



*Städtisches  
St. Michael-Gymnasium  
Bad Münstereifel*

# Die Erfrierschutzmatte

Ein Projekt von Elisa Heymann

Schülerin der Schule Städtisches St. Michael-Gymnasium Bad Münstereifel

Begleitet von Dennis Nebe

Wettbewerb 2021

## Die Erfrierschutzmatte

Die ursprüngliche Idee war, mit Hilfe eines Parabolspiegels und einem Solarpanel möglichst viel Energie umzuwandeln und zu speichern. Die einzelnen Bestandteile speichern und wandeln jedoch nur die Wärme- oder die Lichtenergie um, nicht aber beides. Durch geschickte Kombination hätte jedoch beides gespeichert werden sollen – so die ursprüngliche Projektidee. Dabei hat sich das Problem der effektiven Speicherung gestellt, da eine möglichst umweltfreundliche Speicherung erfolgen soll und standardmäßige Akkumulatoren somit herausfallen. Als Lösung für eben dieses Problem kamen mir Latentwärmespeicher in den Sinn. Im Genaueren ein Natriumacetat-Wasser-Gemisch. Natriumacetat ist einfach zu synthetisieren und birgt weder in der Synthese, noch in der Aufbewahrung oder in der Entsorgung umwelttechnische Probleme. Nach einigen Tests mit diesem Gemisch und nach einiger Recherche, stellte sich jedoch heraus, dass große Mengen des Gemisches von Nöten wären, um ausreichend Wärme zu speichern<sup>1</sup>.

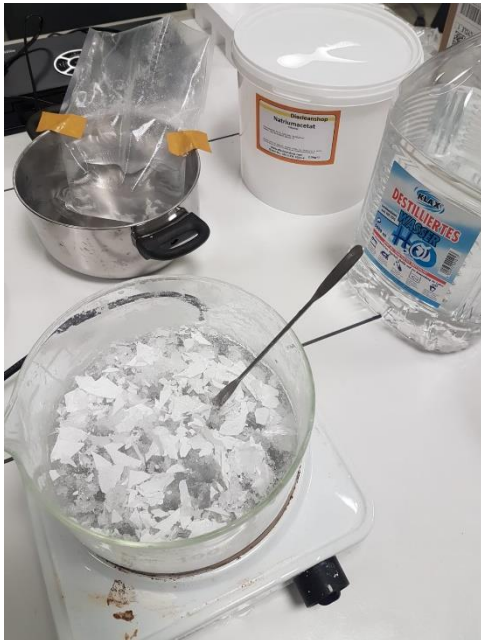


Abbildung 1: Natriumacetat in fester, flüssiger und Übergangsform

Als Lösung dieses Problems haben wir uns für ein kleineres System entschieden, bei dem die Energie zwar nicht hauptsächlich aus Solarenergie gewonnen wird, jedoch in einem System umweltfreundlich gespeichert wird und durch geringen Aufwand von der benutzenden Person wiederaufgeladen werden kann. Zudem wird jegliche elektrische Energie durch ein Solarpanel gewonnen. Die finale Idee des Systems kam uns, da es immer wieder Meldungen von Obdachlosen gibt, welche auf Grund von fehlender Initialwärme nicht von einem einfachen Schlafsack vor der Kälte geschützt werden und somit an einem Kältetod sterben<sup>2 3</sup>. Das System ist demnach nicht gedacht, um die ganze Nacht über

<sup>1</sup> Internet: <http://www.phydid.de/index.php/phydid-b/article/viewFile/557/704> aufgerufen am 11.01.2021, 12:02 Uhr

<sup>2</sup> Internet: <https://www.maz-online.de/Nachrichten/Panorama/Grafiken-Ende-Januar-bereits-mehr-Kaeltetote-als-sonst-in-einem-ganzen-Winter> aufgerufen am 11.01.2021, 12:26 Uhr

<sup>3</sup> Internet: <https://m.haz.de/Hannover/Aus-der-Stadt/Hannover-Obdachloser-erfriert-am-Kroepcke> aufgerufen am 11.01.2021, 12:27 Uhr

Energie zu liefern und die Person die Nacht über warm zu halten, sondern um Initialwärme zu spenden und diese mit Hilfe von Schlafsäcken und Rettungsdecken zu speichern.

## I. Was muss das System können?

Vor dem eigentlichen Entwurf des Systems wurden zunächst Überlegungen angestellt, was für Anforderungen das zu entwickelnde System erfüllen muss.

Folgendes muss das System leisten:

1. leicht, mobil und transportabel sein.
2. einfach und sicher in der Anwendung sein.
3. isolierend sein.
4. nachhaltig und wiederverwendbar sein.
5. autonom nutzbar sein. → Aufladung des Wärmespeichers und Energie für die Pumpe müssen ohne Netzanschluss gegeben sein.

## II. Aufbau

Das System besteht aus einer Isomatte, in welche ein PVC-Schlauch eingelassen wurde. Dieser ist über eine Pumpe mit einem Topf verbunden und führt auch wieder in diesen, welcher Wasser enthält. Damit entsteht ein geschlossener Wasserkreislauf. Der PVC-Schlauch ist in Wellen in die Matte eingelassen, um möglichst viel Fläche mit dem Schlauch zu bedecken. In dem Topf befindet sich ein Wärmepad aus Natriumacetat und Wasser, welches bei Bedarf Wärme an das Wasser abgibt und damit die Matte heizt. Die Pumpe ist zudem mit einem Akkumulator verbunden, welcher tagsüber mit einem Solarpanel aufgeladen wird. Der Topf ist gemeinsam mit dem Solarpanel und dem Akkumulator in Styropor gefasst, um eine Isolierung zu gewährleisten. Aus dieser Fassung ist der Topf leicht zu entnehmen, um das Wärmepad in einem Wasserbad über einem Feuer zu reaktivieren.

## III. Lösungen für Teilprobleme

1. Mobilität und Transportabilität: Das System der eigentlichen Matte besteht aus einer Isomatte und einem PVC-Schlauch, wobei beide biegsam sind und somit platzsparend transportiert werden können. Der Mantel der Matte schränkt die Flexibilität der Matte nicht gravierend ein und trägt nicht stark zum Gewicht bei.



Abbildung 2: Matte mit eingelassenem PVC-Schlauch, halb in Isolierband eingefasst

Weder der PVC-Schlauch, noch die Matte bringt ein großes Gewicht zustande, wodurch weder der Transport an sich, noch das Gewicht ein Problem darstellt. Der Wärmespeicher befindet sich in einem Topf, ebenso wie die Pumpe. Das Wasser für das System muss vor jedem Transport entleert werden und wird für die Aufladung und Verwendung wieder hinzugeführt. Das daraus resultierende Gewicht ist gut transportabel.

2. Einfachheit und Sicherheit in der Anwendung: Laut der Berliner Charité gibt es unter Obdachlosen eine hohe Quote an Suchterkrankungen.

*„Bei der Suchtanamnese zeigt sich, dass von den 440 obdachlosen Patienten 315 mindestens eine Abhängigkeit aufweisen. 58 Prozent von ihnen sind nikotinabhängig und 42 Prozent alkoholsüchtig, 17 Prozent sind drogenabhängig, wobei sie vor allem Cannabinoide konsumieren.“<sup>4</sup>*

Selbstverständlich spiegeln diese Zahlen nicht die Gesamtheit aller Obdachlosen wider, da die Anzahl an Personen nicht repräsentativ ist und Personen begutachtet wurden, welche sich auf Grund von gesundheitlichen Problemen vorgestellt haben. Jedoch zeigt sich eine Tendenz zu hohen Abhängigkeitszahlen, welche in der Planung des Projektes berücksichtigt werden müssen, da die Abhängigkeit von Rauschmitteln zu Handlungseinschränkungen führen können. Eine einfache Anwendung muss also gegeben sein, um die Verletzungsgefahr zu minimieren. Das Wasser wird nur 30 °C warm, wodurch keine Verbrennungsgefahr besteht. Das Wärmekissen wird ebenfalls höchstens 55 °C warm, wodurch ebenfalls keine Gefahr für Verbrennungen besteht. Die Pumpe kann mit einem einfachen Schalter bedient werden und durch eine sorgfältige Abdichtung der elektrischen Teile besteht keine Gefahr für einen

<sup>4</sup> Internet: <https://www.aerzteblatt.de/archiv/63577/Charite-Studie-Diagnose-Obdachlosigkeit> aufgerufen am 11.01.2021, um 13:31

Stromschlag. Sollte die Abdichtung beschädigt werden, beträgt die Betriebsspannung der Pumpe jedoch nur 5V, wodurch kein Stromschlag zustande kommt. Der Wasserkreislauf kann einfach durch das Aufsetzen des Deckels geschlossen werden und ist dann dicht, vom Topf abgesehen, da der Deckel beweglich bleibt. Wird das System jedoch richtig angewandt und der Topf richtig herum hingestellt, ist auch der Austritt von Wasser hier nicht möglich.



Abbildung 3: geschlossener Wasserkreislauf mit aktiviertem Wärmepad und Thermometer

3. Isolationswirkung: Da viele Obdachlose alkoholabhängig sind, besitzen diese kaum Initialwärme, da sich durch den Alkohol die Gefäße weiten und viel Wärme abgegeben wird. Dies begünstigt Unterkühlungen.

*„Alkohol führt nur zu einem subjektiven Wärmegefühl und zur Erweiterung der Blutgefäße in der Haut. Wenn wir Alkohol zuführen, wird warmes Blut aus dem Körperkern in die nun erweiterten Blutgefäße der Haut gepumpt und kühlt dort schnell ab. Es fließt gekühlt in den Körperkern zurück und die Unterkühlung nimmt einen dramatischen Verlauf.“<sup>5</sup>*

Damit die unterkühlte Person nun die Wärme nicht gleich wieder abgibt, muss es eine Isolierung geben, die die Wärme, die nach außen abgegeben wird, minimiert. Ein Schlafsack, welcher von vielen Obdachlosen bereits besessen wird, hilft dabei schon immens. Das Risiko, dass über Nacht jedoch zu viel Wärme abgegeben wird, da der Körper selber kaum noch Wärme abgibt und der Schlafsack konzipiert ist für Leute,

<sup>5</sup> Internet: <http://www.gohelp.org/de/99,2,135,0001.htm#60> aufgerufen am 11.01.2021, 15:15 Uhr

welche die ganze Nacht über Eigenwärme besitzen, da sie sich nicht in einem bereits unterkühlten Zustand in den Schlafsack begeben, war immer noch zu hoch. Als Isolierung kam mir daraufhin die Rettungsdecke in den Sinn, welche für Personen ausgelegt ist, welche bereits unterkühlt sind, demnach gut isoliert und tendenziell noch Wärme von außen aufnimmt. Zudem sind sie kostengünstig und gut zu verarbeiten. Die Matte ist ebenfalls von unten mit Silberfolie isoliert.



Abbildung 4: Silberfolie unter der Matte als Isolierschicht

Als eine weitere Schwachstelle des Systems hat sich der Topf herausgestellt. Dieser ist metallisch und leitet gut Wärme, demnach kühlt das Wasser und das Wärmepad schnell ab und bietet erheblich weniger Wärme, als möglich wäre. Als Lösung dieses Problems bietet sich eine Fassung aus Styropor® an, da dieses gut isoliert, leicht ist und eine einfache Verarbeitung zulässt.



Abbildung 5: Styropor®fassung als Isolierung des Topfes

4. Nachhaltigkeit und Wiederverwendbarkeit: Es wäre unpraktisch für jede Nacht eine neue dieser Matten rausgeben zu müssen. Des Weiteren wäre es logistisch schwierig,

würde hohe Produktionskosten verursachen und wäre weniger attraktiv, da es einen höheren Aufwand bedeuten würde und nicht im Sinne der ursprünglichen Idee, umweltfreundlich zu sein. Demnach musste eine Möglichkeit gefunden werden, die Matte häufig zu verwenden, indem ein entsprechender Schutz für die Teile gewährleistet und eine wiederverwendbare Wärmequelle vorhanden ist. Deswegen haben wir uns dazu entschieden, einen rostfreien Topf zu verwenden, sowie Schraubaufsätze, die ebenfalls vor Rost geschützt sind. Die Matte und der PVC-Schlauch sind durch Isolierband geschützt und verhindern, dass sich einzelne Teile, sowie einzelne Stellen vom Schlauch lösen. Das Wärmepad ist praktisch unbegrenzt wiederaufladbar aufladbar, da die Reaktion des Salzes jedes Mal zustande kommt. Irgendwann wird es nur Probleme geben, die Reaktion auszulösen, da das Plättchen „überknickt“ ist oder die Hülle irgendwann porös wird. Dies kann jedoch ziemlich lange dauern und somit hält die Matte definitiv einen Winter, tendenziell eher mehrere. Das Wärmepad ist ebenfalls umwelttechnisch unbedenklich, da die Synthese aus Natriumcarbonat und Essigsäure erfolgt und diese absolut keine Risiken birgt.<sup>6</sup>

5. **Autonomie:** Das ganze System muss autonom nutzbar sein, da ansonsten eine einfache Wärmematte verwendet werden könnte, welche Netzstrom benötigt, was unvorteilhaft ist, da viele keinen Zugriff darauf haben. Das Wärmepad muss also eigenständig aufgeladen werden können, was über einem Feuer möglich ist, da das Wasser im Topf anfängt zu kochen und die Hitze nicht so hoch wird, als dass sich das Gemisch zersetzt. Dies passiert tagsüber, sodass keine Gefahr besteht, dass das Feuer außer Kontrolle gerät, während die obdachlose Person einschläft. Die Pumpe, die dafür zuständig ist, dass das Wasser durch den PVC-Schlauch gepumpt wird, wird mit Hilfe eines Akkumulators betrieben. Dieser kann mit Hilfe eines Solarpanels tagsüber aufgeladen werden. Somit ist kein Netzstrom von Nöten um das System zum Laufen zu bringen und die Nacht über mit Energie zu versorgen.



Abbildung 6: Energieversorgung der Pumpe

In diesem Bild ist das Solarpanel noch nicht angeschlossen.

<sup>6</sup> Internet: <https://www.chemie-schule.de/KnowHow/Natriumacetat> aufgerufen am 11.01.2021, 16:09 Uhr

#### IV. Systemtests

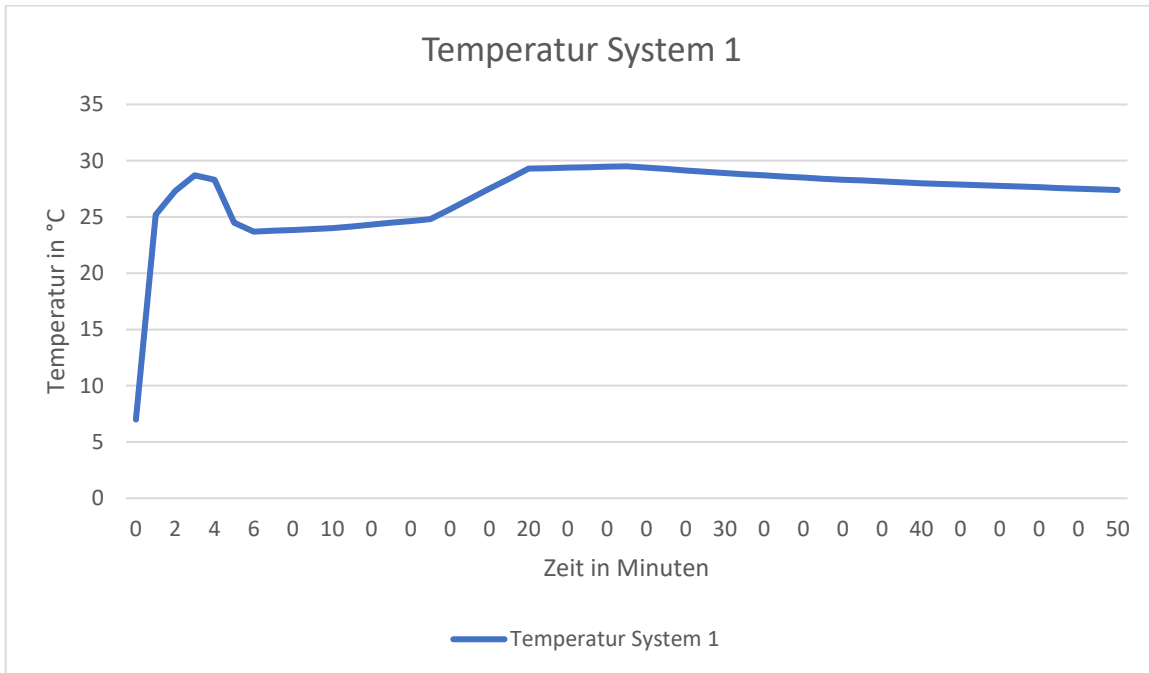
Test 1:

Starttemperatur System 1 (Matte): 7°C

Starttemperatur System 2 (Wasser im Topf): 27°C

Außentemperatur: 17°C (Gut gelüfteter Raum bei 4°C im Bereich außerhalb des Raums)

System 2 war zu Beginn des Tests feucht.



Zeit in Minuten	0	1	2	3	4	5	6	10	15	20	25	30	35	40	45	50
Temperatur in °C	7	25,2	27,3	28,7	28,3	24,5	23,7	24,0	24,8	29,3	29,5	28,9	28,4	28,0	27,7	27,4



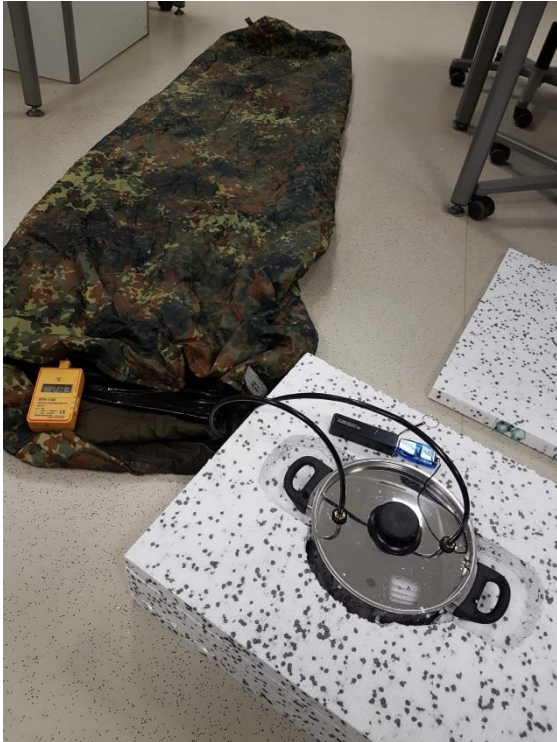


Abbildung 7: Versuchsaufbau Test 1

Die Messung hat unter optimalen Bedingungen stattgefunden, welche erreicht werden können, jedoch recht selten in der Realität erreicht werden dürften. Es werden noch weitere Messungen stattfinden, welche unter weniger optimalen Bedingungen durchgeführt werden. Diese noch zu erhebenden Messdaten werden bei der Präsentation vorgestellt.

## V. Optimierungen

Sollte eine größere Menge der Produktion in Aussicht stehen, kann der PVC-Schlauch direkt in eine dafür vorgesehene Einkerbung gegossen werden, wodurch das Problem nicht auftritt, dass der PVC-Schlauch falten wirft und den Wasserfluss stoppt, da er eine Eigenwindung aufgewiesen hat. Dadurch kann auch eine gleichmäßigere Lage des PVC-Schlauches gewährleistet werden. Zudem besteht die Möglichkeit, das optimale Verhältnis von Natriumacetat zu Wasser zu finden, um eine möglichst große Energiespeicherung, bei möglichst geringem Volumen, Masse und Kosten zu gewährleisten.

## VI. Ausblick

Wünschenswert und im Sinne des Projektes wäre, die Finanzierung der Produktion mit Hilfe von Spenden zu gestalten, sodass eine gewisse Menge an Erfrierschutzmatten von Organisationen geordert und finanziert werden. Diese können mit dem Logo der Organisation gekennzeichnet werden. Da die Erfrierschutzmatten als Spenden ausgegeben werden, kann der Preis der Matten von den Steuern abgesetzt werden, was den Erwerb der Erfrierschutzmatten attraktiver macht.

<b>Material</b>	<b>Kosten</b>
Isomatte	10,97€
PVC-Schlauch 8mm á 20m	17,90€
Natriumacetat 1 kg	6,50€
Topf 5l	14,90€
Schraubaufsätze und Dichtungen	3,70€
Solarpanel	12,30€
Akkumulator	4,10€
Pumpe	5,66€
PVC-Kleber	8,99€
<b>Insgesamt:</b>	<b>85,35€<sup>7</sup></b>

Dies sind die Kosten, für die Eigenproduktion der Matte, in einer Massenproduktion könnten diese jedoch stark gesenkt werden.

---

<sup>7</sup> Internet: <https://www.amazon.de/> aufgerufen am 16.01.2021, 10:18 Uhr

[Quellenverzeichnis:](#)

<https://www.aerzteblatt.de/archiv/63577/Charite-Studie-Diagnose-Obdachlosigkeit>

<https://www.amazon.de/>

<https://www.chemie-schule.de/KnowHow/Natriumacetat>

<http://www.gohelp.org/de/99,2,135,0001.htm#60>

<https://www.maz-online.de/Nachrichten/Panorama/Grafiken-Ende-Januar-bereits-mehr-Kaeltetote-als-sonst-in-einem-ganzen-Winter>

<https://m.haz.de/Hannover/Aus-der-Stadt/Hannover-Obdachloser-erfriert-am-Kroepcke>

<http://www.phydid.de/index.php/phydid-b/article/viewFile/557/704>

Abbildungszeichnis:

Seite 2:

Abbildung 1: Natriumacetat in fester, flüssiger und Übergangsform\*

Seite 4:

Abbildung 2: Matte mit eingelassenem PVC-Schlauch, halb in Isolierband eingefasst\*

Seite 5:

Abbildung 3: geschlossener Wasserkreislauf mit aktiviertem Wärmepad und Thermometer\*

Seite 6:

Abbildung 4: Silberfolie unter der Matte als Isolierschicht\*

Abbildung 5: Styropor<sup>®</sup>fassung als Isolierung des Topfes\*

Seite 7:

Abbildung 6: Energieversorgung der Pumpe\*

Seite 9:

Abbildung 7: Versuchsaufbau Test 1\*

\*Alle dargestellten Bilder wurden von uns aufgenommen.