

CondensSyn Fallstudie

der Universität Liverpool

Inhaltsverzeichnis

der Universität Liverpool	1
CondensSyn Wassereinsparungen	2
CondensSyn Leistung.....	3
Niedrigsiedende Lösungsmittel	3
Gesamte Kosteneinsparungen.....	4

Die Universität Liverpool hat die Ergebnisse und Reaktionszeiten von verschiedenen Experimenten im Fachbereich Chemie getestet. Damit sollte die Leistung von CondensSyn und die potenziellen Wassereinsparungen durch eine Umstellung von den Liebig Kondensatoren auf den CondensSyn festgestellt werden.

CondenSyn Wassereinsparungen

In anfänglichen Tests durch die Universität Liverpool wurde festgestellt, dass ein erfahrener Chemiker mit den Liebig Kondensatoren Wasser mit einer Durchflussrate von 100 mL/Minute verwendet, während die Durchflussrate bei einem unerfahrenen Chemiker 700 mL/Minute beträgt. Diese Werte wurden zum Errechnen der gesamten Wassereinsparungen von 120 Studierenden bei verschiedenen Experimenten in beiden Szenarien verwendet.

Tabelle 1: Potenzielle Wassereinsparungen bei fünf Experimenten

Nr.	Experiment	Liebig Nutzungszeit (Min)	Wassermindestverbrauch pro Student/in (L)	Wassermaximalverbrauch pro Student/in (L)	Geringste Wassereinsparung (L)	Maximale Wassereinsparung (L)
1.	Destillation von Cyclohexanon.	95	9,5	66,5	1.140	7.980
2.	Sn/HCl Reduktion einer 3'-Nitroverbindung.	100	10	70	1.200	8.400
3.	Natriumborhydrid-Reduktion einer 3'-Nitroverbindung.	19	1,9	13,3	228	1.596
4.	Alkenmetathese	90	9	63	1.035	7.245
5.	Ligandensubstitutionen eines Molybdän (0) Komplexes	201	20,1	140,7	2.312	16.181

Wie aus Tabelle 1 ersichtlich, könnte die gesamte Wasserersparnis über 5 Experimente hin von 5.914 L bis zu 41.402 L betragen. Da die ersten drei Experimente aber für Studierende im ersten Jahr sind, die an Modul CHEM130 arbeiten, ist es höchst wahrscheinlich, dass dabei wesentlich höhere Durchflussraten von bis zu 700 mL/Minute erzielt werden. Allein in diesen Experimenten würden von insgesamt 120 Studierenden an die 17.976 L Wasser verwendet werden. Die beiden letzten Experimente sind für Studierende im dritten Jahr, die an Modul CHEM3X5 arbeiten, und von denen eine niedrigere Durchflussrate zu erwarten wäre. Die Ligandensubstitutionen eines Molybdän (0) Komplexes ist jedoch ein wesentlich längeres und komplizierteres Experiment, das pro Student/in mindestens 20,1 L verbraucht, mit dem Ergebnis, dass über insgesamt 120 Studierende hin ein Verlust von 2.311 L entsteht.

Bei einem Satz von 0,31 Pence pro Liter, auf Grundlage der von den britischen Wasserbehörden im August 2022 veröffentlichten Sätze, könnte dies allein schon bei diesen Experimenten bis zu £128 einsparen. Bei einem Umstieg zu CondenSyn für die drei Experimente der Studierenden im ersten Jahr könnten allein £55 pro Jahr eingespart werden. Die anfänglichen Erwerbskosten für den CondenSyn wären im Labor der Studierenden im ersten Jahr nach ca. 9 Monaten des Betriebs während der Arbeitszeit bereits zurückgezahlt. In den Labors der erfahreneren Chemiker wäre die Amortisationszeit länger, und zwar maximal mehrere Jahre.

CondenSyn Leistung

Tabelle 2: Vergleich der Reaktionsleistung zwischen den Liebig- und CondenSyn-Kondensatoren.

Nr.	Experiment	Kondensator	Gesamtzeit (Min)	Ergebnis (%)	Relative Reinheit
1.	Destillation von Cyclohexanon.	Liebig	95	63	Identisch
		CondenSyn	109	65	
2.	Sn/HCl Reduktion einer 3'-Nitroverbindung.	Liebig	96	65	Weniger Unreinheiten von CondenSyn.
		CondenSyn	100	57	
3.	Natriumborhydrid-Reduktion einer 3'-Nitroverbindung.	Liebig	19	51	Fast identisch
		CondenSyn	26	42	
4.	Alkenmetathese	Liebig	90	93	Fast identisch mit derselben Wasserunreinheit.
		CondenSyn	90	92	
5.	Ligandensubstitutionen eines Molybdän (0) Komplexes	Liebig	201	58	Fast identisch
		CondenSyn	191	65	

Tabelle 2 zeigt, dass die meisten Experimente mit dem Liebig-Kondensator schneller waren, wobei die längste, vom CondenSyn für Experiment 1 erforderte Zeit, nur 14 Minuten betrug. Experiment 5 zeigte, dass der CondenSyn in einigen Fällen mit dem Rückfluss früher einsetzt als der Liebig-Kondensator, wodurch die Gesamtzeit für das Experiment reduziert wird. CondenSyn spart auch Zeit für den Aufbau, da weniger Zeit für die Wasserzufuhr und die Verrohrung notwendig ist.

Die Erträge der beiden Kondensatoren waren insgesamt ziemlich ähnlich. Zwei der Experimente wiesen geringe Unterschiede in den Erträgen auf (Experimente 1 und 4), während Experimente 2 und 3 Ergebnisrückgänge bei Liebig und CondenSyn von jeweils 8% und 11% aufwiesen. In Experiment 5 hingegen war ein Ertragsanstieg beim CondenSyn von 7% zu verzeichnen. Das könnte nahelegen, dass der optimale Kondensator von Reaktion zu Reaktion nicht derselbe ist. Insgesamt war das durchschnittliche Ergebnis beim CondenSyn nur um 9% niedriger, was zeigt, dass beide Kondensatoren in Bezug auf die erreichbaren Ergebnisse relativ gleich sind.

Niedrigsiedende Lösungsmittel

DCM wurde für Experiment 4 als das Lösungsmittel verwendet, das zwischen den Liebig-Kondensatoren und CondenSyn dieselben Ergebnisse aufwies. Das zeigt, dass niedriger siedende Lösungsmittel wie DCM mit einem Siedepunkt von 39,6 °C mit dem CondenSyn verwendet werden können. Allerdings bedarf dies einer sorgfältigen Kontrolle der Reaktionstemperatur, um einen Lösungsmitteldurchbruch zu verhindern, und es ist möglich, dass CondenSyn für Lösungsmittel mit niedrigeren Siedepunkten als DCM weniger gut geeignet ist. Rückflussexperimente wurden unter Verwendung von THF, einem Lösungsmittel mit einem Siedepunkt von 66 °C durchgeführt, um damit die Leistung des CondenSyn mit niedrigsiedenden Lösungsmitteln weiter zu untersuchen. Die niedrigste Rückgewinnung wurde bei einem Rückflusskochen von 66 °C erzielt, was auf ein

unvollständiges Versiegeln der PTFE-Hülse bei den niedrigeren Temperaturen zurückzuführen war. Die Rückgewinnung des Lösungsmittels verbesserte sich allerdings bei ansteigenden Temperaturen, und bei 26 °C über dem Siedepunkt war der Lösungsmittelverlust unbedeutend. Das zeigt, dass bei der Verwendung von THF mit einem Temperaturüberschuss von bis zu 40 % über dem Siedepunkt annehmbare Ergebnisse erzielt werden können.

Gesamte Kosteneinsparungen

Tabelle 3: Der gesamte Geldwert der Kosteneinsparungen bei vier Chemiemoduln auf Grundlage der von den britischen Wasserbehörden im August 2022 veröffentlichten Sätze.

Modul	Wassereinsparungen – pro Student/in (L)	Kosteneinsparung - pro Student/in (£)	Kosteneinsparung - Studierende (£)/Jahr
CHEM130	12 – 86	4 – 27	796 – 5.573
CHEM3X5	29 – 204	9 – 63	1.038 – 7.262
CHEM245	42 – 291	13 – 90	1.544 – 10.807
CHEM356	72 - 504	22 – 156	1.339 – 9.374
Total	155 – 1.085	48 – 336	4.717 – 33.016

Der potenzielle Wert des über insgesamt vier Chemiemodule hin gesparten Wassers wurde mittels der ungefähren Reaktionszeiten geschätzt, zusätzlich zu den zwei Moduln, bei denen das gesparte Wasser experimentell ermittelt wurde. Die in Tabelle 3 gezeigten zusätzlichen Module CHEM245 und CHEM356 wiesen jeweils größere Unterschiede in den potenziellen Wassereinsparungen pro Student/in auf. Hier sei jedoch erwähnt, dass CHEM245 zwar 120 Studierende umfasste, während CHEM356 lediglich 60 Studierende aufwies. Folglich liegt die potenzielle jährliche Kostenersparnis für die Studierenden bei CHEM245 zwischen £1.544 und £10.807, jedoch bei CHEM356 liegt die potenzielle Kostenersparnis zwischen £1.339 und £9.374. Somit beträgt die gesamte potenzielle Kostenersparnis über alle vier Moduln hin jährlich zwischen £4.717 und £33.016. Vom niedrigsten Betrag ausgehend würde die Amortisationszeit für die Kosten von 120 CondenSyn-Systemen 4,6 Jahre betragen, bei den höchsten Wassereinsparungen könnte sie jedoch bei lediglich 0,7 Jahren oder 8,4 Monaten liegen.