

Eigenschwingungen / Natural free vibration on the oboe reed

Walter Egli

November 18, 2021

Eigenschwingung / natural vibration on the oboe reed. One parameter of a reed is the shape form. Der Einfluss der Schabform auf die Eigenschwingungen und Eigenschwingungsformen wird untersucht. Mit einem FEM Program wird der schwingende Blatteil betrachtet. Vorerst wird die Interaktion zwischen beiden Blättern vernachlässigt. On the top of the oboe reed there are two parts which are the vibration source. The geometry of one part is approximately a rectangular plate but because the thickness is strong variable (in the range [0.1mm - 0.5mm]) and is the reason why classical plate theory [1] has to be adapt. The first vibration mode would be 13kHz by assuming an average thickness of 0.25mm. This guess value is near the 12.2kHz calculated with the finite element package [3]

FEM: das Z88AuroraV5 der Universität Bayreuth[2]

1 Beschreibung und Einschränkungen

Die Grundfrage lautet: hat die Schabform einen Einfluss auf die Eigenschwingungen und im weiteren Sinn spielt die Schabform eine grosse Rolle im Oboenklang? Zur Antwort: Es gibt eine Menge von wichtigen Parametern.

- Die Oboe als Klangkörper
- der Spieler
- das Oboenrohr
- im Oboenrohr der massgebende Holraum (Helmholtzresonator)
- Fassungierung Breite und Länge
- die Eigenschwingungen des Oboenrohres

Der Einfluss der Schabform eines Oboenrohrblattes auf die Eigenschwingungen wird betrachtet. In der ersten Näherung wird die Rückwirkung auf des Nachbarblatt vernachlässigt.

Das Oboenrohrblatt wird aus der äussersten harten Schicht eines Schilfrohr gefertigt. Es hat die üblichen Eigenschaften von Holz, die Materialdaten sind sehr stark richtungsabhängig (anisotrop). Ein feuchte- und temperaturabhängiger anisotroper Werkstoff Holz[5]. Die Parameter der elastizitätz Koeffizienten wird vorerst nur in einer Richtung betrachtet $E_l=13000 \text{ N/mm}^2$ siehe auch die Daten in [2] Das Oboenrohrblatt wird alleine betrachtet, wobei möglichst echte Randbedingungen eingesetzt werden.

Die Geometrie des Rohrblattes wird vollständig in allen drei Dimensionen mit einem Gitternetz dargestellt, dabei sind die Masse speziell, der dünne vordere Teil mit etwa 0.1mm Dicke im Vergleich zur Länge von etwa 10mm und der Breite von etwa 6mm. Die gröse der Oeffnung der beiden Rohrblätter wird duurch die Wölbung definiert. Im Beispiel sind zwei Varianten dargestellt, eine grosse Oeffnung mit einem Innenradius $R=10\text{mm}$ sowie eine kleinere Oeffnung mit $R=20\text{mm}$. Mit einem Finite Element Pro-

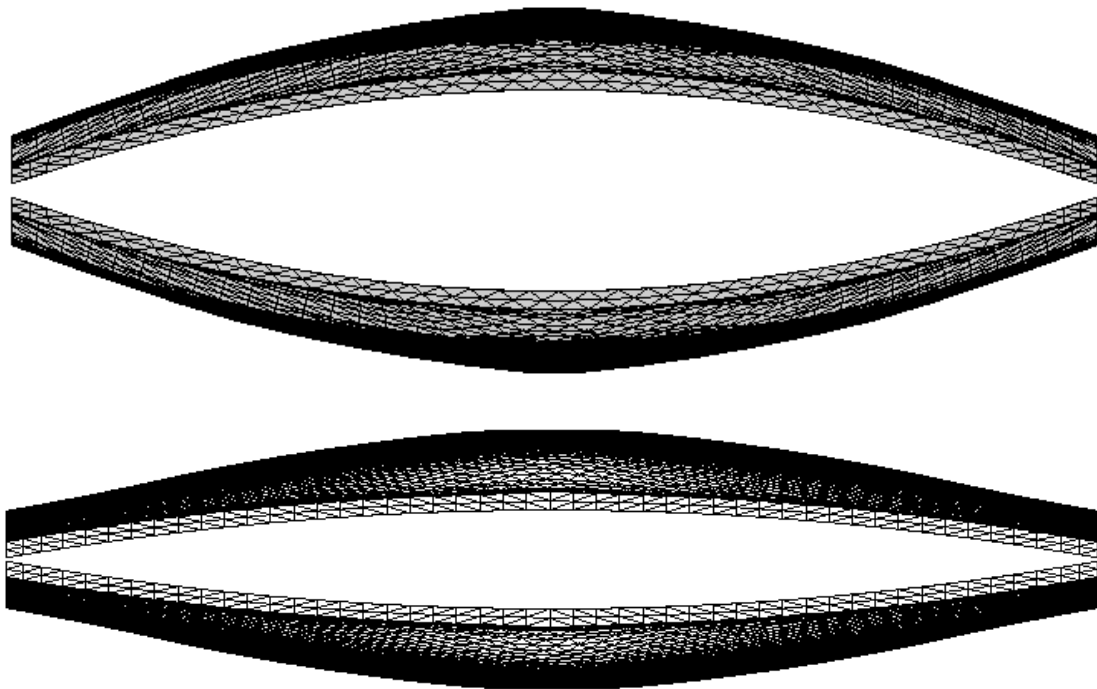


Figure 1: Doppelrohrblatt von vorne betrachtet, Radius $R=10\text{mm}$ / $R=20\text{mm}$

gramm kann man Biegungen leicht berechnen. Dank dem frei zugänglichen Paket der Universität Bayreuth Z88AuroraV5 [3] werden im folgenden auch die Eigenschwingungen berechnet.

2 Randbedingungen

Im Vergleich zur Klarinette mit einem frei schwingenden Blatt [2] ist das Oboenrohrblatt bis knapp vorne vom Nachbarblatt festgehalten. Beim Rohransatz beginnend mit der Schabung wird das Rohrblatt festgeklemmt ($dx=dy=dz=0$) Im restlichen Randgebiet wird $dz=0$ gesetzt. Das schwingende Rohrblatt wird am Rand vom anderen Blatt angehalten).

3 Geometrie und Parameter

Geometrie : Skizze : Holz: mechanische Parameter:
Mesh generator netgen

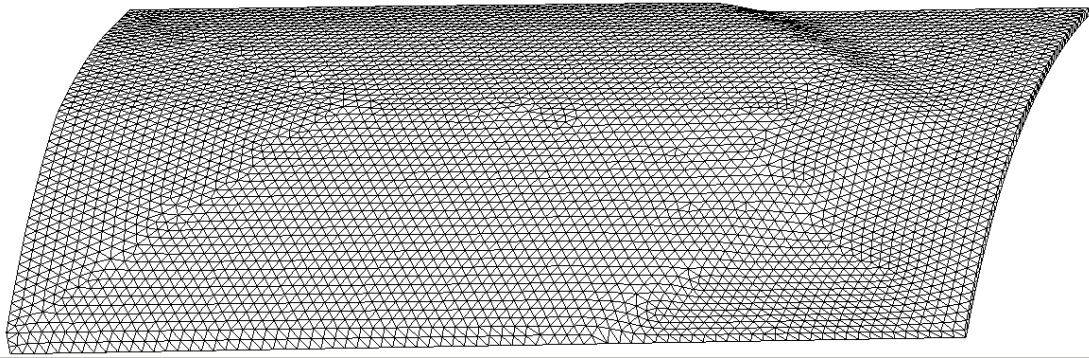


Figure 2: Milan reed with a small opening part, parameter $R=10$ mm, surface mesh

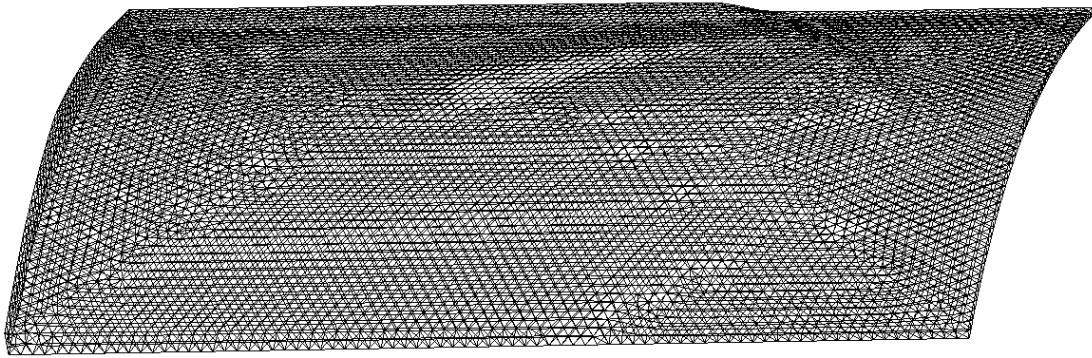


Figure 3: Milan reed with a small opening part, parameter $R=10$ mm, Tetraeder volume mesh parameter 0.15

Drei stark verschiedene Formen werden betrachtet.

- Variante 1 : eine Pfeilform, genannt MILAN

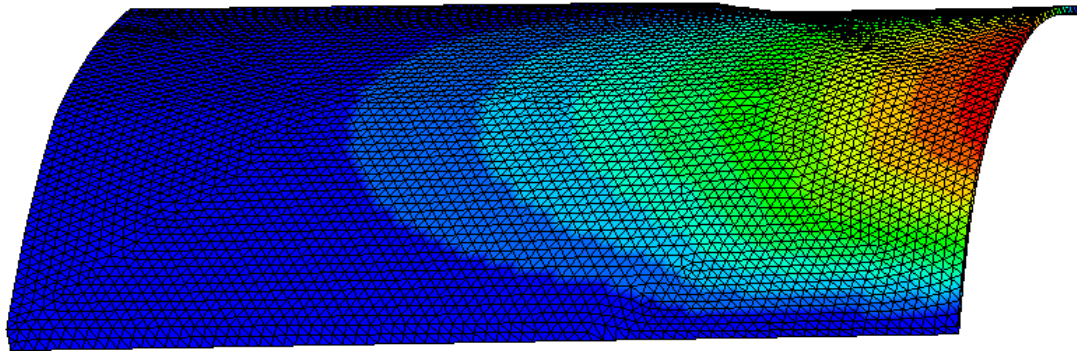


Figure 4: Milan reed with a small opening part, parameter R=10 mm, First Eigenmode 13.5 kHz, factor 50 in z-direction

- Variante 2 : eine Runde Form (STUD)
- Variante 3 : weniger starke Pfeilform aber immer noch mit einem Grat in der Mitte. Siehe Beispiel BERLIN

4 approximation

The length of the vibration part of the reed is 26mm. If we take the air column length as $L=10$ mm this is about the length of the shape form. We get with the sound of speed in air 330m/s a ground frequency of $f = n * c / (2 * L)$

$$f_n = n * 15 \text{ kHz}$$

$$n = 1 \text{ we get } f = 15 \text{ kHz}$$

5 results

Erste Resultate. Die ersten 5-6 Eigenfrequenzen aller untersuchten Formen gleichen sich. In dieser summarischen Betrachtung wird nur die Anzahl der Eigenwertformen gezählt, welche einen minimalen Ausschlag kennzeichnen. In der ersten Spalte $> 0.02\text{mm}$, in der zweiten Spalte mit der Bedingung > 0.01 mm und Frequenz $< 60\text{kHz}$ [A]

| Form | Anzahl greater 0.02 | greater 0.01 and A |
|--------|---------------------|--------------------|
| Milan | 9 | 4 |
| Stud | 14 | 3 |
| Berlin | 17 | 6 |
| Schwyz | 11 | 4 |

Die ersten 10 Eigenfrequenzen in kHz. Alle Formen haben die gleiche Oeffnung bzw. den gleichen Innenradius $R=20\text{mm}$, siehe Fig.1.

| Nr | Milan | Stud | Berlin | Schwyz |
|----|-------|------|--------|--------|
| 1 | 12.4 | 12.9 | 12.6 | 13.6 |
| 2 | 30.8 | 31.1 | 31.5 | 33.4 |
| 3 | 39.5 | 38.6 | 35.1 | 35.1 |
| 4 | 50.9 | 53.7 | 38.9 | 41.6 |
| 5 | 57.8 | 61.7 | 53.9 | 56.2 |
| 6 | 80.2 | 79.8 | 60.3 | 64.7 |
| 7 | 94.7 | 94.8 | 54.4 | 85.9 |
| 8 | 94.9 | 112 | 80.6 | 91.7 |
| 9 | 110 | 120 | 98.8 | 103 |
| 10 | 122 | 121 | 115 | 118 |

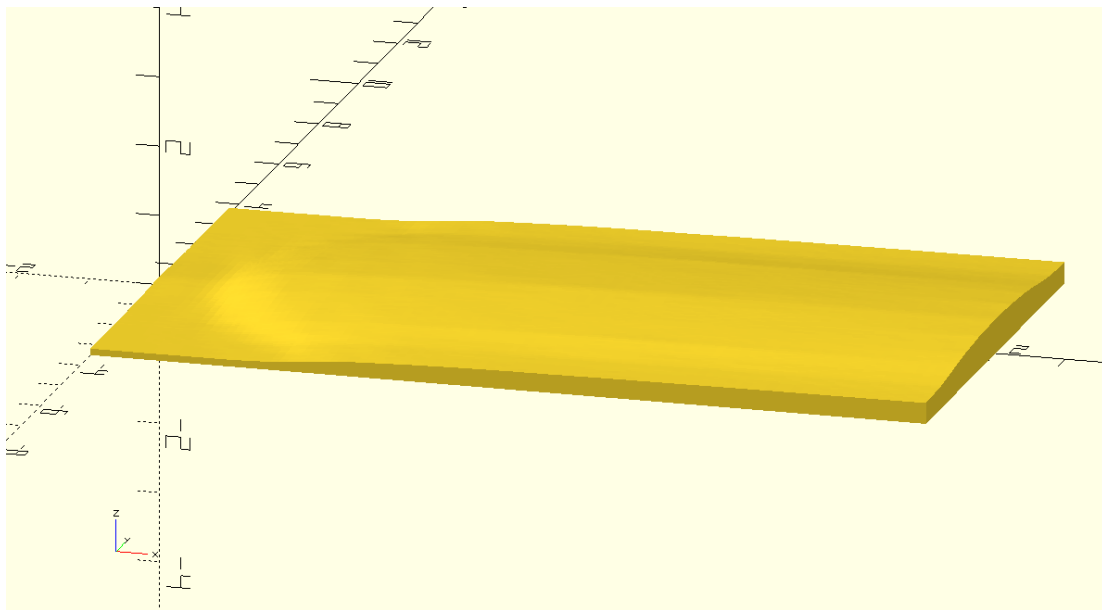


Figure 5: STUDreference

6 accuracy

Der Einfluss des Netzes beziehungsweise Maschengröße ist auf die die Eigenschwingungsfrequenzen empfindlich. Grobmaschig 0.15 auf 0.1 ist der Unterschied ca. 15

Am Beispiel der BERLIN-Schabform - Eigenschwingen und Frequenz in kHz, Mesh-generator Netgen[4], Tetrahedron linear elements, Maschenweite

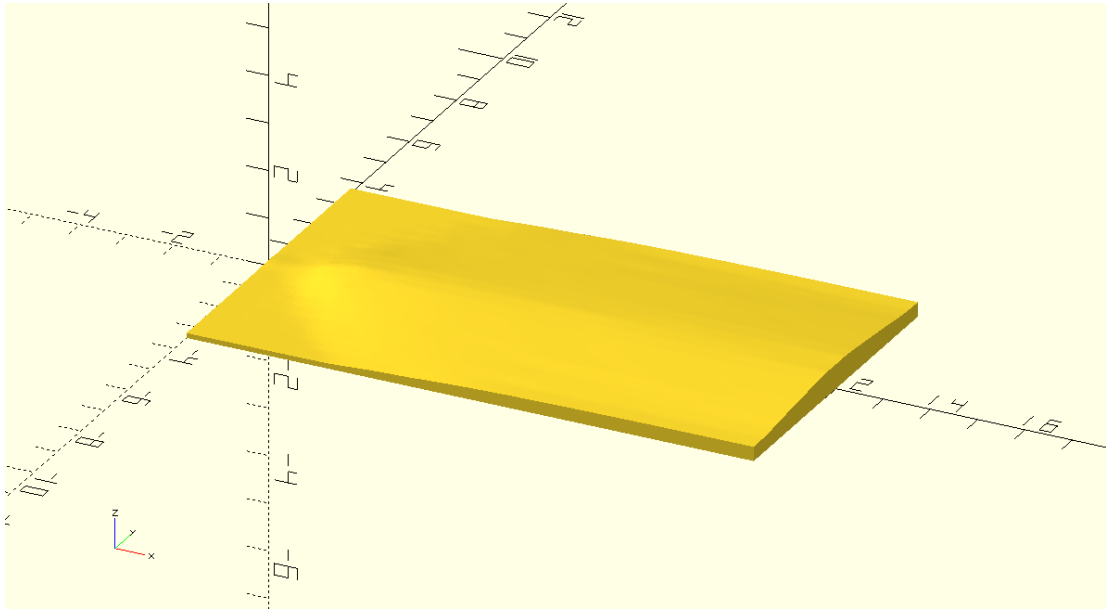


Figure 6: BERLINreference

| Nr | 0.08 | 0.1mm | 0.15mm |
|----|-------|-------|--------|
| 1 | 15.8 | 16.1 | 19.0 |
| 2 | 30.7 | 31.3 | 34.6 |
| 3 | 40.9 | 40.9 | 41.0 |
| 4 | 53.1 | 53.3 | 63.3 |
| 5 | 56.0 | 56.9 | 63.7 |
| 6 | 76.8 | 78.2 | 89.3 |
| 7 | 88.8 | 90.0 | 101.7 |
| 8 | 96.2 | 98.1 | 111.5 |
| 9 | 107.1 | 105.1 | 126.5 |
| 10 | 126.4 | 126.4 | 127.7 |
| 11 | 126.6 | 129.7 | 133.3 |
| 12 | 132.4 | 133.3 | 145.3 |
| 13 | 133.3 | 134.9 | 151.3 |
| 14 | 150.0 | 152.8 | 175.9 |
| 15 | 167.1 | 167.0 | 191.2 |

Nonlinear element quad tetrahedron accuracy mesh parameter fine to coarse

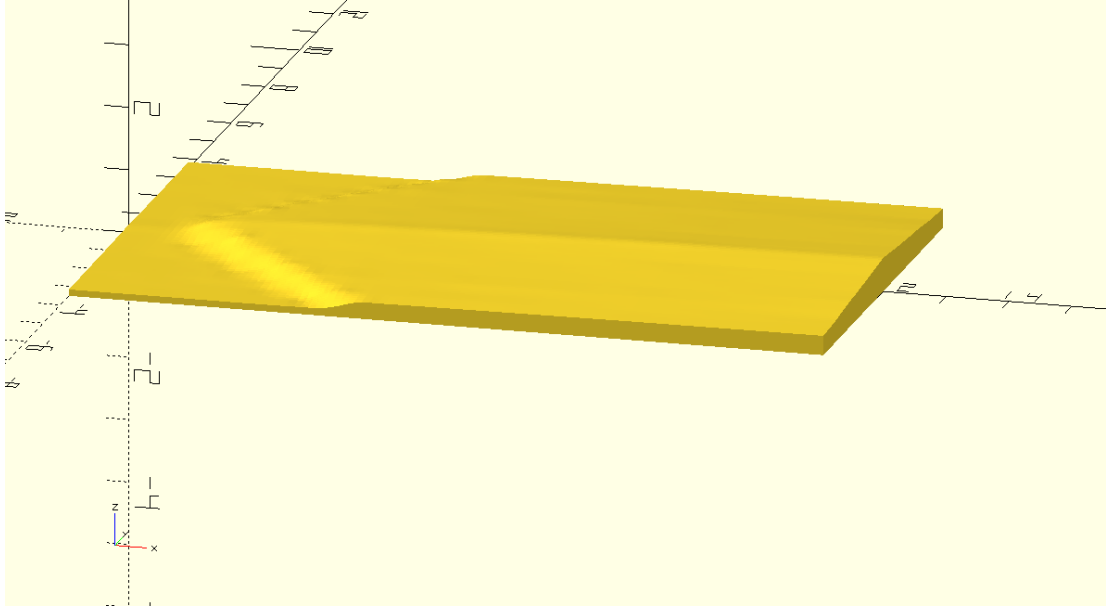


Figure 7: MILANreference

| Nr | 0.12 | 0.2 | 0.4 |
|----|--------|--------|--------|
| 1 | 12.167 | 12.177 | 12.222 |
| 2 | 25.776 | 25.774 | 25.785 |
| 3 | 34.913 | 34.949 | 35.191 |
| 4 | 39.686 | 39.693 | 39.705 |
| 5 | 43.541 | 43.599 | 43.912 |
| 10 | 94.888 | 95.113 | 97.038 |
| 11 | 102.59 | 102.63 | 103.11 |
| 12 | 102.75 | 102.83 | 103.61 |
| 13 | 108.75 | 108.89 | 109.93 |
| 14 | 120.77 | 120.78 | 120.79 |
| 15 | 126.63 | 126.65 | 126.67 |
| 20 | 154.15 | 154.55 | 158.15 |

References

- [1] Leissa, Arthur; Vibration of Plates. Published for the Acoustical Society of America, 1993
- [2] Statistical estimation of mechanical parameters of clarinet reeds using experimental and numerical approaches, Pierre-André Taillard,..., arXiv:1202.2114v2 [physics.class-ph] 6 May 2014
- [3] FEM Z88AuroraV5 Universität Bayreuth

[4] 3D - Mesher package NETGEN

[5] Universität München. Beiträge zur Materialtheorie Herausgeber: Univ.-Prof. Dr.-Ing. habil. Alexander Lion Author Thomas Ranz Ein feuchte- und temperaturabhängiger anisotroper Werkstoff: Holz Heft 2/07 ISSN 1862-5703

7 Lösungen Form MILAN BERLIN STUD

Parameter für das Mesh 0.11 -0.12 Mesher Netgen Tetraeder (quadratisch) Skaling Faktor 50 für die Darstellung der Auslenkung in z-Richtung und jeweils gleiche Farbskalierung -0.02 blau 0.02 rot.

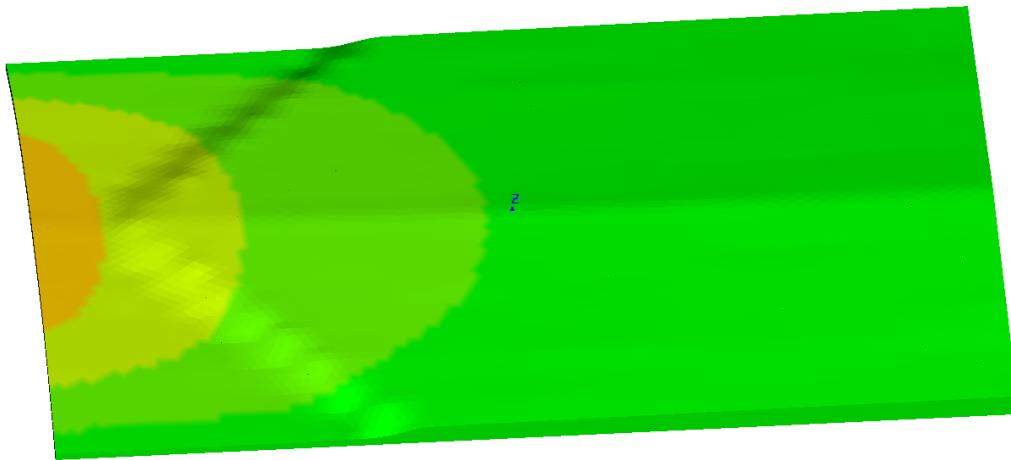


Figure 8: milan1 12.17 kHz

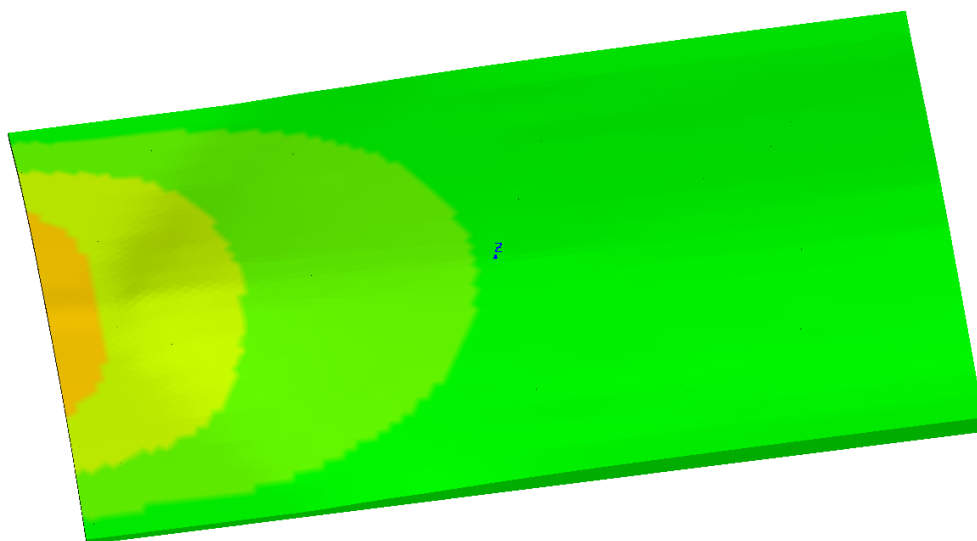


Figure 9: berlin1 12.37 kHz

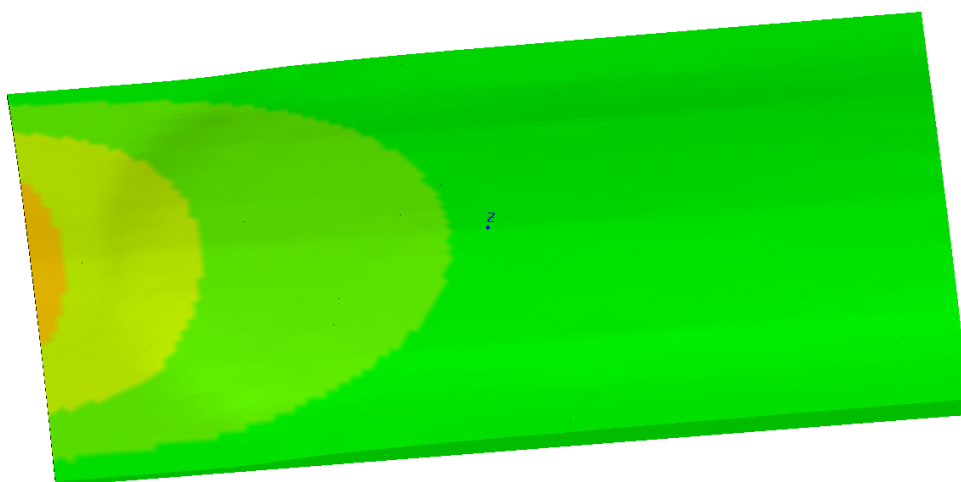


Figure 10: stud1 12.76 kHz

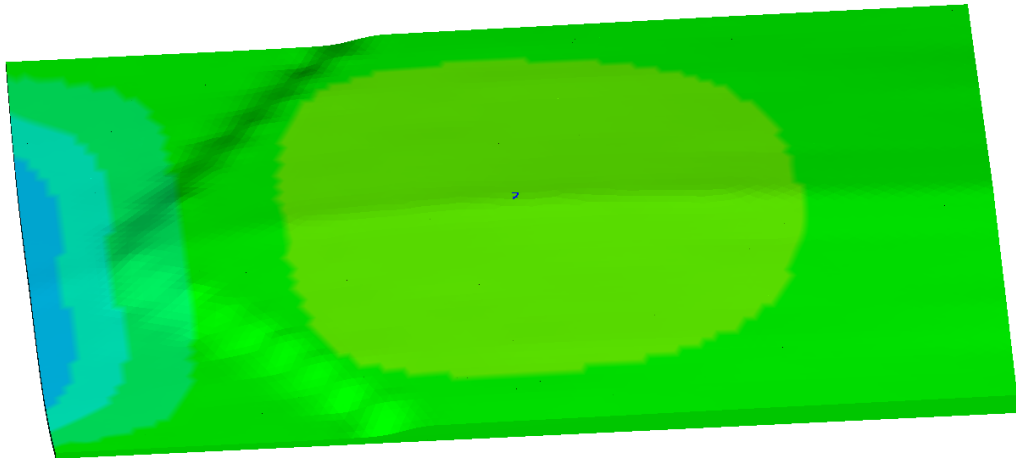


Figure 11: milan2 25.78 kHz

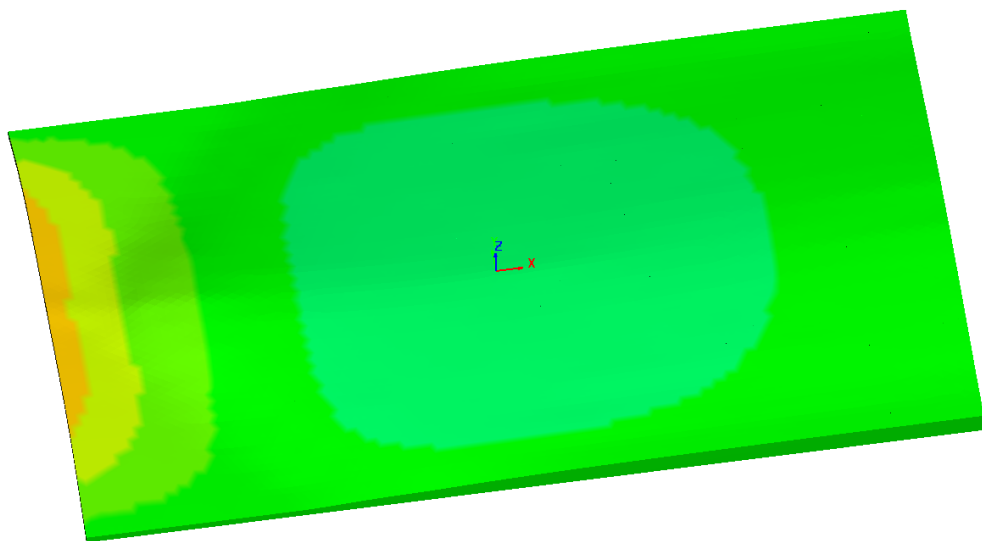


Figure 12: berlin2 26.47 kHz

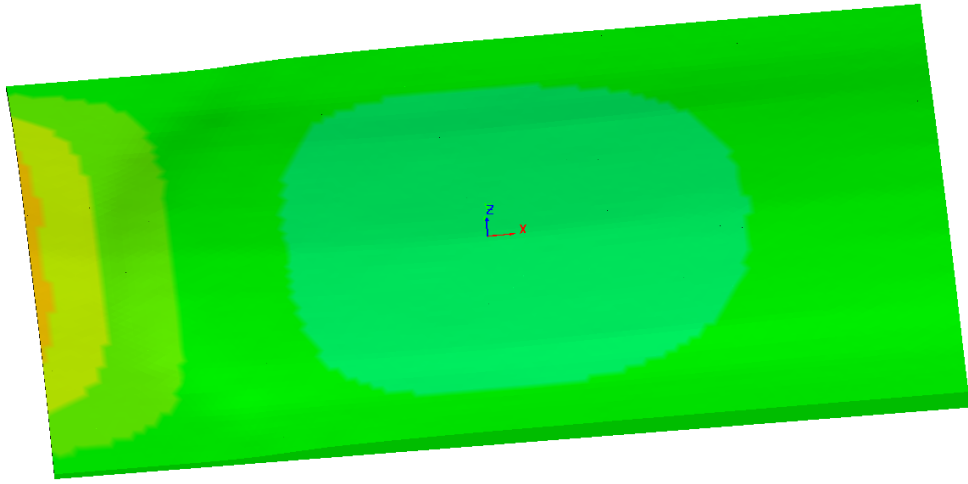


Figure 13: studq2 25.92 kHz

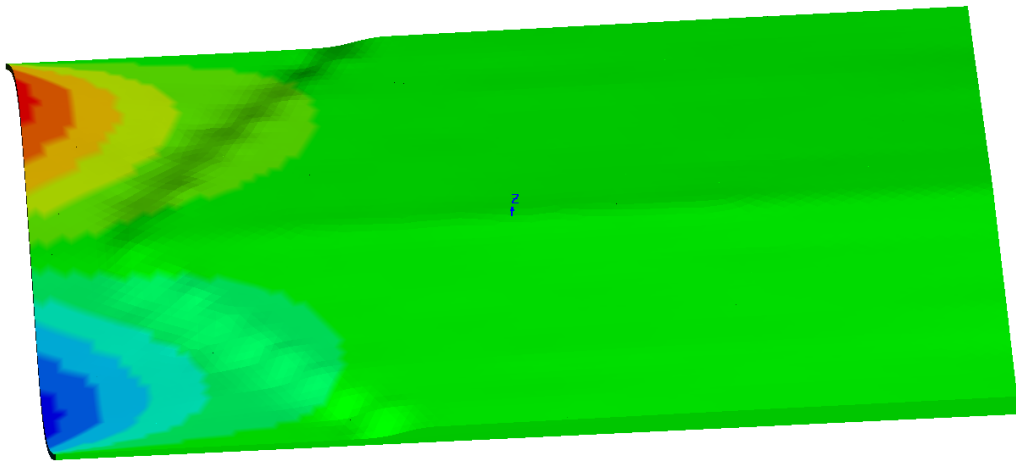


Figure 14: milan3 34.90 kHz

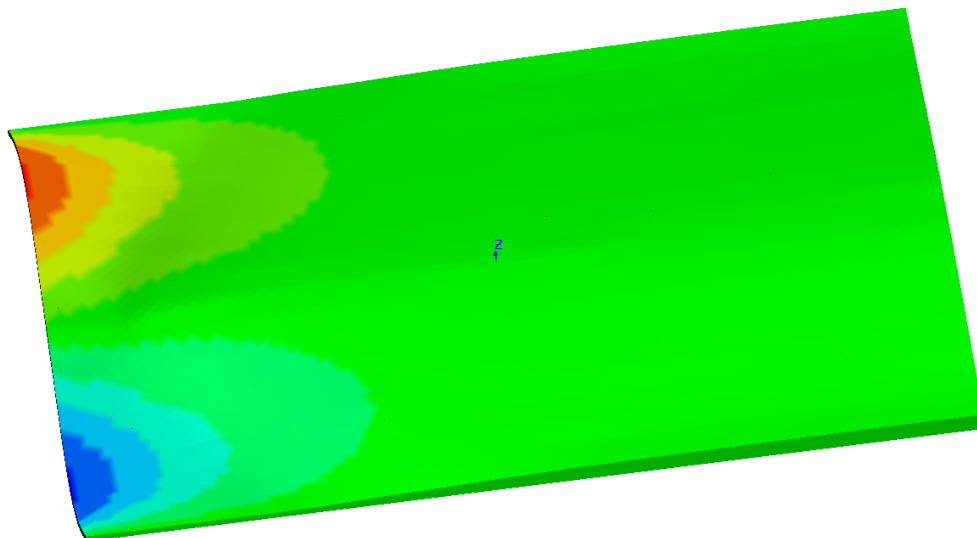


Figure 15: berlin3 36.77 kHz

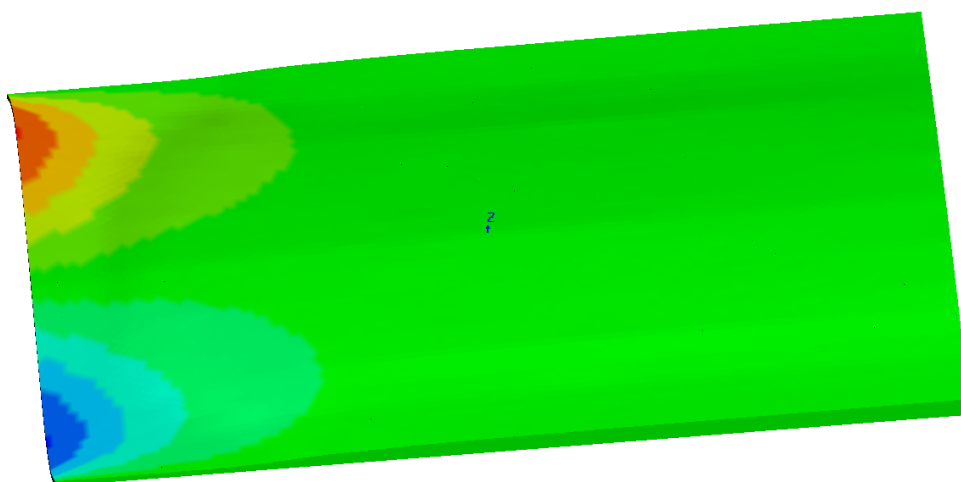


Figure 16: stud3 36.44 kHz

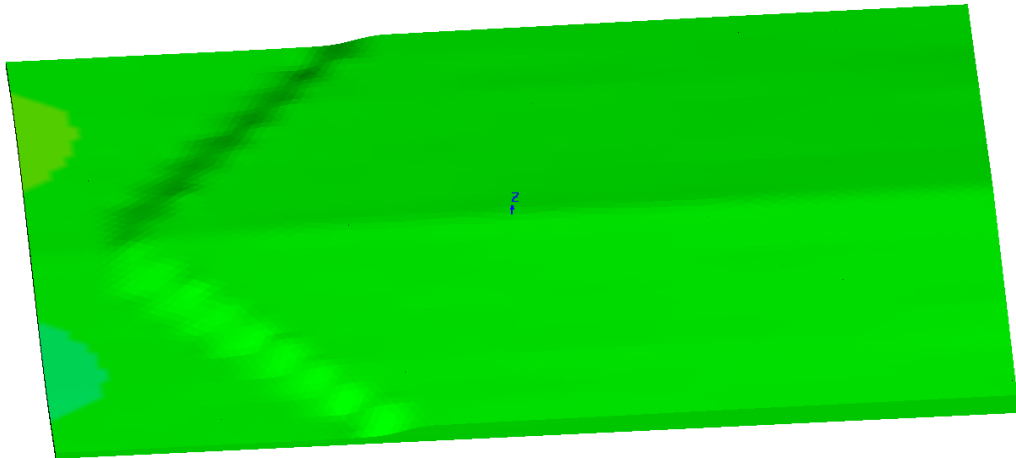


Figure 17: milan4 39.69 kHz

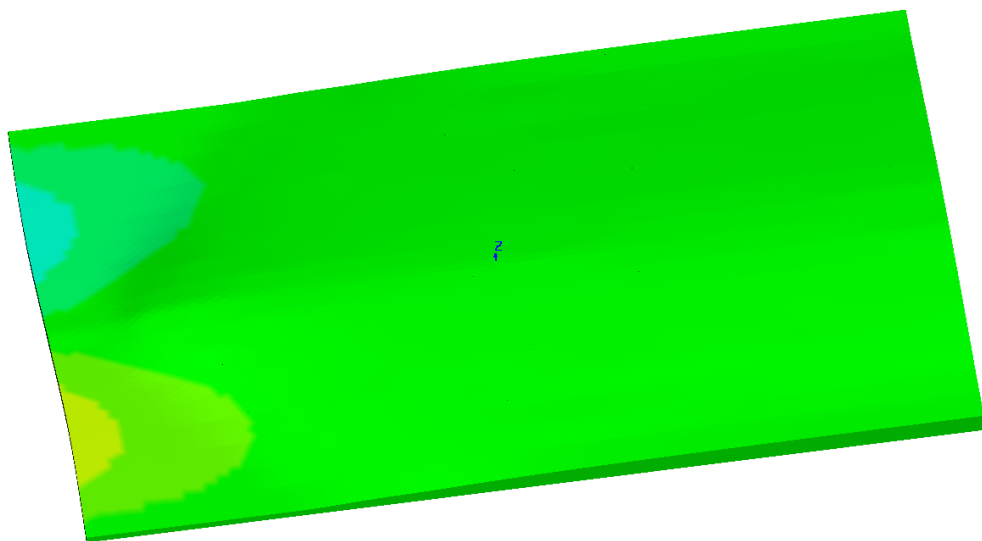


Figure 18: berlin4 38.80 kHz

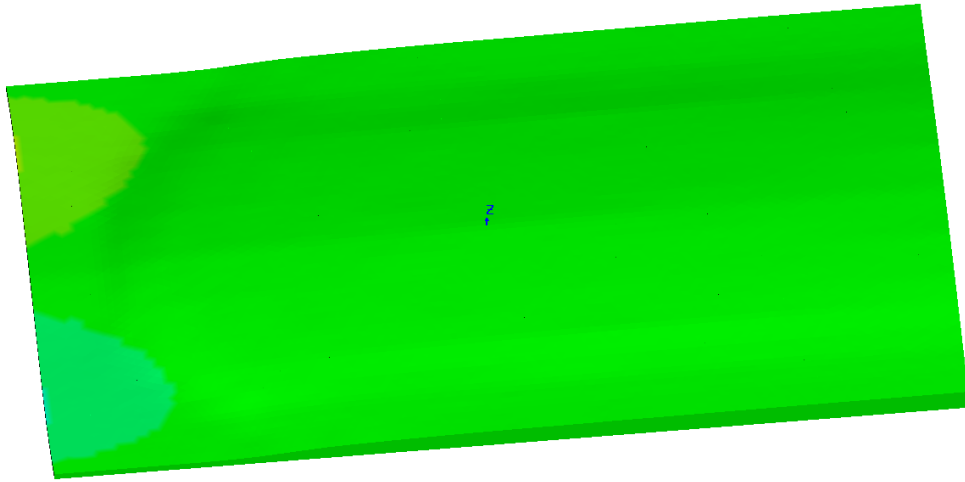


Figure 19: stud4 38.57 kHz

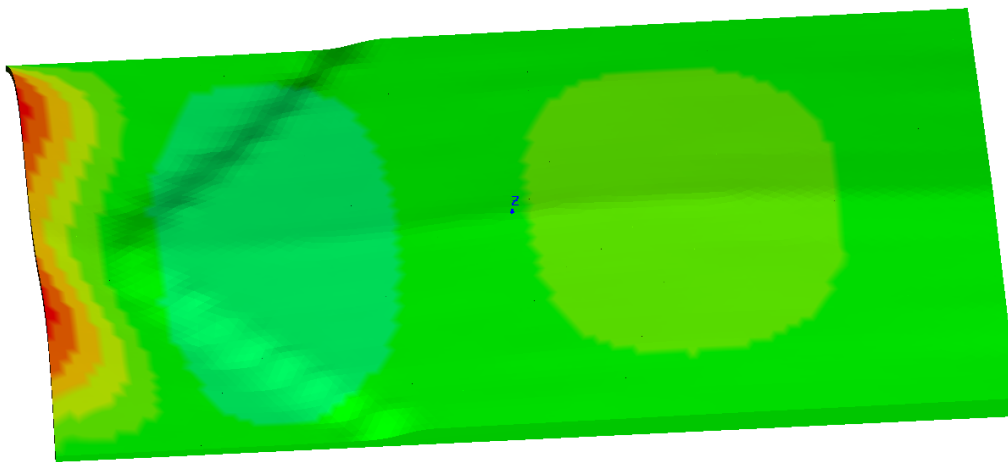


Figure 20: milan5 43.47 kHz

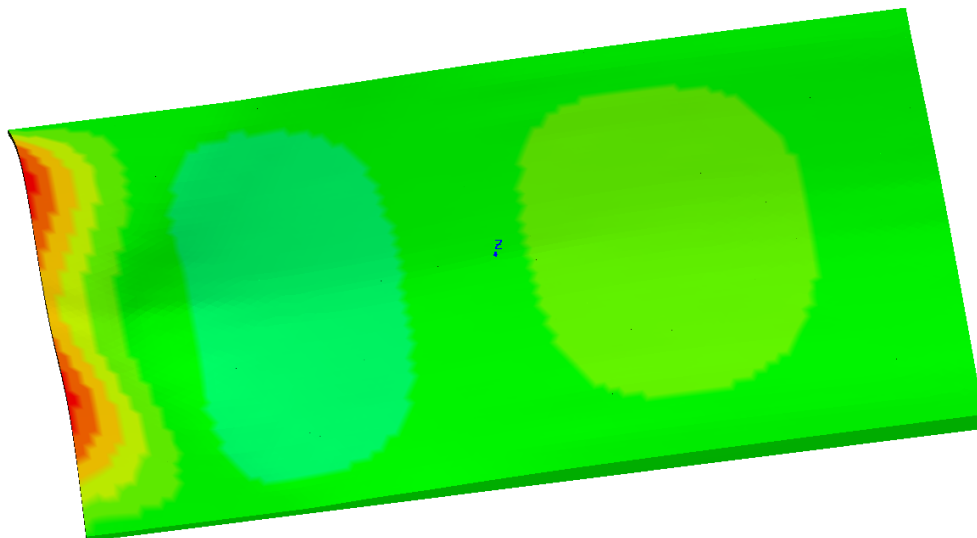


Figure 21: berlin5 46.22

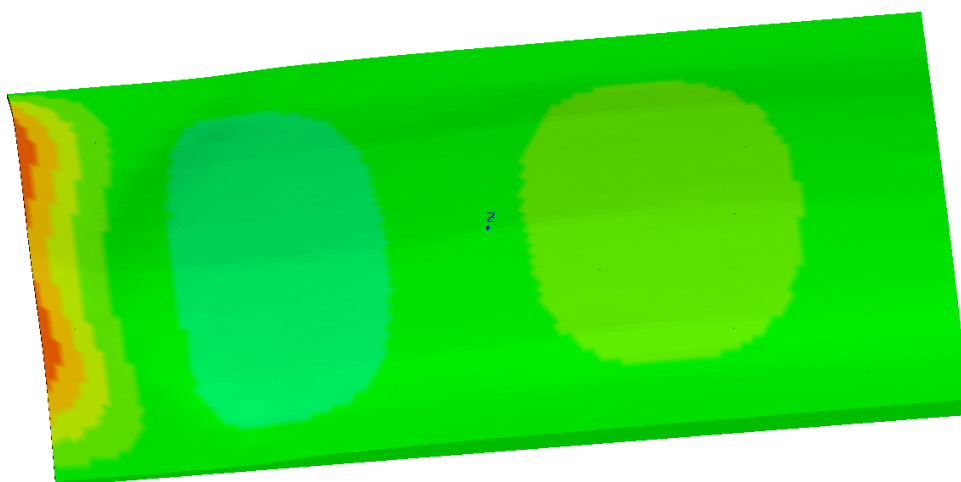


Figure 22: stud5 45.06 kHz

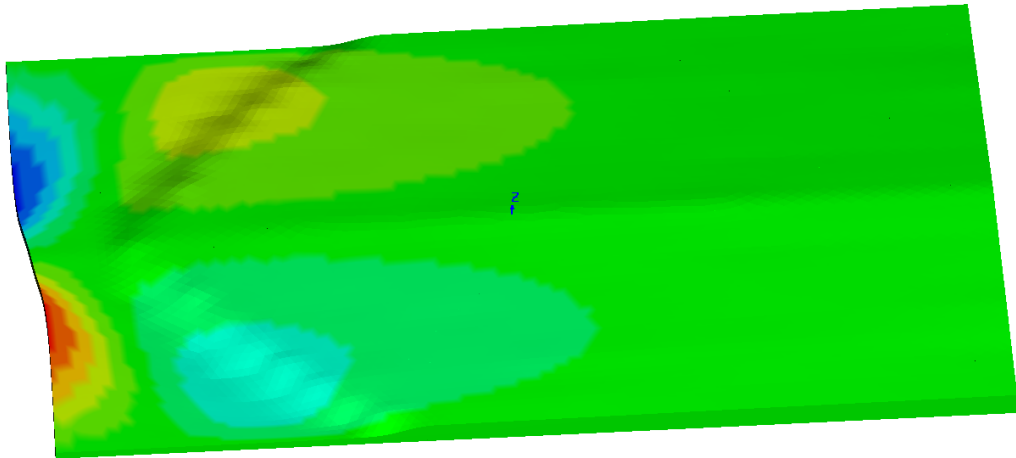


Figure 23: milan6 56.63 kHz

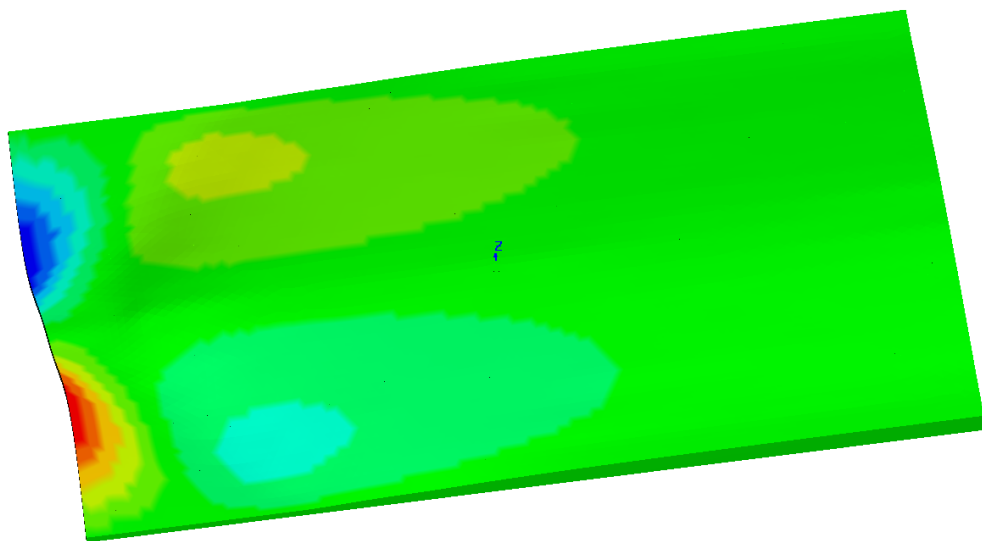


Figure 24: berlin6 58.40 kHz

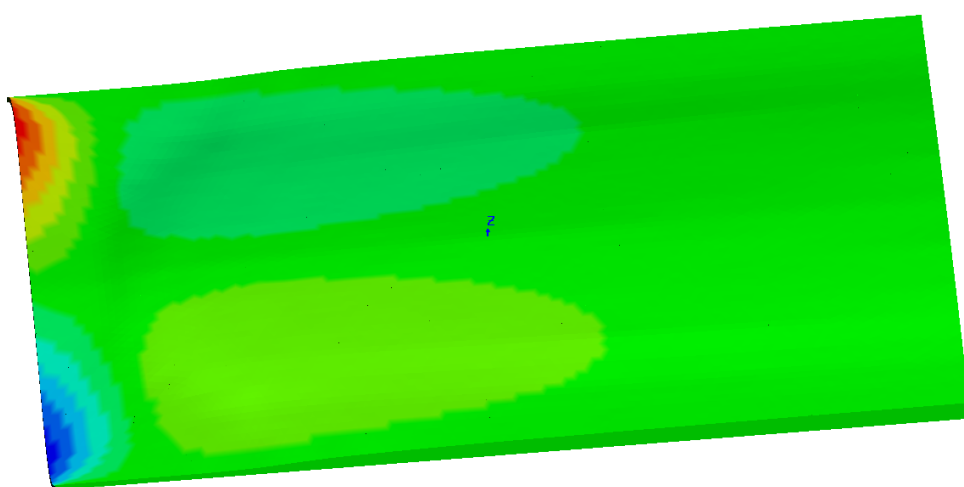


Figure 25: stud6 59.22 kHz

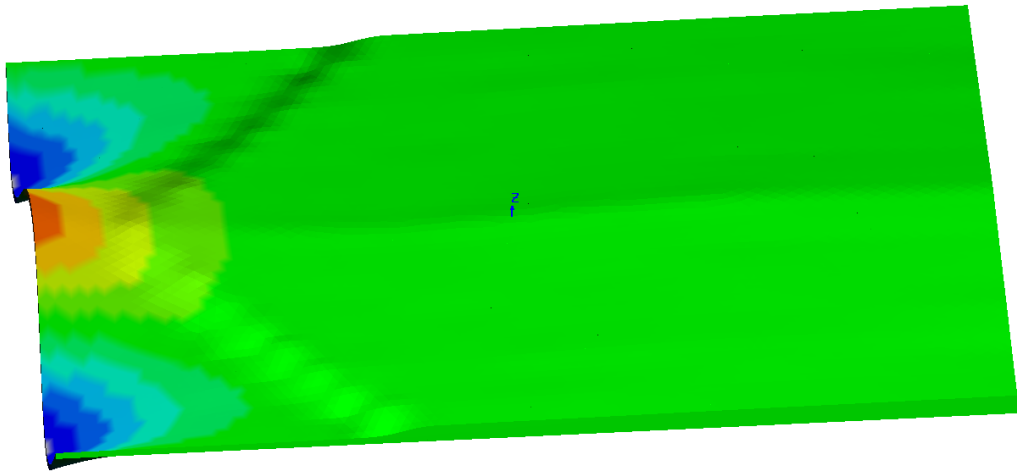


Figure 26: milan7 59.49 kHz

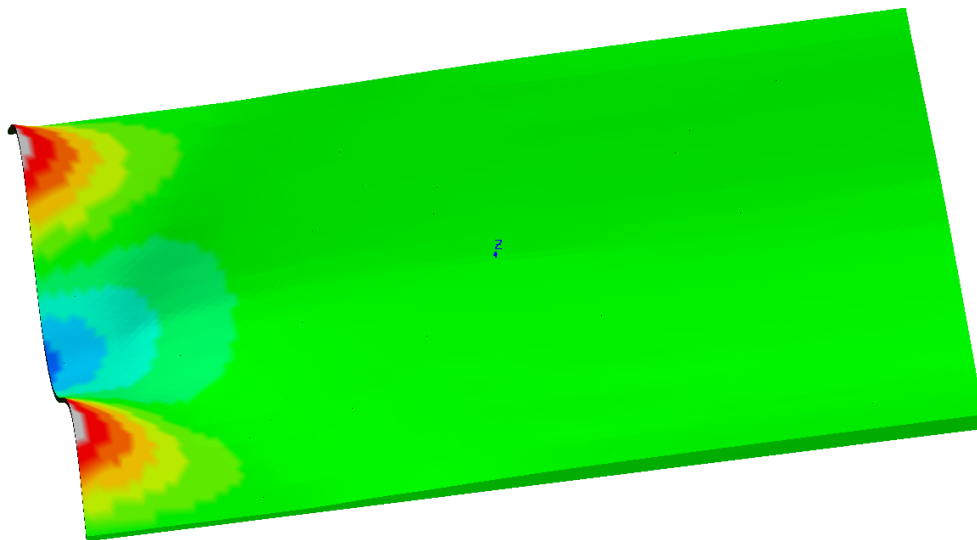


Figure 27: berlin7 62.68 kHz

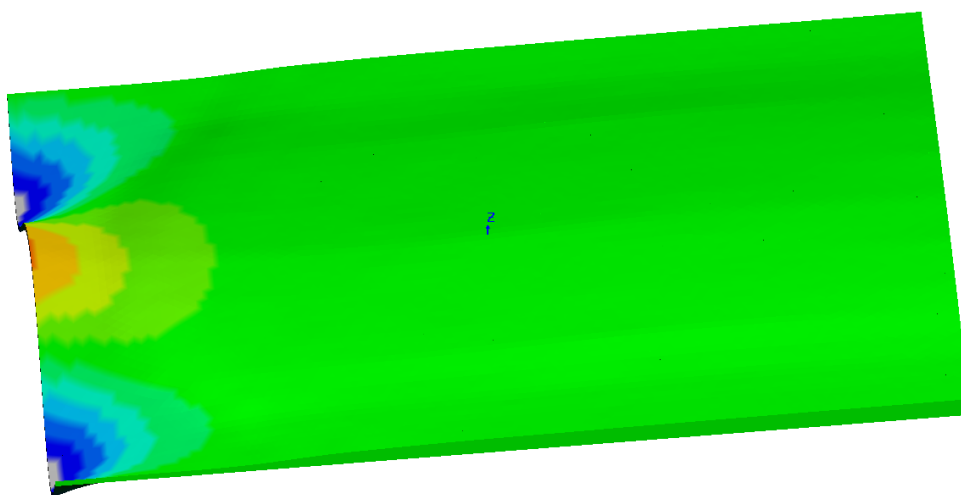


Figure 28: stud7 62.13 kHz

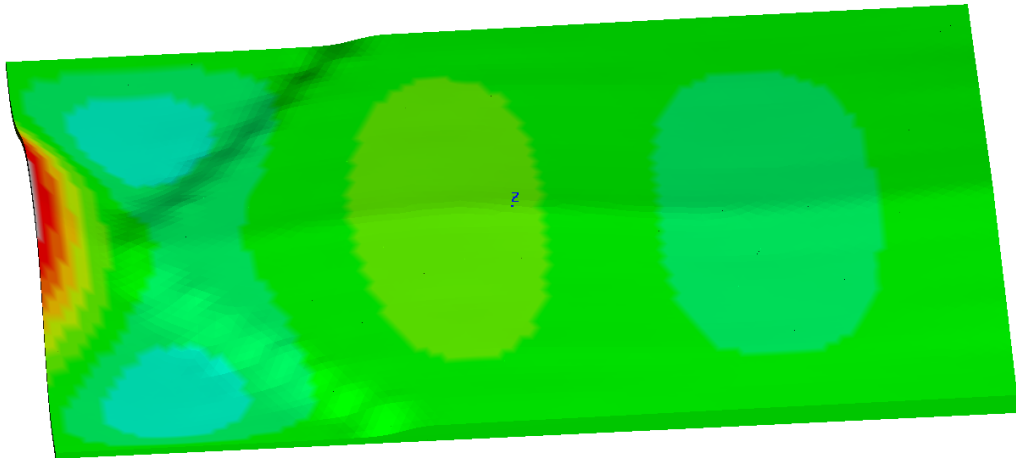


Figure 29: milan8 70.29 kHz

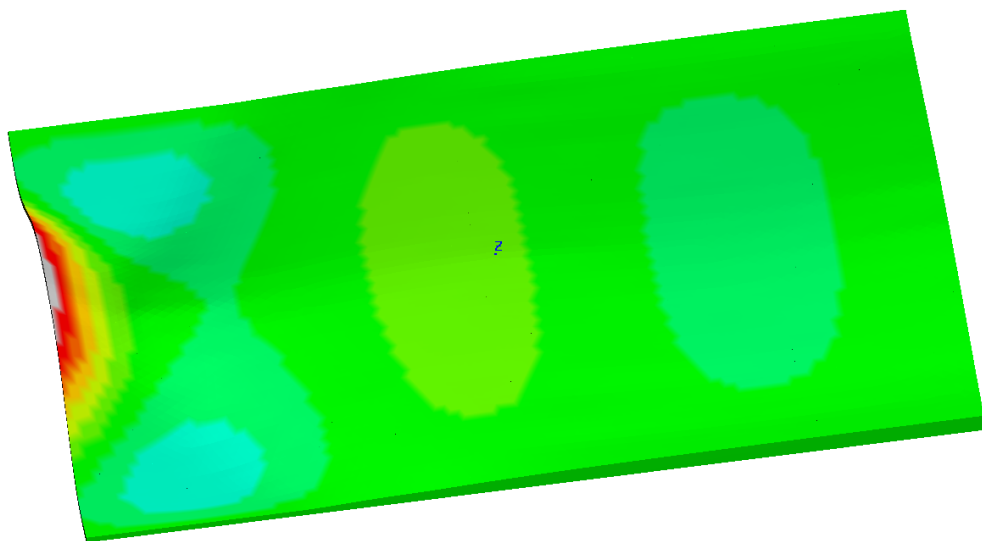


Figure 30: berlin8 74.53 kHz

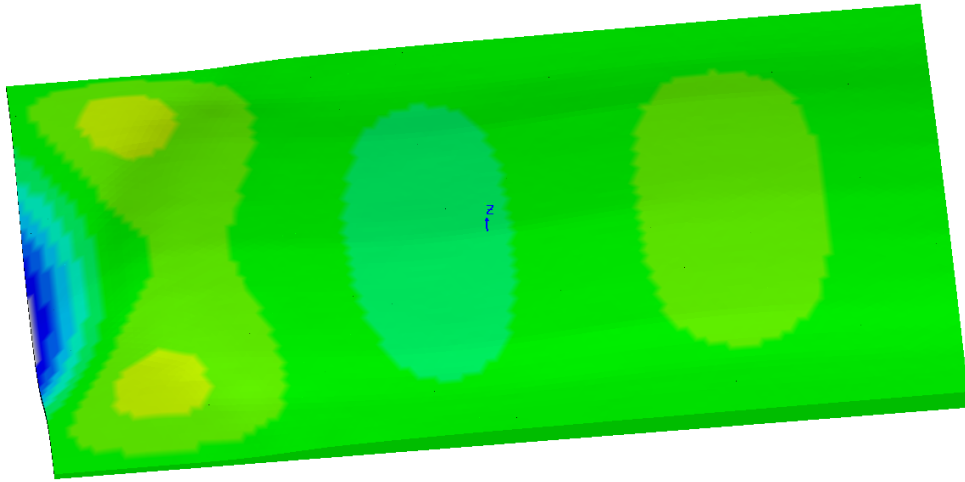


Figure 31: stud8 70.68 kHz

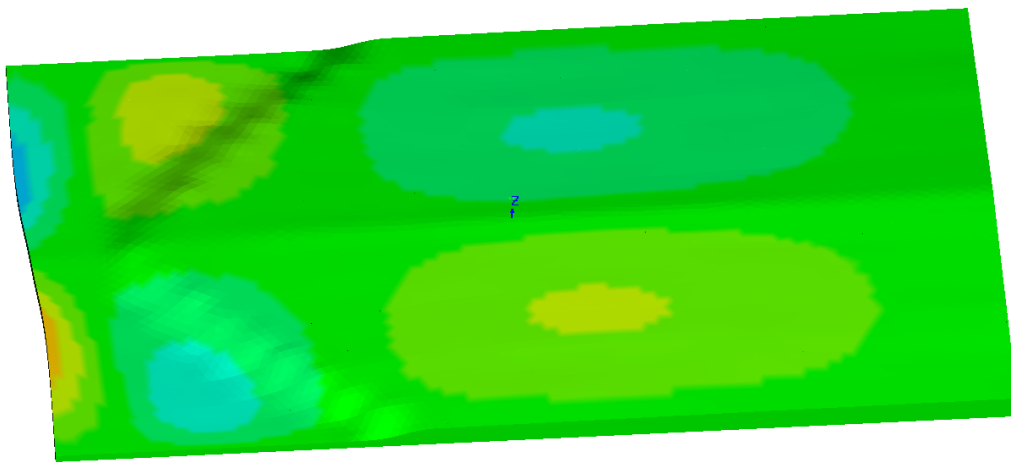


Figure 32: milan9 77.18 kHz

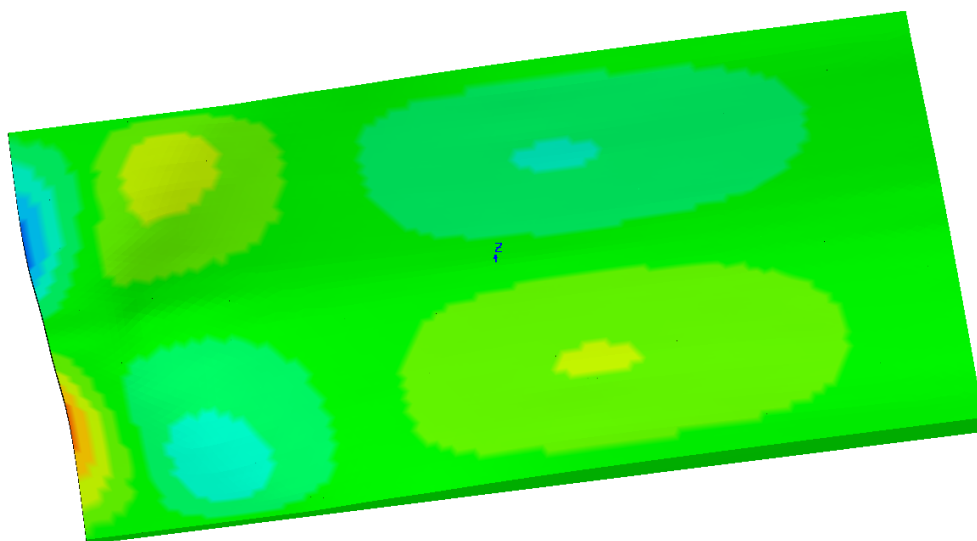


Figure 33: berlin9 77.86 kHz

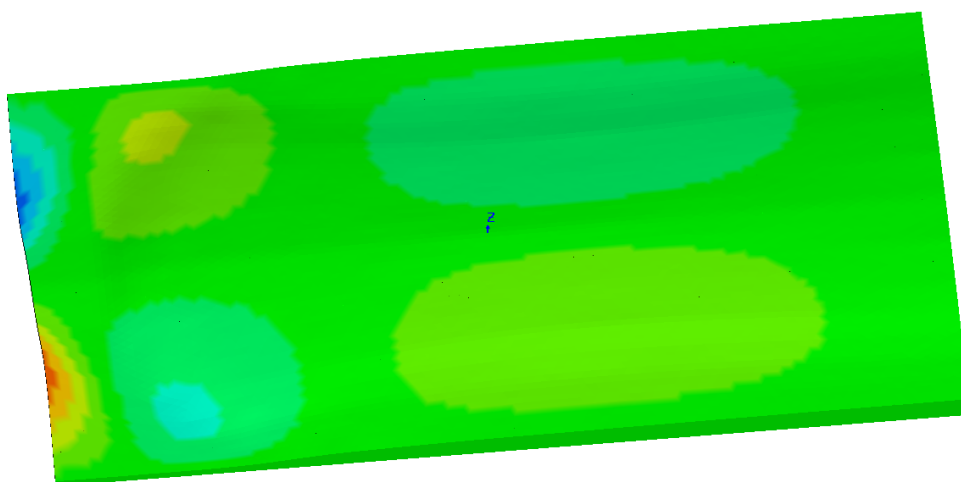


Figure 34: stud9 76.53 kHz

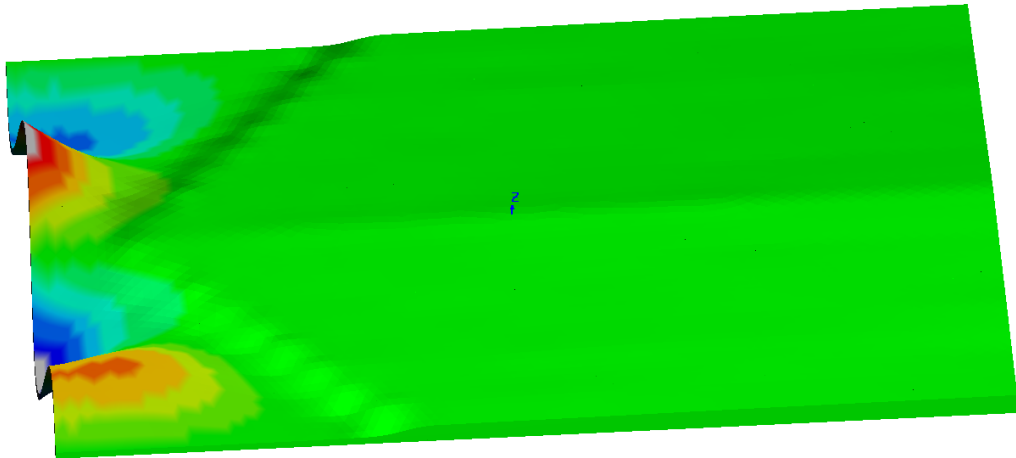


Figure 35: milan10 94.73 kHz

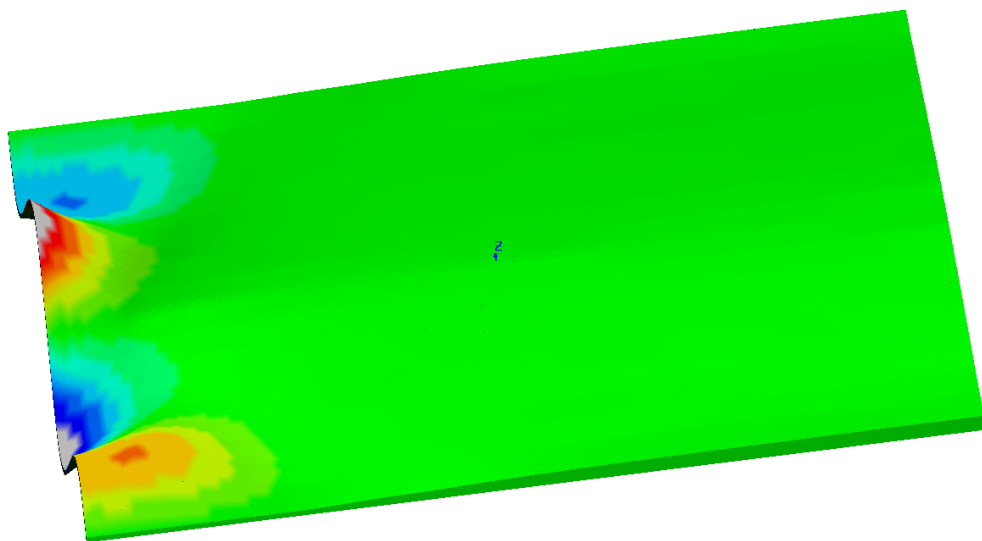


Figure 36: berlin10 99.96 kHz

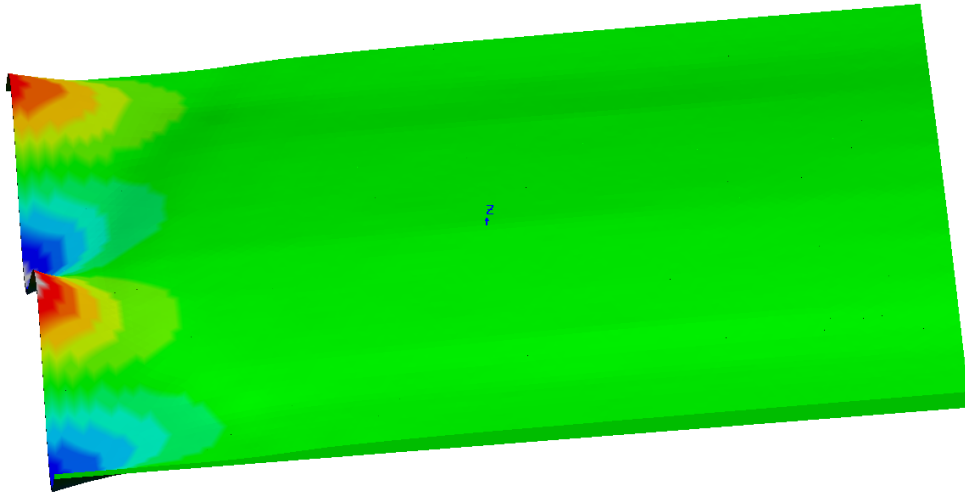


Figure 37: stud10 96.73 kHz

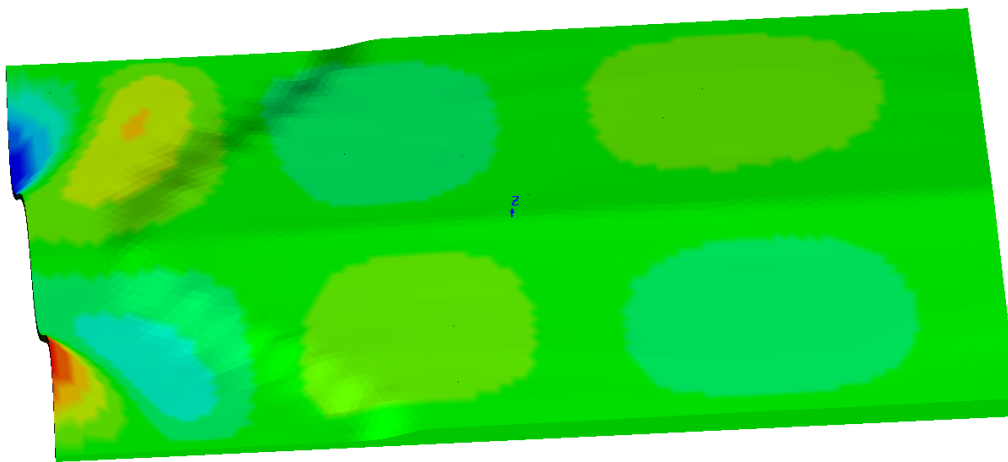


Figure 38: milan11 102.65 kHz

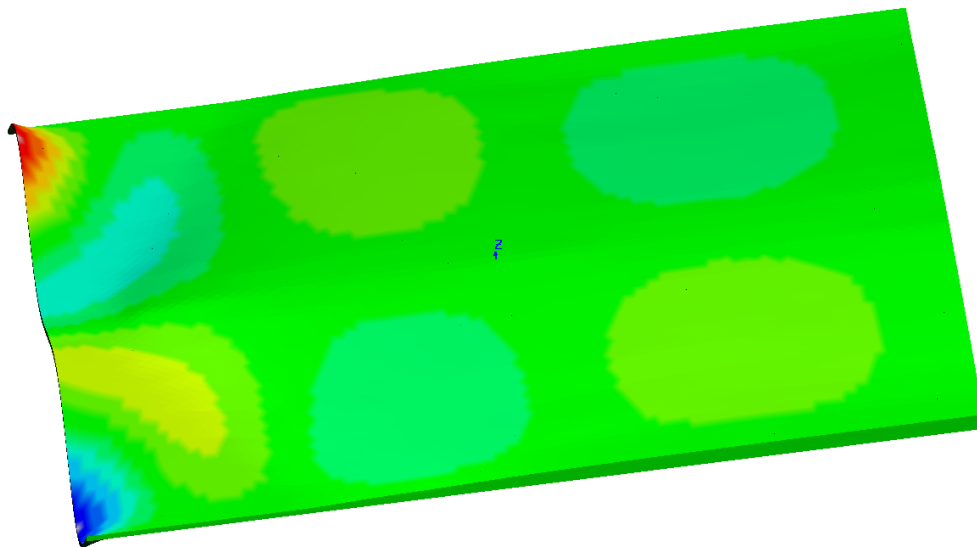


Figure 39: berlin11 102.96 kHz

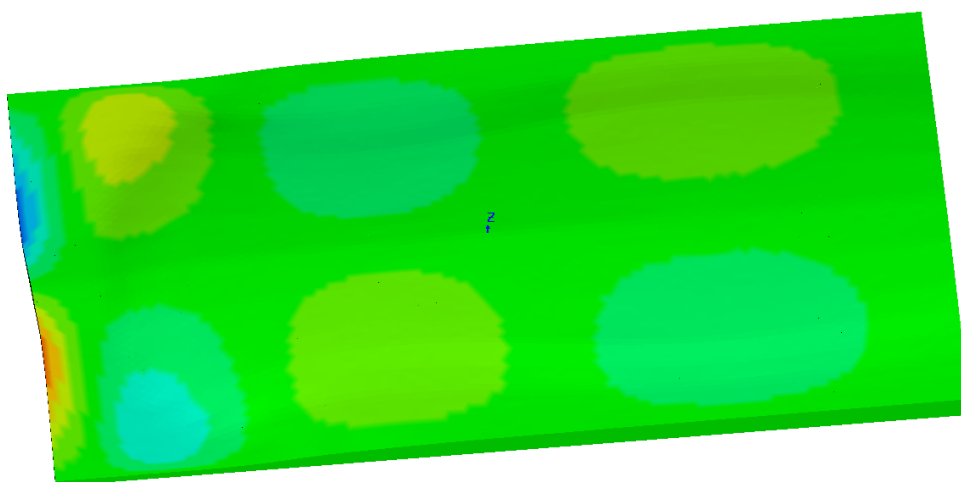


Figure 40: stud11 100.67 kHz

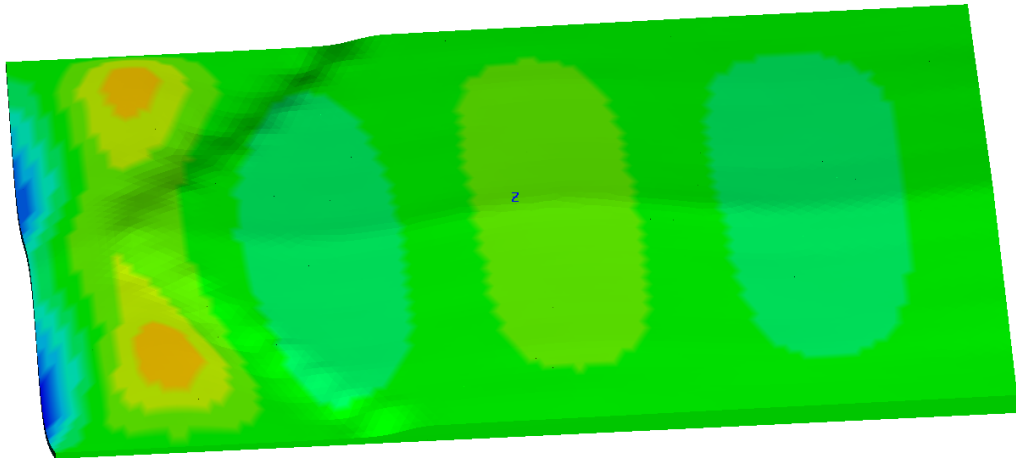


Figure 41: milan12 102.69 kHz

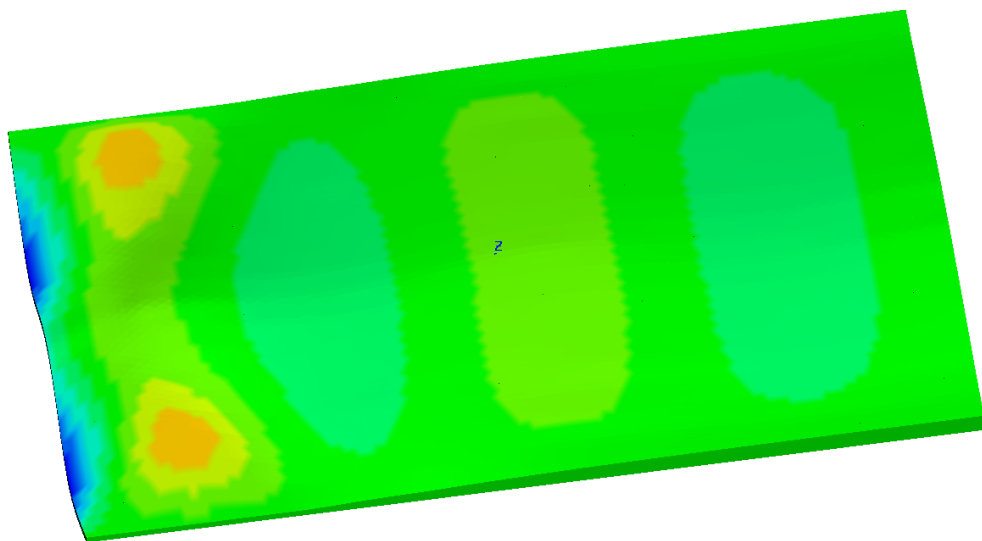


Figure 42: berlin12 105.74 kHz

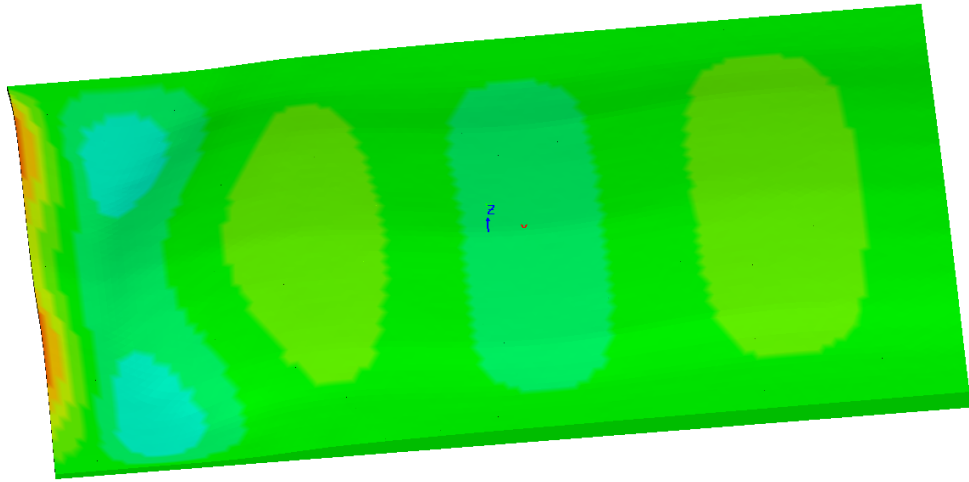


Figure 43: stud12 103.17 kHz

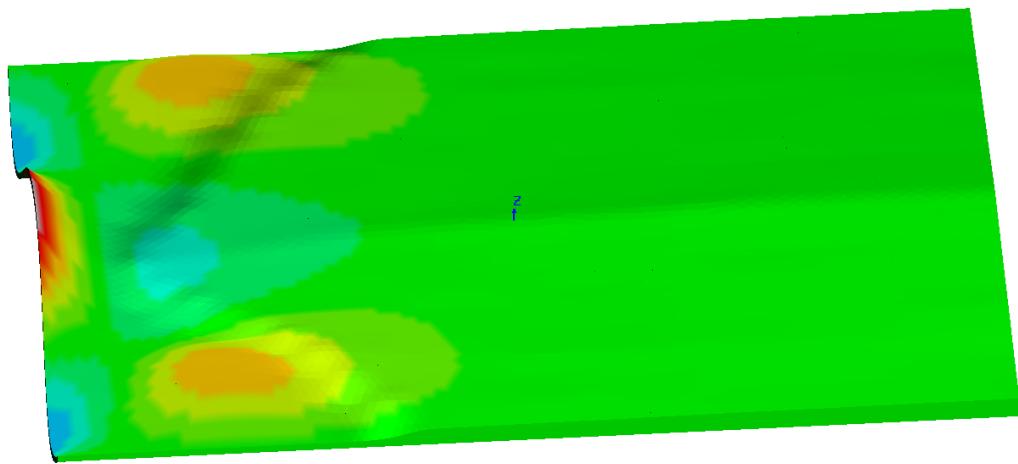


Figure 44: milan13 108.67 kHz

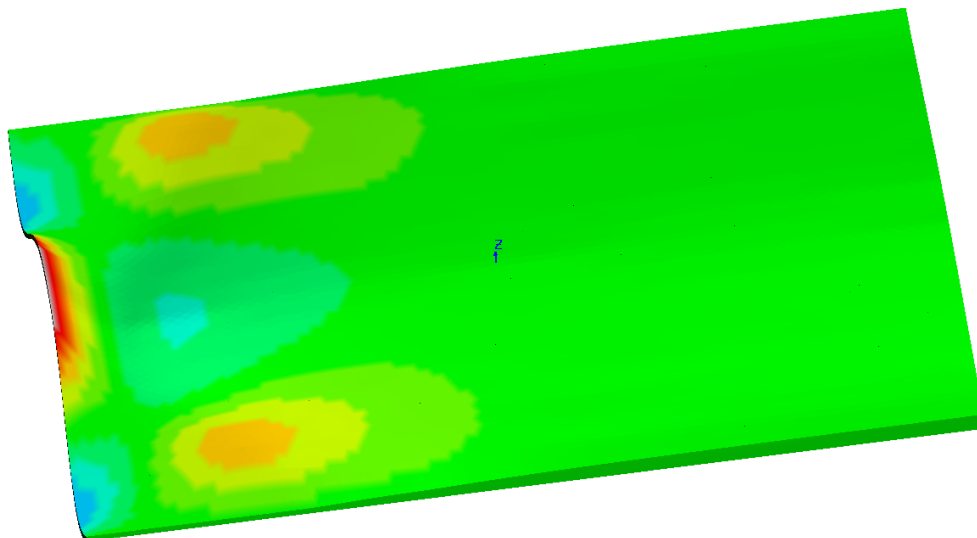


Figure 45: berlin13 113.80 kHz

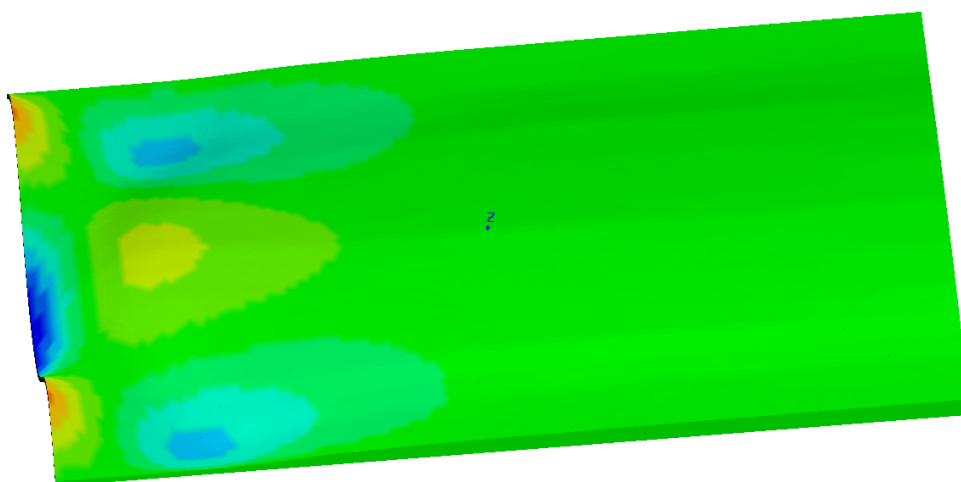


Figure 46: stud13 110.67 kHz

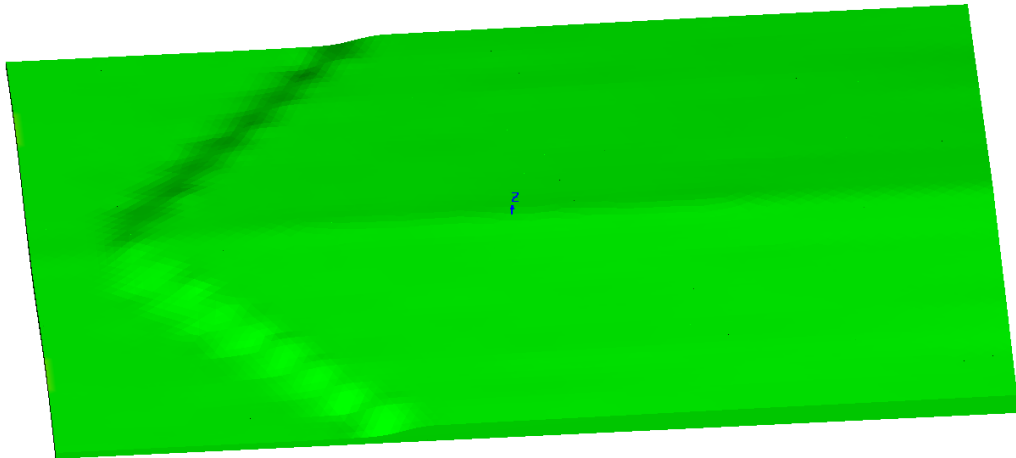


Figure 47: milan14 120.77 kHz

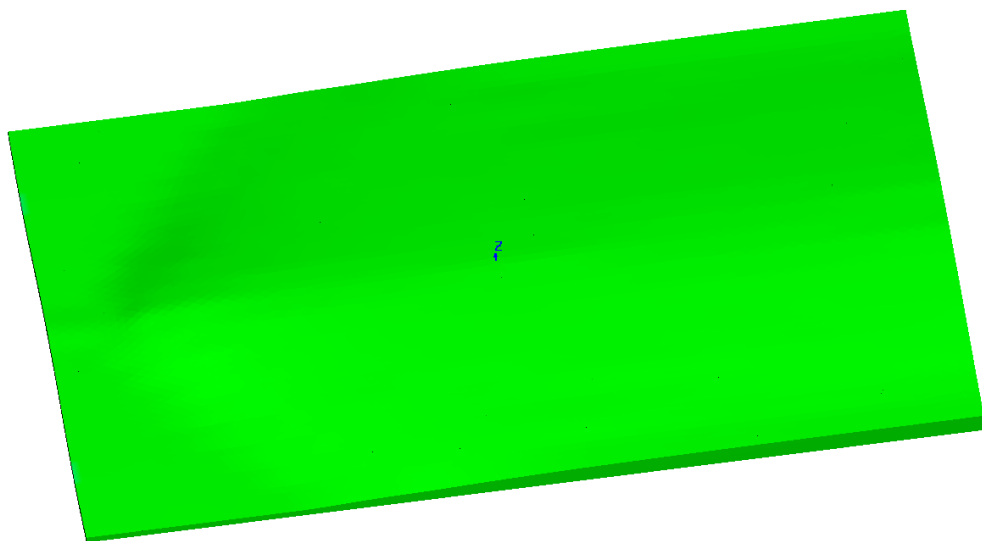


Figure 48: berlin14 119.32 kHz

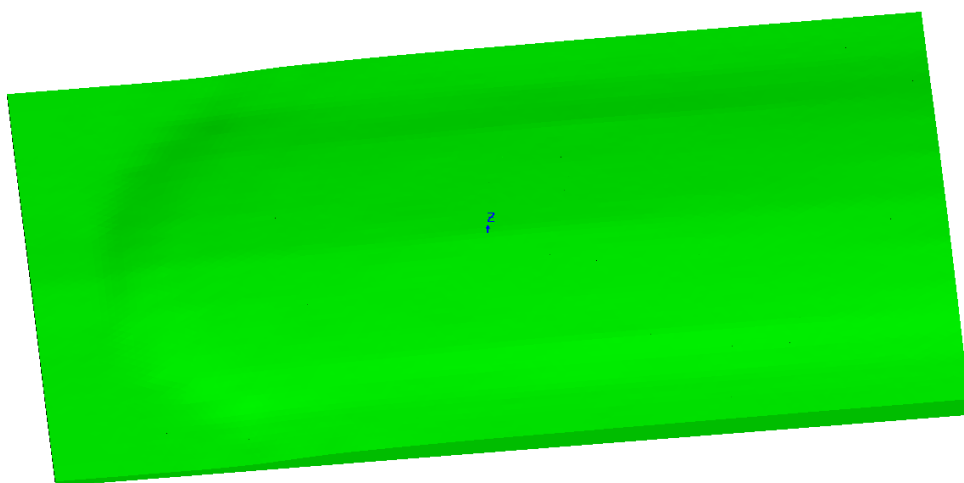


Figure 49: stud14 118.80 kHz

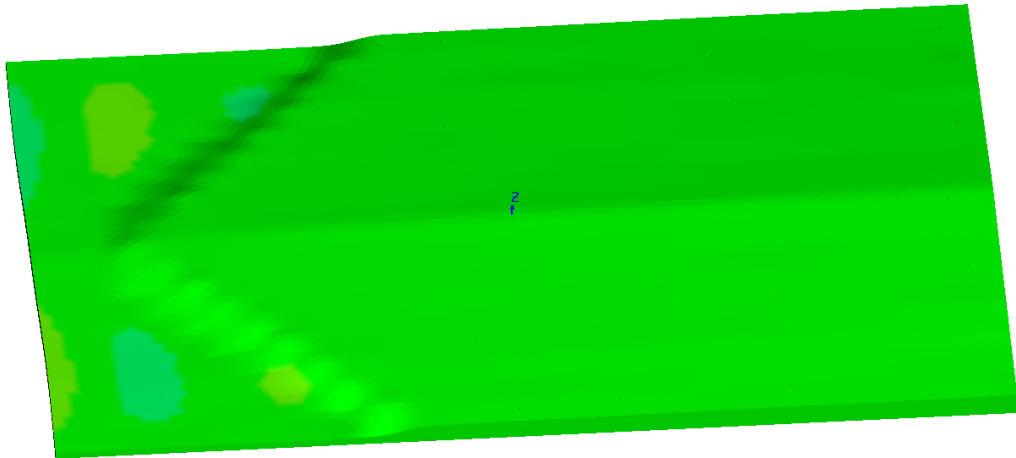


Figure 50: milan15 126.63 kHz

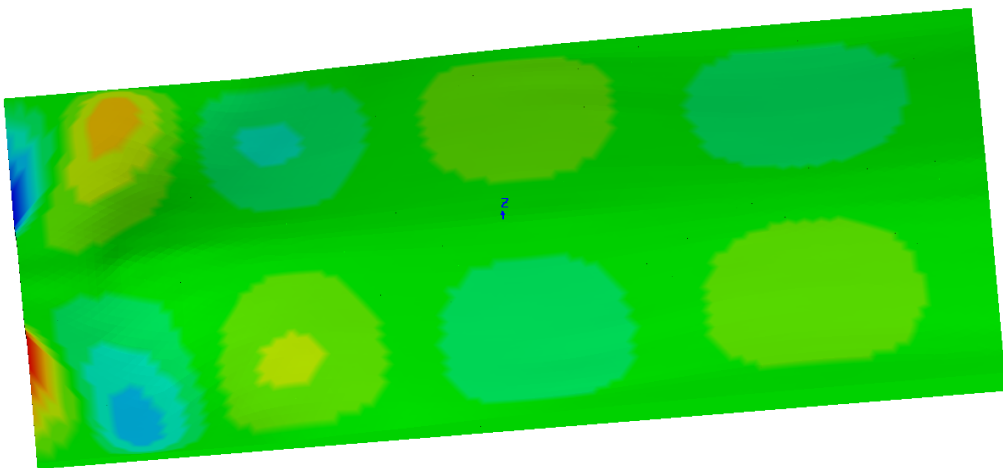


Figure 51: berlin15 125.56 kHz

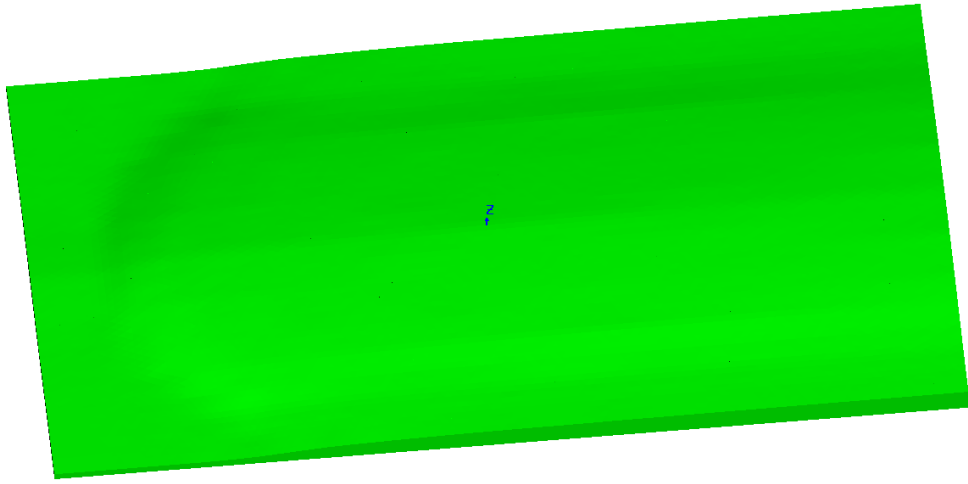


Figure 52: stud15 125.99 kHz

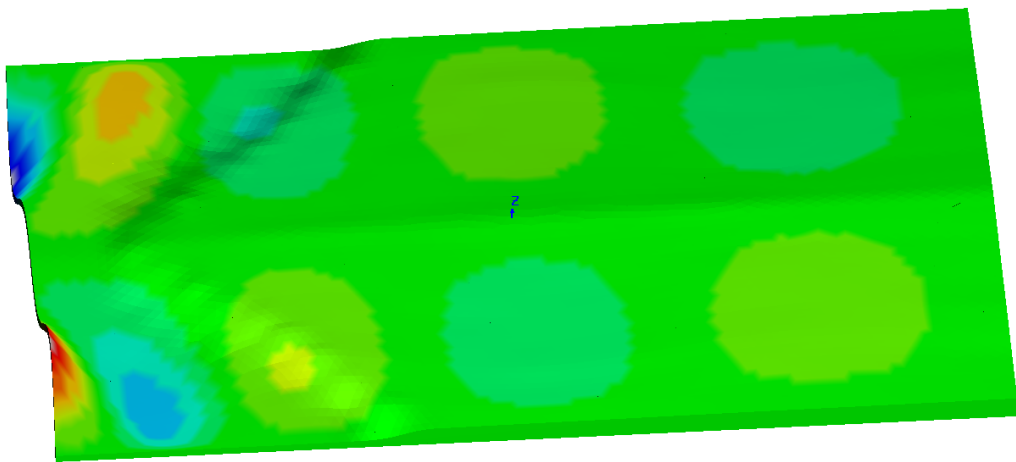


Figure 53: milan16 130.42 kHz

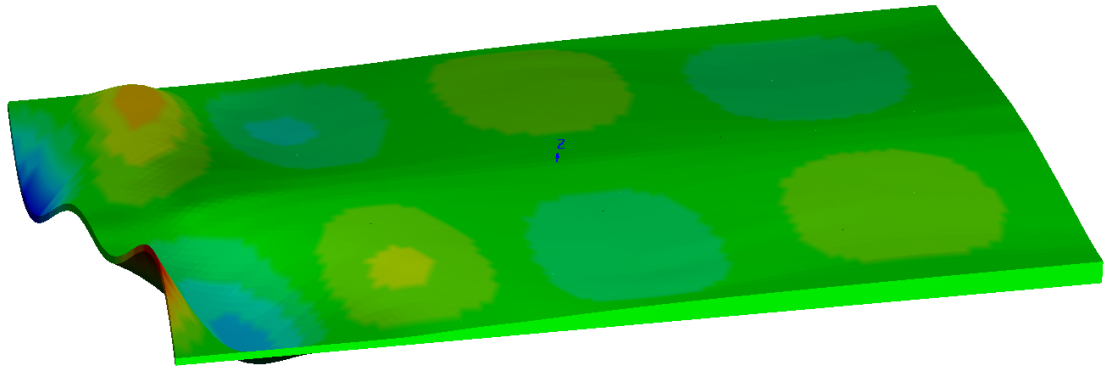


Figure 54: berlin16 133.40 kHz

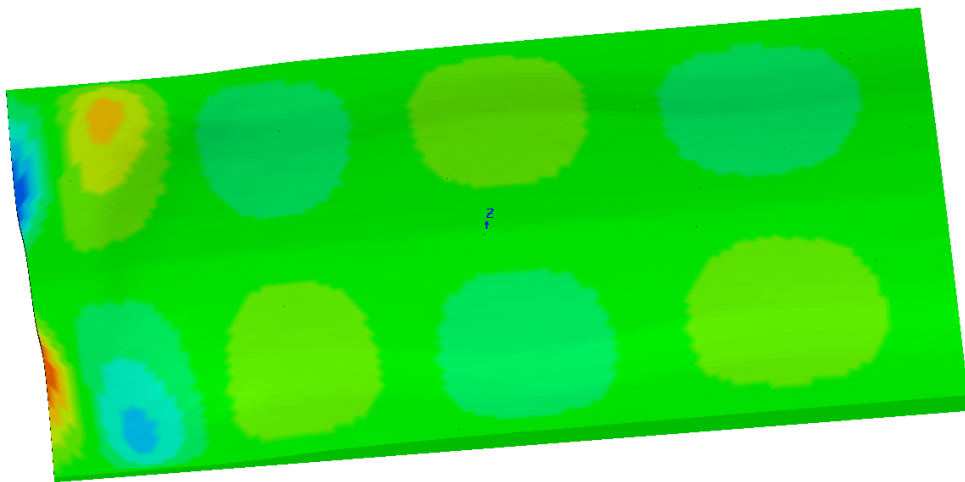


Figure 55: stud16 132.34 kHz

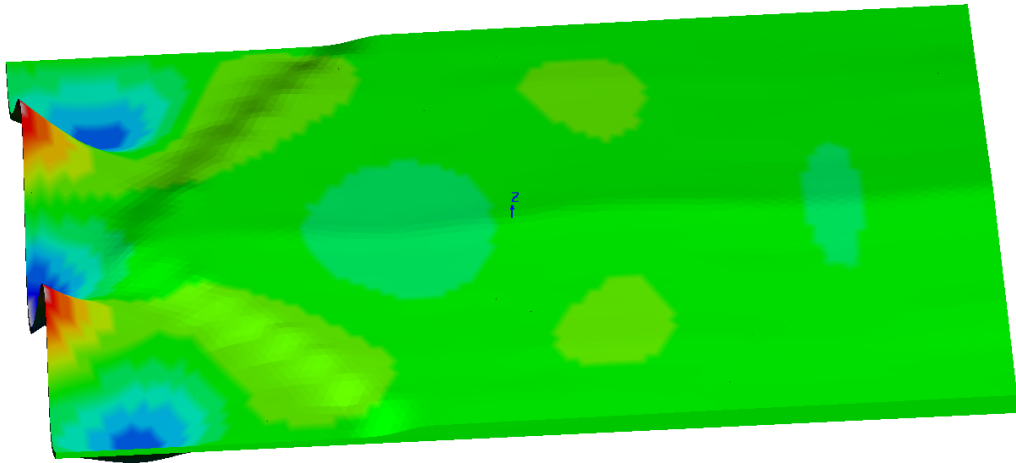


Figure 56: milan17 135.30 kHz

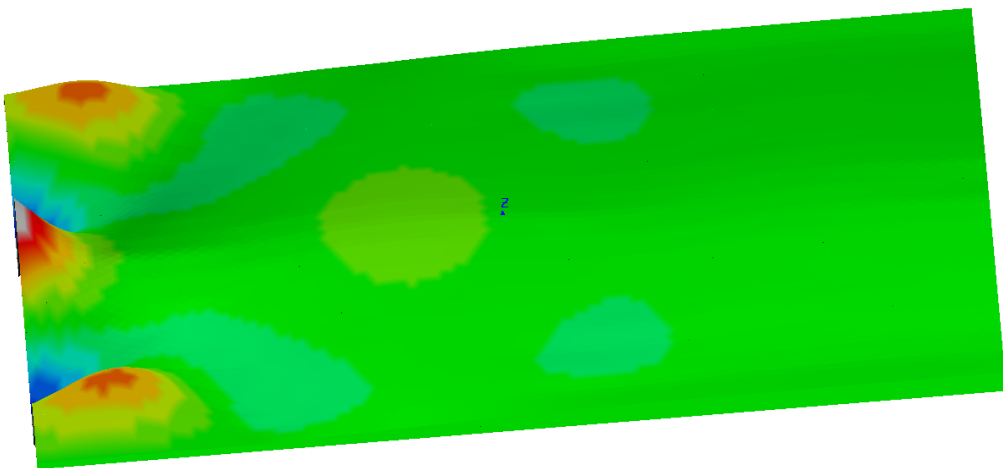


Figure 57: berlin17 140.50 kHz

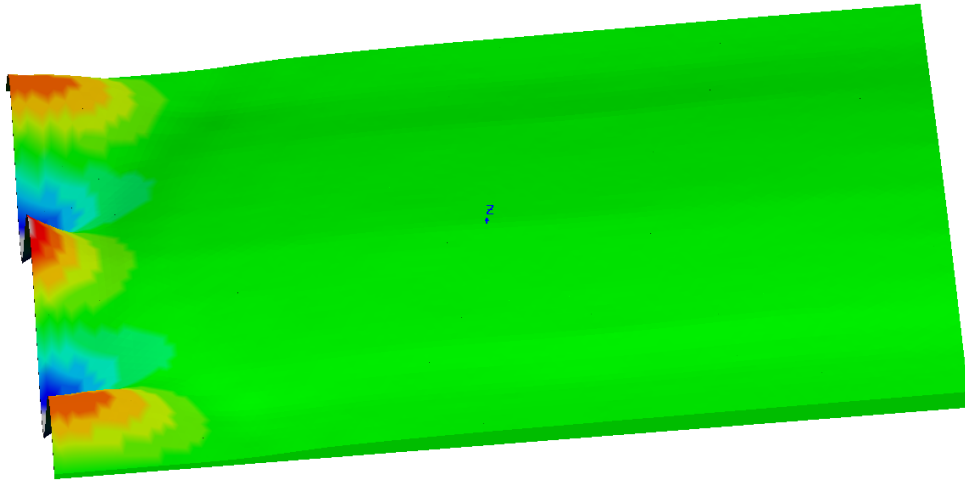


Figure 58: stud17 136.06 kHz

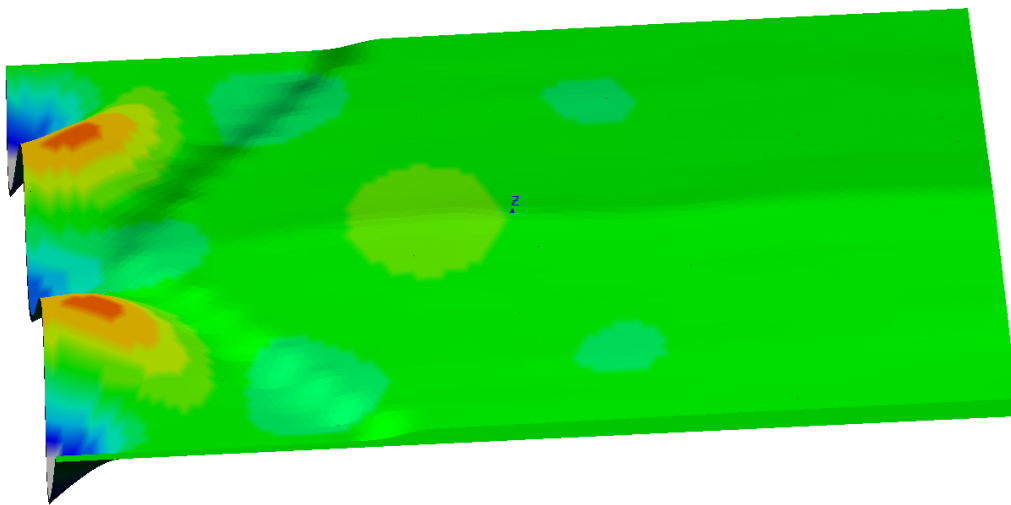


Figure 59: milan18 142.80 kHz

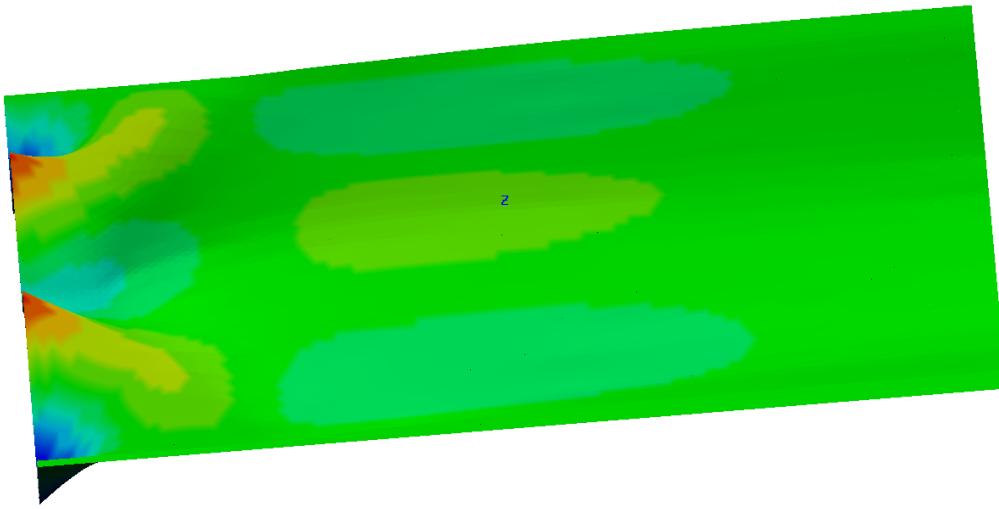


Figure 60: berlin18 146.56 kHz

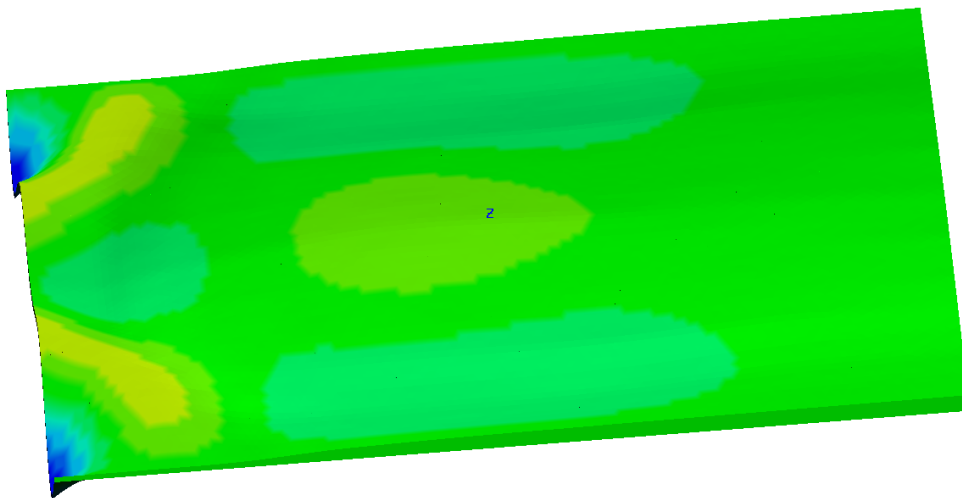


Figure 61: stud18 143.49 kHz