

# Inhaltsverzeichnis: „Physik der Elektrogitarre“, Band 1 + 2

<b>0</b>	<b>Einstimmendes</b>	<b>0-01</b>
0.1	Auf dem Holzweg	0-04
0.2	Signature-Gitarren	0-13
0.3	Wie die Saitenvibrationen in den Orkus kamen	0-17
0.4	Der Klang der unverstärkten Gitarre	0-19
0.5	Noehle-Glühstrumpf	0-25
<b>1</b>	<b>Grundlagen zur Saitenschwingung</b>	<b>1-01</b>
1.1	Transversalwellen	1-01
1.2	Umspinnene Saiten	1-05
1.3	Inharmonische Teiltöne	1-10
1.3.1	Dispersion im Frequenzbereich	1-10
1.3.2	Dispersion im Zeitbereich	1-18
1.4	Longitudinalwellen / Dehnwellen	1-20
1.5	Das Anzupfen	1-27
1.5.1	Dispersions-Entfaltung	1-27
1.5.2	Plektrum-Einfluss	1-31
1.5.3	Saitenprellen	1-35
1.5.4	Saitenschnarren	1-41
1.6	Das Ausschwingen	1-42
1.6.1	Ein Freiheitsgrad (ebene Polarisierung)	1-42
1.6.2	Räumliche Saitenschwingungen	1-46
1.6.3	Teilton- und Summenpegel	1-51
1.6.4	Alte Saiten	1-53
1.7	Saitenlebensdauer	1-54
<b>2</b>	<b>Die Saite als Leitung</b>	<b>2-01</b>
2.1	Transversalwellen	2-01
2.2	Spiegelwellen als Reflexionsmodell	2-11
2.3	Stehende Wellen	2-12
2.4	Einschwingvorgänge	2-18
2.5	Reflexionsberechnung	2-20
2.5.1	Der Reflexionsfaktor	2-20
2.5.2	Ein Resonator als Saitenlager	2-23
2.6	Leistungsverluste	2-24
2.7	Dispersive Biege-Wellen	2-26
2.8	Das verallgemeinerte Leitungsmodell	2-36
2.8.1	Ideale Saite, Steg-Tonabnehmer	2-36
2.8.2	Saite mit Singlecoil-Tonabnehmer	2-41
2.8.3	Saite mit Humbucking-Tonabnehmer	2-47
2.8.4	Dispersive Leitungselemente	2-50
2.9	Magnettonabnehmer mit Dehnwellen-Anregung	2-52
<b>3</b>	<b>Saitenmagnetik</b>	<b>3-01</b>
3.1	Stahl, Nickel, Bronze	3-01
3.2	Die Saitenlautstärke	3-04
3.3	Saiten-Magnetparameter	3-08
3.3.1	Messungen am Saitenring	3-08
3.3.2	Der Skineffekt bei Stahlsaiten	3-10
3.3.3	Die reversible Permeabilität	3-11
3.3.4	Messungen am Joch	3-12

<b>4</b>	<b>Das elektromagnetische Feld</b>	<b>4-01</b>
4.1	Grundlagen der Magnetostatik	4-02
4.2	Die magnetischen Potentiale	4-07
4.3	Materie im Magnetfeld	4-10
	4.3.1 Weichmagnetische Materialien	4-14
	4.3.2 Hartmagnetische Materialien	4-14
	4.3.3 Unmagnetische Materialien	4-14
4.4	Tonabnehmer-Magnete	4-15
	4.4.1 Alnico-Magnete	4-16
	4.4.1.1 <i>Alnico-III und Alnico-I</i>	4-22
	4.4.1.2 <i>Alnico-II</i>	4-23
	4.4.1.3 <i>Alnico-V</i>	4-24
	4.4.1.4 <i>Weitere Alnico-Materialien</i>	4-25
	4.4.1.5 <i>Vergleich ausgewählter Alnico-Materialien</i>	4-25
	4.4.2 Cunife-Magnete	4-30
	4.4.3 Keramik-Magnete (Hartferrite)	4-31
4.5	Magnet-Alterung	4-32
4.6	Der magnetische Kreis	4-35
4.7	Darstellung magnetischer Felder	4-40
	4.7.1 Feldstärke und Flussdichte	4-41
	4.7.2 Magnetische Potentiale	4-44
	4.7.3 Räumliche Felder	4-45
4.8	Feldverlauf in Werkstoffen	4-46
4.9	Mathematische Feldtheorie	4-50
4.10	Magnetodynamik	4-57
	4.10.1 Magnetische Spannungsinduktion	4-57
	4.10.2 Selbstinduktion, Induktivität	4-58
	4.10.3 Permeabilität	4-61
	4.10.4 Magnetische Verluste, magnetischer Skineffekt	4-64
4.11	Magnetische Feldkräfte	4-72
	4.11.1 Maxwell-Kraft	4-72
	4.11.2 Feldbedingte Tonhöhenabweichungen	4-74
	4.11.3 Feldbedingte Pegelschwankungen	4-77
	4.11.4 Feldbedingte Dämpfungen	4-81
	4.11.5 Indirekte Auswirkungen auf den Klang	4-85
	4.11.6 Coulomb-Kraft	4-87
	4.11.7 Lorentz-Kraft	4-87
4.12	Magnetische Größen und Einheiten (Tabelle)	4-88
<b>5</b>	<b>Magnettonabnehmer</b>	<b>5-01</b>
5.1	Singlecoil-Tonabnehmer	5-01
5.2	Humbucker-Tonabnehmer	5-09
5.3	Brummkompensierte Singlecoils	5-13
5.4	Tonabnehmer-Magnetfeld	5-17
	5.4.1 Statisches Feld ohne Saite	5-17
	5.4.2 Statisches Feld mit Saite	5-25
	5.4.3 Das magnetische Wechselfeld	5-29
	5.4.4 Magnetfeld-Fenster (Apertur)	5-34
	5.4.5 Absolute Tonabnehmer-Empfindlichkeit	5-43
	5.4.6 Staggered und beveled Polepieces	5-45
	5.4.7 Fender Jaguar und Lace	5-48
	5.4.8 DeArmond-Tonabnehmer	5-52

5.5	Elementare Tonabnehmer-Parameter	5-56
5.5.1	Gleichstromwiderstand	5-56
5.5.2	Wicklungs-Induktivität	5-58
5.5.3	Wicklungs-Kapazität	5-61
5.5.4	Resonanzgüte	5-62
5.5.5	Polarität	5-64
5.5.6	Zeitvarianz	5-69
5.5.7	Isolierlack, Wachs	5-70
5.5.8	Wickelkörper und Flansch	5-72
5.5.9	DC-Widerstand vs. Lautstärke	5-73
5.6	Tonabnehmer-Messgeräte	5-75
5.7	Brummempfindlichkeit	5-79
5.8	Nichtlineare Verzerrungen	5-86
5.9	Ersatzschaltbilder	5-91
5.9.1	Modelle und Analogien	5-91
5.9.2	Impedanz-Ersatzschaltbilder	5-92
5.9.2.1	<i>Singlecoils mit geringer Wirbelstromdämpfung</i>	5-94
5.9.2.2	<i>Wirbelströme im unmagnetischen Leiter</i>	5-97
5.9.2.3	<i>Äquivalente Zweipole</i>	5-101
5.9.2.4	<i>Wirbelströme im magnetischen Leiter</i>	5-103
5.9.2.5	<i>Singlecoils mit starker Wirbelstromdämpfung</i>	5-106
5.9.2.6	<i>Gibson-Humbucker: Schraubenspule</i>	5-109
5.9.2.7	<i>Gibson-Humbucker: Stiftspule</i>	5-118
5.9.2.8	<i>Gibson-Humbucker: Spulenkopplung</i>	5-120
5.9.3	Übertragungs-Ersatzschaltbilder	5-122
5.9.4	Zusammengeschaltete Tonabnehmer	5-128
5.10	Ermittlung des Übertragungsverhaltens	5-129
5.10.1	Messungen mit dem Shaker	5-129
5.10.2	Messungen mit der Helmholtzspule	5-131
5.10.3	Messungen mit der Koaxialspule	5-133
5.10.4	Messungen mit der Tripolspule	5-134
5.10.5	Messungen mit dem Laser-Vibrometer	5-135
5.10.6	Messgenauigkeit	5-145
5.10.7	FEM-Berechnungen	5-148
5.11	Tonabnehmer-Richtcharakteristik	5-150
5.11.1	Saiten-Polarisationsebene	5-150
5.11.2	Wellen-Ausbreitungsrichtung	5-153
5.12	Tonabnehmer-Rauschen	5-155
5.13	Tonabnehmer-Mikrofonie	5-157
5.14	Tonabnehmer mit Windungsschluss	5-163
5.15	Datensammlung	5-167
5.16	Patente und Erfindungen	5-206
<b>6</b>	<b>Piezotonabnehmer</b>	<b>6-01</b>
6.1	Der Piezoeffekt	6-01
6.2	Elektrische Belastung	6-03
6.3	Der Piezowandler als Sensor	6-04
6.4	Reziprozität	6-08
6.5	Aktorbetrieb	6-11
6.6	Der ausgebaute Tonabnehmer	6-14
6.7	Rauschen	6-15
6.8	Piezotonabnehmer vs. Mikrofon	6-17
6.9	Mikrofonie	6-19
6.10	Unterschiede zum Magnet-Tonabnehmer	6-21
6.A	Anhang: Piezoelektrische Zustandsgleichungen	6-23

<b>7</b>	<b>Hals und Korpus</b>	<b>7-01</b>
7.1	Der Gitarrenhals	7-01
7.2	Die Bünde	7-04
	7.2.1 Bundpositionen	7-04
	7.2.2 Bundmaterialien	7-10
	7.2.3 Das Buzz-Feiten-System	7-11
7.3	Hals- und Saitengeometrie	7-15
	7.3.1 Kopf- und Halswinkel	7-15
	7.3.2 Saitenniederhalter (String Tree)	7-17
7.4	Saitendynamik	7-18
	7.4.1 Spielkräfte	7-18
	7.4.2 Auflagekräfte am Sattel	7-21
7.5	Reflexion und Absorption am Sattel	7-25
	7.5.1 Reflexions- und Absorptionsparameter	7-26
	7.5.2 Reflexionsanalyse	7-27
	7.5.3 Die mechanische Sattelimpedanz	7-39
	7.5.4 Messergebnisse	7-45
7.6	Schwingungs-Messtechnik	7-51
	7.6.1 Impedanz- / Admittanzmessungen	7-51
	7.6.2 Das Spektrum abklingender Teiltöne (DFT, Volagramm)	7-56
	7.6.3 Die Abklingzeit $T_{30}$	7-64
7.7	Dämpfung der Saitenschwingung	7-66
	7.7.1 Strahlungsdämpfung	7-66
	7.7.2 Innere Dämpfung	7-67
	7.7.3 Wicklungsdämpfung	7-69
	7.7.4 Auflagerdämpfung	7-71
	7.7.4.1 <i>Transversalwellenkopplung</i>	7-71
	7.7.4.2 <i>Dehnwellendämpfung</i>	7-75
	7.7.4.3 <i>Residualdämpfung</i>	7-76
	7.7.4.4 <i>Auflager-Konduktanz</i>	7-77
	7.7.5 Finger-, Hand- und Kapodaster-Dämpfung	7-84
	7.7.6 Saitenalterung	7-85
	7.7.7 Flatwound-Saiten	7-86
7.8	Fachjournalismus	7-87
	7.8.1 Die Mär vom Primärton	7-88
	7.8.2 "Stratone"	7-92
	7.8.3 Flachjournalismus	7-100
7.9	Das Holz bestimmt den Klang?	7-102
7.10	Spezielle Steg-Konstruktionen	7-117
	7.10.1 Einfache Ersatzsysteme	7-118
	7.10.2 Stege ohne Vibrato	7-122
	7.10.2.1 <i>Gibsons ABR-1-Bridge</i>	7-122
	7.10.2.2 <i>Leo Fenders Telecaster</i>	7-128
	7.10.3 Stege mit Vibrato	7-132
	7.10.3.1 <i>Fenders Stratocaster-Vibrato</i>	7-133
	7.10.3.2 <i>Fenders Jazzmaster-Vibrato</i>	7-136
	7.10.3.3 <i>Paul Bigsby's Vibrato</i>	7-137
	7.10.3.4 <i>Das Rickenbacker-Vibrato</i>	7-138
7.11	Massiv- vs. Hohlkorpus	7-139
7.12	Schwingung – Schall – Klang	7-142
	7.12.1 Lineare Saitenschwingungen	7-142
	7.12.2 Nichtlineare Saitenschwingungen	7-152
	7.12.3 Die Ursachen des E-Klanges	7-161
	7.12.4 Alles nichts, oder?	7-164
7.13	Halskrümmung und Bundhöhe	7-165
7.14	Vibrationsentdämpfung	7-170

<b>8</b>	<b>Psychoakustik (Band 2)</b>	<b>8-01</b>
8.1	Tonsysteme	8-02
8.1.1	Das pythagoreische Tonsystem	8-03
8.1.2	Die reine Stimmung	8-07
8.1.3	Temperierte Stimmungen	8-10
8.1.4	Die gleichschwebend-temperierten Intervalle	8-13
8.1.5	Typische Gitarren-Verstimmungen	8-16
8.1.6	Die gespreizte Stimmung	8-16
8.2	Frequenz und Tonhöhe	8-17
8.2.1	Frequenzmessung	8-17
8.2.2	Frequenz- und Tonhöhengenaugigkeit	8-19
8.2.3	Die Tonhöhenwahrnehmung	8-23
8.2.4	Teilton-Gruppierungen	8-25
8.2.5	Teilton-Inharmonizität	8-28
8.3	Der Charakter der Tonarten	8-37
8.4	Konsonanz und Dissonanz	8-40
8.5	Timing und Rhythmus	8-47
8.6	Lautstärke und Klangfarbe	8-54
8.7	Hörversuche	8-71
8.7.1	Psychometrie	8-71
8.7.2	Der Klang der unverstärkten E-Gitarre	8-76
8.7.3	Taktiler Vibrationsempfinden	8-82
<b>9</b>	<b>Gitarren-Elektrik</b>	<b>9-01</b>
9.1	Potentiometer	9-01
9.2	Ton-Kondensator (Tone-Cap)	9-05
9.3	Tonabnehmer-Anschlussleitungen	9-09
9.4	Gitarrenkabel	9-10
9.5	Montagebleche	9-15
<b>10</b>	<b>Gitarrenverstärker</b>	<b>10-01</b>
10.1	<b>Vorstufe</b>	<b>10-01</b>
10.1.1	Die Vorstufenröhre	10-02
10.1.2	Der Röhren-Eingangswiderstand	10-04
10.1.3	Trioden-Kennlinien	10-07
10.1.4	Nichtlinearität, Klirrdämpfungen	10-11
10.1.5	Grenzfrequenzen	10-24
10.1.6	Zeitvarianz	10-28
10.1.7	Rauschen, Brummen, Mikrofonie	10-30
10.1.8	Rauschprozesse	10-32
10.1.9	Pentoden-Vorstufe	10-35
10.2	<b>Zwischenverstärker</b>	<b>10-36</b>
10.2.1	Zwischenverstärker in Kathoden-Basis-Schaltung	10-37
10.2.2	Zwischenverstärker mit Kathodenfolger	10-38
10.2.3	Mischstufe	10-46
10.3	<b>Klangsteller (Tone-Stack)</b>	<b>10-49</b>
10.3.1	Bass-Middle-Treble	10-49
10.3.2	Equalizer	10-58
10.3.3	Presence-Control	10-61
10.4	<b>Phasenumkehrstufe</b>	<b>10-62</b>
10.4.1	Paraphase	10-62
10.4.2	Kathodyn-Schaltung	10-65
10.4.3	Differenzverstärker	10-67
10.4.4	Halbwellen-Antimetrie	10-69

<b>10.5 Endstufe</b>	<b>10-75</b>
10.5.1 Eintakt-A-Betrieb, Tetrode, Pentode	10-76
10.5.2 Gegentakt-A-Betrieb	10-85
10.5.3 Gegentakt-B-Betrieb	10-87
10.5.4 Gegentakt-AB-Betrieb, Gegentakt-D	10-90
10.5.5 Das Impedanz-Paradoxon	10-91
10.5.6 Gegenkopplung	10-92
10.5.7 Der Endstufen-Innenwiderstand	10-94
10.5.8 Der Endstufen-Ruhestrom (Bias)	10-98
10.5.9 Röhren-Belastung und -Alterung	10-107
10.5.10 Wie klingt die 6L6?	10-115
10.5.11 Match Point	10-119
10.5.11.1 <i>Selecting and Matching</i>	10-119
10.5.11.2 <i>Röhren-Vergleichstest</i>	10-122
10.5.12 Spezielle Endstufen: VOX, Marshall, Fender	10-124
10.5.13 Endröhren-Vergleich	10-144
10.5.14 Pentode/Triode/Ultralinear	10-153
<b>10.6 Ausgangsübertrager</b>	<b>10-157</b>
10.6.1 Das lineare Modell	10-157
10.6.2 Impedanzanpassung und Übertragung	10-162
10.6.3 Wicklungskapazitäten und -unsymmetrien	10-164
10.6.4 Das nichtlineare Modell	10-166
10.6.5 Vergleichsmessungen	10-176
<b>10.7 Netzteil</b>	<b>10-188</b>
10.7.1 Röhrenheizung	10-188
10.7.2 Der Ladekreis	10-189
10.7.3 Der Netzteil-Innenwiderstand	10-193
10.7.4 Gleichrichter-Röhren	10-194
10.7.5 Die Siebkette	10-195
10.7.6 Der Netztransformator	10-196
<b>10.8 Effekte</b>	<b>10-204</b>
10.8.1 Nachhall (Reverb)	10-204
10.8.2 Vibrato / Tremolo	10-212
10.8.3 Phaser / Flanger / Chorus	10-218
10.8.4 Wah-Wah-Pedal	10-220
10.8.5 Verzerrer	10-221
10.8.5.1 <i>Dioden</i>	10-227
10.8.5.2 <i>Transistoren</i>	10-230
10.8.5.3 <i>Range-Master (Dallas Arbiter)</i>	10-232
10.8.5.4 <i>Tube-Screamer (Ibanez)</i>	10-235
10.8.5.5 <i>Fuzz-Face (Dallas Arbiter)</i>	10-237
10.8.5.6 <i>Wenn der Transistor röhrt</i>	10-238
<b>10.9 Allgemeines Betriebsverhalten</b>	<b>10-239</b>
10.9.1 Röhren-Sound vs. Transistor-Sound	10-239
10.9.2 Röhren-Watt vs. Transistor-Watt	10-244
10.9.3 Koppelkondensatoren	10-249
10.9.4 Schallereignis vs. Hörereignis	10-267
<b>10.10 Vergleichende Analysen</b>	<b>10-271</b>
10.10.1 Denn sie wussten, was sie taten?	10-271
10.10.2 Stufen-Topologie, Pegelplan	10-275
10.10.3 Der Headroom-Chart	10-278
10.10.4 Vergleich: Klirrdämpfungen	10-285
10.10.5 Welcher Klirrfaktor ist hörbar?	10-290
10.10.6 Vergleich: Frequenzgänge	10-296
10.10.7 Spezielle Verstärker: VOX, Fender, Marshall	10-299
10.10.8 Modeling-Amps	10-316

<b>10.11 Röhrendaten</b>	<b>10-325</b>
10.11.1 Röhren-Nomenklatur	10-325
10.11.2 Doppeltrioden	10-326
10.11.3 Endröhren	10-330
10.11.4 Röhren-Parameter	10-338
<b>11 Gitarrenlautsprecher</b>	<b>11-01</b>
11.1 Aufbau und Funktion	11-01
11.2 Elektrische Zweipolcharakteristik	11-07
11.3 Schallpegel-Frequenzgang	11-11
11.4 Richtcharakteristik	11-29
11.5 Wirkungsgrad und maximaler Schallpegel	11-38
11.6 Nichtlineare Verzerrungen	11-52
11.7 Alnico- vs. Keramikmagnet	11-64
11.8 Lautsprechergehäuse	11-71
11.8.1 Grundlagen	11-71
11.8.2 Vergleich verschiedener Gehäusematerialien	11-80
11.9 Beamblocker, Diffusoren u.ä.	11-86
11.10 Horn-Lautsprecher	11-91
11.11 Studio-Monitore	11-96
11.12 Lautsprecher-Kabel	11-100
11.A Anhang: Messtechnik	11-101
11.A.1 Messmikrofone	11-101
11.A.2 Nachhallzeit	11-101
<b>Anhang: Schwingungen, Wellen, und der Cryo-Plemb</b>	<b>A-01</b>
A.1 Schwingungen und Wellen	A-01
A.1.1 Erzwungene Schwingung	A-02
A.1.2 Freie Schwingung	A-02
A.1.3 Erzwungene Welle	A-03
A.1.4 Freie Welle	A-05
A.1.5 Stehende Welle	A-05
A.2 Longitudinalwellen	A-07
A.2.1 Reine Longitudinalwelle	A-07
A.2.2 Saiten-Dehnwelle	A-07
A.3 Transversalwellen	A-10
A.3.1 Reine Transversalwelle	A-10
A.3.2 Saiten-Transversalwelle	A-10
A.4 Biegewellen	A-12
A.4.1 Zugspannungsfreier Balken, reine Biege­welle	A-12
A.4.2 Die biege­steife Saite mit Spannkraft	A-16
A.4.3 Biege-Eigenschwingungen	A-17
A.5 Wellenwiderstände	A-2
A.6 Steifigkeiten	A-25
A.7 Impulse	A-27
A.8 Ultimate End: Der Cryo-Plemb	A-28

**Foto-Galerie**

**Vita**

**Glossar**

**Literaturverzeichnis**

**Index**

**Animationen unter:**

<https://gitec-forum.de/wp/gitec-knowledgebase/sammlung-von-animationen/>

