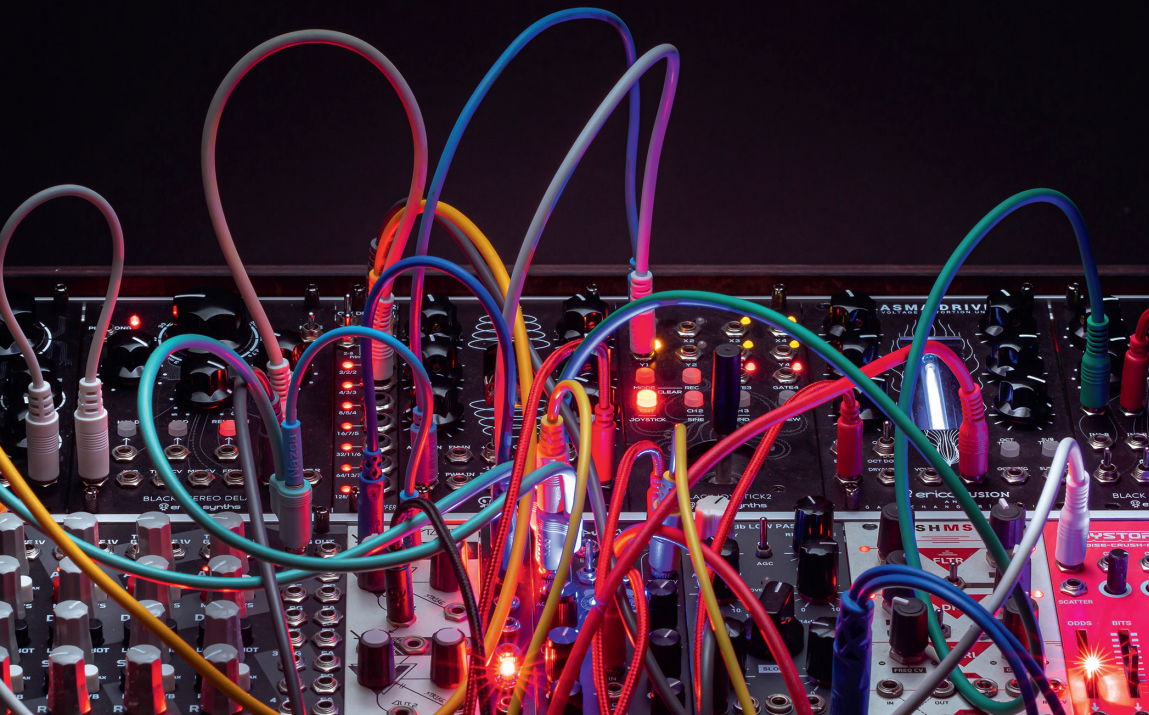


HEINER KRUSE

MODULARE SYNTHESIZER

VERSTEHEN · BAUEN · SPIELEN

EIGENE SOUNDS UND MUSIK DESIGNEN



IMPRESSUM

© 2024

Radial Verlag UG, Freiburg
www.radialverlag.de
www.modularesynthesizer.de

1. Auflage 2024

ISBN: 978-3-911367-00-4

Autor: Heiner Kruse, www.heinerkruse.de

Fotos: Frank Bale (Titelfoto), Heiner Kruse,
Paul D. Pape für SchneidersLaden GmbH, Berlin

Abbildungen: Heiner Kruse, kombinat79

Lektorat: Lukas Hermann, Dieter Stotz, David Kurz

Satz & Layout: Sven Weis, kombinat79,
Kurz & Weis GbR, Freiburg, www.kombinat79.de

Druckerei:
Lehmann Offsetdruck und Verlag GmbH, Norderstedt

VORWORT

Über mich und dieses Buch

Als Musiker hat es mich immer interessiert, etwas Neues zu machen. So bin ich irgendwann auch beim Thema modulare Synthesizer gelandet, das ich hier gerne auf gut verständliche Weise vermitteln möchte. Technik, Theorie, Musik und Kunst gehören für mich dabei zusammen.

Ich beschäftigte mich in der Jugend viel mit Kassettenaufnahmen, importierten Platten, DJing und dem Mixing von Tapes und war begeistert von elektronischer Musik. Ich träumte immer davon, sie selbst machen zu können. Ich freue mich daher sehr über diese Kooperation mit David und Sven vom Radial Verlag/Synthesizer-Magazin, die mit viel Herzblut dabei sind, danke hier auch herzlich Lukas als Lektor und hoffe, mit diesem Buch vielleicht dazu beitragen zu können, dass auch für dich der Traum Realität wird. Nach meinen vorherigen Büchern, die an Software gekoppelt waren, ist dieses hier nicht an ein Produkt gebunden, sondern es geht um alles, was mit (modularen) Synthesizern und Musikproduktion zu tun hat.

Ich habe das Klavierspielen mit sieben Jahren begonnen, durfte kurz danach auf der Orgel spielen und verliebte mich in den mit dem Fußpedal gespielten Bass. Ich traute mir noch nicht zu, mit dem Thema meinen Lebensunterhalt zu verdienen, machte eine Lehre und beendete ein Uni-Wirtschaftsstudium. Ich arbeitete anschließend selbständig in der Werbebranche, um das Studium zu finanzieren, bekam aber parallel immer bessere DJ-Jobs. Mit dem Geld erwarb ich 1991 einen Akai S1100 Sampler plus Atari mit Notator, konnte sogar ein paar Jingles verkaufen und erste kleine Remixes bauen. Nach dem Studium begann ich dann ernsthaft damit, Musik zu produzieren. „Jungle“ hatte es mir angetan, ich organisierte mit meinem Freund Laszlo a.k.a. Cheetah Events und spielte dabei meine ersten Tracks als DJ und „Green Man“, um ihre Wirkung und Sound zu testen.

Ich gründete 1995 das Label Junglegrowers und 1997 Basswerk. 1997 verkaufte Dieter Doepfer im weißen Kittel auch mir und meinem Musikkollegen Thilo Goldschmitz ein erstes kleines modulares System für unser Basswerk Studio. Damals sprang der Funke bei mir noch nicht ganz so über, aber ein paar gute Bässe haben wir damit bereits gemacht. Es gab erste Veröffentlichungen und ich bekam eine Anfrage vom Keyboards-Magazin in Köln für Workshops zum EMU-Sampler. Ich habe schon immer gerne geschrieben: Als Elfjähriger startete ich eine Zeitung in meiner Straße. Später, nachdem

viele englische Gäste bei meinen Jungle-Events da waren und ich dabei auch mehr über Produktionstricks erfuhr, schrieb ich spontan einen Artikel für die de:bug.

Jungle war eine aufregende, neue Musik, alles war erlaubt, Genres wurden kombiniert, neu gesampelt und mit frischen Beats und tiefen Bässen unterlegt. Labels, Musiker, DJs – wir alle waren damals euphorisiert von dem neuen Sound und den dicken Bässen. Ich wollte zunächst musikalische Tracks mit Gefühl machen. Die Drum & Bass Karriere brachte mir immerhin einen kleinen Dance-Chart Erfolg, nationale Label- und Künstler-Awards, einen Album- und Verlagsvertrag, Filmmusiklizenzierungen wie für CSI Miami, Auftritte in ganz Deutschland, aber auch in Spanien, Serbien, Kanada und anderen Ländern. Als 2000 Reason auf den Markt kam wusste ich, dass man ab sofort alles auf dem Computer machen kann. Ich begann, darüber in der Keyboards zu schreiben. 2001 gab ich nachmittags in den Städten Reason-Workshops, in denen ich abends im Club bei einer Albumtour zu „You decide“ auftrat. Später bot man mir einen Dozentenjob für Musikproduktion an, den ich 18 Jahre gemacht habe. Ich komponierte weiter Musik und unterrichtete mit unterschiedlichen DAWs, Synthesizern und Effekten, gab Workshops und schrieb Bücher zum Thema. Schon immer wollte ich Talenten helfen, die eigene Vorstellungen hatten, aber nicht wussten, wie sie umzusetzen waren. Dabei habe ich selbst dazugelernt, mich mit vielen Stilen beschäftigt und mit unterschiedlichen Musikern zusammengearbeitet.

Eine ähnliche Energie wie bei Jungle fand ich in der Welt der Modulentwickler und -fans wieder. Auch dort gibt es kreative Köpfe, die mit Liebe, Energie und Überzeugung Dinge ins Rollen gebracht haben. Ich schreibe schon seit ca. 2005 für das Synthesizer-Magazin, bekam ab 2019 zusätzlich viele Aufträge für Artikel beim Magazin professional audio. Dort habe ich versucht, das Thema modulare Synthesizer auch Leuten nahezubringen, die sich damit noch nicht auskennen. Ich besprach modulare Softwaresysteme, stellte Modulklassiker vor und schrieb Firmenstories über Doepfer, Expert Sleepers, Make Noise, Mutable Instruments, WMD und andere.

Während der Corona-Pandemie hatte ich viel Zeit, mit Modulen zu experimentieren. Ich arbeitete mit Delays/Echos, erforschte mikrotonale Stimmungen, Polyrythmik, Granulareffekte und mehr. Ich testete Oszillatoren, Sequenzer, Effekte und Komplettsysteme und Neuerscheinungen. Beim Synthesizer-Magazin, wo die Leserschaft meist schon etwas mehr über modulare Synthesizer weiß, berichtete ich über innovative Module wie das

Make Noise Spectraphon, den Squarp Instruments Hermod+, das OXI Coral, den 4ms Ensemble Oszillator, Marbles und Beads von Mutable Instruments, Qu-Bit Nautilus, Mojave und andere. Zudem schrieb ich soundbezogene Artikel über vom Musikfonds e.V. geförderte Projekte wie die Lower Breakbeats und Echoes-Serie. Damit möchte ich sagen: Viele Erfahrungen aus Tests, Studien und Musikproduktionen fließen in dieses Buch mit ein.

Sowohl D&B als auch die Modularwelt und das Geschäft sind in den letzten zwei Jahrzehnten größer geworden. Es gibt mehr ausgereifte Produkte sowie große und etablierte Namen. Es gibt auch mehr Hierarchien und Business als früher und (manchmal zu) viele Leute, die ihr Gesicht vor die Kamera halten. Doch möchte ich mir weder D&B noch die Modularwelt als Ganzes vermiesen lassen und finde auch immer wieder innovative Musik, Module, Innovationsgeist, Kreativität und nette Menschen, mit denen man schnell auf einer Wellenlänge ist – zuletzt in Köln-Mülheim nahe meiner ehemaligen Wohnung im neuen Modular Kiez mit den Leuten von Mülheim Modular und Modularfield oder in Berlin bei der superbooth.

Und nun legen wir los. Es sei zum Anfang noch gesagt: Du musst nicht alles, was hier steht, verstehen, um erfolgreich dein Modularsystem zu bauen und damit Sounds zu machen. Als Dozent und Autor gehört es zu meinem Job, mich mit vielen Modulen zu beschäftigen. Ich arbeite oft an wechselnden Arbeitsplätzen und teste neue Module. Doch als Musiker weiß ich auch, dass manchmal weniger mehr ist. Das Reduzieren von Möglichkeiten schafft Freiräume für Kreativität. Dann ist oft auch egal, wie etwas zustande gekommen ist.

Ich habe übrigens auch das Gefühl, dass man zum Studieren, Forschen und Schreiben eine andere Gehirnhälfte als zum Musizieren in Anspruch nimmt. Wenn ich Musik mache, versuche ich, die Dinge fließen zu lassen, gut hinzuhören und meine innere Stimme und Stimmungen zu beachten. Das ist es, was ich als Künstler, Dozent oder Coach zu vermitteln versuche und wofür ich stehen möchte. Auf die innere Stimme zu hören ist, so wie ich es verstanden habe, auch die Message der keltischen Sagenfigur „The Green Man“, die auch in Grimms Märchen oder Robert Bly's Buch „Eisenhans“ vorkommt. Als ich den Künstlernamen (inspiriert von einem Track der Gruppe „Shut Up and Dance“) gewählt habe, war mir das nicht bewusst. Als es mir klar wurde, fühlte es sich richtig an. In diesem Sinne: Greif dir heraus, was dich interessiert, hör auch auf dein Gefühl und fang einfach an! Die Welt der modularen Synthesizer hält viele tolle Sounds bereit.

Heiner Kruse a.k.a The Green Man (TGM)

VORWORT

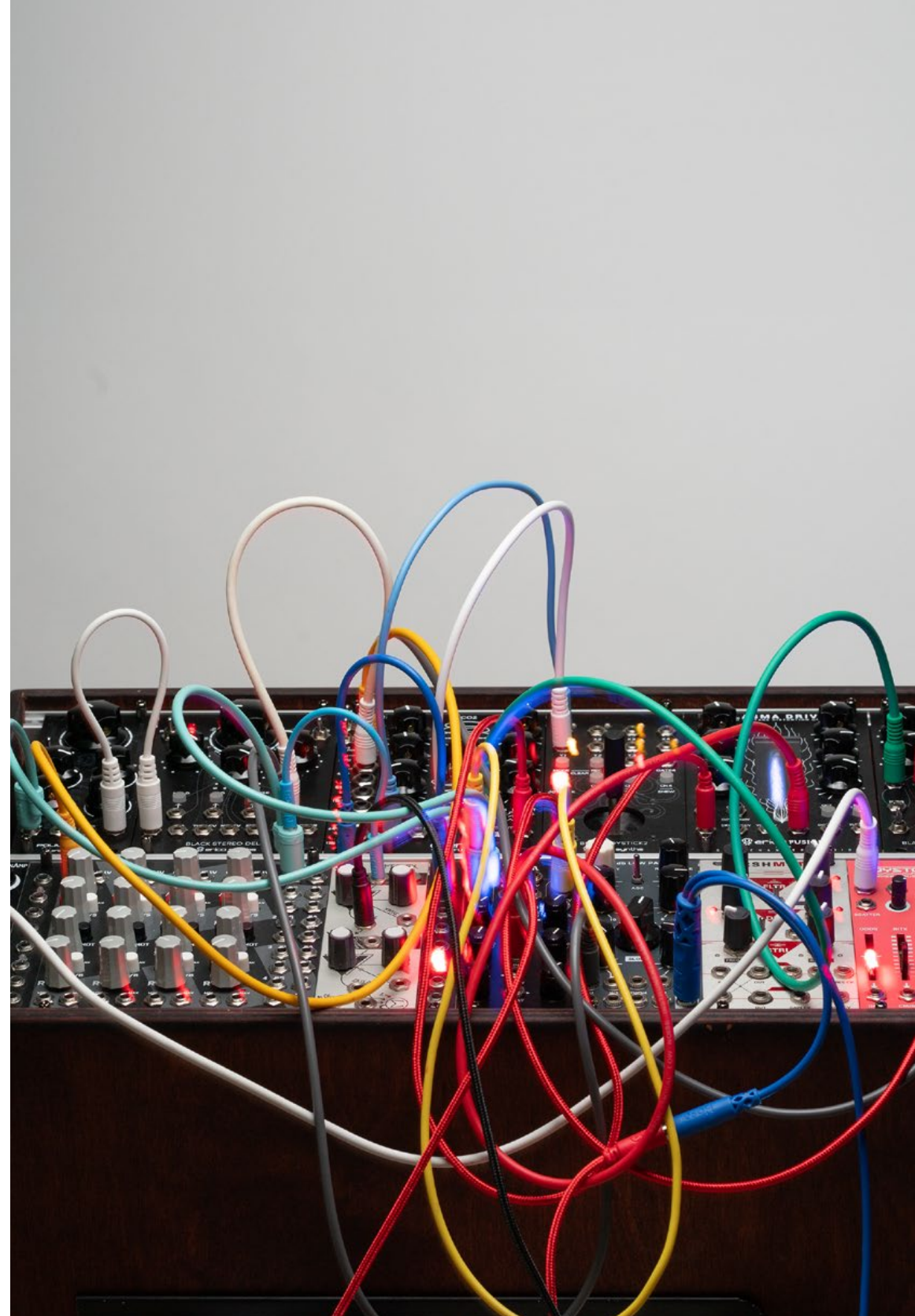
Andreas Schneider

„Musik macht man doch jetzt mit dem Computer“, wurde mir schon vor 25 Jahren spöttisch oder verächtlich entgegnet, wenn ich irgendwo in Europa mit meinen ersten Produkten von JoMoX, Future-Retro oder anderen sonderbaren Importen durch die Tür eines Fachgeschäftes für Musikinstrumente kam. Analoge Synthesizer und Hardware auf dem Tisch waren Schnee von gestern und ich habe sie trotzdem favorisiert und gefeiert. Mit meinen ersten modularen Systemen im Eurorack-Format von Analogue Systems und Doepfer waren sie schon lange nicht mehr ausnahmslos analog aber eben immer Hardware und im Falle Doepfer quasi auch ein wenig wie „open source“: Dieter Doepfer war und ist der unbestrittene Held, der selbstlos jedem die von ihm durchschrittene Tür öffnen wollte: nimm es mit, probiere, lerne und verstehe und werde damit glücklich! Mein erster modularer Synthesizer der Neuzeit war dann das Doepfer Basis-System 2. Ich bekam es von Sound & Sync, dem derzeitigen Doepfer-Stützpunkthändler in Berlin, damit auch ich verstehe, was wir dort in Frankfurt auf der SuperBooth ausstellen würden. Ich fand es erstmal fürchterlich: Nach zwei Stunden unvorbereiteter experimenteller Patch-Session zur Nacht – ich habe mich geweigert, das umfassende Manual zu lesen, ich wollte spielen – kam nichts anderes heraus als rhythmische Knicks und Knacks. Ich habe nichts verstanden, war total unzufrieden und enttäuscht und es sollte noch ein wenig dauern, bis auch mich die Faszination ergriff.

Noch heute weigere ich mich beharrlich, ein Manual zu lesen, aber zwischendurch hat mir mal jemand ein paar Sachen persönlich erklärt und sofort wurde mir die Sache klarer. Ein gutes Modul braucht für meine Begriffe noch heute KEIN Manual, wenn man ein paar Basics bereits verstanden hat. Leider gilt das nicht mehr für alle Module und leider können auch nicht alle einem die Sache so erklären, dass es einen ergreift. Darum hoffe ich sehr, dass dieses Buch bei den meisten „zündet“ und Heiner Kruses zwar durchaus analytische, aber auch echt ergreifende Passion für Klang, Musik und alle Abenteuer mit Musik und Strom euch infiziert und motiviert weiterzulesen und zu lernen, gern ein Leben lang.

Vor kurzem trafen wir uns in Köln zum Spaziergehen am Rhein und sprachen über Musik, Musikmachen in unserer Generation, unsere Erfahrungen und Sehnsüchte, Visionen und Ideen, die niemals ausgehen. Es ging um Passion, aber am Ende ging es auch darum, wie wir dem Nachwuchs die Zuversicht weitergeben können, die wir selbst aus dieser Beschäftigung erfahren haben. Denn Musik machen macht glücklich und ich wünsche euch allen, dass ihr das auch erfahrt oder erfahren werdet.

In diesem Sinne viel Glück und Freude auch beim Lesen
Andreas Schneider



Kapitel a: Einführung: Basics und Methoden 17

1 Einführung	18
1.1 Synthesizer – modulare und andere	19
1.2 Warum sollte ich mich mit modularen Synthesizern beschäftigen?	21
1.3 Aufbau des Buchs, weitere Grundgedanken und Konzepte	23
1.4 Ziele und Lernstrategien	23
2 Harmonielehre, Frequenzen, Rhythmen	25
2.1 Frequenzen und Töne	25
2.2 Obertöne, Teil 1	29
2.3 Grundkenntnisse Tonleitern, Notennamen, Intervalle	29
<i>Ganztonschritt und Halbtonschritt, Intervall Oktave</i>	30
<i>Tonleitern, Dur/Moll, Terzintervalle</i>	30
<i>Stammtonprinzip</i>	32
2.4 Intervalle, Stufen, Akkorde Teil 1	32
2.5 Hit-Formel, Dreiklänge, Akkorde	33
2.6 Akkordumkehrungen, weite Lage	34
2.7 Obertöne, Teil 2: Fourier-Theorem, Wellenformen	35
<i>Obertöne, Teiltöne, Harmonische, Partialis</i>	35
<i>Subharmonische Tonreihe</i>	36
<i>Fourier-Theorem: Jede Wellenform aus Sinuswellen nachbauen</i>	36
<i>Objektives und Subjektives bei Tonhöhe und Lautstärke</i>	38
2.8 Skalen, Pentatonik, Kirchentonleitern – und deren Nutzung im Modulare System	38
<i>Pentatonik-Skalen</i>	38
<i>Was sind Kirchentonleitern und wie leitest du sie her?</i>	39
2.9 Andere Skalen	40
2.10 Mikrotonale Skalen/Tunings	41
<i>Abweichung zwischen reinen und wohltemperierten Stimmungen/Tunings</i>	41
2.11 Rhythmen und Notenwerte	42
<i>Synkopen und Polyrhythmik</i>	44
3 Aufbau klassischer Synthesizer	45
4 Steuerung eines Synthesizers via MIDI, CV/Gate	46
4.1 MIDI, Teil 1: Basics	47
5 Semimodulare Synths	48
6 East-Coast- vs. West-Coast-Synthese	49

7 Eurorack-Modularsystem-Basics	50
7.1 Wie beginne ich mit dem Bau eines modularen Eurorack-Synthesizers?	50
7.2 Komplettsysteme vs. Eigene Zusammenstellungen als Start?	50
7.3 Eurorack-Cases/-Module: Größen, Schrauben, Strom, Basics	51
<i>Eurorack-Cases: Produktbeispiele</i>	52
<i>Eurorack-Modul- und Case-Tiefe</i>	53
<i>Schraubbefestigungen und Rails in Eurorack-Cases</i>	53
<i>Eurorack-Blindplatten</i>	54
<i>Strom in Eurorack-Cases</i>	54
<i>Eurorack-Busboards, -Flachbandkabel und -Stecker</i>	54
<i>Wie viel Strom wird benötigt?</i>	55
<i>Busboarderweiterungen</i>	55
<i>MIDI-to-CV-Konverter in Cases, Keyboards und semimodularen Synths</i>	56
<i>1U-Module, 7U-Cases</i>	56
<i>Audio-I/Os in Eurorack-Cases</i>	57
7.4 DIY im Eurorack/Faceplates	57
7.5 Audiopegel im Eurorack-Modularsystem	58
7.6 Kabel und Verbindungen, Teil 1: CV/Gate- und Audio-Kabelverbindungen	59
<i>Kabelarten</i>	60
<i>TRRS-, Stereo-, Monoadapterkabel</i>	60
8 Andere Modulare Systeme	61
8.1 Buchla	61
8.2 Serge	62
8.3 Buchla- & Serge-Kabel	63
8.4 Moog, Synthesizers.com	63
9 Modulare Software-Synthesizersysteme	64
9.1 Software-Beispielpatches & Audiofiles zum Buch	64
9.2 Generelles zum Thema modulare Softwaresynths	65
<i>Verkabelung in modularen Softwaresynths</i>	65
9.3 VCV Rack	65
<i>Pro vs. Free, Community</i>	66
<i>Module und Plugin-Integration</i>	66
<i>Browser, Installation und Modulvielfalt</i>	67
<i>Was geht besser als mit Hardware?</i>	67
9.4 Reaktor	68
<i>Ensembles, Blocks, Racks</i>	68
<i>Module hinzufügen und verkabeln</i>	69
<i>Presets speichern, Speicherformate</i>	70
<i>Module in der kostenpflichtigen Vollversion, Blocks Primes, Komplexe</i>	70

9.6 Andere	71
<i>Bitwig</i>	71
<i>Reason</i>	72
<i>Cherry Audio Voltage Modular</i>	73
<i>Applied Acoustics Multiphonics</i>	73
<i>Sugar Bytes Nest</i>	73
<i>Software nach Moog-Vorbildern, Arturia</i>	73
<i>Sonstige, Modulationsmatrix in Synthesizern</i>	73
10 Ressourcen	74
10.1 ModularGrid.net	74
<i>Probabau eines modularen Synthesizers mit Modular Grid</i>	75
10.2 Das (modulare) Synthesizer Magazin, ModulareSynthesizer.de	75
10.3 heinerkruse.de, sound.report, synthesizer.cloud	75
10.4 ModWiggler.com	75
10.5 Patchstorage.com	76
10.6 Reaktor User Library	76
11 Konventionen im Buch und anderer Literatur	76
11.1 Kabelfarben & Verwendungszweck in diesem Buch	77

Kapitel b: Schnellkurs: Mein Modulare System verkabeln, verstehen und nutzen 79

1 Erste Schritte	81
Schritt 1 Oszillator & Verstärker anschließen	81
(1a) Oszillator auswählen	81
(1b) Dauerton hörbar machen	81
(1c) VCA verkabeln	82
(1d) Optionale Komponenten	82
Schritt 2 Oszillator, Grundwellenformen und Pulsweitenmodulation erforschen	83
(2a) Tonhöhe variieren	83
(2b) Wellenformen ausprobieren	83
(2c) Mit Oszillator und Pulsweite experimentieren	84
Schritt 3 Sound filtern, Wah-Wah	84
(3a) Filter einfügen	84
(3b) Filtertypen vergleichen	85
(3c) Wah-Wah: LFO moduliert Filter	85
Schritt 4 Sounds mit Hüllkurven, ADSR-Envelopes designen	86
(4a) Amp mit ADSR-Hüllkurve modulieren	86
(4b) ADSR-Hüllkurven im Detail verstehen	88
(4c) Modulieren anderer Parameter via ADSR	91

Schritt 5 Tonhöhe steuern via V/Okt	92
(5a) Steuergerät, Keyboard verbinden	92
(5b) Key Follow	93
Schritt 6 Mehrstimmigkeit/Polyphonie	94
(6a) Polyphonie mit mehreren Oszillatoren	94
(6b) Polyphonie mit mehrstimmigen Oszillatoren	94
(6c) Polyphonie in Software	94
Schritt 7 Andere Steuergeräte, Sequencer & Quantizer, Random	95
(7a) Andere Controller/Sequencer nutzen	95
(7b) Quantizer integrieren	96
(7c) Die Tonhöhe per Zufall steuern	96
(7d) Man hat nie genug VCAs	96
(7e) Die Hitformel mit Sequencer und Quantizer	96
Schritt 8 Weitere Modulationen, Tremolo, Vibrato	97
(8a) Vibrato: LFO moduliert Tonhöhe	97
(8b) Roboterstimme im R2D2®-Stil	97
(8c) Tremolo: Der LFO moduliert den Amp	98
(8d) Wah-Wah vs. Tremolo	98
Schritt 9 Schwebungen, FM, Sync	98
(9a) Schwebung	98
(9b) FM und komplexere Modulationen	99
(9c) FM und komplexe Modulationen 2	99
Schritt 10 Ein klassischer Synthesizer, Übungen	99
(10a) Übungen mit Lösungen	101

2 Ergänzungen	101
2.1 Einbindung von Samples	101
2.2 Drumsounds mit Synths, Gate-Sequenzierung	102
2.3 Klangverformung im West-Coast-Stil	103
2.4 Effektrack	103
2.5 Wie arbeite ich mit meinem Modulare System?	103
<i>Das System langsam aufbauen</i>	104
<i>Sweet Spots finden</i>	104
<i>Konzept vs. Zufall, Studio vs. Live</i>	104
<i>Aufnahmen bearbeiten und archivieren</i>	104
<i>Welche Module kaufe ich zuerst?</i>	105

Kapitel c: Lexikon: Syntheseformen, Sounddesign, Module, technische Vorgaben, Akustik und mehr 107

1 Technik, Formate, Akustik	109
1.1 Schallwellen, akustische Phänomene Teil 1, Raumakustik	109
<i>Schallwellen, Luftdruck, Schallgeschwindigkeit</i>	109
<i>Wellenlänge, Phase</i>	110
<i>Phasenverschiebungen und -auslöschungen</i>	111

Kammfilter, Chorus, Flanger, Phaser	111	MPE	132	2.10 Vektor-Synthese	164	5.1 Modulation im Modularsystem: Basics	186
Raumakustik, stehende Wellen, Raummoden	112	.mid-MIDI-Files und General MIDI	133	2.11 Additive Synthese, Spektrale Synthese, Resynthese	165	Modulationsintensität mit Attenuator, Attenuverter oder VCA steuern	186
1.2 Audiosignale, -formate, Pegel, akustische Phänomene Teil 2	113	CV to MIDI/MIDI to CV: Module im Detail	133	Additive Synthese	165	Spannungswerte, Unipolar vs. Bipolar, Offsets, Inverter, Rectifier	187
Audio: Strom, Dateiformate	113	1.7 Synchronisation, Tempo Clock, SMPTE	134	Spektrale Synthese	165	5.2 Praxis: CV-Eingang am Modul – mit und ohne Potentiometer	188
Audio: Samplerate, Bitrate und Dateigröße	114	BPM, MIDI-Tempo und MIDI-Clock	135	Resynthese	166	5.3 Praxis/Module: CV-Source, CV-Mixing, Adder, Inverter, Attenuator	189
Audio: Interleaved vs. Split Stereo	115	Synchronisation via Ableton Link	136	Beispiel: Make Noise Spectraphon	166	5.4 Envelopes/Hüllkurven	190
Verläufe in der Wahrnehmung von Signalen: logarithmisch, linear, exponentiell	115	Tempo Follower in Live	136	2.12 Rauschen (Noise)	168	ADSR, One Shots	190
Verstärkung und Pegelrechnung, Referenzspannungen	117	Start, Stop, Continue	136	Rausch-Arten: weiß, rosa, blau und mehr	168	Einfache Hüllkurven: AR, AD, ADR, ASR, Ramp	191
Fletcher-Munson-Kurven	119	MIDI-Timecode	137	Burst Noise/Popcorn Noise	168	Regelzeiten im Detail	191
LUFs	120	SMPTE und Filmsynchronisation	137	2.13 Andere Syntheseformen, Oszillatoren als Modulationsquelle	169	Exponentielle und lineare Hüllkurven	191
Residualeffekt	120	Andere Clock-Formate	137	3 Filter, EQ, VCA, LPG	170	Retrigger in analogen Hüllkurven	192
Maskierungseffekt	120	2 Klangerzeugung und Syntheseformen	138	3.1 Filtertypen, Cutoff, Resonanz, Flankensteilheit	170	Invertierte Ausgänge	192
1.3 Moduleigenheiten	120	2.1 Mono-, Duo-, Para- und Polyphonie, Multitimbralität	138	Tonaler Charakter von Resonanz, Filter als Oszillator	171	Loopbare Hüllkurven	192
Analoge Eigenheiten: Trimmer, Jumper, Potentiometer, Ports, Heizung	121	2.2 Timbre	139	Flankensteilheit	171	Komplexe Hüllkurven, AHDSR, MSEGs, Stages	193
Digitale und sonstige Moduleigenheiten: USB-Port, Card, Umschaltung	121	2.3 Analoge Oszillatormodule und typische Oszillatortricks	139	Filtertypbezeichnungen bei Modulen	171	Mehrfach-Triggering, Ping-Input, Pingable Envelope	194
Binäre Logik bei der Wahl von Einstellungen	122	Sync (Hard Sync, Soft Sync)	141	3.2 Filtermodulation, Filtertracking (Key Tracking)	171	Hüllkurvenverfolger, Envelope Follower	194
1.4 Besondere Verbindungen	122	Pulsweitenmodulation (PWM)	142	3.3 Verschiedene Filter-Module Teil 1, Verzerrung, Praxis	172	End of ... : EOR, EOC, Gate-Outputs	195
Multiples, Splitter, Merger Bus	122	Schwebungen, Detune, Unison	143	3.4 EQs: Einfache, semi- und vollparametrische EQs	172	5.5 LFOs	195
Normalisierte und halbnormalisierte Verbindungen	123	2.4 Digitale Oszillatormodule: Allgemeines	144	EQs: Bell- und Shelving-Charakteristik, Filter	173	Digitale vs. analoge LFOs – und ihre Modulationsintensität	195
1.5 Formate für CV, Gate und Trigger	123	Mutable Instruments Plaits als Vorbild	144	Beispiele: Analyzer, EQs im Modularsystem	174	LFO-Praxis, Regelbereiche	196
CV-Formate, V/Okt- und Hz/V-CV-Verbindungen zur Stimmung der Tonhöhe	124	2.5 Wavetablesynthese	145	3.7 Filter Pingung	175	5.6 Legato, Glide, Portamento	196
V/Okt zur Steuerung der Tonhöhe	124	Selbst Wavetables generieren	146	3.8 Filter-Module Teil 2: Resonant EQs u. a.	175	5.7 Slew, Skew	197
Hz/V zur Steuerung der Tonhöhe	125	Praxis: Vergleich von Wavetable-Klangerzeugern, Beispiele	146	3.9 VCA-Module	176	5.8 Knob-, CV-Recorder	197
Tuning: Buchla, mikrotonale Stimmung	125	2.6 FM-Synthese und (komplexe) duale Oszillatoren	147	3.10 Low Pass Gates	177	5.9 Switches	198
Audiosignale als Steuerspannung	125	Exponentiell, linear & linear Thru Zero FM, Phasenmodulation, Cross-Modulation	148	3.11 Exkurs: Vactrols	177	5.10 Scanning, Scanner	199
Gate vs. Trigger, Triggerformate	126	FM-Modulation: Verlauf geben und skalieren	149	4 Mixer, Mutes, Panning	178	5.11 Logik-Module	199
Dynamische Gates	127	Wann klingt FM (un-)harmonisch?	148	4.1 Mixer für Audio- oder Steuersignale, AC- & DC-Kopplung	178	AND, OR, XOR und Co.	199
Konvertierung: Buchla, Eurorack und anderen CV-Formate	127	DX7, Algorithmen und Sinustöne bei FM	151	4.2 Unity Gain	178	SUM, MIN, MAX	201
1.6 MIDI-Datenübertragung, Befehle, Stecker, MPE, MIDI/CV-Konvertierung	127	Duale Oszillatoren im Buchla-Stil	152	4.3 Stereo-, Mono-, Mehrkanal-Mixer	179	Komparator	201
MIDI-Buchsen, -Stecker, -Verkabelung	128	2.7 Physical Modeling/Karplus Strong/modale Synthese	152	4.4 Mutes	179	Modulo-Rechnung, CV für Oktavlage und Zwischentöne	201
Daisy Chaining, Sternverkabelung, Local On/Off	128	Parameter bei Physical-Modeling-Klangerzeugung	153	4.5 Matrix-Mixer/Steckfelder	180	5.12 Multifunktionsmodule: Maths, Rampage	202
MIDI-Befehlsstruktur am Beispiel von Note On	129	Karplus-Strong-Synthese, Modale Synthese	153	4.6 Summierung	180	Make Noise Maths	202
MIDI-Hänger, Note Offs	129	Patch-Beispiele zu Physical Modeling	155	4.7 Send- vs. Insert-Verkabelung, Dry/Wet	181	Befaco Rampage	203
MIDI-Control-Change-Befehle, Modulationsoptionen	129	Allpassfilter	156	Aux Master-Send und Aux-Return	182	6 Zufallsmodule, S&H, Stochastik, Quantizer	204
Binäres System in MIDI-Befehlen	130	2.8 Sampler und Sampling	156	Send-Verkabelung im Modularsystem?	183	6.1 Random-Module, S&H, T&H, Stochastik	204
Mehr Details zur Struktur von MIDI-Befehlen	130	Geschichte des Samplings	156	4.8 Pre- vs. Post-(Fader)	184	S&H, Stepped Random, Smoothed Random	204
Polyphonic Pressure, Channel Pressure, Aftertouch	131	Sampler-Module und Praxisbeispiele 1	157	4.9 Solo (AFL, PFL) vs. Cue/Mix Out, Cue & Monitor Out	184	Modul: Buchla Source of Uncertainty 266	206
SysEx, Presetübertragung via MIDI	131	Sampling, Module, Praxisbeispiele 2	158	4.10 CV-Modulation von Mixern, Mixer mit VCAs	185	Andere Zufallsmodule	207
MIDI-Steckerbelegung bei TRS-MIDI-Verbindungen	131	Bearbeitung von Samples: Instrument aus Looping und Tuning	159	4.11 Mixer-Module: Beispiele, Praxis	185	6.2 Quantizer	207
		Bedeutung des Sample-Startpunkts/ Experimentelles Looping	160	5 Modulation, CV-Erzeugung & -Bearbeitung	186	7 Clock-Module und -Divider	209
		Sample-Slicing und -Splicing	161				
		Autosampling	161				
		2.9 Granularsynthese	161				
		Clouds, Supercell – und andere	162				

7.1	Clock Divider und Multiplier	210
7.2	Clock-Rhythmen im Zusammenspiel mit Logikfunktionen	210
7.3	Run/Stop, Reset	211
8	Keyboard, Pad, Theremin, Faderbank, Joystick	211
8.1	Steuerung: Keyboards	212
	Anschlagdynamik, Aftertouch, CV Outs	212
	Keyboards: Arpeggiator-, Akkord- & Sequencer-Funktionen	221
	Keyboards: Isomorph und MPE	221
8.2	Steuerung: Pads und andere	213
8.3	Steuerung: Faderbänke	213
8.4	Steuerung und Instrument: Theremin	213
8.5	Steuerung und Instrument: Trautonium	214
9	Sequencer	215
9.1	Sequencer-Synchronisation, Clock	215
9.2	Einführung: Sequencer im Modularsystem	216
9.3	Erste Produktbeispiele, Zahl der Steps und Sequenzen	216
9.4	Überblick: Methoden zur Erzeugung von Sequenzen	217
9.5	Klassisches CV/Gate Step Sequencing	218
	Behringer 960 Sequential Controller und andere	218
	Sequencer: Tuning, Sequenzen transponieren	220
	Sequencer: Tonhöhen-Quantisierung	220
	Weitere Timing-Optionen, Swing in analogen Sequencern	220
	Tie, Glide im Sequencer	221
	Mehrfach-Trigger, Ratcheting, Beat Repeat	221
	Skip, Stop	221
	Laufrichtung, Sequenzlänge, Edits: Sequenz-Offsets	222
	Make Noise René 2: Kartesischer Sequencer	222
9.6	Sequenzen selbst einspielen, Metronom	223
	Overdub- vs. Take-Aufnahme	223
	Editing: Timing-Quantisierung, Einspielmethode, Groove Templates	224
	Groove-Templates, Swing, Ticks, Microtiming, Auflösung	225
9.7	Reine Gate-Sequencer – oder doch nicht?	225
9.8	Reine CV-Sequencer, Modulationskurven	226
9.9	Sequential Switches	226

9.10	Besonderheiten bei digitalen Sequencer-Modulen, externe Sequencer	227
	Squarp Hermod+ und andere als Praxisbeispiele	227
	CV/Gate-Konnektivität: Externe Sequencer	228
9.11	Sequencing mit mathematischen, generativen und zufallsbasierten Funktionen	228
	Turing Machine	229
	Mutable Instruments Marbles	230
	Euklidische Patterns	231
	Vermona Melodicer	232
10	Arpeggiatoren, Chord-Tools, MIDI-File-Player, Pitch Tracking	233
10.1	Arpeggiatoren	233
10.2	Chord-Tools (Akkordspeicher)	234
10.3	MIDI-File-Player, General MIDI	234
10.4	Pitch Tracking	235
11	Audio-I/Os, -Interfaces, -Player & -Recorder, Tonabnehmer	235
11.1	External Inputs: Signalverstärkung & Envelope Follower	235
11.2	Mikrofon-Vorverstärker	235
11.3	Kopfhörer-Ausgänge und andere	236
11.4	Audio I/Os: Symmetrische Kabelführung	236
11.5	Audio-Interfaces: AC/DC-gekoppelt, Audio to CV/CV to Audio	236
11.6	Die ADAT-Schnittstelle	237
11.7	Audio-Recorder & (besondere) Audio-Player	237
11.8	Tonabnehmer, Transducer und Sensoren	238
12	Effekte	238
12.1	Lineare/nonlineare Verzerrungen, Distortion	238
	Module: Touell Skouarn Sonveskan und Feedback	240
12.2	Wavefolder, Waveshaper und Co.	240
12.3	Ringmodulation (RM), Amplitudenmodulation (AM)	224
12.4	Bitcrusher (und Dithering)	243
12.5	Dynamik-Effekte: Allgemeines, Upward, Downward Compression, Expansion	244
	Kompressor, Limiter	245
	Transient Designer, Enveloper	246
12.6	Dynamics: Noise-Gate	246
12.7	Dynamics: Sidechaining, Ducking	247
12.8	Multibandkompressor, De-Esser, Dynamischer EQ	248

12.9	Hall (Reverb)	248
	Algorithmischer Hall vs. Faltungshall	249
	Praxis der Hallanwendung, Reverb-Typen, True Stereo	250
	Reverb-Module: Spring-Reverbs, digitale Reverbs	250
	Erbeverb, Oliverb	251
	Pre-Delay und Initial Delay	252
	Hall-EQ, Filter	252
12.10	Granular FX	252
12.11	Delay, Echo	253
	Tap Delays vs. Tape Delays	255
	Analoge vs. digitale vs. granulare Delays, Doppler-Effekt, Freeze	256
	Kurze Delays, Resonanzen in Delays, Delayzeiten	256
	Weitere Delay-Module	256
12.12	Autofilter	257
12.13	FX: rhythmisch, sequenziert, Stutter	257
	Praxis: Qu-Bit Data Bender	258
12.14	Frequency Shifter, Pitch Shifter	258
12.15	Modulation FX: Chorus, Phaser, Flanger	259
12.16	Stereo-Spreader	260
12.17	Multi FX	260
13	Looper, Frippertronic, Morphagene	261
13.1	Boss RC-505	261
13.2	Looper-Module, Frippertronic	262
13.3	Make Noise Morphagene	263
14	Multifunktionsmodule	264
14.1	Expert Sleepers Disting und General CV	264
14.2	Empress Effects Zoia und Zoia Euroburo	264
14.3	After Later Audio Ornament & Crime	265
14.4	Analoge und einfachere Multifunktionsmodule	265
15	Sonstige Module ohne Audioausgabe	266
15.1	Oszilloskop	266
15.2	Analyzer, Korrelationsgradmesser, Goniometer	266
15.3	Video-Synthesizer	267
15.4	USB-Stromversorgungs-Module	268

Kapitel d: Praxis: Klang-, Kompositions- und Performanceziele, Workflows, Konzepte, Modularsysteme 269

1	Modulkombinationen, Racks: Einführung	271
1.1	„Three Module Challenge“, andere Gerätekombinationen	271

1.2	Kompakte Systeme	271
1.3	Große Systeme übersichtlich gestalten	273
2	Sounddesign für Soundkategorien	273
2.1	Drums	273
	Buchla-Bongos	275
2.2	Bass	275
	Residualeffekt bei Bässen	276
	Zerrbässe fein dosiert selbst designen	276
	Der Bass im Mix	277
2.3	Synthesizer-Leads, Pads und FX	277
	KI: Ausblick auf Synthesizer-Sounds	279
2.4	Feedback-Schleifen	279
3	Musikalische Ziele im Detail	280
3.1	Grundlegende Kompositions- und Produktionsprinzipien	280
3.2	Elektroakustische Musik, Neue Musik, Klangforschung	282
	Musique Concrète	283
	Avantgardistische (elektronische) Musik	
	abstrakte Musik & andere Stile	284
	Noise, Field Recordings	285
	Die Natur als Vorbild – übertroffen?	285
	Module: Music Thing Modular Radio, Benjolin	286
3.3	Generative Systeme konzeptionieren	286
	Krell-Patch	287
3.4	Ambient Musik	287
3.5	Elektronische Musik	289
3.6	Rhythmische Komponenten, Beats, Bewegung im Sound	290
	Rhythmus: Einspielmethode, Live-Recording vs. Beatprogramming u. a.	290
	Genretempi und Swing	291
	Beats: Techno	291
	Breakbeats, Soul Licks für Hip-Hop, Slicing	292
	Drums im Mix: Bearbeitung der Drum-Summe	293
	Bewegung im Sound vs. Automation	294
3.7	Musikalische Komponenten: Bassline, Melodien, Akkorde, Polyphonie	294
	Die Tonart bestimmt die Basswirkung	294
	Bass in Mix: abmischen	294
	Melodische Sequenzen einzeln und gelayert erzeugen und transponieren	295
	Polyphonie via MIDI	295
	Polyphonie in modularer Software	295
	Polyphonie ohne MIDI via CV	296
	Mehrstimmigkeit: Sonstige Wege	297
3.8	Sprache, Vocals und Vocoder	297

Vocals im Mix	298
Vocoder	298
Harmonizer, Pitch Shifter und andere	299
TalkBox und Sonovox	299
3.9 Mit mikrotonalen Stimmungen arbeiten, Ragas	300
Files: Scala (.scl), Tuning- (.tun), Keyboard-Mapping (.kbm)	300
Mikrotonale Stimmungen: Ragas als Beispiel, Tunings	301
MIDI-Tuning-Standard, Odd-Sound MTS-ESP, Microtuning in VCV Rack	302
4ms Ensemble Oscillator: Mikrotonale Stimmungen	302
3.10 Übung: Genrespezifische Arrangiertechniken	303
3.11 Populäre Genres: Strukturmerkmale	303
Dance-Musik, Techno	303
Pop-Musik und andere	304
Hip-Hop	304
Reggae, Dub, Jungle, Drum'n'Bass	304
3.12 Klassische Musik mit Synthesizern	305
3.13 Mixing und Mastering	305
Wie erstelle ich einen guten Mix?	305
Mix vs. Mastering	307
Monokompatibilität?	308
Was tun bei fehlender Monokompatibilität?	308
Lautstärke für Medien	309
KI-Mastering: Ausblick	309
3.14 Quadrophonie	309
3.15 Remixing, Tempoedits, Stem-Separation	310
3.16 Filmvertonung, Filmmusik und Dolby Atmos	311
Filmmusik vs. Filmvertonung	311
Audio: Dolby Atmos	314
3.17 Kooperationen	314
4 Live-Sets, Modularesystem & Computer, mobile Setups, Controller, Praxis	315
4.1 Vorteile modularer Studio-Setups	316
4.2 Live-Performance-Konzeption	316
Live-Act Checkliste	317
Alternative zu Keyboards: Pads spielen	318
Sounds vorhören, Cue	319
Looper im Live-Setup	319
4.3 Live-Act mit dem Computer, MIDI-Fernsteuerung, Macros	320
MIDI-Fernsteuerung	320
Macros	320
Ableton Live (und Bitwig)	321
4.4 Synchronisation via MIDI, Ableton Link und andere	322
4.5 Computer und modulare Hardware verbinden	322
Software: CV-Übertragung über Audiointerfaces	322
4.6 Zwei Künstler oder Modularesystem und Computer live mit Crossfader überblenden	323
4.7 Praxisbericht zu Live-Acts mit Computer & Modularesystem	323
Stems im ersten Ambient-Live-Act	324
Live-Act „Echoes“ auf der superbooth23	324
Pamela's New Workout als Herz	325
Mixerrouting	326
Controller und Delays in Live	326
Klanggeneratoren, Bassdialog und Finetuning	326
4.8 Mobile Setups	327
Modularesysteme: Mobile Stromversorgung	327
Transport: Module, mobile Geräte, Ausblick	328
5 Beispielsysteme	328
5.1 Vorkonfigurierte vs. selbst zusammengestellte Systeme?	328
5.2 Sinnvolle Komponenten: Allgemeines	329
5.3 Besondere Case-Eigenheiten: Interne Übertragung von Steuerspannung über Busboards und andere	330
Doepfer Bus-CV	331
Make Noise Select Bus	331
TipTop Audio Mantis Sync Bus	331
Sektionen in Busboards, kurze Kabel	331
5.4 Doepfer-A-100-Systeme	332
5.5 Make Noise Shared System	334
5.6 Erica Synths, Liquid Sky Dada Noise System 2 und Quadrophonic Surround Panner	335
5.7 Behringer-Systeme	335
5.8 TipTop Audio Systeme	335
5.9 Buchla Music Easel	336
5.10 Effektsysteme	336
5.11 Drum-/Rhythmusssysteme	337
5.12 Techno-/Darkwave-System	338
5.13 Beispielsysteme: Musikalische und polyphone	338
5.14 Make Noise Tape & Microsound Music Machine	339
5.15 Video Synthesizer-System	339
Nachwort	340

Kapitel c:

Lexikon: Syntheseformen, Sounddesign, Module, technische Vorgaben, Akustik und mehr

Lexikon: Syntheseformen, Sounddesign, Module, technische Vorgaben, Akustik und mehr

Dieses Kapitel erläutert Modulgattungen, bekannte Syntheseformen, Formate und sonstige Bestandteile eines modularen Synthesizers und baut auf den ersten beiden Kapiteln auf. Ich konzentriere mich auf typische Funktionsbereiche, Module und deren Nutzen. Außerdem findest du grundlegende technische Informationen als soliden Wissenshintergrund für deine weitere Arbeit mit modularen Synthesizern. Das soll Dich aber nicht daran hindern, erst einmal spielerisch an die Sache heranzugehen. Du solltest kein schlechtes Gewissen haben, wenn du den ein oder anderen Abschnitt, besonders im ersten Teil dieses Kapitels, erst mal überspringst und nur bei Bedarf nachschlägst. Das Kapitel hat auch den Charakter eines Lexikons bzw. Kompendiums. Basics zu Cases, Kabeln, Modularsystemformaten und -software findest du schon in **Kapitel a:**. Weitere Details zu Case-Eigenheiten stehen im letzten Abschnitt von **Kapitel d:** über Komplettsysteme. Ab Abschnitt 2 des **Kapitels c:** geht es los mit Syntheseformen, danach kommen Filter, Amps, dann Modulationstools und Effekte. Du findest meist eine allgemein gehaltene Funktionserklärung, die um Beschreibungen einiger bekannter oder typischer Module ergänzt wird. Einordnungen können auch nicht immer trennscharf erfolgen. Es gehört zum Wesen eines Modularsystems, Module anders einzusetzen als hauptsächlich vorgesehen. Betrachte meine Ausführungen also nicht als einzige Möglichkeit oder Vorgabe, sondern eher als Denkanstoß. Du kannst kleine Erfolgserlebnisse sammeln, indem du lernst, einzelne Komponenten zu verstehen und findest und findest auch Beispiele und Problemlösungen. Springe direkt zu den Themen, die dich interessieren. Mit dem Wissen aus diesem Kapitel kannst du Dich besser in **Kapitel d:** an musikalische Ziele und Gesamtkonzepte heranwagen. Beim Studium mancher Module schleicht sich ein Grinsen in mein Gesicht, wenn ich begreife, was man damit alles machen kann. Zum Zeitpunkt, an dem ich das schreibe, geht es mir mit verschiedenen Switch-Modulen so. Ein ähnliches Gefühl stellte sich schon öfters bei mir ein, wenn ich gesehen habe, wie Dieter Doepfer im weißen Kittel seine neuen Module präsentiert und mit verschmitztem Lächeln und Raffinesse gekonnt mit den Funktionen jongliert hat. Wenn du mehr zu einzelnen Modulen lesen willst, findest du exemplarisch Module aus verschiedenen Bereichen im Sonderheft „Das Modulare Synthesizer-Magazin“ des Radial Verlags, in dem dieses Buch und Das Synthesizer-Magazin erscheinen. Dort werden ebenfalls regelmäßig neue Module vorgestellt.

1 > TECHNIK, FORMATE, AKUSTIK

In diesem ersten Abschnitt findest du Informationen zu technischen Rahmenbedingungen, Eigenheiten von Modulen (Jumper & Co.) sowie ein wenig Theorie über Strom und Schallübertragung, die bei der Arbeit mit modularen Synthesizern wichtig sein können.

1.1 >> Schallwellen, akustische Phänomene Teil 1, Raumakustik

Zunächst widmen wir uns kurz der Schallausbreitung.

>>> Schallwellen, Luftdruck, Schallgeschwindigkeit

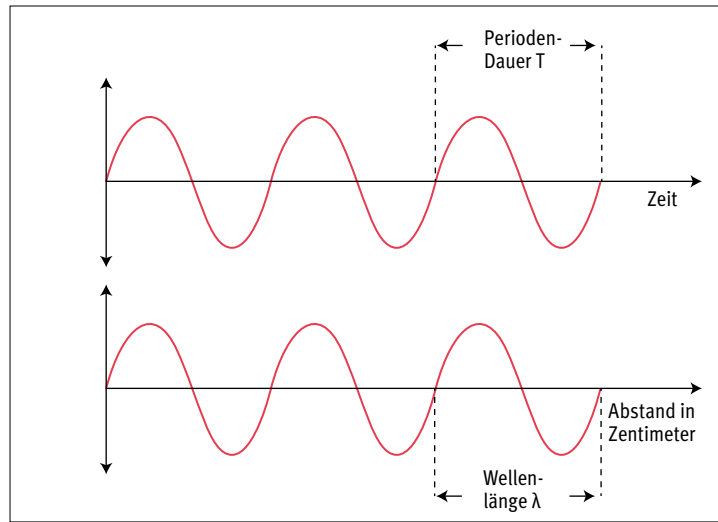
Unser Hörerlebnis entsteht durch wellenförmige Veränderungen im Luftdruck, die unser Trommelfell vibrieren lassen, was unser Gehirn „übersetzt“. Die Luftdruckveränderungen lassen sich als Longitudinalwellen bezeichnen, die in der Ausbreitungsrichtung der Welle um einen Mittelpunkt (Normaldruck) herum in beide Richtungen (Überdruck und Unterdruck) schwingen. Man spricht von Null-Lage sowie positivem und negativem Maximum. Die maximale Auslenkung wird als Amplitude bezeichnet.¹

Aufgrund der räumlichen Verteilung der Schallenergie lässt der Schalldruck mit zunehmender Entfernung von einer Luftquelle nach. Sounds, die entfernt klingen sollen, mixt du daher leiser und etwas dumpfer ab, um natürlichen Klang zu simulieren. Sounds von Synthesizern sind ansonsten sehr „präsent“ im Mix. Schall breitet sich in verschiedenen Medien unterschiedlich schnell aus (bei 20 Grad Celsius mit ca. 343m/s). Die Dichte des Mediums und die Temperatur spielen eine Rolle, pro Grad Celsius weniger sinkt die Ausbreitungsgeschwindigkeit um etwa 0,6m/s.

Mikrofon- und Lautsprechermembrane vibrieren entsprechend dieser Wellen. Das menschliche Ohr hört Schwingungen von etwa 16Hz bis 20.000Hz. Beachte: Mit zunehmendem Alter hört man weniger hohe Töne und in kleinen Räumen können sehr tiefe Töne nur begrenzt korrekt wiedergegeben werden, weil der Abstand zwischen den Wänden u. U. kürzer ist als die Wellenlänge. Verschiedene Instrumente breiten Schwingungen zudem in eine oder mehrere Richtungen aus.

¹ Vgl. Dickreiter, 1987, S. 3 und 4.

Abb.: Periodendauer und Wellenlänge



>>> Wellenlänge, Phase

Die Periodendauer (T) gibt (in Sekunden) an, wie lang eine komplette Schwingung von Anfang bis Ende andauert, bevor sie von vorn anfängt. Mithilfe der Frequenz kannst du die Periodendauer berechnen: Schwingt ein Ton mit Sinuswelle 1000 Mal in der Sekunde (1000Hz), benötigt er $1/1000$ Sekunde, um einmal zu schwingen. Der bei der Ausbreitung zurückgelegte Weg heißt Wellenlänge l (Lambda), die in Metern gemessen wird. Diese kannst du mithilfe der Schallgeschwindigkeit c und der Frequenz berechnen: Wenn sich der Schall mit 343 m/s bewegt, dann ist die Wellenlänge eines Tons von 1 kHz gleich $343/1000\text{ m} = 0,343\text{ m}$. Betrachtest du die Sinusschwingung einer Welle als Projektion einer Kreisbewegung, dann kannst du den Winkel der Kreisbewegung als Phase ϕ der Welle bezeichnen. Das entspricht $0-360^\circ$ im Gradmaß.² Dieses grundlegende Wissen kann dir bei folgenden Aufgabenstellungen helfen:

- Berechnung des optimalen Abstands von Mikrofonen bei einer Audioaufnahme
- Verständnis von Kammfilterphänomenen beim Zusammenmischen mehrerer Signale u. der Funktionsweise von Effekten (Chorus, Flanger)
- Verständnis der klanglichen Ergebnisse beim Invertieren von Schwingungen im Modularsystem.

² Vgl. Keil, Dennis (o. D.).

- Verständnis der Oszillator-Sync-Funktion
- Analyse des Hörerlebnisses im Raum, Optimierung der Raumakustik
- Berechnung der im Raum besonders laut oder leise hörbaren Frequenzen bei stehenden Wellen, die exakt zwischen zwei Wänden passen.

>>> Phasenverschiebungen und -auslöschungen

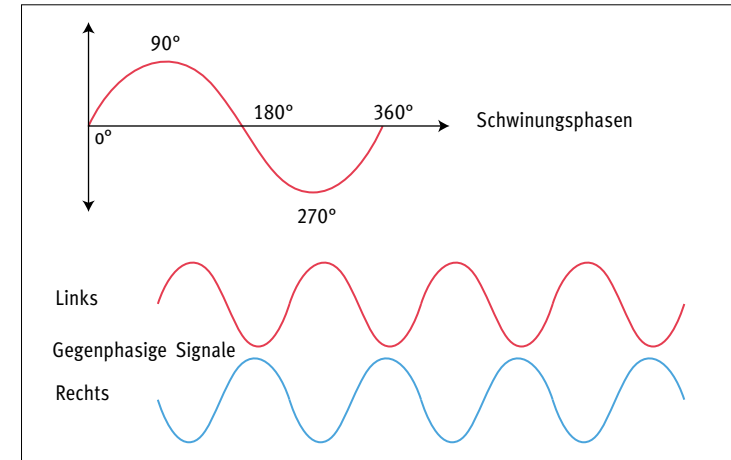


Abb.: Phasendrehung - Schwingungsphasen

Startet etwa die zweite Stimmung leicht versetzt, spricht man von einer Phasenverschiebung. Betrachten wir ein Signal mit 1 kHz , das ca. 34 cm lang ist. Nimmst du ein solches Signal mit zwei Mikrofonen auf, die 17 cm voneinander entfernt stehen, entspricht der Abstand einer halben Wellenlänge. Mischst du beide Signale zusammen, ist das zweite Signal um 180° phasenverschoben. Dann gibt es zumindest für diese Frequenz Phasenauslöschungen, weil sich Schwingungen mit positivem und negativem Maximum addieren, sodass sie sich im Ergebnis auslöschten. Das Bild zeigt zwei Sinustöne, die phasengedreht zusammengemischt werden und sich dadurch in der Summe auslöschten. Die Phasenlage ist hier um 180° verschoben. Würdest du nun den Abstand zwischen den Mikrofonen verändern, würde das gleiche Phänomen bei einer leicht veränderten Frequenz entstehen.

>>> Kammfilter, Chorus, Flanger, Phaser

So ähnlich funktioniert ein Flanger-Effekt: du modulierst den zeitlichen Abstand, mit dem Signale zusammengemischt werden, mit einem LFO. Ein Signal besteht meist nicht nur aus einer Frequenz, das ist nur bei einer reinen Sinuswelle der Fall. Für andere Frequenzen entstehen bei ei-

- **WAVE:** Das Format (.wav) basiert auf Microsofts RIFF-Format. Das Format Broadcast Wave (BWF) kann in der Datei auch Informationen über Zeitpositionen enthalten und lässt eine maximale Dateigröße von 4GB zu. Größere Dateien sind mit dem Format MBWF/RF64 möglich.
- **AIFF:** Das Audio Interchange File Format (.aif oder .aiff) ist Standard auf Macs und erlaubt maximal 2 GB große Dateien.

Die gängigsten komprimierten Audiodateiformate sind:

- **MP3:** Es gibt sie in verschiedenen Auflösungen und mit variabler oder konstanter Bitrate; ab ca. 256 kBit/s klingen sie relativ gut.
- **AAC/M4A/M4R:** Es gibt sie in verschiedenen Auflösungen; bereits ab ca. 128 kBit/s klingen sie relativ gut
- **.m4r:** Diese Dateien sind als Telefon-Klingeltöne verwendbar.

>>> Audio: Samplerate, Bitrate und Dateigröße

Die **Samplerate** regelt, wie oft in der Sekunde eine Art „Schnappschuss“ des Audiosignals aufgenommen wird, wenn es von analog in digital und umgekehrt umgewandelt wird. Die **Bitrate** regelt, wie groß die Auflösung dabei ist.⁵ Eine 16-Bit-Auflösung bedeutet 65.536 mögliche Levels, bei 24 Bit sind es 16.777.216 Levels. Eine Samplerate von 44.100 Samples (Abtastrate von 44,1kHz) pro Sekunde mit einer Auflösung von 16Bit entspricht CD-Qualität. Module arbeiten teilweise mit sehr unterschiedlichen Sample- und Bitraten, die du gegebenenfalls in geeigneter Software (z.B. Audacity (PC), Twisted Wave (Mac), Reaper) konvertieren musst. Dieses Wissen ist auch für Eurorack-Musiker*innen nützlich. So spielt z.B. das Make Noise Morphogene 32-Bit-Dateien mit 48kHz ab. Pro Sekunde fallen Bytes nach der Formel „Abtastrate × Bytes pro Sample × Anzahl der Kanäle (mono = 1, stereo = 2)“ an. Pro Minute benötigt eine Stereodatei in CD-Qualität etwas mehr als 10 MB Speicher, mit 32 Bit doppelt so viel.⁶ Vorteile kleinerer Sample- und Bitrates sind ein geringerer Speicherbedarf und eventuell eine höhere Geschwindigkeit bei der Verarbeitung – ein entstehender Lo-Fi-Sound ist oft künstlerisch gewünscht. Manchmal kann es hingegen besonders sinnvoll sein, mit höheren Sample- oder Bitraten zu arbeiten, auch wenn der Unterschied nicht direkt hörbar ist, z.B. wenn es große Lautstärkeunter-

⁵ Vgl. hierzu und im Folgenden Kruse, 2021, S.548ff.

⁶ Beispiel: 5 min = 300s in CD-Qualität (16 Bit = 2 Byte, 44.100Hz, stereo) ergeben 44.100Hz × 2 Byte × 2 Kanäle × 300s = 52.920.000 Byte = 51.679,69KB = 50,5MB (geteilt durch 1.024).

schiede und sehr leise Stellen gibt oder du die Aufnahmen später viel langsamer abspielen möchtest.

Über den Daumen gerechnet sagt man, dass die Wiedergabe von Frequenzen mit etwa der Hälfte der Samplerate störungsfrei möglich ist. 48kHz ist ein gebräuchliches Standardformat bei der Filmvertonung oder auf DVDs. Dieses und ein Vielfaches davon (96 und 192kHz) findet eher im Video- als im Audiobereich Verwendung.

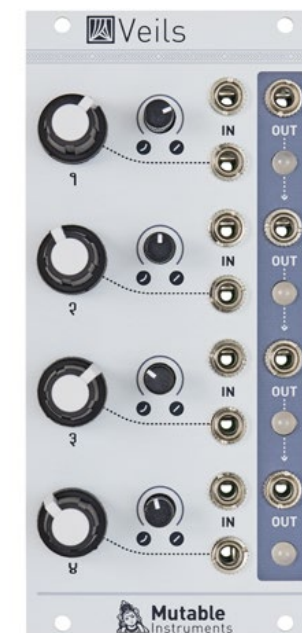
>>> Audio: Interleaved vs. Split Stereo

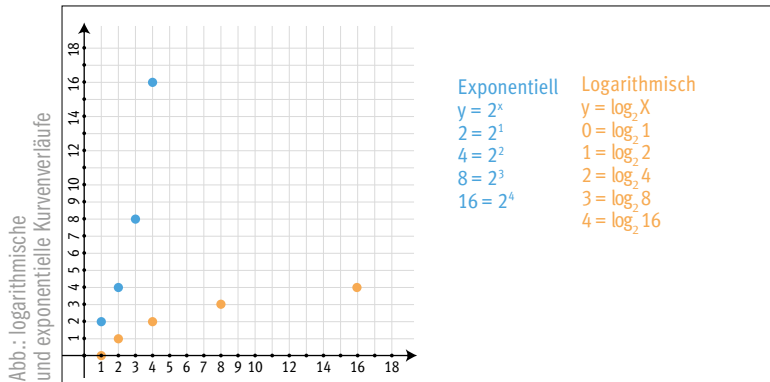
Interleaved ist ein Begriff für eine Stereodatei, in der beide Kanäle gebündelt sind. Im Gegensatz dazu gibt es auch Split-Stereo-Files. Auch das sind Stereo-files, nur eben in zwei Teilen mit den Endungen .L und .R.

>>> Verläufe in der Wahrnehmung von Signalen: logarithmisch, linear, exponentiell

Gehen wir nun auf unsere Wahrnehmung von Klang ein – mit Bezug auf modulare Synthesizer im Besonderen. Bei der Nutzung von Modulen ist oft von exponentiellen, linearen oder logarithmischen Werteverläufen die Rede. Mit solch unterschiedlich verlaufenden Wertekurven, z.B. von Amp-Hüllkurven, können Klänge oft auf eine interessante Weise anders klingen (z.B. natürlich perkussiv). Für die menschliche Wahrnehmung eignet sich eine logarithmische Darstellung von Werten beim Hören und Denken am besten. Das wird mit einem einfachen mathematischen Beispiel verständlich: 50Hz Differenz nehmen wir im Detail wahr, wenn wir uns im Frequenzbereich von 0 bis 100Hz bewegen. Ein Ton, der mit 100Hz schwingt, ist eine Oktave höher als ein Ton, mit 50Hz. 50Hz nehmen wir weniger wahr, wenn es sich um den Unterschied zwischen 10.000 und 10.050Hz handelt. Ersetze Frequenzen durch Geld und finde ein ähnliches Phänomen (du nimmst die kleinen Unterschiede bei größeren Summen weniger wahr). So ist es auch bei der (objektiven) Lautstärkemessung. Wenn du stattdessen mit exponentiellen oder logarithmischen Werteskalen und -darstellungen arbeitest, passt das besser zur menschlichen Wahrnehmung. Dann lässt sich auch ein Werteverlauf und eine Kurve anders darstellen.

An vielen Modulen kannst du zwischen exponentieller und linearer Regelung oder Modulation umschalten, hier z.B. stufenlos an Mutable Instruments Veils





Wird die Werteskala von y exponentiell dargestellt, kann die Kurve linear verlaufen und besser betrachtet werden. Dann wird einbezogen, dass eine Veränderung „relativ“ wahrgenommen wird. So betrachtest du etwa bei einem Equalizer zur Klangveränderung die sogenannte Bandbreite der Veränderung, die in Relation zur eingestellten Frequenz steht. Hier eine rechnerische Erklärung:

Eine exponentielle Funktion steigt immer steiler an (Beispiel: $y = 2^x$; $2 = 2^1$; $4 = 2^2$; $8 = 2^3$; $16 = 2^4$; $32 = 2^5$). Beschreibst du jedoch nur den Exponenten x, der hier Werte von 1, 2, 3, 4 und 5 einnimmt (was die Logarithmusfunktion tut), passt das eher zu unserer Wahrnehmung.⁷ Damit kannst du besser den Zusammenhang zwischen Tonhöhen am Klavier und der Frequenzberechnung beschreiben. Wenn g der Grundton, y die Frequenz und x die Oktave ist, verdoppelt sich mit jeder nächsthöheren Oktavlage die Frequenz.

Die Logarithmusfunktion beschreibt die Exponentialfunktion also gewissermaßen aus einer anderen Perspektive. Das erklärt, warum in Beschreibungen über menschliche Wahrnehmung sowohl von exponentiellen als auch logarithmischen Verlaufskurven die Rede ist. In der Praxis kann beispielsweise eine exponentielle Regelung der Lautstärke bei einer

⁷ Wenn $y = g^x$ ist, dann gilt auch: Logarithmus von y zur Basis $g = x$. Setzen wir $g = 2$, dann gilt: $8 = 2^3$, Logarithmus von 8 zur Basis 2 = 3. Die Funktion steigt exponentiell an. Als Logarithmus einer Zahl bezeichnest du den Exponenten, mit dem die Basis g, potenziert werden muss, um die Zahl zu erreichen. Betrachten wir das Ganze nun anders herum und setzen wieder y als Ergebnis einer Funktion, die hier heißt: $y = \text{Logarithmus von } x \text{ zur Basis } g$ (bzw. hier: 2). Ist $x = 2$, ist $y = 1$, ist $x = 4$, ist $y = 2$, ist $x = 8$, dann ist $y = 3$ usw. Diese Funktion flacht im Verlauf zunehmend ab.

logarithmischen Wahrnehmung dazu führen, dass ein Fade-Werteverlauf für unsere Ohren gleichmäßig klingt.

>>> Verstärkung und Pegelrechnung, Referenzspannungen

Betrachten wir nun weitere praktische Bedeutungen solcher Zusammenhänge in der Tonstudioteknik und deren Kommunikation, etwa in Anleitungen oder Gerätebeschriftungen. Das betrifft zum Beispiel den Pegel im Modularsystem. Hier geht es recht technisch zu. Die Verstärkung oder Dämpfung einer Spannung U um Faktor A ist eine Multiplikation der Eingangsspannung U_a mit Faktor A und Ergebnis U_e . In der Tonstudioteknik werden Verstärkungen aber nicht als Multiplikationsfaktor, sondern als Verstärkungs- oder Dämpfungsmaß in dB/Dezibel (= zehntel Bel) angegeben. $\text{dB} = 20 \times \text{Logarithmus von } A \text{ zur Basis } 10$.

Daraus ergibt sich folgende Tabelle:

Verstärkungsfaktor	1	1,4	2	3,2	4	10	20	40	50	100	1000
entspricht einer Addition in dB	0	3	6	10	12	20	26	32	34	40	60

Einer Verdopplung der empfundenen Lautstärke werden Werte von bis zu +10 dB zugeordnet.⁸ Die (objektive) Lautstärkemessung unterscheidet sich jedoch von der (subjektiven) Lautstärkewahrnehmung (hierzu liest du mehr im Abschnitt unten über die Fletcher-Munson-Kurven).

Ein Verstärkungsfaktor <1 ergibt ein negatives Verstärkungsmaß in dB. Eine Verdopplung des Schalldrucks entspricht 6dB. Mehrere Verstärkungen oder Abschwächungen kannst du mit dieser Rechenmethode leicht addieren, was nicht zuletzt ihr Zweck ist. Wenn ein Low Pass Filter mit 12 dB/Okt bei 10.000 Hz abschneidet, ist das Signal bei 5000 Hz ca. 12 dB leiser und bei 2500 Hz ca 24dB. Allerdings stellt sich bei relativen Werten stets die Frage nach dem absoluten Bezugswert. Wird Schall erzeugt, werden Luftmoleküle durch Longitudinalwellen in Schwingung versetzt und der Luftdruck ändert sich relativ gegenüber dem Ursprungszustand. Diese Änderungen werden in Pascal oder Newton gemessen (1 Pascal = 1 Newton). Eine durchschnittliche Unterhaltung entspräche ca. 0,1 Pascal. Luftdruckänderungen von 0,00002 Pascal (= 2 mal 10 hoch -5 Pascal) können wir gerade noch wahrnehmen, man spricht von einer Hörschwelle, die als Bezugsschalldruckpegel von 0dB in Messungen herangezogen wird. 130dB sind

⁸ Vgl. Sengpiel Audio.

als Schmerzgrenze für Töne von 1000Hz definiert, 120dB bei Tönen von 2000Hz.⁹

Für elektrischen Pegel wiederum gibt es keine einheitliche absolute Bezugsgröße, weshalb verschiedene Pegelbezeichnungen existieren (dBu, dB (A), dBV, dBm). In deutschen Rundfunkanstalten, professionellen Studios und Nachrichtentechnik wird ein absoluter Spannungspegel von 0,775 V als Bezugswert verwendet. Dieser Wert ergibt sich als Spannung von 1 mW an einem Widerstand von 600 Ohm.¹⁰ 0 dBu und 0 dBm entsprechen demnach 0,775 V. Bei Rundfunkanstalten wird auch eine Spannung von 1,55 V bei Vollausteuern einbezogen, wodurch Pegelangaben im Arbeitsbereich negative Werte haben. 0 dB entsprechen hier 6 dBu = 1,55 Volt und -6 dB = 0 dBu = 0,775 Volt. Übrigens: Die Angabe dBFS (Full Scale) bezieht sich auf digitale Vollaussteuerung. Zielwert der Aussteuerung digitaler Audiosignale im Rundfunk ist 9 dBFS. Die Uneinheitlichkeit bei elektrischen Pegeln in der Musikwelt zeigt sich auch daran, dass in verschiedenen Verbindungswelten und modularen Systemen verschiedene Referenzspannungen und Verbindungsarten¹¹ für Audio gängig sind:

Format	Referenzspannung	Zahl d. Kabel (Verbindungsart)
Eurorack	± 5 V oder höher	2 (3,5 mm)
Dotcom	± 5 V	2 (1/4 Zoll)
Serge	± 2,5 V	1 (Bananen Stecker)
Pro Level	± 1,78 V (+4 dBu)	3 (balanced TRS 1/4 Zoll oder XLR)
Buchla 200	± 1,75 V	2 Tini Jax
Buchla 100, 200e	± 1,41 V (0 dBV)	2 Tini Jax
Moog 921	± 0,75 V (Aux Out justierbar)	2 (1/4 Zoll)
Moog 901	± 0,5 V	2 (1/4 Zoll)
Line Level	± 0,45 V (-10 dBV)	2 (Line/Cinch)

Eurorack-Pegel ist also beispielsweise deutlich höher als Line-Level-Pegel. Wenn du diese CV-Signale mit Wertebereichen zwischen -5V und 5V betrachtest und feststellst, dass im Eurorack auch Spannungsschwankungen für Audiosignale im Bereich von ±5 V liegen, wird klar, dass im Eurorack besonders gut Audio- und Steuersignale in eine Buchse der jeweils

⁹ Vgl. Dickreiter, 1987, S. 9.

¹⁰ Vgl. Dickreiter, 1987, S. 251 und Henle, 1993, S. 388.

¹¹ Tabelle vgl.: Björn, Meyer 2018, S.80.

anderen Kategorie gesteckt werden können – mit eventuell brauchbaren Resultaten.

Wenn Eingänge in Synthesizern auf eine bestimmte Spannung ausgelegt sind und du sie mit zu hoher Spannung verkabelst, besteht andererseits die Gefahr von Defekten. Wenn du zwei Signale zusammenmischen möchtest, kann im Eurorack ein Mixer oder ein Multiple-(Multi-)Modul die Ausgangsspannung begrenzen. Der Pegelverlust passiver Multi- oder Mixer-Module kann mitunter sogar hilfreich sein. Wenn du zwei Audiosignale zusammenmischst, entsteht nämlich zusätzlich durch Überlagerungen und Phasenauslöschungen ein gegenüber dem Pegelwert des zugemischten Signals verminderter Gesamtpegel.

>>> Fletcher-Munson-Kurven

Die Fletcher-Munson-Kurven zeigen verschiedene frequenzabhängige Pegelkurven der vom menschlichen Gehör gleich laut wahrgenommen Lautstärke. Diese weicht vom tatsächlichen Pegel ab. Je nach Frequenz wird mehr oder weniger Pegel benötigt, um eine bestimmte Lautstärke wahrnehmung zu erzielen. Je nach Gesamtlautstärke fällt der Kurvenverlauf zudem jeweils ein wenig anders aus. Ein Bass-Sound braucht deutlich mehr Pegel, um gleich laut wie ein Piepton bei 1 kHz wahrgenommen zu werden. Das führt etwa dazu, dass du einen Sinuston auf einen Subbass bezogen meist lauter abmischen musst als andere Sounds, damit er im Mix angenehm laut zu hören ist. Es handelt sich um ein psychoakustisches Phänomen.

Tiefe Bässe und spitze Höhen werden bei größeren Lautstärken tendenziell stärker als bei leisen Lautstärken wahrgenommen. Deshalb gibt es bei vielen Verstärkern einen Loudness-Button, der bei geringen Pegeln Bässe und Höhen anhebt. Man spricht auch von gehörrichtiger Entzerrung der Lautstärke. Ziel ist dabei, dass die Musik vom Menschen als ausgewogen empfunden wird. Das Phänomen kann Auswirkungen auf deine Abmischung haben: Ein zu Hause leise abgehörter Track kann in einem Club bei hohen Lautstärken deutlich bassiger klingen (zudem kann im Club auch aufgrund der Raumgröße mehr Bass wiedergegeben werden). Beachte zudem: Ein Kompressor reagiert meist stärker auf einen (gleich laut wahrgenommenen) Bassanteil eines Signals, etwa bei Drums mit Kick. Dieser beansprucht in einem ausgewogenen Mix mehr Pegel.

>>> LUFS

Die European Broadcasting Union (EBU) hat im Rahmen der Empfehlungsrichtlinie R128 den Begriff Loudness Units Full Scale (LUFS) eingeführt. Dies ermöglicht es, Lautstärkevorgaben in Medien machen zu können und so Lautstärken von Produktionen anzugleichen. Verschiedene Medien und Firmen machen auf der Basis der Messung aber auch unterschiedliche Vorgaben. Es wird bei LUFS-Analysen die durchschnittliche Lautstärke über einen bestimmten Zeitraum gemessen. Der Algorithmus orientiert sich an der menschlichen Lautstärkewahrnehmung. Relative Veränderungen oder Wertebereiche lassen sich mit Loudness Units (LU) darstellen, wobei 1LU = 1dB entspricht. Für LUFS-Messungen gibt es verschiedene Zeiträume:

- LUFS-M (momentary): momentane Lautheit im Zeitfenster von 400 ms
- LUFS-S (short-term): kurzfristige Lautheit für ein Zeitfenster von 3 s
- LUFS-I (integrated): Lautheit des gesamten Stücks, eine Art Durchschnittslautstärke

>>> Residualeffekt

Der Residualeffekt beschreibt ein psychoakustisches Phänomen, das dich tiefere Töne hören lässt, als gemessen werden können. Du hörst die Obertöne mancher Töne und denkst dir den Grundton quasi dazu. Das Phänomen kann beispielsweise auftreten, wenn du Register an einer Orgel ziehst und den Grundton weglässt oder telefonierst und eine Stimme über einen kleinen Lautsprecher hörst. Der Residualeffekt kann dir auch helfen, Bässe mithilfe von hinzugemischten Obertönen auf kleinen Anlagen besser hörbar zu machen.

>>> Maskierungseffekt

Der Maskierungseffekt führt dazu, dass bestimmte Frequenzen nicht mehr gehört werden können, weil bzw. wenn sie von anderen Tönen überlagert werden. Dies ist teilweise auf die Beschaffenheit des menschlichen Gehörgangs zurückzuführen.

1.3 >> Moduleigenheiten

Kommen wir nun in diesem relativ technischen ersten Abschnitt dieses Kapitels zu Eigenheiten von Modulen. Oft musst du Dich mit solchen Details nicht beschäftigen, in anderen Fällen kannst du Probleme ohne deren Kenntnis nicht lösen. Das ist etwa der Fall, wenn du einen Oszillator

nur dann im gewünschten Tonhöhenbereich richtig stimmen kannst, wenn du den Tonhöhenbereich rückseitig verstellst. Für analoge und digitale Module gibt es meist unterschiedliche Dinge zu beachten.

>>> Analoge Eigenheiten: Trimmer, Jumper, Potentiometer, Ports, Heizung

Viele Module sind mit rückseitigen Möglichkeiten zur Justierung mit Potentiometern oder optional in verschiedenen Positionen steckbaren Jumpers ausgestattet. Ich erläutere das an einem **Beispiel**:

Der Doepfer A-110-2 VCO hat rückseitig Optionen, den Frequenzbereich zu justieren. Ich dachte beispielsweise anfangs, dass dieser Oszillator irgendwie im Vergleich zu anderen nicht tief genug herunter geht im Ton. Dann konnte ich das Problem beheben, indem ich rückseitig den Frequenzbereich justiert habe. Auch der Umfang, in dem eingehende CV-Signale die Tonhöhe steuern, ist beim A-110-2 wählbar. Gleichwohl sollte man hier nichts verstellen, ohne zuvor das Manual zu lesen. Wenn man nicht sicher ist, kann man auch den Hersteller via E-Mail fragen oder nach Videos Ausschau halten. Analoge Oszillatoren müssen oft erst warm werden, um stimmstabil arbeiten zu können. Das Modul A-110-2 nutzt Transistoren zur Heizung des Chips, um die Stimmstabilität zu optimieren, und erlaubt eine Temperatur-Justierung, die eine Messung erfordert.¹²

**>>> Digitale und sonstige Moduleigenheiten: USB-Port, Card, Umschaltung**

Viele digitale Module erlauben das Aufspielen von modifizierten Einstellungsdateien oder neuer Firmware via USB oder einer (Micro-)SD-Karte. Manchmal funktioniert dies nicht direkt so wie vom Hersteller angedacht. Probleme kann es besonders mit USB-Adaptern geben, etwa um von einem USB-C-Anschluss am Rechner Firmware auf ein Modul mit microUSB aufzuspielen. Sei geduldig, achte bei Bedarf auf Zugriffsrechte, die am Computer eingeräumt werden müssen, und probiere verschiedene Kabel und/oder Adapter aus. Vermeide möglichst die Nutzung von USB-Hubs für die Aufspielprozedur oder probiere einen anderen Hub aus, wenn es nicht funktioniert. Digitale Module nutzen auch oft Tastenkombinationen für spezielle Funktionen, die nicht am Modul ablesbar sind. Manchmal sind sie anhand wechselnder Beleuchtung erkennbar. Es gilt: Lies das Handbuch. Auf diese Weise sind

¹² Die Anleitung liest sich folgendermassen: P10 muss so justiert werden, dass am Messpunkt VT ca. 0,62 V gegen Masse zu messen sind (interne Temperatureinstellung der VCO-Heizung auf ca. 50 Grad Celsius) (vgl. Doepfer A110-2 Trimming... , o. D.).

MODULARE SYNTHESIZER

Tauche ein in die faszinierende Welt der modularen Synthesizer und lerne die Königsdisziplin der elektronischen Musikproduktion und ihre Basics von Grund auf kennen.

Dieses Buch bietet nicht nur einen Schnellkurs und eine Einführung in die theoretischen Grundlagen der Synthesiformen (anwendbar auf fast alle Synthesizer), es lädt dich auch ein, den spielerischen Umgang mit dem Modularsystem als Instrument zu entdecken. Entlocke deinen Modulen die besten Sounds, experimentiere mit ihnen und stelle deinen modularen Synthesizer optimal zusammen. Lerne elementare Bestandteile von Musikkomposition und -produktion kennen, entdecke den Zusammenhang zwischen Harmonielehre und Sounddesign und begeistere dich für Klang und Musik. Vertiefe dein Wissen über die Entstehung elektronischer Musik, Musique concrète, Klangforschung, populäre Genres und Filmmusik.

Arbeite mit über 200 Software-Beispielpatches oder höre einfach die zugehörigen Audiodateien. Vergleiche Beispielsysteme, konzipiere deinen Live-Act und lerne Mixing und Remixing kennen. Dabei ist das Buch nicht an Produkte geknüpft, sondern dient als Allroundratgeber, der dich auf deiner Expedition in unendliche Möglichkeiten der Klangsynthese begleiten wird.

Kapitel a: Einführung

Grundgedanken · Eurorack-Basics, Cases · Andere Systeme · Modulare Software

Kapitel b: Schnellkurs

Synthesizer-Basics in 10 Schritten · Interaktives Lernen mit VCV Rack (kostenfrei)

Kapitel c: Lexikon

Formate, Technik, Akustik, Module · Synthesiformen · Filter, Mixer, Sequencer · Clock, Random · Keyboards, Pads · Audio-Module · Effekte, Looper

Kapitel d: Praxis

Kleine und große Modularsysteme · Sounddesign für Soundkategorien · Musikalische Ziele · Live- und Studio-Setups · Computer und Modularsystem verbinden · Beispielsysteme



Zum Autor:

Heiner Kruse produziert seit den 90er Jahren Musik, schreibt darüber, doziert und forscht. Als Künstler mit dem Pseudonym TGM (The Green Man) und mit seinem Label Basswerk ist er immer auf der Suche nach neuen Sounds für besondere Musik und wurde so zum Synthesizer-Spezialisten. Seine Erfahrungen hat er in diesem Buch zusammengefasst. Dabei beginnt er mit Basics für Anfänger und versucht nachfolgend, komplexe Zusammenhänge verständlich darzustellen.

RADIAL VERLAG · WWW.MODULARESYNTHESIZER.DE

ISBN: 978-3-911367-00-4

