



KfK 2884 B
November 1979

**Vorausberechnungen zu
Schwingungs-Experimenten
an einer dünnwandigen,
flüssigkeitsgefüllten
Kreiszyinderschale
Versuchsanordnung A**

G. Hailfinger, R. Krieg
Institut für Reaktorentwicklung
Projekt Nukleare Sicherheit

Kernforschungszentrum Karlsruhe

KERNFORSCHUNGSZENTRUM KARLSRUHE
Institut für Reaktorentwicklung
Projekt Nukleare Sicherheit

KfK 2884B

Vorausberechnungen zu Schwingungs-Experimenten an einer
dünnwandigen, flüssigkeitsgefüllten Kreiszylinderschale.
Versuchsanordnung A

von
G. Hailfinger, R. Krieg

Kernforschungszentrum Karlsruhe GmbH, Karlsruhe

Als Manuskript vervielfältigt
Für diesen Bericht behalten wir uns alle Rechte vor

Kernforschungszentrum Karlsruhe GmbH
ISSN 0303-4003

Zusammenfassung

Zur Unterstützung der gekoppelten fluid-strukturdynamischen Untersuchungen im Rahmen des HDR-Programmes wurden ergänzende Laborversuche geplant. Eine Versuchsserie soll zur Ermittlung der Eigenfrequenzen und zugehörigen Schwingungsformen eines dünnwandigen, flüssigkeitsgefüllten Kreiszylinders durchgeführt werden. Ziel der Untersuchungen ist die Überprüfung von Rechenprogrammen zur gekoppelten Fluid-Strukturdynamik.

In diesem Bericht werden die Vorausberechnungen für die Versuchsanordnung A dokumentiert. Bei dieser Anordnung steht der Zylinder aufrecht und die Wasserfüllung besitzt eine freie Oberfläche.

Das strukturdynamische Verhalten des Zylinders ohne Wasserfüllung wurde mit Hilfe des FEM-Programms STRUDL/DYNAL analysiert. Das fluiddynamische Verhalten der Wasserfüllung und die Fluid-Strukturkopplung wurden mit Hilfe des BIE-Programmes SING-S beschrieben.

Pre-calculations for Vibration Tests with a Thin-walled,
Fluid-filled Cylindrical Shell
Test Configuration A

Summary

In order to support investigations in dynamic fluid structure interaction carried through within the HDR-program, additional laboratory tests have been planned. One type of tests concerns the eigenfrequencies and deformation modes of a thin-walled, fluid-filled circular shell. Final goal is the verification of recently developed computational methods in dynamic fluid structure interaction.

In this report the pre-calculations for test configuration A are documented. The axis of the circular shell is vertical. The fluid inside the shell is water with a free fluid surface at the top.

The structural dynamic behavior of the shell without water has been analyzed with the FEM program STRUDL/DYNAL. The fluid dynamics of the water and the fluid structure interaction have been described with the BIE program SING-S.

<u>Inhaltsverzeichnis</u>	Seite
1. Aufgabenstellung	1
2. Rechenmodell	2
3. Rechenergebnisse	3
4. Gewonnene Erkenntnisse	5
Literatur	6
Abbildungen	7
Tabelle	27

1. Aufgabenstellung

Zur Unterstützung der gekoppelten fluid-strukturdynamischen Untersuchungen im Rahmen des HDR-Programmes wurden ergänzende Laborversuche geplant. Eine Versuchsserie soll zur Ermittlung der Eigenfrequenzen und zugehörigen Schwingungsformen eines dünnwandigen, flüssigkeitsgefüllten Kreiszylinders durchgeführt werden. Die technische Grundausführung des Zylinders ist aus Abb. 1 zu entnehmen. Die Schwingungsanregung soll mit Hilfe eines Shakers an verschiedenen Punkten der Zylinderschale aufgebracht werden. Ziel der Untersuchungen ist die Überprüfung von Rechenprogrammen zur gekoppelten Fluid-Strukturdynamik. Insbesondere sollen die Einflüsse verschiedener vereinfachender Rechenannahmen (z. B. Vernachlässigung von Fluid Kompressibilität) und der Einfluß des Diskretisierungsaufwandes ermittelt werden.

In diesem Bericht werden die Vorausberechnungen für die Versuchsanordnung A dokumentiert. Bei dieser Anordnung steht der Zylinder aufrecht und die Wasserfüllung besitzt eine freie Oberfläche.

Das strukturdynamische Verhalten des Zylinders ohne Wasserfüllung wurde mit Hilfe des FEM-Programmes STRUDL/DYNAL analysiert [1, 2]. Hierbei wurde die Zylinderschale als linear elastisch angenommen. Das fluid-dynamische Verhalten der Wasserfüllung sowie die Kopplung mit dem strukturdynamischen Modell wurde mit Hilfe des BIE¹⁾-Programmes SING-S beschrieben [3, 4, 5]. Bei dieser Methode wird lediglich die Fluidoberfläche mittels sogenannter Panels - bei SING-S speziell mittels rechteckiger Dipole-Panels - diskretisiert. Die Fluid-Struktur-Kopplung, d.h. die Kompatibilität der Bewegungen und Kräfte wird nicht auf iterativem Weg, sondern durch Elimination der unbekanntem fluid-dynamischen Feldgrößen erreicht. Fluid Kompressibilität und Viskosität werden in SING-S vernachlässigt.

1) Boundary Integral Equation Method

2. Rechenmodell

Die Bodenplatte wurde als starr und unbeweglich angenommen. In ihr ist die flexible Zylinderschale fest eingespannt. Um die Starrkörper-Bewegung des Deckels auf einfache Weise erfassen zu können, wurde er in die FEM-Diskretisierung mit aufgenommen, obwohl seine Flexibilität vernachlässigbar gewesen wäre. Die relativ kräftig ausgeführte Flansch-Verbindung zwischen Zylinderschale und Deckel wurde als feste Verbindung behandelt. Die Diskretisierung in Finite Elemente ist in Abb. 2 zu sehen.

Entsprechend dem strukturdynamischen Modell wurde beim Fluid nur die Zylindermantelfläche als beweglich und mit der Struktur unmittelbar gekoppelt behandelt. An der freien Wasseroberfläche wurde ein konstanter Druck vorgeschrieben. Bei der Diskretisierung der Fluidrandflächen wurden verschiedene Varianten untersucht. In den Abb. 3 und 4 werden die einzelnen Varianten anhand der unterschiedlichen Panel-Anordnungen bzw. Freiheitsgrade für die Fluid-Randflächen charakterisiert. Im Koppelungsbereich (Zylinderschale) bedeuten Markierungen im Panel-Mittelpunkt, daß an diesen Stellen Freiheitsgrade senkrecht zur Fluid-Randfläche eingeführt und die Kopplungsbedingungen explizit erfüllt wurden. Die Anzahl dieser Freiheitsgrade bestimmt die Größe des zu lösenden Eigenwertproblems (Dimension der Matrizen). An den restlichen Fluid-Randflächen (Bodenfläche und freie Fluid-Oberfläche) bedeuten Markierungen im Panel-Mittelpunkt, daß hier die Randbedingungen explizit erfüllt wurden. Das strukturdynamische FEM-Modell wurde durch entsprechende kinematische Kondensation an die Kopplungspunkte des fluiddynamischen Modells angepaßt.

3. Rechenergebnisse

Die mit STRUDL/DYNAL und SING-S berechneten Eigenfrequenzen und Schwingungsformen sind in Tabelle I aufgelistet. Die Klassifizierung der Schwingungsformen wurden anhand entsprechender Plotter-Zeichnungen durchgeführt. Einige Beispiele für die Darstellungen der Schwingungsformen sind in Abb. 5 bis 8 gezeigt. Die Pfeile stellen Radialauslenkungen in den Panel-Mittelpunkten dar.

Abb. 9 bis 20 zeigen für die Varianten 8 und 9 einige Eigenschwingungsformen in einer anderen Art der Darstellung. Die Kurven stellen Schnitte entlang einer Mantellinie bzw. einer abgewickelten Linie über den halben Umfang dar.

In Abb. 21 sind für die drei ersten axialen Schwingungsordnungen der Variante 8 die Eigenfrequenzen über den Umfangsordnungen aufgetragen.

Bemerkungen zu den Ergebnissen der Variante 1:

- Eine imaginäre Eigenfrequenz
- Hohe Leckagen am Boden
- Hohe Leckagen variierend entlang der untersten Panel-Reihe im Zylinder

Bemerkungen zu den Ergebnissen der Variante 2:

- Eine imaginäre Eigenfrequenz
- Hohe Leckagen am Boden (nicht nennenswert reduziert gegenüber Variante 1)
- Hohe Leckagen variierend entlang der untersten Panel-Reihe im Zylinder (etwas reduziert gegenüber Variante 1)

Bemerkungen zu den Ergebnissen der Variante 3:

Eine imaginäre Eigenfrequenz
Hohe Leckagen am Boden (etwas reduziert gegenüber Variante 1)
Hohe Leckagen variierend entlang der zweituntersten Panel-Reihe im Zylinder

Bemerkungen zu den Ergebnissen der Variante 4:

Eine imaginäre Eigenfrequenz
Hohe Leckagen variierend entlang der untersten Panel-Reihe im Zylinder (wie Variante 2)

Bemerkungen zu den Ergebnissen der Variante 5:

Die Panels an Boden und Deckel sind so gewählt, daß ihre Gesamtfläche gleich der Halbkreisfläche ist.
Dies führt zum Verschwinden der imaginären Eigenfrequenz und deutlichen Verbesserungen bezüglich der Leckagen in den unteren Panel-Reihen im Zylinder.

Bemerkungen zu den Ergebnissen der Variante 6:

Keine nennenswerten Änderungen gegenüber Variante 5

Bemerkungen zu den Ergebnissen der Variante 7:

Mäßige Leckagen variierend entlang der untersten Panel-Reihe im Zylinder.
Sonst keine nennenswerten Änderungen gegenüber Variante 5

Bemerkungen zu den Ergebnissen der Variante 8:

Geringe Eigenfrequenz-Erniedrigungen.
Ausnahme: Nullter Umfangsmode mit deutlicher Eigenfrequenz-Erhöhung. Bessere Klassifizierung der Schwingungsformen mit hoher Umfangsordnung.

Bemerkungen zu den Ergebnissen der Variante 9:

Sehr geringe Eigenfrequenz-Erniedrigung gegenüber Variante 8; jedoch Eigenschwingungsformen bei höheren Ordnungen nicht mehr immer eindeutig klassifizierbar. Einige Umfangsmodes deutlich abweichend von einer Cosinus-Verteilung.

4. Gewonnene Erkenntnisse

Im unteren Einspannbereich der Zylinderschale, wo stärkere Schalenkrümmungen auftreten, ist eine feinere Diskretisierung beziehungsweise eine größere Anzahl von Freiheitsgraden in axialer Richtung angebracht.

Bei Flächen mit krummliniger Berandung sollen die überstehenden Panel-Teile flächengleich sein mit benachbarten, nicht durch Panels abgedeckte Flächenteile.

Die Eigenfrequenzen und zugehörigen Schwingungsformen sind - mit einer Ausnahme - gegenüber Diskretisierungsänderungen relativ unempfindlich.

Die Eigenfrequenz der nullten Umfangsschwingungsordnung ist dagegen von kleinen Diskretisierungsänderungen stark abhängig. Bei den ersten Varianten führte dies sogar zu imaginären Werten. Ein besonders zuverlässiger Wert für diese Eigenfrequenz konnte nicht ermittelt werden.

Durch Hinzufügen einer punktförmigen Masse von 1.6 kg (für Shaker) werden die Eigenfrequenzen nur geringfügig erniedrigt (bis 3 %). Dagegen werden einige Eigenschwingungsformen deutlich beeinflusst. Ihre Umfangsformen weichen von der idealen Cosinus-Verteilung stärker ab.

Literatur:

- [1_] R.D. Logcher, et. al.:
ICES STRUDL II
Engineering User's Manual, Vol. 1
Frame Analysis
First Edition, R68-91 (November 1968).
- [2_] R.D. Logcher, J.J. Connor, M.F. Nelson:
ICES STRUDL II
Engineering User's Manual, Vol. 2
Additional Design and Analysis Facilities
Second Edition, R70-77, MIT (June 1971).
- [3_] R. Krieg:
Coupled Problems in Transient Fluid and Structural
Dynamics in Nuclear Engineering.
Appl. Math. Modelling, June 1978, Vol. 2, S. 81-89
- [4_] R. Krieg, G. Hailfinger:
Transient, Three-dimensional Potential Flow Problems
and Dynamic Response of the Surrounding Structures.
Part I: Description of the Fluid Dynamics by a
Singularity Method.
Journal of Computational Physics, 33, No. 3, er-
scheint Dec. 79
- [5_] R. Krieg, B. Göller, G. Hailfinger:
Transient, Three-dimensional Potential Flow Problems
and Dynamic Response of the Surrounding Structures.
Part II: Simultaneous Coupling between Fluid and Struc-
tural Dynamics.
Journal of Computational Physics, 33, No. 3, er-
scheint Dec. 79

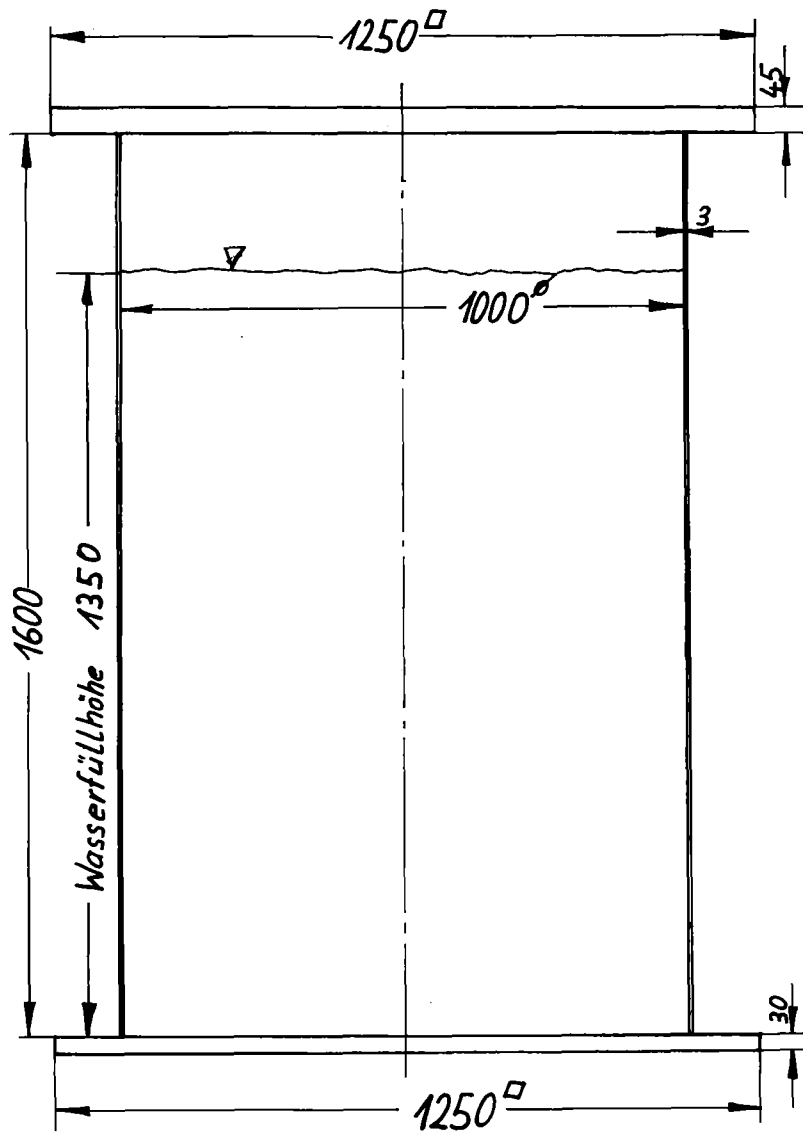


Abb. 1: Zylinder mit Boden- und Abdeckplatte

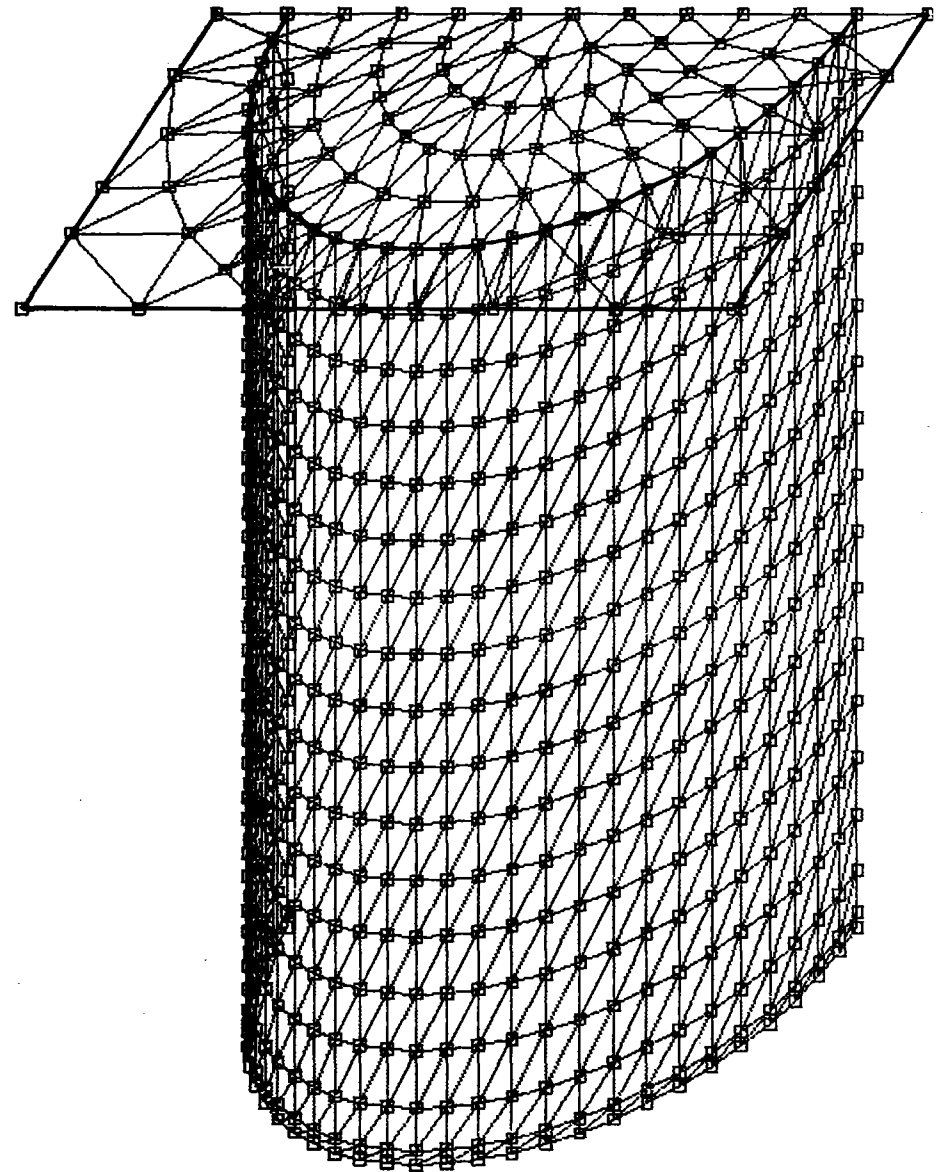
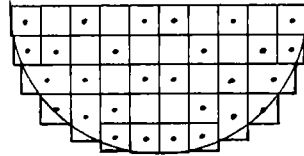
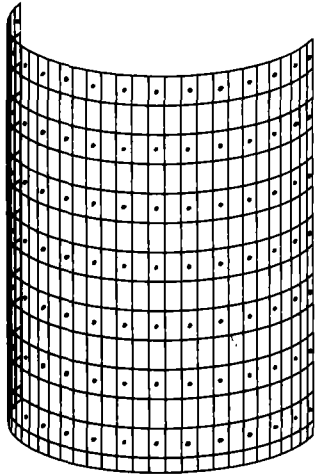


Abb. 2: FEM-Diskretisierung des Zylinders mit Abdeckplatte

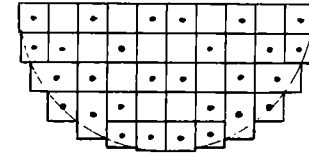
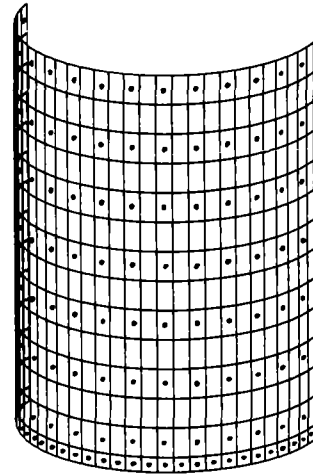
Variante 1 Anzahl der Panels: 514
 Anzahl der Freiheitsgrade: 128



Fluid-Randfläche am Boden.
 Freie Fluid-Oberfläche

Fluid-Randfläche am Zylinder

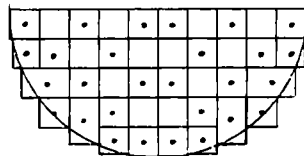
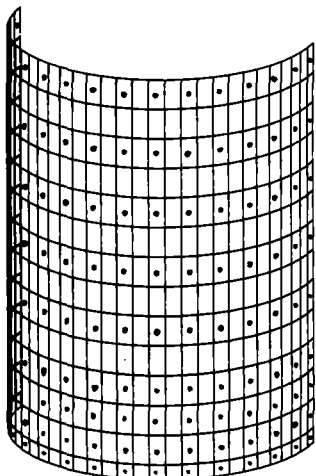
Variante 3 Anzahl der Panels: 514
 Anzahl der Freiheitsgrade: 159



Fluid-Randfläche am Boden.
 Freie Fluid-Oberfläche

Fluid-Randfläche am Zylinder

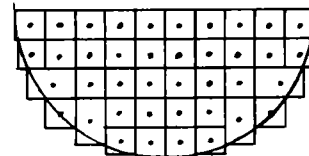
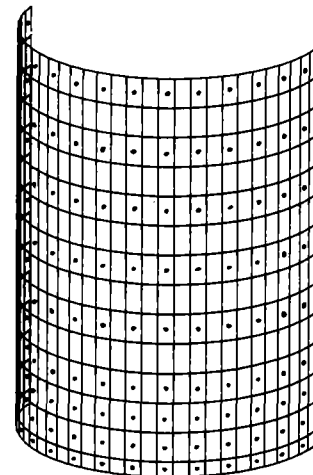
Variante 2 Anzahl der Panels: 514
 Anzahl der Freiheitsgrade: 160



Fluid-Randfläche am Boden.
 Freie Fluid-Oberfläche

Fluid-Randfläche am Zylinder

Variante 4 Anzahl der Panels: 514
 Anzahl der Freiheitsgrade: 160



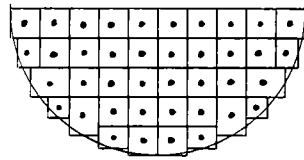
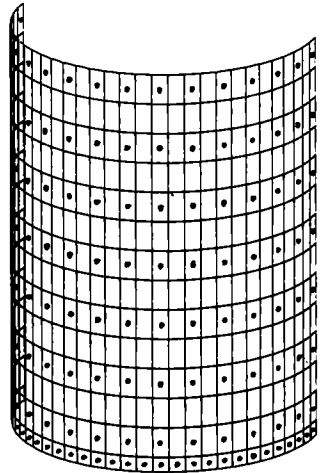
Fluid-Randfläche am Boden.
 Freie Fluid-Oberfläche

Fluid-Randfläche am Zylinder

Abb.3: Varianten 1 bis 4

1
 8
 1

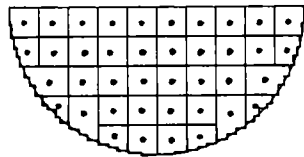
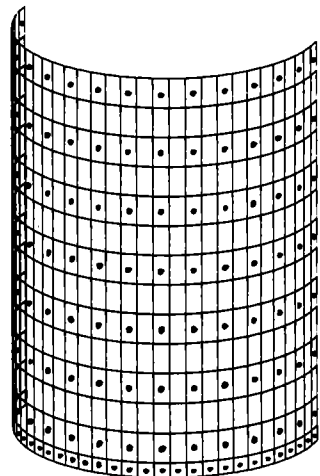
Variante 5 Anzahl der Panels: 514
Anzahl der Freiheitsgrade: 159



Fluid-Randfläche am Boden
und Geometrie der freien Fluid-
oberfläche; explizit erfüllte
Randbedingungen der Fluid-Ober-
fläche entsprechend Variante 3.

Fluid-Randfläche am Zylinder

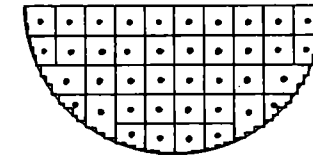
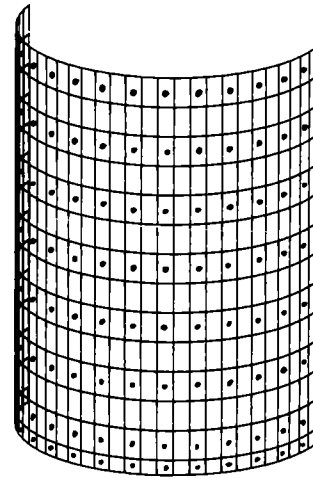
Variante 6 Anzahl der Panels: 540
Anzahl der Freiheitsgrade: 159



Fluid-Randfläche am Boden
(Freie Fluid-Oberfläche ent-
sprechend Variante 5)

Fluid-Randfläche am Zylinder

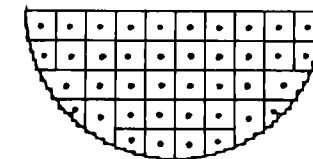
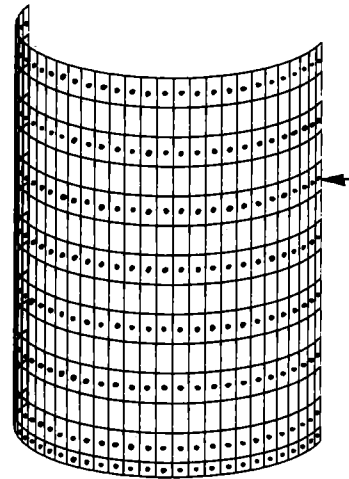
Variante 7 Anzahl der Panels: 540
Anzahl der Freiheitsgrade: 144



Fluid-Randfläche am Boden
(Freie Fluid-Oberfläche ent-
sprechend Variante 5)

Fluid-Randfläche am Zylinder

Variante 8,9 Anzahl der Panels: 540
Anzahl der Freiheitsgrade: 279

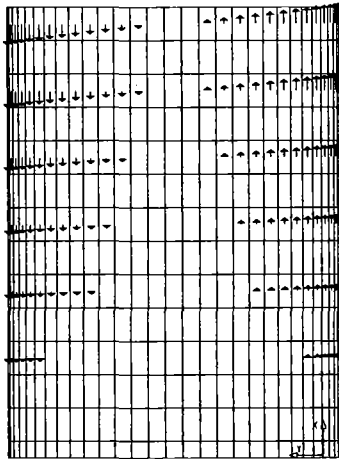


Fluid-Randfläche am Boden
(Freie Fluid-Oberfläche ent-
sprechend Variante 5)

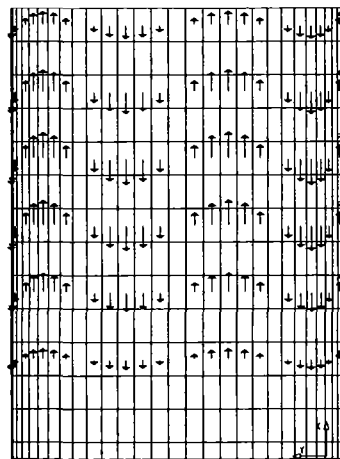
Fluid-Randfläche am Zylinder

Variante 9 wie Variante 8,
jedoch mit zusätzlicher Masse
für Shaker an der mit Pfeil
markierten Stelle.

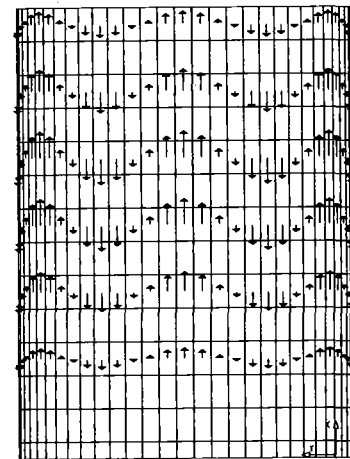
Abb. 4: Varianten 5 bis 9



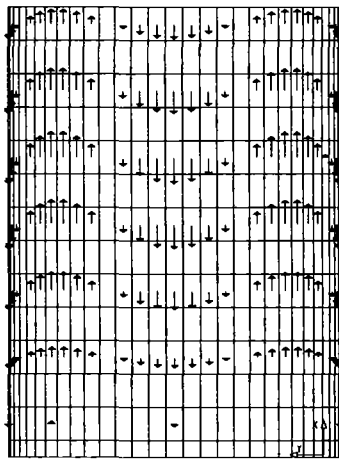
63.14 HZ



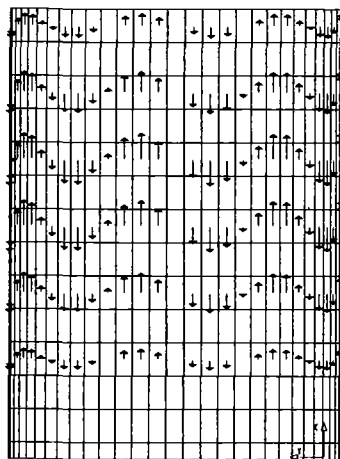
130.35 HZ



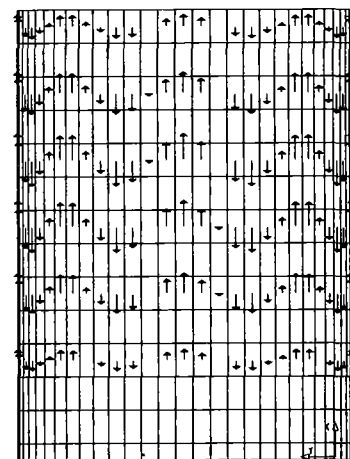
133.79 HZ



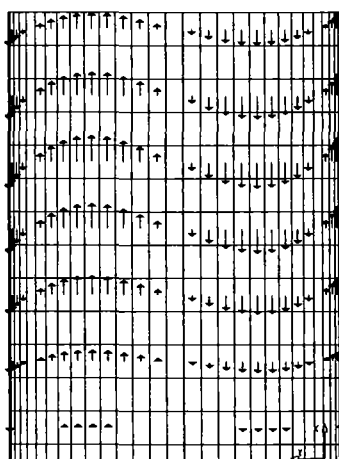
151.85 HZ



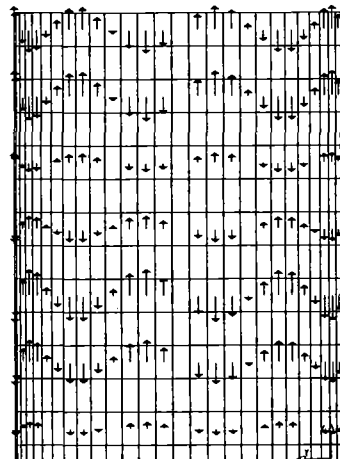
156.94 HZ



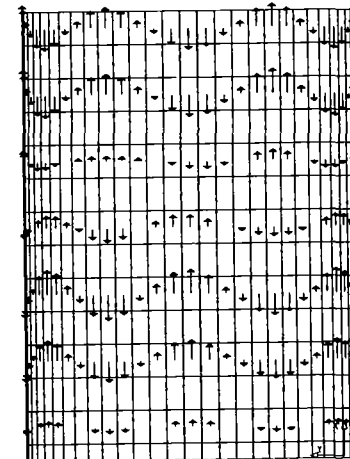
193.74 HZ



204.40 HZ

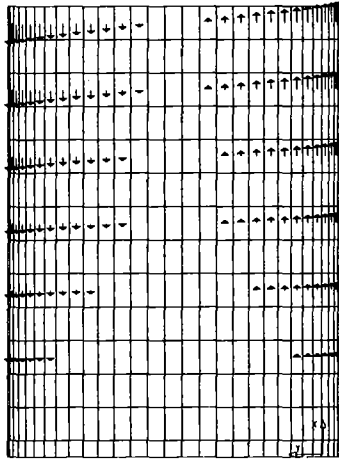


228.17 HZ

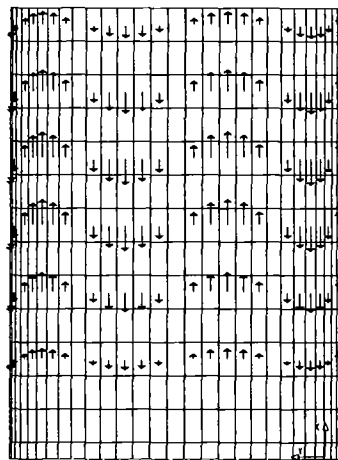


238.49 HZ

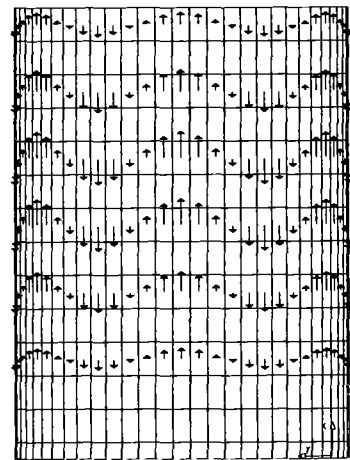
Abb. 5: Eigenschwingungsformen, Variante 8 ohne Fluid



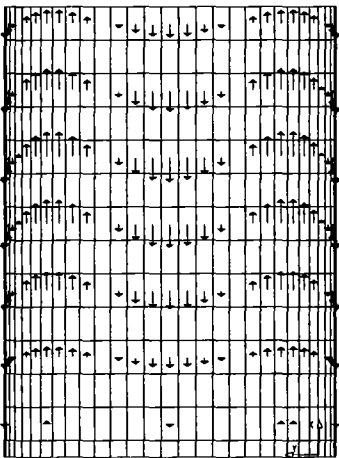
69.52 HZ



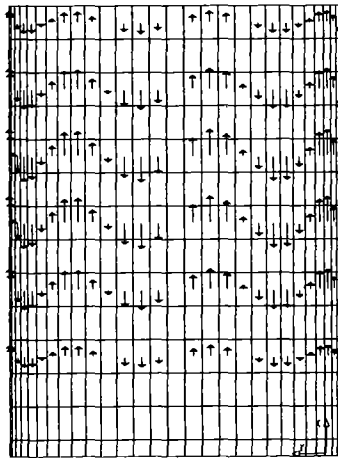
76.92 HZ



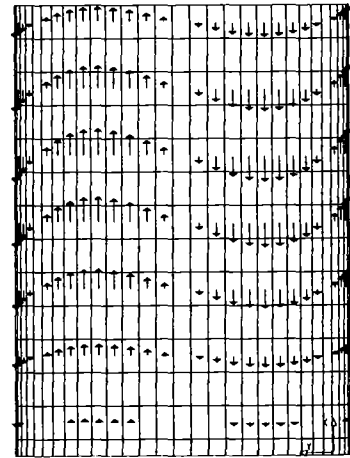
82.68 HZ



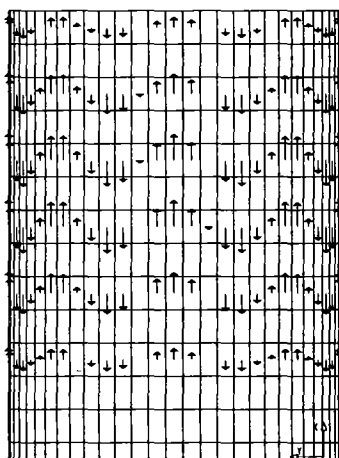
84.78 HZ



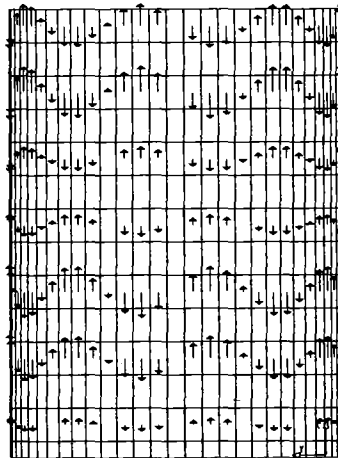
100.59 HZ



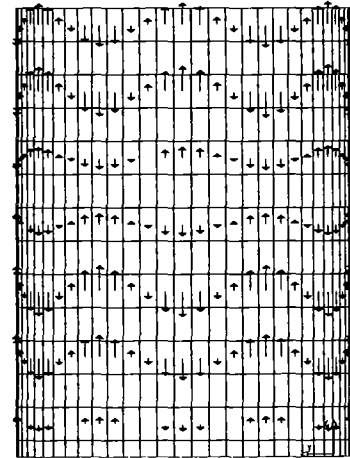
107.06 HZ



127.64 HZ

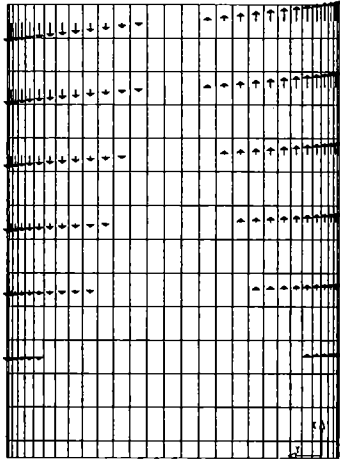


149.23 HZ

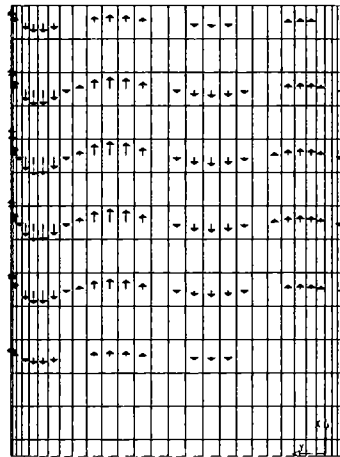


151.04 HZ

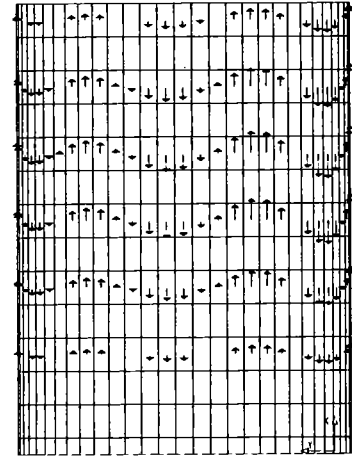
Abb. 6: Eigenschwingungsformen, Variante 8 mit Fluid



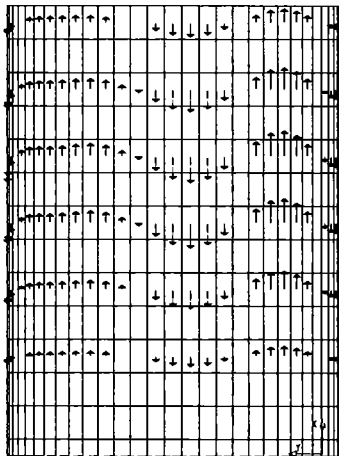
63.13 Hz



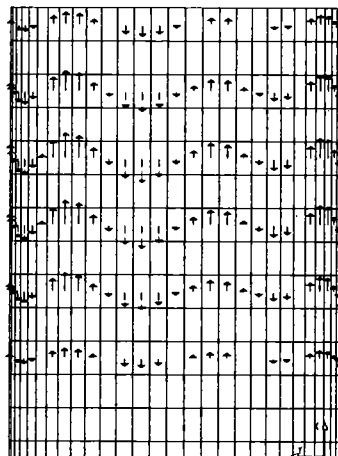
126.42 Hz



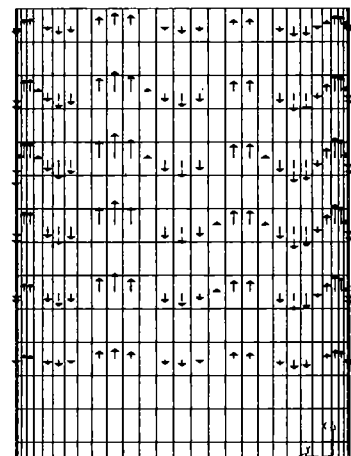
132.47 Hz



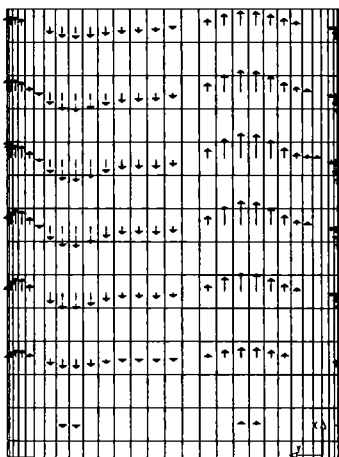
148.95 Hz



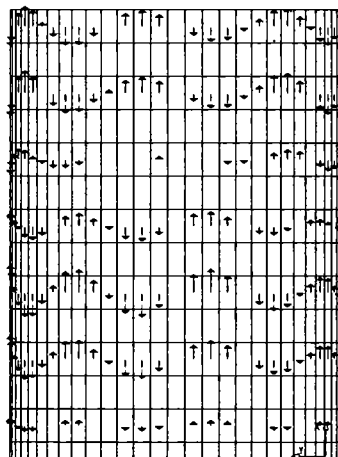
155.35 Hz



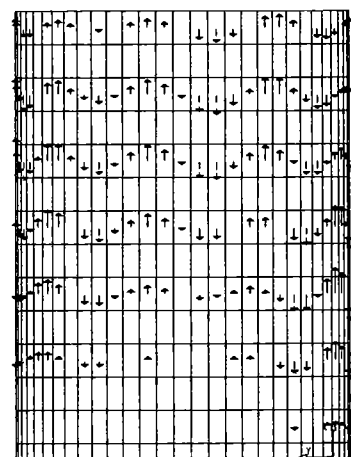
189.74 Hz



202.19 Hz

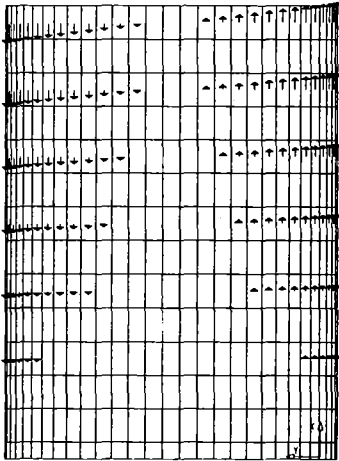


227.39 Hz

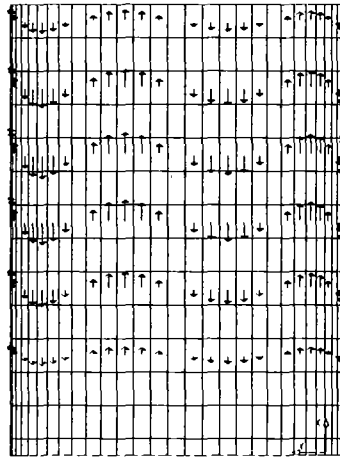


234.48 Hz

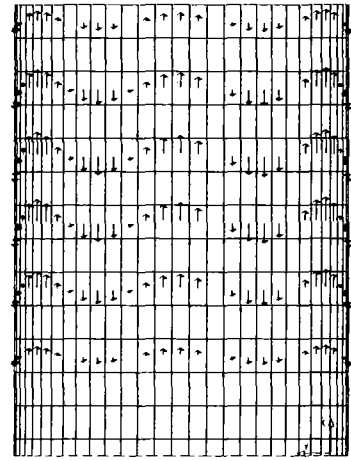
Abb. 7: Eigenschwingungsformen, Variante 9 ohne Fluid



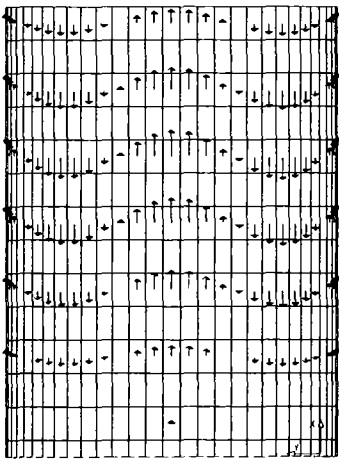
60.51 Hz



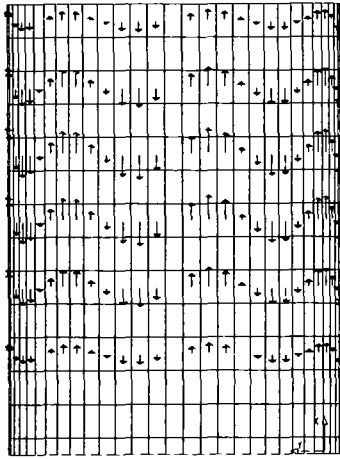
76.46 Hz



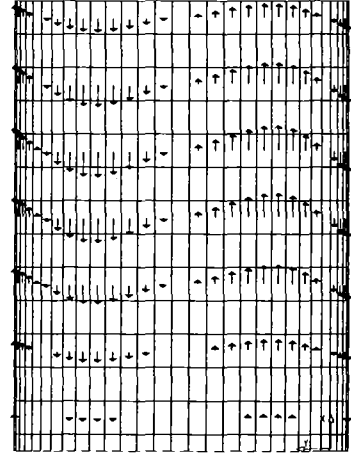
87.13 Hz



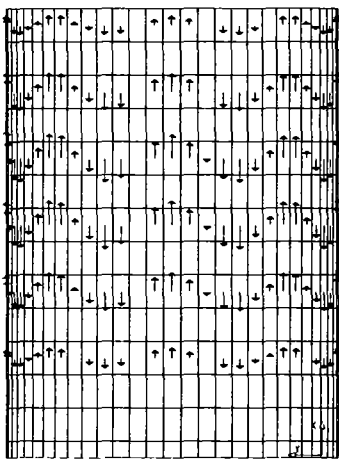
84.47 Hz



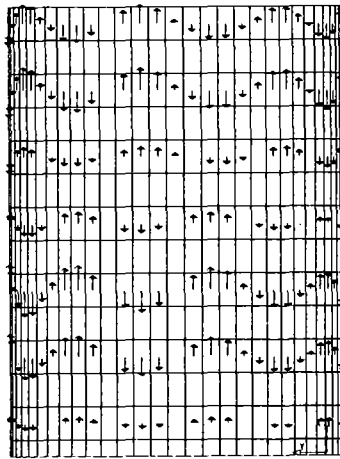
99.91 Hz



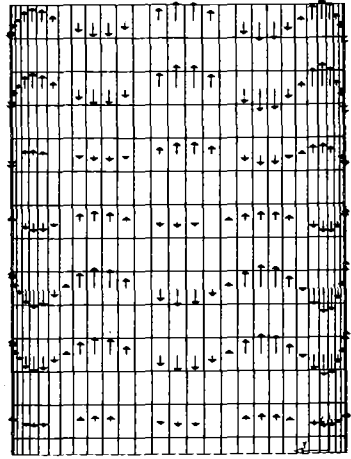
106.71 Hz



126.70 Hz

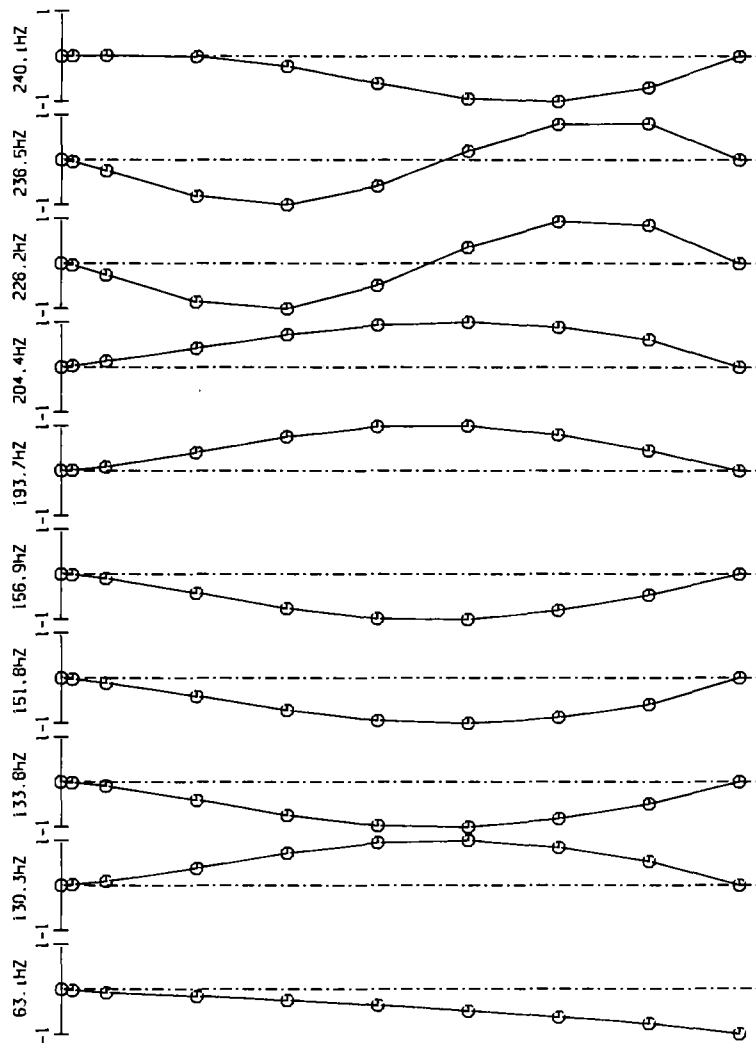


148.91 Hz

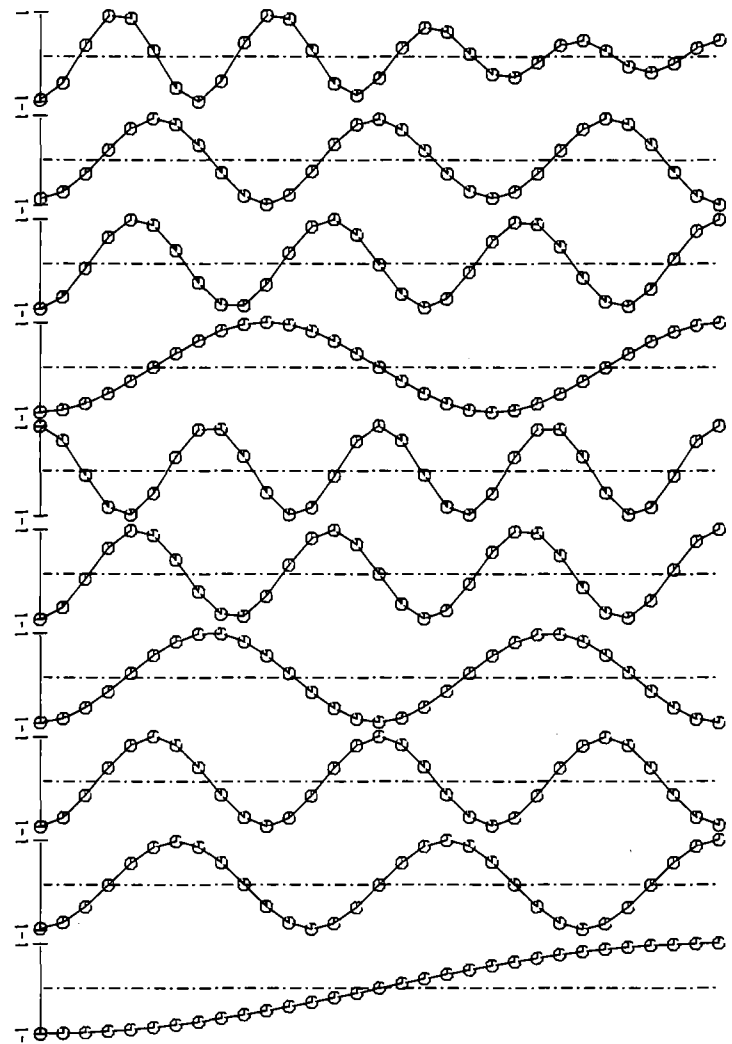


150.81 Hz

Abb. 8: Eigenschwingungsformen, Variante 9 mit Fluid

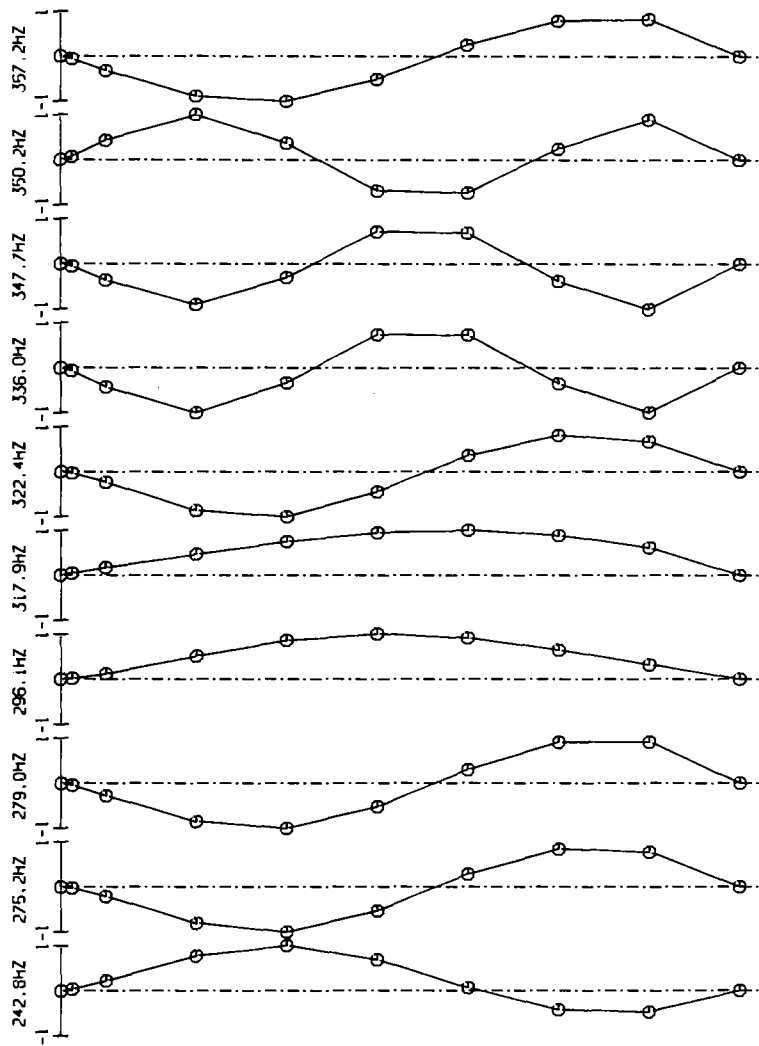


AXIAL-MODES OHNE FLUID, "VARIANTE 8"

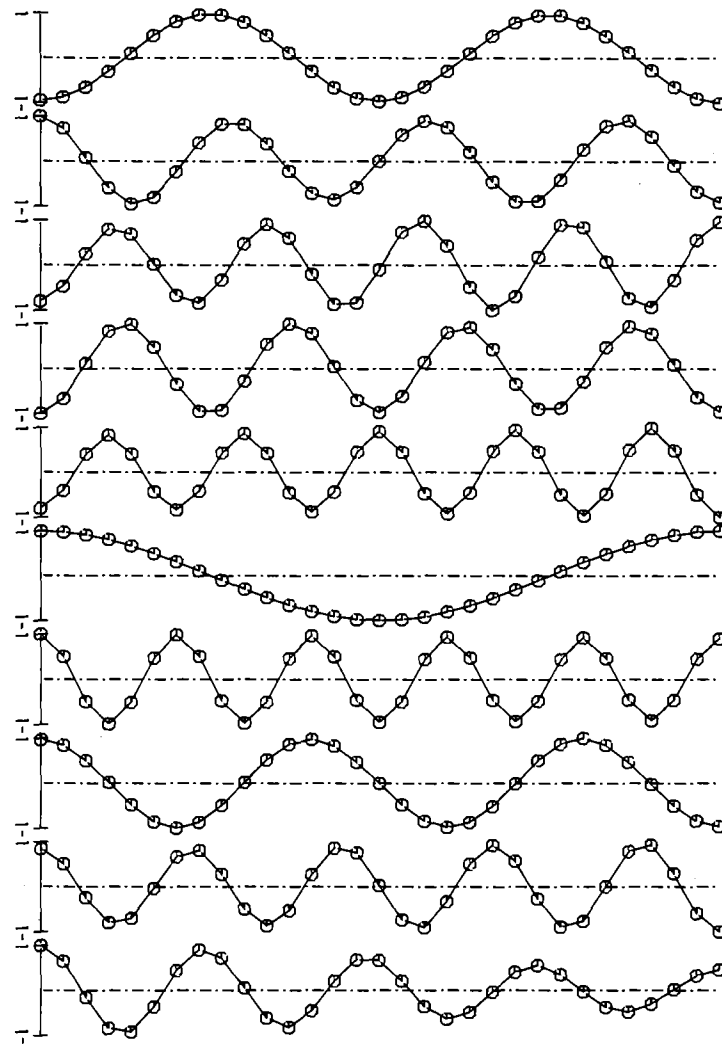


UMFANGS-MODES OHNE FLUID, "VARIANTE 8"

Abb. 9: Eigenschwingungsformen, Variante 8 - ohne Fluid

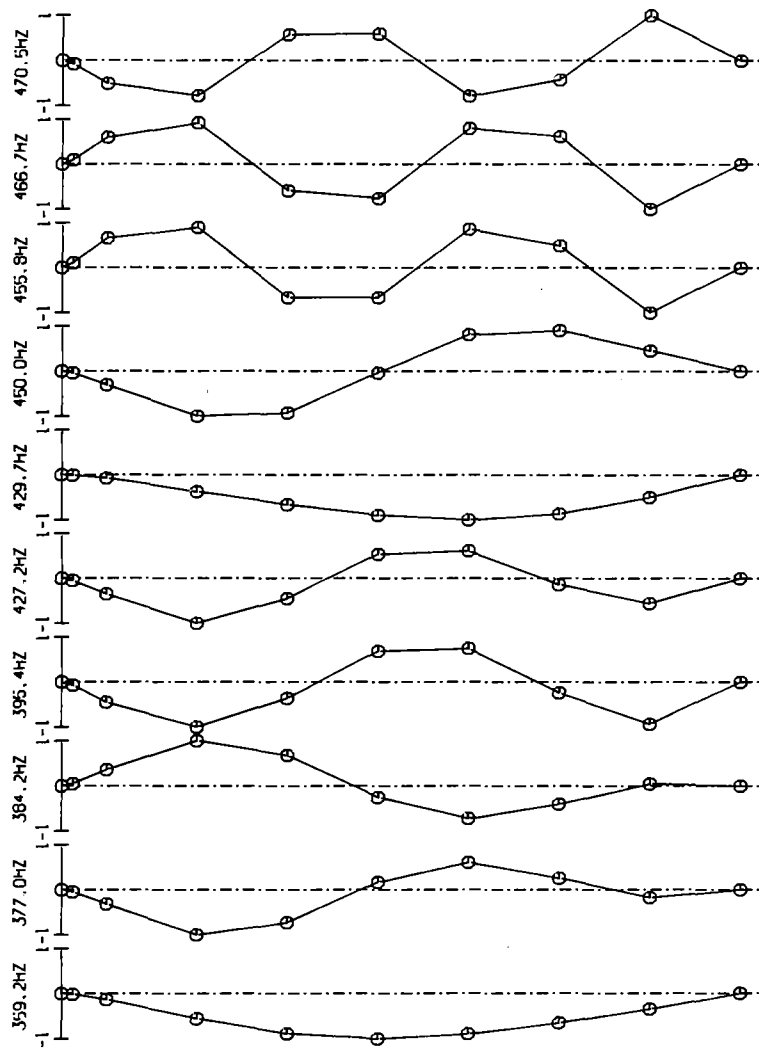


AXIAL-MODES OHNE FLUID, "VARIANTE 8"

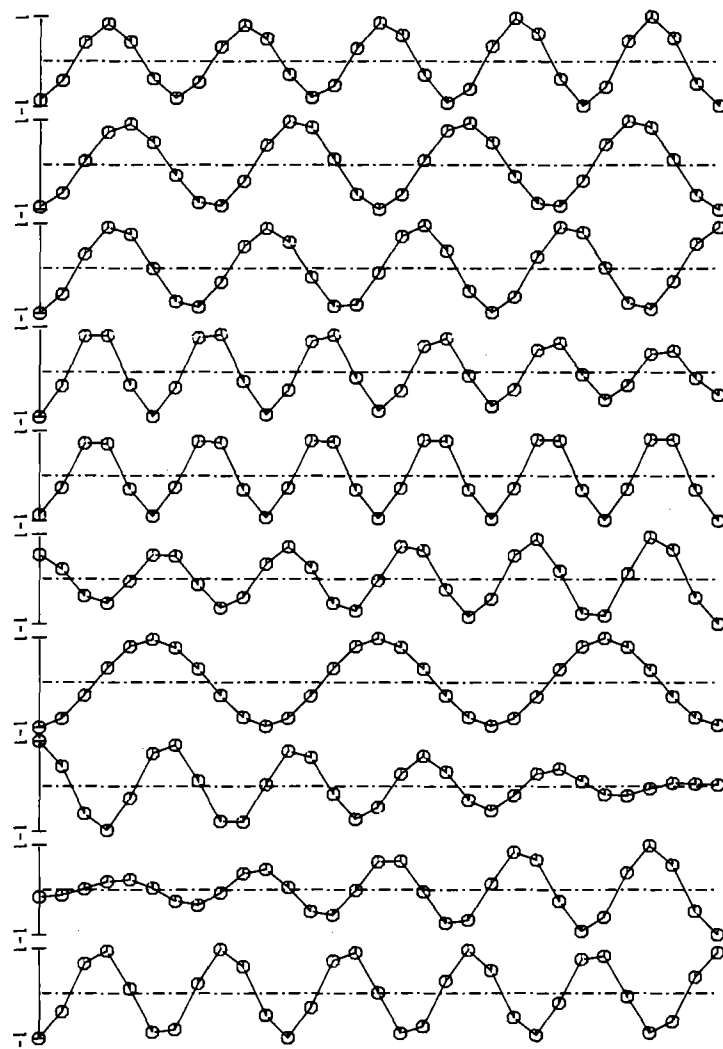


UMFANGS-MODES OHNE FLUID, "VARIANTE 8"

Abb. 10: Eigenschwingungsformen, Variante 8 - ohne Fluid

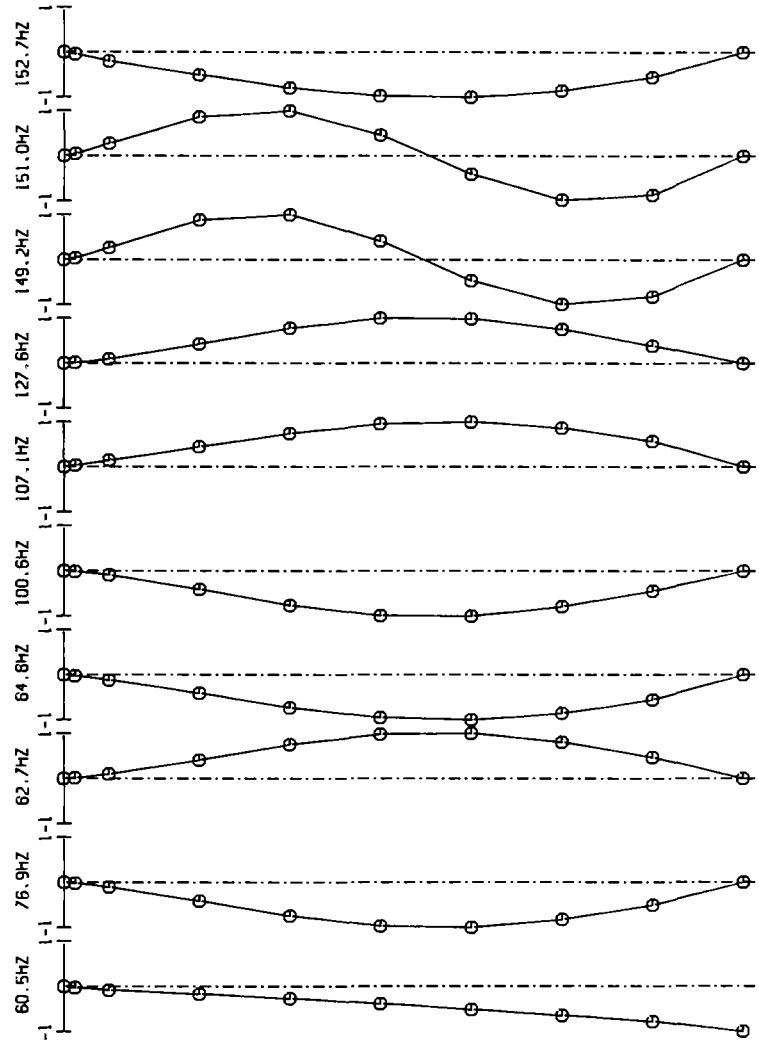


AXIAL-MODES OHNE FLUID, "VARIANTE 8"

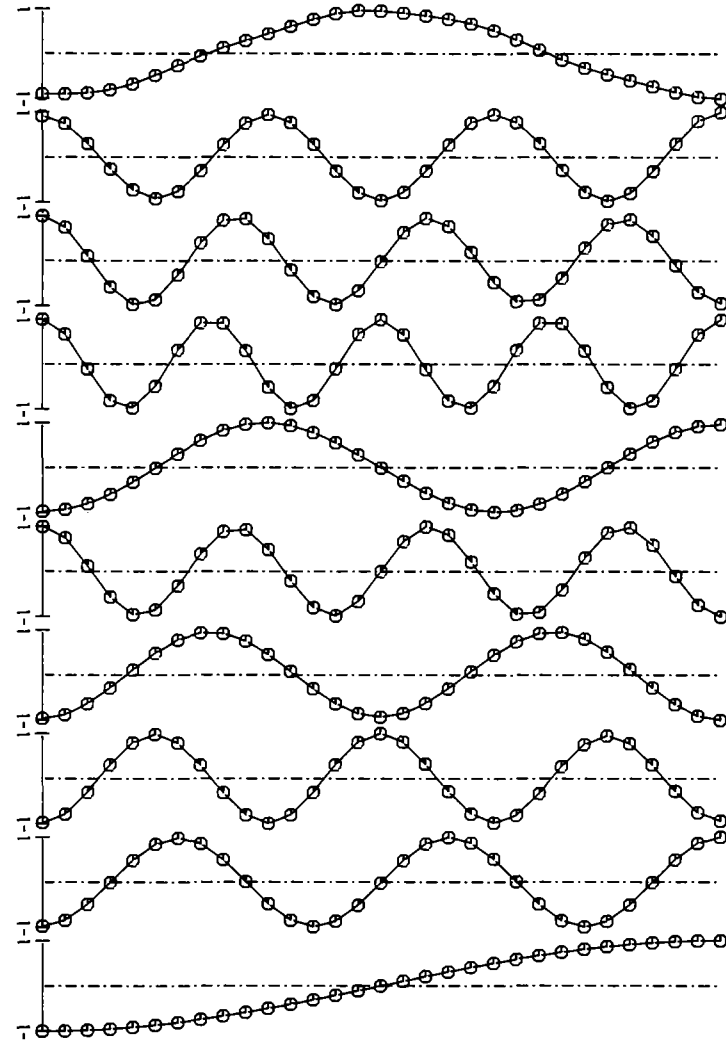


UMFANGS-MODES OHNE FLUID, "VARIANTE 8"

Abb. 11: Eigenschwingungsformen, Variante 8 - ohne Fluid

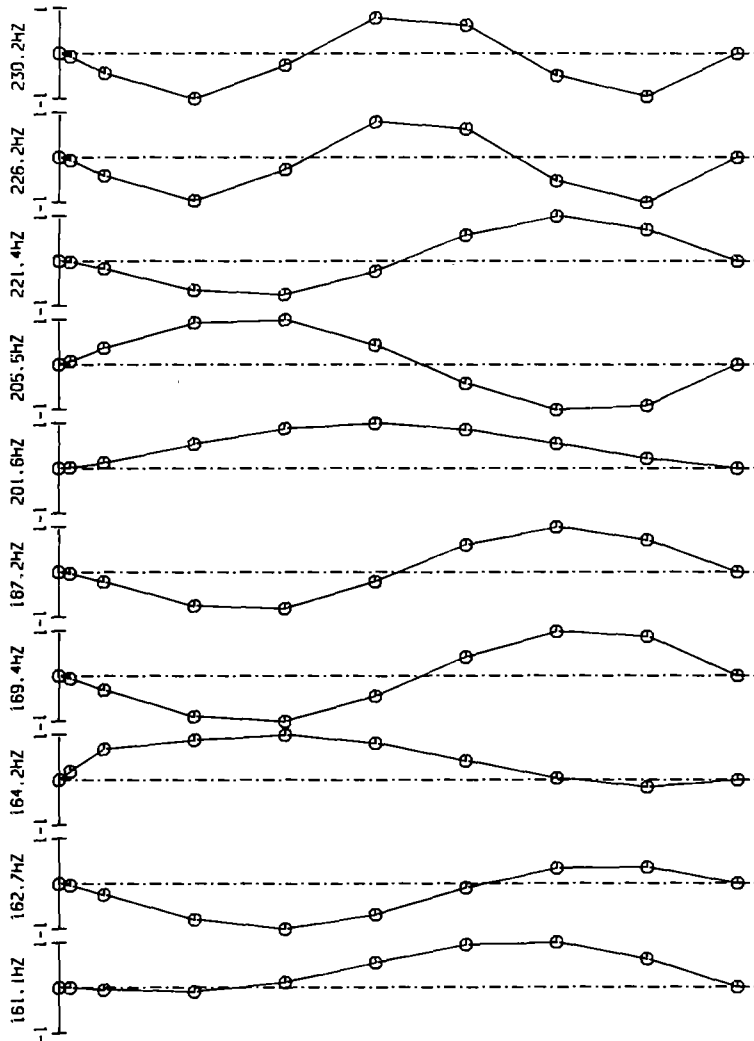


AXIAL-MODES GEKOPPELT, "VARIANTE 8"

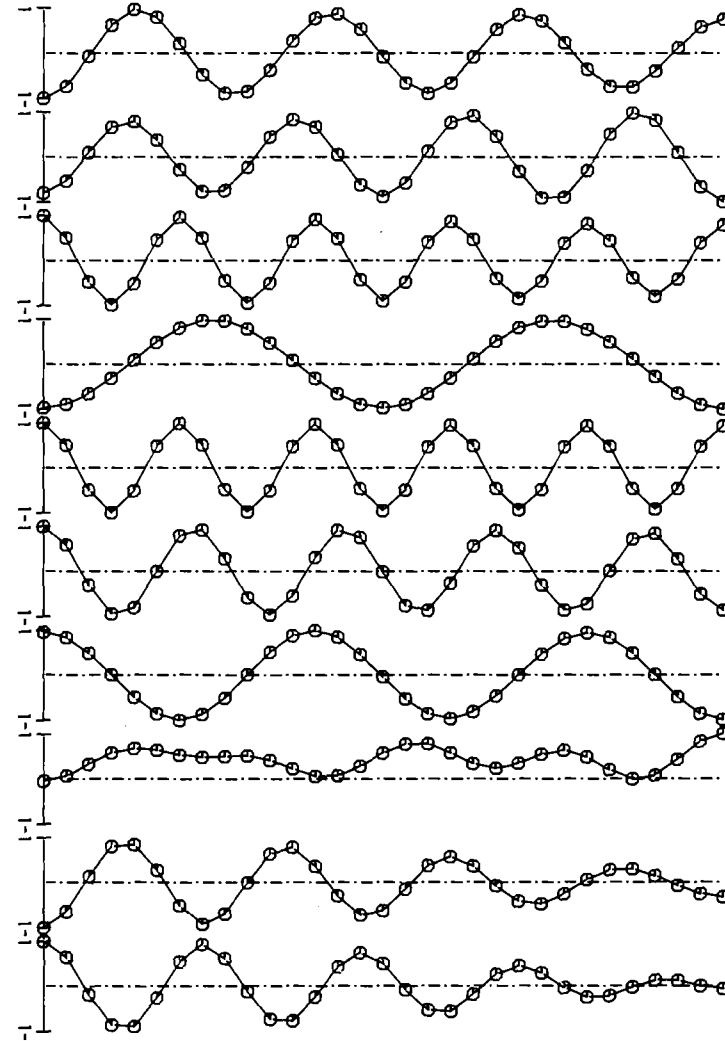


UMFANGS-MODES GEKOPPELT, "VARIANTE 8"

Abb. 12: Eigenschwingungsformen, Variante 8 - mit Fluid

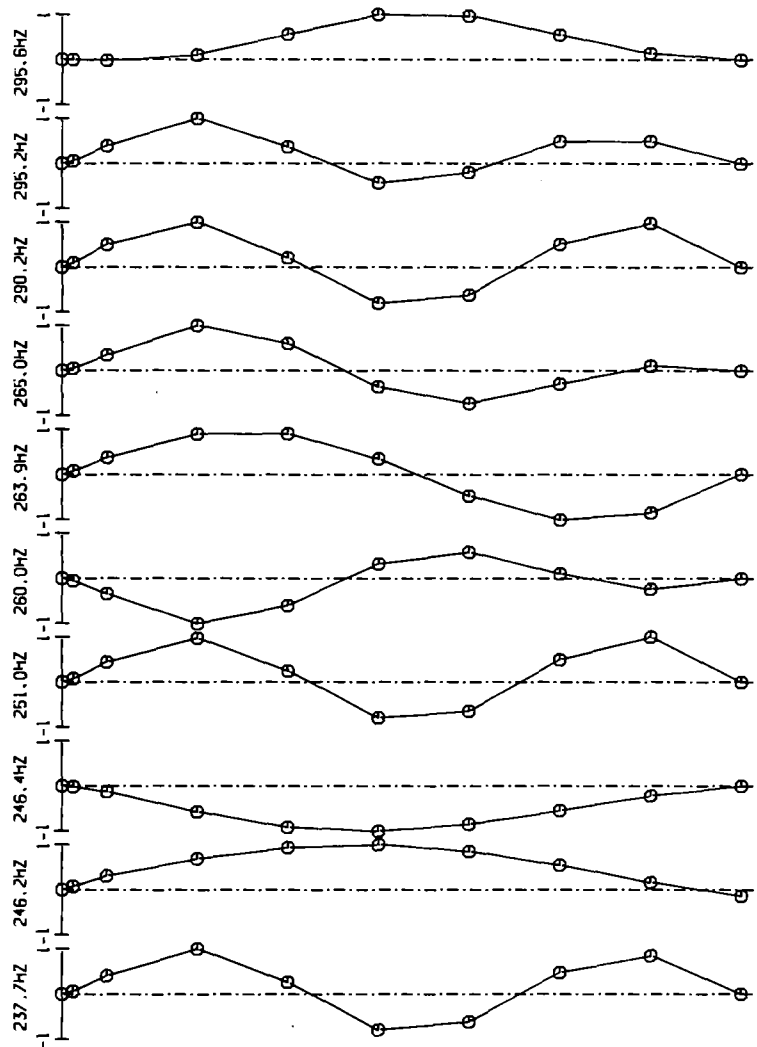


AXIAL-MODES GEKOPPELT, "VARIANTE 8"

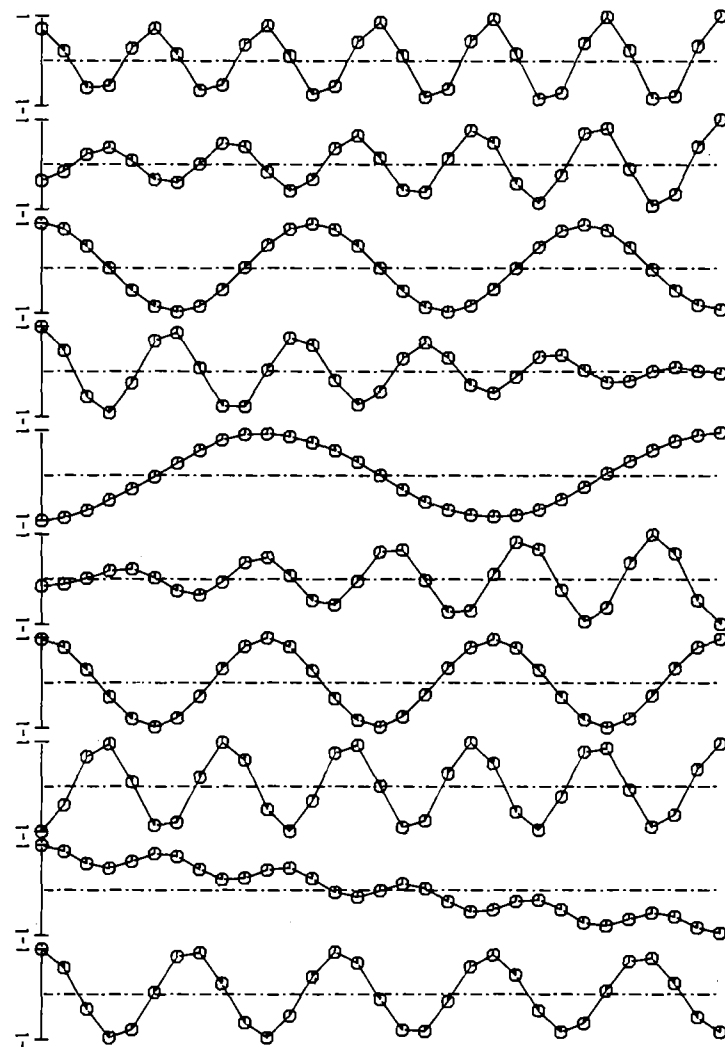


UMFANGS-MODES GEKOPPELT, "VARIANTE 8"

Abb. 13: Eigenschwingungsformen, Variante 8 - mit Fluid

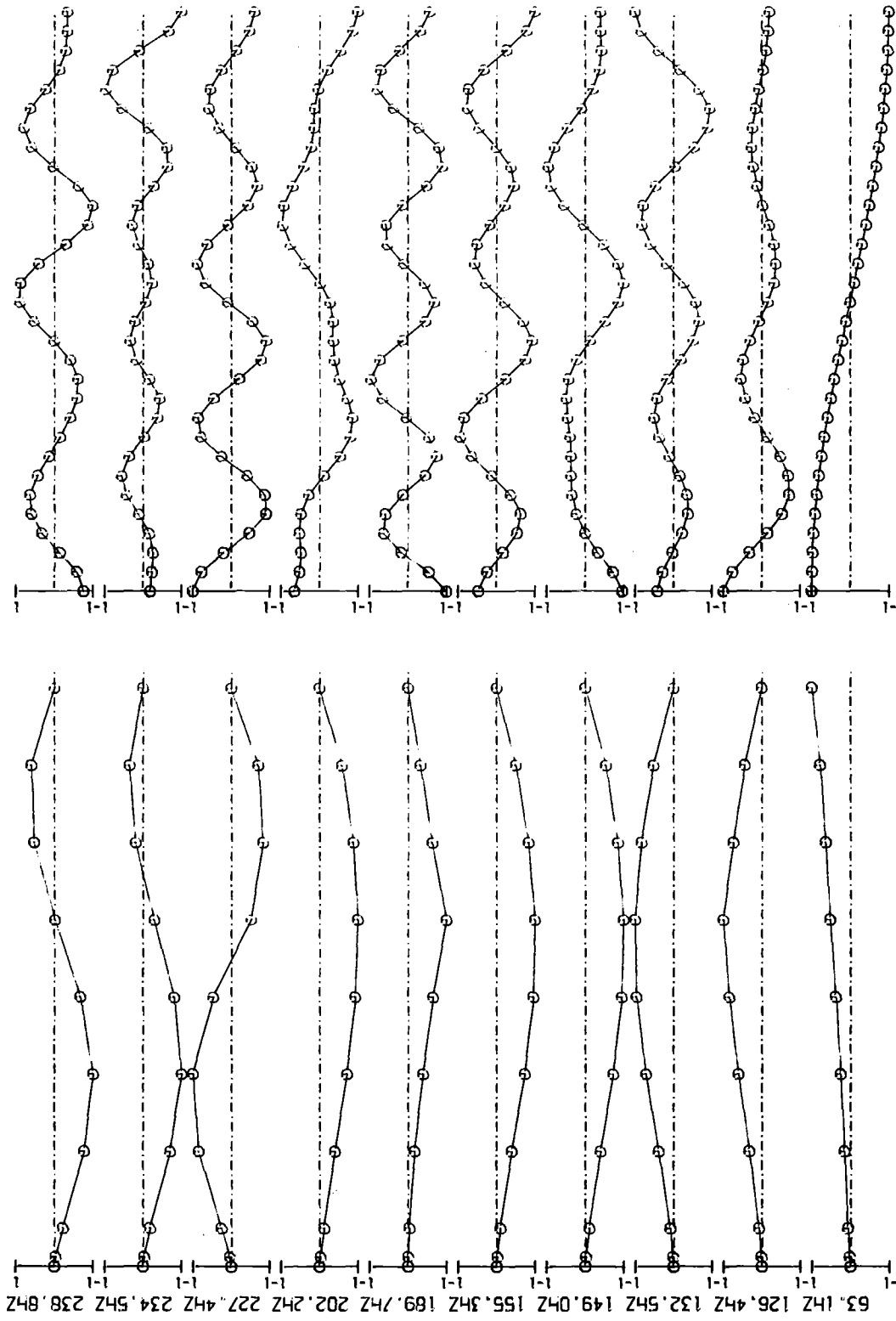


AXIAL-MODES GEKOPPELT, "VARIANTE 8"



UMFANGS-MODES GEKOPPELT, "VARIANTE 8"

Abb. 14: Eigenschwingungsformen, Variante 8 - mit Fluid



AXIAL-MODES OHNE FLUID "VARIANTE 9" UMFANGS-MODES OHNE FLUID "VAR

Abb. 15: Eigenschwingungsformen, Variante 9 - ohne Fluid

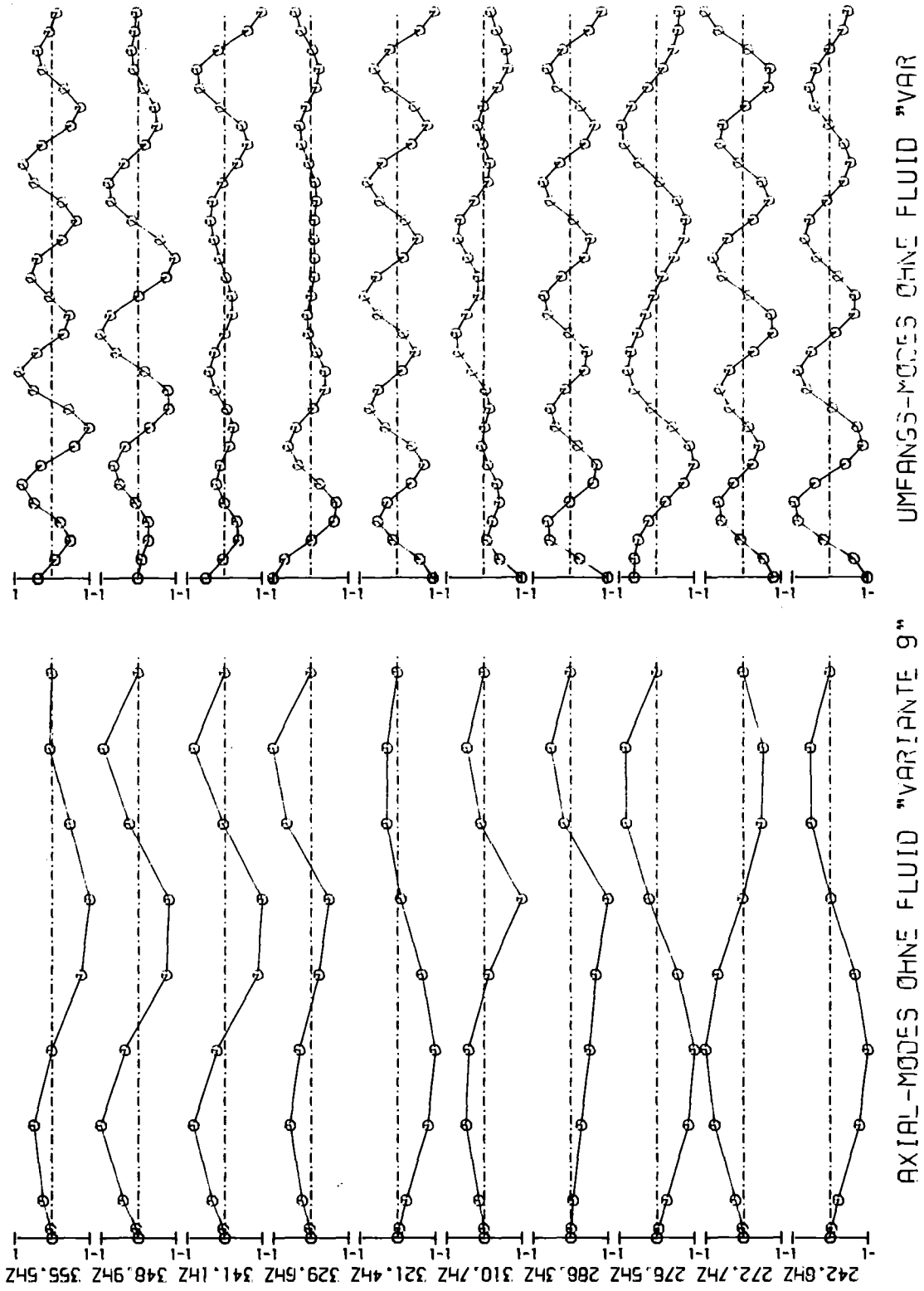
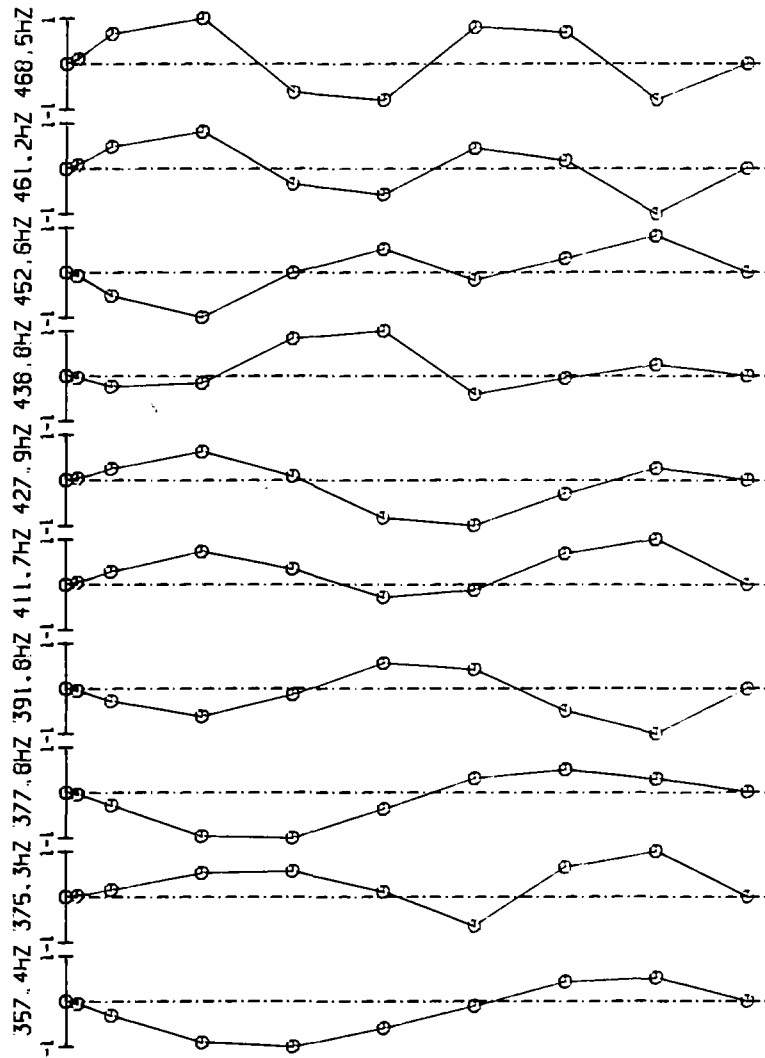
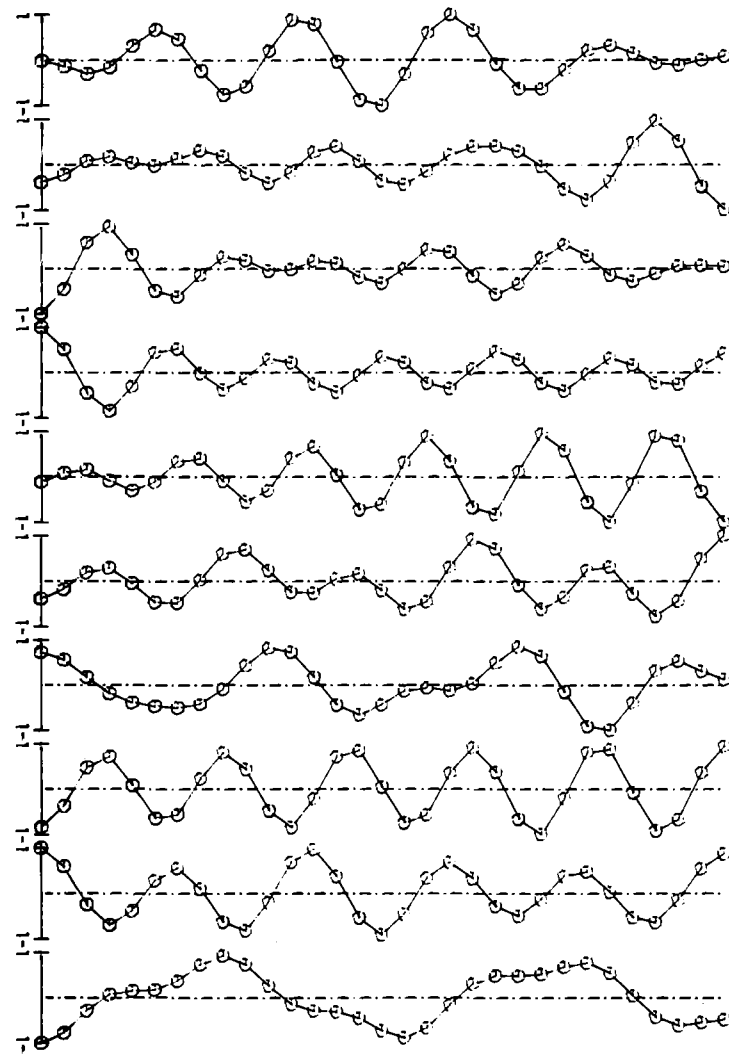


Abb. 16: Eigenschwingungsformen, Variante 9 - ohne Fluid

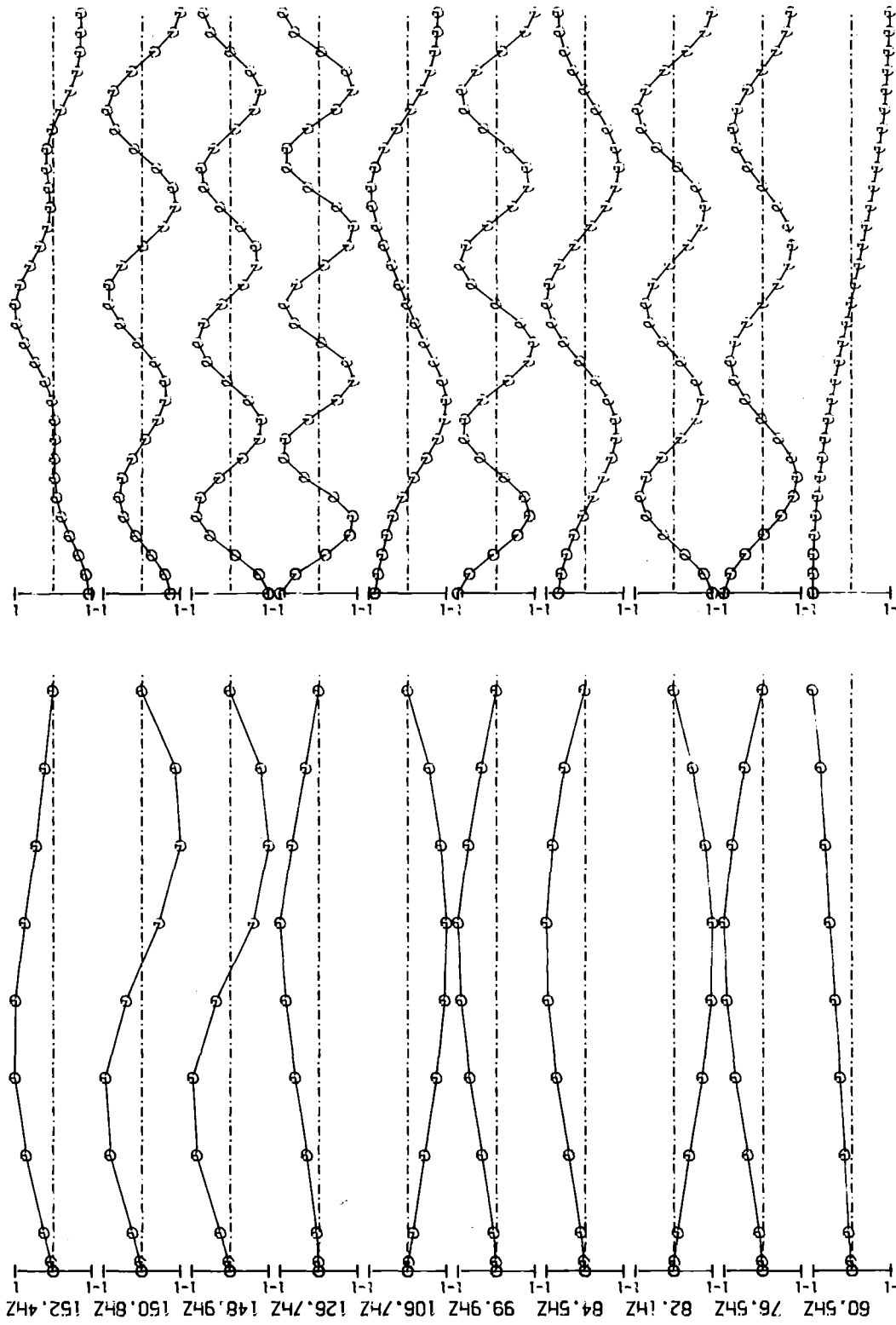


AXIAL-MODES OHNE FLUID "VARIANTE 9"



UMFANGS-MODES OHNE FLUID "VAR"

Abb. 17: Eigenschwingungsformen, Variante 9 - ohne Fluid



AXIAL-MODES MIT FLUID, "VARIANTE 9" UMFANGS-MODES MIT FLUID, "VARIANTE 9"

Abb. 18: Eigenschwingungsformen, Variante 9 - mit Fluid

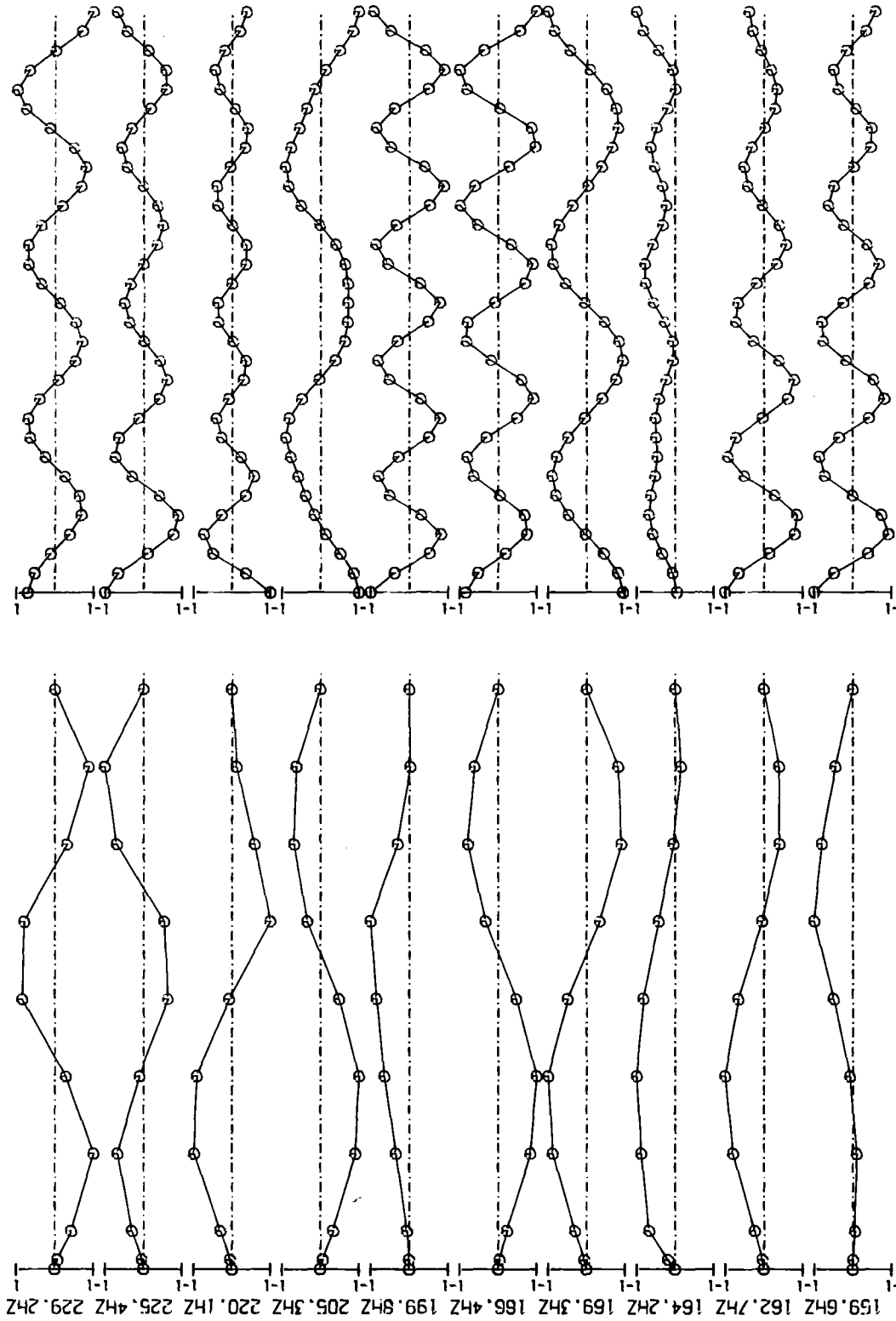
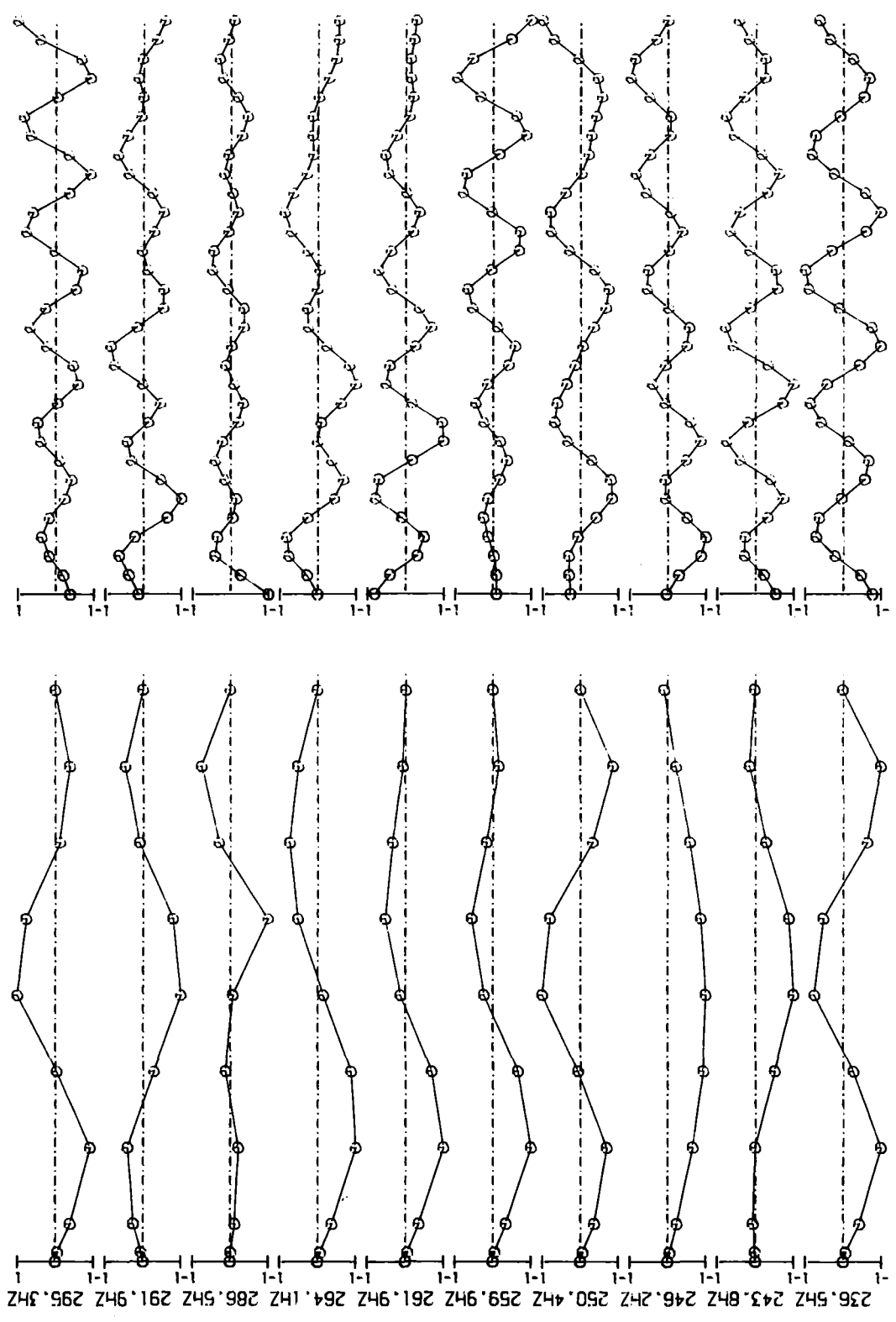


Abb. 19: Eigenschwingungsformen, Variante 9 - mit Fluid



AXIAL-MODES MIT FLUID, "VARIANTE 9" UMFANGS-MODES MIT FLUID, "VARI 9"

Abb. 20: Eigenschwingungsformen, Variante 9 - mit Fluid

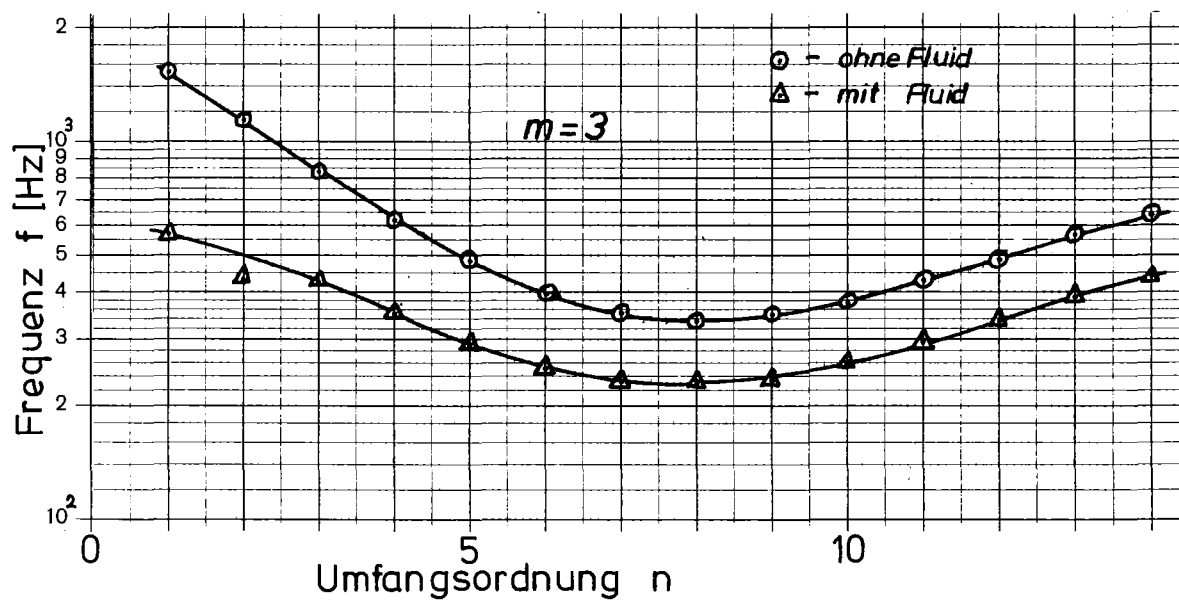
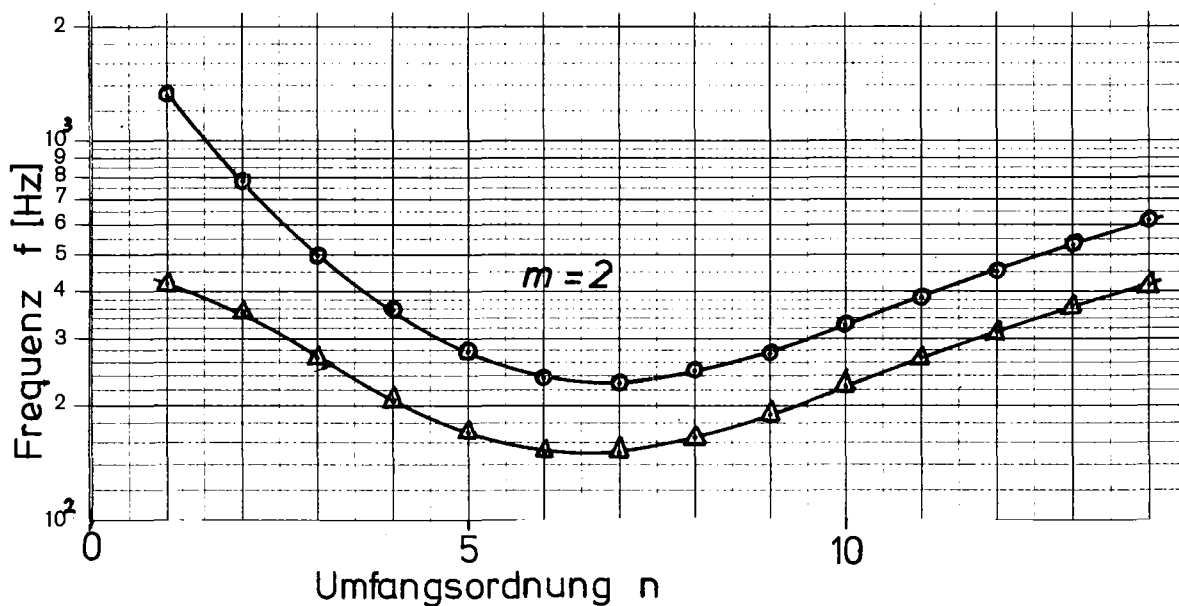
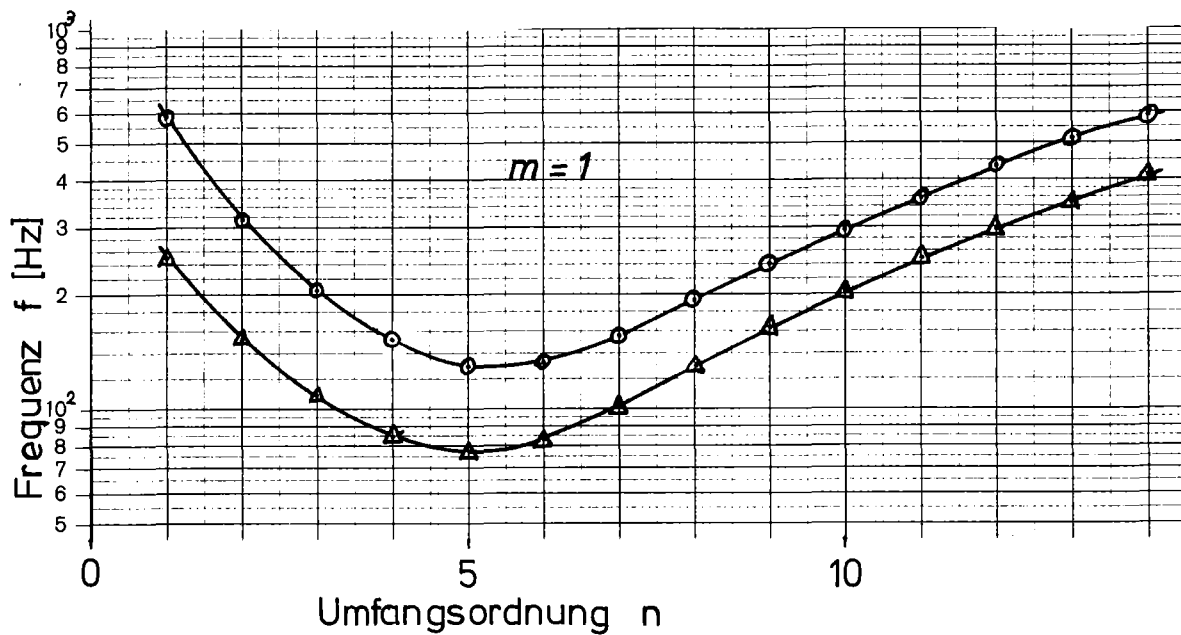


Abb. 21: Eigenfrequenzen der Variante 8 mit und ohne Fluid für axiale Ordnungen $m = 1 \div 3$

Tabelle I: Eigenfrequenzen und Eigenschwingungsformen

Umfangs- Ordnung	Axiale Ordnung	Variante 1	Variante 2	Variante 3	Variante 4	Variante 5	Variante 6	Variante 7	Variante 8	Variante 8 ohne Fluid	Variante 9	Variante 9 ohne Fluid
0		-101,6	-53,7	-19,9	-31,3	120,4	118,2	117,8	164,2		164,2	
1		59,5 242,6	60,5 221,0 286,0	60,4 210,3 281,9	60,4 213,6 288,5	60,5 218,6 304,5	60,5 218,1 332,8	60,6 218,1 302,5	60,5 246,2 414,3 563,8	63,1 590,0 1305,3 1522,2	60,5 246,2 414,3 563,9	63,1
2		144,5 288,1	152,1 322,5	151,6 314,8	152,1 320,8	151,6 315,6	151,6 315,1	152,5 317,4	152,7 350,9 428,5 614,5	317,9 779,8 1164,7 1374,1	152,4 350,9	310,7 779,8
3		106,7 244,1	109,3 258,5	109,0 255,0	109,2 257,1	109,0 256,3	109,0 256,4	109,7 259,5	107,1 264,0 425,0 548,4	204,4 498,3 833,4 1104,9	106,7 264,1 427,9 547,7	202,2 498,4 833,0
4		86,5 200,6	87,3 206,7	87,2 205,3 333,5	87,3 206,0	87,1 205,5	87,1 205,5 334,5	87,6 208,6 340,8	84,8 205,5 348,3	151,9 357,2 614,5 870,4	84,5 205,3	149,0 357,4 613,1
5		78,4 170,7 280,5	79,7 172,8 288,0	79,5 171,9 286,9	79,6 172,3 285,9	79,5 171,7 287,0	79,5 171,7 287,0 390,3	79,9 174,3 292,7	76,9 169,4 290,2 408,6	130,4 279,0 479,1 701,6	76,5 169,3	126,4 278,5
6		84,1 153,3 249,5	85,9 155,0 251,8	85,8 154,6 252,3	85,9 155,0 251,2	85,8 154,4 251,9	85,8 154,4 257,1	86,2 156,7 257,1	82,7 151,0 251,0 357,9	133,8 238,5 395,4 583,0	82,1 150,8 250,4	132,5 238,8 391,8 584,1
7		102,6 151,6 230,3 317,4	104,7 153,8 323,4 317,5	104,3 153,3 233,0 323,1	104,7 153,7 232,4 317,7	104,7 153,2 232,7 322,5	104,5 153,2 232,7 322,5	105,0 155,1 237,5 329,4	100,6 149,2 230,2 324,1 411,2	156,9 228,2 350,2 507,3 679,6	99,9 148,9 229,2 332,9 411,6	155,3 227,4 348,9
8		131,7 165,7 227,3 302,7	132,6 166,4 228,6 302,8 377,2	132,4 166,0 229,4	132,6 166,4 228,5 302,7	132,4 165,9 229,1 307,0	132,4 165,9 229,1 307,0 381,0	132,9 169,3 233,7 313,5	127,6 162,7 226,2 306,8 386,6	193,7 242,8 336,0 466,7 619,3	126,7 162,7 225,4	189,7 242,8 329,6 461,2 618,7
9		162,8 168,9 239,0 302,1 366,8	168,1 192,2 239,8 300,9 366,9	167,8 191,6 240,4 305,2 371,1	168,1 192,2 239,7 301,0 366,3	167,7 191,5 240,2 305,2 370,9	167,7 191,5 240,2 305,1 370,9 377,5	167,0 193,9 245,1 311,8 375,8	161,1 187,2 237,7 305,4 375,8	240,1 275,2 347,7 455,8 589,2	159,6 186,4 236,5 305,4	234,5 272,7 341,1 589,2
10		206,3 224,7 261,2 313,5 368,1	207,5 226,1 261,9 312,7 367,1	207,1 225,5 262,1 316,5	207,4 226,1 261,9 312,6 367,4	207,0 225,3 262,0 316,2	207,0 225,3 262,0 316,3 371,8	207,5 227,8 270,3 323,5	201,6 221,5 260,0 318,9 380,7	296,1 322,4 337,0 470,5 585,6	199,8 220,1 259,9 316,8	288,3 321,4 375,3 468,5 585,9
11		265,4 292,6 333,9	250,5 266,9 293,6 334,0	250,1 266,2 293,7 337,1	250,5 266,8 293,4 333,9	250,1 266,1 293,6 336,8	250,1 266,1 293,6 336,9	250,9 265,7 299,1 344,6	246,4 265,0 295,2 345,5 397,2	359,3 384,2 427,2 506,5 604,3	246,2 261,9 295,3 346,9 397,9	377,8 427,9 605,2
12		293,3 305,6 326,3 355,6	294,4 307,6 327,4 356,6	293,9 306,2 327,4 363,0	294,4 307,5 327,6 356,6	293,9 306,9 327,1 362,8	293,9 306,0 327,1 362,8	294,7 309,1 332,1 370,0	295,6 310,7 335,6 374,9	429,7 450,1 486,7 548,0 644,6	309,2 333,9 300,9	438,8 452,6 494,4 565,6 647,2
13		332,3 341,8	333,8 344,9 362,9	343,0 357,4	344,8 362,8	343,0 357,2		346,5 334,4	348,7 362,1 387,8 414,9	506,8 525,3 564,9 610,1		502,9
14		360,1	361,7	361,0	361,7	361,0		361,8	404,9 416,8 439,1	589,2 606,8 637,5		589,7 607,7 638,8