

General Theory of Information Transfer and Combinatorics

1. Oktober 2002 – 31. August 2003

Leitung: Rudolf Ahlswede (Bielefeld)

Wissenschaftliche Assistenz: Lars Bäumer (Bielefeld)

Hauptziel der Forschungsgruppe war eine Weiterentwicklung der allgemeinen Theorie des Informationstransfers sowohl in theoretischer als auch experimenteller, auf Anwendungen ausgerichteter Hinsicht. Diese Theorie stellt eine Erweiterung und Weiterentwicklung der klassischen Informationstheorie dar, die Ende der Vierziger Jahre von dem amerikanischen Mathematiker und Ingenieur Claude E. Shannon entwickelt wurde. Zum Beispiel geht es dabei um die Frage wie Sender und Empfänger bei einem gestörten Nachrichtenkanal die Übertragung möglichst vieler Nachrichten sicherstellen können. Bei der Lösung dieses Problems benutzte Shannon erstmalig einen quantitativen Begriff der Information, der auf dem Konzept der Entropie aus der Wärmelehre aufbaut.

In der Theorie des Informationstransfers wird obiges Problem zum Beispiel in folgender Weise ergänzt. Statt zu erfahren, welche Nachricht beim Sender vorliegt (man spricht von Übertragung) interessiert sich hier der Empfänger nur für das Vorliegen oder nicht Vorliegen einer ihm wichtigen Nachricht (man spricht von Identifikation). Der Sender weiß jedoch nicht, für welche Nachricht sich der Empfänger interessiert und muss trotzdem in Gegenwart von Störungen die Zuverlässigkeit der Identifikation sicherstellen. Beide Aufgaben (Übertragung und Identifikation) können darüber hinaus als Spezialfälle einer allgemeineren Theorie (des Informationstransfers) aufgefasst werden.

Neben der Herausarbeitung von Anwendungen und Erweiterungen dieser Theorie des Informationstransfers wagte die Forschungsgruppe sich auch an Gebiete, in denen Informationsphänomene auftreten, aber noch nicht vollständig theoretisch verstanden sind und so zu neuen Begriffen und Theorien gelangen.

Zu den Hauptarbeitsgebieten der Forschungsgruppe zählten: Allgemeine Theorie des Informationstransfers, Quanteninformation, Statistik und Wahrscheinlichkeitstheorie, Kryptologie, Tierkommunikation, Evolution menschlicher Sprache, Bioinformatik, Netzwerktheorie, Such- und Sortiertheorie, Information in der Philosophie.

Weitere Informationen zur Forschungsgruppe findet man unter:

www.uni-bielefeld.de/ZIF/FG/2002Combinatorics/2002-Ahlswede.html

General Theory of Information Transfer and Combinatorics

1. Oktober 2002 – 31. August 2003

Organizer: Rudolf Ahlswede (Bielefeld)

Research Staff: Lars Bäumer (Bielefeld)

The main goal of the research group was a further development of the General Theory of Information Transfer both along theoretical and experimental lines. This theory constitutes both an extension and further development of the classical information theory developed towards the end of the forties by the American mathematician and engineer Claude E. Shannon. The group dealt with data compression, introducing a functional that plays the role of the entropy in classical data compression in the theory of identification for sources. Further areas of work were flows in networks, pseudo-random number generation (extremely important in cryptography), quantum information theory, pattern discovery. Other themes to be covered included gambling and investment, prediction, search with lies and delay, feedback problems, language evolution, fix-free codes and various topics from combinatorics. There was also an intense interaction between biologists working on animal communication and mathematicians working in information theory.

Further information about the research group's activities can be found on the web page:
www.uni-bielefeld.de/ZIF/FG/2002Combinatorics/2002-Ahlswede.html

General Theory of Information Transfer and Combinatorics

1. Oktober 2002 – 31. August 2003

Leitung: Rudolf Ahlswede (Bielefeld)

Forschungsgruppe

Abschlussbericht

Im Laufe des Forschungsjahres nahmen gut 100 Fellows an der Forschungsgruppe teil. Von diesen konnten 45 für einen längerfristigen Aufenthalt (1 Monat oder mehr) gewonnen werden.

Zentrale Veranstaltungen der Forschungsgruppe waren zwei Vorbereitungstagungen im Februar 2002, die Eröffnungstagung im November 2002 und das Symposium im August 2003. Des Weiteren gab es zwei kleinere Workshops zum Thema *Network Information Flow* im Oktober und Dezember 2002. Im April 2004 fand dann die Abschlusstagung der Forschungsgruppe statt.

Neben diesen Veranstaltungen bestand die Arbeitsweise der Forschungsgruppe darin, sich zweimal wöchentlich zu in der Regel jeweils zwei Seminarvorträgen und nachfolgender Diskussion zu treffen. Dabei wurden die Vortragsthemen zu Blöcken zusammengefasst, die sich an den folgenden Haupttrichtungen des Projektes anlehnten:

- Allgemeine Theorie des Informationstransfers
- Bioinformatik
- Netzwerke
- Kryptologie und Zahlentheorie
- Philosophie und Konzepte der Information
- Quanteninformatiktheorie
- Statistik und Wahrscheinlichkeitstheorie
- Such- und Sortiertheorie
- Tierkommunikation und Sprachevolution

Das Hauptaugenmerk der Forschungsgruppe lag auf einer Weiterentwicklung der allgemeinen Theorie des Informationstransfers, die in Bielefeld entwickelt wurde, sowohl in theoretischer als auch experimenteller, auf Anwendungen ausgerichteter Hinsicht.

Die allgemeine Theorie des Informationstransfers stellt eine Erweiterung und Weiterentwicklung der Informationstheorie dar, die Ende der Vierziger Jahre von dem amerikanischen Mathematiker und Ingenieur Claude E. Shannon entwickelt wurde. Eine klassische Frage etwa war es, wie bei einem gestörten Nachrichtenkanal Sender und Empfänger die Übertragung von möglichst vielen Nachrichten sicherstellen können. Bei der Lösung dieses Problems benutzte Shannon erstmalig einen quantitativen Begriff der Information, der auf dem Konzept der Entropie aus der Wärmelehre aufbaut.

In der Theorie des allgemeinen Informationstransfers wird obiges Problem etwa wie folgt abgewandelt. Statt zu erfahren, welche Nachricht beim Sender vorliegt (man spricht von Übertragung), interessiert sich hier der Empfänger nur für das Vorliegen oder Nicht-Vorliegen einer ihm wichtigen Nachricht (man spricht von Identifikation). Der Sender weiß jedoch nicht, für welche Nachricht sich der Empfänger interessiert, und muss trotzdem in Gegenwart von Störungen die Zuverlässigkeit der Identifikation sicherstellen. Beide Aufgaben (Übertragung und Identifikation) sind Spezialfälle der allgemeinen Theorie des Informationstransfers. Neben der Herausarbeitung von Anwendungen und Erweiterungen dieser Theorie hat die Forschungsgruppe sich auch auf Gebiete gewagt, in denen Informationsphänomene auftreten und eine wesentliche Rolle spielen, jedoch noch nicht vollständig theoretisch verstanden sind, um so zu neuen Begriffen und Theorien zu kommen. Exemplarisch sollen hier zwei der erzielten Resultate erwähnt werden: Das erste Ergebnis ist die erstmalige Bestimmung eines Funktionals einer Wahrscheinlichkeitsverteilung, das

Identifikations-Entropie genannt werden kann, da es dieselbe Rolle wie die Entropie einer Wahrscheinlichkeitsverteilung in der klassischen Datenkompression für den Fall der Identifikation von Quellen spielt.

Das zweite Ergebnis, das erst kurz vor Schluss des Hauptforschungsjahres erzielt wurde, ist der Beweis einer Vermutung von Nowak in der Theorie der Evolution der menschlichen Sprache, woran in einem Fünfjahresprojekt am *Institute for Advanced Studies* in Princeton gearbeitet wurde. Das Ergebnis sagt etwas darüber aus, welchen Einfluss die Wortbildung aus einzelnen Lauten auf die Fitness der Individuen bzw. der verwendeten Sprache hat.