

# Von Shannon zu Corona – Molekulare Kommunikation im Fokus

*Molekulare Kommunikation kann nicht nur biologische und chemische Kommunikationsmechanismen nachahmen, sondern bietet auch einen theoretischen Rahmen für Virusinfektionsprozesse.*

Kaum ein anderes Thema bewegt die Gesellschaft derzeit mehr als die Sars-CoV-2-Pandemie. Inzwischen ist klar, dass respiratorische Ereignisse, wie Husten, Niesen, Sprechen und Singen, maßgeblich zum Infektionsgeschehen beitragen, weil sich Viren in der Luft über Aerosole und Tröpfchen ausbreiten. Der Ausbruch von Covid-19 hat uns aber auch gezeigt, wie wenig wir die Ausbreitung von Erregern und Partikeln verstehen. Dabei spielen probabilistische Effekte eine große Rolle, die von traditionellen Ansätzen nicht erfasst werden. Ein kürzlich entwickeltes neues Kommunikationskonzept kann hier Abhilfe leisten.

Herkömmliche drahtlose Kommunikationssysteme verwenden meist elektromagnetische (EM-) Wellen zur Informationsübertragung. Für Anwendungen, bei denen Netzwerkknoten

mit Abmessungen im Nano- oder Mikrometerbereich kommunizieren müssen, oder für Kommunikation in schwierigen Umgebungen, wie z.B. in Flüssigkeiten (z.B. in Pipelines oder auch im Blutkreislauf) oder in Gasen (z.B. in Luftschächten oder Tunnel-systemen), sind EM-basierte Kommunikationssysteme oft ungeeignet. Inspiriert durch die Kommunikation und Vernetzung in biologischen Systemen, wie Bakterien und Zellen, wurde für solche Anwendungen das neue Konzept der molekularen Kommunikation (MK) vorgeschlagen [1]. Dabei werden Moleküle oder sehr kleine Partikel mit Abmessungen im Nano- bis Mikrometerbereich als Informationsträger verwendet. Während die meisten Arbeiten bisher Nano- und Mikroanwendungen – oft mit biologischem oder medizinischem Bezug – im Fokus hatten, wird im BMBF-ge-

förderten Verbundprojekt MaMoKo derzeit die Eignung von MK für makroskopische, industrielle Anwendungen untersucht. Auch hier verspricht MK eine effiziente Kommunikation in Umgebungen, in denen EM-basierte drahtlose Kommunikation nicht anwendbar ist. Untersucht wird die Informationsübertragung in flüssigkeits- und luftbasierten Medien, der theoretische Unterbau sowie die Entwicklung leistungsfähiger Simulationswerkzeuge. Dabei kommen magnetische Nanopartikel, Mikrobläschen und mit fluoreszierenden Farbstoffen markierte Wassertröpfchen als Informationsträger zum Einsatz.

Interessanterweise können die neu entwickelten Konzepte und Werkzeuge nicht nur in den genannten Anwendungen zur Informationsübertragung genutzt werden, sondern auch, um die Ausbreitung von Aerosolen

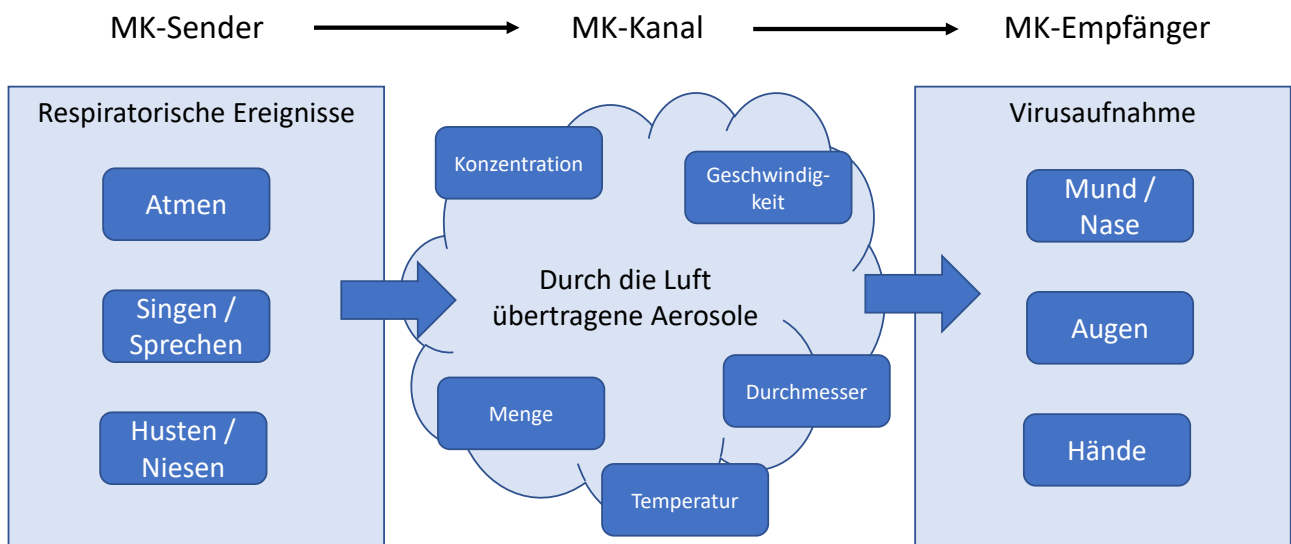


Bild 1: Übertragung von Aerosolen, initiiert durch respiratorische Ereignisse zu einem potenziell noch nicht infizierten Empfänger. Modelliert werden kann der Vorgang durch Methoden der molekularen Kommunikation (MK)

und Tröpfchen sowie deren Wechselwirkung mit der Umgebung zu analysieren. Motiviert durch die Covid-19-Pandemie wurden im ersten Schritt bereits Äquivalenzen zwischen der luftbasierten Virenausbreitung und der molekularen Kommunikation aufgezeigt [2]. Respiratorische Ereignisse wurden durch ein adaptives Modulationsverfahren modelliert (siehe Bild 1). Die Modellierung wurde durch Experimente unterstützt, motiviert durch das im Rahmen von MaMoKo entstandene luftbasierte makroskopische MK-Testbed. Mittels künstlich induzierten Hustens wurde mit Fluoreszenzfarbstoff versehener Speichel von einer Testperson freigesetzt. Die emittierten Partikel wurden mittels optischer Detektion sichtbar gemacht. Die Anzahl der aufgezeichneten Partikel war in Testreihen bei Personen ohne Mund- und Nasenschutz signifikant höher als bei solchen mit gut sitzender medizinischer Maske. Die im Rahmen von MaMoKo entwickelten Simulationswerkzeuge [3] konnten zur Abschätzung der Übertragung infektiöser Aerosole für verschiedene Umgebungen weiterentwickelt werden.

Covid-19 wird sicherlich nicht die letzte Pandemie sein und es sind in Zukunft biologische und chemische Attacken am und im menschlichen

Körper als auch in sensitiven Umgebungen zu befürchten. Neben der kontaktgebundenen Übertragung von Viren stellt eine Ausbreitung über Luft und Wasser ein hohes Risiko dar. Neue theoretische und experimentelle Ansätze werden notwendig sein, um Ausbreitung, Abhilfemaßnahmen und effektive Detektion von Erregern besser zu verstehen. Molekulare Kommunikation kann diesbezüglich einen wichtigen Beitrag leisten [4]. Insbesondere ist es ratsam, zusätzlich zur luftbasierten Ausbreitung von Erregern mittels Aerosole auch Flüssigkeiten als Übertragungsmedium zu berücksichtigen, um beispielsweise besser auf mögliche Angriffe auf Trinkwassersysteme vorbereitet zu sein.

## Referenzen

- [1] Haselmayr, W.; Springer, A.; Fischer, G.; Alexiou, C.; Boche, H.; Hoehner, P. A.; Dressler, F.; Schober, R.: Integration of Molecular Communications into Future Generation Wireless Networks. Proceedings of 1st 6G Wireless Summit, Levi, Finnland, März 2019
- [2] Schurwanz, M.; Hoehner, P. A.; Bhattacharjee, S.; Damrath, M.; Stratmann, L.; Dressler, F.: Duality between Coronavirus Transmission and Air-based Macroscopic Molecular Communication. arXiv, eess.SP, 2009.04966, September 2020
- [3] Stratmann, L.; Drees, J. P.; Bronner, F.; Dressler, F.: Using Vector Fields for Efficient Simulation of Macroscopic Molecular Communication. IEEE Transactions on Molecular, Biological and Multi-Scale Communications (T-MBMC), Special Section – Advances in Molecular Communication, 2021
- [4] Jamali, V.; Ahmadzadeh, A.; Wicke, W.; Noel, A.; Schober, R.: Channel Modeling for Diffusive Molecular Communication – A Tutorial Review. Proceedings of the IEEE 107 (2019) H. 7, S. 1256–130

### PROF. DR.-ING. HOLGER BOCHE

Lehrstuhl für Theoretische Informationstechnik, TU München

### PROF. DR.-ING. HABIL. FALKO DRESSLER

Telecommunication Networks Group, TU Berlin

### PROF. DR.-ING. PETER A. HÖHER

Institut für Elektrotechnik und Informationstechnik, Christian-Albrechts-Universität zu Kiel

### DR.-ING. ROBERT SCHOBER

Department Elektrotechnik-Elektronik-Informationstechnik (EEI), Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg

### PROF. DR.-ING. HANS SCHOTTEN

ITG-Vorsitzender, Fachbereich Elektrotechnik, TU Kaiserslautern

## KOMMUNIKATIONSTECHNOLOGIE & COVID-19-PANDEMIE

# Durchführung von psychophysiologischen und subjektiven Experimenten während einer Pandemie

*Wie können Humanstudien unter Zugangs- und Kontaktbeschränkungen durchgeführt werden? Ein Team des Quality and Usability Lab der TU Berlin hat erste Erfahrungen gesammelt und zusammengetragen.*

Kontakt- und Zugangsbeschränkungen erschweren eine erfolgreiche Durchführung von Humanstudien.

Der persönliche Kontakt zwischen Experimentator und Versuchsperson birgt ein prinzipielles Ansteckungs-

risiko. Dieses Risiko muss vor der Planung einer Studie mit dem Nutzen des möglichen Forschungsergebnisses