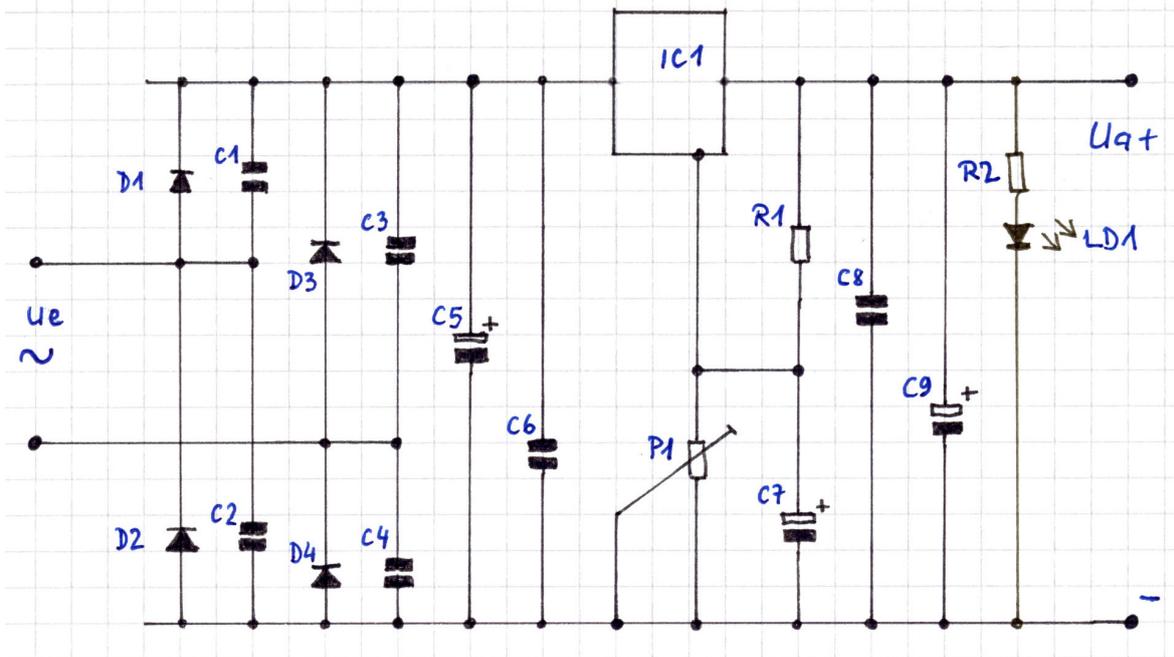
Bauteile-Test: Links ein brandneuer Elko vom China-Versand aus dem Bausatz vom Bild oben links. Der ESR ist in Ordnung und die Kapazität liegt etwa 6% vom Nennwert entfernt. Für Durchschnittsneuware akzeptabel.

In der Mitte ein brandneuer Panasonic FC. ESR und Kapazität sind so wie man das erwartet. Toleranzen sind fast nicht feststellbar und von teuren Markenprodukten darf man das auch erwarten.

Ganz rechts ein Nichicon ungefähr aus dem Jahr 1989. Er stammt aus einem Philips CD-Player und wurde für Vergleichsmessungen aufbewahrt. Der ESR geht in Ordnung, lediglich bei der Kapazität merkt man das Alter, obwohl der Elko qualitativ für Standardanwendungen noch immer entsprechen würde. So ein Ergebnis ist der Grund, warum man Markenprodukten verwenden soll.

- Bauteile kaufen: Eine gute Quelle zu nennen ist sehr schwer. Ich habe mich vor einigen Jahren entschlossen elektronische Komponenten so weit es geht über den Versandhandel zu beziehen. Will man bestimmte Produkte ist man dort besser aufgehoben. Ich kaufe momentan bei RS Components, denn dort gibt es eine breite Auswahl an Produkten zu erschwinglichen Preisen und das Online-Bestellsystem ist übersichtlich und schnell. In all den Jahren habe ich nur eine einzige Reklamation gehabt und diese wurde prompt und ohne viel Aufhebens in meinem Sinn erledigt. Der Nachteil ist, dass man bei RS nur als Firmenkunde einkaufen kann.

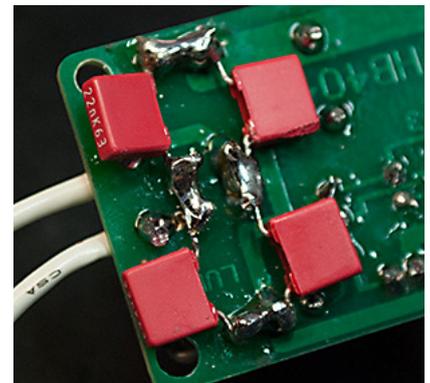
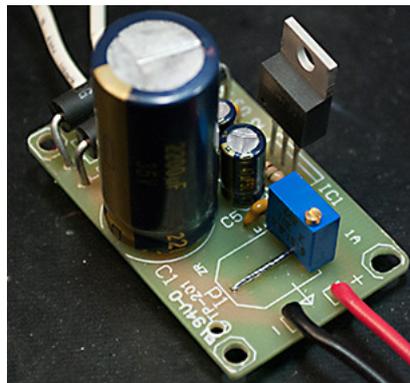
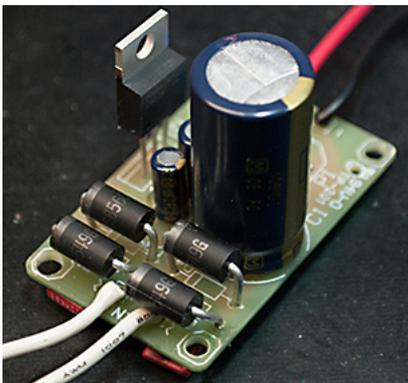
**Schaltplan und Teileliste für die Platine mit dem LM338 Spannungsregler
Leistungsbereich 3 bis 5 Ampere**



D1 bis D4	SB560 oder 80SQ045NG Schottky-Diode
C1 bis C4	22nF/63V Folien-Kondensator
C5	8800uF/25V Elektrolyt-Kondensator (besser 5 Stück 2200uF/35V = 11.000uF)
C6	100nF/35V Keramik-Kondensator
C7	10uF/35V Elektrolyt-Kondensator
C8	100nF/35V Keramik-Kondensator
C9	47uF/35V Elektrolyt-Kondensator
IC1	LM338 linearer Spannungsregler
P1	10k lin Trimpotentiometer 500mW
R1	270R Metallschichtwiderstand 1/4W
R2	560R Metallschichtwiderstand 1/4W (für 12 Volt Ausgangsspannung)
LD1	Leuchtdiode gelb

Platine Best.Nr. 115967 Spannungsregler-Platine für LM317 von Conrad Electronic

Der LM338 ist laut Datenblatt gegenüber Spannungsspitzen und Rückspannung, d.h. Ausgangsspannung > Eingangsspannung, in einem weiten Bereich eigengeschützt. Unter 25 Volt Spannung und bei nur geringen Kapazitäten am Ausgang sind Schutzdioden (siehe D5 und D6 im LT1083-Schaltplan) nicht unbedingt erforderlich.

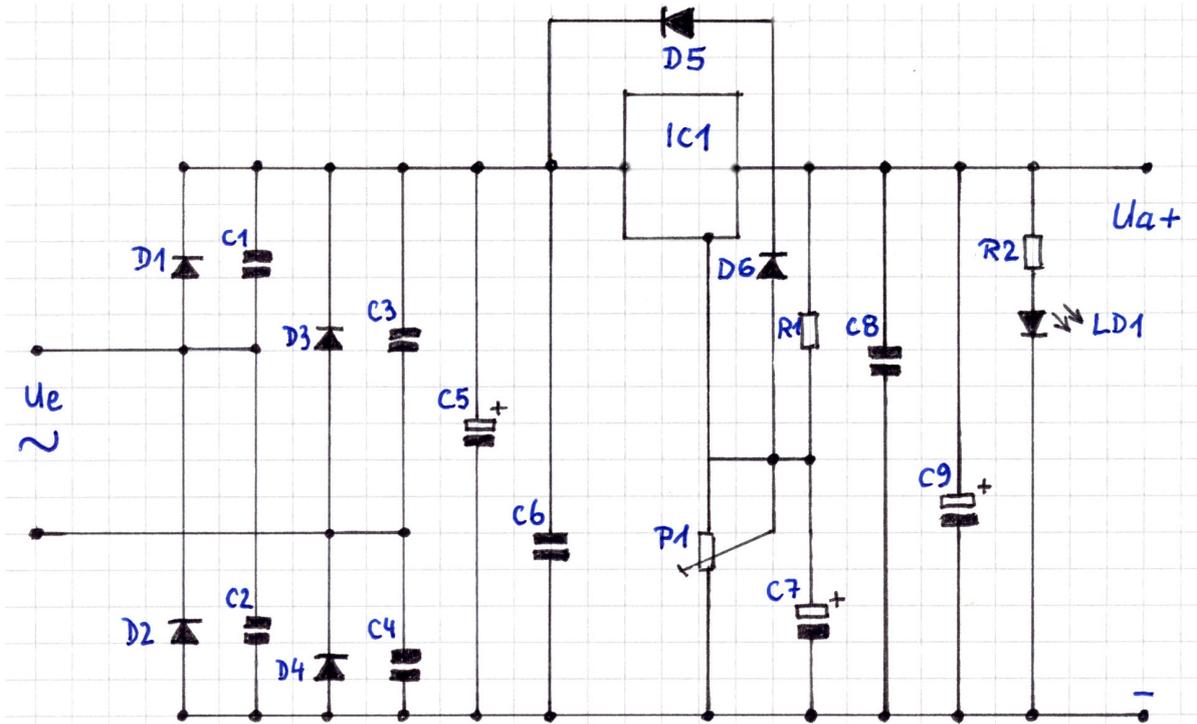


Die erste fertiggestellte Spannungsreglerplatine mit verschiedenen Modifikationen. Im Bild links sind ganz deutlich die vier SB560 Schottky-Dioden zu sehen. Ein Panasonic FC mit 2200uF befindet sich markant in der Mitte. Für Leistungstests habe ich nur einen großen Pufferkondensator montiert, der später durch eine Gesamtkapazität von 8800uF ersetzt worden ist.

Bild in der Mitte: Das mitgelieferte Potentiometer habe ich gegen einen Trimpotentiometer ersetzt. Damit kann man die Ausgangsspannung exakter einstellen. In dieser Konfiguration wurde mit einem 4,4-Ampere-Trafo (15 Volt sekundär) der LM338 mit 3,8 Ampere bei 12 Volt Ausgangsspannung getestet. Nach zehn Minuten war ein großer Aluminiumkühlkörper auf 55°C aufgeheizt. Meine Testmethode: Nexcom-PC samt einem ELO-Touchscreen-Monitor an die Spannungsregler-Platine klemmen und laufen lassen.

Rechtes Bild: Die Bypass-Kondensatoren am Brückengleichrichter habe ich auf der Lötseite angebracht. Die Folienkondensatoren sollen Trafo- und Leitungsinduktionen unterdrücken. Die SB560 Schottky-Dioden werden dadurch aber wieder langsamer. Werte zwischen 10nF und 30nF sind brauchbar, hier sind es 22nF pro Diode.

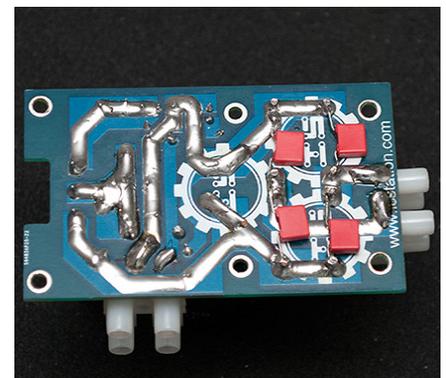
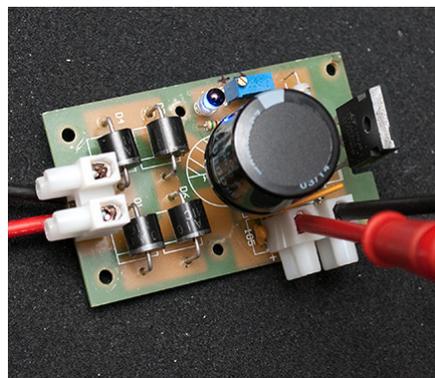
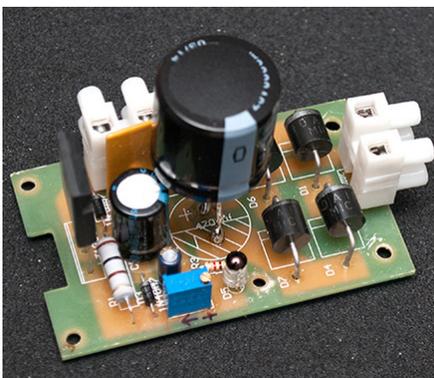
Schaltplan und Teileliste für die Platine von Aliexpress mit dem **LT1083 Spannungsregler**
Leistungsbereich größer als 3 Ampere (mit entsprechendem Transformator)



D1 bis D4	10A10 Silizium-Diode
D5 und D6	1N4007 Silizium-Diode
C1 bis C4	22nF/63V Folien-Kondensator
C5	8800uF/25V Elektrolyt-Kondensator (besser 5 Stück 2200uF/35V = 11.000uF)
C6	1uF/35V Keramik-Kondensator
C7	10uF/35V Elektrolyt-Kondensator
C8	1uF/35V Keramik-Kondensator
C9	1000uF/35V Elektrolyt-Kondensator
IC1	LT1083 linearer Spannungsregler
P1	5,1k lin Trimpotentiometer 500mW
R1	100R Metallschichtwiderstand 1/4W
R2	5,1K Metallschichtwiderstand 1/4W
LD1	Leuchtdiode blau

Platine Bei Aliexpress (<https://de.aliexpress.com>) unter *LM1083 Power Supply* suchen führt ebenfalls zum hier beschriebenen Bausatz. Best.Nr. 4322 DIY Kit LT1083 Adjustable Regulated Power Supply Module von www.icstation.com ist nicht mehr lieferbar.

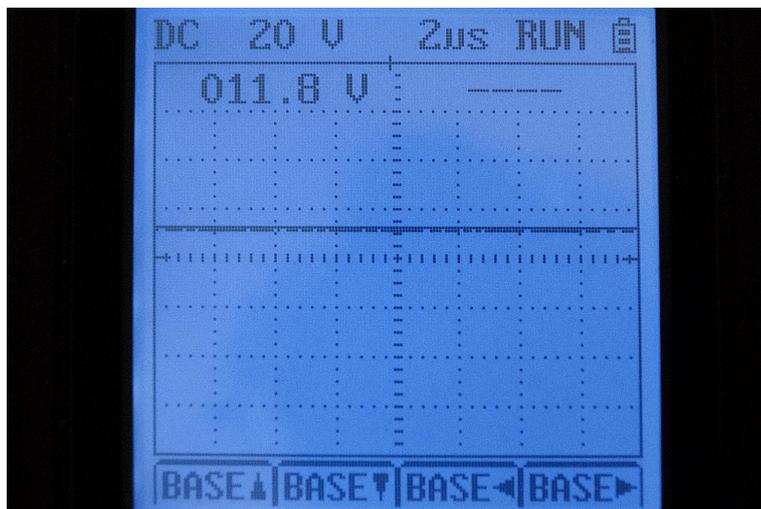
Der LT1083 wird von Linear Technology nicht mehr angeboten, ist aber bei asiatischen Versandhändlern noch immer in großen Stückzahlen zu interessanten Preisen verfügbar. Mangels Alternativen mit ähnlicher Leistung ist dieser Linearregler daher noch immer eine sehr gute Wahl.



Die erste Spannungsregler-Platine von Aliexpress nach ihrer Fertigstellung: Sie ist größer als das Pendant von Conrad Electronic und bietet von Haus aus die Möglichkeit Leiterbahnen mit Lötzinn zu verstärken. Sie enthält zwei Schutzdioden für den LT1083, was ihr aber ebenfalls fehlt sind Bypass-Folienkondensatoren im Gleichrichter. Diese Platine wurde für verschiedene Tests vorbereitet. Daher wurde der Kondensator C2 bereits auf 6800uF vergrößert und 22nF Bypass-Kondensatoren an den Gleichrichterdioden eingebaut. Die Blockklemmen sind nur ein Provisorium. Mit den 10A10-Dioden waren meine Leistungstests mit max 3,8 Ampere Leistung bei 12 Volt Ausgangsspannung vollkommen problemlos, da wurde der LT1083 nur wenig gefordert. Man könnte die Platine auch mit einem LT1084, einem LT1085 oder dem LM338 ausrüsten.

Zum Schluss kann man sich ein Bild von der Qualität des LM338-Netzteiles machen. Mein Oszilloskop ist super einfach, für diese Messung reicht es aber gerade noch. Optimal wäre eine durchgehende horizontale mehrere Pixel breite Linie. Das wäre dann Batterie-strom. Die Aussetzer in der unteren Pixelreihe deuten auf geringste Störungen in der Gleichspannung hin.

Im 2 Mikrosekunden-Bereich sieht man ein bisschen Rauschen, entweder ist die Elektronik des einfachen Oszilloskops am Limit oder die Spannung ist nicht ganz exakt eine Gleichspannung. Auch der Linearregler kann rauschen. Die Erklärung liegt wahrscheinlich irgendwo dazwischen, denn sowohl Messgerät als auch Spannung und Regler werden ihre Fehler haben. Die bewegen sich allerdings in einem Bereich, der nur mehr mit besserer Messtechnik darstellbar ist. Der Computer und in weiterer Folge die Wiedergabequalität werden dadurch sicher nicht beeinträchtigt. Das LT-1083-Netzteil verhält sich ähnlich, auch da ist die Linie am unteren Rand nicht ganz einwandfrei.

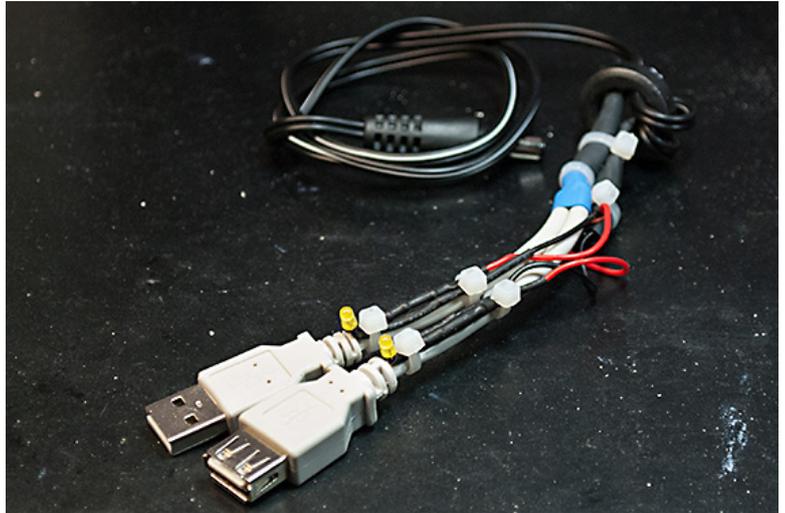


Die USB-Stromversorgung des DAC

auf eigene Beine zu stellen ist manchmal gar nicht so einfach. Natürlich habe ich auch auf diesem Gebiet einige Experimente sowie Basteleien mit verschiedenem Erfolg hinter mich gebracht. Zuerst gilt es zu unterscheiden ob es sich um einen DAC handelt, der grundsätzlich über USB mit Energie versorgt wird oder ob eine externe Stromversorgung in Form eines Netzgerätes vorgesehen oder verpflichtend ist.

Einen USB-versorgten DAC auf eine eigene Stromversorgung unabhängig vom PC umzustellen war für mich nicht zufriedenstellend machbar. Meine Idee: Man nehme ein USB-Verlängerungskabel in guter Qualität, also USB-High-Speed-tauglich und trennt die Litzen für die Stromversorgung auf. Dort speist man dann 5 Volt aus einem externen Netzteil ein.

So hat dann die Umsetzung funktioniert: Das Kabel kürzt man auf ein paar Zentimeter Länge hinter dem Stecker und der Buchse. Nachdem die USB-Schnittstelle genormte Farben für die einzelnen Leitungen hat, ist es leicht die Verbindungen festzustellen. Die grüne und die weiße Leitung verbindet man wieder und umhüllt sie mit der Abschirmfolie und dem Schirmgeflecht. Auf der Seite mit dem USB-Stecker kann man die rote und schwarze Leitung gegen Kurzschluss gesichert mit Schrumpfschlauch überziehen und stilllegen. Auf der Seite mit der USB-Buchse verbindet man die rote Leitung mit dem Plus-Anschluss und die schwarze Leitung mit dem Minus-Anschluss am Netzgerät.



Dazu habe ich einen Spannungsregler vom Typ 78S05 verwendet, auf die Schnelle eine kleine Schaltung aufgebaut und sehr schnell festgestellt, dass ich mir mit dieser einfachen Konstruktion nur Probleme eingehandelt habe. Vor allem die Erkennung angeschlossener Geräte hat überwiegend fehlgeschlagen. Damit meine Empfehlung die Finger von so einer Konstruktion zu lassen und den bereits erwähnten Hifime-High-Speed-Isolator (Art. Nr. 10000152) verwenden, aber wirklich nur, wenn man ihn überhaupt braucht.



Einen besseren Weg kann man gehen, wenn der DAC auf eine externe Stromversorgung angewiesen ist oder diese optional vorsieht. Wird ein Gleichstromnetzteil benötigt, kann man dieses gemäß der Bauanleitung für das x86-Audio-Player-Netzteil konstruieren. So haben die hier vorgestellten Schaltungen gleich einen doppelten Nutzen.

Als Beispiel für die Ausrüstung mit einem Eigenbau-Netzteil dient der links abgebildete Moodlab Dice, ein selten angebotener DAC mit USB-, optischen und koaxialen Ausgang. Er wurde vermutlich zwischen 2004 und 2006 hergestellt und enthält einen Philips TDA1543A Wandler, welcher ohne Oversampling betrieben wird. Klanglich entspricht er weitgehend der in dieser Dokumentation vorgestellten Pro-Ject DAC Box FL bzw. deren Nachfolgemodell mit einem schön entspannten analog-ähnlichen Klang, einer präzisen aber nicht übergenaue Wiedergabe und er ist, wie fast alle Geräte mit einem TDA1540 bis 1543 Wandler, nicht unbedingt der Freund der großen Bühnenstaffelung ohne jedoch zweidimensional zu klingen. Wenn man so ein Gerät einmal ergattern kann, dann liegt der Marktpreis heute (Anfang 2018) bei 120 Euro für ein gut erhaltenes Gerät.



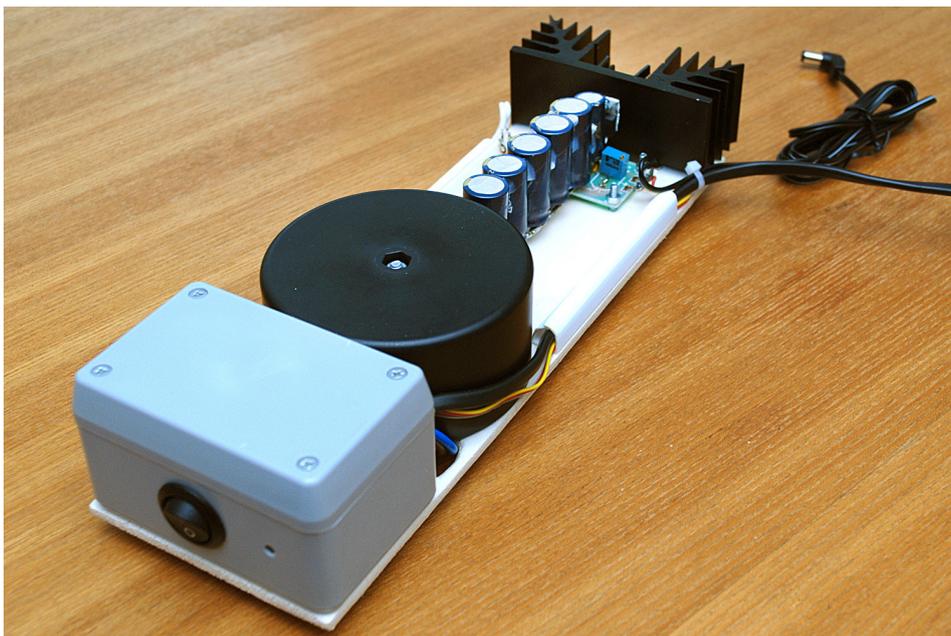
Meinen Moodlab Dice habe ich von einem guten Freund bekommen. Der hatte sich ein erstes Gerät bereits im Jahr 2005 gekauft und im Oktober 2017 dann ein zweites auf dem Gebrauchtmart erstanden. Er wollte ein alternatives Netzteil bauen und dann Vergleiche zwischen den Geräten mit den unterschiedlichen Stromversorgungen anstellen. Ich habe befunden, dass *ein* Moodlab genug für meinen Freund ist und ihm den gerade erstandenen DAC abgenommen. Ehrlich gestanden musste ich das Ding ha-

ben und habe ihm ein Angebot gemacht, welches er nicht ablehnen konnte. Am Schluss waren wir aber beide zufrieden, ich habe meine neueste Erwerbung sofort nach Hause expediert und mich an den Bau eines Netzgerätes gemacht, denn die (möglicherweise) originale Stromversorgung war ein Schaltnetzteil 12 Volt mit 1.000 mAh Leistung und höchst zweifelhafter Qualität, welche sofort ersetzt werden musste.



Der Moodlab Dice und das neu konstruierte lineare Netzteil. Der DAC ist 11cm breit und 4,5cm hoch, das Netzteil orientiert sich im Groben an diesen Abmessungen, ist aber deutlich tiefer (etwa 30cm mit Kühlkörper).

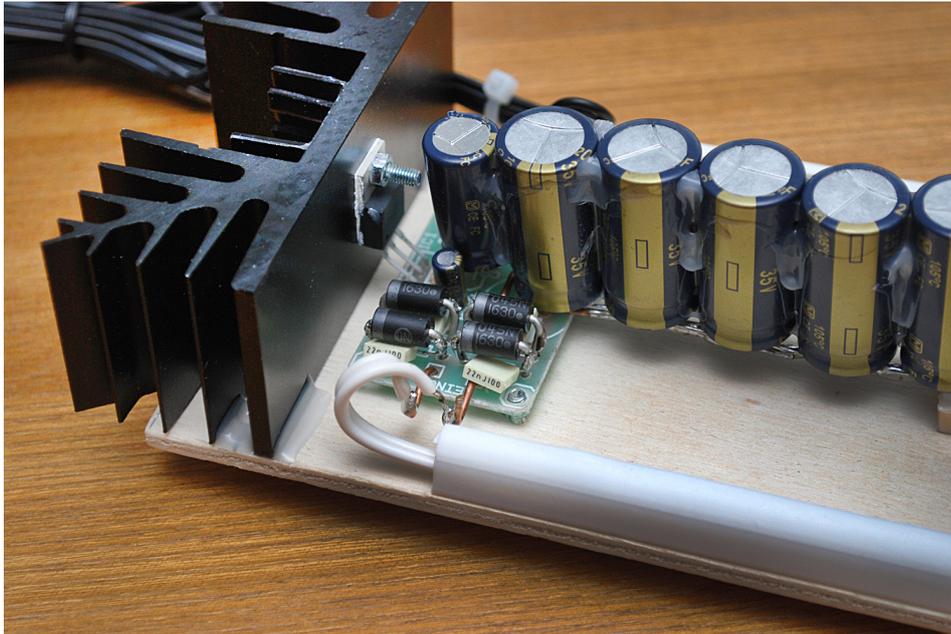
Das Netzteil entspricht ganz exakt dem Schaltplan für den LM388 Linearregler und wurde auf der Platine des Conrad-Bausatzes 115967 aufgebaut. An Bauteilen wurde auf den bewährten Mix zurückgegriffen: Spannungsregler LM338 von Texas Instruments, Elektrolytkondensatoren Panasonic FC, 22nF-MKTs von Kemet und der 10k-Trimmer von Bourns. Im Gleichrichter habe ich dieses Mal Schottky-Dioden 80SQ045NG von ON Semiconductor eingebaut. Meine Vorräte an 11DQ10 sind begrenzt und langfristig werden die 80SQ045NG der adäquate oder sogar bessere Ersatz. Nicht zu vergessen der gekapselte Ringkerntransformator Nr. 123-4020 von RS Components (ein Nuvotem Talema Produkt) mit 2x15Volt und 50 Watt Leistung.



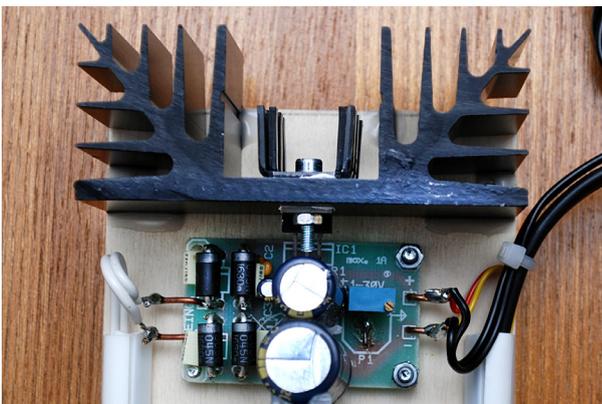
Beim Betrieb des Moodlab Dice wird das Netzteil kaum gefordert. Der schwarze Kühlkörper erwärmt sich kaum. Sollte in der Zukunft ein Gerät mit höherer Leistung angeschlossen werden, könnte man den Kühlkörper deutlich vergrößern. Auf der Grundplatte ist links und rechts neben den großen Kondensatoren reichlich Platz für ein zukünftiges Upgrade.

Das Netzteil ist auf einer einfachen Grundplatte aufgebaut. Im grauen Gehäuse befinden sich alle Verbindungen der Primär- und Sekundärseite sowie eine Schmelzsicherung. Alle Verbindungen und Anschlüsse sind berührungssicher ausgeführt. Die Kapazität von 11.000uF werden DAC oder netzseitige Spannungsschwankungen niemals ausreizen können und auch die Schottkydioden werden niemals an Leistungsgrenzen stoßen. Der Kühlkörper ist für den Moodlab Dice großzügig dimensioniert und erwärmt sich nur unmerklich. Generell ist das Netzteil für den Betrieb mit diesem DAC eigentlich völlig überdimensioniert und könnte, nach Vergrößerung des Kühlkörpers, sogar einen sparsamen Mini-PC in einem x86-Audio-Player antreiben. Nach den ersten Betriebsstunden gibt es an diesem Netzteil nichts auszusetzen. Klanglich ist der Moodlab Dice gewachsen.

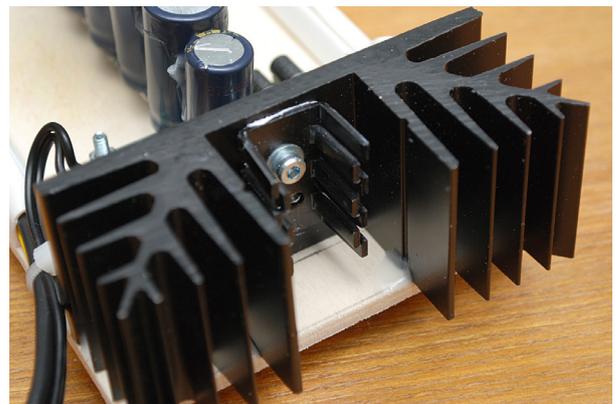
Die Konstrukteure haben den TDA1543A wirklich gut abgestimmt und mit dem verbesserten Netzteil klingt der Moodlab Dice sogar noch etwas besser. Instrumente und Stimmen sind besser ortbar und haben mehr Details als mit dem billigen Schaltnetzteil. Die Basswiedergabe ist sauberer und der DAC klingt insgesamt entspannter als vorher. Das doch schon etwas betagte Konzept hat gegenüber moderneren DACs aufgeholt und das lohnt den Aufwand mit dem linearen Netzteil.



Die kleine Platine 115967 von Conrad Electronic gehört überlegt bestückt, dann klappt es auch bei diesem Netzteil. Vor allem die großen Panasonic FC sind bei der Bestückung eine Herausforderung.



Der DAC benötigt nur wenig Strom, daher reichen auch kleine Kabelquerschnitte. Ich habe das Netzgerät bewusst einfach aufgebaut und die Kabel direkt an die Platine angelötet.



Das Wärmemanagement ist bei diesem Netzteil nicht besonders anspruchsvoll. Den Linearregler direkt auf einen soliden Aluminiumkühlkörper schrauben, die Wärmepaste nicht vergessen und schon ist alles im grünen Bereich.

Das Gehäuse

Die technischen Komponenten sind nur eine Seite des Projektes. Ist man an jenem Punkt angekommen, an dem man den Lötcolben zur Seite legt und der Aufbau des x86-Audio-Player so weit fortgeschritten ist, dass man damit auch Musik hören kann, stellt sich die Frage nach einer für das Wohnzimmer tauglichen Unterbringung. Nur - wie soll ein solches Gehäuse aussehen und wie kann man es selber anfertigen?

Meine x86-Audio-Player sind Einzelstücke und damit verbunden ist auch die Konstruktion eines passenden Gehäuses eine den persönlichen Möglichkeiten entsprechende Angelegenheit, die auch preislich im erschwinglichen Rahmen bleiben sollte. Von meinen drei ursprünglich gefertigten Geräten haben nur zwei ein Gehäuse. Der Winyl-Player steht auf seiner Grundplatte und weil ich das Bedienkonzept nicht mag, werde ich das schwierig zu gestaltende Pult-Gehäuse wohl nie in Angriff nehmen. Die zwei Daphile-Player wurden in simplen schachtelförmigen Sperrholzgehäusen untergebracht, die im Lauf der Zeit schon einige Umbauten und Anpassungen aushalten mussten. Erst für den ursprünglich nicht geplanten vierten x86-Audio-Player habe ich ein „endgültiges“ Gehäuse entworfen und gebaut.

Die Form sollte sich nach den eigenen handwerklichen Fähigkeiten richten und man sollte Material wählen, welches man gut bearbeiten kann. Ich bin kein Tischlermeister, weshalb ich Sperrholz als einfach zu handhabendes Material gewählt habe, welches ich exakt und mit bereits vorhandenen Werkzeugen verarbeiten kann. Bei einem simplen Quader kann man zwar nicht von Design sprechen, als unauffälliges Holzgehäuse erfüllt er aber seinen Zweck. Deshalb auch mein „Schuhschachtel-Design“. Ein weiterer Vorteil dieser schlichten Designlinie ist, dass man die benötigten Platten im Baumarkt auf den Millimeter genau zuschneiden lassen kann. Das ist beim Gehäusebau schon ein guter Teil zum erfolgreichen Gelingen. Was man neben den Sperrholzplatten noch braucht ist Ponal Express, ein schnell trocknender Holzleim, ein paar Leisten, einige Schrauben, die eine oder andere Idee und viel Geduld.

Die erste Gehäuse-Generation

Meine ersten beiden Sperrholzgehäuse waren nach oben offene Konstruktionen. Alle Komponenten sind gut erreichbar und Veränderungen an der Technik können leicht durchgeführt werden. Die 4mm starken Buchsperrholzplatten haben sich im Lauf der Zeit als zu schwach dimensioniert herausgestellt. Die Seitenwände biegen sich leicht durch und die Bodenplatte wurde mit Holzleisten verstärkt. Trotzdem erfüllen sie nach wie vor ihren Zweck, auch wenn sie nicht besonders schön sind.



Das erste Gehäuse mit den ersten Einbauten. Der Netzanschluss ist noch sehr einfach und für den Testbetrieb hatte ich ein Schaltnetzteil mit 15 Volt und 2 Ampere Leistung eingebaut. Wie man sieht war auch ein VGA-Monitor und eine Maus angeschlossen. In dieser Konfiguration habe ich neben Winyl und Daphile auch Tests mit ein paar anderen Audio-Playern durchgeführt.



Den hiFace DAC hatte ich mit Klettverschluss an der Rückseite befestigt. Eine schlechte Lösung, die mittlerweile verbessert wurde. Das Netzwerkkabel war direkt an den Nexcom-PC angeschlossen und konnte bei geschlossenem Gehäuse nicht entfernt werden. Der Netzanschluss war nur bedingt berührungsgeschützt. Für den Testbetrieb war dieser Aufbau ausreichend.



Der Audio-Player in seinem finalen Aufbau. Die Verkabelung ist fertiggestellt und notwendiger Berührungsschutz für Netzspannung ausgeführt.



Das Netzkabel wird über eine Kupplung geführt und kann jetzt auch bei geschlossenem Deckel entfernt werden. Der hiFace DAC ist an seinem passenden Platz, weit weg vom Netzteil. Auf dem Bild ist noch der Hifime High-Speed-Isolator angeschlossen, der wegen Inkompatibilitäten zwischenzeitlich demontiert wurde. Auf der Rückseite ist ein USB-Ladeanschluß für ein Tablet oder Smartphone hinzugekommen.



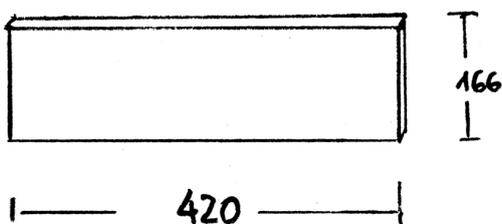
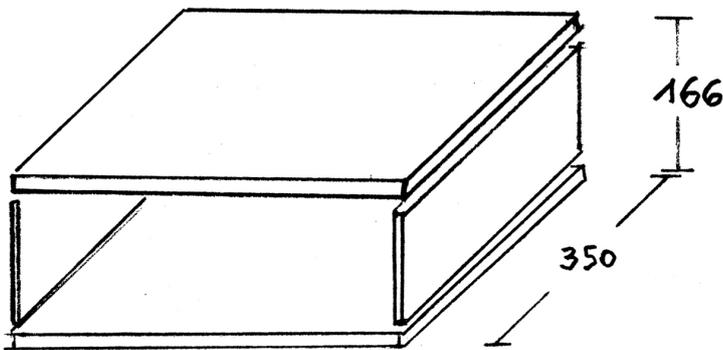
Auf der Unterseite befinden sich zwei Lüftungsöffnungen und zwei Holzleisten, die als Gerätefüße dienen. Auf ihnen wurden jeweils zwei Gummipads angeklebt, die als Schwingungsabsorber wirken und empfindliche Oberflächen gegen Kratzer schützen.



Der Gehäusedeckel wurde mit einem großflächigen Lüftungsgitter versehen um den Wärmehaushalt auf optimalem Niveau zu halten. Bis auf die fehlende Oberflächenbeschichtung ist das Gerät schon wohnzimmertauglich. In diesem Zustand steht das Gerät in meinem Büro und kommt dort gelegentlich zum Einsatz.

Das endgültige x86-Audio-Player-Gehäuse

Meine Frau muss meine Basteleien und Projekte schon seit Jahrzehnten aushalten und hat deshalb befunden, dass einer meiner x86-Audio-Player erst im Wohnzimmer aufgestellt werden kann, wenn die „Gehäuse-Frage“ einer finalen Lösung zugeführt worden ist. Schließlich ist das Wohnzimmer kein Bastelkammerl. Dagegen ist wohl schwer ein Argument zu finden und ich habe beschlossen sofort all meine Zeit und Energie in ein würdiges Sperrholzgehäuse zu stecken. Zuerst sollte der vorhandene Daphile-Player mit dem Nexcom VTC6200 in das neue Gehäuse übersiedelt werden, ich bin aber extrem günstig zu einem Nexcom NICE3100 gekommen und daraus ist dann ein vierter komplett neuer x86-Audio-Player entstanden. Die Handskizze unten zeigt die Abmessungen, nach denen mein Gehäuse gebaut worden ist.



BUCHENSPIERRHOLZ 8mm

	mm	
PLATTE OBEI	420 x 350	1x
PLATTE UNTEN	420 x 350	1x
SEITE LINKS	150 x 350	1x
SEITE RECHTS	150 x 350	1x
FRONTPLATTE	420 x 166	1x
SCHUBLADE	402 x 330	1x



Der Aufbau besteht aus einem schubladenförmigen Einschub, auf den die Komponenten des x86-Audio-Player montiert werden und einem Außengehäuse. Auf eine durchgehende Rückwand habe ich aus thermischen Gründen verzichtet. Die Abmessungen orientieren sich an üblichen Hifi-Geräten, wobei ich eine Breite von 42cm oder 16,5 Zoll gewählt habe, weil das zu meinen vorhandenen Geräten am besten passt. Das Material ist 8mm starkes Buchensperrholz, welches ich mir im Hornbach-Baumarkt zuschneiden habe lassen. Die Einzelteile habe ich mit Ponal-Express Holzleim verklebt. Bei einem Gehäuse dieser Größe ist allein durch das Verleimen eine ausreichende Stabilität gewährleistet.

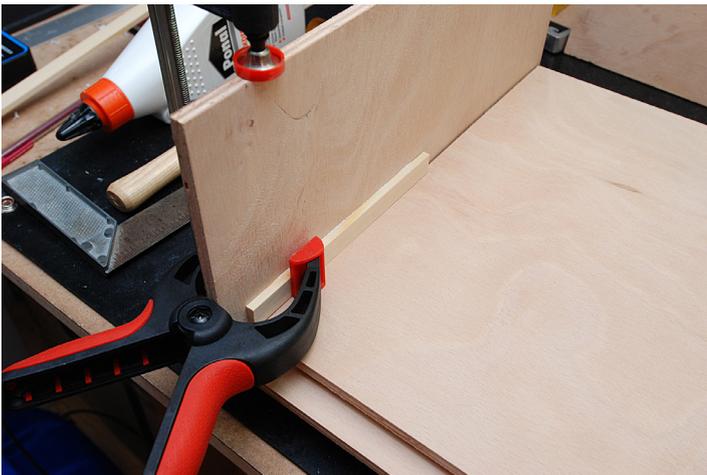
Materialliste

Buchensperrholz 8mm	420x350mm	2 Stück	Außengehäuse oben und unten
Buchensperrholz 8mm	150x350mm	2 Stück	Außengehäuse links und rechts
Buchensperrholz 8mm	420x166mm	1 Stück	Frontplatte
Buchensperrholz 8mm	402x330mm	1 Stück	Grundplatte Schubladenelement
Leiste	15x5mm	2 Stück	zu je 2 Meter
Schrauben	2x10	1 Packung	zu 100 Stück
Ponal Express Leim	120 Gramm	1 Flasche	
Metallwinkel	3cm Seiten	2 Stück	zur Verstärkung der Frontplatte



Der Holzzuschnitt in meinem Hornbach-Markt ist wirklich auf den Millimeter genau, was bei diesem Projekt von unschätzbarem Vorteil ist. Hat man die Holzplatten und alle anderen Teile von der Materialliste zu Hause, kann man sofort loslegen.

Wichtig ist dabei auf absolute Genauigkeit zu achten und die Toleranzen der eigenen Arbeit auf nahezu null zu reduzieren. Buchensperrholz kann geringfügig uneben oder gewellt sein. Das ist bei Sperrholz eine Materialeigenschaft. Kommen dann noch Ungenauigkeiten bei der Fertigung dazu ist das Gehäuse am Ende nicht schön und nicht gut brauchbar.



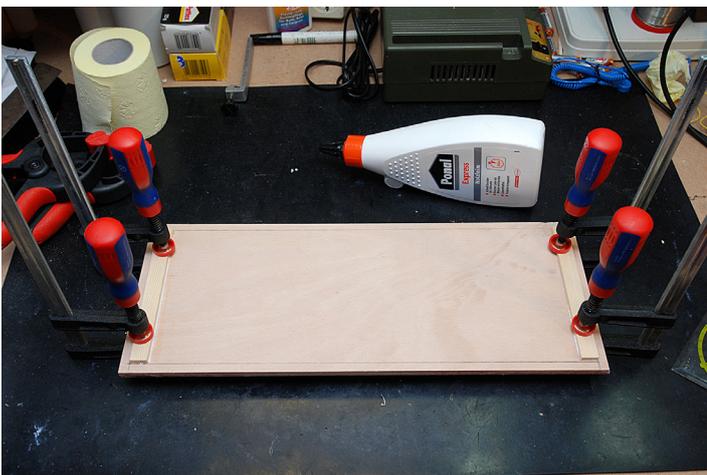
Jede Klebestelle mit Ponal Express braucht etwa 5 Minuten bis sie so weit getrocknet ist, dass sich nichts mehr verschiebt oder löst. Die Endfestigkeit wird erst nach (vierundzwanzig) Stunden erreicht.

Bild ganz oben: Man verleimt zuerst die beiden Seitenwände mit der Grundplatte. Ich mache das schrittweise und lasse die erste Seite eine Weile in Ruhe, leime dann die zweite Seite und lasse das Ganze wieder eine Weile in Ruhe, gemäß dem Motto: Der Gehäusebau braucht eben seine Zeit. Ganz wichtig ist bei diesem Schritt auf rechte Winkel zu achten.



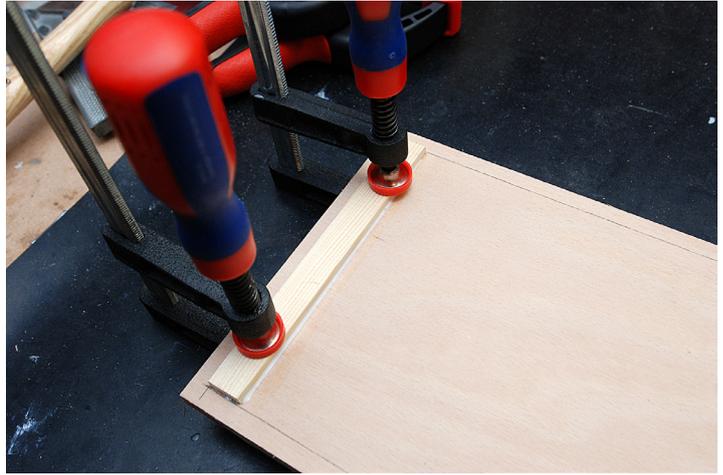
Als nächstes werden die beiden unteren Gleitschienen für das Schubladenelement verleimt (ebenfalls Bild ganz oben). Sie bestehen aus einer Holzleiste 15x5mm. Die Länge richtet sich nach den aktuellen Erfordernissen. Bei meinem Gehäuse habe ich vorne etwa 10mm und hinten etwa 8mm frei gelassen. Sind die beiden Laufschienen fest, wird die Schubladen-Grundplatte eingelegt und die oberen Gleitschienen angeleimt (Bilder links). Die Grundplatte sollte nicht zu schwergängig in den Führungen laufen. Die oberen Gleitschienen habe ich von vorne bis etwas über die halbe Gehäusetiefe laufen lassen. Das ist für eine stabile Führung der Schubladeneinheit völlig ausreichend.

Vor der Fertigstellung des Außengehäuses wird das Schubladenelement komplettiert. Es wird zur Prüfung der Passgenauigkeit am Außengehäuse benötigt. Die Frontplatte deckt vorne das Außengehäuse komplett ab. Bild ganz unten: Zwei Führungsleisten aus Holz sollen gewährleisten, dass die Schubladeneinheit mit der Frontplatte ganz genau in das Außengehäuse einrastet. Die Führungsleisten müssen ganz exakt die Innenhöhe des Außengehäuses haben und müssen zu den Rändern ganz exakt positioniert sein.

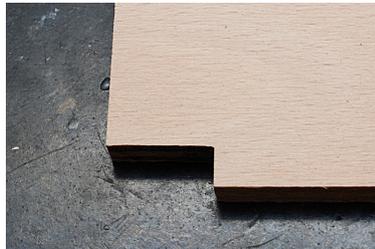


Ich habe die beiden Führungsleisten zuerst verleimt und anschließend mit jeweils drei Schrauben zusätzlich stabilisiert. Dieser Arbeitsschritt entscheidet, ob später die Frontplatte exakt im Gehäuse sitzt oder ob sich die Schubladeneinheit die letzten paar Millimeter schlecht oder gar nicht in das Außengehäuse einschieben lässt (ebenfalls Bild ganz unten).

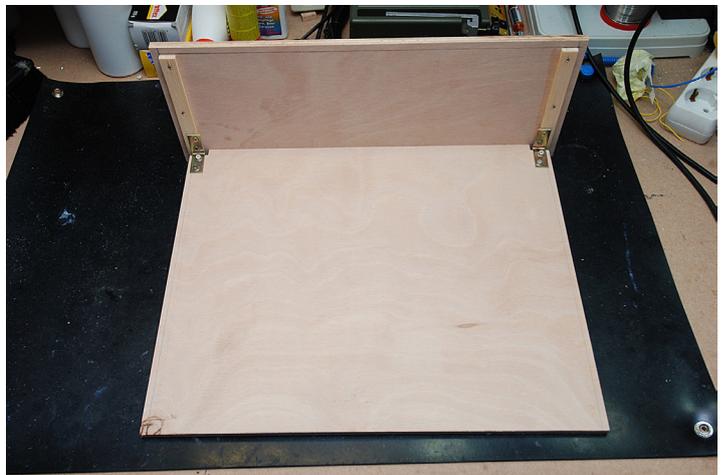
Auf dem Bild rechts sieht man nochmals wie exakt die Führungsleisten positioniert werden müssen. Sie sollen auch so fest als möglich verklebt werden. Besser etwas zu viel Leim als zu wenig. Überschüssigen Leim kann man mit Wasser und Wattestäbchen entfernen, wenn die Führungsleisten mit Zwingen endgültig fixiert sind. Auch bei diesem Arbeitsschritt sollte man sich viel Zeit lassen.



An der Grundplatte der Schubladeneinheit werden zwei Ausschnitte angebracht, damit sie an die Frontplatte samt den angeleimten Führungsleisten passt. Eine einfache Puksäge ist dafür ausreichend. Wichtig ist aber auch hier genaues Arbeiten.

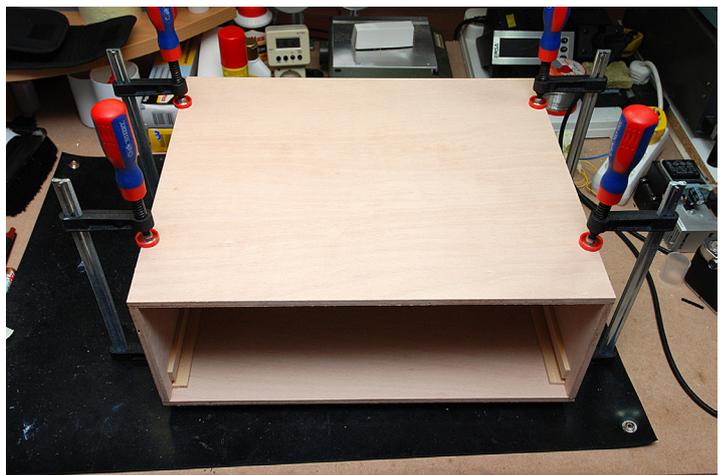


Die Frontplatte und die Grundplatte der Schubladeneinheit werden im rechten Winkel zusammen geleimt. Das ist schwieriger als es aussieht, aber mit Geduld machbar. Die in der Materialliste als Option genannten Metallwinkel wurden ursprünglich nur als Unterstützung während des Zusammenbaus montiert (u.a. der Grund für die schief eingedrehten Schrauben), ich habe sie letztlich aber belassen, weil sie eine zusätzliche Stabilisierung der Konstruktion sind.



Die obere Platte komplettiert das Außengehäuse. Auch bei diesem Arbeitsschritt ist auf rechte Winkel zu achten. Man kann sich Sperrholzstücke zurecht sägen, die als Winkellehre dienen und während der Leim trocknet das Außengehäuse in Form und im rechten Winkel halten. Bei mir hat das sehr gut funktioniert.

Übrigens sind qualitativ hochwertige Zwingen in ausreichender Anzahl eine große Hilfe beim Gehäusebau. Wie bei jedem Werkzeug ist auch bei Zwingen die Anschaffung von Qualitätsprodukten eine langfristige Investition, die sich in Form von Arbeitserleichterung rentiert.



Nach einer Ruhezeit von 24 Stunden können die Zwingen abgenommen und die Winkellehren entfernt werden. Mit einem Geodreieck kann man die Winkel am Außengehäuse kontrollieren und sich hoffentlich über nicht vorhandene Toleranzen freuen.



Auch die Gleitschienen müssen bereits fertig und funktionsfähig sein...



... wenn das Schubladenelement das erste Mal in das Außengehäuse eingesetzt wird. Es sollte sich leicht einschieben lassen und mit mäßigem Druck bündig in das Außengehäuse einrasten. Ich habe bemerkt, dass nach ein paar Tagen das Einrasten etwas leichtgängiger wird, weil sich Außengehäuse und Schubladenelement aneinander angleichen. Meinem Gehäuse habe ich nach Fertigstellung eine Woche Ruhezeit gegönnt (weil ich beruflich so viel zu tun hatte).



Das Bild rechts zeigt das Gehäuse von seiner Rückseite. Da eine Rückwand fehlt sieht man auf das eingelegte Schubladenelement: Platz ist jedenfalls genug und es passen auch größere Computer, wie z.B. ein Nexcom NICE oder NISE samt Netzteil und großem Kühlkörper problemlos hinein. Eventuell kann sogar ein kleiner Kopfhörerverstärker zusätzlich im Gehäuse untergebracht werden.





Im Bild links steht das Gehäuse am Kopf. Zwei Lüftungslöcher unterhalb des Computers sollen die Luftzirkulation verbessern. Sie gehören am Außengehäuse so angebracht, dass sie mit den Löchern in der Schublade genau übereinstimmen, sonst sind sie ziemlich sinnlos.

Die Gehäusefüße stammen aus einem alten ausgeschlachteten PC-Gehäuse und erfüllen ihren Zweck. Nachdem man sich um Gehäuseresonanzen bei diesem Abspielgerät keine Sorgen zu machen braucht, ist Hartplastik als Material akzeptabel.

Das Gehäuse ist damit im Rohzustand fertig und man kann sich um die technische Ausrüstung Gedanken machen oder noch besser sollten alle Komponenten schon vorhanden und getestet sein. Die Anordnung innerhalb des Gehäuses gehört gut überlegt. Wenn man von vorne auf das Gehäuse schaut ist bei meinem x86-Audio-Player das Netzteil immer auf der rechten Seite, in der Mitte befinden sich Anschlüsse und die Verkabelung und die linke Seite ist für den Computer reserviert. Diese Aufteilung hat den Vorteil, dass die beiden Wärmequellen Kühlkörper und Computer weit voneinander entfernt positioniert sind.



Die Bilder zeigen die bereits voll bestückte Schublade, die ins Chassis eingeschoben wird, die einzelnen Einbauschritte sind leicht nachzuvollziehen und aus diesem Grund erspare ich sie mir. Beim Einbau der Komponenten achte ich darauf, dass jede einzelne wieder leicht auszubauen ist. Schließlich kann es vorkommen, dass man das Netzteil modifizieren und vielleicht einmal den Computer oder USB-DAC austauschen möchte. Der Nexcom NICE3100 ist mit zwei Schrauben befestigt und das Netzteil mit vier Schrauben. Die Signal-LEDs und alle Schalter werden gesteckt und mit Klebstoff gesichert. Sie können mit sanfter Gewalt aus dem Gehäuse gedrückt werden, wenn das einmal erforderlich sein sollte.

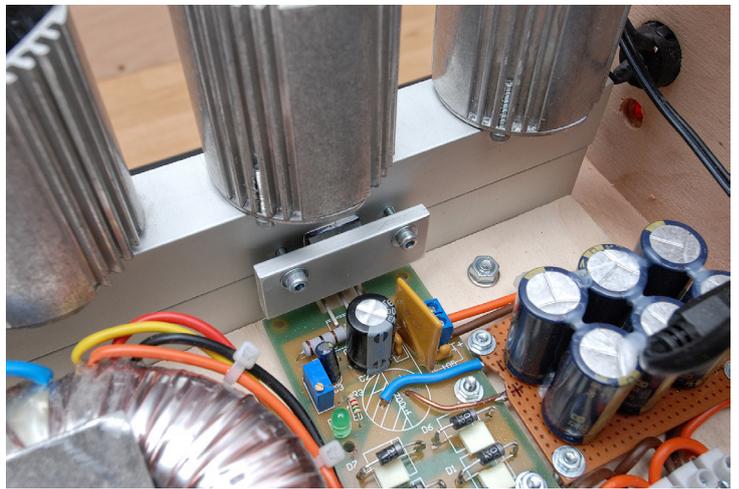


Bild links: Alle Teile die 230-Volt-Netzspannung führen sind in einem Plastikgehäuse untergebracht. Damit ist sichergestellt, dass man nicht unabsichtlich mit gefährlicher Netzspannung in Berührung kommt, wenn man am x86-Audio-Player herumschraubt. Der Netzschalter ist eine Kombieinheit bestehend aus Kaltgerätestecker, Netzfilter, Sicherung und Hauptschalter. Das Gehäuse ist übrigens eine Abzweigdose 100x100mm Artikelnummer 4062709 aus dem Hornbach Baumarkt.



Der Netzteil-Kühlkörper besteht aus Aluminiumprofilen mit vier aufgesetzten Aluminiumbechern, die ich aus defekten und zum Recycling vorgesehenen HMI-Scheinwerfern entnommen habe. Die Aluminiumbecher haben eine große Oberfläche, sind relativ schwer und verbessern die Leistung des Kühlkörpers erheblich. Ein in der Entwurfsphase angedachtes Lüftungsgitter auf der Gehäuseoberseite kann dadurch entfallen, die offene Rückseite reicht zur Belüftung aus.

Den LT1083-Linearregler habe ich nicht direkt mit den Kühlkörper verschraubt, vielmehr drückt ihn ein massives Stück Aluminium gegen die Aluminiumprofile. Vorteil dieser Konstruktion ist der gleichmäßige über die Fläche des Linearreglers verteilte Druck und die Möglichkeit das Drehmoment beim Festziehen der Schrauben besser einzustellen. Der LT1083 kann mit dieser Konstruktion auch nach vorne besser Wärme abstrahlen. Das funktioniert bei mir ausgezeichnet und nach über drei Stunden Betrieb im Gehäuse erreicht der Kühlkörper in der Mitte 48°C und an den Rändern 42°C, der Linearregler wird nicht wärmer als 50°C.



Der Nexcom NICE3100 hat einen PCI-Slot, den ich mit einer USB-2.0-Schnittstellenkarte bestückt habe. Davon erwarte ich mir eine optimierte Tonqualität, weil die Schnittstellenkarte eine eigene Clock integriert hat, die den Datentransport besser als eine Mainboard-USB-Schnittstelle handhaben sollte. Der hiFac DAC wurde auf einem kleinen Holzstück montiert und ist damit weitgehend gegen zu hohe mechanische Belastung abgesichert. Der NICE3100 bootet von einer CompactFlash-Karte und bezieht Audiodaten über eine interne 2,5-Zoll-Festplatte mit 1TB Kapazität oder über das Netzwerk von meinem Server.



Der x86-Audio-Player mit dem finalen Gehäuse nach seiner Fertigstellung aber vor der Oberflächenbeschichtung. Die offene Rückseite ermöglicht eine ausreichende Konvektion ohne zusätzliches Lüftungsgitter. Unten in der Mitte ist die Befestigung der Schublade zu sehen. Sie besteht aus zwei Holzstaffeln, die am Außengehäuse und an der Schublade mit einem Abstand von fünf Millimeter zueinander montiert sind. Mit zwei Schrauben M6x60 und Muttern M6 kann man die Schublade so präzise fixieren, dass sie nicht aus dem Gehäuse rutschen kann und dass sich an der Frontseite keine Spalten bilden bzw. die Schublade verrutschen oder wackeln kann.



So sieht der vierte x86-Audio-Player in meiner Abhöre aus. Das relativ große und voluminöse Gehäuse verschwindet im Rack und man sieht dem Gerät auch sein Gewicht von elf Kilogramm nicht mehr an. Im Bild mein SPL 2Control, der Moodlab Dice und der Philips CD880. Diese Zusammenstellung höre ich mit dem Beyerdynamic DT880 ab und bin sehr zufrieden damit.



Als letzter Arbeitsschritt steht die Oberflächenbehandlung des Holzgehäuses auf dem Programm. Ohne Schutz patiniert die Sperrholzplatte. Sie wird dunkler und leider sehr schnell fleckig. Also braucht man einen Oberflächenschutz. Man könnte das Gehäuse lackieren lassen, was aber Geld kostet und nicht DIY ist. Man kann die Lackierung aber auch selber machen und das ist gar nicht so schwierig. Dazu benötigt man ein elektrisches Schleifgerät, eine Menge Schleifpapier mit Körnung 180 und 220 oder 240 sowie einen feinen Pinsel bzw. eine Schaumgummirolle, eine Dose Aqua Combi Clou Lack Lasur, viel Zeit und eine Menge Geduld.



Aus dem Gehäuse werden Schalter und Leuchtdioden eingebaut und alle Öffnungen so gut es geht staubdicht verschlossen.

Ein x86-Audio-Player wird nur in Innenräumen eingesetzt und kommt niemals mit viel Feuchtigkeit oder Wasser in Berührung. Daher braucht man keinen Decklack, der alles zukleistert, sondern findet mit einer nicht satt deckenden Lasur das Auslangen. Ich verwende Aqua Combi-Clou Lack-Lasur. Diese Lasur ist leicht zu verarbeiten, man erhält eine seidenmatte Oberfläche und vor allem ist sie ungiftig, weil sie sogar als Oberflächenveredelung für Kinderspielzeug zugelassen ist.



Das gute Aussehen erreicht man, indem man den fertig zusammengebauten x86-Audio-Player behandelt. Die Frontplatte und das Außengehäuse sollten überall bündig abschließen. Tun sie das nicht, ist die Schleifmaschine gefragt, mit der man so lange Material weg nimmt, bis alle Kanten bündig sind. Schlampige Fertigung bedeutet jetzt mühevoll schleifen und viel Zeitaufwand. Grobe Schleifarbeiten erfordern Körnung 180, denn damit kann man Material besser abtragen. Zur Glättung von Oberflächen nimmt man Körnung 220 oder 240. Damit kann man nur wenig Material abtragen, die Oberfläche wird aber schön glatt.



Schleifarbeiten bedeuten feinen Staub. Am besten man erledigt das im Freien oder nimmt einen Staubsauger als improvisierte Absauganlage, wenn man in einem Innenraum arbeiten muss. Man schleift so lange, bis es keine Mängel am Außengehäuse und der Frontplatte gibt. Zeit lassen und Geduld ist in dieser Phase sehr wichtig. Ist man mit dem Ergebnis zufrieden, wischt man das Gehäuse mit einem feuchten Tuch ab und entfernt den Schleifstaub. Dann trocknen lassen.

Dann werden die Oberflächen angeschliffen, danach mit einem feuchten Tuch vom Schleifstaub gereinigt und nach der Trocknung mit einer ersten Schicht Aqua Clou Lack-Lasur überzogen.

Die Aqua Combi-Clou Lack-Lasur wird mit einer Schaumgummirolle in Richtung der Holzstruktur aufgetragen. Beim ersten Durchgang sparsam aber gleichmäßig auftragen. Danach einen Tag warten, die getrocknete Lasur mit Schleifpapier 220 oder 240 anschleifen, mit einem nassen Tuch abwischen, trocknen lassen und eine neue Lasurschicht aufbringen. In dieser Art kann man drei oder vier Schichten auftragen. Je mehr feine Schichten, desto schöner ist am Ende die Oberfläche.



Dieses Gehäuse ist eine Anregung, weil es einfach im Design, einfach im Aufbau und günstig bei den Materialkosten ist. Fast jeder DIYer kann eines bauen und genau deshalb wird es hier vorgestellt. Form follows function.



Die Aqua Combi-Clou Lack-Lasur ist wie schon erwähnt unbedenklich bei der Verwendung in Innenräumen und sogar für Kinderspielzeug zugelassen. Gesundheitsbedenken braucht man bei einem durchgetrockneten Anstrich demnach nicht zu haben. Das ist für mich ein ganz entscheidender Punkt bei der Oberflächenbeschichtung.



Buchensperrholz mag vielleicht nicht das Non-Plus-Ultra an Holzmaserung haben, die Struktur ist aber schöner als eine lackierte Fläche oder ein Kunststoffgehäuse. Mein persönlicher Farbton ist in diesem Fall Palisander, weil die dunkle Farbe und der Seidenglanz das Sperrholz sehr edel aussehen lässt. Das Bild links zeigt das Gehäuse mit dem ersten Anstrich. Das Holz nimmt die Farbe nicht überall gleich an, deshalb ist die Deckung ungleichmäßig und man benötigt mehrere Farbschichten. Durch die Schaumgummirolle bekommt die Lasur eine feine Struktur, die gut aussieht. Auf der Vorderseite sieht man wie dunkel der Farbton Palisander ist, da entspricht das Foto in etwa der Wirklichkeit. Das Bild unten zeigt die verfügbaren Farben für die Aqua Combi-Clou Lack-Lasur, da sollte für jeden Geschmack eine Farbe dabei sein.



Die angezeigten Farbtöne sind nicht farbverbindlich.

Das Bild links zeigt das Gehäuse nach vier Farbschichten. Ich habe das Bild aufgehellt, damit man sehen kann, dass die Holzstruktur noch durchscheint. Die erste Schicht Lasur habe ich angeschliffen, die restlichen Lasur-Schichten wurden ohne Schleifarbeiten aufgebracht. Die Oberfläche ist seidenglatt, greift sich sehr gut an und ist in völlig durchgetrocknetem Zustand so widerstandsfähig, dass man andere Geräte darauf abstellen kann.

In natura sieht das Gehäuse bei Raumbeleuchtung etwa so aus. Ein ganz dunkles in Richtung Schwarz tendierendes Braun, bei dem je nach Lichteinfall noch die Holzstruktur erkennbar ist. Wie schon erwähnt wollte ich eine etwas ausgefallene Farbe und da kommt Aqua Combi-Clou im Farbton Palisander meinen Vorstellungen sehr gut entgegen.

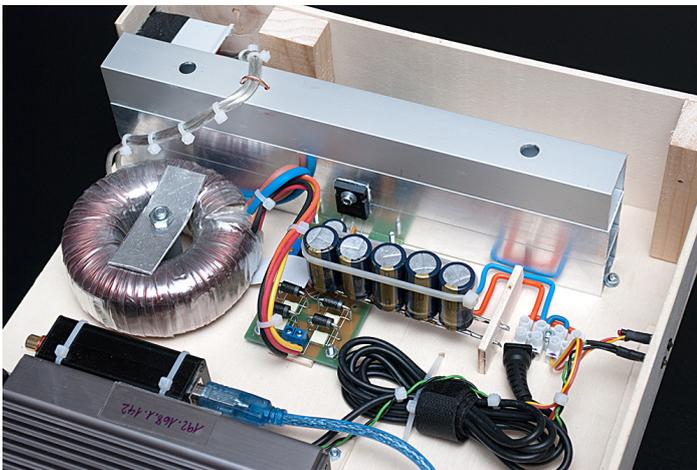
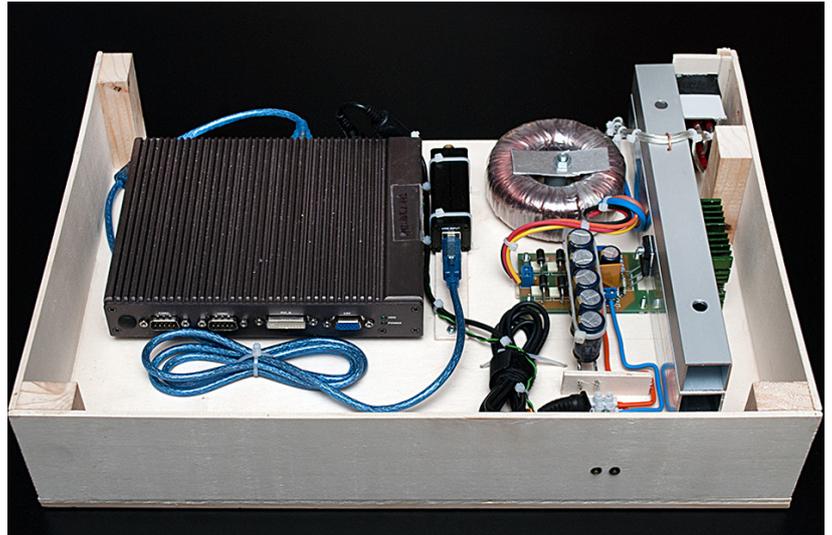
Die Quaderform ist schlicht und die wenigen Bedienelemente unterstreichen diese Schlichtheit noch zusätzlich. So kann auch das einfachste Gehäuse zu einer eleganten Erscheinung werden.

Die drei folgenden Abschnitte zeigen verschiedene Versuchsanordnungen und Umbauten an meinen x86-Audio-Playern als ergänzende Beschreibungen.

Daphile-kompakt-System mit linearem Netzteil und integriertem Android-Tablet als Steuerung

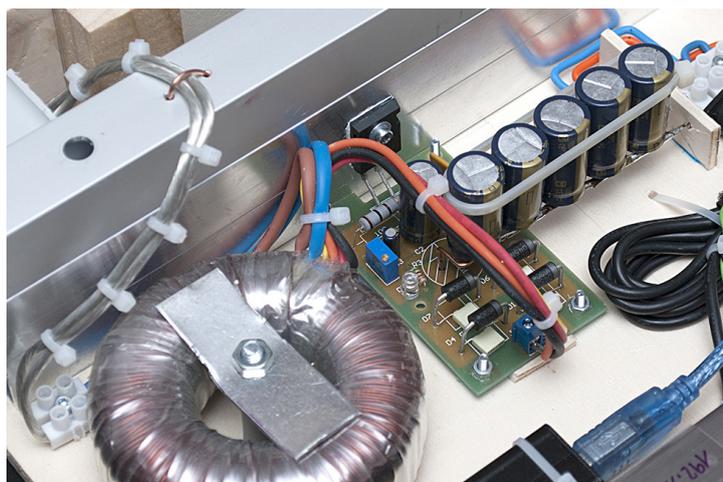
Kaum bin ich mit den ersten beiden x86-Audio-Playern fertig gewesen, ist der ODAC-revB bei mir eingetrudelt. Für ausgiebige Tests wollte ich mir zuerst auf die Schnelle ein gehäuseloses System zusammenstellen. Alle Komponenten waren bei mir vorrätig und ein Samstagnachmittag wurde geopfert um auf einer einfachen Grundplatte einen Player aufzubauen. Während der Arbeit ist mir dann die Idee gekommen einen möglichst kompakten x86-Daphile-Player zu bauen. Beschränkt auf die notwendigen Komponenten wollte ich mein altes 10-Zoll-Android-Tablet als Touchscreen-Alternative gleich in das möglichst kleine Gehäuse integrieren und ein Standalone-System mit wenig Platzbedarf konstruieren. Dieser x86-Audio-Player dient auch heute noch in mittlerweile stark modifizierter Form als Versuchsgerät.

Auf einer Grundplatte im Format 30x40cm geht sich das gesamte System aus. Links ein Lanner LEC-7000, daneben der Fanmusic FM-6011 und rechts der Ringkerntransformator und das lineare Netzteil (LT1083-Version) mit dem prägnanten Kühlkörper. Die Gehäuseinnenhöhe beträgt nur acht Zentimeter. Weniger wäre wegen der Aluminiumprofile für den Kühlkörper problematisch geworden. Was ich bei der Konstruktion noch nicht gewusst habe war, dass auch das Luftvolumen zu einem Stolperstein werden kann. Konvektionskühlung ist bei einem mit Bauteilen vollgestopften Gehäuse extrem schwer beherrschbar, doch dazu später.



von Wima) während ich bei den Elektrolytkondensatoren die üblichen Panasonic FC verwendet habe. Mit einer Gesamtkapazität von 11.000 uF liegt man bei einem Computernetzteil auf der sicheren Seite, überhaupt ist der Aufbau auf der Platine von Aliexpress schnell, unkompliziert und übersichtlich.

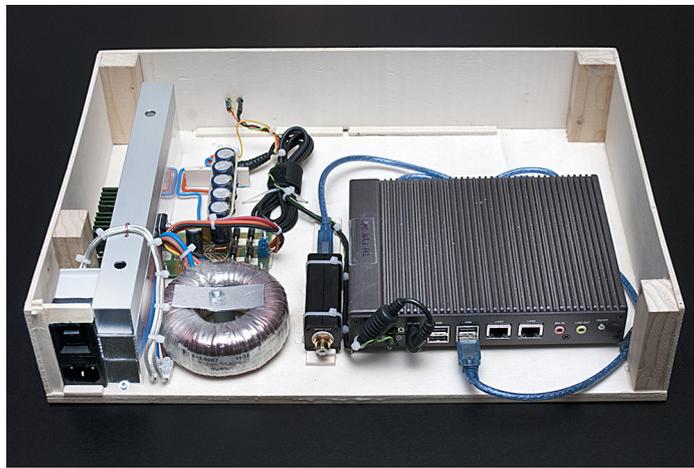
Der Kühlkörper besteht aus drei Stück Aluminiumprofilen 25x25mm mit einer Länge von 25 Zentimetern. Das ist gerade ausreichend, wenn man in die Bodenplatte und in den Deckel Lüftungslöcher schneidet. Ein größerer Kühlkörper wäre besser, geht sich aber in diesem Gehäuse nicht aus. Bei geschlossenem Gehäuse und Normalbetrieb erwärmt sich der LT1083 nach etwa drei Betriebsstunden auf 58°C, ein für mich gerade noch akzeptabler, aber suboptimaler Wert. Die Prozessortemperatur im Intel Atom N270 wird von Daphile mit 50°C ausgelesen, was ebenfalls im grünen Bereich liegt. Im Netzteil habe ich dieses Mal 80SQ045N Schottky-Dioden von ON Semiconductor eingesetzt, bei denen es keinerlei Auffälligkeiten gibt. Die Folienkondensatoren stammen in diesem Netzteil von Vishay (und nicht üblichen Panasonic FC verwendet habe. Mit einer Gesamtkapazität von 11.000 uF liegt man bei einem Computernetzteil auf der sicheren Seite, überhaupt ist der Aufbau auf der Platine von Aliexpress schnell, unkompliziert und übersichtlich.



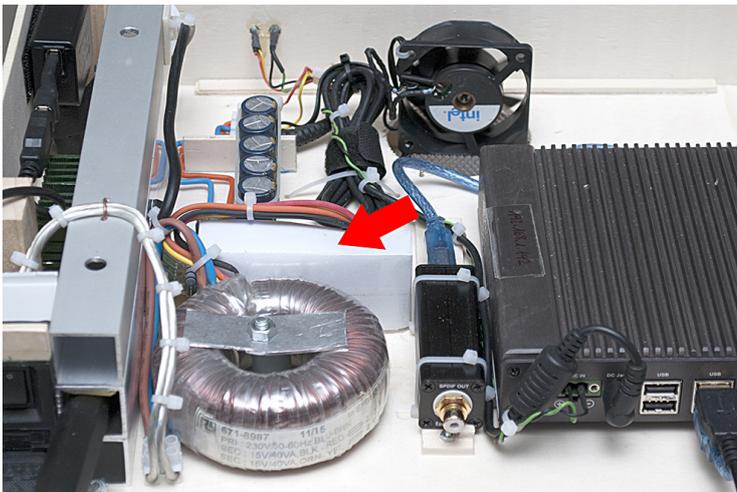
Ein übersichtliches Netzteil, bei dem man nichts mehr weglassen kann, welches aber für den Verwendungszweck völlig ausreicht. Die Bauteile wurden individuell zusammengestellt: Trimmer von Bourns, Elektrolytkondensatoren von Panasonic, Schottky-Dioden von ON Semiconductor. Original sind die Widerstände, zwei Keramik Kondensatoren, die Polyfuse und der LT1083 Linearregler.

Die Pufferkondensatoren habe ich so nahe es geht an den Gleichrichterdiode und dem Linearregler montiert. Die fünf Kondensatoren sind auf 1,5mm² Kupferleitern montiert, die wiederum direkt in die Platine eingelötet sind.

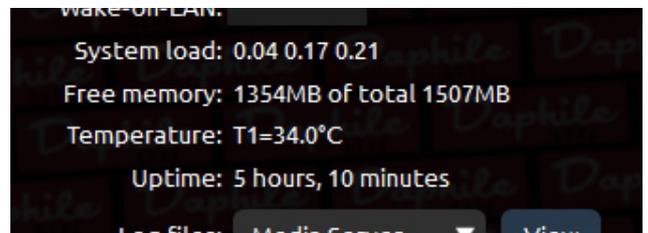
Auf eine Abschirmung zwischen dem Netzteil und den restlichen Komponenten habe ich verzichtet, weil diese in Metallgehäusen untergebracht sind.



Den Fanmusic FM-6011 habe ich fest integriert, der ODAC- revB wird über ein USB-Kabel angeschlossen und braucht keine weitere Stromversorgung. Neben dem großen Netzteil habe ich ein USB-Netzteil mit 5V/1A für das im Deckel eingebaute Android-Tablet nachgerüstet, damit man sich um den Akku des Tablets nicht kümmern muss. In den Gehäuseboden habe ich ein Loch geschnitten. Das diente ursprünglich zur Verbesserung der Konvektionskühlung, mittlerweile wurde ein mechanischer Lüfter nachgerüstet, der die Temperaturen im Gehäuse wesentlich senkt. Der LT1083 pendelt sich mit Lüfter auf etwa 44°C ein, der Intel Atom N270 erwärmt sich nur mehr auf 34°C bis 35°C. Diese Werte sind ideal, nur leider ist der Audio-Player nicht mehr ganz lautlos, auch wenn der Lüfter mittels Vorwiderstand auf etwa 50% seiner Drehzahl abgesenkt wird. Wirklich unhörbar ist der x86-Audio-Player nur mehr mit In-Ears oder geschlossenen Kopfhörern. Mit offenen oder halboffenen Kopfhörern ist das Lüftergeräusch je nach Entfernung zum x86-Audio-Player ohne Musik ganz schwach wahrnehmbar. Für mich nicht wirklich ein brauchbarer Kompromiss.



Mir waren die Temperaturen mit geschlossenem Gehäuse- deckel zu hoch, weshalb ich einen 60mm-Lüfter eingebaut habe, dessen Drehzahl auf etwa 50% reduziert wurde. So gut es geht wurde er entkoppelt vom Gehäuse eingebaut. Der Luftstrom reicht für alle Komponenten, um den LT1083 besser zu kühlen verwende ich ein Stück Kunststoff (roter Pfeil), welches einen Teil der Luft auf den Linearregler um- lenkt. Das ist recht simpel, funktioniert aber ausgezeichnet.



Als Experiment wurde für kurze Zeit ein ausgemustertes Android-Tablet in den Deckel eingebaut um von anderen Eingabe-geräten unabhängig zu sein. Bis auf ein in das Gehäuse integriertes USB-Ladegerät sind keine Umbauten notwendig gewesen. Das Tablet hat einen 9,7 Zoll Bildschirm, als Betriebssystem Android 4.1.1 und verwendet den vorinstallierten Chrome-Browser zur Steuerung von Daphile über das hauseigene WLAN. Weitere Apps werden nicht gebraucht und wurden nicht installiert, weil das Billig-Tablet in seinem früheren Leben immer wieder mit Abstürzen und Instabilitäten zu kämpfen hatte. Als Daphile-Fernsteuerung ist es aber zu gebrauchen.



Das 9,7 Zoll Tablet wird in den Gehäusedeckel ge- schoben, der Daphile-Player kann uneingeschränkt be- dient werden. Eine Fernsteuerung oder andere externe Eingabegeräte sind nicht erforderlich.

Über den Ausschnitt rechts unten neben dem Tablet erreicht man den Einschalter und mittels aufgebo- gener Büroklammer den Reset-Schalter.



Der Einschub für das Android-Tablet benötigt eine Höhe von etwa 1,5cm und nimmt einiges an Platz im Gehäuse ein. Dadurch verringert sich die Luftmenge und die Kühlung von PC und Netzteil wird anspruchsvoller und ist ohne Lüfter nicht machbar.

Das Kabel verbindet das Tablet mit dem USB-Ladegerät im Gehäuse. Während des Betriebs wird das Tablet permanent aufgeladen. Bei meinem System reicht das um den Akku immer auf einem vollen oder nahezu vollen Ladezustand zu halten.

Das Lüftungsgitter ist hier noch provisorisch fixiert und ermöglicht eine effiziente Belüftung des Netzteil-Kühlkörpers. Der 60mm-Lüfter erzeugt zusätzlich genügend Luftzirkulation im Gehäuse um alle Komponenten auf unkritischer Temperatur zu halten.

Das kompakte Gehäuse mit 40cm Breite und insgesamt 9,5cm Gesamthöhe passt gut zu anderen Hifi-Komponenten, aber das integrierte Android-Tablet wurde noch kurzer Probephase wieder entfernt. Es passt einfach nicht zum x86-Audio-Player und entspricht ganz und gar nicht dem Headless-Player-Konzept.

All-In-One Daphile-Kompakt-System mit einem spo-book Tech 92F, integriertem DAC und Kopfhörerverstärker

Das Daphile-System mit dem Lanner LEC-7000 bzw. 7020 hat sehr gut funktioniert, nur habe ich beide LEC-Computer beruflich gebraucht und an Kunden verkauft. Also musste ein passender Ersatz her. In meinem Fundus liegt immer ein wenig Hardware herum und so wurde kurzerhand ein eigentlich für einen Mini-Server vorgesehenes spo-book Tech 92F aus dem Regal geholt und das System verändert. Bei dieser Gelegenheit habe ich den ODAV-revB und den Objective2-Kopfhörerverstärker in das Gerät integriert. Das war im Juli 2017, mittlerweile wurden weitere Änderungen vorgenommen und dieser x86-Audio-Player ist immer mehr zum Versuchsgerät geworden.

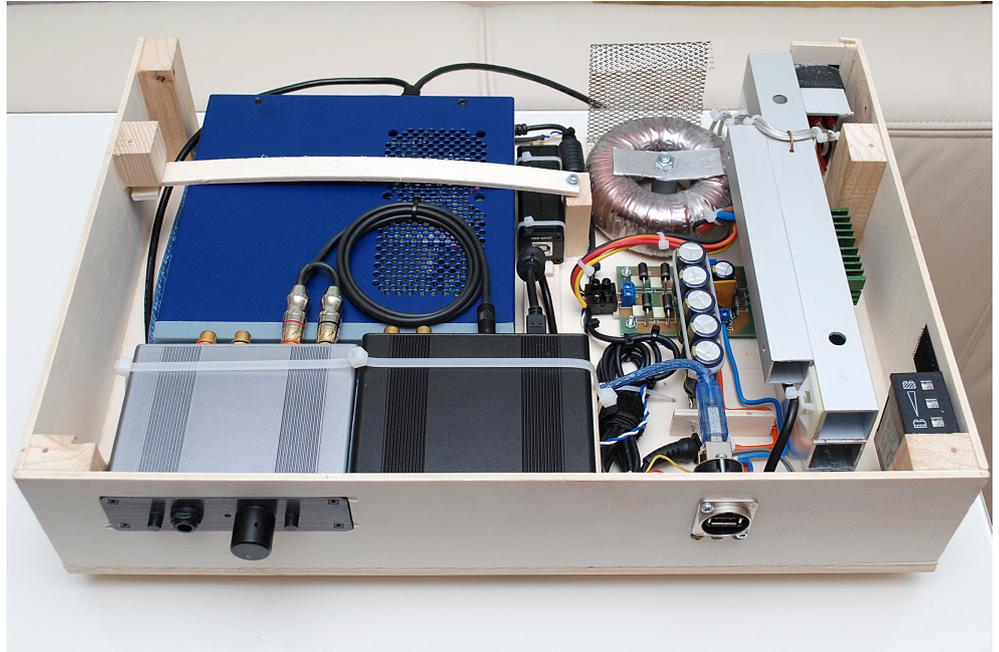
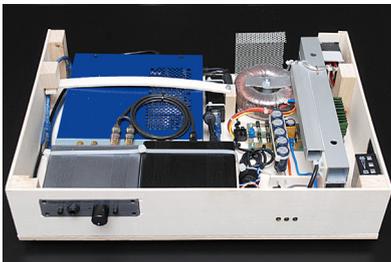
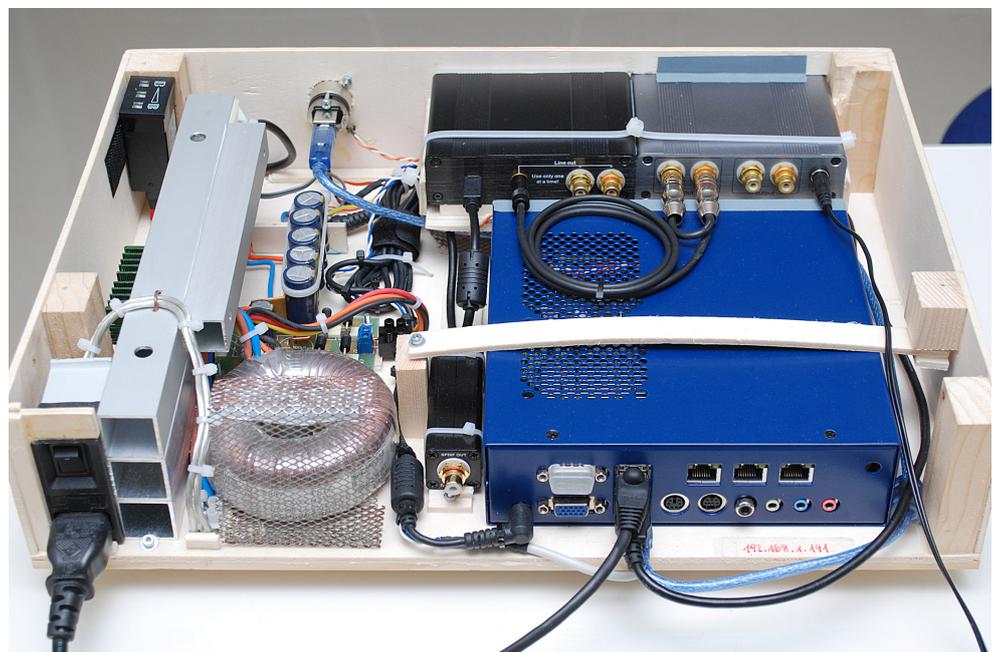
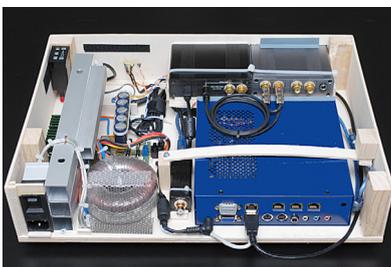
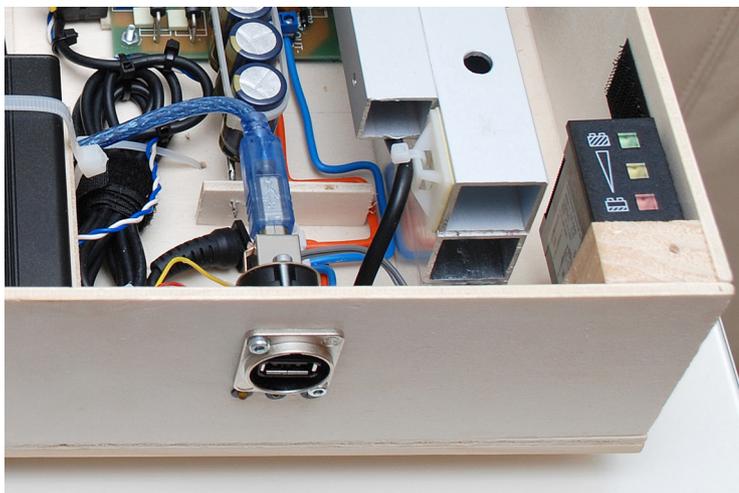


Bild oben: Wo früher der Lanner LEC-7000 installiert war, steckt jetzt ein blaues spo-book Tech 92F drinnen. Abmessungen und Leistung sind in etwa mit dem LEC-7000 gleich. Den Lüfter für das Netzteil habe ich wieder entfernt und ein Stück Aluminium am Kühlkörper ergänzt. Das spo-book Tech nimmt im Leerlauf und im Normalbetrieb etwas mehr Leistung als der LEC-7000 auf und mit dieser Konstruktion hat sich der Wärmehaushalt des Netzteils nicht verändert. Das Tablet im Gehäusedeckel habe ich wieder entfernt um Platz für DAC und Kopfhörerverstärker zu schaffen. Der neue Gehäusedeckel ist mit einem großen Lüftungsgitter versehen, damit im Gehäuse kein Wärmestau entsteht.

Bild unten: Das Gehäuse hat die mehrfachen Umbauten bisher verkraftet ohne zu zerfallen. Das LEC-7000 Gehäuse war etwas flacher als jenes des spo-book Tech, deshalb biegt sich die Halteklammer durch, was mich aber nicht stört. Die Stromversorgung erfolgt über eine Kaltgeräteleitung. Der Netztransformator speist mit zwei parallel geschalteten 15-Volt-Sekundärwicklungen das spo-book und über dieses den ODAV-revB. Der Kopfhörerverstärker wurde anfangs über den Netztrafo versorgt, weil der Objective2 mit Wechselspannung im Bereich von 12 bis 20 Volt betrieben werden kann. Das wurde wieder geändert, weil ich mir einbilde, dass der Objective2 mit seinem eigenen Netzteil besser klingt.





Ich habe laufend Messungen bezüglich der Spannungsstabilität des Netzteils durchgeführt, die immer zu meiner vollen Zufriedenheit ausgefallen sind. Dazu habe ich ein Gossen Metra Hit 26S mit dem Speicheradapter SI232-II während des Betriebs mitlaufen lassen. Elegant und bequem war das nicht und so habe ich einen Batteriewächter für 12 Volt eingebaut (Bauer Art.-Nr. 824.1.12.008). Bricht die Spannung für mehr als 2 Sekunden unter 11 Volt ein, springt die Anzeige auf Rot und wird auch nicht mehr zurückgesetzt wenn sich die Spannung wieder erholen sollte. Einige längere Messzyklen mit unauffälligen Resultaten vorausgesetzt taugt diese Anzeige fürs Grobe und als Beruhigung, dass das Netzteil wie vorgesehen funktioniert. Den Batteriewächter habe ich parallel zur Spannungsverbindung geschaltet, was bedeutet, dass ich seine automatische Abschaltung bei Unterspannung nicht nutze.



Nachgerüstet habe ich auch eine massive USB-A-Buchse an der Gerätefront. Das Bauteil stammt von der Firma Neutrik und die bürgt für beste Qualität. Die Buchse lässt sich leicht in die Gehäusefront einbauen und ist super massiv ausgelegt. Die Verbindung zum Computer erfolgt über ein USB A-B-Kabel. Der USB B-Stecker kommt an die Buchse und der USB A-Stecker an den Computer. Der USB-Anschluss an der Gerätevorderseite kann entweder für einen weiteren Datenträger oder für einen alternativen USB-Wandler verwendet werden. Die LEDs unterhalb der USB-Buchse signalisieren Festplattenzugriff, 5-Volt-Ready am USB-Bus und eine generelle Einschaltanzeige, weil man die Kontroll-LED vom Netzteil außen nicht gut wahrnehmen kann.



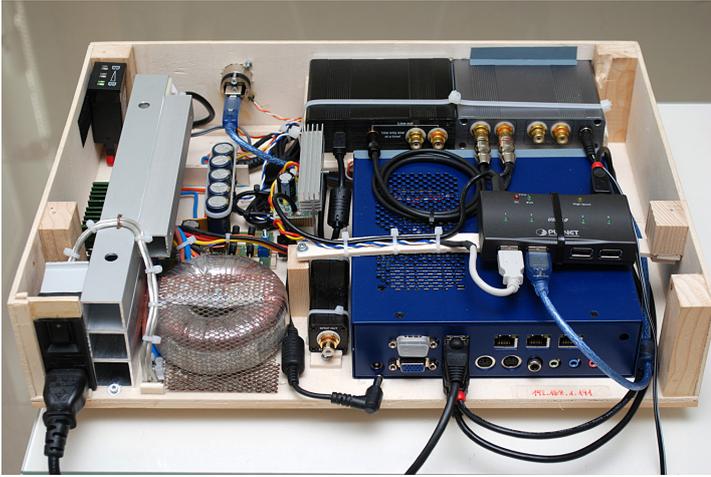
Dieser x86-Audio-Player kann in kürzester Zeit auf unterschiedliche USB-Wandler umgerüstet werden. Fix eingebaut ist der ODAC-revB und der Fanmusic FM6011. Um diesen zu nutzen braucht man nur das USB-Kabel vom Neutrik-Stecker an der Gehäusefront abziehen und am FM-6011 anstecken. Den HiFace-DAC stecke ich an der Gerätevorderseite an und verbinde ihn mit einem externen Kopfhörerverstärker (SPL 2Control oder AMB Mini³). Daphile schafft Änderungen am USB-Bus in der Regel ohne Neustart mit ein paar Sekunden Verzögerung, bis sich USB-Geräte im System angemeldet haben. Für jeden einzelnen USB-DAC kann man bei Daphile individuelle Einstellungen vornehmen. Auch in diesem Bereich ist die Software ziemlich intelligent ausgelegt.



Den Objective2 Kopfhörerverstärker und den ODAC-revB habe ich in das Gehäuse integriert, weil Platz dafür gewesen ist, weil diese Kombination extrem gut klingt und weil ich in dieser Konfiguration nur einen Kopfhörer anschließen muss und schon mit dem hören loslegen kann. Ich habe abends selten länger als fünfzehn oder zwanzig Minuten Zeit um Musik zu genießen und da will ich mit Auf- und Abbau keine Zeit vergeuden. Die von NwAvGuy konzipierten Geräte habe ich dabei immer mehr zu schätzen gelernt. Ich habe mich nicht nur daran gewöhnt, sie sind auch dem SPL 2Control klanglich recht ähnlich, nämlich ziemlich neutral und sie sind preiswert. In Europa bezieht man sie am besten bei Head'n'Hifi (<http://www.headnhifi.com/>). Dort kauft man günstig ein und der Support stimmt.

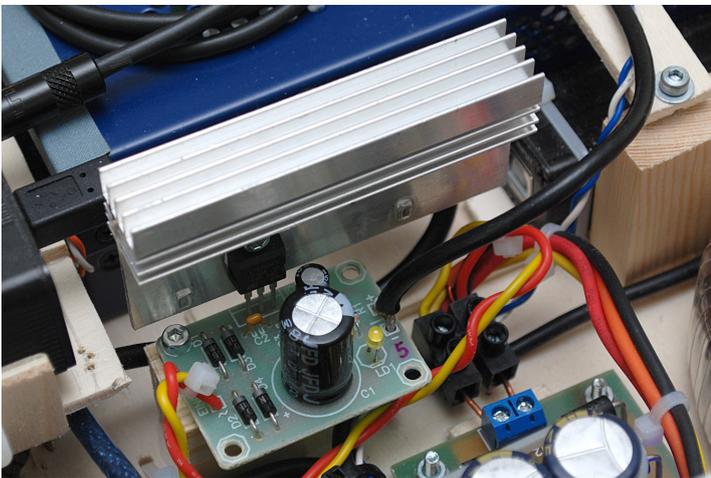
Einen x86-Audio-Player mit einem USB-Hub verwenden

Kompakte PCs haben sehr oft nur einen oder zwei USB-Anschlüsse. Die Integration verschiedener USB-DACs z.B. zu direkten Vergleichen ohne die Kabel umstecken zu müssen ist dann sehr oft problematisch und mühsam. Mittlerweile besitze ich vier USB-DACs, die ich zu Vergleichszwecken alle zur selben Zeit an einem x86-Audio-Player verwenden möchte und dazu brauche ich mehr als zwei USB-Anschlüsse und damit einen USB-Hub.



Die Vertreter der reinen Audio-Lehre erinnern immer wieder daran, dass so ein USB-Hub in einem hochqualitativen Audio-PC nichts verloren hat. Die Argumentation lautet, dass die Wiedergabequalität wegen ins System injizierter Störungen stark leiden würde. Deshalb bin ich der Sache auf den Grund gegangen ob man tatsächlich Unterschiede hören kann.

Im oberen und untersten Bild links sieht man die an meinem x86-Audio-Player mit dem spo-book Tech 92F vorgenommenen Veränderungen. Einen sowohl aktiv als auch passiv zu betreibenden USB-Hub habe ich auf die Computerbefestigung montiert und ein einfaches lineares Netzteil mit einem 78S05-Spannungsregler in der Mitte des Gehäuses nachgerüstet. Die Versorgungsspannung für den 78S05 habe ich einfach vom Netzteil für den spo-book Tech abgegriffen.



Das mittlere Bild zeigt das 5-Volt-Netzteil für den USB-Hub. Der 78S05 liefert maximal 2 Ampere Leistung, ist also relativ knapp dimensioniert und wird beim Anschluss mehrerer Geräte mit voller Leistung betrieben. Daraus ergibt sich, dass der Kühlkörper sehr warm wird. Bei 75°C bis 80°C Erwärmung nimmt der 78S05 zwar keinen Schaden, anfassen sollte man den Kühlkörper aber nicht. Für meinen Testbetrieb ist der Aufbau ausreichend, als permanente Lösung wäre mir die Temperatur des Spannungsreglers aber zu hoch. Die Platine stammt von Conrad Electronic, hat die Bestellnummer 115576 und ist gemäß der Beschreibung aufgebaut.



Der USB-Hub kann wahlweise aktiv mit einem externen Netzteil oder passiv über USB-Power vom PC betrieben werden. Eine rote LED zeigt Strom vom externen Netzteil an, eine grüne LED signalisiert USB-Bus-Power. Die Verkabelung habe ich so kurz als möglich gehalten und durchwegs qualitativ entsprechende Kabel verwendet.

In dieser Konfiguration kann ich alle vier USB-DACs gleichzeitig anschließen. Das ist für Vergleiche praktisch. Ich habe mit meinem sehr einfachen Oszilloskop einige Messungen durchgeführt und keine signifikanten Störungen im Strom aus dem 78S05-Spannungsregler feststellen können. Kein Wunder, er wird aus der 12-Volt-Gleichspannung des PC-Netzteils betrieben und die ist gemessen in Ordnung. Der Linearregler wird von

sich aus auch keine großartigen Störungen verursachen. Dafür ist ein 78S05 nicht bekannt und der Schaltungsaufbau zu einfach. Beim USB-Hub handelt es sich um ein Markenprodukt für den gewerblichen Einsatz samt metallisiertem Kunststoffgehäuse. Auch diese Hardwarekomponente kann man als unproblematisch durchgehen lassen. Meine Hörtests haben dann auch keinen hörbaren Unterschied zwischen direktem USB-Anschluß am spo-book Tech, dem USB-Hub in passiver Betriebsart und dem USB-Hub mit aktiver Stromversorgung ergeben. Nach einigen Stunden Hören sowohl mit als auch ohne USB-Hub ist meine Erfahrung, dass mit einer sauberen Stromversorgung auch eine an und für sich zu vermeidende Betriebssystemsituation zu meistern ist. In meinem Fall ist die Stromversorgung so sauber wie am PC-Netzteil, ich habe keine Probleme mit Brummschleifen und auch der Klang ist für mich nicht wahrnehmbar schlechter als völlig ohne USB-Hub. In meinem Testsystem werde ich den USB-Hub teilweise weiter verwenden. Analog zu meiner Keep-it-simple-Philosophie empfehle ich den Einsatz eines USB-Hub aber nur wenn er wirklich notwendig ist. „Weniger ist Mehr“ gilt auch in diesem Fall und eine nicht vorhandene Komponente kann die Wiedergabe nicht verändern.

Audio-CD-Tracks in FLAC-Dateien umwandeln

Die Umwandlung von Audio-CD-Tracks in Dateien für einen Audio-Player wird sehr oft als Wissenschaft gesehen. Ich sehe die Umwandlung aber nur als notwendigen Zwischenschritt, der zu bewältigen ist. Auch hier habe ich einen brauchbaren und qualitativ entsprechenden Weg gefunden, mit dem man reproduzierbare Ergebnisse erzielt.

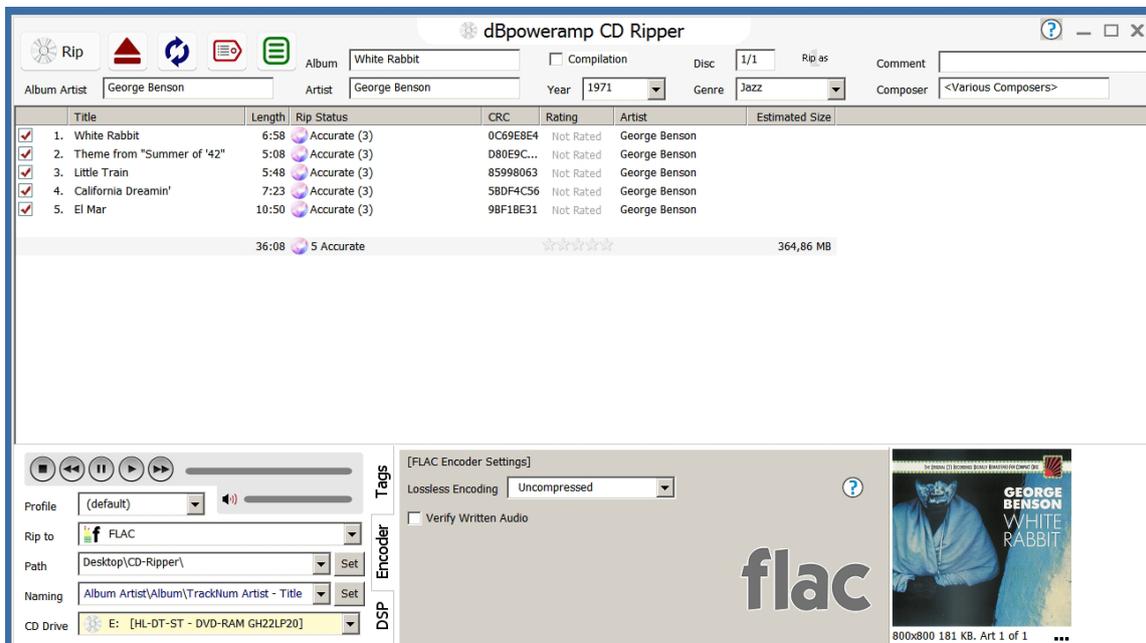
Ein x86-Audio-Player mit Winyl kann von sich aus keine Audio-CD extrahieren. Dazu wäre zusätzliche Software erforderlich und da wären wir beim etwas später beschriebenen dBpoweramp. Daphile hat eine CD-Ripping-Funktion für die man aber Hardware nachrüsten muss. Zwar funktioniert auch ein USB-CD-Laufwerk, ich extrahiere meine Audio-CDs aber lieber auf einem PC abseits meiner x86-Audio-Player. Da habe ich die volle Kontrolle über die Umwandlung, kann Tags und Album-Art editieren und aus diesen Gründen habe ich das CD-Ripping in Daphile noch nie ausprobiert.

Echte CD-Laufwerke für den Computer gibt es seit Jahren nicht mehr. Heute gibt es Super-Multi-Laufwerke, die verschiedenste Medien und Formate abspielen können. Die Dekodierung von Audio-CDs nach dem Redbook-Standard gehört dazu und ist mit jedem aktuellen Laufwerk möglich. Ich tendiere zur Ansicht, dass es heute keine besser oder schlechter geeigneten Laufwerke für Audio-Extraktion gibt, solange sie *Accurate Stream* unterstützen. Eine Liste mit kompatiblen Laufwerken findet man hier: <http://www accuraterip.com/driveoffsets.htm> . Bitgenau bedeutet, dass Inhalte 1:1 vom Audio-CD-Track in eine unkomprimierte FLAC-Datei geschrieben werden. Wichtig ist, dass der Datenträger perfekt ausgelesen werden kann und die Software kein einziges Bit unterschlägt, wenn die FLAC-Datei geschrieben wird. Im idealen Fall entspricht der Inhalt eines Audio-CD-Tracks bitgenau der erstellten FLAC-Datei. Das kann durchaus den Effekt haben, dass eine gerippte Audio-CD vom x86-Audio-Player besser klingt, als von einem CD-Player. Ausleseprobleme bedingt z.B. durch Fingerabdrücke auf einer Audio-CD gibt es beim streamen nicht. Ein sauberer CD-Rip kann daher das Qualitätsniveau der Audio-CD noch etwas nach oben verschieben.



Die Bilder oben zeigen ein LG GH22LP20 Super-Multi-Laufwerk und dessen wichtigste technischen Daten. So ein Laufwerk verwende ich mit der aktuellsten Firmware Version 2.00 in einem externen Gehäuse, welches ich über Firewire IEEE-1394 an einen Dell Precision M6800 (Windows 10 64-bit) angebunden habe. Natürlich funktioniert auch jedes andere halbwegs aktuelle DVD-Laufwerk, wegen der mechanischen Komponenten würde ich einem Fullsize-Laufwerk den Vorzug gegenüber einem Slimline-(Notebook-)Modell geben. Eine interne oder externe Anbindung macht keinen Unterschied.

Aus eigener Erfahrung kann ich von der Verwendung alter CD-Laufwerke nur abraten. In meinem Fundus liegen noch CD-Laufwerke mit ATAPI- und SCSI-Schnittstelle herum. Diese Laufwerke hebt man nur dann auf, wenn sie sich in einem exzellenten Zustand befinden und wenn man glaubt, dass sie als Reparaturersatz noch einmal gebraucht werden. Auf die Schnelle habe ich so ein Laufwerk in einen alten Dell Precision 590 eingebaut, der u.a. noch eine IDE-Schnittstelle besitzt und die eine oder andere Audio-CD ausgelesen. Je nach Laufwerk ist der Lesevorgang langsam bzw. wird offenbar durch die Fehlerkorrektur verlangsamt. CD-Rippen ist ein rein digitaler Vorgang, da kommt es nur darauf an, dass alle Bits gelesen werden und nicht, dass es ein echtes CD-Laufwerk ist. Demnach Finger weg von uralten Laufwerken und Computern.



Das LG-Laufwerk arbeitet perfekt mit dem dBpoweramp CD Ripper - meinem bevorzugten Programm zur FLAC-Konvertierung - zusammen. Die Lesegeschwindigkeit habe ich auf 8-fach reduziert um das Laufwerk zu schonen und den Auslesevorgang genauer zu machen. Keine Ahnung, ob diese Einstellungen etwas bringen, aber ich habe schon viele Audio-CDs in mehreren Durchgängen inklusive *Ultra Secure Ripping* ausgelesen und das Laufwerk ist immer noch wie neu. Die Trefferquote beim fehlerfreien Auslesen von Audio-Tracks ist zufriedenstellend und hängt vom Zustand der Audio-CD ab. Bei zerkratzten Audio-CDs dauert die Erstellung eines bitgenauen Abbildes länger oder ist in manchen Fällen gar nicht möglich.

Vor allem das bereits erwähnte *Ultra Secure Ripping* ist für mich eine sehr gute Mischung aus Geschwindigkeit und Genauigkeit. Über *AccurateRip* kann man verifizieren, ob der Auslesevorgang bitgenau erfolgt ist oder eben nicht. Fertige FLACs kann man nach der Konvertierung zusätzlich verifizieren lassen, ein weiterer Punkt zur Qualitätssicherung der gerippten Dateien. Insgesamt ein gutes Angebot zu einem vernünftigen Preis. Mehr Informationen zu dBpoweramp und eine Testversion der Software gibt es auf der Homepage des Herstellers (<https://www.dbpoweramp.com/cd-ripper.htm>).

Bei CD-Rippen gibt es aber auch die eine oder andere Freeware-Anwendung. Exact-Audio-Copy wäre da als eine Art Standardanwendung zu nennen und zu empfehlen. Es kann alles, was dBpoweramp auch kann, ist in der Lage bitgenaue FLACs zu erstellen und verwendet *AccurateRip* zur Qualitätsoptimierung. Nach einigen Tests habe ich mir um 37 Euro dBpoweramp in der Version 16.1 zugelegt, weil ich mit der Software besser klar komme als mit EAC und die Ergebnisse für mich zu 100% optimal ausfallen. dBpoweramp installiert man, beim ersten Start legt man alle Einstellungen nach den eigenen Wünschen fest und danach kann man bereits die erste Audio-CD extrahieren. Das Programm nutzt dabei alle verfügbaren Prozessoren und ist dementsprechend schnell. Metadaten wie Cover-Art und Tags werden aus fünf verschiedenen Datenbanken abgerufen, was einem eine Menge an Arbeit beim Aufbereiten der FLAC-Dateien erspart.

Audio-CD-Player und die x86-Audio-Player im Vergleich

Die Abspielgeräte:	Philips CD880 (unmodifiziert) und Philips CD380 (modifiziert) jeweils ohne externe Wandler, diverse Daphile-Audio-Player und Winyl-Audio-Player
USB-Wandler:	M2 Tech hiFace DAC, Fanmusic FM-6011 (modifiziert) mit Pro-Ject DAC Box FL, ODAC-revB XL, iCon Cube, Sabaj D3, Henry Audio USB DAC 128 Mk3
Abhöre:	SPL 2Control Kopfhörer- und Monitorvorverstärker unmodifiziert in Serienausstattung, Objective2 Kopfhörerverstärker, AMB Mini ³ Kopfhörerverstärker
Kopfhörer:	Beyerdynamic DT 880 Pro, AKG K702 in der ersten und extrem neutral klingenden Version
In-Ears:	Sennheiser IE8 und IE80, Havi B3 Pro, Accutone Gemini HD, TFZ Series 5, Maxell MXH-DBA7000, Degauss Labs Howl 3, TFZ Series 5,
Audiomaterial:	viele verschiedene Audio-CDs unterschiedlichster Qualität, von der Sonderangebots-CD um 5 Euro aus der Wühlkiste über MFSL-Ultradiscs bis hin zur ultra-audiophilen Sonderausgabe-Audio-CD vom Highend-Dealer ist alles dabei gewesen. Dazu habe ich mir noch ein paar höher aufgelöste Dateien von einer 180-Gramm-Vinyl-Schallplatte (24bit/192kHz) rippen lassen und auf den Daphile-Player geladen

Diesen Abschnitt habe ich vor der Fertigstellung der ersten Version dieses Dokumentes insgesamt drei Mal fast komplett neu geschrieben und danach auch schon mehrere Male geändert bzw. ergänzt. Der aktuelle Stand ist, dass ich Daphile als x86-Audio-Player-Plattform gegenüber Winyl eindeutig bevorzuge. Daphile ist hinsichtlich der Bedienung nahezu perfekt und klanglich mit allen Wandlern und allen Kopfhörern oder In-Ears besser als Winyl. Mit Daphile kann man ein System aufbauen, welches keinen Vergleich mit kommerziell vertriebenen Produkten scheuen muss. Dabei hat man hinsichtlich des Wandlers Wahlfreiheit und ist auf keine Vorgaben irgendeines Entwicklers beschränkt. Die Audio-Leistung von Winyl ist einen Tick weniger gut, von schlecht will ich aber nicht reden. Wer Daphile verwendet, wird aber am Bedienkonzept von Winyl keinen echten Gefallen finden. Auch mit Touchscreen, Trackball oder Gamecontroller als Steuerung kommt bei mir keine ungeteilte Freude auf. Ich finde einen Headless-Player ganz einfach als aktuellen Standard. Mit weniger sollte man sich nicht zufrieden geben.

Nun zum Klang: Ursprünglich hatte ich das Daphile-System mit dem M2 Tech hiFace DAC und den Winyl-Player mit der Pro-Ject DAC Box FL ausgerüstet. Zwischenzeitlich haben sich einige Wandler bei mir angesammelt, was mir gute Vergleichsmöglichkeiten gibt. Obwohl ich nur bedingt Zeit zum Hören habe, sind einige Betriebsstunden zusammengekommen und für mich hat sich folgendes Ranking ergeben:

Der ODAC-revB, der hiFace DAC und der Henry USB DAC 128 Mk3 sind meine Lieblingsgeräte und alle gleich gut, auch wenn sie in Nuancen unterschiedlich klingen. Eine eindeutige Präferenz habe ich für den ODAC-revB. Der Konstrukteur NwAvGuy hat das Gerät gut dokumentiert und genau beschrieben warum er Details so und nicht anders ausgelegt hat. Außerdem kommt es meiner DIY-Philosophie entgegen und ist in der teuersten XL-Version mit 150 Euro deutlich preiswerter als der hiFace DAC oder der Henry USB DAC 128 Mk3. Alle Geräte verbindet eine modern-neutrale Abstimmung, bei der kein Frequenzbereich zu kurz kommt oder überbetont wird. Eine neutrale Wiedergabe ist aber nichts ohne sehr guter Dynamik und Räumlichkeit. Stichwort „große Bühne“: da sind die drei DACs besser als mein Philips CD880 und spielen sehr detailliert und exakt ohne jedoch synthetisch zu wirken. Alle Geräte haben ein gutes Bassfundament, wobei der hiFace DAC in diesem Bereich ein klein wenig detailreicher ans Werk geht als alle anderen. Was mir gefällt ist, dass man mit diesen drei Wandlern auf keinen Musikstil festgenagelt wird, sie tun, was sie tun sollen, nämlich unauffällig digitale in analoge Signale umwandeln. Je nachdem ob man höchstes Niveau als „audiophil“ oder „studiotauglich“ klassifiziert fallen beide Wandler in diese Kategorien. High-End wird man um noch weniger Geld kaum bekommen. Für noch bessere Leistung wird man aber viel mehr Geld ausgeben müssen, um einen deutlichen Unterschied zu hören.

Der Sabaj D3, der Moodlab Dice, das iCon Cube und die Fanmusic/Pro-Ject-DAC-Box-FL-Kombination folgen dicht dahinter. Den Pro-Ject DAC und den Moodlab Dice verbindet eine gewisse audiophile Handhabung, denn erst nach etwa zwanzig Minuten liefern diesen Wandler die volle Qualität. So lange dauert die Aufwärmphase nach einem Kaltstart. Zwar könnte man die Geräte immer eingeschaltet lassen, ich sehe darin aber keinen Sinn weil Bauteile vor der Zeit altern und man Energie verschwendet. Die Wandlerelektroniken brauchen eine gewisse Temperatur um ihre volle klangliche Leistung zu bringen und das muss man eben akzeptieren. Die Pro-Ject DAC Box FL bzw. DAC Box S FL ist eine Konstruktion mit TDA1543-Wandlern, wie sie in vielen Philips CD-Spielern, unter anderem auch im CD380, verwendet worden ist. Bei 16bit/44,1kHz ist Schluss, der Frequenzbereich endet bei 20kHz und auch sonst muss man mit eher durchschnittlichen Messwerten leben. Vier Stück dieser Wandler werden in Parallelschaltung ohne Oversampling und Digitalfilter betrieben. Der TDA1543 stammt aus einer Zeit bevor man uns mit Jitter irre gemacht hat und irgendwie merkt man das der Pro-Ject DAC Box FL auch an. Man könnte das Klangbild der Pro-Ject DAC Box FL als entspannt analog-neutral bezeichnen. Hören kann man damit jedenfalls sehr gut. Nicht nur für User, die zusätzlich noch gerne

echtes Vinyl in Form von Schallplatten hören ist der Wandler eine sehr interessante Wahl. Gleiches gilt auch für den Moodlab Dice, dem man aber im direkten Vergleich mit der DAC Box FL anhören kann, dass er das ältere Konzept ist und nur mit einem einzigen TDA1543A auskommen muss. Auch hier wieder meine Anmerkung, dass die Unterschiede minimal sind und nur auffallen, wenn man beide Geräte direkt miteinander vergleicht.

Mit dem Sabaj D3 kann man nichts falsch machen. Das Gerät ist gut verarbeitet, universell einsetzbar und von sehr hoher klanglicher Qualität, wenn man die integrierte Kopfhörerstufe weglässt. Der Sabaj D3 spielt schön neutral und lebendig, nur sind mir manchmal die Höhen zu präsent. Trotzdem ist er als Einstiegsdroge in den feinen Klang eine gute Wahl. Mit einem Listenpreis von rund 80 Euro bestens geeignet um die Welt der Onboard-Soundkarten ein für alle Mal hinter sich zu lassen.

Das iCon Cube ist für mich ein Mainstream-Gerät. Es passt überall gut dazu, spielt ausreichend exakt und räumlich und wertet praktisch jeden Computer zu einem überdurchschnittlichen Wiedergabesystem auf. Wer wirklich aufs Geld schauen muss, ist mit dem iCon Cube bestens versorgt. Das iCon Cube ist für mich ebenfalls der Eintritt in die Welt hochwertiger Wandler für wenig Geld.

Mein persönliches Ranking als Entscheidungshilfe:

- Platz 1 - ODAC-revB und Henry Audio 128 Mk3
- Platz 2 - M2Tech hiFace DAC
- Platz 3 - Pro-Ject DAC Box (S)FL+FM-6011 od. Moodlab Dice
- Platz 4 - Sabaj D3
- Platz 5 - iCon Cube

Die Audio-CD sieht im direkten Vergleich mit den x86-Audio-Playern noch immer recht gut aus, denn so schlecht, wie es von manchen Klangaposteln gemacht wird, ist das Medium Audio-CD auch heute nicht. Mit entsprechender Abspiel-Hardware, also einem ordentlichen CD-Player, ist höchstes Klangvergnügen noch immer garantiert. Genau so sieht es aus, wenn man hochwertige Audio-CD-Rips über den x86-Daphile-Player oder den Winyl-Player abspielt.

Beim direkten Duell der CD-Player gegen die x86-Audio-Player habe ich keinen Sieger oder Verlierer erkennen können. Der Philips CD880 klingt anders als mein modifizierter CD380 und der Daphile-Player mit den verschiedenen USB-Wandlern. Mit allen Geräten bewegt man sich auf einem hohen Niveau und klangliche Unterschiede liegen in Details. Für mich spielen der M2Tech hiFace DAC, der Henry Audio 128 Mk3 und der ODAC-revB einen Hauch exakter und mit einem Quäntchen mehr Räumlichkeit als der Philips CD880. Der Philips CD880 ist wiederum dem CD380 überlegen, denn der ist der schlampigste der Abspieler. Ohne wirklich ungenau zu spielen lässt der CD380 ab und zu ein paar Details weg, welche die anderen Systeme noch schaffen. Der Philips CD880 ist zwar nicht der räumlichste CD-Spieler, den es gibt, und die Darstellung großer Bühnen gelingt den dreißig Jahre jüngeren USB-Wandlern besser, ich bin den CD880 aber seit Jahrzehnten gewöhnt und kann ihn noch immer anhören ohne dabei gelangweilt zu werden.

Das Abhören erfolgt bei mir mittlerweile über drei Kopfhörerverstärker und fast ausschließlich mit einem Daphile-System. Der Objective2 ist mein Favorit für die tägliche Viertelstunde mit dem x86-Audio-Player, daneben gibt es noch ein SPL 2Control und selten kommen sogar meine Eigenbau AMB Mini⁹ zum Einsatz. Üblicherweise verwende ich einen Beyerdynamic DT 880 Pro und mittlerweile seltener einen AKG K702 zum Abhören. Der magere Bass des K702 verdirbt mir den Spaß beim hören, im Lauf der Jahre ist mir die Super-Analytik des K702 einfach zu fad geworden. Als Ergänzung habe ich auch In-Ears an das SPL 2Control gestöpselt. Ist ja nicht verboten mit In-Ears an ausgewachsenem Equipment zu hören. Der Sennheiser IE8 und der IE80 waren da eine Klasse für sich sind fast besser als der AKG K702. Man kann sie relativ neutral abstimmen ohne auf tiefen Bass verzichten zu müssen. Der Havi B3 Pro ist in dieser Kette ein neutraler Universal-In-Ear ohne Schwächen und Stärken. Den Accutone Gemini HD empfehle ich, entsprechend abgestimmt, dem Hörer mit dem Anspruch an etwas mehr Bass. Satte und trockene Bässe ohne dass es einem den Atem raubt bei sonst sehr ausgewogenem Klangspektrum sind seine Stärke. Der TFZ Series 5 ist für Freunde des ausgeprägten Tiefbass ein echtes Erlebnis. Get your heavy bass! Phillysound der 1970er wird zum uneingeschränkten Vergnügen ebenso alle Disco-Nummern aus dieser Zeit, zu einem System wie dem Daphile- oder Winyl-Player passt er aber ohne Modifikation (Harakiri-Mod) nicht. Der Howl von Degauss Labs ist ein Mehrwegsystem und harmoniert ebenfalls recht gut mit dem vorhandenen Hör-Equipment. Glasklare, präzise Höhen, unauffällige und saubere Mitten und ein gewaltiges Bassfundament kennzeichnen diesen handgefertigten In-Ear. Der Howl erinnert immer wieder an den IE80 von Sennheiser - ohne jedoch eine plumpe Kopie zu sein - und bereitet dem Hörer bei jeder Musikrichtung viel Vergnügen. Sehr empfehlenswert.

Weil ich mich mit den In-Ears schon ein klein wenig im Bereich Audio-Tuning bewege noch meine Erfahrungen mit den verwendeten Computersystemen. Der Computer spielt klanglich keine Rolle. Ich habe ein Daphile-System mit dem Nexcom VTC6200, zwei Stück spo-book Tech 92F und kurz mit einem Lanner LEC-7000 bzw. einem LEC-7020 sowie einem Nexcom NICE3100 aufgebaut und alle Systeme haben mit dem selben USB-Wandler immer völlig gleich geklungen. Ich sehe auch technisch keinen Grund, warum das anders sein sollte, In diesem Bereich ist also kein Klangtuning möglich, anders herum muss man auch keine negativen Einflüsse befürchten, wenn man ein System ordentlich eingerichtet hat.

Der Speicherort der Audiodateien spielt ebenfalls keine Rolle. Ich bevorzuge aus persönlichen Gründen die lokale Speicherung auf einer Solid-State-Festplatte im x86-Audio-Player, streame aber auch von meinem Fileserver. Audiodaten klingen nicht nur von SSD und Server gleich, sie klingen auch von SSDs unterschiedlicher Hersteller gleich. Ich kann da keinerlei Unterschiede erkennen, was auch so sein sollte. SSDs sind hinsichtlich ihrer Standzeit besser als ihr Ruf. In einem erst kürzlich durchgeführten Test haben sowohl preiswerte als auch teure SSDs wesentlich länger funktioniert als vom Hersteller angegeben wurde. Schreibzyklen von mehreren Petabyte sind erreicht worden bevor sich die Festplatte verabschiedet hat. Geht man davon aus, dass in einem Audio-Player weniger Schreibzyklen und mehr Lesezyklen erfolgen, ist die SSD der klare Favorit für ein solches Gerät. Die Audio-Daten würde ich aber trotzdem auf einem zweiten Laufwerk sichern.

Ist HiRes-Wiedergabe das Maß der Dinge?

Der M2 Tech hiFace DAC, der ODAC-revB, der Henry Audio 128 Mk3 und der Sabaj D3 können Datenformate jenseits des Audio-CD-Standards wiedergeben. Mit dem hiFace DAC und dem Sabaj D3 ist sogar die Wiedergabe von hochaufgelösten Dateien möglich. Dateien mit 32bit/384kHz wären das höchste der Gefühle, ich wollte es ein klein wenig bescheidener angehen und habe mir von einer 180-Gramm-Vinyl-Schallplatte als Quelle mit sehr hochwertiger Hardware Audio-Tracks mit 16bit/44,1kHz und 24bit/192kHz für Vergleiche erstellen lassen. Das Abhören war dann eher enttäuschend. Die hochaufgelösten Dateien haben für mich gar nicht anders bzw. nur unwesentlich anders als die nach dem Audio-CD-Standard hergestellten geklungen. Meine Vorstellung von HiRes-Audio konnte mit der Realität nicht mithalten. Wo ich mehr Details und ein luftigeres Klangbild erwartet hatte, war nur das bisher Gekannte zu hören. Damit hatte ich nicht gerechnet und sofort mit der Fehlersuche begonnen. Die hat dann einige Zeit gedauert, bis ich total sicher war, dass der M2Tech hiFace DAC auch tatsächlich mit 24bit/192kHz-Daten beliefert wurde, wenn die Datei in diesem Format auf der Festplatte abgespeichert war. Gleiches Ergebnis übrigens auch dann, wenn ich meinen Vinyl-Player mit dem hiFace DAC ausgerüstet habe.

Weil ich meinen Konstruktionen, meinem Urteilsvermögen und meinem Gehör nicht so recht getraut habe, wurden dann einige Freunde als Testhörer herangezogen. Das Ergebnis war für mich eher enttäuschend. Im einfachen Blindtest ohne Hinweis auf HiRes wurden die 192kHz-Dateien nicht erkannt. Da haben alle Dateien angeblich gleich gut geklungen. Wenn ich vorher auf die hohe Auflösung hingewiesen habe, waren die Audio-CD-Daten angeblich einen Tick flacher und lebloser. Die 24bit/192kHz-Dateien vermittelten etwas mehr Fülle und einen etwas homogeneren Frequenzverlauf. So lauteten in etwa die Aussagen der informierten Testhörer. Dieses Ergebnis war für mich zutiefst frustrierend und so habe ich mich im Internet auf die Suche gemacht, wo ich denn Fehler in meine Systeme eingebaut habe und ob ich vielleicht doch schon leicht schwerhörig geworden bin und einen HNO-Facharzt konsultieren sollte.

Jedenfalls folgten Stunden ermüdender Internet-Recherche, bei der immer offener zu Tage getreten ist, dass hoch- und höchst aufgelöste Dateien - sehr schlicht formuliert - beim Hören wenig bis gar nichts bringen. Um nicht noch mehr Text unter die Leute zu bringen folgt hier ein Link auf eine ganz ausgezeichnete Webseite zu diesem Thema:

<https://digitalzimmer.medium.com/high-resolution-audio-h%C3%B6rbar-oder-nicht-5d5ab2c1cea7>

Die Seite **24/192 Music Downloads ... and why they make no sense** (<https://people.xiph.org/~xiphmont/demo/neil-young.html>) von Christopher Montgomery ist manchmal nicht erreichbar, aber extrem informativ. Dort gibt es Informationen wie unser Gehör funktioniert und wo die akustischen Grenzen liegen, warum wir hören, was wir hören wollen beziehungsweise warum unser Gehör als effizienter Umgebungsgeräusch-Filter wirkt. Auch wird schlüssig erklärt, warum 24bit-Audio im Recording-Bereich tatsächlich besser ist und warum man bei der Wiedergabe keine Vorteile hat und den Unterschied nicht hören wird. Loudness als Effekt um Audio-CDs oder höher aufgelöste Audio-Dateien scheinbar besser klingen zu lassen wurde ebenfalls angesprochen. Eine gute Information zum *Loudness War* gibt es auf Wikipedia in deutsch unter https://de.wikipedia.org/wiki/Loudness_war. Oder hören Sie sich die CD *Californication* von den *Red Hot ChiliPeppers* aus dem Jahr 1999 an. Musikalisch eine sehr interessante Scheibe ist sie, was Loudness betrifft, so ziemlich das Grenzwertigste, was es gibt und weder studioteknisch einwandfrei noch audiophil. Da wäre jede HiRes-Version nur Platzverschwendung auf der Festplatte. Wer glaubt im Bereich Klassik oder Jazz von Signalprozessoren in der Mastering-Kette verschont zu werden, der wird bei sehr vielen CD-Produktionen eines Besseren belehrt, denn auch da hat sich in den letzten Jahren die Verwendung dieser Geräte breit gemacht.

Für mich mit Ende fünfzig und langsam nachlassendem Gehör hat sich die Diskussion ob HiRes-Audio Pflicht ist mehr als relativiert und ich bleibe bei meinen Audio-CDs und Audio-Dateien in diesem Format. Die vielfache Datenmenge bei HiRes-Tracks rentiert sich bezogen auf die möglicherweise kaum wahrnehmbare Klangverbesserung für mich nicht. Ich möchte aber niemanden von HiRes-Audio abhalten oder ihm absprechen deutliche klangliche Unterschiede zum Audio-CD-Standard wahrnehmen und hören zu können - jeder soll auf seine Art glücklich werden.

Meine ganz persönliche Schlussfolgerung: Meine x86-Audio-Player mit einer vernünftigen Abspielsoftware und einem guten DAC sind tatsächlich die Alternative zum Audio-CD-Player. Würde ich keine guten Audio-CD-Player besitzen, wäre ich vor allem mit dem Daphile-x86-Player rundum glücklich. Das gegenüber jedem CD-Player modernere Bedienkonzept des Daphile-Players mit der Steuerung über ein Tablet kann schon was und sieht lässig aus. Man erspart sich über Stunden das Aufstehen vom Sofa und kann herrlich einen Winternachmittag mit seiner Lieblingsmusik verbringen (wenn man dazu Zeit hat). Andererseits haben die Audio-CD und der dazugehörige Abspieler haptische Vorteile, die ich sehr wohl schätze. FLAC-Audio-Tracks kann man nicht angreifen und in einen Player einlegen, eine Audio-CD schon. Die hat fast immer ein Jewel-Case, manchmal sogar in Luxusausführung, welches man aus dem Regal nehmen kann. Viele CDs werden zudem mit einem ausführlichen Booklet geliefert, in dem man herrlich schmökern kann während man hört. Und den CD-Wechsel kann man dank Spezial-Antistatiktuch ja auch zur Zeremonie hochstilisieren. Fest steht: Ich mag beide Welten und entscheide spontan nach aktueller Laune, welchem Abspieler ich gerade den Vorzug gebe.

Endabrechnung: Die Kostenseite eines x86-Audio-Player

Nach all den Betrachtungen, Empfehlungen und Beschreibungen reden wir jetzt wieder einmal übers Geld. Wie ganz am Anfang erwähnt muss man für das x86-Audio-Player-Projekt höhere Kosten einplanen, als für einen Player, der auf einem RaspberryPi basiert. Die größten Kostenfaktoren sind dabei die Computerhardware und der USB-DAC, weil es hier eine große Auswahl zu unterschiedlichsten Preisen gibt. Bei meinem vierten und vorläufig letzten x86-Audio-Player habe ich alle Kosten für Netzteil und Gehäuse aufgezeichnet und hier (auf volle Euro gerundet) zusammengerechnet. Die Gesamtkosten - Stand Oktober 2018 - ergeben sich aus Netzteil + Gehäuse + Computerhardware + USB-DAC:

Das lineare Netzteil und das Sperrholzgehäuse

- Elektronische Bauteile für das Netzteil inklusive Ringkerntransformator, Aliexpress-LT-1083-Bausatz und Kaltgeräteanschlusskabel	€ 92,00
- Aluminiumteile/Profile für den Kühlkörper, 1 lfm	€ 6,00
- Schrauben, Muttern, Metallwinkel und diverse Verbindungselemente	€ 8,00
- Werkzeug nur für dieses Projekt gekauft: Lochbohrer/säge für Holz 68mm	€ 13,00
- Buchensperrholz im Zuschnitt, Holzleisten, div. Holzteile, Holzleim 120g	€ 18,00
- Aqua-Combi Clou Lack-Lasur 375ml	€ 12,00
- Schleifpapier, Kreppband, Abdeckmaterial, Pinsel	€ 7,00
Gesamt	€ 156,00

Gebrauchte Computerhardware

- Nexcom VTC6200 (Intel Atom Dualcore)	€ 120,00
- Lanner LEC 7000-Serie (Intel Atom Singlecore)	€ 20,00
- spo-book Tech 92F (Intel Atom Singlecore)	€ 50,00
- Nexcom NICE 3100-Serie (Intel Celeron-M Singlecore)	€ 50,00

Preise für die USB-DACs

- M2Tech hiFace (Neugerät)	€ 219,00
- Pro-Ject DAC BOX FL plus Fanmusic FM-6011 (Neugeräte)	€ 185,00
- Moodlab Dice (Gebrauchtgerät)	€ 125,00
- iCON Cube (Neugerät im Sonderangebot)	€ 30,00
- ODAC-revB XL (Neugerät)	€ 149,00
- Sabaj D3 (Neugerät im Sonderangebot)	€ 45,00
- Henry Audio USB DAC Mk 3 (Neugerät)	€ 249,00

Wie man sieht kann man bei gebrauchter Computerhardware sparen oder Geld liegen lassen. Beim USB-DAC sind die persönlichen Ansprüche eventuell ein Preistreiber, allerdings sollte man bedenken, dass ein guter Wandler auch einige Jahre im Einsatz bleiben wird.

Lohnt sich das Ganze?

Das ist die immer wiederkehrende Frage bei einem DIY-Projekt. Für mich persönlich JA, weil allein die hochwertige Audiowiedergabe den ganzen Aufwand rechtfertigt. Verglichen mit so mancher kommerziell vertriebener Lösung sind meine x86-Audio-Player, jeder für sich gesehen, für kleines Geld zu realisieren gewesen.

Außerdem: Ein DIY-Projekt kann man nicht ausschließlich nach kommerziellen Gesichtspunkten beurteilen. Stellt man sich zu den Materialkosten auch noch die eigene Arbeitszeit mit einem fiktiven Betrag in Rechnung, wäre jedes DIY-Bauwerk ein satter Minusposten. Lässt man die fiktiven Arbeitskosten weg, kommt man meistens auf eine schöne Summe Geld, die man verpulvert hat während man den einen oder anderen vergnüglichen und entspannenden Nachmittag für den Auf- und Zusammenbau verplempert hat. Gelernt hat man meistens auch noch was, während man die selbst verursachten Probleme zu lösen versucht hat und wenn man das Begonnene auch tatsächlich fertigstellt, kann man stolz auf seinen Eigenbau sein.

Mehr als zwei Jahre beschäftigen mich die x86-Audio-Player. Mit dem wohnzimmertauglichen Gehäuse ist bei diesem Projekt vorerst ein gewisser Abschluss erreicht worden, aber wer weiß was die Zukunft für meine x86-Audio-Player bereithält. Irgendwas wird mir schon einfallen. Schauen Sie regelmäßig vorbei, ich halte das Dokument auf dem Laufenden.

Wer nach den vielen Seiten Lust auf einen Eigenbau bekommen hat, dem wünsche ich alles Gute und den erhofften Erfolg bei allen DIY-Projekten.



Meine x86-Audio-Player im echten Leben - Erfahrungsbericht März 2019 bis August 2023

Die DIY-Dynamik rund um mein x86-Audio-Player-Projekt hat sich seit März 2019 verlangsamt. Grund dafür ist, dass die von mir aufgebauten Systeme wirklich gut funktionieren. Nachbesserungen waren nicht erforderlich und die Technik hat sich als robust und standfest erwiesen. Bedingt durch die Ereignisse rund um Covid-19 ab dem März 2020 hat sich bei meinen x86-Audio-Playern eine beträchtliche Anzahl an Betriebsstunden ergeben. Die viele unverhoffte freie Zeit (im Home Office) während des Jahres 2020 war eine Möglichkeit mehr Musik zu hören oder den Player zur Musikberieselung im Hintergrund laufen zu lassen. Dazu war es notwendig den x86-Audio-Player mit einem Verstärker und vernünftigen Lautsprechern zu verbinden. Ich habe mich für einen Mission Cyrus One - den aus den 1980ern - mit zwei KEF Q150 Lautsprechern entschieden. Very british, aber eine günstige und hochwertige kleine Anlage die meinen Ansprüchen genügt.

Es hat sich dabei bestätigt, dass Daphile das weit bessere Bedienkonzept bietet, weil man die Gerätesteuerung einfach über das Smartphone oder ein altes Tablet abwickeln kann und da schlägt es Winyl um Längen. Daphile ist auch super stabil, denn während der vielen Betriebsstunden ist es zu keinem einzigen Absturz wegen der Software gekommen. Das System mit Versionsnummer 19.12 (aktuell wäre v23.01) werkelt einfach vor sich hin und tut, was es soll. Genau aus diesem Grund habe ich vorerst nicht in Erwägung gezogen das Betriebssystem auf eine neuere Variante zu ändern. Ein Betriebssystem-Update kommt möglicherweise zu einem späteren Zeitpunkt.

Die Datenspeicherung bestehend aus einer lokalen, im x86-Audio-Player integrierten Festplatte und einem externen Server hat sich bestens bewährt. Die Umwandlung aller meiner Audio-CDs in FLAC geht langsam aber sicher voran und mit derzeit mehr als zweihundert umgewandelten CDs habe ich noch keine Platzprobleme auf der Festplatte des x86-Audio-Players. Sogar für einen autarken Betrieb abseits des Servers wäre die Musikauswahl für einen langen Zeitraum sichergestellt.

Und wie schaut mein DIY-Netzteil aus? Der Längsregler hat einen schlechten Wirkungsgrad und erzeugt Wärme aber das wusste ich und damit muss ich leben. Als Gegenleistung kommt bei diesem Netzteil saubere Gleichspannung heraus und das war ja Zweck der ganzen Sache. Der große Aluminiumkühlkörper ermöglicht eine völlig ausreichende Wärmeabgabe und wie beabsichtigt bleibt die Temperatur direkt am Längsregler auch bei hohen Raumtemperaturen in jedem Fall rund um die 50°C. Die mit dem DIY-Netzteil versorgte Hardware läuft dauernd stabil. Auch im wochenlangen Dauerbetrieb, wie Ende März 2019, als ich vor der Abreise in den Urlaub vergessen hatte den x86-Audio-Player abzustellen. Die vielen unnötigen Betriebsstunden und die verschwendete Energie waren ärgerlich, der unabsichtliche Dauertest aber ein Beweis für die absolute Standfestigkeit der Konstruktion.

Das lackierte Sperrholzgehäuse mag vielleicht nicht das Optimum an Raffinesse darstellen, ist aber ein adäquater Schutz für die verbauten Komponenten und vor allem vollständig wohnzimmertauglich. Zu anderen Hifi-Komponenten passt es auch einigermaßen und noch niemand hat über das Schachtel-Design ein Wort verloren. Die Form folgt der Funktion und damit ist alles zum Gehäuse gesagt.

Beim Wandler habe ich eine Vorliebe für den ODAC-revB. Die hat sich in all den Jahren weiter gefestigt. Der ODAC-revB klingt ganz einfach gut und macht was die Musikalität betrifft alles richtig. Technisch ist der ODAC-revB völlig ausgereift und man braucht sich nicht weiter um ihn zu kümmern, er musiziert munter vor sich hin, solange man das von ihm will. Der Henry Audio USB DAC 128 Mk3 ist mein zweiter Liebling geworden. Wie der ODAC-revB klingt der Henry so gut, dass ich mir nicht vorstellen kann, dass ein DAC um eintausend oder mehr Euro für mein persönliches Hörvermögen viel besser klingen wird. Henry und ODAC sind Empfehlungen, wenn man für wenig Geld „out-of-the-box“ einen ordentlichen DAC haben will.

Auch der Rest meiner DIY-Story ist schnell erzählt: Ich habe es bis ins Jahr 2023 noch nicht geschafft auch nur einen einzigen Teil meiner angesammelten Hardware wie geplant abzugeben. Einiges Zeug steht im Regal meiner Werkstatt herum und wartet auf eine Verwertung. Nur das All-In-One Daphile-Kompakt-System mit dem spo-book Tech 92F ist unverändert in Betrieb. Ich habe es derzeit in der Stadtwohnung in Wien im Einsatz. Auch dieses System ist uneingeschränkt betriebsfähig und läuft ohne Macken. Als Wandler habe ich dort den M2Tech hiFace im Einsatz, die Wiedergabe erfolgt über einen Akai AA-1030 Receiver mit Kaufdatum April 1979 und einem Paar Q Acoustics 3030i Lautsprecher vom November 2020. Für einen kleinen Raum ist das eine interessante Zusammenstellung, vor allem weil sich der 44 Jahre alte Akai-Receiver in einem überraschend guten technischen Zustand befindet und noch ordentlich seine Arbeit verrichtet.

Bin ich mit dem x86-Audio-Player noch immer zufrieden? Auch nach vier Jahren kann ich das mit einem eindeutigen Ja beantworten. Wäre ich es nicht, hätte ich Änderungen vorgenommen und hier darüber seitenlang berichtet. Gibt es für mich Gründe einen neuen x86-Audio-Player zu bauen? Nein, die denn die Audioqualität reicht für mein Gehör völlig aus. Ist der x86-Audio-Player altmodisch? Ebenfalls ein klares Nein, denn die Qualität der Wandler ändert bzw. verbessert sich nur sehr langsam. Die Leistungsfähigkeit der Computerhardware ist bei diesem Verwendungszweck kein übermäßig anspruchsvolles Kriterium. Ich denke, dass das technische Ende meiner x86-Audio-Player noch lange nicht erreicht ist und ich die Ressourcen noch einige Jahre nutzen kann.

Zum Schluß nochmals das Rechtliche usw.:

Alles was in diesem Dokument beschrieben wird, habe ich selbst ausprobiert und es funktioniert bei mir. Ich kann und will keine Garantie auf die vollständige Reproduzierbarkeit der in diesem Dokument gemachten Aussagen, Verfahrensweisen und Beschreibungen geben, weil es sich ausschließlich um Bastelprojekte („Do-It-Yourself“, „DIY“) handelt. Die hier beschriebenen elektrischen Aufbauten haben kein CE-Prüfzeichen und dürfen nicht für kommerzielle Zwecke nachgebaut und nicht in Verkehr gebracht werden. Arbeiten Sie mit gefährlichen Spannungen nur dann, wenn Sie dazu befähigt sind.

Dieses Dokument ist keine Aufforderung zum Nachbau und ich schließe jedwede Haftung für die sich aus der Nutzung dieses Dokumentes ergebenden Schäden und Katastrophen aus. Kurz zusammengefasst: Wenn Sie Ihr Wohnhaus, die Nachbarhäuser, einen Ortsteil oder gleich den ganzen Ort in Brand setzen, nur weil Sie etwas in diesem Dokument beschriebenes nachgemacht haben, dann habe ich nichts damit zu tun und Sie sind allein an Ihrer Misere schuld. Sollten Sie sich den Hammer auf den Daumen oder einen anderen Finger knallen, kann ich nichts dafür. Ich habe Sie auch nicht überredet dieses Projekt in Angriff zu nehmen und wenn Sie 2.000.000 Euro - oder noch wahnsinnigere Summen - in Ihren x86-Audio-Player gesteckt haben, nur damit er der beste Player im Universum wird, müssen Sie das Ihrer Frau/ Ihrem Mann und vielleicht Ihrer Bank erklären, mich geht das rein gar nichts an. Deshalb wie immer: **Benutzung auf eigene Gefahr. Use at your own risk!**

In dieser Publikation werden verschiedene Bezugsquellen genannt. Ich bekomme dort was ich brauche zu vernünftigen Preisen und habe mit diesen Unternehmen gute Erfahrungen gemacht. Mehr aber auch nicht. Deshalb sind diese Hinweise keinesfalls als Werbung zu verstehen. Das gesamte Dokument ist werbefrei.

Wenn Ihnen meine Bastelprojekte gefallen haben, dann freut es mich. Sollten Sie nicht (immer) meiner Meinung sein, dann bedenken Sie bitte, dass es bei jedem Thema und Projekt verschiedene Herangehens- und Sichtweisen gibt. Für Anregungen oder bei Fragen erreichen Sie mich per E-Mail: josef.troeszter@gmail.com Bitte um Geduld, ein paar Tage Reaktionszeit sind bei mir üblich, weil ich beruflich sehr viel unterwegs bin.

Für die öfters auftauchenden fehlerhaften Worttrennungen machen Sie bitte die Software verantwortlich. Ich komme kaum mit dem Ausbessern nach. DTP-Programme kümmern sich scheinbar mehr um den Satz als um korrekte Worttrennungen.