



Hochschule für Angewandte Wissenschaften Hamburg

*Hamburg University of Applied Sciences*

# EPIDEMIOLOGICAL MODELLING OF PUBLIC TRANSPORT

---

HAW Hamburg – Masterstudiengang Informatik

Anwendungen 2 – SoSe 2012

Carsten Noetzel

# Gliederung

- Motivation
- Analyse
- Related Work
  - **S**ituated **C**ellular **A**gents
  - **I**ndividual **S**pace **T**ime **A**ctivity-based **M**odelling
  - **D**iscrete **S**pace **S**cheduled **W**alkers
- Zusammenfassung

# Review Anwendungen 1

- Multiagentensysteme in der Epidemiologie
- Vergleich zu anderen Ansätzen
  - + Heterogenität in Eigenschaften und Verhalten
  - + Realitätsnähere Simulation
- Vielzahl an unterschiedlichen Arbeiten vorhanden
- Häufig starke Einschränkungen bei öffentlichen Verkehrsmitteln [1, 6, 12, 13]

# Rolle der öffentlichen Verkehrsmittel 1/2

„Besonders größere Menschenansammlungen und öffentliche Verkehrsmittel bieten optimale Übertragungsbedingungen für Inflenzaviren.“

(Nationaler Pandemieplan Robert Koch-Institut 2007 [9])

„In reality, human contact within transportation vehicles, especially public transportation, plays an important role in infectious disease transmission among the human population.“

(Yang 2008 [13])

# Rolle der öffentlichen Verkehrsmittel 2/2

- Auch Studien verweisen auf die Relevanz öffentlicher Verkehrsmittel bei der Infektionsausbreitung
- „Is public transport a risk factor for acute respiratory infection?“ [10]
  - Analyse der Nutzung öffentlicher Verkehrsmittel vor Auftreten erster Symptome bei erkrankten Probanden
  - Bis zu sechsfach erhöhtes Risiko bei Nutzung öffentlicher Verkehrsmittel
- „Social Contacts and Mixing Patterns Relevant to the Spread of Infectious Diseases“ [8]

# Womit muss man sich befassen?

- Wie lässt sich die Infektionsausbreitung im öffentlichen Nahverkehr mit Hilfe der Informatik modellieren?
- Interaktion der Individuen innerhalb eines Verkehrsmittels
  - Crowd -, Human Behaviour -, Infectious Disease Modelling [11]
- Nachbildung des Nutzungsverhaltes
  - Trip Based -, Route Based -, Activity Based Approach
- Abbildung der Stadt und ihrer Einwohner
  - Nutzung vorhandener Daten

# SCA 1/4 <sup>[4]</sup>

“A Methodology for Crowd Modelling with **Situated Cellular Agents**”

Stefania Bandini, Mizar Luca Federici und Giuseppe Vizzari

Situated Cellular Agent Model <sup>[4, 5]</sup>

- Framework zur Definition komplexer Systeme bei denen die Interaktion autonomer Entitäten mit ihrer Umgebung im Vordergrund steht
- Interaktion durch „field diffusion-perception-action mechanism“

Fallstudie : U-Bahn Station

# SCA 2/4 <sup>[4]</sup>

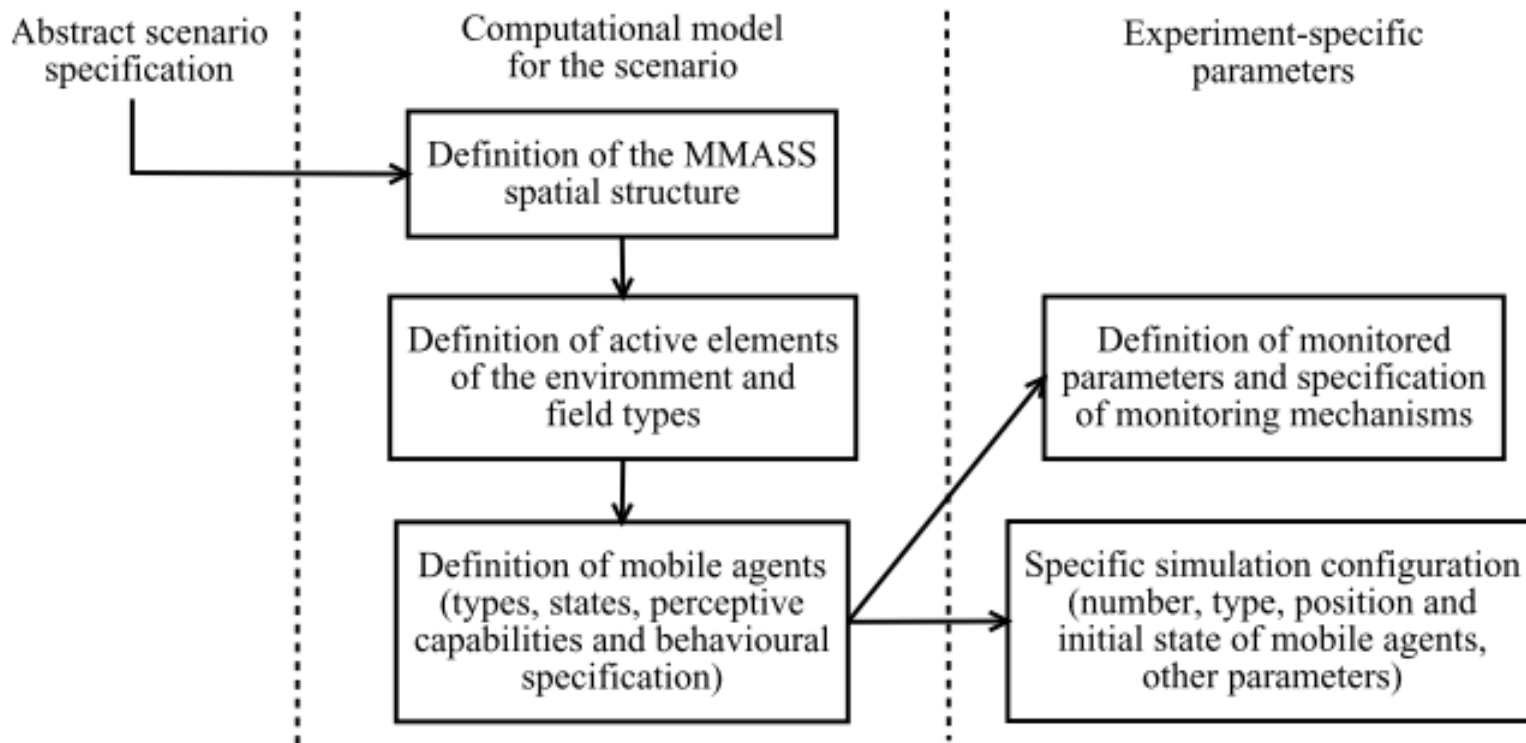
## Situated Cellular Agent Model

- Spezielle Klasse von **Multilayered Multi-Agent Situated System (MMASS)** <sup>[3]</sup>
  - Nur ein Layer und Limitierung in Emission der Felder
- Systemdefinition über Tripel  $\langle Space, F, A \rangle$ 
  - $Space$  = Menge von Punkten  $p$  auf denen sich ein Agent befinden kann und die von Feldern beeinflusst werden  $\langle a_p, F_p, P_p \rangle$
  - $F$  = Menge von Feldern vom Typ  $t$  mit  $\langle W_t, Diffusion_t, Compare_t, Compose_t \rangle$
  - $A$  = Menge von Agenten mit Typ, Status und Position  $\langle \tau, s, p \rangle$  wobei  $s \in \sum_{\tau}$  und  $\tau = \langle \sum_{\tau}, Percetion_{\tau}, Action_{\tau} \rangle$



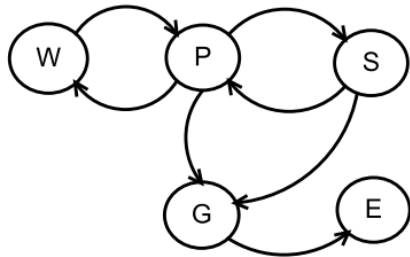
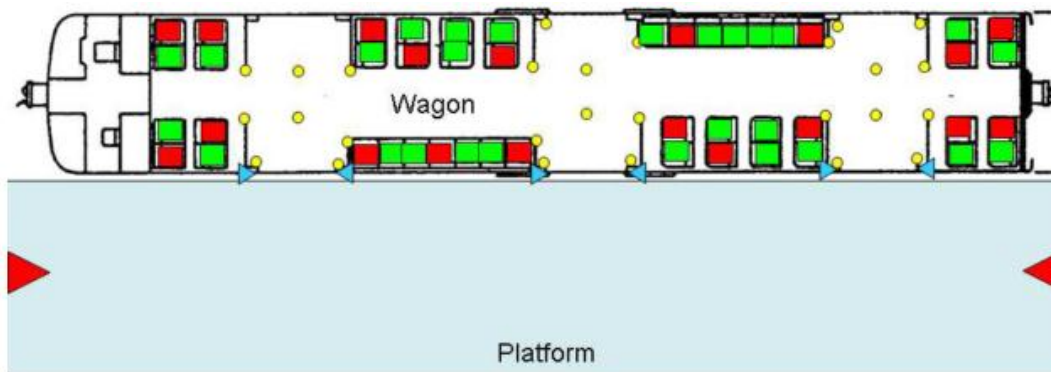
# SCA 3/4 [4]

## Phasen der Modellierung



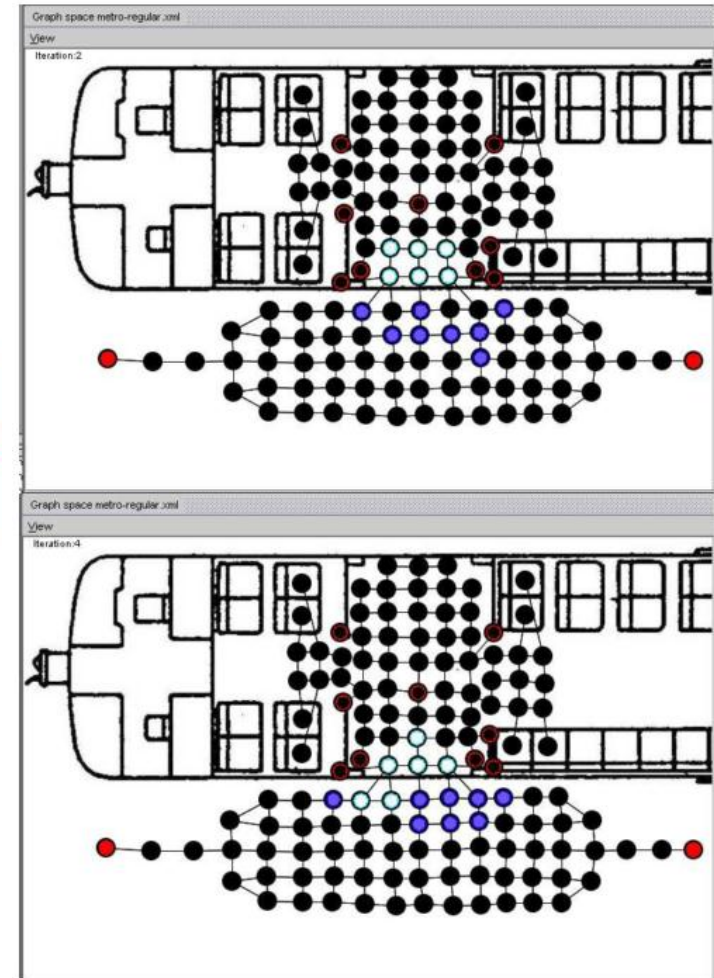
# SCA 4/4 [4]

## Fallstudie: U-Bahn Station



### Status der Agenten

w – waiting  
 p – passenger  
 g – get-off  
 s – seated  
 e – exiting



# SCA Bewertung

- ✓ SCA Ansatz geeignet um das dynamische Verhalten innerhalb öffentlicher Verkehrsmittel zu simulieren [3, 4, 5]
- ! Erweiterungen für eigene Arbeit nötig
  - Zusätzliche aktive Elemente
  - Verschiedene Typen von Agenten (Erwachsene, Kinder)
  - Weitere Aktionsmöglichkeiten (Griff halten, Fenster öffnen)
  - Berücksichtigung der Infektionsmöglichkeiten

# ISTAM 1/4 <sup>[13]</sup>

“Individual **s**pace–**t**ime **a**ctivity-based **m**odelling of infectious disease transmission within a city”

Yong Yang, Peter Atkinson und Dick Ettema

## Fokus

- Abbildung der Population einer Stadt
- Abbildung von möglichen Aktivitäten
- Zuweisung von Aktivitätsmustern an Individuen
- Simulation der Infektionsübertragung bei Aktivitäten

# ISTAM 2/4 [13]

## Konzept

- Activity Bundle (AB)
- Role-based AB Simulation
- Wahrscheinlichkeit der Infektion abhängig von
  - Wahrscheinlichkeit des Kontaktes zweier Individuen  $p_c$ 
    - Abgeleitet von Rollen der Individuen (Verkäufer, Kunde)
  - Wahrscheinlichkeit der Infektionsübertragung  $p_i$ 
    - Intimate-, Personal-, Social distance

# ISTAM 3/4 [13]

## Beispiel eines Activity Bundle mit Spatial Patterns

AB type	description	values of parameters (default: $p_c$ )
shop	<i>loop</i> between workers <i>dynamic random</i> between all customers 20% of customers come into contact with one staff member randomly	loop ( $p_c^3$ ) dynamic random (density: 0.5, mobility = 1, $p_c^4$ ) randomly selected 20% of customers come into contact with one staff ( $p_c^3$ )

pattern name	description	value of $p_i$
loop	static. Fixed before the simulation and does not change. Individuals distribute like a loop, so one person contact with persons first and second above or below with himself/herself in the loop	$p_i^1$ with first above and below and $p_i^2$ with second above and below
dynamic random	every person comes into contact with a number of randomly selected other persons. This process repeats a number of times. Two additional parameters: density and mobility	$p_i^3$

$p_i^1$  = Intimate distance (< 0,6m)  
 $p_i^2$  = Personal distance (0,6 – 1,5m)  
 $p_i^3$  = Social distance (1,5 – 3m)

# ISTAM 4/4 <sup>[13]</sup>

Auswahl der Aktivitäten basierend auf Erhebung mit Aktivitäts-Tagebüchern im Jahr 2000

Zuweisung von Aktivitäten basierend auf soziodemografischen Status

- Grobe Unterteilung in vier Altersklassen mit Subklassifizierung
- Fixe Aktivitäten (sleep, work, education)
- Variable Aktivitäten basierend auf Activity Pattern (sport, dinner, shopping, ...)

# ISTAM Bewertung

- ✓ Activity Based Approach zur Nachbildung des Nutzungsverhaltens geeignet [2, 7, 13]
- ✗ Keine Berücksichtigung öffentlicher Verkehrsmittel
- ✗ Keine Unterscheidung zwischen direkter- und indirekter Kontaktinfektion



# DSSW 1/3 <sup>[6]</sup>

„Epidemic modeling with **discrete-space scheduled walkers**: extensions and research opportunities.“

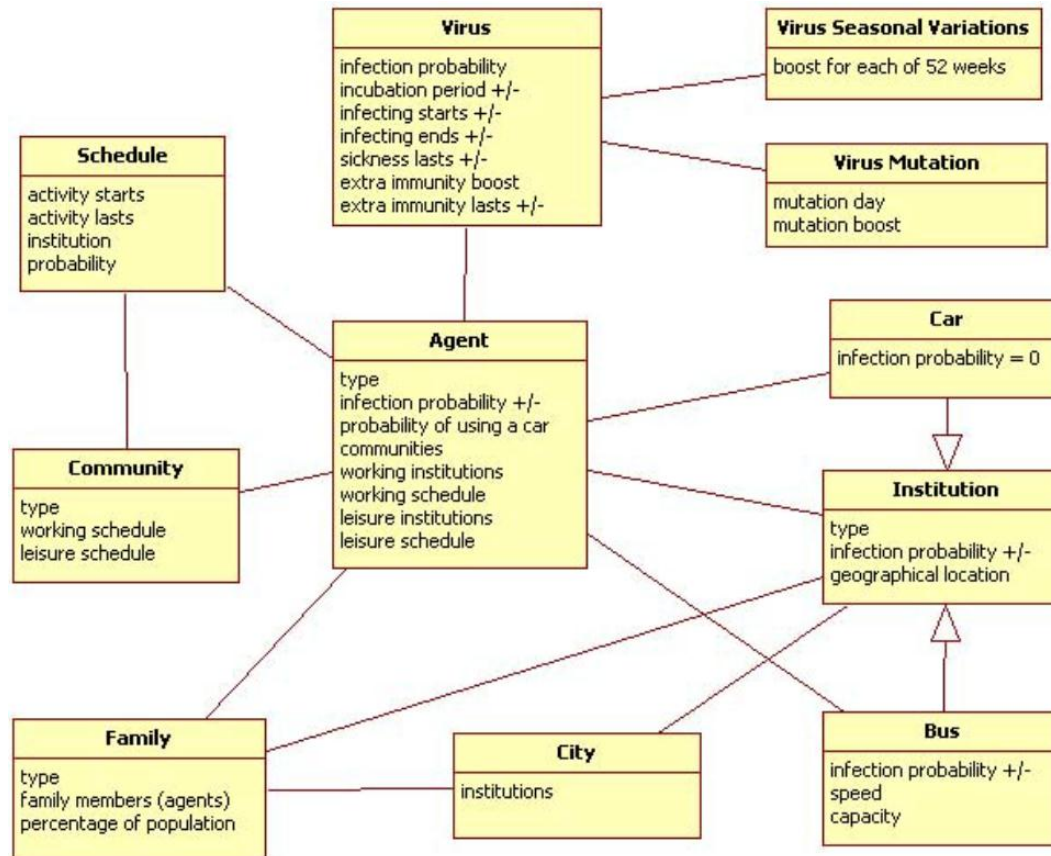
Maciej Borkowski, Blake Podaima und Robert McLeod

## Fokus

- Erstellung eines Simulationsmodell auf Basis von „discrete-space scheduled walkers“
- Untersuchung von möglichen Datenquellen zur Abbildung
  - der Lokationen (Wo)
  - der Individuen (Wer)
  - von Aktivitäten (Wann)
  - der Infektionskrankheit (Was)

# DSSW 2/3 [6]

## Konzept



### Verkehrsmittel:

- Bus, Auto
- Spezielle Institutionen mit fester Infektionswahrscheinlichkeit
- Dynamisch zur Laufzeit erzeugt

# DSSW 3/3 [6]

## Datenherkunft und Forschungsmöglichkeiten

- Lokationen (Wo)
  - Geoinformationssysteme
- Agenten (Wer)
  - Abfrage eines statisch signifikanten Teils der Bevölkerung
  - Daten von Volkszählungen
  - Soziale Netzwerke
- Aktivitäten (Wann)
  - Tracking von Finanztransaktionen
  - Lokalisierung mobiler Endgeräte
  - Verkehrsüberwachungssysteme
  - Sicherheitskameras
- Infektionskrankheit (Was)
  - Epidemiologische Datensammlungen / Studien

*Data Mining*

# DSSW Bewertung

- ✘ Simulationsmodell simpel gehalten mit folgenden Einschränkungen
  - Nur zwei Arten von Aktivitäten (Arbeit / Freizeit)
  - Alle Agenten haben an den selben Tagen frei
  - Feste Infektionswahrscheinlichkeiten für Lokationen und Verkehrsmittel → Interaktion unberücksichtigt
  - Keine Berücksichtigung von Fahrplänen
  - Zufällige geografische Verteilung der Familien
- ✓ Datenquellen für eigene Arbeit
  - Google Maps / OpenStreetMap
  - Zensus 2011 → Veröffentlichung November 2012
  - Fahrpläne des HVV ggfs. mit Anbindung an GEOFOX

# Zusammenfassung

- Öffentliche Verkehrsmittel spielen eine wichtige Rolle bei der Infektionsausbreitung
- viele Simulationsmodelle vorhanden, aber keines berücksichtigt öffentliche Verkehrsmittel im Detail
- Modellierung dennoch möglich durch Kombination
  - Situated Cellular Agents → Modellierung der Interaktion
  - Activity Based Approach → Nachbildung des Nutzungsverhaltens
  - Verschiedener Datenquellen → Basis für realitätsnahe Simulation

# Literatur 1/2

- [1] ALEMAN, Dionne M.; WIBISONO, Theodoras G.; SCHWARTZ, Brian:  
***Accounting for individual behaviors in a pandemic disease spread model.*** In: Winter Simulation Conference. Austin, Texas: Winter Simulation Conference, 2009 (Newman 2002), S. 1977–1985 ISBN 9781424457717
- [2] ALGERS, Staffan ; ELIASSON, Jonas ; MATTSSON, Lars-Göran:  
***Is it time to use activity-based urban transport models? A discussion of planning needs and modelling possibilities.*** In: The Annals of Regional Science 39 (2005), November, Nr. 4, S. 767–789. – ISSN 0570-1864
- [3] BANDINI, Stefania; MANZONI, Sara ; SIMONE, Carla:  
***Dealing with space in multi-agent systems: a model for situated MAS.*** In: Proceedings of the First international joint conference on Autonomous agents and multiagent systems: part 3. ACM, 2002, S. 1183–1190. – ISBN 1581134800
- [4] BANDINI, Stefania; FEDERICI, Mizar L.; VIZZARI, Guiseppe:  
***A methodology for crowd modelling with situated cellular agents.*** In: WOA 2005 (2005), S. 91–98.  
URL <http://www-lia.deis.unibo.it/books/woa2005/papers/13.pdf>
- [5] BANDINI, Stefania ; MANZONI, Sara ; VIZZARI, Guiseppe:  
***Situated cellular agents for crowd simulation and visualization.*** In: Transactions of the 2nd Biennial Meeting of the International Environmental Modelling and Software Society (2004), S. 289–294.
- [6] BORKOWSKI, Maciej ; PODAIMA, Blake W. ; MCLEOD, Robert D.:  
***Epidemic modeling with discrete-space scheduled walkers: extensions and research opportunities.*** In: BMC public health 9 Suppl 1 (2009), Januar, S. 1–19. – ISSN 1471-2458
- [7] MCNALLY, Michael G.; RINDT, Craig:  
***The activitybased approach.*** In: H, David A. (Hrsg.) ; B, Kenneth J. (Hrsg.): Handbook of transport modelling. Pergamon, 2000, Kap. 4, S. 53–68

# Literatur 2/2

- [8] MOSSONG, Joel; HENS, Niel; JIT, Mark; BEUTELS, Philippe; AURANEN, Kari; MIKOLAJCZYK, Rafael; MASSARI, Marco; SALMASO, Stefania; TOMBA, Gianpaolo S.; WALLINGA, Jacco; HEIJNE, Janneke; SADKOWSKA-TODYS, Malgorzata; ROSINSKA, Magdalena; EDMUNDS, W J.:  
***Social contacts and mixing patterns relevant to the spread of infectious diseases.*** In: PLoS medicine 5 (2008), März, Nr. 3, S. e74. - ISSN 1549-1676
- [9] ROBERT KOCH-INSTITUT: ***Nationaler Pandemieplan, Teil III.*** 2007.  
URL [http://www.rki.de/DE/Content/InfAZ/I/Influenza/influenzapandemieplan\\_III.pdf](http://www.rki.de/DE/Content/InfAZ/I/Influenza/influenzapandemieplan_III.pdf)
- [10] TROKO, Joy; MYLES, Puja; GIBSON, Jack; HASHIM, Ahmed; ENSTONE, Joanne; KINGDON, Susan; PACKHAM, Christopher; AMIN, Shahid; HAYWARD, Andrew; NGUYEN VAN-TAM, Jonathan:  
***Is public transport a risk factor for acute respiratory infection?*** In: BMC infectious diseases 11 (2011), Januar, Nr. 1, S. 16. - ISSN 1471-2334
- [11] VAN-TAM, J. ; SELLWOOD C.:  
***Introduction to Pandemic Influenza.*** CABI, 2009 (Modular Texts). – ISBN 9781845936259
- [12] WANG, Jiasheng; XIONG, Jianhong; YANG, Kun:  
***Use of GIS and agentbased modeling to simulate the spread of influenza.*** In: The 18th International Conference on Geoinformatics (2010), S. 1–6
- [13] YANG, Yong; ATKINSON, Peter; ETTEMA, Dick:  
***Individual spacetime activity-based modelling of infectious disease transmission within a city.*** In: Journal of the Royal Society, Interface / the Royal Society 5 (2008), Juli, Nr. 24, S. 759–72. – ISSN 1742-5689

[11]

# CATCH IT

Germs spread easily. Always carry tissues and use them to catch your cough or sneeze.



# BIN IT

Germs can live for several hours on tissues. Dispose of your tissue as soon as possible.



# KILL IT

Hands can transfer germs to every surface you touch. Clean your hands as soon as you can.

**NHS**© Crown copyright 2007 2009/2014 by NHS/NIH/OT (BCL)

VIELEN DANK  
FÜR EURE  
AUFMERKSAMKEIT!

Gibt es noch Fragen?