Verkapselung in Doppelemulsionen – Analyse der grundlegenden Stabilisierungsmechanismen

S. Nachtigall[1], C. Holtze[1], A. Laurenzis[1], S. Bachmann[1], M. Vranceanu[1], G. Oetter[1], F. Runge[1], V. Götz[2], S. Hosseinpour[2], W. Peukert[2], N. Leister[3], H. P. Karbstein[3]

[1] BASF SE; Ludwigshafen/Deutschland [2] Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg; Erlangen/Deutschland [3] Karlsruher Institut für Technologie; Karlsruhe/Deutschland

Doppelemulsionen haben ein großes Potential in der Verkapselung von hydrophilen Wirkstoffen, wie zum Beispiel von Enzymen, Vitaminen oder Pflanzenschutzmitteln. Dabei ist der Wirkstoff in der inneren Wasserphase (W1) gelöst und wird in einer Ölphase (O) emulgiert. Diese innere Emulsion wird dann in eine zweite Wasserphase (W2) eingebracht. Auch wenn die Herstellung dieser Emulsionstypen durch ein Zwei-Schritt-Verfahren technologisch umsetzbar ist, sind bisher kaum doppelemulsionsbasierte Produkte auf dem Markt verfügbar. Begründet liegt dies in der komplexen Struktur, die unterschiedliche thermodynamische Instabilitäten hervorruft: die W1- und O-Koaleszenz sowie der Verlust der inneren Wasserphase induziert durch Koaleszenz oder Diffusion. Das simultane Ablaufen dieser Instabilitätsphänomene kann nach heutigem Stand nicht direkt am Doppelemulsionssystem systematisch untersucht werden, sodass eine erfolgreiche Produktentwicklung schwer realisiert werden kann.

Um die inneren Wassertropfen zu stabilisieren ist ein lipophiler Emulgator notwendig, um die Öltropfen vor Koaleszenz zu schützen, ein hydrophiler. Für die Vorhersage der Stabilität einer Emulgatorkombination, genügt es nicht, die Wirkung der Emulgatoren alleine zu kennen. Vielmehr muss die Wechselwirkung der beiden grenzflächenaktiven Substanzen an den verschieden gekrümmten Grenzflächen verstanden werden. Dabei können schon kleine Mengen eines zweiten Emulgators genügen, um das Verhalten des Mehrphasensystems grundlegend zu ändern.

Innovative Messansätze wurden in dieser Forschungskooperation angepasst und optimiert, um die Vorgänge an den Grenzflächen auflösen zu können und deren Auswirkung auf Instabilitätsmechanismen aufzuzeigen.

In dieser Arbeit werden nichtlineare Spektroskopie-Methoden vorgestellt, die Rückschlüsse auf die Grenzflächenzusammensetzung zulassen. Aus der Molekülordnung an der Grenzfläche lassen sich die Wechselwirkungen der Emulgatoren ableiten. Diese Erkenntnisse werden ergänzt durch das per „molecular modelling“ vorhergesagte Verhalten der Emulgatormoleküle an der Grenzfläche.

Um einen Zusammenhang zwischen der molekularen Ordnung an der Grenzfläche und der Stabilität von Doppelemulsionen herzustellen, werden Einzeltropfen an Grenzflächen optisch vermessen. Der Fokus dieses Teils liegt auf der Koaleszenzgeschwindigkeit von inneren Wassertropfen bei verschiedenen Emulgatorpaarungen.

Zusammenfassend sollen die Struktur-Eigenschaftsfunktionen der Formulierung in Doppelemulsionen abgebildet werden. Dies ermöglicht es, Rezepturen und Prozesse ausfindig zu machen, die sich für die Herstellung stabiler Doppelemulsionen eignen.