

# Inhaltsverzeichnis

---

## Herausgeber-Vorwort

<b>1</b>	<b>Grundlagen der Schallausbreitung – mit allgemeinen Betrachtungen zu diesem Lehrgang</b>	<b>1</b>
	I. Veit	
1.1	Allgemeines	1
1.2	Schallquellen – Elementarstrahler	2
1.3	Schallfeld	6
1.3.1	Freies Schallfeld	7
1.3.2	Reflexion und diffuses Schallfeld	11
1.4	Schallausbreitung im Freien und in geschlossenen Räumen aus der Sicht der Beschallungstechnik	15
1.4.1	Schallausbreitung im Freien	15
1.4.2	Schallausbreitung in Innenräumen	17
<b>2</b>	<b>Mikrofone</b>	<b>21</b>
	F.-W. Albrecht	
2.1	Mikrofone als Energiewandler	21
2.1.1	Wandlerprinzipien	21
2.1.2	Das dynamische Mikrofon	21
2.1.3	Das Kondensatormikrofon	22
2.1.4	Das NF-Kondensatormikrofon	23
2.1.5	Das Elektret-Kondensatormikrofon	24
2.1.6	Das HF-Kondensatormikrofon	25
2.1.7	Systemvergleich Dynamische-, Kondensator-Mikrofone	27
2.1.8	Vergleich Hoch- und Niederfrequenz-Mikrofonprinzip	28
2.2	Das Empfängerprinzip	28
2.2.1	Der Druckempfänger	28
2.2.2	Der Druckgradientenempfänger	29
2.2.3	Der Interferenzempfänger	30

<b>2.3</b>	<b>Wichtige Mikrofondaten</b>	<b>30</b>
<b>2.3.1</b>	<b>Die Richtcharakteristik von Mikrofonen</b>	<b>30</b>
<b>2.3.1.1</b>	<b>Die Kugelcharakteristik</b>	<b>30</b>
<b>2.3.1.2</b>	<b>Achtercharakteristik</b>	<b>31</b>
<b>2.3.1.3</b>	<b>Nierencharakteristik</b>	<b>32</b>
<b>2.3.1.4</b>	<b>Supernierencharakteristik</b>	<b>33</b>
<b>2.3.1.5</b>	<b>Die Keulencharakteristik</b>	<b>34</b>
<b>2.3.1.6</b>	<b>Das Richtungsmaß</b>	<b>34</b>
<b>2.3.2</b>	<b>Empfindlichkeit (Feld-Leerlauf-Übertragungsfaktor)</b>	<b>35</b>
<b>2.3.3</b>	<b>Geräuschspannungsabstand</b>	<b>36</b>
<b>2.3.4</b>	<b>Äquivalenter Rauschschalldruckpegel</b>	<b>37</b>
<b>2.3.5</b>	<b>Maximaler Schalldruckpegel</b>	<b>38</b>
<b>2.3.6</b>	<b>Übertragungsbereich</b>	<b>38</b>
<b>2.3.6.1</b>	<b>dB-Maßstab</b>	<b>39</b>
<b>2.3.7</b>	<b>Impedanz/Anpassung</b>	<b>40</b>
<b>2.4</b>	<b>Wichtige Mikrofoneigenschaften</b>	<b>41</b>
<b>2.4.1</b>	<b>Popp-/Windempfindlichkeit</b>	<b>41</b>
<b>2.4.2</b>	<b>Körperschall/Trittschall</b>	<b>43</b>
<b>2.4.3</b>	<b>Der Nahbesprechungeffekt</b>	<b>43</b>
<b>2.4.4</b>	<b>Mikrofonabmessungen</b>	<b>44</b>
<b>2.4.5</b>	<b>Robustheit</b>	<b>44</b>
<b>2.5</b>	<b>Speisung von Kondensatormikrofonen</b>	<b>44</b>
<b>2.5.1</b>	<b>Fremdspeisung über getrennte Ader</b>	<b>45</b>
<b>2.5.2</b>	<b>Die AB-Speisung nach DIN 45595</b>	
<b>2.5.3</b>	<b>Duplexspeisung nach DIN 45596</b>	<b>47</b>
<b>2.6</b>	<b>Mikrofonausführungen</b>	<b>47</b>
<b>2.6.1</b>	<b>Das handgehaltene Mikrofon</b>	<b>48</b>
<b>2.6.2</b>	<b>Kommandomikrofone</b>	<b>48</b>
<b>2.6.3</b>	<b>Grenzflächenmikrofone</b>	<b>48</b>
<b>2.6.4</b>	<b>Kopfbügelmikrofone</b>	<b>49</b>
<b>2.6.5</b>	<b>Ansteckmikrofone</b>	<b>49</b>
<b>2.6.6</b>	<b>Rohrrichtmikrofone</b>	<b>52</b>
<b>2.6.7</b>	<b>Kunstkopfmikrofone</b>	<b>52</b>
<b>2.6.8</b>	<b>Parabolspiegel</b>	<b>52</b>
<b>2.6.9</b>	<b>Drahtlose Mikrofone</b>	<b>53</b>
<b>2.7</b>	<b>Praktische Hinweise</b>	<b>53</b>
<b>2.7.1</b>	<b>Mikrofonanschlußtechnik</b>	<b>53</b>
<b>2.7.2</b>	<b>Mikrofonanschlußkabel</b>	<b>54</b>
<b>2.7.2.1</b>	<b>Glasfaserleitungen die digitale Kabelalternative</b>	<b>55</b>
<b>2.7.3</b>	<b>Mikrofonanpassung per Vorverstärker oder Übertrager</b>	<b>56</b>
<b>2.7.4</b>	<b>Magnetische Störungen</b>	<b>57</b>
<b>2.7.5</b>	<b>Hochfrequenzstörungen</b>	<b>57</b>
<b>2.7.6</b>	<b>Polung von Mikrofonen</b>	<b>58</b>
<b>2.7.7</b>	<b>Mikrofonschalter</b>	<b>58</b>

<b>2.7.8</b>	<b>Akustische Rückkopplung</b>	<b>59</b>
<b>2.7.9</b>	<b>Handhabungshinweise</b>	<b>61</b>
<b>2.7.10</b>	<b>Der Mikrofonservice</b>	<b>62</b>
<b>3</b>	<b>Verstärkertechnik/Gerätetechnik</b>	<b>64</b>
	Thomas Korthals	
<b>3.1</b>	<b>Midi</b>	<b>64</b>
<b>3.1.1</b>	<b>Einleitung</b>	<b>64</b>
<b>3.1.2</b>	<b>Verbindung von Midi-Geräten</b>	<b>64</b>
<b>3.1.3</b>	<b>Midi-Informationen</b>	<b>65</b>
<b>3.1.4</b>	<b>Midi-Anschlüsse</b>	<b>65</b>
<b>3.1.5</b>	<b>Midi-Interface</b>	<b>66</b>
<b>3.1.6</b>	<b>Midi-Datenformat</b>	<b>67</b>
<b>3.1.7</b>	<b>MessageTypen</b>	<b>68</b>
<b>3.1.7.1</b>	<b>Channel-Messages</b>	<b>69</b>
<b>3.1.7.1.1</b>	<b>Channel-Modes-Messages</b>	<b>69</b>
<b>3.1.7.1.2</b>	<b>Channel-Voices-Messages</b>	<b>70</b>
<b>3.1.7.2</b>	<b>System-Messages</b>	<b>70</b>
<b>3.1.7.2.1</b>	<b>System-Exclusive-Messages</b>	<b>70</b>
<b>3.1.7.2.2</b>	<b>System-Common-Messages</b>	<b>71</b>
<b>3.1.7.2.3</b>	<b>System-Realtime-Messages</b>	<b>71</b>
<b>3.1.8</b>	<b>Peripheriegeräte</b>	<b>71</b>
<b>3.2</b>	<b>Mischpulte</b>	<b>71</b>
<b>3.2.1</b>	<b>Einleitung</b>	<b>71</b>
<b>3.2.2</b>	<b>Beispiel: Mischpult für den Beschallungs- und Theaterbereich (Split-Konsole)</b>	<b>72</b>
<b>3.2.2.1</b>	<b>Eingangsmodul</b>	<b>72</b>
<b>3.2.2.2</b>	<b>Matrix-Ausgangsmodul</b>	<b>76</b>
<b>3.2.2.3</b>	<b>Stereo-Master- und Monitor-Mastermodul</b>	<b>76</b>
<b>3.2.2.4</b>	<b>Auxiliary-/Foldback-Mastermodul</b>	<b>79</b>
<b>3.2.2.5</b>	<b>Matrix-Mischer</b>	<b>80</b>
<b>3.2.2.6</b>	<b>Allgemein</b>	<b>81</b>
<b>3.2.3</b>	<b>Split-Mischpulte</b>	<b>81</b>
<b>3.2.3.1</b>	<b>Einleitung und Aufbau</b>	<b>81</b>
<b>3.2.3.2</b>	<b>Aufnahmebetrieb mit Split-Mischpulten</b>	<b>82</b>
<b>3.3.3.3</b>	<b>Subgrouping, Track-Bouncing und Overdubbing</b>	<b>82</b>
<b>3.3.3.4</b>	<b>Mixdown mit Split-Mischpulten</b>	<b>82</b>
<b>3.2.4</b>	<b>Inline-Mischpulte</b>	<b>83</b>
<b>3.2.4.1</b>	<b>Einleitung und Aufbau</b>	<b>83</b>
<b>3.2.4.2</b>	<b>Aufnahmebetrieb mit Inline-Mischpulten</b>	<b>83</b>
<b>3.2.4.3</b>	<b>Subgrouping, Track-Bouncing und Overdubbing</b>	<b>84</b>

<b>3.2.4.4</b>	<b>Mixdown mit Inline-Mischpulten</b>	<b>84</b>
<b>3.2.5</b>	<b>Splint-Mischpulte</b>	<b>84</b>
<b>3.2.5.1</b>	<b>Einleitung und Aufbau</b>	<b>84</b>
<b>3.2.5.2</b>	<b>Aufnahmebetrieb mit Splint-Mischpulten</b>	<b>85</b>
<b>3.2.5.3</b>	<b>Subgrouping, Track-Bouncing und Overdubbing</b>	<b>85</b>
<b>3.2.5.4</b>	<b>Mixdown mit Splint-Mischpulten</b>	<b>85</b>
<b>3.2.5.6</b>	<b>Das Für und Wider der Splint-Mischpulte</b>	<b>86</b>
<b>3.2.6</b>	<b>Mischpultautomation</b>	<b>86</b>
<b>3.3</b>	<b>Equalizer</b>	<b>87</b>
<b>3.3.1</b>	<b>Equalizer-Typen</b>	<b>87</b>
<b>3.3.1.1</b>	<b>Fächerentzerrer</b>	<b>87</b>
<b>3.3.1.2</b>	<b>Graphischer Equalizer</b>	<b>88</b>
<b>3.3.1.3</b>	<b>Parametrischer Equalizer</b>	<b>89</b>
<b>3.3.2</b>	<b>Anwendung von Equalizern</b>	<b>90</b>
<b>3.3.3</b>	<b>Grundlagen von Filtern</b>	<b>91</b>
<b>3.3.4</b>	<b>Aktive Filter</b>	<b>92</b>
<b>3.3.4.1</b>	<b>Unity-Gain Sallen-Key-Filter</b>	<b>92</b>
<b>3.3.4.2</b>	<b>Equal Component-Value Sallen-Key Filter</b>	<b>92</b>
<b>3.3.4.3</b>	<b>Unity-Gain-State Variable Filter</b>	<b>92</b>
<b>3.3.4.4</b>	<b>Variable-Gain-State Variable Filter</b>	<b>93</b>
<b>3.3.4.5</b>	<b>Wien-Brücken-Filter</b>	<b>93</b>
<b>3.3.4.6</b>	<b>Transversalfilter</b>	<b>93</b>
<b>3.3.5</b>	<b>Filter-Charakteristiken</b>	<b>94</b>
<b>3.3.5.1</b>	<b>Bessel-Filter</b>	<b>94</b>
<b>3.3.5.2</b>	<b>Butterworth-Filter</b>	<b>95</b>
<b>3.3.5.3</b>	<b>Tschebyscheff-Filter</b>	<b>96</b>
<b>3.3.6</b>	<b>Rechnergesteuerte Equalizer</b>	<b>95</b>
<b>3.3.6.1</b>	<b>Vorteile eines rechnergesteuerten Equalizers</b>	<b>95</b>
<b>3.3.6.2</b>	<b>Anwendungsbeispiele</b>	<b>95</b>
<b>3.3.6.3</b>	<b>Aufbau eines professionellen rechnergesteuerten Equalizers</b>	<b>96</b>
<b>3.3.6.4</b>	<b>Optionen</b>	<b>96</b>
<b>3.4</b>	<b>Delays</b>	<b>98</b>
<b>3.5</b>	<b>Beschallungstechnik mit 100 V-Systemen</b>	<b>100</b>
<b>3.5.1</b>	<b>Anwendungsbereich</b>	<b>100</b>
<b>3.5.2</b>	<b>Die Verschaltung von 100 V-Lautsprechernetzen</b>	<b>101</b>
<b>3.5.3</b>	<b>Lautsprecher</b>	<b>101</b>
<b>3.5.3.1</b>	<b>Deckenlautsprecher</b>	<b>101</b>
<b>3.5.3.2</b>	<b>Wandlautsprecher</b>	<b>102</b>
<b>3.5.3.3</b>	<b>ELA-Gruppenstrahler</b>	<b>102</b>
<b>3.5.3.4</b>	<b>Reflextrichtersysteme</b>	<b>102</b>
<b>3.5.4</b>	<b>Pflichtruf- und Lautstärkeeinstellung einzelner Lautsprecherkreise</b>	<b>103</b>
<b>3.5.5</b>	<b>Mehrprogramm-Anlagen</b>	<b>103</b>

3.5.6	100 V-Verstärker	104
3.5.7	100 V-Leitungsnetz	107
3.5.8	Sprechstelleneinheiten	107
3.5.9	Innovatives Bussystem zur Steuerung einer komplexen 100 V-Beschallungsanlage	107
3.6	Normen, Richtlinien und Sicherheitsvorschriften für die Beschallungstechnik	109
3.6.1	Normen für die Ausführung und Dimensionierung der Geräte und deren Schnittstellen	109
3.6.2	Sicherheitsvorschriften für die Kabelinstallation	109
3.6.2.1	Stromversorgung von Regie- und Verstärkerzentralen	109
3.6.2.2	Lautsprecherversorgung	110
3.6.3	Sicherheitsvorschriften für die Installation von Lautsprechern	110
3.7	Projektierungsphase einer Beschallungsanlage	111
3.7.1		
3.7.2	Gebäudekonzept	111
3.7.3	Raumakustisches Konzept	112
3.7.4	Beschallungskonzept	112
<b>4</b>	<b>Lautsprecher</b>	<b>113</b>
	C. Mayer-Fasold	
4.1	Lautsprecher-Übersicht	113
4.2	Tieftöner	114
4.3	Boxen für Tieftonlautsprecher	114
4.4	Mittel-Hochtonlautsprecher	116
4.5	Druckkammerlautsprecher	116
4.6	Hornsysteme	117
4.7	Schallzeilen	118
4.7.1	Höhenverluste	119
4.7.2	Richtcharakteristik	122
4.8	Aktive und passive Weichen	127
4.9	Zerstörung von Lautsprechern	128
<b>5</b>	<b>Gruppenanordnung von elektroakustischen Wandlern und deren Richtwirkung</b>	<b>133</b>
	I. Veit	
5.1	Allgemeines	133
5.2	Strahlungsimpedanz	133
5.3	Gruppenanordnung von Kugelstrahlern 0. Ordnung	134
5.4	Andere Gruppenanordnungen von elementaren Schall- strahlern und deren Richtwirkung	138

5.4.1	<b>Der Liniенstrahler (line array)</b>	138
5.4.2	<b>Der Flächenstrahler</b>	142
<b>6</b>	<b>Beschallungen</b>	<b>144</b>
	C. Mayer-Fasold	
6.1	<b>Schallabstrahlung und Ausbreitung</b>	144
6.2	Bündelungsgrad	146
6.3	Hallradius	149
6.4	<b>Beschallungsarten</b>	149
6.5	<b>Deckenbeschallung (dezentrale Beschallung)</b>	150
6.6	Folgebeschallung	151
6.7	Frontalbeschallung	151
6.8	Diagonalbeschallung	152
6.9	Zentralbeschallung an Stirnwand	153
6.10	Zentralbeschallung mit Schallampel und Hilfsquellen	154
6.11	Übereinanderanordnung mehrerer Lautsprechergruppen	156
6.12	Einbau von Lautsprechergruppen in der Wand	157
<b>7</b>	<b>Drahtlose Hochfrequenz Tonübertragungstechnik</b>	<b>159</b>
	F.-W. Albrecht	
7.1	<b>HF-Technik</b>	159
7.1.1	Die Mikroporttechnik	159
7.1.2	Die Modulationstechnik	159
7.2	Gesetzliche Vorschriften	161
7.2.1	Strahlungsleistung/Ausgangsleistung drahtloser Mikrofone	161
7.2.2	Frequenzen	161
7.2.3	Frequenzauswahl im 8 m Band	163
7.2.4	Erweitertes 8 m-Band für professionelle Anwender	164
7.2.5	Vorschriften und Frequenzen für das 2 m-Band	164
7.2.6	Anwender und Frequenzen im UHF-Bereich	166
7.3	Ausbreitungsbedingungen für Hochfrequenz	166
7.3.1	Polarisation	166
7.3.2	Das $\frac{1}{r}$ -Gesetz	166
7.3.3	Reflexion, Abschirmung	168
7.3.4	Mehrwegeausbreitung, Interferenzen	168
7.3.5	Die Wellenbeugung und Abschattung	169
7.3.6	Vergleich der unterschiedlichen Frequenzbereiche	169
7.4	Sender-Technik	172
7.4.1	Anforderungen und Ausführungen von Hochfrequenz-Sendern	172

<b>7.4.1.1</b>	<b>Neue Sendertechnologie in Syntesizertechnik</b>	<b>173</b>
<b>7.4.2</b>	<b>Trageweise von Sendern</b>	<b>174</b>
<b>7.4.3</b>	<b>Die Sender-Stromversorgung</b>	<b>175</b>
<b>7.4.3.1</b>	<b>Die betriebssichere kontrollierte Akkuladetechnik</b>	<b>177</b>
<b>7.4.4</b>	<b>Vorzüge des Rauschunterdrückungssystems HiDyn plus</b>	<b>179</b>
<b>7.5</b>	<b>Empfänger-Technik</b>	<b>180</b>
<b>7.5.1</b>	<b>Diversity-Empfänger</b>	<b>182</b>
<b>7.5.2</b>	<b>Antennenaufstellung bei Diversity-Betrieb</b>	<b>183</b>
<b>7.5.3</b>	<b>Die Empfänger-Ausführung</b>	<b>184</b>
<b>7.5.4</b>	<b>Qualitätsmerkmale</b>	<b>185</b>
<b>7.5.4.1</b>	<b>Großsignalfestigkeit</b>	<b>185</b>
<b>7.5.5</b>	<b>Die Nachbarkanalselektion</b>	<b>185</b>
<b>7.5.6</b>	<b>Die Intermodulation</b>	<b>186</b>
<b>7.5.7</b>	<b>Frequenzauswahl</b>	<b>187</b>
<b>7.5.8</b>	<b>Monitorsystem für Mikroportanlagen</b>	<b>187</b>
<b>7.6</b>	<b>Empfangsantennen</b>	<b>190</b>
<b>7.6.1</b>	<b>Der Dipol</b>	<b>190</b>
<b>7.6.1.1</b>	<b>Der Lambda/4-Halbdipol</b>	<b>192</b>
<b>7.6.1.2</b>	<b>Antennenbauarten</b>	<b>192</b>
<b>7.6.1.3</b>	<b>Ground-Plane-Antenne</b>	<b>194</b>
<b>7.6.1.4</b>	<b>Die provisorische Antenne</b>	<b>194</b>
<b>7.6.1.5</b>	<b>Die verkürzten Antennen</b>	<b>195</b>
<b>7.6.2</b>	<b>Das Aufstellen von Antennen</b>	<b>195</b>
<b>7.6.3</b>	<b>Mehrantennen-Technik</b>	<b>196</b>
<b>7.6.4</b>	<b>Antennenkabel</b>	<b>196</b>
<b>7.6.5</b>	<b>Der Antennenverstärker</b>	<b>197</b>
<b>7.6.6</b>	<b>Die Antennenweiche</b>	<b>198</b>
<b>7.7</b>	<b>Planungs- und Orientierungshinweise</b>	<b>199</b>
<b>7.7.1</b>	<b>Anschluß von Empfängern an Verstärkeranlagen</b>	<b>199</b>
<b>7.7.2</b>	<b>Schaffung optimaler Empfangsbedingungen</b>	<b>202</b>
<b>7.7.3</b>	<b>Praktische Hinweise zum Vielkanalbetrieb</b>	<b>204</b>
<b>7.7.4</b>	<b>Ursache und Behebung von Störungen</b>	<b>206</b>
<b>8</b>	<b>Drahtlose Infrarot-Tonübertragungstechnik</b>	<b>207</b>
	<b>Frank-Werner Albrecht</b>	
<b>8.1</b>	<b>Infrarot-Tonübertragungstechnik – allgemein</b>	<b>207</b>
<b>8.1.1</b>	<b>Eigenschaften der Infrarot-Bauelemente</b>	<b>207</b>
<b>8.1.2</b>	<b>Infrarottechnik zur NF-Übertragung</b>	<b>210</b>
<b>8.1.3</b>	<b>Breitband-/Schmalband-Betrieb</b>	<b>211</b>
<b>8.2</b>	<b>Gesetzliche Bestimmungen</b>	<b>212</b>
<b>8.3</b>	<b>Die Infrarot-Lichtausbreitung</b>	
<b>8.4</b>	<b>Ausleuchtung eines Raumes mit Infrarotlicht</b>	<b>213</b>

<b>8.5</b>	<b>Störquellen</b>	<b>214</b>
<b>8.6</b>	<b>Infrarot-Komponenten</b>	<b>216</b>
<b>8.6.1</b>	<b>Infrarot-Sender-Technik</b>	<b>216</b>
<b>8.6.2</b>	<b>Infrarot-Strahler-Technik</b>	<b>219</b>
<b>8.6.3</b>	<b>Infrarot-Empfänger-Technik</b>	<b>221</b>
<b>8.7</b>	<b>Einsatzmöglichkeiten</b>	<b>223</b>
<b>8.7.1</b>	<b>Die Einkanal-Technik</b>	<b>224</b>
<b>8.7.2</b>	<b>Zweikanal-Technik</b>	<b>225</b>
<b>8.7.3</b>	<b>Der Vielkanal-Betrieb</b>	<b>225</b>
<b>8.7.4</b>	<b>Mehrkanal-Informationssysteme</b>	<b>227</b>
<b>8.8</b>	<b>Planungs- und Projektierungshinweise</b>	<b>228</b>
 <b>Literaturverzeichnis</b>		<b>230</b>
 <b>Sachregister</b>		<b>232</b>
 <b>Autorenverzeichnis</b>		<b>236</b>