

---

# LABORGESPRÄCHE

# MEHR DENKEN ALS EXPERIMENTIEREN

---

## Bilder der Neurowissenschaft

**R.V.B.** Der Schwerpunkt dieses Hefts befasst sich mit Materialität und Immaterialität. Die funktionelle Bildgebung, die für die Neurowissenschaften ein zentrales Instrument ist, scheint diese beiden Pole gleichsam zu integrieren – auf der einen Seite die materiellen, die technischen Apparaturen, menschlichen Körper und Gehirne, auf der anderen Seite die virtuellen Daten und Programme, die unsichtbaren Magnetfelder und digitalen Bilder. Die Herstellung von neurowissenschaftlichen Hirnbildern könnte denn auch als Übersetzungsleistung von materiellen Körpern und Artefakten hin zur Darstellung immaterieller Daten interpretiert werden. Mich interessiert nun der Prozess dieser Übersetzung. Könnten Sie zunächst einmal kurz anhand eines Beispiels beschreiben, wie ein Bild im Rahmen eines Ihrer Experimente entsteht?

**L.J.** Im Grunde genommen ist dies ein relativ einfacher Prozess. Sie veranlassen eine Versuchsperson, etwas zu denken, wahrzunehmen oder eine Aufgabe zu lösen. Während die Versuchsperson dies tut, messen Sie deren Hirnaktivität mit Kernspintomografie. Damit misst man Durchblutungsveränderungen im Hirn. Sie haben dann Vergleichsbedingungen, zum Beispiel eine Messung, während die Person etwas nicht tut oder etwas anderes tut. Sie müssen dann die Hirnaktivierungen, die Sie in den unterschiedlichen Bedingungen haben, voneinander subtrahieren. Das ist die klassische Subtraktionsmethode. Sie hat ihre Mängel, weil die daraus resultierenden Ergebnisse dann noch transformiert und als farbliche Kleckse auf Gehirne projiziert werden. Das sieht dann immer so schön klar und deutlich und abgegrenzt aus. Das ist im ersten Moment zwar sehr eindrücklich, aber es ist irreführend. Weil es impliziert, dass genau dieses Gebiet in dieser Abgrenzung für etwas Bestimmtes – zum Beispiel Sprache – zuständig sei. Wir wissen aber mittlerweile, dass solche Subtraktionsmethoden schwierig und nicht so sinnvoll sind, weil unser Hirn als Netzwerk funktioniert.

Deswegen versucht man heute das Hirn und seine Aktivität netzwerkbezogen zu analysieren. Man versucht zu berechnen, wie bestimmte Hirngebiete miteinander oder negativ korrelierend aktiv sind, wenn bestimmte Aufgaben gelöst werden. Und da findet man interessante Sachen heraus, die genau entgegengesetzt zu den alten phrenologischen Methoden sind, nämlich, dass unser Hirn nicht so arbeitet, dass kleine Module für etwas bestimmtes zuständig sind, sondern dass es offenbar eher das Zusammenarbeiten verschiedener Hirngebiete ist, das zum Zustandekommen bestimmter Funktionen führt. Man versucht dann, aufgrund der Untersuchung mehrerer Versuchspersonen gemittelte Daten herauszuarbeiten. Und dieser Prozess erfordert einen weiteren Schritt, nämlich, dass Sie die Gehirne stereotaktisch normalisieren. Das heißt, Sie müssen die Hirne in die gleiche Größe, in den gleichen Raum hinein transformieren. Das sind sehr komplexe mathematische Operationen, die Sie anwenden müssen, um die unterschiedlich großen Gehirne in ein Standardhirn zu transformieren.

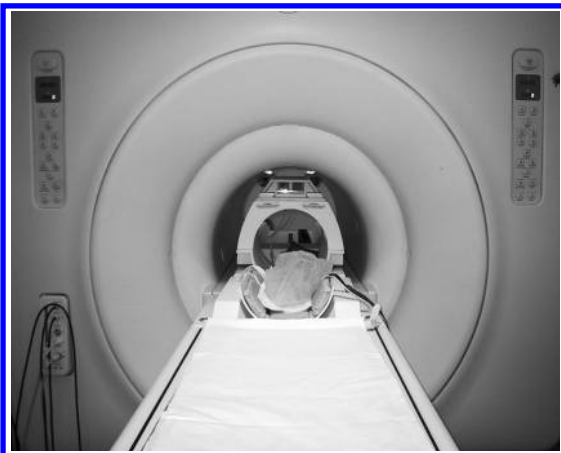
#### **R.V.B. Woher kommt dieses Standardhirn?**

**L.J.** Es gibt den sogenannten Talairach-Atlas, eine Variante des Standardhirns, die von zwei Neurochirurgen Ende des 19. Jahrhunderts anhand des Hirns eines Verstorbenen entwickelt wurde. Heute nutzen wir jedoch eher Gehirne, die aus großen Stichproben gemittelt wurden. Es gibt beispielsweise das berühmte *Montréal Neurological Institute (MNI)-Gehirn*, das mittlerweile von über 1.000 Gehirnen gespeist wurde. Dies gilt als Template oder Musterhirn, anhand dessen andere Hirne stereotaktisch normalisiert werden.

#### **R.V.B. Je eher die Aktivität eines Hirns bei einer durchschnittlichen Größe liegt, desto eher wird es als gesund oder normal angesehen.**

**L.J.** Ja, das ist in der Tat die statistische Definition von Gesundheit und Normalität. Weicht man von der statistischen Norm ab, dann gilt dies als anormal. Das muss ich zugeben.

Arbeitssituationen rund um ein  
Magnetresonananzgerät, Zürich,  
Fotos: Regula Valérie Burri



#### **R.V.B. Ist dies Ihrer Ansicht nach problematisch?**

**L.J.** Für gewisse Dinge ist dies schon problematisch. Ich persönlich interessiere mich ja gerade für das Atypische. Deshalb arbeite ich gerne im Bereich der Synästhesie, zum Beispiel mit Musikern oder mit <Genies>, weil mich interessiert, was besondere Menschen zu besonderen Menschen macht. Sie werden immer wieder feststellen, dass deren Gehirne anders sind. Ich arbeite jetzt schon seit 25 Jahren mit Gehirnen unterschiedlicher Menschen und habe eine ungeheure Demut vor der menschlichen Individualität gewonnen. Mittlerweile wissen wir, dass die Unterschiedlichkeit sehr stark durch Lernen

und Erfahrung determiniert wird; Anatomie verändert sich durch Lernen, das ist ein Fakt. Das ist einer dieser Befunde, die wir häufig kommuniziert haben.

### **R.V.B. Die Plastizität des Gehirns.**

**L.J.** Genau. Für mich als Neurowissenschaftler ist dies im Moment eine total spannende Zeit, weil man gewissermaßen konvertiert. Ich sage so: Ich bin als Tiger gesprungen und als Bettvorleger gelandet. Als Neurobiologe hat man angefangen, alles biologisch erklären zu wollen, und wo ist man jetzt hingekommen? Dahin, dass das Gehirn – selbst die Anatomie, die Funktion, die Durchblutung, die elektrische Aktivität – durch Erfahrung moduliert wird. Da sehen Sie gewissermaßen, welche Bedeutung die Kultur hat. Gehirne werden durch die Erfahrung im wahrsten Sinne des Wortes individuell. Das ist eine Erkenntnis, die für mich als Neurobiologe ziemlich bemerkenswert ist. Als Neurobiologen kommen wir immer mehr in den Bereich der Kultur. Insofern sehe ich ein Zusammenwachsen oder eine Kontaktaufnahme zwischen Gebieten, die früher nichts miteinander zu tun hatten – Gesellschaftswissenschaft, Kulturwissenschaft, Philosophie und eben die Neurobiologie.

**R.V.B. Ist es in diesem Zusammenhang nicht problematisch, wenn man ein bestimmtes Durchschnittshirn wie das MNI-Hirn, das auf einer bestimmten Bevölkerungsgruppe basiert, als Standard definiert?**

**L.J.** Ja, im Grunde genommen ist dies problematisch. Im Zustand des Normalisiert-Seins verlieren Sie viele individuelle Unterschiede. Sie verlieren auch die räumliche Genauigkeit der Zuordnung bestimmter Aspekte, die ja in der Neuroanatomie einmal eine große Bedeutung hatte. Durch diesen Blurring-Effekt verlieren Sie etwas total Interessantes. Deshalb arbeiten wir zunehmend auch mit Individualgehirnen, wo wir uns dann an anatomischen Landmarken gewissermaßen hochangeln und die Besonderheiten bestimmter Hirngebiete herausarbeiten – immer auf der Ebene der Individualgehirne, um eben nicht die kleinen Unterschiede durch das Normalisieren zu verwischen.

### **Drücken Zurren Quetschen**

**R.V.B. Wie gehen Sie genau vor, wenn Sie die akquirierten Daten in das Bild transformieren?**

**L.J.** Bei der Standardmethode haben wir auf der einen Seite das Standardhirn und auf der anderen Seite das gemessene Gehirn. Diese werden nun mittels einer statistischen Methode deckungsgleich gemacht. Da wird erst mal hin- und hergeschoben und geguckt, wo die geringste Abweichung ist. Und sobald diese gefunden ist, werden Template und gemessenes Hirn überlagert. Dann kommt der zweite Schritt:



Das gemessene Hirn wird dann noch weiter verkleinert oder vergrößert, so dass es perfekt dem Standardhirn anliegt. Das sind also mehrere Schritte von mathematischen Prozessen. Sie brauchen gute Computer, um dies zu tun. Und es ist nicht immer perfekt. Da klappt beispielsweise die Überlagerung nicht, weil die Daten nicht gut sind.

Im Moment arbeiten wir mit einer anderen Methode. Die ist ziemlich cool. Da wird mathematisch ein feinmaschiges Netz über das Gehirn gespannt. Dann versucht man das gemessene Gehirn an dieses Netz anzupassen. Dies geschieht durch mathematische Gleichungen. Da wird gedrückt, gezerzt und reingequetscht, so dass eine Anpassung stattfindet. Im Unterschied zum Template ist es ein dreidimensionaler Prozess.

**R.V.B. Wird die Aussage denn nicht verändert, wenn das Hirn so verändert wird?**

**L.J.** Richtig. Das ist in der Tat ein gewisses interessantes Problem, das mich schon seit einiger Zeit beschäftigt. Je nach verwendetem Algorithmus zur Normalisierung können sich die Resultate erheblich verändern. Je nach Methode, die Sie verwenden, können Sie vorhandene Unterschiede zum Verschwinden bringen. Sie müssen also ein Hirn so verzerren, dass die globalen Unterschiede – beispielsweise Form und Größe – weg sind, die lokalen – etwa eine gyrale Struktur, eine Hirnwindung – aber bestehen bleiben. Und dies erfordert Fingerspitzengefühl.

**R.V.B. Heißt das, dass Sie auch noch manuell bearbeiten?**

**L.J.** Man muss vor allem auch die mathematischen Parameter anpassen. Es ist nicht einfach so, dass man nur auf den Knopf drückt, und dann wird normalisiert. Sondern man muss die Parameter auswählen und zum Beispiel sagen: Mach eine starke lokale Anpassung! Oder: Mach eine schwache lokale Anpassung! Mach eine lineare Anpassung! Oder: Mach eine nichtlineare Anpassung! Und da können Sie teilweise erhebliche unterschiedliche Ergebnisse erzeugen, je nachdem, welche Form der Normalisierung Sie wählen.



**R.V.B. Das ist eine brisante Aussage.**

**L.J.** Ja, die ist brisant, und wir sind uns dessen auch bewusst. In unserer Community haben wir deshalb verabredet, dass wir diese Prozesse der Normalisierung genau beschreiben. Deshalb sind auch die Methodenteile in den Papers so langweilig zu lesen, das sind seitenlange Beschreibungen von Transformationsprozessen. Aber anhand dieser Parameter können die Befunde relativ gut eingeschätzt werden.

## Theoretisches Sehen

**R.V.B.** Damit ist nun die Bildinterpretation angesprochen. Ein Bild wird ja nicht nur digital hergestellt, sondern auch symbolisch, indem es interpretiert wird und dadurch eine bestimmte Bedeutung erhält. Mit anderen Worten: Es geht auch hier um eine Übersetzungsleistung – nämlich vom Dargestellten zum Bedeutungsvollen beziehungsweise vom Sehen zum Verstehen oder – wie es der Wissenschaftssoziologe Ludwik Fleck beschrieb – vom Schauen zum erkennenden Sehen. Wie gehen Sie vor, wenn Sie ein Bild interpretieren?

**L.J.** Ich versuche zunächst, die anatomischen Gegebenheiten als erste Datenquelle heranzuziehen: Wo ist etwas, was bedeutet es? Zweitens mache ich mir klar, welcher physiologische Prozess dem Bild zugrunde liegt. Wenn wir über Kernspintomografie reden, ist es Durchblutung. Das ist wichtig, weil es ein langsamer Prozess ist, der sich über Sekunden entwickelt. Und drittens, und das ist mittlerweile das Wichtigste, versuche ich diesen Befund in eine psychologische Theorie einzuordnen. Ohne Theorie geht das gar nicht. Manche denken, ich gucke aufs Gehirn und weiß, was der Mensch denkt. Das ist Unsinn. Sie können diese Daten nur mit einer Theorie interpretieren.

**R.V.B.** Das unterstreicht die Aussage von Fleck, der gesagt hat: «Um zu sehen, muss man darüber orientiert sein, zu was für einer Kategorie der Gegenstand gehört. Sonst schauen wir, aber wir sehen nicht.»

**L.J.** Das ist vollkommen richtig. In allen Wissenschaftsdisziplinen ist dies evident und gerade in den Naturwissenschaften. Was Sie sehen, müssen Sie immer einordnen.

**R.V.B.** Wenn Sie etwas nicht einordnen können, wie wissen Sie dann, ob es etwas Neues oder ein Artefakt ist?

**L.J.** Das ist eine gute Frage, das ist die One-Million-Dollar-Question. Dazu kann ich nur zwei Sachen sagen. Erstens versuchen Sie, sich vor Artefakten zu schützen, indem Sie statistisch sauber arbeiten. Der zweite Schritt ist Erfahrung und Wissen. Dies hilft Ihnen – hoffentlich – zu erkennen, ob etwas ein Artefakt ist oder nicht.

## Bilderdenken

**R.V.B.** Sie haben vor allem analytische Fähigkeiten angesprochen. Denken Sie, dass es auch bestimmte visuelle Fähigkeiten braucht, um ein Bild zu interpretieren?

**L.J.** Als ich begann, die Kernspinbilder zu interpretieren, hatte ich Schwierigkeiten damit. Wenn ich heute die Bilder angucke, kann ich mich sehr gut orientieren. Heute kann ich diese Expertise automatisch abrufen. In gewisser Weise habe ich sehen lernen müssen. Das ist schon richtig. Man muss sich wiederholt mit der Sache auseinandersetzen, das ist der Punkt. Immer wieder und immer wieder.

**R.V.B.** Haben Sie auch ein inneres visuelles Bild, mit dem Sie dasjenige, was Sie sehen, abgleichen?

**L.J.** Ja, stimmt, das ist tatsächlich so.

**R.V.B.** Es ist also nicht nur die abstrakte Theorie, die Sprache, sondern auch eine visuelle Vorstellung?

**L.J.** Ja. Ich arbeite gerade in meinem Fachgebiet sehr visuell. Ich sehe das Phänomen gewissermaßen vor mir, ich sehe das Gehirn und wie die neuronalen Gebiete zusammenarbeiten, und dies transformiere ich dann in Sprache. Mit Bildern kann ich gut lernen und speichern. Es bauen sich ganze Stories vor einem auf. Ich arbeite auch viel mit Bildern, um Zusammenhänge zu verdeutlichen. In Publikationen gucke ich mir die Tabellen nicht gerne an. Ich gucke mir das Bild an und weiß sofort, was los ist.

**R.V.B.** Sie konzentrieren sich also auf die visuelle Gestalt und nicht auf die Zahleninformation. Welche Rolle spielt die Ästhetik?

**L.J.** Die spielt eine enorme Rolle. Ich finde das menschliche Gehirn irgendwie ästhetisch. Mich hat das von Anfang an fasziniert. Es gibt Lieblingsabbildungen von mir, auf denen man das Corpus Callosum von oben sieht. Das würde ich mir sogar als Bild an die Wand hängen. Ich finde es einfach toll. Ich finde Gehirnbilder schön. Wenn Sie auf das Gehirnbild schauen, sehen Sie ja eine mehr oder weniger regelmäßige Anordnung von Gyri und Sulci. Schön verdichtet, ein bisschen walnussartig, mit zwei Hemisphären. Wenn Sie dieses kompakte Organ drehen und sich dies anschauen, das hat für mich einen Reiz. Hinzu kommt die Idee, dass es für uns so wichtig ist, für unser Fühlen und Denken. Und dann gibt es auch schöne Sachen an Regelmäßigkeiten. Wenn Sie beispielsweise den visuellen Cortex anschneiden, sehen Sie diese Streifung, die sieht schön aus. Oder wenn Sie das Kleinhirn anschneiden, diese baumartige Struktur, das fanden schon die alten Anatomen schön. Das sieht aus wie Lebensbäumchen.



**R.V.B.** Schönheit spricht ja auch Emotionen an. Wie sehen Sie das Verhältnis zwischen Emotion und Logos im Umgang mit diesen Bildern?

**L.J.** Das gehört zusammen. Ich trenne das gar nicht. Ich bin da kein Cartesianer. Verstehen, Vernunft und Emotion gehören zusammen. Für mich ist es so: Weil ich es schön finde, finde ich es auch interessant, und daraus habe ich die Motivation, mich damit zu beschäftigen. Ich freue mich immer wieder, wenn ein schönes Hirn produziert wird. Ich muss aber auch gestehen, dass sich das bei mir geändert hat. In der Anfangsphase dieser Forschung hatte ich oft eine Gänsehaut. Vor allem, wenn ich

mein eigenes Gehirn sah. Das war damals für uns noch so weit weg und fast unwirklich, dass man das eigene Gehirn bei der Arbeit sehen konnte. Ich bin noch aufgewachsen damit, dass man nur Gehirne von Verstorbenen analysieren konnte. Dieses Gänsehautgefühl ist mittlerweile weg. Weil die Faszination anders geworden ist. Heute ist es mehr eine interessengeleitete Geschichte. Eher eine kognitiv geleitete Ästhetik mit einem Schuss Emotion dabei.

**R.V.B.** Man hat sich also an die Bilder gewöhnt. Es hat ein Normalisierungsprozess stattgefunden.

**L.J.** Eindeutig.

**R.V.B.** Wir haben von den inneren Bildern, vom Wissen, der Erfahrung und von der notwendigen Theorie gesprochen, die in der Bildinterpretation eine Rolle spielen. Was denken Sie, inwiefern beeinflussen auch kulturelle Sehregimes, also die Art und Weise, wie wir gewohnt sind, etwas anzuschauen, die Interpretation eines Bildes?

**L.J.** Wenn Eskimos zum ersten Mal auf solche Bilder schauen, hätten sie möglicherweise den Vorteil, dass sie die weiße Substanz besser sehen und unterscheiden können, weil sie mehr Weiß- oder Grautöne erkennen können als wir. Ich glaube auch, dass wir in einer visuellen Zeit leben. Und dies könnte erklären, warum die Bilder so beliebt sind, auch bei Leuten außerhalb der Wissenschaft.

**R.V.B.** Sie würden also sagen, dass es mit der heutigen Zeit zu tun hat und nicht etwa damit, dass es eine anthropologische Konstante ist?

**L.J.** Unsere Zeit ist besonders bildverliebt. Wir haben eine Bilderzeit.

### **Kompetenzausstrahlung**

**R.V.B.** Inwiefern werden die Hirnbilder für Kommunikationsaktivitäten eingesetzt – einerseits innerhalb der Scientific Community, andererseits in der externen Wissenschaftskommunikation?

**L.J.** Innerhalb der Wissenschaft sind Bilder sehr wichtig, weil man komplizierte Sachverhalte mit Bildern gut darstellen kann. Auf einen Schlag sieht man da viele Informationen. Nach außen sind sie umso wichtiger. Diese Bilder haben eine Eindringlichkeit und drücken eine Kompetenz aus, die unglaublich ist. Sie sind ein Kommunikationsmittel ohnegleichen, mit einer Stärke und Ausstrahlungskraft, die man nicht unterschätzen darf.

**R.V.B.** Denken Sie, dass die Verwendung von neurowissenschaftlichen Bildern in den Medien eine Rückwirkung auf die Wissenschaft hat?

**L.J.** Ja, das hat eine dramatische Rückwirkung. Infolge des populärwissenschaftlichen Erfolges dieser Bildgebungsbefunde werden viele Studenten attrahiert,



sich damit auseinanderzusetzen. Das ist einerseits gut, andererseits aber auch gefährlich. Man muss die Leute auch wieder schulen, die Theorien nicht zu vergessen, denn die braucht man, um die Bilder zu interpretieren.

Ich glaube, der große Hype der Bilderproduktion ist vorbei, und jetzt kommt die Phase, die ich eigentlich die interessantere finde, eine Konsolidierungsphase, in der Fragestellungen fokussiert werden. Es wird auch mehr Theorie produziert werden.

**R.V.B. Ist man inzwischen reflexiver und kritischer den Bildern gegenüber geworden?**

**L.J.** Ja, ich denke schon. Wenn ich gelangweilt bin von Bildern dieser Art, sind viele junge Leute immer noch fasziniert davon. Ich sehe es bei meinen Doktoranden. Ich sage: Ja, cool, mach du deine Bildgebung, gähne ein bisschen und möchte lieber etwas anderes machen. Meine Interessen liegen jetzt mehr im Verstehen von komplexen Phänomenen. Und diese können Sie mit den Bildern teilweise gar nicht erklären.

**R.V.B. Die Bilder sind hier nur ein Mittel unter vielen.**

**L.J.** Ja, sie sind nur ein Mittel unter vielen. Für mich ist es ein Mosaik. Sie haben eine Palette an Datenquellen, die Sie sammeln und zu einer Theorie zusammenfügen. Einer meiner geschätzten Kollegen, mit dem ich noch vor drei Wochen telefoniert habe, sagte, dass er keine Experimente mehr macht. Er meinte, dass es so viele Daten gibt, dass er sich diese anguckt und interpretiert. Die Quintessenz lässt sich in einem Satz zusammenfassen: Mehr denken als experimentieren. Das ist es, was ich in den nächsten zehn Jahren zu machen versuche.

---