

University of Groningen

## Motility of active droplets in lipid systems

Babu, Dhanya

DOI:  
[10.33612/diss.245324359](https://doi.org/10.33612/diss.245324359)

**IMPORTANT NOTE: You are advised to consult the publisher's version (publisher's PDF) if you wish to cite from it. Please check the document version below.**

*Document Version*  
Publisher's PDF, also known as Version of record

*Publication date:*  
2022

[Link to publication in University of Groningen/UMCG research database](#)

*Citation for published version (APA):*  
Babu, D. (2022). *Motility of active droplets in lipid systems*. [Thesis fully internal (DIV), University of Groningen]. University of Groningen. <https://doi.org/10.33612/diss.245324359>

### Copyright

Other than for strictly personal use, it is not permitted to download or to forward/distribute the text or part of it without the consent of the author(s) and/or copyright holder(s), unless the work is under an open content license (like Creative Commons).

The publication may also be distributed here under the terms of Article 25fa of the Dutch Copyright Act, indicated by the "Taverne" license. More information can be found on the University of Groningen website: <https://www.rug.nl/library/open-access/self-archiving-pure/taverne-amendment>.

### Take-down policy

If you believe that this document breaches copyright please contact us providing details, and we will remove access to the work immediately and investigate your claim.

Downloaded from the University of Groningen/UMCG research database (Pure): <http://www.rug.nl/research/portal>. For technical reasons the number of authors shown on this cover page is limited to 10 maximum.

# SAMENVATTING

In de natuur hebben micro-organismen en cellen geavanceerde eiwitmachines ontwikkeld die hen in staat stellen effectief naar gunstige omstandigheden te bewegen om hun overleving te garanderen. Om kunstmatige compartimenten te ontwerpen die het in de natuur waargenomen beweeglijk gedrag nabootsen, moeten de compartimenten autonoom bewegen, hun omgeving onderscheiden en hun beweging aanpassen als reactie op externe prikkels zoals licht en chemicaliën. Dit proefschrift laat zien dat microscopisch kleine oliedruppeltjes complexe beweeglijke functies kunnen ontwikkelen door de wisselwerking tussen moleculaire reactiviteit en fysische processen die plaatsvinden op microscopische schaal. Door chemische reacties te koppelen aan grensvlakspanningsgradiënten, laten we zien dat druppeltjes adaptieve beweeglijkheid ontwikkelen waarbij de beweeglijke snelheid en het traject veranderen als reactie op externe trigger zoals licht en chemische brandstof. Een dergelijk aanpassingsvermogen resulteert in complexe beweeglijke patronen, verbetering van de lipide-producerende reactie door chemo-beweeglijke koppeling en door licht aangedreven vormmorfogenese.

**Hoofdstuk 1** schetst dit proefschrift, en het introduceert de uitdaging van het bouwen van kunstmatige beweeglijkheid in microscopisch kleine compartimenten.

**Hoofdstuk 2** bespreekt het potentieel van microscopisch kleine oliedruppeltjes als minimalistische beweeglijke compartimenten en hoe complexe beweeglijke functionaliteiten kunnen ontstaan door chemische reacties te combineren met fysisch-chemische verschijnselen.

**Hoofdstuk 3** laat zien dat een chemische reactie reversibel kan worden gekoppeld aan de beweeglijkheid van microscopisch kleine druppeltjes. Ons systeem bestaat uit een lipide-producerende chemische reactie en oliedruppeltjes die spontaan kunnen bewegen door de vorming van Marangoni-stromen. Omdat lipiden in het systeem worden geproduceerd, blijven de oliedruppeltjes stationair, maar zodra de lipidenconcentratie de kritische micelconcentratie overschrijdt, induceren de micellen Marangoni-stromen in de vetalcoholdruppeltjes in het systeem, waardoor ze in beweging komen. De beweeglijke druppeltjes die chemotactisch zijn, kunnen

zich verplaatsen naar regio's waar de voorlopers zich bevinden. We laten zien dat dit resulteert in een toename van de productie van lipiden in het systeem, aangezien de druppeltjes extra interfaces creëren voor de zelfproducerende chemische reactie om lipiden te vormen. Daarom stellen we een chemo-beweeglijke koppeling vast waarbij lipiden die geproduceerd worden door de zelfproducerende chemische reactie Marangoni-motiliteit in druppeltjes opwekken. Daarentegen versterken de chemotactisch bewegende druppeltjes de productie van lipiden.

In **Hoofdstuk 4** bestuderen we de beweeglijkheid van chemisch verschillende oliedruppeltjes en beperken we de parameters die bijdragen aan de efficiëntie van de beweeglijkheid. We laten zien dat de fysisch-chemische parameter zoals viscositeit en oplosbaarheid van de olie in de miceloplossing bepaalt hoe geschikt een beweeglijke oliedruppel is. Dit kan worden bestudeerd door te kijken naar de invloed van advection- en diffusiekrachten (via Peclet-getal) in het systeem. Door dit een stap vooruit te zetten, laten we zien dat we door te spelen met de precursors van een lipidenproducerende reactie, selectieve voorgeprogrammeerde motiliteit kunnen bevorderen in een populatie die bestaat uit twee verschillende oliedruppelpopulaties.

Nadat is vastgesteld dat druppeltjes autonoom kunnen voortbewegen en worden gekoppeld aan chemische systemen, in **hoofdstuk 5** zien we dat beweeglijke druppeltjes chemisch kunnen worden gecodeerd om een vooraf ontworpen functionaliteit te hebben. We gebruiken fotoschakelaars als intermediair om beweeglijke druppeltjes te laten reageren op licht. De micellen die de voortbeweging van Marangoni aandrijven, zijn samengesteld uit lipiden die een azobenzeen-fotoschakelaar bevatten. Na het activeren met licht, een afwisseling in de vorm en het dipoolmoment van de azobenzeengroep verandert de eigenschappen van de micellen. Omdat micellen de beweging van druppeltjes aandrijven, vertaalt dit zich in een wijziging in het beweeglijke gedrag van druppeltjes.

Het bouwen van complexe systemen waar functionele beweeglijke compartimenten deel van uitmaken, vereist een beter begrip en controle over de beweeglijke kenmerken en inzicht in hoe deze kenmerken op aanvraag kunnen worden aangepast. **Hoofdstuk 6** laat zien dat beweeglijke druppels met herconfigureerbare beweeglijke snelheid en traject chemisch kunnen worden voorgeprogrammeerd. De oliedruppeltjes bevatten een azobenzeenoliecomponent die bij bestraling met licht

schakelt tussen vloeibaar kristal of isotrope fases. Met deze faseovergang versnelt of vertraagt de druppel, afhankelijk van het lipide dat de beweeglijkheid van Marangoni initieert. Door selectieve bestraling creëren we ruimtelijk gescheiden druppelpopulaties met verschillende beweeglijke kenmerken.

Diverse zwemmende micro-organismen gebruiken aanhangsels zoals trilhaartjes of flagellen om ze voort te stuwten. Tot nu toe is autonome beweging van compartimenten gecreëerd in kunstmatige systemen door katalytische reacties die bellen produceren of door grensvlakmechanismen zoals het Marangoni-effect. Dit proefschrift richt zich op het laatste. In **Hoofdstuk 7** laten we zien dat grensvlakmechanismen naast beweeglijkheid ook kunnen resulteren in de vorming van aanhangsels op vloeibare kristaldruppels. Moleculaire fotoschakelaars induceren de drijvende grensvlakeffecten door een verandering in moleculaire eigenschappen te versterken die optreden op nanoschaal tot grotere lengteschalen.

