

„[...]the gigantic ocean of electromagnetic waves now  
bathing us[...]”

-Timothy Morton

Timo Jan Johannes  
Arbeit zur Erlangung des Bachelor of Arts  
Hochschule für Künste Bremen  
2019

Prof. Ralf Baecker, Prof. Dennis Paul

# INHALTSVERZEICHNIS

INHALTSVERZEICHNIS.....	3
VORWORT.....	5
AN DIE LESENDEN.....	7
EMF_TOOLKIT/MODULES.....	9
../N-VN.....	11
../000-V02.....	12
../001-V02.....	13
../002-V01.....	17
../003-V01.....	21
../004-V01.....	25
../005-V01.....	28
EMF_TOOLKIT/COMPONENTS.....	31
../CABLES.....	33
../SIGNALS.....	34
../MISC.....	35
../POWER.....	37
../MCU.....	39
../RS485.....	41
../AUDIO_OUT.....	43
../HF_SENSE.....	45
../VLF_SENSE.....	47
EMF_TOOLKIT/GLOSSARY.....	49
ÄSTHETIK.....	51
ARTEFAKT.....	55
ELEKTROSPHÄRE.....	61
MESSEN.....	67
MESSGERÄTE.....	73
BIBLIOGRAFIE.....	78
ABBILDUNGEN.....	79

# VORWORT

Vor einiger Zeit bin ich auf Youtube auf ein Video auf dem Channel „Hainbach“ gestoßen. In diesem zeigt der in Berlin lebende Musiker für einen Aprilscherz wie er mit Hilfe von Telefonabnehmespulen die elektromagnetischen Strahlungen von verschiedenen Synthesizern aufnimmt um zu testen, welchen das am besten klingende Feld umgibt<sup>1</sup>. Ein Aufnahmegerät verstärkt die Amplitude der elektromagnetischen Strahlung so weit, dass sie für das menschliche Ohr wahrnehmbar werden. Es öffnet sich eine unheimliche Parallelwelt von Rauschen, Zirpen und aggressiven Turbulenzen, und zeigt wie laut die Welt um uns eigentlich ist. Nur das wir davon nichts wahrnehmen. Das hat mich dazu veranlasst, mich selbst auf die Suche nach Möglichkeiten zu begeben, wie eine ästhetische Auseinandersetzung mit diesem Thema, welches uns eigentlich immer und überall umgibt und einfasst, funktionieren kann. Das Ergebnis dieser Erkundung ist das →EMF\_TOOLKIT. Ziel dieses Projekt ist es nicht, einen moralisch erhobenen Zeigefinger zu schaffen, oder zu verängstigen, eher ging es mir viel mehr darum, meine Neugier mit einem Einblick in diese unsichtbare Welt zu stillen und zu versuchen diese als das darzustellen, was sie ist: eine reell existierende, physikalische Entität.

Das →EMF\_TOOLKIT reiht sich in eine Tradition von Arbeiten ein, die sich mit dem elektromagnetischen Spektrum beschäftigen. Zum Beispiel Christina Kubisch und ihre elektrischen Stadtspaziergänge, Soundwalks bei denen in die →Elektrosphäre gehört werden kann<sup>2</sup>, Martin Howse und Shintaro Miyazaki mit ihrer psychophysischen Medienarchäologie mit Hilfe der Detektor-Platine<sup>3</sup> oder Martin Hesselmeier, und Karin Lingnau mit ihrem SARoskop<sup>4</sup>. Diese und viele weitere Projekte sind von einer Kuriosität am nicht wahrnehmbaren angetrieben, und finden verschiedene Möglichkeiten der Interaktion. Für mich war es wichtig, eine Art Interface zu entwickeln, mit dem die Unnahbarkeit zumindest etwas aufgelöst und zugänglicher gemacht wird.

Abb. 1: Telefonabnehmerspule

- 1 <https://www.youtube.com/watch?v=xcF8Duubhz4>
- 2 [http://www.christinakubisch.de/de/arbeiten/electrical\\_walks](http://www.christinakubisch.de/de/arbeiten/electrical_walks)
- 3 <http://digicult.it/news/mapping-the-electromagnetism-detectors-by-martin-howse-and-shintaro-miyazaki/>
- 4 <https://www.martinhesselmeier.com/saroskop>

# AN DIE LESENDEN

Das →EMF\_TOOLKIT ist ein medienarchäologisches Toolkit das sich aus einer Sammlung von →Messwerkzeugen und Antennen, Sensoren und Aktuatoren zusammensetzt, die es dem Nutzer ermöglichen den sonst nicht wahrnehmbaren elektromagnetischen Raum zu erkunden und ästhetisch für sich zu erschließen. Es setzt sich aus Modulen und Komponenten zusammen.

Module sind funktionelle Einheiten, die mit Hilfe Komponenten, dies können z.B. Teile eines Schaltkreises wie →EMF\_TOOLKIT/RS485 oder Kabel wie →EMF\_TOOLKIT/PATCHCABLE sein, verbunden und aus ihnen zusammengesetzt sind. Das Toolkit ist komplett quelloffen, und soll so dem geneigtem Leser die Möglichkeit bieten, eigene Module oder Komponenten zu entwickeln und den Umgang mit dem →EMF\_TOOLKIT so einfach wie möglich zu gestalten.

Es ist höchst modular aufgebaut, sodass Experimente zur Visualisierung, Sonifizierung und Ästhetisierung von elektromagnetischen Feldern durchgeführt werden können, welche genau auf die vom Nutzer benötigten Anforderungen zugeschnitten sind.

Ein anderer Teil des Toolkits ist diese Anleitung, die wiederum in zwei Abschnitte gegliedert ist: Zum einen die technische Erläuterung der Module und Komponenten des Toolkits. Diese Beschreibungen enthalten Schematiken, Belegungen der Ein- und Ausgänge und einen Funktionsüberblick. Werden andere Komponenten oder Module referenziert, geschieht dies über die Glyphe „→“ vor der Referenz, zusätzlich sind diese Referenzen KAPITALISIERT.

Im zweiten Teil, dem →EMF\_TOOLKIT/GLOSSARY, werden Begriffe und Formulierungen essayistisch aufgearbeitet. Referenziert werden diese Begriffe auch über die Glyphe „→“, zusätzlich sind diese Referenzen unterstrichen.

# EMF\_TOOLKIT/MODULES

# EMF\_TOOLKIT/N-VN

→EMF\_TOOLKIT/n-Vn ist der Prototyp der verschiedenen →EMF\_TOOLKIT Module. Es fasst die Spezifikationen zur Entwicklung und Konstruktion eines neuen Modules zusammen und beschreibt die minimale Konfiguration von benötigten Komponenten.

Jedes Modul hat eine inkrementierende Modulnummer, beginnend bei 000, gefolgt von einem Bindestrich, gefolgt von einer Versionsnummer. Diese ist notwendig um einen Überblick über Stand der Versionierung im →EMF\_TOOLKIT zu erhalten und sollte gut sichtbar auf dem Modul oder dem Modulgehäuse angebracht werden.

Zur Kommunikation mit den anderen Geräten des Toolkits hat jedes Modul mindestens einen Anschluss des Typs RJ14-6P4C zur Übertragung von →EMF\_TOOLKIT/SERIAL und eine Variante der Komponenten →EMF\_TOOLKIT/RS485 verbaut. Außerdem wird zum Kodieren und Dekodieren des →EMF\_TOOLKIT/SERIAL Signals eine zentrale Verarbeitungseinheit des Typs →EMF\_TOOLKIT/MCU gebraucht.

Da es sich bei diesen Modulen um Geräte handelt, auf denen sowohl digitale und analoge Signale verarbeitet und verwendet werden müssen bei der Gestaltung der elektrischen Schaltkreise einige Punkte beachtet werden um einen optimalen, störungsfreien Transport von Analogsignalen zu garantieren.

1. Leiterbahnen, die Analogsignale führen sollten nicht mit Bahnen gekreuzt werden, die digitale Signale transportieren. Dies kann zu starkem Rauschen im Analogsignal führen. Zudem sollten Analogleitungen mit Abstand zu Digitalleitungen geführt werden um Crosstalk zu verhindern.
2. Jede Komponente auf den einzelnen Modulen sollte eine individuelle Leiterbahn zur Spannungsquelle verwenden. Dies verhindert eine Fortpflanzung von Störsignalen durch das Modul
3. Jedes Modul des Toolkits sollte mit einer eigenen Stromquelle ausgestattet sein. So kann garantiert werden, dass sich eventuelle Störsignale einer einzelnen Stromquelle durch die gesamte Netzwerk-Topologie fortpflanzt.
4. Es muss eine Kontinuität der GND-Verbindung zwischen allen Modulen bestehen. Dies wird über →EMF\_TOOLKIT/PATCHCABLE umgesetzt.
5. Die Komponenten auf den einzelnen Modulen sollten mit Filterkondensatoren ausgestattet werden, um Störsignale zu minimieren.

## EMF\_TOOLKIT/000-V02

→EMF\_TOOLKIT/000-V02 ist die Basisstation des modularen →EMF\_TOOLKITS. Sie ist optional, und vereinigt verschiedene Funktionen in sich. Zum einen werden Inputs für drei Antennenmodule des Typs →EMF\_TOOLKIT/001-V02 oder Signale des Typs →EMF\_TOOLKIT/SERIAL geboten, als auch eine Patchbay von Outputs für deren Signale. Mit Kabeln des Typs →EMF\_TOOLKIT/PATCHCABLE können serielle Signale des Typs →EMF\_TOOLKIT/SERIAL mit Hilfe der Outputs zu den Outputmodulen gesendet werden.

### [INPUT]

**ANT\_N:** Anschlüsse für Antennenmodule des Typs →EMF\_TOOLKIT/001-V02 oder serielle Signale des Typs →EMF\_TOOLKIT/SERIAL.

**PLOT:** Eingang für ein.

**DBG:** Anschluss für USB-Verbindung zum Microcontroller, hier ist ein Kabel des Typs →EMF\_TOOLKIT/USBCABLE vorgesehen.

### [OUTPUT]:

**OUT\_N/N:** Je drei Outputs für das Signal der Inputs →ANT\_N. Das Signal wird auf jedem Output gleich ausgegeben werden, sie dienen als Anschluss für Module des Typs →EMF\_TOOLKIT/002-V01, →EMF\_TOOLKIT/003-V01, →EMF\_TOOLKIT/004-V01 & →EMF\_TOOLKIT/005-V01. Zur Verbindung der Module wird das →EMF\_TOOLKIT/PATCHCABLE verwendet.

## EMF\_TOOLKIT/001-V02

→EMF\_TOOLKIT/001-V02 ist ein Antennenmodul welches elektromagnetische Signale detektieren und verstärkt und ein breites Frequenzspektrum abdeckt. Es besteht aus einer Platine und einer Ringantenne. Das Board ermöglicht mit zwei Komponenten die Erkundung von zwei Frequenzbereichen, →EMF\_TOOLKIT/VLF\_SENSE und →EMF\_TOOLKIT/HF\_SENSE. →EMF\_TOOLKIT/VLF\_SENSE verwendet die aus einer Kupferspule gewickelten Ringantenne, und einen Operationsverstärker, um Frequenzen im Bereich von 20Hz bis 90kHz abzudecken. Dies macht niederfrequente Signale von elektrischen Geräten zu erkunden. →EMF\_TOOLKIT/HF\_SENSE deckt höherer Frequenzen von 100MHz bis 2.5GHz ab. Ein demodulierender IC übersetzt diese Frequenzen in ein menschlich wahrnehmbares Spektrum. Zusammen mit einem Operationsverstärker werden GSM, GPS, Wifi und Bluetooth sonifiziert. →EMF\_TOOLKIT/001-V02 ist die Signalquelle für alle Patches im →EMF\_TOOLKIT und bildet die Spitze der Netzwerk-Topologie. Der Messvorgang wird unter →EMF\_TOOLKIT/MEASUREMENT beschrieben.

Diese Schaltungen basieren auf dem DETEKTOR Projekt von Martin Howse und Shintaro Miyazaki<sup>5</sup>.

### [INPUT]

**ANT\_1 & ANT\_2:** Anschlusspunkte für die →EMF\_TOOLKIT/VLF\_ANTENNA. Der Kupferlackdraht der Antenne kann mit hohen Temperaturen (400°C+) an die Pads gelötet werden.

**X2:** Anschlusspunkt für →EMF\_TOOLKIT/RF\_ANTENNA. Hier können Antennen mit einem SMA-Anschluss verschraubt werden.

**ICSP-Header:** Verbindungspunkt zur Programmierung der sich auf der Platine befindliche →EMF\_TOOLKIT/MCU.

**S1 / I/O:** An- und Ausschalter der →EMF\_TOOLKIT/001-V02. Wird die Platine eingeschaltet, leuchtet die LED →I/O auf.

**S2 / RF/VLF:** Wählschalter Frequenzbereich.

### [OUTPUT]

**J2:** Audiooutput, geeignet für 3,5mm Stereo-Klinkenstecker. Ausgabe für →EMF\_TOOLKIT/AUDIO.

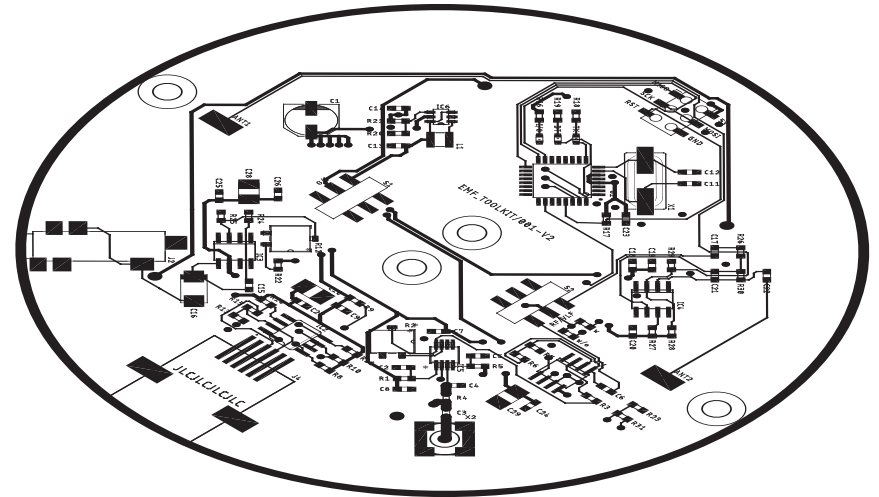
**J4:** Anschlusspunkt für →EMF\_TOOLKIT/PATCHCABLE und Ausgang für →EMF\_TOOLKIT/SERIAL.

<sup>5</sup> Howse, Martin, „detektor“ (6.9.2015). <http://www.1010.co.uk/org/detektor.html> (Stand 13.12.2019).

# BILL OF MATERIALS EMF\_TOOLKIT/001-V02

Part	Value	Package
ANT1	DNP	SMD2,54-5,08
ANT2	DNP	SMD2,54-5,08
C1	220uf	PANASONIC_D
C2, C5, C7, C8, C9, C19, C20, C22, C25, C27	100nf	C0603
C3, C4	680pf	C0603
C6, C17, C18, C23, C24, C26	1uf	C0603
C10, C28, C29	10uf	B/3528-21R
C11, C12	22pf	C0603
C13	4.7uf	C0603
C14	10uf	C0603
C15	47nf	C0603
C16	100uf	SMC_C
C21	1nf	C0603
DT, I/O, TX	LED_RED	CHIPLED_0603
IC1	LM358D	S008
IC2	MAX481CSA	S008
IC3	LM386M-1	S008
IC4	OP27D	S008
IC5	AD8313ARMZRM_8-M	RM_8-M
IC6	MCP1640T-I/CHY	SOT95P270X145-6N
J2	SJ-43516-SMT	CUI_SJ-43516-SMT
J3	SMD-Pinheader 2x3	2X3_SMD
J4	Molex85502-5007	85502-5007
L1	0,47uH	WE-TPC_2811/2813_0LD
R1, R5, R23, R24, R31	10r	R0603
R2	23BR10KLFTR	RES3_23B
R12	23BR100KLFTR	RES3_23B
R3	4.7k	R0603
R4	51R	R0603
R6	50k	R0603
R7, R13, R14	20k	R0603
R8, R9, R10, R11, R17, R22, R28, R29	10K	R0603
R30	100k	RES3_23B
R15	120r	R0603
R16, R18, R19	220r	R0603
R20	220k	R0603
R21	680k	R0603
R25	15k	R0603
R26	1k	R0603

R27	100r	R0603
R32, R33	jumper	R0603
S1, S2	JS202011SCQN	SW_JS202011SCQN
U2	ATMEGA328P-AU	QFP80P900X900X120-32N
U3, U4	Keystone 1028	1028
X1	16mhz	HC49-4-HSMX
X2	SMA-SMD	SMA-SMD





# EMF\_TOOLKIT/002-V01

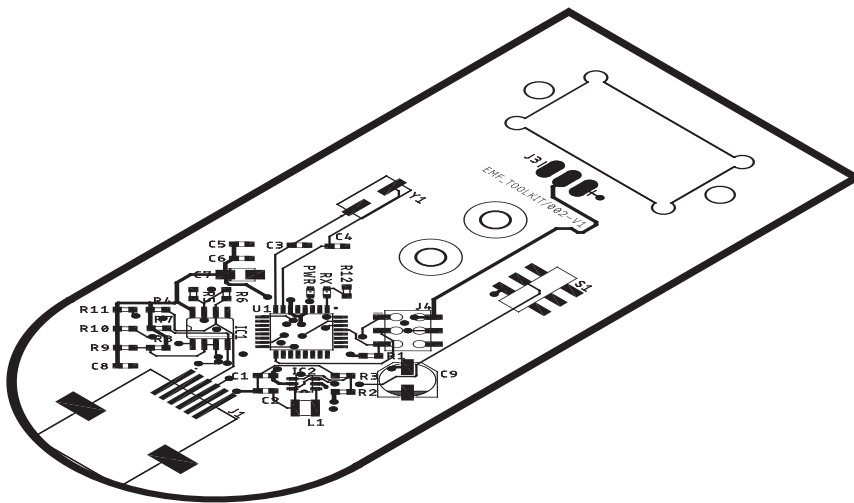
→EMF\_TOOLKIT/002-V01 ist ein Visualisierungsmodul, welches mit Hilfe eines dünnen, runden Federstahls die quantitative Aktivität von elektromagnetischen Feldern visualisiert. Ein Servomotor bewegt sich entsprechend der Feldfluktuationen die via →EMF\_TOOLKIT/SERIAL an das Modul übertragen werden. Bei größerer Aktivität schlägt der Federstahl weiter aus.

## [INPUT]

- S1: An- und Ausschalter des Moduls →EMF\_TOOLKIT/002-V01. Wird die Platine eingeschaltet, leuchtet die LED →I/O auf.
- J1: Anschlusspunkt für →EMF\_TOOLKIT/PATCHCABLE und Eingang für →EMF\_TOOLKIT/SERIAL.
- J2: Anschlusspunkt des Typs JSTPH2.0-2 für LiPo-Akkumulator.
- J4: Anschlusspunkt ICSP zur Programmierung der sich auf dem Board befindlichen →EMF\_TOOLKIT/MCU.

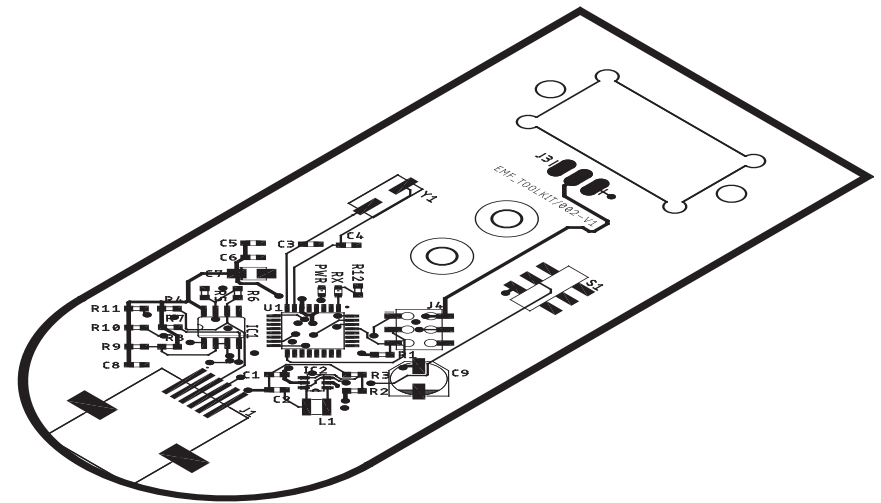
## [OUTPUT]

- J3: Anschlusspunkt für einen Servomotor des Typs Tower Pro MG90S. Die Pinbelegung lautet wie folgt (wenn das Board von oben betrachtet wird): GND - 5V - SIG.



# BILL OF MATERIALS EMF\_TOOLKIT/002-V01

Part	Value	Package
C1	10uf	C0603
C2	4,7u	C0603
C3, C4	22pf	C0603
C6	1u	C0603
C7	10uf	B/3528-21W
C5, C8	100n	C0603
C9	220u	PANASONIC_D
D1	1N5819HW	SOD3716X145N
IC1	MAX481CSA	S008
IC2	MCP1640T-I/CHY	SOT95P270X145-6N
J1	MOLEX 85502-5007	85502-5007
J2	LiPo	JST-2-SMD
J3	Schraubterminal 1x2	1X02_2.54_SCREWTERM
J4	SMD-Pinheader 2x3	2X3_SMD
L1	0,47uH	WE-TPC_2811/2813_0LD
Q2	IRLR7843PBF	D-PAK(T0-252AA)_1
R2	680k	R0603
R3	220k	R0603
R4, R5	20k	R0603
R6	120R	R0603
R1, R7, R8, R9, R10	10k	R0603
R11, R12, R13	1k	R0603
R14	100k	R0603
RX, PWR	LED_RED	CHIPLED_0603
S1	JS202011SCQN	SW_JS202011SCQN
U1	ATMEGA328P-AU	QFP80P900X900X120-32N
Y1	ABLS7M2-16.000MHZ	ABLS7M2



# EMF\_TOOLKIT/003-V01

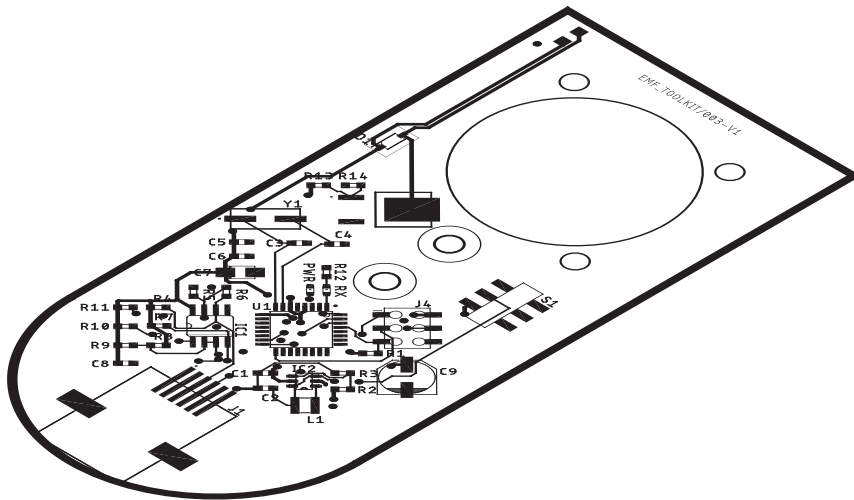
→EMF\_TOOLKIT/003-V01 ist ein Visualisierungsmodul welches mit Hilfe von sich verändernden Luftströmungen und einer Windfahne elektromagnetischen Felder aufzeigt. Ein Lüfter umströmt eine die Fahne, die Signalstärke der Felder die über →EMF\_TOOLKIT/SERIAL an das Modul versendet werden verändert kontinuierlich die Pulsweite des PWM-Signals das den Lüfter steuert. Bei zunehmender Aktivität wird die Fahne mehr und mehr durch den Wind getragen.

## [INPUT]

- S1: An- und Ausschalter des Moduls →EMF\_TOOLKIT/003-V01. Wird die Platine eingeschaltet, leuchtet die LED →I/O auf.
- J1: Anschlusspunkt für →EMF\_TOOLKIT/PATCHCABLE und Eingang für →EMF\_TOOLKIT/SERIAL.
- J2: Anschlusspunkt des Typs JSTPH2.0-2 für LiPo-Akkumulator.
- J4: Anschlusspunkt ICSP zur Programmierung der sich auf dem Board befindlichen →EMF\_TOOLKIT/MCU.

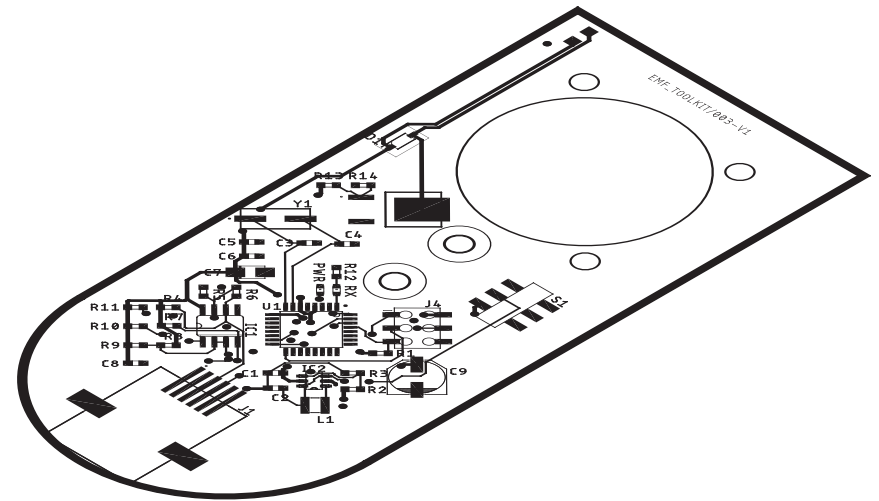
## [OUTPUT]

- J3: Anschlusspunkt für einen Lüfter mit  $\varnothing 35\text{mm}$  und VIN von 5V. Die Pinbelegung lautet wie folgt (wenn das Board von oben betrachtet wird): 5V - GND.



# BILL OF MATERIALS EMF\_TOOLKIT/003-V01

Part	Value	Package
C1	10uf	C0603
C2	4,7uf	C0603
C3, C4	22pf	C0603
C5	1uf	C0603
C6, C8	100nf	C0603
C7	10uf	B/3528-21W
C9	220uf	PANASONIC_D
IC1	MAX481CSA	S008
IC2	MCP1640T-I/CHY	SOT95P270X145-6N
J1	MoIex 85502-5007	85502-5007
J2	LiPo	JST-2-SMD
J3	DNC	1X03_LONGPADS
J4	SMD-Pinheader 2x3	2X3_SMD
L1	0,47uH	WE-TPC_2811/2813_OLD
R2	680k	R0603
R3	220k	R0603
R4, R5	20k	R0603
R6	120r	R0603
R1, R7, R8, R9, R10	10k	R0603
R11, R12	1k	R0603
PWR, RX	LED_RED	CHIPLED_0603
S1	JS202011SCQN	SW_JS202011SCQN
U1	ATMEGA328P-AU	QFP80P900X900X120-32N
Y1	ABLS7M2-16.000MHZ-D-2Y-T	ABLS7M2



# EMF\_TOOLKIT/004-V01

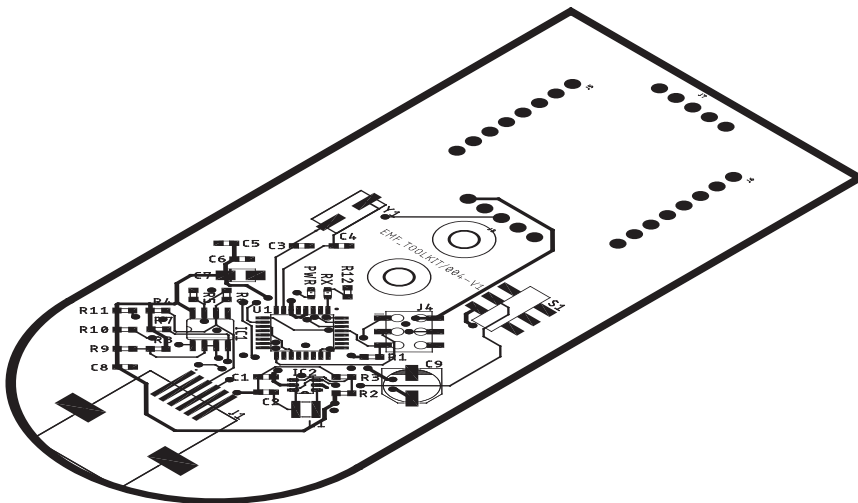
→EMF\_TOOLKIT/004-V01 ist ein modular nutzbarer Random Number Generator, welcher elektromagnetische Felder als Entropiequelle nutzt. Durch die Fluktuationen der Felder, die räumliche Konfiguration elektrischer Geräte, sowie das menschliche Ablesen der Ziffern ergibt sich eine echt-zufällige Verteilung der erzeugten Werte. Ausgegeben werden Zahlen, welche über die Messung der Zeitabstände zwischen einzelnen elektromagnetischen Pulsen ermittelt werden, über ein Punktmatrix-LED-Display.

## [INPUT]

- S1: An- und Ausschalter des Moduls →EMF\_TOOLKIT/003-V01. Wird die Platine eingeschaltet, leuchtet die LED →I/O auf.
- J1: Anschlusspunkt für →EMF\_TOOLKIT/PATCHCABLE und Eingang für →EMF\_TOOLKIT/SERIAL.
- J2: Anschlusspunkt des Typs JSTPH2.0-2 für LiPo-Akkumulator.
- J4: Anschlusspunkt ICSP zur Programmierung der sich auf dem Board befindlichen →EMF\_TOOLKIT/MCU.

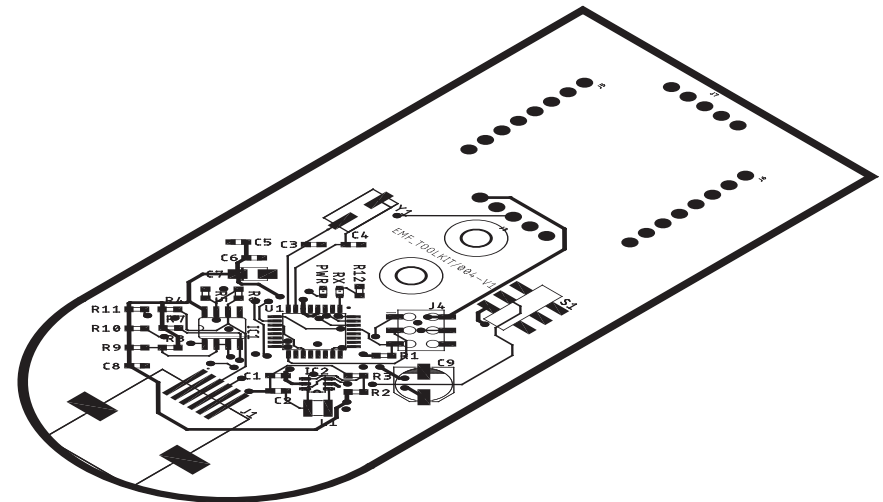
## [OUTPUT]

- J3: Anschlusspunkt für eine Punktmatrix-LED-Display mit 8x8 Leuchtdioden mit einem MAX7219 als Controller. Die Pinbelegung lautet wie folgt (wenn das Board von oben betrachtet wird): 5V - GND - DIN - CS - CLK.



# BILL OF MATERIALS EMF\_TOOLKIT/004-V01

Part	Value	Package
C1	10uf	C0603
C2	4,7uf	C0603
C3, C4	22pf	C0603
C6	1uf	C0603
C7	10uf	B/3528-21W
C5, C8	100nf	C0603
C9	220u	PANASONIC_D
IC1	MAX481CSA	S008
IC2	MCP1640T-I/CHY	SOT95P270X145-6N
J1	MOLEX 85502-5007	85502-5007
J2	LiPo	JST-2-SMD
J3, J7	DNC	1X05_NO_SILK
J4	SMD-Pinheader 2x3	2X3_SMD
J5, J6	DNC	1X08_NO_SILK
L1	0,47uH	WE-TPC_2811/2813_OLD
R2	680k	R0603
R3	220k	R0603
R4, R5	20k	R0603
R6	120R	R0603
R1, R7, R8, R9, R10	10k	R0603
R11, R12	1k	R0603
PWR, RX	LED_RED	CHIPLED_0603
S1	JS202011SCQN	SW_JS202011SCQN
U1	ATMEGA328P-AU	QFP80P900X900X120-32N
Y1	ABLS7M2-16.000MHZ-D-2Y-T	ABLS7M2



# EMF\_TOOLKIT/005-V01

→EMF\_TOOLKIT/005-V01 ist ein Modularer Synthesizer im Eurorackstandard. Eine Reihe von Modulen erlaubt es einen ästhetischen Zugang zu elektromagnetischen Feldern zu gewinnen.

Vier Module sind in der in dieser Konfiguration verbaut:

1. Ein Verstärker kombiniert mit einem Kontaktmikrofon (Mutable Instruments Ears<sup>6</sup>) zum Verstärken des →EMF\_TOOLKIT/AUDIO Signals
2. Ein Resonator (Mutable Instruments Rings<sup>7</sup>), welcher als Quelle für Audiosignale fungiert. Triggersignale TRG\_1 & TRG\_2 können zum Anregen verwendet werden.
3. Ein Granular-Reverb (Mutable Instruments Clouds<sup>8</sup>), welches zur Modifikation und Veräumlichung des Audiosignals und Granularbeobachtung einzelner Aspekte verwendet werden kann. Dieses kann über CV1 & CV2 moduliert werden.
4. Eine multimodale Modulationsquelle (Ornament & Crime<sup>9</sup>)

All diese Module basieren auf Open Source Hardware. Bei Bedarf können diese Module durch andere Module aus dem Eurorack-Standard ersetzt werden. Insgesamt steht eine Einbaubreite von 50hp/254mm zur Verfügung.

Zusätzlich ist →EMF\_TOOLKIT/005-V01 mit einem Interface zum Anschluss von Modulen des Typs →EMF\_TOOLKIT/001-V01 ausgestattet. Es können Signale sowohl Signale des Typs →EMF\_TOOLKIT/SERIAL als auch →EMF\_TOOLKIT/AUDIO verbunden werden um als Audio- oder Modulations-signal zu fungieren. Als Stromquelle dient eine Powerbank, ein Mean Well DKM10E-12 DC-DC Konverter wandelt die 5VOUT der Powerbank in die für den Eurorackstandard +12VOUT und -12VOUT um. Als Controller kommt in diesem Modul ein Teensy 3.2 zum Einsatz. Dieser unterstützt die benötigten Seriellen Schnittstellen für →EMF\_TOOLKIT/005\_V1.

## [INPUT]

IN\_1 & IN\_2: Anschlusspunkte für →EMF\_TOOLKIT/PATCHCABLE und Eingang für →EMF\_TOOLKIT/SERIAL.

THR: Schwellwertauswahlpotentiometer für nebenliegenden Trigger-Output. Kontrolliert, ab welcher Stärke des Signaleingangs ein Triggersignal gefeuert wird.

ATT: Attenuator für nebenliegenden CV-Output. Schwächt den Output des CV-Outputs ab.

ON / OFF: An- und Ausschalter der →EMF\_TOOLKIT/005-V01. Wird das Modul eingeschaltet, leuchten die LEDs →+5V/+12V/-12V auf.

MODE: Wahlschalter für Auswahl des Operationsmodus des →EMF\_TOOLKIT/005-V01. Wählt zwischen differenzialen und dualen Betrieb. In dualen Betrieb werden über →CV\_1 und →CV\_2 jeweils das Signal von →IN\_1 und →IN\_2 direkt ausgegeben. Differenzial werden aus →CV\_1 die Differenzen zwischen →IN\_1 und →IN\_2 ausgegeben, →CV\_2 gibt dieses Signal invertiert aus.

## [OUTPUT]

TRG\_1 & TRG\_2: Anschlusspunkt für →EMF\_TOOLKIT/AUDIOPATCHCABLE und Ausgang für Triggersignale mit VMAX 5V. Kompatibel mit dem Eurorack-Standard.

CV\_1 & CV\_2: Anschlusspunkt für →EMF\_TOOLKIT/AUDIOPATCHCABLE und Ausgang für Controlvoltage zwischen -10V und +10V. Kompatibel mit dem Eurorack-Standard.

+5V/+12V/-12V: LED-Statusanzeige für Versorgungsspannungen des →EMF\_TOOLKIT/005-V01-Moduls.

6 Gillet, Émilie. „Mutable Instruments Ears“. <https://mutable-instruments.net/modules/ears/> (Stand 9.12.2019)

7 Gillet, Émilie. „Mutable Instruments Rings“. <https://mutable-instruments.net/modules/rings/> (Stand 9.12.2019)

8 Gillet, Émilie. „Mutable Instruments Clouds“. <https://mutable-instruments.net/modules/clouds/> (Stand 9.12.2019)

9 <https://ornament-and-cri.me> (Stand 2.12.2019)

# EMF\_TOOLKIT/COMPONENTS



## EMF\_TOOLKIT/PATCHCABLE

Zur Verbindung von Modulen werden im →EMF\_TOOLKIT Telefonkabel verwendet, die in RJ14-6P4C Modularsteckern terminiert sind. Diese sind flexibel und können mit Hilfe von Kupplungen verlängert und multipliziert werden. In jedem Kabel verlaufen vier Leiter, wobei zwei für eine, vom RS485 Standard benötigte gemeinsame GND-Vernetzung sorgen, die anderen Leiter sind für die symmetrische Signalübertragung vorgesehen. Diese Konfiguration erlaubt eine halbduplexe Kommunikation von Modul zu Modul, und bildet so ein Netzwerk mit einer Top-Down-Topologie, welches die →EMF\_TOOLKIT/001-V02 als Ursprung verwendet.

Die RJ14-6P4C-Stecker sind folgenderweise belegt (dies zeigt den Blick auf die Unterseite des Connectors): GND - A - B - GND.

## EMF\_TOOLKIT/AUDIOPATCHCABLE

Das →EMF\_TOOLKIT/AUDIOPATCHCABLE ist für den Transport von →EMF\_TOOLKIT/AUDIO Signalen innerhalb des →EMF\_TOOLKIT vorgesehen. →EMF\_TOOLKIT/AUDIOPATCHCABLE terminiert an beiden Enden in 3,5mm Mono- oder Stereoklinke. Dabei können entweder männliche oder weibliche Stecker verwendet werden, um Signalmultiplikationen zu ermöglichen. →EMF\_TOOLKIT/AUDIOPATCHCABLE ermöglicht auch eine Verbindung mit externen Signalquellen oder Ausgabegeräten.

Die Stecker sind wie folgt belegt (von der Spitze des Steckers zur Basis: SIG - (SIG) - GND.

## EMF\_TOOLKIT/USBCABLE

Das →EMF\_TOOLKIT/USBCABLE erlaubt es dem Nutzer einen Computer mit dem →DBG-Port des Moduls →EMF\_TOOLKIT/001-V02 zu verbinden. Dies erlaubt es dem Nutzer die Firmware der Module →EMF\_TOOLKIT/001-V02 und →EMF\_TOOLKIT/005-V01 zu modifizieren und überschreiben. Anders als das →EMF\_TOOLKIT/PATCHCABLE terminiert es auf einer Seite in einem USB-A-Stecker, auf der anderen in einem RJ14-6P4C Anschluss.

Der RJ14-6P4C-Stecker ist folgenderweise belegt (dies zeigt den Blick auf die Unterseite des Connectors): 5V - D+ - D- - GND. Das →EMF\_TOOLKIT/SIGNAL beschreibt ein serielles Format welches zur Kommunikation von digitalen Signalen innerhalb des →EMF\_TOOLKITS, sowie zur Aus- und Einführung von Daten in oder aus externe Systeme verwendet wird. Es wird über Kabel des Typs →EMF\_TOOLKIT/PATCHCABLE übertragen.

## EMF\_TOOLKIT/SERIAL

→EMF\_TOOLKIT/SERIAL wird von Microcontrollern auf den verschiedenen Modulen erzeugt und empfangen, die Signalspannung beträgt 5VPP, und bewegt sich zwischen 0V und 5V. Um das Signal stabil zwischen den Modulen zu bewegen wird das Signal bevor es das Modul verlässt mit Hilfe des →EMF\_TOOLKIT/RS485 Schaltkreises auf die Signalstärke des RS485 Standards, bzw. auf der Empfängerseite auf das Logiklevel des Microcontrollers übersetzt. Softwareseitig wird →EMF\_TOOLKIT/SERIAL über das Protokoll EasyTransfer umgesetzt. EasyTransfer ist eine →EMF\_TOOLKIT/MCU kompatible C++ Library, die Daten mit Hilfe von Datenstrukturen versendet, und diese mit einer Checksum vor Transferfehlern sichert.<sup>10</sup>

## EMF\_TOOLKIT/AUDIO

Das →EMF\_TOOLKIT/AUDIO beschreibt das Format, welches zur Kommunikation von Audiosignalen innerhalb des →EMF\_TOOLKIT verteilt werden, sowie zur Ein- und Ausführung von, bzw. zu externen Audio Ein- und Ausgabegeräten. Es wird über Kabel des Typs →EMF\_TOOLKIT/AUDIOPATCHCABLE übertragen.

→EMF\_TOOLKIT/AUDIO wird auf Platinen über die Komponente →EMF\_TOOLKIT/AUDIO\_OUT auf eine Signalstärke von 1VPP verstärkt und über eine 3,5mm Klinkenbuchse ausgegeben. Bei der Verwendung von Kopfhörern sollte darauf geachtet werden, dass es zu extrem lauten Spitzen im Signal kommen kann.

## EMF\_TOOLKIT/MEASUREMENT

→EMF\_TOOLKIT/MEASUREMENT können sowohl mobil als auch statisch durchgeführt werden. Hierzu sollten die Antennen des Typs →EMF\_TOOLKIT/001-V2 entweder an einem Handgriff oder auf einem Stativ platziert werden, und so positioniert werden, dass die Antennen sich möglichst frei im Raum befinden. Es kann sonst durch den Körper des Trägers oder anderer Gegenstände zur Abschirmung der Antenne von den zu messenden elektromagnetischen Feldern kommen. Die Messung kann sowohl in einer Konfiguration wie dem →EMF\_TOOLKIT/PATCH durchgeführt werden, das heißt mit einer Reihe von Geräten, welche miteinander verbunden werden, oder auch allein mit der Antenne →EMF\_TOOLKIT/001-V2 zusammen mit einem Paar Kopfhörer.

## EMF\_TOOLKIT/PATCH

Ein →EMF\_TOOLKIT/PATCH beschreibt im →EMF\_TOOLKIT eine Kette von miteinander verbundenen Modulen, welche zur Erkundung des elektromagnetischen Raums genutzt werden. Ein Patch kann aus einem oder mehr Modulen bestehen, wobei auch externe Geräte eingebunden werden können. Es muss ein mindestens ein Modul des Typs →EMF\_TOOLKIT/001-V2 in einem Patch verwendet werden, da diese als Datenquelle für die anderen Module fungieren. Von dort aus ist die Netzwerk- oder Patchstruktur als kaskadierende Top-Down Topologie zu sehen, welche auch laterale Verbindungen zulässt. In diesem Patch gibt es zwei Typen von Signalen:

1. Digitale →EMF\_TOOLKIT/SERIAL Signale, welche die Daten aus der Messung der elektromagnetischen Felder quantisiert transportieren.
2. Analoge →EMF\_TOOLKIT/AUDIO Signale, welche die direkte Sonifizierung der elektromagnetischen Felder transportieren.

Verbindung innerhalb eines Patches können mit →EMF\_TOOLKIT/PATCHCABLE und →EMF\_TOOLKIT/AUDIOPATCHCABLE hergestellt werden.

---

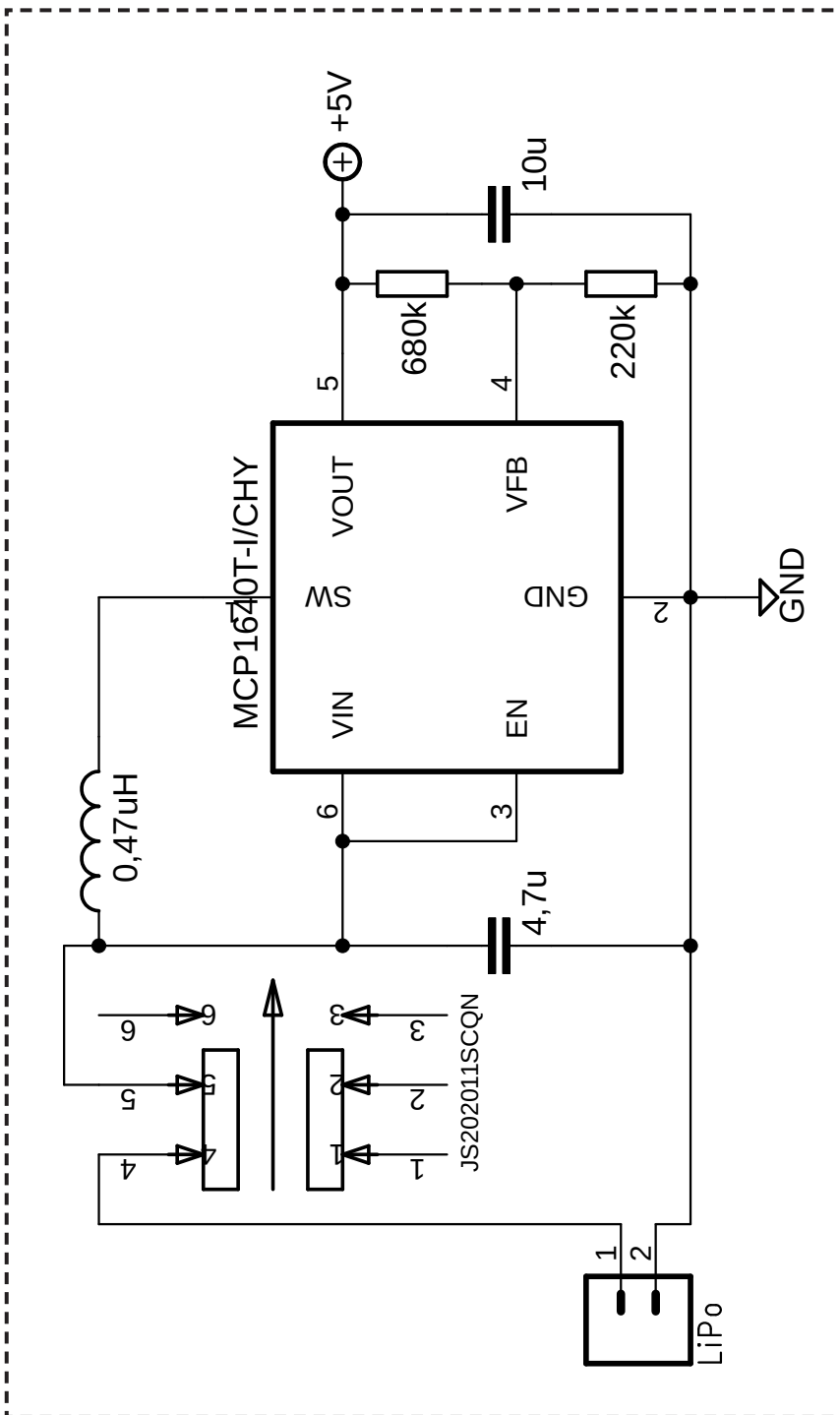
<sup>10</sup> Porter, Bill. „Easytransfer“. (30.5.2011) <http://www.bill-porter.info/2011/05/30/easytransfer-arduino-library/> (Stand: 3.10.2019)

# EMF\_TOOLKIT/POWER

→EMF\_TOOLKIT/POWER reguliert die Spannung auf vielen Modulen des →EMF\_TOOLKIT. Basierend auf einem Microchip MCP1640T-I/CHY<sup>11</sup> Boost Regulator IC wird dieser Schaltung ein VIN zwischen 2.4V und 4.2V zugeführt. Mit Hilfe der anderen elektronischen Komponenten des Schaltkreises gibt dieser eine VOUT von 5V bei einer IOUT von maximal 350mA aus. Hiermit können alle anderen Komponenten der Module betrieben werden. Um eine möglichst störungsfreie zu erreichen ist jedes Modul im →EMF\_TOOLKIT mit einer eigenen Spannungsquelle und einem →EMF\_TOOLKIT/POWER Schaltkreis ausgestattet. So kann sich eventuelles Rauschen nicht durch das Modulnetzwerk verteilen und verbleibt, sollte es auftreten, auf einem einzelnen Modul. Als Spannungsquelle kommen im →EMF\_TOOLKIT zwei verschiedene Technologien zum Einsatz. Zum einen ein Paar NiMH-Akkumulatoren im AA-Format (VMAX 2.4V), zum anderen LiPo-Akkumulatoren (VMAX 4.2V). Bei den LiPo-Akkumulatoren kann die Kapazität nach benötigter Größe variiert werden.

Die Akkumulatoren im AA-Format werden mit Hilfe von zwei in Serie geschalteter Keystone 1028 Batteriehalter mit dem Modul verbunden, bei den LiPo-Akkumulatoren werden JST2.0-2 Anschlüsse verwendet.

Eine andere Möglichkeit der Stromversorgung stellen Schaltnetzteile oder Powerbanks mit USB-Schnittstelle da. Diese können (ohne spezialisierte Implementierung eine Spannung von VMAX 5V bereitstellen. Bei Schaltnetzteilen sollte beachtet werden, dass das verwendete Modell einen geringen Noise-Output hat.



11 <http://ww1.microchip.com/downloads/en/DeviceDoc/20002234D.pdf>  
(Stand 27.11.2019)

# EMF\_TOOLKIT/MCU

Im →EMF\_TOOLKIT kommen Microchip ATmega328P-AU<sup>12</sup> als Microcontroller zum Einsatz. Getaktet werden diese über einen 16.000MHz Kristall. Zur Programmierung der →EMF\_TOOLKIT/MCU kann ein Programmierer verwendet werden, der den ICSP-Standard unterstützt. Die →EMF\_TOOLKIT/MCU verarbeitet die →EMF\_TOOLKIT/SERIAL Signale und sendet (im Falle von →EMF\_TOOLKIT/001-V2) oder empfängt (im Falle der anderen Module). Die In- und Outputs variieren zwischen den einzelnen Modulen des →EMF\_TOOLKITS, weshalb hier nur die In- und Outputs genannt werden, welche auf allen Modulen (mit Ausnahme von →EMF\_TOOLKIT/005-V1) gleich verwendet werden. Analoge Signale, wie die von →EMF\_TOOLKIT/HF\_SENSE und →EMF\_TOOLKIT/RF\_SENSE werden mit dem internen ADC des ATmega328P-AU gesampelt. Dieser verfügt über eine Auflösung von 10bit bei einer Samplingrate von 9600 Hz. In einer zukünftigen Version soll diese Samplingrate noch gesteigert werden. Jeder →EMF\_TOOLKIT/MCU Schaltkreis ist mit einer Bank von Kondensatoren ausgestattet, die Störsignale filtern.

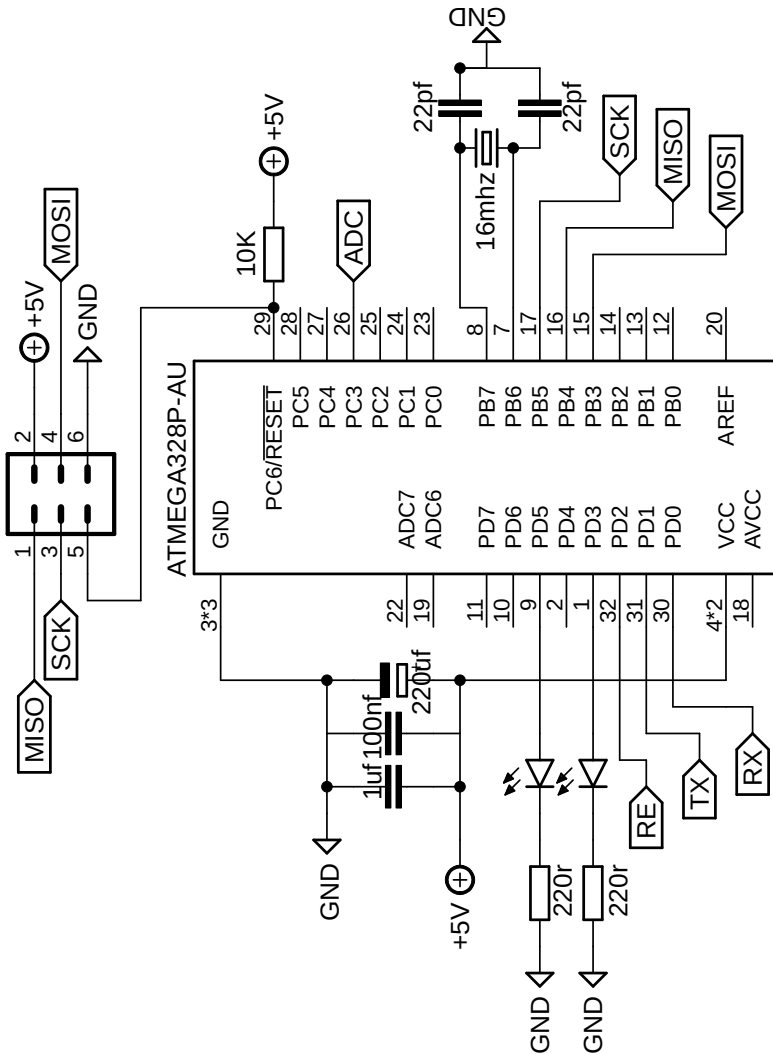
## [INPUT]

ICSP Header: Anschlusspunkt ICSP zur Programmierung →EMF\_TOOLKIT/MCU.

## [OUTPUT]

LEDS: Jede →EMF\_TOOLKIT/MCU bietet eine Reihe von Status LEDs. Diese werden mit Hilfe der Digitalpins des ATmega328P-AU gesteuert und sind frei programmierbar.

RX/TX/RE: Anschlusspunkte für den seriellen Anschluss der Komponente →EMF\_TOOLKIT/RS485, RX ist Receive, TX ist Transmit, RE ist Receive enable.



12 <https://www.microchip.com/wwwproducts/en/ATmega328p> (Stand 27.11.2019)

# EMF\_TOOLKIT/RS485

Der →EMF\_TOOLKIT/RS485 Schaltkreis funktioniert als Transceiver für die →EMF\_TOOLKIT/SERIAL Signale und ermöglicht eine stabile Board-zu-Board/Modul zu Modul Kommunikation. RS485 ist ein elektrischer Standard welcher mit Hilfe symmetrischer Leitungen und differenzialer Signale eine störungsfreie und schnelle Serielle Verbindung auch über lange Strecken bis zu 1,2 Kilometer und außerdem den einfachen Aufbau eines Datenbusses erlaubt. Auf Softwareebene wird diese Übertragung dann mit Hilfe verschiedener Protokolle implementiert, im →EMF\_TOOLKIT wird der Einfachheit halber die EasyTransfer Bibliothek (siehe →EMF\_TOOLKIT/SERIAL) verwendet. →EMF\_TOOLKIT/RS485 wird hardwareseitig auf den Modulen des →EMF\_TOOLKIT durch einen Maxim Integrated MAX485 RS485<sup>13</sup> Transceiver IC eingebunden. Dieser übersetzt die RX/TX-Signale welche von/zur →EMF\_TOOLKIT/MCU gesendet werden in die von RS485 verwendeten differenzialen Signale. Die maximale Übertragungsgeschwindigkeit dieser Verbindung bei einem optimalen Kabel beträgt 2,5Mbps, und ist somit sehr ausreichend für die von der →EMF\_TOOLKIT/MCU gesendeten Signale. Modulverbindungen im →EMF\_TOOLKIT werden über die →EMF\_TOOLKIT/PATCHCABLE hergestellt, dafür befindet sich hinter jedem MAX485 IC eine RJ14-Modularbuchse. Die Implementierung →EMF\_TOOLKIT/RS485 erlaubt eine halbduplexe Kommunikation, d.h. das ein Modul entweder senden und empfangen kann, aber nicht beides gleichzeitig. Die Buchse ist wie folgt belegt (mit Blick auf die Oberseite des Connectors, Verbindungspunkte oben): GND - A - B - GND

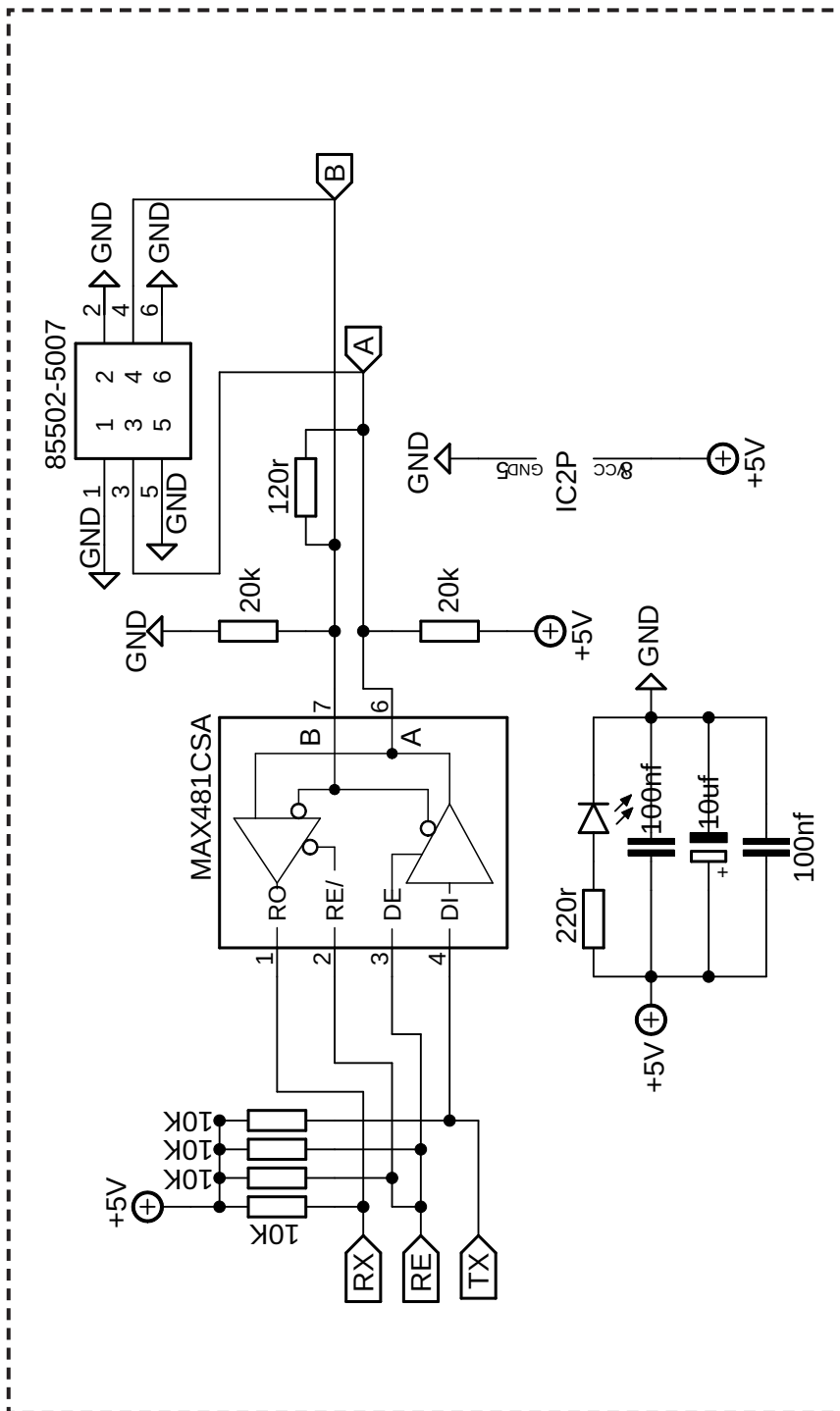
## [INPUT]

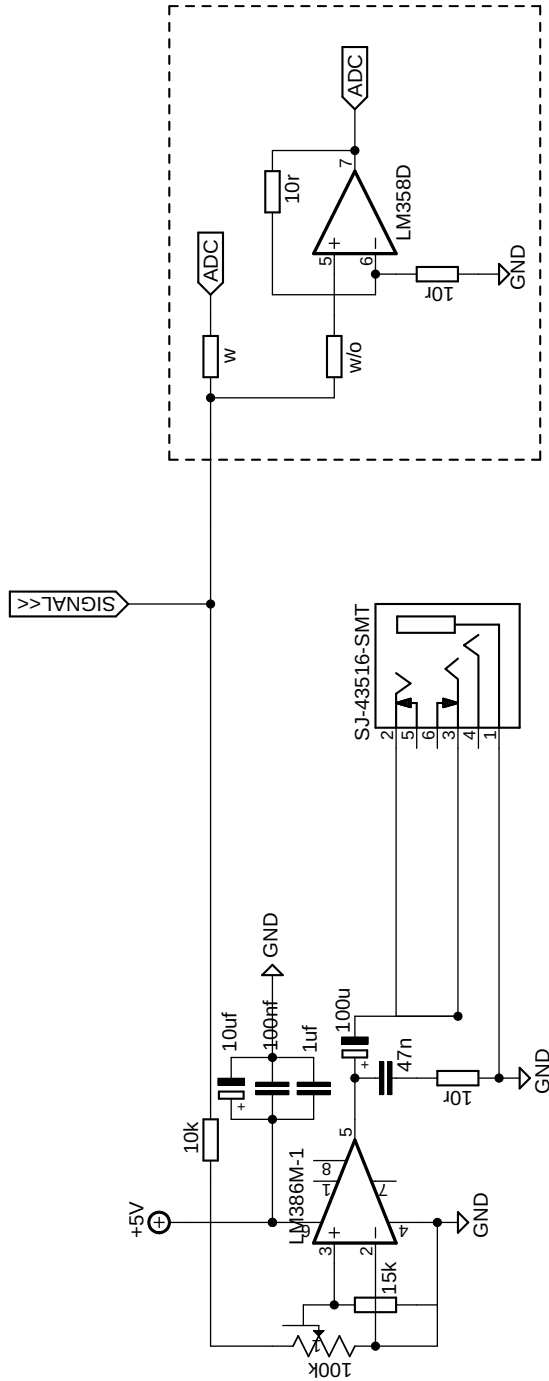
RX/TX/RE: Anschlusspunkte für die serielle Verbindung zur Komponente →EMF\_TOOLKIT/MCU, RX ist Receive, TX ist Transmit, RE ist Receive enable.

## [OUTPUT]

A/B: Ausgang für Seriellen Aus- bzw. Eingang →EMF\_TOOLKIT/SERIAL.

13 <https://datasheets.maximintegrated.com/en/ds/MAX1487-MAX491.pdf> (Stand 27.11.2019)





## EMF\_TOOLKIT/AUDIO\_OUT

→EMF\_TOOLKIT/AUDIO\_OUT beschreibt den Audioausgang im →EMF\_TOOLKIT. Dieser Schaltkreis verarbeitet die vorverstärkten Signale aus den →EMF\_TOOLKIT/HF\_SENSE und →EMF\_TOOLKIT/VLF\_SENSE um sie auf die Spannungen für →EMF\_TOOLKIT/AUDIO anzuheben. Ein Texas Instruments LM386<sup>14</sup> Audioverstärker mit einem Gain von 20 verstärkt das Signal und liefert genug Leistung, um einen kleinen Lautsprecher oder Kopfhörer anzutreiben. Mit einem Potentiometer lässt sich die Lautstärke einstellen.

**Achtung:** die Signale von →EMF\_TOOLKIT/HF\_SENSE sind wesentlich größer, bei der Nutzung von Kopfhörern ist also Vorsicht geboten! Es kann zu sehr lauten Spitzen im Signal kommen! Bei einem Umschalten zwischen →EMF\_TOOLKIT/HF\_SENSE und →EMF\_TOOLKIT/VLF\_SENSE sollte R12 komplett geschlossen, und dann wieder vorsichtig geöffnet werden!

Ein Kondensator zum entfernen des DC-Offsets und ein Low-Pass-Filter sorgen dafür, dass das →EMF\_TOOLKIT/AUDIO Signal sauber über die 3,5mm Buchse ausgegeben wird. Dieser Schaltkreis kommt auf den Platinen des Typs →EMF\_TOOLKIT/001\_V2 zum Einsatz.

[INPUT]

R12: Potentiometer zur Lautstärkeregelung von →EMF\_TOOLKIT/AUDIO.

[OUTPUT]

J2: 3,5mm Steroklinkenbuchse zum Anschluss von →EMF\_TOOLKIT/AUDIOCABLE als Ausgang für →EMF\_TOOLKIT/AUDIO.

14 <http://www.ti.com/lit/ds/symlink/lm386.pdf> (Stand 27.11.2019)

# EMF\_TOOLKIT/HF\_SENSE

→EMF\_TOOLKIT/HF\_SENSE ist ein Sniffing-Schaltkreis für hochfrequente elektromagnetische Signale im Bereich von 100MHz und 2.5GHz. Hiermit können Telefonsignale, GPS, Wifi und Bluetooth detektiert werden. Ein Analog Devices AD8313<sup>15</sup>, ein mehrstufiger logarithmischer Verstärker bildet als RF-Detektor den Kern des Schaltkreises. Die Stärke des detektierten RF-Signals wird als äquivalente DC-Spannung am Ausgang des ICs ausgegeben. Von dort wird dieses Signal in einen Texas Instruments LM358<sup>16</sup> Operationsverstärker geführt und wird dort vorverstärkt, bevor es an den →EMF\_TOOLKIT/AUDIO\_OUT auf Am Eingang des AD8313 befindet sich eine SMA-Schraubverbindung für schraubbare Antennen. Dieser Schaltkreis kommt auf den Platinen des Typs →EMF\_TOOLKIT/001\_V2 zum Einsatz. →EMF\_TOOLKIT/HF\_SENSE deckt bei der Messung einen recht weiten Raum ab.<sup>17</sup>

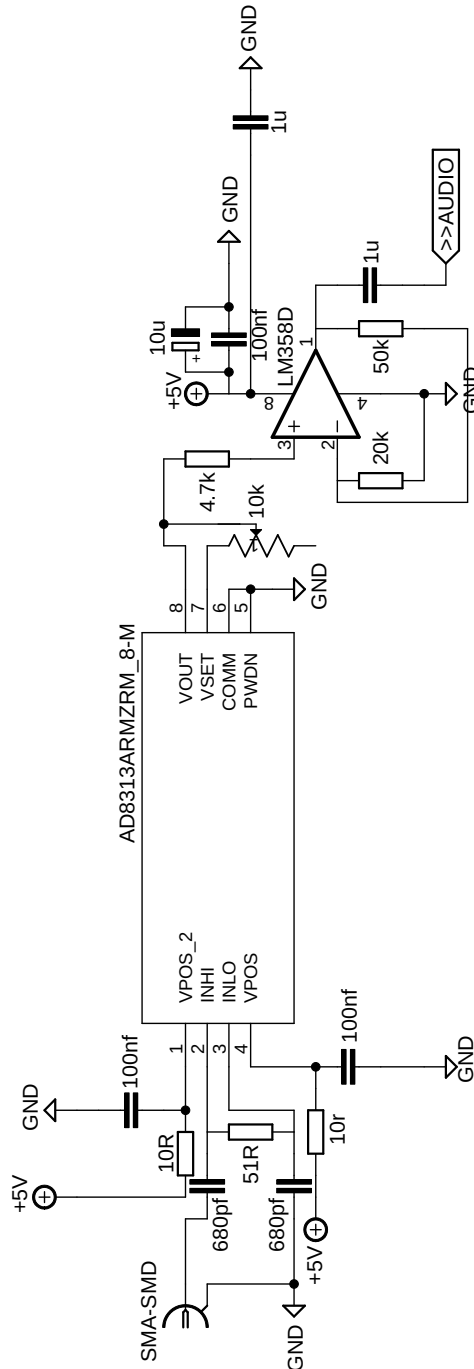
## [INPUT]

X2: SMA-Schraubverbinder als Anschlusspunkt für Koaxialantennen.

R2: Antennuatorpotentiometer für das HF-Signal.

## [OUTPUT]

LM358-Pin1: Vorverstärktes Ausgangssignal des AD8313.



15 <https://www.analog.com/media/en/technical-documentation/data-sheets/AD8313.pdf> (Stand 27.11.2019)

16 <http://www.ti.com/lit/ds/symlink/lm358-n.pdf> (Stand 27.11.2019)

## EMF\_TOOLKIT/VLF\_SENSE

→EMF\_TOOLKIT/VLF\_SENSE ist ein induktiver Sniffing-Schaltkreis für elektromagnetische Signale im niederfrequenten Bereich zwischen 20Hz und 90kHz sensibel ist. Zwischen den Anschlusspunkten ANT1 und ANT2 ist eine Spule verlötet, über die Größe und Anzahl der Windungen wird der sensitive Bereich der Antenne bestimmt. Die von der Antenne empfangenen Oszillationen werden in einen rauscharmen Analog Devices OP27 Operationsverstärker<sup>18</sup> gesendet, in dem das Signal vorverstärkt wird, bevor es →EMF\_TOOLKIT/VLF\_SENSE kommt im →EMF\_TOOLKIT/001\_V2 zum Einsatz, mit einer Antenne mit einem  $\varnothing=170\text{mm}$  und 333 Windungen, inspiriert durch den LOM Priezor<sup>19</sup>.

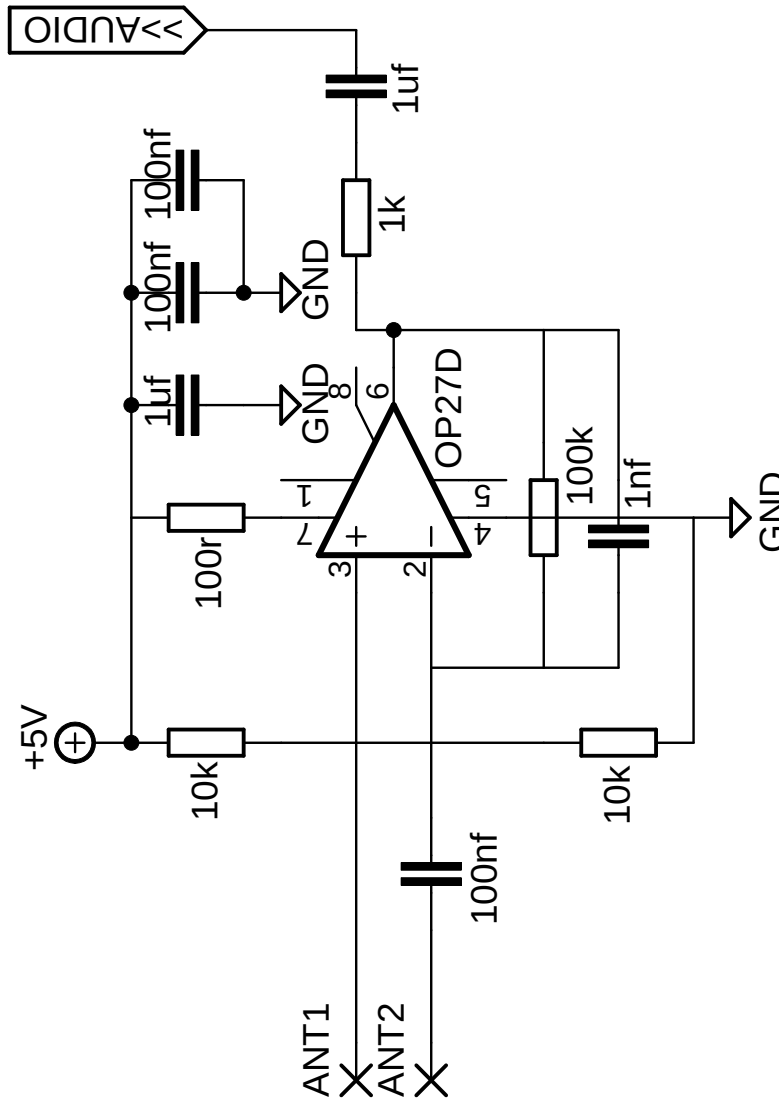
→EMF\_TOOLKIT/HF\_SENSE deckt bei der Messung einen recht kleinen Raum ab, und funktioniert im Nahbereich besser.

### [INPUT]

ANT1 & ANT2: Anschlusspunkte für die →EMF\_TOOLKIT/VLF\_ANTENNA. Der Kupferlackdraht der Antenne kann mit hohen Temperaturen (400°C+) an die Pads gelötet werden.

### [OUTPUT]

OP27-Pin6: Vorverstärktes Ausgangssignal des OP27.



<sup>18</sup> <https://www.analog.com/media/en/technical-documentation/data-sheets/OP27.pdf> (Stand 27.11.2019)

<sup>19</sup> Gruska, Jonáš. „LOM Priezor“ <https://github.com/LOM-instruments/Priezor> (Stand 13.11.2019)



# **EMF\_TOOLKIT/GLOSSARY**

# ÄSTHETIK

How do I imagine the electric and magnetic field? What do I actually see?

What are the demands of scientific imagination? Is it any different from trying to imagine that the room is full of invisible angels?

No, it is not like imagining invisible angels.

It requires a much higher degree of imagination to understand the electromagnetic field than to understand invisible angels.

Why?

Because to make invisible angels understandable, all I have to do is to alter their properties a little bit – I make them slightly visible, and then I can see the shapes of their wings, and bodies, and halos. Once I succeed in imagining a visible angel, the abstraction required – which is to take almost invisible angels and imagine them completely invisible – is relatively easy.

So you say, ›Professor, please give me an approximate description of the electromagnetic waves, even though it may be slightly inaccurate, so that I too can see them as well as I can see almost invisible angels.

Then I will modify the picture to the necessary abstraction.‹

I'm sorry I can't do that for you.

I don't know how. I have no picture of this electromagnetic field that is in any sense accurate.<sup>20</sup>

Unter dem Begriff der →Ästhetik wird die Lehre von der Wahrnehmung definiert, und befasst sich mit Dingen, die sinnlich wahrnehmbar sind. Kann man nun also etwas unter dem Begriff der →Ästhetik betrachten, das im klassischen Sinne als nicht wahrnehmbar gilt, also auf gewisse Weise eine Art Paradox darstellt, und nur mit Hilfe von →Artefakten oder Transpositionen eine wahrnehmbare Qualität bekommt?

In Architektur und Technologie gibt es Dinge, die als Repräsentationen für das schlüpfrige Ding, das Anthony Dunne als →Elektrosphäre<sup>21</sup> getauft hat, stehen. Sie ist omnipräsent, und doch flüchtig, oszillierend und unsichtbar. An Gebäuden und Wifi-Routern beispiels-

---

20 Feynman, Richard. „The Feynman Lectures on Physics, Volume II. Mainly Electromagnetism and Matter”

21 Dunne, Anthony. „Hertzian Tales”. The MIT Press, 2005. S. XV

# ÄSTHETIK

weise findet man Antennen, an denen die Felder zwar nicht direkt sichtbar werden, die diese aber eindeutig bezeugen. Eine Art Schimmern, eine Unschärfe, nur dort auftretend wo sie das Panorama formt.

Wir merken, dass wir einen Telefonanruf bekommen, und auch wenn das Wifi ausfällt, strecken uns mit unseren Smartphones dem besten Empfang entgegen, aber die →Elektrosphäre an sich, als ein gesamtes Objekt, entzieht sich uns. Wir betrachten nicht das Ding an sich, sondern alles was damit zusammenhängt.<sup>22</sup> Die Peripherie, die Infrastruktur. Funkmasten, die auf Feldern stehen, gigantische Radioteleskope, Fernsehtürme und eben Antennen.

Vielleicht kann man hier eher von so etwas wie einer hyper-Ästhetik sprechen, angelehnt an das Konzept des Hyperobjects von Timothy Morton.<sup>23</sup> Denn genau damit haben wir es bei der →Elektrosphäre zu tun: einem gewaltigen, unvorstellbar großen „Ding“, Morton spricht von einem Ozean<sup>24</sup>, der uns umgibt und durchdringt.

Mit dieser hyper-Ästhetik könnte man Infra- und Artefaktstrukturen betrachten, die Dinge um das Ding, die Unschärfen, das Schimmern. So wird es möglich, Modelle vom Ding bilden können, sodass diese einen Weg aus der konzeptuellen Besprechung in eine Diskussion über das real existierende, physikalische Phänomen finden können, und so auch ihren Weg in unsere Realität.



Abb. 2: Eine Übersetzung von Timo Arnell

22 de Vega, Mario; Altheide, David; Dillon, Teresa; Krüger, Uwe; Morton, Timothy. „Limen: Ecologies of Transmission“. enhe, 2016. S. 77.

23 ebd.

24 ebd.

# ARTEFAKT

Könnte man einen Zeitausschnitt der Geschichte der Erde aus dem All mit einem →Messgerät betrachten, welches elektromagnetische Felder visuell wahrnehmbar macht, wäre es in der Zeit vor dem 17. Jh. sehr ruhig auf dem Planeten sein. Von Zeit zu Zeit würde es ein kleines Aufblitzen vor einem stetigen Hintergrundrauschen geben, die bei sporadischen menschlichen Experimenten entstehen, dominieren würde aber Natural Radio, also natürliche Ereignisse im elektromagnetischen Spektrum, vor allem erzeugt durch Blitze und kosmische Interferenzen.

Seit dem der Industriellen Revolution, die in die Digitale Revolution mündete<sup>25</sup>, wird dieses Aufblitzen natürlichen Ursprungs häufiger von immer helleren Flächen überdeckt. Exponentiell nimmt ab hier die Entwicklung von Technologien, insbesondere elektrischen Ursprungs zu, sie explodiert förmlich.

Mit dieser Popularisierung hat sich ein Stratum von elektromagnetischen Feldern über große Teile der Erde gelegt. Ausgehend von Städten hat es sich unaufhaltsam erst in die Suburbanen und dann in die ruralen Räume ausgebreitet. Es befindet sich in einem Zustand stetiger Oszillation, verändert sich, ist wachsend. Ein gewaltiges Rauschen, riesig und unablässig, für uns Menschen aber absolut still. Die menschgemachte, artifizielle →Elektrosphäre als gigantischer, unsichtbarer Ozean, bestehend aus elektromagnetischen Wellen<sup>26</sup>. Ein Produkt, ein →Artefakt des Anthropozäns.

Omnipräsent, aber nicht direkt wahrnehmbar. Ein Hyperobject<sup>27</sup>. Permanent. Und doch auf eine interessante Weise extrem ephemer durch eine intime und tiefe Verschränkung mit dem fragilen Zeitalter der Menschen. Das was am Ende davon bleibt, sind die fossilen Infrastrukturen dieses ephemeren Stratums. Ruinen von Antennen und Unterseekabeln, ein Sediment aus Telefonen, E-Rollern und Routern. Sie sind das, womit wir Menschen uns in die geologische Erdgeschichte einschreiben, ein Grundstein von dem was als Anthropozän bezeichnet wird.



Abb.3: Olduvai Faustkeil, ein frühes Artefakt

25 Silvestrin, ebd., S.25.

26 Morton, ebd., S.77.

27 Morton, ebd.



Abb. 4: Fossilien

# ARTEFAKT



Abb.5: Hertizianisches Artefakt

„Second, we can consider media technologies as the aftereffect, the afterglow, that will remain as the fossilized trace of designed obsolescence and gadget-culture, as well as the massive infrastructures around which media function: energy, raw material production, and mountains of discarded keyboards, screens, motherboards, and other components.<sup>28</sup>”

Als Artefakt werden in der Archäologie Dinge beschrieben, die von Menschen geschaffen und für einen spezifischen Zweck genutzt oder gar dafür hergestellt wurden.<sup>29</sup> Unsere technologischen Gadgets und Geräte werden uns Menschen als Fossilien um ein weites Überleben. Bei Ausgrabungen im Zeitalter nach in Post-Antrophozänen Zeitaltern wird also nur eine geologische Sammlung von Artefakten in der Erde gefunden werden, die von einem anderen, längst verschollenen Artefakt zeugen werden: der Elektrosphäre.

28 Parikka, Jussi. „A Geology of Media”. University of Minnesota Press, 2015. S.60.

29 Miera, Jan. „Was ist ein Artefakt?”. (03.10.2016) <http://www.praehistorische-archaeologie.de/wissen/artefakte/> (Stand: 14.12.2019).

# ELEKTROSPHÄRE

Das elektromagnetische Spektrum stellt die Bandbreite der elektromagnetischen Wellen da. Ein winziger Teil dieses Spektrums, mit Wellenlängen zwischen 380nm und 760nm<sup>30</sup> ist für den Menschen als sichtbares Licht wahrnehmbar. Unsere Augen funktionieren hier als ein Transducer, der die diese Wellen in für uns verständliches Signal übersetzen<sup>31</sup>. Alles darunter und darüber entzieht sich uns und unseren Sinnesorganen, und spielt für unsere Gesellschaft und Kultur doch eine essentielle Rolle: Bandbreiten dieses Spektrums bilden einen Grundstein für einen Großteil unserer Kommunikationstechnologien und so auch für unser Kabelloses Zeitalter.<sup>32</sup>

„All electronic products are hybrids of radiation and matter“<sup>33</sup>

Unsere Geräte existieren zwischen zwei Welten, der materiellen, und einer anderen, außerhalb unserer direkten Wahrnehmung: der Elektrosphäre. Ein amorphe, sich in stetigem Wandel befindende Landschaft, ein stürmischer Ozean in vollständiger Stille. Bestehend aus elektromagnetischen Feldern

Neue Fertigungsprozesse erlauben es, kleinere und kleinere Halbleiter als einen Grundstein unseres kabellosen Zeitalters herzustellen. Statt Computer, die Räume ausfüllen verschwindet immer mehr weiter und weiter in immer schwerer zugänglichen Geräten, mit von innen miteinander verklebten, glatten Oberflächen aus Aluminium und Glas. Die Elektronik zieht sich weiter und weiter in ihre Blackbox zurück. Externe Anschlüsse werden spärlicher, wireless everything. Alles was nach aussen dringt sind elektromagnetische Wellen - Bluetooth, Wi-Fi und Mobilfunk spannen Räume in Räumen auf, umschließen die Geräte, umschließen und durchdringen uns.

„The familiar glowing rectangles of our smartphone screens are by now unavoidable, pretty much everywhere on Earth. They increasingly dominate social space wherever we gather, not even so much an extension of our bodies as a prosthesis grafted directly onto them, a kind of network organ.“<sup>34</sup>

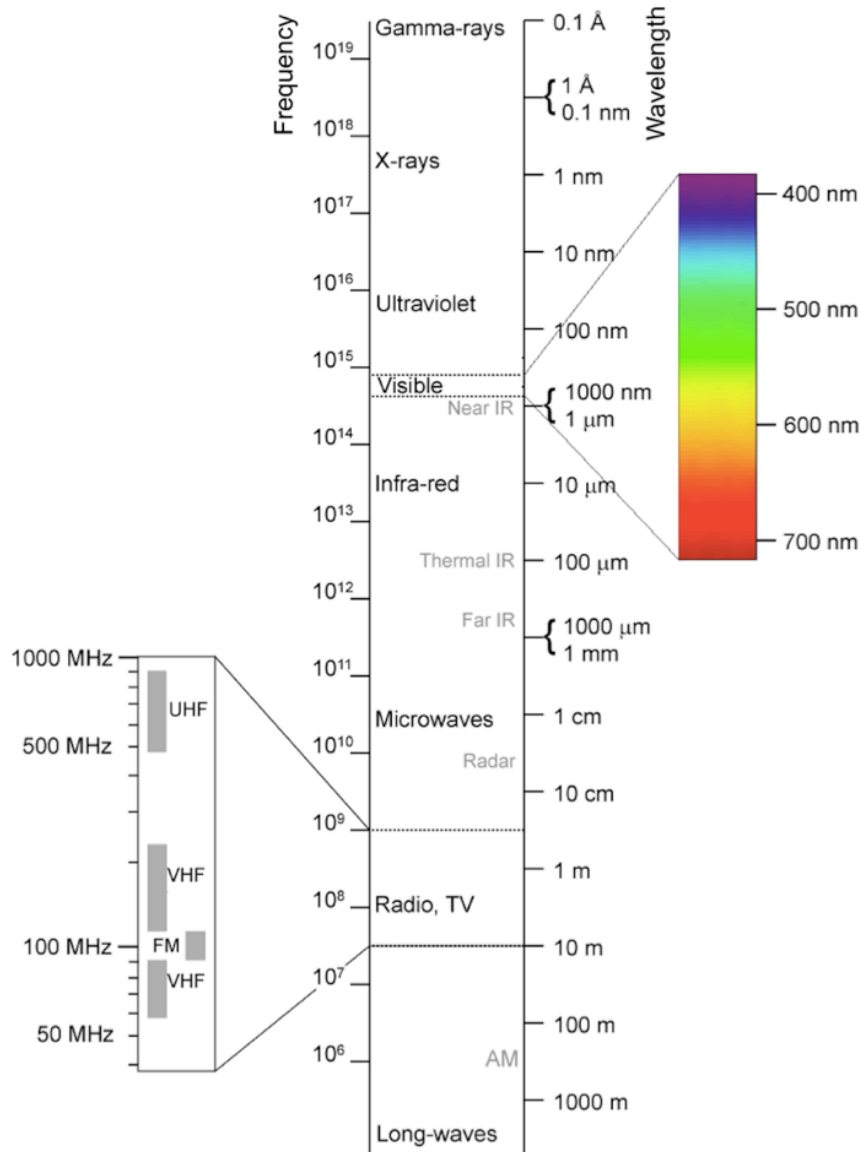


Abb.6: Das elektromagnetische Spektrum

30 [https://en.wikipedia.org/wiki/Electromagnetic\\_spectrum](https://en.wikipedia.org/wiki/Electromagnetic_spectrum) (Stand: 2.10.2019).

31 Dunne, „Hertzian Tales“, S.107.

32 Silvestrin, „Limen-Ecologies of Transmissions“, S.25.

33 Dunne, „Hertzian Tales“, S. 101.

34 Greenfield, Adam. „Radical Technologies: The Design of Everyday EMF\_TOOLKIT/ELEKTROSPHÄRE



Abb.7: Stille Zeugen: Onyx Antennen in Leuk





Abb.8: Versteckte Infrastruktur

## ELEKTROSPHÄRE

Unser beinahe prosthetisches Verhältnis zur vor allem mobilen Technologie verbindet also auch uns praktisch untrennbar mit dieser Welt aus Wellen und Strahlungen. Diese Geräte begleiten uns in die intimsten Bereiche unseres Lebens, unsere Schlafzimmer, unter unsere Kopfkissen. Mit ihnen bringen sie die →Elektrosphäre.

Seit der Technologieexplosion in der Mitte des 19. Jahrhunderts ist die Menge der elektromagnetischen Strahlung, der wir von Tag zu Tag ausgesetzt sind, um das  $10^{18}$ -fache derer angestiegen, der wir natürlicherweise ausgesetzt wären.<sup>35</sup>

Die gigantischen Ausmaße, die die →Elektrosphäre seit dem Anfang ihrer Expansion angenommen hat, zeigt sich darin, wieviel Aufwand bei der Suche nach Orten betrieben wird, die frei von ihrem Einflussbereich sind<sup>36</sup> und wieviel Aufwand betrieben wird, diese Bereiche „sauber“ zu halten. Antennensysteme für Spionage oder Observatorien für kleinste Radiosignale aus dem All werden in Bereichen wie der National Radio Quiet Zone in West Virginia in den USA<sup>37</sup>: Um Interferenzen im empfangenen Signal der sich dort befindlichen Observationsplattformen zu vermeiden, dürfen dort nur Autos ohne Bezinmotor fahren, da diese Zündkerzen dieser Funken erzeugen könnten, die das Signal stören.

Da stellt sich natürlich auch die Frage: was macht das mit uns? Welche Wirkung hat die →Elektrosphäre auf Mensch, Nichtmensch und Umwelt? Studien, welche sich mit der Strahlenbelastung des Menschen befassen, sind gespalten. Eine Seite spricht von beträchtlichen neurologischen und gesundheitlichen Belastungen, Handyhersteller empfehlen das Telefonieren über die Freisprecheinrichtung, auf der anderen Seite ist der Kanon eher unbesorgt. Betrachtet man nun allerdings die Sponsoren dieser Studien, offenbart sich, dass viele von Militär und großen Firmen finanziell unterstützt wurden.<sup>38</sup> Durch die explosive und exponentielle Entwicklung der kabellosen Technologien stecken wirkliche Langzeitstudien noch in ihren Kinderschuhen. Nun soll dies kein Aufruf sein, einen Aluhut aufzusetzen, und ins amerikanische Hinterland zu flüchten, um dort ein Ted-Kaczynski-artiger eremitischer Technophob zu werden, aber es gilt zumindest zu bedenken, wer welche Studien aus welchen Interessen durchführen lässt und auch unsere Beziehungen zur Technologie zumindest kritisch zu hinterfragen.

---

Life". Verso, 2017. S.65.

35 Silvestrin, „Limen - Ecologies of Transmission“, S.30.

36 Dunne, „Hertzian Tales“, S.105.

37 [https://en.wikipedia.org/wiki/United\\_States\\_National\\_Radio\\_Quiet\\_Zone](https://en.wikipedia.org/wiki/United_States_National_Radio_Quiet_Zone) (Stand: 16.12.2019).

38 Cashmere Radio, „Limen - Ecologies of Transmission“. Min. 20-25.



Abb.9: Dürers „Melencolia I“

## MESSEN

„Wann immer einen die Dinge erschreckten, sei es eine gute Idee, sie zu messen.“<sup>39</sup>

Das Universum ist ein für uns unendlicher Möglichkeitsraum, unvorstellbar und zu einem Maße unverständlich. Um dieses Dickicht an Unverständlichkeiten zu lüften und Lichts ins Dunkel zu bringen →messen wir. Eigentlich immer. Und fast alles. Und fast überall. Abstände, mit den Augen, wenn wir einparken. Gewichte, mit den Händen, wenn wir einkaufen. Zeit, mit der Armbanduhr während wir auf den Bus warten. Unbewusste Vorgänge, die aber unabdingbar für unseren Alltag sind. Für Dinge, die wir nicht mit unseren Körperfähigkeiten vermessen können, entwickeln wir →Messgeräte.

→Messen quantisiert, rastert und definiert. Es erlaubt es uns die Welt um uns verständlich zu machen. Es kondensiert den unendlichen Möglichkeitsraum der vor uns liegt auf einzelne, definierte, und (wenn man von einigen Ausnahmen wie dem Metrischen/Imperialen Wertesystem ausgeht), allgemein akzeptierte, verständliche und vor allem kommunizierbare Wertebereiche. →Messen erlaubt uns anderen räumliche Ideen zu vermitteln, zu gestalten und umzusetzen. →Messen definiert einen Teil unserer Realität.

In der Wissenschaft gelten objektive →Messungen als solche bei denen jegliche persönliche Befangenheiten oder Interessen des Messenden keinen Einfluss auf das Ergebnis haben. Diese Objektivität wird als ein Ideal im Wissenschaftsbetrieb angestrebt, damit die Wissenschaft ihre Autorität und Glaubwürdigkeit in der Gesellschaft aufrecht erhalten kann.<sup>40</sup> Sie wird angestrebt, sodass die geschaffene Realität ein gewisses Maß an Neutralität bieten kann. Aber können Messvorgänge, die von Menschen durchgeführt werden, jemals wirklich objektiv sein?

Alles, was eine →Messung mit sich bringt, schon die Wahl des →Messgerätes, der Zeitpunkt, der durchführenden Akteur und die räumliche Verortung der →Messung bringen eine Subjektivität in die →Messung ein. Bei →Messungen an der →Elektrosphäre mit dem →EMF\_TOOLKIT zum Beispiel bilden sich um die →Messgeräte selbst wieder elektromagnetische Felder, die wiederum das Subjekt der →Messung, als die →Elektrosphäre beeinflussen.

Bei einer wirklich objektiven Messung müsste der Messende das zu

39 Kehlmann, David. „Die Vermessung der Welt“. Rowohlt Verlag, 2005. S.25.

40 Reiss, Julian; Sprenger, Jan, „Scientific Objectivity“, The Stanford Encyclopedia of Philosophy (Winter 2017 Edition), <https://plato.stanford.edu/archives/win2017/entries/scientific-objectivity/>.



Abb.10: Nilometer auf der Insel Elephantine

## MESSEN

betrachtende System von außerhalb, quasi aus dem Nichts, vermessen. Eine körperlose Nichtexistenz des Betrachters, frei von jeglichem Vorurteil, frei vom Einfluss der Umwelt, Meinung und dem zu vermessenden Ding. Ein Ding der Unmöglichkeit, welches Donna Haraway in „Situated Knowledge“ als eine Art „god-trick“ beschreibt.<sup>41</sup>

Diese inhärente subjektive Qualität der Messung ist unbedingt zu betrachten. Plötzlich ist es nämlich wer wie wann und wo misst, und welche Erkenntnisse aus diesen Messungen gewonnen wird. Und auch wie dieses neue Wissen in die Gesellschaft getragen wird. James Bridle bringt hierfür in seinem Buch „New Dark Age: Technology and the End of the Future“ eine interessante Anekdote an:

„In ancient Egypt, the flooding of the Nile each year was crucial to both agriculture and the state’s revenues. A ‘good’ inundation irrigated the fertile plains along the river and deposited rich nutrients, but there was always the risk that a too-powerful flood would wash away fields and villages, or that too little water would result in drought and famine. Atop this annual cycle, the Egyptian nobility and priesthood built a civilisation of extraordinary wealth and stability, predicated on their ability to predict the arrival and strength of each year’s flood and its likely effects - and the resulting tax levels. Each year, in celebration of the death and rebirth of Osiris, the priests would lead elaborate ceremonies and rituals marking Akhet, the Season of the Inundation, culminating in the announcement of the flood. In turn, the authority of their predictions translated into the authority of theocratic rule. But this authority was not - or at least not only - the gift of the gods. Hidden within the sacred boundaries of temple complexes on islands and riverbanks were structures called nilometers: deep wells dug into the earth and marked with columns or sets of steps, which measured the depth of the water in the river. The nilometers were scientific instruments: read correctly, and compared against centuries of data marked on the walls, the

41 Haraway, Donna. „Situated Knowledges: The Science Question in Feminism and the Privilege of Partial Perspective.“ *Feminist Studies*, vol. 14, no. 3, 1988.



Abb.11: Querschnitt

## MESSEN

priests and rulers could forecast the behaviour of the river, and make the appropriate pronouncements and preparations. The function, and even existence, of the nilometers was hidden from the lay population.”<sup>42</sup>

Diese Nilometer waren als Messgeräte zusammen mit ihren Messergebnissen waren so mächtig, so realitätsbildend, dass sie die Existenz von Göttern „bewiesen“ und es einer Klasse ermöglicht haben, eine Theokratie auszurufen. Also gilt: Wer misst, definiert. Wer definiert, hat Macht.

Vielleicht ist es möglich ein gewisses Maß an Objektivität zu gewinnen, oder zumindest den ihren quantitativen Anteil zu erhöhen indem man Messprozesse so gestaltet, dass alle Perspektiven berücksichtigt werden, und abschließend ein Querschnitt aus dieser Menge gezogen wird. Also keine Messung von außen, sondern von innen, mit einer maximalen Subjektivität. Open Source Measuring sozusagen. Aber das ist nur eine Spekulation.

42 Bridle, James. „New Dark Age: Technology and the End of the Future”. S.169. Verso, 2018.



Abb.12: Ein Oszilloskop

# MESSGERÄTE

→Messgeräte, zusammen mit dem Messvorgang, sorgen für Momente der Klarheit im beinahe unendlichen Informationsraum. Sie funktionieren als eine Art Filter, sie ignorieren, was nicht unter ihre Messdomäne fällt.

Die Auswahl des →Messwerkzeuges bringt somit auch schon eine Verkettung von Faktoren mit sich. Als Nutzer wird man in einen Wertebereich und ein System von Maßeinheiten gedrängt, und auch die Art und Weise, wie gemessen wird.

Sie sind also keines Falls neutrale Geräte, sie prägen den gesamten Messvorgang mit, und formen auch das gemessene Resultat. Sie fordern eine Interpretation der Ergebnisse, wobei die Perspektive des Nutzers mit in die →Messung einfließt. Demnach formen sie Modelle und unsere Realität und verleiht dem Zitat

„We shape our tools and, thereafter, our tools shape us.“<sup>43</sup>

eine interessante Dimension. →Messwerkzeuge existieren in einer Art Feedbackloop mit ihren Nutzern, der Stand ihrer Technik bestimmt ihre Auflösung. Da die Auflösung von Messung und →Messgerät immer von dem zum Zeitpunkt der Messung Stand der Technologie abhängig ist, und an einem gewissen Punkt nur noch Unschärfe oder Rauschen messbar ist, beginnen wir ab dem Moment der Unschärfe, Modelle zu bilden. Auf Grund dieser versuchen wir die Welt zu verstehen und zu erforschen. Diese Modelle bilden sich aus Inter- und Extrapolationen gemessener Werten und werden so, zumindest für den Moment Teile unserer Realität und Wahrnehmung.

„Because instruments determine what can be done, they also determine to some extent what can be thought.“<sup>44</sup>

Die Auflösung bestimmt also was gemessen wird und auch worüber gedacht werden kann. Daraus können wiederum die nächste Generation von Geräten entwickelt werden.

43 Culkin, John. „A schoolman's guide to Marshall McLuhan“. Saturday Review, S.70.

44 van Helden, Albert; Hankins, Hank. „Osiris, Volume 9: Instruments“. University of Chicago Press, 1994.

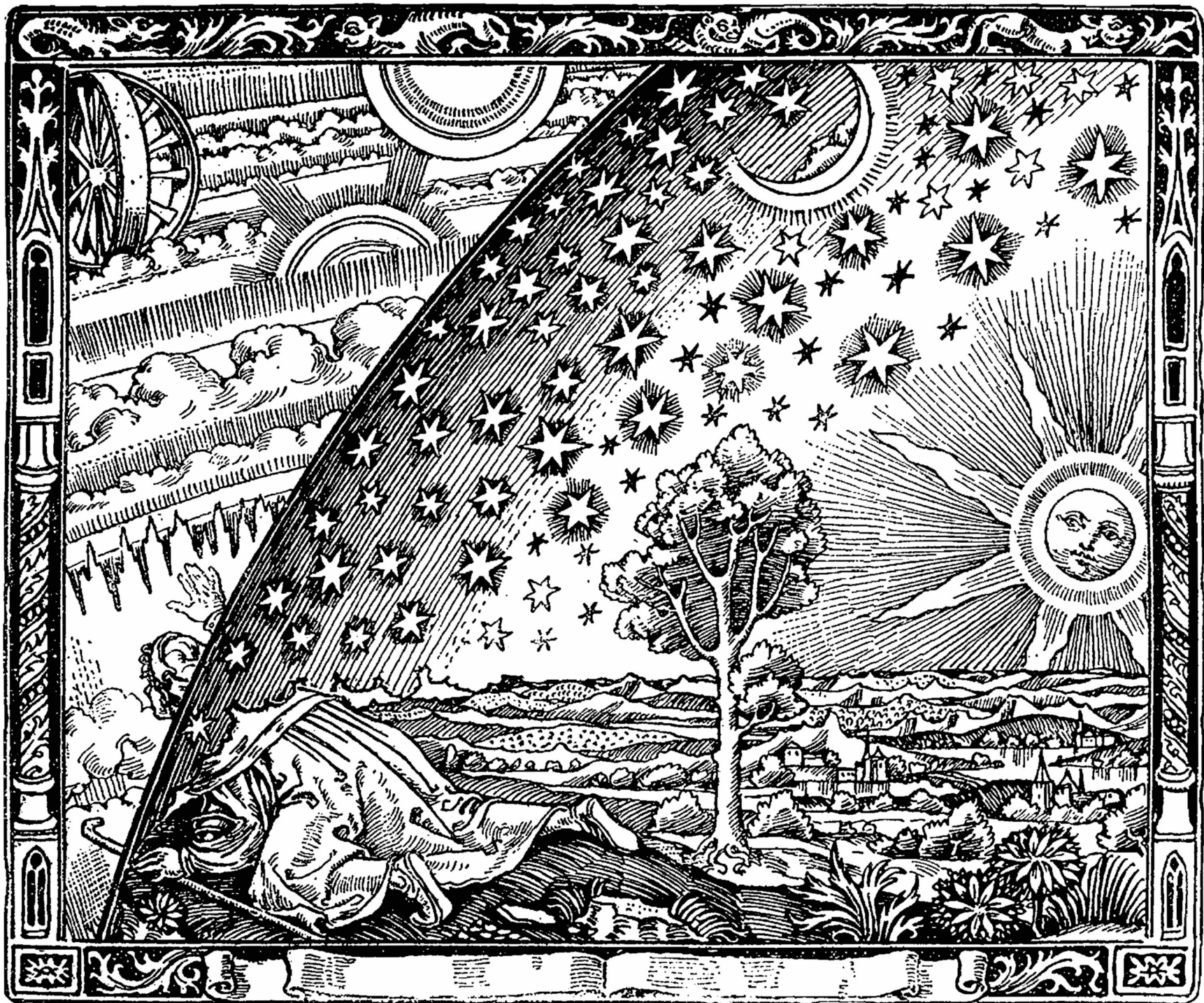


Abb.13: Flammarions „L'Atmosphère: Météorologie Populaire”

# MESSGERÄTE

Während des Messvorganges passiert etwas Erstaunliches mit unserem →Messwerkzeug: Es wird als eine Art Sonde in einen uns ohne Hilfsmittel unzugänglichen Raum oder Medium eingeführt um dort zu erkunden. Dinge, welche für uns vorher nicht wahrnehmbar waren, werden in menschenlesbare, aussagekräftige Signale übersetzt. Das Werkzeug selbst wird in dem Moment der Messung zum Vermittler, Übersetzer. Es selbst wird zum Medium.



Abb.14: Frau mit wissenschaftlichem Instrument

# BIBLIOGRAFIE

Bridle, James. "New Dark Age: Technology and the End of the Future". Verso, 2018.

de Vega, Mario; Silvestrin Daniela; Altheide, David; Dillon, Teresa; Krüger, Uwe; Morton, Timothy. "Limén: Ecologies of Transmission". enhe, 2016.

de Vega, Mario; Silvestrin Daniela; Gardoqui, Victor Mazón. "Chropolis presents LIMEN - Ecologies of Transmission". Cashmere Radio, 14 February 2017 - 21 March 2017.

Culkin, John. "A schoolman's guide to Marshall McLuhan". Saturday Review March 18, 1967, S. 51-53, 70-72.

Dunne, Anthony. "Hertzian Tales". The MIT Press, 2005.

Feynman, Richard. „The Feynman Lectures on Physics, Volume II. Mainly Electromagnetism and Matter". Addison-Wesley, 1977.

Greenfield, Adam. "Radical Technologies: The Design of Everyday Life". Verso, 2017.

Haraway, Donna. "Situated Knowledges: The Science Question in Feminism and the Privilege of Partial Perspective." Feminist Studies, vol. 14, no. 3, 1988, S. 575-599. JSTOR, [www.jstor.org/stable/3178066](http://www.jstor.org/stable/3178066).

Kehlmann, David. "Die Vermessung der Welt". Rowohlt Verlag, 2005.

Miera, Jan. „Was ist ein Artefakt?". (03.10.2016) <http://www.praehistorische-archaeologie.de/wissen/artefakte/> (Stand: 14.12.2019).

Parikka, Jussi. "A Geology of Media". University of Minnesota Press, 2015.

Reiss, Julian; Sprenger, Jan, "Scientific Objectivity", The Stanford Encyclopedia of Philosophy (Winter 2017 Edition), Edward N. Zalta (ed.), <https://plato.stanford.edu/archives/win2017/entries/scientific-objectivity/>.

van Helden, Albert; Hankins, Hank. "Osiris, Volume 9: Instruments". University of Chicago Press, 1994.

# ABBILDUNGEN

Abb.1: Telefonabnehmerspule, <https://commonground.community/wp-content/uploads/2016/08/TELEPHONEPICKUP-500x500>.

Abb.2: Eine Übersetzung von Timo Arnell. [https://i.vimeocdn.com/video/130418741\\_1280x720.jpg](https://i.vimeocdn.com/video/130418741_1280x720.jpg).

Abb.3: Olduvai handaxe. <https://www.are.na/block/286320>.

Abb.4: Fossilien. <https://www.are.na/block/500776>.

Abb.5: Hertzianisches Artefakt. <https://belowthesurface.amsterdam/nl/vondst/NZD1.00044MIX001?index=39>.

Abb.6: Das elektromagnetische Spektrum. <http://cs.brown.edu/people/tdean/note/blog/13/07/26/>.

Abb.7: Stille Zeugen: Onyx Antennen in Leuk. [https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Loeche-Antennes\\_mg\\_1563.jpg](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Loeche-Antennes_mg_1563.jpg).

Abb.8: Versteckte Infrastruktur. <https://www.are.na/block/1732>.

Abb.9: Dürers „Melencolia I". [https://de.wikipedia.org/wiki/Melencolia\\_I#/media/Datei:Melencolia\\_I\\_\(Durer\).jpg](https://de.wikipedia.org/wiki/Melencolia_I#/media/Datei:Melencolia_I_(Durer).jpg).

Abb.10: Nilometer auf der Insel Elephantine. [https://de.wikipedia.org/wiki/Datei:Assuan\\_Elephantine\\_Nilometer\\_12.JPG](https://de.wikipedia.org/wiki/Datei:Assuan_Elephantine_Nilometer_12.JPG).

Abb.11: Querschnitt. [https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Foto\\_thek\\_df\\_tg\\_0001551\\_Geometrie\\_%5E\\_Vermessung\\_%5E\\_Vermessung\\_sinstrument\\_%5E\\_Quadrant\\_%5E\\_Turm.jpg](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Foto_thek_df_tg_0001551_Geometrie_%5E_Vermessung_%5E_Vermessung_sinstrument_%5E_Quadrant_%5E_Turm.jpg).

Abb.12: Ein Oszilloskop. <https://flickr.com/photos/halfrain/14594454886/>.

Abb.13: Flammarions „L'Atmosphère: Météorologie Populaire". [https://en.wikipedia.org/wiki/Flammarion\\_engraving#/media/File:Flammarion.jpg](https://en.wikipedia.org/wiki/Flammarion_engraving#/media/File:Flammarion.jpg).

Abb.14: Frau mit wissenschaftlichem Instrument. [https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/5/5e/Woman\\_with\\_scientific\\_instrument\\_LCCN2016891089.jpg](https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/5/5e/Woman_with_scientific_instrument_LCCN2016891089.jpg).



