

Übungen in physikalischer Chemie für Studierende der Pharmazie	
Versuch Nr.: 19	Version 2019
Kurzbezeichnung: DSC	

Dynamische Differenzkalorimetrie

Aufgabenstellung

Die Schmelzenthalpien ΔH_{fus} , Schmelzentropien ΔS_{fus} und Schmelztemperaturen T_m von Indium, Azoxyanisol und Paracetamol sind über dynamische Differenzkalorimetrie (DSC – Differential Scanning Calorimetry) zu bestimmen. Des Weiteren ist der Glaspunkt T_G von einem PE-Blister zu ermitteln.

Grundlagen

Folgende Fragen sind zur Vorbereitung zu beantworten:

- Warum ist der Messsignal in der DSC bei der Umwandlungstemperatur breit und nicht infinitesimal schmal?
- Warum unterscheiden sich meist die Messdiagramme und Messgrößen deutlich zwischen dem ersten und zweiten Messdurchgang bei einer frisch hergestellten Probe?
- Was ist der Unterschied zwischen Glaspunkt und Schmelztemperatur?
- Was ist Polymorphismus und warum ist er wichtig für die Pharmazie?

Die freie Enthalpie eines thermodynamischen Systems kann geschrieben werden als:

$$G(T) = H(T) - T \cdot S(T) \quad (1)$$

mit,

$$H(T) = \int_{T_1=0}^{T_2} C_p(T) dT \quad (2)$$

$$S(T) = \int_{T_1=0}^{T_2} \frac{C_p(T)}{T} dT \quad (3)$$

Die flüssige, gasförmige und feste Phase haben jeweils eine eigene spezifische Wärmekapazität C_p womit jeweils eine freie Enthalpie für jede Phase formuliert werden kann. Die Phasenumwandlung bestimmt sich aus dem Vorzeichenwechsel der freien Enthalpiedifferenzen. Zum Beispiel für den Schmelzpunkt:

$$G_{fus} = G_l - G_s \quad (4)$$

G_l freie Enthalpie der flüssigen Phase

G_s freie Enthalpie der festen Phase

Genau am Umschlagpunkt gilt, dass G_{fus} gleich Null ist und die freien Enthalpien von flüssiger und fester Phase gleich sind. Weiterhin gilt für den Umschlagpunkt auch:

$$\Delta G_{fus} = \Delta H_{fus} - T_m \cdot \Delta S_{fus} = 0 \quad (5)$$

und somit,

$$T_m = \frac{\Delta H_{fus}}{\Delta S_{fus}} \quad (6)$$

ΔH_{fus} molare Schmelzenthalpie

ΔS_{fus} molare Schmelzentropie

T_m Schmelztemperatur

Durch das Schmelzen bei T_m erhöht sich H um ΔH_{fus} und S um ΔS_{fus} . Die Schmelzenthalpie als auch die Schmelzentropie sind immer positiv, wohingegen die Erstarrungsenthalpie und Erstarrungsentropie um denselben Betrag immer negativ sind.

Versuchsaufbau

Die DSC basiert auf der Messung der Temperaturdifferenz zwischen einem leeren Referenztiegel (T_R) und einem Probtiegel (T_P) im selben Ofen (**Gleichung 7**). Letzterer enthält eine Substanz, die Phasenübergänge zeigt. Durch den Aufbau werden systematische Fehler durch den Messtiegel, der Apparatur oder Umgebung kompensiert. Die sehr sensible Temperaturmesselektronik ist angeschlossen an zwei Thermoelemente, die jeweils direkten Kontakt zu einem der beiden Tiegel haben. Die Spannungsdifferenz der Thermoelemente ist proportional zur Temperaturdifferenz zwischen Probe und Referenz:

$$T_{PR} = T_P - T_R \quad (7)$$

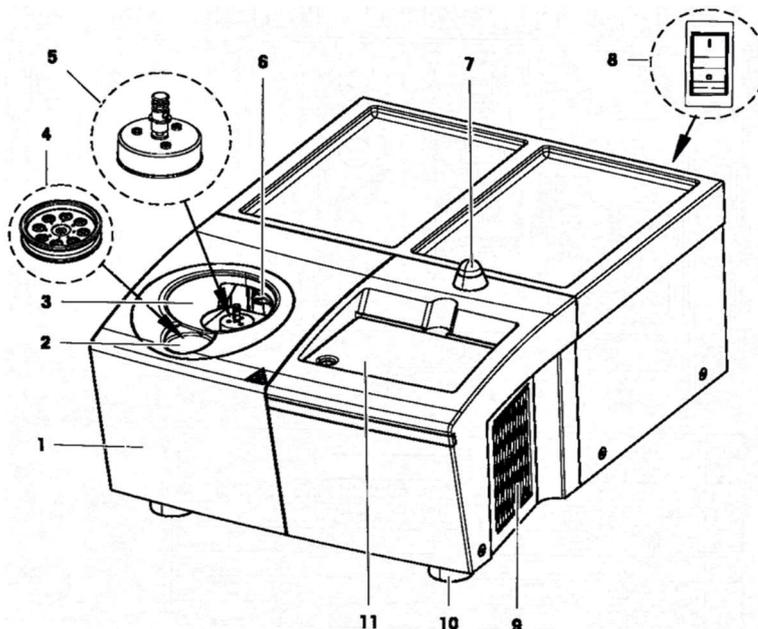


Illustration 1: Aufbau eines DSC Moduls

- | | | |
|---------------------------|-------------------------|----------------------------------|
| 1 Messzelle | 5 Manueller Ofendeckel | 9 Lüftungsgitter |
| 2 Ablage für Tigeltablett | 6 Träger für Ofendeckel | 10 Schraubfüße |
| 3 Messzellenöffnung | 7 LED-Anzeige | 11 Glasabdeckung mit Notizpapier |
| 4 Tigeltablett | 8 Netzschalter | |

Messdiagramm

Gemessen wird in der DSC der Wärmestrom, der bei einer bestimmten Temperatur (oder Zeit bei konstanter Heizrate) im Vergleich zu der Referenzprobe auftritt (**Gleichung 7**). Solange in der Probe keine zusätzliche Wärme generiert oder verbraucht wird, ist die Temperaturdifferenz konstant (Basislinie im Diagramm). Tritt allerdings eine Phasenumwandlung oder Reaktion in der Probe auf, ändert sich die Differenz zwischen Probe und Referenz durch Wärmeverbrauch oder -freisetzung in der Probe, und ein Signal erscheint im Messdiagramm. Die Fläche unter diesem Signal entspricht dann genau der Enthalpie für diese Phasenumwandlung (**Gleichung 2**).

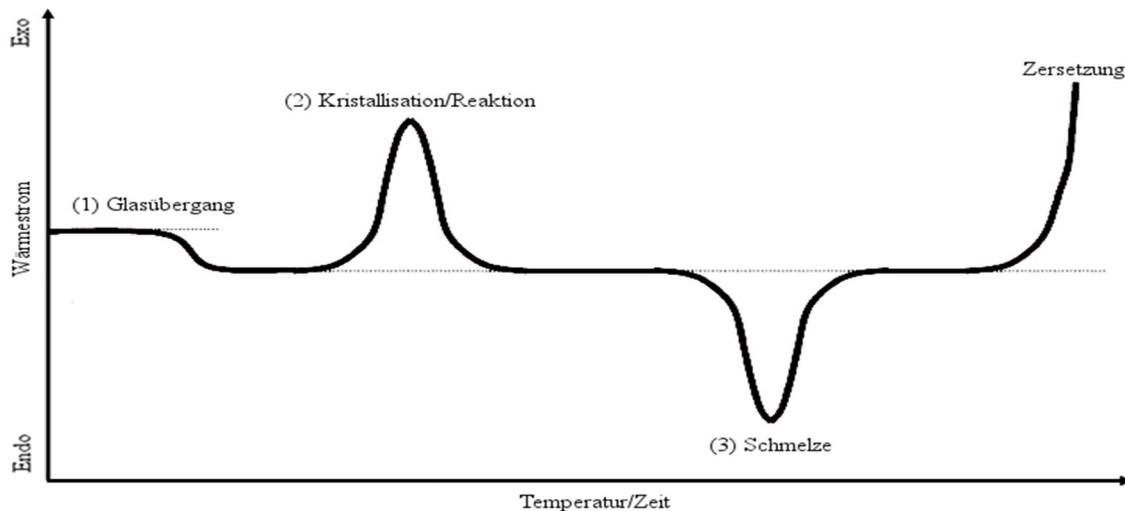


Illustration 2: Temperatur-Wärmestrom-Diagramm einer DSC Messung. Zu sehen sind die Signalförmlichkeiten der möglichen Phasenübergänge und Reaktionen während der Messung.

Substanzen

Das Element Indium wird aufgrund seines niedrigen Schmelzpunktes von 156,6 °C und der Eigenschaft, dass es nur eine bekannte Kristallstruktur gibt, gerne als Kalibrierungssubstanz mit definierter Schmelzenthalpie in der DSC genutzt (**Illustration 2, Peak 3**). In einer Messung können thermodynamisch unterschiedliche Phasenübergänge auftreten. Diese werden in Phasenübergänge erster Ordnung wie Kristallisation/Schmelze (Sprung der Wärmekapazität und Enthalpie, bei der Auftragung gegen die Temperatur) und die selteneren Phasenübergänge zweiter Ordnung (Sprung nur in der Wärmekapazität) unterschieden. Ein Sonderfall ist der Glasübergang, der als pseudo zweite Ordnung charakterisiert wird.

PE (Polyethylen) ist ein Polymer, welches in der Pharmazie als Verpackungsmaterial (Blister) verwendet wird. Es liegt in amorphen und kristallinen Bereichen vor mit einer charakteristischen Glasübergangstemperatur. Unterhalb dieser Temperatur ist Poly-ethylen hart und spröde, wohingegen es oberhalb der Temperatur flexible und elastische Eigenschaften hat. Der Glaspunkt äußert sich im Gegensatz zu der Schmelze nur durch eine Stufe im DSC Diagramm (**Illustration 2, Peak 1**). Der Grund dafür ist, dass die zugeführte Wärme nicht genutzt wird um das Kristallgitter aufzubrechen, sondern sich nur die Wärmekapazität des Stoffes ändert, wodurch er stärker erwärmt wird. Die eigentliche Schmelztemperatur von Polyethylen liegt höher und wird in der Messung nicht erreicht.

Bei dem hygroskopische Medikament Acetaminophen (Paracetamol) soll der Schmelzpunkt hingegen bestimmt werden. Es ist eins der weltweit am häufigsten verwendeten Medikamente

gegen Fieber und Schmerz (Mattia, 2009). Es existieren drei bekannte Morphismen von Paracetamol (Form I – III), die ausführlich mit DSC untersucht wurden. Zu erwarten ist, dass Paracetamol beim ersten Schmelzvorgang in kristalliner Form I oder II vorliegt und einen gewissen Wasseranteil besitzt. Beim schnellen Abkühlen weit unter dem Schmelzpunkt wird die Flüssigkeit in eine amorphe Struktur eingefroren, die unter den Bedingungen des Experimentes metastabil ist. Heizt man diese amorphe Struktur auf, wird die Beweglichkeit der Moleküle wieder erhöht. Kurz unter dem Schmelzpunkt kann sich der Kristall bilden, welcher stabiler als die amorphe Phase ist. Dabei wird die Kristallisationswärme freigesetzt. Deswegen sind bei dem nächsten Schmelzvorgang ein oder mehrere Kristallisationspeak(s) im Messdiagramm während des Aufheizens zu erwarten (**Illustration 2, Peak 2**).

Para-Azoxyanisol ist eine kristalline Substanz die beim Erhitzen einen Flüssigkristall vor der Schmelze bildet. Ein Flüssigkristall kann als Phasenzustand zwischen Flüssigkeit und Kristall aufgefasst werden. Zu erklären ist dies durch Nah- und Fernordnungen. Ein Kristall besitzt sowohl eine Nah- als auch eine Fernordnung, wohingegen die Flüssigkeit nur eine Nahordnung hat. Wird im Kristall nur in ein oder zwei Raumrichtungen die Fernordnung aufgebrochen, bilden sich Flüssigkristalle die in jeweils der nicht aufgebrochenen Fernordnungsraumrichtung kristallähnliche Strukturen beibehalten, aber wesentlich flexibler in den anderen Fernordnungsraumrichtungen sind. Eine solche mögliche Struktur sind z.B. lange Stäbchen die alle dieselbe Vorzugsrichtung aufweisen (nematische Phase, vgl. Heringsschwarm). Eine flüssigkristalline Phase äußert sich im DSC-Diagramm durch das Auftreten von zwei oder mehreren aufeinanderfolgenden Schmelzpeaks (**Illustration 2, Peak 3**). Dabei bildet sich bei den ersten Schmelzpeak der Flüssigkristall aus der kristallinen oder amorphen Phase, welcher dann mehrere eigene Phasenumwandlungen in andere Flüssigkristallformen durchführen kann bis schlussendlich die Schmelze als letztes Signal auftritt.

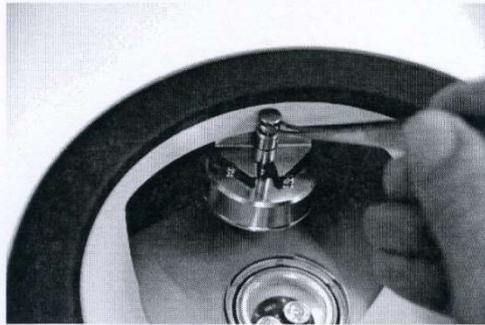
Durchführung

Vorbereitung der Messung

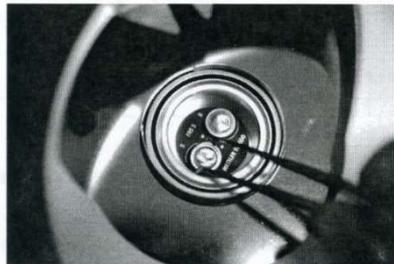
1. Falls noch nicht geschehen, so sind alle Geräte am Arbeitsplatz durch Einschalten der vorhandenen Steckerleiste und des Netzschalters (**8**) an der Rückseite des DSC-Gerätes in Betrieb zu nehmen. Am DSC Gerät blinkt (nach ca. 60 s) die LED-Lampe (**7**) rot.
2. Am Computer ist die Einschalttaste zu betätigen.
3. Die erforderlichen Passwortheingaben zum Starten des Computers und des Programms "STARe-Software" zur Bedienung des DSC-Gerätes erfolgen von einem Praktikumsmitarbeiter. Als Benutzername ist DSC einzugeben.
4. Nach erfolgtem Start des Messprogramms "STARe-Software" leuchtet die LED-Lampe (**7**) grün am DSC-Gerät.
5. Ein neuer Ordner ist zu erstellen, in dem alle heute erzeugten Dateien zu speichern sind. Dazu ist unter pc-praktikum-cloud (Icon ganz unten rechts auf dem Desktop anklicken) im Verzeichnis STUDENT, im Unterverzeichnis DSC ein neuer Ordner zu erstellen. Als Name ist das Datum ohne Punkte und v1 (v für vormittags, oder n1 für nachmittags, z.B. 221216v1) einzugeben und zu speichern.

Einsetzen der Probe

6. Zum Befüllen der Messzelle mit einer Untersuchungsprobe ist mittels der Pinzette der Ofendeckel (5) abzuheben und in den Ofendeckelträger (6) einzuhängen.



Die 1. Untersuchungsprobe (**Indium**) wird mit Hilfe einer Pinzette aus der Aufbewahrungsbox entnommen, und so auf den **linken** Probenteller des DSC-Sensors (Kennzeichnung "S" für Sample) positioniert, dass die im Boden des Probentiegels befindliche Zentrierhilfe (kleine Spitze) in die vorgesehene Vertiefung des Probentellers „einrastet“. Auch der bereits platzierte Referenztiegel darf in seiner Position nicht verändert werden! Nur so können eine exakte Messposition und optimale Ergebnisse gewährleistet werden!



7. Anschließend ist der Ofendeckel mit Hilfe der Pinzette wieder auf den Ofen zu setzen.

Durchführung der Messung

8. Im geöffneten STARe-Software-Programm ist der Routine-Editor (ganz oben links im Verzeichnisbaum) auszuwählen, der Button ÖFFNEN (im rechten Feld) zu drücken und anschließend im neu geöffneten Fenster die notwendige Messroutine (**Tabelle 1**) durch Doppelklicken zu öffnen.

Im Fenster erscheint nun unter "Methode" der ausgewählte Name und in "Segment-Info" die eingestellten Parameter dieser Messmethode.

9. Im Feld "Probenname" ist die Messung nach folgenden Angaben zu benennen:

- Name des Stoffs
- Probennummer: „Pr“ + fortlaufende Zahl der Probe startend bei 1
- Zahlenfolge des heutigen Datums **ohne Punkte** und v1 für vormittags. Bei Wiederholungen wird die Zahl entsprechend erhöht.

z.B. Indium-Pr1-251016v1, Paracetamol-Pr2-251016v1 oder Azoxy-Pr4-251016v3

Tabelle 1: Durchzuführende Messungen mit den jeweiligen Namen der vordefinierten Konfigurationsdateien (Messroutine)

Untersuchungssubstanz	durchzuführende Messung	Name der Messroutine
Indium	1x Schmelzen und Erstarren	Student-Indium
PE-Blisters	1x Schmelzen und Erstarren	Student-Blisters
Paracetamol	1x Schmelzen	Student-Paracetamol-1
	1x Schmelzen	Student-Paracetamol-2
	1x Schmelzen	Student-Paracetamol-3
Azoxyanisol	1x Schmelzen und Erstarren	Student-Azoxy-5

10. Im Feld "Gewicht" ist die auf der Aufbewahrungsbox gekennzeichnete Masse der eingesetzten Untersuchungsprobe einzutragen.
11. Abschließend ist der Button "Experiment senden" zu betätigen. Die LED-Lampe (7) blinkt grün und es ist den Anweisungen im grün angezeigten Modulsteuerfenster zu folgen, bzw. mit OK zu bestätigen. Im umgeschalteten, nun rot angezeigten Modulsteuerfenster (und durch die rote Lampe) wird der jeweils aktuelle Zustand der laufenden Messung angezeigt.
12. Der Messverlauf wird graphisch sichtbar, wenn auf das rot gekennzeichnete Icon mit der benannten Datei in der linken Spalte unterhalb von „Experiment auf Modul“ geklickt wurde.
13. Die notwendige, bereits eingestellte Durchflussmenge von ca. 50 ml(N₂)/min ist am Durchflussmesser (auf dem DSC-Gerät stehend) nach dem Start der Messung zu kontrollieren. Eventuell ist die Menge mittels der N₂-Gasregulierungseinrichtung mit dem unteren kleineren der beiden Einstellknöpfe an der Regalwand des Labortisches durch vorsichtiges Drehen zu korrigieren.
14. Nachdem die Messung beendet ist, blinkt die LED-Lampe (7) grün. Im nun grün angezeigten Modulsteuerfenster ("Bitte entnehmen Sie die Probe") ist den Anweisungen zu folgen und auf OK zu klicken. Die grüne Lampe leuchtet jetzt dauerhaft und es wird im grünen Modulsteuerfenster „Bereitschaftszustand“ angezeigt.

Für die Untersuchungen der weiteren Substanzen sind die Schritte 6 bis 14 zu wiederholen und die unten folgenden Messhinweise für die jeweiligen Substanzen zu beachten!

Die jeweiligen Messroutinen (siehe 9. und Tabelle 1) sind entsprechend der zu untersuchenden Proben auszuwählen, die Messungen zu benennen und die Probenmassen einzutragen.

Nach dem Start der nächsten Untersuchung kann während der nun laufenden Messung die Auswertung der zuvor bereits erfolgten und gespeicherten Messkurve erfolgen. Dazu ist die letzte Datei im Fenster "Experimente-ausgeführt" (linke Spalte im Menüfenster des Verzeichnisbaums) mit linker Maustaste auszuwählen und dann mit der rechten Maustaste "Auswertefenster starten" zu öffnen (siehe **Auswertung** der entsprechenden Substanz).

PE-Blisters

Bei der Untersuchung des häufig verwendeten Tablettenverpackungsmaterials Polyethylen geht es um das Auffinden und Auswerten des Glasumwandlungspunktes. Die Messung wird mit einer höheren Aufheizrate (20 °C/min) durchgeführt.

Paracetamol

Die Untersuchung von Paracetamol erfolgt bei drei verschiedenen Bedingungen (Beachten Sie die Anmerkungen für die Namensbenennung bei **Schritt 9**):

- Aufheizen im Temperaturbereich von 50 bis 190 °C bei einer Heizrate von 20 °C/min.
- Aufheizen von 50 bis 190 °C und anschließendes Schockkühlen wenn die LED-Lampe (7) auf grün umschaltet. Dazu wird der Ofendeckel (5) geöffnet und in den Ofendeckelträger (6) eingehängt. Anschließend wird die Probe mittels Pinzette entnommen und bis zum Erreichen der Raumtemperatur auf den Tiegeltablett (4) vor der Messkammer platziert. Nach ca. 5 Minuten, bzw. nach Erreichen der Raumtemperatur (die aktuelle Temperatur des Probenhalters ist im grünen Modulsteuerfenster verfolgbar!) ist die erkaltete Probe wieder auf den Probenhalter zu legen.
- Es ist die Aufheizkurve von 50 bis 190 °C von der schockgekühlten Probe zu messen.

Para-Azoxyanisol

Die Untersuchung von Azoxyanisol erfolgt im Temperaturbereich von 70 bis 140 °C mit einer Aufheiz- und Abkühlraten von 5 °C/min.

Auswertung

Die Auswertung der Messkurven erfolgt im Auswertefenster (siehe **Seite 7**) mit nachfolgenden Methodiken:

Indium

Die Schmelztemperatur, Erstarrungstemperatur, Schmelzenthalpie und Erstarrungs-enthalpie soll berechnet werden. Dazu wird eine Einzelauswertung der Messzyklen durchgeführt, d.h. die Peaks der Aufheiz- und Abkühlkurven werden getrennt ausgewertet und verglichen:

16. Betätigen Sie unter MATH in der oberen Menüleiste den Button „Segmente trennen“ und klicken Sie im neu geöffneten Fenster auf OK. Im Auswertefenster erscheinen nun übereinanderliegende Segmentangaben mit unterschiedlichen Farben, die durch Anklicken und gedrückt halten der linken Maustaste verschiebbar sind. Dabei ist schwarz die allgemeine Bezeichnung, violett die Kennzeichnung von Segment 1 und blau die Kennzeichnung von Segment 2. Die jeweiligen Zahlen zwischen den Klammern der Dateinamen erlauben eine eindeutige Zuordnung aller weiteren Auswertedaten. Die Textfragmente sollten so innerhalb der Abbildung platziert werden, dass alle Segmentangaben gut lesbar sind.
17. Der Mauszeiger ist an einer günstigen Stelle (keine Überlagerungen mehrerer Kurven) der Messkurve zu positionieren und diese durch einen linken Tastenklick zu markieren. Welches Segment ausgewählt wurde, erkennt man an dem Farbwechsel der Segmentanzeige und des dazugehörigen Kurvenverlaufs zu violett.
18. Wählen Sie anschließend in der oberen Menüleiste TA aus und klicken den Button „Integration“. Die Fläche unterhalb des ausgewählten Peaks erscheint nun schraffiert und die Auswerteangaben mit der entsprechenden Farbe werden angezeigt. Um vergleichbare Auswertungen zu bekommen, sind die Integralgrenzen identisch zu fixieren. Dazu sind die Grenzreiter mit den entsprechenden Farben links und rechts an einer sinnvollen Stelle (Peakkurve verläuft auf der Grundlinie) des Peakverlaufs exakt übereinander zu platzieren. Klicken und halten Sie mit dem linken Mauszeiger den unteren Grenzreiter fest und verschieben Sie diesen auf die gewünschte Position. Die Reiter sind exakt auf die gleiche Position zu bringen, sowohl auf der linken als auch auf der rechten Seite des Peaks. Ob die Grenzreiter exakt platziert wurden, lässt sich an der angezeigten Temperatur unter „Link.Bl.Grenze“ bzw. „Rech.Bl.Grenze“ der farblich unterschiedlichen Segment-

anzeigen überprüfen und notfalls durch erneutes Verschieben korrigieren. Folgende Parameter sollten in den Auswertedaten angezeigt werden: Integral [mJ], Peak [°C], Link.Bl.Grenze [°C], Rech.Bl.Grenze [°C], Heizrate [°C/min].

19. Falls nicht alle erforderlichen Parameter angezeigt werden klicken sie mit der rechten Mauszeiger in das entsprechende farbige Auswertesegment und wählen "Fakultative Ergebnisse..." aus. Setzen Sie anschließend Häkchen um die gewünschten Parameter anzuzeigen.
20. Wenn alle gewünschten Auswertedaten in der fertigen Darstellung optimal platziert sind, drucken Sie die Abbildung. Drücken Sie dazu in der oberen Menüleiste auf "Datei/Abbildung Plotten" oder auf den 6. Button von links (Plotten) in der darunterliegenden Zeile. Wählen Sie im Feld "Name" des nun geöffneten Fensters als Drucker **PDFCreator** aus und bestätigen Sie mit OK. Betätigen Sie anschließend den Button "Speichern" und wählen Sie dann Ihren angelegten Ordner mit dem heutigen Datum unter "Z:\STUDENT\DSC" aus.
21. Nachdem die Auswertung **aller** Substanzen durchgeführt wurden senden Sie alle gespeicherten PDF-Dateien mit dem Emailprogramm "Outlook" an den Praktikumsassistenten (zastrow@uni-greifswald.de) und die eigene Mailadresse (unter CC... eintragen!).

Zusätzlich sind **im Protokoll** die normalisierten (in kJ/g) und molaren (in kJ/mol) Schmelz- und Erstarrungsenthalpien zu berechnen. Diskutieren Sie mögliche Unterschiede zwischen diesen Enthalpien. Nach **Gleichung 6** ist die molare Entropie aus der molaren Schmelzenthalpie zu bestimmen. Vergleichen Sie molare Enthalpie und Entropie mit Literaturwerten.

PE-Blister

Bei diesem Polymer ist der Glasumwandlungspunkt zu bestimmen (vgl. **Illustration 2**): Klicken Sie dazu in der oberen Menüleiste auf den Reiter DSC und wählen Sie "Glasumwandlung" aus. Die Grenzüter sind sinnvoll bei ca. 50 und 120 °C zu platzieren (siehe **18**). Folgende Parameter sollten in dem Auswertesegment angezeigt werden: Onset [°C], Mittelpunkt ISO [°C], Endpunkt, Delta Cp [J/gK], Heizrate [°C/min]. Führen Sie anschließend die **Schritte 19 – 21** durch.

Paracetamol

Für die Messungen von Paracetamol sollen die Aufheizkurven verglichen werden.

Alle Messungen werden in das gleiche Diagramm dargestellt, um die Ergebnisse besser vergleichen zu können:

22. Nach dem Öffnen der ersten Messkurve importieren Sie die zweite und dritte Messkurve, indem Sie auf den Reiter DATEI in der oberen Menüleisten klicken und "Kurve öffnen" wählen. Anschließend selektieren Sie die entsprechende Messdatei und klicken auf Öffnen. In allen Messkurven sollen die Schmelzenthalpien und Schmelztemperaturen aller Peaks bestimmt werden. Führen Sie dazu die **Schritte 16 – 21** durch, wobei **Schritt 16 und 17** für jede Messung und **Schritt 18** für jeden auftretenden Peak wiederholt wird.

Weiterhin sollen **im Protokoll** die normalisierten (in kJ/g) und molaren (in kJ/mol) Enthalpien berechnet werden. Bestimmen Sie nach **Gleichung 6** die molaren Entropien der einzelnen Peaks. Vergleichen und diskutieren Sie Unterschiede in der Kurvenform zwischen den Messungen. Entscheiden Sie anhand der Schmelzpeaks, ob Paracetamol in Form I oder II vorliegt ($T_{m,Form(I)}=169\text{ °C}$; $T_{m,Form(II)}=156\text{ °C}$).

Azoxyanisol

Bei diesen Flüssigkristall soll der Verlauf des Graphen qualitativ diskutiert werden. Führen Sie dazu die **Schritte 20 – 21** durch.

Im Protokoll ist die Kurvenform zu diskutieren. Entscheiden Sie getrennt für Aufheiz- und Abkühlkurve, ob die Flüssigkristallphase eher dem Kristall oder der Flüssigkeit entspricht.

Ende des Protokolls

Fassen Sie die ermittelten Messwerte **aller** Substanzen Tabellarisch am Ende ihres Protokolls zusammen!

Literatur

- [1] C. Mattia & F. Coluzzi, What anesthesiologists should know about paracetamol (acetaminophen), *Minerva Medica* **2009**, 75, 644-53.
- [2] P.W. Atkins & J. de Paula, Physikalische Chemie, *Wiley-VCH* **2006**, 4. Aufl., Kap. 2.1.5.
- [3] H. Leuenberger, Martin Physikalische Pharmazie, *Wissenschaftliche Verlags-gesellschaft Stuttgart* **2002**, 4. Aufl., Kap. 2.1.4, 2.3, 4.6, 4.7.

Datenblatt: DSC**Gruppe:.....****Datum:.....**

Substanz	Masse (in mg)	Peak (kurze Beschreibung) z.B. Schmelze, Kristallbildung	T _m in °C	Enthalpie in mJ
Indium				
PE-Blister				-
Paracetamol				
Azoxyanisol			-	-
			-	-
			-	-
			-	-

Der Versuch wurde ordnungsgemäß durchgeführt, die Daten an Sie und zastrow@uni-greifswald.de per E-Mail gesendet und der Arbeitsplatz übergeben.

Unterschrift:.....