

Von der Mücke zum Elefanten

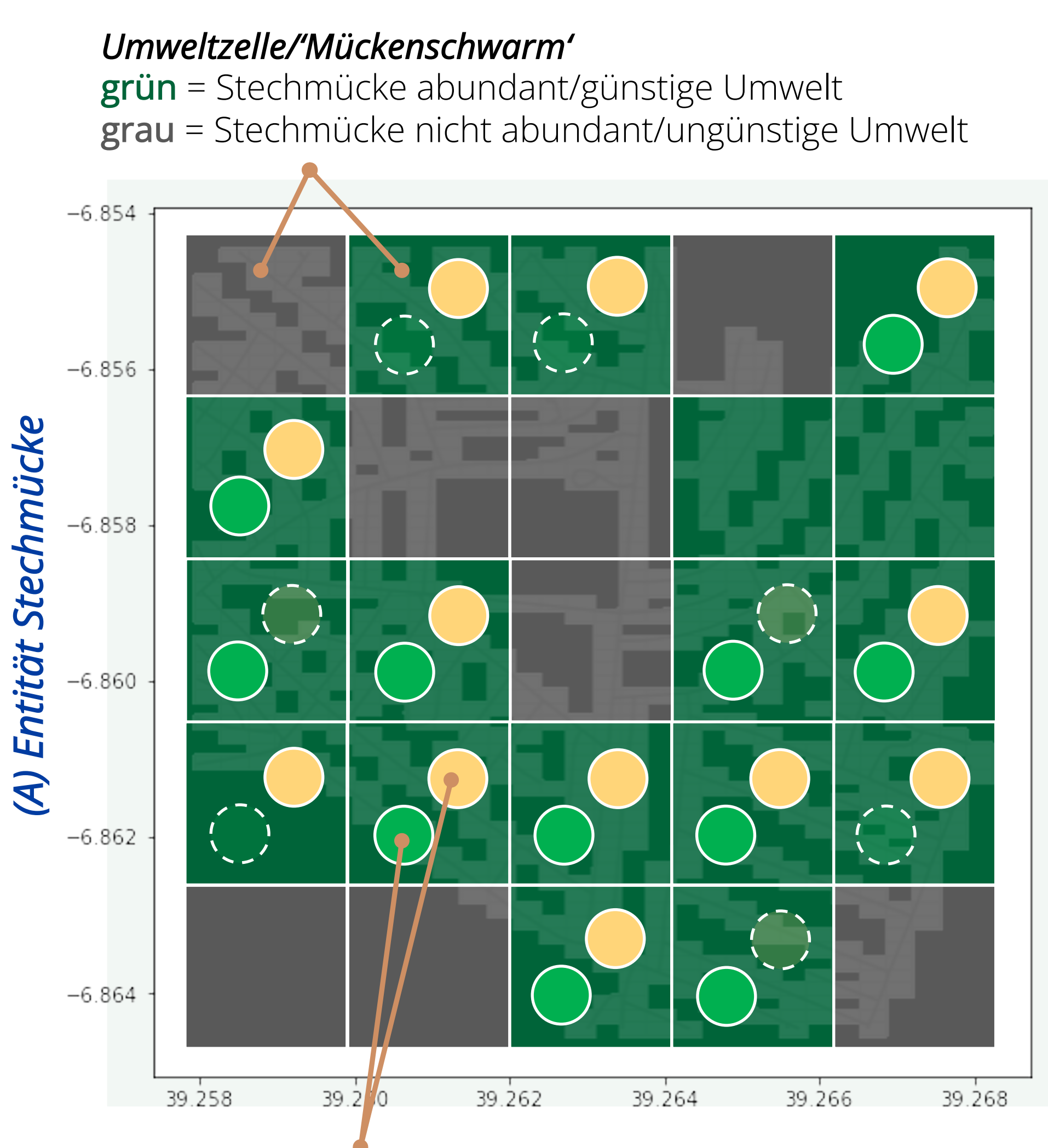
Die Entwicklung eines agenten-basierten Simulationsmodells zur Verbreitung des Dengue-Virus in Dar es Salaam, Tansania

Juliane Bönecke^{1,2,3}, Ulfia Lenfers², Jonathan Ströbele², Nima Ahmady-Moghaddam², Thomas Clemen²

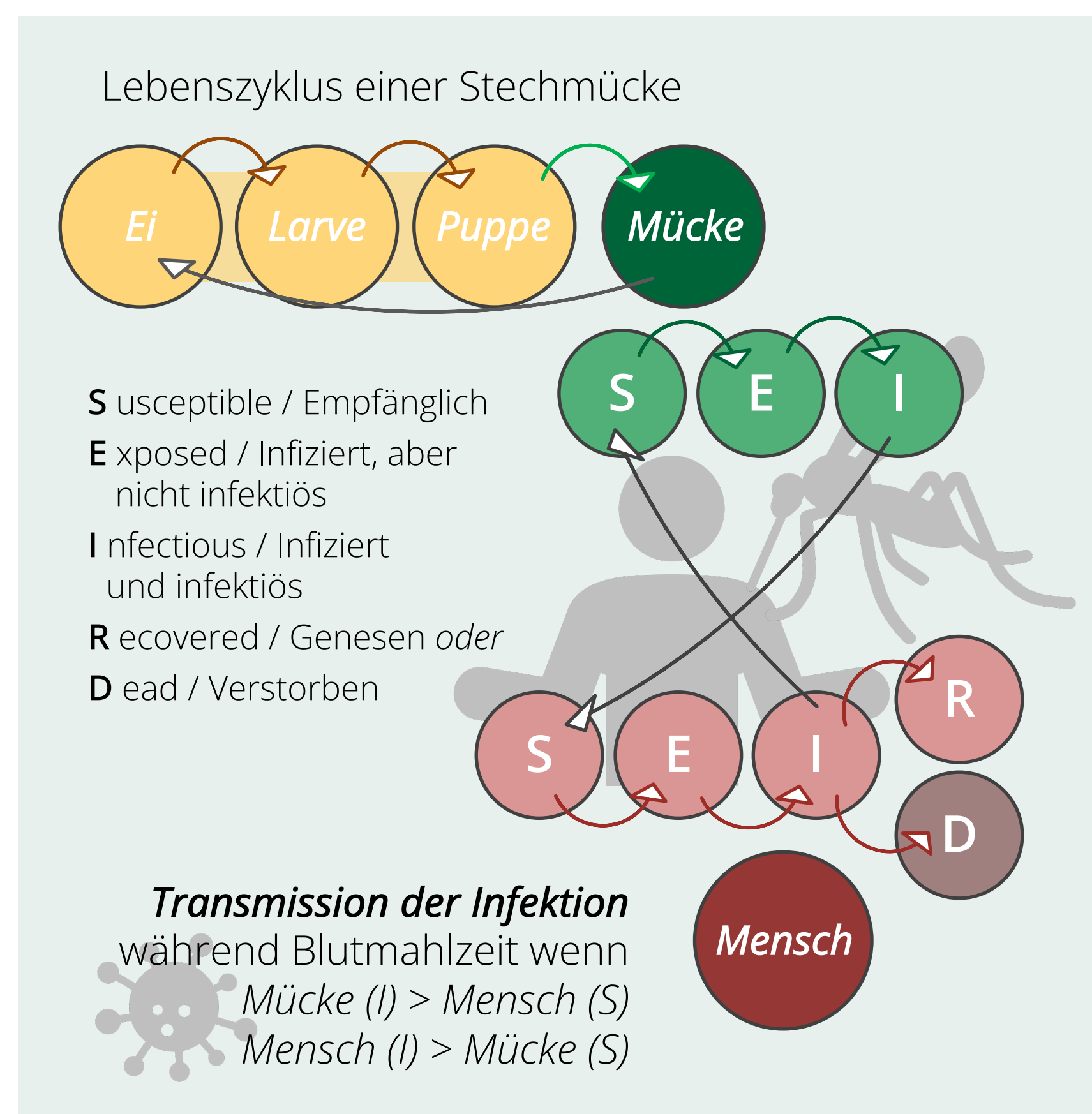
Problemstellung. Vektorbürtige Infektionskrankheiten, darunter das durch Stechmücken übertragene Dengue-Virus, verursachen mehr als 17 % aller Infektionsfälle und jährlich mehr als 700.000 Todesfälle weltweit [1]. Mit dem voranschreitenden Klimawandel, der wachsenden Urbanisierung und dem ausgeprägten globalen Reise- und Warenverkehr ist eine zunehmende Ausbreitung des Dengue-Virus und seiner exotischen Überträgermücke *Aedes aegypti* erwartet, welche bisher v.a. im asiatischen, ozeanischen sowie südamerikanischen Raum heimisch sind. Zu den zunehmend betroffenen Regionen zählt auch Ostafrika, darunter insbesondere urbane Gebiete, in denen die an den Menschen angepasste Mücke optimale Bedingungen findet. Damit steigt auch das Risiko wiederkehrender Infektionsausbrüche und mit einer Reinfektion assoziierter schwerer Krankheitsverläufe. [2,3] Ein adäquates **Verständnis lokaler Ausbruchsdynamiken, auch in Abhängigkeit zu Wetter und Umwelt**, ist für die Koordination knapper Ressourcen der Diagnostik, Ausbruchskontrolle und -prävention entscheidend. Hier ermöglichen epidemiologische Simulationsmodelle mit Fokus auf die **Interaktion zwischen Mensch, Vektor und Umwelt** einen wertvollen Einblick [4].

Methodischer Ansatz. Um ein besseres Verständnis über die Verbreitungsdynamiken des Dengue-Virus im urbanen Raum zu erlangen, soll ein **agenten-basiertes Modell (ABM)** am Beispiel der Stadt Dar es Salaam, Tansania, entwickelt und um ein **traditionelles epidemiologisches Verbreitungsmodell „SEIR/D“** (*Susceptible, Exposed, Infectious, Recovered/Dead*) erweitert werden. Ziel ist es, die Ausbreitung des Dengue-Virus in der Bevölkerung unter Berücksichtigung der (a) Interaktion von Stechmücke und Mensch, (b) Infektionsdynamik des Virus in seinem Wirt (Mensch) und Vektor (Mücke), (c) Heterogenität der Bevölkerung (z.B. Demografie und Verhalten), sowie (d) umgebenden Kontextfaktoren wie Umweltbedingungen zu beschreiben und zu simulieren. Derartige Simulationsräume bieten die Möglichkeit, die Übertragung und Verbreitung einer Infektionskrankheit in Populationen möglichst feingranuliert zu analysieren und darauf aufbauend z.B. Interventionsstrategien wie Vektorkontrolle, Risikoaufklärung oder Impfkampagnen experimentell zu untersuchen. Hierfür benötigt es ein fundiertes Konzept, was im Rahmen eines vereinfachten Modells der komplexen Natur der Erkrankung gerecht wird – **von der Mücke zum Elefanten**.

Modellkonzept: Dengue-Virus-Übertragung zwischen Mensch und Mücke Stadtteil Temeke in Dar es Salaam, Tansania

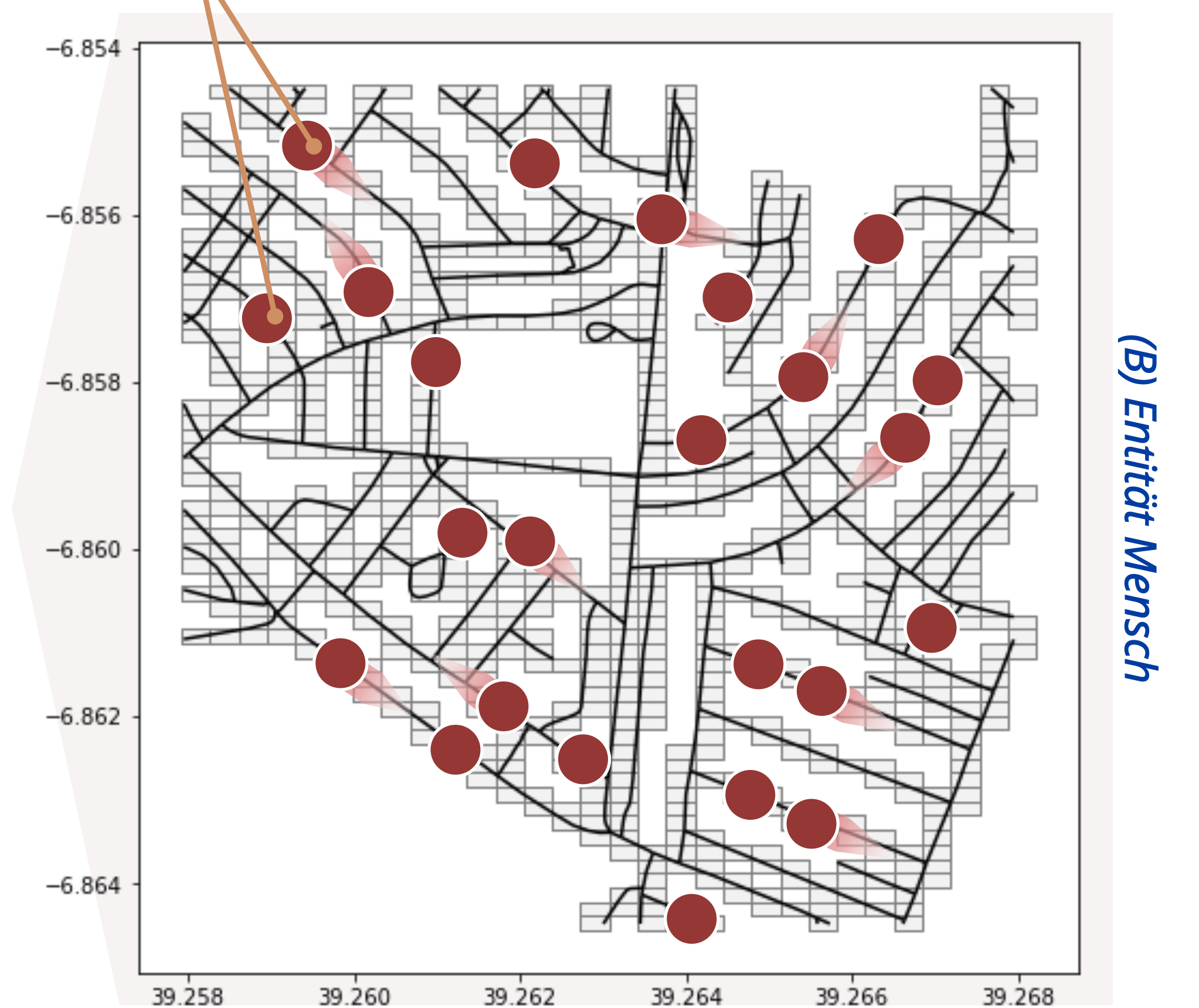


**(C) Kontakt Mensch-Mücke
Übertragung des Dengue-Virus**
 ...wenn Mensch eine Mückenzone passiert...



Menschlicher Agent mit Tagesplan

→ bewegt sich in seiner Umwelt entlang eines Tagesplans in Abhängigkeit von z.B. seinem Geschlecht, Alter, Beruf, etc.
 → kann Verhalten an Veränderungen seiner Umwelt und seines Zustandes anpassen (z.B. bleibt daheim wenn krank oder geht ins Krankenhaus)

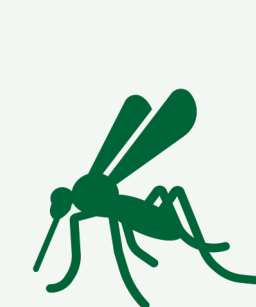


Stechmücken'schwarm' mit fester räumlicher Position und Ausbreitung

gelb = aquatischer Agent, sticht nicht
 grün = adulter Agent, saugt Blut (♀) vom Menschen in Morgen-/Abendstunden
 transparent = Inaktiver Agent (z.B. keine Mücken geschlüpft oder Eier gelegt)
 → Agenten entwickeln sich in Abhängigkeit zueinander (Eier schlüpfen <-> Eier legen)

Literaturübersicht

- [1] WHO. *Vector-borne diseases (Fact Sheet)*. Online. 2020: <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/vector-borne-diseases> (letzter Zugriff: 11.05.2022)
- [2] Alfsnes K et al. *Tracing and tracking the emergence, epidemiology and dispersal of dengue virus to Africa during the 20th century*. *One Health*. 2021;13:100337
- [3] Mordecai EA et al. *Climate change could shift disease burden from malaria to arboviruses in Africa*. *Lancet Planet Health*. 2020;4(9)
- [4] Alderton S et al. *A Multi-Host Agent-Based Model for a Zoonotic, Vector-Borne Disease. A Case Study on Trypanosomiasis in Eastern Province, Zambia*. *PLoS Negl Trop Dis*. 2016;10(12)



- durchläuft Lebenszyklus innerhalb der Schwarmzelle, sticht wenn adult (zum Eierlegen)
- Aktivitäten stark abhängig von Temperatur und Regen
- kann bei Blutmahlzeit Virus aufnehmen (wenn S) und an Menschen abgeben (wenn I)



- besitzt soziodemografisches Profil
- verfolgt Tagesplan abhängig von Profil und in Interaktion mit Umwelt (z.B. „Point of Interest“)
- kann bei Mückenstich Virus aufnehmen (wenn S) und an Stechmücke abgeben (wenn I)



(D) Data Stack der Modellumwelt

Kontakt: juliane.boenecke@haw-hamburg.de

- ¹ Department Gesundheitswissenschaften, Fakultät Life Sciences, HAW Hamburg
- ² Forschungsgruppe MARS (Multi-Agent Research and Simulation), Department Informatik, Fakultät Technik und Informatik, HAW Hamburg
- ³ Department Infektionsepidemiologie, Bernhard-Nocht-Institut für Tropenmedizin

Die Ergebnisse sind Teil des durch das BMBF geförderten Verbundprojekts **ESIDA** in Kooperation mit dem Bernhard-Nocht-Institut für Tropenmedizin, dem Nelson Mandela African Institution of Science and Technology (Tansania), der Universität Hamburg und dem Universitätsklinikum Hamburg-Eppendorf.
 Förderkennzeichen: 01DU20005(B)