jugend forscht

Wettbewerb 2017

Schüler experimentieren

Projektbericht

Popcorn – Nicht nur ein Snack

Vorname:	David
Nachname:	Mohr
Geschlecht:	männlich
Klasse:	8a
Schulanschrift:	Städt. St. Michael-Gymnasium Markt 11 53902 Bad Münstereifel
Privatanschrift:	Selmenstraße 3 53881 Euskirchen

Regierungsbezirk der Schule: Köln

Abbildung 1: Die fünf fertigen Quader von links Styrodur, Styropor, Popcorn grob, Popcorn mittel und Popcorn fein (Quelle: eigenes Foto)

Kurzfassung

Dies ist das Folgeprojekt meiner Arbeit aus dem letzten Jahr, welche das Thema „Ist Popcorn ein alternativer Dämmstoff?“ trug.

In Zeiten der großen Diskussionen um den Klimawandel und seine Auswirkungen ist ein Umdenken in allen Lebensbereichen weiterhin notwendig.

Der bewusste und umweltverträgliche Umgang mit den Ressourcen bei der Herstellung von Materialien wie auch bei der Nutzung von Energie ist wichtiger denn je. Dabei spielen nachwachsende Rohstoffe eine immer bedeutendere Rolle.

Ich konnte die im letzten Jahr durchgeführten Messungen weiter optimieren und werde zusätzlich noch andere Messungen und Untersuchungen im Bereich Schallschutz an meinen selbstgebauten Versuchsquadern durchführen.

Nach meinen bisherigen Versuchen und Messungen komme ich zu dem Ergebnis, dass sich Popcorn als umweltfreundlicher Dämmstoff für verschiedene Anwendungsbereiche eignet, wobei sich die Herstellungsweise sicher immer noch optimieren lässt.

Inhaltsverzeichnis

Seite

Kurzfassung…… 2

1 Einleitung…… 4

1.1 Themenwahl…… 4

1.2 Literatur und Hilfsmittel…… 4

2 Hauptteil…… 5

2.1 Materialien und Methode…… 5

2.1.1 Popcorn…… 5

2.1.2 Polystyrol…… 7

2.2 Vorgehensweise…… 7

2.3 Versuche und Auswertung…… 10

2.4 Diskussion: Vor- und Nachteile von Popcorn und anderen Dämmmaterialien.. 17

3 Schluss…… 18

3.1 Fazit…… 18

3.2 Ausblick…… 18

3.3 Persönliche Erkenntnisse…… 18

4 Abbildungsverzeichnis…… 19

5 Tabellenverzeichnis…… 19

6 Diagrammverzeichnis…… 19

7 Quellen- und Literaturverzeichnis…… 19

1 Einleitung

1.1 Themenwahl

Manche Ideen entstehen durch Zufall. Und so entstand diese Projektidee beim letzten Wettbewerb ebenfalls durch einen Zufall, welcher dann wiederum den Gedanken in mir weckte, weitere Versuche durchzuführen, um ggf. doch Dinge ändern zu können, welche mich und wahrscheinlich viele andere Menschen stören oder vielleicht sogar ein wenig ärgern.

Ein Punkt davon ist der Kunststoff in unserem täglichen Leben. Er findet sich überall und soll sogar helfen, als Dämmstoff, umweltfreundlich zu bauen und Energie einzusparen.

Wenn ich unterwegs bin, sehe ich allein im näheren Umkreis ständig zahlreiche Baustellen, auf denen neue Gebäude, meist Einfamilienhäuser, entstehen. Viele dieser Häuser werden mit irgendwelchen Kunststoffplatten von außen gedämmt, meist Styrodur. Das gleiche gilt für die Renovierung von Altbauten. Die Dämmung ist notwendig, damit Energiekosten eingespart werden, nicht so viel Energie und damit kostbare Ressourcen verschwendet und der globalen Erwärmung entgegengewirkt wird.
In Zeiten der großen Diskussionen um den Klimawandel und seine Auswirkungen ist ein Umdenken in allen Lebensbereichen notwendig.
Dabei ist sowohl der bewusste und umweltverträgliche Umgang mit den Ressourcen bei der Herstellung von Materialien wie auch bei der Nutzung von Energie wichtiger denn je.

Insbesondere der unverantwortliche Umgang mit Kunststoffen, seine Verwendung in fast allen Lebensbereichen, die sehr eingeschränkten Möglichkeiten, die Verwendung von Kunststoff zu reduzieren oder gar zu vermeiden, wurde mir in vielen Fernsehbeiträgen bewusst. Familien, welche in Projekten für einige Zeit den Kunststoff aus ihrem Leben verbannen sollten, scheiterten kläglich. Selbst der Einkauf von Lebensmitteln ohne Kunststoffverpackung ist beinahe schon unmöglich.
Auf der anderen Seite erschrecken Berichte von riesigen Kunststoffmüll-Teppichen auf den Weltmeeren, welche sowohl das Wasser vergiften als auch eine lebensbedrohliche Gefahr für das Tierreich darstellen.

1.2 Literatur und Hilfsmittel

Welche Arten von Dämmplatten es bereits gibt und welche Dämmmaterialien vorwiegend verwendet werden, habe ich von meinem Vater erfahren, da dieser durch seine berufliche Tätigkeit im Baugewerbe häufig damit zu tun hat. Im Internet suchte ich nach brauchbaren Hinweisen zu meiner Idee und zum Popcorn im Allgemeinen. Am Ende meiner Arbeit habe ich die benutzten Quellen und die Literatur im Quellen- und Literaturverzeichnis zusammengestellt. Meine Eltern haben mir bei Problemen mit dem Bau der Prüfkörper Ratschläge und für die Verwendung der Maschinen (z.B. Stichsäge) eine Einweisung in die richtige Gerätebedienung gegeben. Für die Materialbeschaffung bin ich zusammen mit meinem Vater etliche Male im Baumarkt gewesen. Weitere Hilfen und Hilfsmittel habe ich nicht benutzt. Die Erkenntnisse, die ich aus den Experimenten gewonnen habe, stellen meine eigenen Überlegungen und Erkenntnisse dar.

2 Hauptteil

2.1 Materialien und Methode

2.1.1 Popcorn

Zunächst stellte sich mir die Frage, was bei der Popcornherstellung überhaupt geschieht und warum ein Maiskorn beim Erhitzen seine Eigenschaft auf diese interessante und leckere Art ändert. Ein Maiskorn besteht aus drei Teilen:

1. Der harten Hülle
2. Dem Pericarp (Fruchtwand)
3. Dem Keim und dem durchsichtigen Endosperm mit der Stärke

Das sogenannte Endosperm, das ist das im Mais enthaltene stärkehaltige Speichergewebe, besitzt eine nach außen hin feste und nach innen hin weiche Beschaffenheit. Im Endosperm ist Wasser gebunden. Werden die Maiskörner auf ca. 200°C erhitzt, ändert das Wasser seinen Aggregatzustand von flüssig zu gasförmig und es entsteht Wasserdampf. Wie ich schon wusste, nimmt Wasser als Dampf ein sehr viel größeres Volumen ein. Nach meinen Recherchen entsteht unter Normalbedingungen aus 1 ml Wasser unglaubliche über 1,6 l Dampf. Auch wenn Wasser normalerweise bereits bei 100°C siedet, bleibt es unter Druck trotz weiter steigender Temperatur flüssig. Die dichte Hülle des Maiskorns kann jedoch bei ca. 200°C dem Druck des im Maiskorn enthaltenen Wassers nicht mehr standhalten. Die Maiskornhülle platzt auf und die durch die Hitze und den Druck aufgeweichte Stärke dehnt sich in der schaumigen Struktur des Endospermgewebes äußerst schnell aus, kühlt jedoch unverzüglich ab und erstarrt.

Allerdings ist nur eine spezielle Maissorte (Zea mays convar, microsperma Koern) zur Herstellung von Popcorn geeignet, nämlich Puffmais. Puffmais hat gegenüber Futtermais eine zwar sehr dünne, aber dafür härtere und glasigere Schale. Teile dieser Schale bleiben oft nach der Herstellung von Popcorn an diesem haften. Wie ich bei der Herstellung von Popcorn im Popcorn-Automat festgestellt habe, ist Puffmais sehr ergiebig. Etwa 40 ml Puffmais ergeben ca. 1100 ml Popcorn. Das Volumen ist somit um den Faktor 27,5 angewachsen (Abbildung 2 und 3).

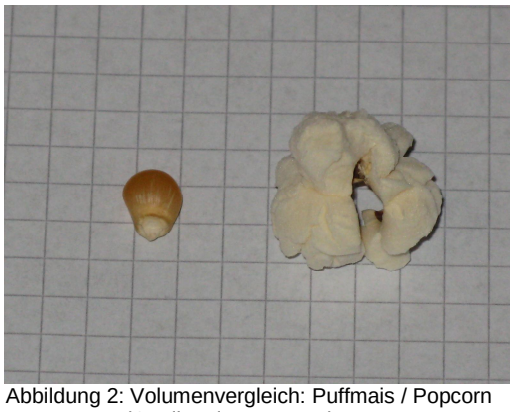
Abbildung 2: Volumenvergleich: Puffmais / Popcorn (Quelle: eigenes Foto)

Abbildung 3: Volumenvergleich: 40 ml Puffmais /1100 ml Popcorn (Quelle: eigenes Foto)

Sehr schlecht oder gar nicht möglich ist nach eigener Erfahrung die Herstellung von Popcorn mit Futtermais, der hauptsächlich zur Gewinnung von Stärke oder Viehfutter angebaut wird. Diese Maiskörner sind entweder zu trocken oder zu weich, wodurch das im Inneren gebundene, erhitzte Wasser nur wenig Druck aufbauen kann. Weist die Maiskornhülle Beschädigungen auf, kann das gespeicherte Wasser auch direkt durch Öffnungen bzw. Risse entweichen. Das Futtermaiskorn ist im vergleich zum Puffmaiskorn etwas größer (Abbildung 4).

Bei der Betrachtung des Popcorns unter meinem Mikroskop konnte ich bei einer 10-fachen Vergrößerung eine wabenartige Struktur sehen (Abbildung 5).

Abbildung 4: Vergleich Puffmais links / Futtermais rechts
(Quelle: eigenes Foto)

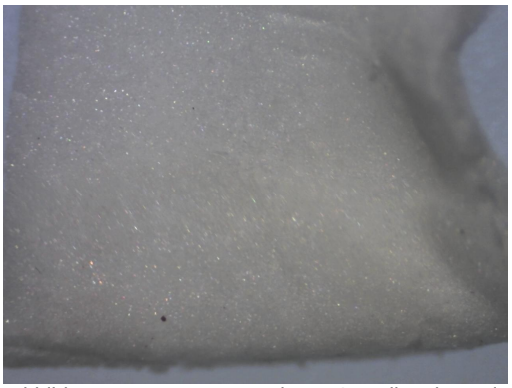

Abbildung 5: Popcorn unter dem USB-Mikroskop mit 10-facher Vergrößerung als Stärkeschaum
(Quelle: eigenes Foto)

Viel besser erkennt man die hexagonale Struktur unter dem Rasterelektronenmikroskop (Abbildung 6).

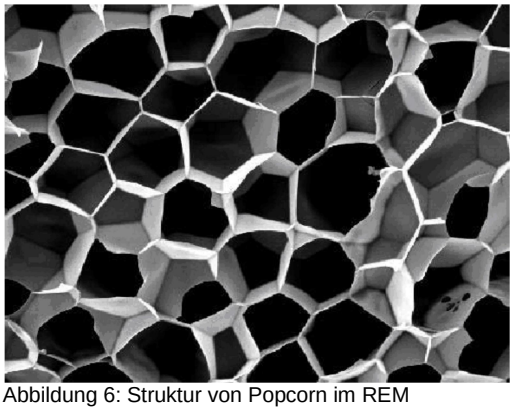

Abbildung 6: Struktur von Popcorn im REM
(Quelle: Prof. Dr. Peter Bützer: „Popcorn, Popcorn … a-maizing“)

In der Natur ist das Waben-Sechseck weit verbreitet. Nicht nur bei den Bienen- und Wespennestern findet man dieses hexagonale (sechseckige) Muster, sondern auch bei Molekülen, Kristallen und sogar bei Insektenaugen. Sechsecke benötigen bei gleicher Fläche weniger Platz als Kreise, da sie sich ohne Zwischenräume anordnen lassen. Diese raumsparenden Eigenschaften der Waben nutzt die Technik bei Katalysatoren und Kühlern. Überall wo es um Leichtbau geht, sei es in der Raumfahrt oder im Flugzeugbau, werden diese sogenannten „Honeycombs“ eingesetzt.

Diese Wabenstruktur erkennt man auch bei den Wärmedämmstoffen Styropor und Styrodur. Unter meinem LEICA DM 300 konnte ich bei 10-facher Vergrößerung diese Waben deutlich erkennen.

2.1.2 Polystyrol – eines der gebräuchlichen Materialien für Dämmstoffe

Polystyrol ist ein transparenter, geschäumter weißer, amorpher oder teilkristalliner Thermoplast. In der Bauindustrie werden expandiertes Polystyrol (EPS) und extrudiertes Polystyrol (XPS) als Schaumstoff eingesetzt. Ein sehr bekannter Handelsname für EPS ist Styropor. XPS ist beispielsweise unter dem Handelsnamen Styrodur bekannt.

Für mein Projekt wollte ich nicht nur Popcorn als Dämmmaterial untersuchen, sondern es auch mit den herkömmlichen, im Bau vorwiegend verwendeten Dämmmaterialien vergleichen. Nur so würde eine Wertung möglich sein, ob Popcorn in seinen Eigenschaften mit anderen Dämmstoffen überhaupt mithalten kann.
Für meine Experimente habe ich daher neben Popcorn sowohl Styropor mit einer Wärmeleitzahl λ = 0,04 W/mK als auch Styrodur mit einer Wärmeleitzahl λ = 0,035 W/mK verwendet. Die Wärmeleitfähigkeit – ausgedrückt durch die Wärmeleitzahl (λ) in Watt pro Meter mal Kelvin (W/mK) – beschreibt das Vermögen eines Baustoffes, thermische Energie mittels Wärmeleitung zu transportieren. Styrodur ist im Vergleich zu Styropor somit der bessere Wärmedämmstoff.

2.2 Vorgehensweise und Probleme

Zunächst musste ich nun Popcorn herstellen. Da das Popcorn für meine Versuche ohne jeglichen Zusatz von Zucker, Fett, Öl, Butter oder Salz hergestellt werden muss, eignete sich die Herstellung im Topf auf dem Herd nicht, da das Korn an einer Stelle anbrennen, jedoch nicht platzen würde, weil es nur an einer ganz kleinen Stelle Kontakt mit dem heißen Topfboden hat. Erst durch den Zusatz von Öl als gutem Wärmeleiter würde das Korn so gleichmäßig aufheizen, dass die Innentemperatur steigt und es schließlich platzt. Für die Herstellung von Popcorn für meinen Versuch bot sich daher ein sogenannter Popcorn-Automat an. Diesen haben meine Eltern für das Projekt besorgt.

Der Popcorn-Automat ist im Prinzip eine Heißluftmaschine und ähnelt in der Funktion einem Haarföhn. Anstelle der Austrittsdüse des Föhns hat der Popcorn-Automat eine kleine Schale zur Aufnahme der Maiskörner mit seitlichen Luftaustrittsöffnungen, durch die von unten heiße Luft geblasen wird. Das fertige Popcorn entweicht dann durch einen auf den Automat aufgesetzten Deckel mit Austrittsöffnung in eine Schale (Abbildung 7).

Abbildung 7: Popcorn-Automat (Quelle: eigenes Foto)

Als Prüfkörper hatte ich beim letzten Projekt drei Quader gebastelt, die für meine Versuche jeweils die sehr vereinfachte Form eines Gebäudes darstellen sollten und welche ich (als prima Nebeneffekt der Bastelarbeiten) auch später nach Abschluss des Projekts noch als kleine Hocker mit witzigem Popcorn- und Dämmplattendesign verwenden könnte, so dass das Projekt für mich auf jeden Fall nachhaltig sein würde.

Als Material für die Abdeckplatten des Rahmens der Quader verwendete ich 4mm starke Sperrholzplatten bzw. 2mm starke Hobbyglasplatten (Polystyrolglas) und 30 x 50 mm Fichtenholz (Dachlatten), Holzkleber, Schrauben und Kompriband für den abnehmbaren Deckel des Quaders. Für die Füllung nahm ich zunächst Popcorn, Styrodur und Styropor.

Boden-, Dach- und zwei Seitenflächen der Quader haben die Außenabmessungen 25 cm x 25 cm. Die beiden anderen Seitenflächen haben die Außenabmessungen 13,4 cm x 25 cm. Auf den 4 mm Sperrholzplatten mit den Abmessungen 25 cm x 25 cm und 13,4 cm x 25 cm befestigte ich zunächst jeweils einen Rahmen aus 30 x 50 mm Fichtenholz (Dachlatten) (Abbildung 8 und 9).

Abbildung 8: Zusammenbau der einzelnen 25 cm x 25 cm Elemente (Quelle: eigenes Foto)

Abbildung 9: Zusammenbau der einzelnen 13,4 cm x 25 cm Elemente (Quelle: eigenes Foto)

In die sechs Holzrahmen des ersten Quaders verteilte ich, sehr eng gepresst, das selbst gemachte Popcorn. Auf die Rahmen schraubte ich dann jeweils wieder eine Sperrholzplatte bzw. eine Hobbyglasplatte und fügte die einzelnen Elemente mit Hilfe von Holzkleber Stück für Stück passgenau zusammen (Abbildung 10).

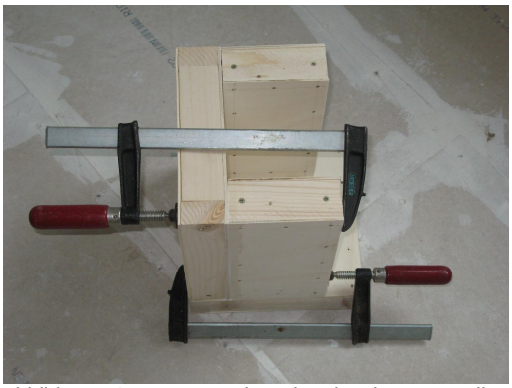

Abbildung 10: Zusammenbau der einzelnen Bauteile (Quelle: eigenes Foto)

Damit man später die verschiedenen Probewürfel schneller unterscheiden kann, verwendete ich für die Außenseite der Deckel jeweils eine 2 mm starke Plexyglasplatte. Zusätzlich brachte im Innern des

Prüfkörpers und auf einer Außenseite noch einen Aufkleber mit der jeweiligen Bezeichnung des Füllmaterials an. Vier Außenwände, Boden und Deckel waren auf diese Weise allesamt mit Popcorn gedämmt. Der Hohlraum der Quader sollte den Innenraum eines Hauses simulieren. Die Außenabmessungen der fertigen Quader betragen Länge x Breite x Höhe = 25 cm x 25 cm x 36,4 cm (0,4 cm + 5,0 cm + 0,4 cm + 25 cm + 0,4 cm + 5,0 cm + 0,2 cm = 36,4 cm zzgl. Kompriband). Das Kompriband habe ich zur besseren Abdichtung sowohl am Innen- als auch am Außenrand verwendet (Abbildung 11 und 12).

Abbildung 11: Fertiger Popcorn-Quader
(Quelle: eigenes Foto)

Abbildung 12: Fertiger Popcorn-Quader ohne Deckel
(Quelle: eigenes Foto)

Zum Vergleich bastelte ich einen zweiten Quader (mit den gleichen Maßen und dem gleichen Material), in dessen Rahmen ich genau zugeschnittene Styrodurplatten legte und einen dritten Quader mit Styropor (Abbildung 13).

Abbildung 13: Die drei ersten fertigen Quader von links
Styrodur, Popcorn und Styropor
(Quelle: eigenes Foto)

Nach den ersten Messungen zu den wärmedämmenden Eigenschaften musste ich leider feststellen, dass das Popcorn noch nicht den Wärmedämmeffekt erbrachte, den ich mir versprochen hatte. Beim Befüllen der einzelnen Teilflächen war mir schon aufgefallen, dass noch relativ große Luftzwischenräume zwischen den einzelen Popcörnern verblieben sind. Daher habe ich einen weiteren Prüfkörper mit den gleichen Abmessungen und Materialien gebastelt und wieder mit Popcorn befüllt. Diesmal habe ich allerdings die einzelenen Popcörner jeweils halbiert. Nach weiteren

Wärmedämmmessungen konnte ich schon eine Verbesserung der Wärmedämmeigenschaften feststellen. Jedoch war ich auch jetzt mit den Ergebnissen noch nicht ganz zufrieden, sodass ich einen weiteren Prüfquader bastelte. Hier habe ich dann alle Popcörner geviertelt. Bei diesem neuen Probequader ergab sich keine nochmalige Verbesserung der Wärmedämmeigenschaften. Die einzelen Popcorngrößen habe ich bei den folgenden Auswertungen folgendermaßen benannt:
Popcorn in seiner ursprünglichen Größe, so wie es aus dem Popcorn-Automat kommt (Popcorn grob), Popcorn halbiert (Popcorn mittel) und Popcorn geviertelt (Popcorn fein).
Letztendlich habe ich damit nun fünf Prüfkörper, die für alle folgenden Messungen eingesetzt werden (Abbildung 1).

2.3 Versuche und Auswertung

Um die Dämmeigenschaften meiner fünf Prüfquader im Hinblick auf Wärme und Schall zu testen, führte ich folgende Versuche durch.

2.3.1 Versuche zur Wärmedämmung

2.3.1.1 Messungen mit -20°C temperiertem Eis

Ich befüllte für diese Messung fünf Joghurtgläser mit jeweils 400 ml Wasser und stellte die Gläser anschließend für ca. 24 Stunden ins Gefrierfach. Bei der Entnahme aus dem Gefrierfach hatten die Gläser eine Temperatur von ca. -20°C. Ich positionierte ca. fünf Minuten vor Versuchsbeginn jeweils ein Glas in die Innenraummitte der fünf Versuchsquader. Für die Temeraturmessungen habe ich Mini-Datenlogger mit der Bezeichnung testo 174T verwand, die ich vor ihrem Einsatz noch programmieren musste. Die Logger waren mittig auf der Innenseite des Prüfkörperdeckels mithilfe von doppelseitigen Selbstklebestrips befestigt. Gemessen wurde der Temperaturverlauf im Innern des Prüfkörpers über einen Zeitraum von 24 Stunden mit einem Messtakt von 1 Minute, sodass ich über diesen Zeitraum jeweils 1441 Messwerte erhalten habe. Die Raumtemperatur, in dem die Prüfquader standen, betrug ca. 17,5°C. Die Prüfquader habe ich schachbrettartig im Raum aufgestellt, um gegenseitige Beeinträchtigungen zu vermeiden (Abbildung 14).

2.3.1.2 Messungen mit 80°C temperiertem Wasser

Ich befüllte für diese Messung fünf Joghurtgläser mit jeweils 400 ml gekochtem Wasser. Das Wasser hatte beim Befüllen der Gläser eine Temperatur von ca. 80°C. Ich positionierte ca. fünf Minuten vor Versuchsbeginn jeweils ein Glas in die Innenraummitte der fünf Versuchsquader. Für die Temeraturmessungen habe ich wieder Mini-Datenlogger mit der Bezeichnung testo 174T verwendet, die ich vor ihrem Einsatz wieder programmieren musste. Die Logger waren mittig auf der Innenseite des Prüfkörperdeckels mithilfe von doppelseitigen Selbstklebestrips befestigt. Gemessen wurde der Temperaturverlauf im Innern des Prüfkörpers über einen Zeitraum von 24 Stunden mit einem Messtakt von 1 Minute, sodass ich über diesen Zeitraum jeweils 1441 Messwerte erhalten habe. Die Raumtemperatur, in dem die Prüfquader standen, betrug ca. 17,5°C. Die Prüfquader habe ich auch hier wieder schachbrettartig im Raum aufgestellt (Abbildung 14).

Abbildung 14: Anordnung der Prüfquader bei den Messungen (Quelle: eigenes Foto)

2.3.2 Versuche zur Schalldämmung

Die Schallpegelmessungen habe ich mit dem testo 816-1 durchgeführt. Das testo 816-1 ist ein Schallpegel-Messgerät mit einem Messbereich von 30 bis 130 dB, zwei Zeitbewertungen (fast und slow) zwei Frequenzbewertungen (dB(A) und dB(C)), Minimalwert / Maximalwert-Funktion, Einzelwertspeicherung und Messreihenspeicherung. Messeinstellungen und –ergebnisse werden auf dem LCD-Display angezeigt. Die Messdaten wurden über eine PC-Schnittstelle an meinen Laptop übertragen, wo ich sie dann weiter bearbeiten konnte. Für meine Schallpegelmessungen habe ich die Frequenzbewertung A verwendet. Diese Bewertung entspricht dem Schalldruckempfinden des menschlichen Ohres.

2.3.2.1 Schallpegelmessungen mit dem Musikstück 1 und 2

Das Musikstück 1 habe ich gewählt, weil es zum Teil auch sehr viele tiefe Töne und damit kleine Frequenzen hat. Das Musikstück 2 hat dementsprechend eher mehr hohe Töne und damit größere Frequenzen. Somit hoffe ich für meine Messungen zunächst alle relevanten Frequenzen abgedeckt zu haben. Für die Bauakustik ist der Bereich von 100 Hz bis 3150 Hz interessant. Um Messfehler so gering als möglich zu halten, habe ich das Schallpegel-Messgerät auf einem Stativ befestigt.

Abbildung 15: Anordnung der Prüfquader und des Schallpegel-Messgerätes (Quelle: eigenes Foto)

2.3.3 Auswertung Wärmedämmung

Messungen mit -20°C temperiertem Eis					
	Popcorn grob	Popcorn mittel	Popcorn fein	Styropor	Styrodur
	1. Messung				
Startzeit	08.01.2017 14:30:00				
Endzeit	09.01.2017 14:30:00				
Temperatur [°C]					
Versuchsende	**13,9**	**13,3**	**13,2**	**13,1**	**13,1**
Minimum	**13,4**	**12,8**	**12,6**	**12,4**	**12,3**
Mittelwert	**13,6**	**13,0**	**13,0**	**12,9**	**12,8**
	2. Messung				
Startzeit	12.01.2017 19:00:00				
Endzeit	13.01.2017 19:00:00				
Temperatur [°C]					
Versuchsende	**13,6**	**13,1**	**13,3**	**13,0**	**12,8**
Minimum	**12,9**	**12,4**	**12,5**	**11,9**	**11,7**
Mittelwert	**13,2**	**12,8**	**13,0**	**12,6**	**12,4**
	Mittelwerte Temperaturen aus Messung 1-2				
Temperatur [°C]					
Versuchsende	**13,8**	**13,2**	**13,3**	**13,1**	**13,0**
Minimum	**13,2**	**12,6**	**12,6**	**12,2**	**12,0**
Mittelwert	**13,4**	**12,9**	**13,0**	**12,8**	**12,6**

Tabelle 1: Temperaturmessungen im Innenraum der Prüfkörper mit -20°C temperiertem Eis

Messungen mit 80°C temperiertem Wasser					
	Popcorn grob	Popcorn mittel	Popcorn fein	Styropor	Styrodur
	1. Messung				
Startzeit	10.01.2017 20:00:00				
Endzeit	11.01.2017 20:00:00				
Temperatur [°C]					
Maximum	**41,0**	**41,7**	**41,0**	**43,1**	**43,6**
Minimum	**17,2**	**17,6**	**17,4**	**17,4**	**17,2**
Mittelwert	**22,4**	**23,0**	**23,1**	**23,2**	**23,2**
	2. Messung				
Startzeit	13.01.2017 21:00:00				
Endzeit	14.01.2017 21:00:00				
Temperatur [°C]					
Maximum	**42,4**	**44,2**	**43,6**	**45,0**	**45,5**
Minimum	**17,2**	**17,5**	**17,5**	**17,1**	**17,6**
Mittelwert	**22,5**	**23,3**	**23,4**	**23,0**	**23,7**
	Mittelwerte Temperaturen aus Messung 1-2				
Temperatur [°C]					
Maximum	**41,7**	**43,0**	**42,3**	**44,1**	**44,6**
Minimum	**17,2**	**17,6**	**17,5**	**17,3**	**17,4**
Mittelwert	**22,5**	**23,2**	**23,3**	**23,1**	**23,5**

Tabelle 2: Temperaturmessungen im Innenraum des Prüfkörpers mit 80°C temperiertem Wasser

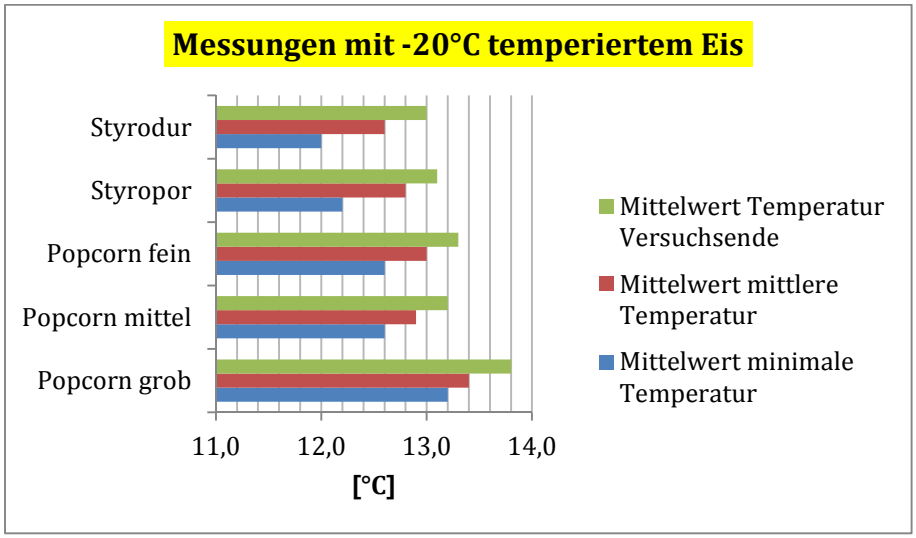

Diagramm 1: Temperaturmessungen im Innenraum der Prüfkörper mit -20°C temperiertem Eis

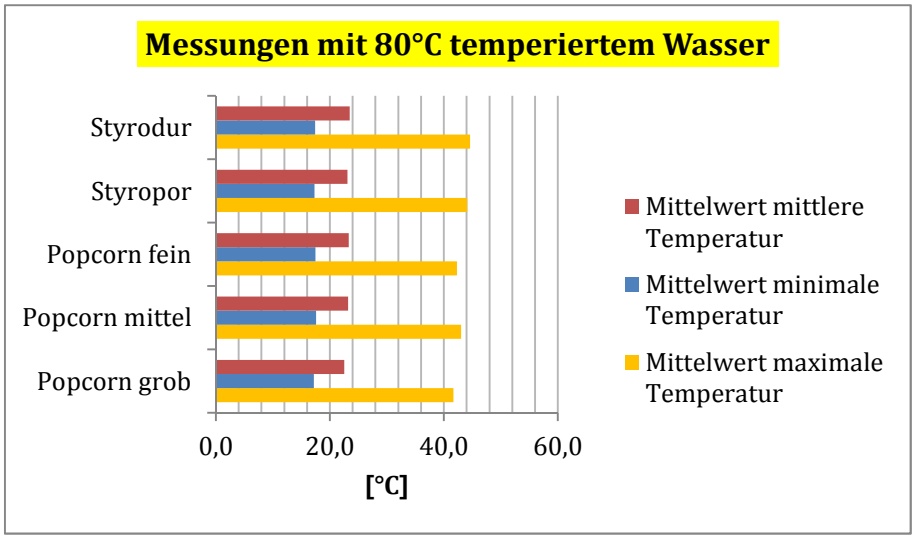

Diagramm 2: Temperaturmessungen im Innenraum des Prüfkörpers mit 80°C temperiertem Wasser

Im Diagramm 1 wurden die arithmetischen Mittel aus zunächst zwei Messungen dargestellt (Tabelle 1). Die Datenlogger ermittelten die minimalen, maximalen und die Mittelwerte aller gemessenen Temperaturen für jeden der fünf Prüfkörper. Die Darstellung der maximal gemessenen Temperaturen habe ich weggelassen, da sie hier nicht relevant sind. Aufgenommen habe ich noch die Temperaturen, die bei dem jeweiligen Versuchsende von den Datenloggern gemessen wurden. Bei dieser Versuchsreihe eignet sich das Dämmmaterial am besten, dass bei den Messungen die geringsten Messwerte zeigt. Im Diagramm 2 wurden ebenfalls die arithmetischen Mittel aus zunächst zwei Messungen dargestellt (Tabelle 2). Die Datenlogger ermittelten auch hier die maximalen, minimalen und die Mittelwerte aller gemessenen Temperaturen für jeden der fünf Prüfkörper. Bei dieser Versuchsreihe stimmen die minimal gemessenen Temperaturen mit den Temperaturen am Versuchsende überein. Anders als bei Diagramm 1 ist hier das Dämmmaterial am besten geeignet, dass bei den einzelnen Messwerten die höchsten gemessenen Temperaturen zeigt.

Bei der Auswertung beider Diagramme erkennt man, dass sowohl „Popcorn mittel“ als auch „Popcorn fein“ in der Lage sind mit den herkömmlichen Wärmedämmstoffen Styropor und Styrodur zu konkurieren.

2.3.4 Auswertung Schalldämmung

Musikstück 1 „Auf uns“ von Andreas Bourani					
	Popcorn grob	Popcorn mittel	Popcorn fein	Styropor	Styrodur
	1. Messung				
Tag	06.01.2017	05.01.2017	05.01.2017	03.01.2017	03.01.2017
Startzeit	19:30:19	18:56:47	19:27:50	19:31:53	17:55:10
Endzeit	19:34:09	19:00:37	19:31:40	19:35:43	17:59:00
Schallpegel [dB(A)]					
Maximum	**65,9**	**68,3**	**71,5**	**72,8**	**75,9**
Minimum	**36,6**	**50,3**	**43,4**	**48,6**	**51,5**
Mittelwert	**55,6**	**63,1**	**64,0**	**64,1**	**64,4**
	2. Messung				
Tag	06.01.2017	05.01.2017	05.01.2017	03.01.2017	03.01.2017
Startzeit	19:35:06	19:01:12	19:32:20	19:36:14	17:59:33
Endzeit	19:38:56	19:05:02	19:36:10	19:40:04	18:03:23
Schallpegel [dB(A)]					
Maximum	**66,2**	**69,2**	**72,7**	**70,9**	**74,5**
Minimum	**39,3**	**50,0**	**48,5**	**44,5**	**50,9**
Mittelwert	**56,0**	**63,3**	**63,9**	**64,0**	**64,4**
	3. Messung				
Tag	06.01.2017	05.01.2017	05.01.2017	03.01.2017	03.01.2017
Startzeit	19:39:25	19:06:11	19:36:51	19:41:22	18:03:55
Endzeit	19:43:15	19:10:01	19:40:41	19:45:12	18:07:45
Schallpegel [dB(A)]					
Maximum	**65,9**	**69,2**	**71,6**	**71,6**	**71,8**
Minimum	**41,1**	**47,1**	**41,7**	**48,0**	**32,4**
Mittelwert	**55,8**	**63,1**	**63,9**	**63,9**	**63,8**
	4. Messung				
Tag	06.01.2017	05.01.2017	05.01.2017	03.01.2017	03.01.2017
Startzeit	19:44:35	19:16:58	19:41:11	19:47:11	18:08:55
Endzeit	19:48:25	19:20:48	19:45:01	19:51:01	18:12:45
Schallpegel [dB(A)]					
Maximum	**63,9**	**66,0**	**71,8**	**71,3**	**75,6**
Minimum	**38,6**	**44,3**	**40,1**	**52,5**	**51,1**
Mittelwert	**55,8**	**59,4**	**64,2**	**63,9**	**64,3**
	5. Messung				
Tag	06.01.2017	05.01.2017	05.01.2017	03.01.2017	03.01.2017
Startzeit	19:49:04	19:21:16	19:49:20	19:51:24	18:13:28
Endzeit	19:52:54	19:25:06	19:53:10	19:55:14	18:17:18
Schallpegel [dB(A)]					
Maximum	**65,6**	**65,1**	**71,3**	**71,0**	**74,6**
Minimum	**40,9**	**42,9**	**44,2**	**51,8**	**51,3**
Mittelwert	**55,9**	**59,4**	**64,2**	**63,8**	**64,0**
	Mittelwerte Schallpegel aus Messung 1-5				
Maximum [dB(A)]	**65,5**	**69,2**	**71,8**	**71,5**	**74,5**
Minimum [dB(A)]	**39,3**	**47,1**	**43,6**	**49,1**	**47,4**
Mittelwert [dB(A)]	**55,8**	**63,1**	**64,0**	**63,9**	**64,2**

Tabelle 3: Auswertung Schallpegel Musikstück 1

Musikstück 2 Giuseppe Torelli (1658-1709) Konzert für Trompete und Orchester in D-Dur Allegro					
	Popcorn grob	Popcorn mittel	Popcorn fein	Styropor	Styrodur
	1. Messung				
Tag	06.01.2017	03.01.2017	03.01.2017	03.01.2017	03.01.2017
Startzeit	20:03:30	12:26:01	12:26:01	13:11:21	13:33:03
Endzeit	20:05:30	12:28:01	12:28:01	13:13:21	13:35:03
Schallpegel [dB(A)]					
Maximum	**44,9**	**54,5**	**54,2**	**55,4**	**55,7**
Minimum	**30,2**	**34,3**	**34,3**	**33,2**	**35,0**
Mittelwert	**36,6**	**42,5**	**43,9**	**44,3**	**44,4**
	2. Messung				
Tag	06.01.2017	03.01.2017	03.01.2017	03.01.2017	03.01.2017
Startzeit	20:06:06	12:45:11	12:59:54	13:13:53	13:35:59
Endzeit	20:08:06	12:47:11	13:01:54	13:15:53	13:37:59
Schallpegel [dB(A)]					
Maximum	**44,4**	**53,5**	**54,8**	**54,6**	**55,3**
Minimum	**30,0**	**32,9**	**36,1**	**36,1**	**34,9**
Mittelwert	**36,4**	**42,6**	**43,7**	**44,4**	**44,5**
	3. Messung				
Tag	06.01.2017	03.01.2017	03.01.2017	03.01.2017	03.01.2017
Startzeit	20:08:29	12:47:48	13:02:30	13:17:44	13:38:49
Endzeit	20:10:29	12:49:48	13:04:30	13:19:44	13:40:49
Schallpegel [dB(A)]					
Maximum	**48,5**	**53,7**	**55,3**	**57,9**	**54,5**
Minimum	**29,7**	**32,1**	**34,5**	**34,6**	**33,9**
Mittelwert	**37,0**	**42,4**	**44,3**	**44,5**	**44,1**
	4. Messung				
Tag	06.01.2017	03.01.2017	03.01.2017	03.01.2017	03.01.2017
Startzeit	20:11:15	12:50:30	13:05:10	13:26:29	13:41:16
Endzeit	20:13:15	12:52:30	13:07:10	13:28:29	13:43:16
Schallpegel [dB(A)]					
Maximum	**45,2**	**52,7**	**55,1**	**55,0**	**54,0**
Minimum	**29,5**	**32,5**	**34,6**	**35,3**	**31,6**
Mittelwert	**36,4**	**42,5**	**43,9**	**44,2**	**43,9**
	5. Messung				
Tag	06.01.2017	03.01.2017	03.01.2017	03.01.2017	03.01.2017
Startzeit	20:13:36	12:53:25	13:07:42	13:29:15	13:46:56
Endzeit	20:15:36	12:55:25	13:09:42	13:31:15	13:48:56
Schallpegel [dB(A)]					
Maximum	**47,9**	**53,6**	**56,1**	**54,9**	**54,1**
Minimum	**30,1**	**34,1**	**35,1**	**36,5**	**33,6**
Mittelwert	**37,0**	**42,5**	**44,3**	**44,2**	**44,7**
	Mittelwerte Schallpegel aus Messung 1-5				
Maximum [dB(A)]	**46,2**	**53,6**	**55,1**	**55,6**	**54,7**
Minimum [dB(A)]	**29,9**	**33,2**	**34,9**	**35,1**	**33,8**
Mittelwert [dB(A)]	**36,7**	**42,5**	**44,0**	**44,3**	**44,3**

Tabelle 4: Auswertung Schallpegel Musikstück 2

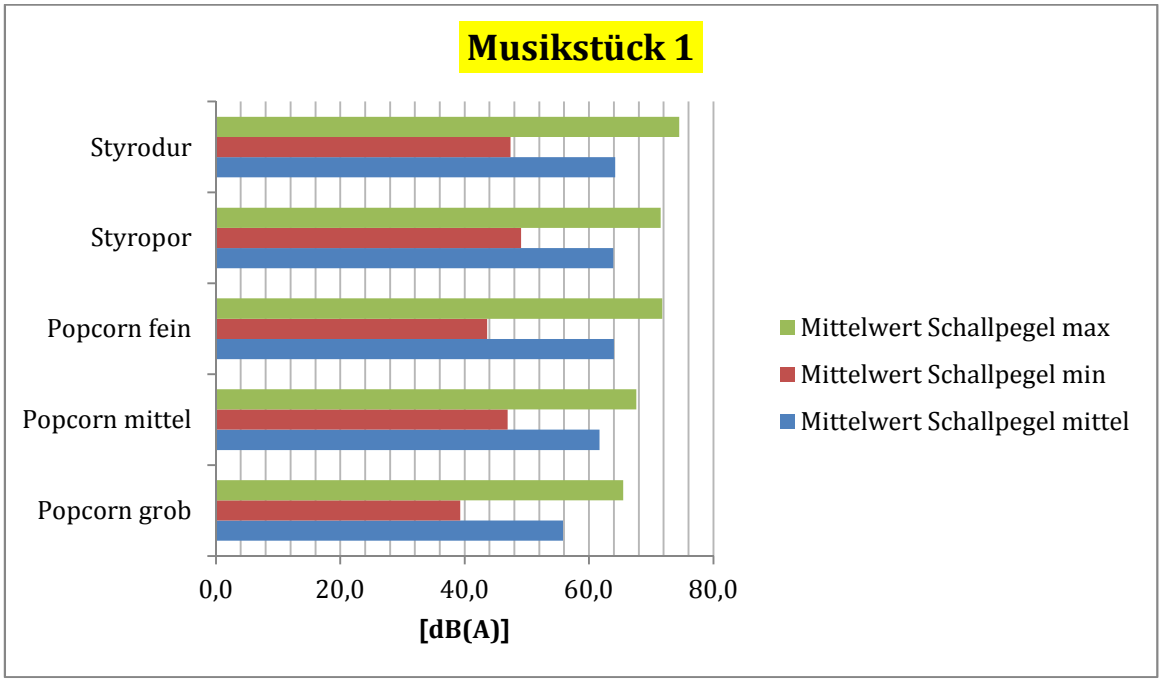

Diagramm 3: Auswertung Schallpegel Musikstück 1

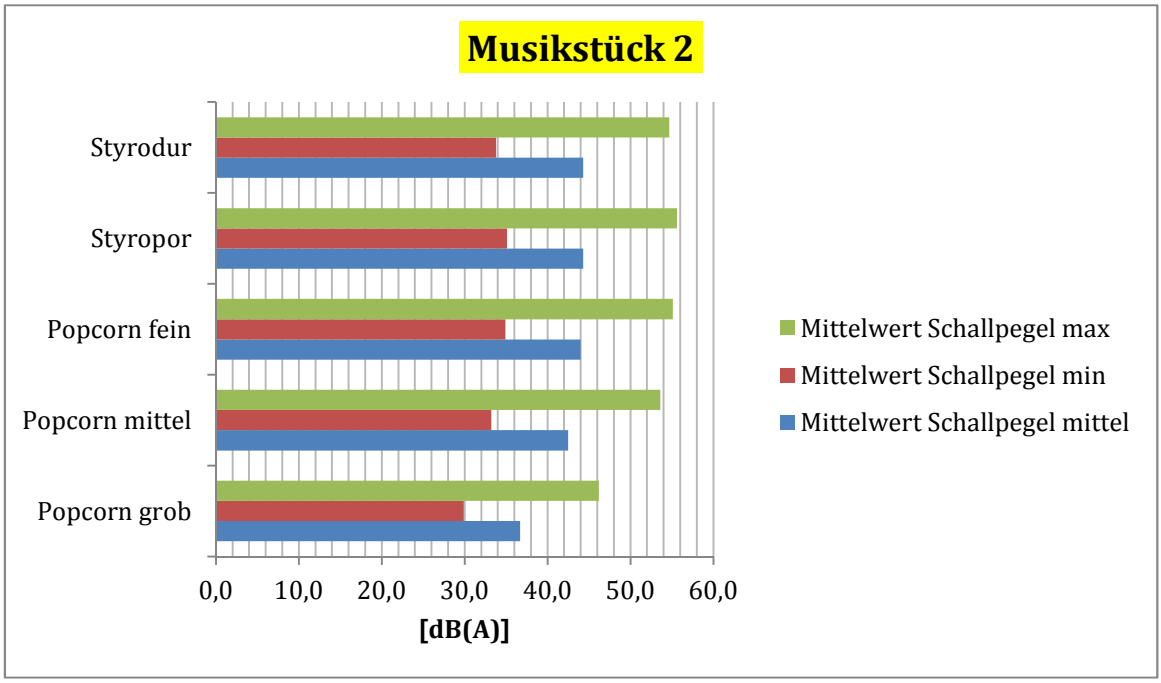

Diagramm 4: Auswertung Schallpegel Musikstück 2

Die Diagramme zeigen auf der x-Achse (horizontale Achse) den jeweiligen Schallpegel in dB(A) und auf der y-Achse die verwendeten Materialen bei den Probekörpern.

Bei beiden Diagrammen sieht man, dass der Probekörper mit dem ganz „normalen“ Popcorn (Popcorn grob) schalltechnisch am besten abschneidet, da hier alle von mir gemessenen Schallpegel die geringsten Werte aufzeigen. Das heißt, dass die Schalldämmung bei dem Probekörper „Popcorn grob“ von den fünf getesteten Probekörpern am besten funktioniert.

2.4 Diskussion: Vor- und Nachteile von Popcorn und anderen Dämmmaterialien

Popcorn

Vorteile:

- Popcorn ist umweltfreundlich.
- Popcorn ist eine nachwachsende Recource.
- Für die Herstellung wird zwar Energie in Form von Hitze / Strom benötigt. Das Gleiche gilt jedoch auch für Polystyrol als Ausgangsprodukt für Styropor und Styrodur.
- Bei der Herstellung und Entsorgung von Popcorn entstehen keine giftigen Gase.
- Die Entsorgung von Popcorn ist ebenfalls umweltfreundlich, da es kompostierbar ist und dabei wertvoller, ökologischer Dünger bzw. nährstoffhaltiger Boden entsteht.
- Weiterhin kann es noch als Tierfutter genutzt werden.
- Für die Herstellung wird relativ wenig Maiskorn benötigt, da sich das Volumen bei der Herstellung des gepoppten Korns um ein Vielfaches vergrößert.

Nachteile:

- Popcorn hat einen etwas niedrigeren Dämmwert als Styrodur.
- Die Herstellungskosten dürften derzeit noch relativ hoch sein.

Styropor und Styrodur

Vorteile:

- Styropor und Styrodur kann zu Platten gepresst und individuell zugeschnitten werden.
- Die Dämmeigenschaften von Styrodur schneiden im Vergleich am besten ab.
- Styropor und Styrodur sind sehr langlebig.

Nachteile:

- Styropor und Styrodur sind zwar beständig gegen Wassereinwirkung, verrotten jedoch, wenn sie UV-Strahlung ausgesetzt werden.
- Styropor und Styrodur verspröden unter Lichteinwirkung relativ schnell und neigen dann zur Spannungsrissbildung.
- Styropor wird wegen Verschmutzungen und Vermischungen kaum recycelt.

3 Schluss

3.1 Fazit

1. Bei den Versuchen zur Schallpegelmessung fiel mir durch nicht plausible Messwerte auf, dass ein Prüfkörper nicht sorgfältig genug von mir zusammengebaut worden war. Daher habe ich den kompletten Prüfquader noch einmal gebaut. Bei den anschließenden Messungen mit dem Schallpegelmessgerät ergab das eine Verbesserung des Schallpegels von 3 dB(A). Dies war aber auch ohne Schallpegelmesser deutlich hörbar.

2. Da heute bereits schon Verpackungsmaterial mit Popcorn hergestellt wird, wäre eine Herstellung von Popcornplatten als Wärmedämmplatten ebenfalls möglich. Auch wäre eine Herstellung einer Sandwichplatte mit Popcorn in der Mitte vorstellbar. Denkbar wäre auch der Einsatz im Holzbau mit Ständerbauweisen. Hier könnte das Popcorn in die Hohlräume eingeblasen werden.

3. Mais ist eine Ressource, welche nachwächst und damit umweltfreundlich ist. Insbesondere bei der Entsorgung würde Mais den Wettbewerb mit den Industriedämmstoffen in allen Bereichen gewinnen und als Kompost sogar noch für den Garten- und Ackerbau als wertvoller „Müll“ dienen können.

3.2 Ausblick

Da es sicher immer noch Verbesserungsmöglichkeiten gibt, werde ich weiter experimentieren und darüber nachdenken, wie Wärme- bzw. Schalldämmmaterial aus Popcorn optimiert werden und eine praktische Awendung finden kann, um auch in der Praxis als umweltfreundliche und wirtschaftliche Alternative zu den herkömmlichen Materialien eingesetzt werden zu können. Anlässlich des Regionalwettbewerbs in Düsseldorf am 08.03.2017 würde ich im Fall einer Einladung ein Modell für eine praktische Anwendung vorstellen wollen. Bis zur Präsentation versuche ich die Schallpegel auch frequenzabhängig zu messen und werde weitere Messungen durchführen, die meine bisherigen Ergebnisse hoffentlich bestätigen.

3.3 Persönliche Erkenntnisse

Es war sehr spannend, selber einmal mit Erkenntnissen aus der Natur im Bereich der Technik zu arbeiten. Die Experimente haben mir sehr viel Spaß gemacht, weil neben der Erforschung und Erprobung von natürlichen Dämmstoffen als Ergebnis auch für andere Bereiche nützliche Gegenstände dabei entstanden sind. Ich habe allerdings auch festgestellt, dass es von einer Idee bis zur sinnvollen und effektiven Umsetzung ein langer Prozess ist, der immer noch verbessert und überarbeitet werden muss. Daneben musste ich feststellen, dass es notwendig ist, sehr präzise zu arbeiten, um aussagekräftige Ergebnisse zu erhalten, da zum Beispiel schon kleinste Undichtigkeiten zu völlig falschen Ergebnissen führen.

4 Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1 : Die fünf fertigen Quader von links Styrodur, Styropor, Popcorn grob, mittel und fein.. 1
Abbildung 2 : Volumenvergleich: Puffmais / Popcorn…… 5
Abbildung 3 : Volumenvergleich: 40 ml Puffmais / 1100 ml Popcorn…..... 5
Abbildung 4 : Vergleich Puffmais links / Futtermais rechts…….. 6
Abbildung 5 : Popcorn unter dem USB-Mikroskop mit 10-facher Vergrößerung als Stärkeschaum.. 6
Abbildung 6 : Struktur von Popcorn im REM…… 6
Abbildung 7 : Popcorn-Automat……..... 7
Abbildung 8 : Zusammenbau der einzelnen 25 cm x 25 cm Elemente…… 8
Abbildung 9 : Zusammenbau der einzelnen 13,4 cm x 25 cm Elemente…… 8
Abbildung 10 : Zusammenbau der einzelnen Bauteile…….. 8
Abbildung 11 : Fertiger Popcorn-Quader……..... 9
Abbildung 12 : Fertiger Popcorn-Quader ohne Deckel……..... 9
Abbildung 13 : Die drei ersten fertigen Quader von links Styrodur, Popcorn und Styropor…….. 9
Abbildung 14 : Anordnung der Prüfquader bei den Messungen…… 11
Abbildung 15 : Anordnung der Prüfquader und des Schallpegel-Messgerätes…… 11

5 Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Temperaturmessungen im Innenraum der Prüfkörper mit -20°C temperiertem Eis…….. 12
Tabelle 2: Temperaturmessungen im Innenraum der Prüfkörper mit 80°C temperiertem Wasser…... 12
Tabelle 3: Auswertung Schallpegel Musikstück 1…… 14
Tabelle 4: Auswertung Schallpegel Musikstück 2…..... 15

6 Diagrammverzeichnis

Diagramm 1: Temperaturmessungen im Innenraum der Prüfkörper mit -20°C temperiertem Eis…… 13
Diagramm 2: Temperaturmessungen im Innenraum der Prüfkörper mit 80°C temperiertem Wasser.. 13
Diagramm 3: Auswertung Schallpegel Musikstück 1…… 16
Diagramm 4: Auswertung Schallpegel Musikstück 2…..... 16

7 Quellen- und Literaturverzeichnis

Bücher: Keine

Zeitschriftenartikel und Aufsätze:

Prof. Dr. Peter Bützer: „Popcorn, Popcorn … a-maizing“, Pädagogische Hochschule St. Gallen, Chemie 2007-05-30

Internetseiten:

http://www.wikipedia.org/wiki/Popcorn, 29.12.2016

http://www.wikipedia.org/wiki/Polystyrol, 29.12.2016