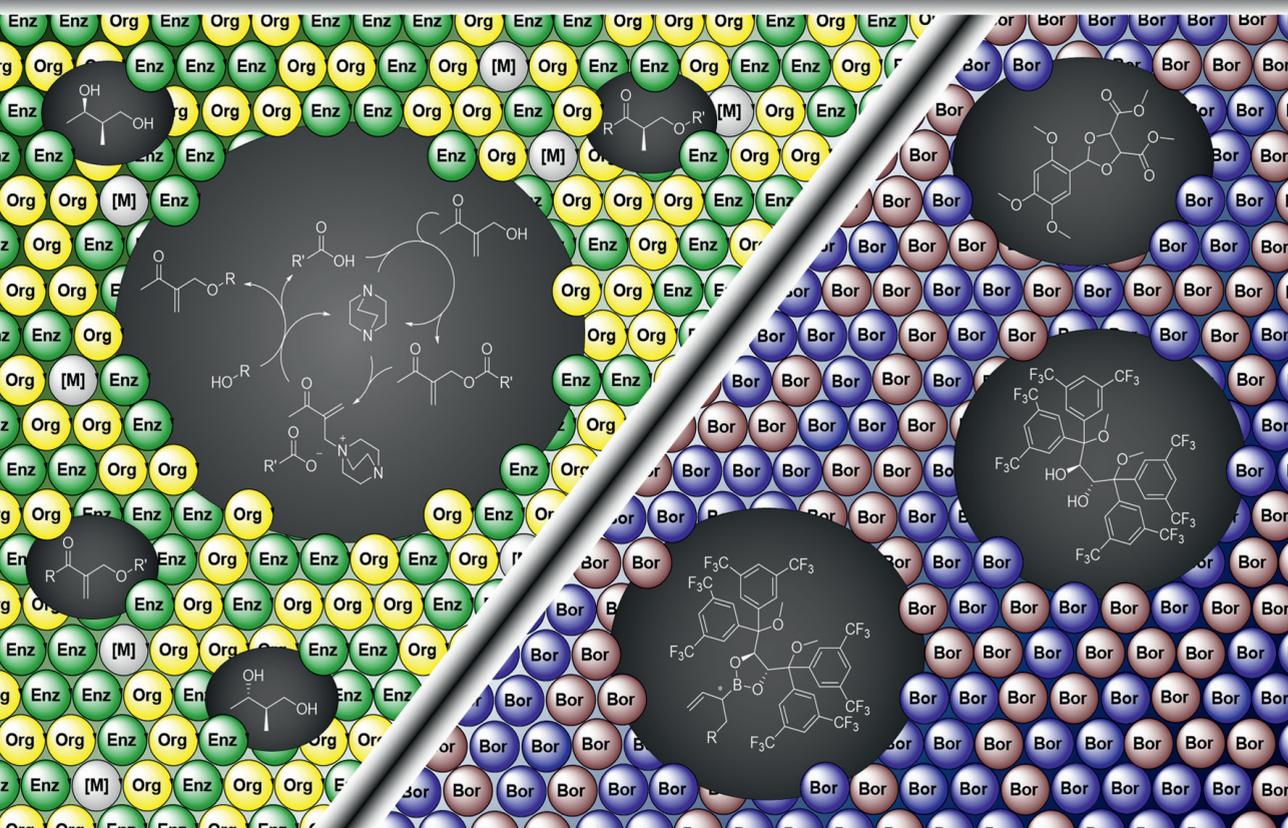


## Chemie ohne Grenzen – Biokatalysatoren und Bororganyle als wertvolle Hilfsmittel für die zielmolekulatorientierte, enantioselektive Synthese

Marvin Rafael Mantel



Forschungszentrum Jülich GmbH  
Institut für Bio- und Geowissenschaften  
IBOC – Bioorganische Chemie

# **Chemie ohne Grenzen – Biokatalysatoren und Bororganyle als wertvolle Hilfsmittel für die zielmolekulatorientierte, enantioselektive Synthese**

Marvin Rafael Mantel

Bioorganische Chemie an der Heinrich-Heine-Universität  
im Forschungszentrum Jülich

Band 42

---

ISBN 978-3-95806-585-7



<b>3.II Neue bio- und organokatalytische Eintopfverfahren</b>	<b>80</b>
<b>3.II.1 Synthese <math>\alpha</math>-hydroxymethylierter Vinylketone</b>	<b>80</b>
3.II.1.1 Protokolltablierung mit Methylvinylketon (195a)	80
3.II.1.2 Einsatz anderer Vinylketone	83
3.II.1.2.1 Vinylketonsynthese	84
3.II.1.2.2 Protokollmodifikationen	86
<b>3.II.2 Synthese <math>\alpha</math>-(Hydroxymethyl)vinylketonether 205</b>	<b>89</b>
3.II.2.1 Die Eintopf-Ethersynthese: 1. Generation	89
3.II.2.2 Etablierung der Eintopf-Ethersynthese: 2. Generation	93
3.II.2.3 Reaktionsoptimierung der 2. Generation:	97
3.II.2.3.1 Messverfahren	97
3.II.2.3.2 Reaktionsoptimierung: Primäre Alkohole	99
3.II.2.3.3 Reaktionsoptimierung: Sekundäre Alkohole	104
3.II.2.4 Substratspektrum Eintopf-Ethersynthese: 2. Generation	109
3.II.2.4.1 Synthese nicht kommerziell erhältlicher Alkohole	109
3.II.2.4.2 Substratbreite und Limitationen primärer & sekundärer Alkohole	110
3.II.2.4.3 Modifikation: Einsatz tertiärer Alkohole	115
3.II.2.5 Mechanistische Untersuchungen	116
<b>3.II.3 1,4-Additionen an <math>\alpha</math>-Hydroxymethylvinylketonether</b>	<b>129</b>
3.II.3.1 Entwicklung eines Eintopfverfahrens	129
3.II.3.2 Asymmetrische Varianten	130
<b>3.II.4 Neuartige Polyvinylketone</b>	<b>135</b>
3.II.4.1 Homopolymere	136
3.II.4.2 Copolymere	138
3.II.4.3 Mono- und Copolymere des Propargylethers 205pj	140
<b>3.II.5 Chemoenzymatische Eintopfsequenzen</b>	<b>142</b>
3.II.5.1 ( <i>R,R</i> )-2-Methylbutan-1,3-diol (106)	142
3.II.5.2 ( <i>R</i> )-3-Methyl-4-hydroxybutan-2-onether	147
3.II.5.3 ( <i>R,S</i> )-2-Methylbutan-1,3-diol (106)	151
<b>4. ZUSAMMENFASSUNG</b>	<b>157</b>
<b>5. AUSBLICK</b>	<b>166</b>
<b>5.1 Evaluation der Synthese des di-CF<sub>3</sub>-Diols 46d</b>	<b>166</b>
<b>5.2 Erklärung des Einfluss der Wassermenge bei der Freisetzung des di-CF<sub>3</sub>-Diols 46d</b>	<b>168</b>
<b>5.3 Stereoselektivität fluorierter Allylierungsreagenzien</b>	<b>170</b>
<b>5.4 di-CF<sub>3</sub>-Triol 229</b>	<b>172</b>
<b>5.5 Perfluoraryl-Diolderivate</b>	<b>173</b>
<b>5.6 Weitere Funktionalitäten in di-CF<sub>3</sub>-diolbasierten Allylierungsreagenzien</b>	<b>174</b>
<b>5.7 Verbesserung der Eintopfsynthesen</b>	<b>175</b>
<b>5.8 Heterozyklensynthese</b>	<b>176</b>

<b>5.9 Polymere</b>	<b>177</b>
<b>5.10 Weiterentwicklung der 1,4-Additionen</b>	<b>177</b>
<b>5.11 Stereokomplementäre Eintopfsynthesen</b>	<b>178</b>
<b>6. EXPERIMENTALTEIL</b>	<b>179</b>
<b>Allgemeine Informationen</b>	<b>179</b>
Chemikalien	179
Analytik und Geräte	179
<b>6.I Neue Bororganyle für die asymmetrische Allylierung von Carbonylverbindungen und Analoga</b>	<b>181</b>
6.I.1 Doppelbindungsreduktion tertiärer Homoallylprodukte	181
( <i>R</i> )-1-Phenylheptan-2-on ( <b>182</b> )	181
6.I.2 Asymmetrische Allylierung von Indol	181
<i>rac</i> -2-(Pent-2-enyl)-indolin ( <b>183</b> )	181
6.I.3 Synthese von Weinsäureacetalen	182
Allgemeine Vorschrift A	182
(4 <i>R</i> ,5 <i>R</i> )-2-(3,4-Dimethoxyphenyl)-1,3-dioxolane-4,5-dicarbonsäuremethylester ( <b>48b</b> )	183
(4 <i>R</i> ,5 <i>R</i> )-2-(2,4,5-Trimethoxyphenyl)-1,3-dioxolane-4,5-dicarbonsäuremethylester ( <b>48c</b> )	183
(4 <i>R</i> ,5 <i>R</i> )-2-(3,4,5-Trimethoxyphenyl)-1,3-dioxolane-4,5-dicarbonsäuremethylester ( <b>48d</b> )	184
6.I.4 Diolsynthesen	184
6.I.4.1 Klassische Routen	184
Allgemeine Vorschrift B	184
1,4-Dimethoxy-1,1,4,4-tetraphenylbutan-2,3-diol ( <b>46a</b> )	186
1,1,4,4-Tetrakis(4-fluorophenyl)-1,4-dimethoxybutane-2,3-diol ( <b>46b</b> )	186
1,1,4,4-Tetrakis[4-(trifluormethyl)phenyl]-1,4-dimethoxybutane-2,3-diol ( <b>46c</b> )	187
6.I.4.2 Synthese des di-CF <sub>3</sub> -Diols <b>46d</b>	187
[(4 <i>R</i> ,5 <i>R</i> )-2-(2,4,5-Trimethoxyphenyl)-1,3-dioxolane-4,5-diyl]bis[bis[3,5-bis(trifluormethyl)phenyl]methanol] ( <b>49e</b> )	187
(4 <i>R</i> ,5 <i>R</i> )-4,5-Bis[bis[3,5-bis(trifluormethyl)phenyl](methoxy)methyl]-2-(2,4,5-trimethoxyphenyl)-1,3-dioxolan ( <b>50e</b> )	188
(2 <i>R</i> ,3 <i>R</i> )-1,1,4,4-Tetrakis[3,5-bis(trifluoromethyl)phenyl]-1,4-dimethoxybutane-2,3-diol ( <b>46d</b> )	189
6.I.5 Vinylboronsäureester	190
Allgemeine Vorschrift C	190
(4 <i>R</i> ,5 <i>R</i> , <i>E</i> )-2-(3-Chlorprop-1-en-1-yl)-4,5-bis(methoxydiphenylmethyl)-1,3,2 dioxaborolan ( <b>42a</b> )	190
(4 <i>R</i> ,5 <i>R</i> , <i>E</i> )-4,5-Bis[bis(4-fluorophenyl)(methoxy)methyl]-2-(3-chloroprop-1-en-1-yl)-1,3,2-dioxaborolan ( <b>42b</b> )	190
(4 <i>R</i> ,5 <i>R</i> , <i>E</i> )-4,5-Bis[bis(4-fluorophenyl)(methoxy)methyl]-2-(3-chloroprop-1-en-1-yl)-1,3,2-dioxaborolan ( <b>42c</b> )	191
(4 <i>R</i> ,5 <i>R</i> , <i>E</i> )-4,5-Bis[bis[3,5-bis(trifluoromethyl)phenyl](methoxy)methyl]-2-(3-chloroprop-1-en-1-yl)-1,3,2-dioxaborolan ( <b>42d</b> )	191
6.I.6 Allylboronsäureester	192
Allgemeine Vorschrift D	192
(4 <i>R</i> ,5 <i>R</i> ,3' <i>S</i> )-4,5-Bis(methoxydiphenylmethyl)-2-(pentan-3-yl)-1,3,2-dioxaborolan ( <b>45a</b> )	193
(4 <i>R</i> ,5 <i>R</i> ,3' <i>S</i> )-4,5-Bis[bis(4-fluorophenyl)(methoxy)methyl]-2-(pent-1-en-3-yl)-1,3,2-dioxaborolan ( <b>45b</b> )	193
(4 <i>R</i> ,5 <i>R</i> ,3' <i>R</i> )-4,5-Bis[bis(4-fluorophenyl)(methoxy)methyl]-2-(pent-1-en-3-yl)-1,3,2-dioxaborolan ( <i>dia</i> - <b>45b</b> )	193
(4 <i>R</i> ,5 <i>R</i> ,3' <i>S</i> )-4,5-Bis[bis[4-(trifluoromethyl)phenyl](methoxy)methyl]-2-(pent-1-en-3-yl)-1,3,2-dioxaborolan ( <b>45c</b> )	194
(4 <i>R</i> ,5 <i>R</i> )-4,5-Bis[bis[3,5-(bistrifluoromethyl)phenyl](methoxy)methyl]-	

2-[( <i>R</i> )-pent-1-en-3-yl]-1,3,2-dioxaborolan ( <b>45d</b> )	195
6.1.7 Reaktivitätsbestimmung der Allylierungsreagenzien <b>45</b>	195
Umsatz mit Benzaldehyde Diskontinuierliche NMR-Kinetikmessungen	195
Umsatz mit Aldehyden: Kontinuierliche NMR-Kinetikmessungen	196
Umsatz mit Ketonen	196
6.1.8 Untersuchung der Orthoesterbildung	196
(4 <i>R</i> ,5 <i>R</i> )-4,5-Bis[bis[3,5-bis(trifluormethyl)phenyl](methoxy)methyl]-1,3-dioxolan-2-ol ( <b>191</b> )	196
Wasserabhängigkeit: Kontinuierliche NMR-Kinetikmessungen	197
<b>6.II Neue bio- und organokatalytische Eintopfverfahren</b>	<b>198</b>
6.II.1 Bereitstellung der Biokatalysatoren	198
Enreduktase (YqjM)	198
Glucosedehydrogenase (GDH)	198
LB-ADH aus <i>Lactobacillus Brevis</i>	198
T-ADH aus <i>Thermoanaerobacter sp.</i>	198
HL-ADH aus Pferdeleber	199
Ras-ADH aus <i>Ralstonia sp. DSM 6428</i>	199
6.II.2 Assays zur Bestimmung der Enzymaktivitäten	199
Assay A (Enreduktasen)	199
Assay B (Glucosedehydrogenase)	200
Assay C (NAD <sup>+</sup> -abhängige Alkoholdehydrogenasen)	200
Assay D (NAD <sup>+</sup> -abhängige Alkoholdehydrogenasen)	200
6.II.3 Reaktionsevaluierung Organokatalyse	201
GC-Retentionszeiten relevanter Verbindungen (GC-MS Analyse)	201
Optimierung der Eintopf-Ethersynthese	202
GC-MS-basierte Ausbeutebestimmung aus Reaktionsansätzen ( <i>Analytische Vorschrift A</i> )	202
Primäre Alkohole: Ausbeuteoptimierung	202
Sekundäre Alkohole: Ausbeuteoptimierung	202
Primäre Alkohole: Einfluss der Benzoessäurebelastung und der Derivatnutzung	202
Sekundäre Alkohole: Einfluss der Benzoessäurebelastung und der Derivatnutzung	203
Mechanistische Untersuchungen	203
DABCO-Abhängigkeit der Bildung des Benzoessäureesters <b>215</b>	203
DABCO-Abhängigkeit der Bildung des 2-Hexylethers <b>205sa</b>	203
Bildung des Ammoniumions <b>214</b>	203
Deuterierungsexperimente zum Nachweis eines “Scramblings“	204
6.II.4 Verbindungen und Analytik	204
6.II.4.1 Vinylketone	204
Allgemeine Vorschrift Aldol-Kondensation ( <i>Allgemeine Vorschrift E</i> )	204
Phenylvinylketon ( <b>195c</b> )	205
1-(4-Methylphenyl)prop-2-en-1-on ( <b>195d</b> )	205
1-(4-Methoxyphenyl)prop-2-en-1-on ( <b>195e</b> )	205
1-Cyclohexylprop-2-en-1-on ( <b>195f</b> )	206
1-(4-Bromphenyl)prop-2-en-1-on ( <b>195g</b> )	206
1-(4-Nitrophenyl)prop-2-en-1-on ( <b>195h</b> )	206
1-(2-Nitrophenyl)prop-2-en-1-on ( <b>195i</b> )	207
Benzylvinylketon ( <b>195j</b> )	207
6.II.4.2 <i>a</i> -Hydroxymethylierte Vinylketone	208
Allgemeine Vorschrift <i>Morita-Baylis-Hillman</i> -Reaktion ( <i>Allgemeine Vorschrift F</i> )	208
3-(Hydroxymethyl)but-3-en-2-on ( <b>194a</b> )	209
2-(Hydroxymethyl)pent-1-en-3-on ( <b>194b</b> )	209
2-(Hydroxymethyl)-1-phenylprop-2-en-1-on ( <b>194c</b> )	210
2-(Hydroxymethyl)-1-(4-methoxyphenyl)prop-2-en-1-on ( <b>194d</b> )	210
6.II.4.3 Nicht-kommerzielle Alkohole	211

<i>rac</i> -1-(2-Nitrophenyl)ethan-1-ol ( <b>206g</b> )	211
$\beta$ -1,2,3,4-Tetraacetylglucose ( <b>206c</b> )	212
Di- <i>tert</i> -Butylcarbinol ( <b>206e</b> )	213
<i>rac-tert</i> -Butyl- <i>iso</i> -propylcarbinol ( <b>206f</b> )	213
6.II.4.4 Multikomponenten-Veretherungssequenz	214
3,3'-[Oxybis(methylen)]bis(but-3-en-2-on) ( <b>208</b> )	214
2-Methylen-3-oxobutylbenzoat ( <b>215</b> )	214
Eintopf-Ethersynthese unter Nutzung primäre Alkohole 1. Generation (Allgemeine Vorschrift G.1)	215
Eintopf-Ethersynthese unter Nutzung primäre Alkohole 2. Generation (Allgemeine Vorschrift G.2)	215
3-[(Benzyloxy)methyl]but-3-en-2-on ( <b>205b</b> )	216
3-[(Benzyloxy)methoxy]methylbut-3-en-2-on ( <b>207b</b> )	217
3-[[4-Methylbenzyl]oxy]methylbut-3-en-2-on ( <b>205pc</b> )	217
3-[[4-Methoxybenzyl]oxy]methylbut-3-en-2-on ( <b>205d</b> )	218
3-[[2-Nitrobenzyl]oxy]methylbut-3-en-2-on ( <b>205pe</b> )	218
3-[[4-Fluorbenzyl]oxy]methylbut-3-en-2-on ( <b>205pf</b> )	219
3-[[3,4-Dimethoxybenzyl]oxy]methylbut-3-en-2-on ( <b>205pg</b> )	220
3-[(Allyloxy)methyl]but-3-en-2-on ( <b>205ph</b> )	220
3-[[3-Methylbut-2-en-1-yl]oxy]methylbut-3-en-2-on ( <b>205pi</b> )	221
3-[(Prop-2-yn-1-yloxy)methyl]but-3-en-2-on ( <b>205pj</b> )	222
3-[(But-3-en-1-yloxy)methyl]but-3-en-2-on ( <b>205pk</b> )	222
3-[(Cinnamyloxy)methyl]but-3-en-2-on ( <b>205pl</b> )	223
2-[[3-Methylbut-2-en-1-yl]oxy]methylpent-1-en-3-on ( <b>205pm</b> )	224
2-[(Benzyloxy)methyl]pent-1-en-3-on ( <b>205pn</b> )	224
2-[(Benzyloxy)methyl]-1-(4-methoxyphenyl)prop-2-en-1-on ( <b>205po</b> )	225
1-(4-Methoxyphenyl)-2-[[3-methylbut-2-en-1-yl]oxy]methylprop-2-en-1-on ( <b>205pp</b> )	226
3-[(Furan-2-ylmethoxy)methyl]but-3-en-2-on ( <b>205pq</b> )	226
3-[(Furan-2-ylmethoxy)methyl]but-3-en-2-on ( <b>205pr</b> )	227
3-[[2-(Trimethylsilyl)ethoxy]methyl]but-3-en-2-on ( <b>205ps</b> )	228
Benzyloxy[2-(2-methylen-3-oxobutoxy)ethyl]carbammat ( <b>205pt</b> )	228
<i>tert</i> -Butyl[2-(2-methylen-3-oxobutoxy)ethyl]carbammat ( <b>205pu</b> )	229
3-[[2-(2-Ethoxyethoxy)ethoxy]methyl]but-3-en-2-on ( <b>205pv</b> )	230
3-[(2-Phenoxyethoxy)methyl]but-3-en-2-on ( <b>205pw</b> )	230
( <i>E</i> )-3-[[3,7-Dimethylocta-2,6-dien-1-yl]oxy]methylbut-3-en-2-on ( <b>205px</b> )	231
3-[[3a <i>R</i> ,5 <i>R</i> ,5a <i>S</i> ,8a <i>S</i> ,8b <i>R</i> ]-2,2,7,7-Tetramethyltetrahydro-5 H- bis([1,3]dioxolo)[4,5-b:4',5'-d]pyran-5-yl)methoxy]methylbut-3-en-2-on ( <b>205py</b> )	232
3-[[4-Nitrobenzyl]oxy]methylbut-3-en-2-on ( <b>205pz</b> )	233
Eintopf-Ethersynthese unter Nutzung sekundärer Alkohole (Allgemeine Vorschrift H)	233
<i>rac</i> -3-[(Hexan-2-yloxy)methyl]but-3-en-2-on ( <b>205sa</b> )	234
<i>rac</i> -3-[[Hexan-2-yloxy)methoxy]methylbut-3-en-2-on ( <b>207a</b> )	234
3-[(Cyclohexyloxy)methyl]but-3-en-2-on ( <b>205sb</b> )	235
<i>rac</i> -3-[(Pent-4-en-2-yloxy)methyl]but-3-en-2-on ( <b>205sc</b> )	236
<i>rac</i> -3-[(Hex-1-en-3-yloxy)methyl]but-3-en-2-on ( <b>205sd</b> )	236
<i>rac</i> -3-[(Oct-1-in-3-yloxy)methyl]but-3-en-2-on ( <b>205se</b> )	237
<i>rac</i> -Ethyl 3-(2-methylen-3-oxobutoxy)butanoat ( <b>205sf</b> )	238
<i>rac</i> -3-[(1-Phenylethoxy)methyl]but-3-en-2-on ( <i>rac</i> - <b>205sg</b> )	238
( <i>R</i> )-3-[(1-Phenylethoxy)methyl]but-3-en-2-on [( <i>R</i> )- <b>205sg</b> ]	239
3-[(Benzhydryloxy)methyl]but-3-en-2-on ( <b>205sh</b> )	239
<i>rac</i> -3-[[1-(2-Nitrophenyl)ethoxy]methyl]but-3-en-2-on ( <b>205si</b> )	240
<i>rac</i> -3-(Menthyl)but-3-en-2-on ( <b>205sj</b> )	241
3-(Pregnenolyl)but-3-en-2-on ( <b>205sk</b> )	241

3-(Cholesteryl)but-3-en-2-on ( <b>205sl</b> )	242
3-(Testosteryl)but-3-en-2-on ( <b>205sm</b> )	243
<i>rac</i> -2-[(1-Phenylethoxy)methyl]pent-1-en-3-on ( <b>205sn</b> )	244
<i>rac</i> -1-(4-Methoxyphenyl)-2-[(1-phenylethoxy)methyl]prop-2-en-1-on ( <b>205so</b> )	244
Eintopf-Ethersynthese unter Nutzung tertiärer Alkohole ( <i>Allgemeine Vorschrift I</i> )	245
3-[[2-Phenylpropan-2-yl]oxy]methylbut-3-en-2-on ( <b>205ta</b> )	245
3-[[3,7-Dimethylocta-1,6-dien-3-yl]oxy]methylbut-3-en-2-on ( <b>205tb</b> )	246
6.II.4.5 Racemische Standards der Sequenzprodukte	247
<i>rac</i> -4-(Benzyloxy)-3-methylbutan-2-on ( <b><i>rac</i>-89a</b> )	247
<i>rac</i> -1-(Benzyloxy)-2-methylpentan-3-on ( <b><i>rac</i>-96a</b> )	247
<i>rac</i> -4-[(4-Methoxybenzyl)oxy]-3-methylbutan-2-on ( <b><i>rac</i>-89c</b> )	248
<i>rac</i> -3-Methyl-4-[(3-methylbut-2-en-1-yl)oxy]butan-2-on ( <b><i>rac</i>-89d</b> )	248
<i>rac</i> -3-Methyl-4-[2-(trimethylsilyl)ethoxy]butan-2-on ( <b><i>rac</i>-89e</b> )	249
<i>rac</i> -4-(Benzhydryloxy)-3-methylbutan-2-on ( <b><i>rac</i>-89f</b> )	250
<i>rac</i> -3-Methyl-4-[1-(2-nitrophenyl)ethoxy]butan-2-on ( <b><i>rac</i>-89g</b> )	251
<i>rac</i> -3-[(Benzyloxy)methyl]but-3-en-2-ol ( <b>223</b> )	252
<i>rac</i> -2-Methylbutan-1,3-diol ( <b><i>rac</i>-106</b> )	252
<i>rac</i> -2-Methylbutan-1,3-diylbis(2,2,2-trifluoroacetat) ( <b>225</b> )	253
6.II.4.6 Sequenz: $\alpha,\beta$ -gesättigte MBH-Veretherungsprodukte	254
Eintopf-Ethersynthese-YqjM-Reduktionssequenz ( <i>Allgemeine Vorschrift J</i> )	254
( <i>R</i> )-4-(Benzyloxy)-3-methylbutan-2-on [( <i>R</i> )- <b>89a</b> ]	255
( <i>R</i> )-1-(Benzyloxy)-2-methylpentan-3-on [( <i>R</i> )- <b>96a</b> ]	255
( <i>R</i> )-4-[(4-Methoxybenzyl)oxy]-3-methylbutan-2-on [( <i>R</i> )- <b>89c</b> ]	256
( <i>R</i> )-3-Methyl-4-[(3-methylbut-2-en-1-yl)oxy]butan-2-on [( <i>R</i> )- <b>89d</b> ]	256
( <i>R</i> )-3-Methyl-4-[2-(trimethylsilyl)ethoxy]butan-2-on [( <i>R</i> )- <b>89e</b> ]	257
( <i>R</i> )-4-(Benzhydryloxy)-3-methylbutan-2-on [( <i>R</i> )- <b>89f</b> ]	258
(3 <i>R</i> )-3-Methyl-4-[( <i>R/S</i> )-1-(2-nitrophenyl)ethoxy]butan-2-on [( <i>R</i> )- <b>89g</b> ]	258
6.II.4.7 ADH-Screening zur Synthese von 2-Methylbutan-1,3-diol ( <b>106</b> )	259
6.II.4.8 Sequenz: 2-Methylbutan-1,3-diol ( <b>106</b> )	260
(2 <i>R</i> ,3 <i>R</i> )-2-Methylbutan-1,3-diol ( <i>syn</i> - <b>106</b> )	260
(2 <i>R</i> ,3 <i>S</i> )-2-Methylbutan-1,3-diol ( <i>anti</i> - <b>106</b> )	261
*Derivatisationsprotokoll für die Bestimmung des Enantiomerenüberschusses <i>via</i> GC	262
6.II.4.9 1,4-Additionen	263
<i>rac</i> -4-(Benzyloxy)-3-[(benzylthio)methyl]butan-2-on ( <b>217</b> )	263
Kontrollexperimente	263
Enantioselektive Varianten im analytischen Maßstab	264
6.II.4.10 Polymere	265
Polymerisation von Vinylketon-Monomeren	265
NMR-Daten der Homo- and Copolymeren	267
<b>7. LITERATUR</b>	<b>269</b>
<b>8. DANKSAGUNG</b>	<b>289</b>
<b>9. ERKLÄRUNG</b>	<b>292</b>
<b>10. ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS</b>	<b>293</b>
<b>11. FORMELREGISTER</b>	<b>295</b>

<b>A. ANHANG</b>	<b>301</b>
<b>A.I NMR-Spektren</b>	<b>301</b>
<b>A.II Chromatogramme</b>	<b>421</b>
<b>A.III DSC-Diagramme</b>	<b>430</b>
<b>A.IV Röntgenkristallstrukturen</b>	<b>434</b>

# Bioorganische Chemie an der Heinrich-Heine-Universität Düsseldorf im Forschungszentrum Jülich

Herausgegeben von Jörg Pietruszka

Enzyme sind in der organischen Synthesechemie angekommen. Die mannigfaltigen Vorteile der Biokatalysatoren – sei es Selektivität, Nachhaltigkeit oder einfach Anwendbarkeit – begründen ihren Erfolg bis hin in die großtechnische Anwendung. Aufbauend auf der rasanten und erfolgreichen Entwicklung des Feldes können neue, progressive Laborsynthesevorhaben gedacht und damit Konzepte zur Reduktion von Müll, Zeit und Gefahrenpotential realisiert werden. Insbesondere die Kombination mit und in neuen organokatalytischen Eintopfverfahren stellt dabei eine Plattform bereit, welche wegweisend die Herangehensweise an den Feinchemikalienzugang für z. B. die Totalsynthese zu verändern vermag.

In der erfolgreichen organischen Synthesechemie lautete das Motto jedoch „kein Konzept für alle Fälle“, und so kann auch Altbewährtes die Grundlage des Fortschrittes bilden. Warum also nicht einmal der traditionellen Biochemie etwas Aufmerksamkeit widmen und mit ein paar spannenden Synthesegeschichten ganz plötzlich jahrzehnte-bewährten Allylierungsreagenzien zu neuer Reaktivität verhelfen?

**Band 42**

**ISBN 978-3-95806-585-7**