

Ein mathematisches Rahmenmodell biologischer Kommunikation und dynamische Information in der Biologie

Markus Pierre Knappitsch
Institut für zelluläre und molekulare Botanik
Abteilung für Theoretische Biologie
Kirschallee 1-3
53115 Bonn

20.01.2011

Kommunikation ist ein zentrales Konzept in der theoretischen Biologie. Zeichenvermittelte Interaktionen zwischen Zellen, Organen und Organismen regulieren unter anderem auch die Dynamik von Kollektiven verschiedenster Art. Die zugrundeliegende Informationstheorie entstammt C.E. Shannons Arbeit *A Mathematical Theory of Communication* von 1948. Die statistisch-syntaktische Natur dieses Informationsbegriffes erweist sich allerdings als Defizit bei der Anwendung auf zahlreiche Probleme der Biologie, da sowohl die Wirkung einer Botschaft auf den Empfänger als auch dynamische Aspekte des Kommunikationsprozesses vernachlässigt werden.

Ein alternatives Konzept von Information, welches die Ebenen von Pragmatik und Dynamik mit einbezieht ist daher wünschenswert. Hierzu bedarf es zunächst einer Formalisierung elementarer biologischer Kommunikationsprozesse.

Über einen dynamische Systeme Ansatz wird ein mathematisches Rahmenmodell biologischer Kommunikation vorgestellt, welches als Grundlage für die Konstruktion der *dynamischen Information* dienen wird.

Das Konzept der dynamischen Information macht es möglich, die Wirkung einer Botschaft auf den Empfänger mathematisch zu handhaben, und bietet damit eine erste Möglichkeit die *Bedeutung* einer Nachricht quantitativ zu bemessen. Aus mathematischer Sicht entspricht dies einem Brückenschlag zwischen der Theorie nichtlinearer dynamischer Systeme mit Input und Output und der Shannon'schen Informationstheorie hin zu einer *dynamischen Informationstheorie*.

Ein konkretes mathematisches Modell der Arbeitsteilung in Ameisenkolonien veranschaulicht den entwickelten mathematischen Apparat und verdeutlicht den Nutzen der eingeführten Konzepte für die Biologie.

Literatur

- [Haddad, Chellaboina 2008] Nonlinear dynamical Systems and control: a Lyapunov-based approach. Princeton University Press, Princeton, 2008
- [Gordon 1985] The dynamics of the daily round of the harvester ant colony (*Pogonomyrmex barbatus*). *Animal Behaviour*, **34**(5), 1985, pp. 1402-1419
- [Rendall et al. 2009] What do animal signs mean? *Animal Behaviour*, **78**, 2009, pp. 233-240
- [Seyfarth et al. 2010] The central importance of information in studies of animal communication. *Animal Behaviour*, **80**, Elsevier, 2010, pp. 3-8
- [Shannon 1948] A Mathematical Theory of Communication. *Bell System Technical Journal*, **27**, pp. 379-423
- [Sontag, Wang 1995] On characterizations of the input-to-state stability property. *Systems and Control Letters*, **24**, 1995, pp 351-359
- [Sontag 2007] Input to state stability: Basic concepts and results. *Nonlinear and Optimal Control Theory*, Springer-Verlag, Berlin, 2007, pp.163-220